

# REDII - direktiivi: Kasvihuonekaasupäästö- vähenemää koskevat kestävyysskriteerit (päivitys raporttiin VTT-R-04453-17)

Kirjoittajat: Kati Koponen, Laura Sokka

Luottamuksellisuus: Julkinen

<b>Raportin nimi</b> REDII -direktiivi: Kasvihuonekaasupäästövähennemää koskevat kestävyyskriteerit (päivitys raporttiin VTT-R-04453-17)		
<b>Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot</b> Työ- ja elinkeinoministeriö, Harri Haavisto, <a href="mailto:harri.haavisto@tem.fi">harri.haavisto@tem.fi</a> Pekka Grönlund, <a href="mailto:pekka.gronlund@tem.fi">pekka.gronlund@tem.fi</a>		<b>Asiakkaan viite</b> TEM/419/13.01.01/2019
<b>Projektin nimi</b> REDII-raportin (VTT-R-04453-17) päivitys vastaamaan lopullista uusiutuvan energian direktiiviä (EU 2018(2001))		<b>Projektin numero/lyhytnimi</b> REDII päivitys
<b>Raportin laatijat</b> Kati Koponen, Laura Sokka VTT		<b>Sivujen/liitesivujen lukumäärä</b> 45
<b>Avainsanat</b> REDII -direktiivi, kestävyyskriteerit, khk-laskenta, bioenergia		<b>Raportin numero</b> VTT-R-00887-19
<b>Tiivistelmä</b> <p>Euroopan komissio ehdotti syksyllä 2016 uutta uusiutuvan energian direktiiviä "Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu toisinto)" (COM(2016) 767 final). Ehdotus uusiutuvan energian direktiivistä vuosille 2021– 2030, ns. REDII (Renewable Energy Directive II), sisälsi useita uusiutuvaan energiaan liittyviä kokonaisuuksia, joista yksi oli bioenergiaa koskevat kestävyyskriteerit. Työ- ja elinkeinoministeriön sekä Maa- ja metsätalousministeriön toimesta käynnistettiin 2017 keväällä hanke selvittämään komission ehdotukseen liittyviä uusiutuvan energian kestävyyskriteereitä koskien erityisesti niiden kasvihuonekaasupäästöjä (khk-päästö) käsittelevää osiota. Hankkeen tarkoituksena oli selvittää REDII -ehdotuksen khk-päästölaskennan ohjeistusta, tunnistaa muutokset alkuperäiseen 2009 voimaan tulleeseen uusiutuvan energian direktiiviin (RES-dir) verrattuna, sekä tarkastella mahdollisia laskentaohjeeseen liittyviä epäselvyyksiä. Lisäksi tarkasteltiin suomalaisten toimijoiden kannalta keskeisiksi esimerkeiksi valittujen biomassapolttoaineiden khk-päästövähennystuloksia REDII -metodilla laskettuna. Projektin lopputuloksena julkaistiin VTT:n tutkimusraportti "REDII -ehdotus: Kasvihuonekaasupäästövähennemää koskevat kestävyyskriteerit" (VTT-R-04453-17).</p> <p>Lopullinen uusiutuvan energian direktiivi REDII ((EU) 2018/2001) tuli voimaan 24.12.2018. Lopullisessa direktiivissä ja sen liitteissä on joitakin muutoksia verrattuna aiemmin annettuun direktiiviehdotukseen, koskien direktiivin asettamia tavoitteita, määreitä sekä khk-laskennan ohjeistusta. Maaliskuussa 2019 Työ- ja elinkeinoministeriö käynnisti hankkeen, jossa kartoitettiin direktiiviehdotuksen ja lopullisen direktiivin välisiä muutoksia ja päivitettiin 2017 julkaistu VTT:n raportti vastaamaan lopullisen direktiivin ja sen liitteiden sisältöä.</p> <p>Nykyiset kestävyyskriteerit koskevat nestemäisiä ja kaasumaisia liikenteen biopoltoaineita sekä lämmityksessä ja sähkön tuotannossa käytettäviä bionesteitä. REDII -direktiivissä kestävyyskriteerit laajenevat koskemaan myös kiinteällä biomassalla sekä biokaasulla tuotettua sähkö-, lämpö-, ja jäähdytysenergiaa (ns. biomassapolttoaineilla tuotettua energiaa). Kestävyyskriteerit tulee täyttää, jotta bioenergiatuotteet voidaan laskea mukaan uusiutuvan energian tavoitteisiin ja jotta ne voivat hyötyä uusiutuvan energian tuista. REDII -direktiivi ja sen kestävyyskriteerit koskevat Suomessa laajaa toimijakenttää.</p>		
<b>Luottamuksellisuus</b>	Julkinen	
Espoo 14.10.2019 <b>Laatija</b>	<b>Tarkastaja</b>	<b>Hyväksyjä</b>
Laura Sokka Erikoistutkija	Jari Shemeikka Research Team Leader	Tuula Mäkinen Vice President, Smart energy and transport solutions
<b>VTT:n yhteystiedot</b> Laura Sokka, <a href="mailto:laura.sokka@vtt.fi">laura.sokka@vtt.fi</a> ; Kati Koponen, <a href="mailto:kati.koponen@vtt.fi">kati.koponen@vtt.fi</a> ,		
<b>Jakelu</b> TEM, internet		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

## Alkusanat

---

Euroopan komissio ehdotti syksyllä 2016 julkaistussa ns. Puhtaan energian paketissa uutta uusiutuvan energian direktiiviä "Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu toisinto)" (COM(2016) 767 final). Ehdotus uusiutuvan energian direktiivistä vuosille 2021– 2030, ns. REDII (Renewable Energy Directive II), sisälsi useita uusiutuvaan energiaan liittyviä kokonaisuuksia, joista yksi oli bioenergiaa koskevat kestävyyskriteerit. Tuolloin Työ- ja elinkeinoministeriön sekä Maa- ja metsätalousministeriön toimesta käynnistettiin hanke selvittämään komission ehdotukseen liittyviä uusiutuvan energian kestävyyskriteereitä koskien erityisesti niiden kasvihuonekaasupäästöjä (khk-päästö) käsittelevää osiota. Hankkeen tarkoituksena oli selvittää REDII -ehdotuksen khk-päästölaskennan ohjeistusta, tunnistaa muutokset alkuperäiseen 2009 voimaan tulleeseen uusiutuvan energian direktiiviin (RES) verrattuna, sekä tarkastella mahdollisia laskentaohjeeseen liittyviä epäselvyyksiä. Tarkastelu keskittyi erityisesti biomassapolttoaineita koskeviin khk-kriteereihin. Lisäksi haluttiin tarkastella suomalaisten toimijoiden kannalta keskeisiksi esimerkeiksi valittuja biomassapolttoaineita ja niiden khk-päästövähennystuloksia REDII - metodilla laskettuna. Projektin lopputuloksena julkaistiin VTT:n tutkimusraportti "REDII -ehdotus: Kasvihuonekaasupäästövähennemää koskevat kestävyyskriteerit" (VTT-R-04453-17).

Lopullinen uusiutuvan energian direktiivi REDII ((EU) 2018/2001) tuli voimaan 24.12.2018. Lopullisessa direktiivissä ja sen liitteissä on joitakin muutoksia verrattuna aiemmin annettuun direktiiviehdotukseen, koskien direktiivin asettamia tavoitteita, määreitä sekä khk-laskennan ohjeistusta. Tässä projektissa kartoitettiin direktiiviehdotuksen ja lopullisen direktiivin välisiä muutoksia ja päivitettiin ehdotuksen perusteella 2017 julkaistu VTT:n raportti vastaamaan lopullisen direktiivin ja sen liitteiden sisältöä. Hankkeen toteutuksesta vastasivat erikoistutkija Kati Koponen ja erikoistutkija Laura Sokka VTT:ltä. Hanketta ohjasivat Harri Haavisto ja Pekka Grönlund Työ- ja elinkeinoministeriöstä.

Tässä raportissa tehdyt tulkinnat direktiivistä ovat tekijöiden omia, eivätkä välttämättä edusta direktiivin kansallisesta toimeenpanosta vastaavien viranomaisten näkemyksiä. Raportin laskentaesimerkkien tulokset ovat arvioita, eivätkä esitä todellisia tuoteketjuja.

Espoossa 08.10.2019

Tekijät

## Sisällysluettelo

---

Alkusanat .....	2
Sisällysluettelo.....	3
1 Johdanto.....	4
1.1 REDII -direktiivin termit .....	4
1.2 REDII -direktiivin tavoitteet uusiutuvalle energialle.....	5
1.3 Tupla- ja moninkertaiset laskennat.....	6
1.4 REDII -direktiivin kestävyyskriteerit.....	7
1.5 Raportin sisältö.....	9
2 REDII -direktiivin khk-oletusarvot .....	11
3 REDII -direktiivin khk-päästövähennyslaskenta.....	13
3.1 Merkittävimmät muutokset nykyisen RES-direktiivin ja REDII:n laskentametodien välillä .....	13
3.2 REDII -direktiivin khk-laskentaohjeistus kiinteille biomassapolttoaineille (Liite VI, osa B).....	15
Kohta 1 a ja d. Kokonaispäästön laskenta .....	15
Kohta 2. Funktionaalinen yksikkö.....	17
Kohta 3. Päästövähennyksen laskenta .....	17
Kohta 4. GWP100 kertoimet .....	18
Kohta 5. Raaka-aineiden hankinnan ja viljelyn päästöt .....	18
Kohta 6. Parantuneista maatalouden käytännöistä johtuva päästövähennys .....	19
Kohta 7. Maankäytön muutoksista aiheutuvat päästöt .....	20
Kohta 8. Bonus pilaantuneella maalla viljelystä.....	20
Kohta 9. Pilaantuneen maan määritelmä .....	20
Kohta 10. Maaperän hiilivarastot.....	20
Kohta 11. Jalostuksen päästöt.....	21
Kohta 12. Kuljetuksen ja jakelun päästöt.....	21
Kohta 13. Polton CH <sub>4</sub> ja N <sub>2</sub> O päästöt .....	21
Kohdat 14-15. CCS ja CCR .....	22
Kohta 16. Ylijäämä sähkö tai –lämpö yhteistuotantolaitoksilla.....	22
Kohta 17. Allokointi .....	23
Kohta 18. Järjestelmärajaus.....	23
Kohta 19. Fossiiliset vertailuarvot.....	26
3.3 REDII -direktiivin khk-laskentaohjeistus kaasumaisille biomassapolttoaineille (Liite VI, B) .....	27
4 Esimerkkitarkasteluja biomassapolttoaineketjuille .....	30
4.1 Biomassapolttoaineen kokonaispäästö ennen loppukäyttöä .....	30
4.2 Pellettien khk-päästöt.....	32
4.3 Metsähakkeen khk-päästöt .....	35
4.4 Mustalipeän khk-päästöt .....	37
4.5 Biokaasun khk-päästöt.....	37
5 Johtopäätökset .....	43
Lähdeviitteet.....	43

## 1 Johdanto

Euroopan komissio ehdotti syksyllä 2016 julkaistussa ns. Puhtaan energian paketissa<sup>1</sup> uutta uusiutuvan energian direktiiviä "Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu toisinto)" (COM(2016) 767 final) [1]. Ehdotus uusiutuvan energian direktiivistä vuosille 2021–2030, ns. REDII (Renewable Energy Directive II), sisälsi useita uusiutuvaan energiaan liittyviä kokonaisuuksia, joista yksi on bioenergiaa koskevat kestävyyskriteerit (Kuva 1).

Lopullinen uusiutuvan energian direktiivi REDII ((EU) 2018/2001) [2] tuli voimaan 24.12.2018. Lopullisessa direktiivissä ja sen liitteissä on joitakin muutoksia verrattuna aiemmin annettuun direktiiviehdotukseen, koskien direktiivin asettamia tavoitteita, määreitä sekä khk-laskennan ohjeistusta. Tässä raportissa VTT:n tutkimusraportti "REDII -ehdotus: Kasvihuonekaasupäästövähennemää koskevat kestävyyskriteerit" (VTT-R-04453-17) on päivitetty vastaamaan lopullisen direktiivin sisältöä.



Kuva 1. REDII -direktiivin sisältö

### 1.1 REDII -direktiivin termit

REDII -direktiivissä käytetään seuraavia termejä (Artikla 2):

- **'biopolttoaineilla'** tarkoitetaan nestemäisiä liikenteessä käytettäviä polttoaineita, jotka tuotetaan biomassasta
- **'bionesteillä'** tarkoitetaan muuhun kuin liikennekäyttöön (sähkön, lämmityksen ja jäähdytyksen tuotantoon) valmistettuja nestemäisiä polttoaineita
- **'biomassapolttaineilla'** tarkoitetaan biomassasta tuotettuja kaasumaisia ja kiinteitä polttoaineita
- **'kehittyneillä biopolttoaineilla'** tarkoitetaan biopolttoaineita, jotka tuotetaan REDII:n liitteen IX A osassa luetelluista raaka-aineista (ks. raportin Liite 1)

<sup>1</sup> <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>

- **'muuta kuin biologista alkuperää olevilla uusiutuvilla nestemäisillä ja kaasumaisilla liikenteen polttoaineilla'** tarkoitetaan liikenteessä käytettäviä nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita, jotka eivät ole biopolttoaineita tai biokaasua, ja joiden energiasisältö on peräisin muista uusiutuvista energialähteistä kuin biomassasta
- **'kierrätetyillä hiilipitoisilla polttoaineilla'** tarkoitetaan nestemäisiä ja kaasumaisia polttoaineita, jotka tuotetaan uusiutumaton alkuperää olevista nestemäisistä tai kiinteistä jätevirroista, jotka eivät sovellu direktiivin 2008/98/EY 4 artiklan mukaiseen materiaalien hyödyntämiseen, tai uusiutumaton alkuperää olevista, jätteiden käsittelystä peräisin olevasta kaasusta ja pakokaasusta, joita syntyy teollisuuslaitosten tuotantoprosessin väistämättömänä ja tahattomana seurauksena
- **'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;
- **'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

'Muuta kuin biologista alkuperää olevilla uusiutuvilla nestemäisillä ja kaasumaisilla liikenteen polttoaineilla' tarkoitetaan esimerkiksi erilaisia vedystä ja hiilidioksidista sähkön avulla tuotettavia polttoaineita (power-to-gas tai power-to-liquid polttoaineet).

Kierrätetyillä hiilipitoisilla polttoaineilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi terästehtaan häikäpitoisia poistokaasuja, joista voidaan jalostaa polttoaineita esimerkiksi Fischer-Tropsch synteesillä tai vastaavalla teknologiolla.

Näitä kahta polttoaineluokkaa koskevat kasvihuonekaasupäästöjen laskentamenetelmä eivät ole vielä selvillä. Erityistä mielenkiintoa herättää esimerkiksi se, miten power-to-gas polttoaineiden valmistuksessa käytettävän vedyn tuotantoon kuluvan sähkön päästö määritellään. Komissiolta on tulossa delegoitu säädös 31.12.2021 mennessä, jossa määritellään ohjeistus muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden sekä kierrätettyjen hiilipitoisten polttoaineiden khk-päästövähennyksen laskemiseksi (Artikla 28(5)). Myös kierrätetyiltä hiilipitoisilta polttoaineilta vaadittavaa päästövähennystä koskien on luvassa delegoitu säädös 1.1.2021 mennessä (Artikla 25(2)).

## 1.2 REDII -direktiivin tavoitteet uusiutuvalla energialle

REDII -direktiivi asettaa 32 % tavoitteen uusiutuvan energian osuudelle energian kokonaisloppukulutuksesta unionissa vuoteen 2030 mennessä (Artikla 3). Jäsenvaltiot asettavat omat uusiutuvan energian tavoitteensa hallintomalliasetuksen mukaisissa kansallisissa ilmasto- ja energiasuunnitelmissa. Jäsenvaltioiden tulee kuitenkin säilyttää uusiutuvan energian tuotanto vähintään nykyisen RES-direktiivin [3] vaatimalla vuoden 2020 tavoitetasolla (Suomen kohdalla 38 %). Komissio tarkastelee uusiutuvan energian kokonaistavoitetta uudelleen ja antaa säädösehdotuksen vuoteen 2023 mennessä sen nostamisesta, jos uusiutuvan energian tuotannon kustannukset ovat edelleen alentuneet merkittävästi, jos tavoitteen nostaminen on tarpeen unionin kansainvälisten vähähiilisyttä koskevien sitoumusten noudattamiseksi tai jos se on perusteltua unionin energiankulutuksen huomattavan vähenemisen vuoksi.

REDII -direktiivi asettaa 14 % vähimmäistavoitteen uusiutuvan energian osuudelle liikenteen energian loppukulutuksesta vuoteen 2030 mennessä. Myös tämän tavoitteen nostamista tarkastellaan uudelleen vuoteen 2023 mennessä (Artikla 25).



Vähimmäistavoitetta koskevassa laskelmassa

- a) jäsenvaltioiden on otettava huomioon muuta kuin biologista alkuperää olevat uusiutuvat nestemäiset ja kaasumaiset liikenteen polttoaineet myös silloin, kun niitä käytetään välituotteina perinteisten polttoaineiden tuotannossa; ja
- b) jäsenvaltiot voivat ottaa huomioon kierrätetyt hiilipitoiset polttoaineet.

Tämä vähimmäisosuuden sisällä liitteen IX A osassa luetelluista raaka- aineista tuotettujen kehittyneiden biopolttoaineiden ja biokaasun osuuden on oltava vähintään 0,2 % vuonna 2022 ja 1 % vuonna 2025, ja vähintään 3,5 % vuoteen 2030 mennessä.

Jäsenvaltiot voivat vapauttaa toimittajat, jotka toimittavat polttoainetta sähkön tai muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden muodossa, vaatimuksesta noudattaa näiden polttoaineiden osalta liitteen IX A osassa mainituista raaka-aineista tuotettujen kehittyneiden biopolttoaineiden, muiden biopolttoaineiden ja biokaasun vähimmäisosuutta.

Epäsuorista maankäytön muutoksista (ILUC) aiheutuvien päästövaikutusten hillitsemiseksi REDII asettaa rajoituksia ravinto- ja rehuksveista valmistettujen biopolttoaineiden, bionesteiden ja liikenteen biokaasun käytölle (Artikla 26):

- Ravinto- ja rehuksveista valmistettujen biopolttoaineiden ja bionesteiden sekä liikenteen biokaasun osuus saa olla enintään yhden prosenttiyksikön suurempi kuin niiden osuus energian loppukulutuksesta maantie- ja rautatieliikenteessä kyseisessä jäsenvaltiossa vuonna 2020 ja enintään 7 % maantie- ja rautatieliikenteen energian loppukulutuksesta kyseisessä jäsenvaltiossa. Jos mainittu osuus on jäsenvaltiossa alle yhden prosentin, sitä voidaan kasvattaa enintään kahteen prosenttiin maantie- ja rautatieliikennealan energian loppukulutuksesta.
- Jäsenvaltiot voivat myös asettaa matalampia raja-arvoja ja erottaa erityyppiset ravinto- ja rehuksvipohjaiset biopolttoaineet, bionesteet ja biomassapolttoaineet ottaen huomioon parhaan saatavilla olevan tieteellisen näytön epäsuorasta maankäytön muutoksesta aiheutuvista vaikutuksista. Jäsenvaltiot voivat esimerkiksi asettaa matalamman raja-arvon öljykasveista tuotettujen biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden osuudelle.
- Jos ravinto- ja rehuksveista tuotettujen biopolttoaineiden, bionesteiden tai biomassapolttoaineiden valmistukseen liittyy suuria epäsuoran maankäytön muutoksen riskejä, niiden osuus ei saa ylittää sitä osuutta, joka niillä oli vuoden 2019 kulutuksesta kyseisessä jäsenvaltiossa. Tätä rajaa lasketaan asteittain 2024 lähtien siten, että se on nolla prosenttia viimeistään 2030 lopussa. Merkittävä ILUC riski aiheutuu esimerkiksi silloin, kun raaka-aineen tuotantoalue on laajentunut merkittävästi maalle, johon on sitoutunut paljon hiiltä. Rajoituksesta voidaan poiketa, mikäli kyseiset tuotteet on sertifioitu biopolttoaineina, bionesteinä tai biomassapolttoaineina, joista todennäköisesti ei aiheudu epäsuoria maankäytön muutoksia. Komissio antoi 13.3.2019 delegoidun säädöksen, jolla täydennettiin REDII -direktiiviä vahvistamalla kriteerit sertifioinnille ja suurten ILUC riskien omaavien raaka-aineiden määrittämiselle [4]. Parlamentti tai neuvosto eivät vastustaneet säädöstä, joten se astui voimaan 21.5.2019.

### 1.3 Tupla- ja moninkertaiset laskennat

Liikenteen uusiutuvan energian vähimmäisosuuksien täyttymistä laskettaessa (Artikla 27(2)):

- a) voidaan katsoa (may be considered), että liitteessä IX mainituista raaka-aineista tuotettujen biopolttoaineiden ja liikenteessä käytetyn biokaasun osuus on kaksi kertaa niiden energiasisältö (eli 1MJ biopolttoainetta voidaan laskea tavoitteeseen 2MJ:na)
- b) uusiutuvista energialähteistä tuotetun sähkön osuuden on katsottava (shall be considered) olevan neljä kertaa sen energiasisältö, kun se toimitetaan maantieajoneuvoille, ja voidaan katsoa (may be considered) 1,5 kertaa sen energiasisältö, kun se toimitetaan rautatieliikenteeseen
- c) ravinto- ja rehukasveista tuotettuja uusiutuvia polttoaineita lukuun ottamatta ilmailun ja meriliikenteen alalle toimitettujen polttoaineiden osuuden on katsottava (shall be considered) olevan 1,2 kertaa kyseisten polttoaineiden energiasisältö.

Vaikka nykyisenkaltainen tuplalaskenta siis sallitaan myös REDII -direktiivissä, on Suomi päättänyt luopua tuplalaskennasta nestemäisten biopolttoaineiden osalta 2021 alkaen (Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta (419/2019)).

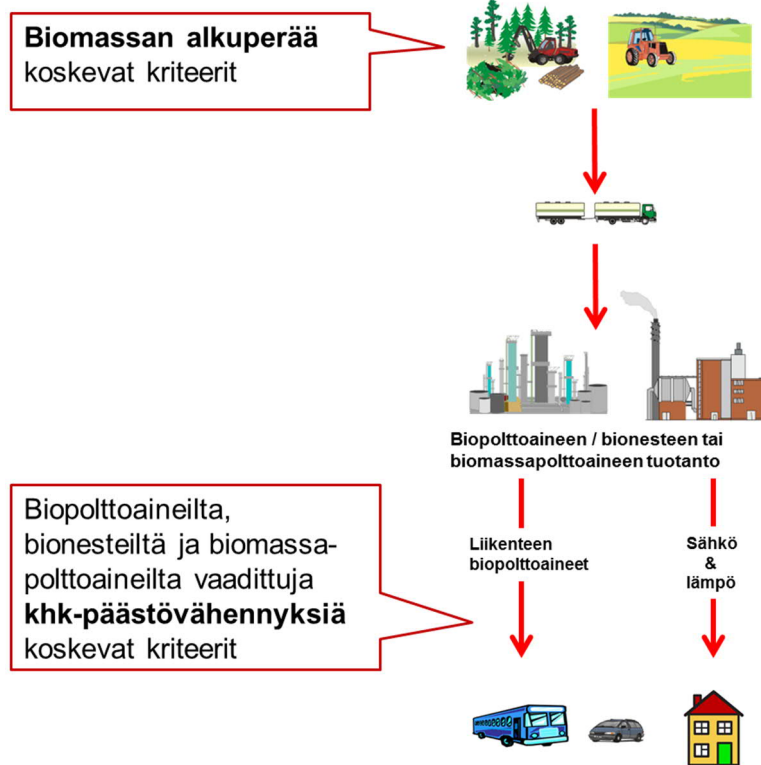
## 1.4 REDII -direktiivin kestävyyskriteerit

Tässä raportissa käsitellään erityisesti REDII -direktiivin uusiutuvan energian kestävyyskriteerien kasviuonekaasupäästöjä koskevaa osiota. Vuoteen 2020 asti voimassa olevat alkuperäisen RES-direktiivin mukaiset kestävyyskriteerit koskevat nestemäisiä ja kaasumaisia liikenteen biopolttoaineita sekä lämmityksessä ja sähkön tuotannossa käytettäviä bionesteitä. REDII:ssa kestävyyskriteerit laajenevat koskemaan myös kiinteällä biomassalla sekä biokaasulla tuotettua sähkö-, lämpö-, ja jäähdytysenergiaa (ns. biomassapolttoaineilla tuotettua energiaa). Bioenergiatuotteiden tulee täyttää kestävyyskriteerit, jotta ne voidaan laskea mukaan uusiutuvan energian tavoitteisiin ja jotta ne voivat hyötyä uusiutuvan energian tuista. Nykyisen kestävyyslainsäädännön mukaan toimijoiden tulee laatia kestävyysjärjestelmä, jolla tuote-erien kestävyttä seurataan. Kestävyyskriteerien täyttymistä valvoo Suomessa Energiavirasto. Kun kestävyysdirektiivit kattavat jatkossa sekä nestemäiset että kiinteät ja kaasumaiset bioenergiatuotteet, koskevat ne huomattavasti aiempaa laajempaa toimijakenttää Suomessa.

Työ- ja elinkeinoministeriö on asettanut 9.4.2019 työryhmän, jonka tehtävänä on selvittää RED II:ssa säädettyjen kestävyyskriteerien edellyttämiä muutoksia kansalliseen lainsäädäntöön. Kestävyyskriteerien kansallinen toimeenpano vaikuttaa ainakin lakiin biopolttoaineista ja bionesteistä (393/2013), joka sisältää voimassa olevat säännökset biopolttoaineiden ja bionesteiden kestävyyskriteereistä ja niiden todentamisesta RES-direktiivin mukaisesti. RED II tulee olla kansallisesti toimeenpantu 30.6.2021 mennessä.

Kuten nykyisen RES-direktiivin myös REDII:n uusiutuvaa energiaa koskevat kestävyyskriteerit ovat sekä laadullisia että määrällisiä ja koskevat koko bioenergian toimitusketjua. Laadulliset kriteerit koskevat bioenergian valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden alkuperää ja määrälliset kriteerit bioenergialla saatavia kasviuonekaasujen (khk) päästövähennyksiä (Kuva 2). Khk-kaasupäästövähennys määritellään vertaamalla bioenergiatuotteen koko elinkaaren aikaista päästöä fossiilisen energian vastaavaan elinkaaripäästöön. Kasviuonekaasupäästöihin lasketaan mukaan hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), metaani (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O) -päästöt.





Kuva 2. Bioenergiaa koskevat kestävyyskriteerit

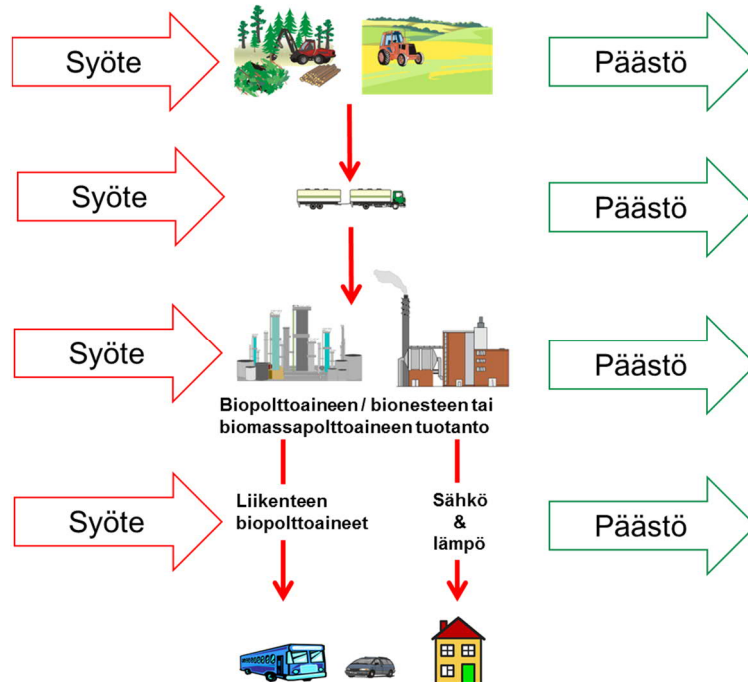
Biomassapolttoaineilta vaadittava khk-päästövähennys sähkön ja lämmöntuotannossa fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna on 2021 alkaen aloittavissa laitoksissa 70 % ja 2026 alkaen aloittavissa laitoksissa 80 %. Liikenteen biopolttoaineita ja bionesteitä, sekä liikenteessä käytettävää biokaasua koskeva khk-päästövähennysvaatimus on 2021 alkaen aloittavissa laitoksissa 65 % nykyisen 60 %:n sijaan. Koska toisaalta myös liikenteen biopolttoaineiden fossiilista vertailuarvoa on nostettu (ks. Taulukko 1), ei päästövähennys käytännössä tiukkene kuin alle 2 %. REDII asettaa myös 70 %:n päästövähennysvaatimuksen muuta kuin biologista alkuperää oleville uusiutuville nestemäisille ja kaasumaisille liikenteen polttoaineille 2021 alkaen (Artikla 25(2)). Komissiolta on tulossa delegoitu säädös 31.12.2021 mennessä, jossa määritellään ohjeistus muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden sekä kierrätettyjen hiilipitoisten polttoaineiden khk-päästövähennyksen laskemiseksi (Artikla 28(5)).

REDII:n mukaisesti biomassapolttoaineiden on täytettävä kestävyttä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiä koskevat kriteerit vain siinä tapauksessa, että niitä käytetään laitoksissa, joiden kokonaislämpöteho on vähintään 20 MW kiinteiden biomassapolttoaineiden tapauksessa ja vähintään 2 MW biokaasun tapauksessa. Halutessaan jäsenvaltiot voivat kuitenkin soveltaa kestävyttä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiä koskevia kriteerejä myös laitoksiin, joiden kokonaislämpöteho on pienempi. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiä koskevat kriteerit koskevat laitoksia, jotka aloittavat toimintansa 1.1.2021 alkaen. Sen sijaan biomassan alkuperälle asetetut kestävyyskriteerit koskevat myös tätä aiemmin toimintansa aloittaneita laitoksia. Muista kuin maataloudesta, vesiviljelystä, kalastuksesta ja metsätaloudesta peräisin olevista jätteistä ja tähteistä tuotettujen biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden edellytetään kuitenkin täyttävän ainoastaan kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiä koskevat kriteerit. Sama pätee myös jätteisiin ja tähteisiin, jotka jalostetaan ensin joksikin tuotteeksi ennen jatkojalostusta biopolttoaineiksi, bionesteiksi ja biomassapolttoaineiksi.

Bioenergialla saavutettavia khk-päästövähennyksiä koskevat kriteerit noudattavat elinkaariarviointin logiikkaa, eli päästölaskennassa huomioidaan bioenergiatuotteiden koko

elinkaari, alkaen raaka-aineen hankinnasta ja päättyen energian jakeluun tai loppukäyttöön. Päästölaskentaan sisällytetään prosessiin liittyvien tuotantopanosten, kuten energian, lannoitteiden, kemikaalien ja muiden lisäaineiden valmistuksen päästöt (Kuva 3). Tätä elinkaaren aikaista kokonaispäästöä verrataan fossiilisen vertailutuotteen vastaavaan elinkaaripäästöön. Toimija voi osoittaa khk-päästökriteerien mukaisuuden kolmella vaihtoehdoisella tavalla (Artikla 31):

- 1) Käyttämällä direktiivin liitteissä (Liite V A, B ja Liite VI A) annettuja oletusarvoja päästövähennykselle (jos maankäytön muutoksista aiheutuva päästö on nolla)
- 2) Laskemalla itse varsinaisen khk-päästövähennyksen direktiivin liitteessä (Liite V C ja Liite VI B) annetun laskentaohjeistuksen mukaisesti
- 3) Yhdistämällä direktiivin liitteissä (Liite V D, E ja Liite VI C) annettuja eriteltyjä oletusarvoja osalle tuotantovaiheista, sekä toimijan itsensä laskemia todellisia arvoja osalle tuotantovaiheista.



Kuva 3. REDII:n khk-päästölaskenta noudattaa elinkaariarvioinnin logiikkaa, ja päästöt huomioidaan koko tuotantoprosessin ajalta. Jäte- ja tähdepolttoaineilla päästölaskenta alkaa raaka-aineen keräilystä.

## 1.5 Raportin sisältö

Raportissa selvennetään REDII:n khk-päästölaskennan ohjeistusta, tunnistetaan mahdolliset muutokset nykytilaan verrattuna, sekä tarkastellaan laskentaohjeen mahdollisia epäselvyyksiä. Tarkastelu keskittyy erityisesti biomassapolttoaineita koskeviin khk-kriteereihin.

Luvussa 2 käsitellään lyhyesti REDII:ssa khk-päästöille annettuja oletusarvoja. Luvussa 3 käydään läpi khk-laskennan metodi ja REDII -laskentasäännöt kohta kohdalta. Jos direktiivin laskentaohjeistuksesta on tunnistettu erityistä huomiota vaativia seikkoja tai epäselvyyttä, on nämä esitetty korostetuissa ”Huomioita”-laatikoissa. Epäselviin kohtiin on myös haettu ohjeistusta komission Joint Research Center:n (JRC) julkaisusta, jossa raportoidaan REDII khk-päästöoletusarvojen taustaoletuksia ja laskentaa [5].

Lisäksi raportissa tarkastellaan suomalaisten toimijoiden kannalta keskeisiksi esimerkeiksi valittuja biomassapolttoaineita ja niiden khk-päästövähennystuloksia REDII -metodilla laskettuna. Laskentaesimerkit ovat kuitenkin yleisluontoisia, eivätkä edusta varsinaisia tuoteketjuja. Esimerkkitapaukset on raportoitu luvussa 4. Luvussa 5 kootaan yhteen keskeisimmät johtopäätökset.

Raportissa tehdyt tulkinnat ovat kirjoittajien omia eikä niitä tule käyttää virallisena tulkintaohjeena.

## 2 REDII -direktiivin khk-oletusarvot

Toimijoiden on mahdollista käyttää direktiivissä annettuja oletusarvoja khk-päästövähennyksen määrittämiseen, jos omaa tuotantoketjua vastaava oletusarvo löytyy oletusarvolistalta ja maankäytön muutoksista aiheutuva päästö on nolla. Direktiivissä annetaan oletusarvot sekä khk-päästövähennykselle (Liite V A, B ja Liite VI A), että erikseen tuotantoketjun eri vaiheille (Liite V D, E ja Liite VI C). Biomassapolttoaineiden päästövähennysoletusarvojen laskennassa on käytetty oletuksena 25 %:n hyötysuhdetta sähkön tuotannossa ja 85 %:n hyötysuhdetta lämmön tuotannossa [5]. Biomassapolttoaineille on myös mahdollista käyttää oletusarvojen kokonaispäästöä (Liite VI D), ja muuntaa se päästövähennykseksi käyttämällä todellista tuotannon hyötysuhdetta toimijan omalta sähkön ja/tai lämmön tuotantolaitokselta. Lisäksi on mahdollista käyttää eriteltyjä oletusarvoja ja toimijan laskemia todellisia arvoja tuotantoketjun eri osille, ja koota niistä kokonaispäästöarvo. Eritellyt arvot biomassapolttoaineille on ilmoitettu per MJ biomassaa tai biokaasulle per MJ biokaasua.

Biomassapolttoaineiden oletusarvot perustuvat JRC:n tekemiin laskelmiin, jotka on kuvattu raportissa Giuntoli ym. 2017<sup>2</sup> [5]. Biopolttoaineiden oletusarvojen taustat on julkaistu raportissa Edwards ym. 2017<sup>3</sup> [6]. Molempien raporttien yhteydessä on myös julkaistu Excel-tietokannat laskentaparametreista.<sup>4</sup> Oletusarvojen on tarkoitus olla yleisluontoisia ja kuvata teknologioita edustavasti koko EU:n markkina-alueella. Ne eivät siis kuvaa tiettyjä yksittäisiä prosesseja, eivätkä välttämättä vastaa tuloksia, joita saadaan parhailla käytettävissä olevilla teknologioilla. Oletusarvot on laskettu varovaisuusperiaatteen mukaisesti. Esimerkiksi kiinteiden biomassapolttoaineiden oletusarvoja laskettaessa on prosessoinnin, kuljetuksen ja polttoaineen käytön päästöt huomioitu 20 % korkeampina kuin tyypilliset toiminta-arvot [5]. Nestemäisen biopolttoaineiden ja biokaasun kohdalla prosessoinnin päästöt ovat oletusarvoissa 40 % korkeammat kuin tyypilliset arvot [5]. Toimija voi osoittaa oman prosessinsa paremmuuden laskemalla sen todelliset khk-päästöt.

Oletusarvoja on määritelty seuraavista raaka-aineista valmistetuille kiinteille biomassapolttoaineille:

- Puupohjaiset hakkeet<sup>5</sup>, metsäteollisuuden sivutuotepuu, puupelletit tai puubriketit, jotka ovat peräisin tai valmistettu:
  - o metsätaloudesta peräisin olevista tähteistä (forest residues)
  - o lyhytkiertoisesta energiapuusta (eukalyptus, poppeli)
  - o runkopuusta (stemwood)
  - o teollisuudesta peräisin olevista tähteistä (industry residues)
- Maataloudesta peräisin olevat tähteet, olkipelletti, sokeriruokojätteestä tehdyt briquetit, palmuydinrouhe (agricultural residues, straw pellets, bagasse briquettes, palm kernel meal)

Oletusarvoja on määritelty myös biomassapolttoaineiden valmistuksessa käytettyyn teknologiaan perustuen, esim. käytetäänkö prosessissa omaa vai verkkosähköä, mikä on polttoaine CHP-laitoksessa, jne.

<sup>2</sup> <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104759>

<sup>3</sup> <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f95536ce-6cf8-11e7-b2f2-01aa75ed71a1/language-en>

<sup>4</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/jrc\\_default\\_values\\_transport\\_biofuels\\_final\\_july\\_2017.xlsx](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/jrc_default_values_transport_biofuels_final_july_2017.xlsx), [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/biogas\\_and\\_solid\\_biomass\\_database\\_jrc\\_red-recast\\_v1a\\_july2017\\_protected.xlsx](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/biogas_and_solid_biomass_database_jrc_red-recast_v1a_july2017_protected.xlsx)

<sup>5</sup> Direktiivin suomenoksessa ”puuhake”

Biokaasun osalta oletusarvot on annettu maissista, lannasta ja biojätteestä valmistetulle biokaasulle, avoimessa tai suljetussa mädätyssäiliössä.

Verrattuna nykyiseen, REDII -direktiivissä annetaan oletusarvoja useammille bioenergiaketjuille. Eritellyt oletusarvot on myös jaoteltu tarkempiin luokkiin, ja esimerkiksi viljelyn N<sub>2</sub>O-päästöt ovat nyt omana luokkana. Tämä mahdollistaa toimijoille laajemman oletusarvojen käytön. Komissiolle jätetään myös valtuus lisätä ja tarkastaa oletusarvoja.

### 3 REDII -direktiivin khk-päästövähennyslaskenta

#### 3.1 Merkittävimmät muutokset nykyisen RES-direktiivin ja REDII:n laskentametodien välillä

REDII:n khk-päästövähennyslaskenta noudattaa elinkaariarvioinnin periaatteita luvussa 1.4 kuvatun mukaisesti, ja laskentaa koskevat säännöt ja yhtälöt esitetään direktiivin liitteessä V biopolttoaineille ja bionesteille, sekä liitteessä VI biomassapolttoaineille. Pääkohdiltaan laskentaperiaatteet seuraavat nykyistä RES-kriteeriä, mutta joitakin muutoksia ja tarkennuksia on lisätty.

Yksi merkittävistä muutoksista on se, että vaadittuja päästövähennyksiä ja käytettäviä fossiilisia vertailuarvoja on muutettu. Taulukko 1 listaa nykyisen RES-direktiivin ja REDII:n bioenergiatuotteilta vaatimat päästövähennykset sekä direktiivin määräämät fossiiliset vertailuarvot. Myös fossiiliset vertailuarvot on laskettu elinkaariarvioinnin mukaisesti, eli niissä huomioidaan fossiilisten polttoaineiden kokonaispäästöt koko tuotantoketjun ajalta, valmistuksesta polttoon. Fossiilisten polttoaineiden vertailuarvojen määrittelyssä on käytetty Joint Research Centre, EUCAR ja CONCAWE –yhteistutkimuksen tuloksia<sup>6</sup> (JEC study, well-to-tank 4a arvot), ja ne edustavat oletettua vuoden 2030 keskimääräistä fossiilista päästöä EU:n alueella [7]. On myös syytä huomata, että koska fossiilista vertailuarvoa on nostettu, myös fossiilisen polttoaineen käytöstä aiheutuvat päästöt biopolttoaineiden ja biomassapolttoaineiden valmistuksessa ovat korkeammat, mikä on huomioitu oletusarvojen laskennassa.

Päästövähennys lasketaan edelleen vertaamalla bioenergiatuotteiden kokonaispäästöä fossiiliseen vertailuarvoon yhtälön 1 mukaisesti:

$$\text{PÄÄSTÖVÄHENNYS} = \frac{\text{Fossiilinen vertailuarvo} - \text{Bioenergiatuotteen kokonaispäästö}}{\text{Fossiilinen vertailuarvo}} \quad (1)$$

Taulukko 1. Nykyisen RES-direktiivin ja REDII:n asettamat päästövähennysrajat sekä fossiiliset vertailuarvot

	Nykyinen RES-direktiivi Päästövähennysraja	Fossiilinen vertailuarvo (g CO <sub>2ekv</sub> /MJ)	REDII Päästö- vähennys- raja	Fossiilinen vertailuarvo (g CO <sub>2ekv</sub> /MJ)
<b>Biopolttoaineet</b>	60 % (2015 aloittaneet laitokset)	83.8 (liikenne)	65 % (2021 aloittaneet laitokset)	94 (liikenne)
<b>Bionesteet</b>	60 % (2015 aloittaneet laitokset)	91 (sähkö) 77 (lämpö) 85 (CHP)	65 % (2021 aloittaneet laitokset)	183 (sähkö) 80 (lämpö)
<b>Biomassa-polttoaineet (≥20MW polttoaineteho kiinteille, ja 2MW biokaasulle)</b>			70 % (2021) 80 % (2026) 65 % (biokaasu liikenteessä)	183 (sähkö) 80 (lämpö) 124 (lämpö jos korvataan hiiltä) 94 (liikenne)

<sup>6</sup> <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads>



<p><b>Muuta kuin biologista alkuperää olevat uusiutuvat nestemäiset ja kaasumaiset liikenteen polttoaineet</b></p>	<p><b>70 %</b> (2021 aloittaneet laitokset)</p> <p>Komissiolta on tulossa delegoitu säädös 31.12.2021 mennessä, jossa määritellään ohjeistus muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden sekä kierrätettyjen hiilipitoisten polttoaineiden khk-päästövähennyksen laskemiseksi (Artikla 28(5)).</p>
<p><b>Kierrätetyt hiilipitoiset polttoaineet</b></p>	<p>Komissio hyväksyy viimeistään 2021 alussa delegoidun säädöksen vahvistamaan kierrätetyillä hiilipitoisilla polttoaineilla saavutettujen kasvihuonekaasupäästöjen vähennysten asianmukaiset vähimmäiskynnykset elinkaarianalysissä, jossa otetaan huomioon kunkin polttoaineen erityispiirteet. (Artikla 25(2))</p>

**Merkittäviä muutoksia verrattuna nykyiseen RES-direktiiviin:**

- Lämmön ja sähkön tuotannon hyötysuhde tulee huomioida päästölaskennassa (Liite V, C kohta 1b ja Liite VI, B kohta 1d)
- CHP-laitoksen päästöjen allokoinnissa sähkön ja lämmön välillä tulee käyttää exergia-allokoinnin periaatetta (Liite V, C kohta 1b ja Liite VI, B kohta 1d)
- Järjestelmärajausta koskevia linjauksia on täsmennetty koskien yhdistettyä biopolttoaineen tuotantoa ja CHP-laitosta (Liite V, C ja Liite VI, B kohta 18)
- Biokaasun khk-laskentaan saa sisällyttää bonuksen, mikäli raaka-aineena käytetään lantaa (Liite VI, B kohta 1b ja c)
- GWP100-arvoja on päivitetty IPCC:n ohjeistuksen mukaisesti (Liite V, C ja Liite VI, B kohta 4)
- Polton CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O-päästöt tulee huomioida bionesteille ja biomassapolttoaineille (Liite V, C ja Liite VI, B kohta 13)
- Biopolttoaineita koskien on poistunut mahdollisuus huomioida moottorin tehokkuus, eli ilmoittaa päästöt g CO<sub>2ekv</sub>/km. Päästöt ilmoitetaan g CO<sub>2ekv</sub>/MJ biopolttoainetta. (Liite V, C entinen kohta 3)

Näitä muutoksia on käsitelty seuraavassa luvussa, jossa käydään läpi REDII:n khk-päästölaskennan ohjeistus kohta kohdalta, kiinnittäen huomio mahdollisiin epäselvyyksiin. Päähuomio kohdistuu biomassapolttoaineita koskevaan metodiin (Liite VI B), mutta tarvittaessa huomioita tehdään myös biopolttoaineita ja bionesteitä koskevista ohjeista (Liite V C). Luvussa 3.2 käsitellään kiinteitä biomassapolttoaineita ja luvussa 3.3 biokaasua.

### 3.2 REDII -direktiivin khk-laskentaohjeistus kiinteille biomassapolttoaineille (Liite VI, osa B)

#### Kohta 1 a ja d. Kokonaispäästön laskenta

**1 a)** Biomassapolttoaineiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöt lasketaan REDII liitteessä VI, B annetun yhtälön (2) mukaisesti. Vastaava laskenta koskee myös biopolttoaineita ja bionesteitä (Liite V C).

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} \quad (2)$$

missä

$E$	= polttoaineen käytöstä aiheutuvat kokonaispäästöt
$e_{ec}$	= raaka-aineiden hankinnasta tai viljelystä aiheutuvat päästöt
$e_l$	= maankäytön muutoksista johtuvista hiilivarantojen muutoksista aiheutuvat annualisoidut päästöt
$e_p$	= jalostuksesta aiheutuvat päästöt
$e_{td}$	= kuljetuksesta ja jakelusta aiheutuvat päästöt
$e_u$	= käytössä olevasta polttoaineesta aiheutuvat päästöt = 0
$e_{sca}$	= paremmista maatalouskäytännöistä johtuvasta maaperän hiilikertymästä saatavat päästövähennykset
$e_{ccs}$	= hiilidioksidin talteenotosta ja geologisesta varastoinnista aiheutuvat päästövähennykset
$e_{ccr}$	= hiilidioksidin talteenotosta ja korvaamisesta aiheutuvat päästövähennykset.

Verrattuna nykyiseen RES-direktiiviin, yhteistuotannon ylijäämästä saatavat päästövähennykset on poistettu yhtälöstä, ja päästöjen allokoitua yhteistuotannon tapauksessa on selvennetty kohdassa 16.

**1 d)** Biomassapolttoaineiden khk-päästöjen laskennassa huomioidaan myös sähkön ja lämmön tai jäädytyksen tuotannon hyötysuhde. Tuotannon hyötysuhteella tarkoitetaan biomassapolttoaineen loppukäyttökohteen hyötysuhdetta (esim. lämmön tai sähkön tuotantolaitoksessa). Vastaava laskenta koskee myös bionesteitä (Liite V C).

**i)** Lämmöntuotannossa biomassapolttoaineen kokonaispäästö jaetaan lämmöntuotannon hyötysuhteella  $\eta_h$ .

$$EC_h = \frac{E}{\eta_h} \quad (3)$$

**ii)** Sähkötuotannossa biomassapolttoaineen kokonaispäästö jaetaan sähköntuotannon hyötysuhteella  $\eta_{el}$ .

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} \quad (4)$$

missä,

$EC_{h,el}$	= Tuotetun lämmön tai sähkön kokonaispäästö
$E$	= Biomassapolttoaineen kokonaispäästö ennen loppukäyttöä
$\eta_h$	= Lämmön tuotannon hyötysuhde määriteltynä jakamalla vuotuinen hyötylämpö sen tuottamiseen vuodessa käytetyllä polttoainemäärällä, perustuen polttoaineen energiasisältöön

$\eta_{el}$  = Sähkön tuotannon hyötysuhde määriteltynä jakamalla vuodessa tuotettu sähkö sen tuottamiseen vuodessa käytetyllä polttoainemäärällä, perustuen polttoaineen energiasisältöön.

'**Hyötylämmöllä**' tarkoitetaan lämpöä, joka tuotetaan täyttämään taloudellisesti perusteltavissa oleva kysyntä lämmitys- tai jäähdytystarkoituksiin.

'**Taloudellisesti perusteltavissa olevalla kysynnällä**' tarkoitetaan kysyntää, joka ei ylitä lämmön tai jäähdytyksen tarvetta ja joka muutoin tyydytettäisiin markkinaehtoisesti.

Huomioimalla vain hyötylämpö pyritään estämään päästöjen kohdistaminen hukkalämmölle.

**Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon (CHP) tapauksessa** kokonaispäästön kohdistamisessa sähkölle ja lämmölle käytetään exergia-allokoinnin menetelmää. Exergialla tarkoitetaan käytännössä energian käyttökelpoisuutta. Sähkön exergiasisältö on suurempi kuin lämmön, sillä sähkö on exergiana määritettyä "korkeampilaatuista energiaa". Sähkö on esimerkiksi muunnettavissa muiksi energiamuodoiksi (mukaan lukien lämmöksi). Tällöin siis exergiaperusteisesti allokoituna sähkölle kohdistuu suurempi osuus päästöistä kuin lämmölle<sup>7</sup>. REDII laskennassa sähkön exergiasisältö on määritelty olevan 100 % eli  $C_{el} = 1$ . Lämmölle lasketaan Carnot-hyötysuhde sen lämpötilan perusteella (yhtälö 7). Lämmön exergiasisältö on sitä suurempi mitä korkeampi lämpötila on (esim. korkeammassa lämpötilassa oleva höyry voi tehdä enemmän työtä kuin matalassa lämpötilassa oleva). Tällöin korkeammassa lämpötilassa olevalle lämmölle allokoituu enemmän päästöjä kuin matalassa lämpötilassa olevalle.

iii) Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa tuotettavalle sähkölle kohdistuvat päästöt lasketaan:

$$EC_{el} = \frac{E}{\eta_{el}} \left( \frac{C_{el} \times \eta_{el}}{C_{el} \times \eta_{el} + C_h \times \eta_h} \right) \quad (5)$$

iv) Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa tuotettavalle lämmölle kohdistuvat päästöt lasketaan:

$$EC_h = \frac{E}{\eta_h} \left( \frac{C_h \times \eta_h}{C_{el} \times \eta_{el} + C_h \times \eta_h} \right) \quad (6)$$

missä

$EC_{h,el}$  = Tuotetun lämmön tai sähkön kokonaispäästö  
 $E$  = Biomassapolttoaineen kokonaispäästö ennen loppukäyttöä  
 $\eta_h$  = Lämmön tuotannon hyötysuhde, eli vuosittainen hyötylämpö jaettuna vuosittaisella polttoainesyötteellä, perustuen polttoaineen lämpöarvoon  
 $\eta_{el}$  = Sähkön tuotannon hyötysuhde, eli vuosittain tuotettu sähkö jaettuna vuosittaisella polttoainesyötteellä, perustuen polttoaineen lämpöarvoon.

$C_{el}$  = Exergiasisältö sähkössä tai mekaanisessa energiassa,  $C_{el} = 1$   
 $C_h$  = Carnot-hyötysuhde (hyödyksi käytettävän ylijäämälämmön exergiasisältö)

<sup>7</sup> Muilla allokointimenetelmillä, kuten energiaperusteisella tai hyödynjakomenetelmään perustuvalla allokoinnilla päästöt kohdistuisivat tasaisemmin sähkölle ja lämmölle.

Carnot-hyötysuhde  $C_h$  hyödyksi käytettävälle lämmölle eri lämpötiloissa lasketaan seuraavasti:

$$C_h = \frac{T_h - T_0}{T_h} \quad (7)$$

missä

$T_h$  = Hyötylämmön lämpötila Kelvin asteina (K) jakelupisteessä  
 $T_0$  = Ympäristön lämpötila = 273,15K eli 0°C

Jos lämpötila  $T_h < 150^\circ\text{C}$  (423K)  $C_h$ :lle voidaan käyttää samaa arvoa, kuin  $150^\circ\text{C}$ :n lämpötilassa, eli 0,3546:

$$C_h = \frac{423\text{K} - 273\text{K}}{423\text{K}} = 0,3546$$

Esimerkiksi kaukolämpöön käytettävän lämmön lämpötila on tyypillisesti  $75 - 110^\circ\text{C}$  välillä. Jos siis lämpö käytetään kaukolämmöksi, voidaan laskennassa käyttää oletusta  $C_h = 0,3546$ . Tällöin yhtälö 6 yksinkertaistuu muotoon:

$$EC_h = \frac{E}{\eta_h} \left( \frac{0,3546 \times \eta_h}{1 \times \eta_{el} + 0,3546 \times \eta_h} \right) \quad (8)$$

Jos lämpöä käytetään esimerkiksi teollisuuden prosesseihin, voi sen lämpötila olla huomattavasti korkeampi, jolloin  $C_h$  tulee laskea yhtälön 7 mukaisesti.

Jos lämpöä käytetään kaukojäähdytykseen, hyödynnetään tyypillisesti absorptiojäähdytintä, johon johdettavan lämmön lämpötila on noin  $80-90^\circ\text{C}$ .

#### Huomioita:

- Hankkeessa on laadittu excel-taulukko, jolla voidaan testata exergia-allokoinnin tuloksia erilaisilla CHP-laitosten toiminta-arvoilla.
- Exergia-allokointi kohdentaa enemmän päästöjä sähkölle kuin lämmölle. Mitä korkeammassa lämpötilassa lämpö on, sitä enemmän sille allokoituu päästöjä.

## Kohta 2. Funktionaalinen yksikkö

Khk-laskennan tulos ilmoitetaan MJ lopputuotetta (biopolttoaine, lämpö/jäähdytys tai sähkö) kohden, eli  $\text{g CO}_{2\text{ekv}}/\text{MJ}$ .

Kohdassa selvitetään myös, miten päästöt viljelyn osalta esitetään per tonni kuivaa raaka-ainetta ( $\text{g CO}_{2\text{ekv}}/\text{dry-ton of feedstock}$ ), ja miten ne muunnetaan päästökseksi per MJ lopputuotetta ( $\text{g CO}_{2\text{ekv}}/\text{MJ}$ ).

## Kohta 3. Päästövähennyksen laskenta

Biomassapolttoaineiden (ja biopolttoaineiden sekä muiden bionesteiden) tuotannon ja käytön avulla saavutettava kasvihuonekaasujen suhteellinen päästövähennys lasketaan vertaamalla

biomassapolttoaineista aiheutuvia kokonaispäästöjä fossiilisten polttoaineiden kokonaispäästöihin (yhtälön 1 mukaisesti).

Biomassapolttoaineiden päästövähennys

$$PÄÄSTÖVÄHENNYS = (EC_{F(h\&c,el)} - EC_{B(h\&c,el)}) / EC_{F(h\&c,el)} \quad (9)$$

missä

$EC_{B(h\&c,el)}$  = biomassapolttoaineesta aiheutuvat kokonaispäästöt

$EC_{F(h\&c,el)}$  = fossiilinen vertailuarvo.

#### Kohta 4. GWP100 kertoimet

Laskennassa huomioitavat kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi CO<sub>2</sub>, typpioksiduuli N<sub>2</sub>O ja metaani CH<sub>4</sub>. Hiilidioksidiekvivalentin (CO<sub>2-ekv</sub>) laskemista varten nämä kaasut painotetaan GWP100 (global warming potential 100 vuodelle) kertoimilla, jotka ovat muuttuneet nykyiseen direktiiviin verrattuna IPCC:n päivitysten mukaisesti.

Taulukko 2. Nykyisen RES-direktiivin ja REDII -direktiivin mukaiset GWP kertoimet

	RED	REDII
CO <sub>2</sub>	1	1
N <sub>2</sub> O	296	298
CH <sub>4</sub>	23	25

#### Kohta 5. Raaka-aineiden hankinnan ja viljelyn päästöt

Kohdassa kerrotaan, mitkä päästöt tulee huomioida laskettaessa päästökomponenttia  $e_{ec}$ , raaka-aineiden hankinnasta tai viljelystä aiheutuvat päästöt. Nykyiseen RES-direktiiviin verrattuna tämä kohta sisältää nyt myös varastoinnin ja kuivauksen päästöt.

Verrattuna biopolttoaineiden ja bionesteiden khk-laskentaohjeistukseen on biomassapolttoaineille kohdassa 5 lisäys metsäbiomassaan liittyen:

*”Estimates of emissions from cultivation and harvesting of forestry biomass may be derived from the use of averages for cultivation and harvesting emissions calculated for geographical areas at national level, as an alternative to using actual values.”*

*(”Metsäbiomassan viljelystä tai korjuusta aiheutuneiden päästöjen arviot voidaan todellisten arvojen sijaan johtaa keskiarvoista, jotka on laskettu kansallisen tason maantieteellisille alueille.”)*

Metsän hoidosta aiheutuvat päästöt (esim. työkoneiden energian kulutuksesta aiheutuvat päästöt metsän istutuksessa ja hoidossa, sekä lannoituksen päästöt) huomioidaan, jos puuta korjataan suoraan energiakäyttöön. Latvusmassan (hakkuutähteen) kohdalla näitä päästöjä ei huomioida, vaan tähdepohjaisille ketjuille khk-laskenta alkaa keräilystä.

**Huomioita:**

- Direktiivi tarjoaa mahdollisuuden käyttää alueellisia keskiarvoja metsän hoidon ja metsäbiomassan korjuun päästöille. Tällä hetkellä tällaisia keskiarvoja ei kirjoittajien tietojen mukaan ole saatavilla.
- Biomassan varastointi kasoissa voi käynnistää mikrobitoimintaa, joka aiheuttaa biomassan hajoamista ja sen seurauksena merkittäviä kuiva-ainetappioita [8]. Hajoamisesta voi seurata CO<sub>2</sub> ja CH<sub>4</sub> päästöjä. JRC on oletusarvoja laskiessaan oletanut näiden kuiva-ainetappioiden suuruudeksi 5 % metsähakkeelle sekä runkopuulle [5]. Lyhytkiertoiselle energiapuulle arvioitu kuiva-ainetappio on 12 %, ja maissille biokaasun tuotannossa 10 % [5]. JRC ei esitä arviota muille raaka-aineille, mutta sama ilmiö koskee myös muuta biomassaa. Jos biomassaa päätyy korjuun jälkeen nopeasti polttoon, kuiva-ainetappiot voivat jäädä pieniksi tai niitä voidaan kokonaan välttää. Kuiva-ainetappiot näkyvät osittain mahdollisesti laitosten kirjanpidossa alentuneena biomassan energiasisältönä, jos biomassaa varastoidaan laitosalueella.

**Kohta 6. Parantuneista maatalouden käytännöistä johtuva päästövähennys**

Kohdassa määritellään parantuneista maatalouden käytännöistä johtuvien päästövähennys laskentaa. Parannuksilla viitataan lisääntyneeseen maaperän hiileen.

*”For the purposes of the calculation referred to in point 3, emission savings from improved agriculture management, such as shifting to reduced or zero-tillage, improved crop/rotation, the use of cover crops, including crop management, and the use of organic soil improver (e.g. compost, manure fermentation digestate), shall be taken into account only if solid and verifiable evidence is provided that the soil carbon has increased or that it is reasonable to expect to have increased over the period in which the raw materials concerned were cultivated while taking into account the emissions where such practices lead to increased fertiliser and herbicide use.”*

*(”Paremmista maatalouskäytännöistä, kuten maanmuokkauksen vähentäminen tai lopettaminen, parantunut viljelykierto, peitekasvien käyttö, mukaan lukien viljelmän hoito, ja orgaanisen maanparannusaineksen (esimerkiksi komposti, lannan käymismädäte) käyttö, saatavat vähennykset päästöissä otetaan 3 kohdassa tarkoitettun laskelman tekemiseksi huomioon vain, jos esitetään vankkaa ja todennettavissa olevaa näyttöä siitä, että maaperän hiilikertymä on kasvanut tai sen voidaan kohtuudella olettaa kasvaneen asianomaisten raaka-aineiden viljelyn aikana samalla, kun otetaan huomioon päästöt, jos tällaiset käytännöt johtivat lisääntyneeseen lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttöön.”)*

Lopulliseen direktiiviin on myös tarkennettu, miten parantuneita käytäntöjä voidaan todentaa:

*Vankkaa ja todennettavissa olevaa näyttöä”...voidaan saada maaperän sisältämän hiilikertymän mittauksilla, esim. ennen viljelyn aloittamista suoritettavassa ensimmäisessä mittauksessa ja sitä seuraavissa mittauksissa, jotka suoritetaan säännöllisesti muutaman vuoden välein. Ennen kuin toisen mittauksen tulokset ovat saatavilla, maaperän hiilikertymän kasvu arvioitaisiin tällöin edustavien otosten tai maaperän mallinnusten pohjalta. Toisesta mittauksesta eteenpäin mittaukset antaisivat pohjan maaperän hiilikertymän kasvun ja sen laajuuden toteamiselle.”*

**Huomioita:**

- Parantuneista maatalouden käytännöistä johtuvasta maaperän parantuneesta hiilensidonnasta saatavan päästövähennyksen tulee perustua mittauksiin. Ennen mittaustulosten aikasarjojen valmistumista apuna voidaan käyttää myös maaperämallinnusta.



- Suomessa maaperän hiilipitoisuutta on mallinnettu ainakin Yasso07 mallilla (<https://en.ilmatieteenlaitos.fi/yasso>). Maaperän hiilen varastoinnin mittaamenetelmiä on myös parhaillaan kehitteillä esimerkiksi suomalaisessa Carbon Action hankkeessa (<https://carbonaction.org/tiede/>).

## Kohta 7. Maankäytön muutoksista aiheutuvat päästöt

Kohdassa määritellään suorista maankäytön muutoksista aiheutuvien päästöjen laskenta. Suoralla maankäytön muutoksella viitataan siihen, että bioenergian tuotanto aiheuttaisi esim. metsien muuttumista pelloiksi. Ohjeistuksessa ei ole muutoksia verrattuna nykyiseen RES-direktiiviin, ja se nojaa edelleen IPCC:n maankäytönmuutoksia koskeviin laskentasääntöihin.

## Kohta 8. Bonus pilaantuneella maalla viljelystä

Pilaantuneella maalla viljelylle saatava bonus on voimassa 20 vuotta nykyisen 10 vuoden sijaan.

*” The bonus of 29 g CO<sub>2</sub>eq/MJ shall be attributed if evidence is provided that the land:*

*(a) was not in use for agriculture in January 2008 or any other activity; and*

*(b) is severely degraded land, including such land that was formerly in agricultural use.*

*The bonus of 29 g CO<sub>2</sub>eq/MJ shall apply for a period of up to 20 years from the date of conversion of the land to agricultural use, provided that a steady increase in carbon stocks as well as a sizable reduction in erosion phenomena for land falling under (b) are ensured.”*

*(”Hyvitys 29 gCO<sub>2</sub>ekv /MJ myönnetään, jos esitetään näyttöä siitä, että maa täyttää seuraavat edellytykset:*

*a) se ei ollut maanviljelykäytössä tai missään muussa käytössä tammikuussa 2008; ja*

*b) se on vakavasti huonontunutta maata, mukaan lukien aikemmin maanviljelykäytössä ollut maa. Hyvitystä 29 gCO<sub>2</sub>ekv /MJ sovelletaan enintään 20 vuoden ajan siitä, kun maa on otettu maanviljelykäyttöön, edellyttäen, että hiilivarantojen säännöllinen kasvu ja eroosion merkittävä väheneminen varmistetaan b alakohdan soveltamisalaan kuuluvan maan osalta.”)*

## Kohta 9. Pilaantuneen maan määritelmä

Kohdassa selvennetään pilaantuneen maan määritelmää:

*”‘Severely degraded land’ means land that, for a significant period of time, has either been significantly salinated or presented significantly low organic matter content and has been severely eroded.”*

*(“‘Vakavasti huonontuneella maalla’ tarkoitetaan maata, joka on merkittävän ajan ollut joko huomattavan suolaantunut tai jonka orgaanisen aineen pitoisuus on ollut huomattavan alhainen ja joka on eroosion pahoin kuluttamaa.”)*

## Kohta 10. Maaperän hiilivarastot

Kohdassa puhutaan maaperän hiilivarastojen laskennasta, jota komissio tarkastelee 31.12.2020 mennessä. Laskenta tulee perustumaan IPCC:n ja EU:n päästöinventaariohjeistuksiin, sekä EU:n LULUCF lainsäädäntöön ((EU) 2018/841) [9].

*” The Commission shall review, by 31 December 2020, guidelines for the calculation of land carbon stocks (1) drawing on the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – volume 4 and in accordance with Regulation (EU) No 525/2013 and Regulation (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council (2). The Commission guidelines shall serve as the basis for the calculation of land carbon stocks for the purposes of this Directive.”*

(“Komissio tarkastelee uudelleen 31 päivään joulukuuta 2020 mennessä maaperän hiilivarantojen laskentaa koskevia ohjeita (1), jotka perustuvat asiakirjaan ”2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – volume 4”, asetuksen (EU) N:o 525/2013 ja Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2018/841 (2) mukaisesti. Komission ohjeita käytetään perustana laskettaessa maaperän hiilivarantoja tätä direktiiviä sovellettaessa.”)

**Huomioita:**

- REDII:n khk-laskentakriteerit eivät ota kantaa bioenergian käytön mahdollisiin vaikutuksiin metsien hiilivarastoihin, vaan hiilivarastoihin kohdistuva säätely tapahtuu EU:n LULUCF lainsäädännön puitteissa ((EU) 2018/841). Maaperän hiilivarastojen osalta laskentaa mahdollisesti tarkennetaan.

**Kohta 11. Jalostuksen päästöt**

Kohdassa määritellään, mitkä päästöt huomioidaan laskettaessa päästökompontenttia 'e<sub>p</sub>, jalostuksesta aiheutuvat päästöt'. Kohdassa ei ole merkittäviä muutoksia verrattuna nykyiseen RES-direktiiviin (Liite V). Biopolttoaineen, bionesteen tai biomassapolttoaineen valmistusprosessissa kulutetun, laitoksen ulkopuolella tuotetun sähkön päästö määritellään alueen keskiarvoisena päästönä. Tuottajat voivat myös käyttää yksittäisen sähköntuotantolaitoksen keskimääräistä päästöä, mikäli laitos ei ole kytkettynä sähköverkkoon (ts. vihreiden sertifikaattien käyttö ei ole sallittua). Suomessa Energiavirasto on ohjeistanut käyttämään Suomen keskimääräistä sähkön päästökerrointa ja julkaisee internetsivuillaan kulloinkin ajankohtaisen päästöarvon (esim. 128,5 g CO<sub>2ekv</sub>/kWh vuonna 2017<sup>8</sup>).

**Huomioita:**

- REDII -ehdotuksen kirjaus biomassapolttoaineille käytettävästä korkeammasta sähkön päästökertoimesta on poistunut, ja biomassapolttoaineiden ohjeistus on nyt sama kuin biopolttoaineiden ja bionesteiden, eli sähkölle käytetään alueen keskiarvoista päästöä.
- Aiemmassa hankkeessa toimijat toivoivat tarkempaa ohjeistusta siitä, mitä päästökompontentteja jalostuksen päästöihin tulisi huomioida (esim. tarkempi rajausta mukaan otettaville mahdollisesti vähämerkityksisille päästökompontenteille, kuten katalyytit, voiteluaineet, jne.). Tällaista tarkempaa ohjeistusta ei ole lisätty lopulliseen REDII -direktiiviin.

**Kohta 12. Kuljetuksen ja jakelun päästöt**

Kohdassa määritellään kuljetuksen ja jakelun päästöjen laskenta. Myös valmiiden tuotteiden varastoinnin päästöt tulee huomioida.

**Kohta 13. Polton CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O päästöt**

Biomassapolttoaineiden ja bionesteiden päästölaskennassa huomioidaan polton N<sub>2</sub>O ja CH<sub>4</sub> päästöt. Näiden päästöjen on REDII -direktiivin oletusarvoissa arvioitu olevan 0,3-0,5 g

<sup>8</sup> <https://energiavirasto.fi/biomassojen-ja-biopolttoaineiden-kestavyys>

CO<sub>2ekv</sub>/MJ polttoainetta, raaka-aineesta riippuen. Biokaasun kohdalla REDII oletusarvo on 12,5 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ ja tyypillinen arvo 8,9 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ.

#### Huomioita:

- REDII:n korkea oletusarvo biokaasun N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub>-päästöille johtuu JRC:n mukaan siitä, että biokaasun poltossa sähköksi osa biokaasusta voi jäädä palamatta, ja näin aiheuttaa ylimääräisiä CH<sub>4</sub>-päästöjä. Tämä oletus koskee kuitenkin biokaasua sähkön tuotannossa ja on epäselvää, soveltuuko arvo myös biokaasulle lämmön tuotannossa.
- IPCC:n inventaariohjeistuksessa<sup>9</sup> polton N<sub>2</sub>O ja CH<sub>4</sub> päästöt ovat hieman korkeammat kuin REDII:n oletusarvot. Biokaasun oletusarvo taas on huomattavasti matalampi:

Raaka-aine	Päästö: CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub> O [g CO <sub>2ekv</sub> /MJ]
Puu	1.9
Muu biomassa	1.9
Mustalipeä	0.7
Biokaasu	0.1

#### Kohdat 14-15. CCS ja CCR

Kohdat liittyvät hiilidioksidin talteenottoon ja geologiseen varastointiin (carbon capture and storage, CCS) tai talteenottoon ja korvaamiseen (carbon capture and replacement, CCR). CCR:illa saatavat hyödyt syntyvät, kun biomassasta peräisin olevan hiilidioksidi otetaan talteen ja sillä korvataan kaupallisten tuotteiden ja palvelujen tuotannossa käytettyä fossiilista polttoaineista peräisin olevaa hiilidioksidia. Hyöty CCR:sta allokoidaan biomassapolttoaineelle tai biopolttoaineelle, jonka tuotantoon talteenotto liittyy.

CCS ja CCR teknologioiden khk-laskennan metodeihin liittyy paljon avoimia kysymyksiä, joita olisi syytä tarkastella lähemmin. Tästä raportista CCS ja CCR kysymysten lähempi tarkastelu on kuitenkin rajattu pois.

#### Kohta 16. Ylijäämä sähkö tai -lämpö yhteistuotantolaitoksilla

Kun biopolttoaineen tuotantoon lämpöä ja/tai sähköä tarjoava yhteistuotantolaitos tuottaa ylijäämä sähköä ja/tai -lämpöä, kohdistetaan päästöt näiden välillä lämmön lämpötila huomioiden, eli allokoinnissa huomioidaan Carnot-hyötysuhde.

Allokoinnin periaatteet noudattavat siis kohdassa 1,d ii) kuvattua laskentaa. (Ylijäämälämmön tulee olla "hyötylämpöä", kuten kohdassa 1).

<sup>9</sup> <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

## Kohta 17. Allokointi

Kun biopolttoaineprosessissa syntyy useampaa lopputuotetta (päätuote + sivutuotteet), tulee päästöt kohdentaa näille tuotteille niiden energiasisällön perusteella (energia-allokointi). Tämä ohjeistus vastaa nykyistä RES-direktiiviä. Energiasisältö määritellään tuotteen alemman lämpöarvon perusteella (LHV), paitsi sähkön ja lämmön tapauksissa.

Ylijäämänsähkön ja – lämmön osalta REDII toteaa:

*“The greenhouse gas intensity of excess useful heat or excess electricity is the same as the greenhouse gas intensity of heat or electricity delivered to the biomass fuel production process and is determined from calculating the greenhouse gas intensity of all inputs and emissions, including the feedstock and CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions, to and from the cogeneration unit, boiler or other apparatus delivering heat or electricity to the biomass fuel production process. In the case of cogeneration of electricity and heat, the calculation is performed following point 16.”*

*(”Ylimääräisen hyötylämmön tai ylimääräisen sähkön kasvihuonekaasuintensiteetti on sama kuin biomassapolttoaineen tuotantoprosessiin toimitetun lämmön tai sähkön kasvihuonekaasuintensiteetti, ja se määritetään laskemalla se kasvihuonekaasuintensiteetti, joka on kaikilla panoksilla, mukaan lukien raaka-aine, jotka syötetään yhteistuotantoyksikköön, kattilaan tai muuhun laitteeseen, jolla toimitetaan lämpöä tai sähköä biomassapolttoaineen tuotantoprosessiin, sekä kaikilla päästöillä, mukaan lukien CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O -päästöt, jotka kyseinen yksikkö, kattila tai muu laite aiheuttaa. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa laskelma tehdään 16 kohdan mukaisesti.”)*

### Huomioita:

- Ylijäämänsähkön ja – lämmön khk-päästö määräytyy ohjeistuksessa sen mukaan, mikä on ollut biopolttoaineen tai biomassapolttoaineen tuotannossa käytetyn sähkön tai lämmön päästö. Tämä päästö määritellään ottamalla huomioon sähkön tai lämmön tuotannon kokonaispäästö elinkaaren ajalta. Jos kyseessä on sähkön ja lämmön yhteistuotanto, päästöjen kohdentaminen tapahtuu exergija-alkokoinnin periaatteella (Liite VI, B kohta 16 & kohta 1).
- Jos biomassapolttoaineen tai biopolttoaineen tuotannossa syntyy sivutuotteena ”hyötylämpöä”, tulisi lämmölle voida allokoida päästöjä sen energiasisällön perusteella, mikäli lämmölle on todellinen ”taloudellisesti perusteltavissa oleva kysyntä”.

## Kohta 18. Järjestelmärajaus

Jäte ja tähde raaka-aineiden khk-päästölaskenta alkaa edelleen keräilystä, kuten nykyisessä RES-direktiivissä. Bioenergian tuotannossa syntyville jätteille tai tähteille ei voida allokoida päästöjä, koska niiden elinkaari ajatellaan päästöttömäksi keräilyyn asti.

*“Wastes and residues, including tree tops and branches, straw, husks, cobs and nut shells, and residues from processing, including crude glycerine (glycerine that is not refined) and bagasse, shall be considered to have zero life-cycle greenhouse gas emissions up to the process of collection of those materials irrespectively of whether they are processed to interim products before being transformed into the final product.”*

*(Jätteiden ja tähteiden, kuten puiden latvojen ja oksien, oljen, kuorten, tähkien ja pähkinänkuorten sekä muiden jalostustähteiden, myös raakaglyserolin (jalostamaton glyseroli) ja sokeriruokojätteen, ei katsota aiheuttavan elinkaarenaikaisia kasvihuonekaasupäästöjä ennen kyseisten materiaalien*

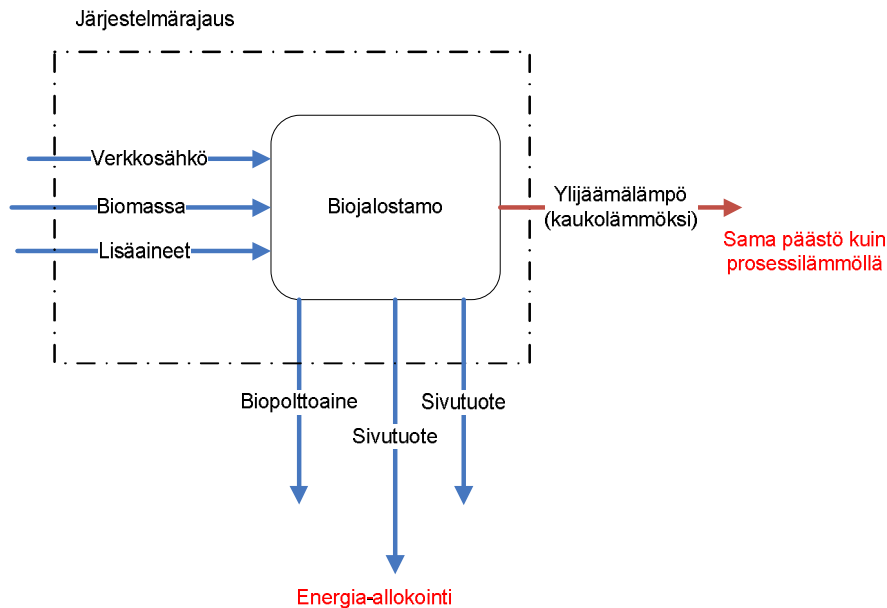
keräämistä riippumatta siitä, onko materiaalit prosessoitu välituotteiksi ennen jalostusta lopputuotteeksi.)

Kohdassa 18 on RED:iin verrattuna tarkennettu integraattien ja biojalostamoiden järjestelmärajausta:

*“In the case of biomass fuels produced in refineries, other than the combination of processing plants with boilers or cogeneration units providing heat and/or electricity to the processing plant, the unit of analysis for the purposes of the calculation referred to in point 17 shall be the refinery.”*

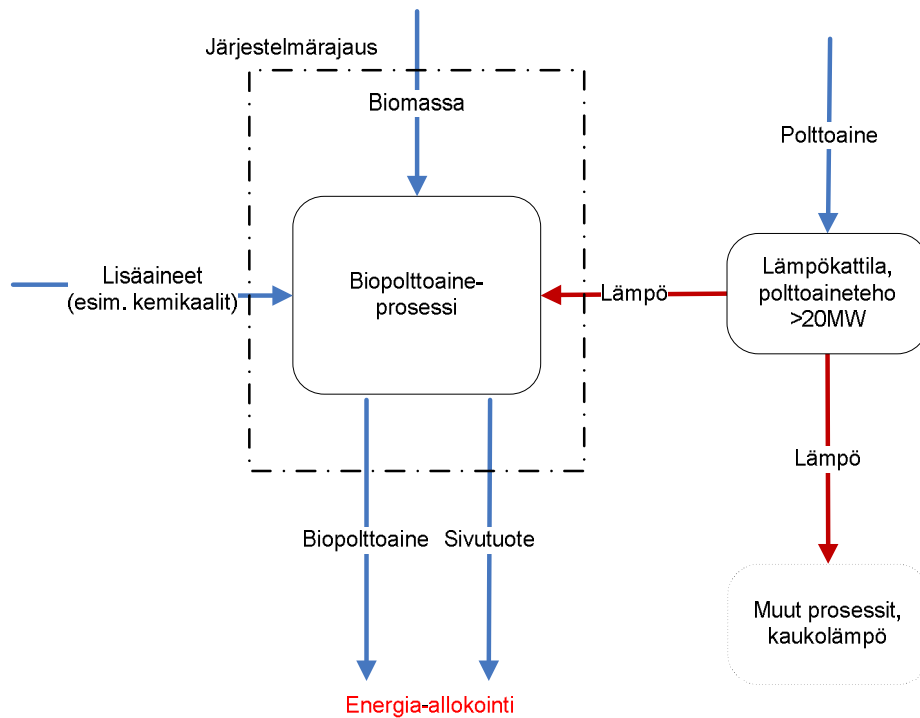
*(“Jos biomassapolttoaine tuotetaan jalostamossa, joka ei ole jalostuslaitosten yhdistelmä, jossa jalostuslaitokselle tuotetaan lämpöä ja/tai sähköä kattilalla tai yhteistuotantoyksiköllä, analyysiyksikkö 17 kohdassa tarkoitettua laskentaa suoritettaessa on jalostamo.”)*

Biojalostamoiden tapauksessa järjestelmärajaus asetetaan siis koko jalostamon ympärille. Jalostamo todennäköisesti tuottaa useita tuotteita, ja päästöt allokoidaan näiden välillä energiaperusteisesti (tai ylijäämälämmön ja -sähkön tapauksessa exergiaperusteisesti). Kohdan 17 mukaisesti ylijäämälämmön tai -sähkön päästö on sama kuin prosessissa käytetyn lämmön tai sähkön päästö.



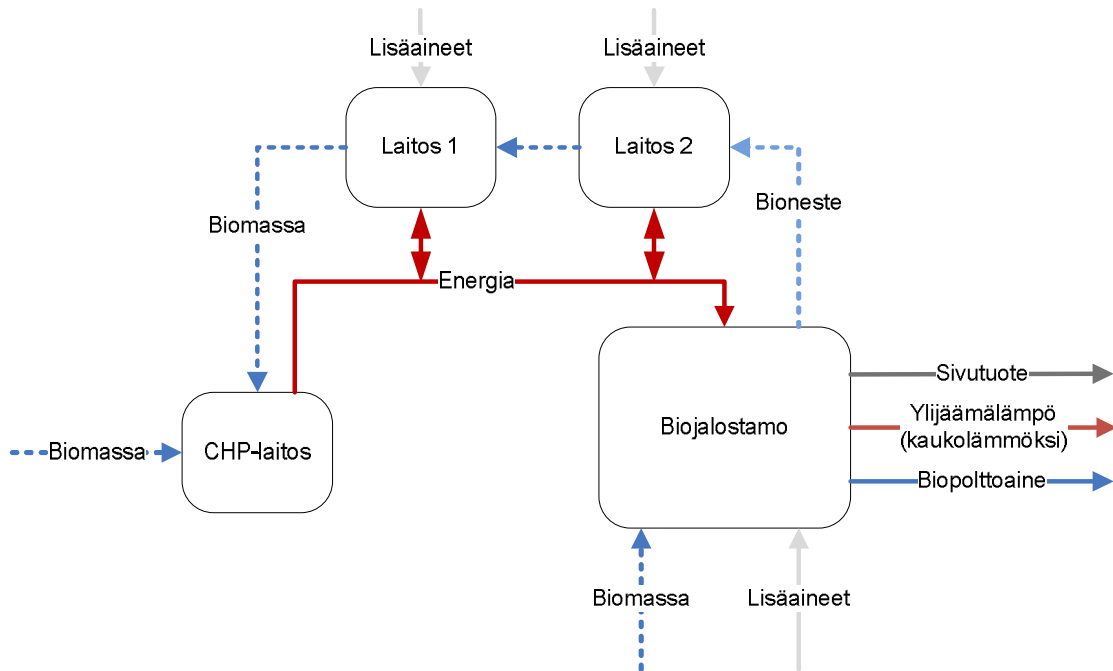
Kuva 4. Esimerkki järjestelmärajauksesta biojalostamon tapauksessa

Jos biopolttoaineen tuotanto on yhdistetty sähkön tai lämmön tuotantoon tai yhteistuotantolaitokseen (CHP), käsitellään laitokset erillään.



Kuva 5. Esimerkki järjestelmärajauksesta CHP-laitoksen tapauksessa

Biojalostamot voivat olla laajoja ja monimutkaisia tuotantojärjestelmiä, joihin liittyy erilaisia energia- ja materiakiertoja. Tällaisissa tapauksissa järjestelmärajausten asettaminen on haasteellisempaa, kuin yksinkertaisten laitoskonseptien tapauksessa (Kuva 6).



Kuva 6. Esimerkki monimutkaisesta biojalostamosta



**Huomioita:**

- Systeemirajojen yksiselitteinen määrittäminen on haastavaa valmistusprosessien tapauskohtaisten erityispiirteiden vuoksi.
- REDII ei tarkenna jalostamon määritelmää, joten on epäselvää, kuinka laajaa kokonaisuutta komissio on tarkoittanut jalostamalla. Jos jalostamalla tarkoitetaan suuria tuotantolaitoksia tai niiden integraatteja, joissa syntyy useita erilaisia tuotteita (esim. biopolttoaineita, biomassapolttoaineita, biomateriaaleja, biokemikaaleja, sellua, jne.), voi koko jalostamon kattava järjestelmärajaus aiheuttaa työlään khk-laskentaprosessin. Jalostamon yksiselitteinen määrittely on kuitenkin haastavaa tapauskohtaisuuden vuoksi.
- Useita tuotteita valmistavassa biojalostamossa päästöt jaetaan eri tuotteiden välillä niiden energiasisällön perusteella. Energia-allokointi on usein epäloogista silloin, kun tuotetta ei käytetä energiaksi. Toisaalta, monet biotuotteet voivat elinkaarensa lopussa päätyä energiahyötykäyttöön.
- CHP-laitoksen ja biopolttolaitoksen käsittely erillään ei välttämättä tue integraatiolla haettujen hyötyjen huomioimista.
- Jos kuvan 5 mukaisesti biomassaa polttava CHP laitos tai lämpökattila on polttoaineteholtaan yli 20MW ja aloittanut vuoden 2021 alussa tai sen jälkeen, sitä koskevat biomassapolttoaineita koskevat kriteerit, ja biopolttolaitoksen prosessia biopolttolaitoksia koskevat kriteerit (kun laitokset käsitellään erillään). Vaikka lämpö täyttäisi biomassapolttolaitosten khk-kriteerit, tulee sen päästöt silti huomioida biopolttolaitoksen khk-laskennassa.

**Kohta 19. Fossiiliset vertailuarvot**

Kohdassa 19 määritellään fossiiliset vertailukohdat, jotka on lueteltu tämän raportin Taulukossa 1.

Jos biomassapolttolaitoksilla tuotetaan hyötylämpöä niin, että voidaan osoittaa hiilen suora fyysinen korvaaminen, vertailuarvona käytetään  $124 \text{ CO}_{2\text{ekv}}/\text{MJ}$ .

**Huomioita:**

- Sähkölle käytettävä vertailuarvo  $183 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$  eli  $659 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$  vastaa fossiilisen tuotannon keskiarvopäästöä Euroopassa. EU:n sähkön keskimääräinen päästö on arvioitu olevan noin  $450 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$ , ja Suomen keskimääräinen päästö noin  $128,5 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$  (vuonna 2017). Lasketut korvaushyödyt voivat siis olla todellisia korvaushyötyjä merkittävämpiä. Toisaalta myös liikenteen biopolttolaitoksilla oletetaan korvattavan vain fossiilisia polttoaineita, joten nämä oletukset ovat johdonmukaisia toistensa kanssa.
- On epäselvää, miten osoitetaan "suora fyysinen hiilen korvaus" (direct physical substitution of coal), jonka avulla voidaan saavuttaa parempia korvaushyötyjä. Tätä tulisi selvittää direktiivin implementointivaiheessa.

### 3.3 REDII -direktiivin khk-laskentaohjeistus kaasumaisille biomassapolttoaineille (Liite VI, B)

Eryityisesti biokaasun khk-laskentaa koskevat yhtälöt on esitelty tässä osiossa. Muilta osin laskenta vastaa yllä esitettyä muiden biomassapolttoaineiden laskentaa. Biokaasulle annetut erityisohjeet koskevat useiden raaka-aineiden mädätystä (co-digestion).

#### Kohta 1 b ja c

#### **b) Oletusarvojen yhdistäminen useista raaka-aineista valmistetun biokaasun tapauksessa**

Jos biokaasun tai biometaanin mädätyksessä käytetään useampia raaka-aineita (co-digestion), voi toimija yhdistää REDII -direktiivissä annettuja oletusarvoja tai tyypillisiä arvoja omaa raaka-aineseostaan vastaavaksi. Raaka-aineiden oletusarvojen yhdistämiseen käytetään seuraavaa yhtälöä:

$$E = \sum_1^n S_n \times E_n \quad (10)$$

missä

$E$  = kasvihuonekaasupäästöt määritettyä substraattien seosta yhteismädättämällä tuotetun biokaasun tai biometaanin megajoulea kohti;

$S_n$  = raaka-aineen  $n$  osuus energiasisällöstä;

$E_n$  = päästö, joka ilmaistaan  $\text{gCO}_2/\text{MJ}$ , ketjussa  $n$  liitteen VI D osan mukaisesti\*.

\*Jos substraattina on eläinten lantaa, lisätään hyvitys  $-45 \text{ g CO}_{2\text{ekv}} / \text{MJ}$  lantaa ( $-54 \text{ kg CO}_{2\text{ekv}} / \text{t}$  tuoretta materiaalia) paremmista maatalouskäytännöistä ja lannan paremmasta käsittelystä johtuen.

Raaka-aineen  $n$  osuus energiasisällöstä lasketaan yhtälöllä:

$$S_n = \frac{P_n \times W_n}{\sum_1^n P_n \times W_n} \quad (11)$$

missä

$P_n$  = energiatuotanto [MJ] kohti kilogrammaa syötettyä märkää raaka-ainetta  $n^{**}$

$W_n$  = substraatin  $n$  painokerroin määriteltynä seuraavasti:

$$W_n = \frac{I_n}{\sum_1^n I_n} \times \left( \frac{1 - AM_n}{1 - SM_n} \right) \quad (12)$$

missä

$I_n$  = mädätyssäiliöön vuosittain syötettävän substraatin  $n$  määrä [tonnia tuoretta materiaalia]

$AM_n$  = substraatin  $n$  vuotuinen keskimääräinen kosteus [kg vettä / kg tuoretta materiaalia]

$SM_n$  = substraatin  $n$  vakiokosteuspitoisuus\*\*\*.

\*\* Tyypillisten arvojen ja oletusarvojen laskennassa käytetään seuraavia  $P_n$ :n arvoja:

P(maissi): 4,16 [MJ biokaasua / kg märkää maissia 65 %:n kosteuspitoisuudessa]

P(lanta): 0,50 [MJ biokaasua / kg märkää lantaa 90 %:n kosteuspitoisuudessa]

P(biojäte) 3,41 [MJ biokaasua / kg märkää biojätettä 76 %:n kosteuspitoisuudessa]

\*\*\* Substraatin  $SM_n$  vakiokosteuspitoisuuden arvot on määritelty:

SM(maissi): 0,65 [kg vettä / kg tuoretta materiaalia]

SM(lanta): 0,90 [kg vettä / kg tuoretta materiaalia]

SM(biojäte): 0,76 [kg vettä / kg tuoretta materiaalia]

#### Huomioita:

- Lopullisessa REDII -direktiivissä kaavasta 10 puuttuu termi  $S_n$  ja yhtälöstä 11 termi  $P_n$  jakoviivan alapuolelta.
- Esitettyä laskentaa voidaan siis käyttää tapauksissa, jossa halutaan yhdistää eri raaka-aineille Liite VI D osassa annettuja oletusarvoja. Tämä on mahdollista, kun biokaasua tuotetaan lannan, maissin ja biojätteen yhdistelmästä, sillä ainoastaan näille raaka-aineille on määritelty oletusarvot.
- Laskentaan tarvitaan toimijan todelliset arvot koskien parametreja  $I_n$  ja  $AM_n$ .
- Hankkeessa on laadittu excel-laskuri joka sisältää yllä olevat yhtälöt oletusarvojen yhdistämiseksi.

**c)** Kun tuotetaan biokaasua tai biometaania useampien raaka-aineiden mädätyksellä (co-digestion), lasketaan todelliset päästöt seuraavasti. Yhtälö vastaa muiden bioenergia-tuotteiden laskentaa, mutta siinä huomioidaan seoksen eri raaka-aineiden osuudet ja niiden aiheuttamat päästöt (alun summakaava) sekä mahdollisesta lannan käytöstä raaka-aineena saatava bonus.

$$E = \sum_1^n S_n \times (e_{ec,n} + e_{td,feedstock,n} + e_{l,n} - e_{sca,n}) + e_p + e_{td,product} + e_u - e_{ccs} - e_{ccr} \quad (13)$$

missä

$E$	= biokaasun tai biometaanin tuotannosta aiheutuvat kokonaispäästöt ennen energianmuuntoa
$S_n$	= raaka-aineen n osuus, osuutena mädätyssäiliöön syötettävästä määrästä
$e_{ec,n}$	= raaka-aineen n tuotannosta tai viljelystä aiheutuvat päästöt
$e_{td,feedstock,n}$	= raaka-aineen n kuljetuksesta mädätyssäiliöön aiheutuvat päästöt
$e_{l,n}$	= maankäytön muutoksista johtuvista hiilivarantojen muutoksista aiheutuvat annualisoidut päästöt raaka-aineen n osalta
$e_{sca}$	= raaka-aineeseen n liittyvistä paremmista maatalouskäytännöistä saatavat vähennykset päästöissä*;
$e_p$	= jalostuksesta aiheutuvat päästöt
$e_{td,product}$	= biokaasun ja/tai biometaanin kuljetuksesta ja jakelusta aiheutuvat päästöt
$e_u$	= polttoaineen käytön aikaiset päästöt, ts. poltettaessa syntyneet kasvihuonekaasupäästöt
$e_{ccs}$	= hiilidioksidin talteenotosta ja geologisesta varastoinnista saatavat vähennykset päästöissä ja
$e_{ccr}$	= hiilidioksidin talteenotosta ja korvaamisesta saatavat vähennykset päästöissä.

\* Jos biokaasun ja biometaanin tuotannossa käytetään substraattina eläinten lantaa, lisätään arvoon  $e_{sca}$  hyvitys  $-45 \text{ g CO}_{2ekv}/\text{MJ}$  lantaa paremmista maatalouskäytännöistä ja lannan paremmasta käsittelystä johtuen.

**Huomioita:**

- Termi  $S_n$  on määritelty eritavoin kohdissa 1b ja 1c. Selvyyden vuoksi määritelmät tulisi yhtenäistää (tai jos niillä tarkoitetaan eri asioita, merkitä eri symbolein).
- JRC on määrittänyt lannan käytöstä saatavan  $45 \text{ g CO}_{2ekv}/\text{MJ}$  hyvityksen arvioimalla, kuinka suuri päästö vältetään, kun lanta käytetään biokaasuksi sen sijaan, että se varastoitaisiin ja levitettäisiin pelloille. JRC:n mukaan näin vältetään  $\text{CH}_4$  päästöjä  $36,8 \text{ g CO}_{2ekv}/\text{MJ}$  lantaa ja  $\text{N}_2\text{O}$  päästöjä  $8,3 \text{ g CO}_{2ekv}/\text{MJ}$  lantaa [5, sivu 59].
- JRC on oletusarvojen laskennassaan huomionut myös biokaasulaitoksen rejektin käytön lannoitteena, ja vähentänyt teollisten lannoitteiden käyttöä vastaavasti. Toisaalta rejektin levitykseen liittyvät typpipäästöt tulee huomioida. Viljelyn typpipäästöjen laskentaan maissin tapauksessa on selitetty tarkemmin JRC:n julkaisussa [5, sivut 44-48].

## 4 Esimerkkitarjasteluja biomassapolttoaineketjuille

### 4.1 Biomassapolttoaineen kokonaispäästö ennen loppukäyttöä

Biomassapolttoaineiden kokonaispäästö ennen loppukäyttöä tarkoittaa sitä päästöä, joka biomassapolttoaineen tuotantoketjuun (viljely, keräily, varastointi, valmistus, kuljetus) voi enimmillään liittyä ennen polttoa, jotta vaaditut päästövähennysrajat vielä saavutetaan (ks. yhtälöt 3 ja 4, tekijä *E*). Nämä päästöt voidaan laskea yhtälön 1 sekä annettujen päästövähennysvaatimusten ja fossiilisten vertailuarvojen avulla (Taulukko 1). Lisäksi tulee huomioida polton CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O päästöt sekä loppukäytön hyötysuhde. Taulukko 3 listaa RED:n oletusarvojen mukaiset polton CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O päästöt eri raaka-aineille.

Taulukko 3. REDII -direktiivin oletusarvojen mukaiset polton CH<sub>4</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöt

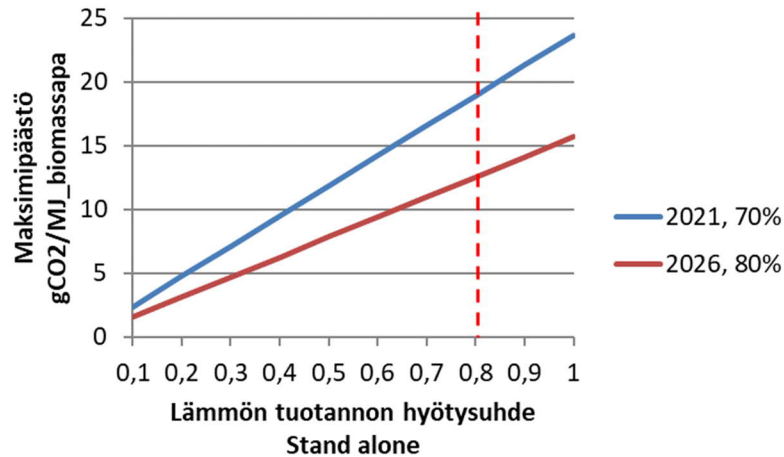
Raaka-aine	Päästö: CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub> O [g CO <sub>2ekv</sub> /MJ]
Puupohjaiset hakkeet, metsäteollisuuden sivutuotepuu <sup>10</sup>	0,5
Puu pelletit tai brikitit <sup>11</sup>	0,3
Biokaasu	12,5

Polton hyötysuhde ( $\eta_h$  ja  $\eta_{el}$ ) tulee huomioida yhtälöiden 3 ja 4 mukaisesti. Tällöin maksimipäästöt eroavat eri hyötysuhteilla tuotetulle lämmölle ja sähkölle. Kuvissa 7 ja 8 esitetään maksimikokonaispäästö ennen loppukäyttöä kiinteitä biomassoja polttaville erillislaitoksille.

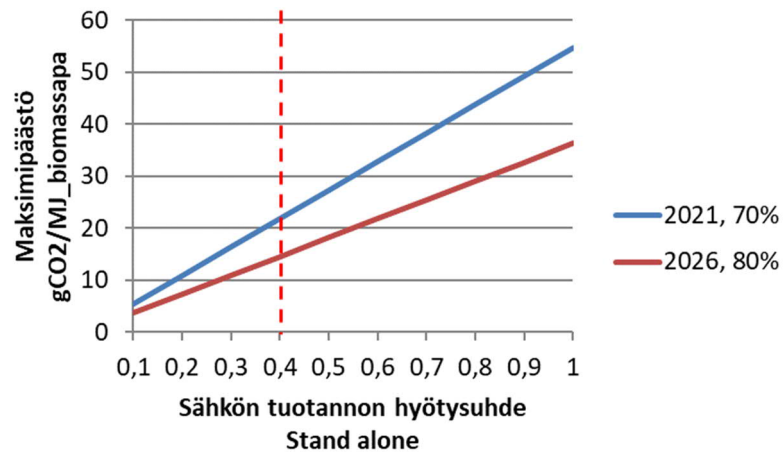
- Esim. 80 %:n hyötysuhteella lämmön tuotannossa biomassapolttoaineen päästön tulee olla alle 18,8 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ 70 %:n päästövähennyksen saavuttamiseksi, ja alle 12,4 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ 80 %:n päästövähennyksen saavuttamiseksi.
- Esim. 40 %:n hyötysuhteella sähkön tuotannossa biomassapolttoaineen päästön tulee olla alle 21,8 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ 70 %:n päästövähennyksen saavuttamiseksi ja alle 14,4 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ 80 %:n päästövähennyksen saavuttamiseksi.

<sup>10</sup> REDII:ssa termi viittaa jakeisiin: wood chips from forest biomass, wood chips from short rotation coppice (eucalyptus / poplar), wood chips from stemwood, wood chips from wood industry residues

<sup>11</sup> REDII:ssa termi viittaa jakeisiin: wood briquettes or pellets from forest residues, wood briquettes from short rotation coppice (eucalyptus / poplar), wood briquettes or pellets from stem wood, wood briquettes or pellets from wood industry residues



Kuva 7. Maksimi-arvot kiinteiden biomassapolttoaineiden kokonaispäästöille (E) ennen polttoa eri lämmön tuotannon hyötysuhteilla



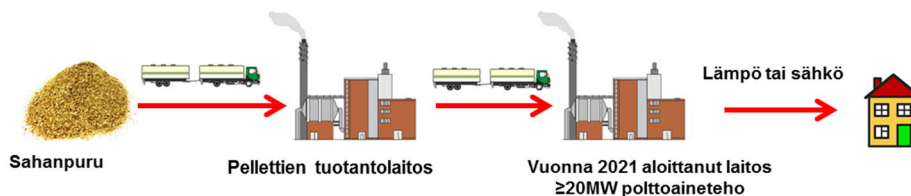
Kuva 8. Maksimi-arvot kiinteiden biomassapolttoaineiden kokonaispäästöille (E) ennen polttoa eri sähkön tuotannon hyötysuhteilla

CHP-laitoksilla maksimipäästöt riippuvat useammasta toimintaparametrasta. Jos esimerkiksi CHP-laitoksen kokonaishyötysuhde on 85 %, lämmön tuotannon hyötysuhde 55 % ja sähkön tuotannon hyötysuhde 30 %, sekä sataprosenttisesti hyötykäytettävän lämmön lämpötila  $\leq 150^{\circ}\text{C}$ , on maksimi-arvo kiinteiden biomassapolttoaineiden kokonaispäästöille noin 27,1 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ vuonna 2021 ja 18,0 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ vuonna 2026. Biokaasulle maksimi-arvot ovat näitä päästöarvoja alhaisemmat, jos käytetään REDII -direktiivin oletusarvoa polton CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O päästöille.

Biomassapolttoaineita käyttävän laitoksen hyötysuhde vaikuttaa siis merkittävästi siihen päästöön, joka biomassapolttoaineen valmistuksesta voi maksimissaan syntyä ennen polttoa (suhteessa khk-päästövähennysvaatimukseen). Koska REDII -ehdotuksen khk-kriteerit koskevat vain 2021 alkaen aloitettavia laitoksia, voidaan olettaa, että laitosten hyötysuhteet ovat hyviä (esim. noin 40 % sähkön tuotannossa ja yli 85 % lämmön tuotannossa). CHP-laitosten kohdalla myös hyötykäytetyn lämmön osuus vaikuttaa tulokseen, kun päästöjä voi allokoida vain hyötylämmölle.

## 4.2 Pellettien khk-päästöt

Esimerkkinä kiinteiden biomassapolttoaineiden REDII:n mukaisesta khk-laskennasta tarkastellaan pellettien valmistuksen päästöjä. REDII:n mukainen pellettien valmistuksen oletusarvo vaihtelee välillä 4 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ (metsäteollisuuden tähteistä valmistetut pelletit, 1-2500km kuljetusetäisyyksillä) ja 43 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ (pelletit lyhytkierroisesta, lannoitetusta energiapuusta, yli 10 000km kuljetusetäisyyksillä). Pellettien valmistuksen päästöihin vaikuttavia tekijöitä ovat pellettien valmistukseen käytettävän biomassan kosteus, biomassan kuljetusetäisyys, kuivauksessa käytettävän lämmön alkuperä, valmistuksessa käytettävä sähkö sekä pellettien kuljetusetäisyys voimalaitokselle. Kuva 9 esittää pellettien valmistusketjun vaiheet, kun pelletit tuotetaan tähdemateriaalista kuten sahanpurusta.



Kuva 9. Pellettien tuotantoketju ja loppukäyttö

Esimerkissä pelletit oletetaan valmistettavan tähderaaka-aineista (sahanpuru, latvusmassa (hakkutähde)), joten REDII järjestelmärajoituksen mukaisesti päästölaskenta alkaa raaka-aineiden keräilystä. Jos pellettejä valmistettaisiin runkopuusta, tulisi laskennassa huomioida myös metsänkasvatuksen päästö, joka on JRC:n oletusarvojen taustalaskelmissa arvioitu olevan noin 1 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ. Päästölaskennassa on käytetty seuraavia oletuksia: Latvusmassalle on oletettu keräilyn päästö Jäppinen ym. 2014 [10] mukaisesti, raaka-aineiden kuljetusetäisyydeksi on oletettu 150km, sähkön kulutus pelletöinnissä on 150 kWh/t ja valmiiden pellettien kuljetusetäisyys on 500km ja kuljetus tapahtuu 40 t kantavalla rekalla. Pellettien kuivauksessa tarvittavaan lämpöenergiaan liittyvät oletukset sekä päästökertoimia koskevat oletukset esitetään alla (Taulukko 4 ja Taulukko 5). Kuivauksen hyötysuhdeoletus on 90 %, ja kuivauksessa käytettävän biomassan oletetaan olevan tähdeperäistä.

Taulukko 4. Pellettien kuivaukseen vaadittava lämpöenergia (Lähde: Ihalainen & Sikanen 2010 [11])

Raaka-aine, kosteusprosentti (%)	Lämpöenergian tarve kuivauksessa [kWh/t]
Kuiva sahanpuru, 11 %	Ei kuivata
Kostea sahanpuru, 55 %	1 112
Välivarastokuivattu latvusmassa, 40 %	826
Kostea latvusmassa, 50 %	1 254

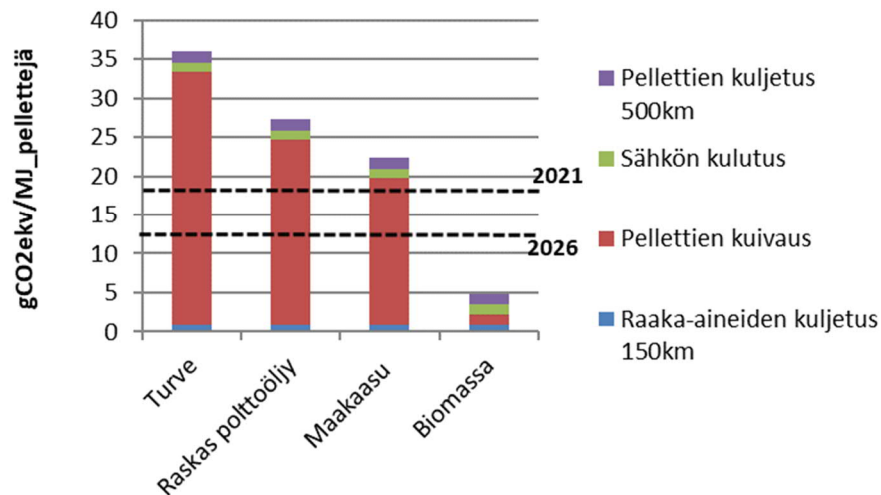
Taulukko 5. Polttoaineiden päästökertoimia koskevat oletukset [12,13]

Kuivauksen polttoaineet	Päästökertoimet	
	Polton päästö [gCO <sub>2</sub> /MJ]	Polttoaineen tuotannon päästö [gCO <sub>2</sub> /MJ]

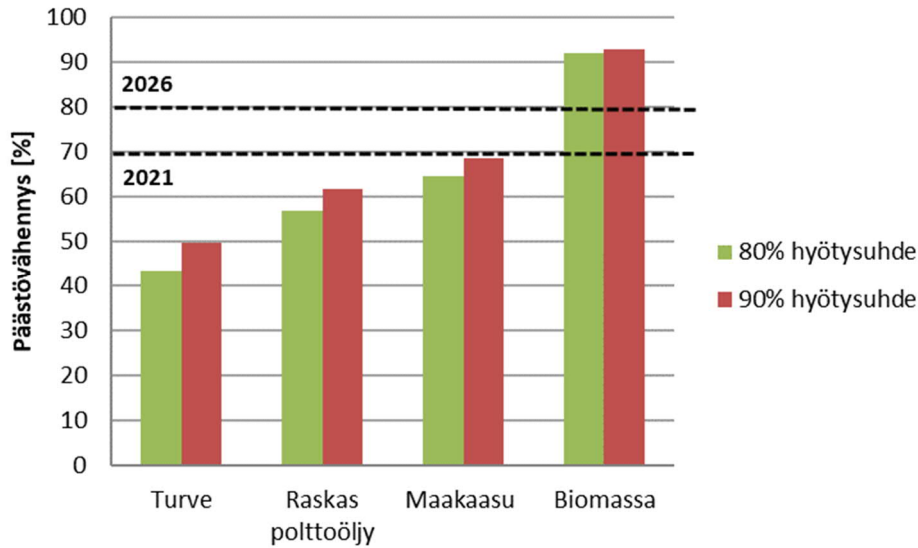


Turve	107,6	9,4
Raskas polttoöljy	79,2	6,6
Maakaasu	55,3	12,7
Biomassa (hake teollisuuden tähteistä, REDII)	0	5
<b>Sähkön päästökerroin</b>	<b>[gCO<sub>2</sub>/kWh]</b>	
Suomi 2017 (Energiavirasto)	128,5	

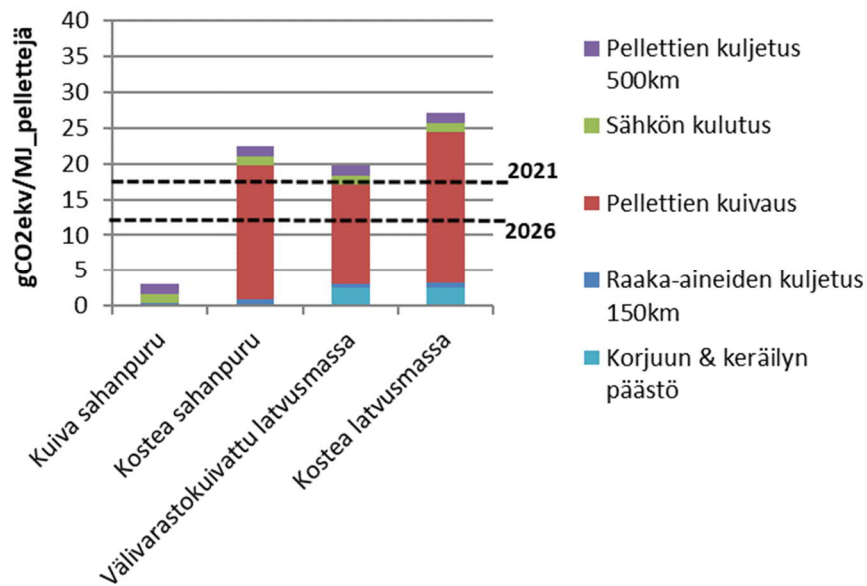
Kuva 10 esittää pelletin valmistuksen päästöt, kun kosteasta sahanpurusta valmistettavien pellettien kuivaukseen käytetään eri lämmönlähteitä (turve, raskas polttoöljy, maakaasu tai biomassa), ja alla (Kuva 11) sama tulos nähdään muunnettuna päästövähennyksiksi. Kuvista nähdään, että käytetyn lämmön lähteen vaikutus tulokseen on merkittävä. Fossiilisella lämmöllä tuotetut pelletit eivät saavuta 70 % tai 80 % päästövähennysrajoja, kun verrataan tuloksia luvussa 4.1 esitettyihin raja-arvoihin. Kuva 12 näyttää, että myös pellettien raaka-aineen kosteuden merkitys päästöihin on merkittävä.



Kuva 10. Kosteasta sahanpurusta valmistettujen pellettien tuotannon päästöt varioiden kuivauslämmön lähdettä. Katkoviivat kuvaavat rajaa, jonka alle päästön tulisi jäädä päästövähennysten saavuttamiseksi, jos pelletit käytetään erillisessä lämmön tuotannossa 80 % hyötysuhteella.

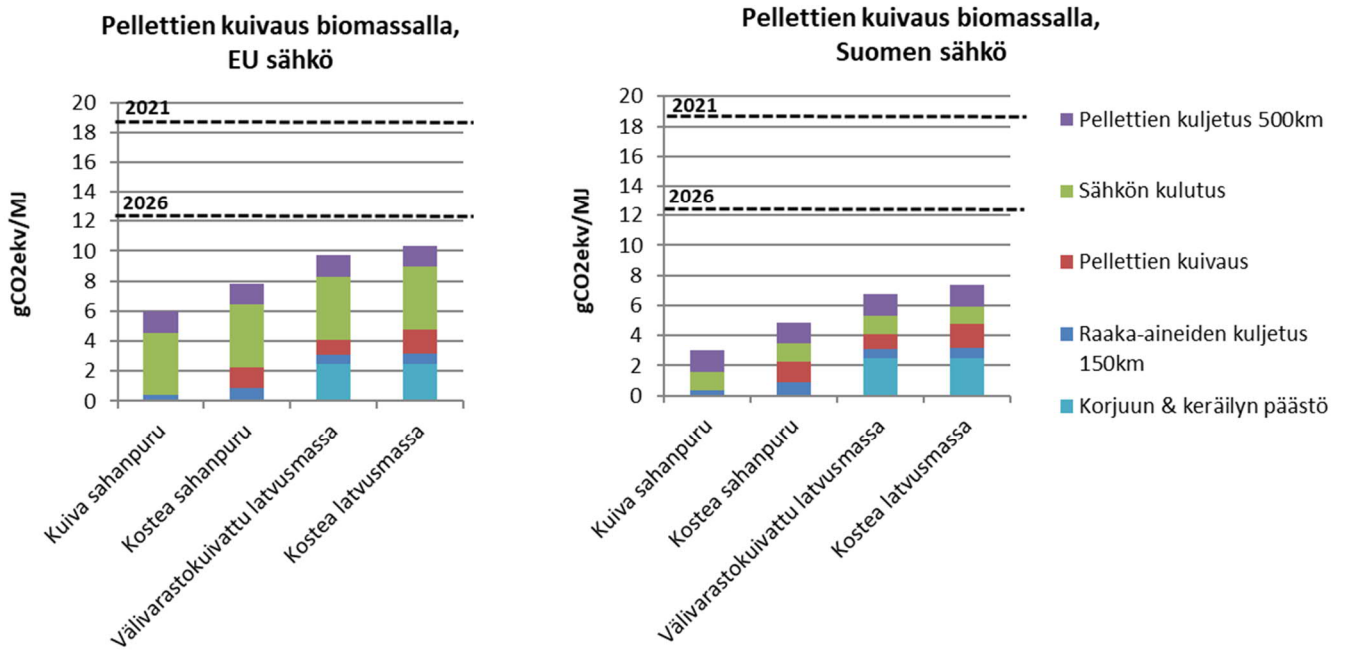


Kuva 11. Kosteasta sahanpurusta valmistetuilla pelleteillä saavutettavat päästövähennykset varioiden kuivauslämmön lähdettä, ja olettaen 80 % tai 90 % hyötysuhteen erillisessä lämmön tuotannossa. Katkoviivat kuvaavat vaadittua päästövähennysrajaa.



Kuva 12. Raaka-aineen kosteuden vaikutus päästöihin, kun pellettejä kuivataan maakaasulla.

Myös pellettien valmistuksessa käyttävän sähkön päästökertoimella on jonkin verran merkitystä khk-laskennan tulokseen. Kuva 13 vertaa tuloksia, kun pellettien tuotannossa käytetään sähkön päästökertoimena EU:n keskimääräistä sähkön tuotannon päästöä 447 g CO<sub>2</sub>/kWh [14], tai jos käytetään Suomen keskimääräistä päästöä 128,5 g CO<sub>2</sub>/kWh.



Kuva 13. Sähkön päästökertoimen vaikutus pellettien tuotannon päästöihin.

### 4.3 Metsähakkeen khk-päästöt

REDII:n metsähakkeen khk-päästöjen oletusarvo vaihtelee välillä 6 g CO<sub>2</sub>ekv/MJ (puuhake metsätaloudesta peräisin olevista tähteistä 1-500km kuljetusetäisyyksillä) ja 30 g CO<sub>2</sub>ekv/MJ (lannoitettu poppeli, yli 10 000 km kuljetusetäisyyksillä).

Jos metsähake valmistetaan jäte tai tähdeperäisestä biomassasta (esim. latvukset ja oksat), alkaa päästölaskenta vasta biomassan keräilystä<sup>12</sup>. Kun taas metsähaketta valmistetaan tähdemateriaalin sijaan viljellystä energiapuusta tai runkokuusta, myös puunkorjuun ja kasvatuksen päästöt, esim. työkoneiden energian kulutuksesta metsänhoitotöiden yhteydessä tai lannoituksesta, tulee sisällyttää laskentaan. Runkokuulle kasvatuksen päästöt per MJ puuta ovat kuitenkin alhaiset, esimerkiksi JRC:n taustalaskelmien mukaan noin 1 g CO<sub>2</sub>ekv/MJ<sup>13</sup>. Kuten luvun 3.2 kohdassa 5 todetaan, REDII-direktiivi mahdollistaa alueellisten keskiarvojen käytön metsänhoidon päästöille.

Suomalaisen metsähakkeen hankinnan päästöjä ovat tutkineet mm. Jäppinen ym. (2014) [10] (Kuva 14). Myös aiemmat tutkimukset ovat päässeet samaa luokkaa oleviin tuloksiin ja esimerkiksi Mäkinen ym. 2006 [15] raportoivat metsähakkeen hankintaketjujen khk-päästöiksi 2-3,2 g CO<sub>2</sub>ekv/MJ.

<sup>12</sup> Tulee huomata, että vaikka khk-päästölaskenta alkaa metsätalouden jätteiden tai tähteiden (esim. latvukset ja oksat) osalta niiden keräily pisteestä, alkuperäkriteerin osalta tulee näille osoittaa myös artikkelin 29.6. ja 29.7. kestävyyskriteerien mukaisuus. Metsäteollisuuden jätteillä ja tähteillä (esim. sahanpuru, kuori) edellytetään täyttyvän ainoastaan khk-päästöjen vähennyksiä koskevat kriteerit.

<sup>13</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/biogas\\_and\\_solid\\_biomass\\_database\\_jrc\\_red-recast\\_v1a\\_july2017\\_protected.xlsx](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/biogas_and_solid_biomass_database_jrc_red-recast_v1a_july2017_protected.xlsx)

E. Jäppinen et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 29 (2014) 369–382

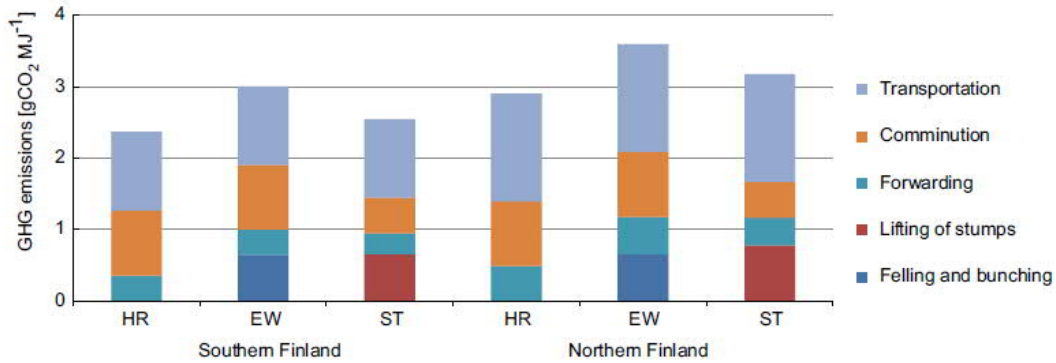
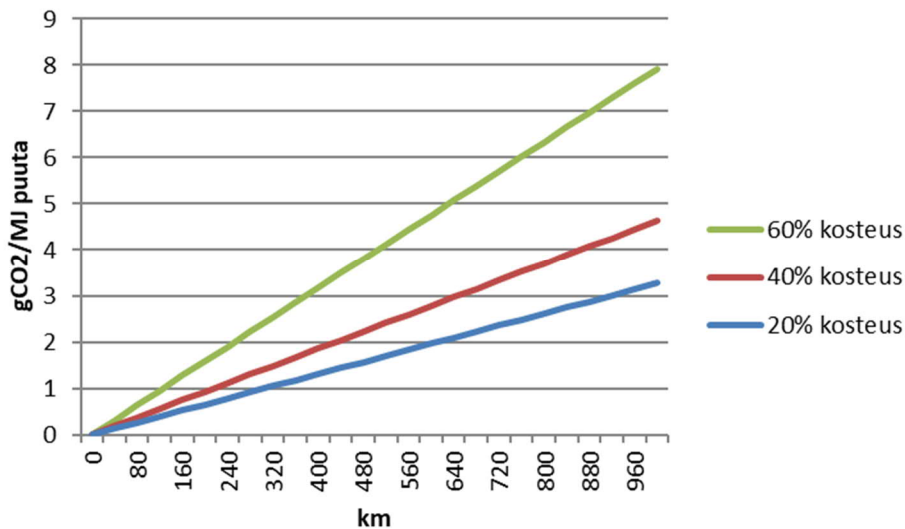


Fig. 3. Supply-chain GHG emissions (basic scenarios); HR=harvesting residues, EW=small-diameter energy wood, ST=stumps.

Kuva 14. Metsähakkeen hankintaketjuun liittyvät päästöt (Jäppinen ym. 2014). HR=latvusmassa (hakkutähde), EW= pienpuu, ST=kannot.

Kuva 15 esittää, miten hakkeen kuljetusetäisyys sekä hakkeen kosteus vaikuttavat kuljetuksen päästöihin pitkillä kuljetusmatkoilla. Laskennassa on oletettu kuljetusten tapahtuvan 40t kantavalla rekalla, ja kuljetukset on laskettu kaksisuuntaisina [16]. Tavanomaisilla kuljetusetäisyyksillä (esim. alle 150 km) kuljetuksen päästö ei muodostu merkittäväksi tekijäksi.



Kuva 15. Metsähakkeen kuljetuksen päästöt eri kosteuspitoisuuksilla ja kuljetusetäisyyksillä täysperävaunukuljetuksessa (40t kantavuus).

Tyypillinen metsähakkeen kasvatus- ja hankintaketjun sekä polton kokonaispäästö (E) voisi Suomessa olla 2-5 gCO<sub>2</sub>/MJ, noin 150 km kuljetusetäisyydellä. Hyvin pitkillä kuljetusetäisyyksillä, kuten 2500 km, päästöt ovat luokkaa 10-23 gCO<sub>2</sub>/MJ, riippuen metsähakkeen kosteudesta. Tässä esitetyn tarkastelun perusteella, voidaan olettaa, että metsähakkeen käyttö lämmön ja sähkön tuotannossa tyypillisissä olosuhteissa (esim. tyypillinen hankintaketju ja kuljetusmatka) täyttää REDII -direktiivin khk-kriteerit.

#### 4.4 Mustalipeän khk-päästöt

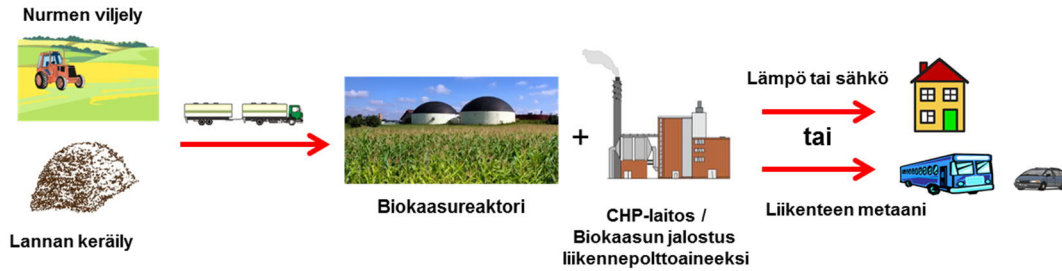
REDII ei anna oletusarvoja mustalipeän poltolle (vaan ainoastaan mustalipeästä valmistetuille biopolttoaineille). Mustalipeän polttoon liittyvät päästöt rajautuvat mahdolliseen mustalipeän siirron aiheuttamaan energiankulutukseen, joka on kuitenkin todennäköisesti hyvin pientä siirrettyyn energiasisältöön verrattuna, kun mustalipeä poltetaan samassa jalostusyksikössä, jossa se tuotetaan. Polttoprosessi on energian suhteen omavarainen, eikä siinä oletettavasti tarvita muita lisäaineita, joten muita päästöjä ei synny. Mustalipeästä erotetaan ennen polttoa mäntyöljyä, mutta sille ei allokoida päästöjä, koska se katsotaan myöhemmin REDII:n mukaan jäte- tai tähdemateriaaleiksi. Kirjoittajien tulkinnan mukaan mustalipeän polton yhteydessä arvioitavaksi jäävät lähinnä polton  $\text{CH}_4$  ja  $\text{N}_2\text{O}$  päästöt, jotka IPCC:n suosituksen mukaan ovat  $0,7 \text{ g CO}_{2\text{ekv}}/\text{MJ}$  (REDII ei anna oletusarvoa mustalipeälle). Näin ollen mustalipeän poltto täyttäisi REDII -direktiivin khk-kriteerit.

#### 4.5 Biokaasun khk-päästöt

REDII:n mukainen biokaasun päästöjen oletusarvo vaihtelee merkittävästi välillä  $-100 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$  ja  $71 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$ , riippuen raaka-aineesta ja prosessista. Negatiivinen päästöarvo tarkoittaa päästövähennystä, ja johtuu lannan käytöstä saatavasta bonuksesta. Tämän raportin esimerkki biokaasuketjujen khk-päästöistä perustuu Luonnonvarakeskuksen (LUKE) äskettäin tekemään selvitykseen nurmella tuotetun biokaasun päästöistä [16] sekä aiempaan Jyväskylän yliopiston tekemään ENKAT -tutkimukseen [12]. Nurmen viljelyn ja kuljetusten osalta laskennassa on käytetty Rasin ym. [16] tietoja. Muilta osin laskennassa käytetään suurelta osin samoja lähtöarvoja kuin ENKAT -hankkeessa, mutta joiltain osin laskentaa on muokattu REDII -ehdotuksen mukaiseksi. ENKAT -hankkeessa käytetyt lähtöarvot ovat osittain melko vanhoja, joten on huomioitava, että jatkossa tehtävissä tarkemmissa biokaasuketjujen khk-laskelmissa on syytä käyttää päivitettyjä lähtöarvoja.

Raaka-aineina esimerkissä ovat nurmi ja lanta (lehmät ja siat). Rasi ym. on tarkastellut useita eri nurmilajikkeita tuotettuna sekä kivennäis- että turvemaalla ja vaihtelevalla satotasolla. Tähän tarkasteluun on ketjuista valittu apilanurmi ja heinäurmi kivennäismaalla hyvän satotason oloissa tuotettuna. Biokaasun tuotannon päästöt koostuvat nurmen viljelyn ja siihen käytettyjen tuotantopanosten päästöistä sekä maaperän  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöistä, nurmen ja lannan keräilystä ja kuljetuksista aiheutuvista päästöistä, sekä biokaasun tuotantoon ja jakeluun liittyvistä päästöistä (kuva 16). Jos biokaasusta jalostetaan liikenteessä käytettävää metaania, tarvitaan jalostukseen energiapanos, josta syntyy lisäpäästöjä. Jos biokaasun jakeluun liittyy paineistusta ja esimerkiksi tankkikuljetuksia, aiheutuu näistä lisäpäästöjä. Päästöjä syntyy myös mahdollisista metaanivuodoista. Lisäksi REDII -ehdotuksen mukaisesti biokaasulle voidaan laskea päästöjä vähentävä bonus, kun raaka-aineena käytetään lantaa.

REDII:n mukainen energia-allokointi voidaan biokaasun tapauksessa nähdä ongelmallisena, sillä biokaasun sivutuotteena syntyvällä rejektillä ja mädätteellä ei ole lämpöarvoa, jolloin niille ei voida allokoida päästöjä. JRC:n taustaraportin maissibiokaasua koskevasta osiosta [3, s.42] on kuitenkin pääteltävissä, että laskennassa voidaan huomioida rejektin ja mädätteen käyttö korvaamaan synteettisiä lannoitteita, jolloin lannoituksen päästöt jäävät alhaisemmiksi. Tällöin kuitenkin rejektin levityksestä aiheutuva  $\text{N}_2\text{O}$  päästö tulee huomioida.



Kuva 16. Yksinkertaistettu biokaasun tuotantoketju

Laskennassa käytetyt taustaoletukset esitetään alla (Taulukko 6 ja Taulukko 7). Laskennassa oletetaan suljettu mädätystankki. Biokaasuprosessin metaanivuotojen on ENKAT-hankkeessa arvioitu olevan 1 % tuotetusta biokaasusta. JRC:n oletusarvojen laskennassa vuotoja ei ole huomioitu, ja oletusarvoissa, joissa oletetaan "off-gas combustion" biokaasun prosessoinnin päästöt jäävät alhaisiksi (liite VI, C). Tässä esimerkkilaskelmassa metaanivuodot oletetaan nolleksiksi. Jos 1 %:n metaanivuoto huomioitaisiin, tulisi päästöihin lisätä 9-12 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ. Polton CH<sub>4</sub> ja N<sub>2</sub>O päästöt biokaasulle lämmön tuotannossa on arvioitu REDII -ehdotuksen oletusarvon 12,5 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ mukaiseksi. On kuitenkin epäselvää, soveltuuko REDII:ssa biokaasulle sähköntuotannossa annettu oletusarvo, 12,5 g CO<sub>2ekv</sub>/MJ myös lämmön tuotannolle. Sähkön päästökertoimena käytetään REDII:n biokaasua koskevan ohjeistuksen mukaisesti alueen keskiarvoa.

Taulukko 6. Raaka-aineisiin ja biokaasuun liittyvät oletukset

Raaka-aineiden ja biokaasun ominaisuudet	Nurmirehu	Lanta	Rejektiliete (kierrätetty)	Lähde (jos ei ENKAT-hanke)
Kuiva-ainepitoisuus	26 %	5,4 %	7 %	
Orgaanisen aineen määrä	23,4 %	4,5 %	6 %	
Biokaasun tuotto [m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t TS]	300	172		
Metaanin lämpöarvo [MJ/kg]	50	50	50	REDII
Metaanin tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	0,72	0,72	0,72	Tilastokeskus (maakaasu)

Taulukko 7. Biokaasuprosessiin liittyvät oletukset

Nurmen viljely	Lähde (jos ei ENKAT-hanke)		
<b>Apilanurmi</b>			
N <sub>2</sub> O-päästöt lannoituksesta	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,10	Rasi ym. 2019
Kalkituksen aiheuttama CO <sub>2</sub> päästö maaperässä	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,006	"
Päästöt polttoaineiden valmistuksesta ja työkoneiden käytöstä	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,043	"

Päästöt muiden väkilannoitteiden valmistuksesta	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,043	“
Päästöt muiden syötteiden valmistuksesta	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,016	“
<b>Heinänurmi</b>			
N <sub>2</sub> O-päästöt lannoituksesta	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,17	Rasi ym. 2019
Kalkituksen aiheuttama CO <sub>2</sub> päästö maaperässä	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,058	“
Päästöt polttoaineiden valmistuksesta ja työkoneiden käytöstä	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,038	“
Päästöt muiden väkilannoitteiden valmistuksesta	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,086	“
Päästöt muiden syötteiden valmistuksesta	kg CO <sub>2</sub> -ekv./kg DM	0,016	“
<b>Kuljetukset (5 km matka)<sup>14</sup></b>			
Lietelanta	MJ/t_TP	5,1	
Kuivajae	MJ/t	3,4	
Rejekti	MJ/t	5,1	
<b>Biokaasulaitoksen energian kulutus (liikennepa)</b>			
Jatkuva sähköntarve	kW	101	
Käyttöaika	h/a	8760	
Sähkön päästökerroin	g CO <sub>2</sub> /kWh	175	Energiavirasto
Lämmön kulutus	MJ/t_TP	190	
Maakaasun päästö lämmöntuotannossa	g CO <sub>2</sub> /MJ	69	Tilastokeskus, 80 % hyötysuhde
Paine-vesiabsorptio	kWh/m <sup>3</sup> _metaani	0,3	
Paineistus	kWh/m <sup>3</sup> _metaani	0,2	
<b>Metaanihävikki</b>			
Hävikki 1% tuotetusta metaanista			
<b>Lantabonus</b>			
Bonus lannasta	gCO <sub>2</sub> /MJ_lanta	-45	REDII

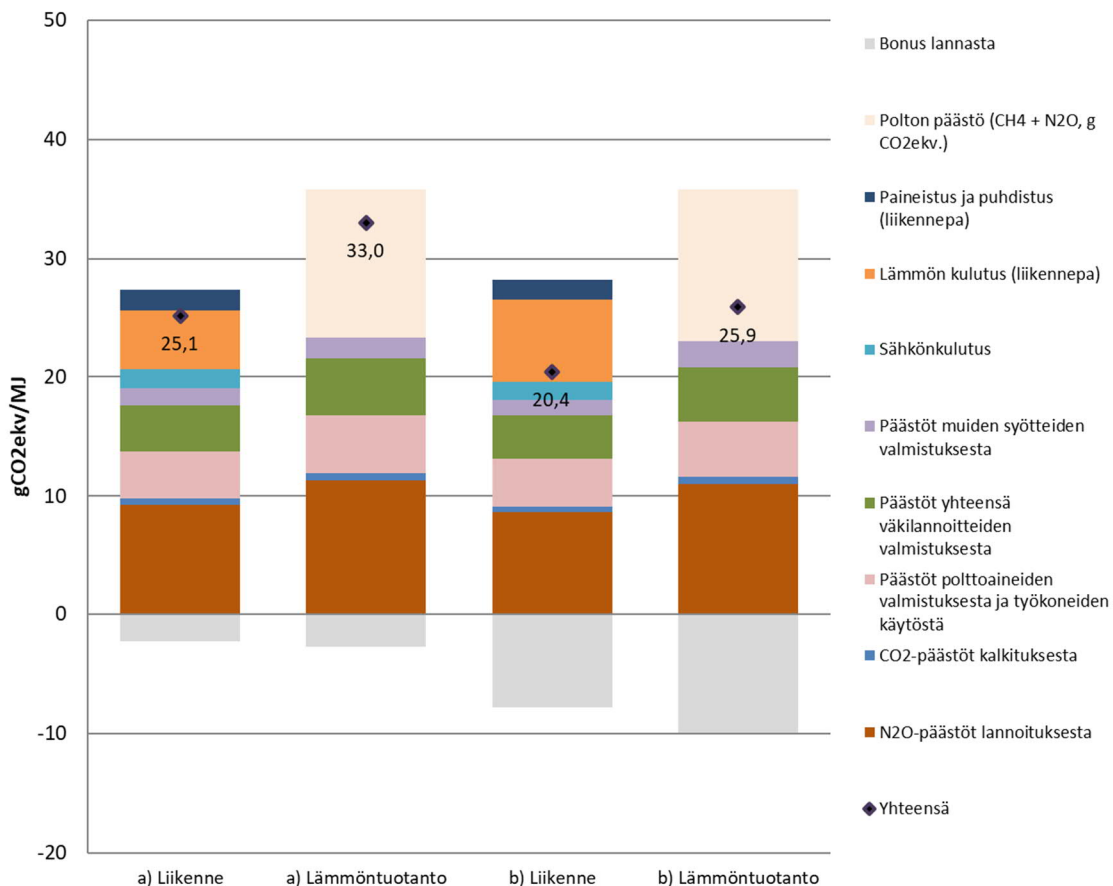
<sup>14</sup> Nurmen kuljetukset laskettiin Rasi ym. 2019 tiedoilla.



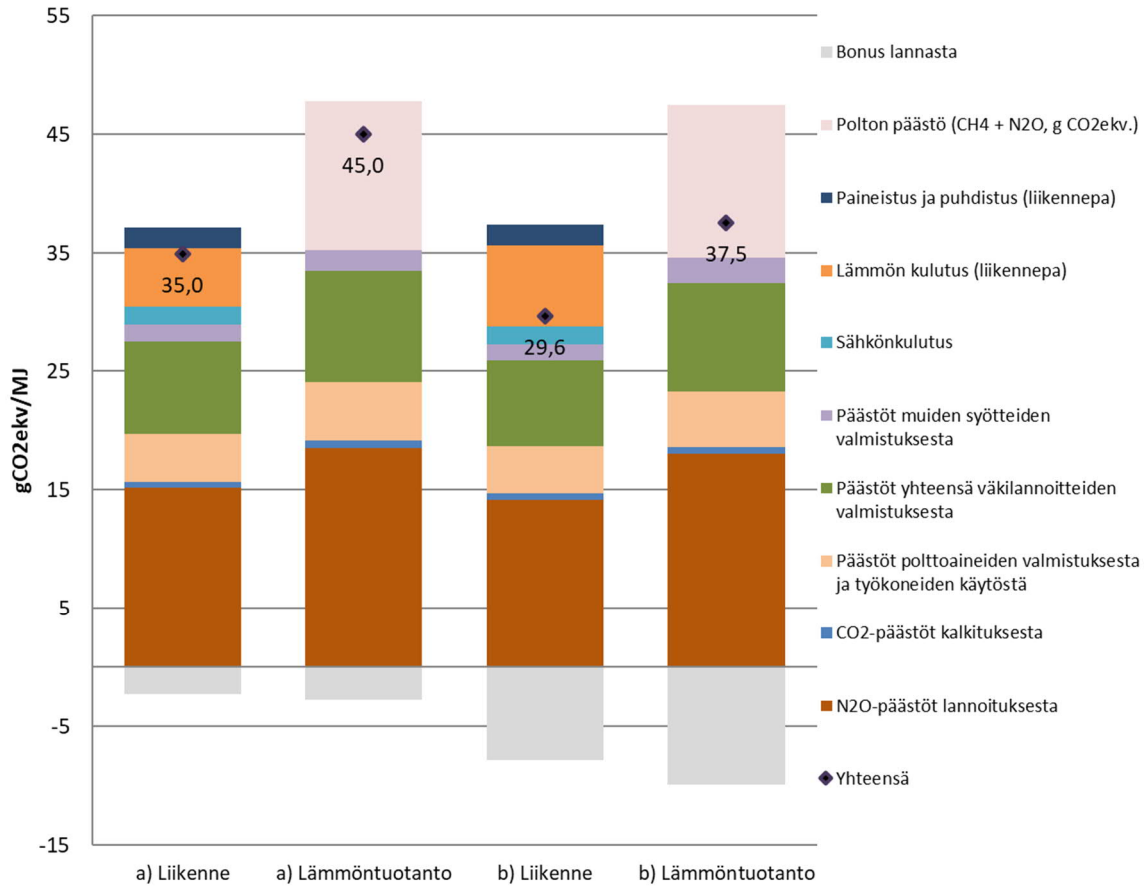
Lannan lämpöarvo	MJ/kg_dry	12	JRC, LHV dry slurry
------------------	-----------	----	---------------------

Kuvat 17 ja 18 esittävät biokaasun ja liikenteessä käytettävän metaanin päästöjä, ja kuva 19 näitä päästöjä vastaavia päästövähennyksiä, kun oletetaan, että biokaasu käytetään lämmön tuotantoon 90 %:n hyötysuhteella. Laskennassa on huomioitu lannan käytöstä saatava bonus. Kuvien tapaus a) esittää tilannetta, jossa biokaasureaktorissa käytetään vuosittain 5 600 t lantaa ja 25 200 t nurmea. Tapaus b) esittää tilannetta, jossa käytetään 20 800 t lantaa ja 25 200 t nurmea. Tapaus b:ssä oletetaan, että myös syötettävä rejektiliete olisi lantaa. Laskennassa on yksinkertaistaen oletettu, että biokaasulaitoksen toimintaparametrit eivät muutu raaka-aineiden suhteiden muuttuessa. Kuvan 17 laskelmissa nurmen on oletettu olevan apilanurmea ja kuvan 18 heinänurmea tehtyä säilörehunurmea.

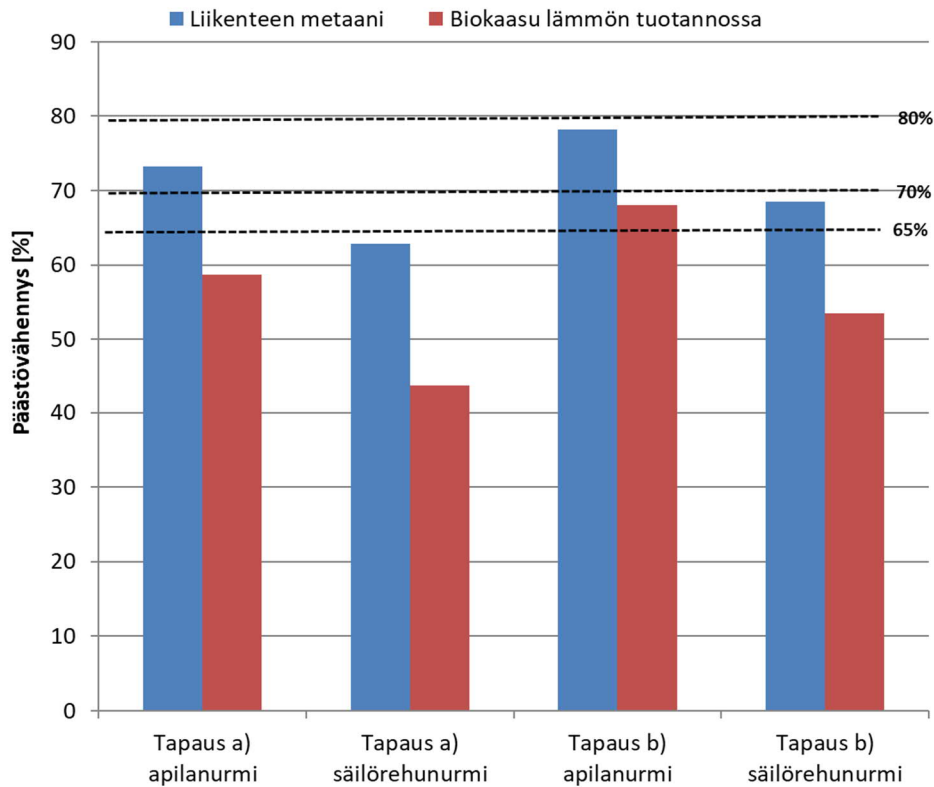
Kun lantaa käytetään enemmän, lannan käytöstä saatava bonus kasvaa, ja päästövähennystulos on parempi. Esimerkissä lannasta saatava bonus ei kuitenkaan muodostu kovin suureksi, sillä suurin energiasisältö syntyy nurmesta. Lantabonus muodostuu siitä käytettäessä lantaa biokaasuksi sen sijaan, että se hajoaisi varastossa ja vapauttaisi päästöjä ilmaan. Jos biokaasun käytön hyötysuhde on huono, tarvitaan enemmän lantaa, ja näin vältetään enemmän päästöjä. Huonommalla hyötysuhteella saadaan siis parempi bonus.



Kuva 17. Biokaasun käytön päästöt (g CO2eq./MJ) REDII:n mukaisesti, kun käytetään a) lantaa 5 600 t/a ja apilanurmea 25 200 t/a; b) lantaa 20 800 t/a ja apilanurmea 25 200 t/a. Kokonaispäästö on merkitty kuvaan mustalla pisteellä.



Kuva 18. Biokaasun käytön päästöt (g CO<sub>2</sub>eq./MJ) REDII:n mukaisesti, kun käytetään a) lantaa 5 600 t/a ja säilörehunurmea 25 200 t/a; b) lantaa 20 800 t/a ja säilörehunurmea 25 200 t/a. Kokonaispäästö on merkattu kuvaan mustalla pisteellä.



*Kuva 19. Biokaasun päästövähennystulokset, kun käytetään REDII:n oletusarvoa polton  $CH_4$  - ja  $N_2O$ -päästöille. Tapaus a) lantaa 5 600 t/a ja nurmea 25 200 t/a; Tapaus b) lantaa 20 800 t/a ja nurmea 25 200 t/a. Biokaasu käytetään lämmön tuotannossa 90 %:n hyötysuhteella.*

Biokaasun khk-päästö riippuu siis merkittävästi käytettävästä raaka-aineesta. Viljeltyjen raaka-aineiden tuotantoon liittyviä päästöjä voidaan vähentää esimerkiksi nostamalla satotasoa tai metaanin tuotantopotentiaalia [12]. Myös orgaanisten lannoitteiden käyttö vähentää lannoitukseen liittyviä päästöjä. Biokaasuprosessin tehokkuutta on mahdollista parantaa esimerkiksi lämmön talteenotolla tai kierrätyksellä. Jos biokaasuprosessin ulkoisena lämmönlähteenä olisi maakaasun sijaan biomassa, päästövähennystulos paranisi noin 4%.

## 5 Johtopäätökset

---

Komission REDII -direktiivin kestävyyskriteerit koskevat Suomessa suurta toimijajoukkoa, kun kriteerit laajenevat kattamaan myös biomassapolttoaineiden käytön sähkön ja lämmön tuotannossa. Biomassapolttoaineita koskevien khk-päästövähennyskriteerien on tarkoitus rajata kiinteän ja kaasumaisen bioenergian käyttöä vain tehokkaimpiin ja vähäpäästöisimpiin tuotantoketjuihin. Esimerkiksi metsähakkeen ja mustalipeän poltto näyttäisi normaaliolosuhteissa täyttävän khk-päästövähennyskriteerit. Raportin esimerkin mukaisesti, fossiilisella energialla tai turpeella kuivatut pelletit eivät puolestaan täyttäisi khk-päästövähennyskriteeriä.

Biokaasun osalta päästövähennystulokset riippuvat täysin käytetyistä raaka-aineista. Jos raaka-aineita tuotetaan viljelemällä, aiheutuu viljelystä merkittäviä päästöjä, jotka vaikeuttavat vaadittujen päästövähennysten saavuttamista. Sen sijaan lannan käytöstä biokaasun raaka-aineena saa päästöedun, jonka avulla päästövähennystulokset paranevat. Lantalisäyksestä huolimatta päästövähennysten saavuttaminen on erityisesti lämmöntuotannossa erittäin haastavaa.

Biomassapolttoaineiden osalta khk-kriteerit koskevat kuitenkin vain isoja laitoksia, jotka käynnistyvät vuoden 2021 alusta tai sen jälkeen. Tämä voi johtaa siihen, että kriteerit täyttämättömät biomassapolttoaineet käytetään pienemmissä ja aiemmin toimintansa aloittaneissa laitoksissa. Komissio perustelee ehdotuksessa tehtyjä valintoja pyrkimyksellä löytää tasapaino kattavuuden ja hallinnollisen taakan minimoinnin välillä. Ehdotukseen sisältyy myös mahdollisuus, että jäsenmaa voi soveltaa kriteerejä kokorajan alittaville laitoksille.

REDII -direktiivin khk-laskentaohjeistusta voi olla mahdollista vielä selkeyttää kestävyyskriteerien implementoinnin yhteydessä. Suomalaisen toimijoiden kannalta oleellisia kohtia voivat olla esimerkiksi laskentaa koskevat järjestelmärajaukset, erityisesti isojen biojalostamojen kohdalla. Yleispätevän ja toimivan järjestelmärajaussäännön antaminen erityyppisille biojalostamokonsepteille voi kuitenkin olla haastavaa, jolloin yksittäisten ratkaisujen tulee noudattaa direktiivin henkeä. Tällöin direktiivin toimeenpanossa korostuu viranomaisten ja auditoijien pätevyys arvioida tapauskohtaisia tilanteita.

Lopulliset tulkinnat direktiivistä tehdään kansallisen implementoinnin yhteydessä sekä valvovan viranomaisen toimesta. REDII -direktiivi jättää myös komissiolle oikeuden antaa tarkentavia delegeoituja säädöksiä. Esimerkiksi 'muuta kuin biologista alkuperää olevia uusiutuvia nestemäisiä ja kaasumaisia liikenteen polttoaineita' (esim. power-to-gas tai power-to-liquid polttoaineet), sekä 'kierrätettyjä hiilipitoisia polttoaineita' koskevat khk-kriteerit ovat vielä avoimia, ja komissio määrittelee ne myöhemmin.

## Lähdeviitteet

---

- [1] European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources 2016.
- [2] EU. DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). vol. 2018. 2018.
- [3] EU. Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. 2009/28/EC. The Official Journal of the European Union 05/06/2009. 2009.
- [4] European Commission. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) of

- 13.3.2019 supplementing Directive (EU) 2018/2001 as regards the determination of high indirect land-use change-risk feedstock for which a significant expansion of the production area into land with high carbon stock. 2019.
- [5] Giuntoli J, Agostini A, Edwards R, Marelli L. Solid and gaseous bioenergy pathways : input values and GHG emissions. Calculated according to the methodology set in COM(2016) 767. Version 2. 2017. doi:10.2790/299090.
- [6] Edwards R, Padella R, Giuntoli M, Koeble J, O'Connell A, Bulgheroni A, et al. Definition of input data to assess GHG default emissions from biofuels in EU legislation. Version 1c - July 2017. 2017. doi:10.2790/22354.
- [7] JEC. Well-to-Tank report. Version 4.a. Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration. Available:<http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads> 2014.
- [8] Routa J, Kolström M, Ruotsalainen J, Sikanen L. Precision measurement of forest harvesting residue moisture change and dry matter losses by constant weight monitoring. *Int J For Eng* 2015;26:71–83. doi:10.1080/14942119.2015.1012900.
- [9] EU. Regulation (EU) No 2018/841 of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. vol. 2018. 2018.
- [10] Jäppinen E, Korpinen OJ, Laitila J, Ranta T. Greenhouse gas emissions of forest bioenergy supply and utilization in Finland. *Renew Sustain Energy Rev* 2014;29:369–82. doi:10.1016/j.rser.2013.08.101.
- [11] Ihalainen T, Sikanen L. Kustannustekijöiden vaikutukset pelletintuotannon arvoketjuissa. vol. *Metlan työ*. 2010.
- [12] Statistics Finland. Fuel classification. Available: [http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus.html](http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html) 2019.
- [13] Sokka L, Correia S, Koljonen T. Lämmityspolttoaineiden tuotannon elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt. *VTT Technology* 336. 2018.
- [14] Moro A, Lonza L. Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles. *Transp Res Part D Transp Environ* 2017. doi:10.1016/J.TRD.2017.07.012.
- [15] Mäkinen T, Soimakallio S, Paappanen T, Pahkala K, Mikkola H. Greenhouse gas balances and new business opportunities for biomass-based transportation fuels and agrobiomass in Finland (In Finnish). *VTT Research Notes* 2357 2006.
- [16] Rasi, S., Timonen, K., Joensuu, K., Regina, K., Virkajärvi, P., Pulkkinen, H., Tampio, E., Pyykkönen, V. and Luostarinen, S., 2019. Nurmi biokaasun raaka-aineena: RED II direktiivin mukainen kasvihuonekaasupäästöjen laskenta. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 46/2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- [17] Enkat-projekti. Energiakasveihin pohjautuvan biokaasulaitoskonseptin tekniset taloudelliset tekniset edellytykset pohjoisissa olosuhteissa Osaraportti Peltoenergiaan pohjautuvan biokaasun tuotannon tuotantoketjun kestävyys – energiatase ja kasvihuonekaasupäästöt Sisällysluettelo 2013.
- [18] Korres, N, Singh A, Abdul-Sattar N, Murphy JD. Is grass biomethane a sustainable transport biofuel? *Biofuels, Bioprod, Bioref* 2010;4:310–325.

## Liite 1

### REDII: lista "kehittyneiden biopolttoaineiden" valmistukseen kelpaavista raaka-aineista

#### LIITE IX

A osa. Raaka-aineet liikenteessä käytettävän biokaasun ja kehittyneiden biopolttoaineiden tuotantoa varten, joiden panos 25 artiklan 1 kohdan ensimmäisessä ja neljännessä alakohdassa tarkoitettujen vähimmäisosuuksien saavuttamiseen voidaan katsoa olevan kaksi kertaa niiden energiasisältö

- 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 vesiviljelylta, 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) Tähdät, 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.

B osa. Biopolttoaineiden ja liikenteessä käytettävän biokaasun tuotantoon tarkoitettujen raaka-aineiden, joiden panos 25 artiklan 1 kohdan ensimmäisessä alakohdassa vahvistetun vähimmäisosuuden saavuttamiseen on rajallinen, ja sen voidaan katsoa olevan kaksi kertaa niiden energiasisältö

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