



Jukka Joronen, Pinja Salhoja, Juko Vähätiitto ja Matti Murto

SELVITYS PUUN ENERGIAKÄYTÖN KESTÄVYYDESTÄ

26.9.2022

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3	7 Bioenergian ilmastovaikutukset	25
Alkusanat	3	7.1 Hiilivarastot ja hiilinielut	26
Käsiteluettelo	4	7.2 Elinkaarivaikutukset	28
1 Johdanto	5	7.3 Elinkaarivaikutukset verrattuna kilpaileviin lämmitysmuotoihin.....	30
1.1 Selvityksen rakenne	7	8 Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen	32
2 Tausta	7	8.1 Korjuumenetelmän vaikutus	32
2.1 Toimiva energiajärjestelmä	8	8.2 Kantojen vaikutus	32
2.2 Toimiva lämmitysjärjestelmä.....	8	8.3 Lahopuiden vaikutus.....	33
3 Mitä on puu?	9	8.4 Tuhkan käyttö.....	34
3.1 Mihin tukkipuuta käytetään?.....	11	8.5 Metsäsertifiointi	35
3.2 Mihin kuitupuuta käytetään?	12	8.6 Luonnonsuojelualueet	36
3.3 Mitä on pientalojen polttopuu?.....	12	8.7 Energiategollisuuden biodiversiteettikartta.....	37
3.4 Millaista energiapuuta käytetään?.....	13	9 Energiapuun riittävyys	37
3.5 Millaista energiapuuta Tampereen Sähkölaitos käyttää?.....	14	9.1 Energiapuu kivihiilen ja turpeen korvaajana	38
4 Paljonko energiapuuta käytetään?	15	9.2 Metsänhoitorästit	40
4.1 Alueelliset erot puun energiakäytössä.....	16	9.3 Metsätuhojen vaikutus	40
4.1.1 Tampereen Sähkölaitoksen puun kulutusikäyrä	17	9.4 Vaihtoehdot biomassalähteet	41
4.2 Miten puun käyttö Suomessa muuttuu, jos energiapuun hinta nousee?	18	10 Yhteenveto – Tampereen Sähkölaitoksen energiapuun käytön kestävyys	41
4.2.1 Energiapuun verotus	19	10.1 Tampereen Sähkölaitoksen nykyisen puun käytön ilmastovaikutukset.....	42
5 Mitä on kestävä puun käyttö?	20	10.2 Tampereen Sähkölaitoksen nykyisen puun käytön vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen	42
5.1 Uusiutuvan energian direktiivi.....	21	10.3 Tampereen Sähkölaitoksen ennustetun puun käytön vaikutukset.....	42
6 Vaihtoehdot puun energiakäytölle	22	10.4 Tampereen Sähkölaitoksen vaikuttamismahdollisuudet	43
6.1 Kuori ja sahanpuru	22	10.5 Mittarit Tampereen Sähkölaitoksen puun käytön kestävyuden raportointiin	43
6.2 Metsätähde-, kokopuu- ja rankahake	23	10.6 Puun käytön ohjaaminen yhteiskunnan kokonaisedun kannalta	44
6.3 Muut jakeet ja käyttökohteet	23	11 Lisätietoa	45
6.4 Puun rooli kiertotaloudessa	24	11.1 Bioenergian kytkeytyminen sähkömarkkinoihin	45
		11.2 Metsien kasvatusta Suomessa.....	45
		11.2.1 Jaksollinen metsän kasvatusta	45
		11.2.2 Jatkuva metsän kasvatusta	48

Tiivistelmä

Tampereen Sähkölaitos vastaa energia-alan perinteisen trilemmän mukaisesti energiantuotannon taloudellisesta kannattavuudesta, ympäristövaikutuksista ja huoltovarmuudesta. Biovoimalla on Tampereen energiantuotannossa merkittävä rooli. Vuonna 2022 valmistuva Naistenlahti 3 -voimalaitos ja turpeen käytön asteittainen lopettaminen tulevat hetkellisesti nostamaan Sähkölaitoksen puun kulutusta. Kun uusia energiantuotantomuotoja otetaan käyttöön ja energiatehokkuustoimet laskevat kysyntää, kääntyy puun kysyntä laskusuuntaiseksi.

Tämä selvitys pyrkii edistämään siirtymää kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa lisäämällä ymmärrystä bioenergiasta. Parempi ymmärrys erityisesti puun energiakäytön vahvuuksista, heikkouksista, uhkista ja mahdollisuuksista parantaa energiapoliittisen keskustelun laatua.

Suomessa ja muissa Pohjoismaissa puuta käytetään enimmäkseen yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa sekä lämpövoimalaitoksissa. Biomassa ei ole ratkaisu Euroopan sähkökriisiin, vaan sen hyödyt tulevat ilmi yhdistettynä pohjoisiin kaukolämpöverkkoihin. Suomen kaukolämpöverkoissa siirtymä lämmöntuotannon fossiilisista polttoaineista on tapahtunut juuri puupolttoaineisiin. Muutos on tapahtunut ensisijaisesti vaihtoehtojen rajallisuuden takia, mutta myös metsäteollisuuden ansiosta. Nykyisin matala sähkövero ja korkea päästöoikeuksien hinta ohjaavat myös uusiutuvan sähkön ylitarjontaa kaukolämmöntuotantoon. Jos sähköstä on hetkellisesti pulaa, korvautuu kaukolämpöverkon sähkönkäyttö puulla. Älykäs sähkön käyttö kaupunkien lämmittämisessä edellyttää nykyteknologioilla, että sähkön rinnalla hyödynnetään myös bioenergiaa.

Bioenergiaa tarvitaan Suomessa energiajärjestelmän optimaaliseen käyttöön ja huoltovarmuuden ylläpitämiseksi. Lisäksi bioenergia yhdistettynä hiilidioksidin talteenottoon on tunnustettu IPCC:n selvityksissä välttämättömäksi teknologiaksi negatiivisten päästöjen mahdollistajana. Jotta bioenergian hyötyjä ei kumota polttoainehankinnan negatiivisilla vaikutuksilla, on riittävä kestävyys taso biomassan hankinnassa varmistettava.

Tämän selvityksen tulokset osoittavat, että energiantuotannossa hyödynnettävien biomassajakeiden valinnassa on käytettävä erityistä huolellisuutta. Elinkaaripäästöiltään sekä biodiversiteetti-vaikutuksiltaan alhaisimmasta päästä ovat metsäteollisuuden sivu-

virrat, kuten kuori, sahanpuru ja kierrätyspuu. Metsäpolttoaineiden, kuten oksien, latvukien ja muiden harvennustuotteiden, energiahyödyntäminen on järkevää, mikäli niiden korjuussa noudatetaan tarpeeksi tiukkoja metsänhoitosuosituksia eikä korkeamman jalostusasteen käyttökohteita ole jakeille löydetty. Energiantuotannossa ei ole järkevää hyödyntää muuhun käyttötarkoitukseen soveltuvia puita, kuten järeitä runkopuita tai selluntuotantoon soveltuvaa puuta.

Tampereen Sähkölaitos pystyy vaikuttamaan polttoainejakeiden valinnan lisäksi siihen, mitä vaatimuksia polttoaineiden toimittajille asetetaan. Polttoainehankinnan kestävyttä parannetaan vaatimalla metsäsertifiointeja ja metsänhoitosuositusten noudattamista. Kuitenkin, jos metsäsertifikaateilla ei ole yhteiskunnan hyväksyntää, ei suomalaisella metsänhoidolla ole yhteiskunnan hyväksyntää. Siksi Tampereen Sähkölaitoksen on lisäksi tuettava metsäsertifiointien kehittämistä.

Sisämaassa on erittäin oleellista seurata kestävästi tuotetun energiapuun riittävyttä. Laajan kaukolämpöverkkonsa ansiosta Tampereen Sähkölaitoksella on mahdollisuus lisätä tuotantopalettiin myös polttoon perustumattomia vaihtoehtoja. Kun tuotantoa sähköistetään, kestävä puuta vapautetaan muulle yhteiskunnalle tilanteissa, joissa puusta on pulaa ja uusiutuvasta sähköstä on ylitarjontaa. Toisaalta biomassan kestävä hyödyntäminen kaupunkien lämmittämisessä vapauttaa uusiutuvaa sähköä monenlaisiin kriittisiin tarkoituksiin. Teknologianeutraalisuus poliittisen ohjauksen yhteydessä on avainasemassa, sillä alueelliset vahvuudet ja heikkoudet energiantuotannon kokonaisuuden optimoinnissa on pystyttävä ottamaan huomioon.

Alkusanat

Tampereen Sähkölaitos kiittää selvitystä kommentoineita henkilöitä:

Antti-Jussi Halminen, Suvi Holm, Laura Laaksonen, Hanna Lampinen, Harri Laurikka, Elina Seppänen, Leo Stranius ja Third Rock, Hannes Tuohiniitty, Oras Tynkkynen, Esa Vakkilainen, Tiina Vanha-Jaakkola ja Tuomas Vanhanen.

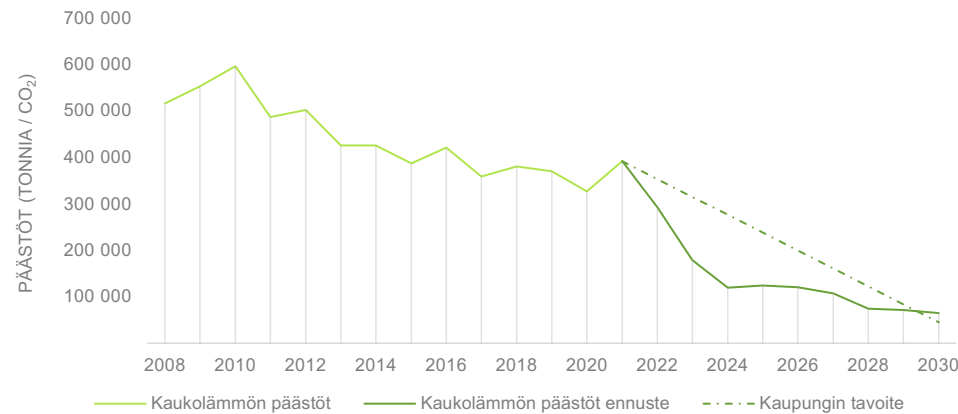
Käsiteluettelo

Ainespuu	Kaikki metsästä korjattava puu, jota käytetään saha-, vaneri-, paperi- tai selluteollisuuden raaka-aineeksi.
BECCS	Bioenergy Carbon Capture and Storage tarkoittaa hiilidioksidin talteenottoa biovoimalaitoksen savukaasuista ja sen varastoinnista pysyvästi.
Bioenergia	Energiantuotantomuoto, joka hyödyntää polttoaineenaan erilaisia biomassoja, kuten puuta, bioperäisiä jätteitä ja metsäteollisuuden tähteitä.
CCS	Carbon Capture and Storage tarkoittaa hiilidioksidin talteenottoa savukaasuista ja sen varastoinnista pysyvästi.
CCU	Carbon Capture and Utilisation tarkoittaa hiilidioksidin talteenottoa savukaasuista ja sen hyödyntämistä esimerkiksi synteettisen polttoaineen valmistuksessa.
CHP	Combined Heat and Power on sekä lämpöä että sähköä tuottavasta energiantuotantolaitoksesta käytetty termi.
Energiapu	Metsästä ja puustoisilta alueilta energiakäyttöön korjattua ja kerättyä puuta.
Ensi-harvennus	Metsän hoitotoimenpide, joka tehdään, kun perustettu taimikko on kasvanut 12–16 metriä korkeaksi metsäksi. Ensiharvennus nopeuttaa jäljelle jäävän puuston kasvua ja järeytymistä tukkipuiksi.
FSC	Forest Stewardship Council on Suomessa ja muualla maailmassa käytössä oleva metsäsertifikaatti. FSC:tä hallinnoi metsänomistajien, metsäteollisuuden ja ympäristö- ja kansalaisjärjestöjen koalitio.
Hiilinielu	Kuvaa hiilidioksidin virtausta systeemissä, jossa hiilidioksidin poistuma ilmakehästä on suurempi kuin hiilidioksidin tuotto. Esimerkiksi kasvava kasvi sitoo ilmakehästä hiiltä ja toimii näin hiilinieluna.
Hiilivarasto	Kun hiilidioksidi on varastoituna eikä ilmakehässä, tätä varastoa kutsutaan hiilivarastoksi. Esimerkiksi metsät ovat hiilivarastoja.
HOB	Heat-only-boiler on lämpövoimalaitoksista käytetty termi.

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change on hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli, jonka tavoitteena on analysoida tieteellisesti tuotettua tietoa ilmastomuutoksesta kansallista ja kansainvälistä päätöksentekoa varten.
Kierrätyspuu	Biopolttoaineeksi luokiteltava puhdas puutähdde tai käytöstä poistettu puu tai puutuote, johon ei sisälly muovipinnoitteita tai halogenoituja orgaanisia yhdisteitä eikä raskasmetalleja. Esimerkkejä kierrätyspuusta ovat puu- ja kuormalavat sekä uudisrakentamisen puutähdde.
Kuitupu	Lämpimitaltaan eli halkaisijaltaan pienikokoinen puutavara, jota käytetään metsäteollisuudessa selluloosan, hiokkeen ja hierteen sekä puukuitulevyjen raaka-aineena. Kuitupuut jaotellaan kuusi-, mänty-, koivu- ja haapakuitupuuhun.
LULUCF	Asetus, joka pitää sisällään maankäyttöön, maankäytön muutoksiin ja metsätalouteen liittyvän politiikan. Lyhenne tulee sanoista Land Use, Land-Use Change and Forestry.
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification on yleisin Suomessa ja maailmalla käytössä oleva metsäsertifikaatti. PEFC-järjestelmä on metsäteollisuuden edustajien hallinnoima.
Päätihakkuu	Toiselta nimeltään uudishakkuu on jaksollisen metsänkasvatuksen viimeinen vaihe ja samalla metsän uudistamisen alku. Päätihakkuutyyppejä ovat esimerkiksi avohakkuu, siemenpuuhakkuu ja suojuspuuhakkuu.
RED-direktiivi	EU:n uusiutuvan energian direktiivi. Voimassa oleva direktiivi on versio 2, mutta päivitysprosessi on parasta aikaa meneillään.
Tukkipuu	Puun paksuin osa eli tyviosa, joka täyttää tukkipuun laatukriteerit. Tukkipuuta käytetään sahatavarana esimerkiksi rakentamisessa ja monenlaisten puutuotteiden tekemisessä.
VMI	Valtakunnan metsien inventointi on Suomen metsien seurantajärjestelmä, joka tuottaa tietoa alueittaisista ja koko maan metsävaroista ja metsien laadusta, metsien omistussuhteista, metsien terveydentilasta, metsien monimuotoisuudesta sekä metsien hiilivarojen muutoksista. Inventointia on tehty Suomessa jo 100 vuoden ajan.

1 Johdanto

Ihmisen aiheuttama ilmastonmuutos on vakava uhka. Tampereen Sähkölaitos voi määrätietoisella tekemisellään auttaa Tampereen kaupunkia ja Suomen valtiota saavuttamaan ilmastotavoitteensa. Yhtiö tulee pienentämään lämmöntuotannon päästöjään vähintään 89 % vuoden 2015 tasosta vuoteen 2030 mennessä (kuva 1). Lisäksi yhtiö tulee tekemään lisätoimenpiteitä, joko investointien tai päästökompensatioiden muodossa, niin että Tampereen Sähkölaitos voi olla täysin hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä.



KUVA 1 Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämmön päästövähennystavoite pitkän tähtäimen suunnitelmassa.

Jotta Tampereen Sähkölaitos voi missionsa mukaisesti tuoda ratkaisuja ilmastonmuutokseen, se pyrkii olemaan ilmastoasioissa kokoaan suurempi. Tehokkaiisiin ilmastotoimiin velvoittaa myös julkisomisteisuus. Yhtiön mahdollisuudet energiantuottajana helpottavat laajempaa siirtymistä kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa.

Tämä selvitys on kohdistettu kaikille bioenergiasta ja energiasektorista kiinnostuneille. Selvityksen tavoitteena on lisätä ymmärrystä bioenergian hyödyistä ja haitoista sekä parantaa julkisen keskustelun laatua. Selvityksessä käydään läpi sekä tieteellisiä julkaisuja ja tutkittua tietoa että Tampereen Sähkölaitoksen asiantuntijoiden havaintoja, päätelmiä ja mielipiteitä energia-alasta ja bioenergiasta Suomessa.

Bioenergia eli metsäpolttoaineita ja metsäteollisuuden sivuvirtoja hyödyntävä energiantuotantomuoto on merkittävässä roolissa Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämmöntuotannossa. Vuonna 2021 tehty selvitys polttoon perustumattomaan ja hiilinegatiiviseen kaukolämpöön siirtymisestä ([linkki](#)) laajensi Tampereen Sähkölaitoksen tietämystä kustannustehokkaista vaihtoehdoista. Selvityksessä tunnistettiin, että kaukolämmön täysi sähköistäminen ei ole ympäristön eikä yhteiskunnan kokonaisedun kannalta paras ratkaisu.

Selvityksen perusteella kannattavin ja vähäpäästöisin toteutettavissa oleva kaupunkitason lämmitysjärjestelmä Tampereella on tuulivoiman ja bioenergian yhdistelmä. Kyseisessä järjestelmässä tuulisuuden perusteella vaihtelevaa sähköntarjontaa hyödynnetään lämmityksessä tuntitasolla teollisen kokoluokan lämpöpumpuissa, sähkökattiloissa ja lämpövarastoissa. Tunteina, jolloin sähköä on vähäisesti tarjolla, sähköpohjainen lämmöntuotanto korvataan ensisijaisesti biomassalla. Tilanteissa, joissa fossiilista sähkön erillistuotantoa joudutaan käynnistämään sähkön tehopulan estämiseksi, jopa fossiilisen polttoaineen käyttäminen lämpöverkossa olisi sähkökäyttöä ympäristöystävällisempi vaihtoehto lämmityksen moninkertaisesti paremman hyötysuhteen ansiosta.

Vaikka selvitys polttoon perustumattomasta ja hiilinegatiivisesta kaukolämmöstä osoitti, että järjestelmän kannalta bioenergia on järkevä osa kokonaisuutta, millään yksittäisellä mittarilla se ei ole paras vaihtoehto. Bioenergiaan verrattuna fossiiliset polttoaineet ovat helpommin varastoitavissa ja halvempia investointikustannuksiltaan. Turve on huoltovarma sen varastoitavuuden ja kotimaisuuden takia. Ydinvoimalla on puolestaan pienemmät CO₂-päästöt. Sähköistäminen on täysin päästötöntä käyttöpäikällä, mutta tuulivoimaan tukeutuva sähkön tuotanto nojaa vielä pitkään fossiilisilla tuotettuun varavoimaan.

Kun taas huomioidaan kaikki vaatimukset yhdessä (kustannukset, päästöt, biodiversiteetti ja huoltovarmuus), on bioenergialla merkittäviä vahvuuksia. Näiden perusteella Tampereella on päädytty bioenergiaa ja uusiutuvaa sähköä hyödyntävään lämmityskonseptiin. Tätä on kuvattu taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Lämmöntuotantomuotojen vertailu neljästä eri näkökulmasta. Näkökulmat on listattu parhaimmasta huonoimpaan Tampereen Sähkölaitoksen asiantuntijoiden näkemyksen mukaan. Biomassa sijoittuu kaikissa tarkasteluun otetuissa ulottuvuuksissa keskelle tai keskivaiheen yläpuolelle. Energiantuotantomuotojen tarkka järjestys ei ole tämän työn johtopäätösten kannalta oleellinen seikka. Taulukon tarkoituksena on havainnollistaa, että biomassassa ei ole millään yksittäisellä mittarilla paras vaihtoehto, vaikka se on kokonaisuutena järkevä osa suomalaista lämmöntuotantoa.

CO ₂ -päästöt	Investointikustannukset	Käyttökustannukset	Huoltovarmuus
Ydinvoima	Maakaasu	Ydinvoima	Tuulivoima + lämpöpumppu + sähköverkko + energiavarasto
Tuulivoima + lämpöpumppu + sähköverkko + energiavarasto	Kivihiili	Biomassa	Turve
Biomassa	Turve	Tuulivoima + lämpöpumppu + sähköverkko + energiavarasto	Biomassa
Tuulivoima + lämpöpumppu + sähköverkko + fossiilinen varavoima	Biomassa	Tuulivoima + lämpöpumppu + sähköverkko + fossiilinen varavoima	Ydinvoima
Maakaasu	Ydinvoima	Turve	Tuulivoima + lämpöpumppu + sähköverkko + fossiilinen varavoima
Kivihiili	Tuulivoima + lämpöpumppu + sähköverkko + fossiilinen varavoima	Kivihiili	Kivihiili
Turve	Tuulivoima + lämpöpumppu + sähköverkko + energiavarasto	Maakaasu	Maakaasu

Suomessa siirtymä pois fossiilisista polttoaineista on tapahtunut paljolti bioenergian avulla hyvän saatavuuden ja poliittisen päätöksenteon takia. Päästökauppa ja kansallinen energiaverotus on tehnyt fossiilisilla polttoaineilla ja turpeella lämmittämisestä kannattamatonta. Lisäksi mittavan metsäteollisuuden ansiosta teollisuuden sivuvirtoja, kuten kuorta, metsähaketta ja sahanpurua, on saatavilla energiakäyttöön.

Akuutissa murrosvaiheessa bioenergian tulevaisuuden rooli lienee pohjatuotantoa. Muiden ratkaisujen, kuten uusiutuvan sähköntuotannon, lisääntyessä sen rooli tulee olemaan yhä enenevässä määrin järjestelmää tasapainottava vara- ja huipputuotanto. Mikäli hiilidioksidin talteenotto eli BECCS (bioenergy carbon capture and storage) tulee taloudellisesti kannattavaksi, bioenergian rooli vahvistunee sekä energiantuotannon pohjakuormana että negatiivisten päästöjen mahdollistajana.

Tampereen Sähkölaitoksen pitkän tähtäimen suunnitelma antaa biomassan käytölle melko nopean peak demand -käyrän. Toisin sanoen kysynnän huippu tulee osumaan aivan lähivuosille, minkä jälkeen kysyntä alkaa johdonmukaisesti pienenemään sekä uusien teknologioiden että kaukolämmön laskevan kysynnän vuoksi. Kaukolämmön pitkän aikavälin kysyntään vaikuttavat muun muassa ilmastomuutos ja rakennusten energiatehokkuuden kehittyminen. Lisäksi kaukolämmön markkinaosuus on lähtötilanteessa jo niin suuri, että sille ei käytännössä ole kasvupotentiaalia. Tampereen seudulla 90 % kerrostaloista on kaukolämmön piirissä.

Nykyisten vaihtoehtojen valossa bioenergia tulee siis olemaan Tampereen Sähkölaitoksella osa energiantuotantojärjestelmää, joten sen riittävä kestävyys taso on varmistettava. Bioenergiaan ja erityisesti puun käyttöön polttoaineena liittyy vahvasti erilaisia näkemyksiä ja arvomaailmoja, joten jokainen lukija muodostaa oman mielipiteensä bioenergian kokonaiskestävyydestä. Jos seuraavat väittämät toteutuvat, Tampereen Sähkölaitoksen näkemys on, että bioenergia on kestävä energiantuotantomuoto.

- 1) Bioenergia on kotimainen ja huoltovarma energiantuotantomuoto.
- 2) Bioenergian elinkaari- ja päästöt ovat vähintään yhtä alaiset kuin muut vähäpäästöiset energiantuotantomuodot.
- 3) Puuperäisille polttoaineille ei ole muita korkeamman jalostusasteen käyttökohteita.
- 4) Energiapuun korjuu ei ole luonnon monimuotoisuudelle merkittävästi haitallista.

Yllä esitettyihin väittämiin sisältyy valtavasti hajontaa riippuen tarkasteluun otetusta jakeesta. On helppo todeta, että ikimetsän tukkeja ei kannata polttaa lämmöksi ja toisaalta muualle kelpaamaton jätepuu kannattaa hyödyntää. Tähän väliin jää alue, joka on täynnä harmaan sävyjä. Tätä havainnollistamaan Tampereen Sähkölaitos on jakanut eri biopolttoaineet kuvan 2 kenttiin. Selvityksen tulevaisuudessa tullaan käymään läpi tämän kuvan taustoja ja perusteluja.



KUVA 2 Biopolttoaineiden jakeiden jaottelu biodiversiteetti- ja päästövaikutusten mukaan. Nelikenttien sisällä jakeet eivät ole järjestyksessä.

1.1 Selvityksen rakenne

Kysymystä "onko puun käyttö kestävä" pohditaan paljon julkisessa keskustelussa. Sen tarkastelu edellyttää tarkempaa selvennystä lisäkysymyksiin, jotka tulevat hyvin pian keskustelussa vastaan: 1) mitä tarkoittaa "puu"; 2) mitä tarkoittaa "käyttö" ja 3) mitä tarkoittaa "kestävä".

Tämä selvitys pyrkii vastaamaan ensin taustoitukseksi näihin kolmeen kysymykseen. Sen jälkeen syvennyttään bioenergian ilmasto- ja biodiversiteettivaikutuksiin Suomessa. Lopuksi avataan Tampereen Sähkölaitoksen roolia kestävässä biotaloudessa pohtimalla seuraavia aiheita:

- Mitkä ovat Tampereen Sähkölaitoksen nykyisen puun käytön ilmastovaikutukset?
- Mitkä ovat Tampereen Sähkölaitoksen nykyisen puun käytön vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen?
- Mitkä ovat Tampereen Sähkölaitoksen ennustetun puun käytön vaikutukset?
- Miten Tampereen Sähkölaitoksen kannattaa vaikuttaa puun käyttöönsä kestävyuteen?
- Miten yhteiskunnan kokonaisedun kannalta puun käyttöä kannattaa ohjata?

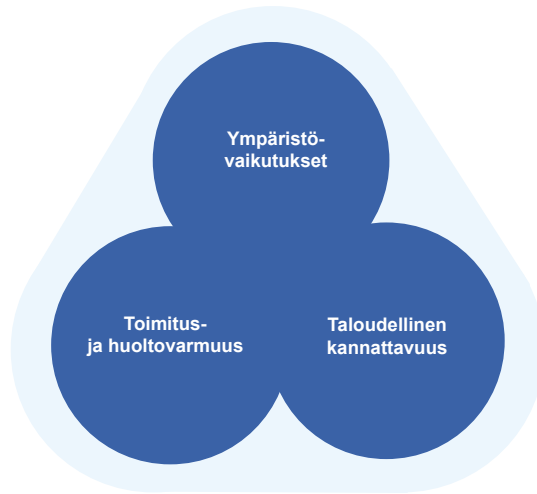
2 Tausta

Vuonna 2021 noin 60 % Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämmöstä tuotettiin puulla ja turpeella. Kun uusi Naistenlahti 3 voimalaitoksen valmistuu, Sähkölaitos luopuu turpeen käytöstä. Turpeesta luovutaan viimeistään vuoteen 2024 mennessä, mikäli käsillä oleva Euroopan laajuinen energiakriisi ei pakota yritystä uudistamaan polttoainehankinnan suunnitelmiaan. Vuonna 2024 Tampereen Sähkölaitoksen kaukolämmöstä tulee ennusteiden mukaan puusta noin 64 %. Loput kaukolämmöstä tuotetaan yhdyskuntajätteistä, hukkalämmöistä sekä sähkökattiloilla.

Jos puun energiakäyttö menettää yhteiskunnan hyväksynnän, se on kohtalokasta Sähkölaitokselle ja suurelle osalle keskitettyjä kaupunkien lämmitysjärjestelmiä, joiden kuitenkin voidaan osoittaa olevan hyvin keskeinen Suomen vahvuus taistelussa ilmastomuutosta vastaan.

2.1 Toimiva energiajärjestelmä

Jotta energiajärjestelmää voi sanoa toimivaksi, sen kolmen tukijalan täytyy olla kunnossa. Tukijalkoja ovat ympäristöystävällisyys, toimitus- ja huoltovarmuus sekä taloudellinen kannattavuus (kuva 3).



KUVA 3 Toimivan energiajärjestelmän ulottuvuudet.

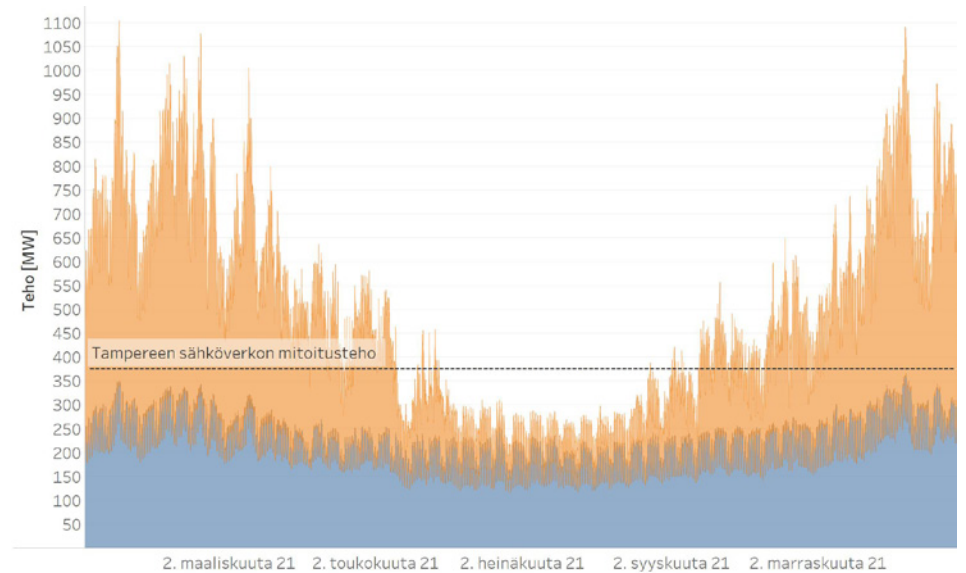
Ympäristön huomioimatta jättäminen voi johtaa paikallisiin ympäristöongelmiin, pitkäkestoisiin ilmastovaikutuksiin ja luonnon monimuotoisuuden heikentymiseen. Energia-sektorin vaikutus ympäristöön on kokoonsa nähden suuri, joten ympäristövaikutusten huomioiminen ja lieventäminen on keskeinen energiajärjestelmän ulottuvuus. Energiajärjestelmä ei voi toimia, jos sillä ei ole yhteiskunnan hyväksyntää.

Toimitusvarmuus kuvaa sähkön ja lämmön häiriötöntä saattamista tuotannosta asiakkaalle. Huoltovarmuus puolestaan kuvaa kykyä yhteiskunnan elintärkeiden perustoimintojen ylläpitämiseen häiriöissä ja poikkeusoloissa. Jos sähköä ja lämpöä saa esimerkiksi vain tiistaisin, ei energiajärjestelmä ole toimiva. Jos valtio on hyvin riippuvainen maahantuodusta energiasta, antaa se mahdollisuuden käyttää toimitusten katkaisemista aseena, kuten on nähty nyt Ukrainan sodan myötä.

Kolmas energiajärjestelmän peruspilareista on taloudellinen kannattavuus. Energian hinnan nousulla on suoria vaikutuksia sekä yksityishenkilöihin että teollisuuteen. On ymmärrettävä, että kaukolämpö ei ole monopoli. Jos lämmityksen hinta nousee, voi asiakas vaihtaa lämmitystapaansa. Ympäristöystävällinen ja toimitusvarma järjestelmä, jossa ei ole asiakkaita, ei ole toimiva energiajärjestelmä.

2.2 Toimiva lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän on pystyttävä kattamaan myös kaikista kylmimmän ajanhetken kulutus. Tampereen sähkön kysyntä on pakkasilla noin kaksinkertainen kesään nähden, kun taas lämmitysjärjestelmässä kysyntä jopa kymmenkertaistuu. Kaukolämmön suora sähköistäminen olisi siis sähköverkolle raskas toimenpide. Voimakkaasti sään mukaan painottuva lisatarve kuormittaa sähköjärjestelmää eniten. Kuvassa 4 on esitetty Tampereen kaukolämmön ja sähkön kulutus vuonna 2021.



KUVA 4 Tampereen sähkön- ja lämmönkulutus vuonna 2021.

Energiayhtiöllä tulisi olla kyvykyys optimoida koko järjestelmää niin, että yhteiskunnan kokonaisuus maksimoidaan. Tampereen Sähkölaitoksen toiminnassa tämä tarkoittaa sitä, että kun sähköstä on pulaa, sen käyttöä pyritään vähentämään. Kun puhdasta sähköä taas on tarjolla ylimäärin, voidaan sitä käyttää myös lämmittämiseen keskitetysti sähköverkon siinä osassa, jossa kapasiteettia on jäljellä. Sama pätee muihinkin energialähteisiin.

Puun käytössä, kuten energiajärjestelmässä yleensäkin, on oleellista kokonaisuuden optimointi. Mikäli optimointi kohdistuu vain yhteen osa-alueeseen, vaikkapa biomassan käytön minimointiin paikallisella tasolla, voivat negatiiviset vaikutukset vain siirtyä toisaalle. Sähkön tuotanto fossiililla polttoaineilla on huonon hyötysuhteen korkeapäästöistä energiantuotantoa, mutta pakollista suurten kulutuspiikkien ja alhaisten tuulivoiman tuotantotuntien aikaan. Tällaisen sähkön käyttäminen lämmitysjärjestelmässä tekee lämmityksestä polttovapaata, mutta ei kestävää, sillä päästöt on näin ulkoistettu lämmityssektorilta sähköntuotantosektorille. Samoin puun käyttö pitää saada asettumaan sellaiselle tasolle, että päästöttömyyttä ei toteuteta siirtämällä päästöjä energia-sektorilta maankäyttösektorille.

Suomalaiset energiayhtiöt käyttävät puuta erityisesti lämmöntuotantoon. Lauhdesähkön eli sähkön erillistuotantoon biomassassa ei ole järkevä ratkaisu. Lauhdesähköllä on yhteistuotantoa (CHP, Combined Heat and Power) tai suoraa lämmöntuotantoa (HOB, Heat-Only-Boiler) huomattavasti huonompi hyötysuhde, eli yhtä tuotettua energiayksikköä kohden tarvitaan muita tuotantomuotoja enemmän polttoainetta. Euroopassa energiapolitiikan tekijöiden katse kääntyy usein juuri lauhdesähkөөn kaukolämpöverkkojen puuttumisesta johtuen. Mikäli Euroopassa alettaisiin korvata maakaasulla toimivia lauhdevoimaloita biovoimaloilla, kasvaisi biopolttoaineiden kulutus fyysisesti mahdolliseksi eikä se olisi millään mittarilla järkevää. Biomassa ei ole ratkaisu Euroopan sähkökriisiin, vaan sen hyödyt tulevat ilmi yhdistettynä pohjoisiin kaukolämpöverkkoihin.

Suomessa ei ole rakenteilla tai edes vakavasti suunnitelmassa yhtäkään lauhdesähkölaitosta biomassalle. Kaikki uudet biovoimalaitokset ovat joko CHP-laitoksia tai lämpövoimaloita. Kaukolämpöverkkoon liitettynä CHP-laitos ajaa koko polttoainetehon lämmöksi reduktiolaitteiden kautta, mikäli lämpöenergiasta on pulaa tai sähkö on edullista. Kun taas sähkölle on tarvetta, voi laitos tuottaa osittain lämmön lisäksi sähköä. Suurin osa uusista biovoimalaitoksista on kuitenkin puhtaasti lämpövoimalaitoksia. Tällaiselle kaupunkien lämmitykselle on lopulta hyvinkin rajallinen lisätarve, varsinkin kun kaukolämpöverkkoihin tuodaan jatkuvasti uusia polttoon perustumattomia tuotantomuotoja, kuten teollisen kokoluokan lämpöpumppuja ja sähkökattiloita. Suomessa biomassan

käyttöön on odotettavissa nykyisillä ohjauskeinoilla nopea tasaantuminen, jonka jälkeen kulutus lähtee lievään laskusuuntaan.

Suomi ja Skandinavia ovat laajojen kaukolämpöverkkojen, sähkön ja lämmön yhteistuotannon sekä vahvan metsäteollisuuden ansiosta paras ympäristö eloperäisen hiili-dioksidin talteenottoon (biohiilen tuotanto tai BECCS). Eloperäisen hiilidioksidin talteenotto on tunnistettu hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneeli IPCC:n raporteissa välttämättömäksi teknologiaksi, jotta ilmastonmuutoksen katastrofaalisia vaikutuksia voidaan lieventää ja välttää¹. BECCS-teknologia mahdollistaa hiileneutraalin lämmitys-järjestelmän luomisen kaupunkiin, joissa hyödynnetään kestävästi tuotettuja biomassajakeita energiantuotannossa. BECCS ei ole omimmillaan Keski-Euroopassa lauhdesähkөөn yhdistettynä, vaan sovellettuna pohjoisten kaupunkien lämmitysjärjestelmiin.

3 Mitä on puu?

Tässä kappaleessa pyrimme avaamaan yksityiskohtaisesti sitä, että puuta on monenlaista. Jos haluamme rakentaa pitkään hiiltä varastoivia puutaloja, tarvitsemme tukkeja. Niiden kasvattamisen, korjuun ja jalostuksen sivutuotteena syntyy huomattavat määrät risuja, oksia, kuorta ja sahanpurua sekä taimikonhoidon ja ensiharvennuksien seurauksena pienpuuta. Metsää ei Suomessa kaadeta sen takia, että sitä halutaan polttaa energiaksi, vaan energiapuu syntyy muun toiminnan sivutuotteena. Poikkeuksen tähän tekee kotitarvepuu². Toisaalta sivutuotteiden hyödyntäminen parantaa puun pääasiallisen käytön kannattavuutta. Näin ollen energiapuu vaikuttaa epäsuorasti myös metsien kokonaisvaltaisen hyödyntämisen kannattavuuteen.

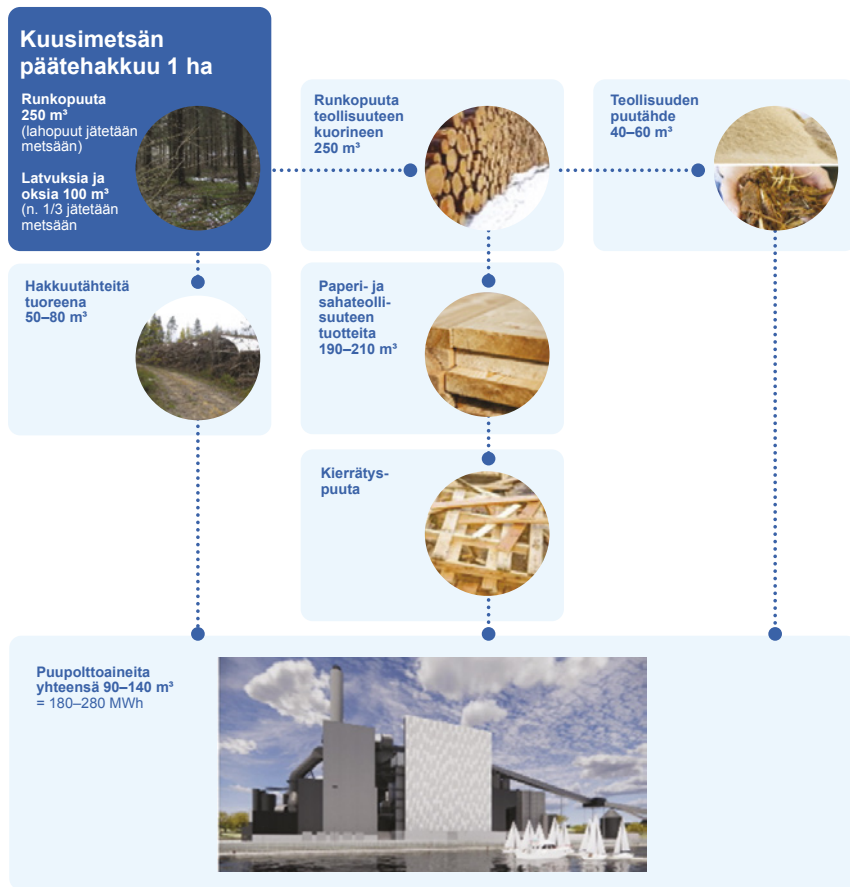
Jotta selvityksen laajuus pysyy realistisena, siinä ei käsitellä kattavasti metsätalouden globaalin mittakaavan epäkohtia. Pohjaoletus työssä on, että Tampereella käytettävä puu on tulevaisuudessakin kotimaista, jolloin tuontipuun ympäristövaikutusten arviointi ei ole tämän selvityksen kannalta oleellista. Suomessa vuonna 2021 energiaksi käytetystä metsähakkeesta 20 % oli tuontihaketta. Tuontihake käytetään pääsääntöisesti rannikkoalueilla sekä itäisessä Suomessa. Muun tuontipuun energiakäyttö on Suomessa vähäistä.³

¹ <https://www.ipcc.ch/sr15/>

² <https://forest.fi/fi/faq/miksi-metsia-kaadetaan-energiakayttoon/#1552a719>

³ https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_10%20Puun%20Energiakaytto/22_tuontihake_arvio.px/

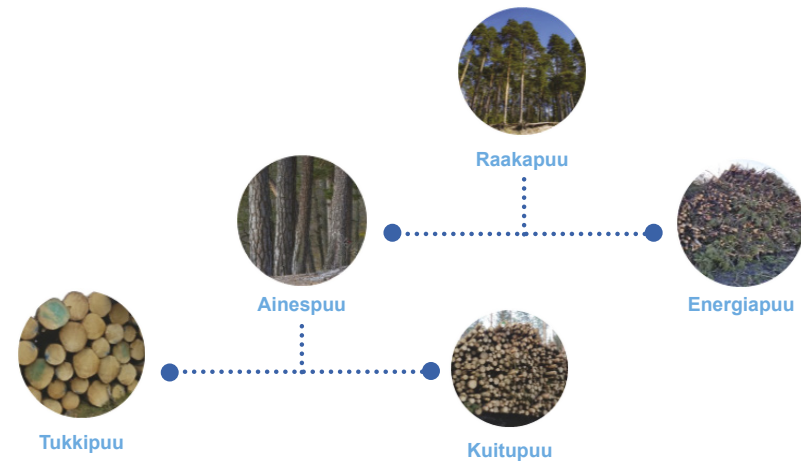
Kuvassa 5 esitetään, miten kuusimetsän päätehakuussa syntyy monia puujakeita. Lisäksi siinä kuvataan energiantuotantoon päätyvien puujakeiden (hakkuutähteet ja teollisuuden tähteet) reitit. Päätehakuusta saadaan runkopuuta, joka menee saha- sekä sellu- ja paperiteollisuuden raaka-aineeksi, sekä hakkuutähdettä, jota voidaan käyttää puupolttoaineena. Metsäteollisuudesta syntyy myös puutähteitä, jotka ohjataan energiantuotantoon. Lopulta vaihteleva määrä teollisuuden tuotteista päättyy kierrätykseen, ja osa tästä kierrätyspuusta päättyy poltettavaksi.



KUVA 5 Eri puujakeiden saanto kuusimetsän päätehakuussa.

Metsästä saatava puu voidaan jaotella eri tavoin. Yksi perusjaottelu on jako ainespuuksi ja energiapuuksi (kuva 6). Ainespuuksi nimitetään kaikkea raakapuuta, joka voidaan kannattavasti jalostaa edelleen tuotteiksi. Se voidaan jaotella edelleen laadun ja järeyden mukaan. Arvokkainta ainespuuta on järeä tukkipuu, joka sopii sahatavaran tai vanerin raaka-aineeksi. Kuitupuu puolestaan on tukiksi liian pieniläpimittaista tai heikko-laatuista puuta. Nimensä mukaisesti sitä käytetään puukuidun raaka-aineena sellu- ja paperiteollisuudessa.

Energiapuu puolestaan käytetään polttoaineeksi ja siitä käytetään välillä myös nimeä metsäpolttoaine tai metsäbiomassa. Energiapuuksi nimitetään puuta, joka pienen läpimitan (ns. pienpuu), heikon laadun, tai jonkin muun syyn takia soveltuu lähinnä poltettavaksi joko sellaisenaan, hakettuna, murskattuna tai jollain tavoin jalostettuna. Energiapuuksi lasketaan siis metsästä saatava ainespuuksi kelpaamaton puu, kuten pientaloissa käytettävät polttopuut, kokopuu- ja rankahake, metsätähdehake (latvus- ja oksamassa), ja rakentamisen tieltä raivatut kannot.



KUVA 6 Raakapuun jaottelu.



KUVA 7 Energiapuuksi tarkoitettua kokopuurankaa (karsimatonta oksineen ja latvuksineen) tienvarsivarastossa.⁴

Haasteita puun korjuuseen tuo puun laadullisten virheiden huomaaminen metsässä. Esimerkiksi tukkipuiksi kerättävä puu ei sovellukaan suunniteltuun käyttötarkoitukseen, mikäli se onkin väärän mittainen, väärän muotoinen ja mallinen, sydäimestä laho, liian kuiva tai halkeillut. Koneenkuljettaja ei näitä puun ominaisuuksia välttämättä kaataessa huomaa. Tällöin kuitupuuksi tai energiantuotantoon voi lopulta ohjautua puita, jotka muutoin soveltuvat luonnon monimuotoisuuden takia metsään jätettäväksi.

3.1 Mihin tukkipuuta käytetään?

Jotta puusta voidaan saada tukkipuuta, sen läpimitan pitää yleensä olla vähintään 15 senttimetriä. Suuren läpimitan lisäksi puun laadun pitää olla hyvä. Laatuun vaikuttavat puiden oksaisuus, mutkat, vioittumat ja lahoisuus. Yleisesti ottaen puun on oltava siis suora ja terve, jotta se kelpaa tukkipuiksi.⁵

Tukkipuuta käytetään monenlaiseen sahatavaraan, hirsistä pienempiin lautoihin ja listoihin. Hyvälaatuista sahatavaraa käytetään puurakentamisessa ja huonekaluissa. Tukkipuista tehdään myös monenlaisiin erityistarpeisiin tuotteita, kuten vaneria ja palkkeja. Keskimäärin noin 50 % tukkipuun massasta päättyy lopputuotteeseen. Se osa tukkipuusta, joka ei päädy lopputuotteeseen, hyödynnetään joko selluteollisuudessa tai energiantuotannossa.

Puurakentaminen on perinteistä betonirakentamista ekologisempaa, jos rakennukset tehdään pitkäkestoisiksi ja puunkorjuu kestävä metsätalouden periaatteiden mukaisesti. Puuhun sidottu hiili säilyy sidottuna rakennusmateriaalissa koko sen elinkaaren ajan. Verrattuna betoniin, puurakentaminen lähes puolittaa rakennushankkeen päästöt.⁶ Kuvassa 8 on esitetty päästöt per neliometri puuseinässä ja betoniseinässä. Vertailussa ei ole huomioitu puurakentamisen vaikutusta hiilinieluihin. Jos puurakentaminen toteutetaan lisäämällä hakkuita, hiilinielut pienentyvät ja samalla betonin korvaamisesta saatu ilmastohyöty pienenee.

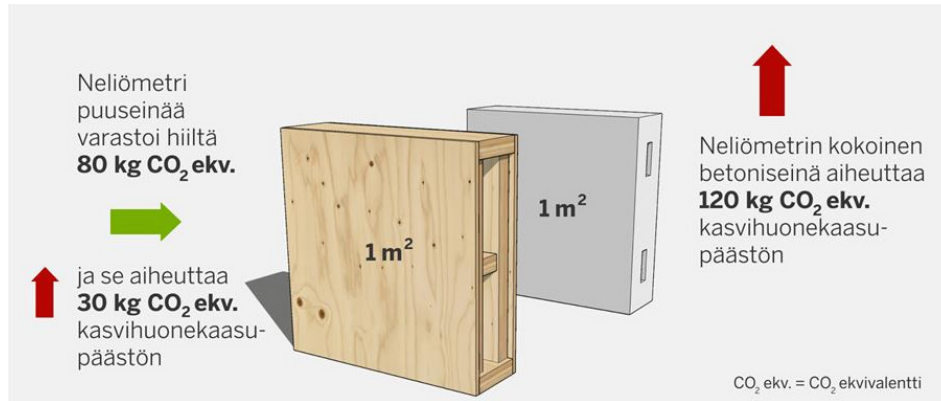
Suomen ympäristökeskuksen tutkimuksen (2021) mukaan puurakentamisen lisääminen voi joko vähentää päästöjä tai lisätä niitä riippuen siitä, miten puu hankitaan. Netto-päästöt vähenivät skenaarioissa, joissa tarvittava puumateriaalien lisäys saatiin vientiä vähentämällä, laajentamalla raaka-ainepohjaa pikkutukkeihin sekä parantamalla tuotannon resurssitehokkuutta. Nettopäästöt puolestaan kasvoivat skenaarioissa, joissa tarvittavan puumateriaalin lisäys saatiin kotimaisia hakkuita lisäämällä.⁷

⁴ <https://metsanhoidonsuosituks.fi/fi/toimenpiteet/energiapuun-korjuu-kasvatusestus>

⁵ <https://puustapuuhun.fi/mika-on-tukkipuu/>

⁶ <https://www.sttinfo.fi/tiedote/puurakentamisella-luodaan-pitkaikaisia-hiilivarastoja?publisherId=69818553&releaseId=69927583>

⁷ https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/336707/SYKEra_45_2021_HIILIJEMMA_Puurakentaminen.pdf?sequence=3&isAllowed=y



KUVA 8 Puu- ja betonirakentamisen päästövertailu ilman maankäyttösektorin päästöjä.⁸

3.2 Mihin kuitupuuta käytetään?

Kuitupuuta on ainespuuta, joka ei täytä tukkipuun vaatimuksia mittojen tai laadun osalta. Se on siis usein pieniläpimittaista (latvaläpimitta 7–15 cm). Myös suurempia puita menee kuitupuuksi, jos ne ovat esimerkiksi lahovikaisia tai liian vinkuroita. Kuitupuuta on tyypillisesti nuorempaa puuainesta kuin tukkipuuta, kuitenkin usein myös tukkipuun latvapäästä pieni osa päättyy kuitupuuksi.

Kuitupuusta tehdään kemiallisesti selluloosaa tai mekaanisesti hioketta tai hierrettä, joiden yleisin käyttökohde on paperin ja kartongin valmistus. Selluloosan sivutuotteita käytetään lisäksi muun muassa biokomposiitin osana, täyteaineina lääkkeissä, kipsausaineena ja myös rakennusmateriaalina.

Hiilen luonnollista kiertoa saadaan pidennettyä varastoimalla hiiltä tuotteeseen väliaikaisesti. Lyhytikäisissä tuotteissa puhutaan noin parin vuoden ajasta, jonka jälkeen hiilidioksidi jo vapautuu takaisin kiertoa polton tai maatumisen kautta. Ilmastonäkökulmasta lyhytikäisten tuotteiden, kuten paperin, pakkausmateriaalin ja tekstiilien tekeminen ei tästä syystä välttämättä eroa puun energiakäytöstä.⁹

⁸ <https://www.metsagroup.com/fi/Campaigns/AlykasMetsa/urbancarbon/jokainen-puurakennus-on-hiilivarasto/Pages/default.aspx#:~:text=Puulla%20on%20ainutlaatuisen%20kyky%20ime%C3%A4,kuutiometri%20puuta%20varastoi%20tonnin%20hiilidioksidi.>

⁹ <https://www.fi/wwf-lehti/wwf-lehti-2-2017/kahta-mielta-metsien-lisahakuista/>

Paperituotteiden käyttö on vähentynyt sähköistymisen myötä. Kartongin käyttö on puolestaan lisääntynyt, kun sitä on enenevässä määrin alettu hyödyntää pakkausmateriaalina muovin sijaan. Kaikkea kuitupuuta käyttöä on mahdoton lopettaa ilman, että tilalle tulisi muovituotteita. Paperi- ja kartonkituotteiden hiilijalanjälkeä voi kuitenkin vähentää lisäämällä kierrätystä ja kehittämällä uusiokäyttömahdollisuuksia.

3.3 Mitä on pientalojen polttopuu?

Pientaloissa käytetyt polttopuut kattavat yhteensä noin yhdeksän prosenttia koko Suomen hakkuukertymästä. Puun pienkäyttö on selvästi lisääntynyt Suomessa 2000-luvun aikana. Lisääntymiseen on vaikuttanut puulämmityksen halpuus ja muun lämmitysenergian, kuten öljylämmityksen, kallistuminen. Vaikka runkopuusta saa hyvät tulot metsänomistajalle, valmiiksi polttopuiksi pilkottuna puu on arvokkaampi kuin runkona eteenpäin myytyinä.¹⁰ Teoriassa polttopuiksi pilkottu puu soveltuu myös muuhun korkeamman jalostusasteen käyttöön. Isossa kuvassa kuitenkin metsänomistajat pyrkivät ottamaan polttopuuta muun toiminnan, kuten harvennuksien sivutuotteena, sillä se kasvattaa kokonaistuottoja. Tarkkaa tilastotietoa ei tästä ole kuitenkaan saatavilla.

Luonnonvarakeskuksen (Luke) tilastotietojen mukaan pientalojen polttopuusta 85 % on halkoa ja klapia, 9 % haketta, 4 % kierrätyspuuta, 1 % sahausjätettä ja 1 % puupellettiä. Kokonaishakkuukertymästä pientalojen polttopuuta menee 6,5 milj. m³ vuodessa eli lähes kaksinkertainen määrä lämpö- ja voimalaitosten käyttämään energiapuuhun verrattuna (3,8 milj. m³).¹¹

Omakotitalojen lämmityksessä bioenergia aiheuttaa voimalaitoksia enemmän paikallisia päästöjä, sillä klapien poltto oman talon tulisijoissa on aina epätäydellistä palamista. Voimalaitoksissa puu palaa isoissa kattiloissa tehokkaammin ja puhtaammin, jolloin pienhiukkasia ja orgaanisia yhdisteitä syntyy vähemmän ja syntyvät epäpuhtaudet poistetaan savukaasuista käsittelyprosessien ja suodattimien avulla. Voimalaitoksissa syntyvät hiukkaspäästöt myös hajaantuvat ilmakehään paremmin, kun taas omakotitaloalueilla puun pienpolton päästöt leviävät suoraan ihmisten keskuuteen.

¹⁰ <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/7-kysymysta-polttopuun-teosta/#056edd3c>

¹¹ <https://www.luke.fi/fi/tilastot/pientalojen-polttopuun-kaytto>

Pienpuun poltto tuottaa terveydelle haitallisten pienhiukkaspäästöjen lisäksi myös ilmastoa suoraan tai epäsuoraan lämmittäviä aineita, kuten mustaa hiiltä, metaania, PAH-yhdisteitä ja haihtuvia orgaanisia kaasuja.¹² Haja-asutusalueella tämä ei ole terveyden kannalta merkittävä ilmiö, koska päästöt laimentuvat nopeasti. Lämmityksestä johtuen terveydelle haitallisten PAH-yhdisteiden tavoitearvot kuitenkin ylittyvät pien-taloalueilla paikoitellen talvikuukausina. Kotitalouksien kasvanut pienpuunpoltto on heikentänyt ilmanlaatua Suomen kaupungeissa.¹³

Takat ja puukiukaat ovat kiinteä osa suomalaista kulttuuria, joten puun pienpoltto ei varmasti tule kokonaan loppumaan. Sitä voitaisiin kuitenkin vähentää siirtymällä puun polttamisesta enemmän kaukolämmön, aurinkoenergian ja erilaisten lämpöpumppujen käyttöön siellä, missä se on mahdollista ja taloudellista. Jos kuluttajat kuitenkin jatkavat puun pienpolttoa, he voivat eri toimenpiteillä saada päästöjä vähennettyä. Esimerkiksi siirtymä puhtaampiin, varaaviin tulisijoihin sekä oikeiden polttomenetelmien noudattaminen auttaa vähentämään puun polttamisesta syntyviä päästöjä.

3.4 Millaista energiapuuta käytetään?

Tampereen Sähkölaitos, kuten muutkin energiantuottajat Suomessa, mittaa ja raportoi eri biomassajakeiden käyttöä tarkkuudella, joka on valtakunnallisesti vaadittu. On siis jakeita, joita ei erikseen mitata, koska ne lasketaan ylempään tason kategorioihin sisään. Esimerkiksi nykyinen jaottelu kokopuu- ja rankahakkeen osalta läpimitaltaan eri kokosiin puihin ei ole kovin tarkkaa. Jakeiden jaottelumenetelmän avaaminen tässä kohtaa auttaa ymmärtämään haasteita Tampereen Sähkölaitoksen toiminnan nykytilan kestävyuden analysointiin liittyen.

Suomessa yleisin energia-alan käyttämä puupolttoaineiden jaottelu perustuu Tilastokeskuksen ylläpitämään luokituksen polttoaineista ja muista energialähteistä.¹⁴ Luokitus jaottelee biopolttoaineet taulukossa 2 esitettyihin pääryhmiin. Suomessa energiantuotannossa käytetään käytännössä vain tämän luokituksen mukaisia puupolttoaineita. Muiden bioperäisten polttoaineiden osuus energiantuotannossa on hyvin vähäinen.

Taulukko 2 Biopolttoaineiden jaottelu Tilastokeskuksen mukaan.

Puupolttoaineet			Muut bioperäiset polttoaineet		
Energiapu	Teollisuuden puutähteet	Kierrätyspuu ja jalostetut puutuotteet	Puunjalostuksen sivu- ja jäteliemet	Kasvipäriset polttoaineet / peltobiomassat	Eläinperäiset polttoaineet
Kokopuu- ja rankahake	Kuori	Puhtaat puutähteet	Mustalipeä	Viljakasvit	Eläinrasvat
Metsätähdehake	Sahanpuru- ja sahanhake	Puhtaat käytöstä poistetut puutuotteet	Mäntyöljy ja -piki	Olki	Lanta
Kantohake	Muut mekaanisen puunjalostuksen tähteet		Metanoli ja tarpäti	Ruokohelpi	
			Ligniini ja muut jäteliitteet		

Energiantuotannossa käytetään myös kierrätyspolttoainetta (SRF, Solid Recovered Fuel). SRF koostuu lähinnä materiaalikeräykseen kelpaamattomasta jätteestä, kuten likaantuneesta paperista, puusta, pahvista ja muovista. VTT on tehnyt jättepuulle laatu- luokituksen, jonka mukaan se jaetaan neljään laatuiluokkaan: A, B, C ja D. Näistä A- ja B-luokat lasketaan biopolttoaineeksi, C-luokka kierrätyspolttoaineeksi, ja D-luokka vaaralliseksi jätteeksi.¹⁵

A-luokan puujäte on puhdasta puuta; suurin osa tästä luokasta on metsäteollisuuden puutähdettä kuten sahanpurua. B-luokan puu on kemiallisesti käsiteltyä mutta enimmäkseen puhdasta puuta, kuten vaneria, liimapuuta, MDF- ja lastulevyä ynnä muuta. A- ja B-luokkien puu yleensä yhdistetään lajitteluvaiheessa, eikä niitä erotella sen tarkemmin. C-luokan puu on tyypillisesti lakattua tai maalattua puuta, ja sen polttamista käsitellään jätteenpolttoasetuksen mukaan. Tähän luokkaan menee paljon purkupuuta.

¹² <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmansaasteet/puunpoltto>

¹³ <https://julkaisu.hsy.fi/ilmanlaatu-paakaupunkiseudulla-vuonna-2021.html#clive2l3Mq>

¹⁴ https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html

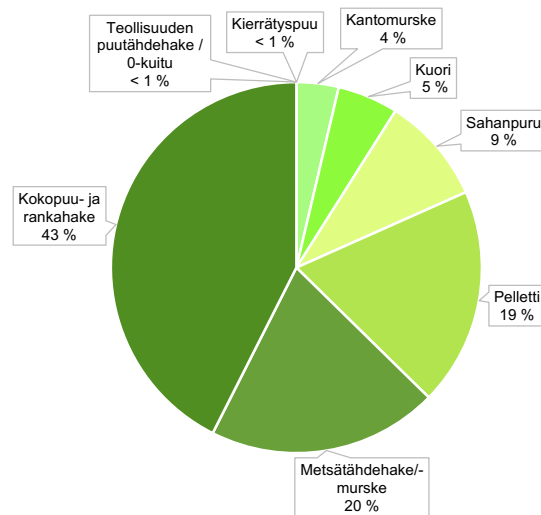
¹⁵ <https://unlimited.hamk.fi/biotalous-ja-luonnonvara-ala/mita-tapahtuu-puujatteelle/>

D-luokan puu on kestopuuta, kuten sähkö- ja puhelinpylväitä ja kyllästettyä lautta ja se käsitellään vaarallisenä jätteenä erikseen. Suomessa kestopuu käytetään energiaksi hakettamalla ja polttamalla laitoksissa, joissa sen sisältämät haitalliset aineet pystytään käsittelemään turvallisesti.

3.5 Millaista energiapuuta Tampereen Sähkölaitos käyttää?

Tampereen Sähkölaitoksen käyttämän puuperäisen biomassan jakautuminen vaihtelee hieman vuosittain. Kylmempinä vuosina kaukolämmöntuotanto on suurempaa, jolloin myös polttoainetta menee enemmän. Jakaumaan vaikuttaa myös eri jakeiden saataavuus, mutta merkittäviä vaihteluita vuosien välillä eri jakeiden suhteellisissa osuuksissa ei ole kuitenkaan nähtävissä.

Kuvassa 9 on esitetty Tampereen Sähkölaitoksen käyttämän puuperäisen biomassan jakautuminen eri polttoainelajeihin vuonna 2021.



KUVA 9 Tampereen Sähkölaitoksen eri biojakeiden käytön osuudet kokonaismäärästä vuonna 2021.

Kokopuu- ja rankahake on useimmiten tehty pienpuusta eli taimikonhoidoissa ja harvennuksissa poistetusta pieniläpimittaisesta puusta. Kokopuuahakkeessa on käytetty koko puun maanpäällinen biomassa (oksat, lehdet tai neulas) ja runko. Rankahake taas on tehty karsitusta runkopuusta. Järeää ainespuuta ei käytetä energiahakkeeksi, ellei se ole jollain tavoin viallista tai muuhun käyttöön kelpaamatonta esimerkiksi tuho-laisvahinkojen takia. Tällöin se lasketaan luokkaan kokopuu- ja rankahake, järeä puu. Tampereen Sähkölaitokselle on tullut pieniä määriä myös järeän kokoluokan kokopuu- ja rankahaketta.

Metsätähdehake on tehty enimmäkseen ainespuun korjuun tähteistä eli oksista ja latvuksista. Jonkin verran sitä tehdään myös muuhun käyttöön kelpaamattomasta, esimerkiksi lahovikaisesta tai pystyyn kuivaneesta puusta.

Pelletti on teollisuuden puutähteistä, kuten sahanpurusta, puristamalla valmistettu rakeinen puupolttoaine.

Sahanpuru on puujalostusteollisuuden sahatähdettä. Sahanpuru on erittäin hienojakoinen jae, jota syntyy, kun sahanterä leikkaa puuta.

Kuori on ainespuusta kuorittaessa syntyvää puutähdettä. Suurin osa kuoresta tuotetaan ja käytetään sellutehtailla.

Kantomurske on kannoista saatua puumurskettä. Tähän jakeeseen lasketaan päte-hakkuussa kerätyt kannot, turpeentuotannon yhteydessä nostetut liekopuut ja vanhat kannot sekä rakentamisen yhteydessä tontilta poistetut kannot ja juurakot.

Kierrätyspuu on käytöstä poistettua puuta tai puutuotteita, esimerkiksi puupakkauksia ja kuormalavoja, jotka voidaan polttaa biopolttoaineina. Kierrätyspuuksi lasketaan vain puhtaita, 100 % bioperäisiä, puutähteitä eli ei esimerkiksi purkupuuta. Purkupuuta polttoaineluokkana on puujätettä ja kuuluu sekapolttoaineisiin. Tampereen Sähkölaitoksella ei aiemmin ole käytetty purkupuuta, mutta uuden Naistenlahti 3 -voimalaitoksen myötä myös sen käyttäminen on mahdollista.

Teollisuuden puutähdehake on mekaanisen puunjalostusteollisuuden käsittelemä-töntä jätettä, kuten rimanpätkiä, tasauspätkiä ja sahausjätteitä. Puutähdehake tunne-taan myös nimellä saha-hake.

Nollakuitu on selluteollisuuden erottamista ohi päässyttä lyhytkuituista puuainesta. Nollakuitua on kerääntynyt historian saatossa Näsijärven pohjaan, ja sen keräämistä ja polttamista Naistenlahti 2:ssa on kokeiltu onnistuneesti. Näsijärven nollakuidun omistaa Tampereen kaupunki. Mikäli nollakuidulle ei löydetä muita kannattavampia käyttö-tarkoituksia, ja sen käyttö energiantuotannossa todetaan kannattavaksi, sitä tullaan polttamaan myös uudessa Naistenlahti 3 -voimalaitoksessa. Hankintaprosessi nollakuidun käsittelemiseksi on vielä kesken.¹⁶

Tampereen Sähkölaitos hankkii puupolttoaineensa Pirkanmaalta joko suoraan metsästä tai Pirkanmaan metsäteollisuuslaitosten jäte- ja sivuvirroista. Tämä vähentää kuljetuskustannuksia ja pienentää kuljetuksen hiilijalanjälkeä. Lähialueelta hankittu puu lisää myös työpaikkoja Pirkanmaan alueella, ja sen alkuperää ja kestävyyttä on helpompi seurata kuin vaikkapa ulkomaisen tuontipuun. Yksittäisiä polttoainejakeita tulee voimalaitoksille myös hieman Pirkanmaan ulkopuolelta. Kuvassa 10 näkyy Sähkölaitoksen vuoden 2019 hankinta-alue.



KUVA 10 Tampereen Sähkölaitoksen puunhankinta-alue 2019.

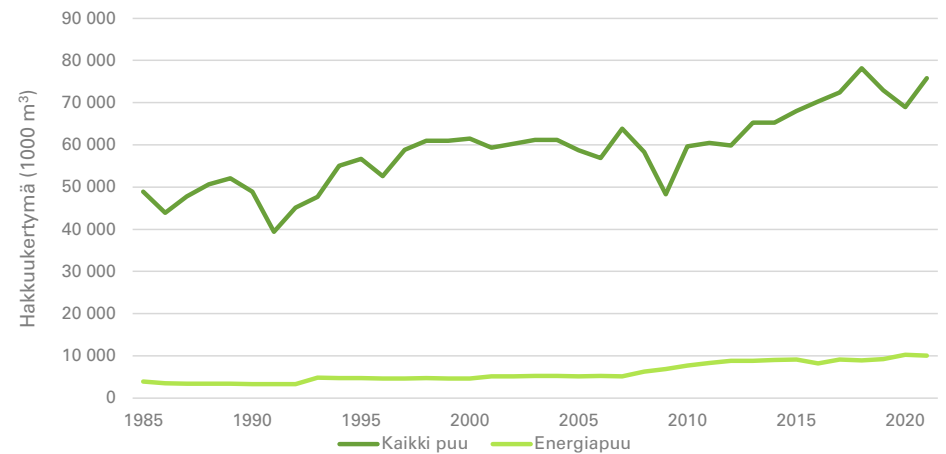
¹⁶ <https://www.sahkolaitos.fi/blogiarkisto/miten-marka-nollakuitu-palaa-kattilassa/>

4 Paljonko energiapuuta käytetään?

Vuonna 2020 bioenergian osuus koko Suomen energiankulutuksesta oli 31 %. Suurin osa puupolttoaineiden käytöstä kohdistui vuonna 2020 sähkön ja lämmön yhteistuotantoon teollisuudessa. Toiseksi eniten kulutusta oli kaukolämmöntuotannossa.¹⁷

Hakkuiden runkopuun kokonaismäärä kasvoi ennakkotietojen perusteella vuodesta 2020 vuoteen 2021 10 % eli 76,3 miljoonaan kuutiometriin. Vuoden 2021 hakkuumäärä oli toiseksi suurin koskaan tilastoitu. Vuoden 2021 hakkuukertymästä 86 % meni teollisuuden käyttöön ja 5 % energiapuuksi.

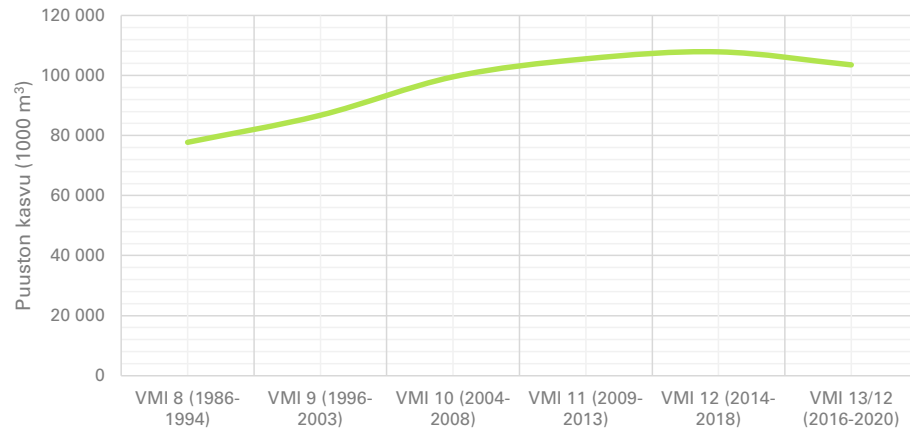
Kuvassa 11 esitetään Luonnonvarakeskuksen tilastoon perustuen hakkuumäärät koko maan osalta vuodesta 1985 asti.¹⁸ Energiapuun hakkuukertymä nousi 6 milj. m³ vuodesta 1985 vuoteen 2021, kun hakkuukertymä kokonaisuudessaan nousi lähes 30 milj. m³. Kokonaisuudessaan energiapuun käytön kasvu on noin 8 % kokonaishakkuista. Samaan aikaan puuston vuotuinen kokonaiskasvu on vastaavasti hidastunut (kuva 12).



KUVA 11 Hakkuukertymä 1985–2021.

¹⁷ <https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2022/06/Perustietoa-bioenergiasta-kesakuu2022.pdf>

¹⁸ <https://www.luke.fi/fi/tilastot/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma>

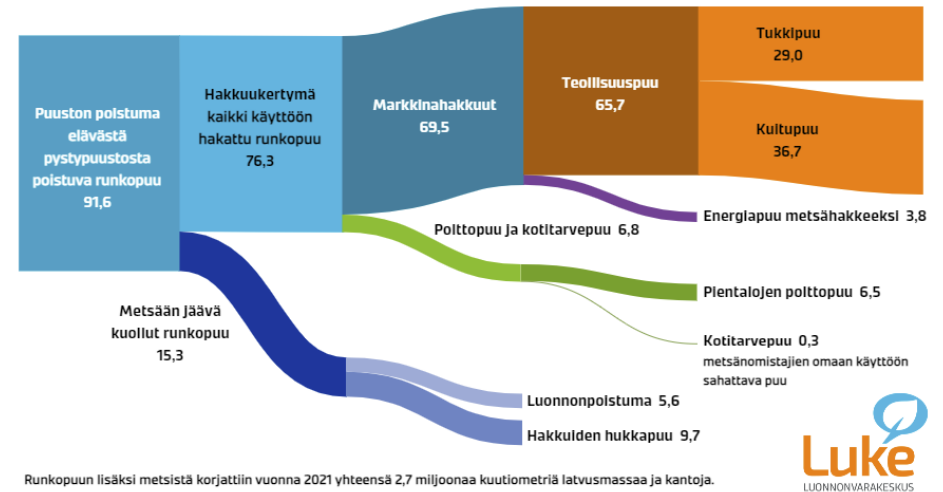


KUVA 12 Puuston kasvu 1985–2020.

Energiakäyttöön tulevasta biomassasta suurin osa syntyy teollisuuden sivutuotteina. Vuonna 2020 energiantuotantoon menevästä raakapuusta noin 70 % oli teollisuuden sivutuotteita. Suuri osuus johtuu osittain siitä, että sellu- ja paperiteollisuudessa tuotantolaitokset itse hyödyntävät sivuvirtoja laitoksen energiantuotannossa. Metsäteollisuus pyrkii luonnollisesti saamaan puusta mahdollisimman korkean jalostusarvon eli hyödyntämään sen raaka-aineena kokonaan oksia ja sivutuotteita myöten. Joillekin sivuvirroille ei kuitenkaan ole toistaiseksi keksitty taloudellista käyttöä.

Kuvassa 13 on esitetty Luken ennakkotieto puuston poistumalle vuonna 2021. Määrä kattaa paitsi hakkuut, myös kaiken luonnollisen poistuman lahon, metsäpalojen, tuuli-kaatojen ja lumituhojen takia. Kaaviossa esitetty hakkuukertymä tarkoittaa kaikkea sitä puuta, joka päättyy ihmisten hyödynnettäväksi eri tavoin.

Puuston poistuman ja hakkuiden runkopuu 2021 (milj. m³)



Runkopuun lisäksi metsistä korjattiin vuonna 2021 yhteensä 2,7 miljoonaa kuutiometriä latvusmassaa ja kantoja.



KUVA 13 Puun poistuma metsistä ja käyttö 2021.¹⁹

4.1 Alueelliset erot puun energiakäytössä

Suomessa on metsää joka puolella maata, ja metsien ominaispiirteet vaihtelevat alueittain. Tästä johtuen puun saatavuus ja puun käytön kestävyys ei ole yhtäläistä maan kaikissa osissa.

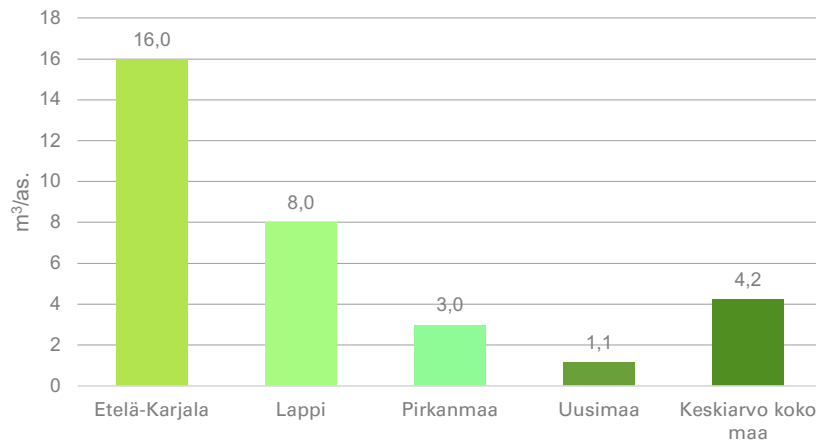
Luken tilastojen mukaan puupolttoaineiden absoluuttinen kysyntä on suurinta Keski-Suomessa (2 375 t m³/vuosi). Pirkanmaa (1 583 t m³/vuosi) on maakunnista sijalla kuusi Etelä-Karjalan, Uudenmaan, Pohjois-Pohjanmaan ja Varsinais-Suomen jälkeen.

Rannikon maakunnissa voimalaitosten käyttämän puun absoluuttinen kysyntä on suurinta Uudellamaalla, mutta puun kulutus henkeä kohti on siellä pienintä, vain 1,1 m³/as. Yleisemmin sisämaan maakunnissa käytetään rannikkoon verrattuna keskimäärin noin kaksinkertainen määrä puuta per asukas sähkön ja lämmön tuotannossa, sisämaassa noin 6,1 m³/as ja rannikolla noin 3,0 m³/as. Pirkanmaalla kulutus per asukas on 3,0 m³/as eli pienempi kuin koko maan keskiarvo 4,2 m³/as.

¹⁹ <https://www.luke.fi/uutinen/tukkipuun-hakkuissa-ennatukset-riikki-vuonna-2021/>

Puupolttoaineiden käyttö Lapissa on noin 8 m³/as eli lähes kaksi kertaa niin paljon kuin Suomen keskiarvo. Luvuissa on kuitenkin vain voimaloiden puupolttoaineiden käyttö, ei polttopuun käyttö kotitalouksissa. Tämä luultavasti nostaa Lapin osuutta vielä jonkin verran. Lapissa energiapuusta osa on tuotu Venäjältä viime vuosina. Esimerkiksi Inergian käyttämästä metsähakkeesta karkeasti noin puolet on ollut peräisin Venäjältä. Ukrainan sodan alettua sitä on korvattu turpeella.²⁰

Kuva 14 esittää puupolttoaineiden käytön vuonna 2021 voima- ja lämpölaitoksissa valituissa maakunnissa sekä koko maan keskiarvon, yksikkönä m³ per asukas.²¹



KUVA 14 Voimalaitosten puupolttoaineen käyttö henkeä kohti vuonna 2021.

Uudenmaan lukemaa selittää runsas kivihiilen käyttö Helsingin alueen kaukolämmön tuotannossa. Sisämaassa puolestaan väentiheys on pienempi ja metsäteollisuuden sivuvirtoja on paremmin saatavilla, joten pieniä, puuta polttavia lämpö- ja yhteistuotantolaitoksia on enemmän. Vuonna 2021 Helenin kaukolämmöstä 8,2 % tuotettiin biopolttoaineilla ja lähes puolet (45,6 %) kivihiilellä.²² Helenin uusi biovoimalaitos valmistuu Vuosaaren lämmityskaudella 2022–2023. Tällöin biomassan käyttö Helsingissä kasvaa huomattavasti.

²⁰ <https://yle.fi/uutiset/3-12354654>

²¹ http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_10%20Puun%20Energiakaytto/01a_Laitos_ekaytto_maak.px/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0

²² <https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/energian-alkuperä>

Uudellamaalla kivihiiltä käytetään enemmän kuin koko muussa Suomessa yhteensä. Luken arvioiden perusteella tämä käyttö on niin suurta, että sitä ei voida kestävästi korvata pelkästään siirtymällä käyttämään enemmän puubiomassaa. Luken ennakkotiedon mukaan vuonna 2021 Etelä-Suomen hakkuumahdollisuuksista oli käytössä 96 % eli kasvupotentiaalia ei juuri ole.²³ Itä- ja Keski-Suomessa energiapuuta on enemmän tarjolla, mutta kuljetuskustannukset asettavat rajoja sen käytölle Etelä-Suomessa. Ulkomaisen, käytännössä baltialaisen, tuontihakkeen tärkeys korostuu erityisesti rannikkoseudulla, kuten Helsingissä ja Turussa, jossa kuljetusmatkat satamasta voimaloihin ovat lyhyitä. Aiemmin tuontihaketta on tuotu merkittävästi myös Venäjältä Itä-Suomeen, mutta nyt sen tuonti on poistunut valikoimasta ja korvaantunut enimmäkseen kotimaisella tuotannolla.

Vuosina 2016–2021 keskimääräiset hakkuut ylittivät suurimman ylläpidettävissä olevan hakkuukertymän kuuden maakunnan alueella. Etelä-Karjalassa taso ylittyi eniten (14 %), Päijät-Hämeessä toiseksi eniten (6 %) ja Kanta-Hämeen, Kymenlaakson, Etelä-Savon ja Pirkanmaan alueilla ylitys oli 1–4 %. Suurin ylläpidettävissä oleva hakkuukertymä osoittaa hakkuutason, joka on mahdollinen ilman, että tulevaisuuden metsien tilavuus vähenee nykytasosta.²⁴

Pohjois-Suomen, etenkin Lapin osalta, merkittävä ero eteläisempään Suomeen on puuston hitaampi kasvu ilmaston, lyhyen kasvukauden ja karun maaperän takia. Tämän takia metsän kiertoaika on pitempi, minkä vuoksi hakkuuta voidaan toteuttaa harvemmin, jolloin puun saatavuus on niukempaa kuin etelässä. Pohjois-Suomessa myös vanhan metsän osuus on suurempi. Pohjoisessa yli satavuotiasta metsää on noin 25 %, kun taas etelässä sitä on vain noin 10 %. Näiden vanhojen metsien suojeleminen on luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeää, mikä osaltaan rajoittaa hakkuumahdollisuuksia pohjoisessa.²⁵

4.1.1 Tampereen Sähkölaitoksen puun kulutuskäyrä

Tampereen Sähkölaitos on vähentänyt maakaasun kulutustaan yhteensä noin 80 % vuodesta 2010. Myös öljyn kulutus on vähentynyt, ja sen osuus on ollut hyvin marginaalinen (0,2 % lämmöntuotannosta vuonna 2020). Korvaava energia on tullut ensi-

²³ <https://www.luke.fi/uutiset/hakkuut-nousivat-76-miljoonaan-kuutiometriin-vuonna-2021>

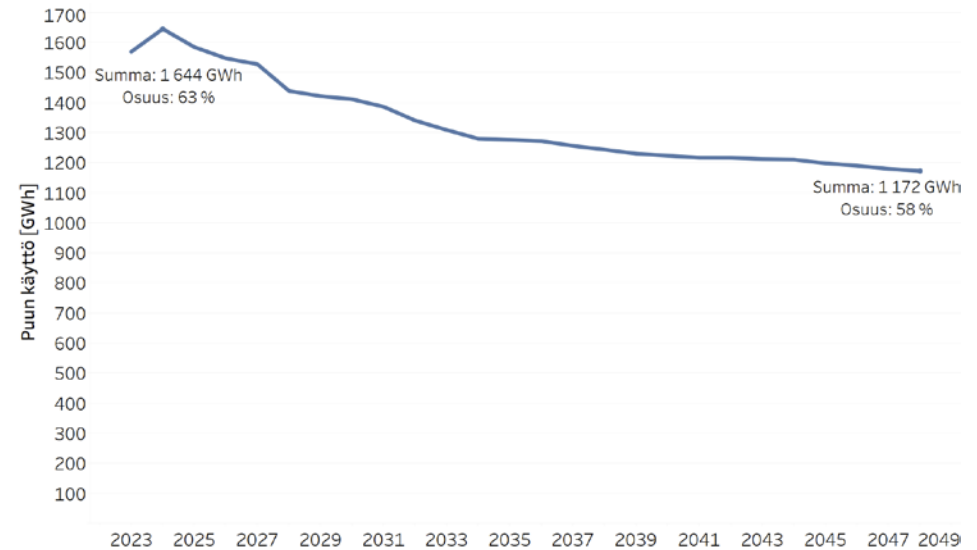
²⁴ <https://www.luke.fi/uutiset/hakkuut-nousivat-76-miljoonaan-kuutiometriin-vuonna-2021>

²⁵ <https://forest.fi/fi/artikkeli/metsien-ikarakenne-vuosina-1951-2019/#1552a719>

sijaisesti biomassasta ja Tammervoiman hyötyvoimalaitokselta. Nämä toimenpiteet ovat parantaneet tamperelaisen kaukolämpöjärjestelmän ympäristöystävällisyyttä, huoltovarmuutta ja taloudellista kannattavuutta. Toimien myötä energiantuotannon kotimaisuusaste on noussut Tampereella noin 40 prosenttiyksikköä ja hiilipäästöt vähentyneet noin 50 % vuodesta 2010 vuoteen 2021.

Biomassaan liittyvien investointipäätösten jälkeen eli vuodesta 2020 eteenpäin Tampereen Sähkölaitoksella on käynnistetty jo kahdeksan erilaista hanketta, joilla selvitetään polttoon perustumattomia lämmöntuotantomahdollisuuksia Tampereella. Venäjän kriisi, energian niukkuus ja hintojen nousu nopeuttavat Euroopan laajuista energiamurrosta sekä teknologian kehitystä. Biomassan kysynnän huippu perinteisessä energiakäytössä saavutettaneen Suomessa varsin nopeasti.

Tampereen Sähkölaitos tekee vuosittain 25 vuoden päähän ulottuvan pitkän tähtäimen suunnitelman, jossa ovat mukana myös energiataseiden tuntitason optimointi, kaukolämmön kysyntäennusteet sekä uudet investoinnit. Viimeisimmän selvityksen perusteella energiapuun ja metsäteollisuuden sivutuotteiden käyttö nousee uuden Naistenlahti 3 -voimalaitoksen myötä sekä turpeen poistussa vuoteen 2024 mennessä, ja alkaa sen jälkeen laskea uusien investointien ja kysynnän pienenemisen myötä. Kulutushuippu Tampereella tulee täten olemaan vuonna 2024, kuten on esitetty kuvassa 15. Ennusteen toteutumiseen vaikuttaa oleellisesti energiapuun riittävyys. Mikäli energiapuun riittävydestä tulee Suomessa ongelma Venäjän tuonnin ollessa jäissä ja kysynnän kasvaessa, voi turpeen käytön lopettaminen venyä tai polttoon ohjautua myös muita puujakeita kuin kappaleessa 3.5. esitettyjä.



KUVA 15 Tampereen Sähkölaitoksen energiapuun ja metsäteollisuuden sivutuotteiden käyttöennuste ja osuudet polttoaineiden kokonaiskulutuksesta, korostettuna vuodet 2024 ja 2048.

4.2 Miten puun käyttö Suomessa muuttuu, jos energiapuun hinta nousee?

Hintaohjaus on tehokas tapa ohjata yhteiskunnan toimintaa tilanteessa, jossa ei ole selvää, kuinka paljon resurssia on tarjolla ja minne se kannattaisi kohdentaa. Suomi on kauan ohjannut energiateollisuutta käyttämään metsäteollisuuden sivuvirtoja, jotta lämmityksessä päästäisiin eroon fossiilisista polttoaineista. Kaukolämpöala onkin vaihtanut nopeasti turpeesta, kivihiilestä ja maakaasusta puupolttoaineisiin. Suomessa energia- ja ainespuulle on toimivat markkinat, joilla hinta muodostuu kysynnän ja tarjonnan seurauksena.

Energiapuun korjuuta tuetaan kestävä metsätalouden rahoitusjärjestelmän (Kemera) tuella. Kemera-tukea saa normaaliin nuoren metsän hoitoon 230 €/ha. Jos samalla korjataan pienpuuta, tukea saa 450 €/ha. Mikäli hehtaarilta saadaan noin 60 MWh edestä

energiapuuta, tuen vaikutus on 3,33 €/MWh (jos huomioidaan vain pienpuun korjuun lisätuki) tai 7,17 €/MWh (jos lasketaan koko Kemera-tuki).²⁶ Tuki kannustaa metsänomistajia harventamaan metsiään oikea-aikaisesti ja edesauttaa näin puun päätymistä hyötykäyttöön. Jos energiapuun hinta nousee esimerkiksi kulutuksen kasvaessa, tulee se todennäköisesti vaikuttamaan Suomen harvennusrästeihin. Korkeampi tuotto yhdistettynä Kemera-tukeen kannustaisi metsänomistajia harvennuksiin.

Luonnonvarojen kestävä käyttö edellyttää, että varoja hyödynnetään aina korkeimman mahdollisen lisäarvon tuottamiseen. Esimerkiksi puun hyödyntäminen pitkäkestoisissa tuotteissa tuo paremman ilmastovaikutuksen kuin energiantuotannossa. Toisaalta myös lyhytkestoisissa puutuotteissa puun arvotus voi olla energiakäyttöä korkeampi, jos tuote esimerkiksi korvaa muovia pakkausmateriaalina. Nykyisellään hintaero kuitupuun ja energiapuun välillä on niin suuri, että polttoon ei ohjaudu korkeamman jalostusasteen mahdollistavaa kuitupuuta. Koska hintaero on suuri, energiapuun hinnan pitäisi nousta erittäin poikkeuksellisesti (noin 15 €/MWh eli yli 65 %), että ero kuroutuisi umpeen.

Euroopan komissio on päättänyt, että kestävästi tuotettu puu kuuluu päästökaupan piiriin vuodesta 2023 lähtien, mikä nykyisillä päästöoikeuden hintatasoilla heikentää sen energiakäytön kannattavuutta radikaalisti.²⁷ Näin varmistuu, että taloudelliset ohjaukeinot säilyvät kestävä puun käytössä, vaikkakin olisi painetta nostaa energiapuun hintaa yli kuitupuun. Kestävyyden osoittamiseen käytetään Energiaviraston hyväksymiä voimalaitosten kestävyysjärjestelmiä.

Lyhyen aikavälin energiapuun hintojen korotus vaikuttaa Tampereen Sähkölaitoksen energiantuotantoon muiden olemassa olevien tuotantomuotojen rajakustannushintojen kautta. Rajakustannushinta kuvaa sitä hintaa, jonka jälkeen energiantuotanto kyseisellä tuotantomuodolla on kannattavampaa kuin bioenergia. Tällä hetkellä ensimmäisenä vastaan tuleva rajakustannus lämmityspolttoaineissa on turpeella ja sen jälkeen öljyllä. Näin ollen energiapuun hinnan noustessa tarpeeksi korkealle, korvaava tuotantomuoto on ensisijaisesti turve. Öljylämmön hinta on lähes kolminkertainen turpeeseen nähden. Turpeen saatavuus heikkenee tällä hetkellä nopeasti tuotannon alarajan vuoksi. Jos turvetta ei ole äkillisesti käytettävissä, energiateollisuuden maksukyky energiapuusta on erittäin korkea. Tämä voi johtaa siihen, että myös korkeampaan jalostusasteeseen soveltuvaa puuta ohjautuu hetkellisesti polttoon.

²⁶ <https://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/hake/>

²⁷ <https://www.bioenergia.fi/2021/07/16/paastokauppa-kiristyy-vaikutuksia-bioenergiaa-kayttaviin-laitoksiin/>

Parin vuoden tähtäimellä, jos energiapuun hinta nousee nopeasti, myös investoinnit muihin vaihtoehtoihin kasvavat nopeasti. Erityisesti investoinnit teollisiin lämpöpumppeihin, sähkökattiloihin, lämpövarastoihin ja hukkalämpöihin ovat jo kovassa vauhdissa ja kiihtyisivät entisestään kaupungeissa. Tämä pitäisi kaukolämmön hintoja omalta osaltaan kurissa keskipitkällä aikavälillä. Sähköön perustuvien suuren kokoluokan ratkaisuiden investointinopeutta kuitenkin rajoittaa sähköverkon kyky toimittaa tarvittava sähkö.

Energiapuun hinnannousua ei välttämättä voisi täysimääräisesti viedä kaukolämmön hintoihin, sillä kilpailutilanne talokohtaisten maalämpöratkaisuiden kanssa on tiukka. Tällöin kaupunkiyhtiöiden tulos heikkenisi lyhyellä tähtäimellä. Jos kustannusnousu viedään hintoihin täysimääräisinä, liiketoiminnan pohja rapautuu pitkällä tähtäimellä, kun asiakkaat vaihtavat talokohtaisiin lämpöpumppeihin.

4.2.1 Energiapuun verotus

Biopolttoaineiden hinnannousu vaikuttaa puun käyttöön eri lailla riippuen siitä, onko nousu markkinaehtoista vai verotuksesta johtuvaa. Markkinahinnan nouseminen sekä lisää tarjontaa että vähentää kysyntää. Verotus ainoastaan vähentää kysyntää. Energiapuun verottaminen on siis tarpeen, jos yhteiskunnan kokonaisedun kannalta vääränlaista puuta ohjautuu polttoon. Verotuksesta lisäkustannukset menevät valtiolle, eivät metsänomistajalle. Kyseessä olisi siis monin paikoin tulonsiirto kunnilta valtiolle. Tehokainta olisi verottaa syntyvää haittaa, ei resurssin käyttöä sinänsä.

VTT:n taustaselvitys Suomen energiaverotuksen kehitystyölle julkaistiin huhtikuussa 2022.²⁸ Selvityksessä arvioitiin muutamaa eri veroskenaarioita ja niiden vaikutuksia verokertymään, kasvihuonekaasupäästöjen vähentymiseen, energiakäytön kustannuksiin ja teollisuuden kilpailukykyyn. Tuloksena mikään tarkasteltu veromalli ei ollut käytettyin verotasoin nykymallia parempi kaikilla arviointikriteereillä.

Tampereen Sähkölaitokselle erityisen mielenkiintoista on vertailla selvityksessä käsiteltyä veromallia SÄHKÖ veromalliin HI-RES. Mallissa SÄHKÖ CO₂-verokomponenttia nostetaan, energiasisältövero nostetaan, metsähaketta verotetaan rankasti, CHP-veroetu poistuu sekä sähköveroluokka I puolitetaan. Mallissa HI-RES veromuutokset ovat muuten samat, mutta bioenergiaa ei veroteta. Näistä kahdesta suurempi päästövähennys

²⁸ <https://vm.fi/documents/10623/101263033/Energiaveroraportti.pdf/c1de27ac-ef3e-7219-da11-f1c62ad2d2e3/Energiaveroraportti.pdf?t=1649826668135>

tulee selvityksen mukaan HI-RES-veromallilla. Tämä aiheutuu muun muassa siitä, että pidemmällä aikavälillä uusien teknologioiden käyttöönotto erottaa veromallit toisistaan, kun esimerkiksi BECCS:n käyttöönotto tulee kannattavaksi HI-RES-veromallissa.

VTT:n selvityksen mukaan puun energiakäytön verottaminen ei oleellisesti vaikuta puun kokonaiskäyttöön. Koska puun energiakäyttöön vaikuttaa kaikkien tuotantomuotojen ja kuluttajien markkinaosuuksien kehitys, ei verottaminen suoraa korreloi kokonaiskäytön kanssa. Esimerkiksi SÄHKÖ-veromallissa vuoden 2035 puun käyttö on skenaarioista suurin, vaikka tässä mallissa myös puun energiaverotus on korkeimmillaan. Tämä johtuu siitä, että puun käyttö siirtyy sektorilta toiselle, muttei kokonaisuudessaan vähene. Esimerkiksi mikäli puun energiakäyttöä verotetaan, mutta biojalosteita ei, lankeaa niille suhteellinen etu. Täten puuta ohjautuu biopolttoaineiden tuotantoon ja vedyn tuotantoprosessin tarvitseman sähkön tuotantoon.

Selvityksessä bioenergian osuus ei pitkällä tähtäimellä juuri kasva riippumatta siitä, verotetaanko puun energiakäyttöä vai ei. Skenaarioiden ensimmäisinä vuosina näkyy puun energiakäytön kasvua pääosin kivihillen ja turpeen alasajosta johtuen. Selvityksen kaikissa skenaarioissa puun energiakäyttö vähenee vuodesta 2025 eteenpäin, kun muun muassa uusiutuvan energian osuus kasvaa ja hukkalämpöjen hyödyntäminen tehostuu. Uudestaan bioenergian osuus tulee kasvamaan vuonna 2035 skenaarioissa, joissa BECCS:n käyttö tulee kannattavaksi. Vuoteen 2050 mennessä polttoon perustumatonta energiantuotantomuodot lyövät yhä laajemmin läpi kaikilla sektoreilla, jolloin bioenergian osuus selvityksen mukaan kääntyy uudestaan laskusuuntaiseksi. Tulevaisuus riippunee lopulta siitä, millainen yhteiskunnan arvostus on hiilidioksidin poistolle ilmakehästä ja millaiset ohjaukset ovat käytössä.

Selvityksen mukaan puun energiaveron lisääminen aiheuttaa jonkin verran kaukolämmön hinnannostopainetta, mikä vaikuttaa maalämmön kilpailukykyyn positiivisesti. Vaikka yksittäisen kerrostalon siirtyminen maalämpöön ei ole energiajärjestelmän kannalta ongelmallista, aiheuttaa laajempi siirtyminen haasteita kahdesta syystä. Ensinnäkin säätyvätkö sähköntuotanto lisääntyy merkittävästi erityisesti kovilla pakkasjaksoilla. Toiseksi kaukolämpöjärjestelmän merkittävä pienentyminen vähentää investointeja lämmitysratkaisuihin, jotka on optimoitu nettopäästöjen suhteen kaupunkien lämmittämisen mittakaavassa.

Vuodet 2015–2030 ovat tärkeää siirtymäaikaa pois fossiilisista polttoaineista ja turpeesta. Suomessa verotus on ohjannut vahvasti puun energiakäyttöön, ja nyt myös

sähkön käyttö lämmityksessä on tehty verotuksella kannattavaksi. Näiden jo tehtyjen päätösten ansiosta puun käyttö tulee vähentymään jo organisaatiosta.

Jos puun energiakäyttöä aletaan nyt verottamaan, se vaarantaa akuutin siirtymän fossiilisesta tuontien energiasta kotimaisiin energialähteisiin sekä heikentää kaukolämmön kilpailukykyä. Jos kaukolämmön kilpailukyky menetetään, sähköistyminen tapahtuu kyllä hieman nopeammin, mutta päädytään huonosti hallittavaan järjestelmään ilman kaukolämmön mahdollistamaa tehonhallintaa lämmön- ja sähköntuotannon sektorikytkennällä. Lisäksi tulevaisuuden hukkalämpöt päätyvät huonommin hyödynnettäviksi. Vuosina 2025–2040 tulee eteen ilman puun energiaveroakin seuraava siirtyminen biopainotteisesta järjestelmästä enenevässä määrin sähköiseen järjestelmään, jossa tasapainottavana tuotantona toimii bioenergia. Vuosina 2035–2050 tulee eteen siirtyminen uusiin teknologioihin, on se sitten pienet modulaariset ydinvoimalat tai jokin muu polttoon perustumaton teknologia.

5 Mitä on kestävä puun käyttö?

Tähän mennessä olemme pyrkineet vastaamaan energiakeskustelun kontekstissa siihen, miten puu määritellään ja miten eri puujakeita käytetään. Kysymys ”onko Tampereen Sähkölaitoksen puun käyttö kestävä?” vaatii kuitenkin vielä taustoitukseksi pohdintaa kestävyden määritelmästä.

Puun kestävästä käytöstä keskusteltaessa huomio kiinnittyy usein siihen, käytetäänkö puuta enemmän vai vähemmän kuin sitä kasvaa. Jos käyttö on liian suurta, jossain vaiheessa metsiä ei ole. Joillekin tämä riittää kestävyden määritelmäksi. Tämä on kuitenkin vain kapea osa ekologian kestävyttä. Ekologian kestävyden ohella on otettava huomioon kestävyden muut ulottuvuudet: sosiaaliset ja taloudelliset. On poliittinen arvovalinta, miten eri kestävyden ulottuvuuksia painotetaan regulaation asetannassa keskenään. Tampereen Sähkölaitos ei näitä poliittisia linjauksia tee, mutta Sähkölaitos on roolinsa vuoksi joka tapauksessa mukana keskustelussa ja voi tarjota havaintoja ja päätelmiä siihen.

Lyhyesti voi todeta, että metsien käyttö on kestävä ihmisten näkökulmasta, kun metsät tuottavat tarvittavat ekosysteemipalvelut nyt ja tulevaisuudessa. Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan ekosysteemien tuottamia aineellisia ja aineettomia hyötyjä. Esi-

merkiksi ekosysteemin tuotantopalveluiksi kutsutaan ravintoa, vettä, rakennusaineita ja lääkeaineita. Ylläpitopalveluiksi kutsutaan esimerkiksi fotosynteesiä ja sääntelypalveluiksi ilmaston sääntelyä. Lisäksi ekosysteemipalveluihin lukeutuvat kulttuuripalvelut, kuten luonnon virkistys- ja esteettisyysarvo. Koko eliökunnan kannalta tämä ei välttämättä kuitenkaan riitä, vaan luonnon monimuotoisuus on riittävä vasta, kun lajien ja ekosysteemien monimuotoisuus kasvaa tai säilyy ennallaan.

Metsäteollisuuden alkuaikoina vallitseva suhtautuminen metsien optimaaliseen käyttöön oli ihmisen hyvinvoinnin maksimointi. Tällöin metsät alistettiin tuottamaan maksimimäärän taloudellista tuottoa, välittämättä metsän määräästä ja biodiversiteetistä muuten kuin välineenä tuottaa arvoa myöhemmin. Tässä paradigmassa asetetaan rajat, joiden jälkeen hyödynnetään kaikki mitä voi.

Toinen paradigma, jota esimerkiksi alkuperäiskansat ovat historiallisesti harjoittaneet, on että metsästä otetaan kaikki, mikä on pakko ja ei yhtään sen enempää. Nykyisessä globaalissa yhteiskunnassa on lähes mahdotonta määrittää, mikä pakollinen minimimäärä olisi. Käytännössä ohjaukset kääntyvät pakostakin siihen, että asetetaan rajat, joissa tarvittavat ekosysteemipalvelut toteutuvat, minkä jälkeen otetaan kaikki mitä voi. Koska vaurioiden korjaaminen on vaikeampaa kuin ennaltaehkäisy, ja ilmastomuutos ja biodiversiteetti ovat kompleksisia kokonaisuuksia, pitäisi kestävyiden rajat asettaa aika korkealle.

Riittävä metsien kestävyiden taso on keskustelun aiheena monessa kansallisessa ja kansainvälisessä neuvottelussa. Esimerkiksi tällä hetkellä EU:n biodiversiteettistrategian yhteydessä aiheesta käydään keskustelua ja suosituksia tullaan päivittämään. Tällä hetkellä käytössä olevat kestävä metsätalouden suositukset²⁹ energiapuun korjuun osalta ovat seuraavanlaiset:

- 1) Hakkuutähteestä (oksat, latvukset ym.) jätetään 30 % korjaamatta.
- 2) Vanhat kannot sekä eri puulajien järeitä tuoreita kantoja jätetään ≥ 25 kpl/ha (hienojakoisilla mailla ≥ 50 kpl/ha).
- 3) Säästetään olemassa oleva lahopuusto.
- 4) Jätetään metsäluonnon arvokkaat elinympäristöt korjuun ulkopuolelle.
- 5) Ei korjata kantoja jyrkistä rinteistä, kivikoista tai kalliokoista, kosteikoista, vesistöjen suojakaistoilta eikä säästö- ja lahopuiden lähiympäristöstä.

²⁹ <http://www.metla.fi/julkaisut/maat/energiapuun/energiapuun-korjuu-raportti.pdf>

5.1 Uusiutuvan energian direktiivi

Euroopan komission uusiutuvan energian direktiivi sisältää sitovat EU-tason kestävyyskriteerit energiakäytössä oleville biomassoille. Kestävyyskriteereillä halutaan varmistaa, että fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna biomassan lisääntyvä käyttö vähentää kasvihuonekaasupäästöjä.

Voimassa olevan direktiivin (RED II) mukaisesti metsäbiomassojen tuotannon kestävyiden tarkastelu voidaan toteuttaa maa- tai hankinta-alueetasolla. Edellytyksenä on siis, että maatasolla tulee olla voimassa lainsäädäntö ja seuranta- ja täytäntöönpanojärjestelmät, joilla varmistetaan seuraavien kriteerien täytyminen: 1) hakkuiden laillisuus, 2) metsän uudistaminen hakatuilla alueilla, 3) luonnonsuojelutarkoitukseen osoitettujen alueiden suojelu, 4) maaperän laadun ja biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen hakkuiden yhteydessä ja 5) metsän pitkän aikavälin tuotantokapasiteetin ylläpito ja parantaminen.³⁰

Koska Suomi täyttää maatasoon kriteerit, energiantuottajalta riittävä osoitus kestävydestä on periaatteessa se, että biomassa on kotimaista. Bioenergian on täytettävä myös kasvihuonekaasujen päästösäästökriteeri. Tämä tarkoittaa sitä, että uusien laitosten täytyy tuottaa tietty prosenttimäärä vähemmän päästöjä kuin vertailuna käytettävä fossiilinen tuotantomuoto. Vuoden 2021 jälkeen käynnistettäville laitoksille säästövaatimus on 70 % ja vuoden 2026 jälkeen käynnistettäville 80 %.

Direktiivin vaatimukset eivät ole kovin suuri haaste Suomen kaltaiselle edistykselliselle maalle, jossa metsillä on keskeinen rooli taloudessa ja bioenergiaa on hyödynnetty jo vuosikymmeniä tehokkaasti. Tämä puolestaan saa pohtimaan, onko pelkkä direktiivin noudattaminen riittävä mittaristo kestävyiden määrittelemiselle ja seurannalle. Direktiivin voidaan nähdä asettavan minimitason, ja tämän päälle sertifioinnit lopulta takaavat kestävyiden tehokkaan seurannan ja kehittämisen.

Heinäkuussa 2021 Euroopan komissio julkaisi ehdotuksen RED II -direktiivin päivityksestä RED III -direktiiviksi osana Fit for 55 -tavoitepakettia. Ehdotuksessa on erityisesti tunnistettu bioenergia yhtenä avainasemassa olevana teknologiana kohti nettonegatiivista energiasektoria. Tästä syystä biopolttoaineiden osuus päivityksestä tulee olemaan yksi merkittävimmistä uudistuksista.³¹

³⁰ <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/biomassojen-kestavyys>

³¹ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb7eb9c-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF

RED III tulee kasvattamaan painetta rajoittaa useammanlaisia alueita metsäenergian hankinta-alueen ulkopuolelle. Nykyiset maatalousbiomassan kielletyt korjuualueet voivat päivityksessä laajentua koskemaan myös metsäbiomassaa. Nykyisessä direktiivissä kiellettyihin korjuualueisiin kuuluvat muun muassa aarniometsät ja kuivatetut turvemaat. Kiellettyjen korjuualueiden lisäksi tiukennuksia on odotettavissa kantojen ja juurten korjuuseen herkillä maaperillä sekä avohakkuisiin. Lisäksi esitys pitää sisällään ehdotuksen metsien kaskadikäyttöperiaatteen käyttöönotosta. Kaskadikäyttöperiaatteen mukaisesti puubiomassaa tulisi käyttää siitä saatavan suurimman taloudellisen ja ympäristöön liittyvän arvonlisäyksen mukaisesti.

Direktiivin uudistamisen yhteydessä keskustelu biomassan kestävydestä on ollut vilkasta. Esimerkiksi EU:n parlamentin ympäristövaliokunta hyväksyi syyskuussa 2022 näkemyksensä, jonka mukaan metsäpolttoaineet tulisi jakaa kahteen kastiin: primäärisiin ja sekundaarisiiin metsäpolttoaineisiin. Primääriset metsäpolttoaineet sisältävät kaikki metsästä suoraa polttoon päätyvät jakeet, lukuun ottamatta terveyshakkuita ja metsätuhopuita. Ehdotuksessa primääristen metsäpolttoaineiden vuoden 2017–2022 keskimääräinen käyttö asettaisi vertailutason, jonka ylittävää käyttöä ei tulevaisuudessa laskettaisi uusiutuvan energian tavoitteisiin. Puolestaan EU:n toukokuussa julkaisemassa REPowerEU-suunnitelmassa ei ole otettu lainkaan kantaa bioenergian. EU:n energia- ja ilmastopolitiikka näyttäytyy ristiriitaisena ja poliittinen asennepiiri bioenergiaa kohtaan on EU:ssa hyvin kahtiajakautunut.

6 Vaihtoehdot puun energiakäytölle

Puun polton kestävyttä määritettäessä täytyy tietää, mitä puulle tehtäisiin, jos sitä ei käytettäisi energiaksi. Tukkipuuta ei voi sekä jättää metsään että käyttää puurakentamisessa. Tukkipuuta käyttäessä erilaisia sivuvirtoja syntyy vääjäämättä. Nämä sivuvirrat voidaan jättää maahan, jalostaa eteenpäin tai polttaa energiaksi.

Kaikkea ei kannata jättää maahan. Esimerkiksi sellun valmistuksessa syntyvä kuorijäte tarvitsee säilytystilaa, eikä se tehtaan takapihalla tue luonnon monimuotoisuutta. Kuorijäte hajoaisi nopeasti ilmakehään hiilidioksidiksi joka tapauksessa, jos se jätettäisiin maahan lahoamaan. Pahimmassa tapauksessa maahan lojumaan jätetty kuorijäte mätänisi hapettomissa olosuhteissa metaaniksi. Näistä syistä kuorijäte voidaan nähdä lähes hiilineutraalina polttoaineena.

Kaikkia sivuvirtoja ei ole nykyteknologialla teknistaloudellisesti mahdollista jalostaa eteenpäin. Risuista ei tehdä taloja eikä mustalipeästä vaatteita. Kaikkea mahdollista ei myöskään kannata polttaa, koska esimerkiksi lahoppuut ja muut metsäluonnon arvokkaat yksittäiskohteet tuottavat eniten arvoa metsään jätettynä. Siispä tätä vaihtoehdojen kartoitusta on tarpeen tehdä jae kerrallaan.

Mikäli pitkäkestoilla puutuotteilla korvataan fossiilisia tuotteita, puu säilyy hiilivarastona ja kokonaisratkaisu on kestävämpi kuin verrokkitalanne. Mikäli kuitenkin vaihtoehtoinen puun käyttötarkoitus on vain yksi lisä kulutusyhteiskuntaan ilman mitään korvaavuusvaikutusta, ei puun käyttö tähän tarkoitukseen ole energiakäyttöä kestävämpää. Tämä on hyvä pitää mielessä vaihtoehtokohteita tarkasteltaessa.

6.1 Kuori ja sahanpuru

Luvussa 4.4. luetelluista jakeista kuorelle ja sahanpurulle on tällä hetkellä vähän, jos ollenkaan, taloudellisesti kannattavia vaihtoehtoisia käyttökohteita. Niitä kuitenkin etsitään koko ajan, ja tulevaisuudessa tilanne voi muuttua.

Kuorijäte (5 % Sähkölaitoksen puun käytöstä) poltetaan nykyisellään enimmäkseen energiaksi metsäteollisuuden omissa laitoksissa. Jonkin verran sitä käytetään muun muassa kuorikatteen puutarhoissa, maanparannusaineena ja eläinten kuivikkeena. Tutkinnan alla ovat esimerkiksi puun kuoren uuteaineiden käyttö kemianteollisuuden raaka-aineina sekä biokemiateollisuuden raaka-aineeksi sopivan hemiselluloosan uut-taminen kuorijätteestä.³² Uuteaineiden ja hemiselluloosan erottamisessa poistuu noin kolmannes kuorijätteen massasta. Jäännös on lähinnä ligniiniä ja selluloosaa ja sopii poltettavaksi.

Sahanpurua (9 % Sähkölaitoksen puun käytöstä) syntyy Suomessa vuosittain noin kolme miljoonaa kuutiometriä, mikä on noin 12 % kaikesta sahateollisuuden käyttämästä puusta (24,7 milj. m³ vuonna 2020). Vuonna 2019 noin 30 % sahateollisuuden sivutuotteista käytettiin selluteollisuuden raaka-aineeksi, kuten puulevyjen valmistukseen. Sahateollisuuden sivutuotteita käytetään jonkin verran myös kuivikkeena ja maanparannusaineena. Lopusta valtaosa käytetään polttoaineena joko sellaisenaan tai briketeiksi tai pelleteiksi puristettuna.

³² <https://www.luke.fi/kuori-on-hyotyaineiden-aaarreaitta/>

Porissa BioEnergo Oy:n suunnitteilla oleva biokonversiolaitos tulee käyttämään sahanpurua ja sahaketta bioetanolin, biokaasun ja asfaltin sideaineeksi sopivan ligniini kuidun valmistamiseen. Laitos käyttäisi 200 000 tonnia eli karkeasti n. 670 000 m³, sahanpurua ja sahaketta vuodessa.³³ Tämä olisi noin 20 % Suomessa vuosittain tuotetuista sahatuotteiden sivutuotteista. Biokonversiolaitoksen sijainti on valittu logistisista syistä: se on lähellä satamia, olemassa oleva infra soveltuu laitoksen tarpeisiin ja raaka-aineeksi käytetty sahanpuru- ja sahaketta voidaan saada 200 kilometrin säteeltä. Vastaavia paikkoja on vaikea löytää Suomesta, ja BioEnergo aikookin rakentaa kaksi samanlaista laitosta ulkomaille. Poriin rakennettava laitos on suunnitelmien mukaan valmistumassa vuonna 2024.

6.2 Metsätähde-, kokopuu- ja rankahake

Metsätähdehakeelle (20 % Sähkölaitoksen puun käytöstä) etsitään myös korkeamman jalostusasteen käyttömuotoja. Nämä ovat samanlaisia kuin kuorijätteen ja sahanpurun osalta eli uuteaineiden erottamista ja käyttöä bioetanolin tai biokaasun valmistukseen. Metsähakkeen jalostamista biohiileksi torrefioimalla, eli paahtamalla hapettomissa oloissa³⁴, tutkitaan aktiivisesti. Hieman yksinkertaistettuna siis puun kaasu- ja nestemäiset palavat aineet poltetaan lämmöksi ja kiinteä hiili jää jäljelle. Prosessi vastaa grillihiilen valmistusta tai kahvinpapujen paahtoa. Biohiili soveltuu muun muassa maanparannusaineeksi ja vedenpuhdistukseen suodatinmateriaaliksi, sillä se sitoo tehokkaasti ravinteita.

Biohiileksi prosessoitaessa jopa 80 % puun hiilestä³⁵ poistetaan luonnollisesta hiili-kierrosta. Jos biohiili säilötään pitkäaikaisesti maahan, esimerkiksi maanparannusaineena käytettäessä, siihen sitoutunut hiili pysyy pois kiertokierrosta useiden satojen ja jopa tuhansien vuosien ajan. Mikäli hiilen sidonnasta muodostuu päästömäkköä poliittisen ohjauksen seurauksena, kasvattaa se todennäköisesti myös biohiilen kysyntää.

Biohiilen kaupallinen käyttö on vasta alussa, mutta potentiaalia on nähtävissä. Tampereen Sähkölaitoksella on jo yhteistyötä biohiiltä tuottavan tamperelaisen Carbofex Oy:n kanssa. Tällä hetkellä Carbofexin laitos tuottaa noin 1 MW kaukolämpötehoa (torrefioinnissa vapautuvien kaasujen poltosta), 600 tonnia pyrolyysiöljyä ja 700 tonnia biohiiltä vuodessa. Suunnitelmia on lisäksi uuden 30 MW lämpötehon laitoksen rakentamiseksi. Tällainen laitos tuottaisi 60 000 m³ eli vajaat 10 000 tonnia biohiiltä vuodessa.³⁶

³³ <https://bioenergo.fi/fi/etusivu/>

³⁴ http://users.jyu.fi/~daagar/agar_torrefiointi_fi.pdf

³⁵ https://esdac.jrc.ec.europa.eu/events/Conferences/COP15/Copenhagen_SOHI.pdf

³⁶ <https://yle.fi/uutiset/3-10873372>

Biohiilen tuotantoa rajoittaa tällä hetkellä tuotteen alhainen ja kausiluontoinen kysyntä sekä toisaalta myös kannustimien puute. Osittain kyse on siitä, että kysyntä on alhaista koska tuotanto on vielä pilottivaiheessa, mikä taas johtaa tuotannon hitaaseen kehittämiseen. Ruotsissa kehitys on ollut biohiilen osalta Suomea nopeampaa ja esimerkiksi Tukholmassa sitä tuotetaan ja käytetään jo merkittäviä määriä.

Kokopuu- ja rankahake (43 % Sähkölaitoksen puun käytöstä) kilpailee jossain määrin sellu- ja paperiteollisuuden menevän kuitupuun kanssa. Läheskään kaikki harvennuksesta ja raivauksista saatava puu ei kuitenkaan kelpaa kuitupuuksi, koska se on liian pieniläpimittaista, lahovikaista, sinistynyttä tai pystykuivaa. Valinta kuitu- ja energiapuun välillä on tapauskohtaista ja riippuu puuston laadusta, tiheydestä, järeydestä ja puulajien jakaumasta, joten ei voida esittää mitään yksinkertaista, yleispätevää sääntöä energia- ja kuitupuun käytölle. Kuitupuusta maksetaan paremmin kuin energiapuusta; vuonna 2021 energiapuun keskihinta oli pystykaupassa 4,8 €/m³, kun taas kuitupuun keskihinta oli 17,7–20,7 €/m³ vaihdellen puulajin mukaan.³⁷ Tämän vuoksi metsänomistajat pyrkivät yleensä myymään kuituksi kaiken siihen kelpaavan puun.

6.3 Muut jakeet ja käyttökohteet

Selluteollisuudessa syntyvä nollakuitu käytetään tällä hetkellä suurimmaksi osaksi polttoaineena tehtailla. Nollakuidulle on kehitetty käyttöä kivennäismaiden maanparannusaineena joko sellaisenaan tai ravinteilla kyllästettynä. Se vähentää etenkin savi- ja maan aineksen ja ravinteiden huuhtoutumista, ja sitoo maaperään hiiltä parantaen sen multaisuutta.³⁸ Vesistöissä, kuten Näsijärven pohjassa, olevan nollakuidun käyttöä bioetanolin valmistukseen on tutkittu, mutta se ei ole kustannustehokasta.³⁹

Yksi esitetty vaihtoehto puun käytölle suoran polttamisen sijaan on biodieselin valmistaminen. Tällöin puun sivujakeet korvaisivat fossiilisia liikennepolttoaineita. Biodieselin valmistamisessa ongelma on se, että puussa on sokereita selluloosan muodossa, mutta ei juuri rasvoja eikä hiilivetyjä. Tämä tekee puupohjaisen biodieselin valmistamisesta haastavaa.

³⁷ <https://www.luke.fi/uutinen/vuosi-2021-oli-puumarkkinoilla-poikkeuksellisen-vilkas-kesalla-seka-maarat-etta-hinnat-huipputasolla/>

³⁸ https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/maanparannusaineet_opas_viljelijöille_digitaalinen-julkaisu.pdf

³⁹ <https://mmm.fi/-/nollakuituselityt>

Puun selluloosaa voidaan pilkkoa sokereiksi, joita käytetään mikrobin ravinnoksi. Mikrobin tuottamaa vahasta ja öljystä tehdään biodieseliä. Tämä on vielä koeasteella, ja ongelmana on se, mitä tehdään puun ligniinille. Ligniiniä on puussa sidosaineena (26–32 % havupuun kuivapainosta, 18–26 % lehtipuulla) ja se täytyy siitä poistaa, jos selluloosaa halutaan käsitellä. Ligniiniä käytetään tällä hetkellä jonkin verran kuitumateriaalina pinnoitteisiin ynnä muihin, mutta suurimmalle osalle ei tällä hetkellä ole muuta järkevää käyttöä kuin polttaminen energiantuotannossa. Jos ligniinin pilkkominen molekyyleiksi helpottuu ja muuttuu taloudellisesti kannattavaksi, jätepuun polttaminen todennäköisesti vähenee merkittävästi, koska selluteollisuuden jäteliemet, sahanpurut ja muut sivuvirrat voidaan prosessoida kemiallisen ja biokemiallisen teollisuuden raaka-aineiksi. Tietääksemme tätä ei ole näköpiirissä, vaikka asiaa paljon tutkitaankin.

Kun puuta kaasutetaan hapettomissa olosuhteissa, saadaan pyrolyysiöljyä ja erilaisia hiilivetykaasuja, joita voidaan käyttää biodieselin tekemiseen. Tällä hetkellä tämä on luultavasti toimivin menetelmä suurten biodieselmäärien tuottamiseen puusta, mutta kuten Carbofexistä ja muista suomalaisista torrefiointi- ja pyrolyysitekniikkaa kehittävästä yrityksistä huomataan, toiminta on edelleen varsin kokeellista.

LUT-yliopistossa Lappeenrannassa on kehitetty menetelmä, jossa puuta kuivatislaamalla valmistetaan etikkahappoa. Kun tähän lisätään vetyä, saadaan bioetanolia. Prosessi on vielä koeasteella, ja vedyn saatavuus ja valmistusmenetelmät vaikuttavat paljon saatavan bioetanolin taloudelliseen kannattavuuteen ja ekologiseen kestävyys. Lyhyellä aikavälillä tämä tuskin vaikuttaa energiapuun käyttöön. Asiaa kannattaa kuitenkin seurata.⁴⁰

6.4 Puun rooli kiertotaloudessa

Jotta puun energiakäyttöä voidaan kutsua kestäväksi, on biotalouden kehityttävä linjassa kiertotalouden ja muiden luonnonvarojen kestävä käyttöä edistävien politiikkojen kanssa.

EU:n uusiutuvan energian direktiivin päivittämisen yhteydessä on esitetty biopolttoainneiden kaskadikäyttöperiaatteen käyttöönottoa. Vaikka kaskadikäytön periaate on ollut jo vuosia EU:n ilmastopolitiikassa esillä, ei sille ole toistaiseksi löydetty vielä täysin vakiintunutta määritelmää. Kaskadikäyttö on samantapainen kuin jätehierarkia, sillä

periaatteen tavoitteena on materiaalien mahdollisimman tehokas hyödyntäminen. Yksinkertaistettuna periaate arvottaa eri biomassan käyttökohteet ja asettaa ne järjestykseen. Kaskadikäyttöperiaatteessa korkeamman jalostusasteen käyttökohteet tulevat ensimmäisenä, ja materiaalia kierrätetään mahdollisimman pitkään ennen loppukäsittelyä ja energiahyödyntämistä.

Uudessa uusiutuvan energian direktiivissä on ehdotettu, että kaskadikäyttöperiaatteen mukaisesti puubiomassaa tulisi käyttää siitä saatavan suurimman taloudellisen ja ympäristöön liittyvän arvonlisäyksen mukaisesti seuraavassa ensisijaisuusjärjestyksessä:⁴¹

- 1) puuperäiset tuotteet
- 2) tuotteiden käyttöä jatkaminen
- 3) uudelleenkäyttö
- 4) kierrätys
- 5) bioenergia
- 6) loppukäsittely.

Uudet teknologiat voivat muuttaa nopeastikin materiaalien arvoa eli näin heilauttaa koko kaskadijärjestystä tai yksittäisten materiaalien sijaintia kaskadissa. Materiaalin arvon määrittäminen riippuu myös tarkasteluun valitusta aikajänteestä sekä eri sektorien keskinäisestä arvotuksesta. Esimerkiksi monissa maissa kaskadiperiaate perustuu ruoantuotannon priorisointiin, kun taas Suomessa se liitetään lähinnä metsäbiomassan käyttöön. EU:n direktiivien sääntely on hidasta, jolloin reagointi uusiin innovaatioihin ei ole tehokkaasti mahdollista. Tarkka kaskadikäytön sääntely voi täten johtaa tilanteeseen, jossa biomassan älykäs käyttö on estetty.

Kaskadikäytön kannalta puun suora energiakäyttö nähdään ongelmallisena. Joissain tapauksissa se on kuitenkin perusteltua sekä ympäristö- että taloudellisista syistä. Esimerkiksi oksat ja latvukset ovat vaikeasti hyödynnettävissä korkean jalostusasteen tuotteissa, mutta niillä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa. Suomen kansantalouden kannalta on tärkeää säilyttää mahdollisuudet hyödyntää raaka-ainetta myös energialähteenä.

Puun rooli osana kiertotaloutta vahvistuu tulevaisuudessa entisestään, kun teknologioiden kehittyminen tekee biomassan uusiokäytöstä ja kierrätyksestä kannattavampaa.

⁴⁰ https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33v0euf0QWn/content/jatepuusta-voidaan-valmistaa-vahapaastoista-polttoainetta

⁴¹ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb7eb9c-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF

Kun bioperäisiä tuotteita kehitetään korvaamaan muovia pakkausmateriaalina, betonia rakennusmateriaalina sekä bensiiniä liikenteessä, biotuotteiden on pystyttävä vastaamaan toimivan kiertotalouden vaatimuksiin. Tämä kehityssuunta todennäköisesti tuo uusia sivuvirtoja myös energiakäyttöön.

Näköpiirissä ei silti ole, että energiapuun hyödyntäminen täysin poistuisi, vaikkakin kehityssuuntana näyttää olevan biomassan korkean jalostusasteen tuotteiden yleistyminen. Tämä johtuu osittain siitä, että korkean jalostusasteen tuotteiden volyymit ovat hyvin pienet eli niiden yleistyminen ei tule merkittävästi vähentämään bioenergiaksi päätyvää osuutta. Poikkeuksen tähän tekee ligniini, mutta senkin markkinat tulevat todennäköisesti vähentämään biomassan tarjontaa vain rajallisesti.

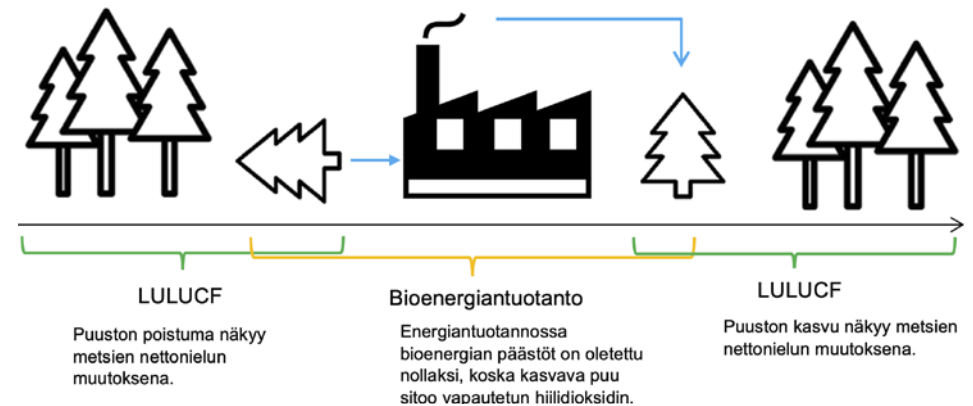
7 Bioenergian ilmastovaikutukset

Bioenergia on IPCC:n laskentaohjeiden mukaisesti nollapäästöinen tuotantomuoto. Tarkalleen ottaen bioenergiantuotannossa muodostuu muiden polttotekniikoiden tapaan hiilidioksidia, mutta hiilidioksidipäästöt tulkitaan netottuvan metsien kasvun myötä. Metsien kasvun muutokset nyky menetelmällä huomioidaan maankäyttösektorin hiilitaseseen laskennassa. Luvun 7.2. tarkastelun mukaan bioenergian elinkaaripäästöt osuvat lähelle muiden uusiutuvien energiantuotantomuotojen elinkaaripäästöjä, riippuen tarkasteluun otetusta biomassajakeesta.

IPCC:n inventaariolaskentaohjeiden mukaisesti biomassan energiakäytön hiilidioksidipäästöjä ei sisällytetä energiasektorin päästöihin, mutta metaani- ja dityppioksidipäästöt sisällytetään. IPCC:n sektorijaon mukaisesti metsästä korjattu biomassa raportoidaan hiilivaraston vähentymisenä maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF) -sektorilla.⁴² LULUCF-sektorilla lasketaan myös muun energiantuotannon aiheuttamat maankäytön muutokset sekä puutuotteiden hiilivaraston muutokset.

Energiantuotantoon liittyvien, maankäytön muutoksista johtuvien päästöjen, laskenta LULUCF-sektorilla voi aiheuttaa vääristymää energiantuotantomuotojen vertailuun, sillä energijärjestelmän kokonaisuutta tarkasteltaessa yksi oleellinen ulottuvuus jää helposti huomioimatta. Bioenergian päästölaskennassa oletetaan, että puun sitoma hiilidioksidi vapautuu poltettaessa, mutta sitoutuu sitten uuden puun kasvaessa takaisin.

Laskennallisesti nämä kaksi tapahtuvat samaan aikaan eli netto on jatkuvasti nolla. LULUCF-sektorilla lasketaan metsien nettonielua vuositasolla eli energiapuun käytön vaikutukset näkyvät näin vuositasolla kokonaisnielun kautta. Kuvassa 16 on havainnollistettu energiasektorin ja LULUCF-sektorin bioenergian päästölaskentaa yksinkertaisesti.



KUVA 16 LULUCF-sektorin ja energiantuotantosektorin havainnollistettu bioenergian osalta.

Puuta poltettaessa ilmakehään vapautuvat hiilidioksidipäästöt eivät sitoudu uuteen kasvavaan puuhun välittömästi, vaan tämä tapahtuu hiljalleen vuosikymmenien kuluessa. Yleisesti päästölaskennassa päästöjä tarkastellaan syntymähetkellä, mutta varsinkin bioenergian osalta tarkastelussa pitäisi olla pidempi ajanjakso metsien kasvukierron ollessa pohjoisissa olosuhteissa sadan vuoden luokkaa.

Rahoitusmaailmassa ajan käsittelyyn on kehitetty hyviä työkaluja, kuten kassavirran diskonttaus. On eri asia, syntyykö kustannus heti vai kahden vuoden päästä. Sitoutuneella pääomalla on siis kustannus. Päästömaailmassa vastaavia työkaluja ei käytetä, mutta ilmiö on verrannollinen. Poltettaessa oksia ja risuja ilmakehään vapautuva päästö aiheuttaa pari vuotta haittaa ilmakehässä, mutta muutamaa vuotta myöhemmin olisi kyseinen biomassa hajonnut metsässäkin. Tällöin molemmissa skenaarioissa ollaan hiilidioksidipäästöjen kanssa samassa tilanteessa.

⁴² <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

Kun päästöjä lasketaan, pitäisi nykyhetken hiilidioksidipäästöjä ja päästövähennemää pystyä arvottamaan tulevaisuuden vaikutuksiin nähden. Bioenergian päästöjen aika-riippuvuus heikentää metsäbiomassan käytön mahdollisuuksia vähentää energiantuotannon aiheuttamaa hiilidioksidikuormaa nopeasti. Päästöjen vähentämisen hitaus on ongelmallista, koska ilmaston lämpenemisen rajoittaminen 1,5 asteen lämpenemiseen on kiireellistä. Toisaalta ilmastonmuutos on läsnä myös tulevaisuudessa, mistä johtuen ilmastotoimien vaikutuksia on pystyttävä arvioimaan sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä.

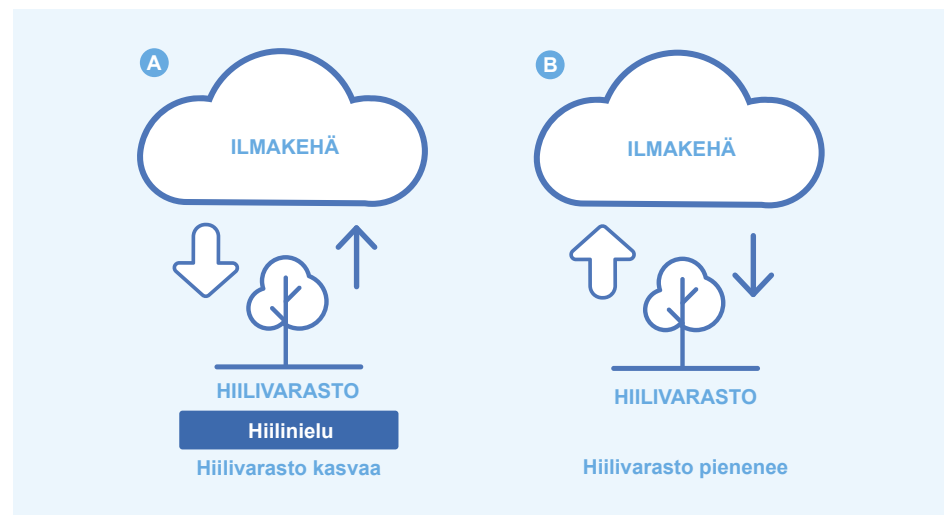
Mikäli bioenergialla halutaan vaikuttaa hiilidioksidipäästöihin nopeasti ja lyhyellä aikavälillä, nykyistä päästöjen laskentatapaa on tarkasteltava kriittisesti. Metsäteollisuuden tähteet ja nopeasti hajoavat jakeet kuuluvat todellisten päästövaikutusten mukaan täysin eri kategoriaan kuin hitaasti luonnossa hajoavat jakeet, kuten runkopuut. EU:n ilmastopolitiikka on historiallisesti arvottanut kaikki biomassat samaan kategoriaan, mutta tähän on tulossa muutoksia, kun jatkossa kestävästi tuotettu biomassa kuuluu päästökaupan piiriin. Silti nykyisen määritelmän mukaan myös kestävästi tuotettujen jakeiden välillä on eroja ilmastovaikutuksia tarkasteltaessa.

Biomassalla on harvinainen potentiaali tehdä energiantuotannosta hiilinegatiivista BECCS:n avulla, joten sen energiakäytössä on suuria mahdollisuuksia ilmastonmuutoksen vastaisessa taistelussa. Mikäli hiilineutraalia bioenergiaa käytetään polttoaineena hyvällä laitoshyötysuhteella ja hiilidioksidi otetaan piipun päästä tehokkaalla talteenottoteknologialla talteen pysyvään varastoon, päästöt ovat negatiiviset. Tällöin metsä kerää ilmakehästä hiilidioksidia, joka otetaan voimalaitoksella talteen ja varastoidaan. Puun sitoma hiilidioksidi ei missään vaiheessa vapaudu takaisin ilmakehään, vaan prosessi toimii kokonaisuudessaan mittavana hiilinieluna, kun samalla hyödynnettyjen puiden tilalle kasvavat uudet puut sitovat ilmakehästä lisää hiiltä.

Voimalaitoksella savukaasupesureiden läpi kulkenut puhdas viileä savukaasu on poikkeuksellisen hyvä lähde varastoitavalle eloperäiselle hiilidioksidille, minkä lisäksi kaukolämpöverkon yhteydessä saadaan prosessista syntyvä hukkalämpö talteen. BECCS-teknologia tuo merkittäviä ilmastovaikutuksia, kun se otetaan käyttöön voimalaitoksessa, joka käyttää polttoaineenaan kestävästi tuotettua biomassaa.

7.1 Hiilivarastot ja hiilinielut

Termejä hiilivarasto ja hiilinielu näkyy käytettävän välillä synonyymeina, vaikka ne tarkoittavat kahta eri asiaa. Hiilivarasto kuvaa metsään sitoutunutta hiilidioksidia, ja hiilinielu kuvaa tämän varaston kasvua. Kuvassa 17 on esitetty tämä yksinkertaisesti. Metsä toimii hiilinieluna vasta, kun sen puuston kasvu sitoo enemmän hiiltä kuin mitä hakkuut, metsäpalot ja lahoaminen vapauttavat.



KUVA 17 Alue on hiilinielu niin kauan, kun se sitoo enemmän hiiltä kuin vapauttaa ilmakehään (a). Hiilivarasto ei ole hiilinielu, jos sieltä vapautuu hiiltä enemmän kuin varastoituu (b).⁴³

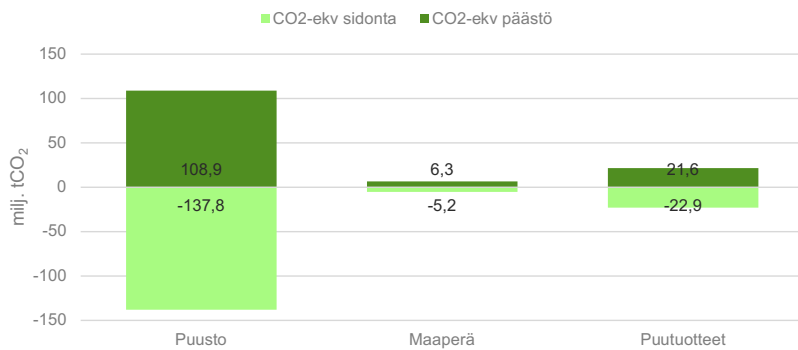
Hyvin kasvava metsä toimii samanaikaisesti sekä hiilivarastona että hiilinieluna. Tyyppillisesti nuoret metsät ovat vanhoja metsiä suurempia hiilinieluja, koska kasvu on nopeampaa ja luonnollista poistumaa tapahtuu vähemmän kuin vanhoissa metsissä. Vanhoissa metsissä puolestaan on nuoria suurempi hiilivarasto. Vanhoissa metsissä puusto on saanut kasvaa pidempään ja tällöin samalla puustoon sitoutunut hiilen kokonaisuus on suurempi.

⁴³ <https://ajatuspajavisio.fi/wp-content/uploads/2019/12/Hiilinielujen-ABC.pdf>

Ekosysteemin hiilivaihto koostuu hiiltä sitovasta puiden kasvusta (rungot, latvukset ja juurakot) sekä hiiltä vapauttavasta karikkeen ja humuksen hajoamisesta. Ensimmäisten parin vuosikymmenen ajan päätehakattu metsä vapauttaa enemmän hiiltä kuin sitoo. Tämä johtuu hakkuutähteiden, oksien, kantojen ja humuksen hitaasta hajoamisesta.

Hiilitasapainoon vaikuttaa myös metsissä tapahtuva luonnollinen poistuma, jota aiheuttavat muun muassa myrsky-, palo- ja hyönteisvahingot. Vanhoissa luonnontilaisissa metsissä pienet vahingot ovat yleisiä, mutta yksilajisissa talousmetsissä riskit suuren kokoluokan tuholle ovat merkittävämmät. Jos talousmetsä on yksilajinen ja koostuu samanikäisestä puustosta, riski hyönteisvahingoille on kohonnut. Metsäpalariskiä lisää runsas aluskasvillisuus, kuten usein on tilanne vanhojen luonnontilaisten metsien kohdalla. Tuhoa vähentää puolestaan paksu kaarnakerros, mistä johtuen nuoret talousmetsät ovat vanhaa metsää heikompia selviämään metsäpaloista. Jos metsä on hoitamaton, riskit metsäpaloille ovat suuremmat. Tämän takia talousmetsää on järkevää hoitaa, kun sellainen kerran on perustettu, kuin jättää se kesken metsän kasvatuksen hoitamatta.

Vuonna 2020 Suomen metsien ja puutuotteiden hiilitase oli yhteensä -29,1 miljoonaa tonnia CO₂-ekvivalenttia (CO₂-ekv) (kuva 18). Puutuotteiden, kuten sahatavaran ja puulevyjen hiilivarasto kasvoi 1,3 miljoonaa tonnia CO₂-ekv ja puuston ja maaperän hiilivarasto 27,8 miljoonaa tonnia CO₂-ekv.



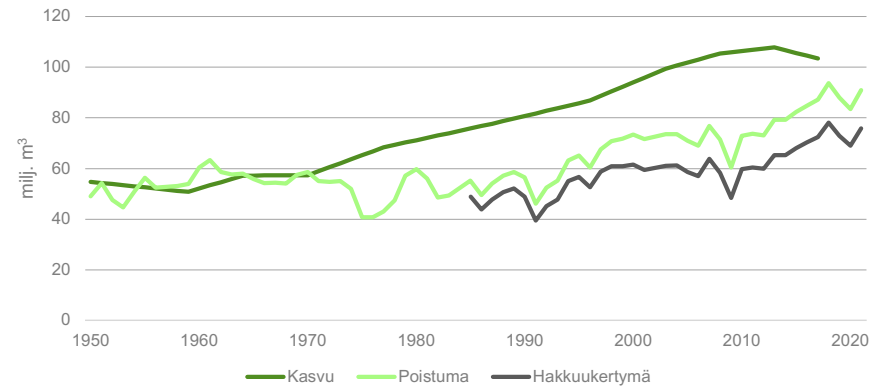
KUVA 18 Suomen metsien ja puutuotteiden hiilitase (milj. tCO₂-ekv) vuonna 2020.⁴⁴

⁴⁴ <https://mmm.fi/maankayttosektorin-ilmastosuunnitelma/puutuotteet-hiilivarastoina>

Kuvassa 19 Suomen metsien nettohiilivuonon kuvaava sinisen ja oranssin käyrän väliin jäävä alue eli kasvun ja poistuman erotus. 1970-luvulla metsien kasvu kääntyi selvään nousuun, kun metsätalous alkoi koneellistua, soita alettiin ojittaa ja lannoitus ja maanmuokaus yleistyivät.

Vuosina 1990–2019 Suomen metsien nettohiilivuonon vaihteli välillä 17,5–47,4 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. Jos metsien nettohiilivuonon verrataan Suomen kokonaispäästöihin, voidaan arvioida, että nielu on vastannut vuositasolla keskimäärin reilua kolmannesta Suomen kokonaispäästöistä.⁴⁵ Viime vuosina kasvussa näkyy laskua, sillä hakkuumäärät ovat olleet ennätyksellisen suuria.

Ennakkotiedon mukaan vuosi 2021 tulee olemaan ensimmäinen laskentahistoriassa, kun LULUCF-sektorin eli kaiken maankäytön nettohiilivuonon kääntyy negatiiviseksi. Muutos vuoden 2021 luvuissa näyttöytyy rajuna, koska laskentaan tehdyt muutokset ei ole viety vielä läpi edellisiin vuosiin.⁴⁶



KUVA 19 Puuston vuotuinen kasvu, poistuma ja hakkuukertymä.⁴⁷

Jos puun käyttöä tarkasteltaisiin vain ja ainoastaan ilmaston näkökulmasta, huomioidatta taloutta ja luonnon monimuotoisuutta, tehokkainta hiilen sidontaa olisi kasvattaa ja hoitaa metsää niin, että sen hiilinielu ja -varasto ovat koko ajan suurimmillaan. Kun

⁴⁵ <https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsat-ja-ilmastonmuutos/metsien-hiilinielut>

⁴⁶ <https://stat.fi/julkaisu/cktlcpwag38sg0c5561iqop0y>

⁴⁷ <https://stat.luke.fi/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma>

hiilinielu alkaa pienentyä, kaadetaan puita ja esimerkiksi haudataan ne maahan, niin ettei hiili pääse karkaamaan. Harvennettu metsä alkaa kasvaa vauhdilla. Tällöin maahan kaivettu hiilivarasto kasvaa joka kierroksella, ja hiilinielu on suuri jatkuvasti.

Käytännössä optimaalinen strategia on monimutkainen, koska hiili kannattaa varastoida ennemmin puurakenteisiin. Monimuotoisuuden kannalta tärkeimmät ympäristöt tulee säästää ja toiminnan sivutuotteena syntyvät jakeet hyödyntää. Optimaalisen strategian valintaan vaikuttaa myös se, ettei EU:n kokoluokassa maksajaa hiilivaraston lisäämiselle tai sen ylläpitämiselle ole löytynyt, ja täten toimet paikallisella tasolla ovat vapaaehtoisia ja pitkälti itserahoitteisia.

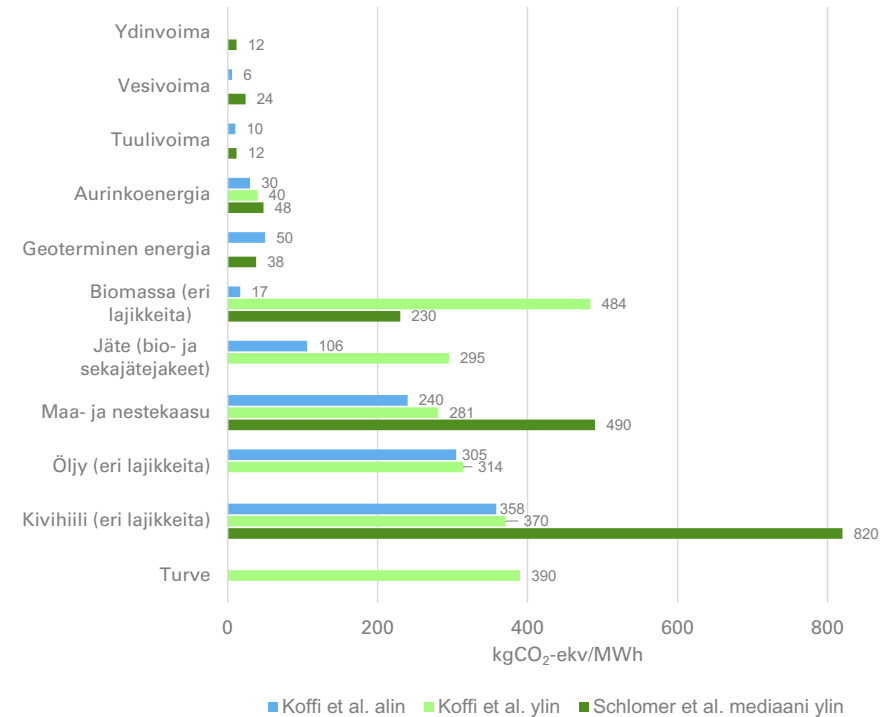
Energiapuun korjuun vaikutukset Suomen hiilitasapainoon vaihtelevat jakeittain. Mikäli nopeasti hajoava jakee lahoaisi metsässä kuitenkin muutamassa vuodessa, ei sen polttaminen energiaksi vaikuttaisi merkittävästi lyhyen aikavälin hiilitasapainoon. Nopeasti hajoavia jakeita ovat oksat, latvukset, lehdet ja kuori. Hitaasti hajoavien jakeiden hyödyntäminen energiaksi puolestaan lisää ilmastopäästöjä lyhyellä aikavälillä, kun sitoutunut hiili vapautetaan poltossa välittömästi eikä hitaasti hajoamisen yhteydessä kymmenien vuosien aikana. Hitaasti hajoavia jakeita ovat esimerkiksi kannot, juurakot ja runkopuu.

Ilmastovaikutukseen vaikuttaa myös oleellisesti se, mitä energiantuotantomuotoa bioenergia korvaa vai korvaako mitään. Ilmastovaikutus on kokonaisuudessaan merkittävämpi, mikäli korvataan fossiilisia polttoaineita.

Bioenergiaa ei voi varauksetta kutsua nollapäästöiseksi, vaan käytettyihin jakeisiin on kiinnitettävä huomiota. Osa jakeista on ilmastosta kannalta sekä yleisesti kiertotalouden kannalta järkevä käyttää energiantuotannossa. Osa jakeista puolestaan olisi parempi jättää metsään.

7.2 Elinkaarivaikutukset

Bioenergian elinkaaripäästöistä on saatavilla monia tutkimuksia, joiden tulokset vaihtelevat merkittävästi keskenään riippuen käytetyistä oletuksista ja rajoituksista. Osa elinkaarianalyseistä kertoo, että jotkin biojakeista aiheuttavat fossiilisia polttoaineita suuremmat elinkaaripäästöt ja osassa taas bioenergian elinkaaripäästöt jäävät aurinkoenergian alapuolelle. Tämä osoittaa sen, että energiantuotannossa hyödynnettävien puujakeiden valinnassa on käytettävä erityistä huolellisuutta. Kuvassa 20 on eräs kokoelma energiantuotannon elinkaaripäästöistä tehdyistä yhteenvetokatsauksista.



KUVA 20 Arvioita energialähteiden elinkaaripäästöistä.⁴⁸

Kuvassa 20 näkyvä lähde, Koffi et al. (2017), kokoaa yhteen dataa biomassan käytöstä eri lähteistä. Tästä lähteestä löydetty biomassan minimipäästökerroin on 17 kgCO₂-ekv/MWh hiilineutraaliuskriteerit täyttävälle metsäbiomassalle. Hiilineutraaliuskriteerit täyttyvät, kun energiakäyttöön hyödynnettävän metsän hiilidioksiditase oletetaan enintään nolaksi. Samainen lähde antaa oletusarvon myös metsäbiomassalle, jonka polttamisesta aiheutuvia päästöjä ei netoteta ollenkaan metsien hiilidioksidin sidonnan kanssa, vaan laskennassa ovat mukana ainoastaan niin sanotut piipunpään päästöt ja muut elinkaaripäästöt. Tällöin oletuspäästökerroin metsäbiomassalle on 420 kgCO₂-ekv/MWh. Tämä luku antaa suuntaa kokoluokasta, mikäli biomassan ei oletettaisi sitovan ollenkaan hiiltä. Se ei kuitenkaan ole soveltuva käytettäväksi energiantuotantomuotojen vertailussa, koska se ei kuvaa nykyisiä IPCC:n laskentasuosituksia tai muutenkaan reaalitylannetta.

⁴⁸ [https://www.hiilineutraalisuus.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Elinkaaripaastojen_laskennalla_energiant\(58629\)](https://www.hiilineutraalisuus.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Elinkaaripaastojen_laskennalla_energiant(58629))

Tampereen Sähkölaitoksen kannalta relevantti, ja myös Koffi et al. selvityksessä lähteenä käytetty, tutkimus on Amponsah et al., **Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of lifecycle considerations**⁴⁹, joka antaa yhteistuotantolaitoksessa käytettävälle metsähakkeelle elinkaaripäästön 25,2 kgCO₂-ekv/MWh, ja kaasuturbiinissa käytettävälle metsähakkeen, energiapajun ja oljen sekoitukselle 28,8 kgCO₂-ekv/MWh. Näissä luvuissa on oletettu biomassan sitovan ja vapauttavan saman määrän hiilidioksidia eli polttoaineen itsessään olevan hiilineutraali.

Kuvan 20 korkein biomassan elinkaaripäästö viittaa Amponsahin tutkimuksessa voimakkaasti lannoitetuista peltobiomassoista tuotettavaan biokaasuun.⁵⁰ Samoin toinen kuvassa esitetty elinkaaripäästö 230 kgCO₂-ekv/MWh, lähteenä Schlömer et al., viittaa peltobiomassojen käyttöön ("dedicated energy crop and residues").⁵¹ Nämä korkeat luvut peltobiomassoille johtuvat paitsi kasvatuksessa käytettävien lannoitteiden päästövaikutuksesta, myös maankäytön muutoksista ja mittavasta toimitusketjusta. Tampereen Sähkölaitoksella ei käytetä peltobiomassoja, minkä takia nämä luvut eivät ole relevantteja. Peltobiomassojen käyttö ylipäättään Suomessa on erittäin pienessä roolissa.

Lähteestä Schlömer et al. metsäpuulle eri tutkimuksista kerätty vastaava päästö on noin 145 kgCO₂-ekv/MWh. Kyse on kuitenkin jonkin verran epärelevantista luvusta, koska se on kooste eri paikoissa tehdyistä tutkimuksista hiilipäästöistä 20 vuoden aikajänteellä, ja lukua näyttää nostavan luoteis-Yhdysvaltojen osuus, missä eri syistä lyhyen aikavälin hiilipäästöt ovat selvästi korkeammat kuin enemmän Suomea muistuttavissa kohteissa (Kanada, Wisconsin ja Norja).

Schlömerin lähteitä edelleen tarkasteltaessa löytyi F. Cherubini et al. tutkimus⁵² metsäpolttoaineiden elinkaaripäästöistä eri paikoissa ja eri aikajänteillä. Sen mukaan elinkaaripäästö norjalaisen kuusimetsän osalta, kun hakkuissa kerätään 75 % puuston maanpäällisestä osasta, olisi sadan vuoden aikajänteellä luokkaa 25 gCO₂-ekv/MJ eli noin 90 kgCO₂-ekv/MWh. Tämä selvitys on relevantti Tampereen Sähkölaitoksen osalta, sillä tutkimuksen kohteena olevaa jaetta hyödynnetään myös Suomessa energiantuotannossa, kyseessä on pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsä, ja laskennassa on huomioiduna päästövaikutukset maankäyttösektorilla.

Erilaisia selvityksiä bioenergian elinkaaripäästöistä löytyy yllä esitettyjen lisäksi erittäin paljon, ja niissä suurimmassa osassa oletetaan biopolttoaineet hiilidioksidineutraaleiksi polttoaineiksi. Esimerkiksi Yhdysvalloissa tehty tutkimus metsäbiomassan elinkaaripäästöistä sähköntuotannossa antaa metsäpolttoaineen elinkaaripäästökseksi 33,6–64,2 kgCO₂-ekv/MWh, keskimäärin 48,8 kgCO₂-ekv/MWh.⁵³ Vastaavasti IPCC:n vuoden 2021 raportissa lämmityksessä käytetyn biomassan elinkaaripäästöiksi (sis. metsätähteet sekä peltobiomassat) arvioitiin 20–30 gCO₂-ekv/MJ, eli noin 90 kgCO₂-ekv/MWh.⁵⁴ IEA:n selvityksessä puolestaan bioenergian elinkaaripäästökseksi saatiin 52 kgCO₂-ekv/MWh tilanteessa, jossa harvennushakkuun tuotteita sekä sahateollisuuden ylijäämäpuuta käytettiin lämmityksessä.⁵⁵

Uusiutuvan energian direktiivin, RED II:n, päivittämisen yhteydessä vuonna 2017 EU:n yhteinen tutkimuslaitos julkaisi selvityksen biomassojen elinkaaripäästöjen laskennasta ja siitä, millaisilla biomassoilla vaatimukset riittävästä elinkaaripäästöjen alenemasta verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin toteutuvat. Tämän Giuntoli et al. tutkimuksen mukaan Euroopassa tuotettu, alle 500 kilometrin hankintasäteeltä autokuljetuksella tuotu metsähake aiheuttaisi 18 kgCO₂-ekv/MWh elinkaaripäästön ja vastaavalta hankintasäteeltä kuljetettu metsäteollisuuden sivuvirta 14 kgCO₂-ekv/MWh elinkaaripäästön.⁵⁶

Suomessa metsäbiomassan energiakäytön ilmastovaikutuksia on tutkinut muun muassa Suomen ympäristökeskus. Vuonna 2010 tehdyn selvityksen tuloksena saatiin, että metsäbiomassan jatkuvan energiakäytön aiheuttama ilmamehän kasvihuonekaasujen lisäys vaihteli välillä 72–392 kgCO₂-ekv/MWh riippuen biomassajakeesta, korjuupaikan ilmasto-oloista ja tarkasteltavasta ajanjaksosta. Tulosten alhaisin arvo on oksien energiahyödyntämiselle Etelä-Suomessa 100 vuoden aikajänteellä ja suurin arvo kuisen kantojen energiahyödyntämiselle Pohjois-Suomessa 20 vuoden aikajänteellä. Korkein arvo kannoille tulee siitä, että kannon luontainen hajoamisaika on yli 100 vuotta, jolloin polttamisessa vapautuvat päästöt ovat laskennan mukaan täysin lisännäiset. Lisäksi kantojen korjuu aiheutti suuren säteilypakotteen muutoksen, kun jatkuvaa energiantuotantoa varten biomassaa kerättiin aina uusilta metsäaloilta, joilla syntynyt hiilivaje ja siitä aiheutunut ilmamehän hiilidioksidin lisäys oli suuri.⁵⁷

⁴⁹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114005395>

⁵⁰ <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1086/1191>

⁵¹ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf

⁵² <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/7/4/045902>

⁵³ <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c04301>

⁵⁴ <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-2-Bioenergy-1.pdf>, kuva 02.10

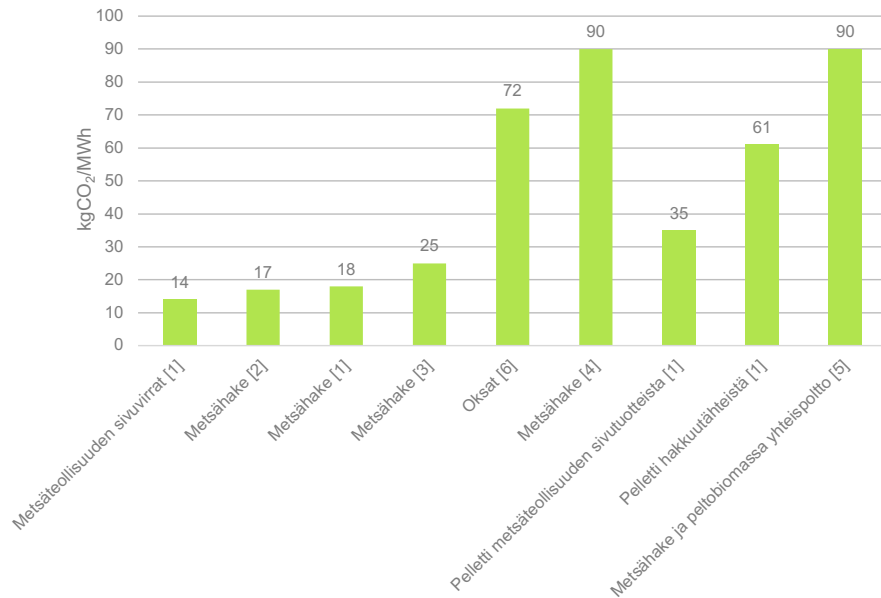
⁵⁵ <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Using-a-LCA-approach-to-estimate-the-net-GHG-emissions-of-bioenergy.pdf>

⁵⁶ <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104759>

⁵⁷ https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37051/SY5_2011_netto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tältä pohjalta näyttää selvältä, että puupolttoaineen elinkaaripäästöt Tampereen Sähkölaitoksen energiantuotannossa eivät ole samat kuin biomassalle esitetyt korkeimmat luvut, vaan todennäköisesti lähempänä vaihteluvälin alapäätä. Yllä esitetyissä selvityksissä elinkaaripäästöjen vaihteluvälin yläpäässä näyttäviä olevan peltobiomassat, missä lannoitteista aiheutuu huomattavan suuri elinkaaripäästö. Vaihteluvälin alapäässä ovat metsäbiomassat sekä metsäteollisuudet sivuvirrat. Vaihteluvälin keskivaiheilla näyttäisivät olevan esimerkiksi pelletti- ja brikettituotteet.

Eri lähteiden väliset suuret erot johtuvat osittain siitä, että tilannetta tarkastellaan eri maissa, eri jakeille ja eri oletuksilla ja malleilla. Yllä läpikäytyjen selvitysten pohjalta relevantti elinkaaripäästöjen vaihteluväli Suomen energiantuotannossa käytettävälle biomassalle on **14–90 kgCO₂-ekv/MWh** kuvan 21 mukaisesti.



KUVA 21 Eri biopolttoaineiden elinkaaripäästöt kappaleessa 7.2. esitetyistä Tampereen Sähkölaitoksen tapaukseen soveltuvista tutkimuksista. [1] Giuntoli et al. [2] Koffi et al. [3] Amponsah et al. [4] F. Cherubini et al. [5] IPCC. [6] SYKE.

Riippumatta jakeesta, osa elinkaaripäästöistä tulee väistämättä kuljetuksesta ja korjuusta. Puutavaran yleisin kuljetustapa on autokuljetus, mutta kaukokuljetuksessa käytetään myös rautatiekuljetusta ja vesitiekuljetusta. Tampereen Sähkölaitokselle kaikki polttoon tuleva puu tuodaan autokuljetuksella. Tampereen Sähkölaitoksen puun kulutuksen määrä vastaa noin 10 000 täysperävaunullista autokuormaa vuodessa.⁵⁸ Keskimääräisellä hankintaetäisyydellä, 100 km, ja keskimääräisellä päästökertoimella rekalle, 1 070 gCO₂/km⁵⁹, polttoaineen kuljetus aiheuttaa arviolta noin 2,1 ktCO₂ vuodessa eli noin 2,1 kgCO₂-ekv/MWh. Tämä on noin 0,3 % Pirkanmaan vuotuisista tieliikenteen päästöistä.⁶⁰

Kuljetuksen lisäksi myös itse korjuussa käytetyt työkonet aiheuttavat päästöjä. Vuoden 2019 seurantatietojen mukaan puun korjuusta muodostuu hiilidioksidipäästöjä keskimäärin 4,9 kgCO₂-ekv/m³.⁶¹ Jos kuutio biomassaa sisältää 0,4 tonnia kuiva-ainetta ja kuiva-aineen energiasisältö on 19,25 GJ/tonni⁶², niin korjuun päästövaikutukseksi saadaan 2,2 kgCO₂-ekv/MWh. Yhteensä puun korjuu ja kuljetus aiheuttavat päästöjä arviolta noin 4,3 kgCO₂-ekv/MWh, joka on jo huomioitu aiemmin esitetyssä metsäbiomassan elinkaaripäästöissä.

Koska kuljetuksen ja korjuun päästöt ovat verrattain pienessä osassa bioenergian kokonaiselinkaaripäästöissä, tulisi bioenergian ilmastovaikutuksiin vaikuttaa nimenomaan metsän hiilitaseen kautta, ei niinkään tuotantoketjun päästöjä muuttamalla. Kuitenkin mahdollinen ratkaisu raskaan liikenteen päästövaikutuksen vähentämiseen on uusiutuvan dieselin, kuten HVO:n tai synteettisen, esimerkiksi voimalaitoksen savukaasuista tuotetun, polttoaineen hyödyntäminen.

7.3 Elinkaarivaikutukset verrattuna kilpaileviin lämmitysmuotoihin

Kuvassa 20 mediaanielinkaaripäästö kivihiihelle on 370 kgCO₂/MWh ja maakaasulle 281 kgCO₂/MWh. Ydinvoimalle puolestaan kuvaaja antaa elinkaaripäästöiksi 12 kgCO₂/MWh ja turpeelle 390 kgCO₂/MWh. Nämä ovat kaikki mahdollisesti kilpailevia lämmitysmuotoja bioenergialle, ja kuvaavat osaltaan, miksi Suomessa siirtymä fossiilista polttoaineista puun käyttöön on nähty suotavana.

⁵⁸ <https://www.bioenergia.fi/2018/09/28/metsien-energia-navigoi-pirkanmaalla-naistenlahteen/>

⁵⁹ http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/tavara_tie.htm

⁶⁰ <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>

⁶¹ <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2021-02-Puun-korjuun-ja-kuljetusten-paastojen.pdf>

⁶² <https://www.syke.fi/download/noname/%7B3C4A2B7F-A887-4890-B65E-5D1A7BEEC13C%7D/165912>

Pienten modulaaristen ydinvoimaloiden (SMR), käyttö lämmityksessä ei ole toistaiseksi ollut mahdollinen vaihtoehto, vaikka sen hyväksyttävyyden kasvanut viime vuosina ja tutkimusta sen käytöstä kaukolämmön tuotantoon on tehty. Esimerkiksi LUT:n ja VTT:n yhteinen projekti pyrkii kehittämään vaihtoehtoa Suomen olosuhteisiin.⁶³ Poliittinen ja teollisuusstrateginen tahtotila ei ole toistaiseksi kantanut kaupalliseen ratkaisuun asti, sillä tekniikan kypsyyssaste on ollut vielä alhainen. Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan SMR:n elinkaaripäästöt olisivat toisen sukupolven ydinvoimaa alhaisemmat, mutta kolmannen sukupolven ydinvoimaa suuremmat.⁶⁴

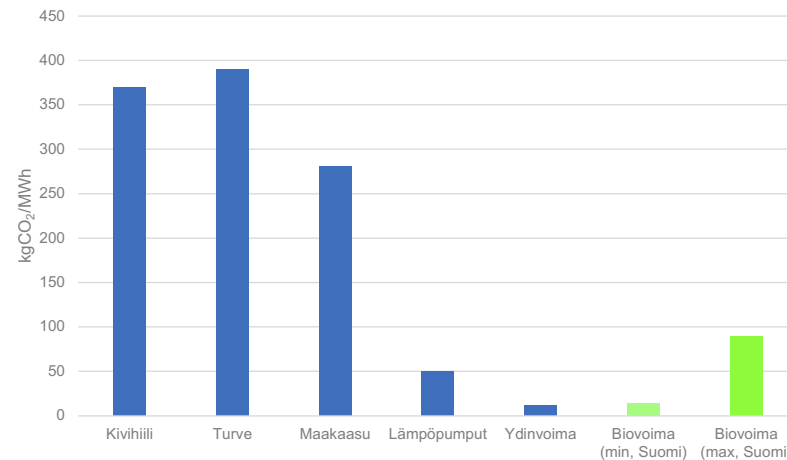
Vuonna 2022 ainoa laajassa mittakaavassa bioenergian kanssa kilpaileva lämmöntuotantomuoto on lämpöpumppu. Lämpöpumppujen elinkaaripäästöt riippuvat kohde- maan sähköntuotannon päästöistä ja pumpputyypistä. Maalämpöpumpun elinkaaripäästöt ovat ilmalämpöpumppua alhaisemmat paremman hyötysuhteen ansiosta. Iso-Britanniassa tehdyn tutkimuksen mukaan ilmalämpöpumppujen elinkaaripäästöt ovat noin 111 kgCO₂-ekv/MWh ja maalämpöpumpun noin 97 kgCO₂-ekv/MWh.⁶⁵ Suurin yksittäinen vaikuttava tekijä on tutkimuksen mukaan sähkön kulutus. Iso-Britanniassa sähkön päästökerroin on Suomea suurempi (Iso-Britanniassa 142 kgCO₂/MWh ja Suomessa 62 kgCO₂/MWh vuonna 2020)⁶⁶, jolloin Suomessa lämpöpumppujen elinkaaripäästöt voidaan arvella tätä alhaisemmaksi. Karkeasti arvioituna Suomessa maalämpöpumppujen elinkaaripäästöt voisivat sähköntuotannon erojen takia olla Iso-Britannian tutkimuksen tuloksista johdettuna noin 35–65 kgCO₂/MWh.

Lämpöpumppujen elinkaaripäästöt voivat myös nousta Suomessa skenaariossa, jossa kaupunkien lämmittämistä ollaan siirtämässä suuremmissa mitoin kaukolämpöjärjestelmistä erillislämpöpumppujen ja sähkön varaan. Tämä johtuu lämmöntarpeen voimakkaasta profiloitumisesta. Kovalla pakkasella lämmön tarve on jopa kymmenkertainen kesään nähden, mikä eroaa voimakkaasti muusta sähkönkulutuksesta. Mahdollisesta lämmitystavan muutoksesta seuraava sähkön lisääntynyt kulutus kohdistuu siis korostetusti kaikkein kylmimpiin ajankohtiin vuoden sisällä. Tällöin sähköjärjestelmän välityskyky lähestyy rajojaan, edellyttäen suurinvestointeja ja tehon tuottamiseksi tarvittavat energialähteet ovat varsinkin tuulettomalla säällä epävarmoja. Viime kädessä tarvittava lisäteho tuotetaan fossiililla polttoaineilla. Tästä seuraa se, että vaikka sähkön tuotanto keskimäärin olisikin elinkaaripäästöiltään erinomainen, tietyt sähkön käyttökoh-

teet (kuten lämmitys) alkavat erota päästöintensiivisempään suuntaan verrattuna keskimääräiseen sähkökäyttöön.

Teollisuuden hukkalämpöjen hyödyntäminen kaukolämpöverkossa on ilmalämpöpumppua ja maalämpöpumppua tehokkaampaa. Hukkalämpöjen ongelmana on kuitenkin niiden rajallinen saatavuus. Tampereella hukkalämpöjen osuus kaukolämmöntuotannossa nykyisillä päätöksillä tulee olemaan 25 % tasolla lähitulevaisuudessa. Synteettisen polttoaineen tuotannon käynnistyessä se olisi jopa 37 %. Jos lisäksi saadaan kaukolämpöverkon varrelle lisää suuria datakeskuksia ja biohiilen tuotantoa, osuus nousee entisestään.

Teollisuuden hukkalämmöt ovatkin ilmastotaistelussa yksi tärkeä kaukolämpöjärjestelmää puoltava tekijä verrattuna erillisiin lämpöpumppuratkaisuihin. Koska myös hukkalämpöjen hyödyntämiseen vaaditaan lämpöpumppua, voi hukkalämpöjen elinkaaripäästöksi karkeasti arvioida saman kuin muidenkin lämpöpumppujen. Lämpöpumpun hyötysuhde (Coefficient of Performance, COP) tosin on hukkalämmöissä korkeampi verrattuna esimerkiksi maalämpöön, koska maalämpöpumppujen lämmönlähde on hukkalämpöpumppujen lämmönlähdettä viileämpi. Kuvassa 22 vertaillaan edeltävän luvun bioenergian elinkaaripäästöjen vaihteluväliä sekä kilpailevien lämmitysmuotojen elinkaaripäästöjä.



KUVA 22 Bioenergian elinkaaripäästöt verrattuna muihin kilpaileviin lämmitysmuotoihin.

⁶³ <https://research.lut.fi/converis/portal/detail/Project/13316699>

⁶⁴ <https://cedmcenter.org/wp-content/uploads/2017/10/The-environmental-competitiveness-of-small-modular-reactors.pdf>

⁶⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544212000333>

⁶⁶ [https://www.statista.com/statistics/1189677/carbon-intensity-outlook-of-great-britain/#:~:text=The%20carbon%20intensity%20of%20Great,hour%20\(gCO2%2FKWh\)](https://www.statista.com/statistics/1189677/carbon-intensity-outlook-of-great-britain/#:~:text=The%20carbon%20intensity%20of%20Great,hour%20(gCO2%2FKWh))

8 Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen

Suomen ympäristökeskuksen ja Ympäristöministeriön selvityksen (2018) mukaan metsien uudistamis- ja hoitotoimenpiteet ovat yleisin syy Suomen luontotyyppien uhanalaistumiseen.⁶⁷ Suomessa joka yhdeksäs laji ja lähes joka toinen luontotyyppi on nykyisin uhanalainen. Vaikka Suomi on asettanut useita tavoitevuosia luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen pysäyttämiseksi, luontokato jatkuu yhä.⁶⁸

Korhonen et al. tutkimuksen (2020) tulokset kuitenkin osoittavat vastoin tätä negatiivista kehityskulkua, että tietyt monimuotoisuudelle tärkeät metsien rakennepiirteet ovat runsastuneet 1990-luvulta alkaen. Tämä tutkimuksen valtaosin myönteinen tulos on ristiriidassa sen kanssa, että useiden metsistä riippuvien uhanalaisten eliöläjien tila ei ole todistetusti kuitenkaan parantunut. Asiaa selittänee luontopiirteiden hidas uusiutuminen, erot tarkastelujaksoissa sekä metsien monimuotoisuuden pidemmän aikavälin kehitys.⁶⁹

Energiapuun korjuu ja käyttö eivät ole automaattisesti ongelmattomia luonnon monimuotoisuuden kannalta, vaan korjuumenetelmiin ja -kohteisiin pitää kiinnittää huomiota. Kantojen ja järeiden puiden korjuun monimuotoisuusvaikutukset ovat oleellisesti erilaisia kuin hakkuutähteiden korjuun monimuotoisuusvaikutukset. Vaikutusta on myös metsien kasvatus- ja hakkuutavoilla. Jos nämä eroavaisuudet otetaan huomioon, energiapuu on kuitenkin metsälajiston kannalta enimmäkseen ongelmaton polttoaine.

8.1 Korjuumenetelmän vaikutus

Suomen metsissä tehdään paljon muitakin hakkuita kuin kahta eniten keskustelussa esiintyvää eli avohakkuuta ja jatkuvan kasvatuksen hakkuuta. Avohakkuussa lähes kaikki metsikön puut poistetaan metsänomistajan tai sertifiointiin vaatimia säästöpuita lukuun ottamatta. Muita hakkuita ovat esimerkiksi siemenpuuhakkuu tai pienalakasvatus. Siemenpuuhakkuussa metsään jätetään laadukkaita tukkipuita siementämään seuraava puusukupolvi. Pienalakasvatuksessa taas metsään tehdään alle 0,3 hehtaarin suuruisia aukkoja, jotka taimettuvat sitten reunametsän puiden siemenistä. Jatkuvan kasvatuksen metsässä ei suoriteta ollenkaan suurempia päätehakkuita, vaan metsää

harvennetaan esimerkiksi poimintahakkuilla. Metsänomistajat ovat voineet tehdä jatkuvan kasvatuksen metsänhoitoa vasta vuodesta 2014, kun metsälakia uudistettiin.⁷⁰

Vuonna 2020 Luke toteutti tutkimuksen, jossa käytiin läpi 22 erilaista hakkuu- ja ennallistamismenetelmää ja niiden vaikutuksia metsien ekosysteemiin Pohjoismaissa. Tutkimuksen lopputuloksena saatu havainto oli, että hakkuutavan vaikutus luonnon monimuotoisuuteen ei ollut niin merkittävä. Oleellisempaa lajien säilyvyydelle on, että erilaisia metsän rakennepiirteitä on myös hakkuun jälkeen laajasti saatavilla. Tämä tarkoittaa esimerkiksi eri asteisia lahoppuita, suuria puita ja eri puulajeja.⁷¹ Tutkimus antaa lupaavia viitteitä siitä, että monimuotoisuutta voidaan turvata myös tiukan metsien suojelun ulkopuolella oikein toteutetuilla metsänhoidon keinoilla.

Energiapuuksi kerättävien hakkuutähteiden vaikutus kasvilajistoon on suhteellisen vähäinen verrattuna jo itsessään metsän olosuhteita muuttavaan uudishakkuuseen. Osa hakkuutähteestä on silti syytä jättää metsään sekä ravinnetaseen että lahoppuissa elävien eliöiden hyödyksi. Nykyinen suositus on 30 %, ja talteen kerättävien oksien ja latvusten annetaan tyyppillisesti kuivua 2–6 viikkoa, jotta runsaasti ravinteita sisältävät lehdet ja neulaset ehtivät varista maahan. On hyvä huomata, että silti valtaosa hakkuutähteisiin sitoutuneista ravinteista häviää korjuun yhteydessä metsästä, mikä köyhdyttää metsämaata. Suurin osa uhanalaisista kasvilajeista esiintyy lehdoissa, kosteikoissa, purojen varsilla ja muilla arvokkailla kasvupaikoilla, jotka yleensäkin jätetään nykyään koskematta.

8.2 Kantojen vaikutus

Kantojen korjuu lisää maanomistajan tuloja, ja sen avulla voidaan torjua juurikkääpää kuusimetsissä. Kantojen korjuulla on kuitenkin kaksijakoiset vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen. Kantojen nosto rikkoo maanpintaa, mikä mahdollistaa useiden kasvilajien paremman kasvun ja leviämisen; toisaalta se vähentää metsään jäävän lahoppuun määrää ja vahingoittaa varvukkoa, etenkin mustikkaa, jolla on välillisiä vaikutuksia myös hyönteisiin ja niitä ravinnokseen käyttäviin lintuihin. Koska avohakkuu on Suomessa valitseva hakkuumenetelmä, ei rikutusta metsämaasta kuitenkaan ole pulaa, eli kantojen korjuun negatiiviset luontovaikutukset ovat positiivisia suuremmat.

⁶⁷ <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161233/Suomen%20luontotyyppien%20uhanalaisuus%202018%20OSA1.pdf>

⁶⁸ https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kartat_ja_tilastot/ympariston_tilan_indikaattorit/luonnon_monimuotoisuus

⁶⁹ <https://metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article10198.pdf>

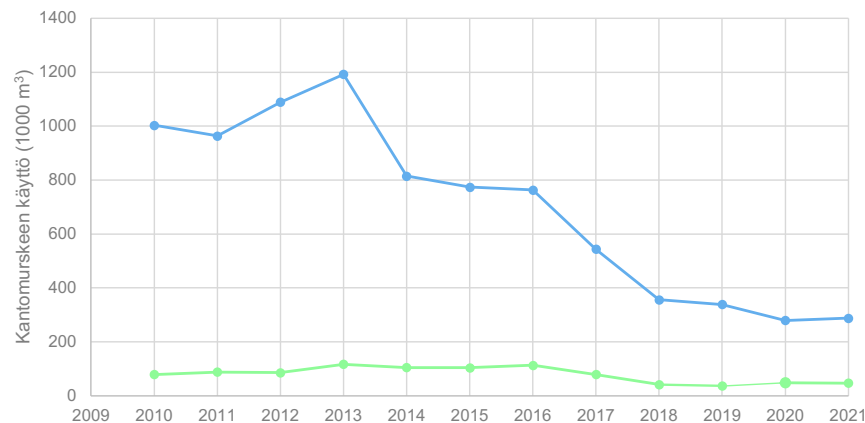
⁷⁰ <https://forest.fi/fi/artikkeli/metsahallituksella-on-12-tapaa-hakata-metsaa-avohakkuu-on-niista-yksi/#1552a719>

⁷¹ <https://www.uef.fi/fi/artikkeli/laaja-katsaus-hakkuu-ja-ennallistamismenetelmien-vaikutuksista>

Kantoja kannattaa jättää erityisesti säästöpuuryhmien ympäristöön ja alueille, joissa niiden korjuu vahingoittaisi kasvillisuutta ja aiheuttaisi eroosioriskiä. Korjuun haittoja voidaan vähentää kohdistamalla se oikein, esimerkiksi ravinteikkaisiin kuusivaltaisiin maihin, ja säästämällä kantoja helpommin vahingoittuvissa paikoissa.

Kantomurskeen käyttö on vähentynyt selvästi (kuva 23). Koko maan tasolla käyttö saavutti huippunsa 2013, jolloin sitä käytettiin noin 1,2 milj. m³. Sen jälkeen käyttö on laskenut noin 75 % nykyiseen vajaan 0,3 milj. m³ vuodessa.

Pirkanmaalla kantomurskeen käyttö oli huipussaan 2013–2016, jolloin sitä käytettiin noin 110 t m³ vuodessa. Tuosta ajasta kantomurskeen käyttö on noin puolittunut nykyiseen vajaan 50 tm³ vuodessa.⁷²



KUVA 23 Kantomurskeen käyttö koko Suomessa (sininen) ja Pirkanmaalla (vihreä), 1 000 m³ 2010–2021.

Tampereen Sähkölaitokselle biopolttoainetta tulee usealta eri polttoaineentoimittajalta. Osa toimittajista on ilmoittanut, etteivät ne enää nosta kantoja päätehakkuualueilta, ja heiltä Tampereen Sähkölaitoksen polttoaineeksi päätyvät kannot tulevat vain infra- ja asuinrakentamisen tieltä raivatuilta alueilta ja pellonraivauksista, joista kannot on joka

tapauksessa poistettava. Pienissä määrin Tampereen Sähkölaitokselle tulee myös metsästä korjattuja kantoja. Näiden lisäksi Tampereen Sähkölaitoksella on poltettu jonkin verran turpeennoston yhteydessä esiin tulleita kantoja ja liekopuita. Tarkkaa tilastotietoa kantojen alkuperästä ei Tampereen Sähkölaitoksella ole tällä hetkellä saatavilla.

8.3 Lahopuiden vaikutus

Lahopuiden vähentyminen on suurin yksittäinen vaikutus talousmetsien luonnon monimuotoisuuteen, ja se on yksi merkittävimmistä syistä metsissä elävien lähes 1600 uhanalaisen ja silmillä pidettävän eliölajin uhanalaistumiseen.⁷³ Lahopuun määrän lisäksi erittäin oleellista on lahopuiden monipuolisuus. Metsässä on oltava lahoamisen eri vaiheissa olevia runkoja, pystyyn kuollutta keloja, maahan kaatunutta puuta ja eri läpimittaisia lahopuita. Pieniläpimittaista lahopuuta (latvuksia, oksia, vesakkoa perkauksista ja taimikonhoidoista ym.) jää hoidettuihin metsiin jo korjuuteknisistä syistä varsin runsaasti, mutta se ei ole lajiston kannalta yhtä tärkeää kuin järeä (> 10 cm läpimittainen) lahopuu. Järeää lahopuuta pitäisi tämän takia säästää mahdollisimman paljon, ja varoa maassa olevan lahopuun vahingoittumista korjuun ja puiden ajon aikana.

Merkittävä lahopuiden määrää vähentävä tekijä on niiden murskaantuminen ja hautautuminen korjuu- ja uudistamistoimenpiteiden seurauksena. Ennakoidusti nuoren lahopuun siirto pois koneiden tieltä auttaa niiden säilymisessä, mutta pidemmälle lahonneet puut eivät kestä siirtoa. Pidemmälle lahonneet puut pitää siis kiertää korjuun aikana. Mikäli korjuukohde on runsaslahopuustoinen, konetyö aiheuttaa erityisen paljon vanhan lahopuun vaurioitumista. Tällaisissa kohteissa tehokkainta olisi jättää energiapuu kokonaan korjaamatta tai rajata korjuu tiukasti runsaimpien lahopuualueiden ulkopuolelle.⁷⁴

Koivun ja männyn järeitä latvuksia kannattaa jättää korjaamatta, ja haavan hakkuutähteet on syytä jättää luontoon kokonaan.⁷⁵ Myös lahovikaiset tyvipölkkyt eli lumpit kannattaa jättää luontoon. Lahovikaisen puun lämpöarvo on muutenkin varsin huono, joten energiapuuta käyttävien yritysten olisi järkevää kieltäytyä kokonaan ostamasta sitä. Kelot ja lahopuut pitäisi jättää korjaamatta oletusarvoisesti.⁷⁶

⁷² http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04Metsa__04Talous__10Puunenergiakaytto/01a_Laitos_ekaytto_maak.px?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0

⁷³ <https://suomenluonto.fi/uutiset/mika-on-luonnon-kannalta-paras-puulaji/>

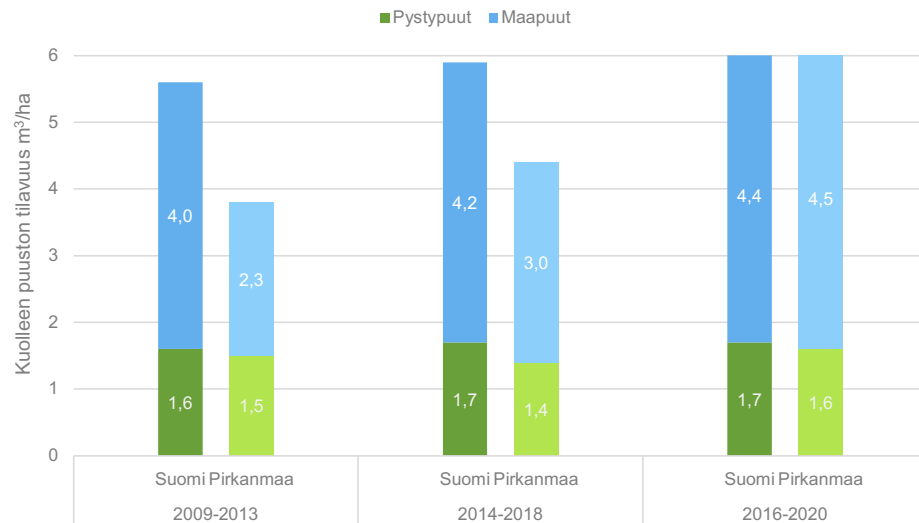
⁷⁴ <https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2021/01/Energiapuun-korjuun-vaikutukset-lahopuulla-elavaan-lajistoon.pdf>

⁷⁵ https://energia.fi/files/3335/Lahopuut_ja_luonnon_monimuotoisuus_2019.pdf

⁷⁶ <https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2021/01/Energiapuun-korjuun-vaikutukset-lahopuulla-elavaan-lajistoon.pdf>

Kuolleen puun määrä Suomen metsissä on ollut maltillisessa nousussa, johtuen enimmäkseen maahan kaatuneiden ja jätettyjen puiden osuuden kasvusta. Kun verrataan luonnontilaiseen metsään, on keskimääräinen kuolleen puuston tilavuus koko Suomessa luontaisesti alhainen. Luonnontilaisissa metsissä lahoppuun määrä vaihtelee kasvupaikan ja sijainnin mukaan 20 ja 130 m³/ha välillä.⁷⁷ Metsähallituksen pitkän aikavälin lahoppuutavoite on metsän käyttötarkoituksen mukaan 10–30 m³/ha.⁷⁸ Metsähallituksen lahoppuutavoite ei ole yhtä korkea kuin luonnontilaisen lahoppuun määrä johtuen korkean lahoppuusuuden aiheuttamasta metsäpalariskistä.

Lahoppuuta syntyy, kun metsien hakkuupaine vähenee. Esimerkiksi Etelä-Suomessa metsätalouden käytöstä poistetuilla suojelualueilla lahoppuuta on kertynyt reilusti lisää viime vuosina. Vaikka nämä suojelualueet ovat pieniä, niillä on suuri vaikutus koko Suomen lahoppuukuvaan. Kuvassa 24 on esitetty kuolleen puun keskimääräinen tilavuus eriteltynä pystypuihin ja maapuihin koko Suomen sekä Pirkanmaan osalta. Vasta viimeisimmässä tilastoinnissa Pirkanmaalla on päästy samalle tasolle koko Suomen metsien kuolleen puun keskitilavuuden kanssa.



KUVA 24 Kuolleen puun keskitilavuus metsässä.⁷⁹

⁷⁷ <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/lahoppuun-merkitys-metsaluonnon-monimuotoisuudelle-on-suuri>

⁷⁸ <https://www.metsa.fi/projekti/metsabiotalous-nayteikkuna/lahoppuu/>

⁷⁹ <https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/>

8.4 Tuhkan käyttö

Energian tuotannossa Suomessa syntyy puutuhkaa noin 200 000 tonnia vuodessa, minkä lisäksi turpeen ja puun sekaturhua syntyy noin 100 000 tonnia vuodessa. Puun ja turpeen poltosta syntyvistä biotuhkista käytetään keskimäärin metsien lannoitukseen runsaat 15 %. Lannoitus on keskittynyt enimmäkseen turvemaille, mutta myös kivennäismailla (mailla, joissa eloperäistä ainesta on alle 20 %) tuhkan käyttö parantaa metsien kasvua. Tuhkan ja typen seoslannoite voi lisätä puuston kasvua näillä alueilla jopa yli 20 vuoden ajan. Pelkän typpilannoituksen vaikutusaika on alle 10 vuotta. Vaikutus perustuu siihen, että tuhka sisältää ravinteita ja hivenaineita puun kasvun kannalta optimaalisessa muodossa. Haittavaikutuksia valumavesiin tai metsien ekosysteemiin tuhkan lannoitekäytöstä ei ole löydetty, mikäli tuhkan levitys tehdään asianmukaisesti.

Lannoituskäytön lisäksi biotuhkaa on hyödynnetty maarakentamisessa, kuten pohjarakenteissa ja välirakentamisessa. Lisäksi tutkimusta on tehty tuhkan mahdollisuudesta valumavesien happamuuden ehkäisijän sekä tienrakennusmateriaalina metsäteillä. Tutkimus tuhkan käytöstä metsäteiden rakentamisessa ja kunnostamisessa osoitti, että tuhka parantaa selvästi metsäteiden kantavuutta verrattuna perinteisesti vain murskeella kunnostettuihin teihin. Tuhka myös vähentää sorateiden pölyämistä. Parempilaatuiset tuhkat kannattaa hyödyntää lannoitteina, kun taas vähäravinteisemat tuhkat soveltuvat maarakentamiseen.⁸⁰

Biotuhkan hyötykäyttö on vielä vähäistä, vaikka sillä saataisiin parannettua merkittävästi metsien kasvua jo yhdellä lannoitekerralla. Tuhkan hyötykäyttö tukisi myös kiertotaloutta.

Tampereen Sähkölaitos käyttää Naistenlahti 2:ssa ja uudessa Naistenlahti 3:ssa yhtenä polttoaineena kierrätyspuuta, minkä vuoksi niiden lentotuhka sisältää korkeammat raskasmetallipitoisuudet kuin jos polttoaineena käytettäisiin vain metsähaketta. Vanhassa Naistenlahti 2 -voimalaitoksessa myös turpeen käytöstä johtuen tuhkan ravinnepitoisuus oli turhan alhainen lannoitekäyttöön. Maanrakennusaikeeksi se kuitenkin on soveltunut ja tulee soveltumaan myös uudessa Naistenlahti 3 -voimalaitoksessa.

Hervannan ja Sarankulman biopolttolaitoksissa käytetään puhtaampia polttoaineita, kuten metsähaketta, sahanpurua ja pellettiä. Tällä hetkellä niiden tuhka hyödynnetään maanrakennusaineena, vaikka se soveltuu ominaisuuksiltaan myös lannoitekäyttöön.

⁸⁰ <https://www.slideshare.net/mmmviestinta/samuli-joensuu-133845954>

Biopolttolaitoksissa syntyvän tuhkan ominaisuuksilla on suuri vaihteluväli. Tämä vaihtelevuus tekee Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista (24/11)⁸¹ esitettyihin vaatimuksiin vastaamisesta työläämpää. Suurin vaikuttava tekijä tällä hetkellä tuhkan käyttökohteen määrittämiseen on kustannukset: tuhkan toimittaminen maanrakennukseen on edullisempää kuin lannoitekäyttöön. Tilanne voi kuitenkin muuttua tulevien kilpailutusten myötä.

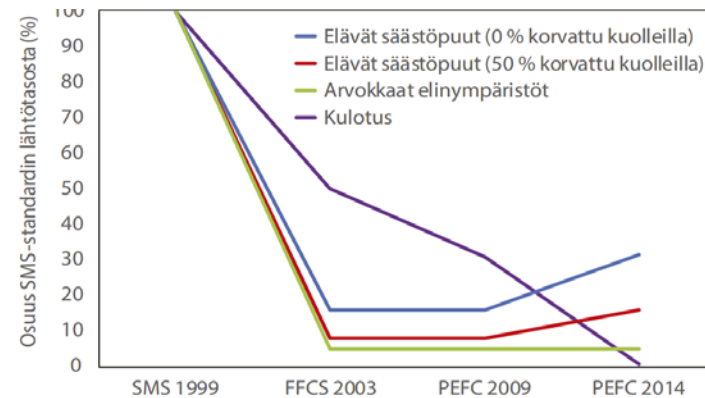
8.5 Metsäsertifiointi

Tampereen Sähkölaitoksen käyttämä biomassa tulee useilta eri toimittajilta puuterminaleista, suoraan tienvarsivarastoista ja teollisuuden sivuvirroista. Nykyisellään puupolttoaineiden edellytetään tulevan metsistä, joiden hoito on todistetusti kestävä metsänhoidon periaatteiden ja toimien mukaisia. Tällä hetkellä Tampereen Sähkölaitokselle riittävä näyttö polttoaineen toimittajien puun hankinnan kestävästä ovat esimerkiksi metsäsertifiointijärjestelmien sertifikaatit. Lisäksi toimittajan on kyettävä osoittamaan metsäbiomassan alkuperä. Tampereen Sähkölaitos edellyttää myös, että polttoainetoimittaja ja hankintaketju tunnistavat lahoppuun merkityksen luonnon monimuotoisuudelle sekä tuntevat keskeiset periaatteet lahoppuun säilyttämiseksi ja tuottamiseksi.

Yli 90 % Suomen talousmetsistä on sertifiointin piirissä, kun koko maailmassa tämä osuus on vain noin 10 %.⁸² Samaan aikaan lajien ja luontotyyppien uhanalaisarviointit kuitenkin osoittavat, että metsien monimuotoisuus on jatkanut heikkenemistään.⁸³ Suomessa laajassa käytössä ovat kaksi metsäsertifikaattia: Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) ja Forest Stewardship Council (FSC).

Sertifikaateista PEFC on selvästi yleisempi, sillä se kattaa noin 90 % eli lähes kaikki Suomessa sertifioidut talousmetsät. FSC on vaatimuksiltaan tiukempi, ja sen alaisia on vain noin 10 % suomalaisista talousmetsistä. Metsänhoitoyhdistykset ja metsäteollisuuden yritykset tarjoavat yksityisille metsänomistajille mahdollisuutta liittyä sertifikaattiin ryhmäsertifiointin kautta. Tämä on kustannustehokas sekä helppo tapa ja sopii myös pienille metsätiloille, mistä johtuen Suomessa kestävyysertifioitujen metsien osuus on merkittävä.

PEFC-sertifikaatti kattaa noin 18,5 milj. ha talouskäytössä olevista metsistä Suomessa.⁸⁴ Sen tavoitteena on taata metsän kestävä käyttö sekä metsän hiilinielujen säilyminen.⁸⁵ PEFC-sertifikaatti on saanut osakseen kritiikkiä muun muassa siitä, että sertifikaatin vaatimukset ovat heikentyneet sitä päivitettäessä (kuva 25). Esimerkiksi arvokkaiden elinympäristöjen pinta-alavaatimus on pudonnut 95 % siitä, mitä se oli sertifikaatin ensimmäisessä versiossa (Suomen metsäsertifiointijärjestelmä eli SMA vuodelta 1999).⁸⁶ Edelleen sertifikaatin määrittelyssä arvokkaalta vanhalta metsältä vaadittava ikäraja, 160 vuotta, on niin korkea, että Etelä-Suomessa ehdon täyttäviä metsiä ei juuri löydy, vaikka ne täyttäisivätkin muut kriteerit. Samoin sertifikaattiin kuuluvaa kulotuskriteeriä on vuosien myötä heikennetty, ja useisiin muihinkin ekologiisiin kriteereihin on tehty tulkinnanvaraisuutta lisääviä ja yleensä kriteerien merkitystä lieventäviä muutoksia. ELY-keskukset otettiin mukaan PEFC-standardin päivitystyöhön vuonna 2019, mutta ne vetäytyivät siitä vuonna 2021 kritisoiden standardiin suunniteltuja muutoksia ja päivitysprosessia yleensä. Kritiikki on syytä ottaa vakavasti, koska suurin osa Suomen talousmetsistä on PEFC-sertifikaatin piirissä.



KUVA 25 PEFC-sertifikaatin muutos monimuotoisuudelle tärkeissä kriteereissä. SMS oli sertifikaatin nimi ennen PEFCiä.⁸⁷

⁸¹ <https://www.finlex.fi/data/normit/37638/11024fi.pdf>

⁸² <https://www.metsagroup.com/fi/kestava-kehitys/kestava-metsatalous/metsasertifiointi/Pages/default.aspx>

⁸³ <https://www.luke.fi/blogi/takaako-sertifiointi-metsien-kayton-kestavyyden/>

⁸⁴ <https://pefc.fi/pefc-numeroina/>

⁸⁵ https://pefc.fi/wp-content/uploads/2022/02/PEFC-FI-1002_2022-SUO-20220216.pdf

⁸⁶ https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/44977/PEFC_PERUSTELUT_ELY-keskusten_VETAYTYMISELLE.pdf/eefd144a-88f4-c3b2-fdc0-35519f4ec8ee

⁸⁷ <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162392>

FSC-sertifikaatti puolestaan kattaa noin 2,2 milj. ha Suomen talousmetsistä.⁸⁸ Alle 500 ha omistavat metsänomistajat, eli suurin osa ryhmäsertifiointeihin osallistuvista yksityismetsänomistajista, noudattavat sertifikaatin yksinkertaisempaa versiota.

FSC-sertifikaatin edellytyksiä Suomessa ovat muun muassa seuraavat: uhanalaiset lajit ja arvokkaat elinympäristöt tunnustetaan ja lisätään metsäsuunnitelmaan; talouskäytön ulkopuolelle jätetään vähintään 10 % metsämaan alasta, vesistöjen ja pienvesien varteen jätetään suojavyöhyke; metsän lehtipuuosuudesta huolehditaan; uudistamisessa suositaan luontaisesti syntyneitä taimia; metsään ei tehdä uudisojituksia, käytetään vain hyväksytyjä biologisia torjunta-aineita; ja kerrotaan sidosryhmille ja rajanaapureille tulevasta toimenpiteistä ja keskustellaan niistä.⁸⁹ Sertifikaatin vaatimukset vaihtelevat maakohtaisesti. Ruotsissa vaatimukset ovat Suomea hieman lievemmat ja Venäjällä jo merkittävästi lievemmat.

Maailman luonnonsäätiö WWF tukee FSC-sertifikaatin käyttöä.⁹⁰ Myöskään FSC-sertifikaatti ei ole säästynyt kritiikiltä. Alun perin trooppisille plantaaseille kehitetty FSC ei metsänomistajajärjestöjen kritiikin mukaan vastaa pienmetsätalouden haasteisiin ja erikoispiirteisiin yhtä hyvin kuin PEFC. Lisäksi kansainvälinen Greenpeace on luopunut FSC:n jäsenyydestä vuonna 2018. Järjestön mukaan maailman metsävarojen kestävä käyttöä edistävää FSC ei ole onnistunut perustehtävässään eli metsien tuhoamisen estämisessä.⁹¹

Sertifikaattien lopputulos on väistämättä kompromissi, koska sertifiointiin vaatimuksissa pyritään huomioimaan kestävyiden kolme eri näkökulmaa: sosiaalinen, ekologinen ja taloudellinen. Kompromisseista ja puutteista huolimatta metsien sertifiointi kuitenkin ohjaa kestävämpään metsien käyttöön verrattuna tilanteeseen, jossa sertifiointia ei tehdä lainkaan. Tulevaisuudessa kriteerit tulevat todennäköisesti tiukentumaan vastaamaan paremmin sekä kuluttajien että metsänomistajien tarpeita, kun samalla myös lainsäädännön päivitykset vaativat myös sertifikaattien päivitystä.

Nämä yleisimmät PEFC- ja FSC- metsäsertifiointiin eivät välttämättä ole tehokkain tapa ohjata kansalliseen kestäväan metsänhoitoon. Sertifiointien sijaan vaihtoehto on kehittää lainsäädäntöä ja muita kansallisia ohjauskeinoja. Tällä hetkellä vain muutama EU:n

jäsenmaa on ottanut käyttöön omia kansallisia kestävan metsänhoidon ja energiapuun käytön ohjauskeinoja, osittain siksi, että on luotettu vapaaehtoisten metsäsertifiointien yleisyyteen. Osassa jäsenmaista on puolestaan alettu ennakoimaan EU:n lisäsääntelyä kestävästi tuotettuun biomassaan liittyen ja aloitettu omia kansallisia kestävan metsänhoidon hankkeita. Esimerkiksi Tanskassa on vuonna 2019 otettu käyttöön vapaaehtoinen Industry Agreement for Sustainable Biomass, joka toimii kansainvälisten metsäsertifiointien tavoin.⁹² Oma kansallinen metsäsertifiointijärjestelmä olisi kansainvälisiä sertifikaatteja ketterämmin päivitettävissä. Se olisi myös helpompi harmonisoida EU:n direktiivien mukaiseksi tai korvata tarvittaessa kokonaan lainsäädännöllä.

Energiantuottajan näkökulmasta on jatkossakin oleellista vaatia puupolttoaineiden toimittajien täyttävän sertifikaateissa määritetyt kriteerit kestäväälle metsätaloudelle, koska se ei vaadi omien kriteerien määrittämistä tai mittarien arvottamista. Mikäli Suomi alkaisi kehittää omia ohjauskeinoja tai sertifikaatteja, olisi asiaa kuitenkin tarkasteltava uudestaan. Koska Suomessa ei tyypillisesti ole suoraa energiapuun hankintaa, on puun energiakäyttö vahvasti integroitu metsäsektoriin. Tästä johtuen puunhankinnan kestävyiden ja siihen liittyvien metsäsertifiointien kehittäminen vaatii usean sidosryhmän yhteistyötä.

Sertifikaattien vaatimisen ohella energiantuottajat voivat vaikuttaa erittäin oleellisesti myös siihen, missä mittakaavassa jakeita ylipäätään käytetään ja mitä tuotantoa sillä korvataan. Jos olettaa, että kaikki metsäpolttoaineiden käyttö on kestävä, kunhan polttoaine tulee sertifioidusta metsästä, kokonaisvaltainen järjestelmän kestävyiden tarkastelu jää helposti vähemmälle huomiolle.

8.6 Luonnonsuojelualueet

Vaikka metsänhoitoa tehtäisiinkin hyvien metsänhoidon periaatteiden mukaisesti, metsän luonnolliseen kiertoan kajoaminen vääjäämättä vaikuttaa myös luonnon monimuotoisuuteen. Kaikkein tehokkain tapa parantaa luonnon monimuotoisuutta on luonnonsuojelualueiden turvaaminen ja lisääminen. Vaikka metsien suojelutoiminta vaatii koko yhteiskunnan panoksen, vain luonnonsuojelualueita perustamalla voidaan saada kerralla suuria alueita siirrettyä ihmistoiminnan koskemattomiin. Suomen tavoitteena on suojellun maa-alueen osuuden nostaminen 30 prosenttiin, josta 10 prosenttia olisi tiukasti suojeltua.

⁸⁸ <https://fi.fsc.org/fi-fi/mika-fsc/fsc-numeroina>

⁸⁹ <https://fi.fsc.org/fi-fi/metsasertifiointi/fsc-sertifiointi-kaytannossa>

⁹⁰ <https://www.fsc.org/fsc-certification/>

⁹¹ <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/8e3da2ca-4329-5bf7-a1dc-f15180807ac1>

⁹² <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421519302873>

Meneillään oleva luonnonsuojelulain uudistus esittää esimerkiksi hiekkarantojen, kotojen, jalopuumetsien, merenrantaniittyjen ja harjumetsien valorinteiden suojelua luontotyyppeinä. Esityksessä perusteena kerrotaan, että suojelemalla kokonaisvaltaisesti kerralla suurta joukkoa lajeja. Monimuotoisuuden kannalta tärkeitä metsiä pitää suojella nykyistä tehokkaammin, mutta huomioon on myös otettava alueelliset tarpeet ja erikoispiirteet. Tätä automaattinen luontotyyppien suojeleminen ei tee.

Luonnonsuojelupolitiikka on ensisijaisesti valtion tehtävä. Koska luonnonpuistot ja kansallispuistot voidaan perustaa yleensä vain valtion omistamalle maalle, on myös Metsähallituksen rooli tässä merkittävä. Alueita voi kuitenkin suojella myös yksityisten metsänomistajien mailla Metso-ohjelman kautta. Myös sen osuutta pitäisi saada kasvatettua.

8.7 Energiateollisuuden biodiversiteettitiekartta

Energiateollisuus ry julkaisi Biodiversiteettitiekartan kesäkuussa 2022 ohjeistuksena alan yhtiöille. Tiekartan tavoitteena on vähentää energia-alan luontoon kohdistuvaa vaikutusta ja vastata luontokadon asettamaan haasteeseen ilmastotyön rinnalla. Metsäenergiaa tarkasteltaessa tiekartta keskittyy metsien toimintaan vaikuttamiseen erityisesti vastuullisen hankintaketjun kautta. Tiekartassa on annettu kehittämistoimenpiteitä myös polttoaineen kuljetuksiin ja välivarastointiin liittyen.

Yhtenä edistämistoina tiekartassa nostetaan esiin kestävien hankintasuosittelujen aktiivinen käyttö yrityksissä. Koska energiantuottajalla ei usein ole suoraa näkyvyyttä metsänhoidollisiin ratkaisuihin, vaan polttoaineen toimittaja erillinen polttoaineen toimittaja, jolla mahdollisesti on vielä lisäksi oma alihankintaketjunsä, on sopimusten kautta vaikuttaminen usein puupolttoaineiden käyttäjän ainoa vaikutuskeino. Toimivilla hankintamenettelyillä ja -sopimuksilla on mahdollisuus vaikuttaa metsätalouden toimintatapojen kehittämiseen, vaikkei suoraa näkyvyyttä ole. Energia-alan yrityksillä on yhtenä merkittävänä polttoaineen hankintajana mahdollisuus vaatia hankintasopimusten kautta tiettyä kestävyden tasoa metsänhoitosuosittelujen ja sertifikaattien vaatimisen kautta. Biodiversiteettitiekartassa on nostettu esille myös se, että metsänhoitosuositteluita ja sertifikaatteja on kehitettävä, jotta luonnon monimuotoisuus huomioidaan jatkossa paremmin.

Lisäyksiä metsänhoitosuositteluihin on nostettu tiekartassa muun muassa arvokkaiden alueiden turvaaminen, lahoppuun lisääminen, lehtipuiden säästäminen ja puuston monilajisuuden suosiminen, metsän ikärakenteen monipuolistuminen, kantojen käytön välttäminen, hakkuutähteiden osittainen jättäminen metsään, ojituksen vähentäminen sekä korjuuvaurioiden minimoiminen.

Koko metsäenergian elinkaaren kehittämiseen tiekartassa on esitetty kehitystoimenpiteitä polttoaineiden toimitusketjun tehostamiseen, polttolaitosten energiatehokkuuteen, tuhkien hyödyntämiseen ja itse laitosalueiden luonnon monipuolistamiseen liittyen. Kysyntään vastaamiseksi on nostettu kaksi ratkaisua: nuoren metsän hoidon tukeminen sekä poltolle vaihtoehtoisten kaukolämmön tuotantotapojen kehittäminen ja investointimahdollisuuksien edistäminen.⁹³

Energia-ala sitoutuu biodiversiteettitiekartassaan luonnon monimuotoisuuden edistämiseen niin, että vuoteen 2035 mennessä alan kokonaisvaikutus on nettopositiivinen. Täten biodiversiteettitiekartta tulee ohjaamaan voimakkaasti toimintaympäristöä ja alan toimijoiden, kuten myös Tampereen Sähkölaitoksen luonnonsuojelutyötä. Tampereen Sähkölaitokselta odotetaan biodiversiteettitiekartassa muiden energia-alan toimijoiden tapaan ympäristöllisen vastuun kantamista. Käytännössä biodiversiteettitiekartta tulee näkymään lähivuosina Tampereen Sähkölaitoksella biodiversiteettiin liittyvän osaamisen kehittämisenä ja biodiversiteettivaikutusten raportoinnin laajentamisena. Pidemmällä aikavälillä biodiversiteettitiekartta osaltaan ohjaa Tampereen Sähkölaitosta kehittämään kaukolämmön tuotantotapoja ja polttoaineen hankintaa luonnon monimuotoisuus paremmin huomioiden.

9 Energiapuun riittävyys

Vuonna 2023 metsäteollisuuden tuotanto tulee kasvamaan, jolloin teollisuuden puunkäyttö Suomessa lisääntyy lähes 8 % eli noin 5 milj. m³. Jos Venäjän puuntuonti on edelleen jäissä, lisätarve kohdistuu pääosin kotimaan puunkorjuuseen. Pellervon taloustutkimuksen metsäalan ennusteen mukaan puunkorjuu nousee yli suurimman ylläpidettävissä olevan hakkuukertymän eli yli 80,5 milj. m³ vuonna 2023.⁹⁴

⁹³ <https://energia.fi/energiapolitiikka/biodiversiteettitiekartta>

⁹⁴ <https://metsatrans.com/artikkeli/2816/ptt-ennuste:-suomen-puunkorjuussa-ja-puumarkkinoilla-on-edessa-kiireisia-vuosia-hakkuut-nousevat-ennatustasolle>

Metsäteollisuuden kysynnän lisäksi myös energiapuun kysyntä on viime aikoina lisääntynyt ja lisääntyy vielä muutamana seuraavana vuonna. Tämä johtuu enimmäkseen siitä, että turpeen käyttöä energiantuotannossa on korvattu biomassalla. Metsäteollisuuden sivuvirtoja ei nykyisellään mene hukkaan juuri missään, joten mikäli energiantuotantoon soveltuvien sivuvirtojen kasvu on hitaampaa kuin bioenergian kasvu, tulee energiapuun korjuu myös kasvamaan.

Lämmityskaudella 2022–2023 käynnistyy Helsingissä uusi Vuosaaren biolämpölaite, jonka lämpöteho on 260 MW. Osa tämän voimalaitoksen kulutuksesta tullaan kattamaan tuontihakkeella. Myös Tampereella energiapuun tarve hieman lisääntyy, kun uusi Naistenlahti 3 -voimalaitos korvaa vanhan Naistenlahti 2 -voimalaitoksen vuonna 2023 ja turpeen käytöstä luovutaan. Teollisuuden puolella puolestaan kulutusta lisää uusi Kemian biotuotetehdas, jonka suunniteltu valmistumisaika on syksyllä 2023. Tehdas lisää puun käyttöä Suomessa 4,5 miljoonaa kuutiometriä (5 % vuoden 2021 Suomen raakapuunkulutuksesta).

Käsillä oleva Venäjän sodan aiheuttama energiakriisi vaikuttaa kriittisesti myös energiapuun riittävyyteen Suomessa. Tulevana lämmityskautena 2022–2023 energiapuun kysyntään näyttää riittävän nykyinen kotimainen tuotantokapasiteetti, mutta kaudelle 2023–2024 tilanne näyttää epävarmalta. Tulevana vuonna voidaan joutua pohtimaan, onko parempi jatkaa turpeen käyttöä muutaman vuoden vai lisätä energiapuun tuotantoa, jolloin polttoon ohjautuu ilmastovaikutuksiltaan huonompia jakeita, kuten kantoja ja kuitupuuksi soveltuvaa puuta.

Pitkän aikavälin puun kulutusennusteet energiantuotannossa näyttävät kuitenkin kulutuksen laskua, koska sähkseen perustuvia tuotantomuotoja sekä hukkalämmön talteenottoa lisätään. Lisäksi kaukolämmön kysyntäennuste on lievästi laskeva uuden rakennuskannan energiatehokkuudesta johtuen, mikä myös osaltaan vähentää bioenergian tarvetta. Tampereen Sähkölaitoksen kulutusennustetta käsiteltiin tarkemmin luvussa 4.1.1.

Vaikkakin bioenergian kannatus on väestössä hieman laskusuuntainen, niin Energiateollisuuden vuonna 2020 teettämän kyselytutkimuksen mukaan suurin osa edelleen kannattaa bioenergian käytön lisäämistä. Kyselyn mukaan 11 % kannattaa bioenergian vähentämistä, 26 % pitää nykyistä käyttöä sopivana ja 56 % kannattaa käytön lisäämistä.⁹⁵ Viimeaikainen kehitys energiamarkkinoilla on todennäköisesti vaikuttanut väes-

tön näkemyksiin ja vahvistanut bioenergian asemaa kotimaisena ja huoltovarmana energiantuotantomuotona mielipidemittauksissa.

9.1 Energiapuun kivihiilen ja turpeen korvaajana

Konsulttiyhtiö AFRY ja Luke laativat työ- ja elinkeinoministeriölle ja maa- ja metsätaloustaloustieteiden tutkimuskeskukselle keuhäällä 2021 selvitykset metsähakkeen riittäväydestä energiatuotteen ja kivihiilen korvaajana.^{96 97}

Luken selvitys lähti siitä, että metsähakkeen saatavuus riippuu ainespuun hakkuumäärästä. Näin ollen metsähakkeen laskettiin toteutuneella hakkuukertymällä (TH), joka oli noin 65 milj. m³ vuodessa sekä suurimmalla vuosina 2026–2035 ylläpidettävissä olevalla hakkuukertymällä (SY), noin 79 milj. m³ vuodessa. Toteutunut hakkuukertymä perustuu 2016–2018 ainespuun hakkuusiin, jotka vaihtelivat vuosittain välillä 62–69 milj. m³.

Hakkeen kysynnälle Luke laati kolme skenaariota:

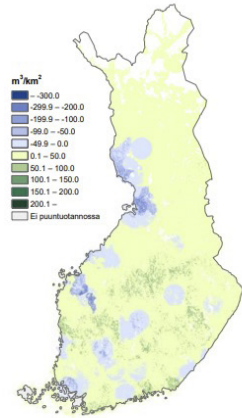
1. vuoden 2019 metsähakkeen käyttö + 50 % turpeen käytöstä (Turve50)
2. vuoden 2019 metsähakkeen käyttö ja 100 % turpeen käytöstä (Turve100)
3. vuoden 2019 metsähakkeen käyttö + 50 % turpeen käytöstä + osa kivihiilen käytöstä (Turve50Hiili)

⁹⁵ https://energia.fi/files/5537/Energiateollisuus_-_Energiaseenteet_2020.pdf

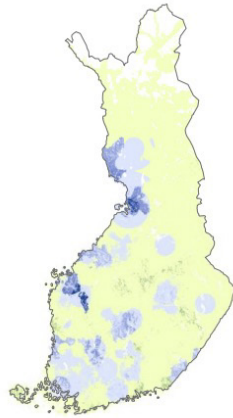
⁹⁶ https://tem.fi/documents/1410877/53440649/Metsahakkeen+kysynnän+kehitys+ja+riittävyys+Suomessa_LOPPURAPORTTI.pdf

⁹⁷ <https://mmm.fi/documents/1410837/7764238/Luke+2021+Metsahakkeen+riittävyys+energiaturpeen+korvaajana+05032021.pdf/>

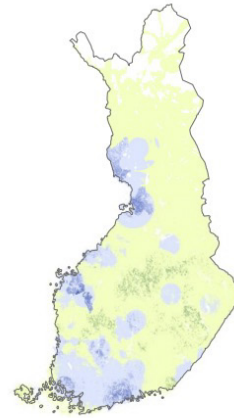
TH & Turve50



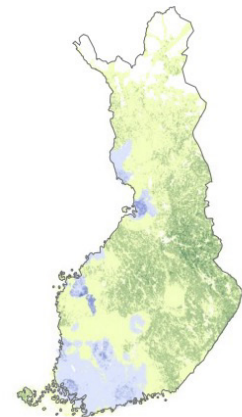
TH & Turve100



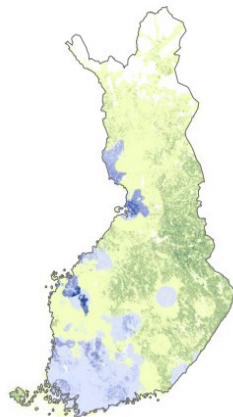
TH & Turve50Hiili



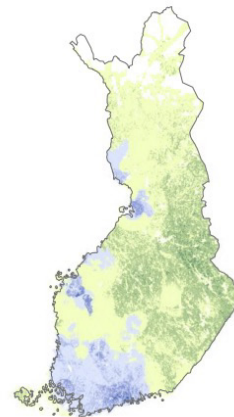
SY & Turve50



SY & Turve100



SY & Turve50Hiili



KUVA 26 Metsähaketase Luonnonvarakeskuksen selvityksen eri skenaarioissa.

Selvityksen tulos oli, että metsähakkeella voitaisiin jo nykyisellä toteutuneella hakkuukertymällä korvata 50 % energiaturpeen käytöstä koko maan tasolla, mutta tällöin metsähakkeesta tulisi alueellista pulaa, etenkin Pohjanmaalla. Jos hakkuita lisättäisiin suurimmalle kestävästi ylläpidettävälle tasolle (79 milj. m³ vuodessa), voitaisiin joko

korvata turpeen käyttö kokonaan tai luopua kivihielestä kokonaan ja vähentää turpeen käyttöä 50 %.

Kivihieksen korvaamista laskettaessa otettiin huomioon kuuden suurimman kivihieksen käyttäjän korvaussuunnitelmat erikseen, koska heidän kivihieksen kulutustaan ei voi suoraan korvata biomassalla. Tässäkin skenaariossa hakkeesta tulee pulaa erityisesti Lounais- ja Etelä-Suomessa, Pirkanmaa mukaan luettuna. Kyseisillä alueilla energian kulutus on suurinta eikä hakkuita ole varaa lisätä paljon. Tämä tarkoittaa, että haketta pitäisi tuoda ulkomailta tai kauempaa Itä- ja Pohjois-Suomesta. Kuljetuskustannukset lisääntyisivät, samoin kuljetuksista johtuvat kasvihuonekaasupäästöt, mikä vähentää kivihieksen ja turpeen korvaamisesta saatavia ilmastohyötyjä.

AFRY:n tulokset ovat samansuuntaisia. Selvitys ennustaa eri skenaarioiden mukaan metsähakkeen kysynnässä 30–40 % nousua vuoteen 2030 mennessä, mistä seuraa alueellista pulaa hakkeesta länsirannikolla ja Etelä-Suomessa. Taas kerran puun tuonti ulkomailta tai Itä- ja Pohjois-Suomesta lisääntyisi. AFRY toteaa myös, että metsähake on huoltovarmuuden kannalta hankalampaa kuin turve, koska se vaatii alhaisen lämpöarvon takia paljon varastointitilaa. Metsähakkeen lämpöarvo huononee varastoitessa, ja sen on annettava kuivua kesän yli, mikäli polttavassa laitoksessa ei ole kosteamman biomassan käytön mahdollistavaa savukaasupesuria.

Tämä viittaisi siihen, että energiaturpeen käytöstä voidaan luopua, mutta se edellyttää hakkeen tuontia, kuljetusväilyksien kasvattamista tai isoja satsauksia esimerkiksi Power-to-Heat-ratkaisuihin. Tuulivoima, geoterminen lämpö, maalämpö ja muut lämpöpumput ovat tärkeitä ratkaisuja. Isossa osassa Suomea biomassalla on merkittävä rooli vihreässä siirtymässä, mutta koko pääkaupunkiseudun lämmöntuotantoa sillä ei voida ratkaista.

Turpeen käyttöä puolustetaan huoltovarmuusteknisillä näkökulmilla. Turvetta voi varastoida paremmin kuin puuta, mutta sekään ei säily vuosikausia, eikä toimitusketjuja voi luoda tyhjistä. Jotta turve voi toimia huoltovarmuuspolttoaineena, täytyy turpeen energiakäytön olla jatkuvaa.

Äärimmäisessä huoltovarmuuskriittisessä tilanteessa voitaisiin käyttää myös ainespuuta energiapuuna eli hakettaa kuitu- ja tukkipuuta polttoaineeksi. Tämä ei tietenkään ole taloudellisesti järkevää, mutta ympäristön kannalta se olisi todennäköisesti parempi vaihtoehto huoltovarmuuden takaamiseksi kuin jatkuva turpeen käyttö toimitusketjujen ylläpitämiseksi.

9.2 Metsänhoitorästit

Vuonna 2018 tehdyn valtakunnallisen metsien inventoinnin (VMI) perusteella Suomessa on 800 000 ha kohteita, joissa taimikonhoito on viivästynyt. Näistä 460 000 ha on sellaisia, joiden harvennushakkuista saataisiin erityisesti energiapuuta. Lisäksi Suomen metsissä on 900 000 ha kiireellisiä ensiharvennuskohteita. Osassa näistä kohteista on järkevää kerätä nimenomaan energiapuuta, mutta niistä on saatavissa myös kuitupuuta ja pikkutukkia.⁹⁸

Hoitamattomuus kostaatuu metsänomistajalle. Jos varhaisperkaus ja taimikonhoito laiminlyödään, ensiharvennuksessa kertymäksi jää runsas 30 kuutiometriä hehtaarilta. Hoidetussa metsikössä saanto on kaksinkertainen.⁹⁹ Tällä arviolla laskettuna, jos kaikki ensiharvennuksen hoitorästit sekä erityisesti energiapuuksi soveltuvat taimikon harvennusrästit hyödynnettäisiin, olisi kertymä yhteensä 40,8 miljoonaa kuutiota. Vuonna 2021 energiapuun osuus Suomen hakkuukertymästä oli 3,6 miljoonaa kuutiota. Karkeasti arvioiden hoitorästit voisivat siis kattaa Suomen energiapuun tarpeen 11 vuoden ajan. Osa rästeistä hyödynnetään kuitenkin myös kuitupuuna ja pikkutukkina, jolloin energiapuun kokonaismäärä on todellisuudessa tätä hieman pienempi.

Jos rästiin jääneet metsänhoitotyöt tehtäisiin, saataisiin paitsi runsaasti energiapuuta polttoaineeksi myös ainespuuta metsäteollisuuden käyttöön. Tästä osa ohjautuisi lopulta jäte- ja sivuvirtoina energiakäyttöön. Metsänhoidosta huolehtiminen parantaisi myös metsien kasvua ja sitä myöten hiilensidontaa ja tulevaa hiilivarastoa. Huolena on, että hoitovelan kasvaessa ja metsien kasvun hidastuessa puu ei riitä tulevaisuuden tarpeisiin.

Hoitorästit ovat valtaosin yksityismetsissä. Kestävän metsätalouden rahoitusjärjestelmä (Kemera) tukee yksityisten maanomistajien metsänhoidon toimenpiteitä. Vuonna 2021 Kemera-tukea käytettiin 15 % vähemmän kuin aiempina vuosina ja siitä jäi noin neljännes käyttämättä.¹⁰⁰

⁹⁸ <https://forest.fi/fi/artikkeli/huoltovarmuus-on-liipaisimella-ellei-puuta-saada-liikkeelle-venajan-hyokkays-nosti-nuorten-metsien-hoidon-avainasemaan-energianuotannossa/>

⁹⁹ <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/varaudu-tulevaisuuteen/#056edd3c>

¹⁰⁰ <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/metsanhoidon-tyomaarat-jaivat-kaus-tavoitteista-viime-vuonna-0>

9.3 Metsätuhojen vaikutus

Yleisimmät metsätuhojen aiheuttajat ovat metsäpalot, tuholaiset ja myrskyt. Näistä tuholaisvahingot ja myrskyvahingot lisäävät hetkellisesti puun tarjontaa, kun joko myrskykaatoja kerätään tai tuholaisvahinkojen leviämistä pyritään ehkäisemään keräämällä vahingoittuneet puut metsistä.

Pitkällä aikavälillä kuitenkin kaikki metsätuhot vähentävät puun saatavuutta, kun metsän kiertoaika lyhenee ja puiden laatu huononee. Ilmastonmuutoksen myötä metsätuhot tulevat yleistymään: sään ääri-ilmiöiden yleistyminen lisää myrskyvahinkoja, roudan vähentyminen heikentää puiden kykyä kiinnittyä maahan ja ilmaston lämpeneminen nostaa metsäpalojen ja tuholaisvahinkojen riskiä.

Keski-Euroopassa hyönteistuhot ovat olleet erittäin merkittäviä ja erityisesti kirjanpaina-jatuhot ovat räjähtämässä käsiin. Esimerkiksi Tšekissä vuoden 2019 tuhopuun määrä oli arviolta noin 30 miljoonaa kuutiota, joka on lähes kaksinkertainen määrä keskimääräisiin vuotuisiin hakkuihin verrattuna. Tuhoista aiheutuneet hakkuut ovat romahduttaneet tukkipuun hinnan Tšekissä. Korjatun puun määrä on niin suuri, ettei paikallinen sahateollisuus pysty sahaamaan kaikkea tuhopuuta tai myöskään hyödyntämään sitä sen huonon laadun takia, jolloin puu ohjautuu energiakäyttöön Eurooppaan ja Euroopan ulkopuolelle. Tämän takia Tšekin valtion metsissä kiellettiin tilapäisesti terveiden metsien hakkuut vuonna 2019.

Tšekin lisäksi suuria tuhoja on viime vuosina ollut Saksassa, Ranskassa, Puolassa ja Slovakiassa. Keski-Euroopan tuhopuun korjuun takia raakapuuvienti on kasvanut muualle Eurooppaan ja Euroopan ulkopuolelle.¹⁰¹ Myös Suomessa ja Ruotsissa metsätuhot, erityisesti myrsky- ja lumituhot, ovat aiheuttaneet ajoittain markkinahäiriöitä puumarkkinoilla.

Vaikka myös Suomen metsiä uhkaavat yleistyvät tuholaisvahingot ilmaston lämpenemisen myötä, on niiden todennäköisyys Keski-Eurooppaa pienempi. Suomessa laajamittaisia tuholaisvahinkoja ehkäisevät laaja metsätieverkosto ja metsänhoidolliset toimet. Hyvä metsänhoito ja laaja tieverkosto myös osaltaan ehkäisevät metsäpalojen leviämistä, kun sammutuskalusto pääsee helpommin kohteeseen, metsät on rajattu pienempiin alueisiin tieverkoston avulla ja hakkuutähteiden korjaamisen ansiosta metsissä on vähemmän palokuormaa eli paloherkkää puuainesta. Toisaalta tuholaisriskiä

¹⁰¹ https://www.researchgate.net/publication/333475478_Metsatuhot_vaikuttavat_Euroopan_puumarkkinoihin_-_Suomessa_vaikutukset_toistaiseksi_vahaisia

lisää kuusen kasvanut suhteellinen osuus eli puuston yksipuoleisuus. Metsän monipuolisuuteen on myös tässä mielessä tärkeää kiinnittää huomiota.¹⁰²

9.4 Vaihtoehdot biomassalähteet

Aiemmin selvityksessä esitettyjen biomassajakeiden lisäksi muiden biomassalähteiden mahdollisuuksia energiantuotannon polttoaineena tutkitaan. Esimerkiksi turvesoilla ja vajaa-tuottoisilla pelloilla on mahdollista viljellä lyhytkiertopuuta tuottamaan nopeasti biomassaa. Näitä peltobiomassoja ja muita lyhytkiertoisia biomassoja on tutkittu erityisesti ennen 2000-lukua, mutta halvan energian aikaan nämä eivät ole olleet taloudellisesti kannattavia.

Vaihtoehtoisia biomassalähteitä ovat esimerkiksi maatalouden sivuvirrat, kuten käyttämättömän viljan oljet, ja viljeltävät energiakasvit, kuten ruokohelpi. Näitä jakeita kutsutaan joissain lähteissä myös nimellä peltobiomassat. Yhden arvion mukaan viljeltäviin energiakasveihin perustuva energialisäpotentiaali Suomessa on noin 14 TWh/a.¹⁰³

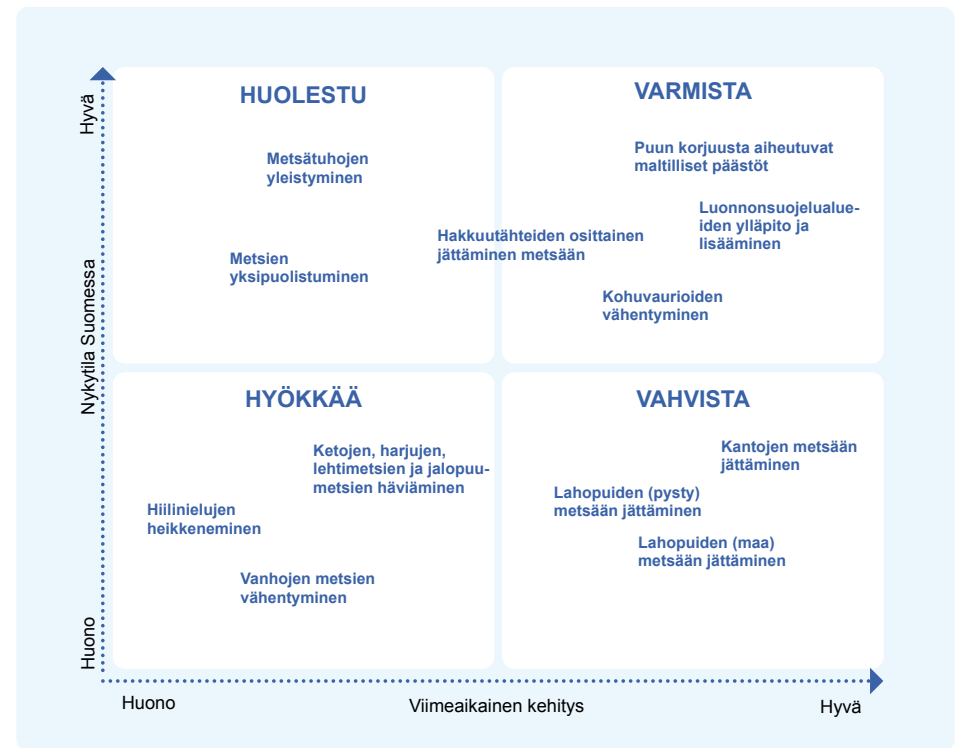
Lyhytkiertopuiksi kutsutaan alle 30 vuoden kierrolla poistuvia puita, kuten pajua, koivua ja harmaaleppää. Käytöstä poistuvaa turvetuotantoalaa voisi hyödyntää lyhytkiertopuiden viljelyyn. Muita potentiaalisia metsityskohteita ovat käytöstä poistuneet pellot ja laitumet. Pelloilla kasvatetun puubiomassan energialisäpotentiaali on arviolta yhtä suuri kuin viljeltävien energiakasvienkin.

Peltobiomassojen ja lyhytkiertotuotteiden energiahyödyntäminen kasvattaisi kokonaisuudessaan kotimaista biomassan tarjontaa, mikä auttaisi vastaamaan biomassan kysyntään tilanteessa, kun tuonti Venäjältä on jäissä. Tuotantopotentiaalia kuitenkin rajoittaa viljelyyn soveltuvien peltöjen puute. Mikäli viljely- ja ruuantuotannon muutokset vapauttavat peltopinta-alaa energiakasvien viljelyyn ja samanaikaisesti energiapuun tarjonnan tai kysynnän muutokset nostavat tuotannon kannattavuutta, tulevat nämä biomassajakeet myös Suomessa enenevässä määrin osaksi biomassanjakeiden kokonaisuutta.

Nykyennusteella Tampereen Sähkölaitos ei näe, että nämä vaihtoehtoiset biomassalähteet tulisivat osaksi Sähkölaitoksen biomassan hankintaa. Huomioitavaa on lisäksi, että luvun 7.2. mukaan peltobiomassojen elinkaaripäästöt ovat biomassan päästöjakauman kärjessä, ja siksi eivät kaikista ympäristöystävällisin ratkaisu.

10 Yhteenveto – Tampereen Sähkölaitoksen energiapuun käytön kestävyys

Selvityksessä on käyty läpi oleellimmat puun käytön kestävyysnäkymät ja energiakäytön rooli tässä kokonaisuudessa. Bioenergia on liitoksissa moneen kestävyysnäkökulmaan joko suoraan tai epäsuorasti. Selvästi bioenergian kestävimät jakeet ovat metsäteollisuuden sivuvirroista muodostuneet jakeet. Koska niiden saatavuus on rajattua kasvattaessa bioenergian tuotantokapasiteettia Suomessa, paine kohdistuu erityisesti metsäpoltoaineisiin. Kuvassa 27 on arvioitu metsän käyttöön liittyvien trendien viimeaikaista kehitystä ja nykytilaa Suomessa kestävyysnäkökulmasta.



KUVA 27 Metsien käyttöön liittyvät trendit Suomessa.

¹⁰² <https://www.ptt.fi/ajankohtaista/uutiset/keski-euroopassa-ennennakemattomat-metsatuhot.html>

¹⁰³ <https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2020/05/Bioenergia-alan-panos-hiilinegatiiviseen-tulevaisuuteen-Suomessa-.pdf>

10.1 Tampereen Sähkölaitoksen nykyisen puun käytön ilmastovaikutukset

Oleellista Tampereen Sähkölaitoksen nykyisen puun käytön ilmastovaikutusten arvioinnissa on, mikä olisi bioenergialle vaihtoehtoinen tuotantomuoto ja vastaavasti, mitkä olisivat puun energiakäytön vaihtoehdot.

Kun vertaillaan vaihtoehtoisia energiantuotantomuotoja, on otettava huomioon eri vaihtoehtojen todelliset rajoitteet kansallisen tason ratkaisuksi skaalattaessa. Aivan kuten puuta ei voi käyttää rajattomasti ilman, että ilmastohaitta kasvaa, ei myöskään sähköä ja lämpöpumppuja voida ottaa rajatta käyttöön ilman, että se vaikuttaa sähköjärjestelmän kustannuksiin ja sähköntuotannon päästöihin. Tässä selvityksessä lämpöpumpun elinkaaripäästöt on arvioitu olevan 35–65 kgCO₂-ekv/MWh ja biomassan 14–90 kgCO₂-ekv/MWh. Mikäli energiakäytössä hyödynnetty biomassa on elinkaaripäästöjen arvion keskiarvossa tai sen alapuolella, ilmaston kannalta käyttö on yhtä kestävää kuin muilla kaupallisesti tarjolla olevilla vähäpäästöisillä teknologioilla.

Energiapuulle ja metsäteollisuuden sivuvirroille ei nykyisellään ole juuri muita käyttökohteita kuin energiakäyttö. Korkeamman jalostusasteen käyttökohteita etsitään jatkuvasti, mutta kaupallista läpimurtoa ei ole vielä tapahtunut. Tulevaisuudessa niitä on kuitenkin odotettavissa, ja vaikutukset energiapuumarkkinaa riippuvat volyymeistä.

Vaihtoehto energiakäytölle on myös puun jättäminen metsään. Tällöin puuhun sidottu hiili osittain vapautuu luonnollisen hajoamisen kautta kiertoon ja osittain sitoutuu maaperään. Nopeasti hajoavien jakeiden, kuten oksien, lehtien ja kuoren, korjuu ei vaikuta merkittävästi hiiliasapainoon, koska jae hajoaisi muutenkin metsässä muutamassa vuodessa lähes kokonaan. Biomassajakeisiin liittyvä aikariippuvuus heikentää metsäbiomassan käytön mahdollisuuksia ilmastonmuutoksen nopeana hillitsijänä. Tampereen Sähkölaitoksella poltetaan metsäteollisuuden sivuvirtojen lisäksi sekä nopeasti hajoavia että hitaammin luonnossa hajoavia jakeita.

Puu toimii polttoaineena hyvin kaukolämpöjärjestelmässä yhdistettynä lisääntyvään, keskitettyyn ja tuntioptimoituun sähkön käyttöön. Tällä tavoin pystytään luomaan ympäristöystävällinen ja huoltovarma biomassaa ja uusiutuvaa sähköä hyödyntävä lämmitysjärjestelmä kaupunkeihin. Puun käyttö tulee pienenemään Suomessa ja Tampereen Sähkölaitoksella nykypäätöksillä ja ohjaukskeinoilla asteittain. Laitokset, joihin asennetaan CCS-laitteisto, jäänevät käyttöön pitkäksi aikaa, sillä biomassaa yhdistettynä hiili-

dioksidin talteenottoon ja varastointiin on ainoa energiantuotantokeino, jolla voidaan saavuttaa negatiiviset päästöt. Energiantuotantomuotoihin liittyviä haasteita on kuvattu Tampereen Sähkölaitoksen raportissa **Selvitys polttoon perustumattomaan ja hiili-negatiiviseen kaukolämpöön siirtymisestä**.

10.2 Tampereen Sähkölaitoksen nykyisen puun käytön vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen

Tilastotiedon valossa Suomessa ei kaadeta metsiä energiakäyttöön, sillä se olisi sekä ympäristö- että talousnäkökulmista tehotonta. Energiapuusta maksetaan tukki- ja kuitupuuta vähemmän, eikä tässä ole nähtävissä muutosta. Energiapuun korjuu tapahtuu muun metsäteollisuuden oheistoimintana, ja se on pieni osa koko metsien käytön kokonaisuutta Suomessa.

Luonnon monimuotoisuudelle tärkeimpiä ovat metsiin jätetyt järeät puut ja eri lahoamisasteessa olevat lahopuut, joita Tampereen Sähkölaitokselle tulee erittäin pienissä määrin (arviolta < 1 %, tarkkaa tilastotietoa ei ole saatavilla) nykyisiltä polttoaineentoimittajilta. Lisäksi kantojen ja juurakoiden keruu olisi hyvä jättää minimiin, mikäli kyse ei ole infra- ja asuinrakentamisesta tai peltojen raivauksesta. Päätehakkuilta nostettuja kantoja tulee Tampereen Sähkölaitokselle osalta polttoaineentoimittajista.

Metsiin jätettyjen jakeiden määrää ohjaavat lainsäädännön lisäksi metsäsertifioinnit. Kaikki Tampereen Sähkölaitoksen polttoaineentoimittajat ovat osoittaneet noudattavansa nykyisiä kestävyysvaatimuksia joko PEFC- tai FSC-sertifikaattien kautta tai muilla menetelmillä.

10.3 Tampereen Sähkölaitoksen ennustetun puun käytön vaikutukset

Vaikka Tampereen Sähkölaitoksen puun käyttöennuste näyttää kulutushuipun osuvan lähivuosille ja sitten kääntyvän laskusuuntaiseksi, on Suomen hiilinielun nykyinen kehityssuunta huolestuttava. Sisämaassa on erittäin oleellista seurata kestävästi tuotetun energiapuun riittävyttä. Mikäli kestävästi kerättävää energiapuuta on saatavilla nykyistä laajemmalla hankintasäteellä, voidaan kuljetuksen verrattain maltillisten päästöjen (noin 2 kgCO₂-ekv/MWh 100 km säteellä) valossa hankintasädetä kasvattaa.

Jos kestävästi korjatusta energiapuusta tulee sisämaassa pulaa, on Tampereen Sähkölaitoksen pystyttävä vähentämään puun käyttöään. Tampereen Sähkölaitos on panostanut tähän investoimalla polttoon perustumattomiin ratkaisuihin, kuten HVT30 datasalin hukkalämpöjen talteenottoon (2022) ja sähkökattilaan (2023). Muita selvityksessä olevia projekteja on lisäksi Naistenlahti 3 lisälämmöntalteenotto, biohiilen tuotannon hukkalämmöt ja synteettisen polttoaineen tuotannon hukkalämmöt.

Energiateollisuus ry:n biodiversiteettikartassa esitetty tavoite olla biodiversiteetti-vaikutuksiltaan nettoposiitiivinen ala vuoteen 2035 mennessä ohjaa myös Tampereen Sähkölaitoksen biodiversiteettityötä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi Tampereen Sähkölaitos esimerkiksi tulee kehittämään biodiversiteettiin liittyvää osaamista ja laajentamaan biodiversiteetti-vaikutusten raportointia osana yrityksen vastuullisuusraportointia. Pidemmällä aikavälillä biodiversiteettikartta osaltaan ohjaa Tampereen Sähkölaitosta kehittämään kaukolämmön tuotantotapoja ja polttoaineen hankintaa luonnon monimuotoisuus paremmin huomioiden.

Tampereen Sähkölaitoksella on meneillään kannattavuus selvitykset hiilidioksidin talteenotosta CHP-voimalaitoksistaan. Toimiva negatiivisten päästöjen markkina Euroopassa on elinehto BECCS:lle. Lainsäädäntö on EU:ssa työn alla, ja todennäköisesti tällainen markkina Eurooppaan jossain kohtaa muodostuu. Tällöin BECCS:n käyttöönotto ja energiasektorin negatiiviset päästöt voivat olla mahdollisia myös Tampereella.

10.4 Tampereen Sähkölaitoksen vaikuttamismahdollisuudet

Tampereen Sähkölaitoksen kannattaa vaikuttaa suoraan energiapuun korjuuseen vaatimalla polttoaineen toimittajien metsäsertifiointeja, energiateollisuuden metsänhoitosuosituksen noudattamista ja tukemalla sertifikaattien kehittämistä yhdessä Energiateollisuuden ja Bioenergia ry:n kanssa. Jos 90 % Suomen metsistä kattavalla PEFC-sertifikaatilla ei ole yhteiskunnan hyväksyntää, ei suomalaisella metsänhoidolla ole yhteiskunnan hyväksyntää. Tämä on keskeinen haaste toimijoille ja yhteiskunnalle.

Lisäksi Tampereen Sähkölaitos voi vaikuttaa ilmastolle ja luonnon monimuotoisuudelle haitallisimpien jakeiden määrään voimalaitoksissaan, esimerkiksi kantojen ja lahopuiden energiakäytön rajoittamisen kautta. Myös tuhkan hyötykäyttö, erityisesti mikäli se täyttää lannoitteen laatukriteerit, on hyvä tapa parantaa puun käytön elinkaari-vaikutuksia.

Tampereen Sähkölaitoksella on laajan kaukolämpöverkon ansiosta mahdollisuus lisätä tuotantopalettiinsa myös polttoon perustumattomia vaihtoehtoja. Sähköistämällä tuotantoa vapautetaan kestävä puu muulle yhteiskunnalle tilanteissa, joissa puusta on pulaa ja puhtaasta sähköstä on ylitarjontaa.

10.5 Mittarit Tampereen Sähkölaitoksen puun käytön kestävyysraportointiin

Hyvien julkisten mittareiden perusteella Tampereen Sähkölaitos voi tuoda uskottavuutta viestintään ja ohjata omaa puunhankintaansa kohti omistajan, Tampereen kaupungin, määrittämiä tavoitteita.

Suomessa metsänhoidolla on pitkät perinteet ja käytössä on paljon erilaisia mittareita. Sähkölaitoksen on turha monimutkaistaa prosessia jollain uudella mittarilla, jos se ei tuota huomattavaa lisäarvoa. Uusien standardien luominen lienee Sähkölaitokselle varsin haastavaa, ja sitä tuskin odotetaankaan.

Tampereen Sähkölaitoksella on Hervannan hakelämpökeskukselle ja Sarankulman lämpökeskukselle Energiaviraston hyväksymät kestävyysjärjestelmät. Naistenlahden voimalaitoksen kestävyysjärjestelmän hakuprosessi on vielä kesken, koska laitoksen kattilauusinta on vasta meneillään. Kestävyysjärjestelmät kattavat kaikki Tampereen Sähkölaitoksen käyttämät biomassapolttoaineet ja lähtökohtana on, että yritys käyttää vain kestävä puu, jonka tarkka alkuperä on tiedossa. Kestävyyskriteeriselvitykset tehdään jatkossa vuosittain.

Voimalaitosten kestävyysjärjestelmien lisäksi kestävä puunhankintaa voidaan mitata seuraamalla, mitä metsäsertifiointeja Tampereen Sähkölaitoksen polttoaineentoimittajat käyttävät ja mikä on sertifioiduista metsistä tulevien polttoaineiden osuus kokonaiskäytöstä. Toisaalta tässä on osattava ottaa huomioon, että myös sertifioimaton metsäbiomassa voi olla vastuullisesti ja kestävästi tuotettua. Tätä pitäisi kuitenkin pystyä nykyistä paremmin seuraamaan.

Puun käytön kestävyys kannalta oleellista on olla myös perillä käytön muutoksista. Erityisesti polttoon tulevien kantojen määrää on edelleen seurattava, jotta nykyinen alhainen taso säilyy. Lahopuiden määrää ei nykyisellään tarkkaan seurata, eikä sellaista tietoa polttoaineentoimittajilta ole myöskään mahdollista saada. Nykyisten polttoaineja-

keiden määrän seuranta on jatkettava ja seuranta myös lahopuiden osalta yritettävä saada mahdolliseksi.

Polttoaineen hankintasäde on oltava Sähkölaitoksen tiedossa. Hankintasäteellä on varaa hieman kasvaa nykyisestä, ja sitä myös jo rajaa kuljetuskustannusten nousu hankintasäteen laajentuessa. Hankintasäteen kasvaminen voi kuitenkin olla hyödyllinen indikaattori puun riittävyyden arviointiin.

Tämän selvityksen havaintojen pohjalta Tampereen Sähkölaitos lähtee kehittämään yrityksen käyttämän energiapuun seuranta ja raportointia.

10.6 Puun käytön ohjaaminen yhteiskunnan kokonaisedun kannalta

Metsien hyödyntäminen pitää kansallisesti saada sopivalle tasolle sekä ilmastovaikutusten että monimuotoisuuden suhteen. Ilmastonmuutoksen vastaisessa taistelussa tarvitaan toimia niin hiilinielujen kasvattamiseksi kuin myös fossiilisen tuotannon korvaamiseksi. Hiilinielun kasvattaminen ja puun energiakäyttö eivät ole toisiaan poissulkevia toimia, vaan tasapainon löytäminen on mahdollista.

Luonnon monimuotoisuuteen on yhteiskunnallisesti tehokkainta vaikuttaa lainsäädännöllä, metsäsertifikaateilla ja luonnonsuojelualueilla. Lainsäädännön pitää pystyä varmistamaan puun käytön kestävyys perustaso siten, ettei myöskään metsien taloudellinen hyödyntäminen vaarannu. Metsäsertifikaattien puolestaan pitäisi olla nykyistä kunnianhimoisempia, jolloin myös kuluttajilla on parempi mahdollisuus vaikuttaa valinnoillaan kestävään puun käyttöön. Sertifioinneista huolimatta ihmisen toiminta tulee vääjäämättä näkymään metsien ekosysteemissä. Tämän takia tarvitaan sertifiointien lisäksi myös nykyistä enemmän luonnonsuojelualueita. Luonnon monimuotoisuuden huomioimista metsänhoidossa parannetaan lisäksi kehittämällä metsäalan koulutusta.

Puun saatavuus ei ole kaikkialla Suomessa sama. Etelä-Suomessa ja rannikkoalueilla, kuten pääkaupunkiseudulla, ei saatavuushaasteiden takia suuren mittakaavan toimiva ratkaisu ole bioenergia. Alueilla, joissa kestävä puun saatavuus on parempi ja lisäksi metsäteollisuuden sivuvirtoja on saatavilla, bioenergia toimii tehokkaasti osana kiertoaloutta sekä tukee järjestelmän huoltovarmuutta. EU:n ja Suomen lainsäädännön

kehittämisessä on huomioitava nämä alueelliset ominaispiirteet, ja erityisesti varmistettava, ettei metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntämistä estetä.

Kestävän puun tarjontaan vaikuttavat Suomen nykyiset laajat metsänhoitorästit. Suomen hiilinielut kärsivät hoitamattomista metsistä, sillä hoidettu metsä kasvaa hoitamattomaa nopeammin. Lisäksi kansantaloudelle tulee haittaa huonosti hoidetuista kansallisesti uusiutuvista resursseista. Tässä akuutissa kriisitilanteessa metsänomistajat pitää saada aktivoitumaan metsänhoidossa.

Suomen energiantuotannossa siirtymä fossiilisista polttoaineista puupolttoaineisiin on tapahtunut juuri ensisijaisesti vaihtoehtojen rajallisuuden takia, mutta myös metsäteollisuuden ansiosta. Sähkön käyttöä on rajoittanut korkea verotus, mutta nykytilanteessa sillä on potentiaalia myös teollisen luokan lämmöntuotannossa. Matala sähkövero ja korkea päästöoikeuksien hinta mahdollistavat sähköistämisen. Tällöin puhtaan tuotannon ylitarjonta ohjautuu kaukolämmitykseen. Jos sähköstä on hetkellisesti pulaa, korvautuu kaukolämpöverkon sähkönkäyttö puulla. Älykäs sähkön käyttö kaupunkien lämmittämisessä edellyttää nykYTEKNOLOGIOILLA, että myös bioenergiaa hyödynnetään sen rinnalla.

Korkea päästöoikeuden hinta, matala sähkövero keskitetyssä energiantuotannossa ja puun käytön verottomuus takaavat sen, että fossiilisia polttoaineita käytetään vain hätätapauksessa. Vuositasolla fossiilisten polttoaineiden käyttö on Suomen kaukolämpöjärjestelmissä vähäistä. Bioenergiailaistosten korkean pääomaintensiivisyyden takia kaukolämpöverkkojen kilpailukyky on vakavassa vaarassa, mikäli puun energiakäytöstä lähdetäisiin voimakkaasti ohjaamaan pois. Samalla menettäisimme yhden kansallisista valttikorteista ilmastotyössä.

BECCS on laskettavissa tulevaisuudessa nimenomaan Suomen alueelliseksi vahvuudeksi ja negatiivisten päästöjen mahdollistamiseksi tulisi säätää negatiivisille päästöoikeuksille laaja ja luotettava markkinamekanismi, selvät pelisäännöt ja riittävät kannustimet.

11 Lisätietoa

Tämä luku taustoittaa selvityksessä esitettyjä väitteitä ja antaa lisätietoja kokonaisuuden hahmottamiseksi.

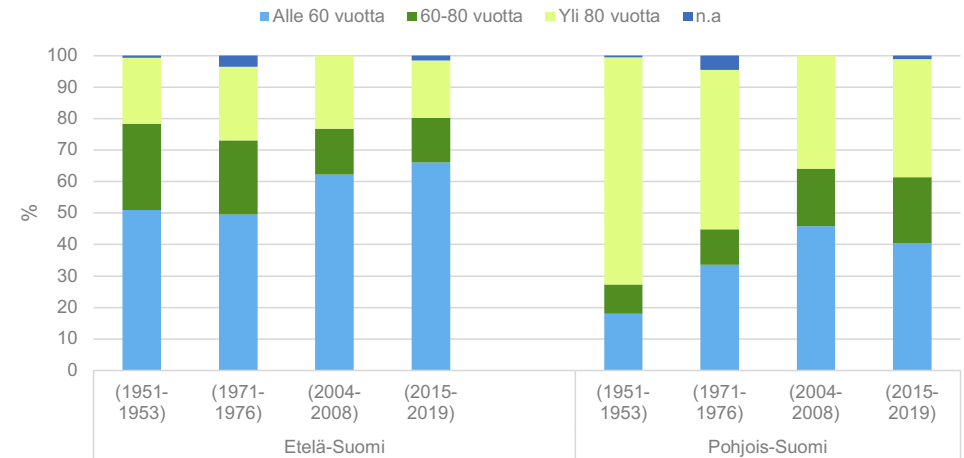
11.1 Bioenergian kytkeytyminen sähkömarkkinoihin

Ilmastotyön vaikuttavuuden maksimoinnissa tulee ottaa huomioon pohjoismaisen ja eurooppalaisen sähkömarkkinan keskinäinen kytkeytyminen. Tätä kirjoittaessa sähkön Suomen aluehinnan johdannaiset tulevalle talvelle ovat kiinnittyneet ruskohiilen hintaan. Sähkön hinnan muodostuminen Venäjän hyökkäyssodan aikana on paljastanut eurooppalaiseen sähköntuotantoon liittyvät fundamentit yleisölle. Pohjoismaisesta puhtaasta sähköstä saa fossiilisähkön hinnan, koska sillä korvataan fossiilista sähköä. Hyvin rajallisen olemassa olevan puhtaan sähköntuotantokapasiteetin hyöty kannattaa maksimoida sekä ilmasto- että geopolitiittisten kriisien helpottamisessa.

Fossiilisen sähköntuotannon muuttamisen mittakaava on hämmästyttävän suuri. Sähköstymisen edetessä EU:n ohjaus huippukulutuksen tuomiin haasteisiin vastaamisessa suuntautuu tällä hetkellä vetyyn. Vedyntuotanto on keino muuttaa uusiutuvaa sähköä varastoitavaan muotoon, mutta lämmityskäytössä markkinaehtoista tai ympäristöystävällistä liiketoimintamallia vetyteknologialle biomassan vaihtoehtona on vaikea nähdä. Vedyntuotanto lisäisi uusiutuvan sähkön tarvetta edelleen. Järjestelmätasolla on nähtävissä, että biomassan kestävä hyödyntäminen kaupunkien lämmittämisessä vapauttaa puhdasta sähköä monenlaisiin hyvin kriittisiin tarkoituksiin laajalla alueella. Teknologianeutraalisuus poliittisen ohjauksen yhteydessä on avainasemassa. Tulevaisuuden teknologioiden suhteen Euroopassa on monia tärkeitä alueellisia vaihtoehtoja.

11.2 Metsien kasvatusta Suomessa

Metsän kasvatusta istutuksesta päätehakkuuseen kestää keskimäärin 60–90 vuotta. Suomessa noin viidesosa metsistä on alle 20-vuotiasta, toinen viidesosa 20–40-vuotiasta ja kolmas viidesosa 40–60-vuotiasta. Loput metsistä ovat sitä vanhempia. Kuvassa 28 näkyy Suomen metsien ikärakenteen kehittyminen Etelä- ja Pohjois-Suomessa.¹⁰⁴ Kuvasta näkee, että Suomen metsät ovat nuorentuneet.

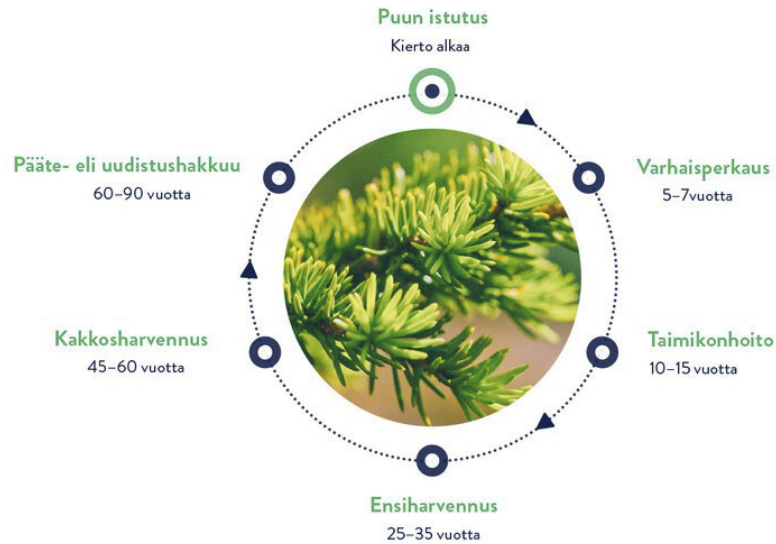


KUVA 28 Suomen metsien ikärakenne.

11.2.1 Jaksollinen metsän kasvatusta

Tällä hetkellä Suomen yleisin metsänkasvatusta menetelmä on jaksollinen kasvatusta. Jaksollisessa kasvatuksessa metsää kasvatetaan tasaikäisenä ja -rakenteisena uudistamisvaiheeseen asti. Jaksollisen kasvatuksen työvaiheet on esitetty kuvassa 29.

¹⁰⁴ <https://forest.fi/fi/artikkeli/metsien-ikarakenne-vuosina-1951-2019/#1552a719>



KUVA 29 Jaksollisen metsänkasvatuksen kierto työvaiheineen.

Metsänviljely alkaa, kun puusto perustetaan uudelle, metsitettävälle kasvupaikalle tai uudistetaan päätehakkuun, metsäpalon, myrskytuhojen tai muiden vastaavien jälkeen vanhalle kasvupaikalle. Tämä voi tapahtua luontaisesti siemenpuista, kylvämällä siementä tai istuttamalla taimia. Taimikon alkuun pääsemistä voidaan huomattavasti helpottaa kasvupaikalle ja puulajille soveltuvalla maanmuokkauksella.

Kun puusto kasvaa, se vaatii taimikonhoitoa. Ensimmäinen vaihe on varhaisperkaus 5–7 vuoden kuluttua uudistamisesta. Tällöin poistetaan kasvatettavia taimia ympäröivä vesakko (enimmäkseen lehtipuuta kuten hieskoivua, haapaa ja leppää), jotta varsinaisilla puuntaimilla on tilaa kasvaa ja vähemmän kilpailua ravinteista, vedestä ja valosta. Varhaisperkaus voidaan tehdä perinteisesti raivaussahalla tai konekitkentänä, jolloin vesakko poistetaan juurineen. Varhaisperkaus on yleensä enemmän tarpeen mänty- ja kuusi- kuin koivu- tai lehtikuusitaimikoissa, sillä koivu ja lehtikuusi ovat nopeakasvuisia ja pärjäävät paremmin kilpailussa lehtipuuvesakon kanssa.

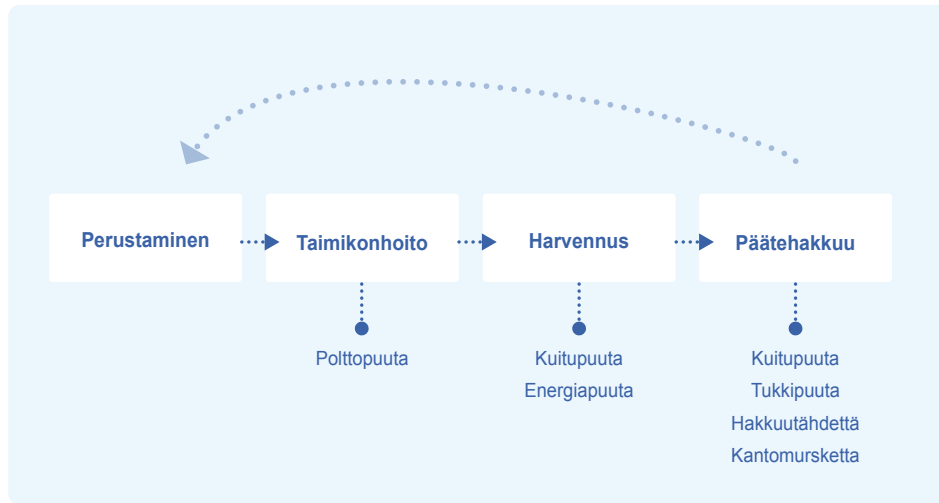
Varsinainen taimikonhoito tulee ajankohtaiseksi 10–15 vuoden kuluttua uudistamisesta. Tällöin taimikko on 3–8 metrin korkuista. Varhaisperkauksen jälkeen uudelleen kasvanut vesakko raivataan, ja taimista parhaat valitaan kasvatettavaksi täysimittaisiksi puiksi. Myös vaurioituneet, huonokasvuiset tai liian tiheässä kasvavat taimet harvennetaan pois.

Varhaisperkauksessa ja taimikonhoidossa kaadettua vesakkoa ei yleensä kerätä talteen, vaan sen annetaan lahota metsään. Tällöin se palauttaa sitomansa ravinteet puuston käyttöön. Taimikonhoidosta voidaan saada myös rankaa pienpolttopuiksi maanomistajan omaan käyttöön. Isostakin kuviosta jää hakkuukertymä niin pieneksi ja pieniläpimittaiseksi, että puun kuljetus energiakäyttöön ei juuri koskaan ole kannattavaa.

Myöhemmin tehtävillä harvennushakkuilla poistetaan liian tiheässä olevia tai huonompia puita, jotta jäljellä olevat kasvavat paremmin ja ennen kaikkea pääsevät järeytymään. Poistettavat puut käytetään enimmäkseen kuitupuuna sellu- ja paperiteollisuudessa tai energiapuuna. Erityisesti metsistä, joissa taimikonhoito on laiminlyöty, saadaan ensiharvennuksessa runsaasti energiapuuta. Näissä harvennuksissa saadaan myös tukkipuuta saha- ja vaneriteollisuuteen.

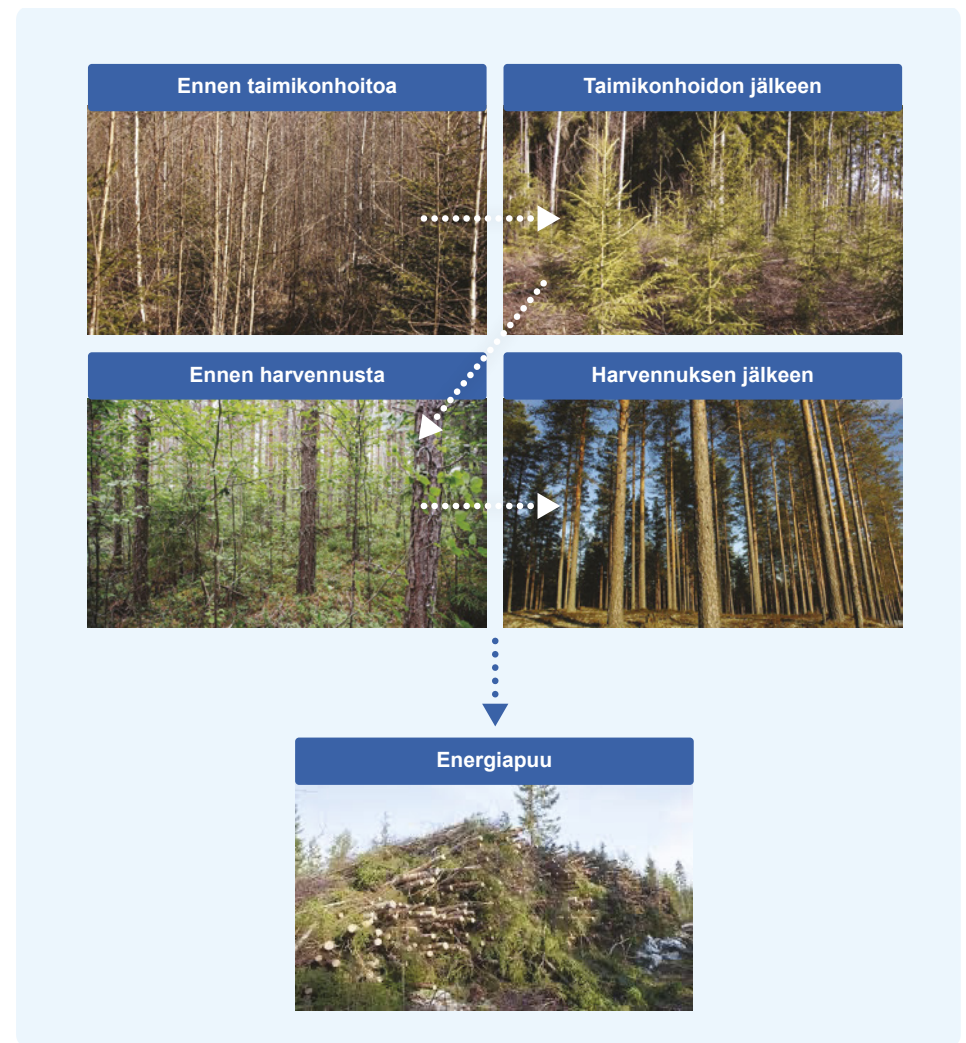
Harvennus voidaan tehdä ylä- tai alaharvennuksena. Yläharvennuksessa poistetaan pienempien puiden lisäksi myös suurempia ja taloudellisesti arvokkaampia puita. Tämä tasaa puuston pituus- ja paksuusjakamaa, mutta pidentää kiertoaikaa. Alaharvennuksessa vastaavasti jätetään suurimmat puut ja tehdään niille tilaa järeytyä edelleen, jotta päätehakkuussa saadaan mahdollisimman paljon tukkipuuta.

Lopuksi tehdään päätehakkuu, jossa saadaan enimmäkseen tukkipuuta. Latvukset ja oksat menevät metsäjätteenä energiantuotantoon. Mahdollista on kerätä myös kantot, jotka voidaan käyttää energiapuiksi. Suomessa kantojen keruu energiakäyttöön on kuitenkin nykyään vähäistä. Lisäksi oksien annetaan yleensä kuivua maastossa, niin että niiden neulaset ja lehdet, joissa on runsaasti puiden tarvitsemia hivenaineita, varisevat maahan. Varsinkin niukkaravinteisilla mailla hakkuutähdettä jätetään muutenkin metsään enemmän kuin ravinteikkailla mailla.



KUVA 30 Talousmetsän prosessikaavio ja eri puujakeiden synty.

Hakkuiden suunnittelu perustuu sekä metsänhoidollisiin että taloudellisiin päämääriin. Metsänomistajan kannalta yleensä ihanteellista on myydä mahdollisimman paljon tukkipuuta, mutta sen kasvattamiseen menee kauan. Harvennushakkuissa kaadetaan joka tapauksessa pienempää, kuidun valmistukseen sopivaa puuta. Lisäksi hoidetusta talousmetsästä saadaan energiapuuta taimikonhoidon ja harvennushakkuiden seurauksena.



KUVA 31 Metsä eri kasvatuksen vaiheissa.^{105 106}

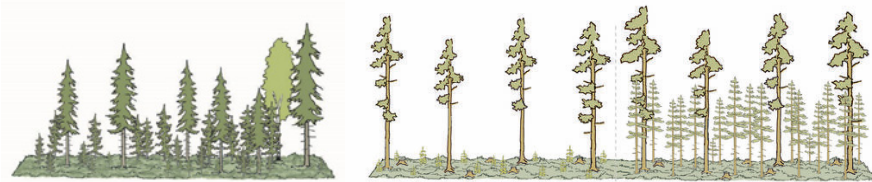
¹⁰⁵ <https://www.mhy.fi/uusimaa/taimikonhoito>

¹⁰⁶ <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/artikkelit/hakkuun-aika/>

11.2.2 Jatkuva metsän kasvatus

Jaksollisen kasvatuksen vaihtoehtona on jatkuva kasvatus, jossa yhden ison päätehakuun sijaan tehdään toistuvia poiminta- ja pienaukkohakkuita. Jatkuvassa kasvatuksessa olevan metsän uudistuminen perustuu istutuksen tai kylvämisen sijaan luontaisen taimettumisen ylläpitämään alikasvokseen. Tällöin metsässä on koko ajan puita eri ikävaiheista, aivan pienistä taimista täysikasvuisiin tukkipuihin.

Jatkuva kasvatus voi olla metsänomistajan kannalta kustannustehokkaampaa, koska uudistuskustannukset jäävät pieniksi ja hakkuukierto on nopeampaa. Se sopii myös hyvin suometsiin, joissa jatkuva puupeitteisyys pitää vesitalouden kunnossa ja pienentää ympäristövaikutuksia. Energiapuun saannin kannalta jatkuva kasvatus on kuitenkin yleensä vähemmän tuottoisaa kuin jaksollinen kasvatus. Toistuvien yläharvennusten ja poimintahakkuiden vuoksi pienpuu jätetään mieluummin kasvamaan ja järeytymään, kuin hakataan kuitu- tai energiapuuksi.



KUVA 32 Kuusimetsän ja mäntymetsän jatkuva kasvatus.¹⁰⁷

Jatkuva kasvatus lisää metsän puupeitteisyyttä, mikä suosii varjossa viihtyviä kasvilajeja. Myös maanpintaa rikotaan vähemmän, mikä hyödyttää esimerkiksi mustikkaa. Toisaalta aukkoja ja valo tarvitsevat kasvilajit sekä maanpinnan rikkomisesta hyötyvät sienet, kuten korvasienet, hyötyvät vähemmän tai jopa taantuvat.

Jatkuvassa kasvatuksessa metsän kasvu jää usein vähäisemmäksi kuin jaksollisessa kasvatuksessa, mikä vähentää hiilen sidontaa. Toisaalta maaperään sitoutuvan hiilen määrä kasvaa, kun humusta kertyy enemmän ja maaperän muokkaus vähenee. Etenkin kosteilla turvemilla jatkuvan metsäpeitteisyyden aiheuttama suurempi haihdunta vähentää ojituksen tarvetta, mikä taas vähentää humuksen kulkeutumista vesistöihin ja pienentää maaperästä vapautuvan hiilen määrää.¹⁰⁸

¹⁰⁷ <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/metsan-uudistuminen-ja-kasvatus-jatkuvassa-kasvatuksessa#section-p482>

¹⁰⁸ <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/metsan-uudistuminen-ja-kasvatus-jatkuvassa-kasvatuksessa/paatoksenteko>

Vaikka jatkuvassa kasvatuksessa on monia hyötyjä, se ei automaattisesti ole ilmaston tai luonnon monimuotoisuuden kannalta parempi kuin jaksollinen kasvatus päätehakuineen. Myös jatkuvassa kasvatuksessa pitää yhtä lailla suojella tärkeät elinympäristöt ja harvinaiset luontokohteet, huomioida puuston ja aluskasvillisuuden monimuotoisuus, säästää lahpuuta ja niin edelleen.

Lopulta on kiinni kasvupaikasta ja metsänomistajan taloudellisista tavoitteista ja eri luontoarvojen painotuksista, kumpi on parempi ratkaisu tietylle metsäalueelle. Taulukossa 3 on vertailtu jaksollista ja jatkuvaa kasvatusta.

Taulukko 3 Jaksollisen ja jatkuvan kasvatuksen vertailu

Jaksollinen metsän kasvatus		Jatkuva metsän kasvatus	
PLUSAT	MIINUKSET	PLUSAT	MIINUKSET
Metsien kasvu on nopeampaa	Päätehakuut aiheuttavat häiriön metsään	Hakkuukierto on nopeampi, jolloin tulot ovat tasaisemmat	Energiapuun saanti on vähäisempi
Jotkin kasvit ja eliöt hyötyvät maanpinnan rikkomista	Alltiimpi tuholaisille	Soveltuu hyvin suometsiin	Suosii varjossa viihtyviä kasveja
Jotkin kasvit ja eliöt hyötyvät metsän uudishakkuusta	Suurempi ojituksen tarve, jolloin suuremmat maaperästä vapautuvat päästöt	Maaperään sitoutunut hiilen määrä kasvaa	Maanpinnan rikkomisesta hyötyvät lajit, kuten tietyt sienet vähenevät
Puut järeytyvät nopeammin		Vähentää ojituksen tarvetta	Metsän kasvu on hitaampaa
Energiapuun ja kuitupuun saanti on unsaampaa		Metsässä on monen ikäistä puustoa	Alltiimpi metsäpaloille

Suomessa jatkuvan kasvatuksen menetelmän osuus vuotuisesta hakkuupinta-alasta on vain noin 2,5 %, vaikkakin menetelmä on yleistymässä.¹⁰⁹ Jaksollisesta kasvatuksesta jatkuvaan kasvatukseen siirtymiseen kuluu monta vuosikymmentä. Myös tänä aikana on tehtävä metsänhoidollisia toimenpiteitä, joiden seurauksena syntyy energiapuuta. Jatkuvan kasvatuksen voimakas yleistymisen ei siis tee isoa aukkoa energiapuun tarjontaan lähivuosikymmeninä, jolloin tarjonnan muutokseen on mahdollista reagoida.

¹⁰⁹ <https://www.apu.fi/artikkelit/jatkuvan-kasvatuksen-metsa-nain-se-toimii-ei-avohakkuuta-kukuljarvi-ruotsinpyhtaa-loviisa>

