

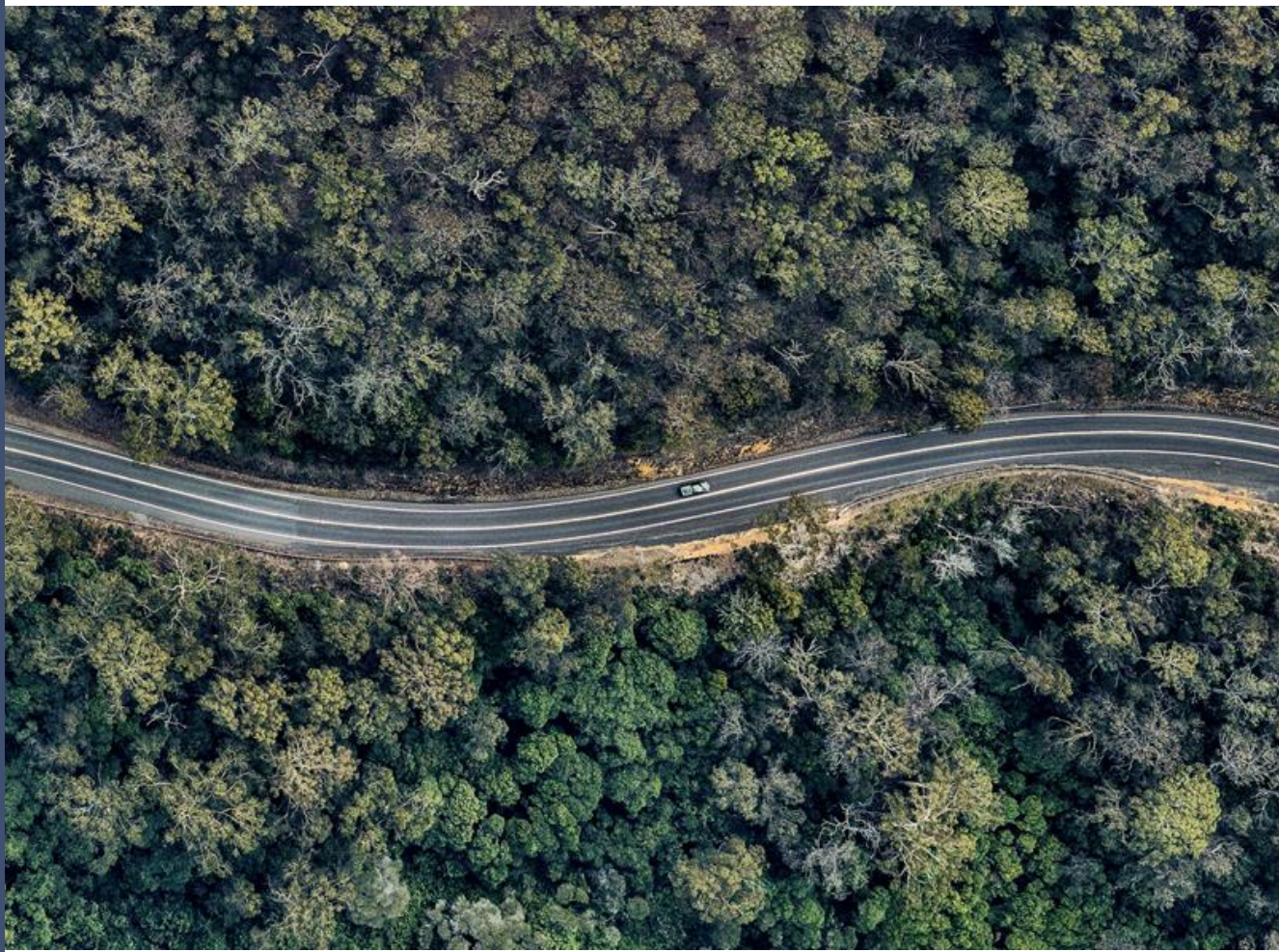


# METSÄHAKKEEN KYSYNNÄN KEHITYS JA RIITTÄVYYS SUOMESSA

---

Raportti työ- ja  
elinkeinoministeriölle ja  
Huoltovarmuuskeskukselle

4/2021





## Yhteystiedot

Yhteyshenkilö	Sähköposti	Puhelin
Jenni Patronen	<a href="mailto:jenni.patronen@afry.com">jenni.patronen@afry.com</a>	040-7544922
Sami Pastila	<a href="mailto:sami.pastila@afry.com">sami.pastila@afry.com</a>	040-5606494

AFRY on Euroopan johtavia suunnittelu- ja konsultointiyhtiöitä, joka edistää muutosta kohti kestävämpää yhteiskuntaa. Olemme 16 000 omistautunutta rakennetun ympäristön, teollisuus- ja energia-alojen sekä digitalisaation asiantuntijaa, jotka kehittävät kestäviä ratkaisuja tuleville sukupolville ympäri maailman.

AFRY Management Consulting tarjoaa huippuluokan konsultointi- ja neuvontapalveluita, jotka kattavat koko arvoketjun energia-, metsä- ja biopohjaisessa teollisuudessa. Energiatoimintomme on johtava strategisten, kaupallisten, sääntely- ja poliittisten neuvojen tarjoaja Euroopan energiamarkkinoille.

Yli 250 asiantuntijasta koostuva energiatiimimme tarjoaa vertaansa vailla olevaa asiantuntemusta nopeasti muuttuvilla energiamarkkinoilla Euroopassa, Lähi-idässä, Aasiassa, Afrikassa ja Amerikassa.

**Copyright © 2021 AFRY Management Consulting Oy**

All rights reserved

Kannen kuva: shutterstock.com

Tämä raportti on tehty AFRY Management Consulting Oy:n (AFRY) toimesta työ- ja elinkeinoministeriön ja Huoltovarmuuskeskuksen käyttöön ("Asiakas"). Raportti on laadittu noudattaen AFRYn ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtoja. AFRYn tähän raporttiin liittyvä tai siihen perustuva vastuu määräytyy yksinomaan kyseisten sopimusehtojen mukaisesti.

AFRYn näkemyksen mukaan tämän julkaisun sisältämät tiedot ovat paikkansapitäviä ja perusteltuja. Tästä huolimatta raporttia tulkitsevien tai käyttävien osapuolten tulee käyttää omaa harkintaansa sekä ammattitaitoaan julkaisun tietojen soveltamisessa. Tämä julkaisu sisältää osittain informaatiota, joka ei ole AFRYn hallittavissa. Näin ollen AFRY ei anna julkaisun perusteella tai siihen liittyen mitään vakuutusta, nimenomaista tai konkludenttista, eikä vastaa sen sisältämien tietojen ja arvioiden oikeellisuudesta. AFRY ei vastaa kolmansille osapuolille tämän julkaisun käyttämisen tai siihen luottamisen perustella aiheutuneesta haitasta taikka mistään välittömästä tai välillisestä vahingosta.



## SISÄLTÖ

<b>TIIVISTELMÄ</b>	<b>1</b>
<b>1. JOHDANTO</b>	<b>5</b>
1.1 Työn tausta ja tavoite	5
1.1.1 Raportin rakenne	5
1.2 Lähteet	7
1.3 Lyhenteet	7
<b>2. PUUMARKKINAMALLINNUS</b>	<b>8</b>
2.1 Puumarkkinamallinnuksen metodologia	8
2.2 Puumarkkinamallinnuksen skenaariot	9
<b>3. ENERGIAPUUN NYKYINEN KÄYTTÖ SUOMESSA</b>	<b>13</b>
3.1 Nykyiset käyttökohteet	13
3.2 Energiapuun alkuperä	13
<b>4. ENERGIAPUUN KYSYNTÄSKENAARIOT</b>	<b>16</b>
4.1 Tarkasteltavat skenaariot ja hintaoletukset	16
4.2 Turpeen korvautuminen	18
4.2.1 Perusskenaario	20
4.2.2 Maksimiskenaario	21
4.3 Kivihillen ja maakaasun korvautuminen	22
4.3.1 Perusskenaario	23
4.3.2 Maksimiskenaario	23
4.4 Investoinnit kiinteää puubiomassaa käyttäviin nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitoksiin	24
4.5 Yhteenveto energiapuun kysynnän kehityksestä	25
4.5.1 Perusskenaario	25
4.5.2 Maksimiskenaario	27
<b>5. PUUMARKKINAMALLINNUKSEN TULOKSET</b>	<b>30</b>
5.1 Energiapuun käytön kehitys	30
5.2 Hintavaikutuksista	36
<b>6. HERKKYYSTARKASTELUJA</b>	<b>37</b>
6.1 Rajallisen metsähakepotentiaalin vaikutukset	37
6.2 Kysyntä-tarjontatasapainon muutokset poikkeuksellisina vuosina	38
6.2.1 Kylmä vuosi	38
6.2.2 Metsäteollisuuden tuotannon merkittävä poikkeama	38
<b>7. JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>40</b>





## TIIVISTELMÄ

Energiasektorilla on meneillään nopea siirtyminen uusiutuvan energian käyttöön. Lämmön tuotannossa ja sen yhteydessä tapahtuvassa sähköntuotannossa vähennetään voimakkaasti tai siirrytään kokonaan pois fossiilista polttoaineista ja turpeesta, ja merkittävä osa näistä polttoaineista on tällä hetkellä korvautumassa metsähakkeella ja muilla biomassajakeilla. Nopea muutos energiasektorin puun kysynnässä on nostanut esiin huolen siitä, että energiasektorin puunhankinta voi uhata metsäteollisuuden puunhankintaa ja toisaalta johtaa kasvavaan energiapuun tuontiin ja sitä kautta vaikuttaa huoltovarmuuteen. Myös kotimaisen energiapuun käyttöön liittyy huoltovarmuusriekä. Metsäteollisuuden suhdanteet ja puunkorjuun keliolosuhteet aiheuttavat tarjonnan vaihteluita, minkä lisäksi puun energiasisällön alentuminen varastoitaessa asettaa haasteita huoltovarmuudelle. Huoltovarmuuden näkökulmasta energiapuun toimitusketjujen ja varastoinnin kehittäminen onkin merkittävässä roolissa. Vaikka lämmön tuotannossakin siirrytään entistä enemmän pois polttamiseen perustuvista ratkaisuista, tarvitaan Suomessa sekä kaukolämmön että teollisuuden energiantuotannossa vielä pitkään merkittäviä määriä polttoaineita.

Tässä selvityksessä on tarkasteltu metsähakkeen ja muun energiapuun kysynnän kehittymistä Suomessa, sekä sitä, miten kotimainen tarjonta voi vastata kysynnän kehittymiseen alueellisesti. Työssä on muodostettu arvio kysyntä-tarjontatasapainon muutosten vaikutuksista ainespuun ja tuontihakkeen energiakäytölle ja sitä kautta huoltovarmuudelle. Tarkastelu on tehty vuosille 2025, 2030 ja 2035.

Selvitys perustuu energian tuotannon osalta laitospotentialiin tietoihin energiapuun ja muiden polttoaineiden nykyisestä käytöstä sekä AFRYn tekemään arvioon energiapuun käytön kehityksestä nykyisissä ja uusissa laitoksissa, huomioiden myös investoinnit muihin tuotantoteknologioihin, AFRYn arvioon investoinneista kiinteää puubiomasaa käyttäviin uusiin nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitoksiin, työ- ja elinkeinoministeriöltä saatuun metsäteollisuuden puun kysynnän arvioituun kehittymiseen sekä Luonnonvarakeskuksen arvioihin metsätarjontapotentialin kehittymisestä. Kysyntä-tarjontatasapainon ja sen vaikutusten tarkastelu on toteutettu AFRYn puumarkkinamallilla, joka optimoi puuvirrat jokaisesta tarjontayksiköstä jokaiselle loppukäyttäjälle.

Energiapuun kysynnän kehityksen osalta tässä selvityksessä on tarkasteltu kahta erilaista skenaariota, perusskenaariota ja maksimiskenaariota. Perusskenaarion määrittämisessä käytettiin tämän hetkiseen hintaan nähden maltillista, mutta kuitenkin kohtuullisen korkeaa päästöoikeuden hinta oletusta sekä arvioitiin energiantuotannon laitosteknologiaan ja kiinteää puubiomasaa käyttävien nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitosten todennäköisintä kehitystä. Perusskenaariossa polttamalla tuotetun lämmön määrä laskee mm. suurten lämpöpumppuinvestointien myötä, ja sähkön ja lämmön yhteistuotannon korvautuessa lämmön erillistuotannolla. Maksimiskenaariossa on arvioitu tilannetta, jossa energiapuun kysyntä kasvaa perusskenaariota nopeammin, tavoitteena arvioida minkälaisia haasteita suurempi kysynnän kasvu voisi aiheuttaa puumarkkinoiden ja huoltovarmuuden kannalta. Energiapuun kysyntä kasvaa erityisesti kolmen eri tekijän vaikutuksesta, joita on tarkasteltu jokaista erikseen raportissa: turpeen korvautuminen energiantuotantolaitosten seospoltossa, fossiilisten polttoaineiden korvautuminen sekä kiinteää puubiomasaa raaka-aineena käyttävien nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitosten aiheuttama puubiomasan kysynnän kasvu.

Perusskenaariossa kiinteän puubiomasan vuotuinen kysyntä kasvaa noin 8-9 miljoonaa kuutiota vuoteen 2025 mennessä verrattuna vuoden 2019 tasoon. Valtaosa (noin 5



miljoonaa kuutiota) kysynnän kasvusta johtuu turpeen seospolton nopeasta vähenemisestä turpeen energiakäytön kannattavuuden heikentymisen seurauksena. Kokonaisuudessaan kysyntä kasvaa voimakkaasti vuoteen 2025 mennessä, mutta pysyy sen jälkeen suhteellisen tasaisena vuoteen 2035 asti. Kysynnän kasvua perusskenaariossa hillitsee mm. oletus, että suurin osa kaukolämmön yhteistuotantolaitoksista korvautuu käyttöikänsä päätteeksi lämmön erillistuotannolla ja osin polttoon perustumattomalla lämmön tuotannolla, sekä savukaasujen ja muiden hukkalämpöjen laajempi hyödyntäminen. Perusskenaariossa lämpöpumpuilla tuotetun lämmön määräksi on arvioitu noin 1,6 TWh vuonna 2025, 4,3 TWh vuonna 2030 ja 5,5 TWh vuonna 2035.

Maksimiskenaariossa kiinteän puubiomassan kysyntä kasvaa perusskenaariota enemmän erityisesti vuodesta 2030 eteenpäin, sillä skenaariossa teknisen käyttöikänsä saavuttavia kaukolämmön yhteistuotantolaitoksia korvataan yleensä uusilla yhteistuotantolaitoksilla. Lisäksi kivihiilen korvautuminen perustuu perusskenaariota laajemmin puubiomassaan. Polttoon perustumattoman lämmöntuotannon on oletettu yleistyvän maksimiskenaariossa huomattavasti perusskenaariota vähemmän. Merkittävin ero kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehityksestä verrattuna perusskenaarioon tulee oletetuista kiinteää puubiomassaa raaka-aineena käyttävistä nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitoksista, joita maksimiskenaariossa tulee jopa yli kaksinkertainen määrä vuoteen 2035 mennessä verrattuna perusskenaarioon. Kiinteän puubiomassan kysyntä kasvaa maksimiskenaariossa 9 miljoonaa kuutiota vuoteen 2025 ja 14 miljoonaa kuutiota vuoteen 2035 mennessä verrattuna vuoden 2019 tasoon.

Puumarkkinamallinnuksen perusteella energiantuotantolaitosten puunkysynnän kasvu asettaa vaatimuksia kotimaisen metsähakkeen mobilisoinnille ja johtaa polttoainekustannuksien nousuun energiantuottajille. Kotimaan markkinoiden niukkuutta ja hintakehitystä tasataan tuontimarkkinoilta hankitulla biomassalla.

Mallinnustuloksien perusteella suurinta niukkuutta kiinteistä puupolttoaineista esiintyy eteläisellä ja läntisellä tarkastelualueella (Suomen ollessa jaettuna neljään maantieteelliseen tarkastelualueeseen), joissa jo nykyiselläänkin kiinteiden puupolttoaineiden kysyntä on korkealla tasolla. Näillä alueilla kotimaan hankinnan kuljetusmatkat pitenevät, mikä yhdessä kiristyvän kilpailutilanteen kanssa johtaa kiinteiden puupolttoaineiden kustannusten nousuun. Kehityksen seurauksena energiapuuvirtoja ohjautuu itäiseltä alueelta läntiselle ja eteläiselle alueelle. Läntisellä ja eteläisellä alueella kotimaan hankintaa täydennetään tuontienergiapuulla, jota voidaan hankkia pääasiassa Baltian maista. Mallinnustulosten perusteella tuontipuu kattaa energiantuotantolaitosten kiinteiden puupolttoaineiden kokonaiskysynnästä 15-20 % eteläisellä alueella ja 5-10 % läntisellä alueella vuonna 2030.

Energiantuotantolaitosten puunkysyntä itäisellä alueella kasvaa merkittävästi vähemmän kuin muilla tarkastelualueilla. Kotimaiseen metsähakkeeseen kohdistuvaa kysyntää tasaa alueella sijaitsevan mittavan metsäteollisuuden tuotantokapasiteetin synnyttämä sivutuotebiomassavirta. Itäisellä alueella lähellä itärajaa sijaitsevat energiantuotantolaitokset hyötyvät mahdollisuuksista hankkia kustannuskilpailukykyistä energiapuuta Venäjältä. Mallinnustulosten perusteella tuontimäärät kasvavatkin itäisellä alueella kattaen vuonna 2030 noin 20 % energiantuotannon kiinteiden puupolttoaineiden kokonaishankinnasta. Itäisellä alueella tuonnin ajurina ei ole niinkään kotimarkkinoiden niukkuus, vaan tuontimarkkinoilta hankittavan energiapuun kustannuskilpailukyky.

Pohjoisella alueella energiapuuhun kohdistuu turpeen korvautumisen kautta merkittävä lisäkysyntä. Metsähakkeen hyödyntämisaste on nykytilanteessa alhainen, ja



teollisuuden sivutuotteilla on ollut merkittävä rooli energiantuotantolaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käytössä. Mallinnustuloksien perusteella kasvava kiinteiden puupolttoaineiden kysyntä katetaan lähes kokonaisuudessaan kotimaisin resurssein ja energiapuun tuontimäärät ovat alhaisia kohdistuen lähinnä rannikkoalueella sijaitseville laitoksille. Teollisuuspuun kasvavat käyttömäärät lisäävät metsäteollisuuden sivutuotteiden ja hakkuutähteiden tarjontaa alueella, vaikuttaen suotuisasti kiinteiden puupolttoaineiden kysyntä-tarjontabalanssin kehittymiseen.

Tuloksien perusteella mahdollisten nestemäistä biopolttoainetta valmistavien laitosten kysyntä keskittyy pitkälti metsäteollisuuden sivutuotteisiin ja tuontien energiapuuhun. Toteutuessaan biopolttoaineinvestoinnit vaikuttavat alueellisiin energiapuun kysyntä-tarjonta-tasapainoihin ja energiapuujaikojen hintakehitykseen. Tuloksien perusteella biopolttoainelaitokset hankkivat suuria määriä teollisuuden sivutuotteita kotimaan markkinoilta, minkä seurauksena energiantuotantolaitokset korvaavat sivutuotteita kotimaisella metsähakkeella ja kohdistavat hankintaansa tuontimarkkinoille.

Biopolttoaineinvestointeihin toteutumiseen liittyy kuitenkin suurta epävarmuutta investointien määrän, koon, käytettävien raaka-aineiden ja sijainnin suhteen. Mikäli investoinnit eivät toteutu selvityksessä esitettyjen skenaarioiden mukaisesti, olisi tällä vaikutusta kotimaisen metsähakkeen käyttömäärään ja hintakehitykseen. Myös energiantuotantolaitosten tuontimarkkinoilta hankitut määrät jäisivät selvityksessä esitettyjä tasoja alhaisemmalle tasolle, jos investoinnit nestemäistä biopolttoainetta tuottaviin laitoksiin eivät toteudu.

Mallinnusten perusteella tarkasteltiin myös ainespuun ohjautumista energiantuotantoon. Ainespuuta päätyy myös nykyisessä markkinatilanteessa energiantuotantolaitoksille, mutta kiinteiden puupolttoaineiden käyttötilastosta tätä määrää ei ole eroteltavissa. Käytännössä harvennusleimikolta hankittu puu voi olla kysyntä- ja markkinatilanteesta riippuen ohjautua sekä energiakäyttöön että sellu- ja paperiteollisuuden raaka-aineeksi.

Mallinnustulosten perusteella ainespuun ohjautuminen energiantuotantoon jää melko alhaiselle tasolle ollen 2,0 Mm<sup>3</sup> perusskenaariossa ja 2,5 Mm<sup>3</sup> maksimiskenaariossa vuonna 2030. Ainespuun osuus energiantuotannon kiinteiden puupolttoaineiden kokonaiskäytöstä on molemmissa skenaarioissa noin 10 % kokonaishankinnasta. Biopolttoainelaitoksiin ohjautuvan kuitupuun määrä on tuloksien perusteella hyvin pientä. Ainespuun energiakäyttö keskittyy eteläiselle ja läntiselle alueelle, jossa metsähakkeen hyödyntämisaste on kaikkein korkeimmalla tasolla. Mallinnustuloksien perusteella edellä esitettyjen ainespuumäärien päätyminen energiantuotantoon ei vaikuta merkittävästi metsäteollisuuden puun saatavuuteen eikä teollisuuspuun hintoihin.

Energiapuun kysynnän kasvu aiheuttaa merkittävää hintojen nousua kaikilla tarkastelluilla alueilla. Alueellisia hintaeroja esiintyy kysyntä-tarjontatasapainojen sekä käyttämättömän potentiaalieroista johtuen. Metsähakkeen hinnat jäävät etelä- ja lounaisrannikkoa lukuun ottamatta alle kuitupuun hintatason.

Mallinnustuloksia tarkasteltaessa on hyvä huomioida markkinamallinnukseen liittyvät perusolettamat ja mallin rajoitteet. Mallin perusolettama on, että markkinat ovat täydelliset, resurssit allokoituvat optimaalisesti käyttäjien välillä hinnan perusteella ja metsäresurssien tarjontapotentiaali on mobilisoitavissa tehokkaasti loppukäyttäjien puustamaksukyvyn sen salliessa. Todellisuudessa puumarkkinoilla esiintyy ainakin väliaikaista epätäydellisyyttä ja tehottomuutta. Esimerkkinä markkinoiden epätäydellisyydestä voi mainita strategisen puunhankinnan ja metsänomistajien moninaiset motiivit puunmyyntipäätöksissä. Todellisuudessa puumarkkinoiden



epätäydellisyydestä johtuen puuvirrat, puujakeiden allokaatio eri toimijoiden välillä sekä markkinanäkymät voivat poiketa mallin tuottamista tuloksista.



## 1. JOHDANTO

### 1.1 Työn tausta ja tavoite

Energiapuun kysyntä kasvaa nopeasti, kun fossiilisia polttoaineita ja turvetta korvataan metsähakkeella ja muilla biomassajakeilla. Alkanut nopea muutos energiasektorin puun kysynnässä on nostanut esiin huolen siitä, että energiasektorin puunhankinta uhkaa metsäteollisuuden puunhankintaa ja toisaalta johtaa kasvavaan energiapuun tuontiin ja sitä kautta vaikuttaa huoltovarmuuteen.

Turpeen käytön kannattavuus on heikentynyt kohonneen päästöoikeuden hinnan sekä turveveron korotuksen vaikutuksesta. Turpeen käyttö vaikuttaakin olevan selvästi hallitusohjelman tavoitetta nopeammassa laskussa. Kivihiilen käytöstä energiantuotannossa luovutaan viimeistään vuonna 2029 kivihiilen energiakäytön kieltävän lain ohjaamana, mutta useimmissa käyttökohteissa jo selvästi nopeammin. Monet energiayhtiöt ovat myös itse asettaneet hiilineutraalisuustavoitteita, jotka voivat edellyttää turpeesta ja fossiilisista polttoaineista luopumista nopeastikin. Turpeen ja osin fossiilisten polttoaineiden nopea korvaaminen tapahtuu laajalti puubiomassalla, mikä johtaa merkittävään puubiomassan kysynnän kasvuun Suomessa lähivuosina.

Tämän selvityksen tavoitteena on tarkastella sitä, miten energiapuun kysyntä Suomessa kehittyy, miten kotimainen tarjonta voi vastata kysyntään alueellisesti, sekä näiden vaikutuksia ainespuun energiakäytölle ja tuontihakkeen käytölle ja sitä kautta huoltovarmuudelle.

Työssä on mallinnettu puun ohjautumista eri käyttökohteisiin koko Suomessa AFRYn puumarkkinamallilla, joka huomioi kaikki tärkeimmät kysyntäkohteet erillisinä kysyntäpisteinä, maksukyvyyn puusta, sekä paikallisen puun tarjonnan.

#### 1.1.1 Raportin rakenne

Tämä selvitys koostuu johdantoluvun lisäksi viidestä puubiomassan käyttöä Suomessa käsittelevästä luvusta sekä johtopäätöksistä. Pääpaino selvityksessä on puubiomassan energiakäytön kehityksessä. Johdantoluvun jälkeen luvussa 2 käydään läpi AFRYn puumarkkinamallinnuksen metodologiaa ja esitellään mallinnettavat skenaariot pääpiirteittäin. Luvussa esitetään oletukset metsäteollisuuden puun kysynnälle sekä energiapuun kotimaiselle tarjonnalle.

Luvussa 3 käydään läpi nykyinen tilanne sisältäen puubiomassan nykyisen energiakäytön käyttökohteittain. Lisäksi esitetään energiantuotannossa käytettävän kiinteän puubiomassan alkuperän jakautuminen eri jakeisiin sekä kysynnän maantieteellinen jakautuminen.

Luvussa 4 esitetään puumarkkinamallinnuksessa käytetyt energiapuun kysyntäskenaariot sekä skenaarioiden taustalla olevat oletukset. Kysyntäskenaariot esitetään vuosille 2025, 2030 ja 2035. Energiapuun kysynnän kasvu esitetään erikseen kolmessa eri osa-alueessa, sisältäen turpeen korvautumisen, fossiilisten polttoaineiden korvautumisen sekä skenaariot investoinneista kiinteää puubiomassaa raaka-aineena käyttäviin nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitoksiin. Energiapuun kysyntä määritetään kahdessa skenaariossa, "perus" ja "maksimi".

Luvussa 5 esitetään puumarkkinamallinnuksen tulokset sisältäen energiapuun käytön jakautumisen energiantuotantoon sekä nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoon sekä energiapuun alkuperän jakautumisen kotimaiseen puubiomassaan sekä tuontibiomassaan. Kotimaisen puubiomassan osalta otetaan myös kantaa siihen, mitä





puubiomassan jakeita käytetään, sekä ohjautuuko ainespuuta energiakäyttöön tai nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoon. Lisäksi luvussa arvioidaan laadullisesti kotimaisen puubiomassan hintakehitysnäkymiä ja sen merkitystä eri sektoreille, sekä esitetään johtopäätöksiä kysyntä-tarjontatilanteen kehittymisestä.

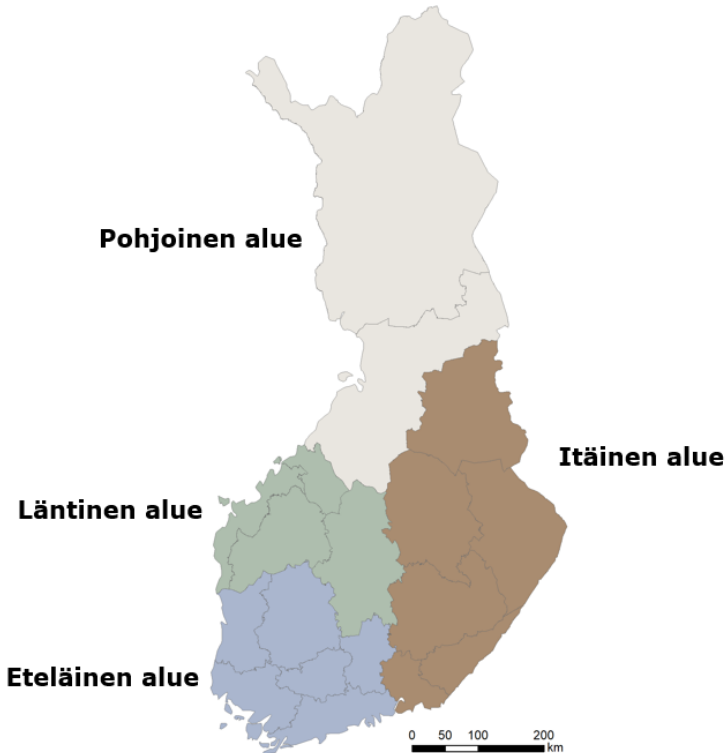
Luvussa 6 esitetään herkkyystarkasteluja puumarkkinamallinnuksen tuloksiin. Herkkyystarkastelut sisältävät rajallisen metsähakepotentiaalin vaikutusten tarkastelun sekä poikkeuksellisten vuosien (kuten kylmä vuosi tai metsäteollisuuden tuotannon merkittävä poikkeama) vaikutukset puubiomassan kysyntä-tarjontatasapainoon. Lopuksi esitetään johtopäätökset työn tuloksista.

Työn tulosten raportoinnissa on käytetty aluejakoa, jossa Suomi on jaettu neljään alueeseen: pohjoinen alue, läntinen alue, itäinen alue ja eteläinen alue. Alueiden sisältämät maakunnat ovat:

- **Pohjoinen alue:** Lappi ja Pohjois-Pohjanmaa
- **Läntinen alue:** Keski-Pohjanmaa, Pohjanmaa, Etelä-Pohjanmaa ja Keski-Suomi
- **Itäinen alue:** Kainuu, Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala, Etelä-Savo, Etelä-Karjala ja Kymenlaakso
- **Eteläinen alue:** Pirkanmaa, Satakunta, Varsinais-Suomi, Kanta-Häme, Päijät-Häme ja Uusimaa

Aluejako kartalla on esitetty alla (Kuva 1).

**Kuva 1 – Aluejako työn raportoinnissa**





## 1.2 Lähteet

Jollei toisin ole ilmaistu, kaikkien taulukkojen, kuvien ja kaavioiden lähde on AFRY Management Consulting.

## 1.3 Lyhenteet

**CHP** Combined Heat and Power, yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto

**ha** hehtaari

**Mm<sup>3</sup>** miljoona kuutiota

**MWh** megawattitunti

**MWh<sub>pa</sub>** megawattituntia polttoainetta

**TH** toteutunut hakkuukertymä

**TWh** terawattitunti

**Turpeen tekninen käyttöminimi** minimimäärä turvetta, joka kattilassa täytyy polttaa yhdessä puubiomassan kanssa ilman, että kattilan elinikä olennaisesti lyhenee

**SY** suurin ylläpidettävissä oleva hakkuukertymä



## 2. PUUMARKKINAMALLINNUS

### 2.1 Puumarkkinamallinnuksen metodologia

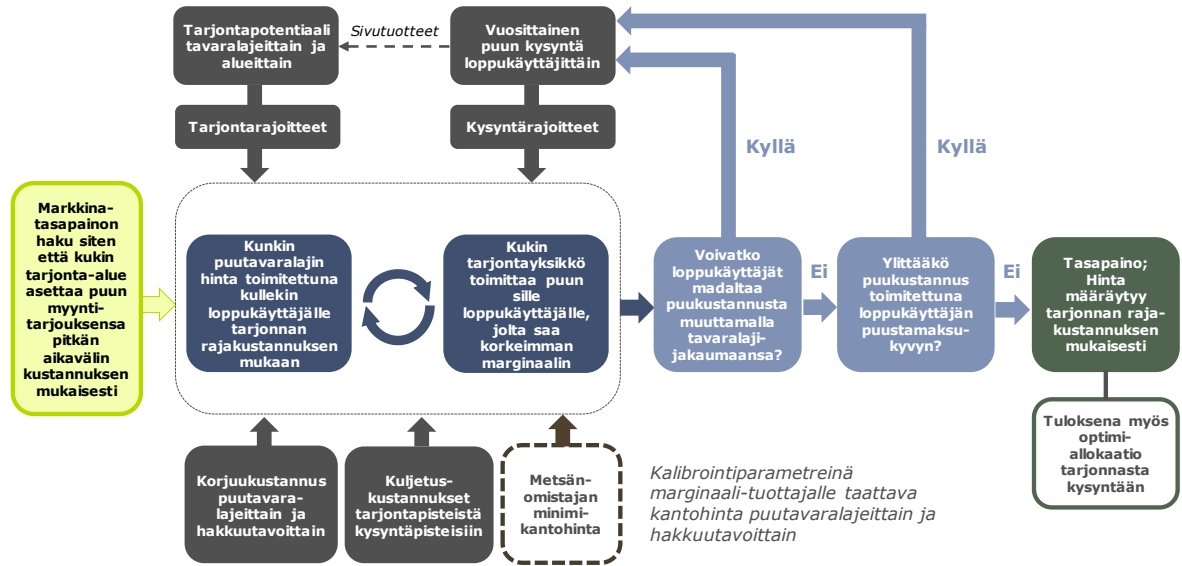
AFRYn puumarkkinamalli on lineaarinen optimointimalli, joka minimoi markkinan puuvirtojen kokonaiskustannuksen vuositason asetettujen rajoitteiden puitteissa. Malli optimoi puuvirrat jokaisesta tarjontayksiköstä (metsäbiomassa tai sivutuote) jokaiselle loppukäyttäjälle. Mallin optimiratkaisu on kysynnän ja tarjonnan tasapainotila, jossa kukaan ostaja ei voi ostaa puuta halvemmalla tai vastaavasti myyjä myydä puuta korkeammalla hinnalla.

Mallin perusoletus on, että puumarkkinat ovat täydelliset (likvidit, läpinäkyvät ja tehokkaat), joilla yksikään toimija markkinoilla ei voi vaikuttaa hintaan vaan se on markkinan asettama. Jokaisen ostajan ja myyjän käyttäytyminen on täysin rationaalista täydellisten markkinoiden näkökulmasta, eikä malli huomioi strategista ostamista tai emotionaalisia ratkaisuja. Jokainen tuotantoyksikkö on oma ostoyksikkönsä ja jokainen tarjontapiste on oma myyjäyksikkönsä. Malli ei huomioi useiden laitosten keskitettyä puunhankintaa ja yhtiöiden sisäisten puuvirtojen oletetaan tapahtuvan markkinaehtoisesti. Todellisuudessa markkinoilla esiintyy ainakin väliaikaisia epätäydellisyyksiä, mikä tulee huomioida mallin tuloksia tulkittaessa.

Puumarkkinamalli huomioi puubiomassan laitoskohtaisen kysynnän sekä puubiomassan alueellisen tarjonnan kehittymisen. Puun tarjontapotentiaalit perustuvat Luonnonvarakeskuksen toimittamiin laskelmiin metsäresurssien ja tarjontapotentiaalien kehittymisestä. Metsäteollisuuden kysynnän kehittyminen perustuu työ- ja elinkeinoministeriön toimittamiin sektorikohtaisiin tuotantoennusteisiin. Energiasektorin ja kehittyneiden biopolttoaineiden tuotannon puunkysyntäennusteet perustuvat AFRYn analyyseihin.

Puun hinta asettuu tasapainotilassa tarjonnan rajakustannuksen tasolle, eli mikä olisi yhden tarjotun lisäkuution arvo kutakin puutyyppeä ja jaetta. Kotimaisen puubiomassan käyttöä ja hintakehitystä rajoittaa tarjontapotentiaalini lisäksi puubiomassaa raaka-aineena/polttoaineena käyttävien laitosten puustamaksukyky. Metsäteollisuuden puustamaksukyvyyn laskenta pohjautuu AFRYn kustannuskilpailukykykymalleihin ja energiantuotantolaitoksilla puustamaksukyvyyn muodostaa vaihtoehtoisen polttoaineen kustannus.

Puumarkkinamallin metodologia on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 2).

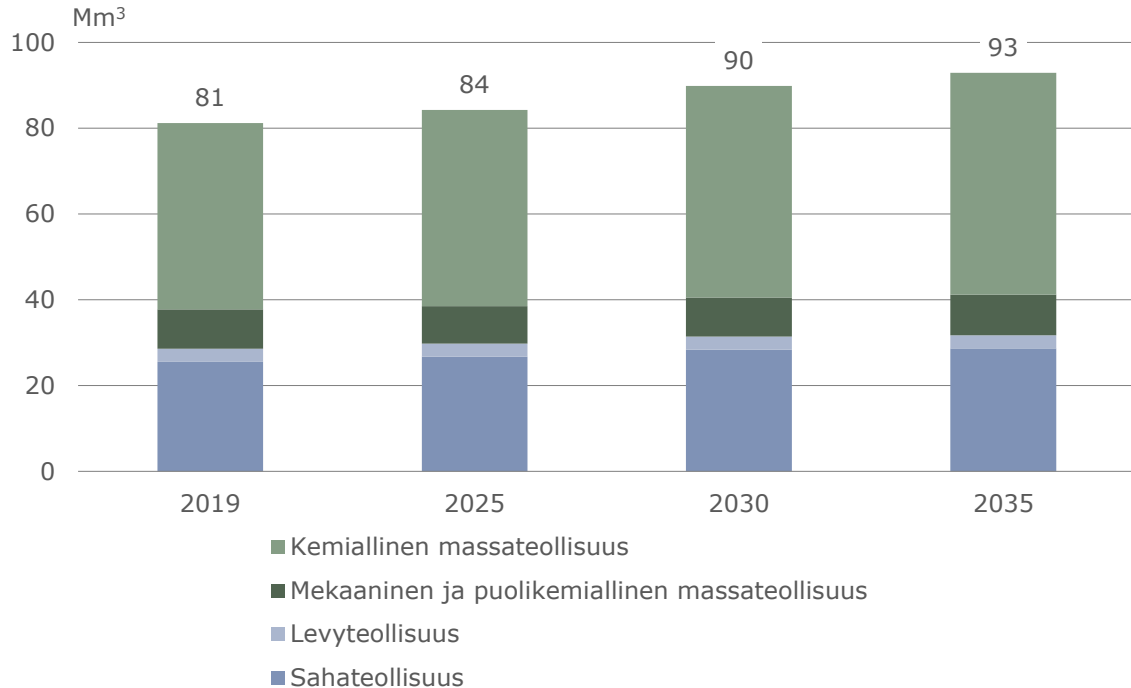
**Kuva 2 – Puumarkkinamallin metodologia**


## 2.2 Puumarkkinamallinnuksen skenaariot

Tässä selvityksessä AFRYn puumarkkinamallilla on mallinnettu energiapuun kysynnän muutokset kahdessa eri skenaariossa (perus ja maksimi) vuosille 2025, 2030 ja 2035. Energiapuun kysyntäskenaariot sisältävät energiantuotannossa käytettävän energiapuun lisäksi nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoon raaka-aineena käytettävän kiinteän puubiomassan. Energiantuotantolaitosten puustamaksukyky määräytyy laitosten vaihtoehdoisen polttoaineen mukaan. Useimmilla puubiomassaa käyttävillä energiantuotantolaitoksilla vaihtoehtoinen polttoaine on turve, jolloin puustamaksukyky on perinteisesti määräytynyt turpeen kustannusten perusteella.

Mikäli turpeen käyttö vähenee markkinaohjauksen keinoin (esimerkiksi päästöoikeuden hinnan nousun vuoksi) on odotettavissa, että turpeen kustannus muodostaa edelleen vaihtoehtoisen kustannuksen energiapuulle. Mikäli kuitenkin turpeen kustannukset kasvavat hyvin merkittävästi, tulee kotimaiselle puubiomassalle ensisijaiseksi vaihtoehdoksi tuontihake tai -pelletti. Tuontipuun kustannus muodostaa ensisijaisen vaihtoehtoiskustannuksen kotimaiselle polttoaineelle erityisesti rannikolla ja lähellä itärajaa sijaitseville laitoksille. Energiapuun kysynnän skenaariot on esitetty luvussa 4.

Metsäteollisuuden puun kysyntä perustuu työ- ja elinkeinoministeriön määrittämään kysyntäskenaarioon. Metsäteollisuuden puun kysynnän oletetaan kasvavan nykyisestä 81 miljoonan kuution vuotuisesta käytöstä 93 miljoonan kuution tasolle vuoteen 2035 mennessä. Suurin osa kysynnän kasvusta tulee kemiallisten massojen puunkysynnän kautta, mutta kasvua oletetaan tapahtuvan myös sahateollisuudessa. Teollisuuden puun kysyntä pitää sisällään kotimaisen raakapuun, teollisuuden sivutuotteet ja tuontipuun. Metsäteollisuuden puun kysyntäskenaario on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 3).

**Kuva 3 – Selvityksessä käytetty oletus metsäteollisuuden puun kysynnän kehityksestä**

Lähde: Työ- ja elinkeinoministeriö, AFRY

Energiapuun kotimaisen tarjonnan osalta hyödynnetään Luonnonvarakeskuksen arvioita energiapuun metsätarjontapotentiaalista ja sen kehittymisestä alueellisesti. Tarjonnan osalta tarkastelu tehdään pääasiassa yhdessä perusskenaariossa, jossa tarjontapotentiaali perustuu suurimpaan ylläpidettävissä olevaan hakkuukertymään (SY). Lisäksi tuloksien osalta on tehty herkkyytarkastelua Luonnonvarakeskuksen esittämän toteutuneeseen hakkuukertymään (TH) perustuvan metsätarjontapotentiaalın skenaarıossa.

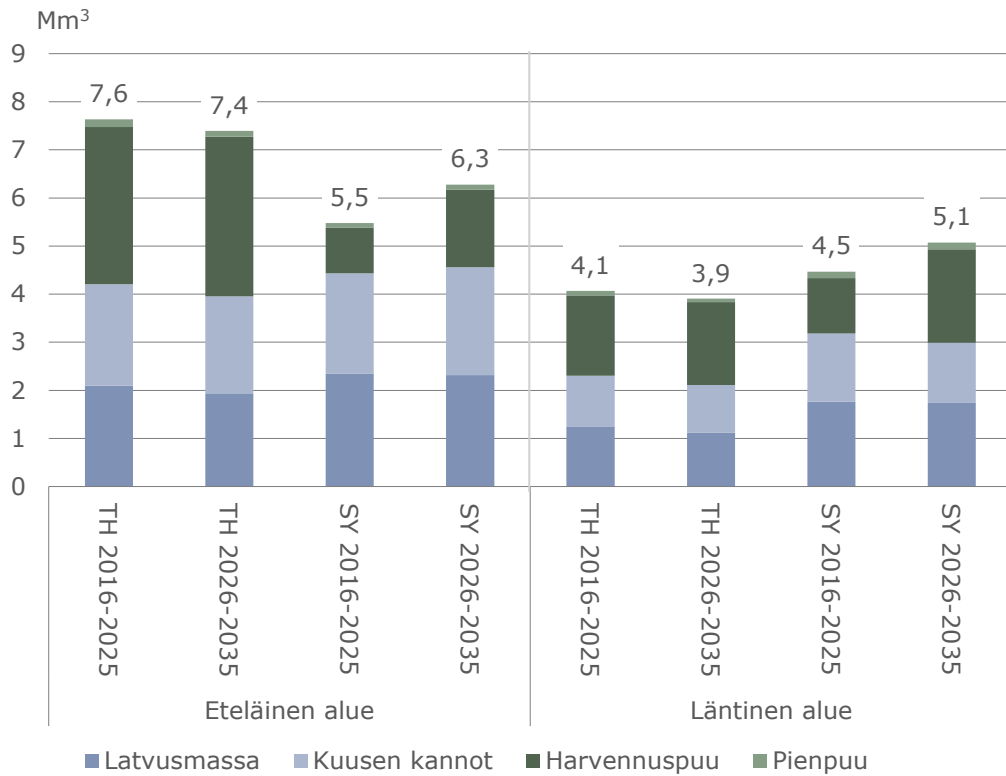
Koko maan tasolla tarkasteluna toteutuneeseen hakkuukertymään perustuva potentiaali on periodilla 2016-2025 noin 15 % pienempi kuin suurin ylläpidettävissä oleva potentiaali ja vastaavasti periodilla 2026-2035 toteutuneeseen hakkuukertymään perustuva potentiaali on noin 20 % pienempi. Ainoastaan eteläisellä alueella, jossa energiapuun korjuumäärät ovat olleet jo nykyisellään korkealla tasolla, toteutuneeseen hakkuukertymään perustuva tarjontapotentiaali on korkeampi kuin suurin ylläpidettävissä oleva hakkuukertymä. AFRYn puumarkkinamalli huomioi hakkuutähteiden tarjontapotentiaalın osalta ainespuun hakkuumäärät. Käytännössä tämä tarkoittaa, että hakkuutähdetähteiden potentiaali on hyödynnettävissä ainoastaan leimikoilta, joihin kohdistuu päätehakkuu ja hyvän metsänhoidon suositukset hakkuutähteiden korjuun osalta täyttyvät. Luonnonvarakeskuksen skenaariot metsätarjontapotentiaalista on esitetty alla eteläisen ja läntisen alueen osalta (Kuva 4) ja itäisen ja pohjoisen alueen osalta (Kuva 5).

Mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteiden tarjonta määräytyy mallinnuksessa tuotantomäärien ja toteutuneen puun käytön perusteella.





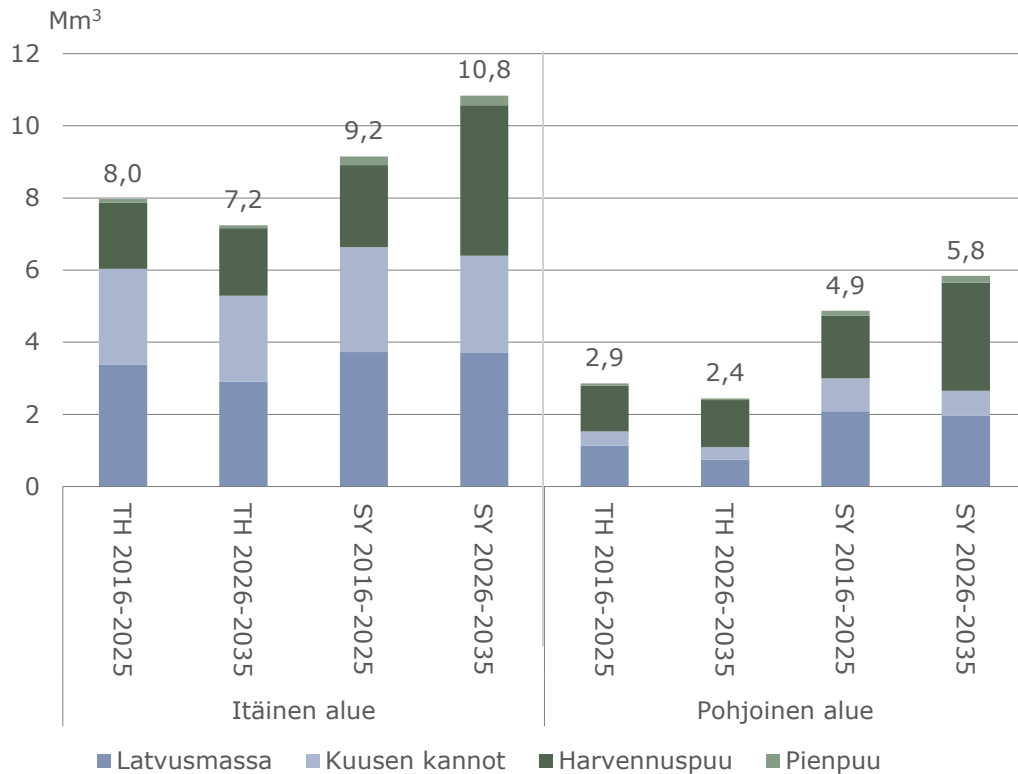
**Kuva 4 – Selvityksessä käytetyt metsätarjontapotentiaalin skenaariot: eteläinen ja läntinen alue**



Lähde: Luonnonvarakeskus



**Kuva 5 – Selvityksessä käytetyt metsätarjontapotentiaalin skenaariot: itäinen ja pohjoinen alue**



Lähde: Luonnonvarakeskus

Energiasektorilla käytettävälle tuontibiomassalle oletetaan kustannukset AFRYn markkinatietojen perusteella ja tuontipisteinä toimivat satamat ja maarajan tuontipisteet. Tuonnin tarjontapotentiaalit perustuvat AFRYn arvioihin saatavuudesta päätuontimarkkinoilla.

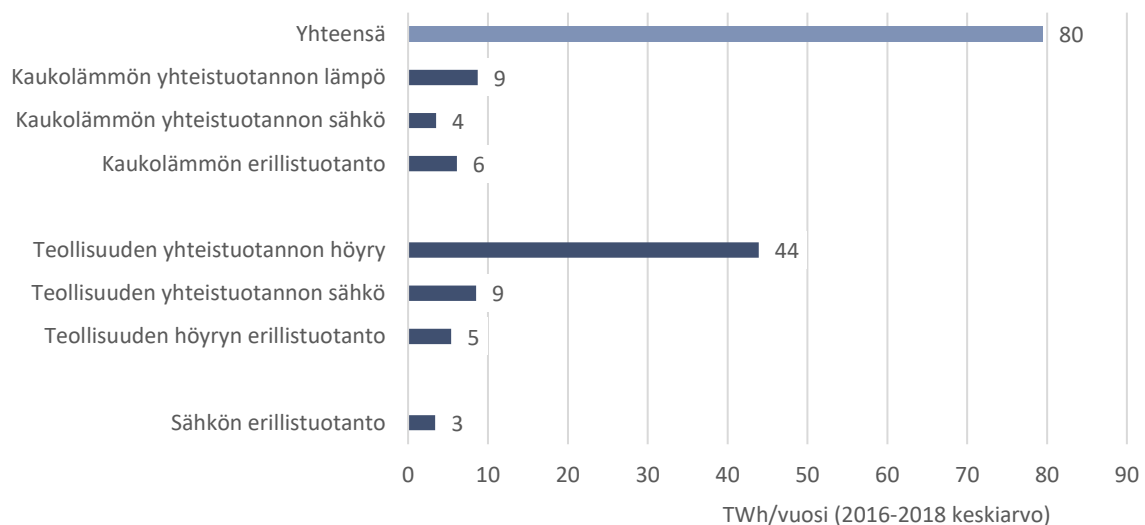
## 3. ENERGIAPUUN NYKYINEN KÄYTTÖ SUOMESSA

### 3.1 Nykyiset käyttökohteet

Puupolttoaineita käytetään Suomessa erityisesti kaukolämmön sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa sekä kaukolämmön erillistuotannossa, sekä teollisuuden höyryn tuotannossa ja sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Puubiomassan ohella etenkin vanhemmissa laitoksissa käytetään seospolttoaineena usein myös turvetta.

Puupolttoaineiden käytön jakautuminen energiasektorin eri käyttökohteiden välille on esitetty alla (Kuva 6). Kuvassa näkyvä sähkön erillistuotanto on tuotettu lauhdevoimana CHP-laitoksissa. Etenkin teollisuuden puupolttoaineiden käyttö sisältää merkittävän määrän myös metsäteollisuuden jätelemiä, kuten mustalipeää, jotka eivät ole mukana tämän työn mallinnuksessa. Jäteliemien käyttö vuonna 2018 oli yhteensä noin 46 TWh. Jäteliemien käytön oletetaan jatkuvan teollisuuskäytössä ja käytön pysyvän suurin pirtein samalla tasolla kuin nykyään. Siten käyttö ei juurikaan vaikuta kiinteän puubiomassan kysynnän kehitykseen. Lisäksi kiinteät puupolttoaineet sisältävät pienen määrän puupellettejä ja kierrätyspuuta, jotka ovat myös jätetty tämän työn mallinnuksen ulkopuolelle.

**Kuva 6 – Energiasektorin puupolttoaineiden käytön jakautuminen käyttökohteittain**



Lähde: Tilastokeskus, sähkön ja lämmön tuotannon energialähteet 3.4.2

### 3.2 Energiapuun alkuperä

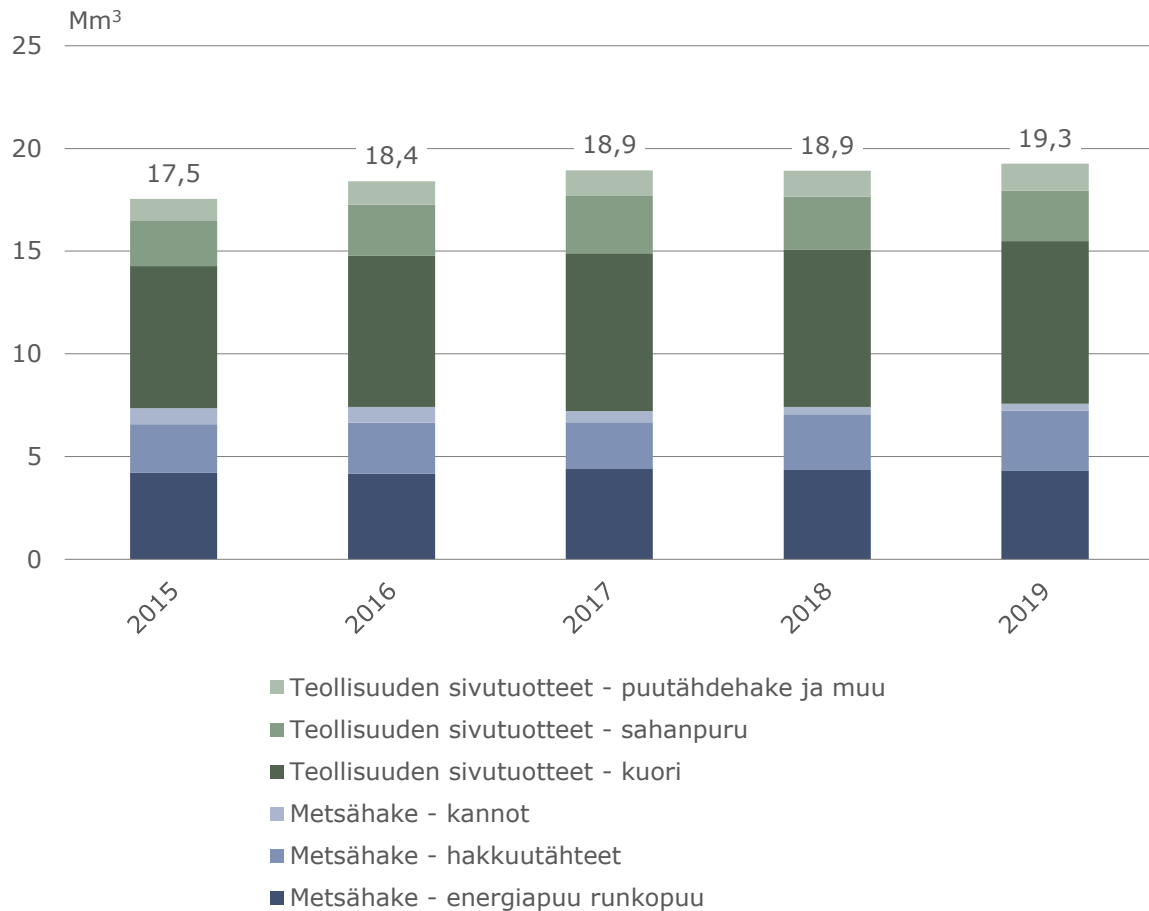
Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö (pois lukien puupelletit ja kierrätyspuu) on vaihdellut 18 ja 19 miljoonan kuution (33-36 TWh) välillä vuosina 2015-2019. Vaihteluun ovat vaikuttaneet muun muassa vuosittaiset ulkolämpötilat, puupolttoaineiden hinnat suhteessa muihin polttoaineisiin, markkinoille tuotetun sähkön määrä sekä puupolttoaineiden yleisesti kasvava käyttö fossiilisten polttoaineiden käytön vähenemisen seurauksena.

Tärkeimpiä kiinteitä puupolttoaineita ovat olleet kuori, energiapuu, hakkuutähteet ja sahanpuru. Kuorta ja sahanpurua käytetään erityisesti sahojen yhteydessä olevissa



lämpö- ja voimalaitoksissa, mutta niitä myydään myös ulkopuolisille käyttäjille. Ainespuun osuutta ei ole erikseen tilastoitu, mutta käytännössä osa energiapuuna käytettävästä runkopuusta on kuitupuuta. Puupellettejä ja kierrätyspuuta on käytetty suhteellisen vähän, noin 0,2 ja 1 miljoonaa kuutiota vuosittain. Puupelletit ja kierrätyspuu eivät ole mukana tämän työn mallinnuksessa. Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö vuosina 2015-2019, pois lukien puupelletit ja kierrätyspuu, on esitetty alla (Kuva 7).

**Kuva 7 - Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö Suomessa vuosina 2015-2019**

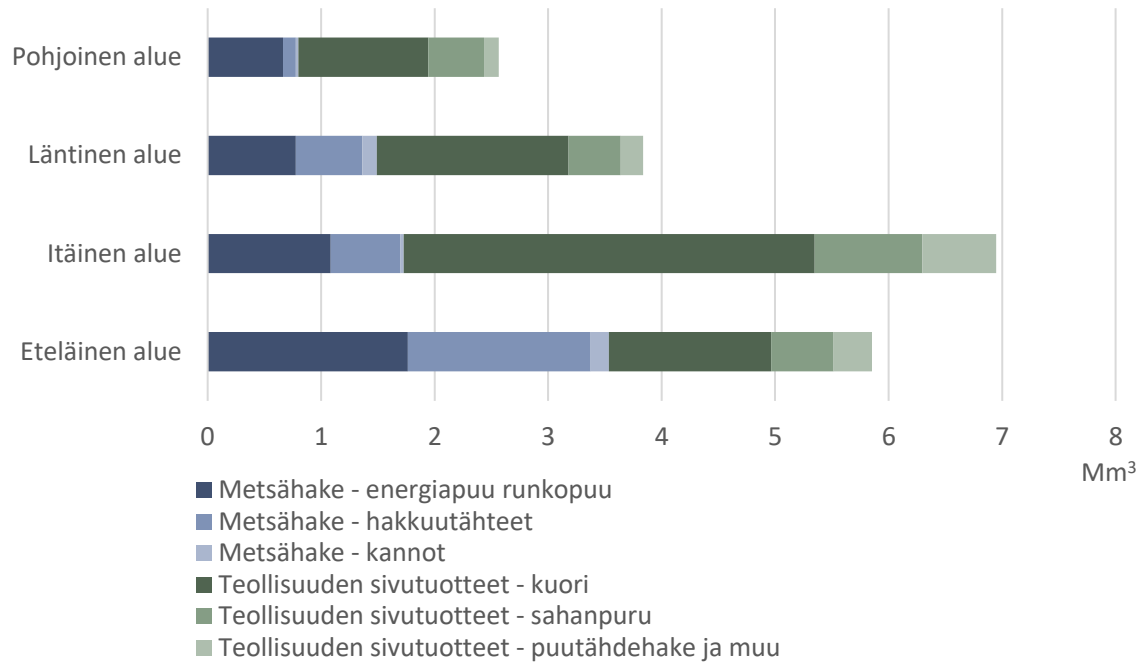


Lähde: Luonnonvarakeskus, ei sisällä puupellettejä tai kierrätyspuuta

Maantieteellisesti suurin osa lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käytöstä vuonna 2019, noin 7 miljoonaa kuutiota, sijoittui itäiselle alueelle Suomessa. Itäisellä alueella etenkin teollisuuden sivutuotteiden kulutus on suurinta, mikä johtuu alueella olevasta suuresta metsäteollisuuden määrästä. Toiseksi suurinta puupolttoaineiden kokonaiskulutus oli eteläisellä alueella, jossa metsähakkeen kulutus on selkeästi suurinta. Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käytön jakautuminen maantieteellisesti vuonna 2019 on esitetty alla (Kuva 8).



**Kuva 8 – Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö alueittain vuonna 2019**



Lähde: Luonnonvarakeskus, ei sisällä puupellettejä tai kierrätyspuuta





## 4. ENERGIAPUUN KYSYNTÄSKENAARIOT

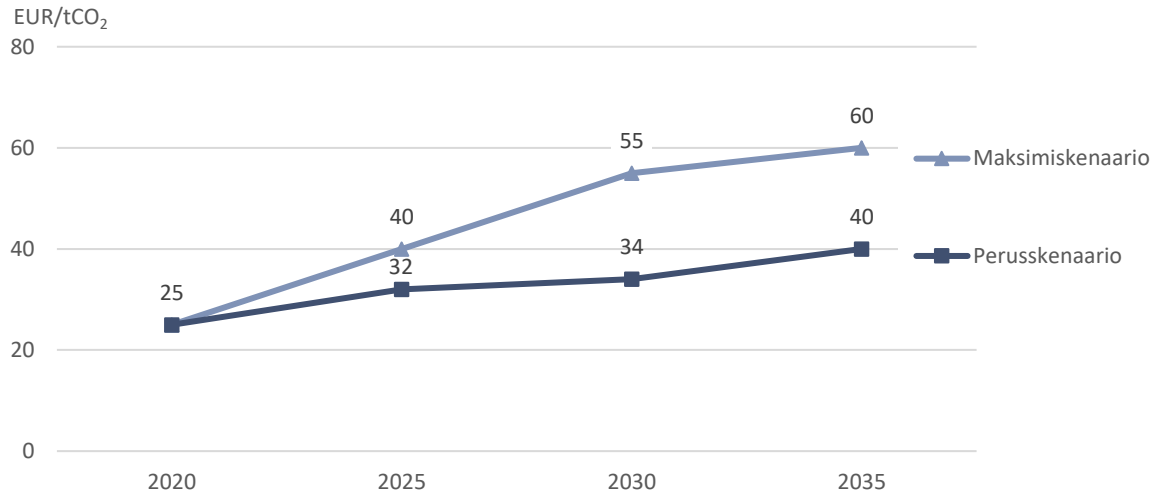
### 4.1 Tarkasteltavat skenaariot ja hintaoletukset

Energiapuun kysynnän kehitys vuosille 2025, 2030 ja 2035 on mallinnettu perustuen AFRYn kattilatietokantaan. Tarkastelu sisältää arvion kivihiiltä ja maakaasua käyttävien laitosten korvautumisista sekä turpeen seospolton kehityksestä oletetuissa markkinahintaskenaarioissa. Arvioissa on huomioitu jo julkisesti tiedossa olevat fossiilisia polttoaineita korvaavat investoinnit (lämpöpumput ja hukkalämmöt, jätteenpoltto, lämpökattilat ja CHP-laitokset) sekä tehty AFRYn toimesta oletuksia niiden laitosten korvautumisten osalta, joista ei vielä ole investointipäätöksiä tai muita tietoja julkisuudessa.

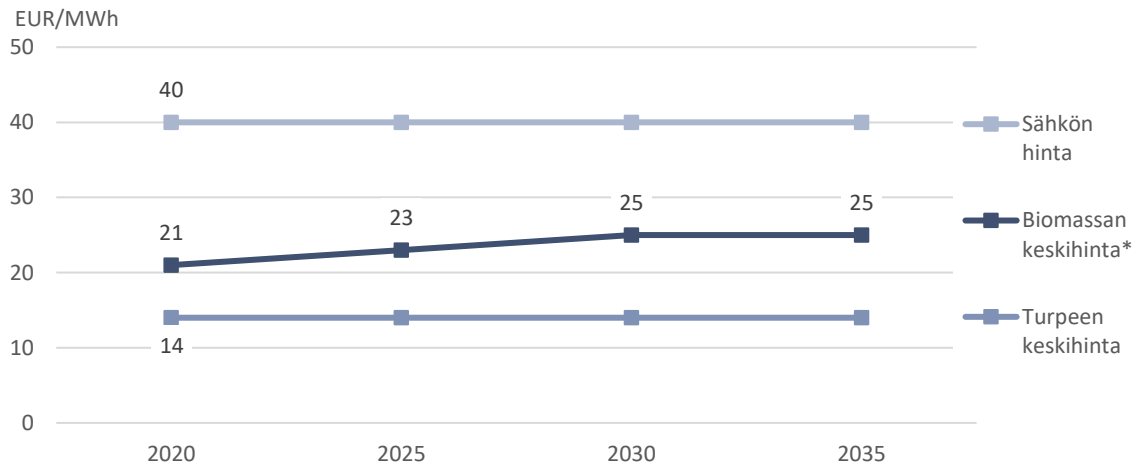
Työssä on tarkasteltu energiapuun kysynnälle kahta erilaista skenaariota. Perusskenaario kuvaa oletettua, tällä hetkellä todennäköisimmältä vaikuttavaa skenaariota, ja maksimiskenaario taas mahdollista korkeampaa energiapuun kysynnän skenaariota. Työn tavoitteena oli arvioida erityisesti mahdollisia ongelmia ja haasteita energiapuun riittävyydessä ja markkinoissa, mistä johtuen tarkasteluun ei valittu matalamman kysynnän skenaariota. Tällainen matalamman kysynnän skenaario voisi olla myös mahdollinen, jos lämmityssektori sähköistyy oletettua nopeammin tai kysyntä kaukolämmölle vähenee nopeasti.

Energiapuun kysynnälle tässä työssä määritetyt skenaariot ovat:

- **Perusskenaario:** Turpeen korvautumisen mallintamisessa on oletettu perusskenaarion mukainen päästöoikeuden hinta (Kuva 9) ja turvevero 5,7 eur/MWh vuodesta 2021 eteenpäin. Mallinnuksessa käytetyt polttoaineiden ja sähkön hinnat on esitetty kuvaajassa alla (Kuva 10). Polttoon perustuva kaukolämmöntuotanto laskee maltillisesti lämpöpumppu- ja hukkalämpöratkaisuiden yleistyessä korvaavana teknologiana. Muutoin fossiilisia polttoaineita käyttäviä tai käyttöikänsä päähän tulevia kaukolämmön tuotantoon käytettäviä CHP-laitoksia korvataan suurilta osin puubiomassaa käyttävällä lämmön erillistuotannolla. Teollisuuskohteissa CHP-tuotannon arvioidaan olevan kannattavaa ja CHP-laitokset uusitaan pääosin puubiomassaa käyttävällä CHP-tuotannolla. Metsäteollisuuden jäteliemiä käyttävät kattilat on oletettu korvattavan vastaavilla kattiloilla.
- **Maksimiskenaario:** Turpeen korvautumisen mallintamisessa on oletettu korkea päästöoikeuden hinta (Kuva 9) ja turvevero 5,7 eur/MWh vuodesta 2021 eteenpäin. Mallinnuksessa käytetyt polttoaineiden ja sähkön hinnat on esitetty kuvaajassa alla (Kuva 10). Tässä skenaariossa lämpöpumppu- ja hukkalämpöratkaisut eivät yleisty yhtä laajasti kaukolämmöntuotannossa. Fossiilisia polttoaineita käyttäviä tai käyttöikänsä päähän tulevia kaukolämmön tuotantoon käytettäviä CHP-laitoksia korvataan suurilta osin uudella puubiomassaa käyttävällä CHP-tuotannolla. Myös teollisuuskohteissa CHP-tuotannon arvioidaan olevan kannattavaa ja CHP-laitokset uusitaan pääosin puubiomassaa käyttävällä CHP-tuotannolla. Metsäteollisuuden jäteliemiä käyttävät kattilat on oletettu korvattavan vastaavilla kattiloilla.
- Molemmissa skenaarioissa on huomioitu jo pitkällä olevat suunnitelmat nykyisen tuotannon korvaamiseksi, kuten tehdyt tai pitkälle valmistellut investointipäätökset uudesta kapasiteetista.

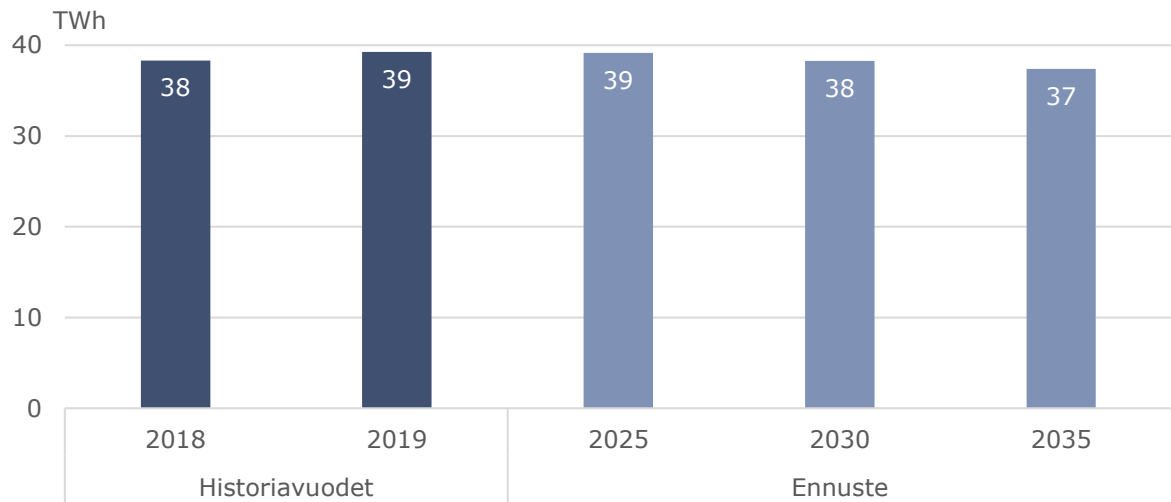
**Kuva 9 – Selvityksessä käytetyt päästöoikeuden hintaoletukset**


Lähde: 2020 toteutunut, 2025-2035 Carbon Pulse

**Kuva 10 – Selvityksessä käytetyt polttoaineiden ja sähkön verottomat hinnat**


\*Biomassan keskihintaa käytetään turpeen kysynnän kehittämisen mallintamisessa ennen varsinaista puumarkkinamallinnusta

Kaukolämmön kokonaistuotannon kehityksen osalta työssä on käytetty työ- ja elinkeinoministeriön toimittamaa skenaariota (Kuva 11). Tuotannon kehityksen osalta ei oteta kantaa maantieteelliseen tuotannon kehitykseen vaan suhteellisen kehityksen oletetaan olevan sama riippumatta kaukolämpöverkon maantieteellisestä sijainnista.

**Kuva 11 – Selvityksessä käytetty oletus kaukolämmön tuotannon kehityksestä**

Lähde: työ- ja elinkeinoministeriö

Lisäksi lämmöntuotannon polttoainekäytön oletetaan laskevan laitosten savukaasujen lämmöntalteenottojärjestelmien yleistymisen myötä. Käytännössä tällainen järjestelmä usein puhdistaa ja ottaa samalla hukkalämpöä talteen laitoksen savukaasuista. Tässä työssä oletuksena on, että kaikkiin uusiin pohjakuormaa ajaviin puubiomassaa käyttäviin energiantuotantolaitoksiin asennetaan savukaasujen lämmöntalteenottojärjestelmä. Lisäksi myös olemassa oleviin puubiomassaa käyttäviin energiantuotantolaitoksiin oletetaan valikoidusti jälkiasennettava lämmöntalteenottojärjestelmä. Jälkiasennuksia on arvioitu tehtävän niihin laitoksiin, jotka ajavat merkittävässä määrin peruskuormaa eivätkä ole lämmöntuotantotehonsa osalta ennestään merkittävästi ylimitoitettuja käyttötarkoitukseensa.

## 4.2 Turpeen korvautuminen

Vuosien 2016-2018 aikana Suomessa kulutettiin keskimäärin noin 15 TWh energiaturvetta vuodessa. Näin ollen turpeen korvautuessa energiantuotannossa kysyntää siirtyy enimmillään saman verran puubiomassalle, vastaten karkeasti noin 7,5 miljoonaa kuutiota puuta. Käytännössä puubiomassan käytön kasvu ei kuitenkaan ole näin suurta, vaikka turpeen käyttö loppuisi. Syynä tähän ovat muun muassa edellisessä kappaleessa mainitut investoinnit polttoon perustumattomaan lämmöntuotantoon, mahdolliset yhteistuotantolaitosten korvaamiset erillislämmöntuotannolla, savukaasujen lämmöntalteenottojärjestelmien yleistyminen uusissa ja vanhoissa laitoksissa, sekä mahdollisesti myös kaukolämmön kysynnän kehitys.

Tässä työssä turpeen korvautumista energiantuotannossa on mallinnettu vastaavalla tavalla kuin AFRYn työ- ja elinkeinoministeriön turvetyöryhmälle tehdyssä selvityksessä liittyen turpeen energiakäytön kehitykseen (AFRY, 2020). Turpeen kilpailukykyyn polttoaineena vaikuttaa ennen kaikkea päästøoikeuden hinta, turpeen vero, sekä laitosten vaihtoehdoisen polttoaineen kustannus. Pääasiassa turve kilpailee polttoaineena puubiomassan kanssa. Puubiomassan hinnan oletetaan nousevan kasvavan kysynnän seurauksena, mutta puubiomassan hinnan kehityksestä ei tehty tässä työssä tarkkaa erillistä mallinnusta turpeen korvautumisen arviointia varten. Puumarkkinamallinnuksen tuloksena työssä saatiin kuitenkin puubiomassan paikallinen

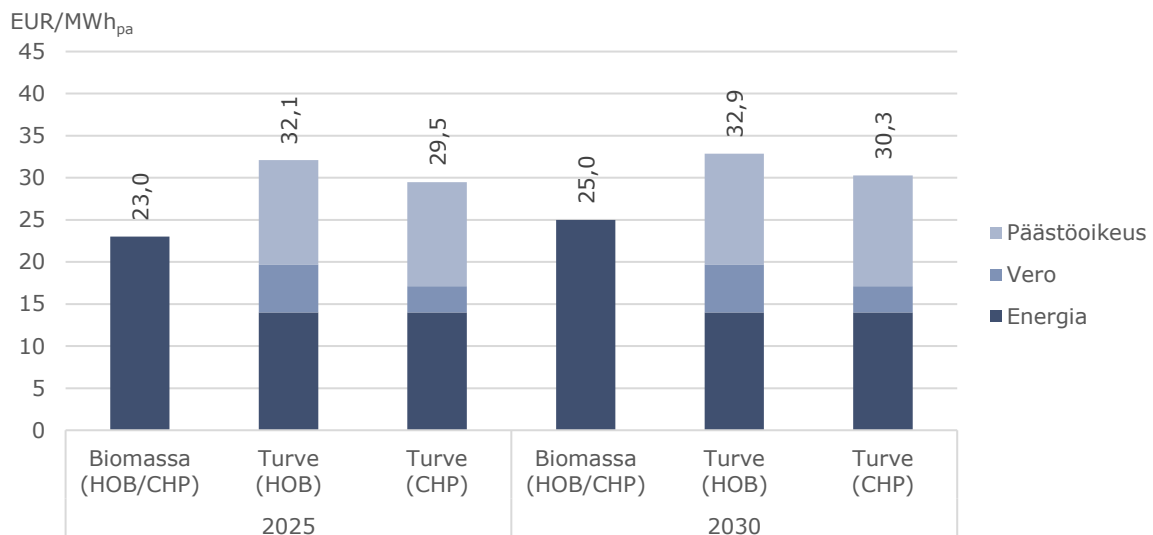


hintakehitys, ja varmistettiin että kysynnän mallinnus ja puumarkkinamallinnus ovat linjassa hinnan osalta. Turpeen polttoainehinnan on oletettu pysyvän samalla tasolla kuin nykyään eikä sen osalta ole tarkasteltu mahdollisia paikallisia hintatasoja.

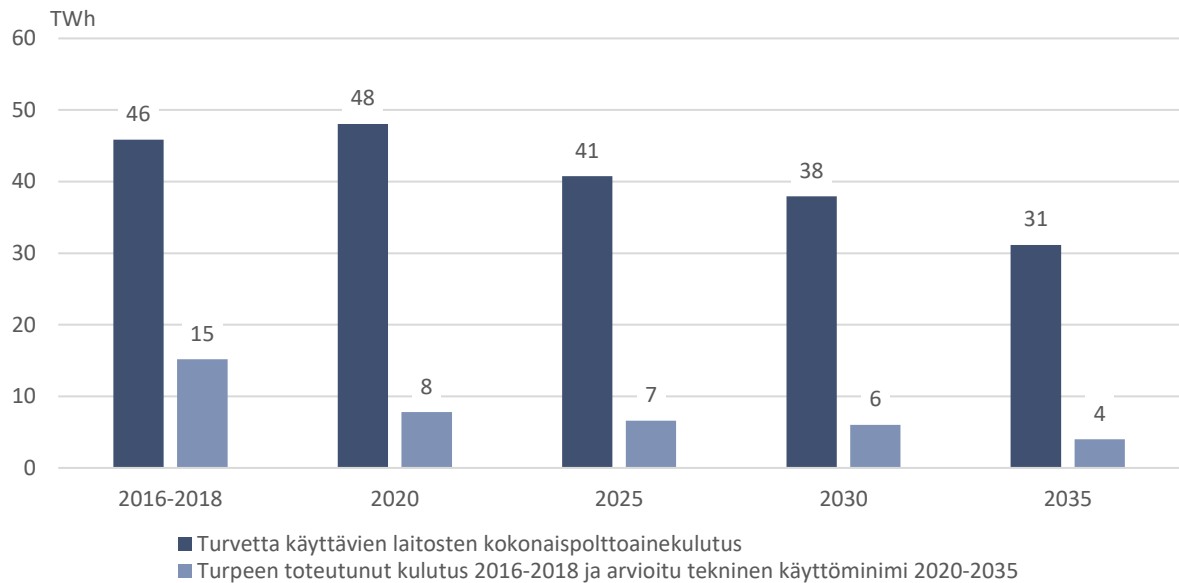
Skenaariomallinnus turpeen käytön kehityksestä on tehty kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa on arvioitu turpeen osuuden laskua ja korvautumista puubiomassalla nykyisen käytön ja teknisen käyttöminimin rajoissa perus- ja maksimiskenaarion hintaskenaarioissa. Siirtyminen turpeen käytöstä puubiomassaan on oletettu tapahtuvan, kun puubiomassa on käyttökustannuksiltaan turvetta edullisempaa. Käyttökustannuksissa on huomioitu polttoainehinta, verot sekä päästöoikeuden hinta.

Polttoainekustannusten taso päästöoikeuden perusskenaariossa turpeen polttamiselle verrattuna puubiomassaan on kuvattu alla olevassa kuvassa (Kuva 12). Mallinnuksen hintaoletukset on kuvattu luvussa 4.1.

**Kuva 12 – Polttoainekustannukset vuosina 2025 ja 2030 päästöoikeuden perusskenaariossa**



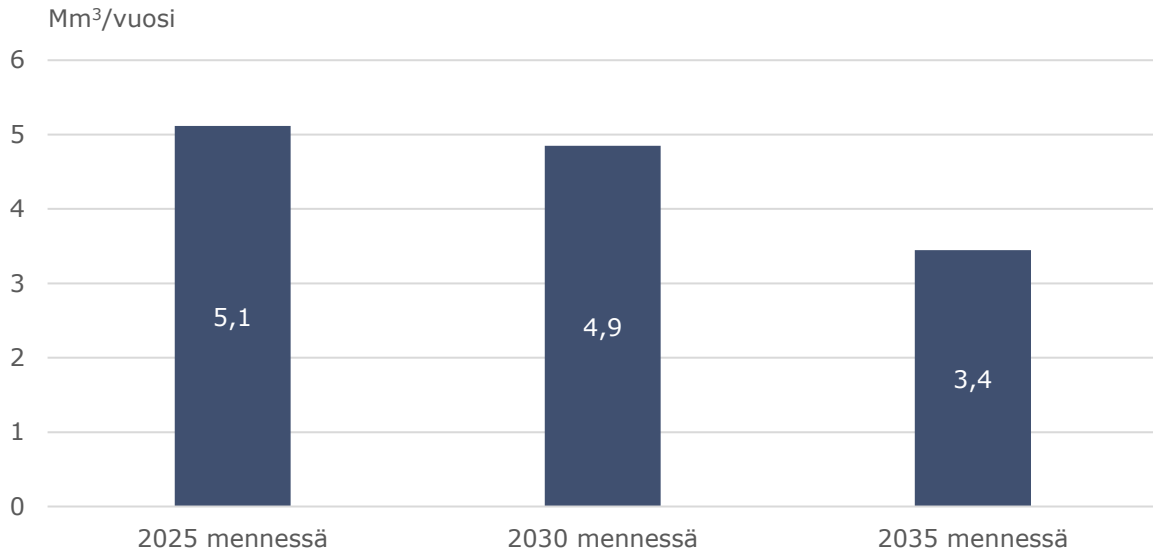
Toisessa vaiheessa on arvioitu, minkälaisessa skenaariossa myös investoinnit turpeen polton teknisen minimin laskemiseen alkavat toteutua. Uudet kattilat on yleensä suunniteltu siten, että ne voivat käyttää 100 % puubiomassajakeita, mutta vanhemmissa kattiloissa on usein rajoitteita polttoaineiden osuuksille. Useiden puubiomassajakeiden sisältämä kloori aiheuttaa korroosiota kattiloissa. Korroosion minimoimiseksi voimalaitoskattiloissa on tarpeen polttaa tarpeeksi rikkipitoista polttoainetta, kuten turvetta. Tyypillisesti 20-30 % turvetta on riittävä määrä. Tarvetta turpeen poltolle olemassa olevissa voimalaitoskattiloissa voidaan pienentää investoimalla mm. rikinsyöttöön. Lämmön erillistuotantolaitoksissa ei tyypillisesti ole välttämätöntä polttaa turvetta. Turvetta käyttävien laitosten kokonaispolttoainekulutus sekä turpeen arvioitu tekninen käyttöminimi vuoteen 2035 on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 13). Tarkastelussa on otettu huomioon arvioidut turvetta käyttävien laitosten käytöstä poistot.

**Kuva 13 – Turvetta käyttävien laitosten kokonaispolttoainekulutus sekä turpeen tekninen käyttöminimi vuoteen 2035****4.2.1 Perusskenaario**

Perusskenaariossa turpeen käyttö laskee merkittävästi jo vuoteen 2025 mennessä, jolloin turpeen käyttö laskisi noin 3,2 TWh:iin nykyisestä noin 15 TWh:sta. Vuoteen 2035 mennessä turpeen käyttö vähenisi perusskenaariossa 2,3 TWh:n vuositasolle. Näin ollen investoinnit turpeen teknisen käyttöminimin laskemiseksi ovat monessa tapauksessa kannattavia, sillä mikäli investointeja ei tehtäisi lainkaan, olisi turpeen tekninen käyttöminimi vuonna 2025 arvion mukaan noin 7 TWh (Kuva 13). Vuoteen 2025 mennessä turvetta käyttävää kapasiteetista poistuu käytöstä laitosten saavuttaessa teknisen käyttöikänsä noin 3 TWh turpeen vuosikulutuksen edestä – loput muutoksesta johtuu polttoainemuutoksista olemassa olevissa laitoksissa.

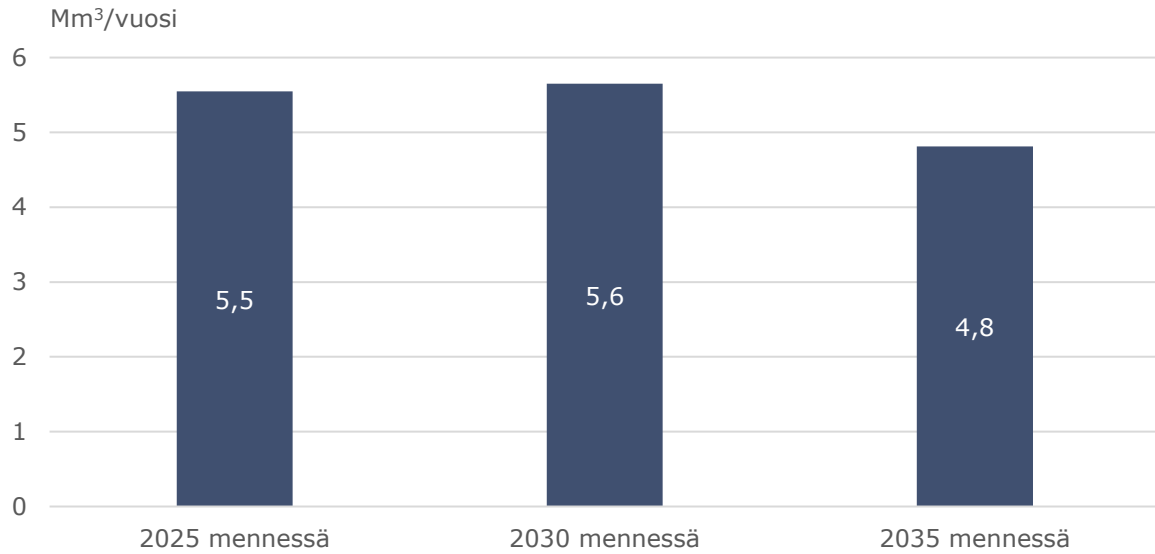
Turpeen korvautumisen seurauksena energiapuun kysyntä kasvaa noin 5,1 miljoonaa kuutiota vuoteen 2025 mennessä verrattuna vuoden 2019 referenssitason. Perusskenaariossa energiapuun kysynnän kasvua turpeen käytön korvautumisen myötä hillitsevät oletetut lämpöpumppuinvestoinnit sekä savukaasujen lämmöntalteenottojärjestelmien asennukset olemassa oleviin ja uusiin laitoksiin. Lisäksi on oletettu, että kaukolämpöä tuottavat turvetta käyttävät yhteistuotantolaitokset korvataan pääasiassa lämmön erillistuotannolla niiden saavuttaessa teknisen käyttöikänsä. Tästä syystä energiapuun kysynnän kasvu verrattuna vuoden 2019 referenssitason laskee 3,4 miljoonaan kuutiota vuoteen 2035 mennessä. Energiapuun kysynnän kasvu turpeen korvautumisen seurauksena perusskenaariossa verrattuna vuoden 2019 referenssitason on kuvattu alla (Kuva 14).



**Kuva 14 – Energiapuun vuosikysynnän kasvu turpeen korvautumisen seurauksena verrattuna vuoteen 2019 perusskenaariossa**

#### 4.2.2 Maksimiskenaario

Maksimiskenaariossa turpeen käyttöä on vuonna 2025 enää 1,7 TWh, ja energiapuun kysyntä kasvaa vuoteen 2025 mennessä hieman enemmän kuin perusskenaariossa, 5,5 miljoonaa kuutiota verrattuna vuoden 2019 referenssitason. Vuoteen 2035 mennessä turpeen käytön oletetaan vähenevän 1,1 TWh:n vuositasolle. Maksimiskenaariossa turvetta käyttäviä yhteistuotantolaitoksia on oletettu korvattavan pitkälti uusilla puubiomassaa käyttävillä yhteistuotantolaitoksilla, mistä syystä energiapuun kysynnän lisäys verrattuna vuoden 2019 referenssitason ei laske merkittävästi vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi turvetta käyttävien energiantuotantolaitosten ei oleteta korvautuvan yhtä laajasti polttoon perustumattomilla ratkaisuilla kuin perusskenaariossa. Myös maksimiskenaariossa on kuitenkin oletettu asennettavan savukaasujen lämmöntalteenottojärjestelmiä olemassa oleviin laitoksiin sekä uusiin laitoksiin, mikä hillitsee puubiomassan kysynnän kasvua. Energiapuun kysynnän kasvu turpeen korvautumisen seurauksena maksimiskenaariossa verrattuna vuoden 2019 referenssitason on kuvattu alla (Kuva 15).

**Kuva 15 – Energiapuun vuosikysynnän kasvu turpeen korvautumisen seurauksena verrattuna vuoteen 2019 maksimiskenaariossa**

### 4.3 Kivihiilen ja maakaasun korvautuminen

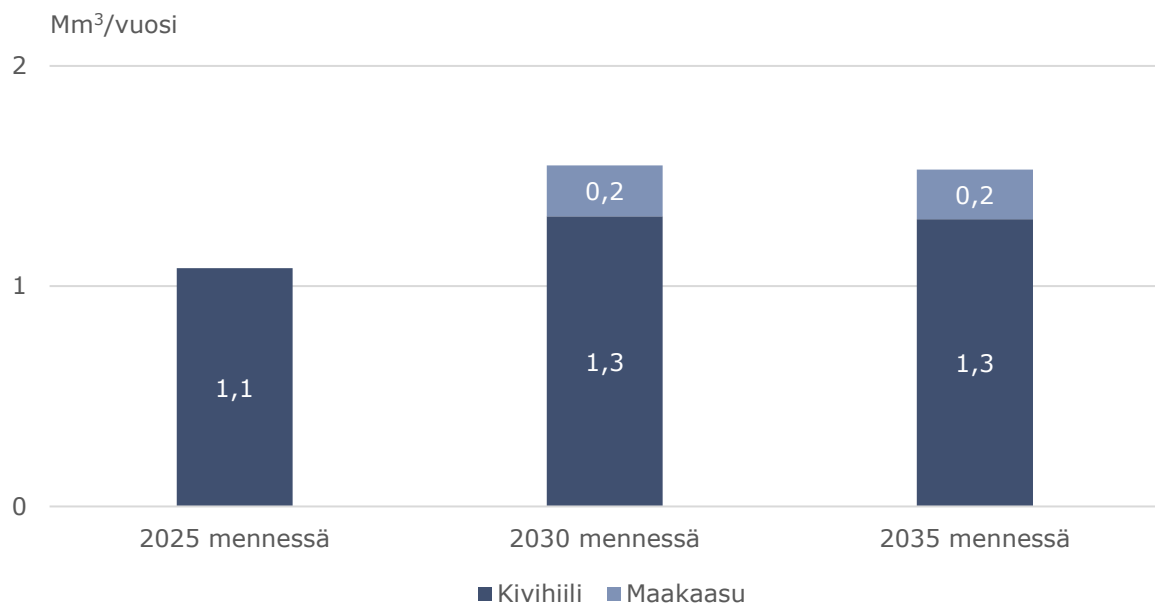
Kivihiilen käyttö energiantuotannossa on viime vuosina ollut laskussa energiantuottajien valmistautuessa kivihiilen kieltoon vuonna 2029. Vuonna 2018 kivihiilen käyttö energiantuotannossa oli noin 18 TWh, josta noin 4 TWh oli sähkön lauhdetuotantoa. Näin ollen teoriassa kivihiilen korvautuessa kokonaan vuoteen 2029 mennessä puubiomassan käyttö voisi kasvaa karkeasti noin 9 miljoonaa kuutiota. Käytännössä esimerkiksi sähkön lauhdetuotantoa kivihiilellä ei tultane juurikaan korvaamaan puubiomassalla, ja monessa tapauksessa polttoon perustuvasta sähköntuotannosta saatetaan myös luopua kokonaan laitosten korvaussuunnitelmissa. Kivihiilen korvaamiseksi on myös jo käytetty muun muassa jäteperäisiä polttoaineita, ja lisäksi polttoon perustumatonta korvaavaa tuotantoa on suunnitteilla merkittävästi, osittain saatavilla olleiden investointitukien myötä.

Vaikka maakaasu on fossiilinen polttoaine, on se silti huomattavasti vähäpäästöisempää kuin esimerkiksi kivihiili tai turve. Lisäksi maakaasua käyttävillä yhteistuotannon kombilaitoksilla on mahdollista tuottaa sähköä korkeammalla rakennusasteella. Maakaasun kilpailukyky polttoaineena on kuitenkin ollut suhteellisen heikko viimeisen vuosikymmenen aikana, mikä on johtanut maakaasun käytön vähenemiseen energiantuotannossa Suomessa. Tällä hetkellä maakaasua käytetään erityisesti kaukolämmön huipputuotannossa lämmön erillistuotantolaitoksissa. Tämän kapasiteetin ei ole oletettu kannattavuussyistä johtuen korvautuvan puubiomassalla, sillä investointikustannuksiltaan kiinteän polttoaineen laitokset ovat keskimäärin huomattavasti maakaasulämpölaitoksia kalliimpia, jos käyttö rajautuu huippukäyttöön. Maakaasua käytetään lisäksi esimerkiksi suurissa kaupungeissa, joissa vaihtoehdot laajamittaiseen korvaamiseen ovat rajalliset tarkasteluajanjaksolla. Näistä syistä johtuen maakaasun korvautumisen puubiomassalla on oletettu olevan maltillista molemmissa skenaarioissa.

### 4.3.1 Perusskenaario

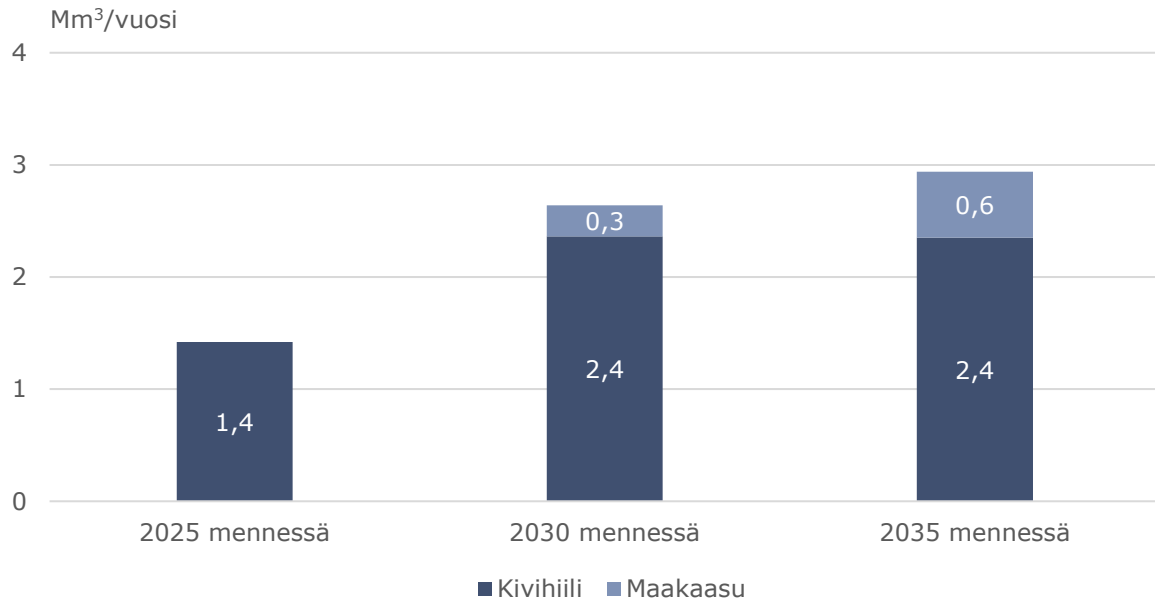
Perusskenaariossa kivihiilen korvautumisen myötä energiapuun kysynnän oletetaan kasvavan noin 1,1 miljoonaa kuutiota vuoteen 2025 mennessä ja 1,3 miljoonaa kuutiota vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2019 referenssitason. Energiapuun kysynnän kasvua hillitsevät useat, myös suuremman mittaluokan kivihiiltä korvaavat lämpöpumppu-/hukkalämpöhankkeet etenkin eteläisellä alueella. Maakaasun korvautumisen myötä energiapuun kysynnän on oletettu kasvavan maltillisesti noin 0,2 miljoonaa kuutiota vuoteen 2030 mennessä. Maakaasun korvautumista energiapuulla oletetaan tapahtuvan pienissä määrin kaukolämmöntuotannossa. Energiapuun kysynnän kasvu fossiilisten polttoaineiden korvautumisen seurauksena perusskenaariossa verrattuna vuoden 2019 referenssitason on kuvattu alla (Kuva 16).

**Kuva 16 – Energiapuun kysynnän kasvu fossiilisten korvautumisen seurauksena verrattuna vuoteen 2019 perusskenaariossa**



### 4.3.2 Maksimiskenaario

Maksimiskenaariossa kivihiilen korvautumisen myötä energiapuun kysynnän oletetaan kasvavan noin 1,4 miljoonaa kuutiota vuoteen ja 2025 mennessä ja 2,4 miljoonaa kuutiota vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2019 referenssitason. Kuten perusskenaariossa, myös maksimiskenaariossa energiapuun kysynnän kasvua hillitsevät useat kivihiiltä korvaavat lämpöpumppuhankkeet, mutta kaikkien suurimpien lämpöpumppuhankkeiden ei ole oletettu toteutuvan kokonaisuudessaan eteläisellä alueella. Maakaasun korvautumisen myötä energiapuun kysynnän on oletettu kasvavan maltillisesti noin 0,3 miljoonaa kuutiota vuoteen 2030 mennessä ja 0,6 miljoonaa kuutiota vuoteen 2035 mennessä. Maakaasun korvautumista energiapuulla tapahtuu pienissä määrin kaukolämmöntuotannossa. Energiapuun kysynnän kasvu fossiilisten polttoaineiden korvautumisen seurauksena maksimiskenaariossa verrattuna vuoden 2019 referenssitason on kuvattu alla (Kuva 17).

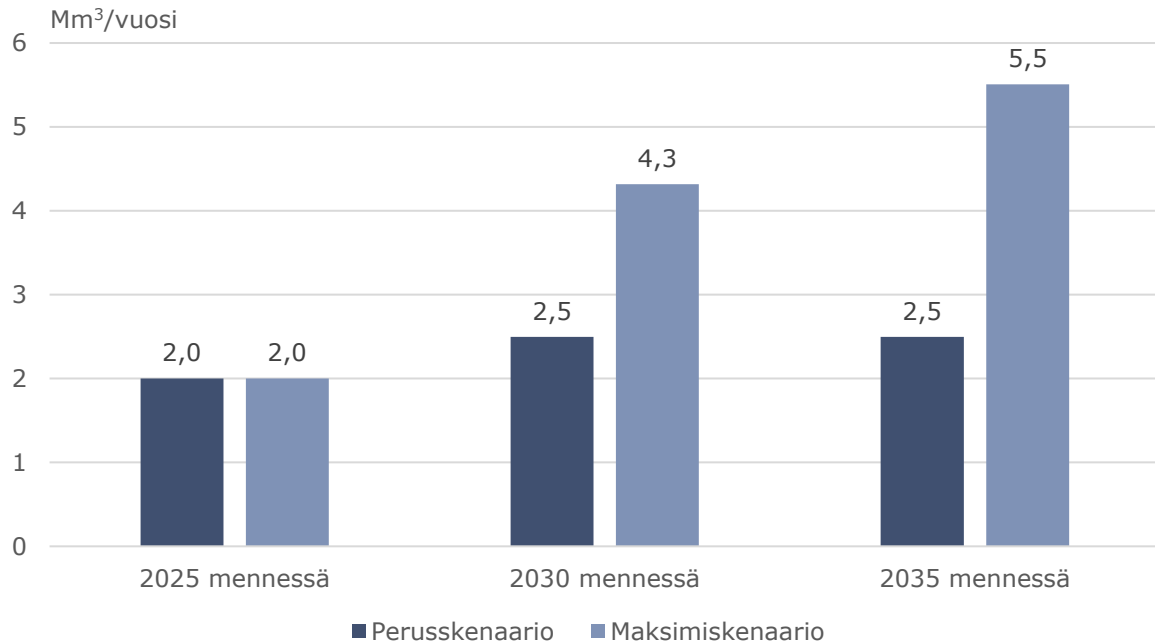
**Kuva 17 – Energiapuun kysynnän kasvu fossiilisten korvautumisen seurauksena verrattuna vuoteen 2019 maksimiskenaariossa**

#### 4.4 Investoinnit kiinteää puubiomassaa käyttäviin nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitoksiin

Energiantuotannon lisäksi energiapuun kysynnän oletetaan kasvavan biopolttoaineiden tuotantoon kohdistuvien investointien kautta. Uusiutuvan energian direktiivin vuonna 2018 tehdyn päivityksen (RED II) odotetaan kasvattavan kehittyneiden biopolttoaineiden kysyntää seuraavan kymmenen vuoden aikana Euroopassa, luoden positiiviset kysyntänäkymät ja liiketoimintamahdollisuuksia uusille toimijoille.

Perusskenaariossa oletetaan toteutuvan 1 merkittävän kokoluokan investointi itäiselle alueelle ja kaksi pienempää laitosta, joista toinen eteläiselle ja toinen pohjoiselle tarkastelualueelle. Yhteensä perusskenaariossa kehittyneiden biopolttoaineiden puunkysyntä on 2,0 Mm<sup>3</sup> vuonna 2025, 2,5 Mm<sup>3</sup> vuonna 2030 ja 2,5 Mm<sup>3</sup> vuonna 2035.

Maksimiskenaariossa vahvat markkinanäkymät ja regulaatioympäristön suotuisa kehittyminen luovat pohjan perusskenaariota vakaammalle investointiympäristölle. Maksimiskenaariossa oletetaan perusskenaarion lisäksi toteutuvan 2 merkittävän kokoluokan investointia lisää. Näistä toinen sijoittuu eteläiselle alueelle ja toinen itäiselle alueelle. Yhteensä maksimiskenaariossa kehittyneiden biopolttoaineiden puunkysyntä on 2,0 Mm<sup>3</sup> vuonna 2025, 4,3 Mm<sup>3</sup> vuonna 2030 ja 5,5 Mm<sup>3</sup> vuonna 2035.

**Kuva 18 – Kiinteän puubiomassan kysyntä biopolttoaineiden tuotantolaitoksissa Suomessa vuosina 2025, 2030, 2035**

## 4.5 Yhteenveto energiapuun kysynnän kehityksestä

### 4.5.1 Perusskenaario

Kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehitys vuoteen 2035 mennessä on esitetty alla (Kuva 19). Kiinteän puubiomassan kysynnän oletetaan kasvavan noin 8-9 miljoonaa kuutiota vuoteen 2025 mennessä. Tästä valtaosa johtuu turpeen seospolton vähenemisestä ja korvautumisesta suurelta osin biomassalla. Kysynnän oletetaan kasvavan melko voimakkaasti vuoteen 2025 mennessä, mutta pysyvän sen jälkeen suhteellisen samalla tasolla vuoteen 2035 asti.

Perusskenaariossa keskikokoisissa ja suuremmissa kaukolämpöverkoissa investoidaan osin lämpöpumppu- ja hukkalämpöratkaisuihin, kun investointi uuteen lämmöntuotantomuotoon on ajankohtainen. Yhteensä kaukolämpöä tuottavia lämpöpumppuja on oletettu olevan noin 1,6 TWh vuosituotannon edestä vuonna 2025, 4,3 TWh vuonna 2030 ja 5,5 TWh vuonna 2035. Näin ollen lämpöpumppujen yleistymisen kaukolämmön tuotannossa laskisi energiapuun kysynnän kasvua karkeasti noin 2-3 miljoonaa kuutiota vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi on oletettu investointeja savukaasujen lämmöntalteenotto-järjestelmiin, mikä myös vähentää kysyntää energiapuulle. Savukaasujen lämmöntalteenottojärjestelmiä on oletettu asennettavan kaikkiin uusiin puubiomassaa käyttäviin laitoksiin sekä usein myös sellaisiin olemassa oleviin peruskuormalaitoksiin, joissa lämmöntalteenottojärjestelmää ei ennestään ole. Yhteensä vanhoihin laitoksiin asennettavien lämmöntalteenottojärjestelmien on arvioitu vähentävän energiapuun kysyntää hieman yli miljoona kuutiota vuodessa verrattuna tilanteeseen, jossa lämmöntalteenottojärjestelmiä ei asenneta olemassa oleviin laitoksiin.

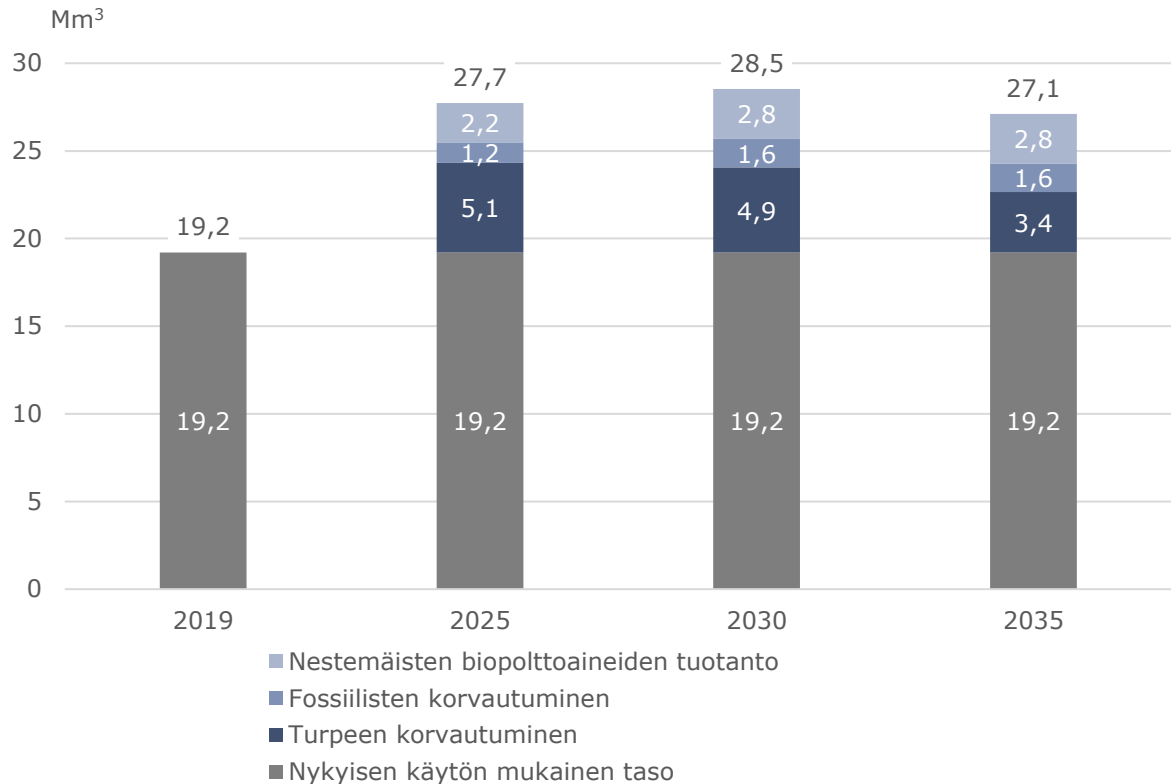
On huomioitavaa, että mikäli polttoon perustumaton tuotanto, kuten lämpöpumput ja hukkalämmöt, jostain syystä yleistyisivät kaukolämmöntuotannossa merkittävästi





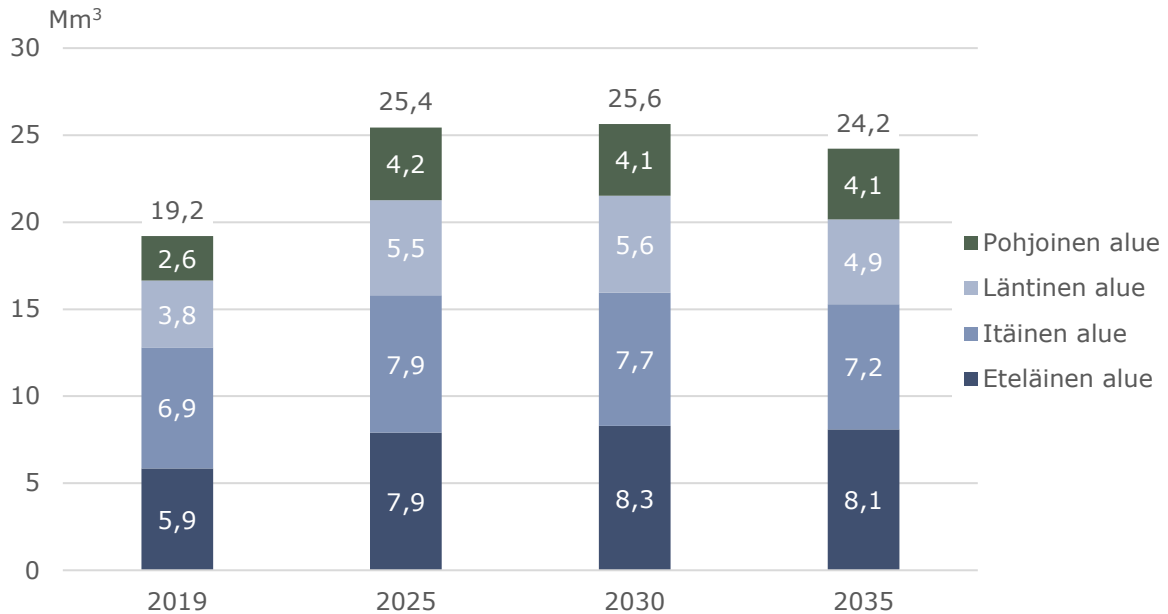
arvioitua enemmän, voi energiapuun kysynnän kasvu olla myös selvästi arvioitua vähäisempää. Samalla tavoin myös merkittävä kiinteistökohtaisten lämpöpumppujärjestelmien yleistymisen voisi laskea kaukolämmön kysyntää tulevaisuudessa ja sitä kautta hillitä energiapuun kysynnän kasvua paljonkin. Tässä työssä tällaisia skenaarioita ei ole erikseen tarkasteltu, sillä työn tarkoituksena on erityisesti tunnistaa niitä ongelmia, joita voisi muodostua, mikäli energiapuun kysyntä kasvaa merkittävästi.

### Kuva 19 – Kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehitys vuoteen 2035 perusskenaariossa



Lähde: Luonnonvarakeskus (vuosi 2019); AFRY, ei sisällä puupellettejä tai kierrätyspuuta

Alueellisesti energiapuun kysyntä kasvaa eniten Pohjois-Pohjanmaalla turpeen korvautumisen seurauksena sekä Uudellamaalla kivihiilen korvautumisen seurauksena. Lisäksi kysyntä kasvaa turpeen korvautumisen seurauksena suhteellisen paljon Pohjois-Savossa, Keski-Suomessa, Etelä-Pohjanmaalla, Lapissa ja Päijät-Hämeessä. Energiantuotannon kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehitys perusskenaariossa alueittain on kuvattu alla (Kuva 20).

**Kuva 20 – Energiantuotannon kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehitys alueittain vuoteen 2035 perusskenaariossa**


Lähteet: Luonnonvarakeskus (vuosi 2019); AFRY, ei sisällä puupellettejä tai kierrätyspuuta, ei sisällä nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoa

#### 4.5.2 Maksimiskenaario

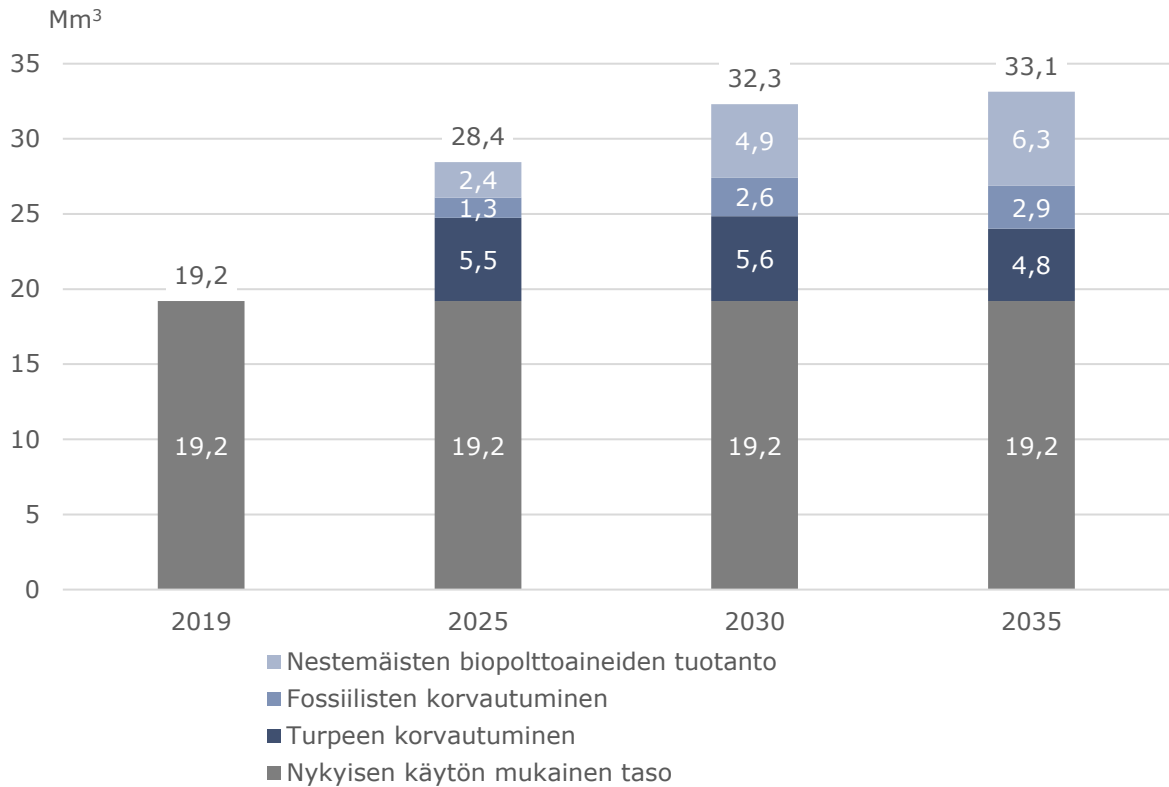
Maksimiskenaariossa kiinteän puubiomassan kysyntä kasvaa perusskenaariota enemmän erityisesti vuodesta 2030 eteenpäin, sillä skenaariossa teknisen käyttöikänsä saavuttavia kaukolämmön yhteistuotantolaitoksia korvataan usein uusilla yhteistuotantolaitoksilla. Lisäksi kivihiilen korvautuminen perustuu perusskenaariota laajemmin puubiomassaan. Kaukolämpöä tuottavien lämpöpumppujen on oletettu yleistyvän maksimiskenaariossa huomattavasti perusskenaariota vähemmän. Yhteensä kaukolämpöä tuottavia lämpöpumppuja on oletettu olevan noin 1,3 TWh vuosituotannon edestä vuonna 2025, 2,0 TWh vuonna 2030 ja 2,2 TWh vuonna 2035. Näin ollen lämpöpumppuja tulisi vuoteen 2035 mennessä hieman yli kolmasosa perusskenaariossa oletetusta määrästä.

Merkittävin ero kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehityksestä verrattuna perusskenaarioon tulee oletetuista kiinteää puubiomassaa raaka-aineena käyttävistä nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitoksista, joita maksimiskenaariossa tulee jopa yli kaksinkertainen määrä vuoteen 2035 mennessä verrattuna perusskenaarioon.

Kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehitys vuoteen 2035 mennessä maksimiskenaariossa on esitetty alla (Kuva 21). Kiinteän puubiomassan kysynnän oletetaan kasvavan noin 9 miljoonaa kuutiota vuoteen 2025 mennessä, josta valtaosa johtuu turpeen seospolton vähenemisestä. Vuoteen 2035 mennessä kysyntä kasvaa edelleen etenkin uusien nestemäisten biopolttoaineiden tuotantolaitosten myötä, ja vuoteen 2035 mennessä kysynnän oletetaan kasvavan noin 14 miljoonaa kuutiota verrattuna vuoden 2019 tasoon.



**Kuva 21 – Kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehitys  
maksimiskenaariossa**

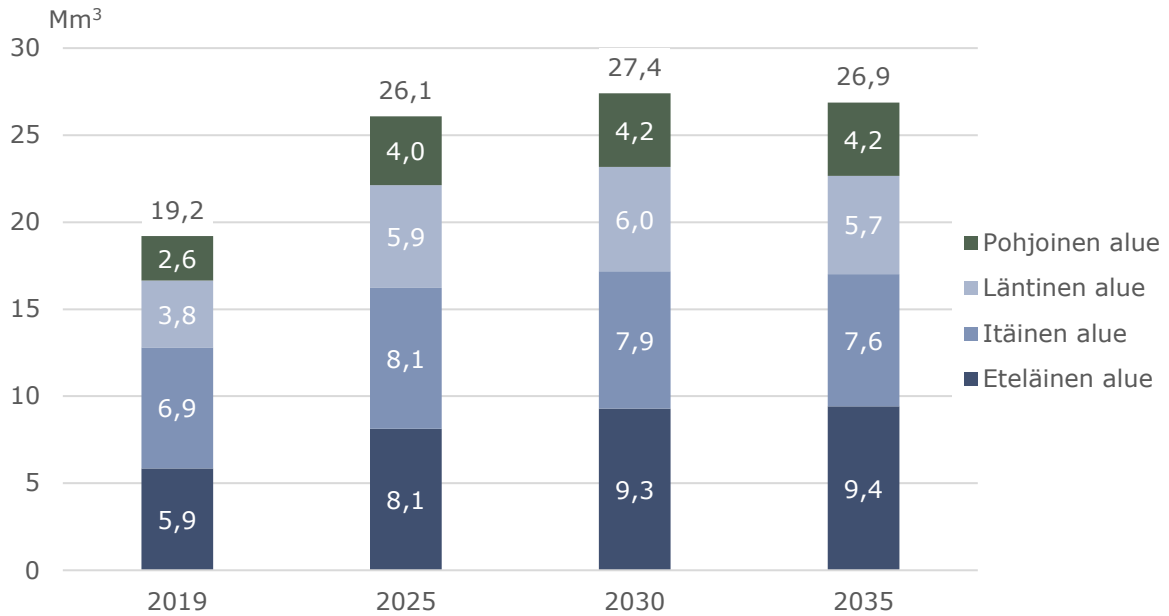


Lähde: Luonnonvarakeskus (vuosi 2019); AFRY, ei sisällä puupellettejä tai kierrätyspuuta

Energiantuotannon kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehitys maksimiskenaariossa alueittain on esitetty alla (Kuva 22). Peruskenaarioon verrattuna kysynnän kehitys on voimakkaampaa erityisesti eteläisellä alueella, jossa kivihiilen korvaamisen on oletettu perustuvan enemmän puubiomassaan.



**Kuva 22 – Energiantuotannon kiinteän puubiomassan kokonaiskysynnän kehitys alueittain vuoteen 2035 maksimiskenaariossa**



Lähteet: Luonnonvarakeskus (vuosi 2019); AFRY, ei sisällä puupellettejä tai kierrätyspuuta, ei sisällä nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoa



## 5. PUUMARKKINAMALLINNUKSEN TULOKSET

Kappaleessa 5 on esitelty mallinnustulokset perus- ja maksimiskenaarioiden osalta. Mallinnustulokset perustuvat suurimman ylläpidettävissä olevan hakkuukertymän (SY) tarjontapotentiaaleihin, joiden alueellinen kehitys on kuvattu kappaleessa 2. Herkkyytarkastelu rajallisemman (TH) hakkuukertymän osalta on kuvattu kappaleessa 6.

Luonnonvarakeskuksen arvioimiin metsähakkeen tarjontapotentiaaleihin sisältyy merkittävä määrä kuusen kantoja. Kantojen hyödyntämistä energiantuotannossa ovat kuitenkin rajanneet kantoihin liittyvät laadulliset tekijät sekä kantojen nostamiseen liittyvät ympäristökysymykset. Kantojen hyödyntäminen energiantuotannossa onkin vähentynyt merkittävästi viime vuosien aikana. Vuonna 2019 kantoja hyödynnettiin energiantuotannossa noin 0,3 Mm<sup>3</sup>, mikä on noin 4 % suurimmasta ylläpidettävissä olevasta kantopotentiaalista. Kantojen alhaisesta hyödyntämisestä johtuen AFRY on rajoittanut puumarkkinamallissa kantojen kysyntää siten, että kantojen osuus energiapuun kokonaiskysynnästä voi olla korkeimmillaan 5 %.

Metsäteollisuuden puunkysynnän kehitys vaikuttaa kerättävissä olevien hakkuutähteiden määrään ja sivutuotetarjontaan. Metsäteollisuuden kehitysnäkymät perustuvat työ- ja elinkeinoministeriön toimittamiin sektorikohtaisiin ennusteisiin. Metsäteollisuuden puun kysynnän kehitys on esitetty kappaleessa 2.

Mallinnuksessa käytetyt energiantuotannon ja biopolttoaineiden valmistuksen puun kysyntämäärät perustuvat AFRYn analyysiin ja ne on esitetty kappaleessa 4.

Mallinnustuloksia tarkasteltaessa on hyvä huomioida markkinamallinnukseen liittyvät perusolettamat ja mallin rajoitteet, jotka on kuvattu kappaleessa 2. Mallin perusolettama on, että markkinat ovat täydelliset, resurssit allokoituvat optimaalisesti käyttäjien välillä hinnan perusteella ja metsäresurssien tarjontapotentiaali on mobilisoitavissa tehokkaasti loppukäyttäjien puustamaksukyvyyn sen salliessa. Todellisuudessa puumarkkinoilla esiintyy ainakin väliaikaista epätäydellisyyttä ja tehottomuutta. Esimerkkinä markkinoiden epätäydellisyydestä voi mainita strategisen puunhankinnan ja metsänomistajien moninaiset motiivit puunmyyntipäätöksissä. Todellisuudessa puumarkkinoiden epätäydellisyydestä johtuen puuvirrat, puujakeiden allokaatio eri toimijoiden välillä sekä markkinanäkymät voivat poiketa mallin tuottamista tuloksista.

### 5.1 Energiapuun käytön kehitys

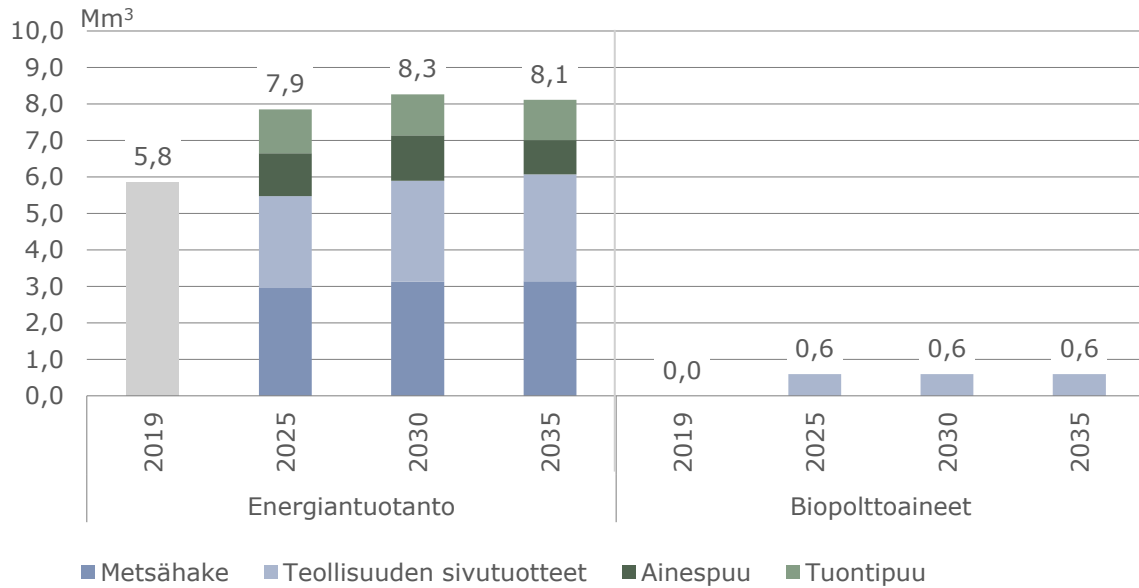
Eteläisellä alueella energiapuun hyödyntämisaste on jo nykytilanteessa erittäin korkealla tasolla ja lisääntyvä kysyntä johtaa kotimaan hankinnassa pidentyviin kuljetusmatkoihin ja kotimaan tarjontaa täydennetään tuontimarkkinoilta hankituin volyymein. Eteläisellä alueella metsähake kattaa 38 %, metsäteollisuuden sivutuotteet 34 % ja ainespuu noin 14 % energiantuotannon puupolttoaineiden kokonaishankinnasta perusskenaariossa. Ainespuuta ohjautuu eteläisellä alueella energiantuotantoon lähinnä Uudenmaan ja Varsinais-Suomen maakuntien alueella, jossa selluteollisuuden puunkysyntä on alhaisella tasolla.

Energiantuotannon puuntuonti on perusskenaariossa tasolla 1,1 Mm<sup>3</sup> ja maksimiskenaariossa tasolla 1,8 Mm<sup>3</sup> vuonna 2030. Tuonnin osuus eteläisen alueen hankinnasta vaihtelee välillä 14-18 %. Tuontipuun käyttö kohdistuu pääasiassa etelä- ja lounaisrannikolla sijaitseviin laitoksiin.

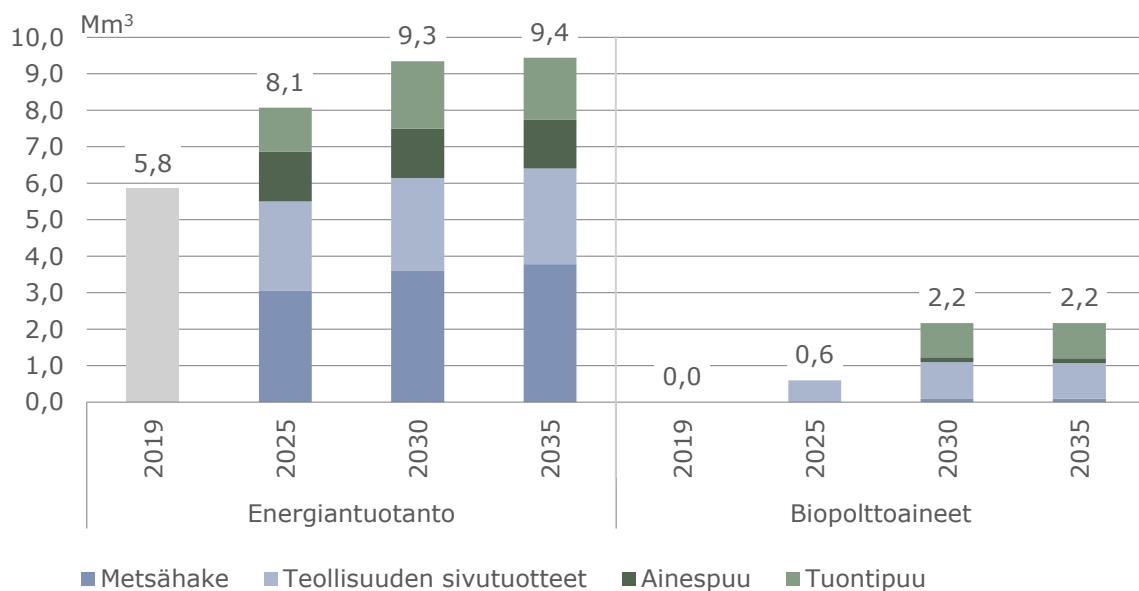


Energiantuotannon lisäksi energiapuun kysyntä lisääntyy eteläisellä alueella kiinteää puubiomassaa hyödyntävien biopolttoainestointien kautta. Perusskenaariossa alueelle oletetaan toteutuvan yksi merkittävän kokoluokan puubiomassaa hyödyntävä tuotantolaitos ja maksimiskenaariossa laitoksia oletetaan syntyvän kaksi. Mallinnustuloksien perusteella biopolttoaineisiin ohjautuva puuraaka-aine koostuu pääasiassa teollisuuden sivutuotteista ja tuontipuusta. Biopolttoainelaitoksien puunkysyntä eteläisellä alueella on perusskenaariossa tasolla 0,6 Mm<sup>3</sup> ja maksimiskenaariossa tasolla 2,2 Mm<sup>3</sup> vuonna 2035.

**Kuva 23 – Energiapuun käyttö perusskenaariossa – eteläinen alue**



**Kuva 24 – Energiapuun käyttö maksimiskenaariossa – eteläinen alue**

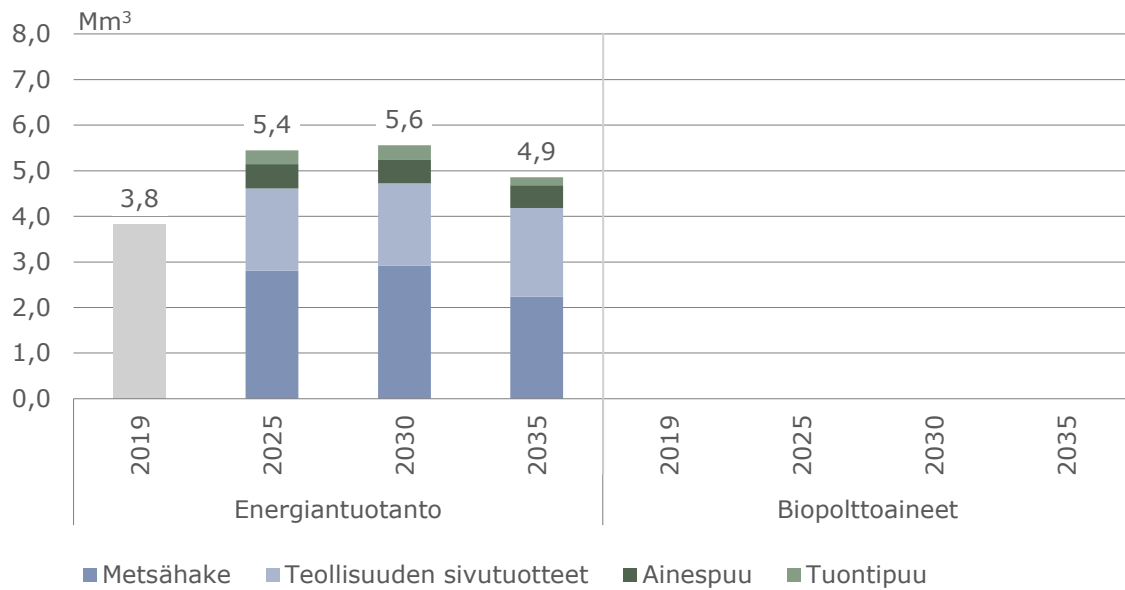




Läntinen alue kuuluu eteläisen alueen tavoin energiapuun korkean hyödyntämistason alueisiin Suomessa. Lisääntyvä kysyntä kiristää alueen energiapuubalanssia ja johtaa lisääntyviin kuljetusväilyihin kotimaan hankinnassa. Tuontimarkkinoilla on eteläistä aluetta pienempi merkitys energiapuun hankinnassa.

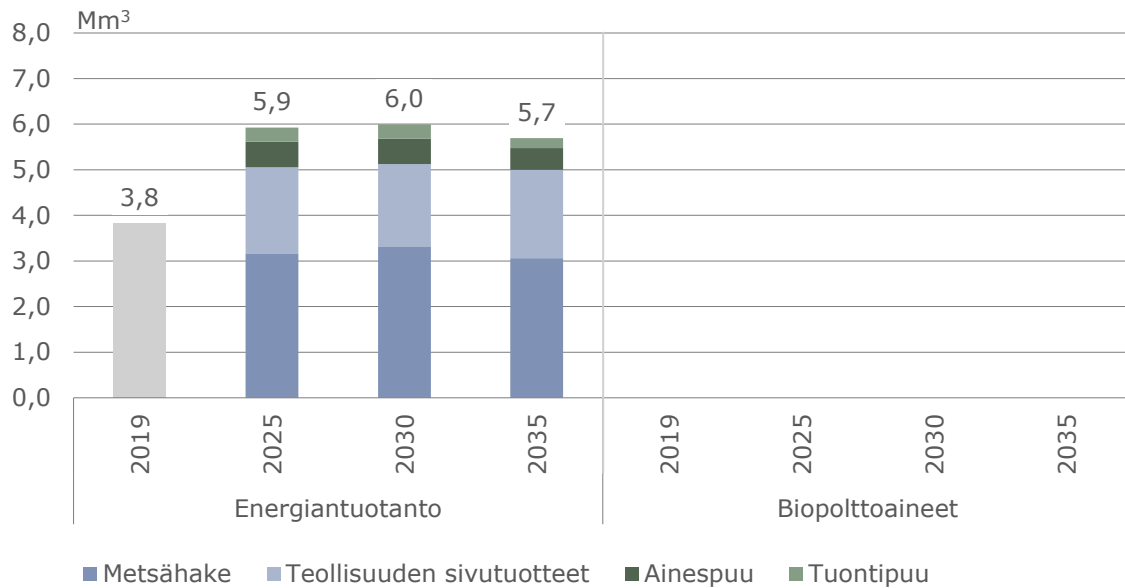
Läntisellä alueella metsähake kattaa noin 50 %, metsäteollisuuden sivutuotteet 35 % ja ainespuu noin 10 % energiantuotannon kokonaishankinnasta perusskenaariossa. Energiantuotantoon ohjautuva ainespuu koostuu pääasiassa harvennushakkuilta hankitusta kuitupuusta. Tuontienergiapuun osuus läntisellä alueella kattaa 5-10 % energiapuun kokonaiskäytössä skenaarioristusta riippuen ja keskittyy rannikkoalueella sijaitseviin laitoksiin. Mallinnetuissa skenaarioissa läntiselle alueelle ei ole oletettu biopolttoainestointeja.

**Kuva 25 – Energiapuun käyttö perusskenaariossa – läntinen alue**





Kuva 26 – Energiapuun käyttö maksimiskenaariossa – läntinen alue



Itäisellä alueella on korkea kotimaisen energiapuun tarjontapotentiaali ja hyödyntämisaste on eteläistä aluetta selvästi alhaisempi. Alueella sijaitsee suuri määrä sahateollisuuden tuotantokapasiteettia, minkä seurauksena teollisuuden sivutuotejakeita hyödynnetään laajalti energian tuotannossa. Alueen energiatuottajat hyötyvät kustannuskilpailukykyisen tuontibiomassan hankintamahdollisuuksista Venäjän markkinoilta, mikä edelleen laskee itäisellä alueella kotimaiselle metsähakkeelle kohdistuvaa kysyntäpainetta. Mallinnustuloksien perusteella itäiseltä alueelta virtaakin metsähaketta korkean kysynnän alueille etelään ja länteen.

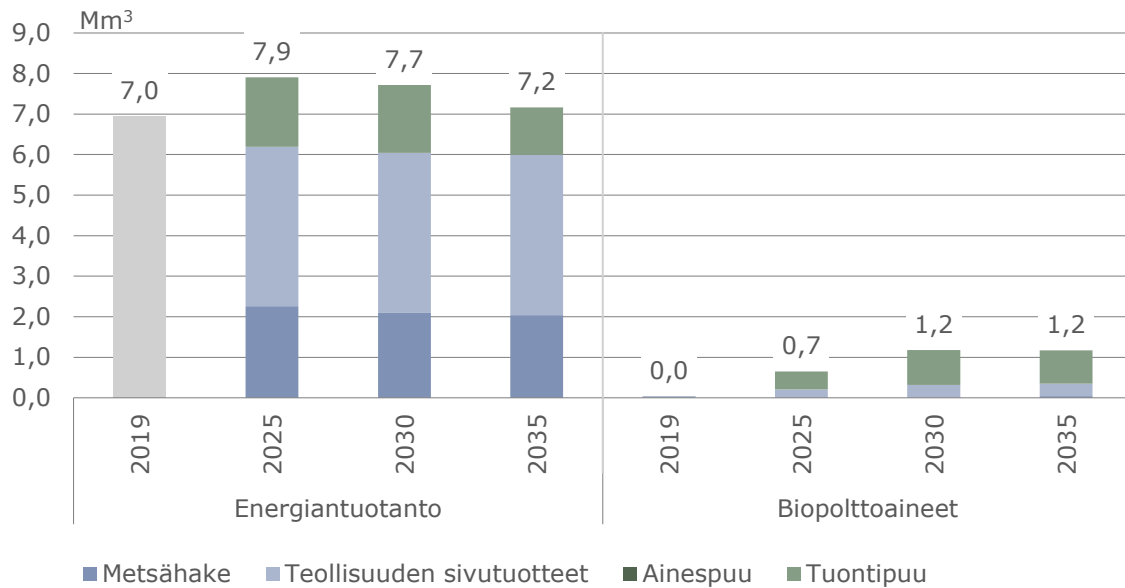
Itäisellä alueella metsähake kattaa noin 30 % ja metsäteollisuuden sivutuotteet 50 % energiantuotannon kokonaishankinnasta perusskenaariossa. Ainespuuta ohjautuu energiantuotantoon vain marginaalisia määriä. Tuontien energiapuun osuus on läntisellä alueella korkea, noin 20 % energiantuotannon kokonaiskäytöstä.

Perusskenaariossa itäiselle alueelle oletetaan toteutuvan yksi merkittävän kokoluokan puubiomassaa hyödyntävä biopolttoaineiden tuotantolaitos ja maksimiskenaariossa laitoksia oletetaan syntyvän kaksi. Mallinnustuloksien perusteella biopolttoaineisiin ohjautuvasta puuraaka-aineesta 70 % koostuu tuontien energiakahakkeesta, 25 % teollisuuden sivutuotejakeista ja 5 % metsähakkeesta. Biopolttoainelaitoksien puunkypsyntä itäisellä alueella on perusskenaariossa tasolla 1,2 Mm<sup>3</sup> ja maksimiskenaariossa tasolla 2,6 Mm<sup>3</sup> vuonna 2035.

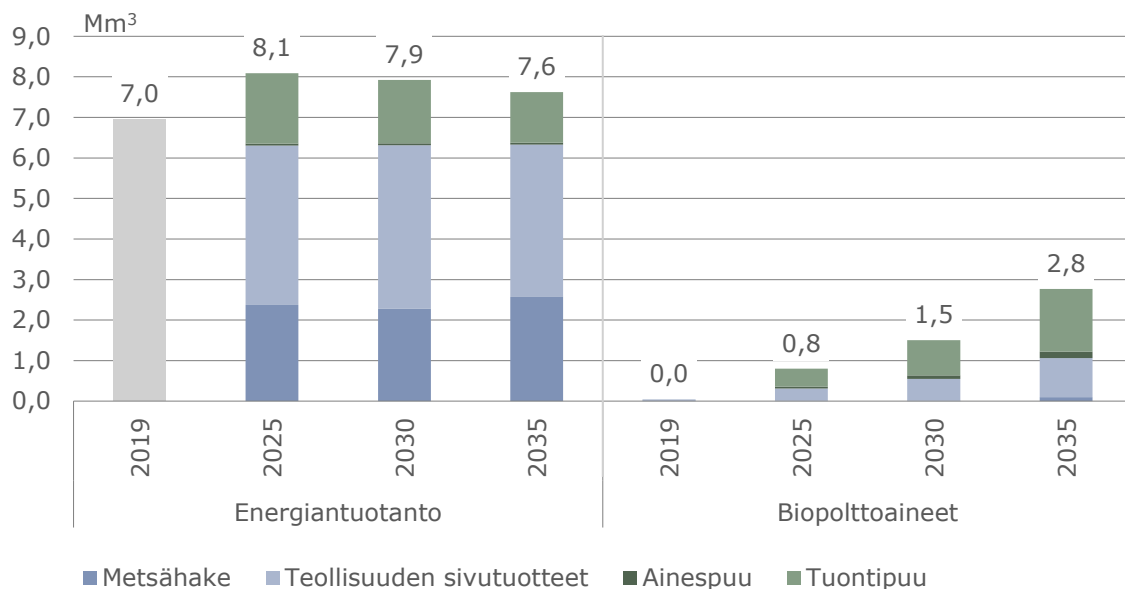




**Kuva 27 – Energiapuun käyttö peruskenaariossa – itäinen alue**



**Kuva 28 – Energiapuun käyttö maksimiskenaariossa – itäinen alue**



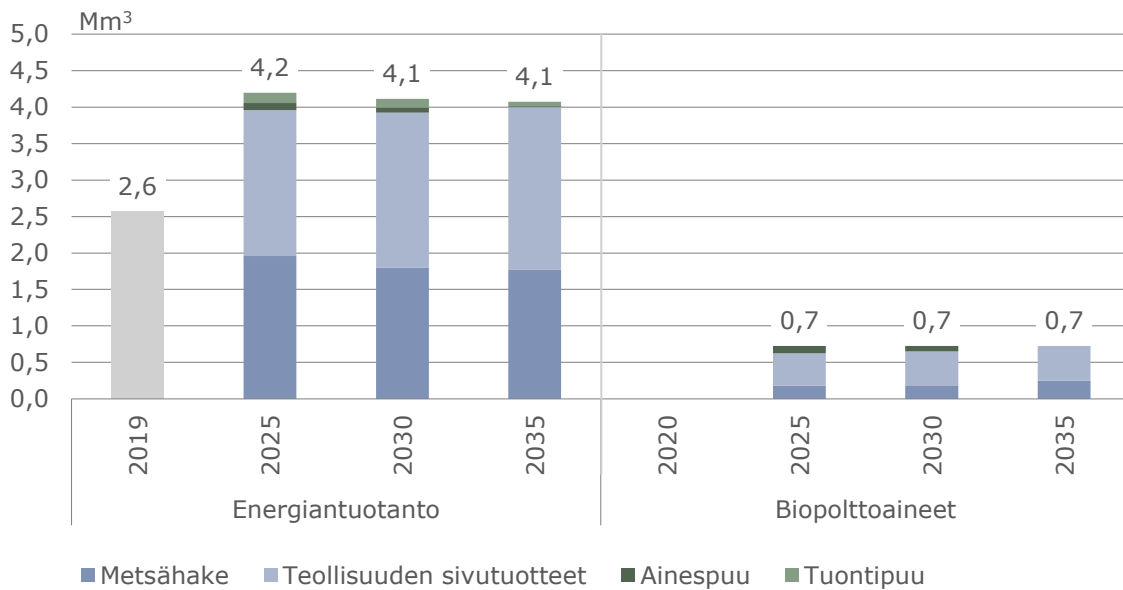
Pohjoisella alueella metsähakkeen hyödyntämisaste on nykytilanteessa alhaisella tasolla, mutta mallinnustuloksien perusteella hyödyntämisaste nousee merkittävästi tarkastelujakson aikana. Puupolttoaineiden kysyntä kasvaa erityisesti Pohjois-Pohjanmaan alueella, jossa turpeella on nykyisellään merkittävä rooli energiantuotannossa. Teollisuuspuun hakkuiden lisääntyminen hyödyttää energiasektoria lisääntyvän hakkuutähte- ja sivutuotetarjonnan muodossa. Tuontipuun rooli energiantuotannossa on pieni ja vain marginaalisia määriä ainespuuta ohjautuu energiantuotantoon.



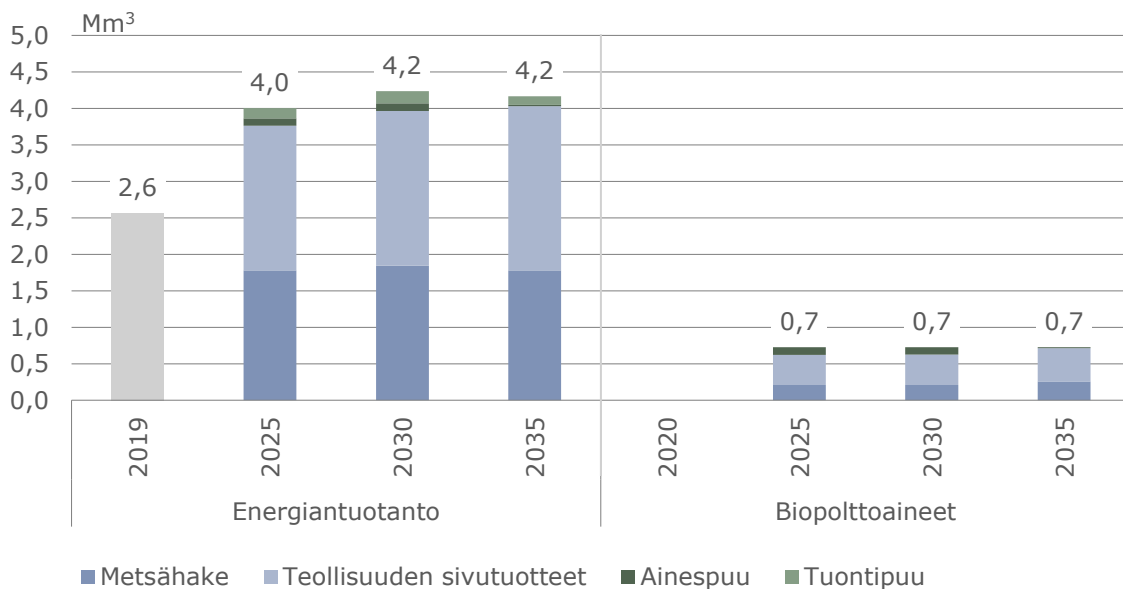
Pohjoisella alueella metsähake kattaa noin 45 % ja metsäteollisuuden sivutuotteet 50 % energiantuotannon puupolttoaineiden kokonaishankinnasta. Ainespuuta ohjautuu pohjoisen alueella vain marginaalisia määriä energiantuotantoon. Tuontienergiapuulla on pohjoisella alueella vähäinen rooli kattaen alle 5 % energiapuun kokonaiskäytöstä.

Pohjoisella alueella oletetaan toteutuvan yksi merkittävän kokoluokan puubiomassaa hyödyntävä biopolttoainetuotantolaitos perus- ja maksiskenaariossa. Mallinnustuloksien perusteella biopolttoaineisiin ohjautuvasta puuraaka-aineesta noin 35 % koostuu metsähakkeesta ja noin 65 % ja teollisuuden sivutuotejakeista. Biopolttoainelaitoksien puunkypsyntä pohjoisella alueella on tasolla 0,7 Mm<sup>3</sup> vuonna 2035.

**Kuva 29 – Energiapuun käyttö perusskenaariossa – pohjoinen alue**



**Kuva 30 – Energiapuun käyttö maksimiskenaariossa – pohjoinen alue**





## 5.2 Hintavaikutuksista

Mallinnustulosten perusteella energiapuun kysynnän kasvu aiheuttaa merkittävää metsähakkeen keskihintojen nousua kaikilla raportoiduilla alueilla. Alueellisia hintaeroja esiintyy kysyntä-tarjontatasapainojen eroista johtuen. Tarkasteluperiodin aikana hinnat ovat korkeimmillaan vuonna 2030, jonka jälkeen ne kääntyvät lievään laskuun. Hinnat nousevat maksimiskenaariossa selvästi perusskenaariota korkeammalle tasolle.

Metsähakkeen keskihinnat ovat eteläisellä ja läntisellä alueella jo lähtötilanteessa selvästi korkeampia verrattuna itäisen ja pohjoisen alueen tasoihin. Eteläisen ja läntisen alueen hinnat nousevat merkittävästi jo vuoteen 2025 mennessä ja jatkavat edelleen nousua saavuttaen mallinnusperiodin korkeimman tason vuoteen 2030 tultaessa. Hintojen nousua ajaa metsähakkeen kysynnän merkittävä kasvu ja jo lähtötilanteessa tiukka kysynnän ja tarjonnan tasapaino. Hintojen nousua osittain tasaa biomassan hankinta tuontimarkkinoilta, joka asettaa kotimaiselle metsähakkeelle vaihtoehtoiskustannuksen erityisesti rannikkoalueella sijaitsevien laitosten osalta. Maksimiskenaariossa eteläisellä alueella hinnat nousevat hieman vielä periodilla 2030-2035, mutta molemmissa skenaarioissa läntisellä alueella sekä perusskenaariossa eteläisellä alueella hinnat laskevat lievästi vuodesta 2030 eteenpäin. Metsähakkeen keskihinnat nousevat eteläisellä ja läntisellä alueella reaalisesti 10-15 % perusskenaariossa ja 15-20 % maksimiskenaariossa nykytasosta vuoteen 2030 mennessä.

Itäisellä alueella metsähakkeen keskihinnat jäävät muuta Suomea alhaisemmalle tasolle suurten tuontivolyymien tasoittaessa hintojen nousua. Maksimiskenaariossa itäisellä alueella hinnat nousevat selvästi korkeammalle kuin perusskenaariossa. Tähän vaikuttaa merkittävä puun kysynnän kasvu biopolttoaineiden tuotannossa, +2.8 Mm<sup>3</sup> vuoteen 2035 mennessä. Metsähakkeen keskihinnat nousevat itäisellä alueella reaalisesti 5-10 % perusskenaariossa ja 15-20 % maksimiskenaariossa nykytasosta vuoteen 2030 mennessä.

Myös pohjoisella alueella metsähakkeen keskihinnat nousevat merkittävästi nykytasosta kysynnän kasvun seurauksena. Pohjoisen alueen hinnat jäävät kuitenkin selvästi alle eteläisen ja läntisen alueen hintojen. Metsähakkeen keskihinnat nousevat itäisellä alueella 10-15 % perusskenaariossa ja 15-20 % maksimiskenaariossa vuoteen 2030 mennessä.

Mallinnustuloksien perusteella metsähakkeen keskihinnat jäävät etelä- ja lounaisrannikkoa lukuun ottamatta alle mallinnettujen kuitupuun hintatasojen ja perustarjonnan skenaariossa energiapuun kysynnän lisäyksellä ei ole havaittavissa merkittävää vaikutusta kuitupuun hintatasoihin.



## 6. HERKKYYSTARKASTELUJA

### 6.1 Rajallisen metsähakepotentiaalin vaikutukset

Puumarkkinamallinnukset suoritettiin perustarjontaskenaarion lisäksi rajallisemman toteutuneeseen hakkuukertymään (TH) perustuvan tarjontapotentiaalin osalta. Tarkasteltaessa eroja perustarjontaskenaariorissa käytetyn suurimman ylläpidettävissä olevan hakkuukertymään (SY) tarjontapotentiaalin ja rajallisessa tarjontaskenaarion toteutuneeseen hakkuukertymään perustuvan tarjontapotentiaalin (TH) välillä voidaan havaita, että koko maan tasolla tarjontapotentiaalit ovat periodilla 2016-2025 melko lähellä toisiaan, kun jätetään kuusen kannot tarkastelun ulkopuolelle. Potentiaaleissa on kuitenkin alueellisia eroja, tarjontapotentiaalin ollessa perustarjontaskenaariorissa korkeampi pohjoisella, itäisellä ja läntisellä alueella, mutta alhaisempi eteläisellä alueella. Tämä johtuu eteläisen alueen jo nykytilanteessa korkeasta energiapuun korjuumäärästä. Periodilla 2026-2035 erot muodostuvat huomattavasti suuremmiksi, perustarjontaskenaarion ollessa noin 6 Mm<sup>3</sup> rajallista tarjontapotentiaalia korkeampi, mikäli kuusen kannot jätetään tarkastelun ulkopuolelle.

Mallinnuksen tuloksien perusteella voidaan havaita, että rajallisen tarjontapotentiaalin skenaario aiheuttaa merkittäviä haasteita energiasektorin puunhankinnalle, mutta vaikutukset ulottuvat myös metsäteollisuuden puunhankintaan. Energiajakeiden tuontimäärät nousevat rajallisemman tarjontapotentiaalin skenaarioissa keskimäärin 20 % korkeammalle tasolle kuin perusskenaarioissa. Myös ainespuun käyttö energiantuotannossa ja biopolttoaineiden valmistuksessa kasvaa merkittävästi rajallisen tarjontapotentiaalin skenaarioissa, ollen noin 50 % perustarjontaskenaarioita korkeammalla tasolla.

Markkinoiden kiristyminen näkyy energiajakeiden ja kuitupuun hintakehityksessä. Rajallisen tarjontapotentiaalin skenaariossa metsähakkeen toimitushinnat ovat 5-20 % korkeammalla tasolla kuin perustarjontaskenaariorissa. Mallinnustulokset indikoivat, että rajallinen metsähakepotentiaali ja lisääntyvä energiapuun käyttö vaikuttaa perusskenaariosta poiketen myös kuitupuun hintaan. Kuitupuun tehdashinnat nousevat rajallisen potentiaalin skenaariossa keskimäärin noin 5 % perustarjontaskenaariota korkeammalle tasolle. Hintavaikutus on suurempi havukuidun kuin lehtikuitupuun osalta.

Eteläisellä alueella toteutuneen hakkuukertymän korkeammista tarjontapotentiaaleista huolimatta tuontimäärät nousevat hieman. Ainespuun käyttö energiantuotannossa on myös perustarjontaskenaariota korkeammalla tasolla. Tämä johtuu muiden alueiden tarjontapotentiaalin niukkenemisestä, jolloin perustarjontaskenaariota pienempiä metsähakevirtoja ohjautuu näistä eteläiselle alueelle. Rajallisen tarjonnan skenaarion hintavaikutus eteläiselle alueelle on merkittävä, metsähakkeen toimitushintojen ollessa noin 10% korkeampia kuin perusskenaariossa.

Herkkyystarkastelun perusteella kysyntä-tarjonta tasapaino kiristyy merkittävästi rajallisemman tarjontapotentiaalin kautta myös läntisellä alueella. Tuontipuun hankintamäärät läntisellä alueella nousevat merkittävästi ja ainespuuta ohjautuu perusskenaariota selkeästi enemmän energiantuotantoon. Metsähakkeen hinnat ovat lähes 10 % korkeampia kuin perustarjonnan skenaariossa.

Itäisellä alueella ero rajallisen ja perustarjontapotentiaalin välillä on selkeästi suurempi kuin eteläisellä ja läntisellä alueella. Energiapuun tuontimäärät nousevat 20 % korkeammalle tasolle kuin perustarjontaskenaariorissa. Ainespuuta ohjautuu rajallisen tarjonnan skenaariossa energiantuotantoon, mutta määrät ovat kaikkiaan melko alhaisia. Kotimaisen metsähakkeen hinnat ovat 5 % korkeampia kuin perustarjontaskenaariorissa.



Pohjoisella ero perustarjontapotentialin ja rajallisen tarjontapotentialin välillä on suhteellisesti kaikkein suurin. Energiapuun tuontimäärät pohjoisella alueella kasvavat merkittävästi, kohdistuen pääasiassa rannikkoalueen laitoksiin. Myös ainespuuta ohjautuu energiantuotantoon selkeästi perustarjontaskenaariota suurempia määriä. Kotimaisen metsähakkeen hinnat ovat lähes 20 % perusskenaariota korkeammalla tasolla.

## 6.2 Kysyntä-tarjontatasapainon muutokset poikkeuksellisina vuosina

Tuloksien yhteydessä tehtiin myös herkkyystarkastelua siitä, miten kysyntä-tarjontatasapaino voi muuttua poikkeuksellisina vuosina, esimerkiksi kysynnän kasvaessa kylmän vuoden vaikutuksesta tai metsäteollisuuden tuotannon merkittävän muutoksen vuoksi.

### 6.2.1 Kylmä vuosi

Tilalämmitykseen kulutetun lämmön tarve vaihtelee merkittävästi vuodesta toiseen ulkolämpötilan mukaan, ja lämmöntuottajien on varauduttava vaihtelevaan kysyntään. Fossiiliset polttoaineet ja turve ovat tähän saakka tarjonneet lämmöntuottajille vaihtoehtoja esimerkiksi erityisen kylmään vuoteen varautumiseen. Nämä joustavat lämmöntuotantovaihtoehdot häviävät kivihiilen poistuessa polttoainevalikoimasta 2029 mennessä, ja toimijoiden pyrkiessä eroon fossiilisesta öljystä ja vähentäessä merkittävästi turpeen käyttöä. Vaihtoehtoisilla tuotantomuodoilla, esimerkiksi lämpöpumpuilla, ei tavallisesti pystytä lisäämään tuotantoa kylminä talvipäivinä. Tällöin lämmön tuottajilla tulisi olla riittävästi biomassaa saatavilla kattamaan myös kylmän talven kysyntä. Ongelmana on kuitenkin biomassan heikko varastoitavuus erityisesti hakkeena.

Kylmä talvi voi kasvattaa vuodenaikaista polttoainekulutusta kaukolämmön ja yhteistuotantosähkö tuotannossa jopa noin 10 % verrattuna keskimääräiseen vuoteen. Muutaman kylmimmän kuukauden osalta muutos kysynnässä saattaa olla jopa 20-30 %. Kylmän talven vaikutuksen teollisuuden polttoainekulutukseen voidaan olettaa olevan vähäinen. Näin ollen kylmän talven vaikutuksesta puubiomassan vuosikulutus voisi kasvaa noin 1,0-1,5 miljoonaa kuutiota keskimääräiseen vuoteen verrattuna. Työssä käytetty referenssivuosi 2019 kuvaa lämpötilatasoltaan suhteellisen hyvin normaalivuotta. Tällainen kasvu puubiomassan kysynnässä saattaisi aiheuttaa ainakin paikallisia merkittäviä haasteita polttoaineensaannissa yksittäisten laitosten osalta kylmimpinä talvikuukausina. Normaali-tarjontatilanteessa kylmän talven vaikutukset kohdistuvat pääasiassa polttoainehankinnan kohonneisiin kustannuksiin. Mikäli kylmään talveen yhdistyy kuitenkin tilapäinen häiriö tarjontapuolella, saatetaan yksittäisten laitosten osalta joutua turvautumaan esimerkiksi polttoöljyyn tai maakaasuun perustuvan varakapasiteetin lyhytaikaiseen käyttöön.

### 6.2.2 Metsäteollisuuden tuotannon merkittävä poikkeama

Metsäteollisuuden lopputuotemarkkinoiden syklisyys vaikuttaa metsäteollisuuden tuotantovolyymeihin ja edelleen teollisuuden sivutuotteiden saatavuuteen ja metsästä kerättävissä oleviin hakkuutähdemääriin. Tilapäisiä tarjontapuolen häiriöitä aiheutuu myös teollisuuden lakoista. Esimerkiksi vuodelle 2020 osuneet mekaanisen metsäteollisuuden työtaistelu ja koronapandemia yhdessä vaikuttivat merkittävästi ensimmäisen vuosipuoliskon sahatavaran tuotantomääriin ja sivutuotteiden tarjontaan. Koko vuoden 2020 osalta sahojen sivutuotetarjontamäärät laskivat noin 10 % edellisvuodesta, vaikka tuotantomäärät elpyivätkin loppuvuodesta.



Nykyisellään teollisuuden sivutuotteet kattavat yli 50 % lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden kokonaiskäytöstä, joten sivutuotetarjonnan poikkeamilla on merkittävä vaikutus energiapuun saatavuuteen. Sivutuotetarjonnan osalta poikkeamat heijastuvat hyvin nopeasti energiapuun saatavuuteen, mutta metsähakkeella hakkuutähteiden syntymisen ja käytön välisestä viipeestä johtuen tarjonnan poikkeamat vaikuttavat tyypillisesti vasta seuraavan lämmityskauden tilanteeseen.

Poikkeavat puunkorjuuolosuhteet (esim. leudot talvet) rajoittavat puunkorjuuta metsistä vaikuttaen sekä metsähakkeen että teollisuuden sivutuotteiden tarjontaan ja hankinnan kustannuksiin. Samoin esimerkiksi laajamittaiset myrskytuhot saattavat lyhyellä aikavälillä lisätä puun tarjontaa markkinoilla. Toisaalta digitalisaation avulla tehostunut puunhankinnan suunnittelu ja hakkuiden kohdentaminen on parantanut puunhankinnan mahdollisuuksia varautua poikkeaviin korjuuolosuhteisiin. Poikkeavat korjuuolosuhteet vaikuttavat yhtä lailla kotimaan tarjontaan ja Itämeren alueelta hankittuun tuontipuuhun.



## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Turpeen ja kivihiilen korvautuminen tulee lisäämään kiinteiden puupolttoaineiden kysyntää kaikkialla Suomessa. Energiatuotantolaitosten puunkysyntä nousee nykytasosta perusskenaariossa 6,4 Mm<sup>3</sup> (+30 %) ja maksimiskenaariossa 8,3 Mm<sup>3</sup> (+40 %) vuoteen 2030 mennessä. Tämä merkittävä kysynnän kasvu asettaa vaatimuksia kotimaisen metsähakkeen mobilisoinnille ja johtaa polttoainekustannuksien nousuun energiantuottajille. Kotimaan markkinoiden niukkuutta ja hintakehitystä tasataan tuontimarkkinoilta hankitulla biomassalla.

Mallinnustuloksien perusteella suurinta niukkuutta kiinteistä puupolttoaineista esiintyy eteläisellä ja läntisellä tarkastelualueella (Suomen ollessa tarkastelussa jaettuna neljään maantieteelliseen alueeseen), joissa jo nykyiselläänkin kiinteiden puupolttoaineiden kysyntä on korkealla tasolla tarjontaan nähden. Näillä alueilla kotimaan hankinnan kuljetusmatkat pitenevät, mikä yhdessä kiristyvän kilpailutilanteen kanssa johtaa kiinteiden puupolttoaineiden kustannusten nousuun. Kehityksen seurauksena energiapuuvirtoja ohjautuu itäiseltä alueelta läntiselle ja eteläiselle alueelle. Läntisellä ja eteläisellä alueella kotimaan hankintaa täydennetään tuontienergiapuulla, joka hankitaan pääasiassa Baltian maista. Tuontipuun hankinta kohdistuu läntisellä ja eteläisellä alueella erityisesti rannikkoalueen laitoksiin Uudenmaan ja Varsinais-Suomen maakuntien alueella. Mallinnustuloksien perusteella tuontipuu kattaa energiantuotantolaitosten kiinteiden puupolttoaineiden kokonaiskysynnästä 15-20 % eteläisellä alueella ja 5-10 % läntisellä alueella vuonna 2030.

Itäinen alue poikkeaa kiinteiden puupolttoaineiden kysyntä-tarjontatasapainon osalta selvästi eteläisestä ja läntisestä alueesta. Energiantuotantolaitosten puun kysyntä itäisellä alueella kasvaa merkittävästi vähemmän kuin muilla tarkastelualueilla. Kotimaiseen metsähakkeeseen kohdistuvaa kysyntäpainetta helpottaa alueella sijaitseva mittava metsäteollisuuden tuotantokapasiteetti, minkä seurauksena teollisuuden sivutuotteiden (puru ja kuori) ja teollisuuspuun hakkuun jäljiltä kerättävissä olevien hakkuutähteiden tarjonta on korkea. Itäisellä alueella lähellä itärajaa sijaitsevat energiantuotantolaitokset hyötyvät mahdollisuuksista hankkia kustannuskilpailukykyistä energiapuuta Venäjältä. Mallinnustuloksien perusteella tuontimäärät kasvavatkin itäisellä alueella siten, että ne kattavat vuonna 2030 noin 20 % energiantuotannon kiinteiden puupolttoaineiden kokonaishankinnasta. Itäisellä alueella tuonnin ajurina ei ole niinkään kotimarkkinoiden niukkuus, vaan tuontimarkkinoilta hankittavan energiapuun kustannuskilpailukyky. Tuontienergiapuun rooli itäisellä alueella on erityisen merkittävä Pohjois-Karjalan maakunnan alueella.

Pohjoisella alueella energiapuulle kohdistuu turpeen korvautumisen kautta merkittävä lisäkysyntä. Metsähakkeen hyödyntämistä on nykytilanteessa alhainen ja teollisuuden sivutuotteilla on ollut merkittävä rooli energiantuotantolaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käytössä. Mallinnustuloksien perusteella kasvava kiinteiden puupolttoaineiden kysyntä katetaan lähes kokonaisuudessaan kotimaisin resurssein ja energiapuun tuontimäärät ovat alhaisia kohdistuen lähinnä rannikkoalueella sijaitseville laitoksille. Teollisuuspuun kasvavat käyttömäärät lisäävät metsäteollisuuden sivutuotteiden ja hakkuutähteiden tarjontaa alueella vaikuttaen suotuisasti kiinteiden puupolttoaineiden kysyntä-tarjontatasapainon kehittymiseen.

AFRYn markkinamallinuksissa energiapuun kysynnän kasvuun vaikuttavat merkittävästi myös oletetut investoinnit puubiomassaa tuotantoprosesseissaan hyödyntäviin biopolttoainelaitoksiin. Perusskenaariossa biopolttoainelaitoksien puun kysyntä on tasolla 2,5 Mm<sup>3</sup> vuonna 2030 ja maksimiskenaariossa vastaavana ajankohtana 4,3 Mm<sup>3</sup>.



Tuloksien perusteella mahdollisten nestemäistä biopolttoainetta valmistavien laitosten kysyntä keskittyy pitkälti metsäteollisuuden sivutuotteisiin ja tuontien energiapuuhun. Toteutuessaan biopolttoaineinvestoinnit vaikuttavat alueellisiin energiapuun kysyntä-tarjonta-tasapainoihin ja energiapuujaisten hintakehitykseen. Tuloksien perusteella biopolttoainelaitokset hankkivat suuria määriä teollisuuden sivutuotteita kotimaan markkinoilta, minkä seurauksena energiantuotantolaitokset korvaavat sivutuotteita kotimaisella metsähakkeella ja kohdistavat hankintaansa tuontimarkkinoille.

Biopolttoaineinvestointeihin toteutumiseen liittyy kuitenkin suurta epävarmuutta investointien määrän, koon, käytettävien raaka-aineiden ja sijainnin suhteen. Mikäli investointeja ei toteutuisi selvityksessä esitettyjen skenaarioiden mukaisesti, olisi tällä vaikutusta kotimaisen metsähakkeen käyttömäärään ja hintakehitykseen. Myös energiantuotantolaitosten tuontimarkkinoilta hankitut määrät jäisivät selvityksessä esitettyjä tasoja alhaisemmalle tasolle, jos investoinnit nestemäistä biopolttoainetta tuottaviin laitoksiin eivät toteudu.

Mallinnustuloksien osalta tarkasteltiin myös ainespuun ohjautumista energiantuotantoon. Ainespuuta päätyy myös nykyisessä markkinatilanteessa energiantuotantolaitoksille, mutta kiinteiden puupolttoaineiden käyttötilastosta tätä määrää ei ole eroteltavissa. Käytännössä harvennusleimikolta hankittu puu voi olla kysyntä- ja markkinatilanteesta riippuen ohjautua sekä energiakäyttöön että sellu- ja paperiteollisuuden raaka-aineeksi.

Mallinnustulosten perusteella ainespuun ohjautuminen energiantuotantoon jää melko alhaiselle tasolle, ollen 2,0 Mm<sup>3</sup> perusskenaariossa ja 2,5 Mm<sup>3</sup> maksimiskenaariossa vuonna 2030. Ainespuun osuus energiantuotannon kiinteiden puupolttoaineiden kokonaiskäytöstä on molemmissa skenaarioissa noin 10 % kokonaishankinnasta. Biopolttoaineiden tuotantolaitoksiin ohjautuvan kuitupuun määrä on tuloksien perusteella hyvin pientä. Ainespuun käyttö keskittyy eteläiselle ja läntiselle alueelle, jossa metsähakkeen hyödyntämistä on kaikkein korkeimmalla tasolla. Tuloksien perusteella edellä esitettyjen ainespuumäärien päätyminen energiantuotantoon ei vaikuta merkittävästi metsäteollisuuden puun saatavuuteen eikä teollisuuspuun hintoihin.

Huomionarvoista myös on, että Luonnonvarakeskuksen määrittelemästä harvennusenergiapuun potentiaalista yli 90 % on ainespuukokoista energiapuuta, joskin laskelmissa sovellettu kuitupuun minimipituus on varsin lyhyt (minimipituus 2 m ja minimiläpimitta 6-7 cm). Luonnonvarakeskuksen energiapuuksi määrittelemä ainespuuläpimittainen puu on AFRYn mallinnoissa yhteydessä tulkittu energiapuuksi.

Suomen energiahuollon huoltovarmuus perustuu hajautettuun energiantuotantoon ja monipuolisiin energialähteisiin. Kotimaiset polttoainevarat rajoittuvat nykyisellään bioenergiaan, turpeeseen ja jätteen energiahyödyntämiseen. Vakavien häiriötilanteiden ja poikkeusolojen varalle Suomessa myös varastoidaan tuontipolttoaineita. Turvetta ei säilytetä valtion varmuusvarastoissa kuten tuontipolttoaineita, vaan huoltovarmuus perustuu turvetuottajien ja huoltovarmuuskeskuksen välillä tehtäviin varastointisopimuksiin, missä turvetuottajille maksetaan varastoinnista erillinen korvaus. Samantyylinen lähestymistapa olisi mahdollinen myös metsähakkeelle, mutta käytännön toteutus vaatisi huolellista suunnittelua.

Turpeen käytön vähentyessä metsähakkeen rooli huoltovarmuudessa kasvaa. Huoltovarmuuden kannalta metsähakkeen laajamittaiseen käyttöön sisältyy haasteita. Metsähake menettää lämpöarvoa varastoitaessa, minkä lisäksi sen varastointi vie paljon tilaa matalasta lämpöarvosta johtuen. Metsähakkeen tulee kuivata kesän yli ennen käyttöä, mikäli polttavassa voimalaitoksessa ei ole savukaasupesuria, joka mahdollistaa kosteamman biomassan käyttämisen. Biomassan tuotannon lisääminen sisältää siis





merkittävän viipeen huoltovarmuuden näkökulmasta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että metsähakkeen tuotannon lisäämisellä voidaan vaikuttaa osin vasta seuraavan lämmityskauden tilanteeseen. Huoltovarmuuden näkökulmasta toimitusketjujen ja varastoinnin kehittäminen onkin merkittävässä roolissa.

Kiinteiden puupolttoaineiden kysynnän kasvaessa lisääntyy oletettavasti myös tuontibiomassan rooli energiantuotannossa. Mallinnustuloksien perusteella tuontibiomassa käyttö energiantuotannossa keskittyy pääasiassa itärajalle ja rannikkoalueen laitoksiin. Toisaalta tuonti mahdollistaa suuremmat kertaerät ja hajauttaa saatavuuteen liittyvää riskiä, mutta osaltaan vähentää Suomen energiaomavaraisuutta. Baltian maista hankittuun energiapuuhun sisältyy periaatteessa samanlaiset markkinoihin ja hankinnan tilapäisiin häiriöihin liittyvät riskit kuin kotimaan markkinoihin. Venäjältä tuodun biomassan osalta hankintaan sisältyy edellä mainittujen tekijöiden lisäksi poliittinen riski ja epävarmuus. Vaikka itäisellä alueella kotimaan resurssit riittäisivätkin korvaamaan tuontibiomassan, eivät kotimaiset hankintaketjut ole varautuneet nopeaan hankintamäärien lisäykseen, mikäli tuontienergiapuun saatavuudessa tapahtuisi nopeita muutoksia.

Energiapuun ja hakkuutähteiden korjuu ja käyttö vapauttaa metsän biomassaan sitoutunutta hiiltä ilmakehään polttamisen yhteydessä. Metsien kestävässä käytössä ja uudistamisessa ilmakehään vapautunut hiili sitoutuu takaisin biomassaan ajan saatossa. Lisäksi biomassan hyödyntäminen energiantuotannossa voi korvata fossiilisista polttoaineista syntyviä päästöjä. Harvennusrästien ja nuoren metsän hoidon yhteydessä toteutettu energiapuun korjuu voi lisätä jäljelle jäävän puuston kasvua, jäljelle jäävien puiden järeytymistä ja siten hiilensidontaa sekä pitkäaikaisia hiilen tuotevarastoja. Kannot varastoivat hiiltä vielä vuosikymmeniä hakkuiden jälkeen ja lahoamisen yhteydessä osa kantoihin varastoituneesta hiilestä sitoutuu maaperään.

AFRY IS AN INTERNATIONAL ENGINEERING, DESIGN AND ADVISORY COMPANY.

We support our clients to progress in sustainability and digitalisation. We are 17,000 devoted experts within the fields of infrastructure, industry and energy, operating across the world to create sustainable solutions for future generations.

AFRY Management Consulting provides leading-edge consulting and advisory services covering the whole value chain in energy, forest and bio-based industries. Our energy practice is the leading provider of strategic, commercial, regulatory and policy advice to European energy markets. Our energy team of over 250 specialists offers unparalleled expertise in the rapidly changing energy markets across Europe, the Middle East, Asia, Africa and the Americas.



**AFRY Management Consulting**

P.O.Box 4, 01621

Visit: Jaakonkatu 3

Vantaa

Finland

+358 10 3311

[afry.com](http://afry.com)

E-mail: [jenni.patronen@afry.com](mailto:jenni.patronen@afry.com)



**AFRY**  
ÄF PÖYRY