



Metsäteho



PÖYRY

Puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa vuonna 2020

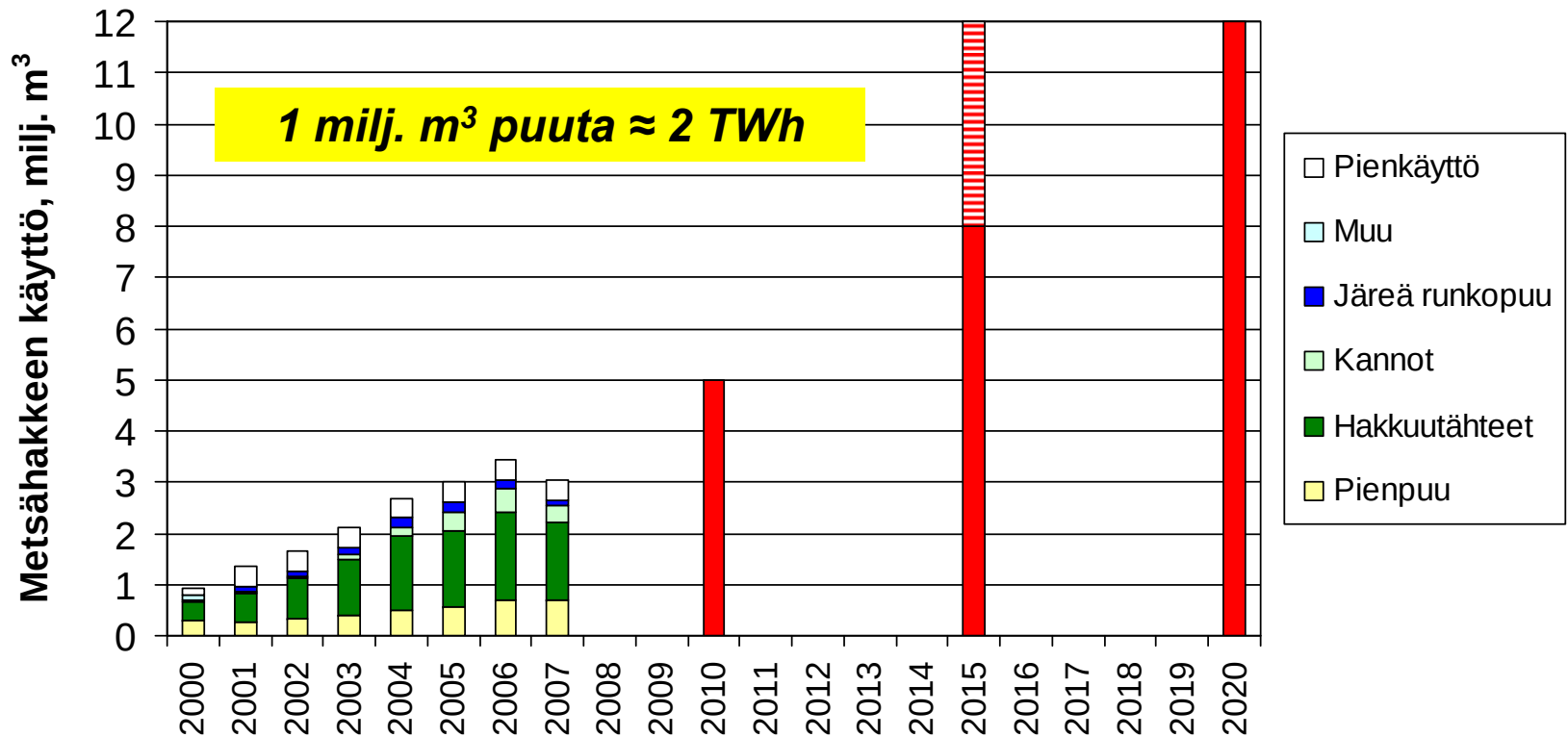
**Kalle Kärhä ¹, Juha Elo ², Perttu Lahtinen ² & Tapio Räsänen ¹
Metsäteho Oy ¹ & Pöyry Energy Oy ²**

Metsätehon tulokalvosarja 9/2009

Tausta ,

- EU:n energia- ja ilmastopoliittisten linjausten mukaisesti Suomessa on tavoitteena nostaa uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa on arvioitu, että puupolttoaineiden primäärikäyttö on 93–97 terawattituntia (TWh) Suomessa vuonna 2020.
 - ✓ Metsäteollisuuden tuotannosta suoraan riippuvien puupolttoaineiden, eli jäteliemet ja teollisuuden tähdepuu, käytön on laskettu vähenevän.
 - ✓ Vastaavasti metsähakkeen käytön arvioidaan kasvavan selvästi.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa on asetettu **metsähakkeen käyttötavoitteeksi** yhteensä **12 milj. m³**, eli noin 24 TWh Suomessa **vuonna 2020**.

Metsähakkeen käyttö 2000–2007 & Asetettuja käyttötavoitteita vuosille 2010, 2015 ja 2020



Lähteet: Ylitähti 2008 (vuosien 2000–2007 käyttö), KMO 2010, KMO 2015, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008

Tausta II

- Metsähakkeen tuotantopotentiaaleja on kartoitettu useassa selvityksessä 2000-luvulla.
 - ✓ Harvassa tutkimuksessa on esitetty koko maata koskevia teknis-taloudellisia hankintapotentiaaleja.
- Aiemmissa metsähakepotentiaalilaskelmissa on tehty suhteellisen tiukkoja rajouksia korjuukohteiden ominaisuuksista, esim.
 - ✓ Ei kantojen nostoa mänty- ja lehtipuuvaltaisissa päätehakkueleimikoissa.
 - ✓ Ei pienpuun korjuuta ensiharvennusleimikoissa, joista kertyy ainespuuta yli 25 m³/ha.
- Miten energialaitosten maksukyky ja päästöoikeuden hinta kehittyvät?

Tausta III

- Mikä on metsänomistajien halukkuus tarjota energiapuuta markkinoille?
 - ✓ Useimmissa metsähakepotentialilaskelmissa metsänomistajien tarjontahalukkuus ei ole ollut mukana saatavuus-tarkasteluissa.
- Mikä on metsäteollisuuden tuotantorakenne, puun käyttö ja kotimaan ainespuuhakkuut vuonna 2020?
- Näillä kaikilla tekijöillä on vaikutusta puupolttoaineiden ja erityisesti metsähakkeen saatavuuteen ja käyttöön Suomessa vuonna 2020.
 - ➡ On tehtävä päivitetty metsähakkeen tuotantopotentiaali-laskelmat, joissa otetaan huomioon mahdollisuudet laajentaa metsähakkeen raaka-ainepohjaa ja toisaalta ne rajoitukset, joiden voidaan nähdä vaikuttavan tuotettavissa oleviin metsähakevolyyymeihin.

Tavoitteet

- Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) osarahoittama ja Metsäteho Oy:n sekä Pöyry Energy Oy:n toteuttama *Puupolttoaineiden lisäysmahdollisuudet ja sen kustannukset Suomessa vuoteen 2020* -tutkimus.
- Tutkimuksessa pyrittiin tuottamaan **mahdollisimman realistinen kokonaiskuva puupolttoaineiden lisäysmahdollisuuksista Suomessa vuoteen 2020** kattila- ja toimituslähdekohtaisella tarkkuudella tarkasteltuna.
 - ✓ Herkkyysanalyysijä tehtiin päästöoikeuden hinnan, kotimaisten ainespuuhakkuiden tason, metsäteollisuuden tuotannon määrän, Kemera-tukitason, biojalostamoiden sekä syöttötariffin vaikutuksesta puupolttoaineiden ja metsähakkeen saatavuuteen ja käyttöön vuonna 2020.

Metsäteollisuuden tuotantoskenaariot ,

- Laskelmien pohjalle luotiin kaksi metsäteollisuuden tuotantoskenaariota vuodelle 2020.
 1. Perusskenaario ja
 2. Maksimiskenaario.
- Skenaarioista johdettiin metsäteollisuuden raakapuun käyttö ja kysyntä vuodelle 2020.
 - ✓ Perusskenaariossa kotimaisten markkinahakkuiden oletettiin olevan 57 milj. m³.
 - ✓ Maksimiskenaariossa ainespuuhakkuiden oletettiin kasvavan Kansallisen metsäohjelman (KMO 2015) linjausten suuntaisesti 68 milj. m³:iin.
 - ✓ Puun tuonnin arvioitiin olevan nykyistä huomattavasti alemmalla tasolla vuonna 2020.

Metsäteollisuuden tuotantoskenaariot II

- Metsäteollisuuden sivutuotteiden (kuori, sahanpuru ja puutähdehake) sekä mustalipeän käytön energiantuotannossa arvioitiin putoavan Perusskenaariossa verrattuna vuoteen 2007.
 - ✓ Maksimiskenaariossa sivutuotteiden energiakäyttö laski myös, mutta mustalipeän käyttö nousi hieman.

	2007	2020	
		Perusskenaario	Maksimiskenaario
Puun tarjonta, milj. m ³	75,6	59,4	73,7
- Kotimaan markkinahakkuut, milj. m ³	57,7	56,6	67,9
- Puun tuonti, milj. m ³	17,9	2,8	5,7
Metsäteollisuuden sivutuotteet (kuori, sahanpuru ja puutähdehake) energiantuotannossa, TWh	19,2	17,1	18,5
Metsäteollisuuden jäteliemet energiantuotannossa, TWh	42,5	38,1	44,2

Lähde: Metsätilastollinen vuosikirja 2008 (vuoden 2007 tiedot)

Energiantuotannon skenaario-oletukset ,

- Vesi- ja tuulivoima Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian Tavoiteuran mukaisesti.
- 6. ydinvoimalayksikkö valmis ennen vuotta 2020.
- Hiilen käyttö energiantuotannossa laskee merkittävästi (6. ydinvoimala).
- Kaukolämmöntuotanto kasvaa Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian Perusuran mukaisesti.
- Tutkimuksen Perus- ja Maksimiskenaarioissa primäärienergian ja sähkön kulutusennusteet Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian Perus- ja Tavoiteurien välistä.
- Biojalostamoita tarkasteltiin tutkimuksessa herkkyyss-tarkasteluissa.

Energiantuotannon skenaario-oletukset II

	2007	2020			
		Perus-skenaario	Maksimi-skenaario	Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia	
				Perusura	Tavoiteura
	TWh				
Öljy	100	99	99	108	83
Kivihiili	53	20	19	51	28
Maakaasu	41	44	43	52	39
Turve	28	..	..	24	20
Metsähake	6	..	..	18	21
Metsäteollisuuden sivutuotteet	19	17,1	18,5	22	22
Pelletit ja peltoenergia	0,1	3	3	0,7	3
Puun pienkäyttö	14	13,5	13,5	12	13
Mustalipeä	43	38,1	44,2	38	38
Vesi- ja tuulivoima	14	20,4	20,4	15	20
Ydinvoima	68	140	140	106	106
Nestemäiset biopolttoaineet	0	..	..	6	6
Muut	9	29	29	26,5	30
Nettotuonti	13	-4	0	0	0
Primäärienergian kokonaiskulutus	408	~465	~470	479	429
Sähkön kulutus	90	100	104	103	98
Kaukolämpö	30,7	36,2	36,2	36,1	34,8

Hakkuuskenaarioiden rakentaminen

- Vuoden 2020 metsäkeskuksittaiset ja kunnittaiset markkinahakkuut hakkuutavoittain ja puutavaralajeittain määritettiin:
 - 1) Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI10) suurimman kestävän hakkuumahdollisuuksien MELA -laskelman ja
 - 2) Metsäteho Oy:n isoimpien osakkaiden leimikkoaineistojen puutavaralajirakenteiden pohjalta.
- Metsäteho Oy:n isoimpien osakkaiden (Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj ja Metsähallitus) korjaamat päätehakkuut ja harvennukset vuosina 2006 ja 2007:
 - ✓ Yhteensä 159 675 leimikkoa (päätehakkuita: 85 912, harvennusleimikoita: 73 763).
 - ✓ Yhteensä 68,6 milj. m³ (päätehakkuut: 46,7 milj. m³, harvennushakkuut: 21,9 milj. m³).

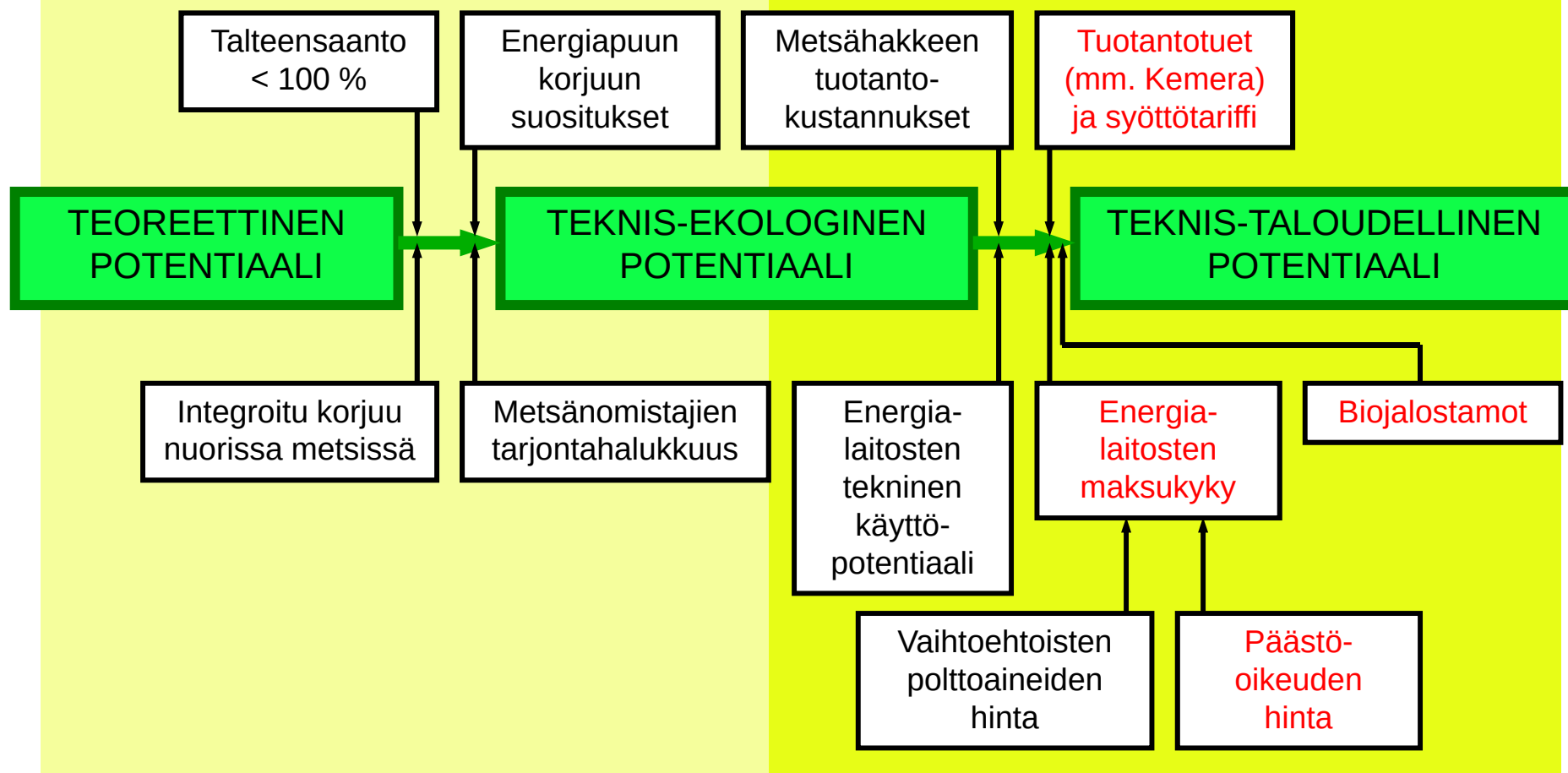
Metsähakepotentiaalien laskenta

- **Teoreettinen hankintapotentiaali** = määrä hakkuutähteitä ja kantoja, joka syntyi päätehakkuualoille Perus- ja Maksimihakkuuskenaarioilla, ja se määrä pienpuuta, kun nuorten metsien kasvatushakkuut tehdään ehdotusten mukaisesti ajallaan ja hakkuu tehdään kokopuuna.
- **Teknis-ekologinen hankintapotentiaali** = talteen saatavissa oleva metsähakeraaka-ainemäärä, jossa on otettu huomioon seuraavat rajoitteet:
 - ✓ Talteensaantoprosentti alle 100.
 - ✓ Kuitupuuta ei mene merkittäviä määriä polttoon (integroitu korjuu).
 - ✓ Energiapuun korjuu -oppaan suosituksia noudatettiin korjuukohdevalinnassa.
 - ✓ Metsänomistajien tarjontahalukkuus (kaikki metsähakeraaka-aine ei tule markkinoille).
- **Teknis-taloudellinen hankintapotentiaali** = teknis-ekologisen potentiaalin metsähake-erille laskettu tuotantokustannukset ja niitä verrattu energialaitosten maksukykyyn metsähake-eristä.

Metsähakepotentiaalien laskenta

Teknis-ekologisen potentiaalin laskenta

Teknis-taloudellisen potentiaalin laskenta

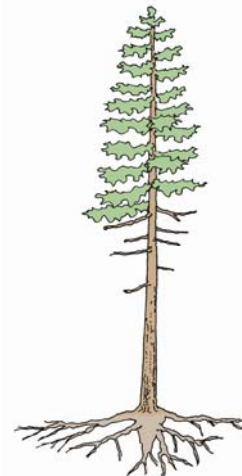


Metsähakepotentiaalien laskenta

- Hakkuutähde- ja kantopotentiaalit johdettiin päätehakkuumääristä.
- Pienpuupotentiaalien laskentaan otettiin mukaan nuoret kasvatusmetsät, joihin oli ehdotettu taimikonhoito (myöhässä) tai harvennushakkuu ensimmäiselle 5-vuotiskaudelle.
 - ✓ Pienpuupotentiaalin pohjalaskennan teki Antti Ihalainen Metsätutkimuslaitokselta VMI10:n koeala-aineiston pohjalta.



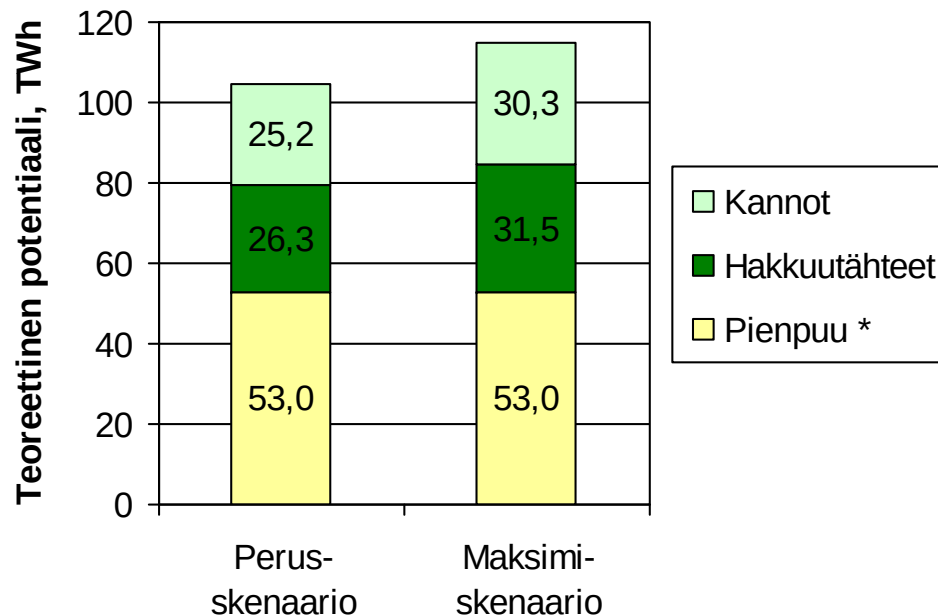
Teoreettinen hankintapotentialiaali ,



Alue	Kuusi	Mänty	Koivu / Lehtipuu
	Hakkuutähdettä / Ainespuuta-m ³		
Etelä-Suomi	0,42	0,23	0,20
Pohjois-Suomi	0,62	0,32	0,39
	Kantoja / Ainespuuta-m ³		
Etelä-Suomi	0,31	0,28	0,31
Pohjois-Suomi	0,40	0,32	0,35

Lähteet: Hakkila 1991, Hakkila 1972, Repola ym. 2007

Teoreettinen hankintapotentiali ,,



*) Nuorissa kasvatusmetsissä tehtiin kokopuun korjuu, eli mahdollinen kuitupuu energiapuu-kasaan ja polttoon.

Lähde: Metsäntutkimuslaitos / VMI10.

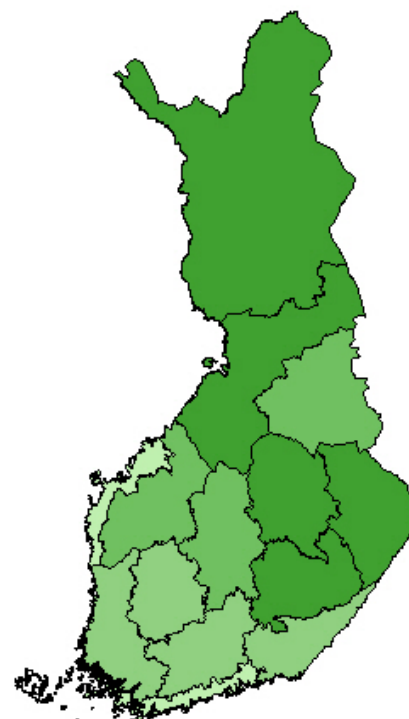
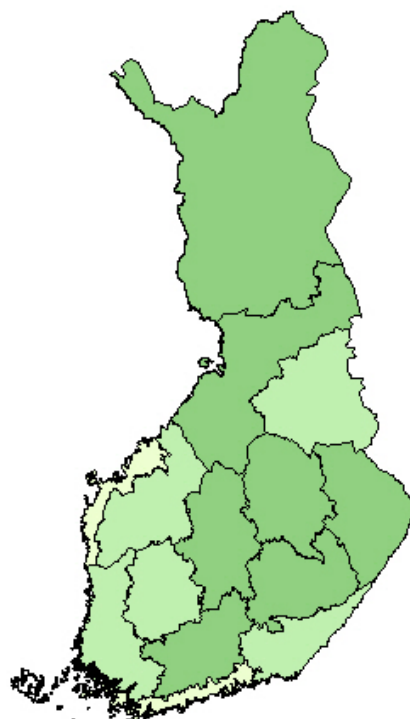
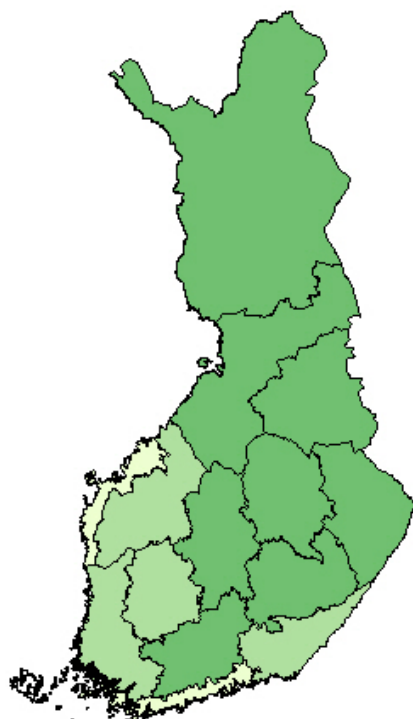
- Metsähakkeen teoreettinen hankintapotentiali oli **105 TWh Perusskenaariossa** (kotimaiset markkinahakkuut 57 milj. m³) ja **115 TWh Maksimiskenaariossa** (kotimaiset markkinahakkuut 68 milj. m³) Suomessa vuonna 2020.
- Yli sadan terawattitunnin kokonaisvolyymista noin puolet tuli nuorista metsistä korjatusta pienpuusta.

Teoreettinen hankintapotentiali III

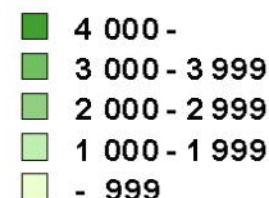
*Hakkuutähteet **

*Kannot **

*Pienpuu ***



Teoreettinen potentiaali,
GWh

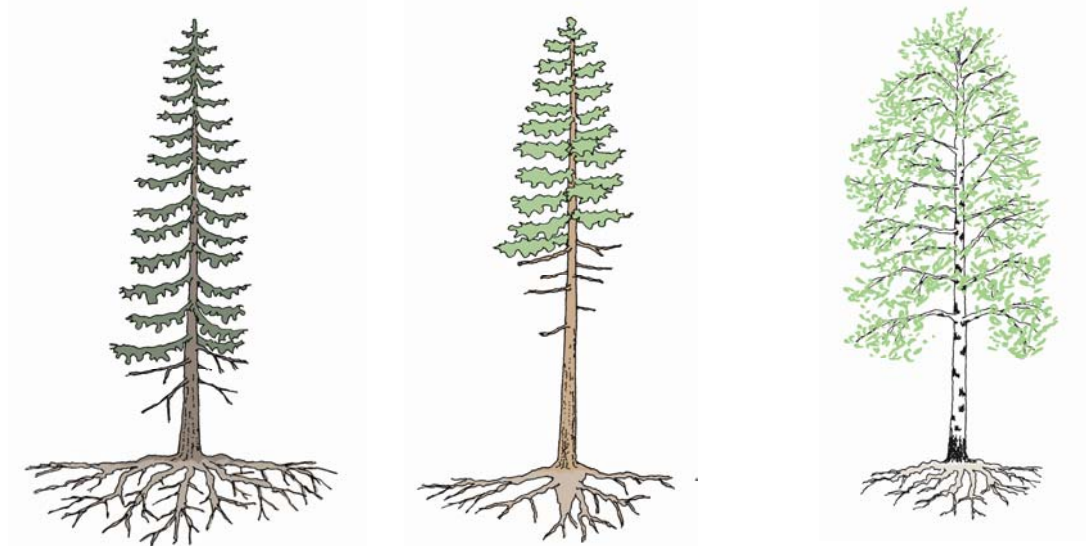


- Korkeimmat metsähakkeen teoreettiset hankintapotentialit olivat Lapissa, Pohjois-Pohjanmaalla, Pohjois-Karjalassa sekä Etelä- ja Pohjois-Savossa.

*) Perusskenaario. **) Lähde: Metsäntutkimuslaitos, VMI10.

© Affecto Finland Oy, Lupa L8010/09.

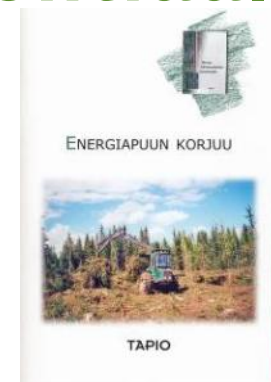
Teknis-ekologinen hankintapotentiali ,



Korjattava raaka-ainek	Kuusi	Mänty	Koivu / Lehtipuu
	Talteen saanto, %		
Hakkuutähteet	70	70	70
Kannot	90	85	90
Pienpuu (kokopuu)	95	95	95

Teknis-ekologinen hankintapotentiaali II

- Korjuukohdevalinnassa noudatettiin Energiapuun korjuu -oppaan suosituksia.



Korjuukohteina EIVÄT seuraavat korjuukohteet:

Korjuukohteen ominaisuus	Hakkuutähteet	Kannot	Pienpuu (kokopuu)
Hoidetut kuusikot (rulusta > 75 % kuusta)			EI
Kuivahkot kankaat	EI		EI
Kuivat kankaat	EI	EI	EI
Karukkokankaat Puolukkaturvekankaat ja sitä karummat	EI	EI	EI
Kallioiset ja runsaskiviset kasvupaikat	EI	EI	
Ravinnehäiriöpuustot	EI	EI	EI
Kaskikuusikot Metsitetyt pellot turvemailla			EI
Metsiköt, joissa tehty aiemmin kokopuu- tai hakkuutähteiden korjuu			EI
Pohjavesialueet		EI	

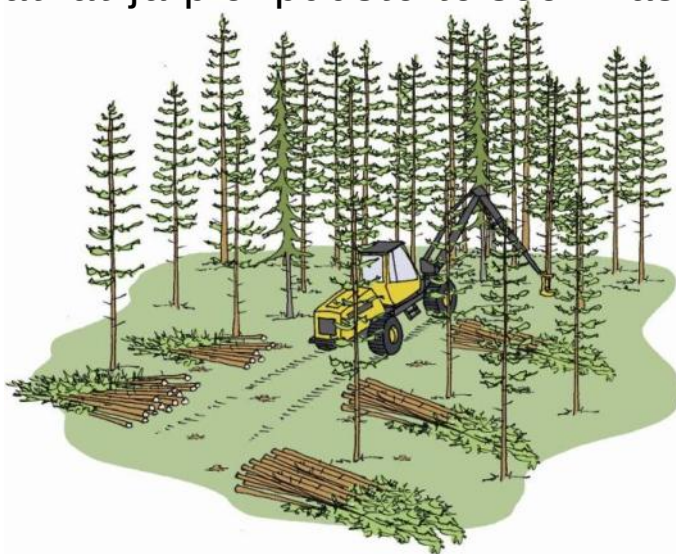
Teknis-ekologinen hankintapotentiaali III

- Metsäkeskuksittain* energiapuun korjuuseen sopivia kohteita ottaen huomioon Energiapuun korjuu -oppaan suositukset:
 - ✓ Hakkuutähteet: 57–89 %
 - ✓ Kannot: 82–89 %
 - ✓ Pienpuu (kokopuu): 57–89 %.
- *Metsäomistajien energiapuun tarjontahalukkuus:*
 - Yksityismetsänomistajat:
 - ✓ Hakkuutähteet: 90 %
 - ✓ Kannot: 70 %
 - ✓ Pienpuu (kokopuu): 80 %.
 - Muut metsänomistajaryhmät:
 - ✓ Kaikki metsähakeraaka-ainejakeet: 100 %.
- Metsäkeskuksittain* metsähakeraaka-aineesta markkinoille:
 - ✓ Hakkuutähteet: 90–96 %
 - ✓ Kannot: 70–86 %
 - ✓ Pienpuu (kokopuu): 80–91 %.

*) Lähdeaineisto: Metsäntutkimuslaitos, VMI10.

Teknis-ekologinen hankintapotentiali IV

- Kun ainespuukertymä alle 20 m³/ha leimikossa TAI poistuman keskikoko alle 30 dm³ (kokopuuta), **kokopuun korjuu** (= kaikki hakatut puut energiapuuksi leimikossa).
- Kun ainespuukertymä yli 20 m³/ha leimikossa JA poistuman keskikoko yli 30 dm³ (kokopuuta), **integroitu korjuu** (= käytettiin ns. kahden kasan menetelmää, eli kuitupuu omaan kasaan ja latvat ja pienpuusto toiseen kasaan energiapuuksi).

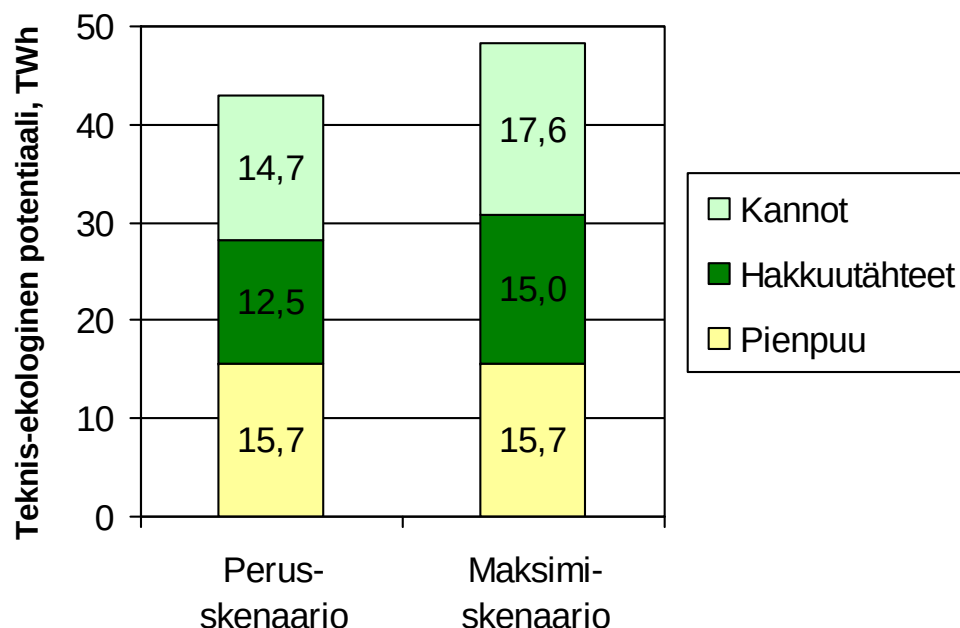


Kokopuun korjuu



Integroitu korjuu

Teknis-ekologinen hankintapotentiaali _v



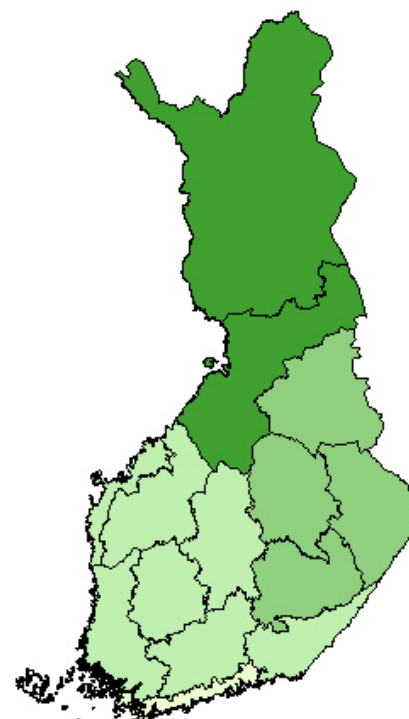
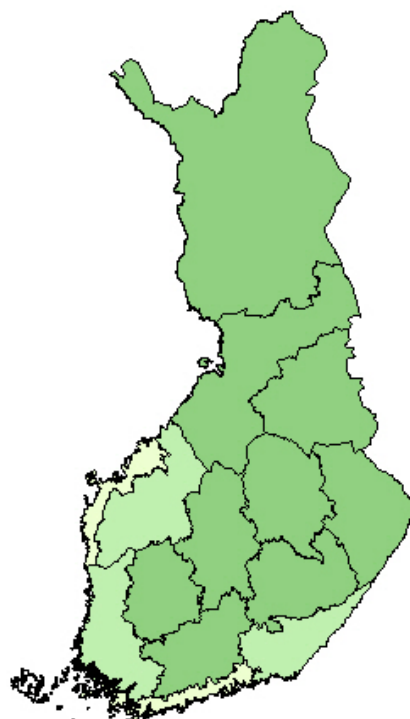
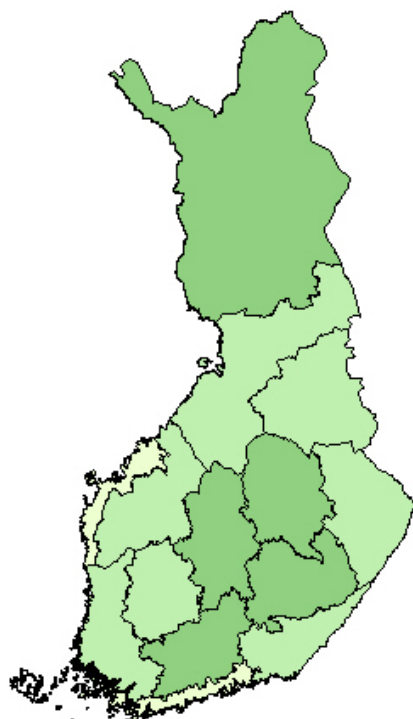
- Metsähakkeen teknis-ekologinen hankintapotentiaali oli **43 TWh Perusskenaariossa** ja **48 TWh Maksimiskenaariossa** vuonna 2020.
- Teknis-ekologinen hankintapotentiaali jakaantui melko tasaisesti tarkasteltujen metsähakeraaka-ainejakeiden kesken.

Teknis-ekologinen hankintapotentiaali v₁

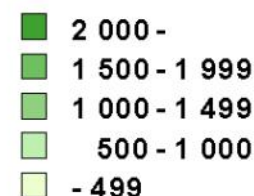
*Hakkuutähteet **

*Kannot **

Pienpuu



Teknis-ekologinen potentiaali, GWh



- Korkeimmat teknis-ekologiset hankintapotentiaalit olivat Lapissa, Pohjois-Pohjanmaalla, Etelä- ja Pohjois-Savossa sekä Pohjois-Karjalassa.

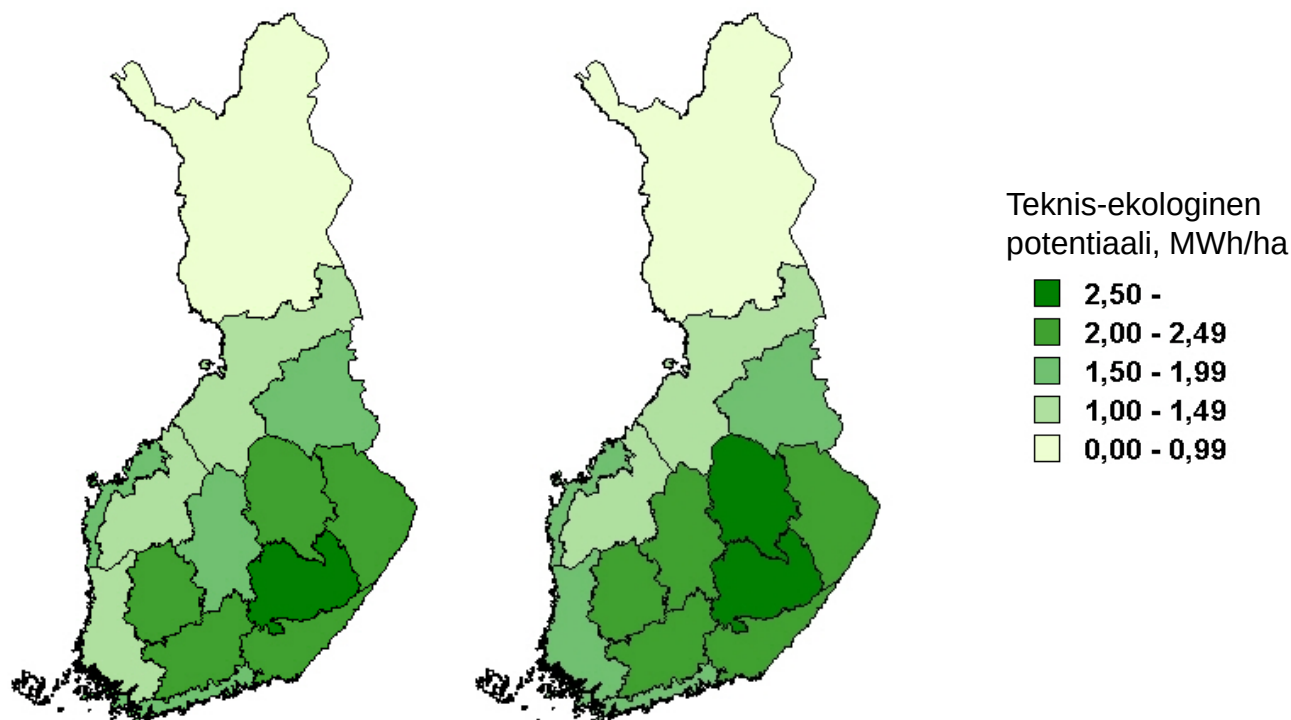
*) Perusskenaario.

© Affecto Finland Oy, Lupa L8010/09.

Teknis-ekologinen hankintapotentiaali VII

Perusskenaario

Maksimiskenaario

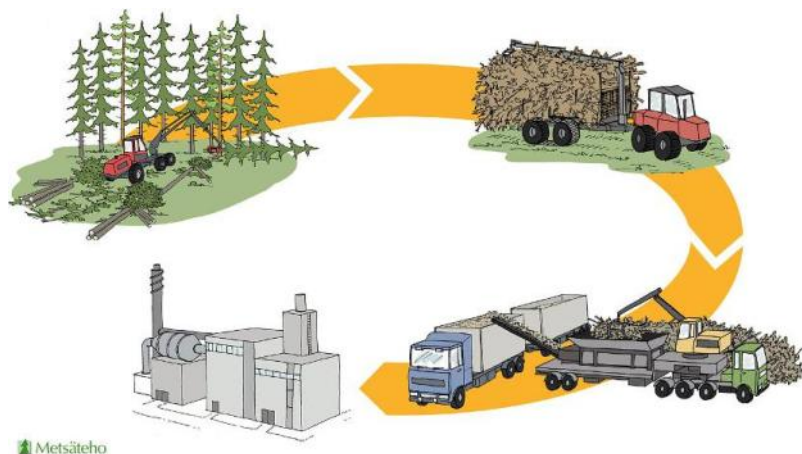


- Korkeimmat pinta-alaan* suhteutetut teknis-ekologiset hankintapotentiaalit olivat Etelä- ja Pohjois-Savossa, Kaakkois-Suomessa, Pohjois-Karjalassa, Häme-Uudellamaalla ja Pirkanmaalla.

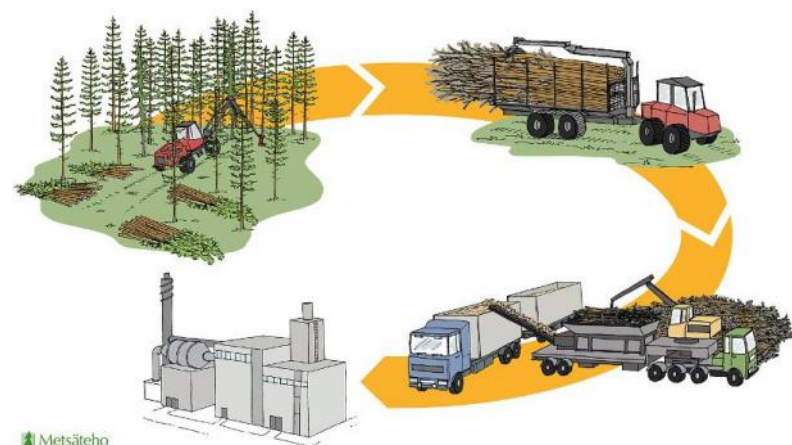
*) Metsäkeskuksen maapinta-ala. © Affecto Finland Oy, Lupa L8010/09.

Käytetyt metsähakkeen tuotantoketjut

Hakkuutähteet



Kannot



*Hakkuutähteiden ja
pienpuun haketus
tienvarressa.*



*Kantojen murskaus
käyttöpaikalla.*

Metsähakkeen tuotantokustannusten laskenta

- Vuoden 2020 metsähakeraaka-aine-erien tuotantokustannukset (€/MWh) määritettiin lisäämällä nykytuotantokustannuksiin 20 %.
- Kemera-tukea oletettiin saatavan nuorista metsistä korjatulle energiapuulle.
 - ✓ Kun poistuman keskijäreys kokopuuna oli alle 55 dm³, Kemera-tuki oli laskelmissa 8, 4 ja 0 €/MWh.
 - ✓ Kun poistuman keskijäreys yli 55 dm³, Kemera-tuki oli aina 0 €/MWh.

Hakkuutähdehake	Kantomurske	Pienpuuhake
Kantohinta	Kantohinta	Kantohinta
Hakkuu kasoille		Hakkuu
	Kannonnosto	
Metsäkuljetus	Metsäkuljetus	Metsäkuljetus
Varastointi (peittäminen)		Varastointi (peittäminen)
Haketus		Haketus
Kaukokuljetus	Kaukokuljetus	Kaukokuljetus
	Murskaus	
Yleiskustannukset	Yleiskustannukset	Yleiskustannukset

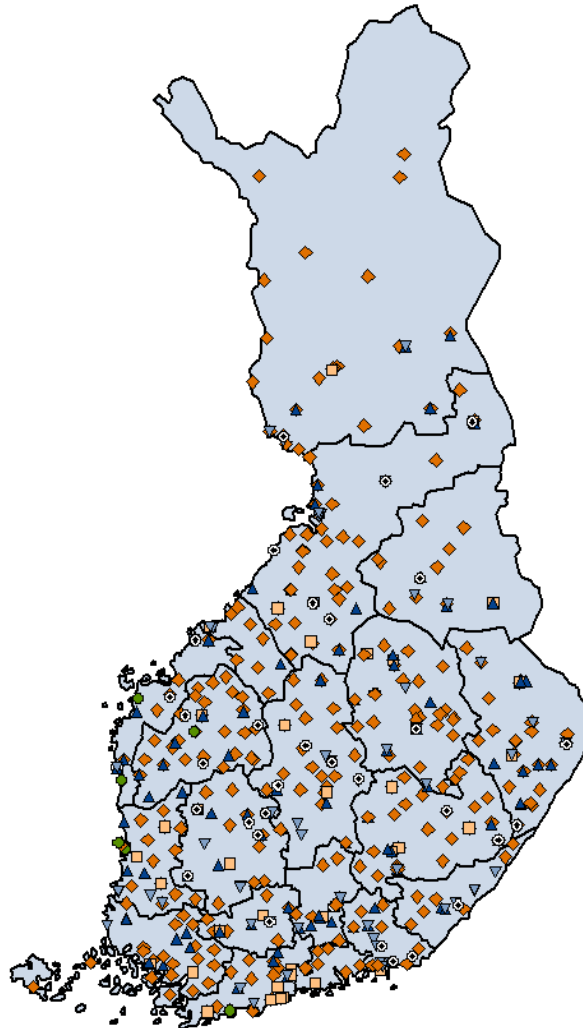
Pöyry Energy Oy:n tietokannat

Kattila- ja voimalaitostietokanta

- Sisältää n. 1700 kattilaa ja kattaa n. 96 % Suomen energiantuotannon polttoaineiden kulutuksesta.
- Kiinteiden polttoaineiden sekä sähkön-tuotannon osalta kattavuus 100 %.
- Sisältää myös rakenteilla ja suunnitteilla olevia laitoksia.
 - Mahdollisuus tarkastella kattila-kohtaisesti myös tulevia vuosia.
- Tietokannasta löytyvät kattilakohtaisesti mm.:
 - Omistaja, tuotantolaitos ja sijainti
 - Valmistumis- ja poistumisvuosi
 - Laitostyyppi ja polttotekniikka
 - Lämpö-, sähkö- ja polttoaineteho
 - Sähkön- ja lämmöntuotanto
 - CO₂-, SO₂-, NO_x- ja hiukkaspäästöt.

Pellettitietokanta

- Suomen pellettitehtaiden tuotanto-kapasiteetit ja tuotannot.
- Tuotannossa käytettävät raaka-aineet.
- Sisältää myös rakenteilla ja suunnitteilla olevat laitokset.
 - Mahdollisuus tarkastella kattila-kohtaisesti myös tulevia vuosia.



Metsäteollisuustietokanta

- Sisältää Suomen metsäteollisuuden laitosten tuotannon sekä arviot tuotannosta vuoteen 2020 asti.
- Teollisuuskokoluokan sahat:
 - n. 180 sahaa
 - Lähes 100 % Suomen sahaus-kapasiteetista.
- Sellu- ja paperitehtaat
- Vaneritehtaat
- Lastu- ja kuitulevytehtaat
- Ottaa huomioon sekä sivutuotteiden kokonaistarjonnan että markkinoille tulevan tarjonnan.

Leimikko- ja pienpuutietokanta

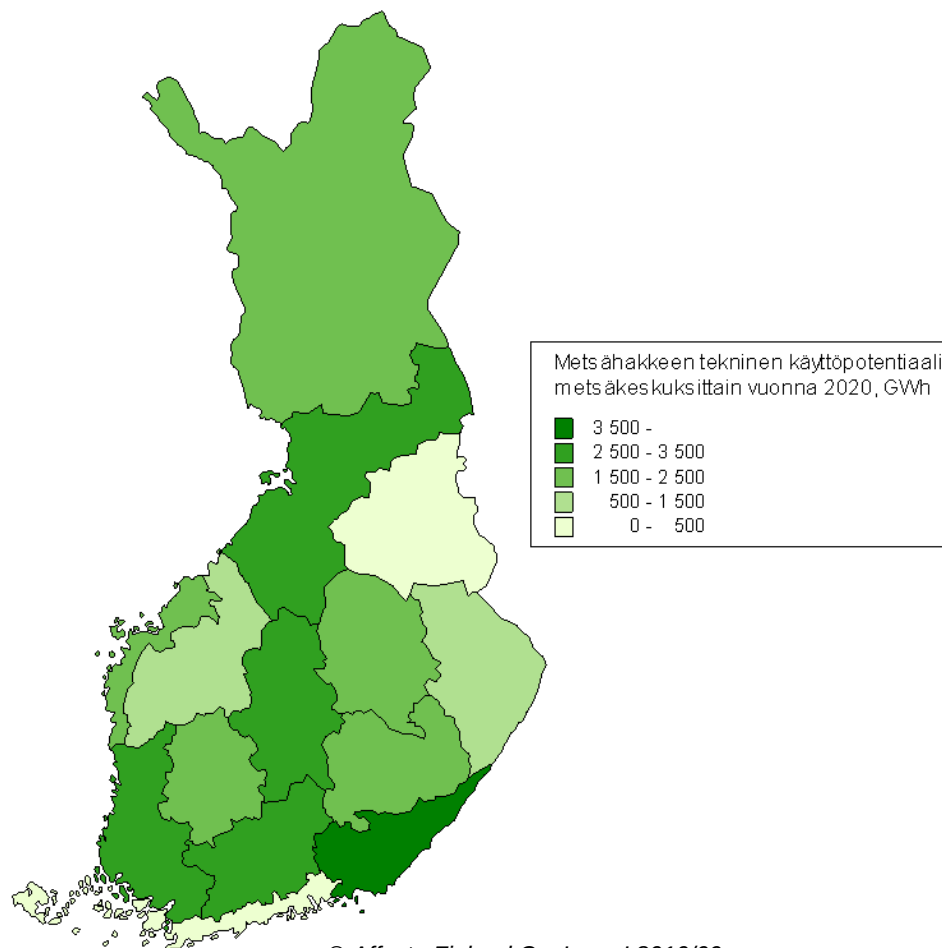
- Metsäteho Oy:n työstämä leimikkotieto-kanta vuosina 2006 ja 2007 korjatuista päähakkuista ja harvennuksista (160 000 leimikkoa).
 - Hakkuutähteet
 - Kannot.
- Metsäntutkimuslaitoksen työstämä pienpuutietokanta VMI10:n koeala-aineiston pohjalta.

Uusi ja korvaava laitospapasiteetti

- **Uutta ja korvaavaa puupolttoaineita käyttävää energialaitospapasiteettia** arvioitiin rakennettavan ennen vuotta 2020 yhteensä **yli 4 400 MW_f**.
- Merkittävimmät uudet laitosinvestoinnit vuoteen 2020 mennessä:
 - ✓ Jyväskylän Energia Oy:n Keljonlahden voimalaitos,
 - ✓ Kaukaan Voima Oy:n Lappeenrannan voimalaitos ja
 - ✓ Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitos.
 - Tämän lisäksi odotettiin toteutuvan useampia vanhojen kattiloiden korvausinvestointeja vuoteen 2020 mennessä.

Laitostyyppi	Lukumäärä	Sähköteho, MW _e	Lämpöteho, MW _{th}	Polttoaineteho, MW _f
Yhdyskuntien lämpökeskukset	36	0	150	180
Yhdyskuntien lämmitysvoimalaitokset	14	610	1 120	1 940
Teollisuuden höyrykeskukset	11	0	130	150
Teollisuuden vastapainelaitokset	19	500	1 390	2 170
Lauhdevoimalaitokset	0	0	0	0
Yhteensä	80	1 110	2 790	4 400

Puupolttoaineiden tekninen käyttöpotentiaali 2020



- Pöyry Energyn Kattila- ja voimalaitostietokannan mukaan energialaitokset pystyvät käyttämään vuonna 2020 puupolttoaineita yhteensä **53 TWh** (=tekninen käyttöpotentiaali), josta, polttoaineominaisuuksista johtuen, **hakkuutähteillä ja pienpuulla** voidaan kattaa maksimissaan **28 TWh**.

© Affecto Finland Oy, Lupa L8010/09.

Pöyry Energy Oy:n Optimointimalli

- Optimointi perustuu tuottajan voiton maksimointiin, ja siinä puupolttoaine-erät toimitetaan eniten maksavalle käyttäjälle maksimoiden tuottajan katetta.
 - ✓ Malli ottaa huomioon puupolttoaineen tuotantokustannusten lisäksi puupolttoaineista kilpailevien laitosten puustamaksukyvyt.
 - ✓ Puustamaksukyky määrittelee sen maksimihinnan, minkä toimija haluaa puuraaka-aineestaan maksaa ennen kuin vaihtaa halvempaan polttoaineeseen tai supistaa tuotantoaan.
- Optimointi suoritetaan erikseen sivutuotteille, kannoille sekä metsähakkeelle (optimoinnissa hakkuutähteet ja pienpuu).
 - ✓ Optimointi laskee tarjonnan vain laitosalueen ulkopuolelle ohjautuvista toimituksista.
 - ✓ Laitosalueella syntyviin sivutuotteisiin perustuva laitosalueen sisäinen energiakäyttö on vähennetty sekä tarjonnasta että kysynnästä ennen optimointia.
 - ✓ Tarjonnasta on myös vähennetty metsäteollisuuden jatkojalostuksen (selluteollisuus ja kuitu-/lastulevytehtaat) käyttämät sivutuote-erät.

Puustamaksukyky

- Vaihtoehtoinen polttoaine määrittää hinnan, jonka laitos on valmis maksamaan puupolttoaineesta (=puustamaksukyky).
 - ✓ Vaihtoehtoinen, kilpaileva polttoaine on yleensä turve.
 - ✓ Päästökaupan hintataso vaikuttaa puustamaksukykyyn merkittävästi.
 - ✓ Lämmöntuotannon valmisteveroilla myös selkeä puustamaksukykyä kohottava vaikutus.
 - ✓ Metsähakkeen saama sähköntuotannon tuki lisää maksukykyä sivutuotteisiin verrattuna noin 2 €/MWh.
- Puun kanssa kilpailevien polttoaineiden hinnat optimoinnissa olivat:
 - ✓ Turve 10,5 €/MWh
 - ✓ Hiili 7,5 €/MWh
 - ✓ Öljy 30 €/MWh
 - ✓ Pelletti 220 €/t.

Tehdyt oletukset mallinnuksessa

- Suomen tuet ja verot nykytilanteen mukaan.
- Pellettituotanto Perusskenaariossa 850 000 tonnia.
 - ✓ Pellettitehtaat hankkivat 70 % raaka-aineestaan kaupallisilta markkinoilta.
- Selluteollisuus saa tarvitsemansa sahanpurun.
- Levyteollisuus saa tarvitsemansa raaka-aineen.
- Ei puupolttoainevientiä Suomen ulkopuolelle.
- Mallinnuksessa otettiin huomioon viimeaikaiset metsäteollisuuden tuotannon supistukset, mm. Stromsdal Oy, Kuitu Finland Oy ja Metsä-Botnian Kaskisten tehtaat.

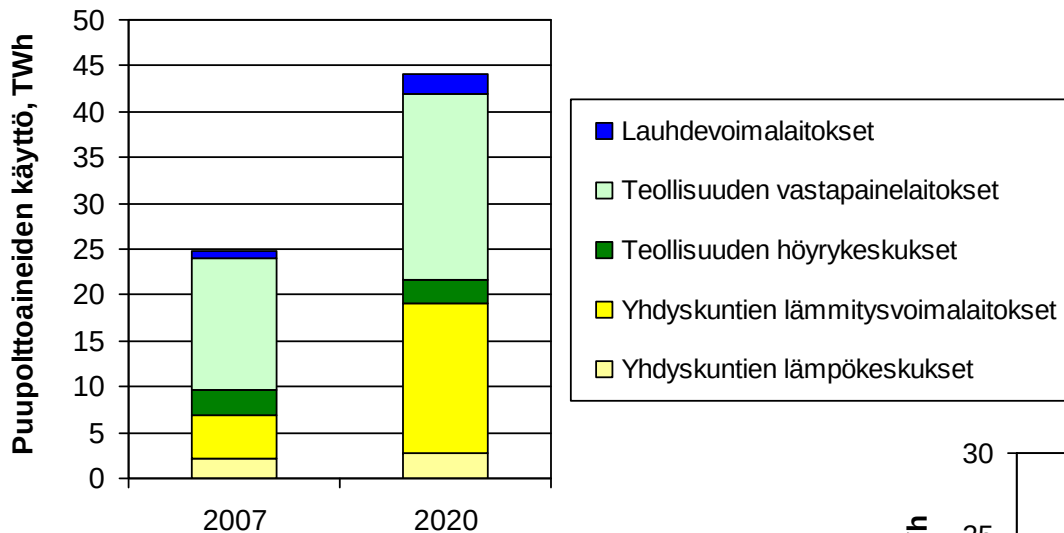


Perusmallinnuksen tulokset ,

Kotimaan ainespuuhakkuut 56 milj. m³ (Perusskenaario), päästöoikeuden hinta 30 €/t CO₂ ja Kemera-tuki niille pienpuun korjuukohteille, joissa poistuman keskipäisyys kokopuuna alle 55 dm³, 4 €/MWh ja 0 €/MWh muille pienpuun korjuukohteille.

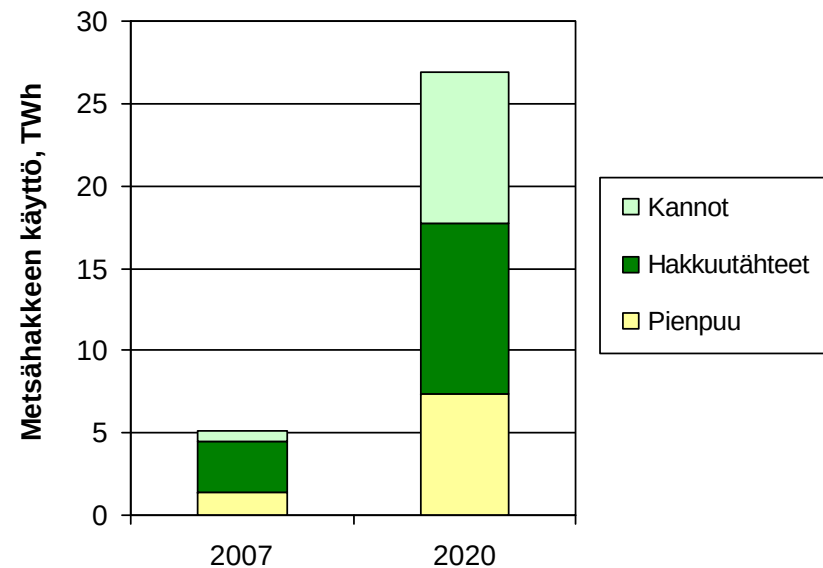
- Tehdyn perusmallituksen mukaan vuonna 2020 **kiinteiden puupolttoaineiden käyttö energiantuotannossa nousee 44 TWh:iin.**
 - ✓ Metsäteollisuuden sivutuotteiden käyttö laskee 17 TWh:iin.
 - ✓ **Metsähakkeen käyttö nousee 27 TWh:iin.**
- Energialaitosten puupolttoaineiden **tekninen käyttö-potentiaali ei rajoita** metsähakkeen käyttöä koko maan tasolla, alueellisesti kylläkin.

Perusmallinnuksen tulokset II

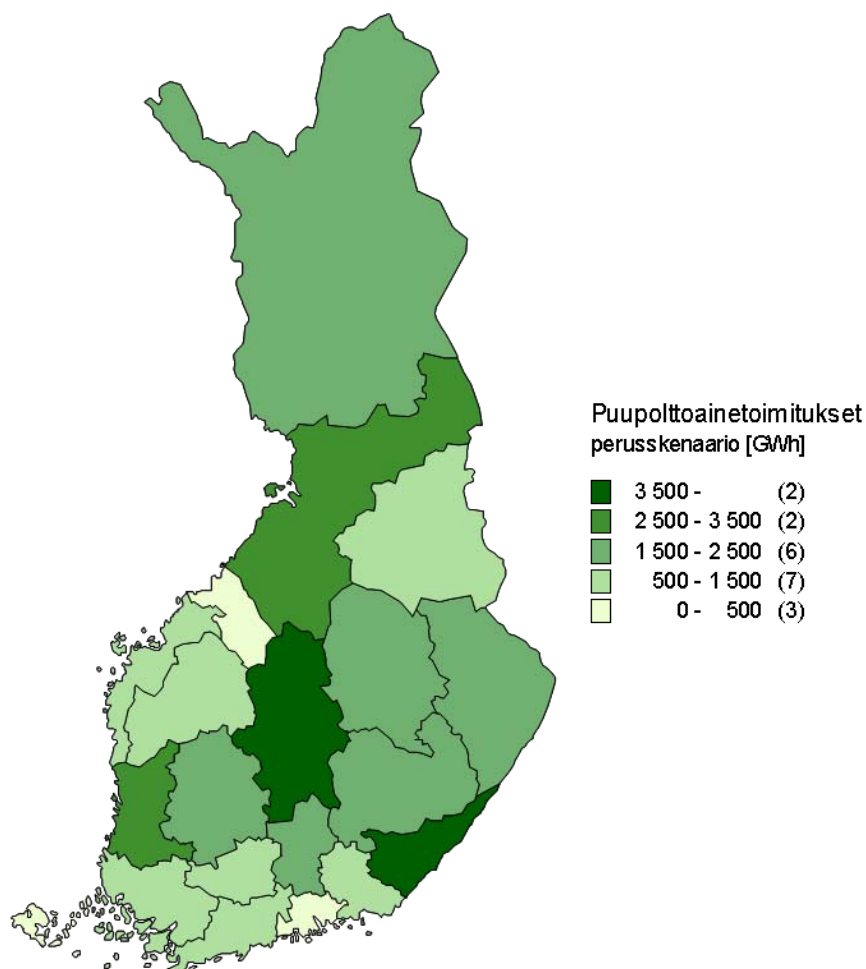


- Metsähakkeen käyttö 27 TWh.
- Kannot kasvattivat osuuttaan metsähakkeen kokonaiskäytöstä.

- Kiinteiden puupolttoaineiden käyttö nousi 44 TWh:iin.
- Suurin kasvu yhdyskuntien voimalaitoksissa.



Perusmallinnuksen tulokset III



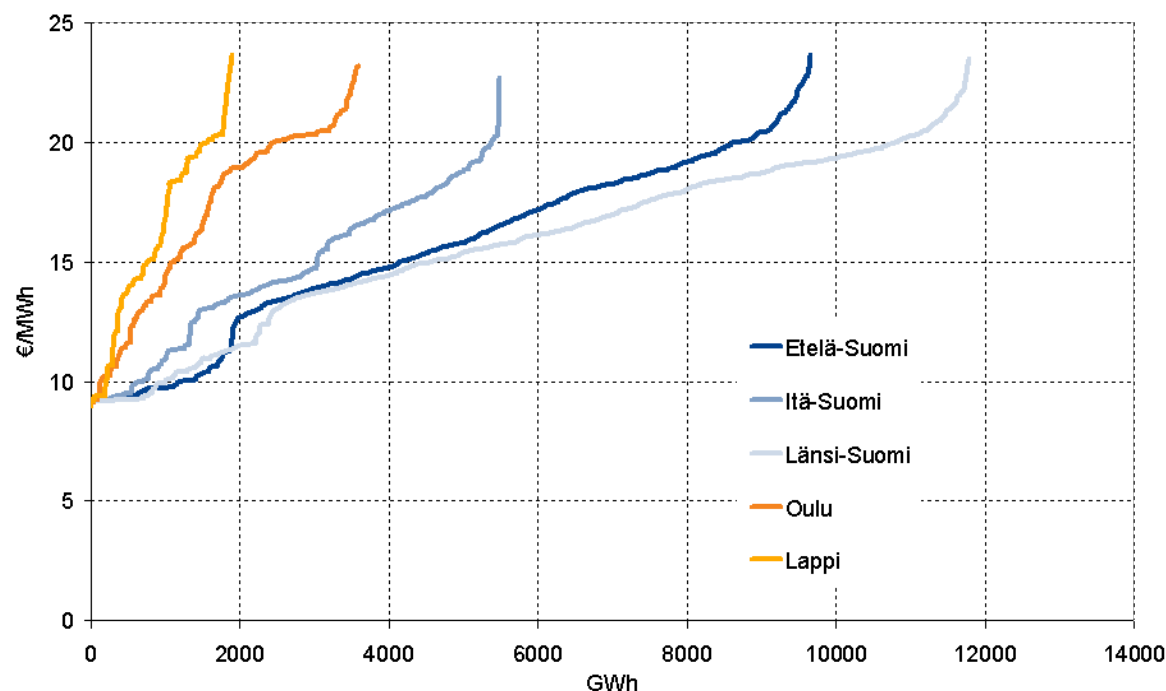
- Puupolttoaineiden käyttö oli korkeinta Keski-Suomessa ja Etelä-Karjalassa vuonna 2020.
- Perusmallinnuksessa (päästöoikeuden hinta 30 €/t CO₂) polttoturpeen käyttö oli 15 TWh vuonna 2020.

© Affecto Finland Oy, Lupa L8010/09.

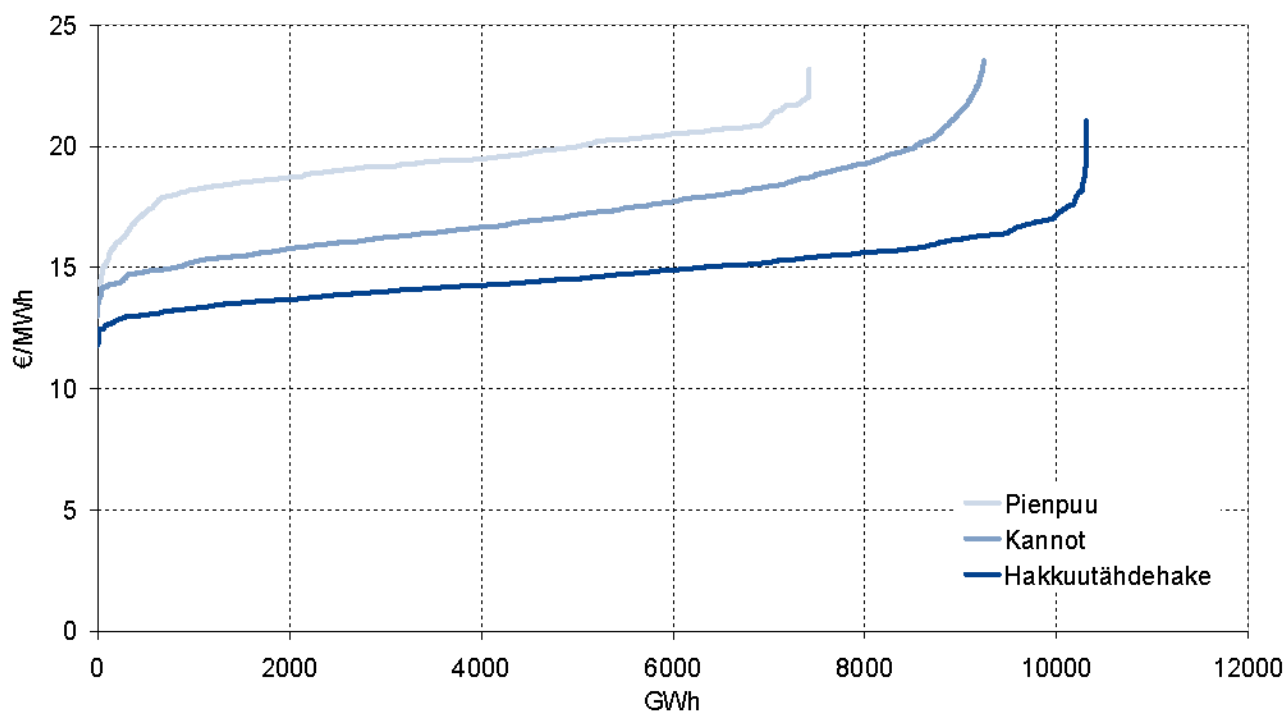
Perusmallinnuksen tulokset IV

- Puupolttoaineiden tuotantokustannukset vaihtelivat alueellisesti merkittävästi.
 - ✓ Puupolttoaineiden kysynnän vähyys ja pitkät kaukokuljetusmatkat nostivat tuotantokustannuksia erityisesti Pohjois-Suomessa.

Puupolttoainetoimitusten tuotantokustannukset ilman katetta.



Perusmallinnuksen tulokset v



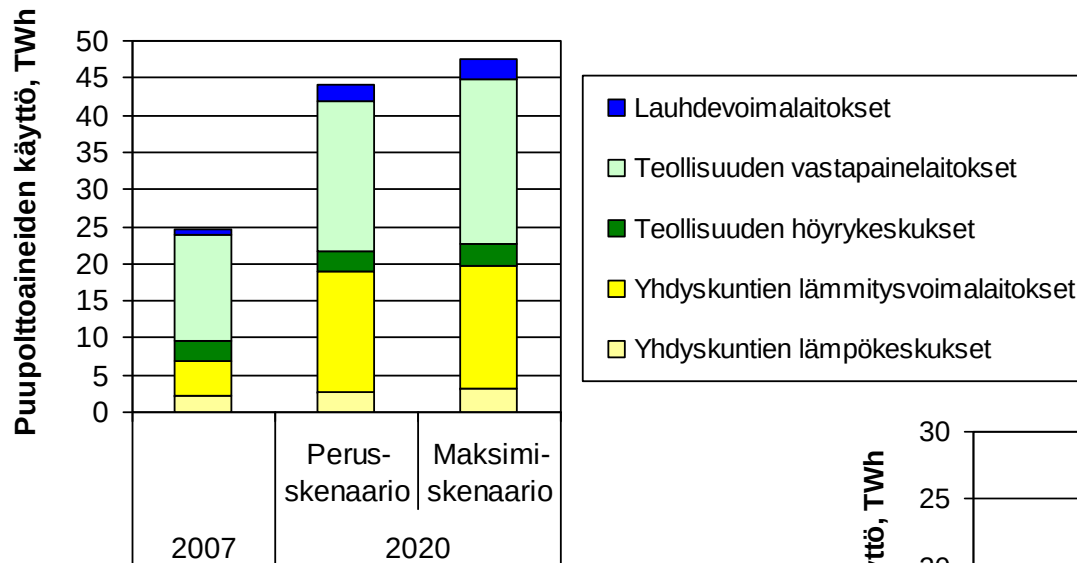
- **Kalleimmat** energialaitoksille toimitetut metsähake-erät olivat perusmallinnuksessa selvästi **yli 20 €/MWh**.

Korkeiden kotimaisten hakkuiden skenaario ,

Kotimaan ainespuuhakkuut 78 milj. m³ (Maksimiskenaario), päästöoikeuden hinta 30 €/t CO₂ ja Kemera-tuki 4 €/MWh.

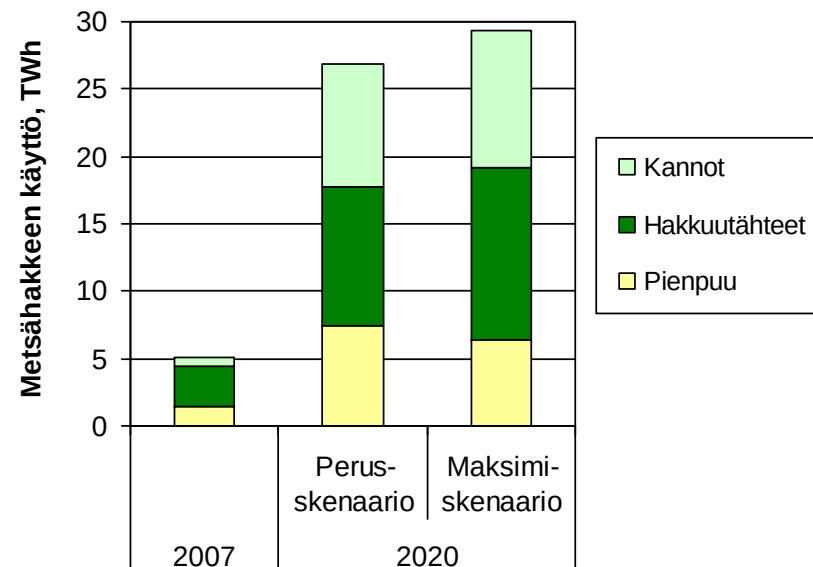
- **Puupolttoainetoimitukset kasvoivat** Perusskenaariosta 4,3 TWh.
- Pääosa kasvusta teollisuuden vastapainevoimalaitoksissa.
- **Kasvua hakkuutähde-** (+2,5 TWh) **ja kanto-**
toimituksissa (+0,9 TWh).
- Pienpuun käyttö väheni 1 TWh, koska markkinoille tuli lisää edullisempaa hakkuutähdettä ja kantoa.

Korkeiden kotimaisten hakkuiden skenaario II



- Metsähakkeen käyttö 29 TWh Maksimiskenaariossa.
- Hakkuutähteiden ja kantojen määrät kasvoivat ja pienpuuvolyymit pienenivät.

- Kiinteiden puupolttoaineiden käyttö nousi 47 TWh:iin Maksimiskenaariossa.
- Kasvua erityisesti teollisuuden vastapainelaitoksissa.

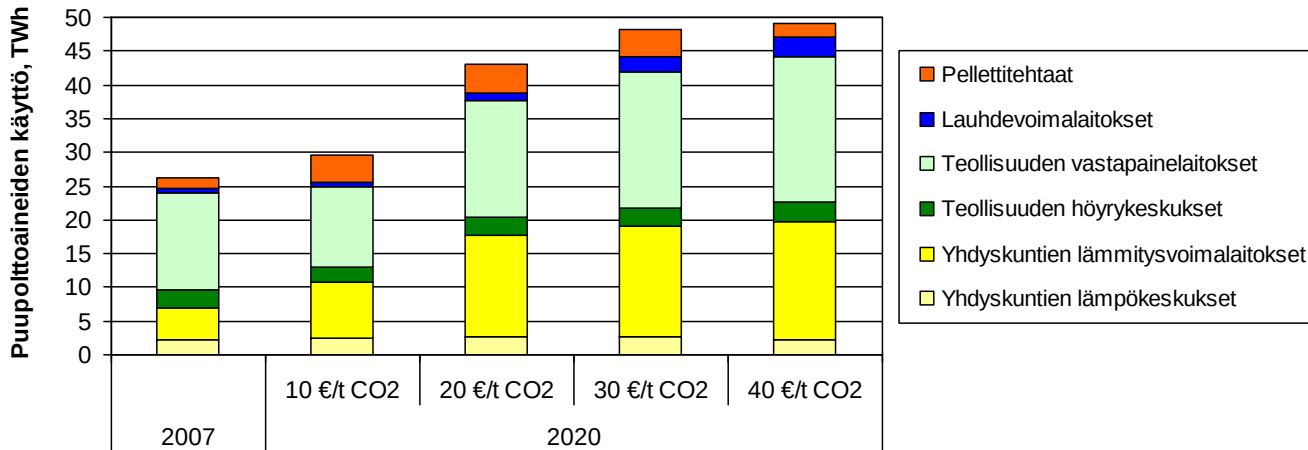


Päästöoikeuden hinnan vaikutus puupolttoainetoimituksiin

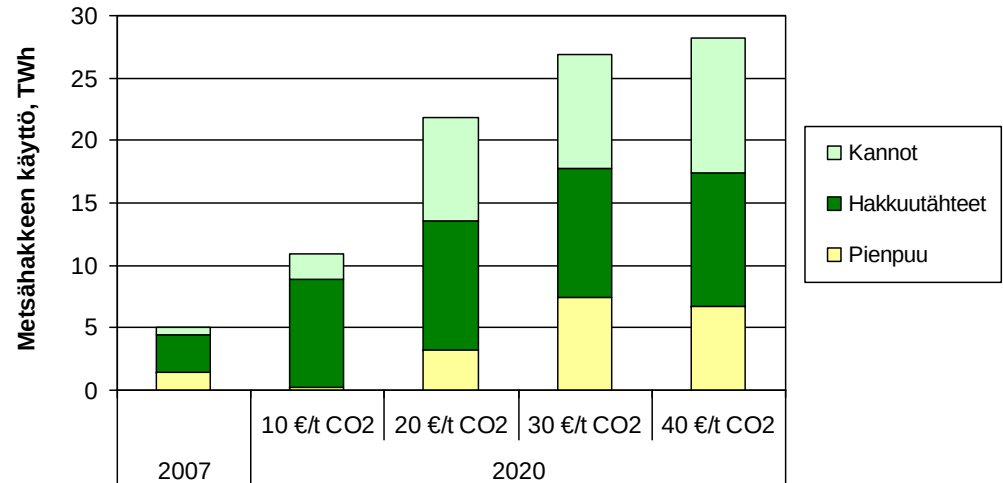
*Kotimaan ainespuuhakkuut 56 milj. m³ (Perusskenaario) ja
Kemera-tuki 4 €/MWh.*

- **Päästöoikeuden hinnalla voimakas vaikutus** energialaitosten puupolttoaineiden saatavuuteen:
 - ✓ Kun päästöoikeuden hinta laski tarkastelussa **alle 20 €/t CO₂**, energialaitosten puupolttoaineiden hankinta vaikeutui merkittävästi.
 - ✓ Kun päästöoikeuden hinta nousi **yli 30 €/t CO₂**, puupolttoainetoimitukset energialaitoksille eivät enää merkittävästi lisääntyneet.
 - ✓ Toimitukset pellettitehtaille vähenivät vasta, kun päästöoikeuden hinta nousi yli 30 €/t CO₂.

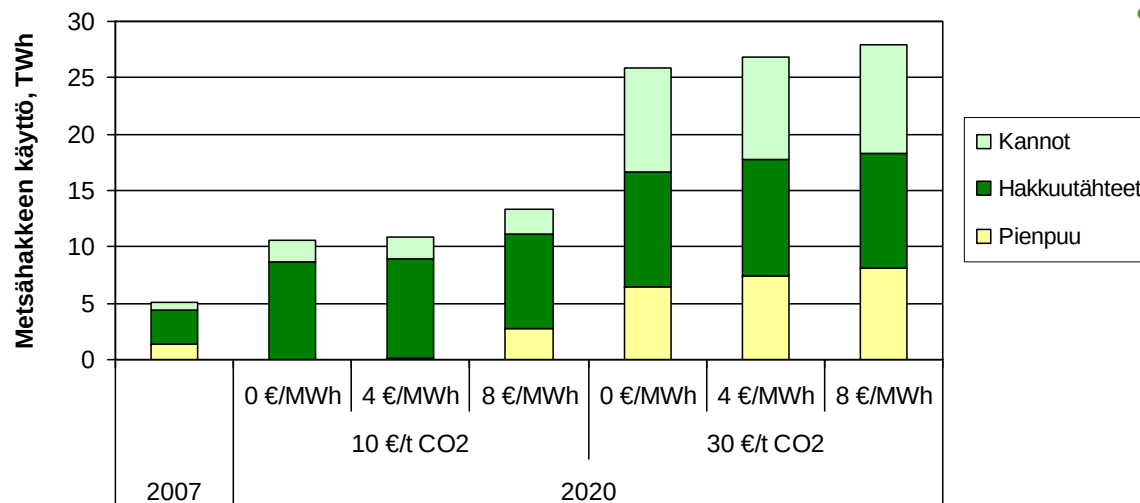
Päästöoikeuden hinnan vaikutus puupolttoainetoimituksiin



- Päästökaupan vaikutus puupolttoaineiden käytön lisäämiselle kohdistui erityisesti kalleimpiin puupolttoainejakeisiin, eli pienpuuhun ja kantoihin.



Kemera-tuen vaikutus pienpuuhakkeen käyttöön

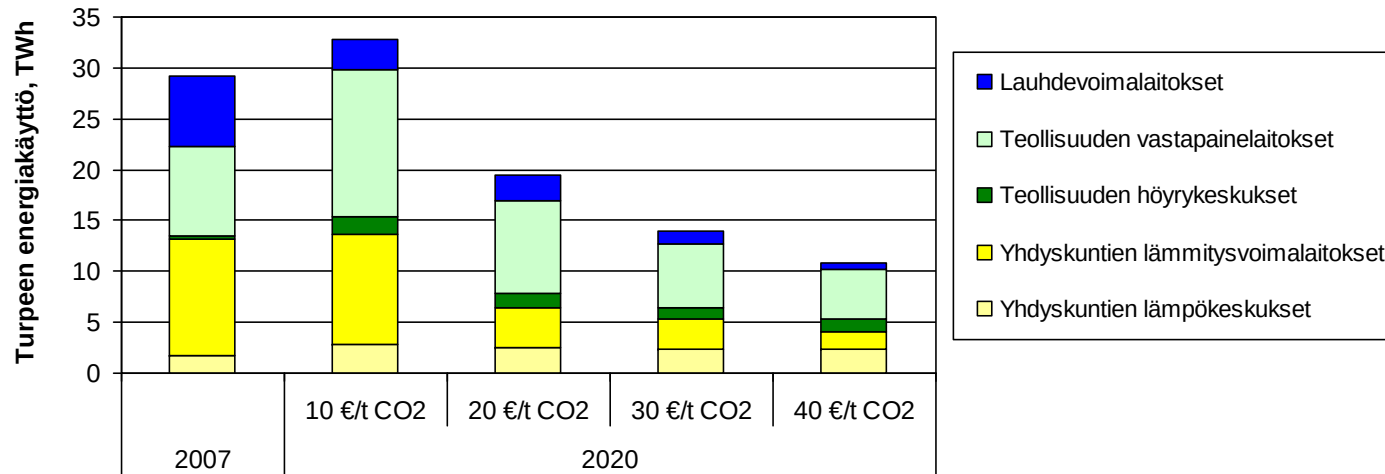


- Kemera-tuella tai muulla vastaavalla nuoriin metsiin suunnatulla tuella on merkittävä vaikutus pienpuun saamiseksi energiakäyttöön.

✓ **Vaikutus korostuu matalalla päästö-oikeuden hinnalla.**

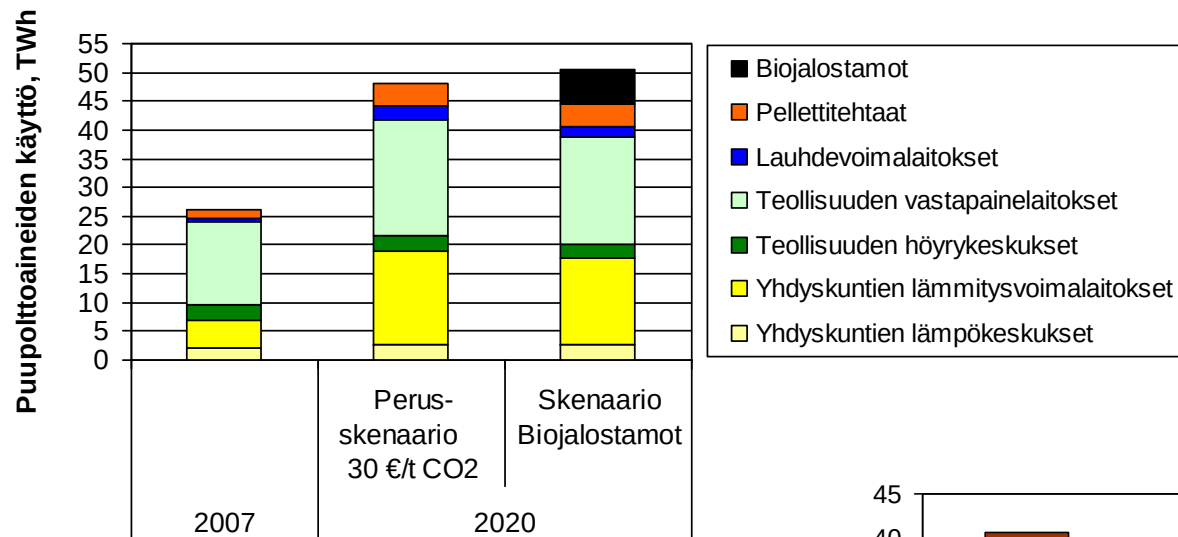
- Matala päästöoikeuden hinta (10 €/t CO₂) ilman Kemera-tukea ei mahdollista pienpuun korjuuta energiakäyttöön.
✓ **8 €/MWh Kemera-tuella** pienpuutoimituksia syntyi **2,7 TWh**.
- Korkealla päästöoikeuden hinnalla (30 €/t CO₂) 4 €/MWh Kemera-tuki mahdollistaa pienpuuhakkeen käytön nostamisen 7,4 TWh:iin.

Turve energiantuotannossa 2020



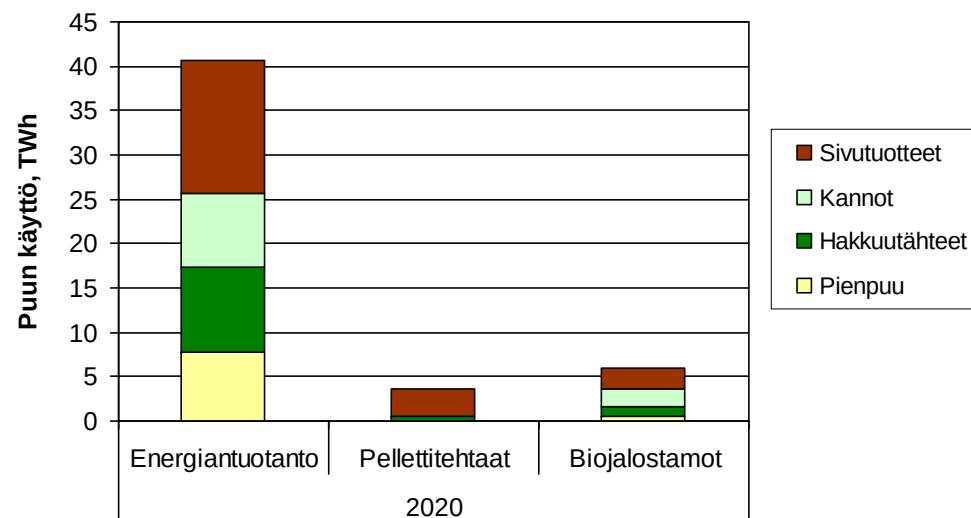
- **Päästöoikeuden hinnalla oli voimakas vaikutus turpeen hyödyntämiseen energiantuotannossa:**
 - ✓ Kun päästöoikeuden hinta oli mallinnuksessa nykytasolla (**10 €/t CO₂**), turpeen energiakäyttö oli **33 TWh**.
 - ✓ Kun **päästöoikeuden hintaa nostettiin** mallinnuksessa, **turpeen käyttömäärät laskivat** alle 15 TWh:n.
 - Suurinta turpeen käyttömäärien lasku oli yhdyskuntien voimalaitoksissa sekä teollisuuden vastapainelaitoksissa.

Biojalostamoiden vaikutus

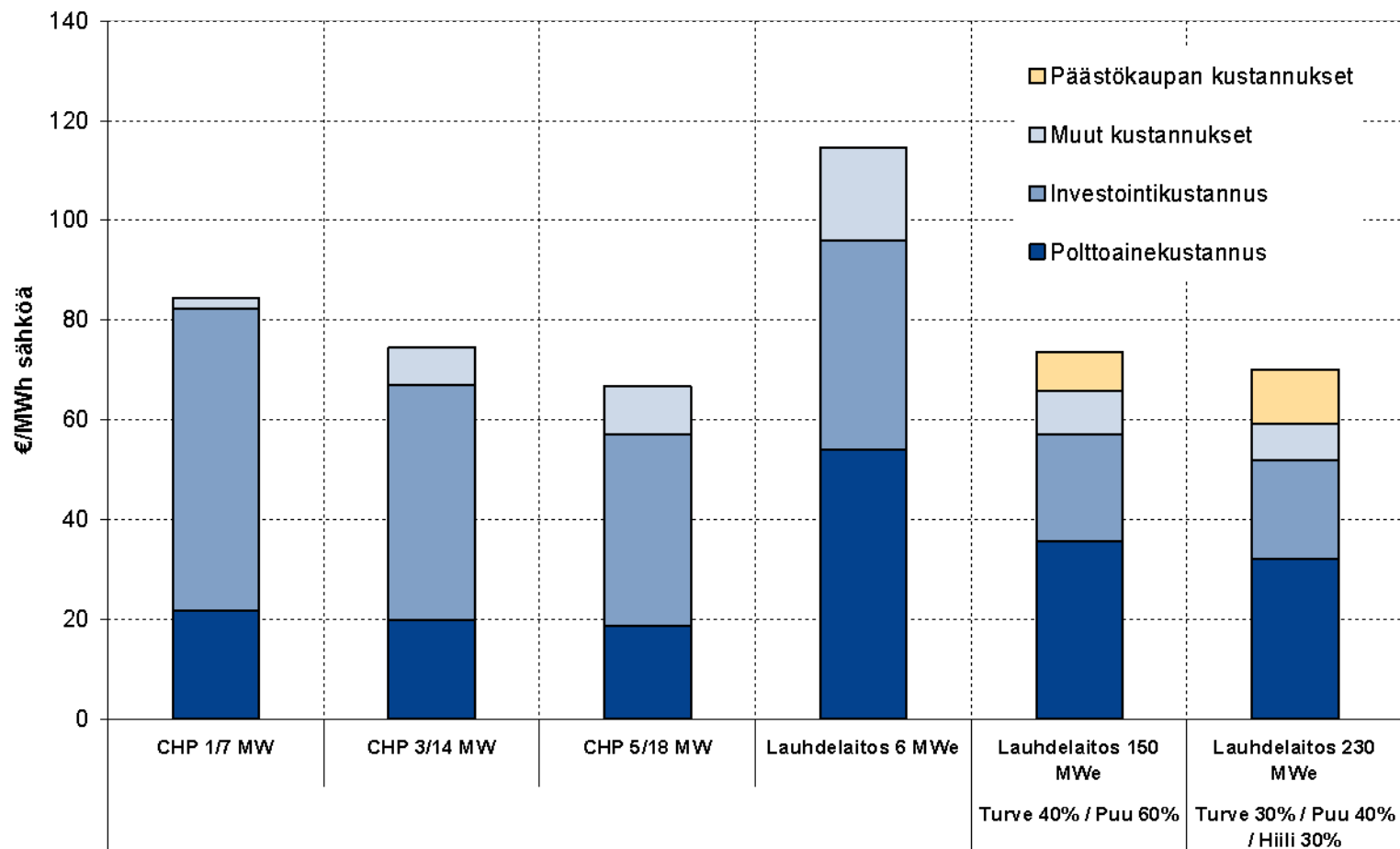


- **Puupolttoaine-toimitukset kasvoivat 2,3 TWh Perusskenaariosta.**
- **Energiasektorilla puupolttoaineiden käyttö laski.**

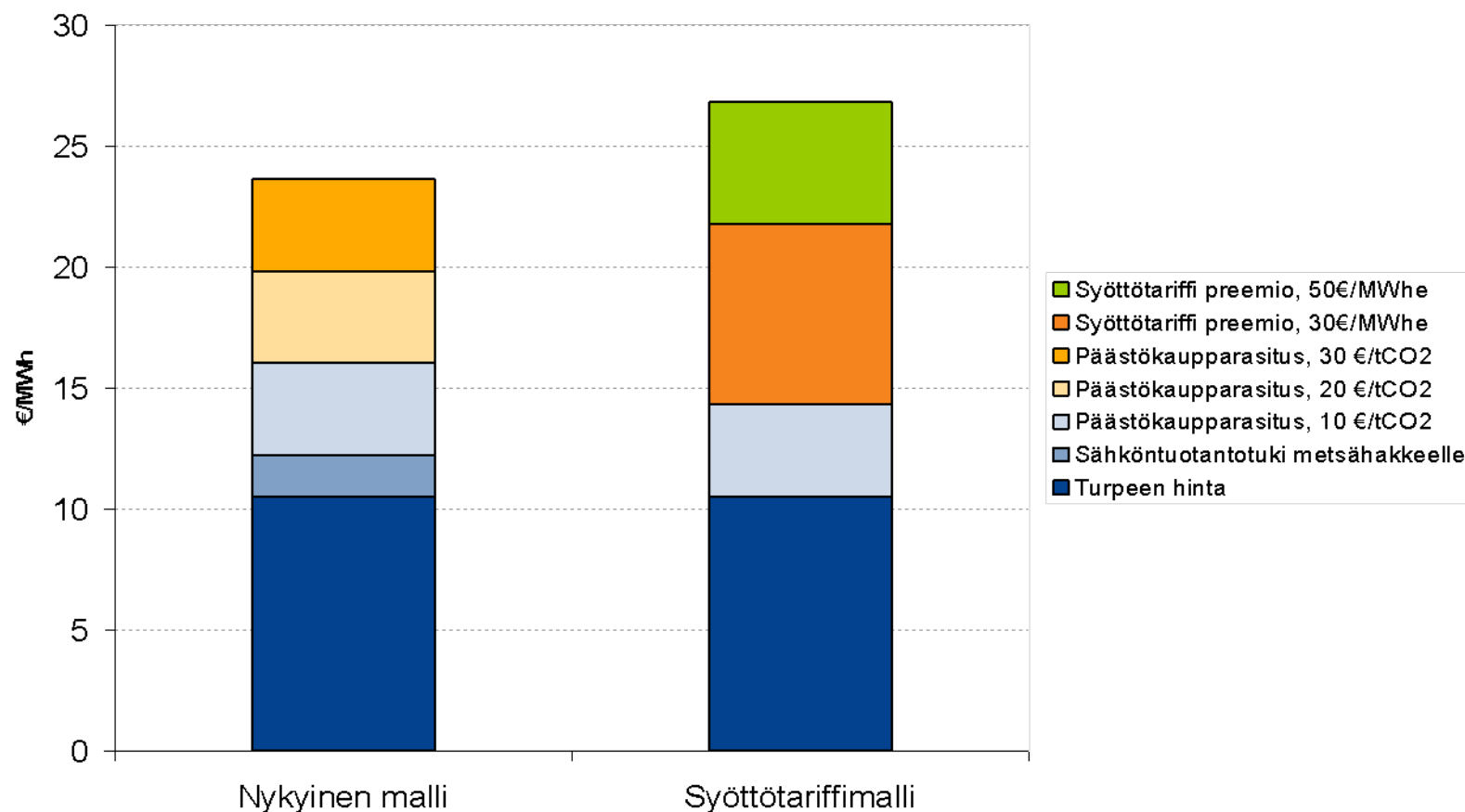
- Pääsääntöisesti biojalostamopaikkakunnilla polttoainetta riitti myös energialaitoksille.
- Biojalostamoiden raaka-ainehankinnasta suuri osa oli kantoja ja metsäteollisuuden sivutuotteita.



Biosähkön tuotantokustannukset (€/MWh_e)



Syöttötariffin vaikutus puu- / turvelaitoksen puustamaksukykyyn (metsähake)

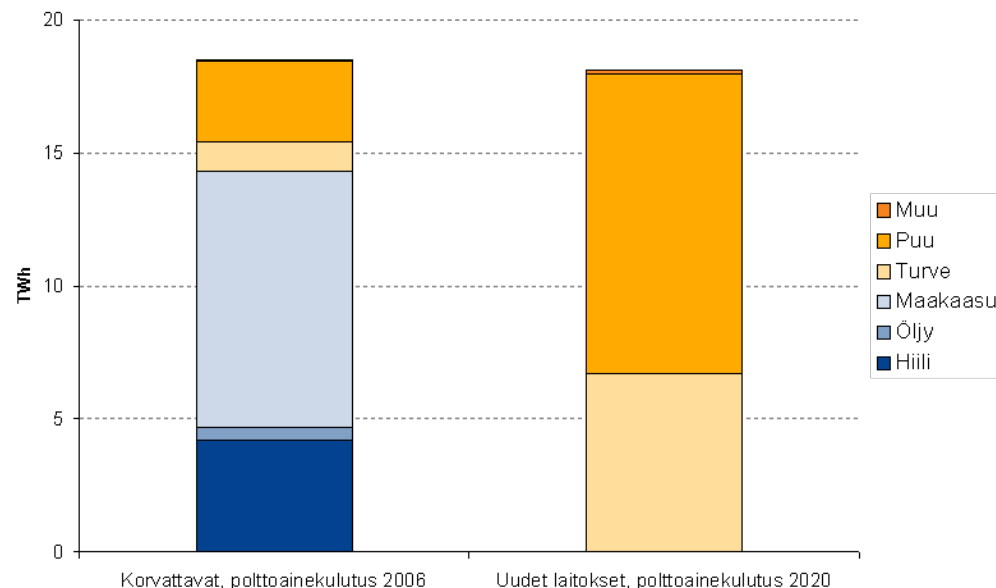


Tukipolitiikan mahdollistamat uudet bioenergiavoimalaitosinvestoinnit vuoteen 2020

- Suomesta identifioitiin lähes 90 investointikohdetta, jotka voisivat toteutua, mikäli puupolttoaineen tukipolitiikka lisäisi kilpailukykyä.
 - ✓ Mukaan laskettu 2 suurempaa lauhdelaitosta, kun teoriassa lisäys voisi olla huomattavasti enemmänkin.
 - ✓ Lukumääräisesti eniten kohteita alle 10 MW_e laitoskokuoluokassa.
- Uutta biosähkön tuotanto-kapasiteettia syntyi 945 MW_e.
 - ✓ Korvattava kapasiteetti saman-suuruinen, joten nettolisäys nolla (korvattiin osittain korkean rakennusasteen maakaasua).
- Korvattavissa kohteissa uudet laitokset korvaisivat eniten maakaasun ja hiilen kulutusta.
 - ✓ Uudet laitokset lisäisivät puun käyttöä 8,2 TWh ja turpeen käyttöä 5,6 TWh.

	Sähkäteho, MW _e			
	1-10	10-50	>50	Yhteensä
Lukumäärä	73	11	3	87
Sähkäteho, MW _e	254	264	427	945
Polttoaineteho, MW	1 435	1 069	1 056	3 560

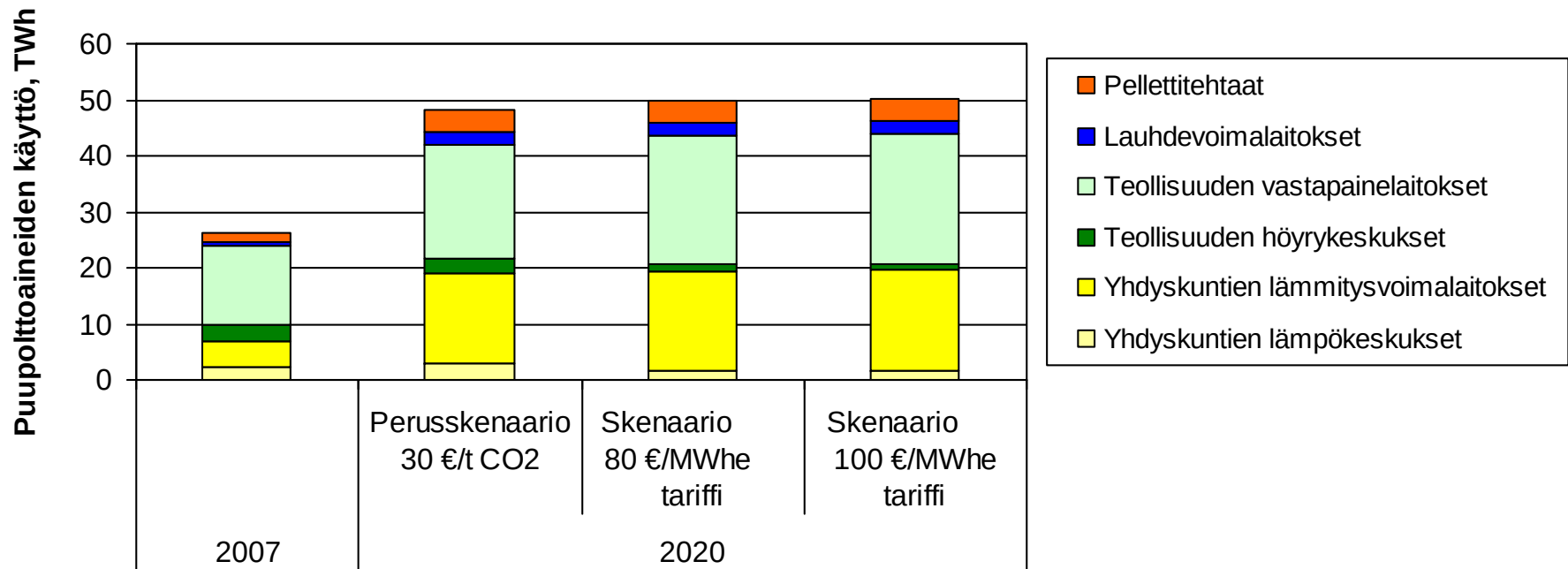
Polttoainevaihdos korvattavissa laitoksissa



Syöttötariffin vaikutukset ,

- **Puupolttoaineiden käyttö kasvoi noin 2 TWh syöttötariffin vaikutuksesta** (syöttötariffilla 80 €/MWh_e: 1,5 TWh).
 - ✓ Osa uusien laitosten lisäkäytöstä korvasi jo olemassa olevien laitosten käyttöä.
 - ✓ Syöttötariffi kuitenkin **nopeuttaisi puupolttoaineiden käytön lisäämistä**.
- Syöttötariffi tai muu tukimalli, joka lisäisi puupolttoaineisiin perustuvan sähköntuotannon kannattavuutta, **mahdollistaisi noin 950 MW_e lisäkapasiteetin**.
 - ✓ Puupolttoaineiden tekninen käyttöpotentiaali lisääntyisi noin 9 TWh, josta hakkuutähteen ja pienpuun lisäys voisi olla 7 TWh.

Syöttötariffin vaikutukset II

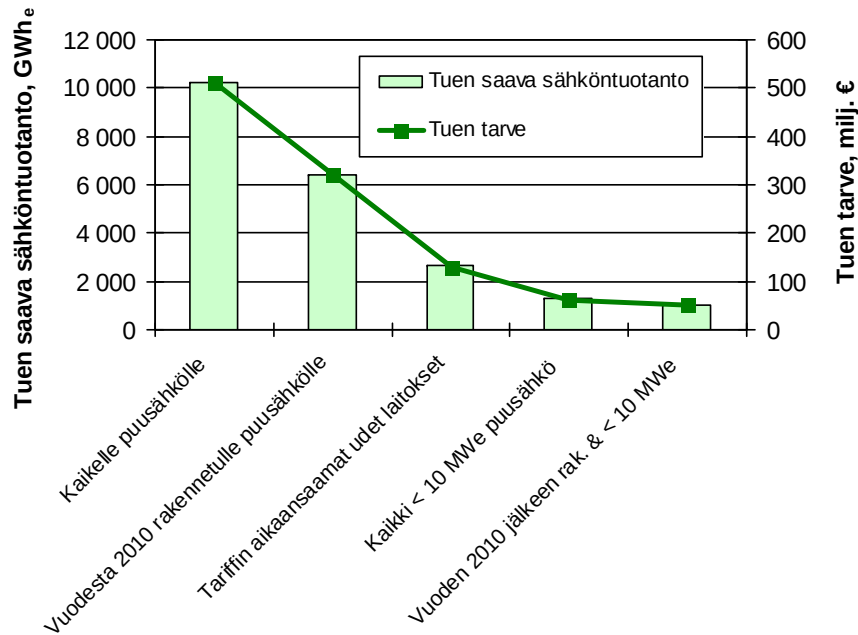


Syöttötariffin kustannukset ,

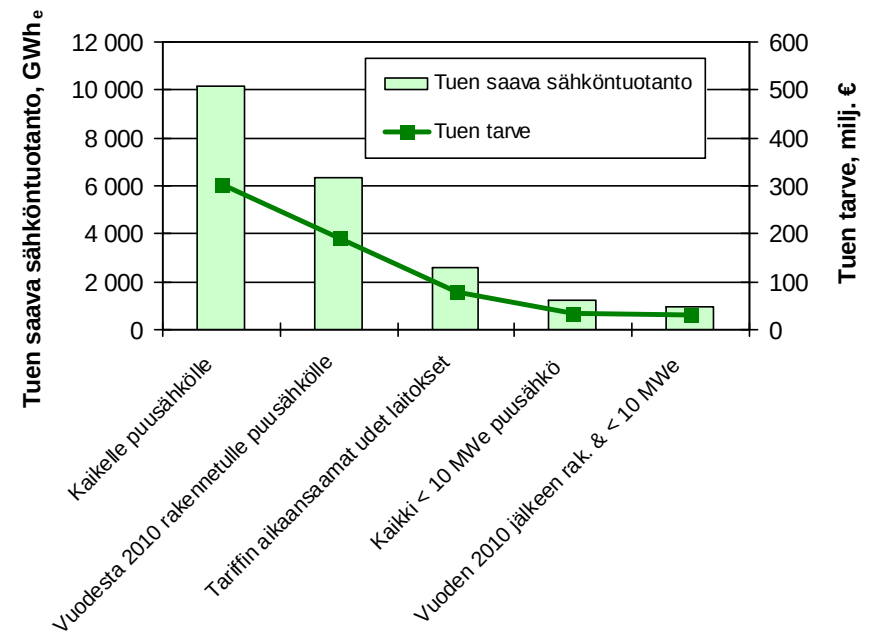
- Syöttötariffin kustannukset riippuisivat siitä, miten tukimalli luotaisiin.
- Jos oletetaan sähkön markkinahinnaksi 50 €/MWh_e ja tariffin rakenne preemiopohjaiseksi, vaaditut tukimäärät olisivat:
 - ✓ Jos syöttötariffi (100 €/MWh_e) myönnettäisiin kaikille puuta käyttäville laitoksille, tuen tarve olisi 510 milj. €/v (puusähkön tuotanto 10 240 GWh_e).
 - ✓ Jos tuki vain uusille (vuodesta 2010 lähtien) laitoksille, tuen tarve olisi 320 milj. €/v (puusähkön tuotanto 6 430 GWh_e).
 - ✓ Jos syöttötariffi (80 €/MWh_e) myönnettäisiin uusille, alle 10 MW_e laitoksille, tuen tarve olisi 30 milj. €/v (puusähkön tuotanto 940 GWh_e).

Syöttötariffin kustannukset ,,

Syöttötariffi 100 €/MWh_e



Syöttötariffi 80 €/MWh_e



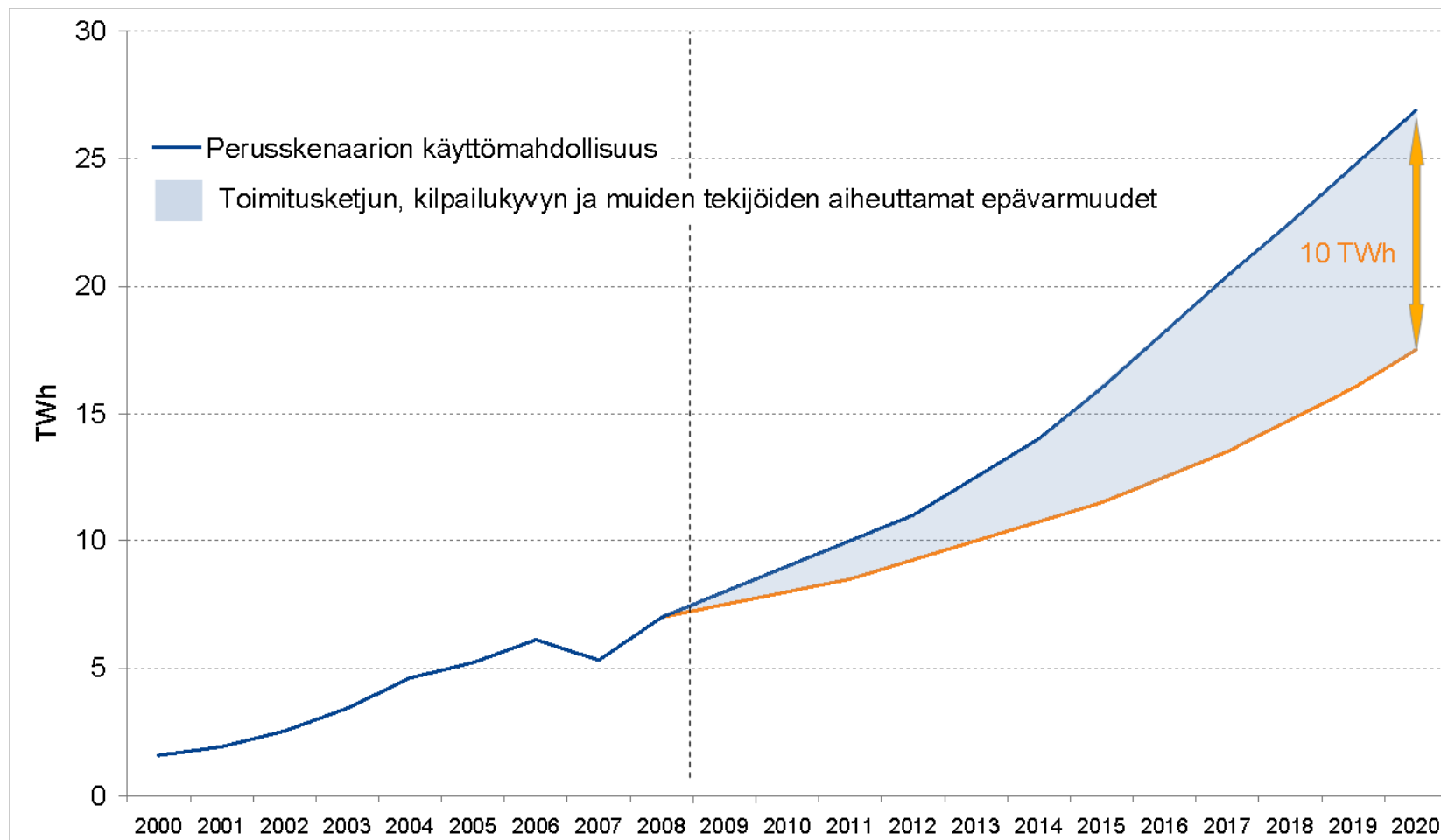
Metsähakkeen tuotannon resurssitarve

Hankkeessa tehtiin myös resurssitarvelaskelmat, kuinka paljon kalustoa sekä koneen- ja autonkuljettajia laajamittakaavainen metsähakkeen tuotanto vaatisi, jos metsähakkeen käyttö olisi 15, 20, 25 ja 30 TWh vuonna 2020.

- Laskelmien mukaan **jos metsähakkeen tuotanto ja käyttö 25–30 TWh, kalustoa** eli työkoneita ja autoja tarvittaisiin **1 900–2 200 yksikköä**.
= **530–630 miljoonan euron** (alv. 0 %) **investoinnit** metsähakkeen tuotantokalustoon.
- Työvoimatarve olisi **3 400–4 000 koneen- ja autonkuljettajaa** ja **4 200–5 100 henkilötyövuotta** sisältäen välilliset työvoimatarpeet.

Laajemmin hankkeessa tehdyistä resurssitarvelaskelmista: Metsätehon tulosalvosarja 10/2009.

Metsähakkeen käytön vaadittu kasvu Perusskenaariossa



Johtopäätökset & Tarkastelu

- **Puupolttoaineiden tarjonta ja kysyntä mahdollistavat** Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa määritetyn **kasvutavoitteen saavuttamisen**.
- Tämän kasvutavoitteen toteuttaminen edellyttäisi kuitenkin erittäin **voimakasta panostusta koko metsähakkeen tuotantoketjuun**, koska puupolttoaineiden kilpailukyky energiantuotannossa ei nykyiselläänkään ole riittävällä tasolla tavoitellun kasvun saavuttamiseksi.
- **Kotimaisten ainespuun hakkuumäärien sekä metsäteollisuuden tuotannon** tulisi säilyä nykytasolla.
- **Metsähakkeen tuotannon resurssitarpeet** muodostavat merkittävän pullonkaulan metsähakkeen käyttötavoitteiden saavuttamiselle vuonna 2020.

Johtopäätökset & Tarkastelu II

- **Päästöoikeuden hinnalla on voimakas vaikutus puupolttoaineiden kilpailukykyyn** ja energialaitosten puupolttoaineiden saatavuuteen.
 - ✓ Nykyisellä päästöoikeuden hintatasolla (10 €/t CO₂) puupolttoainevolyymien kasvattaminen on hyvin vaikeaa.
 - ✓ Puupolttoaineiden käytön voimakas lisääminen edellyttäisi yli 25 €/t CO₂ päästöoikeuden hintatasoa.
 - ✓ Päästökaupan vaikutus puupolttoaineiden käytön lisäämisessä kohdistuu erityisesti kalleimpiin puupolttoainejakeisiin, eli pienpuuhun ja kantoihin.
- Ottaen huomioon metsähakkeen tuotantoketjun tarvitsemat suuret resurssit ja metsähakkeen vallitseva heikohko kilpailukyky voidaan arvioida, että **metsähakkeen todennäköinen käyttö kehittyisi maksimissaan 20 TWh:n tasolle Suomessa vuonna 2020.**

Johtopäätökset & Tarkastelu III

- Selvityksessä pyrittiin katsomaan, kuinka pitkälle päästäisiin ”perinteisillä” metsähakejakeilla, eli hakkuutähteillä, kannoilla sekä pienpuulla, laajentaen korjuu myös päätehakkuilla männiköihin ja koivikoihin ja suorittamalla integroitu korjuu nuorissa metsissä.
 - ✓ Tehty selvitys osoitti, että **asetettujen, korkeiden metsähakkeen tuotanto- ja käyttömäärien saavuttaminen on vaikeaa ”perinteisillä” metsähakejakeilla.**
- Selvityksessä **kalleimmat** energiantuotantoon toimitetut **metsähake-erät** olivat tuotantokustannuksiltaan **yli 20 €/MWh**.
 - ✓ Tehtyjen laskelmien pohjalta voidaan arvioida, että **kuitupuu tulee syrjäyttämään** joiltain osin tällaisia **kalliimpia metsähake-eriä** energiantuotannossa.

Toimenpidesuositukset ,

- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian toteutus edellyttää välittömiä toimenpiteitä metsähakkeen tuotannon toimintaympäristön parantamiseksi:
 1. **Yksityismetsänomistajien energiapuun tarjonta-halukkuus** on varmistettava. Metsänomistajakunnan ja metsätoimihenkilöiden koulutus, neuvonta sekä viestintä ovat avainasemassa.
 2. **Ammattitaitoisen työvoiman saatavuus** on turvattava; oppilaitosten on koulutettava 300–400 ammattilaista vuosittain metsähakkeen tuotantoon. On turvauduttava myös työntekijöiden rekrytointiin ulkomailta.
 3. Metsähakkeen tuotannon on oltava **kiinnostava työlaji kone- ja autoyrittäjille**.

Toimenpidesuosituks¹¹

4. **Sovellettavien ohjausmekanismien** tulee olla pitkäjänteisiä ja riittävän kannustavia.
5. **Toimialan T&K-toimintaan** on panostettava; on käynnistettävä toimialan T&K-toimintaa yhteen vetävä ja koordinoiva laaja T&K-ohjelma (vrt. Tekesin Bioenergia- ja Puuenergia-ohjelmat). Erityisesti korjuuta ja kaukokuljetusta on tehostettava, metsähakkeen laadunhallintaa on parannettava ja toiminnan ohjausjärjestelmiä on kehitettävä.
6. **Kemera-tuki tai muu tukimuoto nuorista metsistä** korjatulle energiapuulle on turvattava. Tuki olisi sidottava päästöoikeuden hintaan.

- Ilman edellä listattuja toimenpiteitä on vaikea tavoitella yli 20 TWh:n metsähakkeen tuotanto- ja käyttömääriä.
- Toimenpidelistan toteutukseen on lähdettävä välittömästi.



Metsäteho



PÖYRY

kalle.karha@metsateho.fi
juha.elo@poyry.com
perttu.lahtinen@poyry.com
tapio.rasanen@metsateho.fi