



Metsäteho



PÖYRY

Metsähakkeen tuotannon resurssitarve Suomessa vuonna 2020

Kalle Kärhä ¹, Markus Strandström ¹, Perttu Lahtinen ² & Juha Elo ²
Metsäteho Oy ¹ & Pöyry Energy Oy ²

Metsätehon tulokalvosarja 10/2009

Tutkimus ja sen tausta

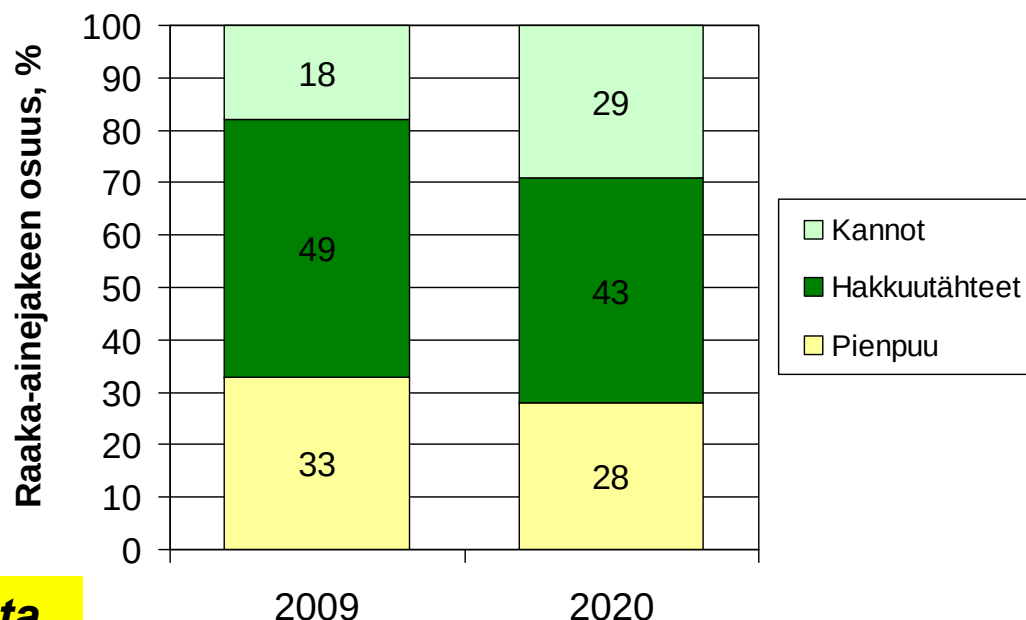
- Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) osarahoittamassa ja Metsäteho Oy:n ja Pöyry Energy Oy:n toteuttamassa *Puupolttoaineiden lisäysmahdollisuudet ja sen kustannukset Suomessa vuoteen 2020* -tutkimuksessa määritettiin puupolttoaineiden ja erityisesti metsähakkeen saatavuus ja käyttömahdollisuudet Suomessa vuonna 2020 (*Metsätehon tuloskalvosarja 9/2009*).
- Tutkimuksessa tehtiin myös resurssitarvelaskelmat, **kuinka paljon kalustoa** (koneita ja autoja) **ja työvoimaa** (koneen- ja autonkuljettajia) **laajamittakaavainen metsähakkeen tuotanto vaatisi, jos metsähakkeen käyttö olisi 15, 20, 25 ja 30 TWh vuonna 2020.**
- Lisäksi laskettiin, **mikä olisi tarvittavan kaluston hankintakustannus.**
 - ✓ Tässä Metsätehon tuloskalvosarjassa raportoidaan tehtyjen resurssitarvelaskelmien päätulokset.

Laskentaperusteet

A green logging machine, likely a skidder or forwarder, is positioned in a dense forest of tall, thin evergreen trees. The machine is viewed from a low angle, showing its large, treaded tires and the operator's cab. The forest floor is covered in green undergrowth and some fallen branches. The text 'Laskentaperusteet' is overlaid in the center of the image.

Raaka-ainejakeiden osuudet

- Laskelmissa metsähakkeen tuotannon ja käytön oletettiin olevan 8 TWh vuonna 2009.
- Metsähakkeen tuotannossa ja käytössä eri raaka-ainejakeiden osuuksien oletettiin olevan vuosina 2009 ja 2020 seuraavalla tasolla:

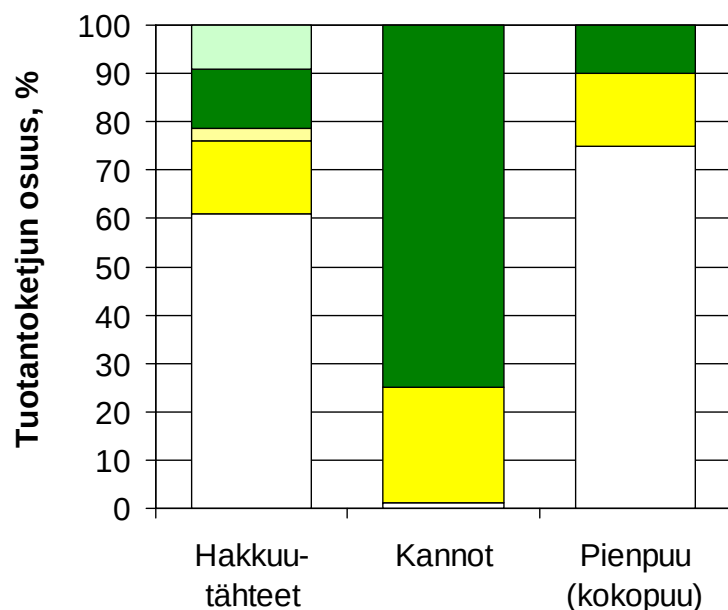


1 TWh $\approx$ 0,5 milj. m³ puuta

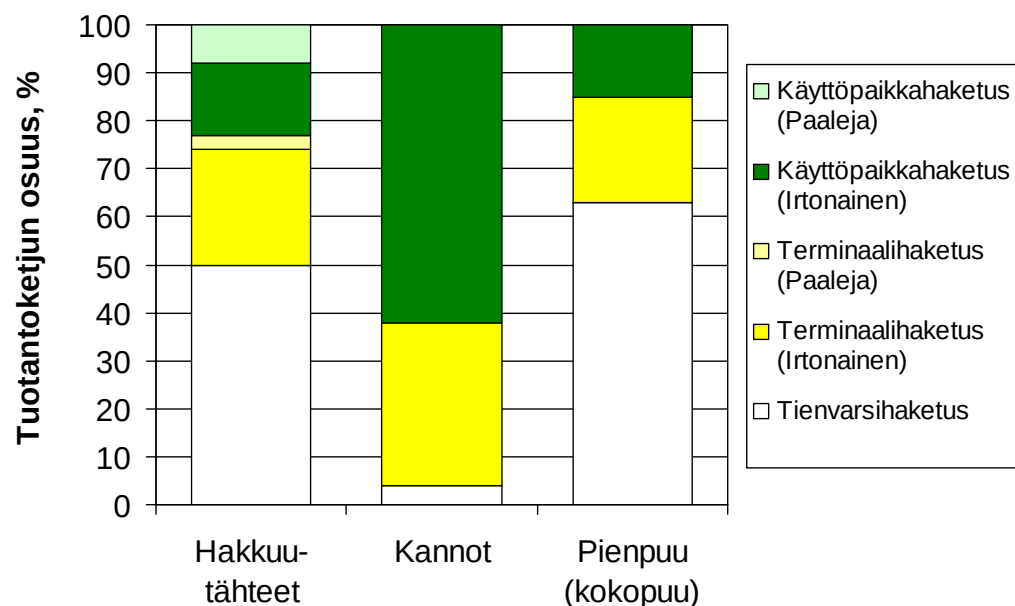
Tuotantoketjut

- Laskelmissa tuotantoketjujen osuudet vuosina 2009 ja 2020 olivat:

Vuosi 2009



Vuosi 2020



Vuosittaiset käyttötunnit & Henkilötyövuodet

- Laskelmissa kaluston vuosittaiset käyttötunnit olivat:
 - ✓ Kantojen nostokoneet: 1 700 h
 - ✓ Siirrettävät hakkurit/murskaimet (tienvarsihaketus): 1 800 h; (terminaalihaketus): 2 000 h
 - ✓ Hakkuukoneet, energiapuukorjurit, hakkuutähdepaalaimet, kuormatraktorit, kiinteät käyttöpaikkamurskaimet: 2 600 h
 - ✓ Hake- ja energiapuuautot: 3 800 h.
- Henkilötyövuosi laskelmissa oli 1 712 h (metsäkoneet sekä haketus-/murskauskalusto) ja 1 700 h (autot).
 - ✓ Luvut saatiin Koneyrittäjien liitto ry:stä ja Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry:stä.
 - ✓ Välillinen työvoimatarve määritettiin kertomalla välitön työvoimatarve 0,4:llä (vrt. Ahonen 2004).

Kaluston tuottavuusperusteet ,

- Laskelmissa kone- ja autoyksiköiden tuottavuus-/suoriteperusteina käytettiin tuoreimpien tuottavuustutkimusten tuloksia 2000-luvulta sekä kokemusperäistä tietoa koneiden ja autojen tuottavuuksista.

Kone-/autoyksikkö	Tuottavuus, m ³ /käyttötunti	Vuosisuorite, m ³ /v	Lähde, jos selvästi osoitettavissa
Hakkuukone kokopuun hakkuussa	5,8	15 000	Kärhä ym. 2006, Kärhä 2008, Kärhä & Mutikainen 2008
Energiapuukorjuri kokopuun korjuussa	3,2	8 400	Kärhä ym. 2006
Hakkuutähdepaalain	9,6	25 000	Kärhä ym. 2004
Kantojen nostokone	6,8	11 500	Laitila ym. 2007, Kärhä ym. 2009
Kuormatraktori			
- Kokopuu	8,2	21 200	Kärhä ym. 2006
- Kannot	7,5	19 500	Laitila ym. 2007
- Hakkuutähteet	11,5	29 900	Rieppo 2002
- Hakkuutähdepaalit	20,6	53 500	Kärhä ym. 2004

Kaluston tuottavuusperusteet II

Kone-/autoyksikkö	Tuottavuus, m ³ /käyttötunti	Vuosisuorite, m ³ /v	Lähde, jos selvästi osoitettavissa
Siirrettävä hakkuri/murskain tienvarsi- haketuksessa - Kokopuu - Kannot - Hakkuutähteet	30 26 26	53 300 46 700 46 700	Asikainen ym. 2001
Siirrettävä hakkuri/murskain terminaali- haketuksessa - Kokopuu - Kannot - Hakkuutähteet - Hakkuutähdepaalit	46 40 40 55	92 300 80 800 80 800 110 800	
Kiinteä käyttöpaikkamurskain - Kokopuu - Kannot - Hakkuutähteet - Hakkuutähdepaalit	77 67 67 92	199 300 174 400 174 400 239 200	Korpilahti & Suurniemi 2001

Kaluston tuottavuusperusteet III

Kone-/autoyksikkö	Tuottavuus, m ³ /käyttötunti	Vuosisuorite, m ³ /v	Lähde, jos selvästi osoitettavissa
Hakeauto; hakkeen kaukokuljetus tienvarsivarastolta käyttöpaikalle			Asikainen ym. 2001, Hälonen & Vesisenaho 2002, Ranta ym. 2002
- Kokopuuhake	..	28 500	
- Kantomurske	..	25 300	
- Hakkuutähdehake	..	26 800	
Energiapuuauto; hakettamattoman jakeen kaukokuljetus tienvarsivarastolta terminaaliin			
- Kokopuu	..	21 200	
- Kannot	..	23 600	
- Hakkuutähteet	..	21 200	
- Hakkuutähdepaalit	..	42 500	
Hakeauto; hakkeen kaukokuljetus terminaalista käyttöpaikalle			
- Kokopuuhake	..	47 600	
- Kantomurske	..	47 600	
- Hakkuutähdehake	..	47 600	
Energiapuuauto; hakettamattoman jakeen kaukokuljetus tienvarsivarastolta käyttöpaikalle			Ranta & Rinne 2006, Korpilahti 2004
- Kokopuu	..	18 900	
- Kannot	..	21 100	
- Hakkuutähteet	..	18 900	
- Hakkuutähdepaalit	..	33 000	

Kaluston hankintahinnat

- Laskelmissa koneiden ja autojen hankintahintoina käytettiin vuoden 2009 alun kalustohintoja (alv. 0 %).
- Hankintahinnat määritettiin haastattelemalla kone- ja laitevalmistajia sekä -myyjiä.

Kone-/autoyksikkö	Hankintahinta, € (alv. 0 %)
Hakkuukone	280 000
Energiapuuokorjuri	250 000
Hakkuutähdepaalain	400 000
Kantojen nostokone	150 000
Kuormatraktori	210 000
Siirrettävä hakkuri/murskain	570 000
Hakeauto	270 000
Energiapuuauto	320 000
Kiinteä käyttöpaikkamurskain	1 500 000

Muut oletukset

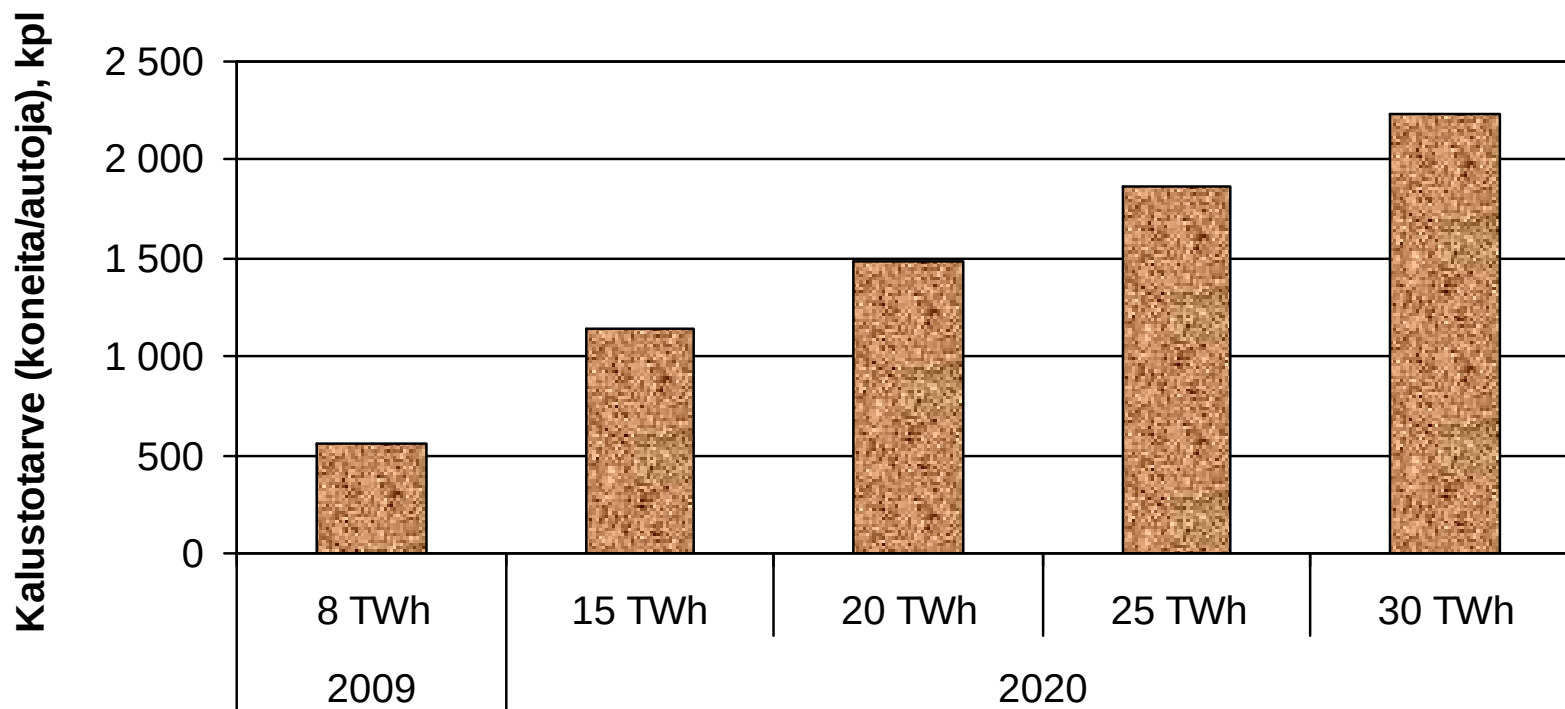
- Oletettiin, ettei metsähakkeen tuotannossa oleva kalusto ole lainkaan muussa työssä (esim. ainespuun hakkuu tai metsäkuljetus, polttoturpeen kaukokuljetus).
- Pienpuun (kokopuun) korjuusuoritteesta 15 % oletettiin korjattavan energiapuukorjurilla ja loput hakkuukone–kuormatraktori-korjuuketjulla.
- Kaikki hakkeen siirto terminaalista käyttöpaikalle oletettiin tehtävän hakeautoilla.
- Kaikki käyttöpaikkahaketus oletettiin tehtävän kiinteillä käyttöpaikkamurskaimilla.

Tuotantokalustotarve



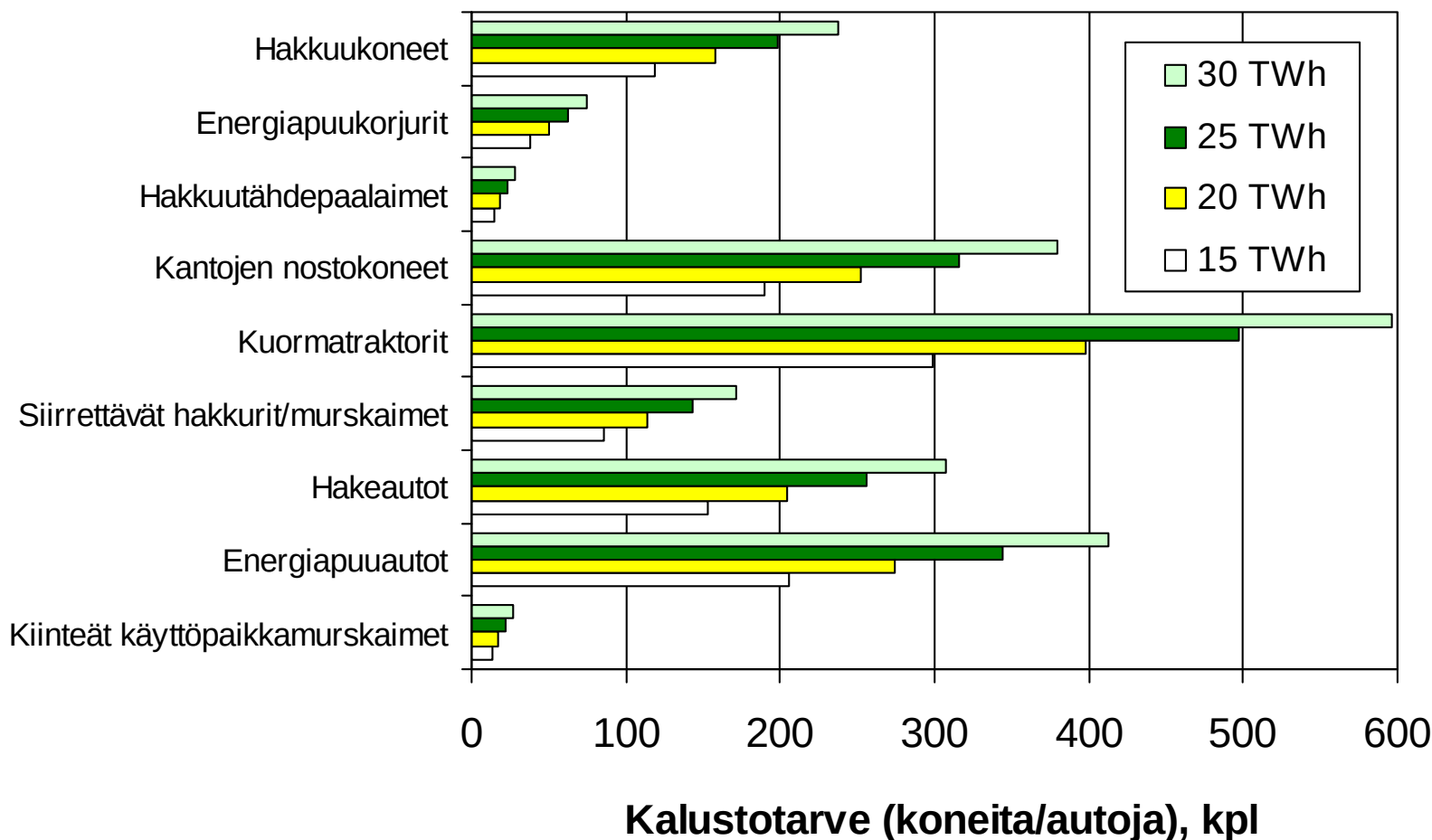
Metsähakkeen tuotantokalustotarve

- Tehtyjen laskelmien pohjalta voidaan sanoa, että jos metsähakkeen tuotanto ja käyttö olisivat **15–20 TWh** vuonna 2020, metsähakkeen tuotannon kalustotarve olisi **1 100–1 500 konetta ja autoa**.
- Mikäli metsähaketta tuotettaisiin **25–30 TWh** vuonna 2020, kalustotarve olisi **1 900–2 200 kone- ja autoyksikköä**.
 - ✓ 3,3–4,0-kertainen määrä verrattuna nykykalustoon.
 - ✓ Lukumääräisesti eniten tuotantoketjuun tarvittaisiin kuormatraktoreita, energiapuu- ja hakeautoja sekä kantojen nostokoneita.
- 25–30 TWh:n tuotantoon tarvittavan kaluston hankintakustannus olisi **530–630 milj. €** (alv. 0 %).
 - ✓ Eniten pääomia sitoisi lähi- ja kaukokuljetus- sekä haketuskaluston hankinta.



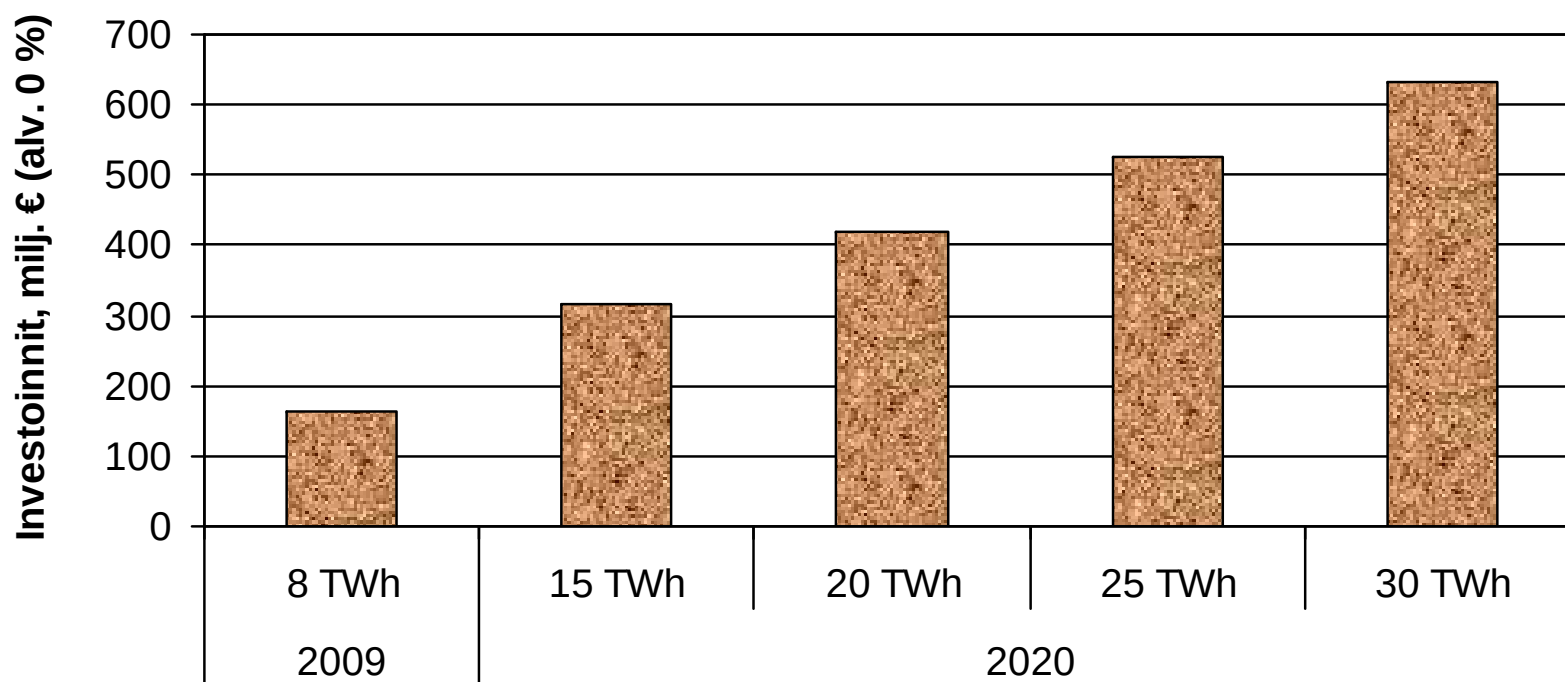
Metsähakkeen tuotantokalustotarve

Tarve kalustolajeittain 2020



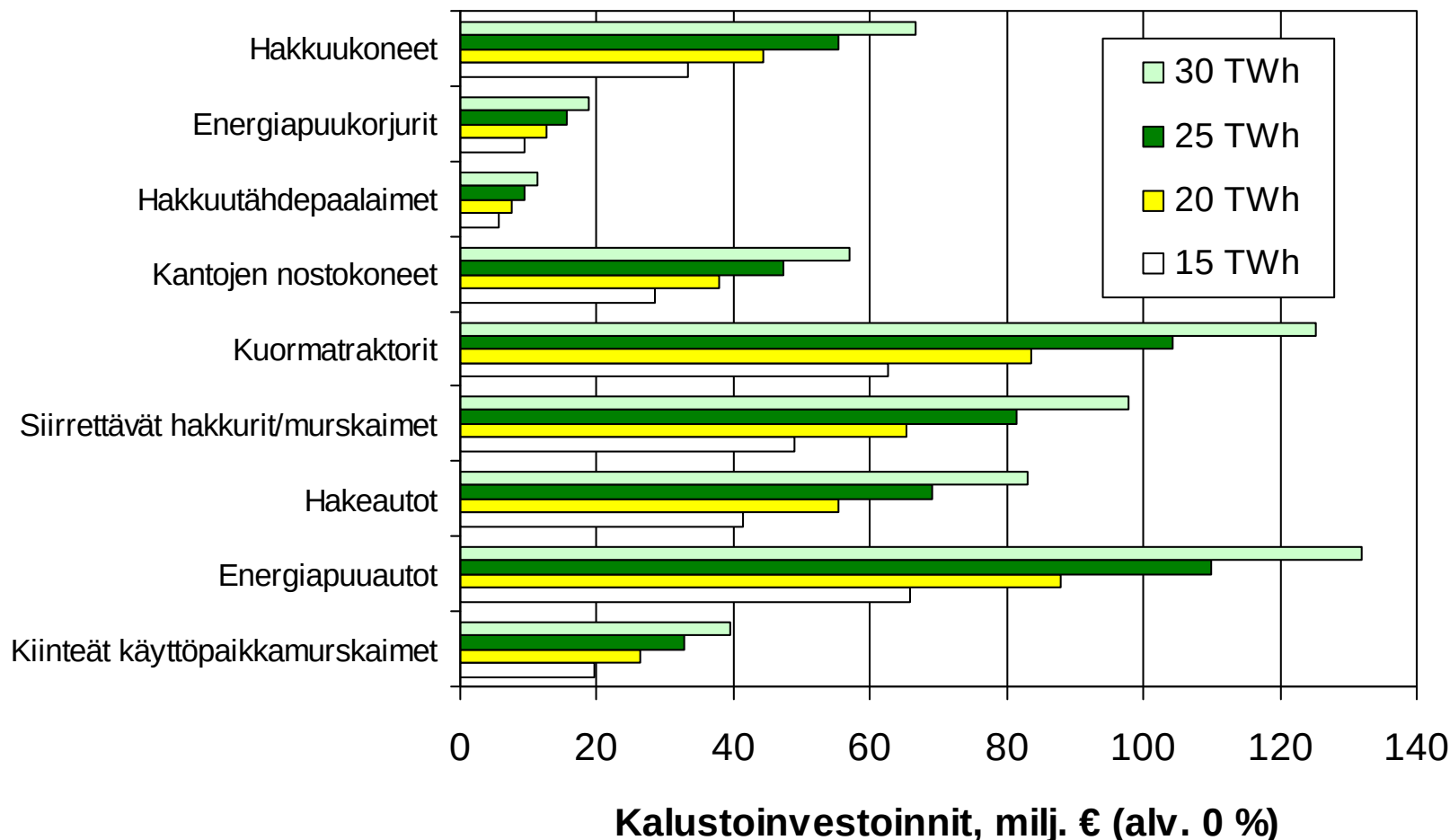
Investoinnit metsähakkeen tuotantokalustoon

Kokonaisinvestoinnit



Investoinnit metsähakkeen tuotantokalustoon

Investoinnit kalustolajeittain 2020



Työvoimatarve

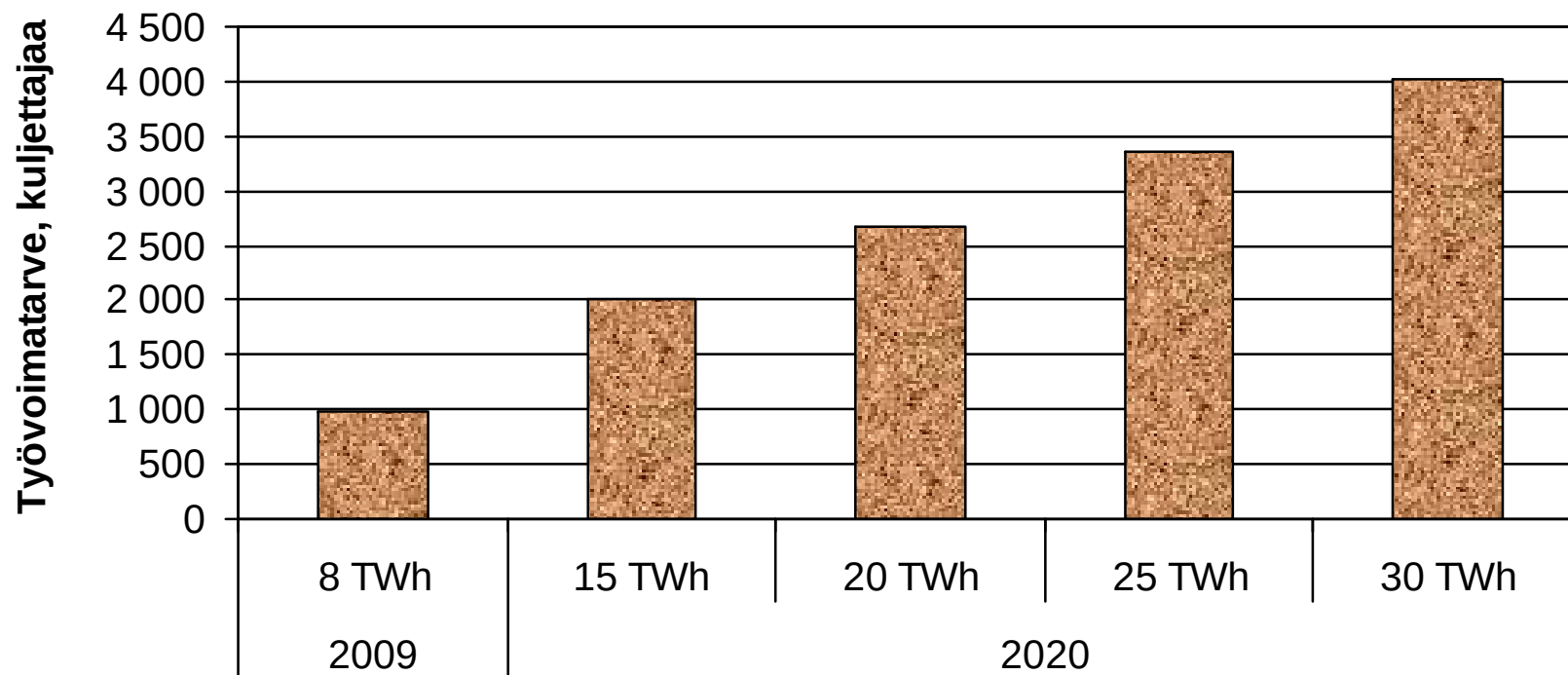


Metsähakkeen tuotannon työvoimatarve

- Jos metsähakkeen tuotanto ja käyttö olisivat **15–20 TWh** vuonna 2020, metsähakkeen tuotannossa tarvittaisiin yhteensä **2 000–2 700 koneen- ja autonkuljettajaa**.
 - ✓ Määrä on 2,0–2,7-kertainen suhteutettuna nykyiseen kuljettajamäärään.
- Mikäli metsähaketta tuotettaisiin **25–30 TWh**, kuljettajatarve olisi **3 400–4 000 koneen- ja autonkuljettajaa**.
 - ✓ 3,4–4,1-kertainen määrä verrattuna nykyiseen kuljettajamäärään.
 - ✓ Eniten tarvittaisiin kuljettajia kuormatraktoreihin, energiapuujakeautoihin, kantojen nostokoneisiin sekä hakkuukoneisiin.
- Henkilötyövuosina 25–30 TWh:n tuotannon työvoimatarve olisi **4 200–5 100 htv** (sisältäen myös välillinen työvoimatarve) vuonna 2020.

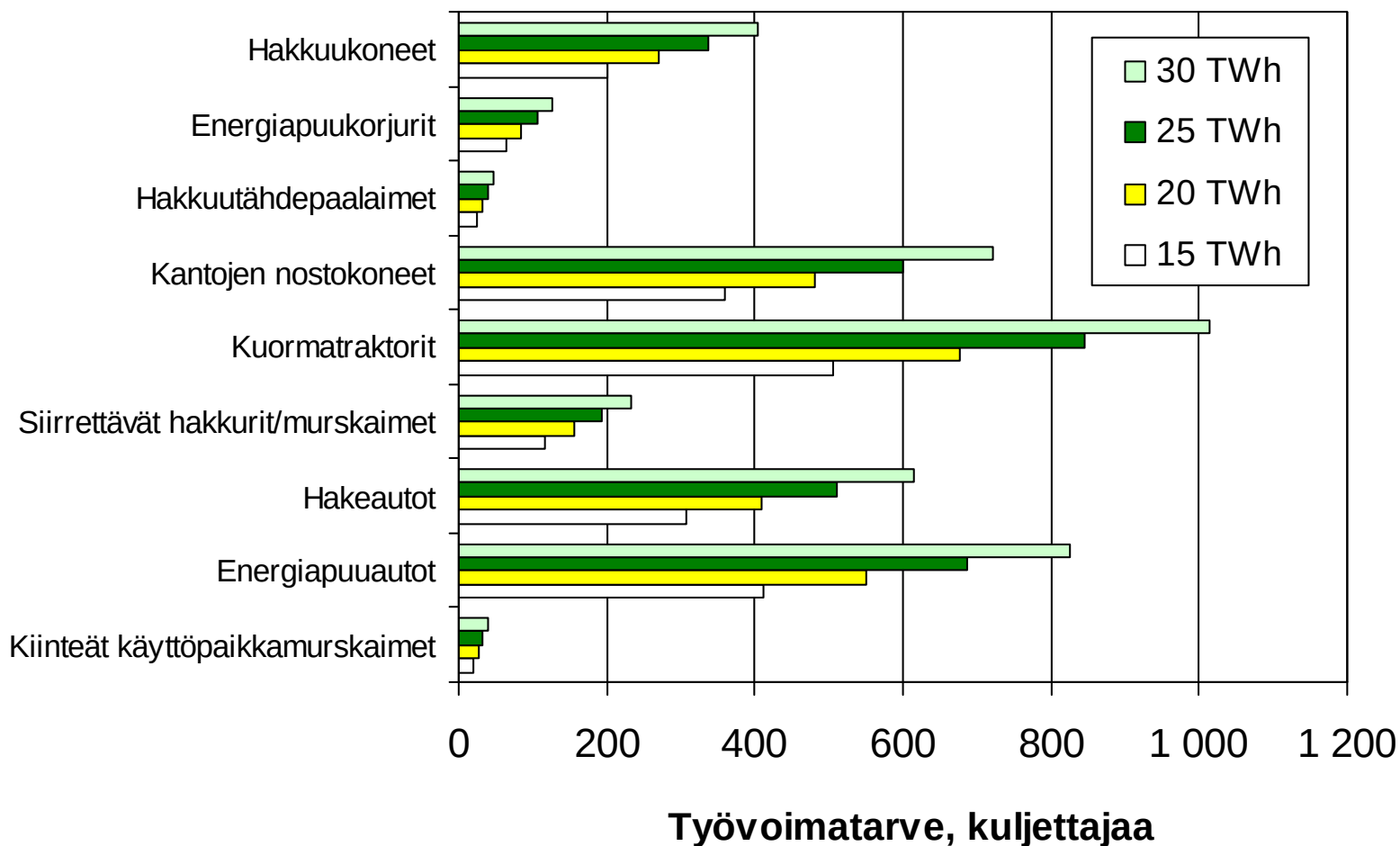
Metsähakkeen tuotannon työvoimatarve

Koneiden ja autojen kuljettajamäärä yhteensä



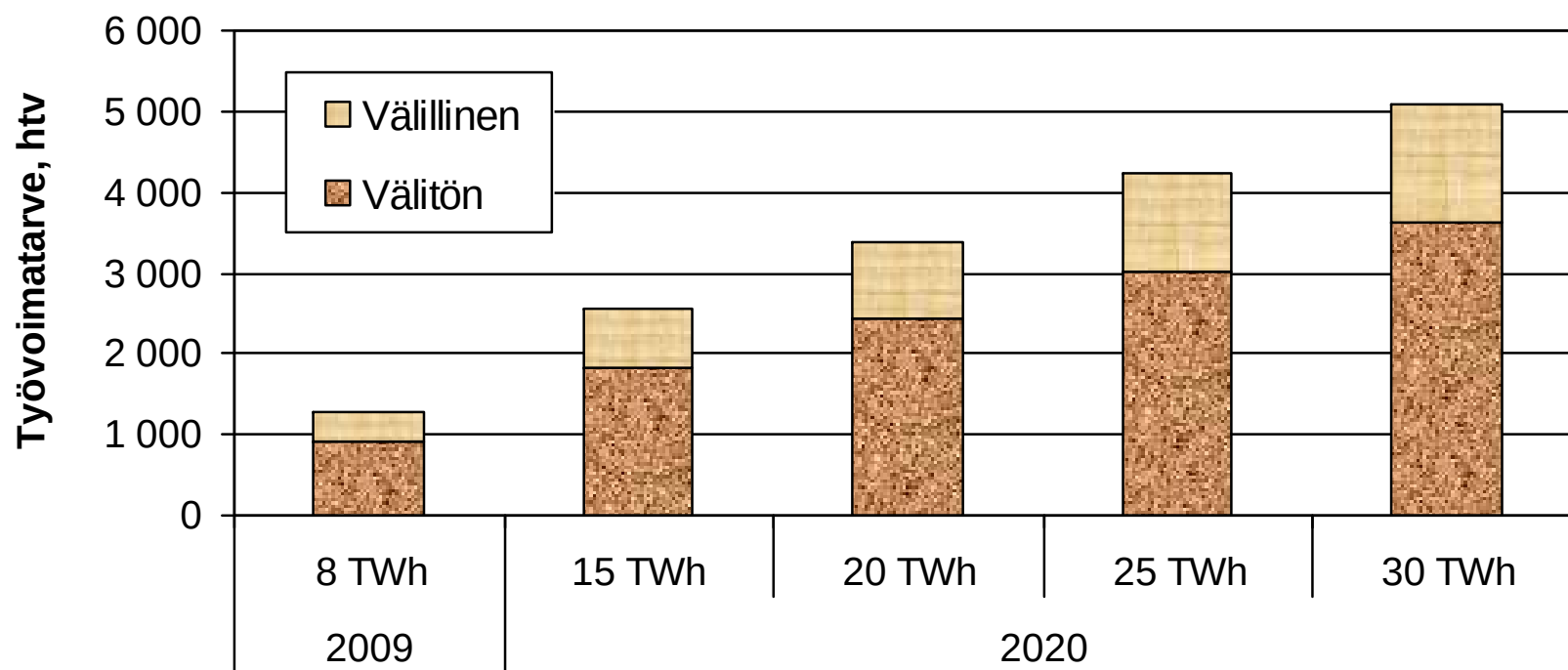
Metsähakkeen tuotannon työvoimatarve

Kuljettajamäärä kalustolajeittain 2020



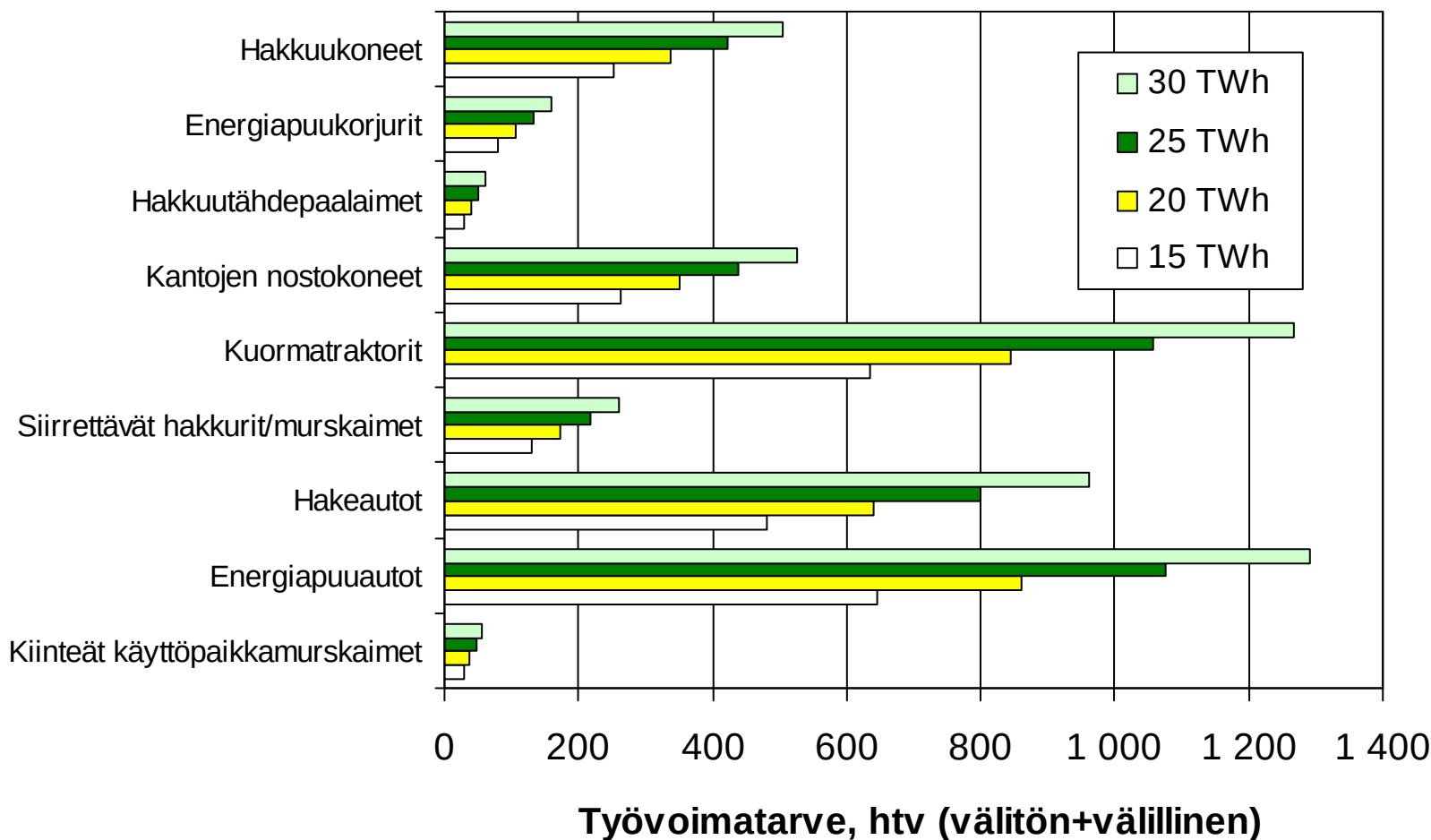
Metsähakkeen tuotannon työvoimatarve

Henkilötyövuodet yhteensä



Metsähakkeen tuotannon työvoimatarve

Henkilötyövuodet kalustolajeittain 2020



The background of the slide is a close-up photograph of a large pile of wood chips or mulch. The chips are of various sizes and shapes, ranging from small, thin shavings to larger, more irregular chunks. The colors are primarily light brown and tan, with some darker, almost black, pieces interspersed. The texture appears rough and organic.

Johtopäätökset & Tarkastelu

Johtopäätökset & Tarkastelu ,

- Tehtyjen resurssitarvelaskelmien perusteella kalustoa eli työkoneita ja autoja tarvittaisiin 1 900–2 200 yksikköä, jos metsähakkeen tuotanto ja käyttö olisivat 25–30 TWh Suomessa vuonna 2020.
 - Rahaa edellä mainitun tuotantokaluston hankkiminen vaatisi 530–630 milj. € (alv. 0 %).
 - Työvoimatarve olisi 3 400–4 000 koneen- ja auton-kuljettajaa, mikäli metsähakkeen tuotanto olisi 25–30 TWh.
 - Edellä mainitut luvut ovat niin isoja, etteivät ne toteudu helposti.
- ➔ **Metsähakkeen tuotannon resurssitarpeet muodostavat merkittävän pullonkaulan metsähakkeen käyttötavoitteen * (12 milj. m³, eli noin 24 TWh) saavuttamiselle vuonna 2020.**

*) Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008.

Johtopäätökset & Tarkastelu II

- Lisäksi on muistettava, että resurssitarvelaskelmat tehtiin tehokkaassa, laajamittakaavaisessa metsähakkeen tuotantoympäristössä.
 - ✓ Pienimittakaavaisempi metsähakkeen tuotanto on työvoimavaltaisempaa, minkä vuoksi työvoimatarve on huomattavasti korkeampi kuin mitä tässä selvityksessä on raportoitu (vrt. Ahonen 2004).
- Täten voidaan sanoa, että **tässä selvityksessä esitetty resurssitarve on vähimmäisresurssi**, jolla tuotantovolyymit saadaan aikaan laajamittakaavaisessa metsähakkeen hankinnassa.

Johtopäätökset & Tarkastelu III

- Myös on otettava huomioon tehty laskentaoletus:
Metsähakkeen tuotannossa oleva kalusto ei ole lainkaan muussa työssä; tuotantokapasiteetti oli siis suunnattu vain metsähakkeen tuotantoon.
 - ✓ Näin ei kuitenkaan todellisuudessa ole: samaa kalustoa käytetään esimerkiksi ainespuun korjuussa, polttoturpeen kaukokuljetuksessa sekä teollisuuden puusivutuotteiden haketuksessa ja kaukokuljetuksessa (vrt. Kärhä 2007).
 - Oletus tehtiin laskennan yksinkertaistamiseksi.
 - ✓ Täten **metsähakkeen tuotannossa oleva ”todellinen” kalusto- ja kuljettajamäärä** on varovasti arvioiden **kaksinkertainen** kuin mitä tässä tutkimuksessa on esitetty.
 - Kärhä (2007) kartoitti vuonna 2007 käytössä olleen metsähakkeen tuotantokaluston. Hänen tutkimuksessa arvioitiin, että energia-laitosten käyttämän metsähakkeen tuotannossa oli yhteensä 1 100 kone- ja autoyksikköä Suomessa vuonna 2007.

Johtopäätökset & Tarkastelu _{IV}

- Selvityksessä oletettiin myös, että kaikki metsähakeraakaine ja valmis metsähake kuljetetaan autolla.
 - ✓ Vuonna 2020 tullaan hyödyntämään nykyistä enemmän niin rauta- kuin vesitiekuljetusmuotoja, mikä vähentää osaltaan tässä selvityksessä määritettyä autokuljetusresurssitarvetta.
- Kone- ja laitetekniikan kehittyminen, uudet kone- ja laite-innovaatiot sekä työmenetelmien tehostuminen torjuvat resurssitarvepaineita.
- Vastaavasti korjuuolojen huonontuminen ja kuljetusmatkojen pidentyminen lisäävät resurssitarpeita jatkossa (vrt. Kärhä 2007).

Johtopäätökset & Tarkastelu v

- Metsähakkeen käyttömäärien kasvu tarkoittaa isoja kone- ja laitemarkkinoita kone- ja laitevalmistajille sekä merkittäviä lisätyömahdollisuuksia kone- ja autoyrittäjille.
- **Metsähakkeen tuotanto koskettaa lähes kaikkia kone- ja autoyrittäjiä sekä koneen- ja autonkuljettajia vuonna 2020.**



Viitekirjallisuus

- Ahonen, A. 2004. Metsähakkeen energiakäytön työllisyys- ja tulovaikutukset - Case-tutkimus. Research and Development Centre of Kajaani, Working Papers 47.
- Asikainen, A., Ranta, T., Laitila, J. & Hämäläinen, J. 2001. Hakkuutähdehakkeen kustannustekijät ja suurimittakaavainen hankinta. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, Tiedonantoja 131.
- Halonen, P. & Vesisenaho, A. 2002. Hakeautoseuranta. VTT Prosessit, Tutkimusselostus PRO/T6046/02.
- Korpilahti, A. 2004. Oksapaalien autokuljetus. Metsätehon raportti 169.
- Korpilahti, A. & Suurniemi, S. 2001. Käyttöpaikallahaketukseen perustuva puupolttoaineen tuotanto. Metsätehon raportti 122.
- Kärhä, K. 2007. Metsähakkeen tuotantokalusto vuonna 2007 ja tulevaisuudessa. Metsätehon katsaus 28.
- Kärhä, K. 2008. Integration of small-diameter wood harvesting in early thinnings using the two-pile cutting method. Teoksessa: World Bioenergy 2008, Proceedings of Poster Session. World Bioenergy 2008 Conference & Exhibition on Biomass for Energy, 27th–29th May 2008, Jönköping, Sweden. s. 124–128.
- Kärhä, K., Keskinen, S., Liikkanen, R. & Lindroos, J. 2006. Kokopuun korjuu nuorista metsistä. Metsätehon raportti 193.
- Kärhä, K. & Mutikainen, A. 2008. Moipu 400ES ensiharvennuspuun integroidussa hakkuussa. TTS tutkimuksen tiedote, Luonnonvara-ala: Metsä 10/2008 (726).
- Kärhä, K., Mutikainen, A. & Kortelahti, I. 2009. Kantoja ylös tehokkaasti Väkevä-kantopilkkurilla. KoneYrittäjä 2/2009: 24–25.
- Kärhä, K., Vartiamäki, T., Liikkanen, R., Keskinen, S. & Lindroos, J. 2004. Hakkuutähteen paalauksen ja paalien metsäkuljetuksen tuottavuus ja kustannukset. Metsätehon raportti 179.
- Laitila, J., Ala-Fossi, A., Vartiamäki, T., Ranta, T. & Asikainen, A. 2007. Kantojen noston ja metsäkuljetuksen tuottavuus. Metlan työraportteja 46.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. 2008. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 36/2008.
- Ranta, T., Halonen, P., Frilander, P., Asikainen, A., Lehtikainen, M. & Väättä, K. 2002. Metsähakkeen autokuljetuksen logistiikka. VTT Prosessit, Tutkimusselostus PRO/T6042/02.
- Ranta, T. & Rinne, S. 2006. The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. Biomass and Bioenergy 30(3): 231–237.
- Rieppo, K. 2002. Hakkuutähteen metsäkuljetuksen ajanmenekki, tuottavuus ja kustannukset. Metsätehon raportti 136.



Metsäteho



PÖYRY

kalle.karha@metsateho.fi

markus.strandstrom@metsateho.fi

perttu.lahtinen@poyry.com

juha.elo@poyry.com