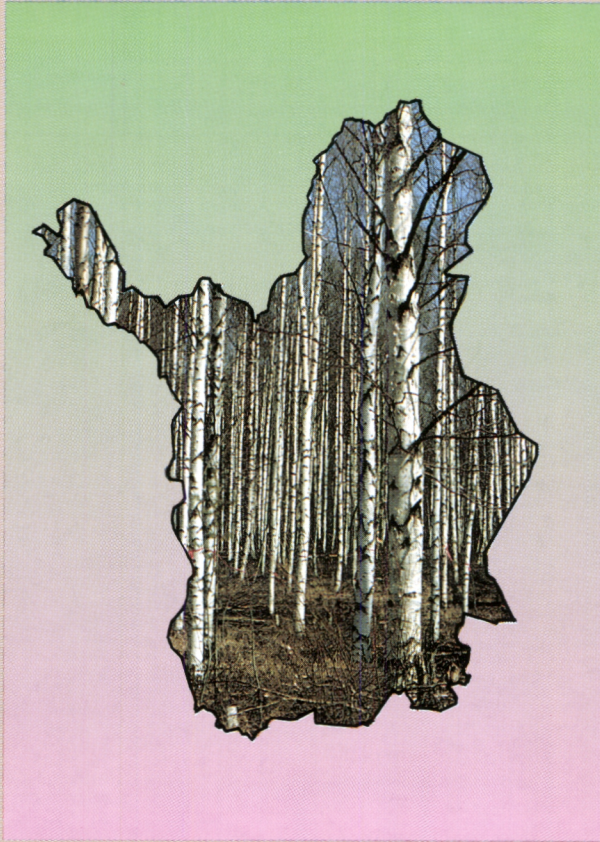




Puuenergian hankinta ja käyttö Lapissa

Ari Keskimölä

Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema
1994

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 522

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

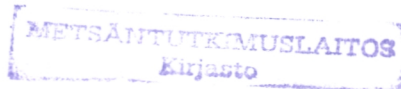
Kannen valokuva: Hannu Hökkä

Puuenergian hankinta ja käyttö Lapissa

Ari Keskimölo

Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 522
Rovaniemi 1994



Keskimölo, Ari. 1994. Puuenergian hankinta ja käyttö Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 522. 30 s. + liitteet.

Tutkimuksessa selvitettiin kyselyn avulla kattilalaitosten polttoaineiden käyttö, suunnitteilla olevat kattilalaitokset sekä puuenergian käytön lisäämismahdollisuudet Lapin läänissä. Toisessa kyselyssä selvitettiin Lapin sahaus- ja höyläystoiminnan seurauksena syntyvän puujätteen määrä ja käyttö. Lisäksi tehtiin katsaus energiapuun korjuun kustannuksiin uusimpien tutkimusten valossa. Puuenergian käyttöön vaikuttava lainsäädäntö käytiin myös tärkeimpien asioiden osalta läpi.

Lapin kattilalaitosten energian käyttö oli noin 8 900 GWh, josta mustaa lipeää oli 62 % ja muuta puuta 17 %. Tällä hetkellä kattilalaitosten puun polttokapasiteetti on noin 3,97 milj. m³, josta 265 000 m³ on muissa kuin metsäteollisuuden kattiloissa. Suunnitteilla olevia suuria kiinteän polttoaineen kattilalaitoksia oli Kemissä, Kemijärvellä ja Rovaniemellä. Lisäksi Pelloon ja Ranualle oli tulossa pienet laitokset. Uusien kattilalaitosten myötä puun polttokapasiteetti nousee satoja tuhansia kuutiometrejä. Sahoilta ja höyläämöiltä jäi hyödyntämättä noin 8 900 m³ puujätettä, joka oli pääasiassa purua sekä kuoren ja osan puuaineesta sisältävää pintaa. Inarissa ja Tervolassa syntyy runsaasti puujätettä, joka selluhaketta lukuunottamatta kannattaisi hyödyntää paikallisessa lämmöntuotannossa.

Energiapuun käyttömäärään vaikuttavat eniten hankintakustannukset. Pienimmillään kustannukset ovat energia- ja ainespuun integroidussa korjuussa, jossa polttomurskeelle jäävä kustannus on noin 60 mk/k-m³ (30 mk/MWh). Yhdistettäessä hakkuu ja metsäkuljetus energiapuun hankintakustannukset erilliskorjuussa ovat alimmillaan noin 110 mk/k-m³ (55 mk/MWh). Energiapuun hankintaan vaikuttavat kustannusten lisäksi korjuuseen suunnatun tuen ja ympäristöverojen taso. Ympäristöveroja ollaan nostamassa, joten tulevaisuudessa puulla tuotetun energian kilpailukyky paranee.

Avainsanat: puuenergia, kattilalaitos, saha, Lappi

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema. Hyväksynyt: Jari Parviainen, tutkimusjohtaja 14.10.1994.

Kirjoittajan yhteystiedot: Keskimölo, Ari: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 ROVANIEMI, puh. (960) 336411, telefax (960) 3364 640.

Julkaisua myy: Metsäntutkimuslaitos, Kaija Westin, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki, puh. (90) 85705721, telefax (90) 85705717. Hinta 50 mk.

ISBN 951-40-1389-1
ISSN 0358-4283

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. AINEISTO JA MENETELMÄ.....	4
3. LAPIN KATTILALAITOKSET.....	6
31. Koko, ikä ja polttotekniikka.....	6
32. Raakaenergian käyttö.....	6
33. Energian tuotanto ja myynti.....	9
34. Puuenergian mahdollisuudet.....	9
4. LAPIN PK-SAHAT JA HÖYLÄÄMÖT PUUJÄTTEEN TUOTTAJINA	11
41. PK-sahojen ja höyläämöjen tuotanto	11
42. PK-sahojen ja höyläämöjen puujätteet	12
5. ENERGIAPUUN KORJUUN MENETELMÄT JA KUSTANNUKSET.....	14
51. Tutkimustieto	14
511. Erillistuotanto	14
512. Integroitu tuotanto	18
52. Käytännön kokemukset.....	19
6. ENERGIAPUUN KORJUUN TYÖLLISYYSVAIKUTUKSET	20
7. LAINSÄÄDÄNNÖN VAIKUTUKSET ENERGIAPUUN HANKINTAAN JA KÄYTTÖÖN.....	22
71. Metsänparannustuki	22
711. Nuoren metsän kunnostus.....	22
712. Taimikonhoito.....	23
713. Energiapuun kasaus ja metsäkuljetus	23
714. Energiapuun korjuuseen suunnatun metsänparannustuen tulevaisuus	23
72. Hyönteis- ja sienituhot	24
73. Verotus.....	25
8. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	27
KIRJALLISUUS	29
LIITTEET	

1. JOHDANTO

Vuonna 1993 Lapin metsäorganisaatioiden kesken käydyn keskustelun pohjalta päätettiin käynnistää projekti, jossa selvitetään Lapin läänin energiapuuvarat ja kootaan Lapin puuenergian hankintaan ja käyttöön liittyvä tieto yhteen. Energia-puuvaroja koskevat tiedot esitetään myöhemmin erillisenä julkaisuna. Projektin tavoitteena on lisätä puun energiakäyttöä Lapin läänissä talousmetsien ja sahaus-jätteen käyttöä tehostamalla.

Talousmetsissä puun energiakäytöllä tarkoitetaan pääasiassa kuitu- ja sahapuuksi kelpaamatonta puuta eli avohakkuualoille jätettäviä oksia ja runkohukkapuuta sekä pieniläpimittaista nuorten metsien kokopuuta, jota ei kannata korjata ainespuuksi korkeiden kustannusten takia. Näitä pääasiassa riukupuuta kasvavia välittömän hoidon tarpeessa olevia metsiä on esimerkiksi Rovaniemen alueella noin 4,3 % (22 000 ha) metsämaan pinta-alasta (Mattila & Keskimölä 1994). Kaikki tästä ei ole taloudellisen korjuun piirissä, mutta joka tapauksessa mahdollisuudet pelkästään riukupuun energiakäytölle ovat kymmeniä tuhansia kuutiometrejä Rovaniemen alueella. Läänitasolla mahdollisuudet ovat moninkertaiset.

Lapissa metsien aineellisella ja aineettomalla käytöllä on tärkeä merkitys maakunnan hyvinvoinnille. Lapin läänin työttömyysaste heinäkuun lopussa 1994 oli keskimäärin 25 % ja suurimmillaan lähes 33 % (Työllisyyskatsaus 1994). Syrjäseuduilla työmahdollisuuksien puute on johtanut kylien autioitumiseen. Jos metsien käytön lisäämisen avulla voidaan lisätä työmahdollisuuksia, on sillä ratkaiseva merkitys koko maakunnan elinvoimaisuuden säilymiselle.

Tutkimus toteutettiin Lapin maaseutuelinkeinopiirin, Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien, Lapin metsänhoitoyhdistysten liiton, Metsähallituksen, Metsämiesten säätiön, Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman ja Rovaniemen maalaiskunnan rahoituksella. Vs. professori Veli Pohjonen Joensuun yliopistosta sekä MML Martti Varmola ja MH Timo Penttilä Metsäntutkimuslaitokselta lukivat käsikirjoituksen ja antoivat varteenotettavia korjausehdotuksia. Kiitän lämpimästi kaikkia tutkimukseen osallistuneita.

2. AINEISTO JA MENETELMÄ

Kattilalaitoksia koskeva aineisto (liite 1) koottiin Lapin lääninhallituksen ympäristönsuojelutoimistolle ilmoitusvelvollisista vuonna 1993 käytössä olleista yli 5 MW:n lämpö- ja voimalaitoksista. Lisäksi tähän ryhmään luettiin yksi 4,5 MW:n kiinteän polttainen lämpölaitos (Ylitornio). Edellä mainituille kattilalaitoksille lähetettiin kyselylomake, jossa kysyttiin mm. raakaenergian lähteet, laitoksen kattilateho ja tuotetun energian jakautuminen sähköön ja lämpöön sekä puupolttoainesten käyttöön liittyviä asioita. Kyselyn vastausprosentti puhelinmuistutusten jälkeen oli 97 %.

Toinen osa aineistosta perustui ympäristönsuojelutoimiston vuoden 1992 lopulla tekemään kyselyyn käytössä olleista alle 5 MW:n raskaalla polttoöljyllä (POR)

toimivista laitoksista. Varalämpölaitokset, jotka eivät olleet käytössä vuoden 1992 aikana, eivät kuuluneet aineistoon. Kyselyssä selvitettiin lämpölaitosten kattilateho ja käytetyn polttaineen määrä.

Aineistoon kuuluivat siis lähes kaikki Lapin lämpö- ja voimalaitokset lukuunottamatta vesivoimaloita. Lisäksi aineiston ulkopuolelle jäi muutamia pieniä kiinteän polttoaineen kattiloita. Niiden merkitys kokonaisuutta ajatellen on kuitenkin vähäinen, joten aineiston kattilalaitosten osuus koko läänin energiantuotannosta on lähes 100 % ilman vesivoimaa.

Uusia suuria kiinteän polttoaineen voimalaitoksia oli suunnitteilla Rovaniemellä ja Veitsiluoto Oy:n tehtailla Kemissä ja Kemijärvellä. Niiden käyttöönottoaika on aikaisintaan vuonna 1995, joten niitä ei luettu mukaan aineistoon. Lisäksi Pelloon ja Ranualle oli tulossa pienet kiinteän polttoaineen laitokset. Sallan aluelämpö Oy:n vuoden 1993 tilanne ei vastannut nykyistä polttoaineen käyttöä, koska kiinteän polttoaineen kattila remontoitiin kyseisenä vuonna. Polttoainemenekkinä käytettiin arviota vuoden 1994 tilanteesta.

Kattilalaitos-luvun (3) tilastoissa on mukana koko tutkimuksen aineisto lukuunottamatta kattiloiden ikää koskevaa osuutta. Siinä ei ole mukana alle 5 MW:n raskasöljylaitoksia, koska käyttöönottovuotta ei ollut käytettävissä. Kattilalaitosten kattilateho saatiin laskemalla kaikki kattilat yhteen. Polttotekniikka ja käyttöönottovuosi nimettiin pääpolttoaineen mukaan. Jos laitoksella oli useita saman polttoaineen kattiloita, käyttöönottovuosi määriteltiin vanhimman kattilan mukaan.

PK-sahoja ja höyläämöjä koskeva aineisto (liite 2) koottiin käyttämällä hyväksi seuraavia yritysluetteloita: Lapin osto- ja vapaa-aikaopas 1994, Sininen kirja 1994 ja Yritystele 1994. PK-sahoille ja höyläämöille (tuotanto alle 30 000 m³) soitettiin tai lähetettiin kyselylomake. Kyselyssä tiedusteltiin laitoksen tuotantoa, puujätteen määrää, käyttöä ja myyntikohdetta sekä puujätteestä saatua hintaa vuonna 1993. Kyselyn vastausprosentti oli 92 %.

Aineiston ulkopuolelle jäi kaksi edellä mainitun tuotantorajan ylittävää sahaa (Botnia Wood Oy ja Veitsiluoto Oy, Kemi). Lisäksi aineistosta puuttuu luultavasti muutamia pieniä höyläämöjä ja satunnaisesti sahaavia kenttäsiirkeleitä, joita ei ollut yritysluetteloissa. Pienten yksiköiden merkitys on kokonaisuutta ajatellen vähäinen. Lisäksi kenttäsiirkelet ovat usein metsänomistajien laskuun sahaavia liikuteltavia yksiköitä, jolloin puujätteen käyttö jää kokonaan sahauttajan harkinnan varaan. Pienten höyläämöjen puujättemäärät ovat puolestaan jätteen kaupallista hyväksikäyttöä ajatellen merkityksettömiä. Muutamien sahojen vuoden 1993 tilanne ei vastannut toiminnan normaalitasoa, joten niille käytettiin arviota vuoden 1994 tilanteesta. Näistä suurin oli Veitsiluoto Oy:n Kittilän saha, joka oli käynnissä vain 6 kuukautta vuonna 1993.

3. LAPIN KATTILALAITOKSET

31. Koko, ikä ja polttotekniikka

Eniten kattilalaitoksia oli pienimmissä alle 10 MW:n luokissa. Kattilateho oli kuitenkin painottunut metsäteollisuuden suurten kattiloiden takia suurimpaan yli 30 MW:n kokoluokkaan. Koko läänin kattilatehosta 81 % oli tässä kokoluokassa. Kattilalaitosten kokojakauma ja kattilatehon jakautuminen eri kokoluokkiin oli seuraava:

	Kattilateho, MW				Yhteensä
	<5	5–10	11–30	>30	
Lukumäärä	21	12	11	7	51
Yhteenlaskettu kattilateho, MW	58	76	211	1490	1835
Osuus kattilatehosta, %	3	4	11	81	100

Eniten yli 5 MW:n kattilalaitoksia oli ikäluokassa 11–15 vuotta (40 %). Muiden ikäluokkien osuus oli selvästi pienempi. 12 laitoksessa, joissa pääpolttaineena oli raskas polttoöljy, vanhin kattila oli yli 10 vuotta vanha. Vastaavasti yli 15 vuotta vanhoja lähivuosina uusittavia raskasöljykattiloita oli 4. Kattiloiden ikäjakauma oli seuraava:

	Kattilan ikä, vuosia				
	0–5	6–10	11–15	16–20	>21
Lukumäärä	6	4	12	3	5
Osuus, %	20	13	40	10	17

Yleisin polttotekniikka oli öljypoltin. Yli puolet (21 kpl) polttimista oli alle 5 MW:n suuruisissa lämpölaitoksissa. Kiinteää polttoainetta käyttäviä arina-, leijukerros- ja kaasutuskattiloita oli yhteensä 12. Lisäksi yksi laitos (puolustusministeriön Maunun-Matin lämpökeskus) käytti kiinteän polttoaineen kattilasta huolimatta vain raskasöljyä. Soodakattilat olivat läänin kolmessa sellutehtaassa. Kattilalaitosten polttotekniikat olivat seuraavat:

	Poltin	Polttotekniikka			Kaasutus
		Arina-poltto	Leijukerros	Soodakattila	
Lukumäärä	36	8	3	3	1
Osuus, %	71	16	6	6	2

32. Raakaenergian käyttö

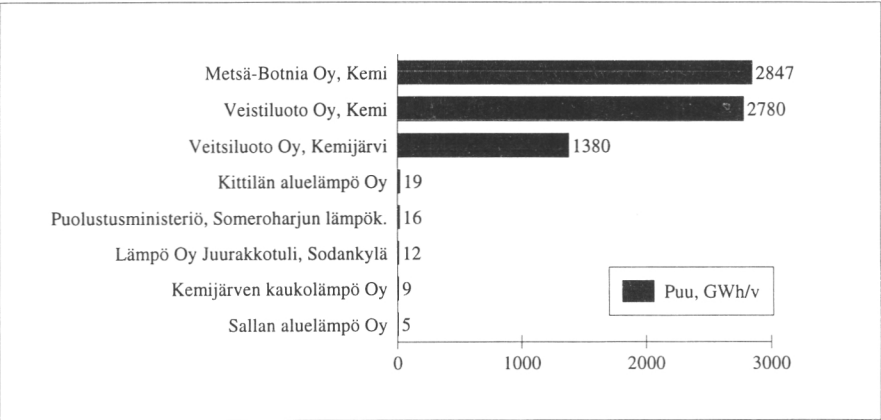
Suurin osa vuonna 1993 käytetystä raakaenergiasta (62 %) saatiin sellun keiton jätteenä syntyvästä ligniinipitoisesta mustalipeästä. Seuraavaksi suurin energian lähde oli puun kuori, joka myös käytettiin pääasiassa metsäteollisuuden kattilois-

sa. Raskas polttoöljy (POR) ja turve olivat seuraavina. Noin 5 % raskaasta polttoöljystä käytettiin alle 5 MW:n laitoksissa. Puun ja turpeen osuus käytetystä raakaenergiamäärästä oli yhteensä 88 % ja puun peräti 79 %. Mustalipeän, kuoren, purun ja hakkeen sisältämä energiamäärä vastaa noin 3,53 milj. m³ puuta. Kattilalaitosten käyttämä raakaenergiamäärä oli seuraava:

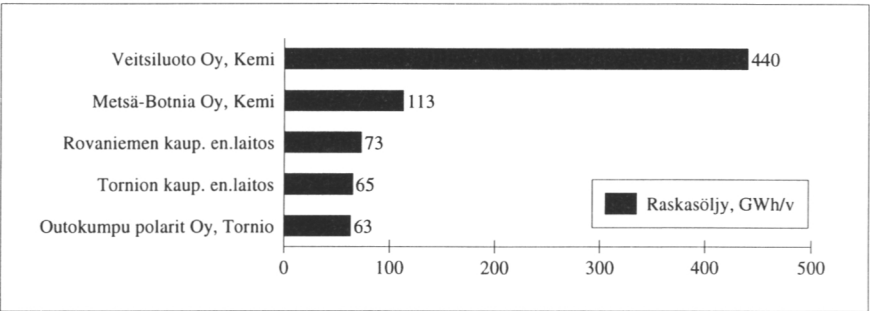
	Musta- lipeä	Kuori	Puru	Hake	Turve	POR	POK	CO-kaasu	Yhteensä
	GWh/v								
Energiasisältö	5551	1446	38	34	774	966	6	111	8926
Osuus, %	62	16	0	0	9	11	0	1	100

Suurimmat puuperäisen energian käyttäjät (yhteensä noin 7 000 GWh) olivat Metsä-Botnia Oy ja Veitsiluoto Oy (kuva 1). Metsäeollisuuden energiantuotantoon käyttämään puumäärään verrattuna muiden kattilalaitosten osuus oli häviävän pieni. Turpeen kilpailukyky puuhun verrattuna on ollut tähän asti hyvä ja laitosten puustamaksukyky huono, joten kiinteän polttoaineen laitosten pääpolttoaine oli yleensä turve.

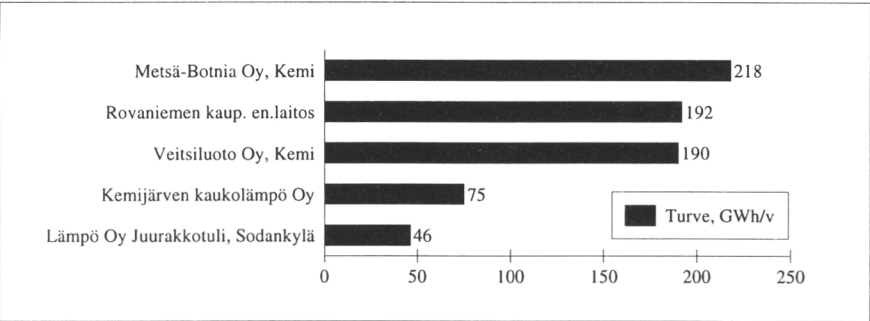
Ylivoimaisesti suurin raskasöljyn käyttäjä Lapissa oli Veitsiluoto Oy:n Kemins tehdas (440 GWh). Tämä vastaa noin 220 000 m³ puuta. Muut käyttäjät olivat huomattavasti pienempiä (kuva 2). Outokumpu polarit Oy käytti raskaan polttoöljyn lisäksi prosessien yhteydessä syntyvää CO-kaasua yhteensä 111 GWh. Suurimmat turpeen käyttäjät olivat Metsä-Botnia Oy:n Kemins tehdas (218 GWh), Rovaniemen kaupungin energialaitos ja Veitsiluoto Oy:n Kemins tehdas (kuva 3).



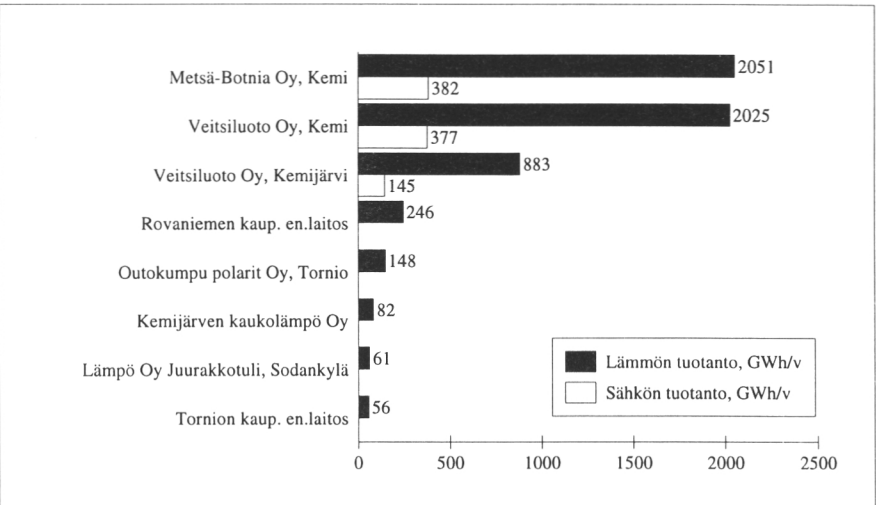
Kuva 1. Suurimmat puuenergian käyttäjät Lapin läänissä.



Kuva 2. Suurimmat raskaan polttoöljyn käyttäjät Lapin läänissä.



Kuva 3. Suurimmat turpeen käyttäjät Lapin läänissä.



Kuva 4. Suurimmat energian tuottajat Lapin läänissä.

33. Energian tuotanto ja myynti

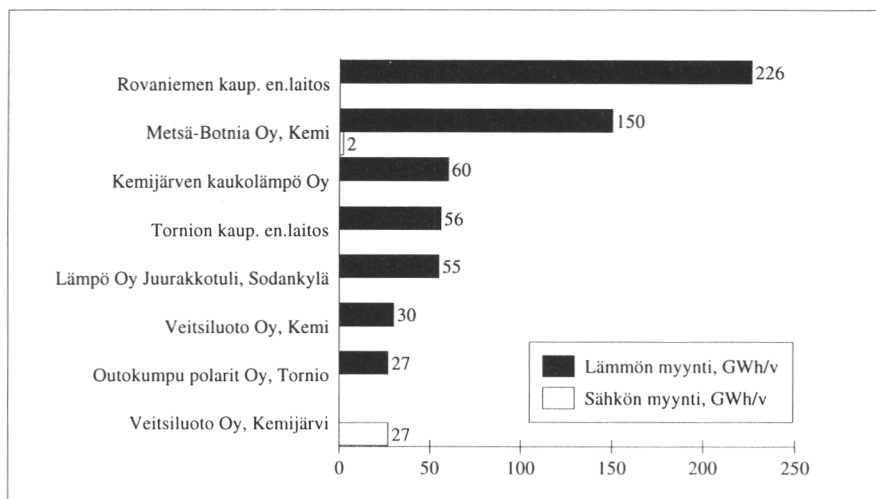
Lapin kattilalaitosten energiantuotanto vuonna 1993 oli noin 6 600 GWh. Energia tuotettiin keskimäärin 74 %:n hyötysuhteella. Suurimpia energian ja samalla myös ainoita sähkön tuottajia olivat sellutehtaat. Seuraavina tulivat kaupunkien kaukolämmöstä vastaavat joko kunnalliset tai osakeyhtiöpohjaiset lämpölaitokset sekä Outokumpu polarit Oy:n Tornion terästehtaat (kuva 4).

Suurimmat energian myyjät olivat Rovaniemen kaupungin energialaitos (226 GWh), Metsä-Botnia Oy:n Kemin tehdas (152 GWh) ja Kemijärven kaukolämpö Oy (kuva 5). Ainoa huomattava sähkön myyjä oli Veitsiluoto Oy:n Kemijärven tehdas. Muut tehtaat olivat sähkön ostajia johtuen sellutehtaiden yhteydessä toimivan muun puunjalostusteollisuuden suuresta sähkön kulutuksesta.

34. Puuenergian mahdollisuudet

Kiinteän polttaineen (KPA) kattiloissa periaatteessa kaikki turve olisi korvattavissa puulla, jos hinta olisi turpeen hinnan tasolla. Lisäksi KPA:n laitosten yhteydessä yleensä olevissa raskasöljykattiloissa käytetty öljy olisi kulutushuippuja ja -minimejä lukuunottamatta korvattavissa puulla. Oikein mitoitettulla laitoksella 80–90 % energiasta voidaan tuottaa kiinteällä polttaineella (Toropainen 1984).

Veitsiluoto Oy:n ja Metsä-Botnian Oy:n Kemin tehtaiden voimalaitokset voisivat kumpikin käyttää nykyisin noin 100 000 m³ enemmän puuta pelkästään turvetta korvaamalla. Veitsiluodon uuden voimalaitoksen valmistuttua myös öljy voitaisiin korvata puulla. Tämä lisäisi puun käyttömahdollisuuksia vielä noin 220 000 m³.

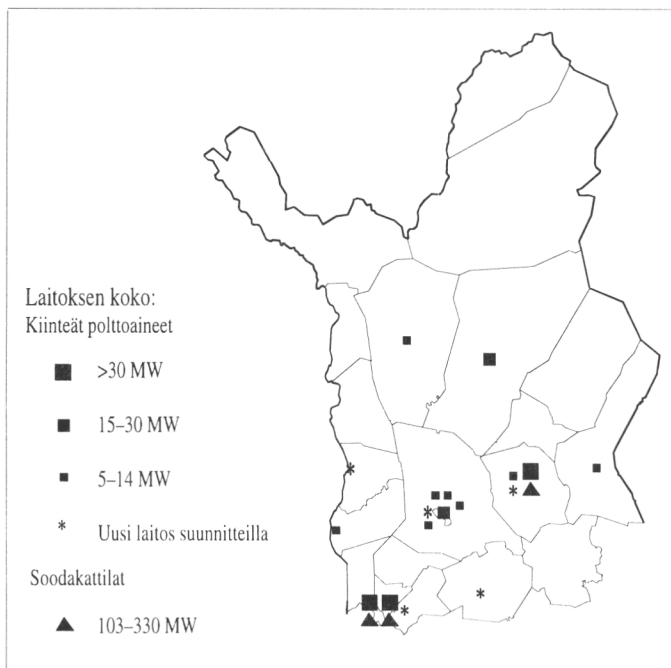


Kuva 5. Suurimmat energian myyjät Lapin läänissä.

Veitsiluoto Oy:n Kemijärven sellutehtaalla puun energiakäyttöä ei voi tällä hetkellä lisätä. Tulevaisuuden (aikaisintaan 3–4 vuoden kuluttua) puuenergian käyttömahdollisuudet riippuvat uuden voimalaitoksen koosta. Rovaniemellä puun energiakäytön lisäämismahdollisuudet ovat tällä hetkellä suurimmillaan 120 000 m³. Uuden voimalaitoksen valmistuttua puun polttokapasiteetti kasvaa vielä noin 250 000 m³. Muita suuren kapasiteetin käyttöpisteitä ovat Kemijärven ja Sodankylän lämpölaitokset. Suurissa voimalaitoksissa polttokapasiteettia siis riittää. Lapissa on lisäksi useita pienempiä tällä hetkellä pääasiassa turpeella toimivia lämpölaitoksia (kuva 6). Lisäksi Pelloon ja Ranualle on tulossa noin 1,5 MW:n KPA:n laitokset. Tällä hetkellä Lapin kattilalaitosten puun polttokapasiteetti on 3,97 milj. m³, josta 265 000 m³ on muissa kuin metsäteollisuuden laitoksissa (taulukko 1).

Kyselyn perusteella tärkein puun energiakäyttöä rajoittava tekijä on korkea hinta. Puulla tuotettu energia saa maksaa enintään saman verran kuin turpeella. Turpeen hinta laitoksen portilla on 30–45 mk/MWh riippuen toimitettavista määristä. Puun hinta laitoksen portilla saa siten olla korkeintaan 60–90 mk/m³. Koska turpeen käyttäjät hinnoittelevat puupolttaimen hinnan turpeen mukaan, pienet käyttäjät pystyvät maksamaan puupolttoaineesta enemmän kuin suuret.

Hinnan lisäksi käyttäjät asettivat vaatimuksia mm. hakkeen laadulle ja maantiekuljetuskalustolle. Polttoon toimitettavan puun on oltava kuorta, purua, lastua tai haketta. Puun kosteus saa olla enintään noin 40 %. Hakkeen palakoon on



Kuva 6. Puun polttoon soveltuvat kattilalaitokset Lapin läänissä.

Taulukko 1. Lapin läänin yli 5 MW:n puun polttoon soveltuvat kattilalaitokset, laitosten yhteenlaskettu kattilateho, energian tuotanto vuonna 1993 sekä puun polttokapasiteetti, jos sellutehtailla turve korvataan puulla ja muilla laitoksilla 85 % tuotetusta energiasta tuotetaan puulla 75 %:n hyötysuhteella.

Kattilalaitos	Kattilateho MW	Energian tuotanto 1993 GWh/v	Puun poltto- kapasiteetti, m ³
Metsä-Botnia Oy			
Kemi	611	2 433	1 532 500
Veitsiluoto Oy			
Kemi	673	2 402	1 485 000
Kemijärvi	127	1 028	690 000
Suosiolan lämpök. ¹⁾ , Rovaniemi	27	180	120 000
Kemijärven kaukolämpö Oy	12	82	46 500
Lämpö Oy Juurakkotuli, Sodankylä	24	61	34 600
Napapiirin energia Oy			
Murolan turvelaitos	6	19	10 800
Nivavaaran lämpökeskus	6	10	5 700
Puolustusministeriö			
Someroharjun lämpökeskus	11	19	10 800
Maunun-Matin lämpökeskus	8	8	4 500
Kittilän aluelämpö Oy	8	20	11 300
Sallan aluelämpö Oy	12	20	11 300
Alkkulan aluelämpö Oy, Ylitornio	5	16	9 100
Yhteensä	1 530	6 298	3 972 100

¹⁾ Kaikki energia voidaan tuottaa kiinteällä polttoaineella, koska Rovaniemellä on useita raskaalla polttoöljyllä toimivia varalämpölaitoksia.

oltava 30–50 mm ja kokojakauman mahdollisimman tasainen. Hake ei saa sisältää suuria jääpaloja, lunta, pitkiä risuja eikä kiviä tms. Maantiekuljetuskaluston pitää pystyä purkamaan kuormansa omin voimin esimerkiksi kolapohjalla. Hakkeen varastointimahdollisuudet pienillä laitoksilla ovat korkeintaan muutamia satoja kuutiometrejä. Sellutehtailla välivarastotilaa on useille tuhansille kuutiometreille. Pääasiallinen varastointipaikka varsinkin pienillä laitoksilla täytyy olla metsä.

Polttolaitoksille toimitettavan hakkeen toimitusvarmuuden on oltava 100 %, jos laitos käyttää pelkästään puuta. Jos turvetta käytetään pääpolttoaineena, hakkeen toimitusvarmuudella ei ole niin suurta merkitystä, koska turvetta on kuitenkin tarvittaessa saatavilla. Käytettävän puumäärän pitäisi olla kuitenkin pitkällä aikavälillä selvillä, jotta laitos pystyy tekemään turpeen toimittajan kanssa tarvittavat sopimukset.

4. LAPIN PK-SAHAT JA HÖYLÄÄMÖT PUUJÄTTEEN TUOTTAJINA

4.1. PK-sahojen ja höyläämöjen tuotanto

Kyselyyn vastasi 40 sahaa ja 4 höyläämöä. 11 siirrettävää sahaa toimi joko kokonaan tai osittain metsänomistajien laskuun. Sahojen tuotanto oli keskimäärin

Taulukko 2. Lapin läänin PK-sahat tuotannon perusteella luokiteltuna.

	Tuotanto, m ³				
	<2500	2500–5000	5001–7500	7500–27000	Yhteensä
Lukumäärä, kpl	31	5	2	2	40
Osuus, %	78	13	5	5	100
Tuotanto, m ³	22050	16100	13050	37000	88200
Osuus, %	25	18	15	42	100

Taulukko 3. Lapin läänin PK-sahojen ja höyläämöjen puujätteen käyttö.

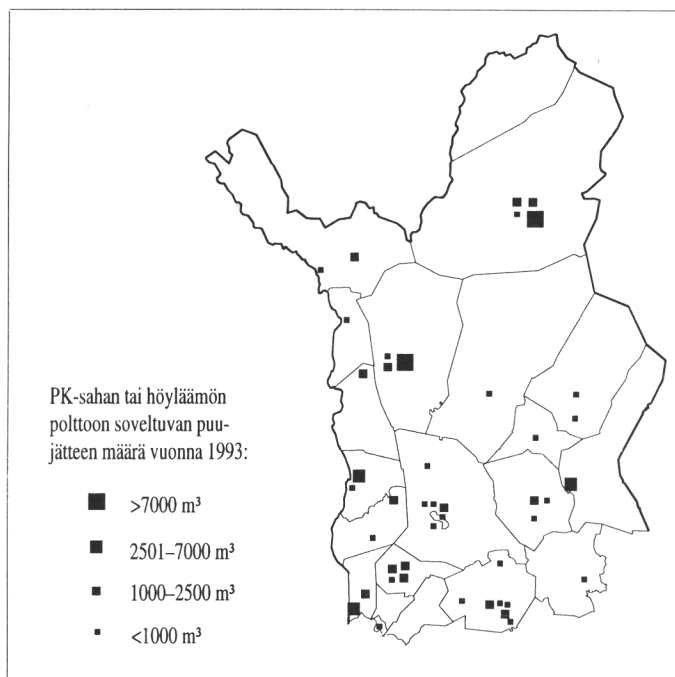
	Kuori	Puru	Lastu	Poltto- hake	Sellu- hake	Yhteensä
	m ³					
Myynti	12540	16705	5890	7123	39010	81268
Oma käyttö	4500	2124	3445	3704	0	13773
Ei hyödynnetä	0	4684	702	3520	0	8906
Yhteensä	17040	23513	10037	14347	39010	103947

2 205 m³ ja höyläämöjen 4 940 m³. Eniten sahoja oli alle 2 500 m³:n luokassa (31 kpl). Tuotannosta pääosa oli kuitenkin suurimmassa luokassa (taulukko 2).

42. PK-sahojen ja höyläämöjen puujätteet

Puujäte luokiteltiin laitoksittain kuoreen, puruun, lastuihin sekä poltto- ja selluhakkeeseen. Polttihakkeeseen luettiin myös rimat eli sahauksessa jäävät pinnat, jotka sisältävät kuoren ja osan puuaineesta. Monet pienet sahat eivät hakettaneet rimoja, vaan myivät ne sellaisenaan paikallisille kotitalouksille. Puujäte muutettiin tarvittaessa kiintokuutiometreiksi käyttäen hyväksi Lehtosen (1977) esittämiä kiintoainesosuuksia (kuori ja hake: 40 %, puru: 31 %, lastu: 17 %). Puujätettä syntyi yhteensä noin 104 000 m³ (taulukko 3). Tästä suurin osa oli selluhaketta (noin 39 000 m³), joten polttoon soveltuvaa puujätettä oli noin 65 000 m³ (kuva 7). Yhden sahatavarakuutiometrin tuottamiseen tarvittiin keskimäärin noin 2,12 m³ raakapuuta. Luvussa ei ole mukana höyläämöjä, koska ne eivät käyttäneet lainkaan pyöreää puuta.

Puujätteen käyttö jaettiin myyntiin, omaan käyttöön (poltto) ja hyödyntämättömään luokkaan. Omaan käyttöön luettiin laitoksen oman käytön lisäksi myös liikuteltavien sahojen metsänomistajalle jättämät rimat. Sen sijaan metsänomistajalle jätetty puru sekä kiinteiden laitosten lenkipolkujen puruttamiseen ja navetoihin karjan kuivikkeeksi ilmaiseksi antamat purut ja lastut luettiin hyödyntämättömään luokkaan. Suurin osa (78 %) puujätteestä myytiin. Hyödyntämätöntä puujätettä oli yhteensä noin 8 900 m³ (taulukko 3).



Kuva 7. Puujätettä tuottavat PK-sahat ja höyläämöt Lapin läänissä (vrt. kuva 6).

Sahojen myymän selluhakkeen (ei kuorta lainkaan mukana) hinta oli keskimäärin 184 mk/k-m³. Polttokäyttöön myydystä puujätteestä saatiin keskimäärin 53 mk/k-m³. Hinnat määriteltiin käyttöpaikalle toimitettuna. Poikkeuksena oli vähäiset määrät paikallisten kotitalouksien suoraan pienten sahojen varastostosta ostamia rimoja, joista saatiin yleensä myös korkein hinta. Pienkäyttäjien kysyntä oli kuitenkin rajallinen, joten suuremmilla laitoksilla puujäte myytiin lämpö- ja voimalaitoksille. Poltettavan puujätteen myyjät jaettiin saamansa hinnan perusteella neljään luokkaan. Suurin osa myyjistä oli luokassa 26–50 mk/k-m³.

Polttokäyttöön myydyin puun keskikuljetusmatka oli 70 km. Pisin kuljetusreitti oli 290 km:n matka Ivalosta Rovaniemelle. Eniten oli laitoksia, joilta polttojätteen kuljetusmatka käyttöpaikalle oli alle 40 km. Sahojen ja höyläämöjen jakaumat polttokäyttöön myydyin puujätteen kuljetusmatkan ja saadun hinnan perusteella luokiteltuna olivat seuraavat:

	Kuljetusmatka, km				Hinta, mk/k-m ³			
	<40	40–80	81–120	>120	<25	26–50	51–75	>76
		%				%		
Osuus	46	21	7	25	4	62	19	14

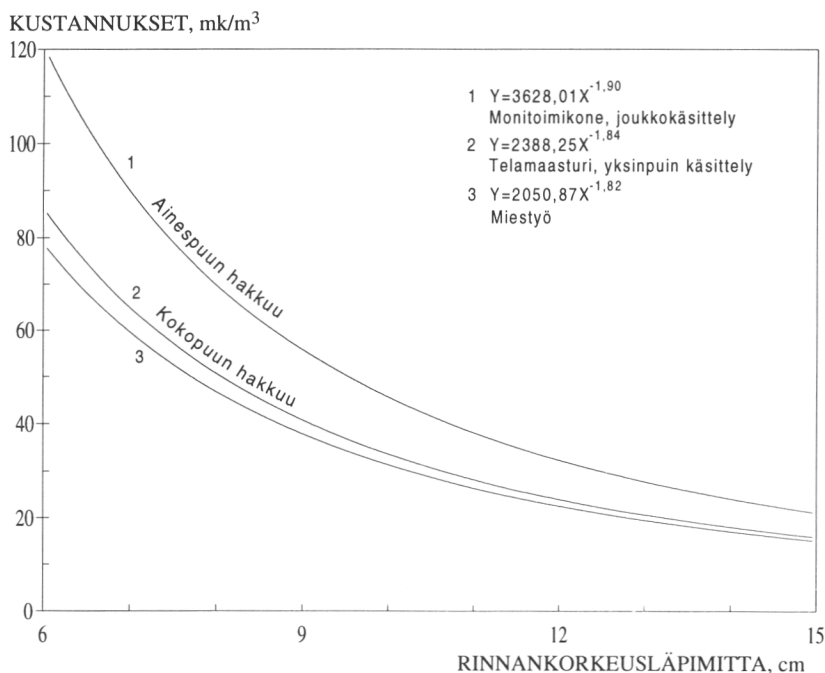
5. ENERGIAPUUN KORJUUN MENETELMÄT JA KUSTANNUKSET

Tässä luvussa on luotu katsaus energiapuun hankintakustannuksiin ensin uusimpien tutkimusten ja sitten muutamien käytännön esimerkkitapausten valossa. Esitetyt kustannukset ovat poikkeuksetta kiintokuutiometrikohtaisia ja koskevat runkokuuta ja oksia ilman neulasia, ellei toisin mainita.

51. Tutkimustieto

511. Erillistuotanto

Polttokäyttöön korjattavaa puuta ei kannata karsia, koska karsinta vähentää työn tuottavuutta ja samalla myös talteen saatavan puun määrää. Keskimölä (1994) vertaili Terri-telamaasturilla tekemiensä aikatutkimusten perusteella karsimattoman ensiharvennusmännyn manuaalisen (tuottavuus: Hakkila 1984) ja koneellisen yksinpuin käsittelyyn perustuvan hakkuun kustannuksia (kuva 8). Kuvassa on myös joukkokäsittelytekniikkaa käyttävän keskiraskaan monitoimikoneen (FMG 756 H) tuottavuuden (Lilleberg 1994a) perusteella lasketut 5-metrinen karsitun ainespuun hakkuukustannukset vastaavissa olosuhteissa (keskeytykset 10 %, käyttötuntikustannus 365 mk). Hakkuun tuottavuus kasvoi ja kustannukset pienenevät rungon järeytyessä. Kokopuun hakkuussa miestyön kustannukset olivat konetyötä pienemmät. Talvella miestyön tuottavuuden pienemisen ja kausikoro-



Kuva 8. Rungon rinnankorkeusläpimitan vaikutus ensiharvennuspuun hakkuun kustannuksiin.

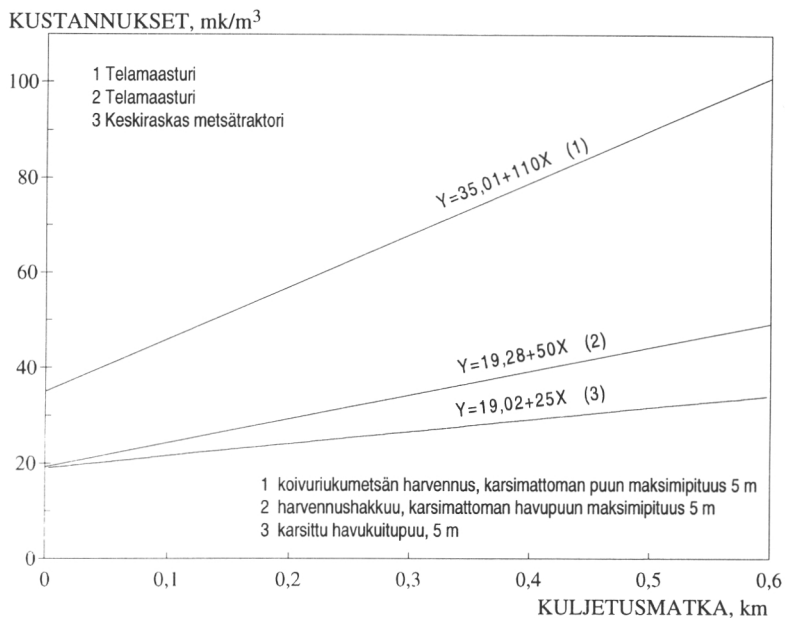
tusten myötä miestyön yksikkökustannukset kasvavat voimakkaammin kuin koneella, joten koneellisen hakkuun kannattavuus paranee. Kokopuun hakkuussa talteenotetaan oksat ja runkohukkapuu, mikä parantaa tuottavuutta huomattavasti karsitun ainespuun hakkuuseen verrattuna. Jos kokopuun hakkuun kustannukset kohdistetaan kuorelliselle ainespuuosalle (70 % kokopuusta), kustannukset nousevat noin 1,4-kertaisiksi eli karsitun ainespuun tasolle.

Koneellisen hakkuun ongelmana ovat korkeat käyttötuntikustannukset. Mitä järeämpää konetta käytetään, sitä suuremmaksi täytyy tuottavuuden kasvaa kannattavuuden säilyttämiseksi. Koneellisen hakkuun kannattavuutta on yritetty ratkaista joukkokäsittelyn avulla. Kun kokopuuta hakattiin keräilytekniikalla (korkeintaan 2 puuta/taakka), kuormaintyöskentely nopeutui 16–27 % (Brunberg ym. 1988), mikä tarkoittaa lähes samansuuruista kustannussäästöä koko hakkuutyössä. Suurten puiden keräilyyn vaikuttaa alustakoneen järeys. Mitä kevyempää konetta käytetään, sitä vähemmän suuria puita pystytään keräilemään. Edellä mainitun perusteella keräilyn mahdollistavan kourasahan käyttö todennäköisesti laskisi telamaasturilla hakkuun kustannukset miestyön tasolle kesällä ja talvella jopa sen alle. Tässä kustannusvertailussa ei otettu huomioon koneellisen hakkuun metsäkuljetusta tehostavaa vaikutusta. Koneellisen harvennushakkuun seurauksena metsäkuljetuksen tuottavuus nousi metsätraktorilla noin 15 % miestyönähakkuuseen verrattuna (Kuitto ym. 1994).

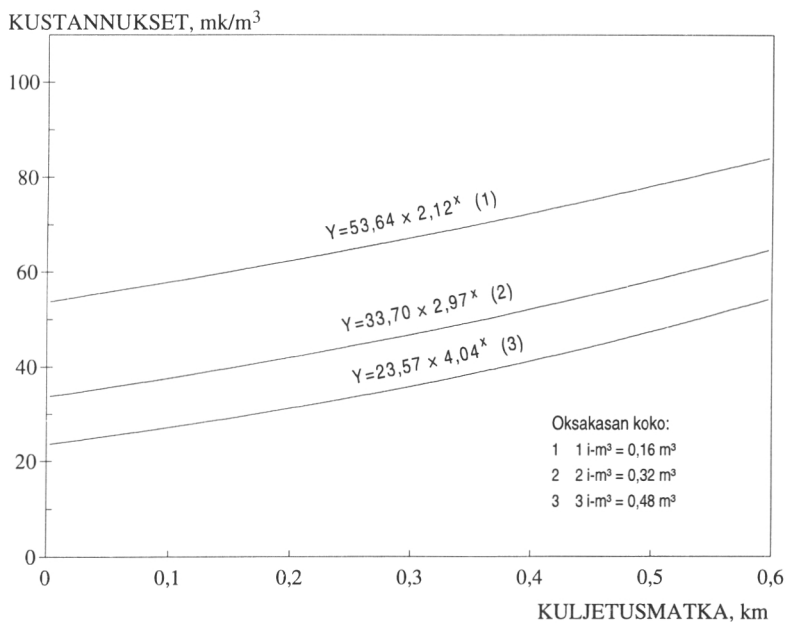
Yksi kustannusten alentamismahdollisuus maatalojen puunkorjuussa on käyttää alustakoneena tiloilla jo olemassa olevaa maataloustraktoria, jolloin hakkuun mahdollistavan kaatopään lisäkustannukset ovat kohtuulliset. Maataloustraktori-kourasasaha-yhdistelmän hakkuukustannukset (Perälä 1994) nuoren metsän kunostuskohteessa korjattaessa tyvipölkkyy ainespuuksi ja loput energiapuuksi olivat kaksinkertaiset telamaasturiin verrattuna, kun kaikki pääomakustannukset olivat mukana. Jos vaihtoehtona on traktorin seisominen käyttämättä, muiden töiden lisäksi puunkorjuusta seuraa peruskoneen käyttötuntikustannusten laskeminen myös muissa töissä. Kustannussäästöt eivät kuitenkaan näkyneet edellä esitetyissä hakkuukustannuksissa.

Ensiharvennusikää nuorempien metsien koneellinen hakkuu ei ole korjuuvaurioiden ja korkeiden kustannusten takia järkevää. Miestyönä tehtynäkin riukumetsän hakkuu maksoi 40–80 mk/m³. Jos hoitotoimenpide täytyy joka tapauksessa tehdä, voidaan energiapuun talteenoton lisäkustannuksiksi laskea katkonnan ja kasauksen osuus eli keskimäärin noin 30 mk/m³. Tämän ajattelutavan perusteella riukupuun hakkaaminen energiakäyttöön oli yhtä kannattavaa kuin ensiharvennuspuun hakkuu (Keskimö 1994). Riukupuun korjuussa kantohintaodotukset ovat kuitenkin pienemmät.

Puuston järeys vaikuttaa myös metsäkuljetuksen kustannuksiin. Pieniläpimittaista puuta kuljetettaessa tuottavuus väheni kuorman pienenä takia (Keskimö 1994). Kuorman koon vaikutus kasvoi kuljetusmatkan pidentyessä (kuva 9). Suuremman kuorman takia keskiraskaan metsätraktorin käyttötuntituotos (Kahala & Kuitto 1986) oli yli kaksinkertainen (7,0 m³) telamaasturiin verrattuna 600



Kuva 9. Kuljetusmatkan vaikutus pieniläpimittaisen puun metsäkuljetuskustannuksiin.



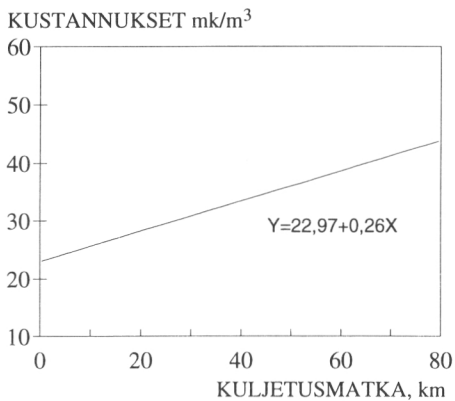
Kuva 10. Kuljetusmatkan ja oksakasan koon vaikutus hakkuutähteiden metsäkuljetuskustannuksiin kuusivaltaisella avohakkuualalla keskiraskaan metsätraktorin kuorman ollessa noin 26 i-m³.

metrin kuljetusmatkalla. Riukumetsän harvennuksessa metsäkuljetuksen kustannukset nousivat puiden käsittelyn tuottavuuden ja ajonopeuksien pienenemisen takia. Jos kuljetuskustannusten oletetaan keskiraskaalla kuormatraktorilla nousevan samassa suhteessa kuin telamaasturilla, on riukupuun kuormatraktorikuljetus (käyttötuntikustannus 260 mk) noin 7 mk/m³ halvempaa 200 metrin matkalla. Kevyt kalusto on tämän kustannusvertailun perusteella kilpailukykyistä keskimääräistä selvästi lyhyemmillä kuljetusmatkoilla. Kuitenkin huonosti kantavilla mailla telakone saattaa olla ainoa vaihtoehto sulan maan puun kuljetuksessa.

Korjuun kannattavuuden parantamiseksi on kokeiltu myös hakkuun ja metsäkuljetuksen yhdistämistä (Lilleberg 1994b). Alustavien tulosten mukaan keräilevällä kaatopäällä varustettu metsätraktori voi saavuttaa 5–7 m³:n tehotuntituotoksen ensiharvennuksessa. Tämän perusteella kustannukset tien varressa ovat noin 50 mk/m³. Keskimölon (1994) aikatutkimusten perusteella yhdistelmäkorjuu laskisi myös telamaasturilla korjatun ensiharvennuspuiden tienvarsikustannukset samalle tasolle.

Hakkuutähteiden korjuussa talteenotetaan karsitun ainespuun korjuun yhteydessä metsään jätettävät oksat ja runkohukkapuu. Kustannukset riippuvat kuljetusmatkan lisäksi myös oksakasojen koosta (Melkko 1976). Hakkuukoneet ja metsätraktorit ovat kuitenkin sen jälkeen kehittyneet erityisesti ulottuvuuden, liikuvuuden ja käsiteltävyyden suhteen, joten samalta kuormauspaikalta voidaan kuormata entistä suurempi määrä hakkuutähteitä. Melkon (1976) keskiraskaalla metsätraktorilla saamien tuotosten (sisältävät poikkeuksellisesti neulas) ja 260 mk:n käyttötuntikustannusten perusteella lasketut kuljetuskustannukset ovat 31–62 mk/m³ kuljetusmatkan ollessa 200 metriä (kuva 10). Jos neulasia ei laskennassa huomioda, kustannukset nousevat noin 1,5-kertaisiksi. Oksakasojen koko vaikuttaa voimakkaasti kustannuksiin. Jos monitoimikone kasaa latvukset omaan kasaansa ainespuukasojen yhteyteen, kasauksen lisäkustannuksiksi saadaan noin 33–46 mk/m³ (Vuollet & Mustonen 1992). Samalla kuljetuskustannukset kuitenkin pienenevät kuormauksen nopeutumisen myötä. Lapin puuston hehtaariohtainen tilavuus on pieni, joten latvusten kasaaminen todennäköisesti vähentäisi kokonaiskustannuksia.

Puun haketuskustannukset riippuvat hakkurin tehosta ja käyttöasteesta. Suuritehoiset voimalaitoshakkurit mahdollistavat suuren käyttöasteen ja sen myötä pienimmät haketuskustannukset. Voimalaitoksella kokopuun haketuskustannukset olivat noin 10 mk/m³ (Riikilä 1993a). Välivarastolla kokopuun haketuskustannukset olivat noin 23 ja hakkuutähteen 34 mk/m³ (Alakangas 1994). Hakepuun maantiekuljetuksessa (kuva 11) 10 kilometrin lisämatka maksoi 2,60 mk (Vuollet 1993, kirjallinen tiedonanto), joten maantiekuljetuskustannusten herkkyyden kuljetusmatkalle on pieni verrattuna esimerkiksi hakkuukustannusten herkkyyteen läpimitasta. Hakkeen kuljetuskustannukset ovat hieman kokopuuta pienemmät johtuen kuorman suuremmasta tiiviydestä.



Kuva 11. Kuljetusmatkan vaikutus hakepuun maantiekuljetuskustannuksiin.

Taulukko 4. Ketjukarsintakuorintamenetelmällä tuotetun selluhakkeen ja polttomurskeen hankintakustannukset ensiharvennuksessa.

Työvaihe	Selluhake ¹⁾	Polttomurske
	mk/k-m ³	
Kantohinta	20	-
Hakkuu, karsimaton puu (5 m)	43	-
Metsäkuljetus, 250 m	37	-
Ketjukarsintakuorinta-haketus	32	-
Lisämurskaus	-	34
Kaukokuljetus, 40 km	25	26
Yhteensä	217	60

¹⁾ Selluhakkeen saanto 65 %

512. Integroitu tuotanto

Energia- ja ainespuun integroitua tuotantoa on kokeiltu mm. ketjukarsintaan ja -kuorintaan perustuvalla menetelmällä (Kuitto 1994b). Tässä menetelmässä ensiharvennuspuu oksineen kuljetetaan välivarastolle, jossa ketjukarsintakuorintalaitteella ja laikkahakkurilla varustettu kone valmistaa keittovalmistaa selluhaketta. Sivutuotteena saadaan polttokäyttöön soveltuvaa oksa- ja kuorimursketta. Päätuotteena tässä menetelmässä on kuoreton selluhake, jonka saanto on suurempi kuin perinteisessä tavaralajimenetelmässä. Sivutuotteena syntyvä polttomurske kelpaa sellaisenaan valtaosalle teollisuuden leijukerrosarinoista. Aluelämpölaitosten ja pienkäyttäjien tarpeita varten murske on kuitenkin vielä jatkokäsiteltävä (raakaseulonta, lisämurskaus). Vaikka jatkokäsittely nostaakin polttomurskeen kustannuksia, jäävät kokonaiskustannukset pieniksi.

Selluhakkeen kustannukset olivat noin 220 mk/k-m³ (Kuitto 1994a), kun kanto-hinta sekä kaikki hakkuu-, kuljetus- ja hakkeen valmistuskustannukset kohdistettiin selluhakkeelle (taulukko 4). Tällöin polttomurskeen kustannuksiksi saatiin vain 60 mk/k-m³ (30 mk/MWh). Tällä laskutavalla polttoon menevän puun

oletetaan tulevan ainespuun mukana ilmaiseksi välivarastolle. Jos metsäpään kustannuksia jyvitetään myös polttomurskeelle, kustannukset nousevat hieman, mutta jäävät kuitenkin alle kannattavuusrajan 45 mk/MWh (Bioenergia-tutkimusohjelman tavoite).

Energia- ja ainespuun integroidussa tuotannossa on kokeiltu myös massahakemienetelmää (Ahonen ym. 1994). Tässä menetelmässä selluksi kelpaava puuaines erotetaan kokopuuhakkeesta tehtaalla. Hake puhdistetaan lajittelijalla, jonka kapasiteetti on alustavien tutkimusten perusteella noin $16 \text{ k-m}^3/\text{h}$ kuoripitoisuuden ollessa 1 %. Selluhakkeen saanto oli noin 60 %, jolloin loppuosaa jäi polttokäyttöön. Koska kysymyksessä oli vasta koelaitteisto, kustannuksista ei ole vielä tarkkaa tietoa. Alustavien arvioiden perusteella hakkeen lajittelun kustannukset ovat noin 20 mk/k-m^3 , joten polttohakkeen kokonaiskustannukset ovat ketjukarsinta-kuorintamenetelmällä tuotetun polttomurskeen tasolla (ks. taulukko 4).

52. Käytännön kokemukset

Seuraavassa on tarkasteltu käytännössä toteutuneita energiapuun korjuun kustannuksia. Esimerkkitapauksina ovat Kitee, Mikkeli ja Mäntyharju, joissa kaikissa korjattiin vähintään $10\,000 \text{ m}^3$ energiapuuta vuodessa.

Riikilä (1993b) ja Assinen (1994) suullisessa tiedonannossaan ovat käsitelleet hakkeen hankintaa Kiteellä. Vuonna 1993 Kiteen kaupungin metsäosasto toimitti $14\,000 \text{ m}^3$ energiapuuta alueen lämpövoimaloille. Energiapuusta 70 % hankittiin pystykaupoin sellaisista nuorista metsistä, jotka eivät kelvanneet teollisuudelle. Puun hakkuun hoitivat Kiteen kaupungin metsäosaston 2 vakinaista ja 16 velvoitetyöllistettyä metsuria. Haketuksen ja kaukokuljetuksen lämpölaitokselle hoiti yrittäjä, jolla oli hakkurilla varustettu täysperävaunuauto. Yrittäjän kanssa oli sovittu kiinteä taksa (noin 50 mk/k-m^3), joka kattoi 40 km:n kuljetusmatkan. Lämpölaitoksella oli vain yhden päivän käytön suuruinen varasto. Keskimääräinen välivarastointiaika oli noin vuosi, jolloin polttoaine kuivui keskimäärin 35 %:n kosteuteen.

Kaupunki myi hakkeen lämpölaitoksille hieman hankintakustannuksia halvemmalla. Erotus jäi kaupungin kustannettavaksi. Nuoren metsän kunnostustuki ohjattiin pystykaupoissa leimikon myyjän ja kaupungin välisen sopimuksen perusteella kaupungille. Hankintakaupoissa kunnostustuki jäi metsäomistajalle. Vuonna 1993 Kiteen kaupungille ohjautui noin $190\,000 \text{ mk}$ nuorten metsien kunnostustukea. Tämä pienensi huomattavasti kaupungin hakkeen käyttöön varattua tukea.

Mikkelissä on käynnissä PUUHA-projekti, jonka tarkoituksena on kehittää puuhakkeen hankinta kannattavaksi ilman yhteiskunnan tukea toimivaksi ketjuksi (Saksa 1994, kirjallinen tiedonanto). Hakkeen hankinnassa on mukana Mikkelin seudun kunnat ja metsähoitoyhdistykset. Haketuksen ja kaukokuljetuksen hoitavat Kiteen mallin tavoin yrittäjät. Voimalaitos hoitaa hakkeen vastaanottamisen,

puskurivarastoinnin ja käyttämisen. Vuoden 1993 aikana projektin puitteissa hankittiin noin 10 000 m³ energiapuuta.

Mäntyharjulla korjattiin metsänhoitoyhdistyksen myötävaikutuksella vuonna 1993 noin 23 000 m³ energiapuuta kunnalliselle lämpölaitokselle. Puuta korjattiin pääasiassa nuoren metsän kunnostuskohteista. Metsänomistajat tekivät vain muutamien prosenttien korjuutöistä (Taipale 1994, suullinen tiedonanto).

Kiteellä koko hakkeen hankintaketju maksoi 137 mk/k-m³ ja Mikkeliissä 99–128 mk/k-m³ (taulukko 5). Mäntyharjulla kokopuun korjuukustannukset olivat noin 80 mk/m³ tien varteen toimitettuna. Mikkelin nuoren metsän kunnostuskohteessa ei ollut käytävissä toteutuneita kustannuksia, vaan arvio perustuu projektin tavoitteisiin. Lämpölaitokset maksoivat puusta 45–56 mk/MWh, joten nuoren metsän kunnostuksessa hinta ei ilman tukia kattanut hakkeen tuotantokustannuksia. Hakkuutähteiden korjuun kustannukset olivat lähimpänä kannattavuusrajaa. Eroa jäi vain 5 mk/MWh.

Taulukko 5. Hakkeen hankinnan kustannusrakenne Kiteellä ja Mikkeliissä.

Työvaihe	Kitee Nmk ¹⁾	Mikkeli	
		Nmk ¹⁾	Htk ²⁾
		mk/k-m ³	
Kantoraha	7	-	-
Hakkuu	48	30 ³⁾	-
Lähikuljetus	22	25	25
Haketus ja kaukokuljetus	50	60	68
Yleiskulut	16	13	6
Yhteensä	137	128	99
Yhteensä, mk/MWh	68	64	50

¹⁾ Nuoren metsän kunnostus

²⁾ Hakkuutähteiden korjuu

³⁾ Hakkuu arvioitiin katettavan metsänparannustuella

6. ENERGIAPUUN KORJUUN TYÖLLISYYSVAIKUTUKSET

Energiapuun hankinta sisältää monia työvaiheita, joten se on tehokas työllistäjä. Energiapuun hankinnan urakkatyön välittömiä työllisyysvaikutuksia on tässä arvioitu pääasiassa hakkuussa ja metsäkuljetuksessa. Hakkila (1984, 1992) on arvioinut koko korjuuketjun kattavia pienpuun korjuun välittömiä työllisyysvaikutuksia sekä urakka- että hankintatyössä. Toropainen (1982) on puolestaan arvioinut välillisiä työllisyysvaikutuksia.

Jatkossa esitettävän laskelman perusteet on selostettu seuraavassa. Henkilötyövuoteen laskettiin kuuluvan 230 työpäivää. Työpäivän pituus oli metsurityössä 6 ja konetyössä 8 työtuntia. Työtuntituotos oli 80 % tehotuntituotoksesta. Kokopuun teon tuottavuuteen ratkaisevasti vaikuttava puuston keskiläpimitta oli riukumetsän harvennuksessa 5 cm nuoren metsän kunnostuskohteessa 10 cm. Metsäkuljetuksessa kuljetusmatka oli 250 m. Kuusivaltaisen avohakkuualueen

hakkuutähteiden korjuussa käytetty oksakasan koko oli neulasineen 2 i-m³ (0,32 m³).

Kokopuun teon työllisyysvaikutukset riukumetsän harvennuksessa ovat yli kaksi kertaa suuremmat kuin nuoren metsän kunnostuskohteessa. Metsäkuljetuksessa kevyt kalusto työllistää selvästi raskasta enemmän. Telamaasturilla tien varteen korjattu kokopuu työllistää noin 2,5 kertaa metsätraktorilla korjattua hakkuutähdettä enemmän (taulukko 6). Hakkuutähteiden korjuun työmenekki riippuu oksakasan koosta. Oksakasan koon puoliintuminen aiheuttaa työmenekin kasvun 1,5-kertaiseksi.

Energiapuun korjuun työllisyysvaikutuksia kuvaavan esimerkkilaskelman korjuumääränä oli 100 000 m³ (taulukko 6). Korjuun työllisyysvaikutus on taulukon työlajien työlajisuhteilla laskettuna noin 25 henkilötyövuotta. Kun tähän lisätään haketus, maantiekuljetus ja työnjohto (Hakkila 1984), saadaan välittömäksi työllisyysvaikukseksi runsaat 50 henkilötyövuotta. Energiapuun korjuu luo myös muita pysyviä työpaikkoja lämpö- ja voimalaitoksissa sekä laitojen ja koneiden rakentamisen yhteydessä. Näiden välillisten työpaikkojen määrä arvotaan noin 1,3-kertaiseksi välittömiin työpaikkoihin verrattuna (Toropainen 1982).

Taulukko 6. Energiapuun korjuun työllisyysvaikutukset urakkatyössä.

Työlaji	Tuottavuus m ³ /h	Työllistämiskerroin päivää/m ³	Korjuumäärä m ³	Työllisyysvaikutus henkilötyövuosia
Kokopuun teko:				
Riukumetsän harvennus ¹⁾	1,6	0,104	15 000	6,8
Nuoren metsän kunnostus				
Terri-telamaasturi ¹⁾	3,9	0,032	30 000	4,2
Ihmistyö ²⁾	3,8	0,044	30 000	5,7
Kokopuun metsäkuljetus:				
Metsätraktori ³⁾	9,4	0,013	60 000	3,5
Terri-telamaasturi ¹⁾	4,2	0,030	15 000	1,9
Hakkuutähteiden korjuu ⁴⁾	5,2	0,024	25 000	2,6
Yhteensä			100 000	24,7

¹⁾ Keskimölo 1994

²⁾ Hakkila 1984

³⁾ Kuitto 1992

⁴⁾ Melkko 1976

7. LAINSÄÄDÄNNÖN VAIKUTUKSET ENERGIAPUUN HANKINTAAN JA KÄYTTÖÖN

71. Metsänparannustuki

Nuoren metsän kunnostuksen, taimikonhoidon sekä energiapuun kasauksen ja metsäkuljetuksen metsänparannustuet perustuvat metsänparannuslakiin (140/87, 268/91, 1278/92) ja -asetukseen (437/87, 365/90, 301/91, 1563/92) sekä maa- ja metsätalousministeriön ohjeeseen (199/93) ja päätöksiin (1397/91, 3277/92, 3278/92). Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakunnat ovat tehneet ohjeisiin pieniä tarkennuksia.

711. Nuoren metsän kunnostus

Nuoren metsän kunnostuskohteet ovat taimikkovaiheen ohittaneita nuoria kasvatusempeksiä. Kasvatettavan puuston keskipituuden on oltava havumetsissä yli 7 m ja lehtimetsissä yli 9 m. Kasvatettavan puuston keskiläpimitan pitää olla alle 16 cm eikä hakkuukertymä saa olla yli 30 m³/ha. Maanomistajan toteuttamissa kohteissa työ voidaan tehdä ilman metsänparannussuunnitelmaa.

Yleissääntönä on se, että nuoren metsän kunnostuksessa tukea saadaan normaaliin ensiharvennukseen sekä nuoren metsän raivaukseen (ei kerry ainespuuta). Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakunnassa nuoren metsän raivausta ennen hakkuuta ei kuitenkaan tueta metsänparannusvaroista. Sen sijaan riukumetsän harventamista tuetaan edellyttäen, että metsä jää harvennuksen jälkeen metsänhoitosuosittelun mukaiseen tilaan. Riukumetsän harvennuksessa poistettavaa puustoa täytyy olla vähintään 1000–2000 runkoa/ha (kantoläpimita > 2–3 cm). Nuoren kasvatusempen harventamista tuetaan normaalisti, jos kohde täyttää edellä mainitut puuston jäte- ja määräraajat. Hakkuuerän on molemmissa työlajeissa oltava vähintään 10 m³.

Maanomistajan toteuttamissa hankkeissa, joissa ei ole laadittu metsänparannussuunnitelmaa, tuen perusteena käytetään maa- ja metsätalousministeriön vuosittain vahvistamia keskimääräisiä kustannuksia. Jos työ teetetään ulkopuolisella, tuen perusteena käytetään toteutuneita kaadon kustannuksia. Ellei kasauksen, karsinnan ja katkonnan osuus selviä sovellettavasta taksasta, vähennetään näiden keskimääräisenä kustannuksena 20 % tehdyn hakkuun toteutuneista kustannuksista. Nuoren metsän kunnostustuet ovat seuraavat:

Työlaji	Työn suorittaja	
	Maanomistaja Tuki, mk/ha	Palkollinen Tuki, % kustannuksista ¹⁾
Raivaus	700	70
Harvennus	980	70

¹⁾ Kuitenkin enintään 1400 mk/ha

712. Taimikonhoito

Lapin metsälautakunnan (Metsänhoitosuositukset 1990) ja Metsähallituksen metsänhoitosuosituksen (Metsien... 1991) mukaan taimikonhoidon piiriin kuuluvat jatkokehityksen kannalta liian tiheässä asennossa olevat vähintään 4–6 metrin pituusvaiheen männyn ja koivun taimikot. Kuusen taimikot voidaan harventaa hieman nuorempana. Metsänparannusrahoituksen piiriin kuuluvat lisäksi edellä mainittua nuoremmat kylvötaimikot ja taimikot, joissa lehtipuusto on huomattavasti kasvatettavaa mäntypuustoa pidempää.

Taimikoista korjattava energiapuun saa taimikonhoidon tukea vain kaatoon. Tuki kattaa 70 % kustannuksista. Taimikonhoitokustannukset jaetaan runkoluvun perusteella 400, 700 ja 1000 mk:n luokkiin. Keskimääräinen taimikonhoitotuki Lapin metsälautakunnassa on noin 500 mk/ha. Metsänparannusvaroja voidaan käyttää taimikonhoitoon kerran puuston kiertoajan aikana. Työ on kuitenkin mahdollista uusaa, jos taimikko on vaarassa tuhoutua uudelleenvesottumisen vuoksi.

713. Energiapuun kasaus ja metsäkuljetus

Energiapuun kasaukseen ja metsäkuljetukseen saatavalle tuelle on asetettu muutamia ehtoja. Ensinnäkin polttokäyttöön toimitetun energiapuun tulee olla korjattu metsänparannuslain edellytykset täyttävältä taimikonhoito- tai nuoren metsän kunnostuskohteelta. Toiseksi korjatun puuerän tulee olla vähintään 10 m³. Ennen valtion tuen maksamista energiapuuerän tulee olla mitattavissa pystypuista, pinosta tai hakkeesta. Energiapuun kasauksen ja metsäkuljetuksen tuen suuruus on 25 mk korjattua kiintokuutiometriä kohden.

714. Energiapuun korjuuseen suunnatun metsänparannustuen tulevaisuus

Valtioneuvosto on kannanotossaan (Bioenergian... 1994) esittänyt kolme vaihtoehtoa bioenergian kilpailuaseman tukemiseksi. Ensimmäisessä vaihtoehdossa päätökset tehtäisiin liiketaloudellisin perustein. Toisessa vaihtoehdossa pyritään jatkamaan viime vuosien kehitystä bioenergian käytössä. Kolmas vaihtoehto vastaa valtioneuvoston energiapoliittisen selonteon mukaista tavoitetta eli 1,5 Mtoe (miljoonaa ekvivalenttista öljytonnia) vastaavaa bioenergian lisäkäyttöä vuonna 2005.

Liiketaloudellisin perustein tehtävä ratkaisuvaihtoehto lopettaisi kokonaan metsänparannusvarojen käytön energiapuun korjuussa. Nykyisen kehityksen jatkaminen säilyttäisi tilanteen lähes ennallaan. Valtioneuvoston energiapoliittisen tavoitteen mukainen ratkaisu kasvattaisi energiapuun korjuuseen suunnatun tuen vuoden 1992 tasolta (8 milj. mk) 50 milj. markkaan. Valtioneuvoston tavoite on erittäin haasteellinen, sillä se lisäisi kaupallisen metsähakkeen käyttöä lähes 20-kertaiseksi 1,6 milj. k-m³:iin. Toteutuva ratkaisu on todennäköisesti jokin välimuoto ääri vaihtoehtojen välillä. Vuonna 1995 metsänparannuslait säilyvät en-

nallaan, mutta metsänparannusvarojen määrästä ja riittävydestä ei ole täyttä varmuutta.

72. Hyönteis- ja sienituhot

Hyönteis- ja sienituhojen torjuntaa koskevia säädökset on määritelty laissa (263/91) ja asetuksessa (1046/91) metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta sekä maa- ja metsätalousministeriön päätöksessä (1397/91). Hyönteistuhuilla tarkoitetaan tässä yhteydessä hyönteisten metsässä kasvaville puille välittömästi tai välillisesti aiheuttamia vahinkoja, josta aiheutuu merkittävää puun tuoton vähentymistä tai laadun heikkenimistä

Ainespuun mittoja täyttämätön puu (pienpuu, hakkuutähde) voidaan varastoida ilman aikarajaa hakkuupaikalla, välivarastolla tai käyttöpaikalla. Energiapuuta, joka korjataan nuoren metsän kunnostuksen yhteydessä, voi sisältää huomattavan määrän ainespuun mitat täyttävää puuta. Syyskuun alun ja toukokuun lopun välisenä aikana hakattu ainespuun mitat täyttävä mäntypuutavara on Lapin ja Oulun lääneissä kuljetettava metsästä tai välivarastolta viimeistään 15. heinäkuuta. Vastaavasti kuusipuutavara on kuljetettava pois viimeistään 15. elokuuta. Tätä ei kuitenkaan tarvitse tehdä, jos varasto on eri puulajin metsikössä tai jos etäisyys puutavarasta sellaiseen metsikköön, jonka puuston tilavuudesta yli 30 % on samaa puulajia kuin varastossa oleva puutavara, on vähintään seuraava:

Varaston koko	Siemen- tai suojuspuu- metsikkö tai nuori kasvatusmetsikkö	Muu metsikkö
≤ 100 m ³	200 m	100 m
> 100 m ³	400 m	200 m

Jos ainespuun mitat täyttävää energiapuuta varastoidaan käyttöpaikalla, siitä ei saa aiheutua vaaraa ympäröivälle metsälle eli on käytettävä edellä mainittuja varoetäisyyksiä. Muut energiapuun varastoinnissa käytettävissä olevat hyönteistuhojen estämiskeinot ovat pinon peittäminen (mäntypino kokonaan ja kuusipinosta päällys sekä sivuja ja päätyjä 1 metri), pinon käsitteleminen torjunta-aineella ennen hyönteisten parveiluaikaa, pinon ylimpien kerrosten poiskuljetus hyönteisten iskeytymisen jälkeen tai kuorinta kuukautta ennen määräaikaa. Sadetusta ei voida lämpöarvon putoamisen takia käyttää.

Hyönteis- ja sienituholain täytäntöönpanon ylin johto ja valvonta kuuluu maa- ja metsätalousministeriölle. Metsälautakunnat valvovat tämän lain ja siihen liittyvien säädösten ja määräysten noudattamista lukuunottamatta valtion metsiä. Jos joku metsälautakunnan asettamista velvotteista huolimatta laiminlyö velvollisuutensa voidaan lain rikkomisen seurauksena määrätä sakko.

73. Verotus

Valtioneuvosto on ottanut kantaa bioenergian käyttöön huhtikuussa 1994 (Bioenergian... 1994). Kannanottoon perustuvaa polttoaineiden nykyistä ja tulevaa verotuskohtelua esitellään seuraavassa.

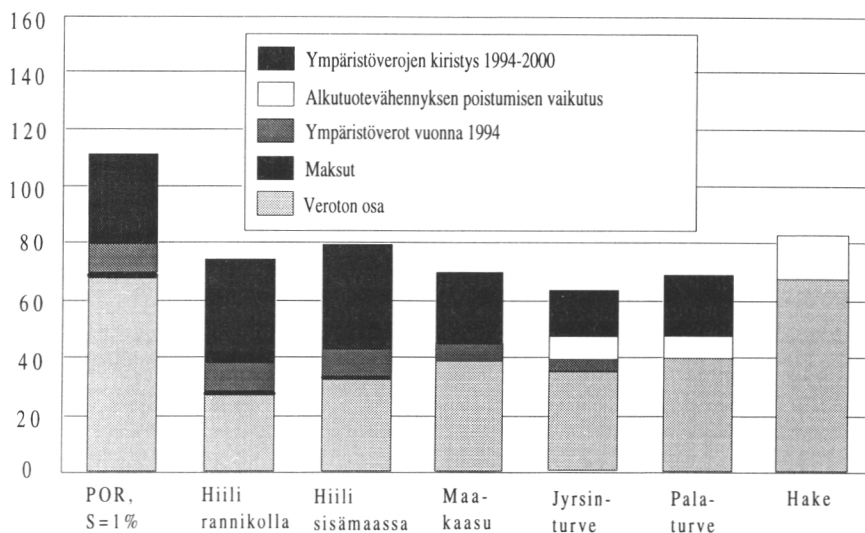
Bioenergian (puupolttoaineet ja turve) käyttöä suositettiin 1.6.1994 poistuneessa liikevaihtoverotuksessa. Näiden polttoaineiden käyttäjä sai tehdä liikevaihtoverolaskelmassa ns. alkutuotevähennyksen. Tämä alensi polttoaineen hintaa 18 prosentilla verrattuna tilanteeseen, jossa bioenergiaa verotettaisiin fossiilisten polttoaineiden tavoin. Kesäkuussa 1994 käyttöön otetussa arvonlisäverotuksessa alkutuotevähennyksen käyttö on edelleen mahdollista. Mahdollinen EU:iin liittyminen tuo kuitenkin muutoksia, koska sen verolainsäädännön mukaan alkutuotevähennysjärjestely ei ole mahdollinen. Valtioneuvosto on kuitenkin todennut välttämättömäksi turvata bioenergian käyttö vähintään vastaavan suureisella tuella (vuoden 1992 tuki 130 milj. mk, tulevaisuudessa 140–210 milj. mk tavoitteista riippuen, ks. luku 714). Tuen muodoista ei tällä hetkellä ole tarkempaa tietoa.

Fossiilista polttoaineista ja turpeesta on vuoden 1990 alusta peritty ympäristöveroa. Vuoden 1994 alusta verotusta muutettiin niin, että ympäristöveron suuruuden määrää polttoaineiden hiili- ja energiasisältö. Uudet ympäristöverot nostivat fossiilisten polttoaineiden hintoja turpeen verotuksen säilyessä vuoden 1993 tasolla. Puusta ei sen sijaan peritä lainkaan ympäristöveroa. Bioenergian ympäristöverotuskohtelusta jatkossa, jos Suomi liittyy EU:iin, ei ole täyttä varmuutta.

Vuoteen 2000 mennessä ympäristöveroja on esitetty nostettaviksi puuta lukuunottamatta kaikilla polttoaineilla (kuva 12). Kuvassa on esitetty myös alkutuotevähennyksen poistamisen aiheuttama puun ja turpeen hinnan nousu. Ympäristöveron kiristäminen nostaisi raskaan polttoöljyn hinnan selvästi muita polttoaineita korkeammaksi. Halvin polttoaine alkutuotevähennyksen poistamisen ja suunnitellun ympäristöveron jälkeen olisi jyrshinturpe. Puun kilpailukyky paranisi kaikkiin polttoaineisiin verrattuna. Muun muassa hiilen hinta nousisi puun hinnan tasolle. Puun kanssa kilpaileva turpe säilyisi kuitenkin verotusmuutostenkin jälkeen noin 20 mk/MWh edullisempana.

Ruotsi on usein ollut Suomessa tehtävien suurten ratkaisujen suunnannäyttäjänä. Siellä lämmöntuotannossa käytettävien uusiutumattomien polttoaineiden verotus on vuonna 1994 moninkertaista Suomeen verrattuna (Järvenpää & Tahvanainen 1994). Kivihiiltä verotetaan 11, polttoöljyjä 13–15 ja turvettakin yli 2 kertaa voimakkaammin kuin Suomessa (taulukko 7). On huomattava, että Ruotsin verot koskevat vain lämmöntuotantoa, teollisuudelle verot palautetaan. Verotuksen voimakkuuden eroja kuvastaa hyvin hakkeen hinta. Suomessa hakkeesta maksetaan noin 55 mk/MWh (110 mk/k-m^3) ja Ruotsissa keskimäärin 83 mk/MWh (166 mk/k-m^3). Vaikka hakkeen hinta Ruotsissa on 1,5-kertainen Suomeen verrattuna, on se siellä vielä puolet raskasta polttöljyä alhaisempi.

HINTA, mk/MWh



Kuva 12. Polttoaineiden kuluttajahinnat ja niihin sisältyneet verot ja maksut vuoden 1994 alussa sekä alkutuotevähennyksen poistumisen ja ympäristöverojen kiristymisen vaikutus polttoaineiden hintoihin (Lähde: Bioenergian... 1994).

Taulukko 7. Polttoaineiden verot lämmöntuotannossa Suomessa ja Ruotsissa vuonna 1994.

Polttoaine	Vero Suomessa			Vero Ruotsissa
	CO ₂ -vero	Energiavero	Yhteensä	
	mk/MWh			
Kivihiili	7,40	2,10	9,50	108
Raskas polttöljy	6,12	2,10	8,22	110
Kevyt polttoöljy	5,88	2,10	7,09	103
Turve	2,20	2,10	4,30	10
Uusiutuvat	-	-	-	-

Polttoaineiden verotuksen lisäksi puun energiakäyttöön vaikuttaa myös energia-puun myyntitulojen verotus. Myyntituloverotukseen siirtyneillä puun myyntituloja verotetaan pääomatulojen tapaan 25 %:n verokannalla (ks. Pesonen & Räsänen 1993). Siirtymäkauden (13 vuotta) jälkeen myyntitulojen verotus koskee kaikkia puun myyjiä. Maaseudun bioenergiatyöryhmä (Maaseudun... 1994) ehdotti, että energiakäyttöön myytävä pienpuu rinnastettaisiin metsän keräilytuotteisiin, jolloin myyntitulot olisivat kokonaan verovapaita. Verovapaus koskisi taimikonhoidosta, nuoren metsän kunnostuksesta ja hakkuutähteiden korjuusta saatavaa energia-puuta. Energiapuun myyntitulojen ja polttoaineiden verokohtelu ovat molemmat tehokkaita keinoja ohjata polttoaineiden käyttöä.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Lapin läänissä syntyi vuonna 1993 yhteensä 8 900 m³ pääosin pieniltä sahoilta peräisin olevaa hyödyntämätöntä puujätettä. Hyödyntämättömän puujätteen, pääasiassa purun ja rimojen, hyväksikäyttöä rajoittivat pitkät kuljetusmatkat polttolaitoksille. Lapissa ei ollut suuria hyödyntämättömiä puujätekeskittymiä. Inarissa ja Tervolassa syntyi runsaasti puujätettä, mutta ei ollut paikallista kiinteän polttoaineen polttolaitosta. Osa Inarin sahojen poltettavasta puujätteestä jäi kokonaan hyödyntämättä ja osa käytettiin Sodankylässä tai Rovaniemellä (kuljetusmatka 160–290 km). Tervolan puujätteet käytettiin Kemin sellutehtailla.

Selluhaketta lukuunottamatta kaikki puujäte olisi järkevää hyödyntää paikallisessa energiantuotannossa. Inarin sahoilta olisi vuoden 1993 tuotantotasolla saatavissa noin 7 300 m³ ja Tervolan sahoilta noin 5 100 m³ (1 m³ = 2 MWh energiaa) poltettavaa puujätettä vuodessa (sisältää hyödyntämättömän ja polttoon myydyt puujätteen). Sahojen tuotanto oli rakentamisen vähyyden vuoksi keskimääräistä pienempi, joten puujättemäärät ovat noususuhdanteen aikana edellä mainittuja suurempia.

Oikein mitoitetulla kiinteän polttoaineen laitoksella jopa 90 % polttoaineesta voisi olla sahoilta peräisin olevaa puujätettä (Toropainen 1984), joten tuotetun energian paikallisuusaste olisi korkea. Uudesta lämpölaitoksesta hyötyisivät sekä kunta että sahat. Kunta saisi selvästi tuontipolttoaineita halvempaa energiaa. Sahojen kannattavuus puolestaan paranisi puujätteen kuljetuskustannusten pienemisen myötä. Kiinteän polttoaineen laitosten ja erityisesti kaukolämpöverkkojen rakentaminen vaatii kuitenkin investointeja, mikä hidastaa uusien laitosten rakentamispäätöksiä.

Metsähakkeen käyttöä rajoittaa korkea hinta, joten korjuukustannuksia pitäisi pystyä alentamaan. Energiapuun erillistuotantomenetelmistä hakkuutähteiden korjuu on nykyisellä kustannustasolla lähimpänä kannattavuuden rajaa. Pieniläpimittaisen kokopuun hakkuu on tällä hetkellä halvinta miestyönä, ainakin lumetomissa olosuhteissa. Hakattaessa kaatopäällä varustetulla kuljetuskoneella voidaan käyttää yhdistelmäkorjuuta, mikä tekee myös siitä varteenotettavan vaihtoehdon ensiharvennuspuun korjuussa.

Nykytietämyksen mukaan käytännössä ainoa merkittävä puuenergian kilpailukyvyn parantamismahdollisuus on energia- ja ainespuun integroidussa tuotannossa. Tässä menetelmässä energiapuu korjataan tien varteen sivutuotteena, jolle ei laskea hakkuu- eikä metsäkuljetuskustannuksia. Jatkokäsittelynä ketjukarsintakuorinta-haketus- tai massahakemenetelmä mahdollistavat energiapuun korjuun kannattavuuden takaavan selluhakkeen myynnin. Näiden menetelmien laajan käytön edellytyksenä on selluhakkeen riittävän pieni kuoripitoisuus. Energia- ja ainespuun integroidusta tuotannosta saadaan lisätietoa Bioenergia-tutkimusohjelman edetessä.

Ellei energiapuun korjuukustannuksia pystytä alentamaan, kiinteän polttoaineen laitoksissa käytetään pääasiassa turvetta. Biopolttoaineet joutuvat siten kilpailemaan tuontipolttoaineiden lisäksi myös toistensa kanssa. Puun käyttöön vaikuttavat korjuukustannusten lisäksi myös toimitusvarmuustekijät. Lapin uusien suurien voimalaitosten valmistuttua läänin turpeen käyttö moninkertaistuu. Jos ympäristöveroja kiristetään kiinteän polttoaineen laitosten määrä lisääntyy entisestään. Nämä seikat lisäävät turpeen tuotannolle asetettuja varmuusvaatimuksia. Sateisina kesinä turpeen tuotanto voi jäädä huomattavasti tavoitteita pienemmäksi, jolloin varapolttoaineita täytyy olla käytettävissä. Puun käyttö oheis- ja erityisesti varapolttoaineena on mahdollista vain, jos puupolttoaineen tuotanto on jo valmiiksi organisoitu. Tämä onnistuu vain käyttämällä puuta jatkuvasti oheispolttoaineena. Tällä perusteella puun käyttö turpeen ohessa tulee todennäköisesti kasvamaan.

Pelkästään liiketaloudellisin perustein tehdyt polttoainevalinnat johtaisivat energiapuun käytön vähenemiseen. Ympäristökysymykset (hiili- ja rikkidioksidipäästöjen vähentäminen) vaikuttavat kuitenkin valtiovallan tukipäätöksiin. Verot nostavat tulevaisuudessa puuta lukuunottamatta kaikkien polttoaineiden hintoja. Puun kilpailuasemaan vaikuttaa verojen lisäksi energiapuun korjuuseen suunnattu metsänparannustuki. Tuen avulla myös liiketaloudellisesti kannattamattomat, mutta kansantaloudellisesti kannattavat nuorten metsien hoitotoimenpiteet voidaan toteuttaa.

Energiapuun korjuun ihmistyövaltaisuus on sekä sen haitta että etu. Korjuu on suhteellisen kallista, mutta samalla myös sen työllistävä vaikutus suuri. Lisäksi energiapuun korjuulla on muita yhteiskunnallisia sekä puun tuotannollisia positiivisia seurannaisvaikutuksia. Näiden seikkojen ja ympäristöarvojen entistä suurempi huomioonottaminen johtaa todennäköisesti puun energiakäytön lisääntymiseen niin Lapissa kuin valtakunnallisestikin. Puuenergian käytön lisääntymisen kokonaisvaikutukset ovat positiivisia edellyttäen, että metsiä hyödynnetään kestäväen käytön asettamissa rajoissa.

KIRJALLISUUS

- Ahonen, M., Seppänen, V., Nousiainen, I. & Nikala, L. 1994. Massahakemene-
telmän soveltaminen koivulle sekä hietteen raaka-ainetuotantoon. Vuosikirja
1993, osa 1. Teoksessa Alakangas, E. (toim.) 1994. Bioenergian tutkimusoh-
jelman julkaisuja 3: 121–132.
- Alakangas, E. (toim.) 1994. Puupolttoaineiden tuotantotekniikka. Vuosikirja 1993,
osa 1. Bioenergian tutkimusohjelman julkaisuja 3. 265 s.
- Bioenergian edistämishjelma. 1994. Valtioneuvoston kannanotto. Kauppa- ja
teollisuusministeriön taustaselvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriön energia-
osaston julkaisuja A:2. 50 s.
- Brunberg, B., Lindman, J. & Nordén, B. 1988. Lillebror FS 0410 –en fällare-
sammanförare för gallring. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Resultat 2. 4 s.
- Hakkila, P. 1984. Forest chips as fuel for heating plants in Finland. Seloste:
Metsähake lämpölaitosten polttoaineena Suomessa. Folia Forestalia 586. 62
s.
- (toim.) 1992. Metsäenergia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 422. 51 s.
- Järvenpää, M. ja Tahvanainen, L. 1994. Energiantuotanto pellolla kannattaa,
jos... Teho 2: 4–9.
- Kahala, M. & Kuitto, P.-J. 1986. Puutavaran metsäkuljetus keskikokoisella kuor-
matraktorilla. Summary: Forest haulage of timber using medium-sized forward-
er. Metsätehon katsaus 10. 4 s.
- Keskimölo, A. 1994. Energiapuun korjuumenetelmien vertailua Kivalon tutkimus-
alueella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 518. 30 s.
- Kuitto, P.-J. 1992. Koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus -maksuperusteeselvitys
1990–1991. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. Metsätehon
katsaus 9. 8 s.
- Kuitto, P.-J. 1994a. Integroitu puupolttoaineen ja teollisuuden ainespuun tuotanto
ketjukarsintakuorintatekniikalla. Vuosikirja 1993, osa 1. Teoksessa Alakangas,
E. (toim.) 1994. Bioenergian tutkimusohjelman julkaisuja 3: 133–146.
- 1994b. Ketjukarsintakuorinta – uutta ensiharvennuspuun hankintaan. Teho 1:
8–9.
- , Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J.
1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: Mechani-
zed cutting and forest harvesting. Metsätehon tiedotus 410. 38 s.
- Lappi-osto- ja vapaa-aikaopas 1994. Telefakta Oy. 509 s.
- Lehtonen, I. 1977. Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Sum-
mary: Wood as a fuel. A study based on literature. Folia Forestalia 293. 16 s.
- Lilleberg, R. 1994a. Joukkokäsittelyharvesterin kehittäminen. Vuosikirja 1993,
osa 1. Teoksessa Alakangas, E. (toim.) 1994. Bioenergian tutkimusohjelman
julkaisuja 3: 87–102.
- 1994b. Pienpuun keräilykaatoon perustuvan harvennuskoneen kehittäminen.
Vuosikirja 1993, osa 1. Teoksessa Alakangas, E. (toim.) 1994. Bioenergian
tutkimusohjelman julkaisuja 3: 77–86.
- Maaseudun bioenergiatyöryhmän muistio. 1994. Maa- ja metsätalousministeriön
työryhmämuistioita 1994:7. 34 s.
- Mattila, E. & Keskimölo, A. 1994. Metsän hakkuu- ja hoitoehdotuksista johdettu
hakkuupoistuman ja energiapuukertymän arvio Rovaniemellä. Käsikirjoitus.

- Melkko, M. 1976. Hakkuutähteiden metsäkuljetus kuormatraktorilla. Summary: Forest haulage of logging residues by forwarder. Metsätehon tiedotus 339. 16 s.
- Metsien hoito. 1991. Suositus. Metsähallitus, Perä-Pohjolan piirikuntakonttori. 68 s.
- Metsänhoitosuositukset. 1990. Lapin metsälautakunta. 32 s.
- Perälä, Y. 1994. Haka 100 -kourasaha taimikonhoidossa ja nuoren metsän kunnostuksessa. Summary: Haka 100 grapple-mounted saw in trending and amelioration cutting of young stands. Työtehoseuran metsätiedote 4(527). 4 s.
- Pesonen, M. & Räsänen, P. 1993. Metsäverovalinta – strateginen ratkaisu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 472. 78 s.
- Riikilä, M. 1993a. Energiapuuta myös markkinatalouden ehdoin. Metsälehti 8: 9.
- 1993b. Nuoren metsän kunnostustuki hakkeen hankkijalle Kiteellä. Metsälehti 24: 19.
- Sininen kirja 1994. Talouselämän suurhakemisto. Toimialaosa. Sininen kirja Oy. 663 s.
- Toropainen, M. 1982. Kotimaisten polttoaineiden käyttöön siirtymisen kannattavuus ja julkinen rahoitustuki. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 54. 111 s.
- 1984. Aluelämpölaitosten polttoainevalintojen kannattavuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 162. 117 s.
- Työllisyyskatsaus. 1994. Työnvälitys- ja seurantatietoja 17.08.1994. Lapin työvoimapiiri tiedottaa. 9 s.
- Vuollet, E. & Mustonen, A. 1992. Energiapuuta latvuksista edullisesti. Metsähallituksen kehittämisjaoston tiedote 10. 3 s.
- Yritystele 1994. Valtakunnallinen yrityspuhelinluettelo. Telefakta Oy. 906 s.
- Yhteensä 32 lähdettä

LIITE 1

LAPIN KATTILALAITOKSET 1993

		Käyttövuosi soodak.	Teho yht. MW	Energian tuot. GWh	Mustalipeä	Kuori	Puru	Hake	Turve	POR	POK	CO-kaasu	Yhteensä
Kemi	Kemin en.lait. Ammattioppil. lämpök.	1990	5,0	1,1						1,2			1,2
Kemi	Kemin en.lait. Eteläntien lämpök.	1983	12,0	2,9						3,2			3,2
Kemi	Kemin en.lait. Karjalahden lämpök.	1978	30,0	2,3						2,5			2,5
Kemi	Metsä-Botnia Oy	1990	611,0	2433,0	2308,0	539,0			218,0	113,0			3178,0
Kemi	Veitsiluoto Oy	1977	673,0	2402,0	2100,0	665,0	15,0		190,0	440,0			3410,0
Kemijärvi	Kemij. kaukolämpö Oy	1983	12,0	82,4			6,1	2,7	75,5	9,6	3,0		96,9
Kemijärvi	Veitsiluoto Oy	1964	127,0	1028,0	1143,0	237,0				53,8			1433,8
Kitilä	Kitilän Aluelämpö Oy	1992	8,0	20,0		4,7	9,4	4,7	4,7				23,5
Roin mlk	Napapiirin Energia Oy, Muurola	1987	6,0	18,5					16,5	5,3			21,8
Roin mlk	Napapiirin Energia Oy, Nivavaara	1986	5,9	10,3					7,3	4,8			12,1
Roin mlk	Maunun-Matin lämpökeskus (PLM)	1983	8,0	8,2						9,1			9,1
Roin mlk	Someroharjun lämpökeskus (PLM)	1982	11,2	19,0				15,8		10,6			26,4
Rovaniemi	Roin en.lait. Hillerintien lämpök.	1980	6,0	2,3						2,6			2,6
Rovaniemi	Roin en.lait. Kairatien lämpök.	1980	10,3	0,5							0,5		0,5
Rovaniemi	Roin en.lait. Oppipojan lämpök.	1981	6,0	0,2							0,2		0,2
Rovaniemi	Roin en.lait. Ounasrinteen lämpök.	1984	24,0	36,0						40,0			40,0
Rovaniemi	Roin en.lait. Suosiolan lämpök.	1986	27,0	180,0					192,0				192,0
Rovaniemi	Roin en.lait. Tievakadun lämpök.	1981	24,0	27,0						30,0			30,0
Rovaniemi	Lämpö Oy Nokivalakia	1970	7,6	15,7						19,3			19,3
Rovaniemi	Normilk Oy	1964	5,1	3,8						4,5			4,5
Salla	Sallan Aluelämpö Oy	1993	12,0	20,0				4,7	15,3	3,5			23,5
Sodankylä	Lämpö Oy Juurakkotuli	1991	24,0	61,0		0,3	7,0	5,0	46,0	8,0	2,0		68,3
Tornio	Tornion kaupungin energialaitos	1980	32,0	56,0						65,0	0,2		65,2
Tornio	Lämpö Oy Juhannustuli	1980	6,3	8,3						11,3			11,3
Tornio	Outokumpu Polarit Oy	1974	71,0	147,8						63,2		110,7	173,9
Tornio	Torniolaakson Maito Oy	1990	8,0	5,0						5,5			5,5
Ylitornio	Alkkulan Aluelämpö Oy	1983	4,5	15,7				1,4	9,1				18,5
Koko Lappi	Alle 5 MW:n raskasöljylaitokset ¹⁾		57,7							52,3			52,3
Yhteensä			1834,6	6607,0	5551,0	1446,0	37,5	34,3	774,4	966,3	5,9	110,7	8926,1

¹⁾ Vuoden 1992 tilanne

LIITE 2, sivu 1

LAPIN PK-SAHAT JA HÖYLÄÄMÖT 1993

	Tuotanto m³	Kuori	Puujätteen määrä, m³			Ei hyödynnetty, m³		
			Puru	Lastu	Polttohake	Selluhake	Yhteensä	Yhteensä
Enontekiö	1000		240	60	700		1000	240
Enontekiö	700		210	70	420		700	210
Inari	1000		300	100	600		1000	300
Inari	10000	2500	4000	1000		4000	11500	100
Inari	250		54		216		270	54
Inari	2000		600	200	1200		2000	600
Kemi	5000			880			880	200
Kemijärvi	3500	1200	850			1800	3850	
Kemijärvi	90		25		75		100	25
Kemijärvi	3000		600			2400	3000	600
Kittilä	1500		400		1325		1725	
Kittilä	100		40		110		150	40
Kittilä	27000	7100	7700	1500		15200	31500	70
Kolari	1500		300		1200		1500	300
Muonio	500		140	60	400		600	140
Pelkosenniemi	1000		330			660	990	60
Pello	7050	2000	1000	800		4700	8500	330
Pello	80		26		54		80	
Posio	480		140			410	550	
Ranua	100		33		67		100	
Ranua	4500			1500			1500	
Ranua	500		130		520		650	130
Ranua	450		90		270		360	90
Ranua	600		160		470		630	160
Ranua	4000	1080	1320			3600	6000	120
Ranua	250		50		200		250	50
Roini	1500		190	100		400	690	100
Roini	400		100		300		400	100
Roini	700		210	70	420		700	210
Roini	1250			220			220	70
Roini	100		20		80		100	
Rovaniemi	1000		300		800		1100	300
Salla	6000	1600	1240			2800	5640	
Savukoski	200		40		160		200	40
Savukoski	100		30		80		110	30

¹⁾ Sahaa puun omistajan laskuun, jolloin jätteen käyttö sahautajan harkinnan varassa

²⁾ Vain höyläystä

³⁾ Vuoden 1994 arvioitu tuotanto

LIITE 2, sivu 2

LAPIN PK-SAHAT JA HÖYLÄÄMÖT 1993

	Tuantanto m ³	Kuuori	Puujiätteen määrä, m ³		Selluhake	Yhteensä	Ei hyödynnetty, m ³	
			Puru	Lastu			Puru	Lastu
Sodankylä	500		100		400	500		
Tervola	450		100		400	500	100	100
Tervola	1500	330	360	150	660	1500		
Tervola	2000		400		1600	2000		
Tervola	2600	640	700	140	1400	2880		
Tornio	9000			3000		3000		
Tornio	1000		280		1220	1500	280	1500
Ylitornio	500		100		400	500	100	100
Ylitornio	3000	590	605	187		3022	155	187
Yhteensä	107950	17040	23513	10037	14347	39010	4684	702
								3520
								8906

^{a)} Sahaa puun omistajan laskuun, jolloin jätteen käyttö sahauttajan harkinnan varassa

^{b)} Vain höyläystä

^{c)} Vuoden 1994 arvioitu tuotanto

Rovaniemen tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

N:o	6	Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1981. 1981.
N:o	35	Päivi Hänninen. Sammalen kemiallinen torjunta taimitarhalla. 1981.
N:o	58	Pohjois-Lapin metsät. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1982. 1982.
N:o	65	Yrjö Norokorpi ja Pentti Sepponen (toim.). Kilpisjärven alueen maankäytön yleissuunnitelma. 1982.
N:o	71	Päivi Hänninen. Alustavia päätelmiä kivivillan käytöstä männyntaimen kasvualustana muovihuoneessa. 1982.
N:o	77	Pohjois-Lapin metsien uudistaminen. 1982.
N:o	95	Jarmo Nieminen. Varttuneet kontortametsiköt Kivalon kokeilualueella. 1983.
N:o	105	Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1983. 1983.
N:o	148	Pentti Sepponen, Vuokko Pitkänen ja Helena Poikajärvi (toim.). Metsien kasvupaikkaluokitus. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1984. 1984.
N:o	157	Erkki Kaila ja Markku Taipale. TUTKA-tiedonhallintaohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. 1984.
N:o	165	Eero Tikkanen ja Hannu Raitio. Pohjois-Suomen aurasalueiden männyntaimien epänormaali kehitys ja oletamus sen syistä. Summary: A hypothesis on the cause of abnormal development of Scots pine saplings on ploughed sites in Northern Finland. 1984.
N:o	186	Eero Tikkanen. Aurasalueen heikkokuntoisten männyntaimien ravinnetaloudesta Pohjois-Suomessa. Abstract: Nutrient metabolism of weakened Scots pine saplings on a ploughed site in Northern Finland. 1985.
N:o	190	Erkki Kaila, Hilikka Kinnunen ja Tapio Timonen. BIB-viitetietokantaohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. 1985.
N:o	196	Olli Saastamoinen ja Helena Poikajärvi (toim.). Tietojärjestelmien kehittäminen metsäalalla. Ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1985. 1985.
N:o	226	Timo Penttilä ja Mikko Honkanen. Suomensien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. 1986.
N:o	242	Esa Taskinen ja työryhmä. Metsäkanalintujen elinympäristövaatimukset – kirjallisuuskatsaus. 1986.
N:o	243	Timo Penttilä ja Martti Varmola (toim.). Lapin kolmion puuntuotannolliset mahdollisuudet. 1987.
N:o	253	Helena Poikajärvi (toim.). Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1986. 1987.
N:o	278	Hannu Saarenmaa ja Helena Poikajärvi (toim.). Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. 1987.
N:o	345	Anna-Liisa Sippola. Suojelualueetypit ja kansallispuistojen suojelun toteuttaminen – kahdeksan esimerkkiä. 1989.
N:o	347	Martti Varmola ja Pertti Palviainen (toim.). Lapin metsien terveys. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1989. 1990.
N:o	362	Martti Varmola ja Tuija Katermaa (toim.). Metsänparannus. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1990. 1990.
N:o	373	Eero Tikkanen and Martti Varmola (eds.). Research into forest damage connected with air pollution in Finnish Lapland and the Kola Peninsula of the U.S.S.R. A seminar held in Kuusamo, Finland, 25–26 May 1990. 1991.
N:o	378	Pentti Vitikka, Heikki Posio & Hannu Saarenmaa. Hyönteistuhoriski keinotekoisessa ylispuiden kelouuttamisessa. Summary: Bark beetle damage in conjunction with artificial snag production in Finnish Lapland. 1991.
N:o	407	Hannu Salminen & Tuija Katermaa (eds.). Simulation of Forest Development. Presentations from a symposium held in Saariselkä, Finland, October 12–14, 1991. 1992.
N:o	410	Anna-Liisa Sippola & Juha-Pekka Rauhala. Acerbin keinosta Jerisjärven tielle. Pallas-Ounastunturin kansallispuiston historiaa. 1992.
N:o	413	Heikki Kauhanen & Martti Varmola (toim.). Itä-Lapin metsävaurioprojektin väliraportti. Abstract: The Lapland Forest Damage Project – Interim report. 1992.
N:o	427	Heikki Eeronheimo, Risto Virtanen, Anna-Liisa Sippola, Pentti Sepponen, Sinikka Salmela & Raimo Pikkupäura. Pallas-Ounastunturin kasvillisuus – Ounastunturin Pyhäkeron alue. 1992.
N:o	437	Ari Nikula, Martti Varmola & Marja-Lea Lahti (toim.). Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1992. 1992.
N:o	479	Ari Nikula, Aulis Ritari & Marja-Lea Lahti (toim.). Paikkatiedon ja satelliittikuvainformaation käyttö metsäntutkimuksessa. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1993. 1993.
N:o	518	Ari Keskimölo. Energiapuun korjuumenetelmien vertailua Kivalon tutkimusalueella. 1994.