



Energiapuun korjuumahdollisuuksien arviointi metsän hakkuu- ja hoitoehdotusten perusteella

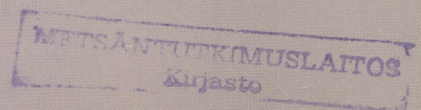
Rovaniemen energiapuukertymäarvio 1984–93

Calculation of possible energy wood outturn on the basis of forest treatment proposals
An estimate of energy wood outturn in Rovaniemi for 1984–93

Eero Mattila ja Ari Keskimölä

**Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema
1994**

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 534



Kansikuva: Ari Keskimölä
"Energiapuun korjuukohde Kivalon tutkimusalueella Rovaniemen maalaiskunnassa"

Energiapuun korjuumahdollisuuksien arviointi metsän hakkuu- ja hoitoehdotusten perusteella

Rovaniemen energiapuukertymäarvio 1984–93

Calculation of possible energy wood outturn on the basis of forest treatment proposals
An estimate of energy wood outturn in Rovaniemi for 1984–93

Eero Mattila ja Ari Keskimölo

Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 534
Rovaniemi 1994



Mattila, Eero ja Keskimölo, Ari. 1994. Energiapuun korjuumahdollisuuksien arviointi metsän hakkuu- ja hoitoehdotusten perusteella. Rovaniemen energiapuukertymäarvio 1984–93. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 534. 52 s.

Tutkimuksessa laaditaan laskentamenetelmä energiapuun korjuumahdollisuuksien arvioimista varten. Laskentamenetelmää sovelletaan Rovaniemen kaupungin ja maalaiskunnan käytännön talousmetsiin. Aineistona käytetään valtakunnan metsien inventoinnin koaloja vuodelta 1983. Sovelluksen tulos on luonteeltaan taannehtiva. Tuloksista saadaan karkea käsitys siitä, kuinka paljon Rovaniemeltä olisi voitu korjata energiapuuta kymmenvuotisjaksolla 1984–93, jos energiapuulle silloin olisi ollut riittävästi kysyntää Rovaniemellä. Tutkimuksen päätarkoitus on ollut menetelmällisten valmiuksien luominen ja kehittäminen uudempia inventointiaineistoja silmällä pitäen.

Laskelmaa varten metsämaa jaetaan 24 ositteeseen puuston kehitysluokan, käsittelytarpeen ja metsänhoidollisen laadun mukaan. Laskelmassa jäljitellään käytännön metsätaloutta toteuttamalla osa käsittelyehdotuksista kaikissa ositteissa seuraavalla kymmenvuotisjaksolla. Toteutusosuudet riippuvat metsänhoidollisista ja kestävyteen liittyvistä seikoista ollen siksi erisuuria eri ositteissa. Käsittelyissä poistuvan ja jäävän puuston määrä ja rakenne arvioidaan käsittelyhetken päivitettyjen inventointihetken puustotunnusten avulla. Laskelmasta syntyy ensivaiheessa hakkuupoistuman ja energiapuupotentiaalnin arviot kahdelle viisivuotisjaksolle. Hakkuupoistuma on edellytys potentiaalille, josta seuraavaksi johdetaan energiapuukertymäarvioita asettamalla energiapuun korjuulle käytännön rajoituksia.

Energiapuuta ei korjata kaikilla hakkuukohteilla. Tästä syystä potentiaalista arviointiin jäävän käyttämättä 40 %. Kuljetuskustannukset korjuupaikalta käyttöpaikalle ovat usein liian suuret. Kun ylärajaksi asetettiin 100 mk/m³, potentiaalista jäi Rovaniemellä käyttämättä 50 %. Molemmat rajoitukset yhdessä pudottivat energiapuukertymäarvion 30 prosenttiin potentiaalista. Metsiä käsitellään ja energiapuuta korjataan tehokkaammin lähellä puutavaran käyttöpaikkaa. Kun tämäkin seikka otettiin laskelmassa huomioon, Rovaniemen energiapuukertymäarvion osuus potentiaalista oli 33 %.

Rovaniemen energiapuukertymäarvio oli 142 000 m³ vuodessa ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 155 000 m³ vuodessa toisella viisivuotisjaksolla. Yli puolet kertymästä oli kuitupuuta, joka sisältyy hakkuukertymäarvion kuitupuuhun. Jos käytäntö olisi ollut laskelman mukainen, viidesosa hakkuupoistuman kuitupuusta olisi käytetty energiapuuna. Energiapuukertymästä oli lehtipuuainesta, lähinnä koivua, yli 40 %. Tällä energiapuumäärällä pystyttäisiin tyydyttämään vajaat puolet Rovaniemen voimaloiden potentiaalisesta polttoainetarpeesta lähitulevaisuudessa. Energiapuuhun sisältyvän runkohukkapuun ja oksien korjuu loisi noin 50 uutta työpaikkaa. Työllisyysvaikutus on suurempi, jos energiapuukertymään sisältyvää kuitupuuta jäisi metsään ilman energiapuun korjuuta.

Avainsanat: metsävarat, puunkäyttö, energiapuun, valtakunnan metsien inventointi

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema. Hyväksynyt: Jari Parviainen, tutkimusjohtaja 8.12.1994.

Kirjoittajien yhteystiedot: Mattila, Eero ja 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 951-40-1404-9
ISSN 0358-4283

SISÄLLYS

CONTENTS

1. TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TARKOITUS	4
2. TUTKIMUSALUE JA AINEISTO	5
3. MENETELMÄ	7
31. Energiapuulaskelman yleiset periaatteet.....	7
32. Ositejako	8
33. Laskentamalli	9
331. Puuston rakenne inventointi- ja hakkuuhetkellä.....	9
332. Toimenpiteiden toteuttaminen laskelmassa	12
333. Hakkuissa poistuva ja jäävä puusto	13
334. Hakkuissa poistuvat puuainekset.....	14
335. Energiapuupotentiaalin rakentuminen.....	15
336. Energiapuun korjuun rajoitukset.....	16
4. TULOKSET LASKELMAN SOVELLUSALUEELLA	19
41. Rovaniemen laskelman perustiedot	19
42. Hakkuupoistuma-arvio ja energiapuupotentiaali.....	22
43. Energiapuukertymäarvio	25
5. ENERGIAPUUN KORJUUN MERKITYS	29
YHTEENVETO	33
KIRJALLISUUS – REFERENCES	36
SUMMARY IN ENGLISH	38
LIITETAULUKOT	39

1. Tutkimuksen tausta ja tarkoitus

Suomessa kiinnostus puuenergian käyttöön ja tutkimukseen on vaihdellut viime vuosikymmenien aikana. Öljykriisien jälkeisinä vuosina 1970-luvulla tehtiin paljon työtä puuenergian kilpailukyvyyn parantamiseksi. Vuonna 1982 haketta käytettiin lämpölaitosten polttoaineena noin 393 000 m³ (Hakkila 1984). Sen jälkeen kiinnostus laantui ja käyttömäärät kunnallisissa laitoksissa putosivat alle 100 000 m³:iin vuodessa (Hakkila 1992). 1990-luvun alussa puun energiakäytön lisääminen otettiin taas esille yhtenä vaihtoehtona tuottaa maamme tarvitsemää lisäenergiaa. Muiden energiantuotantomuotojen kilpailukyky Suomessa on kuitenkin ollut niin hyvä, että varsinkaan pieniläpimittaisen puuston laajamittainen korjuu energiakäyttöön ei ole ollut kannattavaa.

Ruotsissa energiantuotantomuotojen kilpailutilanne on erilainen kuin Suomessa. Uusiutumattomia polttoaineita verotetaan siellä huomattavasti ankarammin. Koska puu hinnoitellaan kilpailevien polttoaineiden perusteella, on lämpölaitosten puustamaksukyky suurempi. Ruotsissa tehdyn laskelman (Skog... 1993) mukaan lämpölaitokselle toimitetun havukuitupuun maksimihinta saisi olla enintään 119 mk/m³ (170 kr/m³). Koivusta, jonka lämpöarvo tilavuusyksikköä kohden on suurempi (Hakkila 1978), lämpölaitos voisi maksaa enintään 161 mk/m³ (230 kr/m³). Koivukuitupuun hinnan ja tuotetun lämpömäärän suhde on niin hyvä, että lämpölaitos voisi ostaa koivukuitupuutakin polttoaineekseen.

Suomessa kuitupuun hinta oli pohjalukemissa vuoden 1993 puolivälissä (Yksityismetsien... 1994). Alhaisen hinnan myötä kiinnostus käyttää puuta energiantuotantoon lisääntyi. Ongelmana on kuitenkin ollut korjuun kalleus. Yksi mahdollisuus tämän ongelman poistamiseksi on laajentaa energiapuun korjuuta perinteisestä kuitupuun mittoja täyttämättömien rungon osien korjuusta myös ainespuuta sisältävien rungonosien korjuuseen.

Jotta puuta voitaisiin käyttää laajasti energiantuotantoon myös muualla kuin metsäteollisuudessa, täytyy olla olemassa puun polttoon soveltuvia voima- ja lämpölaitoksia. Suomessa on Suomen kunnallisliton keväällä 1991 tekemän kyselyn mukaan 17 puuta pääpolttoaineenaan käyttävää lämpölaitosta. Kyselyyn vastasi runsaat puolet kunnallisista lämpölaitoksista. Muita kiinteitä polttoainetta käyttäviä laitoksia on huomattavasti enemmän. Uusia myös puun polton mahdollistavia kattilalaitoksia on nyt Lapissakin suunnitteilla useita (ks. Keskimölo 1994b).

Yksi suunnitteilla olevista yksiköistä on Rovaniemen voimala, jonka teho tulee olemaan noin 90 MW. Rovaniemellä on tällä hetkellä yksi suuri pääosin turpeella toimiva 27 MW:n laitos, joka käyttää polttoainetta noin 200 000 m³ vuodessa. Härkösen ¹⁾ mukaan laitosten yhteinen polttoaineen kulutus vuodessa tulee olemaan turpeena mitattuna noin 800 000 m³ (kehysmitta) tai puuna noin 320 000 kiinto-m³.

Ympäristönsuojelullisista syistä ja turpeen verotuksen kiristyessä Rovaniemen kaupungin energialaitos toivoo voivansa käyttää voimalaitoksissaan enemmän myös puuperäistä polttoainetta. Voimalaitoksissa käyttökelpoisia puuperäisiä polt-

¹⁾ Kari Härkönen, Rovaniemen kaupungin energialaitos

toaineita ovat sahoilta peräisin oleva puru ja kuori sekä metsähake. Metsähakeresursseja ei ole toistaiseksi paljon hyödynnetty. Siksi kiinnostus Rovaniemen ympärillä olevasta energiapuupotentiaalista on kasvanut.

Viime vuosina Rovaniemen alueen metsiä on hakattu ja hoidettu vain noin puolet siitä pinta-alasta, mikä olisi metsänhoidollisesti ollut tarpeellista. Mäkisen ¹⁾ ja Sandströmin ²⁾ mukaan mahdollisuudet lisätä puun käyttöä ovat siten olemassa. Yksi varteenotettava mahdollisuus on tuottaa puusta lämpöä ja sähköä.

Tässä tutkimuksessa laaditaan energiapuun korjuumahdollisuuksien arviointimenetelmä. Sillä saadaan ensin hakkuupoistuman ja energiapuupotentiaalin arviot, joista edetään energiapuukertymäärvioihin lisäämällä laskelmaan energiapuun korjuun rajoituksia. Tuloksista käy ilmi lähinnä vain mahdollisuuksien rajat. Laskentamenetelmää sovelletaan koeluonteisesti Rovaniemen kaupungin ja maalaiskunnan alueella. Aineistona on valtakunnan metsien inventoinnin koealat vuodelta 1983. Sovellusalue ja aineisto kuvataan luvussa 2, menetelmä luvussa 3 ja tulokset sovellusalueella luvussa 4. Energiapuun käyttöön liittyviä yleisiä näkökohtia pohditaan luvussa 5.

Tutkimus tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalla. Työ alkoi Rovaniemen tutkimusaseman tutkimusmetsät-hankkeen alaisuudessa. Työhön osallistui myöhemmin myös valtakunnan metsien inventoinnin tutkimushanke. Käsikirjoituksen ovat lukeet prof. Erkki Tomppo, MH Sakari Salminen ja MH Markku Siitonen inventoinnin puolesta sekä MML Martti Varmola ja MH Timo Penttilä Rovaniemen tutkimusasemalta. Heidän korjaus- ja parannusehdotuksensa on otettu huomioon. Kiitämme lämpimästi kaikkia tutkimukseen osallistuneita.

2. Tutkimusalue ja aineisto

Menetelmän sovellusalueena oli Rovaniemi ja Rovaniemen maalaiskunta. Kun jatkossa puhutaan Rovaniemestä, sillä tarkoitetaan kaupunkia ja maalaiskuntaa yhdessä. Alueen maapinta-ala 1980-luvun alussa oli Maanmittaushallituksen mukaan 754 000 hehtaaria (Suomen... 1982). Valtakunnan metsien seitsemännen inventoinnin maastotyöt tehtiin Rovaniemellä kesällä 1983. Inventoinnissa talousmetsien metsämaan alaksi arvioitiin tuolloin 525 000 ha (Mattila 1986). Lapin Metsä 2000 -ohjelmassa (Varmola 1988) käytettiin samaa aineistoa, mutta metsänkäyttörajoitukset päivitettiin vastaamaan vallitsevaa käytäntöä. Tästä aineistosta laskettuna tärkeimmät metsävaratunnukset Rovaniemen käytännön talousmetsissä olivat:

Osite	Pinta-ala ha	Elävän puuston tilavuus m ³ /ha	milj. m ³	Kasvu 1000 m ³
Metsätalousmaa	728 000	34,5	25,1	897
Metsämaa	512 000	46,4	23,8	863

Tutkimusta aloitettaessa harkittiin mahdollisuutta tehdä energiapuuarvio kuvioit- taisten metsätaloussuunnitelmien perusteella. Mattila (1992) on tarkastellut otan- taan perustuvan inventoinnin ja kuvioittaisen arvioinnin hyviä ja huonoja puolia.

¹⁾ Tapani Mäkinen, Lapin metsälautakunta

²⁾ Olli Sandström, Metsähallitus, Rovaniemi

Inventoinnin etuja ovat tulosten objektiivisuus, yhdenmukaisuus, sama-aikaisuus ja monipuolisuus sekä mahdollisuus luotettavuuden arviointiin. Toisaalta inventoinnin tulostusalueen kokovaatimus on suhteellisen suuri ja tietojen paikkasidonaisuus tulosalueen sisällä on huono. Kuvioarvoinnin suurin etu on paikkasidonaisuus, mikä mahdollistaa operatiivisen suunnittelun kuviotasolla. Kuvioarvoinnin haittoja ovat subjektiivisuus ja harhaisuus sekä puuston rakennetietojen suppeus. Suuremmilla alueilla ongelmaksi tulee tietojen epäyhtenäisyys, mikä aiheutuu eriaikaisten ja eri henkilöiden tekemien suunnitelmien yhdistämisestä. Lisäksi suunnitelmien kattavuus ei ole täydellinen.

Metsätaloussuunnitelmien tietojen saattaminen laskennan edellyttämään numeeriseen muotoon on isotöinen tehtävä. Tämä yhdessä edellä lueteltujen seikkojen kanssa johti ratkaisuun, että Rovaniemen alueen energiapuulaskelma tehdään vuoden 1983 inventointiaineiston pohjalta. Sellaisena laskelma on luonteeltaan taannehtiva ja kertoo lähinnä sen, millä edellytyksillä ja kuinka paljon energiapuuta olisi voitu korjata kymmenvuotisjaksolla 1984–1993. Kahdeksannen inventoinnin aineistot ovat käytettävissä Lapista vuoden sisällä. Mikäli tarvetta ja mielenkiintoa on, laskelmia voi sitten tehdä myös uusilla aineistoilla.

Perusmenetelmänä valtakunnan metsien inventoinneissa Suomessa on ollut systemaattinen maasto-otanta. Lapissa on kuitenkin käytetty kaksivaiheista ilmakuva- ja maasto-otantaa 5., 6. ja 7. inventoinnissa (asiasta tarkemmin: Mattila 1992, s. 19). Tätä menetelmää käytettiin USA:ssa jo 1950-luvulla (Bickford 1952). Poso (1972) kehitti Lappiin laskennallisesti joustavamman sovelluksen. Mattilan (1985) edelleen kehittelemänä menettelyä käytettiin 7. inventoinnissa mm. Rovaniemen alueella 1980-luvulla. Näytekokonaisuuden talousmetsissä Rovaniemellä oli seuraavan asetelman mukainen:

Koealaji	Maalla	Metsätalous- maalla	Metsä- maalla
Ilmakuvakoealat	5805	5600	4235
Maastokoealat	743	717	542

Yhden ilmakuvakoealan edustama pinta-ala aineistossa oli 121 ha (Kuusela ym. 1986). Keskimäärin kaksi koealaa viidestätoista paikallistettiin maastossa ja niillä tehtiin kaikki valtakunnan metsien inventoinnin edellyttämät mittaukset ja luokitukset. Aiemmistä inventoinneista poiketen puiden lukuun sisältyivät kaikki 1,35 metrin korkeuteen yltäneet puut (Kuusela ym. 1986). Lukupuiden valinta tehtiin relaskoopilla käyttäen kerointia 2. Siten jokainen lukupuu edustaa kahta pohjapinta-alaneliömetriä hehtaarilla. Joka viides lukupuu mitattiin koepuuna. Käytännön talousmetsien maastonäytteessä oli 2475 lukupuuta metsämaalta. Näistä mitattiin koepuuna 495 kpl.

Inventointimenetelmän tilastollista tarkkuutta kuvataan keskivirheiden avulla. Suhteelliset keskivirheet kasvavat, kun tulosalue ja sen mukana näyte pienenevät. Käytännön talousmetsissä Rovaniemellä saatiin seuraavat tarkkuustunnukset:

Arvioitu tunnusluku	Suhteellinen keskivirhe, %	95 %:n luottamusväli
Metsämaan ala	2,1	490 500 – 534 000 ha
Puuston koko tilavuus	4,6	22,7 – 27,2 milj.m ³
Puuston tilavuus metsämaalla	5,2	21,3 – 26,2 "

95 %:n luottamusväli ulottuu kaksi absoluuttista keskivirhettä tunnusluvun arviosta alas- ja ylöspäin. Esimerkiksi väli 0,49–0,53 milj. ha sisältää 95 %:n todennäköisyydellä metsämaan oikean pinta-alan, jota emme varmuudella tiedä.

Keskivirhe on vain satunnaisen otantavirheen mittari. Tulosten varsinainen luotettavuus riippuu myös systemaattisista virheistä. Niiden suuruus ei riipu näytekoosta ja niitä on yleensä vaikea havaita ja mitata. Jos systemaattisia virheitä on olemassa, saadaan yliarvio sille mahdollisuudelle, että oikea tulos on keskivirheestä johdetun luottamusvälin sisällä.

Tässä energiapuututkimuksessa metsämaa jaettiin 24 ositteeseen, joiden pinta-alat ja puustotunnukset arvioitiin inventoinnin näytteestä. Keskimääräisessä ositteessa pinta-alan suhteellinen keskivirhe on noin 10 %. Vastaava arvio puuston tilavuuden osalta on 25 %. Siis ositetasolla tarkkuus on huono, mutta kuitenkin parempi kuin arvauksessa. Energiapuun kokonaiskertymäarvio on usean epätarkan osatuloksen summa. Satunnaisvirheet kumoavat toisiaan, joten lopputuloksen käyttökelpoisuutta ei ehkä rajoita niinkään tilastollinen tarkkuus kuin laskelman olettamuksien paikkansapitävyys.

3. Menetelmä

31. Energiapuulaskelman yleiset periaatteet

Laskelman lähtökohtana on, että energiapuuta korjataan vain tavanomaisen hakkuutoiminnan ja metsänhoidon yhteydessä. Toimintojen yhdistämisellä saavutetaan kustannusetuja, joita ilman eräät toimenpiteet eivät ole kannattavia. Energiapuukertymän arvioiminen edellyttää jonkintasoisen hakkuusuunnitteen laatimista. Hakkuupoistuman osia ovat tukin ja kuitupuun kertymä sekä runkokuun hakkuutähde. Osa kuitupuusta voidaan luokitella energiapuuksi. Tämän lisäksi energiapuuta saadaan sekä runkohukkapuusta että poistettavien puiden oksista. Energiapuun kertymää voidaan lisätä myös kuitupuuksi kelpaamattomien pienikokoisten puiden tarkemmalla korjuulla.

Metsän nykytila määrää suurelta osin lähitulevaisuuden hakkuumahdollisuudet. Pitkän ajan hakkuulaskelmat perustuvat pääosin kvantitatiivisiin kasvupaikka- ja puustotunnuksiin. Metsänhoidollisten kvalitatiivisten tunnusten merkitys korostuu tarkastelujakson alussa. Niiden perusteella hakkuun ja muun metsänhoidon tarve voidaan mitoittaa tarkemmin ja toimenpiteet voidaan kondistaa paremmin. Näin myös poistuman rakenteesta saadaan todenmukaisempi kuva.

Valtakunnan metsien inventoinnin kuvioilla on tehty sekä hakkuu- että metsänhoitoehdotukset lähimmälle 10-vuotisjaksolle. Hakkuuehdotus voi olla joko ensimmäiselle tai toiselle 5-vuotisjaksolle. Energiapuulaskelman perustana oleva hakkuusuunnite on laadittu olettamalla, että tietty osa ehdotuksista toteutuu 10

vuoden sisällä. Toteutumisasteet on valittu siten, että hakkuupinta-alat muodostuvat suurinpiirtein voimassaolevan suunnitteen mukaisiksi. On painotettava sitä, että ehdotukset sellaisenaan eivät voi muodostaa toteutuskelpoista hakkuusuunnitelmaa. Tämä korostuu uudistuskypsissä ja vajaatuottoisissa metsissä, joissa metsänhoidollinen hakkuutarve on paljon suurempi kuin käytännön mahdollisuudet ja kestävyysperiaate antavat myöten.

Laskelma on luonteeltaan taktisoperatiivinen. Vain lähintä 10-vuotisjaksoa koskevana se ei ole strategista suunnittelua. Se ottaa huomioon kestävyysperiaatteen, joten tulosta voidaan periaatteessa käyttää strategisen suunnitelman toteuttamisessa apuna. Laskelman operatiivinen sävy syntyy maastossa tehtyjen hakkuu- ja hoitoehdotusten käyttämisestä hakkuiden suunnittelussa. Laskelman tulosten paikkasidonnaisuus on rajoitettu, joten se ei ole metsätaloussuunnitelman kaltaisen operatiivinen suunnitelma.

Valtakunnallisissa hakkuulaskelmissa käytetään pitkää tarkastelujaksoa pitkän ajan seuraamusten esiin saamiseksi. Nykyisin toimivista systeemeistä esimerkkeinä mainittakoon Suomen MELA (ks. Siitonen 1993) ja Ruotsin HUGIN (ks. Lundström ym. 1993). Nämä konsekvenssilaskelmat uusitaan kuitenkin suhteellisen lyhyin väliajoin, mikä johtuu niiden skenaarioluonteesta. Kun oletukset eivät pidä paikkaansa, todellisuus ja laskelman mukainen kehitys poikkeavat toisistaan sitä enemmän mitä kauemmaksi tarkastelujaksolla edetään. Ongelmana ei niinkään ole luonnon prosessien kuin metsien käytön mallittaminen.

Metsien lähiajan käytön ennustaminen, varsinkin kun se perustuu inventoinnissa todettuun hakkuu- ja hoitotarpeeseen, on mahdollisuuksien rajoissa oleva tehtävä. Laskelman ulottaminen pidemmälle kuin mihin toimenpide-ehdotukset yltävät ei ole tarkoituksenmukaista. 10-vuotisjakso on sopiva myös siksi, että inventointikierron pituus on nykyisin noin kymmenen vuotta. Tätä lähestymistapaa on koemielessä käytetty hakkuumahdollisuuksien arviointiin Lapin osa-alueissa (Mattila 1986, s. 55). Silloin oletettiin, että hakkuita ei tehdä koko 10-vuotisjaksolla niissä metsäositteissa, joissa hakkuuehdotusta ei oltu tehty. Käytännössä tämä ei pidä paikkaansa. Nyt näissäkin ositteissa oletetaan tapahtuvan jonkin verran hakkuita. Näin tarkastelun kohteena oleva pinta-ala on olennaisesti laajempi kuin aikaisemmin. Hakkuupinta-alat eivät ole suuremmat vaan niiden kohdentuminen on erilainen. Tällä on vaikutusta lähinnä poistuman rakenteeseen.

32. Ositejako

Laskelmassa käytetty ositejako perustuu inventoinnin kehitysluokkaan, laatuluokkaan ja metsänhoito- ja hakkuuehdotuksiin. Käytetyt luokitukset on kuvattu kenttätöiden ohjeissa (Valtakunnan... 1982). Koko metsämaa-ala jaettiin 20:een kehityskelpoisten ja neljään vajaatuottoisten metsien ositteeseen. Kehityskelpoisten metsien ositteisiin vietiin myös sellaiset vajaatuottoiset metsät, joissa ei ole tehty uudistushakkuuesitystä. Vajaatuottoisten metsien ositteissa voi olla metsiä kaikista kehitysluokista. Vajaatuottoiset lehtipuuvaltaiset metsät erotettiin muista vajaatuottoisista metsistä, koska koivun lämpöarvo on olennaisesti parempi kuin muilla puulajeilla (Hakkila 1978). Lapissa lehtipuuvaltaiset metsät ovat pääasiassa koivuvaltaisia.

Kaikki ositteet määritellään kehitysluokan ja toimenpide-ehdotuksen avulla liitetaulukossa 1 (s. 39). Kehityskelpoisissa varttuneissa kasvatusmetsissä ja uudistuskypsissä metsissä erotetaan kolme alaositetta hakkuutavan perusteella. Näissä kehitysluokissa voi käytännössä esiintyä sekä kasvatus- että uudistushakkuuta seuraavan 10 vuoden aikana. Alaositteille ei voida esittää omia määritelmiä ja pinta-aloja, vaan ne sisältyvät vastaaviin pääositteisiin. Liitetaulukossa 1 tätä ilmentävät rinnakkaiset lukuparit ositenumeron kohdalla (12,121 jne.).

Inventoinnissa ei tehdä toimenpide-ehdotusta, jos hakkuu tai taimikonhoito ei ole tarpeen 10 vuoden aikana. Hakkuuehdotukset on tehty joko ensimmäiselle tai toiselle viisivuotisjaksolle. Taimikoissa hoito on voitu ehdottaa tehtäväksi välittömästi (sisältyy myös viivästynyt taimikonhoito) tai 10 vuoden aikana viisivuotisjaksoja erottelematta. Viivästynyt taimikonhoito on voitu todeta myös nuorissa kasvatusmetsissä. Kun metsikössä on ehdotettu sekä välitöntä taimikonhoitoa että hakkuuta ensimmäiselle viisivuotisjaksolle, osite on valittu hakkuuehdotuksen perusteella. Vajaatuottoisen metsän uudistushakkuuesitys on tehty toiselle viisivuotisjaksolle silloin, kun puusto on ollut hyvän arvokasvun vaiheessa. Vajaatuottoinen metsä on voinut saada myös kiireellisen kasvatushakkuuehdotuksen samasta syystä.

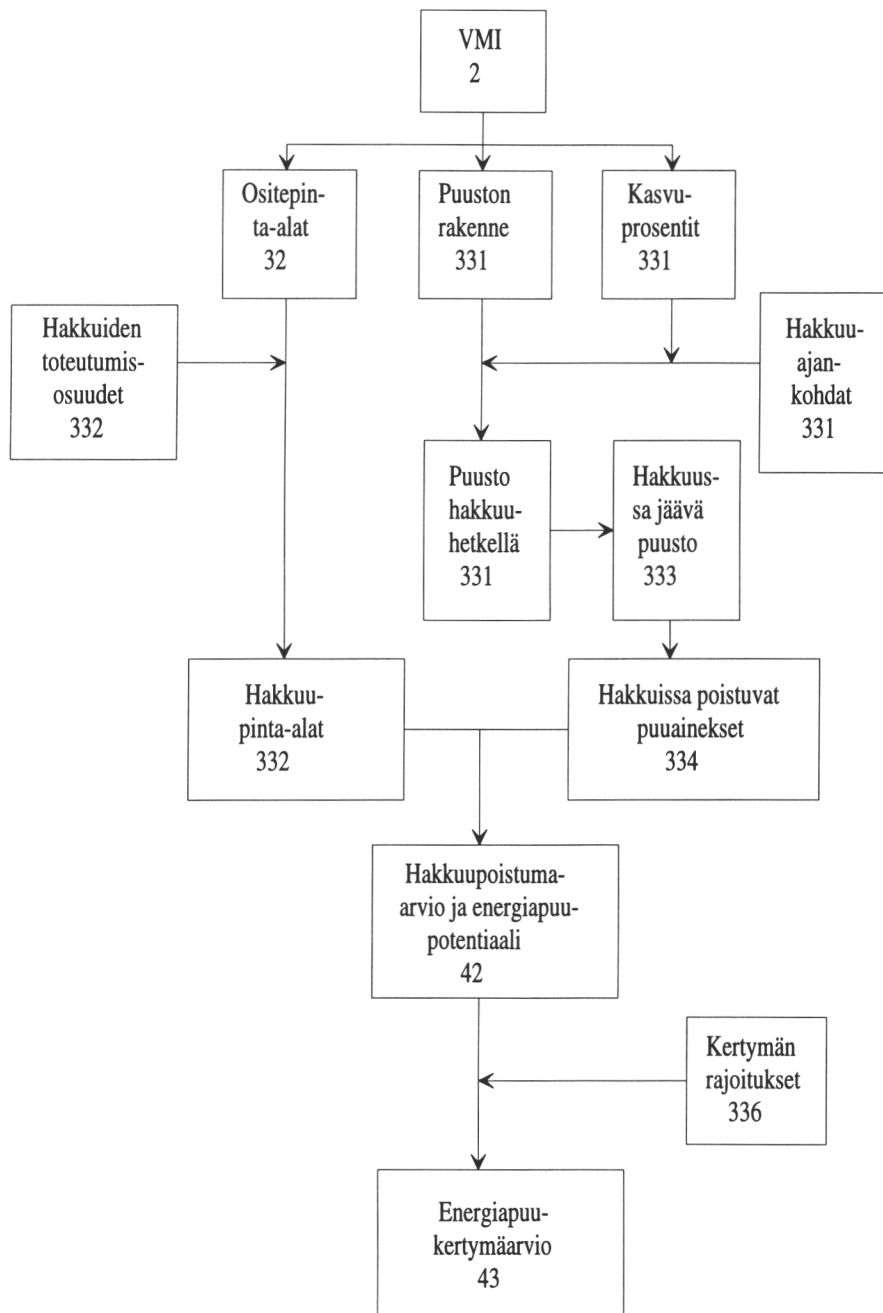
33. Laskentamalli

Energiapuulaskelman vaiheet esitetään vuokaavion muodossa kuvassa 1. Laskelman lähtökohtana on valtakunnan metsien seitsemännen inventoinnin aineisto, josta arvioitiin ositepinta-alat, puuston rakenne inventointihetkellä ja puuston kasvuprosentit. Hakkuupinta-alat lasketaan hakkuiden toteutumisasteiden määrittelyn jälkeen. Hakkuuajankohtien määrittelyn jälkeen lasketaan puustotunnukset hakkuuhetkellä soveltamalla inventoinnin kasvuprosentteja inventointihetken keskitilavuuksiin. Hakkuussa jäävä ja poistuva puusto sekä poistuvan puuston tilavuus määritellään jokaisessa ositteessa erikseen. Hakkuupoistuman ja energiapuupotentiaalin arviot saadaan ositteittain hakkuupinta-alojen ja poistuman (runkopuu + oksat) keskitilavuuksien tulona. Lopuksi varsinaisen energiapuukertymän suuruusluokkaa yritetään hahmottaa lisäämällä laskelmaan energiapuun korjuun rajoituksia.

331. Puuston rakenne inventointi- ja hakkuuhetkellä

Inventointihetken puuston keskitilavuudet ositteissa laskettiin suoraan inventoinnin näytteestä. Runkopuun keskitilavuudet arvioitiin erikseen männylle, kuuselle ja lehtipuustolle sekä lisäksi käyttökelpoiselle kuolleelle puustolle. Laskelmassa puusto luokiteltiin tukkipuustoon ja muuhun puustoon. Muu puusto sisältää myös pienpuuston, joka ei täytä edes kuitupuun mittoja. Tukkipuuston ja sen sisältämän tukin keskitilavuudet arvioitiin vain männylle ja kuuselle, koska koivutukkia ei Lapissa korjata. Muun puuston keskitilavuudet saadaan koko puuston ja tukkipuuston keskitilavuuksien erotuksena.

Kaikki inventointihetken keskitilavuudet "kasvatettiin" keskimääräisiin hakkuuajankohtiin ensimmäiselle ja toiselle viisivuotisjaksolle inventoinnissa mitat-



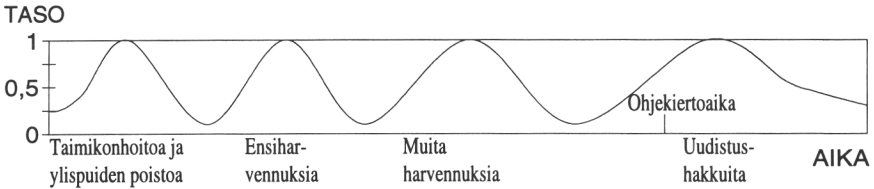
Kuva 1. Kaaviokuva energiapuulaskelman vaiheista valtakunnan metsien inventoinnin aineistosta energiapuukertymän arvioon. Kuvan numerot viittaavat lukuihin, joissa asiaa käsitellään tarkemmin.

tuja kasvuprosentteja käyttämällä. Tukiin uudet keskitilavuudet hakkuuhetkellä arvioitiin olettamalla, että tukkiosuus puustossa säilyy muuttumattomana. Menetely johtaa tukin lievään aliarvioon varsinkin toisella viisivuotisjaksolla.

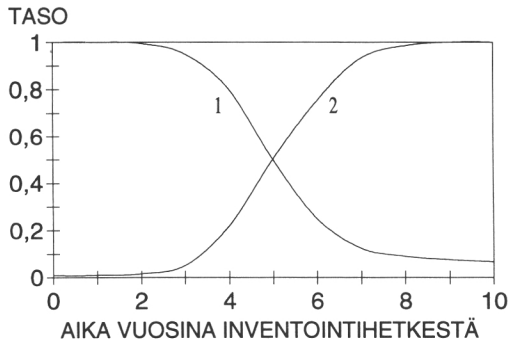
Hakkuuajankohtien määrittely tehtiin ositteittain. Viisivuotisjaksojen keskikohtia (2,5 ja 7,5 vuotta inventointihetkestä) sovellettiin vain uudistushakkuisiin. Hoito- ja kasvatushakkuissa keskimääräinen hakkuuajankohta voi olla jakson keski-kohtaa aikaisemmin tai myöhemmin riippuen hakkuuehdotuksesta ja viisivuotisjaksosta. Tätä voidaan perustella kuvien 2 ja 3 avulla hieman tarkemmin.

Kuvassa 2 tarkastellaan käsittelyiden toteutumistason vaihtelua metsäositteessa taimikoiden vakiintumishetkestä eteenpäin. Oletetaan, että metsiköt kuuluvat samaan kehityssarjaan, mutta niiden uudistamistapa on voinut olla erilainen. Harvennushakkuiden lukumäärä on sama, mutta niiden toteutukseen liittyy ajallista hajontaa jokaisella harvennuskerralla. Uudistushakkuissa ajallinen hajonta on suurempi kuin harvennushakkuissa. Aika-akselin jokaisessa pisteessä on käsittelytarpeen osalta erilaisia metsiköitä.

Alussa tapahtuu vain ylispuiden poistoa. Ylispuuhakkuut ja taimikonhoito lisääntyvät kunnes saavutetaan ensimmäinen käsittelytasomaksimi. Taso laskee siihen saakka kunnes ensiharvennusten lisääntyminen kompensoi taimikkokäsittelyiden vähentymisen. Seuraa joitakin harvennusmaksimeja ennen uudistamisvaihetta. Uudistushakkuut alkavat jossain määrin jo ennen alinta sallittua uudistamiskikää. Maksimin jälkeen uudistushakkuut vähenevät tasaisesti kohti nollaa.



Kuva 2. Toimenpiteiden toteutumistason vaihtelu samaan kehityssarjaan kuuluvassa metsikköjoukossa. Alussa metsiköt ovat samassa kehitysvaiheessa. Kaavamainen periatekuvaa.



Kuva 3. Toimenpiteiden toteutumisasteen vaihtelu ositteissa, kun ehdotus on tehty ensimmäiselle viisivuotisjaksolle (kuvaaja 1) ja toiselle viisivuotisjaksolle (kuvaaja 2). Inventointihetkellä metsiköt kuuluvat samaan ositteeseen, mutta eivät välttämättä samaan kehityssarjaan.

Energiapuulaskelman ositteet määriteltiin kehitysluokan ja käsittelytarpeen mukaan, joten saman ositteen metsiköt ovat jokseenkin samassa kehitysvaiheessa vaikka eivät kuuluisikaan samaan kehityssarjaan. Ne kehittyvät ja niitä käsitellään lähitulevaisuudessa samantapaisesti. Kuva 3 voisi esittää mitä tahansa 10-vuotisjaksoa kuvasta 2 ennen uudistushakkuiden alkamista. Kuvan 3 kuvaajat jäljittelevät hoito- ja kasvatushakkuiden toteutumista 10-vuotisjaksolla, kun ehdotus on tehty ensimmäiselle tai toiselle viisivuotisjaksolle.

Kun käsittelyä on ehdotettu ensimmäiselle viisivuotisjaksolle taso on maksimaalinen heti alussa ja laskee hidastuvasti kohti 10-vuotisjakson loppua (kuvaaja 1). Kun ehdotus on toiselle viisivuotisjaksolle, käsittelyjä toteutetaan hieman jo ensimmäisellä viisivuotisjaksolla, mutta maksimitaso saavutetaan vasta toisen viisivuotisjakson lopulla (kuvaaja 2). Kuvaajien alapuolelle jäävät pinta-alat edustavat kumulatiivisia käsittelypinta-aloja. Keskimääräiset hakkuuajankohdat voidaan arvioida puolittamalla pinta-alat molemmilla viisivuotisjaksoilla. Kuvaajalla 1 ajankohdat ovat noin 2 ja 6,5 vuotta. Vastaavat ajankohdat kuvaajalla 2 ovat noin 4 ja 8 vuotta.

Laskelmassa lähdettiin siitä, että osa käsittelyalasta toteutetaan sellaisissa ositteissa, joissa ei ole esitetty käsittelyä koko 10-vuotisjaksolle. Näissä ositteissa käytettiin hyvin pieniä toteutumisasteita. Hakkuuajankohtien osalta näihin ositteisiin sovellettiin kuvaajan 2 (kuva 3) mukaista mallia. Keskimääräiset hakkuuajankohdat inventointihetkestä laskien olivat eri ositteissa seuraavat:

Osite ¹⁾	Viisivuotisjakso	
	1	2
	Vuosi	
3,5,6,8,9,12,121	2,0	6,5
2,4,7,10,11,13,14,131,141,19,20	4,0	8,0
15–17,151,161,171,21,23,24	2,5	7,5
1,18,22	-	-

¹⁾ Liitetaulukko 1, s. 39

332. Toimenpiteiden toteuttaminen laskelmassa

Toteutumisosuudella tarkoitetaan jaksolla toteutuvan toimenpidepinta-alan osuutta ositteen pinta-alasta. Toteutuspinta-alan jakautuminen ensimmäiselle ja toiselle viisivuotisjaksolle riippuu toimenpiteen kiireellisyydestä. Ala on suurempi ensimmäisellä viisivuotisjaksolla kuin toisella, jos ehdotus on tehty ensimmäiselle viisivuotisjaksolle ja päinvastoin. Laskelmassa käytetään saman suuruista vuotuis-ta toteutumisalaa koko viisivuotisjakson ajan.

Niissäkin ositteissa, joissa toimenpiteitä ei ole ehdotettu koko kymmenvuotisjaksolle, oletetaan toimenpiteitä tapahtuvan jossakin määrin. Tämä perustuu toisaalta siihen, että kaikkea käsittelytarvetta ei kyetä ennakoimaan kymmeneksi vuodeksi eteenpäin ja toisaalta siihen, että tietty osa toteutuvasta toimenpidealasta on ns. epärationaalista metsänkäsittelyä. Kun toimenpiteitä ei ole ehdotettu, toteutumisalan oletetaan olevan suurempi toisella viisivuotisjaksolla. Tämän tyyppisen toiminnan osuudet kyseessä olevan kehitysluokan toimenpidealasta rajoitettiin laskelmassa yleensä 10–25 prosenttiin.

Inventoinnissa ehdotettujen toimenpiteiden toteutuminen riippuu metsänhoidollisista, taloudellisista ja kestävyysliittävistä seikoista. Metsänhoidolliset näkökohdat korostuvat taimikoissa ja nuorissa kasvatusmetsissä. Ylispuiden esiintyminen kasvattaa toteutumisasteita. Tässä tutkimuksessa harvennushakkuiden toteutumisasteiden oletettiin olevan alempia varttuneissa kuin nuorissa kasvatusmetsissä. Käytäntö voi puun hintatekijöistä riippuen olla toinenkin. Uudistushakkuiden toteutumisosuudet valittiin siten, että uudistuspinta-ala pysyy kestävyysrajoissa ja se jakautuu kehityskelpoisiin ja vajaatuottoisiin metsiin viime aikoina vallinneen käytännön mukaisesti. Laskelman sovellusalueella käytetyt toteutumisosuudet näkyvät liitetaulukossa 5 (s. 44).

Toteutumisasteiden asettaminen on hyvin pitkälle harkinnanvaraista. Uudistuspinta-alaa lukuunottamatta selkeitä päätössääntöjä ei ole olemassa. Rymittelyllä käsittelyaloja eri tavalla ja analysoimalla alan rakenne ryhmittäin voi ehkä saada käsityksen siitä, missä määrin ratkaisut jäljittelevät käytännön metsätaloutta. Tätä lähestymistapaa on käytetty luvussa 4, jossa asiaa käsitellään perusteellisesti Rovaniemen osalta.

333. Hakuissa poistuva ja jäävä puusto

Jäävän ja poistuvan puuston tunnuksia johdetaan ositekeskiarvoista. Tämä merkitsee sitä, että toteutuvien hakkuiden oletetaan kohdistuvan satunnaisesti ositteiden sisällä. Menettely johtaa hakkuupoistuman aliarvioon, jos hakkuukohteet ovat keskimääräistä puustoisempia. Poistuvan puuston määrä ja rakenne vaihtelee ositteesta ja hakkuuajankohdasta riippuen. Poistuma voidaan ilmaista osuuksina hakkuuhetken puustosta. Osuuksilla jäljitellään käytännön hakkuutoimintaa. Seuraavassa asiaa tarkastellaan lähemmin kehitysluokkajärjestyksessä.

Taimikoissa, joissa tehdään ylispuuhakkuu, tukkipuusto poistettiin kokonaan. Pienessä taimikossa, jossa tehdään hakkuu ensimmäisellä viisivuotijaksolla, poistettiin koko rinnankorkeuden ylittävä puusto.

Taimikonhoitoa oletettiin tehtävän vain varttuneissa taimikoissa. Taimikoita hoidettiin Metsähallituksen ja Lapin metsälautakunnan metsänhoitosuosituksen mukaisesti (Metsien hoito 1991, Metsänhoitosuositukset 1990). Tavoitteena oli mäntyvaltainen sekametsä, joten poistumasuhde suureni järjestyksessä mänty, kuusi ja lehtipuut. Poistuman rakennetta laskettaessa otettiin kuitenkin huomioon se, että lehtipuuston osuuden jäävässä puustossa tulisi olla 10–30 %. Puustoa jätettiin 5 m³/ha. Tämä vastaa noin 2000 tainta hehtaarilla puiden ollessa runsaat 4 metriä pitkiä ja 3 cm vahvoja rinnankorkeudelta (Kanninen ym. 1979).

Kaikki harvennushakkuut toteutettiin alaharvennuseriaateen mukaisesti. Vuokilan (1980) suositusta noudattaen poistuman osuus koko puuston tilavuudesta oli 1/3. Nuorissa kasvatusmetsissä poistettiin ensin 10 % tukkipuuston tilavuudesta. Poistuvaan tukkipuustoon sisältyy sekä ylispuita että vallitsevan jakson puita. Tukkipuustoa pienemmästä puustosta poistettiin sitten kaikkia puulajeja samassa suhteessa. Näin hakkuun jälkeen lehtipuustoa jää vähintään suositusten mukainen määrä niissä ositteissa, joissa lehtipuustoa on riittävästi ennen hakkuuta. Varttuneissa kasvatusmetsissä tukkipuustosta poistettiin noin 20 %. Lehtipuustoa pyrittiin jättämään noin 10 % jäävän puuston tilavuudesta. Tukkipuustoa pienempää mänty- ja kuusipuustoa poistettiin molempia samassa suhteessa siksi kunnes

poistumataavoite (1/3 tilavuudesta) täyttyi. Uudistuskypsiens metsien harvennushakkuissa ei tavoitteena enää varsinaisesti ollut metsän kasvattaminen, vaan lähinnä uudistushakkuun siirtäminen. Tukkipuustoa ja muuta puustoa hakattiin 1/3 tilavuudesta.

Kehityskelpoisten metsien uudistushakkuissa oletettiin jäävän keskimäärin 15 m³/ha mäntytukkipuustoa siellä, missä se oli mahdollista. Puustoa jää luontaisessa uudistamisessa, jota Lapissa on noin 1/4 uudistusalasta. Puuston tilavuus on 15–30 m³/ha siemenpuuasennossa ja 40–50 m³/ha suojuspuuasennossa. Oletettiin, että kuusikoiden suojuspuuhakkuita Lapissa ei tehdä.

Suojuspuuasennossa tehtävä hakkuu tarkoittaa yleensä siementävän puuston täydellistä poistamista pienen taimikon päältä. Suojuspuuasennon väljentämistä ei oletettu tapahtuvan. Näin laskelman hakkuissa poistettiin koko puusto.

Vajaatuoittoisia metsiä on kaikissa kehitysluokissa. Lehtipuuvaltaisissa metsissä poistettiin koko puusto. Muissa vajaatuoittoisissa metsissä oletettiin tehtävän jonkin verran myös luontaiseen uudistamiseen tähtääviä hakkuita. Tällä perusteella niissä jätettiin mäntypuustoa 5 m³/ha siellä, missä se oli mahdollista.

334. Hakkuissa poistuvat puuainekset

Runkohukkapuun osuudet ositteissa laskettiin inventoinnin aineistosta runkokäyrämallin avulla (Laasasenaho 1982). Niissä oli suurta vaihtelua samankin kehitysluokan sisällä, mikä johtuu aineiston heterogeenisyydestä ja näytteen pienuudesta. Laskettuja osuusprosentteja käytettiin laskelmassa kuitenkin sellaisenaan ilman mitään tasoituksia.

Oksien keskitilavuus saatiin selville runkopuun keskitilavuuden ja oksien osuuden avulla. Oksien määrä suhteessa runkopuun määrään vaihteli jonkin verran eri lähteiden mukaan. Kannisen ym. (1979) esittämät oksaosuudet olivat selvästi suuremmat kuin uudemmassa Hakkilan (1991) latvusmassoihin perustuvassa tutkimuksessa. Volasen (1993) tekeillä olevassa pro gradu -työssä tutkittiin ensiharvennusmännikön latvusmassaa Rovaniemen maalaiskunnassa ja päädyttiin Hakkilan (1991) esittämiin arvoihin. Tämän perusteella oletettiin, että myös muut Hakkilan tulokset pätevät tällä alueella paremmin.

Tarkastelu rajoittui vanhemmassa Kannisen ym. (1979) tutkimuksessa alle 0,2 kuutiometrin puihin. Lisäksi tässä tutkimuksessa ei oltu tutkittu koivun oksaosuutta. Uudemmassa Hakkilan tutkimuksessa ei puolestaan ollut mukana varttuneiden taimikoiden oksamassoja. Laskelmassa käytettiin Hakkilan tutkimuksessa saatuja kuorellisia oksamassoja. Puuttuvat oksamassat arvioitiin Kannisen ym. (1979) tutkimuksen tulosten perusteella.

Hakkilan (1991) tutkimus perustui latvusmassan tarkasteluun. Laskelmaa varten massat muutettiin tilavuuksiksi käyttämällä hyväksi eri puulajien oksien kuivatiheyksiä, jotka ovat mänty 405 kg/m³, kuusi 465 kg/m³ ja koivu 500 kg/m³ (Hakkila 1978).

Oksien suhteellista määrää määritettäessä sekä elävät että kuolleet oksat luettiin mukaan. Sen sijaan neulaset ja lehdet jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Jos ositteissa oli sekä tukkipuustoa että taimikkoa, käytettiin oksaosuutena tilavuudella painotettua keskiarvoa. Ositteissa 5 ja 8 oksaosuuksista vähennettiin 5 prosenttiyksikköä. Näissä ositteissa oli ehdotettu välitöntä taimikonhoitoa, joten puut oli-

vat riukuuntuneet ja oksien määrä kehitysluokan normaalia määrää selvästi vähäisempi.

Hakkuissa poistuvan runkopuun määrä laskettiin kaikissa ositteissa puulajeittain jaettuna tukkiin, kuitupuuhun ja runkohukkapuuhun molemmille jaksoille. Kuolleen puuston tilavuus jaettiin kuitupuuhun ja runkohukkapuuhun. Oksien tilavuus laskettiin puulajeittain poistuville eläville puille. Poistuma-arvion eri osien ja oksien tilavuuden laskemiseen käytetyt kaavat ovat seuraavat:

$$(1) PO_t = V_t * A * P_{tpo}$$

$$(2) PO_{kp} = (V_{tpo} - R_{tpo} * V_{tpo} - V_t) * A * P_{tpo} + (V_{mp} - R_{mp} * V_{mp}) * A * P_{mp}$$

$$(3) PO_{rh} = (V_{tpo} * R_{tpo} * P_{tpo} + V_{mp} * R_{mp} * P_{mp}) * A$$

$$(4) K_{kp} = (V_k - V_k * R_k) * A$$

$$(5) K_{rh} = V_k * R_k * A$$

$$(6) O = (PO_t + PO_{kp} + PO_{rh}) * O_o$$

Kaavojen symbolien merkitys on:

PO_t	Tukin poistuma
PO_{kp}	Kuitupuun poistuma
PO_{rh}	Runkohukkapuun poistuma
K_{kp}	Kuolleen kuitupuun poistuma
K_{rh}	Kuolleen runkohukkapuun poistuma
O	Hakkuun yhteydessä poistuvien oksien tilavuus
V_{tpo}	Tukkipuuston keskitilavuus
V_t	Tukin keskitilavuus
V_{mp}	Muun puuston keskitilavuus
V_k	Kuolleen puuston tilavuus
A	Vuodessa hakattava pinta-ala
P_{tpo}	Poistuvan tukkipuuston osuus
P_{mp}	Poistuvan muun puuston osuus
R_{tpo}	Tukkipuuston runkohukkapuuosuus
R_{mp}	Muun puuston runkohukkapuuosuus
R_k	Kuolleen puuston runkohukkapuuosuus
O_o	Oksaosuus (oksien tilavuus/runkopuun tilavuus) ¹⁾

¹⁾ Määritellään tarkemmin tekstissä

335. Energiapuupotentiaalin rakentuminen

Tiihosen ja Virtasen (1982, 1983) tutkimuksissa energiapuiksi luokiteltiin vain sellaiset puut ja pensaat, joista ei saa yhtään kuitupuupölkkyä. Nämä tutkimukset rajoittuivat lisäksi vain runkopuun arviointiin. Tässä laskelmassa energiapuuhun luetaan oksat ilman neulasia ja lehtiä sekä osa runkopuusta. Energiapuiksi menevään runkopuuhun sisältyy kaikki hukkapuu sekä myös kuitupuuta vaihtelevassa määrin. Koko energiapuupotentiaalia arvioitaessa mukaan lasketaan energiapuukäikilta hakkuualoilta ilman mitään korjuun rajoituksia.

Siemenpuuasennossa olevien metsiköiden sekä ylispuustoisten pienten taimikoiden hakkuissa energiapuuksi luettiin elävän tukkipuuston runkohukkapuu ja oksat, kuolleen puuston runkohukkapuu ja poistettava lehtipuusto kokonaan.

Varttuneista taimikoista taimikonhoidossa poistuva elävä puusto oksineen sekä kuolleen puuston runkopuu luettiin energiapuuksi. Ylispuustoisista varttuneista taimikoista energiapuuksi laskettiin lisäksi myös ylispuuston runkohukkapuu ja oksat.

Nuorten kasvatusmetsien harvennuksissa poistuva tukkipuusto luokiteltiin tavanomaisesti ainespuuksi. Poistuvan tukkipuuston runkohukkapuu ja oksat, muu poistuva elävä puusto oksineen sekä kuolleen puuston runkopuu luettiin energiapuuksi. Energiapuuhun sisältyy näin ollen melko suuri määrä kuitupuuta. Poistuville eläville puille tukkipuita lukuunottamatta on tyypillistä suuri suhteellinen oksamassa ja suuri runkohukkapuuosuus, mikä puoltaa niiden korjuuta kokonaan energiapuuksi.

Varttuneiden kasvatusmetsien ja uudistuskypsien metsien harvennuksissa sekä suojuspuumetsien hakkuissa koko puusto luokiteltiin tavanomaisesti ainespuuksi. Energiapuuksi luettiin elävän puuston runkohukkapuu ja oksat sekä kuolleen puuston runkohukkapuu.

Kehityskelpoisten metsien uudistamisen yhteydessä energiapuuksi luettiin vain elävän puuston runkohukkapuu ja oksat sekä kuolleen puuston runkohukkapuu. Vajaatuottoisia metsiä uudistettaessa tukkipuusto luokiteltiin tavanomaisesti ainespuuksi. Tukkipuuston runkohukkapuu ja oksat, muu puusto oksineen sekä kuolleen puuston runkopuu luettiin energiapuuksi. Muun puuston lukeminen energiapuuksi on perusteltua puuston rakenteen takia. Hakattavaa puustoa on yleensä vähän ja se on pienikokoista, joten sen korjuu ei välttämättä ole kannattavaa perinteisillä menetelmillä. Energiapuuksi korjuuta puoltaa lisäksi vajaatuottoisten metsien yleensä harvassa asennossa kasvaneen puuston suuri oksien määrä.

336. Energiapuun korjuun rajoitukset

Edellä kuvatuin perustein saadaan hakkuupoistuman ja potentiaalisen energiapuukertymän arviot. Laskelmaan on lisättävä rajoituksia, jotta päästäisiin lähemmäksi energiapuun todellisia talteenottomahdollisuuksia. Rajoitukset ovat pääosin taloudellisia. Vaikuttavia tekijöitä ovat teko- ja kuljetuskustannukset sekä kuitupuun ja energiapuun hinnat. Hintatekijät jäävät tämän tutkimuksen ulkopuolelle, koska niiden ajallinen vaihtelu on suuri. Tekokustannusten energiapuukertymää pienentävää vaikutusta arvioitiin soveltamalla ositteissa ns. korjuun todennäköisyyskerroimia. Laskelmaa tarkennettiin edelleen asettamalla rajoituksia kuljetuskustannuksille, joita syntyy sekä metsässä että maantiellä. Teko- ja kuljetuskustannusten erillinen käsittely, kuten tässä tapahtuu, jättää huomioon ottamatta niiden yhteisvaikutuksen. Onhan luonnollista, että lyhyemmiltä matkoilta kannattaa korjata energiapuuta huonommista kohteista kuin pitemmiltä matkoilta. Tekijöiden yhteisvaikutuksen tarkastelu ei tässä aineistossa ole mahdollista.

Puuston rakenne ja määrä vaikuttavat korjuun todennäköisyyteen. Tuottavuus alenee puiden läpimitan pienentyessä (Harstela & Tervo 1977, Hakkila ym. 1977). Energiapuun pienen keskitilavuuden vuoksi laskelmassa jätettiin ositteita kokonaan energiapuun korjuun ulkopuolelle. Näissä ositteissa todennäköisyys on siis

asetettu nollassi. Todennäköisyydet muissa ositteissa asetettiin puuston määrän ja laadun perusteella pyrkien lähinnä vain ositteiden saamiseen oikeaan järjestykseen toistensa suhteen. Ainoa varma lähtökohta on se, että todennäköisyydet ovat pienempiä kuin yksi kaikissa ositteissa.

Laskelman sovellusalueella käytetyt energiapuun korjuutodennäköisyydet näkyvät liitetaulukossa 8. Seuraavassa perustellaan hieman tarkemmin kertoimien valintaa. Perusteet ovat pääosin yleisiä. Sovelluksissa alueen puustotunnukset vaikuttavat kertoimien hienosäätöön.

Ositteissa 1 ja 2 ei inventointihetkellä ole ollut riittävää taimiainesta. Siis on ilmeistä, että taimikonhoitoa ei tarvita 10 vuoden aikana eikä ainakaan siemenpuiden poiston yhteydessä. Siemenpuista kertyvä oksamassa ja runkohukkapuu on vähäinen. Tällä perusteella laskelmassa ei korjattu energiapuuta näissä ositteissa lainkaan (kerroin 0,0).

Ositteissa 3 ja 4 (pieni taimikko inventointihetkellä) poistetaan ylispuut ja usein samalla kertaan hoidetaan taimikkoa muutenkin. Tämän lähinnä metsänhoidollisen toimenpiteen kannattavuutta pyritään lisäämään energiapuun korjuulla siellä, missä se suinkin on mahdollista. Laskelmassa käytettiin pienempää kerrointa ositteessa 4. Siihen kuuluvissa metsiköissä on todettu pienempi käsittelytarve, mikä otetaan huomioon pääasiassa hakkuiden ajoituksessa ja toteutumisasteessa ja jossain määrin myös energiapuun korjuun todennäköisyyskertoimessa.

Inventointihetken varttuneet taimikot ovat ositteissa 5–7. Välittömän taimikonhoidon (osite 5) välitön taloudellinen tulos paranee energiapuuta korjaamalla. Kerroimen oletettiin olevan suurempi kuin ositteissa 3 ja 4. Ositteissa 6 ja 7 poistetaan ylispuuta ja tehdään ensiharvennuksia. Ylispuiden poistoon liittyy usein myös muuta taimikonhoitoa. Paremmen kertymän ansiosta kerroin asetettiin suuremmaksi ositteessa 6 kuin ositteessa 5. Ositteessa 7 käytettiin pienempää kerrointa kuin ositteessa 6. Perustelut ovat samat kuin edellä ositteiden 3 ja 4 yhteydessä.

Inventointihetken nuoret kasvatusmetsät ovat ositteissa 8–11. Viivästyneen taimikonhoidon yhteydessä kertoimen oletettiin olevan suurempi nuoressa harvennusmetsässä (osite 8) kuin taimikossa (osite 5). Ositteessa 9 tehdään hakkuu, johon voi liittyä myös viivästynyt taimikonhoito. Ositteissa 10 ja 11 tehdään pelkkä hakkuu. Hakkuut voivat olla ensiharvennuksia, harvennuksia ja ylispuiden poistoa. Inventointihetkellä todettu hakkuutarve pienenee ositteesta 9 ositteeseen 11. Laskelman kertoimet alenivat samassa järjestyksessä (vertaa ositteet 3 vs. 4 ja 6 vs. 7).

Varttuneiden kasvatusmetsien ja uudistuskypsien metsien harvennuksissa korjataan pääasiassa tukkia ja kuitupuuta. Inventointihetken hakkuutarve alenee ositteesta 12 ositteeseen 14. Samoja kertoimia käytettiin myös niissä kehityskelpoisissa uudistuskypsissä metsissä, jotka harvennetaan (alaositteet 151, 161 ja 171).

Kehityskelpoisten metsien uudistushakkuissa (alaositteet 121, 131 ja 141 sekä ositteet 15–17) oletettiin energiapuuta korjattavan alle puolella hakkuualasta. Suojuspuuston hakkuissa (ositteet 18–20) kertoimille annettiin jonkin verran pienemmät arvot. Vajaatuottoiset lehtipuuvaltaiset metsät ovat parhaita energiapuun korjuukohteita. Sen vuoksi niiden uudistushakkuissa (ositteet 21–22) käytettiin suuria kertoimia. Muissakin vajaatuottoisissa metsissä on enemmän lehtipuuta kuin kehityskelpoisissa uudistuskypsissä metsissä. Sillä perusteella niiden uudis-

tushakkuissa (ositteet 23–24) käytettiin hieman suurempia kertoimia kuin kehityskelpoisten metsien uudistushakkuissa.

Kuljetusmatkoista johtuvien rajoitusten selvittämiseksi on tiedettävä potentiaalisten korjuukohteiden maastokuljetusmatkat ja maantietmatkat käyttökohteeseen. Matkojen osalta tulos on täysin sovellusaluekohtainen. Rovaniemen tapausta käsitellään tarkemmin sivulla 26. Metsäkuljetuskustannukset arvioitiin regressiomallilla (Keskimölo 1994a)

$$(7) K1 = 23,14 + 0,06 \cdot M1$$

missä $K1$ = kustannus mk/m^3 ja $M1$ = metsäkuljetusmatka metreinä. Vuolteen ¹⁾ kustannusarvioiden perusteella laskettu kaukokuljetuskustannusten regressiomalli on

$$(8) K2 = 22,97 + 0,26 \cdot M2$$

missä $K2$ = kustannus mk/m^3 ja $M2$ = maantietmatka kilometreinä.

Käytännön puunkorjuussa käytetään tilapäisiä talviautoteitä, jotka alentavat kuljetuskustannuksia. Tämän vuoksi laskelma aliarvioi metsämaan pinta-alaa kuljetuskustannusrajoitetta käytettäessä. Virheen suuruusluokkaa ei ole mahdollista arvioida tämän tutkimuksen puitteissa. Oletus on, että johtopäätösten kannalta aliarvio ei ole ratkaiseva.

Oikean kuljetuskustannusrajoitteen määrittäminen ei kuulu tämän tutkimuksen piiriin. Siihen vaikuttavat puun ja vaihtoehtoisten energialähteiden väliset hintasuhteet ja kansantaloudelliset seikat. Jälkimmäinen asiaryhmä muodostaa niin laajan kokonaisuuden, että sen käsittely jää tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Tämän tutkimuksen ensisijaisena tehtävänä oli arvioida tavanomaisen hakkuutoiminnan yhteydessä muodostuva energiapuumäärä. Sitä arvioidaan peruslaskelmassa, jonka olennaisin anti kuitenkin on hakkuupoistuman arvioissa. Energiapuun talteenottoa arvioidaan ensin soveltamalla korjuun todennäköisyyskertoimia metsämaan koko pinta-alalla. Esimerkkinä kuljetuskustannusten vaikutuksesta tehdään vielä laskelmia, joissa kuljetuskustannuksille asetetaan yläraja. Kuljetuskustannusrajoitteen sisältävissä laskelmissa käytettiin uusia keskitilavuuksia ja runkohukkavuusuuksia, mutta hakkuuajankohdat, kasvuprosentit ja oksaosuudet olivat samat kuin koko tutkimusalueella tehdyssä laskelmassa.

Kuljetuskustannusrajoituksen soveltaminen johtaa energiapuukertymän aliarvioon, jos käytetään samoja hakkuuiden toteutumisasteita ja energiapuun korjuun todennäköisyyskertoimia kuin peruslaskelmassa. Sen vuoksi tehtiin vielä energiapuukertymän loppulaskelma korottamalla sekä hakkuuiden toteutumisasteita että energiapuun korjuukertoimia.

Hakkuupotentiaalia todennäköisesti hyödynnetään tarkemmin lyhyillä kuljetusmatkoilla. Tässä laskelmassa toteutusasteiden lisäyksen oletetaan riippuvan metsän käsittelytavasta. Liitetaulukossa 14 näkyvät korotetut toteutusasteet on laskettu liitetaulukon 5 toteutusasteista käyttämällä seuraavia kertoimia:

¹⁾ Esa Vuollet, Metsähallitus, Rovaniemi

Käsittely	Kerroin	Ositteet
Välitön taimikonhoito	1,02	5 ja 8
Taim.hoito ja/tai ylis. poisto	1,03	1 – 4
Kuten edellä ja/tai ensiharvennus	1,04	6 ja 7
Suojusp. poisto	1,04	18, 19 ja 20
Harv. ja uudistushakkuut	1,05	Kaikki muut

Kertoimen viimeinen numero ilmaisee suoraan toimenpidealan prosentuaalisen lisäyksen. Lähestymistapa merkitsee implisiittisesti sitä, että toteutusasteet alenevat laskelman ulkopuolelle jäävissä metsissä. Laskelmassa korotettiin toteutusasteita suhteellisen vähän, koska sovellusalueen aineistosta ei ollut pääteltävissä, että kuljetusmatkat olisivat vaikuttaneet metsien tähänastiseen käsittelyyn.

Toimenpiteiden toteutusasteiden korotus 2–5 prosentilla lisää toimenpideoja vastaavasti. Samalla kasvavat myös niiden käsittelyalueiden pinta-alat, joilta korjataan energiapuuta. Energiapuun kuljetus on kalliimpaa kuin tukin ja kuitupuun. Voidaan siis päätellä, että kuljetuskustannusrajoitteen käyttö vaikuttaa myös energiapuun korjuukertoimia korottavasti. On vaikea perustella erisuuruisia korotuksia eri ositteissa. Tästä syystä laskelmassa korotettiin kaikkia korjuukertoimia 5 prosentilla liitetaulukossa 8 näkyvistä arvoista. Nämä kaksi korotusta yhdessä lisäävät energiapuun korjuualaa ositteesta riippuen 7–10 prosentilla.

4. Tulokset laskelman sovellusalueella

41. Rovaniemen laskelman perustiedot

Energiapuulaskelmassa käytettävien metsämaaositteiden pinta-alat esitetään liitetaulukossa 1. Inventoinnin näytteessä ei esiinny kolmea ositetta (1,18 ja 22), joten ne eivät vaikuta tulokseen ko. sovellusalueella. Suurimman ositteen muodostavat vartuneet taimikot, joissa ei ole välitöntä hoitotarvetta tai hakkuutarvetta lähimmän viiden vuoden sisällä (osite 7, 19 % metsämaan alasta). Toiseksi eniten pinta-alaa on nuorissa kasvatusmetsissä, joissa ei ole esitetty hakkuuta ensimmäiselle 10-vuotisjaksolle (11, 18 %).

Puustotiedot inventointihetkellä (1983) energiapuulaskelman ositteissa esitetään liitetaulukossa 2. Keskitilavuudet kasvatettiin liitetaulukon 3 kasvuprosentteilla hakkuuajankohtiin ensimmäiselle ja toiselle viisivuotisjaksolle. Tällä tavalla arvioidut puustotiedot hakkuuhetkellä esitetään liitetaulukoissa 4a ja 4b. Ositteissa 3–11 voi esiintyä ylispuuta. Näissä ositteissa käytettiin eri kasvuprosentteja tukkipuustolle kuin muulle puustolle, jotta saataisiin oikeampi kuva puustosta hakkuuhetkellä. Virhettä tulee hieman siitä, että kaikki tukkipuusto ei välttämättä ole ylispuustoa nuorissa kasvatusmetsissä.

Liitetaulukossa 5 esitetään sovellusalueella käytetyt toimenpiteiden toteutumisosuudet ja niitä vastaavat pinta-alat. Huomiota kiinnittää pienet toteutumisosuudet uudistuskypsissä metsissä, joiden pinta-ala oli 65 000 ha. Vajaatuottoisten metsien ositteissa pinta-alaa oli 64 000 ha, mistä 15 000 ha oli lehtipuuvaltaista. Mäkisen ja Sandströmin (s. 5) mukaan kolme neljäsosaa Rovaniemen uudistushakkuista on viimeaikoina tehty vajaatuottoisissa metsissä. Yksityismetsissä ns. Lapin laki

(1057/1982) ohjaa uudistushakkuita vajaatuottoisiin metsiin. Koska laskelmassa pyritään jäljittelemään vallitsevaa käytäntöä, vain noin neljäsosa kaikista uudistus-hakkuista toteutettiin kehityskelpoisissa metsissä.

Laskelman käsittelyalat voidaan luontevasti ryhmitellä inventointihetken kehitysluokan perusteella. Ositteissa 1–8 ovat aukeat, siemenpuustot ja taimikot sekä sellaiset nuoret kasvatusmetsät, joissa taimikonhoito on jäänyt tekemättä. Näissä ositteissa tehdään ylispuiden poistoa, taimikonhoitoa ja harvennushakkuita yhteensä 5 900 ha vuodessa molemmilla viisivuotisjaksoilla. Tähän alaan sisältyy huomattavan paljon metsiköitä, joissa ei ole tehty toimenpide-esitystä lainkaan tai esitys on tehty vasta toiselle viisivuotisjaksolle (51 % ensimmäisellä ja 79 % toisella viisivuotisjaksolla). Tämänäyttävien metsien pinta-alat ovat niin suuret, että toimenpidealat muodostuvat suuriksi pienilläkin toteutumisasteilla. Laskel-massa ko. toteutumisasteet olivat 5–15 %. Näiltä osin laskelma ei kuitenkaan välttämättä ole käytännönvastainen. Käsittelytarpeen ennakointi kymmenenkin vuoden päähän on taimikoissa epävarmaa. Toisaalta juuri näissä metsissä ilmei-sesti tehdään suhteessa eniten tarpeettomia toimenpiteitä.

Inventointihetken nuorissa kasvatusmetsissä hakkuualat ovat 1 200 ha/v molemmilla viisivuotisjaksoilla. Tästä sellaisten metsien osuus, joissa hakkuuta ei ole esitetty koko kymmenvuotisjaksolle, on 12 % ensimmäisellä ja 23 % toisella viisivuotisjaksolla. Harvennushakkuualat inventointihetken varttuneissa kasva-tusmetsissä ovat myös suuruusluokkaa 1 200 ha/v molemmilla viisivuotisjaksoil-la. Hakkuuehdotusta saamattomien metsien osuudet varttuneiden kasvatusmetsien harvennuspinta-alasta eri viisivuotisjaksoilla ovat 7 % ja 14 %. Varttuneita kasva-tusmetsiä myös uudistetaan. Näiden osuus koko hakkuualasta inventointihetken varttuneissa kasvatusmetsissä on 8 % ensimmäisellä ja 12 % toisella viisivuotis-jaksolla. Toisaalta näiden osuudet koko uudistuspinta-alasta inventointihetken varttuneissa kasvatusmetsissä ja uudistuskypsissä metsissä ovat 9 % ensimmäi-sellä viisivuotisjaksolla ja 13 % toisella viisivuotisjaksolla.

Uudistushakkuualat inventointihetken uudistuskypsissä metsissä ovat suuruus-luokkaa 1 100 ha/v molemmilla viisivuotisjaksoilla. Hakkuuehdotusta saamatto-mien metsien osuudet tästä alasta ovat vain 2 ja 3 %. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että ko. ositteen pinta-ala kokonaisuudessaan on pieni. Uudistuskypsissä metsissä tehdään myös harvennuksia. Näiden osuudet koko hakkuualasta inventointihetken uudistuskypsissä metsissä ovat 10 % ensimmäisellä ja 5 % toisella viisivuotisjak-solla. Toisaalta näiden osuudet koko harvennushakkuualasta inventointihetken varttuneissa ja uudistuskypsissä metsissä ovat 9 % ensimmäisellä ja 4 % toisella viisivuotisjaksolla.

Koko uudistushakkuuala, 4 700 ha vuodessa, on 0,92 % metsämaan pinta-alas-ta. Tämä vastaa noin 110 vuoden keskimääräistä kiertoaikaa, mikä voi olla hieman alhainen. Toisaalta tavoitteena on vajaatuottoisten metsien osuuden pienentämi-nen, mikä puoltaa suurempia vuotuisia uudistusaloja lyhyellä ajanjaksolla. Vuou-tuinen kokonaiskäsittelyala on 2,6 % metsämaan pinta-alasta. Tämä voidaan ryh-mitellä vielä seuraavasti:

Käsittely	Vuodet 1–5		Vuodet 6–10	
	ha/a	%	ha/a	%
Toimenpiteet ositteissa 1–8	5876	1,15	5879	1,15
- välitöntä taimikonhoitoa	2364	0,46	984	0,19
Toimenpiteet ositteissa 9–24	7385	1,44	7474	1,46
- harvennusta ¹⁾	2530	0,49	2433	0,47
- uudistusta	4701	0,92	4700	0,92
- suojustuiden poistoa	154	0,03	341	0,07
Yhteensä	13261	2,59	13352	2,61

¹⁾ Voi liittyä myös ylispuiden poistoa nuoressa kasvatusmetsässä

Useissa taimikko-ositteissa voidaan suorittaa samanaikaisesti sekä ylispuiden poisto että taimikonhoito. Varttuneessa taimikossa ehdotettu taimikonhoito voi olla toteutushetkellä ensiharvennus. Varttuneessa taimikossa ja nuoressa kasvatusmetsässä ehdotettu hakkuu voi olla toteutuessaan ylispuiden poisto tai harvennus (tai molempia). Nuori kasvatusmetsä, jossa on tehty hakkuuesitys, voi olla hakkuuhetkellä varttunut kasvatusmetsä. Näistä esimerkeistä käy ilmi, että laskelmalla muodostuva käsittelyohjelma ei anna kaikilta osin oikeata kuvaa erityyppisten toimenpiteiden pinta-aloista toteutushetkellä. Poistuman määrästä ja rakenteesta sen sijaan saadaan hyvä käsitys inventointihetken puustotunnusten ja kasvuprosenttien perusteella.

Laskelmasta ei voida johtaa tarkkoja taimikonhoitotavoitteita myöskään seuraavasta syystä. Kymmenessä vuodessa uudistetaan yhteensä 47 000 ha, josta alasta osaa käsitellään jo tarkastelujakson aikana. Suuruusluokasta saa jonkinlaisen käsityksen inventointihetken tilanteesta. Pieniä taimikoita oli 40 000 ha, joista laskelmasta käsitellään 862 ha vuodessa ensimmäisellä viisivuotisjaksolla. Tarkastelujakson lopussa tilanne uudistusaloilla voisi olla samansuuntainen. Käsitelyala itse tarkastelujaksolla on kuitenkin pieni ajallisen jakauman muodosta johtuen.

Hakkuissa poistuva ja jäävä puusto määriteltiin luvussa 333. Yleisenä tavoitteena on lehtipuusekoituksen suosiminen jäävässä puustossa. Esimerkiksi varttuneiden taimikoiden ositteissa 5–7 jäävän puuston puulajirakenne muodostui sovelsalueella seuraavaksi:

Osite	Mänty	Kuusi %	Lehtipuut
5	70	16	14
6	85	-	15
7	78	8	14

Hakkuupoistuman runkohukkapuosuudet esitetään liitetaulukossa 6. Tukkipuuston runkohukkapuosuudet olivat 0,2–1,6 % rungon kokonaistilavuudesta. Muussa kuin tukkipuustossa osuudet vaihtelivat muutamasta prosentista yli 60 prosenttiin. Suurin hukkapuuprosentti oli ositteen 5 lehtipuilla. Tämä on selitettävissä ylittehen taimikon lehtipuiden koolla ja runkomuodolla. Pienimmät muun puuston hukkapuosuudet olivat varttuneissa kasvatusmetsissä ja uudistuskypsissä metsissä. Näissä kehitysluokissa tukkipuun mittoja täyttämätönkin puusto on suhteellisen kookasta verrattuna tilanteeseen muissa kehitysluokissa. Kuolleen puus-

ton runkohukkapuuosuus oli suurimmillaan lähes 100 % keskiarvon asettuessa noin 13 %:n tasolle.

Runkopuun lisäksi laskelmassa arvioitiin elävien oksien määrää. Oksien määrä suhteessa runkopuun määrään esitetään liitetaulukossa 7. Elävien oksien tilavuus kiintokuutiometreinä lasketaan liitetaulukon 7 prosenteilla poistuvan puuston runkotilavuudesta. Oksien lisäksi energiapuupotentiaaliin sisältyy runkopuuta vaihtelevasti. Määrä riippuu lähinnä kehitysluokasta ja toimenpiteestä. Asiaa on käsitelty tarkemmin luvussa 335.

Liitetaulukoissa 1–7 annetuilla perustiedoilla syntyy ns. peruslaskelma, joka antaa hakkuupoistuman ja energiapuupotentiaalın arviot. Tulokseen vaikuttaa eniten toteutuspinna-arat, joiden muuttaminen johtaa herkästi suuriin tilavuus- ja rakennemuutoksiin. Seuraavassa alaluvussa esitetään hakkuupoistuma lähinnä sen vuoksi, että asiantunteva lukija voisi tehdä johtopäätöksiä sen ja samalla myös energiapuukertymien realistisuudesta. Energiapuukertymäarviot edellyttävät peruslaskelman mukaista hakkuupoistumaa.

42. Hakkuupoistuma-arvio ja energiapuupotentiaali

Hakkuupoistuman arvio metsämaalla esitetään taulukossa 1. Vuotuinen poistuma elävästä puustosta on 553 000 m³ ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 604 000 m³ toisella viisivuotisjaksolla. Kasvun arvio metsämaalla oli inventointihetkellä 863 000 m³. Kasvutrendi on nouseva, joten elävän puuston hakkuupoistuman osuus kasvusta on noin 2/3. Jos suhde olisi sama kitumaalla, poistuma-arvio sieltä olisi suuruusluokkaa 20 000 m³ vuodessa. Elävän puuston lisäksi metsämaalla poistuu hakkuissa käyttökelpoista kuollutta puustoa 23 000–24 000 m³ vuodessa. Tämä on noin 4 % elävän puuston poistumasta. Kitumaalla käyttökelpoisen kuolleen puuston poistuma lienee suuruusluokkaa 1 000 m³ vuodessa.

Taulukko 1. Hakkuupoistuman arvio metsämaalla Rovaniemellä.

Poistuma- arvion osa	Mänty	Puulaji Kuusi	Lehtipuut	Yhteensä	Kuolleet puut
Ensimmäisellä viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Tukki	106	16	-	121	-
Kuitupuu	146	81	135	362	19
Runkohukkapuu	19	13	36	69	4
Yhteensä	271	110	171	553	24
Toisella viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Tukki	120	17	-	138	-
Kuitupuu	161	88	141	390	20
Runkohukkapuu	24	15	37	76	3
Yhteensä	305	120	179	604	23

Hakkuupoistuma-arvion realistisuutta voidaan arvioida eri tavoilla. Ensiksi voidaan yksiselitteisesti todeta, että hakkuupoistuman tulee olla kasvua pienempi puuston kehitysluokkarakenteen vuoksi. Inventointihetkellä 2/3 metsämaasta oli uudistusalaa, taimikkoa tai nuorta kasvatusmetsää. Viimeksimainitun kehitysluokan osuus metsämaasta oli 28 % kaikissa metsissä ja 30 % kehityskelpoisissa metsissä. Suuri osa metsistä on siis kiihtyvän kasvun ja puuston lisääntymisen kehitysvaiheessa. Tietyn vaiheen jälkeen myös hakkuupoistuman määrä alkaa lisääntyä, kuten energiapuulaskelmassa jo tapahtuikin.

Eräs vertailusuure saadaan suhteuttamalla metsämaan hakkuukertymä metsämaan pinta-alaan. Kuusela ym. (1986, s. 82) esittävät Lapin metsälautakunnan etelä- ja keskiosan (= Lapin ml. ilman Perä-Lappia) kertymäsuunnitteeksi 2,868 milj. m³. Kitumaan osuus on ilmeisesti hieman suurempi kuin Rovaniemellä, joten kertymäsuunnite metsämaalla on suuruusluokkaa 2,75 milj. m³. Suunnitteessa ei ilmoiteta talousmetsien pinta-alatietoja. Jos metsämaan pinta-ala olisi sama kuin Lapin Metsä 2000 -ohjelmassa (2,46 milj. ha), kertymäsuunnite olisi 1,12 m³/ha. Suunnite on ilmeisesti laskettu hieman suuremmalta metsämaa-alalta, joten oikea arvio on edellä mainittua pienempi. Energiapuulaskelmassa vastaava suure Rovaniemellä on 0,94 m³/ha ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 1,03 m³/ha toisella viisivuotisjaksolla. Ero on selvä varsinkin ottaen huomioon Rovaniemen sijainti.

Vertailu ei ota huomioon alueellisia eroja puustossa ja kasvupaikoissa. Jos niitä ei olisi, edellä todettua eroa voidaan selittää vielä ainakin kolmella seikalla. Ensinnäkin lukuarvo 1,12 m³/ha on laskennallisista syistä liian suuri. Toiseksi se on suunnite, millä tarkoitetaan SUURINTA kestävää hakkuukertymää. Energiapuulaskelmassa pyrittiin arvioimaan käytännössä toteutuvaa hakkuutoimintaa, joka useammin alittaa kuin ylittää kestävyuden. Kolmanneksi on tiedossa, että pyritäessä kestävyyteen pienillä alueilla suunnite laskettuna pienalueiden summana on pienempi kuin koko alueelle laskettu kestävä suunnite.

Lapin metsä 2000 -ohjelmassa (Varmola 1988) Lapin ja Koillis-Suomen suunnite laskettiin viiden osa-alueen summana. Kertymäsuunnite metsämaalla Lapin metsälautakunnan eteläosassa oli 1,78 milj. m³. Hakkuutoiminnan piirissä olevaa metsämaata oli 1,32 milj. ha, joten hehtaariohtainen kertymäsuunnite oli 1,35 m³/ha. Alueeseen kuuluu Rovaniemi, Ranua, Simo, Tervola, Kemi, Keminaa, Tornio, Ylitornio ja Pello. Puuntuotannollisessa mielessä alue on hyvin epätasainen. Edellytykset ovat huonoimmat Ranualla ja Rovaniemellä. Tästä huolimatta ero energiapuulaskelmaan vaikuttaa suurelta.

Edellä havaittuihin eroihin voidaan vielä osoittaa eräs rakenteellinen tekijä. Energiapuulaskelmassa uudistushakkuut painotetaan tarkoituksellisesti vajaatuotoksiin metsiin. Jos uudistushakkuut kohdistuisivat kehityskelpoisiin ja vajaatuotoksiin metsiin pinta-alojen suhteessa, energiapuulaskelman kertymäarviot olisivat 1,05 m³/ha ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 1,14 m³/ha toisella viisivuotisjaksolla. Tämä on samaa suuruusluokkaa Kuuselan ym. (1986) esittämän suunnitteen kanssa.

Hakkuukertymää voidaan kasvattaa lähinnä vain kasvatushakkuiden toteutusasteita nostamalla, jos uudistushakkuualaa ei lisätä. Vaikutuksen selvittämiseksi toteutusasteita nostettiin sekä nuorissa että varttuneissa kasvatusmetsissä. Jos hakkuuta oli ehdotettu ensimmäiselle viisivuotisjaksolle, koelaskelmassa toteutettiin

80 % ehdotetusta alasta kymmenvuotisjakson aikana. Vastaava osuus oli 40 % niissä kasvatusmetsissä, joissa hakkuuta oli ehdotettu toiselle viisivuotisjaksolle. Varsinaisessa laskelmassa käytetyt osuudet näkyvät liitetaulukossa 5. Niihin verrattuna koelaskelman osuudet kymmenvuotisjaksolla ovat kehitysluokasta ja ehdotuksesta riippuen 3–23 prosenttiyksikköä korkeammat. Uudistusalojen oletettiin jakautuvan kehityskelpoisiin ja vajaatuottoisiin metsiin pinta-alojen suhteessa. Näillä edellytyksillä hakkuukertymäksi tuli 1,10 m³/ha ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 1,18 m³/ha toisella viisivuotisjaksolla.

Edellä kuvattu koelaskelma osoittaa, että toteutusasteita nostamalla tulos ei muutu ratkaisevasti. Koelaskelman toteutusasteita voidaan pitää kunnianhimoisina. Kokeen antama tulos lienee lähempänä suunnitetta kuin käytännön hakkuutoiminnan arviota. Energiapuulaskelman hakkuupoistuma-arvio on epäilemättä varovainen ja sellaisena lähempänä käytäntöä. Tämä ominaisuus johtunee laskelman toteutustavasta, missä lähtökohtana on maastossa todettu käsittelytarve. Aiemmat kokemukset (Mattila 1986) tästä lähestymistavasta ovat samansuuntaisia.

Rovaniemen energiapuupotentiaalin arvio esitetään taulukossa 2. Arvio perustuu edellä esitettyyn hakkuupoistuma-arvioon. Koko potentiaali on 432 000 m³ vuodessa ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 456 000 m³ vuodessa toisella viisivuotisjaksolla. Kuitupuun osuus potentiaalista on hieman yli puolet molemmilla jaksoilla. Yli 3/5 hakkuupoistuma-arvion kuitupuusta kuuluu laskelman mukaan energiapuupotentiaaliin. Lähes 40 % energiapuupotentiaalista on elävän puuston hakkuissa syntyvää lehtipuuainesta (kuitupuuta, hukkapuuta ja oksia). Hakkuupoistuma-arviossa lehtipuiden osuus elävien puiden runkotilavuudesta on noin 30 %. Energiapuupotentiaalin rakentumisesta on selitetty tarkemmin luvussa 335.

Taulukko 2. Energiapuupotentiaalin arvio metsämaalla Rovaniemellä.

Potentiaalin osa	Mänty	Puulaji Kuusi	Lehtipuut	Kuolleet puut	Yhteensä
Ensimmäisellä viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuun	76	48	93	11	227
Runkohukkapuu	19	13	36	4	74
Oksat	56	37	38	-	131
Yhteensä	151	99	168	15	432
Toisella viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuun	83	52	96	9	241
Runkohukkapuu	24	15	37	3	79
Oksat	63	41	41	-	145
Yhteensä	169	108	175	13	465

43. Energiapuukertymäarvio

Energiapuupotentiaali on suurin mahdollinen fyysinen korjuumahdollisuus ilman mitään käytännön rajoituksia. Käytännön korjuumahdollisuuksien hahmottamiseksi esitetään seuraavaksi neljä erilaista energiapuukertymäarviota, jotka ovat:

1. Energiapuukertymä, kun korjuulle asetetaan rajoituksia
= kertymäarvio 1
2. Energiapuukertymä, kun kuljetuskustannuksille asetetaan rajoituksia
= kertymäarvio 2
3. Energiapuukertymä, kun sekä korjuulle että kuljetuskustannuksille asetetaan rajoituksia
= kertymäarvio 3
4. Kuten 3, mutta korotetuilla hakkuiden toteutumisasteilla ja energiapuun korjuukertoimilla
= kertymäarvio 4 eli loppulaskelma

Kaksi ensimmäistä arviota yhdessä potentiaalin kanssa muodostavat karkean herkkyyksianalyysin. Käytännön energiapuukertymämahdollisuuksia yritetään hahmottaa arvioissa 3 ja 4.

Liitetaulukossa 8 näkyviä energiapuun korjuutodennäköisyyksiä on perusteltu luvussa 336. Taulukon kertoimet ilmaisevat suoraan sen, kuinka suurella osalla toimenpiteiden toteutumisalasta oletetaan korjattavan myös energiapuuta. Näin syntyvä energiapuukertymä (kertymäarvio 1) esitetään taulukossa 3. Korjuutodennäköisyyksiä käyttämällä kertymät olivat 60 % energiapuupotentiaalista eli 262 000 m³ vuodessa ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 278 000 m³ vuodessa toisella viisivuotisjaksolla. Kuitupuun osuus tässä kertymäarviossa (55–56 %) on hieman suurempi kuin energiapuupotentiaalissa. Lehtipuuaineksen osuus on nousut ollen nyt yli 40 %.

Taulukko 3. Energiapuukertymän arvio korjuutodennäköisyyksien käytön jälkeen metsämaalla Rovaniemellä. Energiapuun korjuukertoimet on esitetty liitetaulukossa 8.

Kertymäarvion osa	Mänty	Puulaji		Kuolleet puut	Yhteensä
		Kuusi	Lehtipuut		
Ensimmäisellä viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuun	48	29	63	7	147
Runkohukkapuu	12	7	21	2	43
Oksat	29	20	22	-	72
Yhteensä	89	57	106	9	262
Toisella viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuun	51	32	65	5	153
Runkohukkapuu	14	8	23	2	46
Oksat	32	22	24	-	79
Yhteensä	97	62	112	7	278

Kuljetusmatkoista johtuvien rajoitusten tutkimiseksi kaikki inventoinnin koealat paikallistettiin uusimmille GT-kartoille, joilta mitattiin sekä metsäkuljetusmatka lähimmälle autotielle että maantiematka Rovaniemelle. Edellinen arvioitiin 100 metrin ja jälkimmäinen 10 kilometrin luokissa. Etäisyydet lisättiin inventointiaineistoon, minkä jälkeen voitiin laskea ositteiden pinta-alat erilaisilla kuljetusmatkarajoituksilla. Vaikutus metsämaan alaan (= ositteiden pinta-alojen summa) näkyy liitetaulukossa 9. Siinä eri rajoituskombinaatioilla laskelmaan jäävät metsämaan alat on suhteutettu Rovaniemen alueen koko metsämaan alaan. Pinta-ala ilman matkarajoituksia (512 252 ha) on 100.

Jos 90 kilometrin maantiematka olisi ainoa matkarajoitus, lähes kaikki (96 %) Rovaniemen alueen metsämaa olisi laskelmassa mukana. 900 metrin maastokuljetusmatka ainoana rajoituksena sen sijaan pienentäisi metsämaan pinta-alaa yli kolmasosalla (37 %). Kun nämä molemmat rajoitukset ovat voimassa, laskelmaan tulisi 60 % Rovaniemen alueen metsämaasta.

Kuljetuskustannusten regressiomallit on esitetty luvussa 336 sivulla 18. Kuljetuskustannusten summan rajoittava vaikutus esitetään liitetaulukossa 10. Taulukkoa laskettaessa hylättiin ensin kaikki koealat, joilla metsäkuljetusmatka ylitti 900 m tai maantiematka ylitti 90 km. 60 markan rajoituksella metsämaata jäi jäljelle vain 4 %, mikä ei ole miltään osin luotettava tulos. Kuljetuskustannusrajan nostaminen 10 markan välein 70 markasta 120 markkaan lisää laskelmaan jäävää metsäalaa hidastuvasti 60 prosenttiin Rovaniemen alueen koko metsämaa-alasta. Metsämaan ala puolittuu 100 markan kustannusrajoitteella. Silloin metsäkuljetusmatka on keskimäärin 303 metriä, maantiekuljetusmatka on keskimäärin 49 km ja kuljetuskustannukset ovat keskimäärin 77 mk/m³.

Energiapuun korjuulle ei voida valita yksiselitteistä kuljetuskustannusten ylärajaa. Tässä tutkimuksessa ylärajaksi asetettiin 100 mk/m³ lähinnä sillä perusteella, että korjuun piiriin silloin jää noin puolet Rovaniemen metsämaan alasta. Näistä metsistä laskettiin uudet perustiedot. 100 markan kuljetuskustannusrajoitteen sisältävissä laskelmissa käytetyt inventointihetken keskitilavuudet esitetään liitetaulukossa 11, kasvatetut keskitilavuudet liitetaulukoissa 12a ja 12b sekä runkohukkapuuosuudet liitetaulukossa 13. Hakkuuajankohdat, kasvuprosentit ja oksaosuudet ovat samat kuin koko tutkimusalueella tehdyssä laskelmassa.

Käytetty kuljetuskustannusrajoite pudotti energiapuukertymän arvion noin puoleen energiapuupotentiaalista (taulukko 4). Kuitupuun ja lehtipuun osuudet kertymääriviestä olivat samaa suuruusluokkaa kuin vastaavat osuudet energiapuupotentiaalissa. Kun laskelmassa otettiin samanaikaisesti huomioon sekä korjuutodennäköisyydet että kuljetuskustannusrajoite, energiapuun kertymäärä arvio oli enää noin 30 % potentiaalista (taulukko 5). Kuitupuun ja lehtipuun osuudet kertymässä olivat nyt samaa suuruusluokkaa kuin vain korjuutodennäköisyydet huomioon ottavassa laskelmassa.

100 mk/m³:n kuljetuskustannusrajoitteen jälkeen näytteeseen jää 49,5 % alkuperäisestä metsämaan pinta-alasta. Ositteissa osuusluku vaihtelee epäyhtenäisesti molempiin suuntiin. Suurimmat poikkeamat yleiskeskisarvosta esiintyvät pienissä ositteissa, mikä viittaa otannasta johtuviin satunnaisvirheisiin. Ositteita on ryhmiteltävä suuremmiksi kokonaisuuksiksi varmemman kuvan saamiseksi. Kun

ositeryhmät muodostetaan inventointihetken kehitysluokan perusteella, laskelmaan jää metsämaata alkuperäisestä pinta-alasta seuraavasti:

Ositeryhmä	%
Aukeat, siemen- ja suojuustuotot sekä taimikot	49,4
Nuoret kasvatusmetsät	49,4
Varttuneet kasvatusmetsät	49,6
Uudistuskypsät metsät	48,6
Vajaatuottoiset metsät	50,8
Yleiskeskisarvo	49,5

Taulukko 4. Energiapuukertymän arvio metsämaalla Rovaniemellä. Mukana vain sellaiset metsät, joista kuljetuskustannukset Rovaniemelle ovat enintään 100 mk/m³.

Kertymä-arvion osa	Mänty	Puulaji		Kuolleet puut	Yhteensä
		Kuusi	Lehtipuut		
Ensimmäisellä viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuu	35	25	46	5	112
Runkohukkapuu	9	7	19	2	38
Oksat	28	20	20	-	67
Yhteensä	72	52	85	7	217
Toisella viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuu	41	28	49	5	122
Runkohukkapuu	11	8	20	2	41
Oksat	32	22	21	-	75
Yhteensä	85	57	90	6	238

Taulukko 5. Energiapuukertymän arvio metsämaalla Rovaniemellä korjuukertoimien ja kuljetuskustannusrajoitteen käytön jälkeen. Korjuukertoimet on esitetty liitetaulukossa 8 ja kuljetuskustannusrajoitteena on ollut 100 mk/m³.

Kertymä-arvion osa	Mänty	Puulaji		Kuolleet puut	Yhteensä
		Kuusi	Lehtipuut		
Ensimmäisellä viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuu	22	16	31	3	72
Runkohukkapuu	5	4	11	1	22
Oksat	15	11	11	-	37
Yhteensä	42	31	53	4	130
Toisella viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuu	25	17	33	3	77
Runkohukkapuu	7	4	12	1	23
Oksat	16	12	12	-	41
Yhteensä	48	34	57	3	141

Metsämaan pinta-alan suhteellinen keskivirhe oli 2,1 % (s. 7). Sen valossa poikkeamat yleiskeskivirheistä eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Siis mitä tulee ainakin ositerakenteeseen, ei voida perustellusti väittää, että laskelman piiriin jäävä metsämaa olisi erilaista kuin laskelmasta pois jäävä metsämaa. Tulos ilmeisesti merkitsee sitä, että kuljetuskustannukset eivät ole vaikuttaneet olennaisesti metsien käsittelyyn. Tosin on pidettävä mielessä, että tässä esimerkissä maantiekuljetuskustannukset oli arvioitu Rovaniemelle, mikä ei vastaa todellisuutta tukin ja kuitupuun osalta. Johtopäätös ei - kuitenkaan välttämättä ole kaukana oikeasta, sillä metsäkuljetuksen osuus kustannuksista oli 54 %.

Edellisestä huolimatta on syytä epäillä, että kuljetuskustannukset vaikuttavat sekä käsittelyiden toteutusasteisiin että energiapuun korjuun todennäköisyyksiin. Sen vuoksi tehtiin vielä loppulaskelma, missä toteutusasteita korotettiin ositteesta riippuen 2–5 prosentilla ja korjuun todennäköisyyksiä kaikissa ositteissa 5 prosentilla. Loppulaskelmassa käytetyt ositepinta-alat, totetutumisosuudet ja -alat sekä energiapuun korjuun todennäköisyydet esitetään liitetaulukossa 14.

Loppulaskelman mukainen energiapuun kertymäärä oli 142 000 m³ vuodessa ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 155 000 m³ vuodessa toisella viisivuotisjaksolla (taulukko 6). Kertymääräviitot ovat nyt 33 % potentiaalista. Kertymään sisältyy kuitupuuta 55–56 %. Tämä kuitupuumäärä, 79 000–85 000 m³ vuodessa, on 21 % hakkuupoistuma-arvion kuitupuusta. Lisäpuuainesta eli runkohukkapuuta ja oksia on loppulaskelmassa 64 000 m³ vuodessa ensimmäisellä viisivuotisjaksolla ja 70 000 m³ vuodessa toisella viisivuotisjaksolla. Elävistä lehtipuista kertyvää ainesta on yli 40 % koko kertymäärästä molemmilla viisivuotisjaksoilla.

Kaikkia energiapuukertymääräviitoissa karkeasti puolet kertymästä oli kuitupuuta, kolmasosa oksia ja loput runkohukkapuuta. Ensimmäisen, kolmannen ja neljännen arvion mukaiset kertymät jakautuivat kehitysluokkiin lähes samalla tavalla.

Taulukko 6. Energiapuukertymän loppulaskelma metsämaalla Rovaniemellä. Taulukkoon 5 verrattuna toimenpiteiden toteutusasteita (liitetaulukko 5) on korotettu 2-5 %, minkä lisäksi energiapuun korjuukertoimia (liitetaulukko 8) on korotettu 5 %. Loppulaskelman parametrit on esitetty liitetaulukossa 14.

Kertymä- arvion osa	Mänty	Puulaji		Kuolleet puut	Yhteensä
		Kuusi	Lehtipuut		
Ensimmäisellä viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuut	24	18	34	3	79
Runkohukkapuu	6	4	12	1	24
Oksat	16	12	12	-	40
Yhteensä	46	34	58	5	142
Toisella viisivuotisjaksolla 1000 m ³ /a					
Kuitupuut	27	19	36	3	85
Runkohukkapuu	7	5	13	1	25
Oksat	18	13	13	-	45
Yhteensä	52	37	62	4	155

Taulukko 7. Loppulaskelman mukaisen energiapuukertymäarvion (taulukko 6) jakauma seitsemään kehitysluokkaan ja kahteen vajaatuottoisten metsien luokkaan Rovaniemellä.

Viisi- vuotis- jakso	Luokka ¹⁾								Yhteensä			
	Kehitysluokka							Vajaatuottoiset				
	1	2	3	4	5	6	7	Yht.	Lpv	Muut	Yht.	
	1000 m ³ /a											
1	-	1	24	24	4	7	0	60	32	51	83	142
2	-	1	27	21	4	7	0	60	40	56	95	155

¹⁾ Kehitysluokat: 1 = Aukea tai siemenpuusto, 2 = Pieni taimikko, 3 = Varttunut taimikko, 4 = Nuori kasvatusmetsä, 5 = Varttunut kasvatusmetsä, 6 = Uudistuskypsä metsä ja 7 = Suojuspuu-aseto. Vajaatuottoiset: Lpv. = lehtipuuvaltaiset ja Muut = muut vajaatuottoiset metsät.

Korjuukertoimien vaikutus näissä arvioissa painotti otollisia kohteita energiapuun korjuussa. Energiapuupotentiaalissa ja toisessa kertymäarviossa tätä vaikutusta ei ollut. Kun korjuukertoimia käytettiin, kertymän jakaumassa ositteisiin tapahtui seuraavanlaisia muutoksia: Varttuneiden kasvatusmetsien osuus pieneni ja vajaatuottoisten metsien osuus kasvoi. Vajaatuottoisten metsien osuuden kasvu tapahtui yksinomaan lehtipuuvaltaisissa metsissä. Muiden vajaatuottoisten metsien osuus aleni.

Kaikissa energiapuukertymän arvioissa hieman yli puolet koko kertymästä tuli vajaatuottoisista metsistä. Varttuneet taimikot ja nuoret kasvatusmetsät vastasivat energiapuukertymistä noin kolmasosan. Loppulaskelman mukaisen kertymän (neljäs kertymäarvio) jakauma kehitysluokkiin ja vajaatuottoisiin metsiin esitetään taulukossa 7.

5. Energiapuun korjuun merkitys

Energiapuupotentiaali ilmaisee energiapuukertymän fyysisen ylärajan. Se ei ole realistinen kertymätavoite vaan laskelman välivaihe, jonka kautta edetään kohti kertymäarviota. Potentiaalिन ja kertymäarvion ero syntyy rajoituksista, joita käytännössä ilmenee energiapuun korjuussa. Rajoitukset liittyvät korjuun taloudellisuuteen, joka riippuu energiapuun määrästä, korjuukustannuksista ja puun sekä energian hintatekijöistä.

Korjuukertoimilla on tarkoitus osoittaa se todennäköisyys, millä kunkin ositteen energiapuu korjataan. Tuloksena saatu energiapuukertymän arvio on herkkä todennäköisyyskertoimien muutoksille. Mitä suurempi ositteen energiapuupotentiaali on, sitä voimakkaammin kertoimen muutos vaikuttaa lopputulokseen. Kertoimien määrittäminen on harkinnanvarainen asia, jossa erilainen näkemys energiapuun korjuun mahdollisuuksista voi muuttaa kertymän suuruusluokan aivan toiseksi. Kertoimien käyttö on kuitenkin välttämätöntä, sillä energiapuuta ei korjata kaikilla hakkuualoilla missään ositteessa. Kertoimilla jäljitellään myös korjuun kohdentumista eri tavalla erilaisiin kohteisiin.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin myös selvittämään kertymäarvion riippuvuutta kuljetuskustannuksista käyttämällä kuljetuskustannusrajoitteita. "Oikean" kustan-

nusrajoitteen asettaminen on vaikeaa. Sen avulla pyrittiin jäljittelemään todellisuutta jättämällä sijainniltaan "mahdottomat" alueet pois hakkuutoiminnan piiristä. Asetetun rajoitteen (100 mk/m³) jälkeen energiapuun korjuun piiriin tulevan alan kasvu hidastuu ratkaisevasti. Tällä tavalla perusteltuna kustannusrajoite on järkevä, mutta liiketaloudelliselta ja kansantaloudelliselta kannalta sitä on vaikea määrittää.

Rajoitteisiin vaikuttavat ostajan hakkeesta maksaman hinnan lisäksi myös energiapuun korjuuseen saatava tuki. Yksityismetsien energiapuun korjuuseen on suoraan kohdistettu 25 mk:n tuki korjattua kiintokuutiometriä kohden. Lisäksi energiapuun korjuuta helpottaa nuorten metsien kunnostukseen saatava metsänparannustuki. Tuet voivat lisätä toimenpidealaa ja ohjata pieniläpimittaista kuitupuuta energiapuuksi. Korjuuta voivat edesauttaa myös muut kuin rahalliset seikat. Metsänomistajan itse virkistys- ja kuntoilumielessä tekemä työ voi olla asianomaisen mielestä ilmaista.

Kokonaisuutena energiapuukertymän arvio on siis monen epävarman tekijän summa, joka riippuu asetetuista kriteereistä. Voidaankin sanoa, että "oikean" energiapuukertymän määrittäminen on mahdotonta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin vain osoittaa energiapuun korjuumahdollisuuksien karkeat rajat Rovaniemellä.

Energiapuun korjuulla on energiantuotannon lisäksi monenlaisia vaikutuksia niin metsään kuin muuhun ympäristöön. Seurannaisvaikutukset kohdistuvat lähinnä metsän elinvoimaisuuteen, ilmakehään ja yhteiskuntaan.

Energiapuun korjuun piiriin tulevat myös ainespuuta pienemmät rungon osat ja oksat. Tällä on vaikutusta metsän kasvuun, koska metsämaan viljavuus on ratkaisevasti riippuvainen karikkeissa ja hakkuutähteissä maahan palautuvista ravinteista sekä maan pieneliöstön suorittamasta orgaanisen aineen hajoitustoiminnasta (Mälkönen & Saramäki 1980). Jätepuun tehokorjuu metsissämme johtaa siten metsäluonnossa kiertävien ravinteiden määrän vähenemiseen ja voi siten nopeuttaa esimerkiksi happamoitumisen aiheuttamaa metsämaan köyhtymistä (Energiantuotannon... 1989).

Tehostetulla puun talteenotolla on metsäekosysteemiin myös muunlaisia haittavaikutuksia. Orgaanisen aineksen väheneminen ja pintakerroksen lämpö- ja kosteusolojen muutokset vaikuttavat pieneliöstön toimintaan vähentämällä aluskasvillisuutta ja hidastamalla puun taimien kehitystä (Matila 1982). On kuitenkin pidettävä mielessä, että osa hakkuutähteistä jää teknisistä ja taloudellisista syistä aina korjaamatta (Eskelinen ym. 1977, Melkko & Mäkelä 1978). Metsään jäävät yleensä hienojakoiset hakkuutähteet parantavat maan viljavuutta hakkuun jälkeen.

Energiapuun korjuulla voi olla myös positiivisia vaikutuksia puuston terveyteen. Koska hakkuutähteissä elää runsaasti erilaisia tuohyönteisiä, energiapuun korjuu vähentää niiden määrää. Reunametsällä ja jäävällä puustolla on siten energiapuuta korjatessa pienempi riski joutua tuohyönteisten hyökkäyksen uhriksi (Hakkuutähteiden... 1974).

Tuohyönteisten vähenemisen lisäksi toinen energiapuun käyttöä puoltava tekijä on metsien elinvoimaisuuden lisääminen. Mäkisen ja Sandströmin (s. 5) mukaan varttuneiden taimikoiden ja nuorten kasvatusmetsien hoitoa on laiminlyöty Rovaniemellä. Jos taimikoiden ja nuorten kasvatusmetsien hoito muuten jäisi tekemättä, energiapuun korjuun lisääminen aiheuttaisi merkittäviä metsänhoi-

dollisia ja taloudellisia etuja. Nuorten metsien kunto paranisi tulevaisuudessa, kun tiheässä kasvatusasennossa olevat taimikot ja nuoret kasvatusmetsät harvennetaisiin. Kasvu keskittyisi pienempään määrään puita, joten ainespuun saanto seuraavassa hakkuussa olisi merkittävästi suurempi. Lisäksi puunkorjuun koneellistaminen helpottuisi seuraavassa harvennuksessa, koska häiritsevää pienpuustoa ei ole hidastamassa koneen työskentelyä. Sirénin (1990) mukaan tehotuntituotos voi olla jopa 27 % suurempi valmiiksi raivatulla harvennusleimikolla.

Koneellisen korjuun helpottumisen lisäksi energiapuun korjuulla on metsänuudistamista helpottava vaikutus. Muokkauksen ja istutustyön tuottavuus nousee, kun hakkutähteet eivät ole häiritsemässä työtä (Hakkuutähteiden... 1974).

Polttoaineita tarkasteltaessa on aina otettava esille niiden käytöstä aiheutuvat päästöt. Yleisesti voidaan sanoa, että energiantuotannosta johtuvista ilman epäpuhtauksista eniten ongelmia tuovia ovat rikkidioksidi, typen oksidit ja kiinteät hiukkaset ja niiden aineosat. Liian suurina pitoisuuksina nämä epäpuhtaudet voivat yksinään tai yhdessä aiheuttaa ympäristövaikutuksia (Vornamo 1975).

Muihin energiantuotannossa käytettäviin polttoaineisiin verrattuna puun etu on savukaasujen rikittömyys. Puun rikkipitoisuus on miltei olematon verrattuna puun kilpailijana olevaan turpeeseen (Matila 1982). Puun palaessa syntyy myös muita kaasumaisia päästöjä kuten hiilen oksideja. Hiilidioksidi ei suoranaisesti ole terveydelle haitallinen yhdiste, mutta sitä voidaan pitää yhtenä ilmakehän lämpötilaa nostavana yhdisteenä (Vornamo 1975). Puuta poltettaessa vapautuva hiili sitoutuu kuitenkin ilmakehästä takaisin uusiin kasvustoihin. Tällöin ilman hiilidioksidipitoisuus ei pääse nousemaan hiilen ollessa jatkuvasti kierrossa (Kuusela 1992).

Yksi energiapuun käytön etu on sen korjuun työllistävä vaikutus. Puupolttoaineet ovat luonteeltaan paikallisia tai alueellisia polttoaineita, jotka käytetään lähellä tuotantopaikkaa. Rovaniemellä käytetty metsähake työllistäisi siten välittömästi metsureita sekä metsäkoneiden ja puutavara-autojen kuljettajia Rovaniemellä ja ympäröivällä maaseudulla. Seuraavassa asetelmassa on arvioitu energiapuun korjuun työllisyysvaikutukset henkilötyövuosina vaihtoehtoisilla käyttömäärillä. Laskelmassa käytettiin Hakkilan (1992) esittämiä työmenekkilukuja. Laskelmassa kokopuuta korjataan 70 %, josta pystykaupoin korjataan noin 1/3 ja hankintakaupoin loput. Hakkuutähteitä korjataan 30 % koko käyttömäärästä.

Työvaihe	Käyttömäärä, m ³			
	40 000	80 000	120 000	160 000
	Henkilötyövuosia			
Hakepuun teko	14	27	41	55
Hakepuun ajo	5	9	14	19
Haketus	2	5	7	9
Hakkeen ajo	4	8	12	16
Työnjohto	3	5	8	10
Koko ketju	27	54	82	109

Kun arvioidaan energiapuun korjuun työllisyysvaikutuksia, on huomioitava lisäksi energiapuun korjuu hakkuutoimintaa vai korjataanko energiapuuta vain tavanomaisen hakkuutoiminnan yhteydessä. Jos energiapuun korjuu aiheuttaisi vastaavan suuruisen lisäyksen hakkuutoimintaan, loppulaskelman suuruisen energiapuun määrän korjuun työllisyysvaikutus olisi noin 100 henkilötyövuotta. Jos

energiapuuta korjataan vain muun hakkuutoiminnan yhteydessä, kuten tässä laskelmassa on oletettu, uutta energiapuuta korjataan noin puolet kertymästä. Näin ollen työllisyysvaikutus on suuruusluokkaa 50 työvuotta.

Energiapuun käytön kasvumahdollisuuksia arvioitaessa on otettava huomioon myös kansantaloudelliset vaikutukset. Puupolttoaineiden käyttö tuo mukanaan vaikeasti arvioitavia kansantaloutta elvyttäviä seurannaisvaikutuksia, joita ei kuitenkaan oteta käytännössä huomioon tehtäessä yksityistaloudellisia päätöksiä.

Kun Rovaniemellä tehdään päätöksiä voimaloiden polttoainevalinnoista, on hyvä ottaa huomioon turpeen lisäksi myös muut vaihtoehdot. Nykyisen ja rakennettavan uuden voimalan yhteenlaskettu polttoaineen kulutus tulee olemaan noin 800 000 m³ turvetta vuodessa. Loppulaskelman mukainen noin 150 000 m³:n suuruisen energiapuumäärän vuotuinen käyttö voisi korvata turvetta noin 370 000 m³. Tämä tarkoittaa sitä, että puulla voitaisiin kattaa lähes puolet Rovaniemen voimaloiden polttoainetarpeesta. Polttoainetta tulee siten riittämään myös silloinkin, kun turpeen tuotanto on jostain syystä vaikeutunut. Energiapuun käytön tason ratkaisee viime kädessä se, pääsevätkö hakkeen tuottajat ja käyttäjät yksimielisyyteen hakkeen hintatasosta.

YHTEENVETO

Tutkimuksessa arvioitiin hakkuupoistuma ja energiapuukertymä metsän hakkuu- ja hoitoehdotuksista kymmeneksi vuodeksi eteenpäin. Aineistona käytettiin valtakunnan metsien inventoinnin näytettä Rovaniemen alueelta vuodelta 1983. Metsämaa jaettiin ositteisiin kehitysluokan, toimenpide-ehdotuksen ja hakkuutavan perusteella. Poistuma-arviota varten tehtiin jokaisessa ositteessa erikseen seuraavat laskelmat: Vuotuinen käsittelyala ensimmäisellä ja toisella viisivuotisjaksolla johdettiin ositteen pinta-alasta käsittelytavan ja -tarpeen perusteella. Inventointihetken puustotunnukset kasvatettiin ensin keskimääräiseen käsittelyajankohtaan molemmille viisivuotisjaksoille. Sitten voitiin laskea poistuvan puuston tunukset ottaen huomioon käsittelytapa ja jäävälle puustolle asetettavat vaatimukset. Laskelman tekotavan perusteella siitä voisi käyttää nimitystä ehtohakkuulaskelma.

Käsittelypinta-aloja johdettaessa lähdettiin siitä, että vuotuinen kestävä uudistusala Rovaniemellä on 4 700 ha. Toteutusasteet jäivät pieniksi, sillä uudistuskypsiä ja vajaatuottoisia metsiä oli yhteensä 130 000 ha. Vaikka vajaatuottoisia ja uudistuskypsiä metsiä on lähes yhtä paljon, laskelmassa kolme neljäsosaa uudistusalaasta toteutettiin vajaatuottoisissa metsissä. Tällä jäljiteltiin viime aikoina Lapissa vallinnutta käytäntöä. Muilta osin käsittelypinta-alat määräytyivät lähinnä metsänhoidollisin perustein. Korkeimmat toteutusasteet liittyivät taimikonhoitoon. Kun nuoressa kasvatusmetsässä oli inventointihetkellä todettu taimikonhoidon laiminlyönti, laskelmassa oletettiin 79 % tällaisesta metsäalasta käsiteltävän kymmenen vuoden sisällä.

Seuraavassa todetaan lyhyesti laskelman antamat vuotuiset hakkuupoistuman sekä energiapuupotentiaalin ja -kertymän arviot ensimmäisellä ja toisella viisivuotisjaksolla. Kaikki tilavuudet tarkoittavat kiintokuutiometriä kuorineen.

Hakkuupoistuman arvio oli 577 000 m³ ensimmäisellä jaksolla ja 627 000 m³ toisella jaksolla vuosittain. Näihin lukuihin sisältyy käyttökelpoista kuollutta puustoa 24 000 m³ ja 23 000 m³. Tukan ja kuitupuun kertymäarviot olivat 121 000 m³ ja 362 000 m³ ensimmäisellä jaksolla. Toisella jaksolla vastaavat arviot olivat 138 000 m³ ja 390 000 m³. Energiapuuta oletettiin korjattavan vain tavanomaisen hakkuutoiminnan yhteydessä. Energiapuupotentiaalin arvio oli 432 000 m³ ensimmäisellä jaksolla ja 465 000 m³ toisella jaksolla. Näissä luvuissa on hakkuupoistuma-arviioon sisältyvää kuitupuuta 227 000 m³ ensimmäisellä jaksolla ja 241 000 m³ toisella jaksolla.

Korjuu- ja kuljetuskustannuksista johtuen kaikkea potentiaalia ei käytetä hyväksi. Sen vuoksi laskelmassa yritettiin arvioida myös käytännön energiapuukertymää.

Energiapuuta ei korjata kaikilla hakkuualoilla. Laskelmassa käytettiin ositekohtaisia korjuukertoimia, joiden arvot olivat välillä 0,0–0,8. Suurimmat energiapuun korjuukertoimet laskelmassa olivat vajaatuottoisissa lehtipuuvaltaisissa metsissä. Taimikoissa ja nuorissa kasvatusmetsissä arvojen vaihteluväli oli 0,4–0,75. Näillä edellytyksillä energiapuukertymän arvioiksi muodostuivat ensimmäisellä jaksolla 262 000 m³ ja toisella jaksolla 278 000 m³, jotka ovat 60 % potentiaalista.

Energiapuuta ei korjata kaikilta kuljetusmatkoilta. Asian merkityksen selvittämiseksi laskelmassa asetettiin 100 markan kuljetuskustannusrajoitus, kun energiapuun käyttöpaikkana on Rovaniemi. Tällä rajoituksella laskelman ulkopuolelle

jäi noin puolet tutkimusalueen metsämaasta. Sen jälkeen ilman korjuukertoimia lasketut kertymääräviot olivat ensimmäisellä jaksolla 217 000 m³ ja toisella jaksolla 238 000 m³, jotka ovat 50 % potentiaalista. Kun lisäksi sovellettiin edellä mainittuja korjuukertoimia, kertymäärävioksi tulivat ensimmäisellä jaksolla 130 000 m³ ja toisella jaksolla 141 000 m³, jotka ovat enää 30 % energiapuupotentiaalista.

Kuljetuskustannusrajoite merkitsee energiapuun korjuualojen painottumista toisaalta maanteiden ja toisaalta Rovaniemen läheisyyteen. Edellisen oletettiin vaikuttavan varsinkin hakkuiden toteutusasteita nostavasti. Koska aineisto ei tukenut tätä oletusta, toteutusasteita nostettiin vain 2–5 prosentilla. Tämän lisäksi energiapuun korjuukertoimien oletettiin nousevan 5 prosentilla kaikissa ositteissa. Toimenpiteiden toteutusasteiden ja energiapuun korjuukertoimien korotusten jälkeen energiapuun kertymäärävioksi tulivat 142 000 m³ ensimmäisellä jaksolla ja 155 000 m³ toisella jaksolla eli 33 % potentiaalista. Eri laskelmien tulokset on koottu seuraavaan asetelmaan. Loppulaskelmassa on tehty edellä kuvatut korotukset.

Laskelman tulos	Tukki	Kuitu- puu	Runko- hukkap.	Oksat	Kuolleet puut	Yhteensä
1000 m ³ /a						
JAKSO 1						
Hakkuupoistuma-arvio	121	362	69	-	24	577
Energiapuupotentiaali	-	217	69	131	15	432
Energiapuukertymä-arviot:						
1. Korjuurajoituksilla	-	140	41	72	9	262
2. Kuljetusrajoituksilla	-	107	35	67	7	217
3. Korjuu- ja kulj.rajoituksilla	-	69	21	37	4	130
4. Loppulaskelma	-	75	22	40	5	142
JAKSO 2						
Hakkuupoistuma-arvio	138	390	76	-	23	627
Energiapuupotentiaali	-	231	76	145	13	465
Energiapuukertymä-arviot:						
1. Korjuurajoituksilla	-	148	44	79	7	278
2. Kuljetusrajoituksilla	-	118	39	75	6	238
3. Korjuu- ja kulj.rajoituksilla	-	75	22	41	3	141
4. Loppulaskelma	-	82	25	45	4	155

Loppulaskelman mukaiseen energiapuukertymään sisältyy ensimmäisellä jaksolla 79 000 m³ ja toisella jaksolla 85 000 m³ kuitupuuta, joka on pois hakkuupoistuma-arvion kertymästä. Näin tulokseen sisältyy "uutta" energiapuuta ensimmäisellä jaksolla 64 000 m³ ja toisella jaksolla 70 000 m³.

Energiapuukertymiä tarkasteltaessa on huomioitava myös kotitalouksien puunkäyttö. Se kohdistuu etupäässä yksittäisten kuolleen tai elävien puiden, maapuiden ja kantojen poimintaan eli pääasiassa niihin puihin, jotka eivät kuulu energiapuupotentiaaliin tai ovat siinä osassa potentiaalia, jota ei hyödynnetä. Tällä perusteella voidaan sanoa, että kotitalouksien puunkäyttö ei vähennä voimaloiden polttoainehuoltomahdollisuuksia.

Loppulaskelman kertymällä voitaisiin tyydyttää lähes puolet Rovaniemen voimaloiden tulevasta polttoainetarpeesta. Koska puupolttoaineet ovat luonteeltaan

paikallisia tai alueellisia polttoaineita, kohdistuisivat energiapuun korjuun työllisyysvaikutukset Rovaniemen välittömään läheisyyteen. Loppulaskelman kertymän suuruinen energiapuun korjuun työllisyysvaikutus olisi 50–100 henkilötyövuotta riippuen korjuun asemasta muussa hakkuutoiminnassa.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

- Bickford, C. 1952. The sampling design used in the forest survey of the Northeast. *Journal of Forestry* 50(4): 290–293.
- Energiantuotannon ja -käytön ympäristö-, luonto- ja terveysvaikutukset. 1989. Energia-komitean ympäristö- ja terveysjaoston selvitys. KTM, energiaosasto. Sarja C:22. 368 s.
- Eskelinen, A., Melkko, M., & Vesikallio, H. 1977. Hakkuutähteiden korjuun taloudellisuus. Summary: Economicalness of harvesting logging residues. *Metsätehon tiedotus* 342. 24 s.
- Hakkila, P. 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Summary: Harvesting small-sized wood. *Folia Forestalia* 342. 38 s.
- 1984. Metsähake lämpölaitosten polttoaineena Suomessa. Summary: Forest chips as fuel for heating plants in Finland. *Folia Forestalia* 586. 62 s.
- 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase. *Folia Forestalia* 773. 24 s.
- (toim.) 1992. Metsäenergia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 422. 51 s.
- , Kalaja, H., Salakari, M. & Valonen, P. 1977. Whole tree harvesting in the early thinnings of pine. Seloste: Kokopuuna korjuu männikön ensiharvennuksessa. *Folia Forestalia* 333. 58 s.
- Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset. 1974. Summary: By-effects of the harvesting of logging residues. *Folia Forestalia* 210. 24 s.
- Harstela, P. & Tervo, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scotch pine). *Folia Forestalia* 294. 23 s.
- Keskimölo, A. 1994a. Energiapuun korjuumenetelmien vertailua Kivalon tutkimusalueella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 518. 30 s.
- Keskimölo, A. 1994b. Puuenergian hankinta ja käyttö Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 522. 30 s.
- Kanninen, K., Uusvaara, O. & Valonen, P. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole tree raw-material. *Folia Forestalia* 403. 53 s.
- Kuusela, K. 1992. Suomen metsätalouden ekologinen kestävyys. Suomen metsäyhdistys. Yliopistopaino. Helsinki. 31 s.
- , Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982–1984. Summary: Forest resources in North Finland by forestry board districts, 1982 to 1984. *Folia Forestalia* 655. 86 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 p.
- Lundström, A., Nilsson, P. & Söderberg, U. 1993. Avverkningsberäkningar 1992. Länsvisa resultat. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogstaxering, Rapport 56. 198 s.
- Matila, T. 1982. Turve ja puupolttaineiden hyväksikäytön ympäristövaikutukset. Kotimaisen polttoaineen tutkimusprojekti. 72 s.
- Mattila, E. 1985. The combined use of systematic field and photo samples in a large scale forest inventory in North Finland. Seloste: Systemaattisen ilmakuva- ja maastonäytteen yhteiskäyttö laajan metsäalueen inventoinnissa Pohjois-Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 131. 97 s.
- 1986. Lapin metsävarat osa-alueittain. Valtakunnan metsien 7. inventointi vuosina 1978 ja 1982–84. Summary: The forest resources of Finnish Lapland by sub-areas. The 7th forest inventory in 1978 and 1982–84. *Folia Forestalia* 661. 77 s.
- 1992. Valtakunnan metsien inventointi ja kaukokartoitus. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1992. Teoksessa Nikula, A., Varmola, M. & Lahti, M.-L. (toim.) 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 437:16–38.

- Melkko, M. & Mäkelä, M. 1978. Hakkuutähde teollisuuden raaka-aineena. Summary: Logging residue as industrial raw material. Metsätehon tiedotus 348. 24 s.
- Metsien hoito. 1991. Suositus. Metsähallitus, Perä-Pohjolan piirikuntakonttori. 68 s.
- Metsänhoitosuosituksset. 1990. Lapin metsälautakunta. 32 s.
- Mälkönen, E. & Saramäki, J. 1980. Vähentääkö kokopuunkorjuu puuntuottoa. Metsä ja Puu 10:18–19.
- Poso, S. 1972. A method of combining photo and field samples in forest inventory. Seloste: Ilmakuva- ja maasto-otokseen perustuva metsän inventointimenetelmä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 76(1). 133 s.
- Siitonen, M. 1993. Experiences in the use of forest management planning models. Tiivistelmä: Kokemuksia mallien käytöstä metsätalouden suunnittelussa. Silva Fennica 27(2):167–178.
- Sirén, M. 1990. Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa. NSR-tutkimus. Summary: Small multi-function machines in early thinning operations. A joint Nordic NSR-study. Folia Forestalia 743. 29 s.
- Skog som bränsle? 1993. SkogForsk-Nytt. Nr 3. 4 s.
- Suomen kunnallisliitto. 1991. Tietoja pienistä lämpölaitoksista vuodelta 1990. 33 s.
- Suomen pinta-alat kunnittain 1. päivänä tammikuuta 1982. Moniste. Maanmittaushallitus, kartografinen osasto, piirustustoimisto. Helsinki. 14 s.
- Tiihonen, P. & Virtanen, J. 1982. Koetuloksia ilmakuvienv käytöstä energiapuun arvioinnissa Kannuksessa v. 1979–80. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 66. 24 s.
- 1983. Koetuloksia ilmakuvienv käyttömahdollisuuksista energiapuun arvioinnissa Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa v. 1980–82. Summary: Possibilities of using aerial photographs in the estimation of energy wood resources in Ostrobothnia and northern Savo. Folia Forestalia 567. 18 s.
- Valtakunnan metsien inventoinnin kenttätyön ohjeet. 1982. Pohjois-Suomen versio. Moniste. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioimisen tutkimus-osasto. 63 s.
- Varmola, M. (toim.) 1988. Lapin Metsä 2000 -ohjelma. Lapin lääninhallitus. 145 s.
- Volanen, V. 1993. Harvennuksen vaikutus neulas-, oksa- ja runkobiomassaan minerotrofisella rämeellä Pohjois-Suomessa. Suometsätieteen pro gradu -seminaari. Metsäekologian laitos. Helsingin yliopisto. 19 s.
- Vornamo, H. 1975. Ilmansuojelun ja yhdyskuntatutkimuksen perusteet. Kunnallinen terveydenhoitoyhdistys. Painoprint Oy. Helsinki. 151 s.
- Vuokila, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Porvoo. 256 s.
- Yksityismetsien raakapuun hintatilasto, 1.7.–31.12.1993 ja kalenterivuosi 1993. 1994. Metsätalastiedote 203. Metsäntutkimuslaitos, metsien käytön tutkimusosasto. 9 s.

Yhteensä 39 lähdetä – *Total of 39 references*

SUMMARY

Calculation of possible energy wood outturn on the basis of forest treatment proposals

An estimate of energy wood outturn in Rovaniemi for 1984–93

Eero Mattila and Ari Keskimölo

This paper deals with a calculation method evolved for estimating the energy wood potential and outturn. The approach is applied to the commercial forests of Rovaniemi, North Finland. Data from the National Forest Inventory, carried out in 1983, are used in the application. The results are retroactive in nature. They reveal how much energy wood outturn there could have been, assuming sufficient demand, during 1984–93 in Rovaniemi. The main goal of the study, however, has been to create and develop methodological facilities for possible future needs.

Forest land area is divided into 24 strata on the basis of specific tree stand characteristics viz. development class, treatment requirement and silvicultural condition. The calculation approximates forestry practice by putting into effect a part of the proposed treatments in all strata during two 5-year periods from the inventory year onwards. Realization intensity depends on silvicultural aspects and sustainability, and hence varies from stratum to stratum. The initial growing stock characteristics are updated to the average treatment instants in both 5-year periods for the estimation of the drain characteristics. The first calculation estimates drain and energy wood potential for the two 5-year periods. The drain is a prerequisite to the energy wood potential. The calculation then proceeds from the potential onwards by adding harvest limitations in order to obtain a plausible estimate of the energy wood outturn.

Energy wood is not harvested in every cutting area. The estimated effect of this was that 40 % of the energy wood potential remains unused. The transportation costs from the harvest area to the use point are often too high. Setting the uppermost limit as 100 mk/m³ gave the result that 50 % of the potential remains unused in Rovaniemi. When taking both limitations simultaneously into account the estimated energy wood outturn is only 30 % of the potential. Cutting and energy wood harvesting probably occur more frequently near the use points. When this was taken into consideration the final energy wood outturn estimate was 33 % of the estimated energy wood potential.

The final energy wood outturn estimates in Rovaniemi were 142 000 m³ per year for the first 5-year period, and 155 000 m³ per year for the second 5-year period. More than half of the estimated amount was commercial pulpwood included in the drain estimate. If practice had been in accordance with the calculation, some 21 % of the pulpwood included in the drain would have been used as energy wood. Deciduous tree species, mainly birch, accounted for more than 40 % of the estimated energy wood outturn. This outturn could meet less than half of the potential fuel wood demand of the energy plants in Rovaniemi in the near future. Harvesting the wastewood and branches included in the outturn would create some 50 new jobs. The effect would be greater if the pulpwood included in the outturn estimate were to be harvested for energy wood purposes only.

Keywords: forest resources, wood use, energy wood, national forest inventory

Liitetaulukko 1. Rovaniemen energiapuulaskelmassa käytettyjen ositteiden määrittely kehitysluokan ja toimenpide-ehdotuksen avulla. Ositejakoa on käsitelty luvussa 32. Pinta-aloissa on mukana vain käytännön talousmetsiä.

Osite	Kehitysluokka ¹⁾	Toimenpide-ehdotus ²⁾	Pinta-ala ha
Pääosin kehityskelpoisia metsiä:			
1	1	1	0
2	1	3	19 111
3	2	1	1 814
4	2	3	37 980
5	3	4	7 257
6	3	1	3 387
7	3	5	100 031
8	4	4	14 757
9	4	1	9 798
10	4	2	11 733
11	4	6	93 983
12,121	5	1	13 789
13,131	5	2	5 443
14,141	5	6	37 013
15,151	6	1	46 931
16,161	6	2	15 120
17,171	6	6	20 442
18	7	1	0
19	7	2	4 233
20	7	6	5 201
Yksinomaan vajaatuottoisia metsiä:			
21	1-7	1	15 120
22	1-7	2	0
23	1-7	1	45 238
24	1-7	2	3 871
Yhteensä			512 252

¹⁾ 1 = Aukea hakkuuala tai siemenpuusto

2 = Pieni taimikko

3 = Varttunut taimikko

4 = Nuori kasvatusmetsä

5 = Varttunut kasvatusmetsä

6 = Uudistuskypsä metsä

7 = Suojuspuuasento

²⁾ 1 = Hakkuuta esitetty ensimmäiselle viisivuotisjaksolle

2 = Hakkuuta esitetty toiselle viisivuotisjaksolle

3 = Siemenpuusto tai pieni taimikko, jossa ei ole ehdotettu hakkuuta ensimmäiselle viisivuotisjaksolle

4 = Välitön taimikonhoitoehdotus

5 = Varttunut taimikko, jossa ei ole ehdotettu välitöntä taimikonhoitoa eikä hakkuuta viisivuotisjaksolle

6 = Ei hakkuuehdotusta koko kymmenvuotisjaksolle

Liitetaulukko 2. Puuston rakenne ositteissa inventointihetkellä Rovaniemellä (Mä/mä = mänty ja Ku/ku = kuusi).

Osite ¹⁾	Puuston osa							
	Mä-tukki- puusto	Muu mä-puusto	Mänty- tukki	Ku-tukki- puusto	Muu ku-puusto	Kuusi- tukki	Lehti- puusto	Kuollut puusto
	m ³ /ha							
1 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
2	3,02	0,61	2,07	0,00	1,80	0,00	1,14	0,35
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,62	0,00
4	0,00	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,70
5	0,00	6,26	0,00	0,00	2,83	0,00	22,79	0,00
6	17,25	23,83	10,79	0,00	0,00	0,00	24,19	2,41
7	3,27	5,83	2,37	0,24	0,64	0,19	2,25	0,55
8	1,71	21,87	1,17	0,42	5,12	0,30	13,08	2,08
9	18,05	35,72	13,73	0,00	0,96	0,00	12,87	0,90
10	10,73	48,06	7,50	0,73	1,92	0,43	3,66	0,00
11	3,49	22,95	2,48	0,34	4,10	0,24	2,25	0,62
12,121	55,22	24,99	38,93	4,23	12,66	4,52	27,71	2,22
13,131	76,62	30,19	53,72	7,51	14,47	5,72	20,76	6,71
14,141	28,92	14,54	20,60	3,06	10,67	2,66	12,95	1,63
15,151	39,73	12,49	29,04	8,71	20,20	6,60	18,85	4,77
16,161	68,84	11,71	50,30	12,07	2,00	11,02	15,49	3,16
17,171	39,48	4,38	29,53	6,00	0,00	4,15	5,25	0,00
18 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
19	25,11	29,03	17,87	0,00	0,87	0,00	0,00	10,03
20	38,86	0,00	29,76	0,00	0,00	0,00	1,37	0,00
21	5,80	2,35	4,33	3,78	11,61	2,68	39,95	0,37
22 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
23	28,30	12,22	21,33	1,53	14,85	1,17	12,75	2,60
24	17,92	13,68	12,82	2,60	2,18	1,60	3,92	2,46

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 3. Rovaniemen energiapuulaskelman kasvuprosentit. Koepuuaineisto on mitattu alueelta, johon kuuluvat Rovaniemi, Ranua, Simo, Tervola, Kemi, Kemina, Tornio, Ylitornio ja Pello.

Osite ¹⁾	Puuston osa ²⁾	Mänty	Puulaji	
			Kuusi	Lehtipuut
			Kasvu-%	
1,2	1	2,417	3,217	8,097
3,4	2	10,134	9,900	8,606
3,4	3	3,896	3,706	2,186
5-7	2	8,951	8,155	9,516
5-7	3	1,853	3,706	2,258
8-11	2	6,369	6,187	6,377
8-11	3	2,378	1,009	2,304
12-14 ja 121,131,141	1	2,479	2,990	3,057
15-17 ja 151,161,171	1	1,593	2,153	2,167
18-20	1	2,315	2,500	2,500
21,22	1	2,454	2,999	5,579
23,24	1	1,611	2,499	2,185

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ 1 = Koko puusto
2 = Muu kuin tukkipuusto
3 = Tukkipuusto

Liitetaulukko 4a. Puuston rakenne ositteissa keskimääräisellä hakkuuhetkellä ensimmäisellä viisivuotisjaksolla. (Mä/mä = mänty ja Ku/ku = kuusi).

Osite ¹⁾	Puuston osa						
	Mä-tukki- puusto	Muu mä-puusto	Mänty- tukki	Ku-tukki- puusto m ³ /ha	Muu ku-puusto	Kuusi- tukki	Lehti- puusto
1 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
2	3,32	0,67	2,27	0,00	2,05	0,00	1,55
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,25
4	0,00	3,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
5	0,00	7,44	0,00	0,00	3,32	0,00	27,33
6	17,89	28,29	11,19	0,00	0,00	0,00	29,01
7	3,51	8,23	2,55	0,29	0,86	0,22	3,24
8	1,80	24,74	1,22	0,42	5,78	0,32	14,80
9	18,92	40,41	14,40	0,00	1,09	0,00	14,56
10	11,79	61,53	8,10	0,76	2,44	0,44	4,69
11	3,83	29,39	2,72	0,35	5,21	0,24	2,88
12,121	57,99	26,25	40,88	4,48	13,43	3,59	29,43
13,131	84,51	33,30	59,25	8,45	16,28	6,43	23,41
14,141	31,90	16,03	22,71	3,44	12,00	2,52	14,61
15,151	41,34	12,98	30,20	9,18	21,32	6,96	19,89
16,161	71,61	12,19	52,33	12,73	2,11	9,78	16,34
17,171	41,08	4,54	30,72	6,31	0,01	4,38	5,54
18 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
19	27,52	31,81	19,48	0,00	0,97	0,00	0,00
20	42,58	0,00	32,61	0,00	0,00	0,00	1,51
21	6,16	2,49	4,60	4,07	12,50	2,89	45,76
22 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
23	29,45	12,73	22,20	1,63	15,80	1,19	13,46
24	18,65	14,24	13,34	2,77	2,32	1,71	4,14

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 4b. Puuston rakenne ositteissa keskimääräisellä hakkuuhetkellä toisella viisivuotisjaksolla. (Mä/mä = mänty ja Ku/ku = kuusi).

Osite ¹⁾	Puuston osa						
	Mä-tukki- puusto	Muu mä-puusto	Mänty- tukki	Ku-tukki- puusto	Muu ku-puusto	Kuusi- tukki	Lehti- puusto
	m ³ /ha						
1 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
2	3,66	0,73	2,50	0,00	2,32	0,00	2,12
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,01
4	0,00	5,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31
5	0,00	10,94	0,00	0,00	4,72	0,00	41,14
6	19,43	41,60	12,15	0,00	0,00	0,00	43,68
7	3,78	11,59	2,75	0,33	1,19	0,25	4,67
8	2,00	32,66	1,36	0,44	7,57	0,33	19,55
9	21,03	53,35	16,00	0,00	1,42	0,00	19,24
10	12,95	78,76	8,90	0,79	3,11	0,45	6,01
11	4,21	37,62	2,98	0,37	6,62	0,26	3,69
12,121	64,75	29,30	45,64	5,11	15,34	4,11	33,70
13,131	93,21	36,72	65,35	9,50	18,32	7,24	26,41
14,141	35,18	17,69	25,05	3,87	13,51	2,83	16,48
15,151	44,73	14,06	32,69	10,22	23,70	7,74	22,14
16,161	77,50	13,19	56,63	14,16	2,35	10,88	18,19
17,171	44,45	4,93	33,25	7,03	0,00	4,86	6,17
18 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
19	30,16	34,85	21,35	0,00	1,07	0,00	0,00
20	46,67	0,00	35,74	0,00	0,00	0,00	1,66
21	6,95	2,82	5,20	4,73	14,47	3,34	60,03
22 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
23	31,90	13,79	24,04	1,84	17,88	1,36	14,99
24	20,20	15,42	14,45	3,13	2,62	1,93	4,61

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 5. Toimenpiteiden toteutumisosuudet ja pinta-alat ositteissa ensimmäisellä ja toisella viisivuotisjaksolla (th = taimikonhoito, harv. = harvennushakkuu).

Osite ¹⁾	Kehitysluokka ²⁾	Mahdollinen toimenpide	Toimenpiteen kiire ³⁾	Toteutumisosuus ⁴⁾		Hakkuuala ha/a	
				% vuosina 1-5	% vuosina 6-10	1-5	6-10
1 ⁵⁾	1	Siem.puid. poisto, th.	1	-	-	-	-
2	1	"	2 tai 3	5,5	10,0	294	535
3	2	"	1	49,0	21,0	178	76
4	2	"	2 tai 3	9,0	15,0	684	1139
5	3	Välitön th.	Heti	49,0	21,0	711	305
6	3	Ylisp. poisto, th., harv.	1	53,0	22,0	359	149
7	3	"	2 tai 3	9,6	14,4	1997	2996
8	4	Viivästynyt th.	Heti	56,0	23,0	1653	679
9	4	Ylisp. poisto, harv.	1	41,0	16,0	803	314
10	4	"	2	11,0	26,0	258	610
11	4	"	3	0,7	1,4	139	277
12	5	Harvennushakkuu	1	36,8	29,0	1015	800
13	5	"	2	10,0	20,0	109	218
14	5	"	3	1,1	2,1	84	160
121	5	Uudistushakkuu	1	2,6	3,8	72	105
131	5	"	2	1,5	1,9	16	21
141	5	"	3	0,3	0,5	23	38
15	6	Uudistushakkuu	1	10,6	9,3	995	873
16	6	"	2	3,1	5,1	94	154
17	6	"	3	4,3	5,9	23	31
151	6	Harvennushakkuu	1	0,3	0,1	28	9
161	6	"	2	1,2	0,4	36	12
171	6	"	3	11,1	6,3	58	33
18 ⁵⁾	7	Suojuspuiden poisto	1	-	-	-	-
19	7	"	2	12,0	18,0	102	237
20	7	"	3	5,0	10,0	52	104
21	1-7	Uudistushakkuu	1	27,6	27,2	835	823
22 ⁵⁾	1-7	"	2	-	-	-	-
23	1-7	Uudistushakkuu	1	27,6	27,1	2497	2452
24	1-7	"	2	18,9	26,2	146	203
Yhteensä				12,9	13,0	13259	13352

1) Liitetaulukko 1

2) Liitetaulukko 1, alaviite 1

3) 1 = Ehdotettu tehtäväksi ensimmäisellä viisivuotisjaksolla

2 = " " toisella "

3 = Ei toimenpide-ehdotusta kymmenvuotisjaksolle

4) Toimenpidepinta-alojen osuudet viisivuotisjaksoittain ositteen alkuperäisestä pinta-alasta

5) Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 6. Runkohukkapuun osuudet ositteissa Rovaniemellä.

Osite ¹⁾	Tukkipuusto		Puuston osa			Kuolleet puut
	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	
	%					
1 ²⁾	-	-	-	-	-	-
2	0,78	0,00	13,44	53,85	84,54	0,41
3	0,00	0,00	0,00	0,00	7,08	0,00
4	0,00	0,00	25,17	0,00	1,43	28,90
5	0,00	0,00	28,75	2,14	63,84	0,00
6	0,22	0,00	11,71	0,00	8,60	0,62
7	0,34	0,46	47,49	41,46	55,34	36,07
8	0,80	0,95	30,31	30,65	22,61	40,70
9	0,43	0,00	14,47	3,05	7,97	98,63
10	0,75	1,55	14,64	11,32	47,64	0,00
11	0,57	1,04	13,46	16,31	24,94	27,92
12,121	0,67	0,65	5,94	15,87	17,56	54,77
13,131	0,53	0,76	3,65	6,89	6,67	1,86
14,141	0,63	0,97	10,13	17,88	7,68	6,11
15,151	0,54	0,72	5,09	10,25	6,86	2,65
16,161	0,43	0,66	12,11	7,20	2,95	1,40
17,171	0,32	0,91	100,00	0,00	78,90	0,00
18 ²⁾	-	-	-	-	-	-
19	0,27	0,00	3,29	100,00	0,00	1,20
20	0,37	0,00	0,00	0,00	50,68	0,00
21	0,57	0,92	3,05	14,37	19,97	0,86
22 ²⁾	-	-	-	-	-	-
23	0,39	0,83	7,36	16,30	11,73	0,83
24	0,65	1,30	16,29	2,41	47,48	16,89

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 7. Oksamäärät suhteessa runko-
puun määrään ositteissa kirjallisuuden mu-
kaan.

Osite ¹⁾	Puulaji		
	Mänty	Kuusi	Lehtipuut
		%	
1-4	19	30	24
5	20	26	11
6-7	23	31	16
8	15	20	13
9-11	20	25	18
12-14 ja 121,131,141	19	25	23
15-20 ja 151,161,171	19	30	24
21-24	22	39	27

¹⁾ Liitetaulukko 1

Liitetaulukko 8. Laskelman rajoituksina käytetyt
energiapuun korjuun todennäköisyyskertoi-
met.

Ositteet ¹⁾ ja mahdolliset toimenpiteet	Kerroin
Aukeat ja siemenpuustot:	
1 Siemenpuiden poisto ²⁾	0,00
2 Siemenpuiden poisto	0,00
Pienet taimikot:	
3 Ylisp. poisto ja taim.hoito	0,50
4 Ylisp. poisto ja taim.hoito	0,40
Varttuneet taimikot:	
5 Välitön taim.hoito	0,60
6 Taim.hoito ja hakkuu	0,70
7 Taim.hoito ja hakkuu	0,60
Nuoret kasvatusmetsät:	
8 Viiväst. taim.hoito	0,75
9 Harvennushakkuu	0,75
10 Harvennushakkuu	0,65
11 Harvennushakkuu	0,55
Varttuneet kasvatusmetsät:	
12, 121 Harv./Uud.hakkuu	0,20 0,50
13, 131 Harv./Uud.hakkuu	0,15 0,40
14, 141 Harv./Uud.hakkuu	0,10 0,30
Uudistuskypsät metsät:	
15, 151 Uud./Harv.hakkuu	0,50 0,20
16, 161 Uud./Harv.hakkuu	0,40 0,15
17, 171 Uud./Harv.hakkuu	0,30 0,10
Suojuspuuasennot:	
18 Taim. vapautus ²⁾	0,40
19 Taim. vapautus	0,30
20 Taim. vapautus	0,20
Vajaatuottoiset lehtipuuvaltaiset metsät:	
21 Uudistushakkuu	0,80
22 Uudistushakkuu ²⁾	0,75
Muut vajaatuottoiset metsät:	
23 Uudistushakkuu	0,55
24 Uudistushakkuu	0,45

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 9. Laskelmaan jäävän metsämaan pinta-alan prosenttiosuus Rovaniemen alueen koko metsämaa-alasta eri kuljetusmatkarajoituksilla.

Lähikuljetus enintään, m	Kaukokuljetus enintään, km				Ei rajoitusta
	30	50	70	90	
			%		
300	4	13	21	26	27
500	7	20	31	40	42
700	9	26	40	51	53
900	11	31	47	60	63
Ei rajoitusta	18	50	75	96	100

Liitetaulukko 10. Laskelmaan jäävän metsämaan pinta-ala ja sen prosenttiosuus Rovaniemen alueen metsämaa-alasta, keskikuljetusmatkat ja keskimääräiset kuljetuskustannukset eri kuljetuskustannusrajoituksilla.

Kuljetus- kustannusraja mk/m ³	Metsämaan ala ja osuus		Keskikuljetusmatka		Keski- kustannukset mk/m ³
	ha	%	Maastossa	Maantiellä	
			m	km	
60	18869	4	72	23	56
70	77291	15	103	41	63
80	146721	29	176	46	69
90	206836	40	240	49	73
100	253525	49	303	49	77
110	293683	57	364	50	81
120	308561	60	386	51	82

Liitetaulukko 11. Puuston rakenne ositteissa inventointihetkellä niissä metsissä, joista energiapuun kuljetuskustannukset Rovaniemelle ovat enintään 100 mk/m³. (Mä/mä = mänty ja Ku/ku = kuusi).

Osite ¹⁾	Puuston osa							
	Mä-tukki- puusto	Muu mä-puusto	Mänty- tukki	Ku-tukki- puusto	Muu ku-puusto	Kuusi- tukki	Lehti- puusto	Kuollut puusto
	m ³ /ha							
1 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2,60	0,46	1,74	0,00	1,02	0,00	0,87	0,27
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,71	0,00
4	0,00	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,67
5	0,00	6,46	0,00	0,00	2,78	0,00	25,53	0,00
6	17,76	28,32	10,48	0,00	0,00	0,00	7,55	3,21
7	3,47	5,82	2,53	0,32	0,70	0,25	3,00	0,63
8	1,00	15,98	0,68	0,84	7,01	0,62	13,86	1,88
9	20,56	35,40	15,62	0,00	1,39	0,00	18,18	0,91
10	10,75	48,95	7,57	0,57	1,79	0,33	4,01	0,00
11	3,52	22,83	2,50	0,32	4,36	0,23	2,60	0,47
12,121	50,17	21,26	35,35	6,12	14,38	5,93	32,85	2,47
13,131	59,31	33,02	42,02	4,10	11,45	3,10	21,58	5,54
14,141	29,57	12,57	21,14	4,51	13,37	3,61	12,80	1,65
15,151	40,47	11,72	29,64	7,71	18,22	5,79	16,54	5,00
16,161	65,58	10,97	47,84	18,11	2,45	16,05	13,88	3,06
17,171	41,69	4,63	31,15	5,99	0,00	4,14	5,25	0,00
18 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
19	25,39	24,86	17,96	0,00	1,42	0,00	0,00	7,80
20	41,34	0,00	31,84	0,00	0,00	0,00	1,55	0,00
21	7,79	1,18	5,82	6,37	17,07	4,47	41,07	0,32
22 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
23	31,21	12,72	23,57	1,63	13,57	1,26	12,91	2,45
24	17,19	17,86	12,46	1,73	1,46	1,07	1,74	1,10

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 12a. Puuston rakenne ositteissa keskimääräisellä hakkuuhetkellä ensimmäisellä viisivuotisjaksolla. Mukana vain sellaiset metsät, joista kuljetuskustannukset Rovaniemelle ovat enintään 100 mk/m³. (Mä/mä = mänty ja Ku/ku = kuusi).

Osite ¹⁾	Puuston osa						
	Mä-tukki- puusto	Muu mä-puusto	Mänty- tukki	Ku-tukki- puusto	Muu ku-puusto	Kuusi- tukki	Lehti- puusto
	m ³ /ha						
1 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
2	2,86	0,51	1,92	0,00	1,16	0,00	1,18
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,17
4	0,00	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
5	0,00	7,67	0,00	0,00	3,25	0,00	30,62
6	18,43	33,61	10,87	0,00	0,00	0,00	9,06
7	3,74	8,20	2,73	0,37	0,96	0,28	4,32
8	1,04	18,09	0,71	0,86	7,91	0,64	15,68
9	21,55	40,05	16,38	0,00	1,57	0,00	20,58
10	11,81	62,66	8,14	0,60	2,27	0,34	5,13
11	3,86	29,24	2,73	0,34	5,53	0,23	3,33
12,121	52,69	22,33	37,13	6,49	15,25	5,27	34,89
13,131	65,41	36,42	46,35	4,61	12,88	3,48	24,34
14,141	32,61	13,86	23,31	5,08	15,03	3,77	14,43
15,151	42,10	12,20	30,83	8,13	19,22	6,10	17,45
16,161	68,22	11,42	49,77	19,10	2,58	14,94	14,65
17,171	43,37	4,82	32,40	6,32	0,00	4,38	5,54
18 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
19	27,82	27,25	19,62	0,00	1,56	0,00	0,00
20	45,30	0,00	34,89	0,00	0,00	0,00	1,71
21	8,28	1,25	6,19	6,85	18,39	4,81	47,04
22 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
23	32,48	13,24	24,53	1,73	14,43	1,30	13,62
24	17,89	18,59	12,97	1,84	1,55	1,14	1,84

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 12b. Puuston rakenne ositteissa keskimääräisellä hakkuuhetkellä toisella viisivuotisjaksolla. Mukana vain sellaiset metsät, joista kuljetuskustannukset Rovaniemelle ovat enintään 100 mk/m³. (Mä/mä = mänty ja Ku/ku = kuusi).

Osite ¹⁾	Puuston osa						
	Mä-tukki-puusto	Muu mä-puusto	Mänty-tukki	Ku-tukki-puusto	Muu ku-puusto	Kuusi-tukki	Lehti-puusto
	m ³ /ha						
1 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
2	3,14	0,57	2,11	0,00	1,32	0,00	1,61
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,45
4	0,00	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
5	0,00	11,28	0,00	0,00	4,62	0,00	46,09
6	20,01	49,43	11,80	0,00	0,00	0,00	13,64
7	4,02	11,56	2,93	0,43	1,31	0,34	6,21
8	1,16	23,88	0,79	0,90	10,36	0,67	20,71
9	23,96	52,87	18,20	0,00	2,06	0,00	27,18
10	12,98	80,20	8,94	0,61	2,90	0,35	6,57
11	4,24	37,43	3,00	0,35	7,04	0,24	4,27
12,121	58,83	24,93	41,45	7,41	17,42	6,03	39,96
13,131	72,14	40,17	51,11	5,19	14,49	3,92	27,45
14,141	35,97	15,28	25,71	5,71	16,92	4,24	16,28
15,151	45,56	13,20	33,37	9,05	21,38	6,78	19,43
16,161	73,83	12,36	53,86	21,25	2,87	16,63	16,30
17,171	46,93	5,22	35,07	7,03	0,00	4,86	6,17
18 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
19	30,49	29,86	21,50	0,00	1,73	0,00	0,00
20	49,64	0,00	38,24	0,00	0,00	0,00	1,88
21	9,34	1,41	6,98	7,95	21,31	5,58	61,71
22 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
23	35,16	14,36	26,57	1,98	16,31	1,47	15,18
24	19,38	20,13	14,05	2,08	1,76	1,29	2,05

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 13. Runkohukkapuun osuudet ositteissa Rovaniemellä niissä metsissä, joista energiapuun kuljetuskustannukset ovat enintään 100 mk/m³.

Osite ¹⁾	Puuston osa					
	Tukkipuusto		Muu puusto			Kuolleet puut
	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	
	%					
1 ²⁾	-	-	-	-	-	-
2	0,81	0,00	13,44	65,96	94,55	0,41
3	0,00	0,00	0,00	0,00	7,08	0,00
4	0,00	0,00	24,43	0,00	1,43	22,69
5	0,00	0,00	38,08	2,14	57,10	0,00
6	0,18	0,00	3,86	0,00	28,33	0,62
7	0,31	0,46	45,47	39,31	57,92	28,10
8	0,80	0,95	33,29	32,03	23,27	46,51
9	0,42	0,00	14,52	3,05	9,91	98,63
10	0,73	1,55	14,16	10,98	41,83	0,00
11	0,61	1,01	14,19	15,41	25,72	32,27
12,121	0,66	0,60	6,05	17,32	17,17	67,21
13,131	0,45	0,78	3,39	6,28	6,67	1,73
14,141	0,61	0,91	8,46	19,10	7,97	4,66
15,151	0,54	0,74	5,46	10,64	7,43	1,83
16,161	0,43	0,62	14,24	8,88	2,85	1,30
17,171	0,33	0,91	100,00	1,67	1,38	0,00
18 ²⁾	-	-	-	-	-	-
19	0,27	0,00	3,09	100,00	0,00	1,20
20	0,39	0,00	0,00	0,00	50,68	0,00
21	0,57	0,93	2,62	12,36	17,39	0,86
22 ²⁾	-	-	-	-	-	-
23	0,39	0,78	8,47	16,01	9,59	0,82
24	0,60	1,30	20,68	2,41	47,78	16,89

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Ei esiinny näytteessä

Liitetaulukko 14. Energiapuun loppulaskelman parametrit Rovaniemellä. Kuljetuskustannusten ylärajana on 100 mk/m³. Toimenpiteiden toteutumisosuuksia on korotettu 2–5 %:lla ja korjuukertoimia 5 %:lla.

Osite ¹⁾	Pinta-ala ha	Toteutumisosuus ²⁾ % vuosina		Hakkuuala ha/a vuosina		Korjuukerroin
		1–5	6–10	1–5	6–10	
1 ³⁾	0	-	-	-	-	-
2	13063	5,67	10,30	148	269	0
3	968	50,47	21,63	98	42	0,53
4	20442	9,27	15,45	379	632	0,42
5	4233	49,98	21,42	423	181	0,63
6	1089	55,12	22,88	120	50	0,74
7	49713	9,98	14,98	993	1489	0,63
8	7257	57,12	23,46	829	340	0,79
9	3871	43,05	16,80	333	130	0,79
10	6048	11,55	27,30	140	330	0,68
11	49834	0,74	1,47	73	147	0,58
12	7136	38,64	30,45	551	435	0,21
13	3024	10,50	21,00	64	127	0,16
14	18264	1,16	2,21	42	81	0,11
121	7136	2,73	3,99	39	57	0,53
131	3024	1,58	2,00	10	12	0,42
141	18264	0,32	0,53	12	19	0,32
15	23466	11,13	9,77	522	458	0,53
16	6653	3,26	5,36	43	71	0,42
17	1331	4,52	6,20	12	16	0,32
151	23466	0,32	0,11	15	5	0,21
161	6653	1,26	0,42	17	6	0,16
171	1331	11,55	6,62	31	18	0,11
18 ³⁾	0	-	-	-	-	-
19	2177	12,48	29,12	54	127	0,32
20	2298	5,20	10,40	24	48	0,21
21	7136	28,98	28,56	414	408	0,84
22 ³⁾	0	-	-	-	-	-
23	23587	28,98	28,46	1367	1342	0,58
24	1935	19,85	27,51	77	106	0,47
Yhteensä	253525	13,47	13,70	6829	6946	0,43

¹⁾ Liitetaulukko 1

²⁾ Toimenpidepinta-alojen osuudet viisivuotisjaksoittain ositteen alkuperäisestä pinta-alasta

³⁾ Ei esiinny näytteessä

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. Suometsien 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. Suojelualuetyypit 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 ylipuiden 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 Pikkupeura. 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.
- N:o 522 Ari Keskimölo. Puuenergian hankinta ja käyttö Lapissa. 1994.