



206

Miten puunkorjuun tutkimus vastaa ajan haasteisiin?

Vantaan tutkimuskeskuksen tutkimuspäivä
Vääksyssä 3.12.1996

Kaija Kanninen & Maija Heino (toim.)

23.06.97

Miten puunkorjuun tutkimus vastaa ajan haasteisiin?

Vantaan tutkimuskeskuksen tutkimuspäivä
Vääksyssä 3.12.1996

Kaija Kanninen & Maija Heino (toim.)

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

VANTAAN TUTKIMUSKESKUS

Kaija Kanninen & Maija Heino (toim.). Miten puunkorjuun tutkimus vastaa ajan haasteisiin? Vantaan tutkimuskeskuksen tutkimuspäivä Vääksyssä 3.12.1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 635. 112 s. ISBN 951-40-1560-6, ISSN 0358-4283

Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan tutkimuskeskus järjesti 3.12.1996 Vääksyssä tutkimuspäivän aiheesta "Miten puunkorjuun tutkimus vastaa ajan haasteisiin". Tämä julkaisu koostuu tutkimuspäivän esitelmistä, jotka pohjautuvat Metsäntutkimuslaitoksessa tehtyihin tutkimuksiin.

Avainsanat: ensiharvennuspuu, hakkuutähde, luonnon monimuotoisuus, korjuujälki, vaurioiden ennustaminen, puunhankinta, yrittäjäyys, metsänhoito-yhdistykset

Toimittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa, puhelin (09) 8570 5344, fax (09) 8570 5361

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus. Hyväksynyt: tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 14.5.1997

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki, puhelin (09) 857 051, fax (09) 625 308

ISBN 951-40-1560-6

ISSN 0358-4283

Hakapaino Oy, Helsinki 1997

0358-4283

Sisällys

	Sivu
Puunhankinnan organisoinnin vaihtoehdot. Alustavia tuloksia <i>Arto Rummukainen</i>	7
Monimuotoisuustavoitteet ja puunkorjuu <i>Olli Eeronheimo</i>	19
Ajoneuvojen liikkuvuusmallien soveltuvuus puunkorjuun ympäristövaurioiden ennustamiseen <i>Jari Ala-Ilomäki, Martti Saarilahti ja Arto Rummukainen</i>	25
Korjuujälkeen ja tuottavuuteen vaikuttavat tekijät hakkuukonetyössä <i>Matti Sirén</i>	35
Korjuujäljen taloudellinen merkitys <i>Pekka Kokko ja Matti Sirén</i>	47
Ensiharvennuspuu - ongelma ja mahdollisuus <i>Pentti Hakkila</i>	55
Hakkuutähde - uusiutuva energioreservi <i>Juha Nurmi</i>	69
Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelut <i>Jukka Aarnio</i>	83
Puutavaran kuljetusyritysten kannattavuus <i>Pekka Mäkinen</i>	91
Metsäkoneyrittäjät taloudellisessa murroksessa <i>Kaija Kanninen</i>	103

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto perustettiin vuonna 1931. Sen ohjelmassa metsätyötiede ja puuteknologia nivoutuivat saksalaisen mallin mukaisesti kiinteästi yhteen. Painopiste oli puutieteessä ja puutavaran mittauksessa.

Kun maatalous alkoi koneellistua ja työvoima maalta-paon seurauksena huveta, koneellistaminen kävi 1960-luvun alkaessa väistämättömäksi myös metsätaloudessa. Kehittämistarve kallistui puutavaran korjuun suuntaan. Tehtäväkirjon laantuessa kävi välttämättömäksi erikoistua. Tutkimuskenttä jaettiin vuonna 1972 kahteen professuuriin, metsätyötieteeseen ja puutieteeseen. Tutkimusaiheet eriytyivät, mutta päivittäinen kosketus ja yhteistyö tutkijain välillä säilyivät. Osaaminen, joka kattaa sekä puun hankinnan että käytön, säilyi osaston vahvuutena.

Työtieteen tutkimusten tavoite oli perinteisesti tuotavuuden kohottaminen ja kustannusten alentaminen. Kun koneellistamisen alkuvaiheisiin liittyi vakavia ammattisairauksia ja tapaturmia, tutkimuksiin sisällytettiin 1970-luvun alussa myös ergonomia. Samaan aikaan ryhdyttiin kehittämään menetelmiä biomassan talteenoton tehostamiseksi ja pienpuun hyödyntämiseksi kuituteollisuuden raaka-aineena ja uudistuvan energian lähteenä.

Metsätyö ja puutavaran hankinta kehittyivät edelleen. Itsenäisten metsäkone- ja puutavara-autoyrittäjien panos sai keskeisen aseman puunhuollossa. Tutkimuksen kohteiksi tulivat myös yrittäjät, yrittäjyys ja pienyritykset.

Kun uudet koneet ja menetelmät eivät aina tuottaneet laadullisesti moitteetonta lopputulosta, 1980-luvun alkupuolella ohjelmaan tuli korjuujäljen parantamisen tavoite: puusto- ja maastovaurioitten vähentäminen sekä ajourien aiheuttamien kasvutappioitten rajoittaminen. Sittemmin tavoitteisiin on liitetty vielä monimuotoisuuden varjelu.

Tutkijoitien ratkaistaviksi asetetut ongelmat vaativat yhä monipuolisempaa osaamista ja tietopohjaa. Metsäntutkimuslaitos näki ongelmapohjaisen tehtävänasettelun edellyttävän tieteenalojen yhteistyön tiivistämistä ja ryhtyi

purkamaan raja-aitoja. Osastojen lukumäärä supistettiin yhdeksästä kolmeen, ja osastoja sulautettiin yhteen. Metsäteknologinen tutkimus tuli osaksi uutta metsänkasvatuksen tutkimusosastoa, johon liitettiin myös metsänhoidon ja puuntuotoksen tutkimus. Samassa yhteydessä vuonna 1993 se siirrettiin Helsingistä Vantaalle.

Professori Eero Paavilaisen johtama Vantaan tutkimuskeskus on suurin tulosityksikkö Metsäntutkimuslaitoksessa, josta osastorajat on nykyisin poistettu. Keskuksessa työskentelee 240 henkilöä. Tutkijoita on 90, joista 9 edustaa metsätyötieteen alaa. Vaikka voimavaroja on jouduttu supistamaan, hankeyhteistyö muita tieteenaloja edustavien tutkijoiden kanssa ylläpitää kuitenkin vielä sitä kriittistä tutkijamassaa, joka on tuloksellisuuden edellytys. Asiaa edistää myös yhteistyö Helsingin ja Joensuun yliopistojen, Metsätehon, Työtehoseuran ja VTT Energian tutkijain kanssa.

Vantaan tutkimuskeskus järjestää vuosittain tutkimuspäivän, joilloin tutkijat esittelevät työtään ja tuloksiaan. Vuonna 1996 teemana oli "Miten puunkorjuun tutkimus vastaa ajan haasteisiin?" Tutkimuspäivät järjestettiin 3.12.1996 Asikkalassa, ensi kerran pääkaupunkiseudun ulkopuolella.

Ohjelmaan sisältyi 10 esitelmää, jotka edustavat Vantaan tutkimuskeskuksen metsäteknologista tutkimusta. Esitelmöitsijöistä Jukka Aarnio työskentelee Metsäntutkimuslaitoksen Helsingin tutkimuskeskuksessa ja Juha Nurmi Kannuksen tutkimusasemalla, kumpikin läheisessä yhteistyössä Vantaan tutkijain kanssa. Muut esitelmöitsijät työskentelevät Vantaalla.

Päävastuun tilaisuuden järjestämisestä kantoi Kaija Kanninen. Järjestelyissä olivat esitelmöitsijäin lisäksi mukana Hannu Kalaja, Pirkko Kinanen ja Erkki Oksanen.

Tutkimuspäivien esitelmät on koottu käsillä olevaan Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoon. Sen on toimittanut Kaija Kanninen Maija Heinon ja Essi Purasen avustuksella.

Vantaalla 15.4.1997

Pentti Hakkila
Metsätyötieteen professori

Puunhankinnan organisoinnin vaihtoehdot. Alustavia tuloksia

Arto Rummukainen

1 Puunhankinnan tehtävä

Puunhankinnan tehtävä on toimittaa puuta raaka-aineenaan käyttäville teollisuuslaitoksille halutut määrät sopivan laatuista raaka-ainetta oikeaan aikaan ja kohtuullisin kustannuksin toiminnan tulevaisuus varmistuen.

Suomen metsäteollisuus käytti vuonna 1995 yhteensä 49,3 milj.m³ kotimaan- ja 8,31 milj.m³ tuontiraaka-puuta. Kotimaan raakapuusta käytti massateollisuus 50 %, sahateollisuus 44 %, levyteollisuus 5 % ja muu teollisuus 1 % (Suihkonen & Kulju 1996). Massatehtaita oli 37 ja levytehtaita 22 kappaletta. Teollisia sahoja arvioidaan olevan 600, joista vajaat 100 sahaa käyttää yli 90 % sahateollisuuden puumäärästä.

Metsätalouden piirissä olevasta metsämaan 20 milj. hehtaarista yksityiset henkilöt, perikunnat, henkilöyhtymät ja toiminimet omistavat 62 %, valtio 25 %, yhtiöt 9 % ja erilaiset yhteisöt 4 %. Yksityisten osuus puuntuottamisessa on pinta-alaosuuttakin suurempi, koska yksityismetsissä kasvaa 69 % puuston kokonaistilavuudesta (Metsätilastollinen ... 1995). Vuoden 1995 hakkuukertymästä yksityismetsien osuus oli peräti 88 % (Suihkonen & Kulju 1996). Yli 5 ha metsää omistaa 290 000 metsänomistajaa. Pienempien metsälöiden omistajien luku on 150 000 kpl (Metsätilastollinen ... 1995).

Leimikoiden keskikoot olivat vuonna 1994 tutkimuksemme mukaan yksityismetsien pystykaupoissa 470 m³, hankintakaupoissa 110 m³ ja käteiskaupoissa 45 m³. Metsäteollisuusyritysten omien metsien ja yhteismetsien hakkuissa leimikon keskikoko oli 1 300 m³ ja valtion metsien hakkuissa peräti 2 700 m³. Metsänomistajien kanssa tehdään näin ollen vuodessa yli 140 000 puukauppaa.

Näistä luvuista voi päätellä, että puunhankinta on kaupanteon, kuljetusten ja työn ohjauksen ongelma, jolla pienistä eristä ympäri maata kootaan raaka-aine suurille harvassa sijaitseville yksiköille. Tehtävää vaikeuttavat vuodenajoista johtuvat korjuu- ja kuljetusolojen rajoitukset sekä voimakkaasti taloudellisen tilanteen mukaan muuttuvat toiminta-asteet. Toimintaedellytyksiin ja -tapoihin vaikuttavat myös normaalista kaupankäynnistä eroavat puukauppaan liittyvät perinteet, joita ovat esimerkiksi kaupankäynti kokonaisista leimikoista, hintojen määräytyminen muutaman puutavaralajin mukaan, hintasuositukset ja vastaavat sopimukset sekä kaupankäynnin kausivaihtelu.

Kaupankäynti, toiminnan laajuus sekä raaka-aineen mittojen ja laadun merkitys jalostusprosessille ovat muovanneet olemassa olevat hankintaorganisaatiot. Ala on ollut viime vuosina suurten muutosten kourissa kone- ja tietotekniikan sekä kansainvälisen, taloudellisen ja poliittisen kehityksen takia.

Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan tutkimuskeskuksessa analysoidaan paraikaa aineistoa 34 puunjalostusyrityksen ja yhden puuntuottajan kyselystä. Vuotta 1994 koskeva aineisto sisältää silloiset kaikki kuusi massateollisuutta harjoittavaa yritystä. Nykyisin nämä kuusi yritystä ovat puunhankinnan osalta fuusioituneet kolmeksi. Pienen ja keski-suuren teollisuuden 28 yritystä valittiin toimintaolojen kattavuuden varmistamiseksi seuraavien viiden metsänhoitoyhdistysten liiton alueelta: Lappi, Pohjois-Pohjanmaa, Pohjois-Savo, Lounais-Suomi ja Etelä-Karjala. Yritysten hankinnasta vastaavilta edustajilta kysyttiin tietoja hankintamääristä ja -oloista, hankinnan organisoinnista sekä puukauppataivoista. Henkilökohtaisella haastattelulla selvitettiin toiminnan hyviä puolia ja ongelmia. Tässä esitettävät tiedot perustuvat alustaviin laskelmiin tätä esitelmää varten. Tulokset julkaistaan myöhemmin Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantona.

2 Organisaatioiden rakenne

2.1 Integroitu metsäteollisuus

Massateollisuudessa saavutetaan tuotannossa etuja paljon pääomia vaativilla suurikokoisilla teollisuusyksiköillä, jolloin raaka-aineen hankinta-alue ja vastaavasti kuljetusmatka kasvavat. Massateollisuutta harjoittavat yhtiöt ovat Suomessa myös saha- ja levyteollisuutta omistavia metsäteollisuusintegraatteja, jotka käyttävät kaikkia puutavaralajeja. Hankinta on puun haltuunsaannin sekä hakkuun, kuljetusten ja pääomanohjauksen optimointiongelma. Yhtiöiden välisillä puutavaralajien vaihdoilla vähennetään kuljetusmatkoja.

Tutkimuksessa oli mukana vuonna 1994 massaa valmistaneet viisi integraattiyhtiötä ja yksi paperitehdas. Näissä yhtiöissä hankinta oli organisoitu yleensä kolmitasoiseksi aluejaolliseksi metsäosastoksi. Keskushallinto suunnitteli ja päätti strategioista, osti ulkomaanpuun ja optimoi kuljetukset. Organisaatorakenteessa metsäpäällikön alaisina olivat usein aluejohtajat, toimenpiteiden suunnittelujohtaja, osto- ja tuontijohtaja sekä hallintojohtaja. Pääkonttorin esikuntatoimet oli painotettu kunkin yrityksen toimintastrategian mukaan. Alueita oli 4...6, ja ne vastasivat usein kaukokuljetusten ohjaamisesta sekä tekivät yrittäjäsopimukset ja puutavaran vaihdot. Piiritaso osti leimikot ja ohjasi niiden korjuun, jonka metsäkoneyrittäjät toteuttivat. Uudemmissa organisaatioissa on piiritaso organisoitu toteutusvastuullisiksi työryhmiksi.

2.2 Sahateollisuus

Pieni ja keskisuuri puunjalostusteollisuus on pääosin sahateollisuutta, joka voi käyttää vain järeän osan leimikosta saatavasta puutavarasta. Sahateollisuudessa voi erikoistumalla toimia kannattavasti hyvin erikokoisilla tuotantoyksiköillä. Raakapuukustannus muodostaa merkittävän osan lopputuotteen kustannuksista. Raaka-ainekus-

tannuksiin vaikuttavat varsinaisen tukin lisäksi se, kuinka hyvin onnistutaan markkinoimaan leimikkokaupassa tulevat tarpeettomat puutavaralajit ja tukkitilavuudesta noin kolmasosan muodostava sahaake. Raaka-aineen hankinta painottuu sopivan raaka-aineen laadun etsimiseen suhteellisen läheltä.

Tutkimuksessa oli mukana yksi yli miljoona m³ vuodessa käytävä suursaha, neljä merkittävää sahatavaran jatkojalostusta harjoittavaa monituotesahaa, viisi yli 100 000 m³ vuodessa hankkivaa keskisuurta sahaa ja yhdeksän tätä pienempää sahaa. Suurempien sahojen organisaatiot olivat kaksitasoisia aluejakoisia yksinkertaistuksia integraattien organisaatioista. Suunnittelussa ja johtamisessa käytettiin suhteellisen epämuodollisia menetelmiä eikä juurikaan koko yrityksen käsittäviä tietokonepohjaisia tieto-, johtamis- tai optimointijärjestelmiä. Yrityksillä ei yleensä ollut omaa metsää eikä metsänhoitopalveluja tarjota metsänomistajillekaan. Työnjohtajat valitsivat leimikot, hoitivat oston ja hankintakauppojen mittauksen. Yrittäjät korjasivat ja kuljettivat puutavaran. Lähes kaikilla sahoilla oli toimitussopimuksia puuntuottajien, välittäjien tai metsäintegraattien metsäosastojen kanssa. Suurimmalla sahalla puolet puusta tuli toimitussopimuksina, joten oma organisaatio hoiti vain ostosopimukset ja puutavaran vastaanoton.

Pienten sahojen omistajat vastasivat yleensä osapäiväisesti itse puunostosta tai käyttivät metsänhoitoyhdistysten hankintapalvelua. Puunkorjuun suorittivat yrittäjät tai metsänomistajat. Useissa tapauksissa sahayrittäjä hoiti kaukokuljetuksen omalla kalustollaan. Toimintaa ei suunniteltu etukäteen koko vuotta varten vaan ostoja tehtiin tarpeen mukaan. Toiminta oli niin pientä, ettei koneyrittäjiä voitu työllistää koko vuodeksi. Ostossa korostui leimikon valinta, eli ostaja kävi tutustumassa henkilökohtaisesti kaikkiin leimikoihin etukäteen.

2.3 Muu puunjalostus

Muu puunjalostusteollisuus, kuten viilutus, huonekalu- ja hirsitaloteollisuus, käyttää yleensä pieniä määriä

raakapuuta, jolloin hankinta muodostaa vain pienen osan toiminnasta, ja puun hinta on vain pieni osa lopputuotteen arvosta. Arvokkaan laatupuun ostajan kannattaa jopa valita yksitellen ostettavat rungot, ja kuljettaa ne tehtaalle useita satoja kilometrejä.

Tutkimuksessa oli mukana yksi viiluttaja, yksi huonekalutehdas, yksi hirsiveistämö ja yksi hakkeen jalostaja. Hankintaorganisaatiot vaihtelivat suuresti. Puunhankinnan suhteen pienemmillä yrityksillä toimitusjohtaja-omistaja suoritti osa-aikaisesti puun oston, suoritutti korjuun ja kuljetuksen metsänhoitoyhdistyksillä tai omalla muita tehtäviä pääasiallisesti suorittavilla työntekijöillään. Suurimmalla puunhankijalla oli oma metsäpäällikön johtama korjuuorganisaatio, jonka viiden työnjohtajan ostamat ja merkitsemät puut yrittäjät korjasivat ja kuljettivat. Hakkeenjalostajaa lukuunottamatta tämän ryhmän kaikki yritykset kiinnittivät erityistä huomiota leimikon ja jopa yksittäisten puiden valintaan.

2.4 Puutavaran välittäjät

Metsänomistajilta puuta ostavia ja puutavaraa välittäviä yrityksiä, jotka eivät ole yhden teollisuusyrityksen omistamia tai ainoana toiminta puuta jollekin yritykselle, on Suomessa vähän. Toiminnassa sitoutuu puuhun pääomia, joten yrityksellä on hyvä olla pitkäaikaisia toimitussopimuksia ostajien kanssa. Välittäjän toiminta voi myös perustua erikoispuita sisältävien leimikoiden etsintään ja runkojen jakamiseen arvokkaiksi puutavaralajeiksi. Toiminnan tyypistä riippuen painotetaan joko toiminnan tehokkuutta suppealla alueella tai erikoistumista hyvinkin laajoilla alueilla.

Tutkimuksessa oli mukana viisi puutavaran välittäjää, joista yksi toimi ruotsalaisen sahan hankkijana ja pari välitti satunnaisesti puutavaraeriä ulkomaille. Omistaja-toimitusjohtaja suunnitteli ja johti toiminnan, suoritti oston ja valmiin puutavaran markkinoinnin, ohjasi korjuun ja kuljetuksen sekä teki sopimukset yrittäjien kanssa. Parilla suuremmalla välittäjällä oli muutamia työnjohtajia apuna

ostossa ja korjuussa. Puolella välittäjistä oli omaa korjuu- ja kuljetuskalustoa sekä metsureita, toinen puoli luotti yrittäjien ja metsänomistajien palveluksiin.

2.5 Puuntuottaja

Yksityismetsien jälkeen suurin teollisuutta omistamaton puuntuottaja on Metsähallitus. Pienempiä ovat kunnat, erilaiset yhteisöt sekä yhteismetsät. Metsähallituksella on oma organisaatio metsätalouden suunnitteluun ja toteutukseen. Toiminta on monitavoitteista, ja jopa suuri yleisö on otettu mukaan osallistuvaan suunnitteluun. Puutavara toimitetaan tehtaalle asti. Pienemmät metsänomistajat määrittelevät yleensä metsätaloutensa tavoitteet ja käyttävät sitten jonkin metsäorganisaation tai metsäammattilaisten palveluja metsätalouden suunnittelussa ja puunkorjuussa.

Tutkimuksessa haastateltiin ainoastaan suurinta metsänomistaja-puunkorjuuorganisaatiota. Lähes koko maan alueelle ulottuva toiminta rakentui pitkälle metsäteollisuusintegraattien mukaiseen kolmitasoiseen kuuteen alueeseen jakautuvaan organisaatioon. Erona oli metsätalouden suunnittelun ja metsänhoitotöiden kuuluminen osin korjuuhenkilöstön tehtäviin, puutavaran aktiivinen markkinointi ja valtion muiden tavoitteiden kuten työllistämisen täyttäminen. Organisaatiolla on aikaisemmin ollut omia koneitakin, mutta tavoitteena on itsenäisten kone- ja autoyrittäjien käyttäminen.

3 Toiminnan laajuus

Tutkittujen yritysten ilmoittamat vuoden 1994 hankintamäärät edustivat 105 % saman vuoden kotimaisen raakapuun käyttöluvusta ja ilmoitetut tuontimäärät 97 % teollisuuden tuontipuun käytöstä (Metsätilastollinen ... 1995). Koalueiden tarkastelussa käytettiin pohjana Metsäntutkimuslaitoksen julkaisematonta koko maan puunostajatilastoa, jonka mukaan viiden metsän-

hoitoyhdistysten liiton alueiden muodostamien koalueiden ostot edustivat 26 % koko maan ostoista. Tutkittujen yhtiöiden ostot edustivat keskimäärin 75 % kunkin koalueen markkinahakkuumäärästä. Tutkimusaineiston yhtiöiden käyttämien puunkorjuukoneiden määrä oli noin 90 % ja kuorma-autojen 94 % työvoimatilastojen määristä (Markkinahakkuut ... 1995). Tutkitut yritykset omistivat kaikki selluloosa- ja levytehtaat, yhtä vaille kaikki hiomot ja hierontämöt, kahta vaille kaikki vaneritehtaat sekä 60 sahaa. Suurimmalla yrityksellä oli 25 omaa tehdasta ja toista tuhatta henkeä puunhankinnassa (taulukko 1).

4 Hankinnan suuntautuminen

Suurin tutkituista yrityksistä hankki vuonna 1994 17 milj. m³ ja pienin 600 m³ raakapuuta. Integraatit hankkivat 86 % kaikkien tutkittujen yritysten hankkimasta puutavarasta (taulukko 2). Yritysten yhteenlasketusta puunhankintamäärästä 20 % oli mäntykuitua, 17 % kuusikuitua, 17 % lehtipuukuitua, 13 % mäntytukkia, 20 % kuusitukkia, 2,4 % koivuvaneritukkia ja 8,5 % valmista haketta. Loput 2,1 % olivat erikoispuutavaralajeja kuten kuusisorvitukkia, pikkutukkia, pylväitä ja vientityviä.

Integraateilla mänty- ja kuusisahatukin yhteenlaskettu osuus oli 30 % hankintamäärästä. Integraatit käyttivät tai myivät edelleen periaatteessa kaiken hankkimansa puun. Kokuokittain sahoilla männyn ja kuusen tukkiosuus vaihteli 66 ... 85 % siten, että yleensä vähemmän hankkivilla osuus oli suurempi. Suurin tukkiosuus oli kuitenkin sahalta, jonka hankinnasta suurin osa tuli toimitussopimuksilla. Kun tarkastellaan kuinka suuren osuuden hankintamäärästä muodostivat puutavaralajit, joita ei itse tarvittu, tilanne muuttui hieman, eli mitä pienempi saha sen enemmän se joutui ostamaan tarpeettomia puutavaralajeja vaihteluvälin ollessa 13...28 %. Muun puunjalostuksen yrityksillä puutavaralajiosuudet vaihtelivat tuotantosuunnan mukaan. Ne joutuivat kuitenkin ostamaan tarpeettomasti peräti 85 % puuta saadakseen oman jalostuksensa tarvitseman raaka-aineen.

Taulukko 1. Haastateltujen yritysten toimintaa kuvaavien ominaisuuksien ääriarvot yritystyypeittäin.

Ominaisuudet	Integraatit	Saha- monituote- yritykset	Keski- kokoiset sahat	Pienet sahat	Muut puun- jalostus- yritykset	Puu- tavarän välittäjät
Yritysten lukumäärä, kpl	5	4	5	9	4	5
Omien tehtaiden yrityskohtainen määrä, kpl	7 ... 25	2 ... 4	1 ... 2	1 ... 2	1	0 ... 1
Pienin ja suurin yritys- kohtainen hankintahen- kilökunnan määrä, henkeä	310...1 178	4 ... 53	2 ... 13	0,4...8,8	1 ... 10	2 ... 8
Pienin ja suurin yritys- kohtainen hakkuukoneiden, kuormatraktorien ja autojen summa, kpl	215...712	9 ... 80	5 ... 19	1 ... 12	0 ... 4	3 ... 8
Pienin ja suurin yrityskohtainen hankintamäärä, 1 000 m ³	5959...16741	233...667	100...298	0,6...74	0,7 ... 43	20 ... 70

Taulukko 2. Puunhankintamäärät ja niiden jakautuminen hankintamuotoihin sekä puunkäyttö-
määrät yritystyypeittäin.

Hankintamuoto	Integ- raatit	Saha- monituote- yritykset	Keski- kokoiset sahat	Pienet sahat	Muut puun- jalostus- yritykset	Puuta- varän välittäjät	Kaikki yritykset keskimäärin
Hankintamuotojen ja oman käytön osuus kokonaishankintamäärästä, joka sisältää myös ostohakkeen							
Oma hankinta, %	71,4	80,7	84,0	79,3	90,2	99,3	70,9
Vaihdot, %	13,3	3,9	6,1	4,3	0,0	0,0	13,1
Ostot kotimaasta, %	2,4	13,0	9,9	16,4	9,8	0,7	4,1
Ostot ulkomailta, %	12,9	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9
Hankinta yhteensä, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Oma käyttö, %	100,0	79,7	77,3	78,0	54,0	12,1	98,6
Vuotuiset hankintamäärät yrityksittäin ja yritystyypeittäin							
Keskimääräinen yri- tyskohtainen hankin- tamäärä, 1 000 m ³ /a	12 215	431	194	33	16	34	1 963
Yritystyyppin osuus tutkimuksen kokonaishankinta- määrästä, %	86,0	2,4	1,4	0,4	0,1	0,2	94,0

Osalla puutavaran välittäjistä oli omaa käyttöä eli pientä sahausta tai sorvausta. Näin ne ostivat laskennallisesti puuta yli kahdeksan kertaa oman tarpeensa. Välittäjät olivat pystyneet suuntaamaan hankintojaan erikoispuutavaraan, koska koivuvaneritukin osuus oli 13 % ja muiden erikoispuutavaralajien 18,5 % koko hankintamäärästä.

5 Hankintalähteet

Lähinnä vaihdoista ja tuonnista johtuen integraattiyrityksillä oli pienin oman hankintatoiminnan osuus (taulukko 2). Sahat onnistuvat vaihtamaan tarpeettomista puutavaralajeista viitisen prosenttia tukeiksi. Ostoista kotimaasta eli Metsähallituksen, metsänhoitoyhdistysten, puutavaran välittäjien tai muiden puunjalostusyrietysten toimitussopimuksista keskisuuret ja pienet sahat saivat kerättyä 10...16 % hankinnastaan. Suursahalla toimitussopimuspuun osuus oli yli puolet. Integraattien lisäksi ainoastaan suurimmat sahat toivat puuta ulkomailta.

6 Yrittäjän näkökulmaa

Varsinaisen hakkuu- ja kuljetustyön suorittaja on enimmäksä tapauksissa metsäkone- ja kuljetusyrittäjä. Yrittäjän ja hänen kuljettajiensa vastuu on suuri, koska he lähes poikkeuksetta valitsevat poistettavat puut ja valmistavat sekä mittaavat puutavaran. Puunmyyjälle näkyvä jäljelle jäävän puuston ja ympäristön laatu, joka on tavallaan ostavan yrityksen käyntikortti seuraavaan puukauppaan, on myös pienyrittäjän kuljettajan toteuttama. Myös työmaan suunnittelu on yleensä yrittäjän tehtävä.

Puunostaja antaa puutavaran laatu- ja mittavaati-mukset sekä toteuttaa työmaiden ketjutuksen ja kauko-kuljetusten ohjauksen. Puunostajan organisaatiossa täytyy myyjän kanssa kaupanteossa sovittujen korjuu-seen liittyvien erikoistoivomusten siirtyä ajoissa työtä toteuttavalle yrittäjälle tai kuljettajalle. Puunostajilla voi olla suunnittelu- ja johtamisjärjestelmiin liittyviä

laite- ja menetelmävaatimuksia työnsuorittajalle. Ostajat antavat yleensä näiden käyttöön liittyvän koulutuksen samoin kuin yhtiön politiikkaan kuuluvien esimerkiksi ympäristöasioiden tai laatujärjestelmän koulutuksen.

Metsäkone- ja kuljetusyrittäjälle koko vuodeksi työtä tarjoamaan pystyviä yhtiöitä on koko maassa parikymmentä, alueittain enintään puolen kymmentä. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa urakanantaja työn hinnan, laadun ja laitevaatimusten lisäksi voi vaikuttaa epäsuorasti valinnoillaan yrittäjän toimintamalleihin, kuten yritysmuotoon, muille tarjottaviin palveluihin ja konemääriin. Joissain tapauksissa käskyvalta- ja korvaussuhteet puunmyyjän ja ostajan sekä heidän välissään toimivan yrittäjän kesken ovat epäselviä.

7 Metsänomistajan näkökulmaa

Massapuuta jalostavien yritysten fuusioituminen on vähentänyt puunostajia lähes kaikkialla. Keski- ja Itä-Suomessa on enää kolme suurta ostajaa, Lapissa ja Länsi-Suomessa vain kaksi. Nykyiset kolme suurinta ostivat v. 1994 koealueiden alueen puusta enimmillään Etelä-Karjalassa 94 % ja vähimmillään Lounais-Suomessa 64 %. Etelä-Pohjanmaalla oli lukumääräisesti eniten muita puunostajia, 26 kappaletta. Muilla alueilla keskisuurten ja pienten ostajien lukumäärä oli 15 ... 18. Pienemmistä ostajistakin suurin osa toimii vain osalla aluetta ja/tai vain osan vuodesta. Näin ollen kolme suurinta määräävät puun vähimmäishintatason sekä kuitupuun ostojen ja hinnoittelun myötä myös vaikuttavat muun teollisuuden puustamaksukykyyn.

Suuret yhtiöt ostavat kaikkia puutavaralajeja eli myös harvennusleimikoita, ja ostot ovat suhteellisen vakaita vuodenajasta tai taloudellisesta tilanteesta riippumatta. Pienet ostajat toimivat ajallisesti ja paikallisesti rajoittuneesti ja keskittyvät ostamaan tukkivaltaisia omien vaatimustensa mukaisia leimikoita, jolloin leimikon hinta voi kohota korkealle.

Metsänomistajat itse tai heidän valitsemaansa suorittajat korjasivat 15 % kotimaan raakapuusta v. 1994. Noin 30 000 metsänomistajaa on ammattitaitonsa ja varustuksensa puolesta kykeneviä puutavaran hakkuuseen. Puunostajien hinnoittelupolitiikka on ohjannut työtä pienikokoisten harvennuspuiden hakkuuseen. Puutavaran kuljetuksessa ja hakkuussakin käyttävät metsänomistajat enenevässä määrin metsäyrittäjiä.

Metsänomistaja voi metsänhoitoyhdistysten avulla yhdistää huonosti kaupaksi menevät leimikkonsa toisten omistajien kanssa helpommin kaupattaviksi leimikoiksi. Metsänhoitoyhdistysten metsänomistajille tarjoamista palveluista on näillä tutkimuspäivillä erillinen Jukka Aarnion esitys.

8 Ajatuksia

Aineiston analyysi on kesken, joten tässä on vain alustavia tuloksia. Pääpiirteisesti osto ja yleissuunnittelu ovat yhtiöiden omissa käsissä, mutta operatiiviset toiminnot on aliurakoitu pienyrittäjille tai metsänomistajille. Korostetusti tulee kuitenkin esille metsäteollisuusintegraattiyritysten merkittävä asema kaikessa puunhankinnassa. Perinteistäkin johtuva leimikkokauppa johtaa siihen, että harvoja puutavaralajeja käyttävät yritykset joutuvat hankkimaan neljäosan tarvettaan enemmän puuta, ja tekemään siihen tarvittavan työn. Toimitussopimukset voisivat olla yksi ratkaisu tilanteeseen, mutta Metsähallituksen toimitusten yli jäävien toimitusten pieni osuus kertoo, ettei sopimuksia juuri tehdä tai, ettei niiden avulla ole saatu haluttua puuta. Alueellisesti on nähtävissä suurteollisuuden ja pienteollisuuden seutuja, joiden puunjalostuksen, -kaupan ja korjuun välillä on selviä eroja.

Kirjallisuus

- Markkinahakuut ja metsätalouden työvoima "kuukausittain" 1995.
Toimittajat: vaihdellen E. Mäki-Simola, K. Linna, A. Peltola ja I. Kulju. Metla, metsätalastollinen tietopalvelu. Metsätalastiedote: numerot 273, 280, 283, 287, 290, 294, 299, 304, 307, 310, 313, 318. s. 4-6.
- Metsätalastollinen vuosikirja - Skogstatistisk årsbok - Statistical Yearbook of Forestry 1995. 1995. Päätoimittaja Martti Aarne. Metsäntutkimuslaitos. Suomen virallinen tilasto: Maa- ja metsätalous 1995:5. 354 s.
- Suihkonen, V. & Kulju, I. 1996. Hakkuukertymä ja puuston poistuma metsälautakunnittain vuonna 1995. Metla, Metsätalastollinen palvelu. Metsätalastiedote 345: 1-6. ISSN 0359-9124.
- Suihkonen, V. & Kulju, I. 1996. Raakapuun käyttö Suomessa 1995. Metla, Metsätalastollinen palvelu. Metsätalastiedote 344: 1-8. ISSN 0359-9124.

Monimuotoisuustavoitteet ja puunkorjuu

Olli Eeronheimo

1 Mitä monimuotoisuus on?

Vuonna 1992 solmittiin YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa Rio de Janeirossa biologista monimuotoisuutta koskeva yleissopimus, joka edellyttää kansallisia toimia monimuotoisuuden suojelussa.

Ympäristöministeriön sekä maa- ja metsätalousministeriön hyväksymän metsätalouden ympäristöohjelman (1994) mukaan metsäluonnon monimuotoisuudella tarkoitetaan

- metsäympäristötyyppien ja eliöyhteisöjen runsautta ja monipuolisuutta
- metsissä elävien eliölajien runsautta ja monipuolisuutta
- kunkin eliölajin geneettisen perimän monipuolisuutta

Uudessa, vuoden 1997 alussa voimaan astuvassa metsälaissa metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen on metsien kestävän taloudellisen käytön rinnalla keskeinen metsäpolitiikan tavoite.

Suomen metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen -raportin (1994) mukaan monimuotoisuus on tärkeä, koska

- se on usein merkki siitä, että luonnon perustoiminnot ovat kunnossa
- se turvaa lajien säilymisen, kehittymisen ja sopeutumisen muuttuvissa oloissa ja ympäristömuutosten paineissa
- se turvaa luonnon uudistumiskyvyn, joka puolestaan ratkaisee ihmisen elämisen mahdollisuudet maapallolla
- eettiseltä kannalta katsoen jokaisella lajilla on oikeus elää
- monimuotoisuudella on taloudellisia käyttömahdollisuuksia, joista vain osa on tällä hetkellä tiedossa

2 Arvokkaat elinympäristöt

Metsäluonnon monimuotoisuuden säilyttämisessä suojelluilla metsillä on suuri merkitys, vaikka suojelun perusteena ovatkin saattaneet olla esim. maisemalliset tekijät. Suojellut metsät ovat yleensä valtakunnallisesti tai maakunnallisesti arvokkaimpia kohteita. Eräissä tapauksissa tarvitaan ennallistamistoimia, esim. ojien tukkimista ojitetuilla soilla tai kuusen poistoa lehdosta. Metsäpalon vaikutuksia on pyritty koemielessä jäljittelemään polttamalla soiden metsäsaarekkeita. Näin saadaan arvokasta tietoa metsien kehityksestä metsäpalojen jälkeen ja turvataan palanutta puuta tarvitsevien eliöiden elinmahdollisuudet.

Pienialaisia monimuotoisuuden kannalta arvokkaita kohteita on myös talousmetsissä. Ne huomioidaan metsätaloutta harjoitettaessa ilman erillisiä suojelutoimia.

Uudessa metsälaissa on lueteltu monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeät elinympäristöt eli ns. avainbiotoopit. Näitä ovat:

- lähteiden, purojen ja pysyvän vedenjuoksu-uoman muodostavien norojen sekä pienten lampien välittömät lähiympäristöt
- ruoho- ja heinäkorvet, saniaiskorvet sekä lehtokorvet ja Lapin läänin eteläpuolella sijaitsevat letot
- rehevät lehtolaikut
- pienet kangasmetsäsaarekkeet ojittamattomilla soilla
- rotkot ja kurut
- jyrkänteet ja niiden välittömät alusmetsät
- karukkokankaita puuntuotannollisesti vähätuottoisemmat hietikot, kalliot, kivikot, louhikot, vähäpuustoiset suot ja rantaluhdat

Jos edellä mainitut kohteet ovat luonnontilaisia tai luonnontilaisen kaltaisia sekä selvästi ympäristöstään erottuvia, niitä koskevat hoito- ja käyttötoimenpiteet tulee lain mukaan tehdä elinympäristöjen ominaispiirteet säilyttävällä tavalla.

Omissa ohjeissaan Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio on kuvannut myös muita arvokkaita luontokohteita.

Näitä ovat mm. rantametsät, luonnontilaiset suot, vaihtumisyöhykkeet sekä suojeltavat kasvit ja pesät.

3 Säästöpuut

Osalla uhanalaisista lajeista on tarkat vaatimukset elinympäristön suhteen. Ne saattavat vaatia elinympäristössään tiettyjä puulajeja, kuten haapaa, raitaa tai jaloja lehtipuita. Näitä lajeja sanotaan avainlajeiksi. Osa lajeista puolestaan tarvitsee kasvualustakseen, pesimiseen tai ruuanhankintaan kolopuita, keloja, pötkelöitä tai maapuita. Hakkuun yhteydessä hakkuualalle pyritään mahdollisuuksien mukaan jättämään mainittuja eläviä ja kuolleita puita. Myös muut elävät lehti- ja havupuut ovat monimuotoisuuden ja maiseman kannalta edullisia.

4 Luontolaadun arviointi

Metsäkeskukset ja -teollisuus ovat metsätalouden kehittämiskeskus Tapion johdolla arvioineet hakkuukohteita monimuotoisuuden ja vesistönsuojelun kannalta vuosina 1995 ja 1996. Uudistushakkuukohteista inventoitiin 2 % ja harvennushakkuukohteista 0,3 % vuonna 1996. Kaikkiaan inventoituja kohteita oli 987 (Luontolaadun... 1996). Metsähallituksen metsistä on tehty erillinen, vastaava inventointi vuosina 1995 ja 1996.

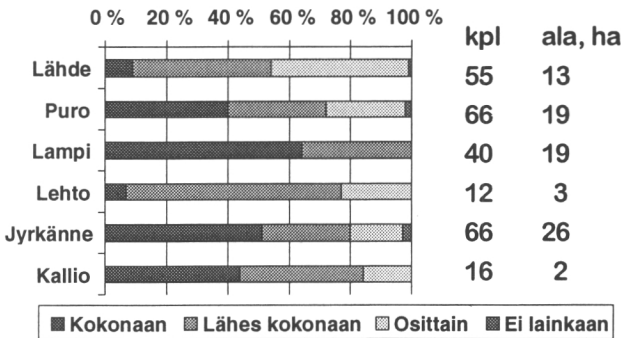
4.1 Luontokohteiden määrä

Tapion ja metsäyhtiöiden inventointien perusteella arvokkaita luontokohteita on 5 % uudistushakkuiden pinta-alasta. Avainbiotooppien määrä on 1 % uudistushakkuiden pinta-alasta. Kohteet ovat pienialaisia, pinta-alaltaan keskimäärin 0,35 ha. Kaikkiaan talousmetsissä arvioidaan olevan yhteensä noin miljoona arvokasta luontokohdetta.

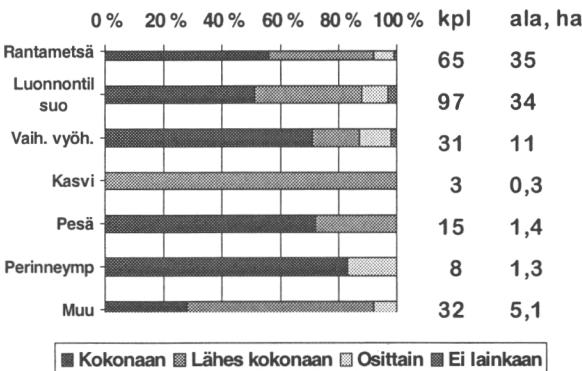
4.2 Luontokohteiden ominaispiirteiden säilyminen hakkuussa

Kuten kuvista 1 ja 2 nähdään, luontokohteiden ominaispiirteet onnistutaan säilyttämään jo kohtalaisen hyvin hakkuissa. Purojen ja lähteiden ympäristössä metsien käsittelyssä tulisi toimia vielä nykyistäkin varovaisemmin.

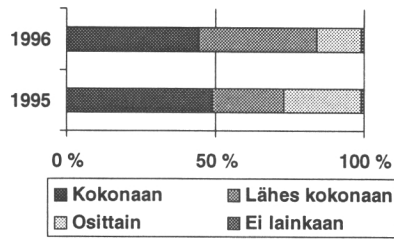
Kun verrataan ominaispiirteiden säilymistä vuosina 1995 ja 1996 (kuva 3), havaitaan että kokonaan tai lähes kokonaan säilyneiden kohteiden yhteenlaskettu osuus on kasvanut, mutta täysin säilyneiden kohteiden osuus on jonkin verran pienentynyt.



Kuva 1. Arvokkaimpien luontokohteiden ominaispiirteiden säilyminen hakkuussa Tapion inventoinnin mukaan 1996 (Luontolaadun... 1996).



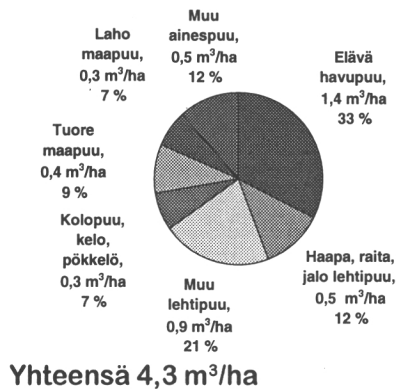
Kuva 2. Muiden arvokkaiden luontokohteiden ominaispiirteiden säilyminen hakkuussa Tapion inventoinnin mukaan 1996 (Luontolaadun... 1996).



Kuva 3. Luontokohteiden ominaispiirteiden säilyminen hakkuissa vuosina 1995 ja 1996 (Luontolaadun... 1996).

4.3 Säästöpuut

Arvokkaiden luontokohteiden säästöpuun määrä oli Tapion inventoinnin mukaan $3,2 \text{ m}^3/\text{ha}$ koko hakkuualalle laskettuna. Luontokohteiden ulkopuolelle säästöpuuta jätettiin $4,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ (kuva 4).



Kuva 4. Säästöpuiden määrä hakkuualalla Tapion inventoinnin mukaan 1996 (Luontolaadun... 1996).

5 Päätelmät

Oikein toteutettuna puunkorjuu ei vähennä metsien monimuotoisuutta. Se päinvastoin aikaansaa pienipiirteisen metsämosaiikin, jossa on paljon useiden eliölajien suosimia reunavyöhykkeitä. Taimikonhoidon, harvennusten ja uudistushakkuun yhteydessä on lisäksi mahdollista järjestellä metsikön puulajisuhteita ja lisätä monimuo-

toisuuden kannalta edullisen lehtipuuston osuutta. Puunkorjuussa yleisesti käytetty harvesteri on kätevä työkalu keinopötkkelöiden tekoon sellaisissa kohteissa, joissa pötkkelöitä ei luontaisesti ole.

Monimuotoisuusnäkökohdat huomioidaan jo metsäsuunnittelun yhteydessä. Näiden tietojen tulee välittyä puunkorjuun suunnittelijalle ja edelleen puunkorjuun toteuttajalle. Tapiossa vireillä oleva hanke arvokkaiden luontokohteiden paikkatietojärjestelmästä helpottaisi toteuttaessaan kohteiden paikantamista ja niiden ominaispiirteiden säilyttämistä puunkorjuussa.

Metsäteollisuusyritykset ja metsäkeskukset ovat panostaneet viime vuosina voimakkaasti toimihenkilöiden, metsäkoneyrittäjien ja metsänomistajien koulutukseen monimuotoisuuden säilyttämisessä. Inventointitulosten perusteella tiedot on omaksuttu hyvin, mutta lisäkoulutus arvokkaiden luontokohteiden tunnistamisessa on varmasti tarpeen. Metsänomistajien valistus on erityisen tärkeää - hehän viime kädessä päättävät metsiensä käsittelystä. Inventointien perusteella metsien käsittelyn tulisi olla vielä nykyistäkin varovaisempaa arvokkaissa luontokohteissa ja vesistöjen suojavyöhykkeillä.

Hakkuualojen säästöpuut palvelevat monimuotoisuus- ja maisemallisia tavoitteita parhaiten, jos ne sijoitetaan ryhmiin. Samalla ne häiritsevät vähiten puuntuotannollisia toimia metsikössä. Alikasvos tulisi myös säästää näiden ryhmien läheisyydessä sekä vesistöjen suojavyöhykkeillä. Muualla hakkuualalla alikasvoksen säästämällä ei välttämättä ole lisäarvoa monimuotoisuuden kannalta - alikasvos hakkuualalla sen sijaan vaikeuttaa puuntuotannollisia toimia ja koetaan usein maisemallisesti rumentavana elementtinä.

Kirjallisuus

- Metsätalouden ympäristöohjelma. 1994. Maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö. 63 s.
- Suomen metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen. 1994. Ympäristöministeriö. 83 s.
- Luontolaadun arvioinnin tulokset 1996. 1996. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Moniste.

Ajoneuvojen liikkuvuusmallien soveltuvuus puunkorjuun ympäristövaurioiden ennustamiseen

Jari Ala-Ilomäki, Martti Saarilahti
ja Arto Rummukainen

1 Johdanto

Puunkorjuun koneellistaminen on ollut tunnetusti nopeaa. Koneellistamisvaiheen aikana korjuukoneiden liikkuvuustutkimuksissa on keskitytty tarkastelemaan ensisijaisesti niiden tuottavuutta, joskin syntyviä maastovaurioita selvittävällä tutkimuksella on viimeisten 15 vuoden aikana ollut yhä suurempi merkitys. Tutkimuksen painotus heijastaa siirtymistä ympärivuotiseen puunkorjuuseen. Korjuukoneiden tekninen maastoliikkuvuus ei estä korjuuta vaikeassakaan maastossa, mikäli maaperän kantavuus on hyvä, ja korjuukoneiden liikkuvuus on parantunut myös pehmeillä mailla.

Talviaikaisessa puunkorjuussa ei maaperän kantavuus tai sen vaurioituminen ole ollut ongelma, joten liikkuvuusmallien käytöllä ei tutkimuksessa ja käytännön metsätaloudessa ole perinteitä. Koneellisen puunkorjuun nykyiset ongelmat sen sijaan liittyvät, kustannustekijöiden ja työn organisoinnin lisäksi, lähinnä niiden aiheuttamiin ympäristövaurioihin, joten liikkuvuusmalleilla voidaan saavuttaa huomattavia etuja.

Tietokoneperustaiset korjuun suunnittelun ja toteutuksen apuvälineet elävät aktiivista kehitysvaihetta (Rummukainen & Ala-Ilomäki 1994). Toimivaan suunnittelujärjestelmään tarvitaan luotettavia alamalleja, joten liikkuvuusmallien luomisella ja kehittämisellä on tärkeä sija suomalaisessa metsäntutkimuksessa (Saarilahti 1997). Seuraavassa tarkastellaan eräiden yleisimmin käytettyjen liikkuvuusmallien soveltuvuutta maaperä-

vaurioiden ennustamiseen turvemaan puunkorjuussa. Tarkoituksena on osoittaa mallituksen ja laskennan mahdollisuuksia maaperävaurioiden ennustamisessa.

Symboliluettelo

C	Tunkeutumisvastus, kPa
C _{CI}	Keskimääräinen tunkeutumisvastus, kPa
C _{CT}	Tunkeutumislujuuden ja leikkauslujuuden perusteella laskettu tunkeutumisvastus, kPa
C _N	Pyörän liikkuvuusindeksi $C_N = \frac{C \cdot b \cdot d}{W}$
C _{VT}	Leikkauslujuuden perusteella laskettu tunkeutumisvastus, kPa
H	Turpeen maatumisaste, von Post -luokka
N _{CI}	Pyörän liikkuvuusindeksi
N _{CI}	$N_{CI} = \frac{C \cdot b \cdot d}{W} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{h}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b}{2 \cdot d}}$
W	Pyöräkuorma, kN
b	Renkaan leveys, m
d	Renkaan halkaisija, m
h	Renkaan poikkileikkauksen korkeus, m
l	Telin akseliväli, m
p	Pintapaine, kPa
z	Pyörän painuma, raiteensyvyys, m
δ	Renkaan kokoonpuristuma, mm
μ _R	Vierintävastuskerroin
τ	Leikkauslujuus, kPa

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Maastokokeet

Aineisto perustuu Rummukaisen ja Ala-Ilomäen (1986) tekemiin mittauksiin, jotka olivat osa laajempaa maastokoetta (Sirén ym. 1987). Kokeessa kahdellatoista kuormatraktorilla ajettiin koeradoilla, jotka oli sijoitettu kahdelle erityyppiselle turvemaalle. Koealue 1 sijaitti puustoisella rämeellä ja koealue 2 turvemaalle perustetulla pellolla. Tässä yhteydessä tarkastellaan ensimmäisen ajokerran jälkeen mitattua raiteensyvyyttä.

Kuormatraktoreiden pintapaine (p) laskettiin yleisesti käytetyllä keskimääräisen pintapaineen kaavalla (Mikkonen & Vuolijoki 1975):

$$\begin{array}{ll}
 \text{Pyörä} & \text{Teliakseli terästeloin} \\
 p = \frac{W}{\frac{d}{2} \cdot b} & (1) \quad p = \frac{W}{\left(\frac{1.25 \cdot d}{2} + 1\right) \cdot b} \quad (2)
 \end{array}$$

2.2 Turpeen ominaisuudet

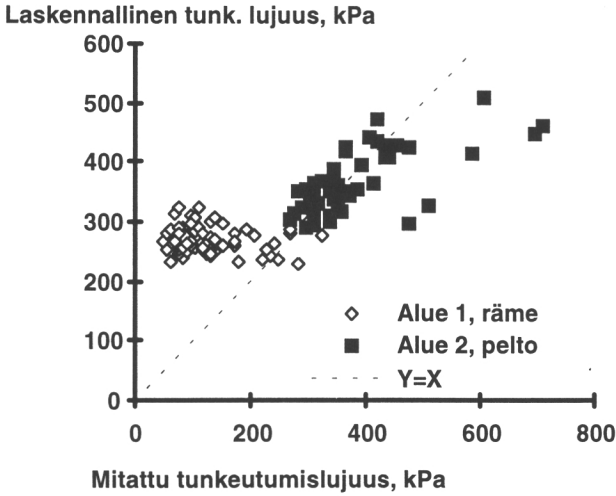
Turpeen tunkeutumislujuus (C) mitattiin ASAE standardin mukaisella käsikäyttöisellä tunkeutumislujuusmittarilla eli penetrometrillä (ASAE standards 1990). Tunkeutumislujuus luettiin 0,05; 0,1; 0,15; 0,25 ja 0,5 m syvyyksistä. Välin 0,05...0,5 m keskimääräisestä tunkeutumislujuudesta käytetään tunnusta C_{CI} .

Turpeen leikkauslujuus (τ) mitattiin tavallisella Borro-tyyppisellä siipikairalla, jonka siiven koko oli 80x160 mm. Lujuus mitattiin 0,1; 0,25; 0,5 ja 1,0 m syvyyksistä, ja jäljempänä leikkauslujuudella tarkoitetaan ko. mittausvälin lujuuden keskiarvoa.

Keskimääräisestä leikkauslujuudesta laskettiin tunkeutumislujuus (C_{VT}) yhtälön 3 mukaisesti (Saarilahti 1982). Turpeen maatumisasteena käytettiin arvoa 5 von Postin asteikolla.

$$C_{VT} = \frac{17.86 - 1.37 \cdot H}{1 - 0.061 \cdot H} \cdot \tau \quad (3)$$

Mitatun tunkeutumislujuuden (C_{CI}) ja leikkauslujuuden avulla lasketun tunkeutumislujuuden C_{VT} vastaavuus turvepellolla (alue 2) oli hyvä, kun rämeellä (alue 1) niiden välillä ei ollut korrelaatiota (kuva 1). Alueen 1 turve oli vähemmän maatumutta, ja vähän maatuneen, kuituisen turpeen leikkauslujuus on suuri mutta puristus- ja tunkeutumislujuus alhainen. Eri menetelmillä saadun



Kuva 1. Leikkauslujuudesta laskettu tunkeutumislujuus (C_{VT}) mitatun tunkeutumislujuuden (C_{CI}) funktiona.

tiedon yhdistämiseksi muodostettiin tunkeutumisvastuksesta ja leikkauslujuudesta kolmas tunkeutumislujuusmuuttuja C_{CV} (Yhtälö 4).

$$C_{CV} = \frac{C_{CI} + C_{VT}}{2} \quad (4)$$

2.3 Liikkuvuusmallit

Tähän tutkimukseen valittiin kaksi pyörän liikkuvuusindeksiin (C_N , N_{CI}) perustuvaa lajittuneille kivennäismaille kehitettyä WES-liikkuvuusmallia, Wismer & Luth- (1973) ja Maclaurin- (1990) mallit. Molempiin malleihin sisältyy menetelmä vierintävastuskertoimen (vierintävastus/pyöräkuorma) (μ_R) määrittämiseksi (yhtälöt 5 ja 6). Maclaurin:n mallin avulla voidaan lisäksi laskea pyörän painuma kulkualustaan (z) (Yhtälö 7).

$$\mu_R = 0.04 + \frac{1.2}{C_N} \quad (5) \quad \mu_R = 0.017 + \frac{0.453}{N_{CI}} \quad (6)$$

$$\frac{z}{d} = \frac{0.224}{N_{CI}^{1.25}} \quad (7)$$

Tässä yhteydessä raiteensyvyyden oletetaan olevan suoraan riippuvainen tai yhtä suuri kuin pyörän painuma. Jäykän pyörän teorian perusteella voidaan kirjoittaa seuraava malli pyörän painumalle (Kaje (1968), Gee-Glough (1979), Saarilahti (1991)):

$$z = \mu_R^2 \cdot d \quad (8)$$

Käytetyt pyörän liikkuvuusindeksit perustuvat itsenäisen pyörän liikkuvuuden arvioimiseen, joten telojen käyttöä teliakseleilla ei laskennassa otettu huomioon. Mallien syötötietoina käytettiin alhaisimman indeksiarvon omaavaa pyörää, yleensä kolmiakselisen traktorin etupyörää tai neliakselisen traktorin takatelin pyörää. Maastokokeissa ei mitattu pyörän kokoonpuristumaa, joten kokoonpuristuman ja renkaan poikkileikkauksen suhde arvioitiin laskentaa varten.

3 Tulokset

Kuvassa 2 verrataan tunkeutumislajuuden funktiona esitettyjä mitattuja ja yhtälöllä 8 ennustettuja raiteensyvyyksiä toisiinsa. Mitatut arvot on jaoteltu traktoreiden pintapaineen mukaisiin ryhmiin. Ennustettu raiteensyvyys perustuu Wismer&Luth:n mallilla (Yhtälö 5) lasketun vierintävastuksen käyttöön yhtälössä 8 sekä keskimääriisiin pyörämittoihin. Ennuste laskettiin aineiston alhaisimmalle (30 kPa) ja korkeimmalle (71 kPa) pintapaineelle. Ennuste sopii tehdyt oletukset huomioon ottaen havaintoihin melko hyvin, varsinkin kun kokeessa käytetyistä teloista aiheutuu joidenkin senttimetrien syvyinen painuma, jota malli ei ota huomioon. Malli aliarvioi eräiden iäkkäiden ja pintapaineeltaan suurien traktorimallien raiteensyvyyttä.

Eri mallien ja niiden yhdistelmien kykyä selittää raiteensyvyyttä tutkittiin regressioanalyysin avulla (taulukko 1). Taulukosta 1 voidaan havaita, ettei keskimääräinen tunkeutumislajuus (C_{CI}) selitä hyvin raiteen-

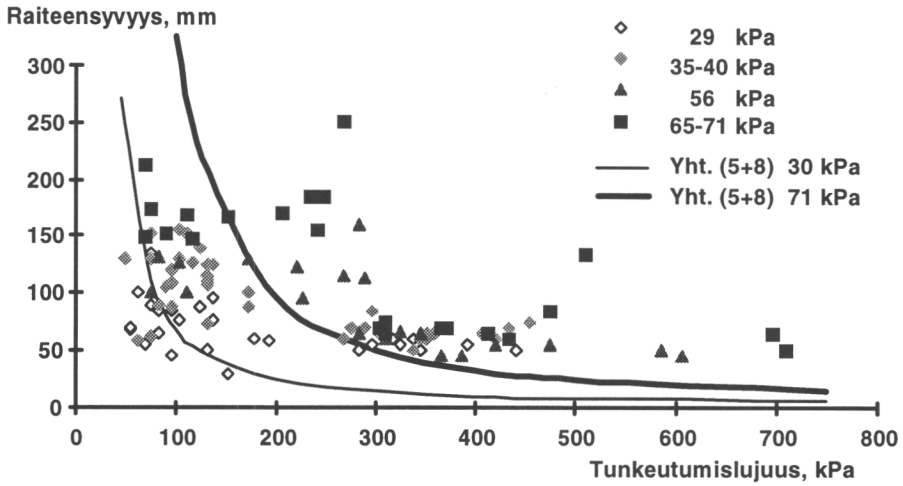
Taulukko 1. Regressioyhtälön $y=a+bx$ kertoimet sekä selitysaste r^2 selitettäessä malleilla lasketulla raiteensyvyydellä mitattua raiteensyvyyttä

Tunkeutumislajuus	Malli	a	b	r^2
C_{CI}	(5)+(8)	76,7	0,117	0,213
	(6)+(8)	79,6	0,070	0,157
	(7)	67,6	0,133	0,260
C_{VT}	(5)+(8)	28,5	1,35	0,495
	(6)+(8)	25,6	1,21	0,471
	(7)	15,0	0,800	0,448
C_{CT}	(5)+(8)	44,9	0,777	0,490
	(6)+(8)	48,5	0,579	0,420
	(7)	31,2	0,526	0,482

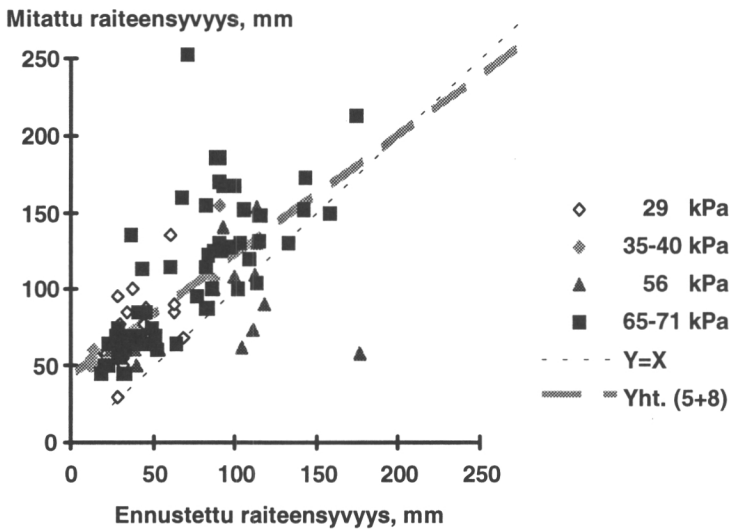
syvyyttä. Leikkauslujuuden perusteella lasketun tunkeutumislajuuden (C_{VT}) tai mitatun ja laskennallisen lujuuden yhdistelmän (C_{CV}) avulla päästään sen sijaan varsin tyydyttäviin tuloksiin. Pelkän tunkeutumislajuuden huono soveltuvuus turpeen lujuuden mittaamiseen johtunee seuraavista seikoista:

- Penetrometrin kartio on mitoiltaan niin pieni, että se ei reagoi maatumattoman turpeen karkeaan rakenteeseen. Siipikairan siipien koko on huomattavasti suurempi ja se reagoi turpeen leikkauslujuuteen.
- Tunkeutumislajuuden laskennassa pintakerrosten painoarvo oli leikkauslujuuden vastaavaa suurempi, joten leikkauslujuus edustaa paremmin syvemmällä sijaitsevien kantavuudelle kriittisten kerrosten lujuutta.

Mallien ennustearvo olisi mahdollisesti parempi, jos lujuusmittaukset olisi tehty juuri kantavuuden kriittisestä kerroksesta. Malli nyky muodossaankin antaa melko luotettavan arvion raiteensyvydestä. Kuvassa 3 on esitetty traktoreiden pintapaineen mukaisiin ryhmiin jaoteltuna mitattu raiteen syvyys ennustetun syvyyden funktiona, kun ennustetaan yhtälöillä 5 ja 8 sekä leikkauslujuudesta lasketulla tunkeutumislajuudella.



Kuva 2. Mitattu (pisteet) ja ennustettu raiteensyvyys tunkeutumislajuuden funktiona.



Kuva 3. Mitattu raiteensyvyys (pisteet) ennustetun syvyyden funktiona.

Malleja kehittämällä niiden ennustearvoa voidaan parantaa. Tässä yhteydessä kokeiltiin sekä pyörän liikkuvuusindekseihin C_N (Wisner&Luth) ja N_{CI} (Maclaurin) perustuvien raiteensyvyysmallien edelleen kehittämistä. Liikkuvuusindeksien laskennassa käytettiin kaikkia kolmea turpeen tunkeutumislajuusarvoa (C_{CI} , C_{CT} ,

C_{VT}). Maclaurin:n mallin selitettävänä muuttujina kokeiltiin sekä pyörän painumaa (z) että painuman ja halkaisijan suhdetta (z/d). Kehitettyjä malleja arvioitiin vain selityksasteen avulla, joten niiden mahdollista harhaisuutta ei ole otettu huomioon. Tulokset on esitetty taulukossa 2 erikseen koko aineistolle (pyörä- ja telatraktorit) sekä vain pyörätraktoreille. Paras tulos saavutettiin selitettävällä muuttujalla z/d , yhdistetyllä tunkeutumisljuudella C_{CV} ja liikkuvuusindeksillä N_{CI} (kuva 4). Yhtälö 9 selitti 59% raiteensyvyuden vaihtelusta.

$$\frac{z}{d} = \frac{0.142}{N_{CI}^{0.83}} \quad (9)$$

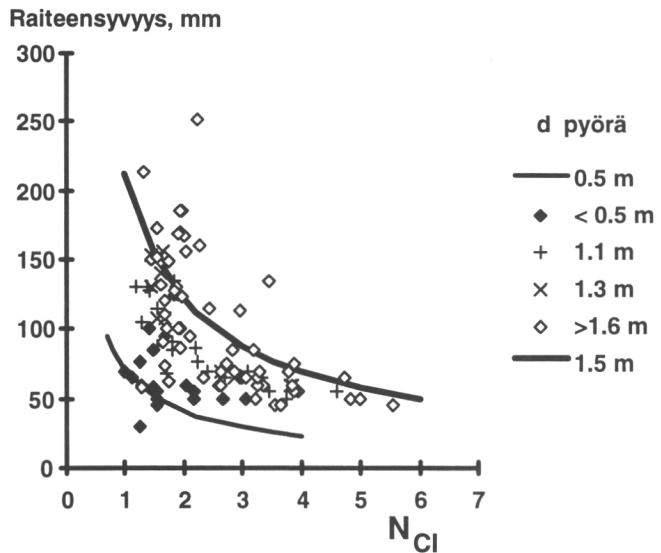
Mallin (9) ennustama raiteensyvyys kasvaa todellista hitaammin liikkuvuusindeksin pienentyessä. Samankaltaisesti kuvan 2 kanssa tämänkin mallin ennuste eräille traktoreille on liian alhainen, mikä saattaa liittyä turpeen pintakerroksen puhkaisulujuuden ylittymisen.

Mallien kehittämisen perusteella voidaan vetää seuraavat johtopäätökset:

- Liikkuvuusindekseillä N_{CI} ja C_N ei ole ennusteen tarkkuuteen suurta merkitystä johtuen mahdollisesti siitä, että renkaan kokoonpuristumisen suhde poikkileikkauksen korkeuteen oli vain arvio.
- Yhdistetyn tunkeutumisljuuden (C_{CV}) käyttö mitatun (C_{CI}) asemesta parantaa ennusteen tarkkuutta
- suhteen z/d käyttö z :n asemesta parantaa ennusteen tarkkuutta erityisesti, mikäli telatraktoreiden raiteensyvyyttä ennustetaan pyörätraktoreiden malleilla

Taulukko 2. Pyörän painumaa (z) ja painuman sekä halkaisijan suhdetta (z/d) selittävien mallien selityksasteet eri lujustunnuksia käytettäessä.

Aineisto	Käytetyt suureet								
	N_{CI}						C_N		
	z/d			z			z		
	C_{CI}	C_{VT}	C_{CV}	C_{CI}	C_{VT}	C_{CV}	C_{CI}	C_{VT}	C_{CV}
Pyörätraktorit	0,461	0,486	0,591	0,406	0,523	0,511	0,426	0,282	0,565
Pyörä- ja telatr.	0,445	0,475	0,578	0,203	0,156	0,224	0,274	0,404	0,374



Kuva 4. Mitattu (pisteet) ja yhtälöllä 9 ennustettu (viiva) raiteensyvyys liikkuvuusindeksin ja pyörän halkaisijan funktiona.

4 Johtopäätökset ja tutkimustarve

WES-mallit on kehitetty ajoneuvojen liikkuvuutta koskevien ongelmien ratkaisemiseen mutta niitä voidaan käyttää maastokuljetuksen ja ympäristön ongelmakentässä myös ympäristövaurioiden ennustamiseksi ja vähentämiseksi. Esitetyt mallit antavat riittävän tarkan ennusteen raiteensyvyydestä, jotta ympäristövaurioiden suhteen liian riskialttiiden kohteiden puunkorjuu voidaan suunnitella uudelleen tai siirtää soveliaampaan ajankohtaan. Esiteltyt korjuukoneiden ja maaperän ominaisuuksiin perustuvat mallit ovat ns. black-box -malleja parempia viitekehyksiä vaurioiden ennustamiseen, ja ne pohjautuvat tietä terramekaniikan laajemmalle hyväksikäytölle.

Kehittämällä paikkatietojärjestelmien kanssa käytettäviä erityisesti suomalaisiin oloihin soveltuvia ennustemalleja voitaisiin merkittävät maastovauriot suurelta osin välttää. Näin ollen puunkorjuukoneiden liikkuvuutta selvittävä tutkimus palvelee teknisestä ensivaikutelmastaan huolimatta pyrkimystä turvata metsien luonnonarvot. Esitettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan

tutkimuskeskuksessa kehitetään malleja pyörän käyttäytymisen selvittämiseksi suomalaisessa metsämaastossa. Myös maaperän lujuuden mittaamenetelmiä ja lujuusmalleja on kehitteillä.

Kirjallisuus

- ASAE standards. 1990. 37. painos. Standards, engineering practices and data. S313.2 Soil cone penetrometer. American society of agricultural engineers 25(5):1169-1172.
- Gee-Clough, D. 1979. The effect of wheel width on the rolling resistance of rigid wheel in sand. *Journal of Terramechanics* 15(4):161-184.
- Kaje L. 1968. Maaston kulkukelpoisuus. Summary: Terrain trafficability. Helsinki. 53 s.
- Maclaurin, E. B. 1990. The use of mobility numbers to describe the in-field tractive performance of pneumatic tyres. Proceedings of the 10th International ISTVS Conference, Kobe, Japan, August 20-24, 1990. I: 177-186.
- Mikkonen, E. & Wuolijoki, E. 1975. Pikatestausten suoritustekniikka. The technique of short term testing. *Metsätehon katsaus* 9. 5 s.
- Rummukainen, A. & Ala-Ilomäki, J. 1986. Manoeuvrability of forwarders and its prediction on peatlands. ISTVS, Third European conference. Off the road vehicles and machinery in agriculture, earthwork and forestry. 15-17 September 1986, Warsaw, Poland. II:75-81.
- Rummukainen, A. & Ala-Ilomäki, J. 1994. Paikkatietojärjestelmät puunkorjuun apuvälineinä. Korjuukoneiden suorituskykymallien kehittäminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 519. 66 s. ISBN 951-40-1386-7
- Saarilahti, M. 1982. Tutkimuksia radioaalto menetelmien soveltuvuudesta turvemaiden kulkukelpoisuuden arvioimiseen. Summary: Studies on the possibilities of using radar techniques in detecting the trafficability of peatlands. *Acta Forestalia Fennica* 176. 105 s.
- Saarilahti, M. 1991. Maastoliikkuvuuden perusteet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 390. 99 s.
- Saarilahti 1997. Maaston kulkukelpoisuuden ja koneiden liikumiskyvyn mallittaminen WES-menetelmällä. *Folia Forestalia*. In Print.
- Sirén, M., Ala-Ilomäki, J. & Högnäs, T. 1987. Harvennuksiin soveltuvan metsäkuljetuskaluston maastokelpoisuus. Mobility of forwarding vehicles used in thinnings. *Folia Forestalia* 692. 60 s.
- Wismer, R.D. & Luth, H. J. 1973. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. *Transaction ASAE* 17(1):8-10,14.

Korjuujälkeen ja tuottavuuteen vaikuttavat tekijät hakkuukonetyössä

Matti Sirén

1 Johdanto

Koneellisen hakkuun ongelmana ensiharvennuksissa ovat pienestä rungon koosta ja hehtaarikohtaisesta kertymästä johtuvat korkeat kustannukset. Myös korjuujäljestä kannetaan huolta, onhan ensiharvennus pitkälti metsänhoidollinen toimenpide. Huoli korjuujäljestä saattaa pahimmillaan johtaa harvennusten laiminlyöntiin.

Hakkuukonetyön korjuujälkeen vaikuttavien tekijöiden selvittämiseksi tehtiin Metsäntutkimuslaitoksella tutkimus, jossa hakkuukonetyötä analysoitiin korjuujäljen kannalta ja selvitettiin korjuujäljen ja erityisesti puustovaurioiden syntymekanismia. Yleensä korjuujälkeä on mitattu jälkiinventoinneilla, jolloin mukaan tulevat sekä hakkuun että metsäkuljetuksen vauriot. Jälkikäteen tehtävissä inventoinneissa tieto vaurioiden syistä ja aiheuttajista on arvionvaraista. Seuraamalla korjuujäljen syntyä työskentelyhetkellä saatiin tietoa korjuujälkeen vaikuttavista tekijöistä.

2 Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

Tutkimuskoneena oli Valmet 901-yksioteharvesteri. Tutkimusaineistoa kerättiin neljältä kuljettajalta pääasiassa kuusivaltaisilta leimikoilta, joissa oli mukana sekä ensi- että myöhempiä harvennuksia. Tutkimusleimikoilla tehtiin seurantatutkimus ja sen jälkeen seuranta-alueen jälkiinventointi. Seurantatutkimuksessa koneen työskentelyä seurasi kolme työntutkijaa. Yksi työntutkija teki aikatutkimusta, jossa erityistä huomiota kiinnitettiin puun

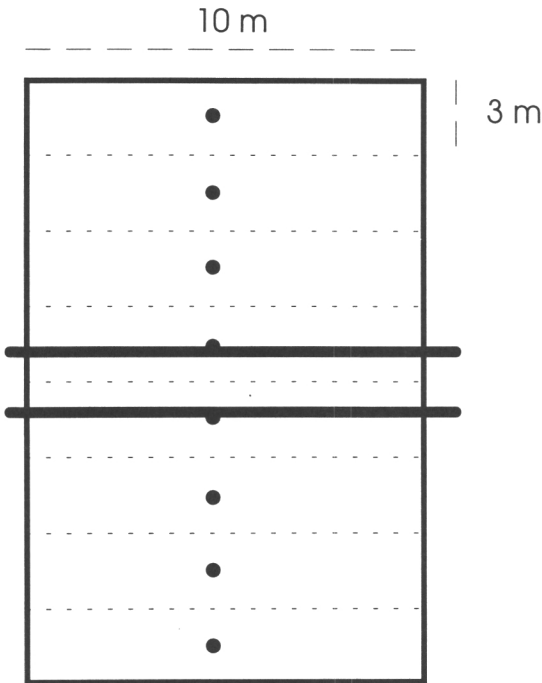
sijaintiin, ottokulmaan ja käsittelypaikkaan. Toinen työntutkija seurasi koneen liikkeitä (peruskoneen liikkeet, monitoimiosan liikkeet) metreinä. Puuta käsiteltäessä käytössä oleva työtila ja työalueella olevien puiden määrä kirjattiin puukohtaisten työolojen selvittämiseksi. Kolmas työntutkija seurasi pystypuihin syntyviä kosketuksia, joista kosketushetkellä kirjattiin kosketuksen aiheuttaneen puun havaintonumero, kosketuksen saaneen puun sijainti ja kosketuskohta, työvaihe kosketuksen tapahtuessa sekä kosketuksen aiheuttanut elin ja syy.

Käsiteltävän puun aiheuttamista kosketuksista huomioitiin ainoastaan puun rungon tai paksujen oksien aiheuttamat kosketukset. Kosketuksen tuli kohdistua puun runkoon, pelkästään oksistoon kohdistuvia kosketuksia ei huomioitu. Urapuihin syntyneitä kosketuksia ei huomioitu. Kosketuksen saaneet puut merkittiin numerolapulla, ja seurantajakson päätyttyä puista mitattiin läpimitta, mahdollisesti syntyneen vaurion koko (pituus, leveys), laatu (syvävaurio, pintavaurio) sekä vaurion etäisyys juurenniskasta. Myös sellaiset puut, jotka saivat kosketuksen ja poistettiin kosketuksen jälkeen, huomioitiin ja luokiteltiin metsänhoidollisesti poistettaviin tai kasvatettaviin puihin.

Seurantatutkimuksessa mukana olleet alueet inventoitiin ennen metsäkuljetusta. Inventoinnilla selvitettiin leimikoiden metsänhoidollista tilaa korjuun jälkeen ja verrattiin jälki-inventoinnin tulosten tarkkuutta seurantaan puustovaurioiden osalta. Jälki-inventoinnissa mitattiin aluksi seuranta-alueen pinta-ala ja uraston kokonaispituus. Tämän jälkeen alue inventoitiin sijoittamalla urille koealat 30 m välein.

Koealat rajattiin mittaamalla 10 m matka ajouralle. Tämän jälkeen uran molemmille puolille mitattiin 4 kpl 10 m x 3 m vyöhykkeitä. Koeala ja siltä tehdyt mittaukset esitetään kuvassa 1.

Tutkimusaineistoa kerättiin 15 seurantatyömaalta yhteensä 8191 runkoa, 1085 m³. Aineistosta 586 m³ hakattiin talvella, 288 m³ keväällä tai syksyllä ja 211 m³ nila-aikana. Tutkimusleimikoissa lähtöpuusto oli keskimäärin 1169 runkoa/ha ja jäävä puusto 634 runkoa/ha. Kuusen osuus tutkimusleimikoiden puustosta oli 70 %.



Vyöhykkeiltä mitataan

- pohjapinta-ala (•)
 - puiden lukumäärä
 - puulajisuhteet
 - keskiläpimitta
 - kantojen lukumäärä ja keskiläpimitta
 - raivattujen puiden lukumäärä
 - metsänhoidollisesti poistettavien puiden lukumäärä
 - puustovaurioiden määrä, laatu ja sijainti
- Uralta mitataan
- uraleveys
 - painumat
 - maastotiedot
 - havituksen määrä
 - kohtisuora etäisyys lähimpiin uriin

Kuva 1. Jälki-inventoinnin koeala.

3 Tutkimustuloksia

3.1 Kuljettajien tuotostasot

Kuljettajien tuotostasojen suora vertailu ei ole mahdollista leimikoiden erilaisuuden vuoksi. Tuotostasot erosivat kuitenkin huomattavasti toisistaan. Tuotosta ei tutkimuksessa seurattu itsetarkoituksena vaan lähestymällä liiketyöteorian pohjalta (Blomqvist et al. 1984). Samalla pyrittiin selvittämään tuotoksen vaikuttavia tekijöitä ja toisaalta tuotoksen ja korjuujäljen suhdetta. Keskimääräinen tehotuntituotos koko aineistossa oli $11,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Kuljettaja A:n tehotuntituotos oli keskimäärin $16,5 \text{ m}^3$, kuljettaja B:n $8,8 \text{ m}^3$, kuljettaja C:n $9,8 \text{ m}^3$ ja kuljettaja D:n $12,3 \text{ m}^3$. Koko aineistosta lasketut runkokohtaista tehoajanmenekkiä kuvaavat regressiomallit olivat seuraavat:

Kuljettaja	Regressiomalli	R ²
A	$Y = 28,434 + 0,0803 * x + 0,000082 * x^2$	0,586
B	$Y = 47,019 + 0,2046 * x - 0,000006 * x^2$	0,415
C	$Y = 36,429 + 0,2711 * x - 0,00012 * x^2$	0,374
D	$Y = 26,553 + 0,1299 * x - 0,000063 * x^2$	0,320
Koko aineisto	$Y = 32,507 + 0,1736 * x$	0,382

missä Y= työvaiheen ajanmenekki, cmin/runko

x = rungon koko, dm³

Eräs erityisesti metsäkuljetuksen aiheuttamiin maaperä-vaurioihin vaikuttava seikka on uralla olevan havutuksen määrä. Koneellisessa hakkuussa saadaan uralle runsas havutus, jos myös kauempana uralta sijaitsevia puita käsitellään uran päällä. Käsittelypuolen vaikutusta viistosti tai kohtisuoraan sivulta otettavien puiden vaikutusta runko-kohtaiseen tehoaikaan kuusen hakkuussa tutkittiin kuljettajittain t-testillä. T-testin tulokset esitetään taulukossa 1.

T-testin mukaan tehoajat eivät eronneet käsittelypuolittain merkitsevästi toisistaan yhdelläkään kuljettajalla. Uralle saatiin siten kohtuullinen havutus ilman merkittävää ajanmenekkilisää. Kuljettaja D:n työtapaa käsittelypuolen suhteen poikkesi selvästi muista kuljettajista, joilla puolestaan käsittelypuolen jakaumat olivat lähes samanlaiset. Kuljettaja D otti myös muita enemmän puita kohtisuoraan sivulta.

Taulukko 1. T-testi käsittelypuolen vaikutuksesta runkohtaiseen tehoaikaan kuusella viistosti sivulta tai kohtisuoraan sivulta otetuilla puilla. Käsittelypuoli 1=käsittely ottopuolella uraa, 2=vienti uran yli.

Kuljettaja	Käsittely- puoli	N	Tehoaika, cmin	Tehoajan keskihajonta	p-arvo
A	1	503	44,59	30,92	0,277
	2	460	42,75	21,10	
B	1	655	73,79	42,94	0,273
	2	726	76,19	37,79	
C	1	92	74,71	28,20	0,101
	2	100	67,75	30,34	
D	1	1139	38,36	17,68	0,110
	2	266	40,77	22,96	

3.2 Hakkuukonetyön korjuujälki

3.2.1 Kosketusten ja niistä syntyneiden puustovaurioiden määrä

Tutkimusaineisto käsitti 8191 runkoa. Työskentelyn yhteydessä 1579 työsyklillä (19,3 %) aiheutui kosketus pystypuuhun. Kuljettajakohtaisesti käsitellyt puumäärät, kosketusten määrät ja %-osuudet olivat seuraavat:

Kuljettaja	Käsiteltyjä runkoja	Kosketuksia aiheuttaneiden työsyklien määrä (%)	Työsyklit, joissa kosketus 2 puuhun (%)
A	1664	269 (16,2)	9 (0,5)
B	2911	740 (25,4)	75 (2,6)
C	465	112 (24,1)	11 (2,4)
D	3151	458 (14,5)	25 (0,8)
Kaikki	8191	1579 (19,3)	120 (1,5)

Kosketuksista 95 % luokiteltiin lieviksi ja 5 % voimakkaiksi. Kosketusten määrä ei suoraan kuvaa työtilanteen vaativuutta tai kuljettajan taitoja, sillä koneenkuljettaja työtä suunnitellessaan voi kaataa puun sellaisen puun päälle, jonka hän tietää kohta poistavansa. Tämän vuoksi kosketuksen saaneet, mutta kuljettajan myöhemmin poistamat puut jaoteltiin metsänhoidollisesti poistettaviin ja metsänhoidollisesti kasvatettaviin. Pystyyn jääneistä kosketuksen saaneista puista tutkittiin mahdolliset vauriot ja mitattiin vauriotiedot. Kosketuksista oli syntynyt vaurioita seuraavasti:

Kuljettaja	Kosketuksia	Poistettu metsänhoidollisesti poistettavia puita	Poistettu kasvatettavia puita	Vaurioita, kpl (%) kosketuksista jääviin puihin	Pinta-vaurioiden osuus, %	Syvä-vaurioiden osuus, %
A	278	83	6	45 (16,2)	69	31
B	815	242	39	181 (33,9)	86	14
C	123	30	9	38 (45,2)	95	5
D	483	194	19	41 (15,2)	95	5
Kaikki	1699	549	73	304 (28,3)	86	14

Seurannan perusteella laskettiin myös vaurioprosentit tutkimusleimikoille. Keskimääräinen vaurioprosentti oli 3,2 vaihdellen 0,0...8,1. Vaurioiden määrä/ha oli keskimäärin 20,2 vaihdellen 0,0...60,0. Kuljettajalla A vaurioprosentti oli 2,2, kuljettajalla B 4,9, kuljettajalla C 6,6 ja kuljettajalla D 1,4.

3.2.2 Vaurioiden laatu ja sijainti

Hakkuutyön aiheuttamat vauriot olivat valtaosin pienikokoisia pintavaurioita. Vaurioiden keskikoko oli kaikilla vaurioilla 53 cm², pintavaurioilla 46 cm² ja syvävaurioilla 90 cm². Talvella syntyneiden vaurioiden keskikoko oli 36 cm² ja nila-ajan vaurioiden 77 cm². Pituus-leveys suhde vaurioissa oli keskimäärin 6,8. Kosketukset kohdistuivat keskimäärin 450 cm korkeudelle runkoon ja kosketuksen saaneen puun etäisyys koneesta oli keskimäärin 720 cm. Vaurioiden keskimääräinen etäisyys juurenniskasta oli 275 cm, ja vaurioiden etäisyys lähimmän uran keskeltä 595 cm.

Lähes 70 % kosketuksista syntyi kaatovaiheessa, ja kosketuksen aiheutti kaadettava puu. Erityisesti kookkaita puita kaadettaessa on vaikea välttää kaatovaiheen vaurioita, joita syntyy myös miestyöhakkuussa. Myös puun käsittelyvaiheessa runko karsittaessa ja siirreltäessä aiheuttaa usein kosketuksia.

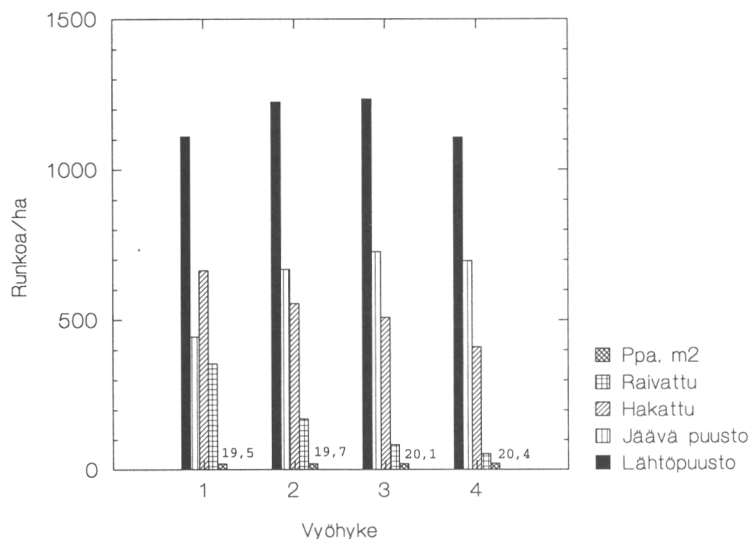
Vuodenaika vaikutti vaurioiden syntyyn ja laatuun seuraavasti:

	Vaurioiden syntyherkkyys, % kosketuksista	Pinta- vaurioita, %	Syvä- vaurioita, %
Talvi	24	86	14
Nila-aika	33	88	12
Kevät ja syksy	25	75	25

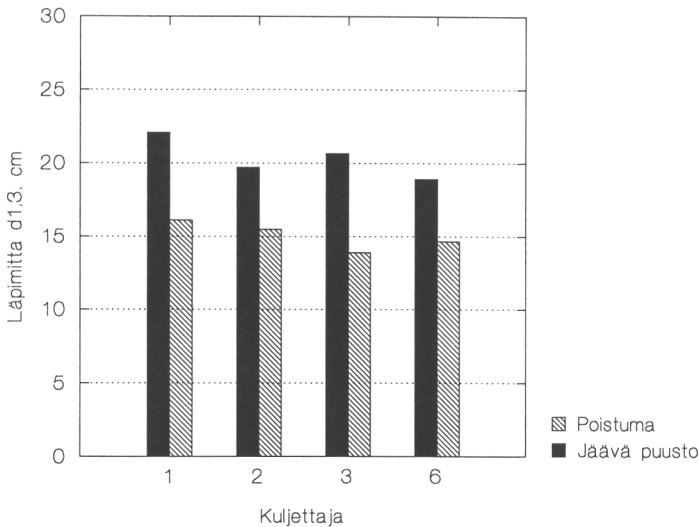
3.2.3 Jälki-inventoinnin tulokset

Seurantatutkimusalueiden jälki-inventoinnilla selvitettiin niiden metsänhoidollista tilaa ja kerättiin tietoa jälki-inventoinnin tulosten tarkkuudesta verrattuna seurantaan puustovaurioiden osalta. Inventointi tehtiin ennen metsäkuljetusta.

Kuvassa 2 esitetään lähtöpuuston, jäävän puusto, hakattujen ja raivattujen puiden määrä vyöhykkeittäin. Keskimääräinen vaurio-% oli 4,6 vaihdellen vyöhykkeittäin 4,0...5,6. Vaurioituneiden puiden lukumäärä hehtaarilla oli keskimäärin 27,7 vaihdellen vyöhykkeittäin 19,0...31,6. Vauriomäärissä oli selviä kuljettajakohtaisia eroja. Keskimääräinen vaurioprosentti kuljettaja A:lla oli 1,8, kuljettaja B:llä 9,1, kuljettaja C:llä 7,9 ja kuljettaja D:llä 1,1. Keskimääräinen ajouraleveys (SLU-menetelmä) oli 4,8 m, uraväli 19,6 m ja raiteen syvyys 0,6 cm. Kuvassa 3 esitetään jäävän puuston ja poistuman keskiläpimitat kuljettajittain. Kaikki tutkimuskuljettajat olivat tehneet selkeästi alaharvennusta.



Kuva 2. Lähtöpuusto, jäävä puusto, hakattu ja raivattu puusto eri vyöhykkeillä. Koko aineisto.



Kuva 3. Jäävän puuston ja poistuman keskiläpimitat eri kuljettajilla.

4 Mahdollisuudet puustovaurioiden määrän ennustamiseksi

Puustovaurioiden määrän ennustamiseksi on tunnettava työvaiheiden määrä eri työoloissa, kunkin työvaiheen kosketusherkkyys ja siihen vaikuttavat tekijät. Toisaalta on tunnettava eri työvaiheiden ja elinten aiheuttamien kosketusten seuraukset ja mahdollisten vaurion syntyherkyyteen vaikuttavien tekijöiden, kuten vuodenajan, vaikutus.

Korjuujäljen ennustemalli koostuu kahdesta pääosasta, *kosketusmallista* ja *kosketusten seurausmallista*. Kosketusmalli kuvaa kosketusten määrää eri työvaiheissa ja koko työsyklillä erilaisissa työoloissa. Varsinkin tiheämmässä puustossa työskenneltäessä saattaa samaa puuta käsiteltäessä syntyä kosketus kahteen eri puuhun. Tällaisten tapausten ennustamiseksi on laadittu *kahden kosketuksen malli*. Mallit on laskettu kullekin tutkimuskuljettajalle ja koko aineistolle.

Kosketusten seurausmalli kuvaa kosketusten seurauksia. Kosketusten seurausmallin aineistona ovat kaikki sel-

laiset kosketuspuut, joita kuljettajat eivät ole poistaneet. Vuodenaika vaikuttaa vaurion syntyherkkyyteen, ja seurausmallit onkin laskettu eri vuodenaajoille ja koko aineistolle. Kosketusten seurausmallit on myös laskettu eri työvaiheille ja koko työsyklille.

Yhdistämällä kosketusmalli ja kosketusten seurausmalli saadaan ennuste puustovaurioiden määrästä. Koska kuljettaja kuitenkin poistaa työskentelyn yhteydessä kosketuksen saaneita puita, joista osa on vaurioituneita, on laskettu **poistomalli**, jolla ennustetaan poistettavien kosketuspuiden määrää kuljettajittain ja koko aineistossa. Vähentämällä kosketusmallin ja seurausmallin antamasta vauriopuiden määrästä poistomallin antama puiden määrä, päästään vauriopuiden määrään.

Yhdistämällä kaikki edelliset mallit saadaan **vaurioennustemalli**, jonka perusteella voidaan laatia vaurioennusteet eri kuljettajille ja koko aineiston perusteella hakkukonetyölle. Vaurioennustemalliin liittyvät lisäksi vaurion **laatua ja sijaintia ennustavat mallit**.

Kaikki edellä mainitut mallit on laadittu käyttäen logistista regressiota. Kyseessä on tyypillinen logistisen regressio käyttilanne. Kosketus joko tapahtuu tai ei, vaurio syntyy tai ei. Seuranta- ja kosketusaineistoissa on muodostettu joukko uusia muuttujia, joilla on kaksi mahdollista arvoa; 0 tai 1.

Logistinen regressiomalli antaa laskettuna $\text{logit}(p)$ arvon, jossa $\text{logit}(p) = \log(p/(1-p))$. Esimerkiksi ennustettaessa kosketuksen syntytodennäköisyyttä vaikuttavat tekijät ovat kuljettajan lisäksi käsiteltävän rungon koko (kuutio) ja puiden lukumäärä hehtaarilla (puiha). Jokaisella työsyklillä, jolla kosketusta ei tapahtu, tehty uusi muuttuja (kolhu) saa arvon 0, ja jos työsyklillä tapahtuu kosketus, kolhun arvo on 1. Logistinen regressiomalli on esimerkiksi seuraava:

$$\text{Logit}(p) = 2,6310 - 0,00313 * \text{kuutio} - 0,00052 * \text{puiha}$$

Käsiteltävän rungon koon ollessa 200 dm³ ja puiden tiheyden ollessa työalueella 1500 runkoa hehtaarilla $\text{logit}(p) = 2,6310 - 0,626 - 0,780 = 1,225$.

Malli kuvaa SAS-ohjelmistossa käytetyillä asetuksilla todennäköisyyttä sille, ettei kosketusta synny eli muuttuja

kolhu = 0. Todennäköisyys sille, että kosketusta ei synny, voidaan ratkaista seuraavasti:

$$p = \frac{e^{\text{logit}(p)}}{1 + e^{\text{logit}(p)}} = \frac{2,718^{1,225}}{1 + 2,718^{1,225}} = 0,773, \text{ jossa } e = 2,718 = \ln \text{ kantaluku.}$$

Tällöin todennäköisyys kosketuksen synnylle on puolestaan $1 - p = 0,227$.

Esimerkkinä laadituista malleista esitetään kosketusten määrää eri työoloissa kuvaava **koko työsyklin kosketusmalli**:

$$\text{Logit}(p) = 2,6310 - 0,00313 * \text{kuutio} - 0,00052 * \text{puiha}$$

jossa kuutio = käsiteltävän rungon koko, dm^3 ja puiha = puiden lukumäärä/ha työalueella

Mallin mukaan todennäköisyys sille, että kosketusta ei synny, olisi esitettävissä olosuhteissa seuraava (koko seuranta-aineistossa keskimääräinen määrä puita/ha oli 1380):

Rungon koko, dm^3	Puita/ha			
	750	1000	1500	2000
100	0,873	0,858	0,823	0,782
200	0,834	0,815	0,773	0,724
300	0,786	0,763	0,713	0,658
400	0,729	0,702	0,645	0,584

Rungon koon tai puuston tiheyden kasvu lisää kosketusriskiä. Suuri rungon koko ja tiheys yhdessä aiheuttavat tuntuvasti kohonneen kosketusriskin.

5 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa todettu korjuujälki oli verraten hyvä, kuljettajakohtaiset erot olivat kuitenkin huomattavan suuret. Puustovauriomäärät olivat kohtuullisia, ja lähes 90 % vaurioista

oli pienikokoisia pintavaurioita, joiden taloudelliset seurausvaikutukset lahon ja kasvutappioiden muodossa ovat vähäisiä (Kokko & Sirén 1996). Tutkimustuloksissa näkyi myös nila-ajan suurempi vaurioherkkyys. Jäävän puuston määrä ja jakautuminen kestävät vertailun miestyöhakkuun kanssa. Kuljettajat onnistuivat puuvalinnassa keskimäärin hyvin.

Hakkuukoneen aiheuttamat urapainumat olivat tutkimusleimikoissa vähäisiä. Vaikka tutkimusleimikot sijaitsivatkin pääosin maastoltaan helppoissa ja kantavuudeltaan hyvissä maastoissa, hakkuukoneen aiheuttamat maaperävauriot eivät yleensäkään liene ongelma. Hakkuukone on kuormattuun metsätraktoriin verrattuna kevyt, kulkee uralla useimmiten vain kerran ja pystyy tekemään eteensä havumaton, joka suojaa maaperää ja juurenniskoja metsäkuljetuksessa. Kohtuullinen havujen tuonti uralle ei myöskään oleellisesti vaikuta tuottavuuteen.

Verrattaessa puustovaurioiden määrää aiempiin tutkimuksiin on huomioitava, että useimmiten on tarkasteltu koko korjuuketjun aiheuttamia vaurioita, jolloin hakkuuvaiheen vaurioita ei ole voitu eritellä kuin arvionvaraisesti. Uusimmissa tutkimuksissa vauriomäärät ovat olleet lähellä tässä tutkimuksessa todettua tasoa. Metsäkeskus Tapion korjuujälkiseurannassa keskimääräinen vaurioprosentti vuonna 1993 inventoiduissa 195 koneellisesti korjatussa leimikossa oli 5,1 (Hartikainen 1993). Ruotsalaisen Frödingin (1992) laajassa aineistossa harvesteriketjun keskimääräinen vaurioprosentti oli 5,9. Näissä luvuissa ovat mukana myös metsäkuljetuksen vauriot. Myös poistuman määrää eri etäisyyksillä urasta koskevat tulokset ovat Frödingillä (1992) samansuuntaisia kuin tässä tutkimuksessa. Vauriomäärät ovat varsin kohtuullisia verrattuna 1980-luvun alkuun, jolloin inventoinneissa todettiin korkeita, yli 10 % vauriomääriä (Sirén 1982, Fröding 1983).

Tämän tutkimuksen mukaan vauriot olivat pääasiassa kaadettavan tai käsiteltävän puun aiheuttamia. Erityisesti tiheässä ja hieman järeämmässä puustossa kaatovaiheen vaurioilta on vaikea välttyä, vaikka hakkuukoneella on parempi mahdollisuus hallita kaatoa kuin miestyönä. Kaatovaiheen vaurioherkkyys asettaa rajoituksia nila-ajan korjuulle, jota tulisi kuusikoissa välttää.

Nykyinen korjuuteknologia antaa mahdollisuuden hyvään korjuujälkeen. Tärkein korjuujälkeen vaikuttava tekijä on kuljettaja. Huolellinen korjuun suunnittelu, koulutus ja jatkuva korjuujäljen valvonta ovat välttämättömiä hyvän korjuujäljen takaamiseksi jatkossakin.

Kirjallisuus

- Blomqvist, H., Nilsson, N. & Ringagård, J. 1984. Transportarbete, transportintensitet och skador i gallring. Seminariearbete i skogsteknik. Sveriges lantbruksuniversitet. Garpenberg. 16 s.
- Fröding, A. 1983. Skador och stickvägar vid delmekaniserad gallring. Summary: Status of remaining stand after partly mechanized thinning. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsteknik. Rapport nr 152. 34 s.
- Fröding, A. 1992. Gallringsskador - En studie av 403 bestånd i Sverige 1988. Summary: Thinning damage - A study of 403 stands in Sweden in 1988. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsteknik. Rapport nr 193. 45 s.
- Hartikainen, S. 1993. Harvennushakkuiden korjuujälki. Metsäkeskus Tapio. Moniste 6.10.1993. Helsinki.
- Kokko, P. & Sirén, M. 1996. Harvennuspuun korjuujälki, korjuujäljen seurausvaikutukset ja niiden arviointi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 592. 70 s.
- Sirén, M. 1982. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa kuormainproessorilla. Summary: Stand damage in thinning operations with a grapple loader processor. Folia Forestalia 528. 16 s.

Korjuujäljen taloudellinen merkitys

Pekka Kokko ja Matti Sirén

1 Johdanto

Metsäntutkimuslaitos, Metsäteho ja Metsähallituksen kehittämisjaosto ovat tutkineet harvennusten korjuujälkeä koneellisen puunkorjuun alkuaajoista lähtien. Metsäkeskus Tapio on vuodesta 1990 alkaen seurannut korjuujälkeä lähinnä valvontamielessä. Korjuujäljen taso tunnetaankin tällä hetkellä hyvin, ja tulosten mukaan koneellisten harvennusten työjälki on vuosi vuodelta parantunut.

Hyväksyttävälle korjuujäljelle asetettavista vaatimuksista, kuten hyväksyttävästä ajouraleveydestä tai puustovauriomäärästä, on sovittu eri intressitahojen kesken. Jotta sovitut vaatimukset olisivat järkevästi perusteltavissa, on tunnettava korjuujäljen merkitys puuntuotannon kannalta. Korjuujäljen kokonaismerkityksestä ei kuitenkaan ole ollut riittävästi tietoa. Vaurioprocentin tai ajouraleveyden mittaaminen jättää mittajaan käteen pelkän numerotiedon, jos ei tiedetä sen merkitystä puuston kasvun ja laadun kannalta.

Metsäntutkimuslaitoksella on yhteistyössä Helsingin yliopiston kanssa kehitetty laskentamalli, jolla harvennuspuiden korjuujäljen seurausvaikutuksia voidaan arvioida metsänomistajan näkökulmasta. Tutkimus on saanut rahoitusta myös Metsämiesten Säätiöltä. Korjuujäljellä tarkoitetaan tässä yhteydessä ajouria, ajourapainumia ja puustovaurioita. Korjuujäljen seurausvaikutuksilla puolestaan ymmärretään jäävälle puustolle aiheutuvia kasvu- ja laatutappioita, joiden seurauksena metsänomistajan hakuutulot tulevissa hakkuissa pienenevät. Korjuujälki-inventoinneista saadaan enemmän informaatiota, kun ajouraleveydet ja puustovaurioprocentit kyetään muuntamaan metsänomistajan kärsimiksi tappioiksi eli menetetyiksi kuutiometreiksi ja markoiksi. Seuraavassa esitellään korjuujäljen seurausvaikutuksia ja keinoja niiden arvioimiseksi.

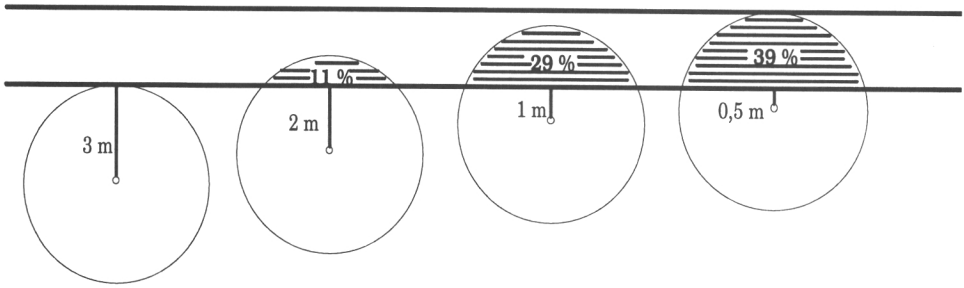
2 Ajourat ja puustovauriot kasvutappioiden aiheuttajina

Ajourien aiheuttamat kasvutappiot johtuvat kahdesta syystä. Ajouria avattaessa optimaalisesta puuvalinnasta poiketaan poistettaessa kasvatettavia puita ajouralta. Vaikka ajouran reunapuut, edellyttäen etteivät ne ole vaurioituneet korjuussa, pystyvät hyödyntämään vapautunutta kasvutilaa, osa ajoura-aukosta jää silti pois puuntuotannosta. Kasvun menetysten vastapainona on ajouran reunavaikutus, joka ilmenee kasvunlisäyksenä puilla, jotka kasvavat ajouran reunalla 3—4 metriä leveällä vyöhykkeellä. Kasvun paraneminen johtuu näiden puiden käyttöön tulevien ravinteiden, valon ja tilan lisääntymisestä. Reunavaikutus pienentää ajouran aiheuttamaa kasvutappiota, mutta ei kykene sitä kokonaan korvaamaan. Taulukossa 1 esitetään ajoura-aukon aiheuttama laskennallinen kasvutappio eri ajouramäärillä.

Ajourapainumat aiheuttavat kasvutappioita juuriston vaurioitumisen seurauksena. Tappioiden suuruus arvioidaan laskentaohjelmassa kaksivaiheisesti. Ensiksi lasketaan painumalle altistuvien puiden juuristosta keskimääräinen painumalle altistuva osuus. Kasvutappioiden kokonaismäärä voidaan selvittää, kun tunnetaan altistuvan juuristo-osuuden lisäksi ajourapainumille altistuvien puiden kokonaismäärä, painuman keskisyvyys leimikolla, pääpuulaji sekä metsätyyppi. Kasvutappioiden kestoajaksi arvioidaan 10 vuotta.

Taulukko 1. Esimerkki ajoura-aukon aiheuttamasta kasvun menetyksestä eri uramäärillä. Kasvutappio harvennusta seuraavan 10 vuoden aikana. Jäävän puuston runkoluku 1100 runkoa/ha (Niemistö 1989).

	Ajouraväli, m			
	4,0	4,5	5,0	5,5
Kasvutappio, %				
15	6,6	9,9	13,2	16,6
20	4,9	7,4	9,9	12,4
25	3,9	5,9	7,9	9,9
30	3,3	5,0	6,6	8,3



Kuva 1. Ajourapainumalle (juuristovaurioille) altistuva osuus (%) juuristoympyrästä puun ja ajourapainuman eri etäisyyksillä. Puun oletetaan olevan 40-vuotias, jolloin juuristoympyrän säde on 3 m (Wästerlund 1983). Suorat paksut viivat kuvaavat ajourapainumia.

Jotta olisi mahdollista käyttää tätä laskentatapaa, on puiden juuriston rakenne tunnettava. Tässä yhteydessä juuriston rakennetta kuvataan ympyränä, jonka säde riippuu puun iästä. Näin ajourapainumalle altistuva osuus juuristosta voidaan laskea suhteellisen yksinkertaisesti (kuva 1).

Puustovaurioiden aiheuttamat kasvutappiot johtuvat veden ja ravinteiden kulun häiriintymisestä juuriston ja latvuston välillä. Kasvutappioiden suuruus riippuu vaurion sijainnista, laadusta ja koosta. Vaurion sijainnista riippuen puhutaan runko-, juurenniska- ja juurivaurioista. Laatunsa perusteella vauriot jaetaan edelleen pinta- ja syvävaurioihin. Pintavauriossa ainoastaan puun kuori on vahingoittunut, kun taas syvävauriossa myös itse puuaines on vaurioitunut. Vaurion koko ilmaistaan tavallisimmin sen pinta-alana. Laaja syvävaurio juurenniskassa voi alentaa puun kasvua noin 30 %. Puustovaurioiden aiheuttamat kasvutappiot pienenevät ajan myötä kasvuvaikutusten keston ollessa kasvupaikasta riippuen 10—30 vuotta. Paremmilla kasvupaikoilla puut toipuvat nopeammin kuin karuilla paikoilla.

3 Laatutappiot vaarana kuusikoissa

Kasvutappioiden ohella korjuuvauriot aiheuttavat myös laatutappioita. Keskeinen laatutappioiden aiheuttaja on laho, joka varsinkin kuusella saa herkästi alkunsa puustovaurioista. Mäntyä ja koivua on laatuviikoja ajatellen

tutkittu selvästi kuusta vähemmän. Niinpä tässäkin yhteydessä tarkastellaan vain kuusen lahoutumista.

Lahon seurauksena kuusitukki tai -kuitu menetetään mäntykuiduksi. Mitä pahempi vaurio, sitä todennäköisemmin kuusi saa lahon. Vaikuttavina tekijöinä ovat vaurioiden koko, laatu ja sijainti. Nyrkkisääntönä voidaan todeta kuusen lahoutuvan lähes poikkeuksetta, jos vaurio ulottuu kuoren läpi puuainekseen saakka. Lahon seurausten arvioimiseksi on lahon synnyn todennäköisyyden lisäksi tunnettava lahon etenemisnopeus puussa. Etenemisnopeus riippuu vaurion koosta, laadusta ja sijainnista sekä lisäksi metsätyypistä. Nopeimmillaan lahon on mitattu etenevän jopa 140 cm vuodessa. Keskimääräiset etenemisnopeudet ovat luokkaa 10—20 cm/v vaurioitumista seuraavan 5—10 vuoden ajan, jonka jälkeen lahon eteneminen hidastuu.

Kun lahon syntytodennäköisyyden ja etenemisnopeuden lisäksi tiedetään vaurioitumista seuraavan hakkuun ajankohta, voidaan ennustaa, kuinka moni puu on lahonnut ja kuinka pitkälle laho on hakkuuseen mennessä edennyt. Useimmiten rungon arvokkain osa eli tyvitukki joutuu lahonneena mäntykuitupuupinoon.

Laskentamalliin on kirjallisuustutkimuksen perusteella valittu lähtöarvot, joiden mukaan kasvu- ja laatutappiot lasketaan. Esimerkiksi lahon syntymisen todennäköisyyden arvioidaan olevan taulukon 2 mukainen.

Taulukko 2. Lahon syntymisen todennäköisyys erilaisilla vaurioilla.

Vaurion syvyys, cm ²	Lahon todennäköisyys, %			
	Runkovaurio		Juurenniskavaurio	
	Pintavaurio	Syvävaurio	Pintavaurio	Syvävaurio
< 30	10	35	15	45
30—60	15	60	20	70
61—100	20	70	25	80
101—150	25	80	30	90
151—200	30	99	40	99
201—300	40	99	50	99
301—400	50	99	60	99
> 400	60	99	70	99

Taulukosta 2 nähdään, että tappioiden laskenta edellyttää tarkkoja tietoja syntyneistä puustovaurioista. Ne onkin inventoitava ja jaoteltava tarkasti. Tappioiden arviointi on hankalaa ja siihen sisältyy paljon epävarmuutta, koska puuston kehitystä on ennustettava kasvu- ja laatutappioista kärsivien puiden hakkuuseen saakka. Tämä saattaa tapahtua seuraavassa harvennuksessa 20 vuoden kuluttua tai vasta päätehakuussa ehkä 40 vuoden kuluttua.

4 Laskentamalli kertoo tappioiden suuruusluokan

Puustovauriotietojen lisäksi laskentamallin käyttäjältä kysytään syöttötietoina metsikkötietojen osalta metsätyyppejä, puulajisuhteita, puuston keskimääräistä kasvua, hakkuupoistumaa, jäävän puuston runkolukua, puuston hakkuuikää, ajouran reunapuuston suhteellista tiheyttä, kuusten keskimääräistä rinnankorkeusläpimittaa, rungon tukkiosuuden keskimääräistä päättymiskorkeutta kuusilla, rungon käyttöosan keskimääräistä tukkiosuutta sekä eri puutavarylajien kantohintoja. Ajourista puolestaan on tiedettävä ajouraväli, ajouran ulkoleveys, korjuukoneen raideleveys ja ajourapainuman keskimääräinen syvyys leimikolla.

Osa syöttötiedoista tarkoittaa tietojen menetysten realisoitumishetkellä eli silloin, kun kasvu- ja laatutappioista kärsineet puut hakataan. Esimerkiksi puuston kasvuennusteet tai rungon tukkiosuus saadaan taulukoista, mutta jotkut tiedot, kuten puutavarylajien hinnat, joudutaan arvioimaan.

Taulukkolaskentaohjelma Excelin 4.0-versiolla tehdyllä Kovalama-laskentamallilla (**Korjuuvaurioiden laskentamalli**) on mahdollista tarkastella kahden harvennuksen tilannetta, jossa osa tappioista realisoituu seuraavassa harvennuksessa ja osa vasta päätehakuussa. Ehkä selkeintä on kuitenkin tarkastella yhtä harvennusta, jonka kasvu- ja laatutappiot realisoituvat kaikki kerralla päätehakuussa.

Tarkastellaan tällaista tilannetta esimerkkilaskelman avulla. Lasketaan korjuujäljen seurausvaikutukset, kun 65-vuotias mustikkatyypin kuusikko harvennetaan siten, että jäävän puuston runkoluvuksi saadaan 600 runkoa hehtaa-

rille. Keskimääräisen puuston kasvun arvioidaan olevan 7 m³/ha/v. Päätehakkuu tehdään 90-vuotiaana. Puutavara-lajeille arvioidaan hinnat tappioiden realisoitumishetkellä eli päätehakkuussa. Annetaan kuusitukille hinnaksi 190 mk/m³, kuusikuitupuulle 110 mk/m³ ja mäntykuitupuulle 90 mk/m³.

Annetaan ajouraväliksi 20 m, keskimääräiseksi ajouran leveydeksi 4,5 m ja ajourapainuman keskisyvyydeksi 4,5 cm. Puustovaurioiden määräksi oletetaan 5 % jäävästä 600 rungosta eli 30 vaurioitunutta puuta hehtaarilla. Näistä vajaa puolet on vakavia syvävaurioita. Laskentamallin antamat korjuujäljen seurausvaikutukset esitetään taulukossa 3.

Nykyarvolla tarkoitetaan tappioiden realisoitumisajan kohdasta eli päätehakkuusta tähän hetkeen siirrettyä (diskontattua) markkamääräistä nykyarvoa. Nykyarvon suuruuteen vaikuttaa ratkaisevasti laskennassa käytettävä korkokanta. Usein käytetään 3 prosentin korkokantaa kuten myöskin tässä esimerkkilaskelmassa. Mitä suurempaa korkoprosenttia käytetään, sitä pienemmiksi tappioiden nykyarvot muodostuvat. Mallin käyttäjä valitsee itse käytettävän korkokannan.

Esimerkkilaskelmassa ajourapainumien ja lahoutumisen aiheuttamat rahalliset menetykset ovat kutakuinkin yhtäsuuret, vaikka tilavuutena ilmaistu lahotappio onkin suurempi. Tämä johtuu tappioiden laskutavasta. Lahoutuneesta puusta saadaan oletuksen mukaan sentään mäntykuitupuun hinta, kun taas kasvutappioiden suuruinen tilavuus puutavaraa ja edelleen hakkuutuloja jää kokonaan saamatta.

Suurimmat menetykset aiheutuvat esimerkkilaskelmassa ajourista ja urapainumista. Vertailun vuoksi nostetaan ajouraväli 30 metriin. Tämä johtaa sekä ajourista että ajourapainumista johtuvien kasvutappioiden pienemiseen. Ajourien aiheuttamien kasvutappioiden suuruudeksi saadaan

Taulukko 3. Esimerkkilaskelman tulokset. Eri korjuujälkitekijöiden aiheuttamat menetykset päätehakkuussa.

Menetyksen aiheuttaja	m ³ /ha	mk/ha	%	Nykyarvo mk/ha
Kasvutappio ajourista	4,6	839	5	400
Kasvutappio ajourapainumista	1,6	297	20	142
Kasvutappio puustovaurioista	0,4	73	5	35
Lahoutuminen	2,9	293	20	140
Yhteensä	9,5	1502	100	717

tällöin 3,1 m³/ha, mikä vastaa 559 markan menetystä. Ajourapainumien aiheuttamille kasvutappioille saadaan vastaaviksi lukemiksi 0,9 m³/ha ja 181 mk/ha. Todennäköisyys puustovaurioille kuitenkin kasvaa, kun ajouraväli nostetaan konekorjuussa 30 metriin. Tämä johtuu siitä, että hakkuukoneen on avattava ajourien väliin hakkuu-urat, jotta puusto voidaan harventaa myös ajourien välistä.

Ajouria tarvitaan puutavaran kuljettamiseksi tien varteen, joten osa tappioista on hyväksyttävä, mikäli ajouraväli ja -leveys ovat voimassa olevien suositusten mukaiset. Ajourien aiheuttamia kasvutappioita voidaan pienentää jättämällä ajouran reunapuusto hieman keskimääräistä tiheämmäksi, jotta ajouran positiivinen reunavaikutus eli kasvunlisäys saadaan hyödynnettyä. Samasta syystä on tärkeää, että reunapuusto säilyy vaurioitumattomana.

5 Harventamatta jättäminen huonoin vaihtoehto

Tappioita tarkasteltaessa on muistettava, että niiden laskenta perustuu paljolti oletuksiin ja arviointeihin. Esimerkiksi markkamääräiset menetykset riippuvat eri puutavaralajien hintakehityksestä. Laskentamallin käyttäjähän ennustaa puutavaralajien hinnat ajankohtana, jolloin nykyhetkellä vaurioituneet puut poistetaan. Toisaalta käyttäjä voi muuttaa hintoja tai muita lähtötietoja ja vertailla eri tilanteissa syntyviä tappioita.

Esimerkkilaskelman kohtalaisen suurilta vaikuttavat metsänomistajan tappiot (1502 mk) ovat varsin siedettävät suhteutettuina päätehakkuutuloihin. Ehdotonta totuutta tappioiden suuruudesta on mahdotonta löytää, koska metsikön jokainen puu on yksilö ja luonnossa esiintyy runsaasti vaihtelua. Laskentamallin antamat tulokset ovatkin suuntaa-antavia.

Harvennuspunon korjuujäljen aiheuttamia menetyksiä arvioitaessa lopputulos riippuu tarkastelunäkökulmasta. Tässä tutkimuksessa menetyksiä tarkastellaan metsänomistajan kannalta, jolloin lasketaan metsänomistajan kantorahatulosten menetyksiä. Asiaa voitaisiin tarkastella

myös raaka-ainetta ostavan puunjalostajan kannalta, jolloin perusteena käytettäisiin esimerkiksi puusta saatavan sahatavaran jalostusarvoa. Tarkastelunäkökulmaa voidaan laajentaa aina kansantalouteen saakka, jolloin tutkitaan puutavarasta maailmanmarkkinoilla saatavaa vientihintaa.

Tässä selvityksessä ei ole tarkasteltu harvennusvoimakkuutta korjuujäljen osatekijänä. Arvosteltaessa korjuujälkeä kokonaisuutena harvennusvoimakkuus on kuitenkin keskeinen kriteeri. Valtakunnallisten korjuujälkitarkastusten mukaan noin kolmannes harvennusleimikoista oli vuonna 1994 hakattu liian harvaksi. Huono korjuujälki voi edesauttaa myös erilaisten sekundäärituhojen kuten lumi-, myrsky- tai hyönteistuhojen syntyä. Tällaiset sekundäärituhot aiheuttavat paikoitellen varsin huomattavia menetyksiä, mutta niiden ennustaminen pelkän korjuujäljen perusteella on liian epävarmaa.

Metsikköä ei missään tapauksessa kannata jättää huonon korjuujäljen pelossa harventamatta. Metsiemme lopputuottoarvo vuosien 1990—2030 välillä pienenisi peräti 140 miljardia markkaa, jos harvennuksista luovuttaisiin kokonaan. Koneellisen puunkorjuun työjälki on vuosi vuodelta parantunut. Jotta hyvä kehitys jatkuisi, on korjuujäljen seuranta jatkossakin tärkeää. Hyvään tuottokuntoon harvennettu metsä on urakoitsijan ja puunostajan käyntikortti, jolla taataan puukaupan sujuminen, laadukkaan raaka-aineen saanti ja metsiemme elinvoimaisuus myös tulevaisuudessa.

Kirjallisuus

Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot.

1992. Maa- ja Metsätalousministeriön työryhmäraportti. Metsäntutkimuslaitos, Metsäteho ja Jaakko Pöyry Oy. Helsinki. 121 s.

Kokko, P. ja Sirén, M. 1996. Harvennuspuun korjuujälki, korjuujäljen seurausvaikutukset ja niiden arviointi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 592. 70 s.

Niemistö, P. 1989. A simulation method for estimating growth losses caused by strip roads. *Scand. J. For. Res.* 4: 203—214.

Wästerlund, I. 1983. Kanträdens tillväxtförluster vid gallring p.g.a. jordpackning och rotskador i stickväg. - En sammanställning och bearbetning av litteraturuppgifter. Summary: Growth reduction of trees near strip roads resulting from soil compaction and damaged roots. *Sveriges Skogsvårdförb. Tidskr.* 2:97—109.

Ensiharvennuspuu - ongelma ja mahdollisuus

Pentti Hakkila

1 Ensiharvennustehtävä

Suomalainen puuntuotantojärjestelmä perustuu toistuviin alaharvennuksiin. Kiertoajan puitteissa läpikäytävä metsänhoidollisten hakkuitten ketju on niin vahva kuin sen heikoin lenkki.

Ensimmäinen kaupallinen harvennus tehdään tyypillisesti 25—45 vuoden iällä metsikön valtapituuden ollessa noin 11 m. Jos ensiharvennus viivästyy, seurauksena on rungon solakoituminen ja altistuminen lumituhoille, elävän latvuston liiallinen supistuminen ja puuston ennenaikainen rappeutuminen. Hakkuukertymän paisuttamiseksi ja korjuukustannusten alentamiseksi ensiharvennuksia pyrittäneen kuitenkin tulevaisuudessa myöhäistämään ehkä 13 m:n valtapituudelle, mutta edellytyksenä on silloin taimikon harventaminen nykyistä voimakkaammin ja varttuneempana.

Ennen 1980-lukua ensiharvennukset eivät juurikaan aiheuttaneet huolta ja ylitsepääsemättömiä ongelmia, kun niitten määrä oli vielä suhteellisen vähäinen. Työvoimaa oli tarjolla ja hankintahakkuuta tehtiin paljon. Metsäteollisuus tavallaan tuki ensiharvennuspuun talteenottoa tasaamalla hinnoittelussaan leimikoitten välisiä arvosuhde- ja kustannuseroja pienpuuta suosien.

Nykyisin ohjelman toteuttamista vaikeuttavat tehtävän moninkertaistuminen 1950- ja 1960-lukujen laajojen uudistus- ja ojitusalueitten saavuttaessa ensiharvennusvaiheen, työvaltaisten korjuumenetelmien ja hankinta-kauppojen välttely, kuitupuun tuonti ulkomailta sekä leimikkokohtainen kustannusvastaavuuden vaatimus. *Ensiharvennuspuusta on tullut ongelmatuote*, jonka korjuu- ja markkinointivaikeudet ainakin ajoittain ja paikallisesti jäytävät nuorten metsien hoitoa.

Ensiharvennuksia tulisi tehdä vuosittain ainakin 210 000 ha:n alalla, jolloin hakkuutarvetta vastaava runkopuun poistuma olisi 9,7 milj. m³ vuodessa. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin ennakkotulokset viittaavat vieläkin suurempaan hakkuutarpeeseen, jos jo syntyneet harvennusrästit halutaan purkaa kymmenessä vuodessa. Nykyisin tavoitteesta kuitenkin toteutuu tuskin enempää kuin 30 %.

Ensiharvennuksista luistaminen alkaa ajan myötä nävertää arvopuun tuotantoa. Metsäammattikunta on tiedostanut ongelman metsänhoidollisen merkityksen. *Mutta puun käyttäjät eivät näytä vielä oivaltaneen, miten merkittävä hakkuupotentiaali ja mahdollisuus ensiharvennuspuussa piilee*, ja miten suurta osuutta se itse asiassa näytteleekään talousmetsiemme vielä vapaana olevassa noin 10 milj. m³:n vuotuisessa hakkuusäästössä. Kun metsien suojelun, monikäytön ja monimuotoisuuden ylläpitämisen aiheuttamat hakkuurajoitukset alkavat purra, käyttämättömät raaka-ainereservit löytyvät pikemmin nuoresta pieniläpimittaisesta kuin yli-ikäisestä järeästä puusta. Esimerkiksi Keski-Pohjanmaalla, Keski-Suomessa, Pohjois-Suomessa ja Kainuussa ensiharvennuspuun osuus ylittää 35 % kuitupuun hakkuusuunnitteesta.

2 Ensiharvennus teknis-taloudellisena ongelmana

Ensiharvennuspuu soveltuu lähinnä kuidun ja energian lähteeksi. Puuntuottajan näkökulmasta se tulisi käyttää massa- ja paperiteollisuudessa, jonka puustamaksukyky on oleellisesti parempi kuin esimerkiksi energiatalouden. Käytön tiellä on kuitenkin lukuisia haittoja:

- *Korkeat korjuukustannukset*, jotka aiheutuvat puun pienestä koosta, alhaisesta kertymästä sekä kasvamaan jätettävän puuston suuresta runkoluvusta.
- *Kohtuuttoman suuri hävikki* ensin korjuussa ja sitten vielä kuitupuun rumpukuorinnassa. Korjuuhävikki on seuraus 1990-luvun alkuvuosina tapahtuneesta kuitupuun vähimmäisläpimitan nostamisesta ja sen seurauksena alamittaisen puun runsaudesta.

Kuorintahävikki taas aiheutuu hieman keskimääräistä korkeammasta kuoripitoisuudesta sekä erityisesti ohuitten pölkkyjen murskaantumisesta järeämmän kuitupuun seassa.

- *Nuoren puun poikkeavat ominaisuudet* verrattuina myöhemmistä harvennuksista ja päätehakuista korjattavaan kuitupuuhun, jolle tehdasprosessit on mitoitettu ja säädetty. Kun ensiharvennuspuu sekoittuu epämääräisessä ja satunnaisessa suhteessa tehtaan kuitupuuvirtaan, epätasainen keittyminen aiheuttaa saantotappioita ja massan laatu vaihtelee hallitsemattomasti.

Ensiharvennuspuun tehokas hyödyntäminen edellyttää edellä mainittujen haittatekijöitten ratkaisemisesta. Alan tutkimus on tällä hetkellä varsin vilkasta, ja erityisesti TEKES suhtautuu myötämielisesti tutkimuksen rahoittamiseen. Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan tutkimuskeskus on mukana tässä tutkimus- ja kehitystyössä Bioenergian tutkimusohjelman ja HARJU-ohjelman puitteissa. Keskeiset yhteistyökumppanit ovat Metsäteho, VTT Energia, Enso Oy sekä Pertti Szepaniak Oy.

3 Ensiharvennuspuun korjuun kehittäminen

Hakkuutyön tuottavuus riippuu rungon koosta enemmän kuin mistään muusta tekijästä. Ensiharvennuspuun pieni 0,04—0,08 m³:n runko merkitsee alhaista tuottavuutta ja korkeita kustannuksia (kuva 1). Pieni kertymä nostaa myös metsäkuljetuksen kustannuksia.

Kun hakkuu tapahtuu metsurityönä, poistettavien puitten valinta voidaan tehdä parhaalla mahdollisella tavalla, ja ajourien väli voidaan säilyttää 30 metrissä. Menetelmän kustannukset ovat eritoten kuusella kuitenkin varsin korkeat, ilman organisaation yleiskustannuksia suuruusluokaltaan 100—150 mk/m³ kannolta tien varteen. Siksi ensiharvennuksissakin on ryhdytty käyttämään hakkuukoneita, joilla kustannustasoa voidaankin alentaa

merkittävästi. Myöhäisiin harvennuksiin ja uudistus-hakkuisiin verrattuna kustannukset ovat kuitenkin edelleen korkeat:

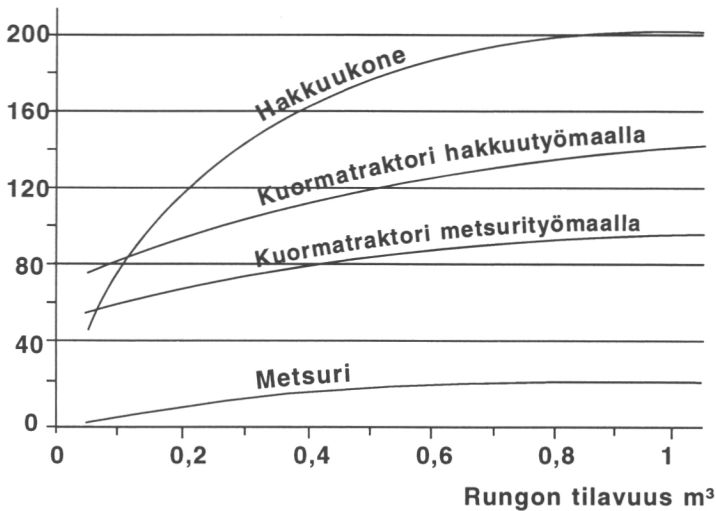
Kustannustaso kannolta
tien varteen, mk/m³

Ensiharvennus metsurityönä	100—150
Ensiharvennus konetyönä	70—90
Muu harvennus konetyönä	50—65
Uudistushakkuu konetyönä	28—35

Puunkorjuuorganisaatiomme vierastavat pelkästään ensiharvennuksissa työskentelevän erikoiskaluston käyttöä. Lähinnä logistisista syistä ne suosivat yleiskalustoa, jonka tulisi soveltua kaikenkokoiselle puustolle. Silloin pienpuustokin joudutaan harventamaan tarpeettoman järeällä ja kalliilla hakkuukoneella.

Siksi hakkuukoneen kustannuksia pyritään alentamaan kehittämällä joukkokäsittelytekniikkaa, joka soveltuu nimenomaan pienille, kohtuullisen tasapituisille puille.

Tuottavuus, m³/päivä



Kuva 1. Rungon koon vaikutus metsurin, hakkuukoneen ja kuormatraktorin tuottavuuteen.

Periaatetta on verraten helppo soveltaa kaato-kasauskoneisiin, kuten esimerkiksi Yhdysvalloissa tehdään, kun puut korjataan tien varteen kokonaisina. Vaikeampi sitä on soveltaa pohjoismaisen tavaralajimenetelmän yhteydessä hakkuukoneisiin, jotka kaadon lisäksi myös karsivat ja katkovat puutavaran. Verraten yksinkertaisen lisälaitteen avulla hakkuukone kykenee kuitenkin pitämään otteessaan 2 tai 3 puuta, jotka se sitten karsii ja katkoo yhtaikaisesti. Tämän ansiosta hakkuukoneen tuottavuus kasvaa, mutta menetelmä soveltuu vain männiköihin ja niissäkin vain tasalaatuisiin ja ennalta raivattuihin.

Toinen ratkaisuvaihtoehto on *korjuu kokopuuna oksineen*, jolloin karsiminen siirretään palstalta varastopaikalle tai tehtaalle. Ensiharvennusmänniköissä, joihin osapuunakorjuu parhaiten soveltuu, kuitupuun ohella saatavan energiaraaka-aineen määrä kaksinkertaistuu. Hakkuukustannukset alenevat ja biomassakertymä kasvaa, kun perinteisen kuitupuun sijasta tehdään karsimatonta osapuuta, mutta menetelmän sovittaminen olemassa olevaa korjuu- ja kuljetuskalustoa käyttämään ei ole aivan yksinkertaista.

On myös syytä muistaa, että korjuukustannuksia voidaan alentaa leimikon *työvaikeustekijöihin vaikuttamalla*. Metsänomistajan hallussa olevia keinoja ovat esimerkiksi huolellinen taimikon harvennus, ensiharvennuksen myöhäistäminen ja leimikon saneeraus raivaamalla leimikossa mahdollisesti jäljellä oleva markkinakelvoton puusto maahan ennen korjuun aloittamista. Puun käyttäjän vallassa taas on esimerkiksi pölkyn latvaläpimitan alentaminen kuitupuukertymän kartuttamiseksi.

4 Latvaläpimittavaatimuksen vaikutus kertymään

Vielä 1960-luvun alussa puukauppaa käytiin jopa 5 cm:n läpimittaan tehdyllä alamittaisella kuusikuitupuulla, jota puutavaralajina kutsuttiin kansanomaisesti nalikaksi tai pientalonpojaksi. Nalikan hävittyä markkinoilta kuitupuun yleinen vähimmäisläpimitta oli tämän vuosikymmenen alkuun saakka 6 cm. Mutta lamavuosien aikana teollisuus nosti

läpimittavaatimuksen männyllä 7 cm:iin ja kuusella peräti 8 cm:iin. Käytännössä käyttöpuun vähimmäislatvaläpimitta jää nimellisvaatimukseen nähden keskimäärin lähes 1 cm paksummaksi. Näillä muutoksilla vuosittain *1—2 milj. m³ potentiaalista kuitupuuta tuli rajatuksi metsäteollisuuden raaka-ainekäytön ulkopuolelle.*

Läpimittarajaa nostamalla kalliin ja heikkolaatuisena pidetyn ensiharvennuspuun järeyttä voitiinkin lisätä ja epätoivotun raaka-aineen markkinoille tuloa supistaa. Kun puu-, hehtaari- ja leimikkokohtainen kertymä samalla kuitenkin hupeni, seurauksena saattoikin itse asiassa olla korjuun yksikkökustannusten kohoaminen entisestään. Kuitupuun vähimmäisläpimitan nostamisen kautta saavutettu hyöty oli korjuuvaiheessa kyseenalainen, mutta muutos saattoi siitä huolimatta olla mielekäs sellaisilla tehtailla, joitten vanhanaikaisissa kuorimarummuissa ensiharvennuspuun hävikki on tolkuton.

Taulukossa 1 kuorellisen runkohukkapuun määrä on laskettu noudattaen tyyppillistä koneellisen hakkuun apteerausohjetta, jonka mukaan pölkyn perusmitta on 5 m ja latvapölkyn apumitta 3—5 m. Taulukko osoittaa, kuinka runkohukkapuun osuus supistuu puun koon kasvaessa ja mittavaatimusten lieventyessä. Koska suuri osa ensiharvennusleimikoista poistettavista puista on rinnankorkeusläpimitaltaan alle 10 cm, *ei ole lainkaan yhdentekevää, millaista rinnankorkeus- ja latvaläpimitta-vaatimusta ensiharvennuspuulle sovelletaan.* Latvaläpimitan alentaminen 5 cm:iin lisäisi hakkuukertymää pienirunkoisissa ensiharvennusleimikoissa jopa kolmanneksella.

Jos kuitupuun latvaläpimittavaatimus näin pudotetaan 7—8 cm:stä 5 cm:iin, järeämmillä ensiharvennuspuilla hakkuukoneen yksikkökustannus pikemminkin alenee kuin nousee, kun rungosta otetaan talteen 2—3 m:n lisäpätkä. Runkokohtainen ajanmenekki ei välttämättä kasva enempää kuin runkokohtainen kertymä. Jos samalla kuitenkin rinnankorkeusläpimitankin vaatimusta lievennetään ja otetaan talteen entistä pienempiä puita, hakkuukoneen ajanmenekki kyllä kasvaa. Leimikkokertymän paisuessa toisaalta konesiirtojen ja organisaation aiheuttamat kustannusrasitteet kevenevät.

Taulukko 1. Hukkapuun osuus rungon kuorellisesta tilavuudesta tyypillisessä ensiharvennusmännikössä kuitupuupölkyn vähimmäisläpimittavaatimuksesta ja rungon rinnan-korkeusläpimitasta riippuen Laasasenahon (1982) runkofunktiolla laskettuna. Pölkyn apteerausohje 5+3 m.

Rungon D _{1,3} , cm	Kuitupuun vähimmäisläpimitta, cm			
	5	6	7	8
Hukkapuun osuus rungon tilavuudesta, %				
7	75	100	100	100
9	7	18	100	100
11	4	7	13	32
13	2	4	7	11
15	2	3	4	7
17	1	2	3	5

5 Ensiharvennuspuu kuituteollisuuden raaka-aineena

Ensiharvennusmännyn pääasialliset käyttökohteet ovat sulfaattimassateollisuus ja energian tuotanto. Myös käyttö mekaanisen massan raaka-aineeksi saattaisi olla mahdollista sydänpuun puuttumisen ansiosta. Ensiharvennuskuusi soveltuu kaikkiin näihin tarkoituksiin, joskin sen kuoriminen on vaikeampaa kuin männyn.

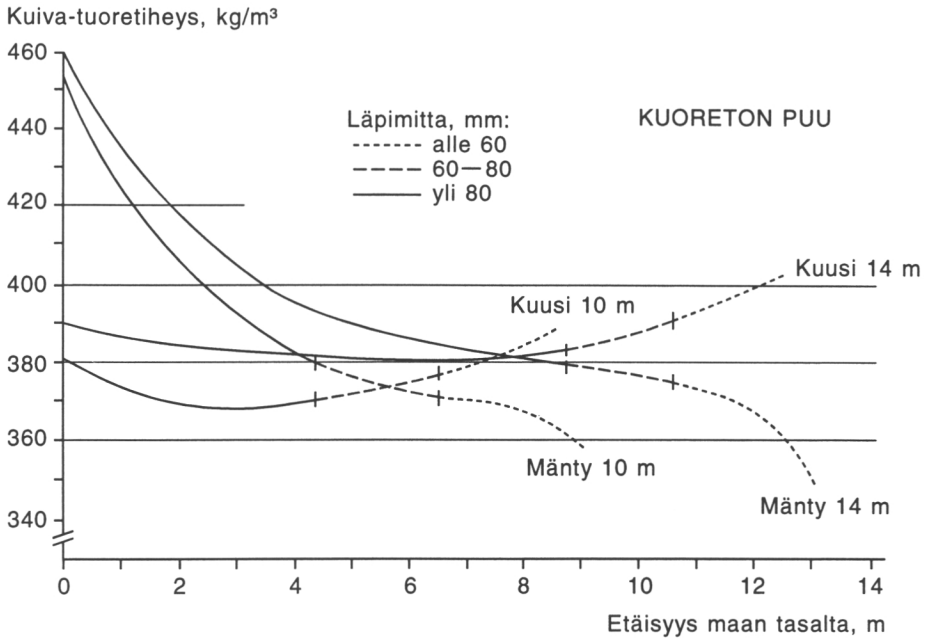
Ensiharvennuspuulla on keho maine kuitupuuna. Yleisen käsityksen mukaan ensiharvennuspuun puutekniset ominaisuudet eivät ole normaalin kuitupuun veroiset, ja niitten katsotaan muuttuvan rungon latvaa kohti huonompaan suuntaan. Kun vähimmäislatvaläpimittaa alennetaan, saadaan lisäraaka-aineena latvakuitupuuta, jossa on keskiarvoon verrattuna *leveämmät lustot, ohuempi kuori, suurempi kuoripitoisuus, alhaisempi puusisältö kuorellista kuutiometriä kohti, korkeampi kosteus sekä lyhyempi ja ohutseinäisempi kuitu.*

Taulukko 2 osoittaa ensiharvennuspuun ominaisuudet kokorungossa keskimäärin sekä latvassa 5 cm:n läpimitan kohdalla. Kuvat 2—4 ovat suureen tutkimusaineistoon perustuvia esimerkkejä eräitten ominaisuuksien muuttumisesta pienessä mänty- ja kuusirungossa tyvestä latvaa kohti.

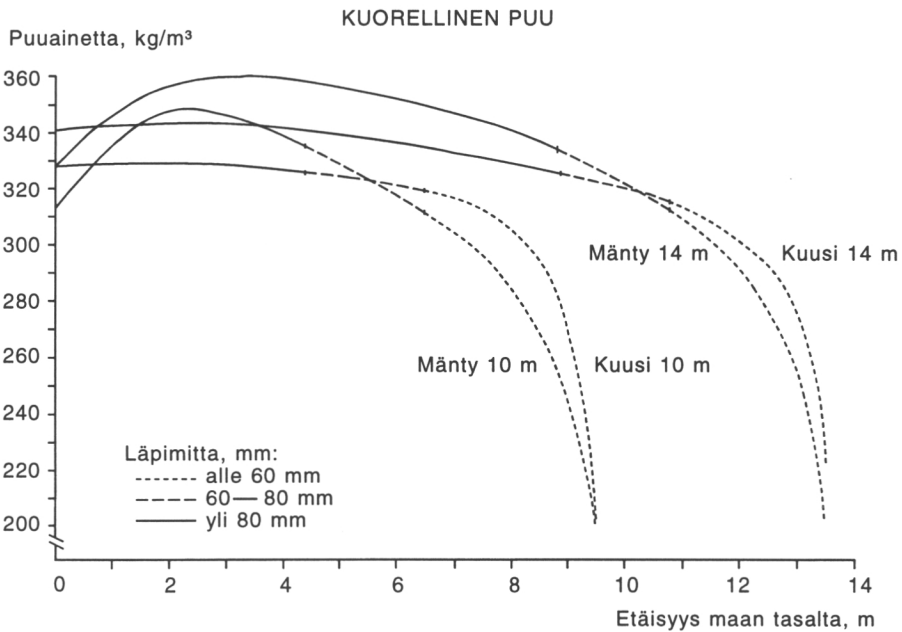
Erot normaalikuitupuuhun eivät ole niin suuria, etteikö ensiharvennuspuu keskimäärin ja sen latvaosakin aina 6 tai jopa 5 cm:iin saakka olisi puuteknisesti kuidutukseen kelvollista. Erot jäävät kohtuullisen pieniksi siksi, että *ensiharvennusleimikoissa kuitupuuksi tehdään myös ja nimenomaan runkojen tyvet*. Muista leimikoista taas tyvipölkkyt tehdään usein tukeiksi ja kuitupuu saadaan paljolta runkojen latvaosasta, joka suurillakin puilla muistuttaa ominaisuuksiltaan nuorempia puita.

Itse kuitujen ominaisuuksien suhteen ensiharvennuspuu poikkeaa kuitenkin myöhempien harvennusten ja uudistushakkuitten puusta, sillä *ensiharvennuskuidut ovat ohutseinäisiä ja lyhyehköjä*. Niitten keskipituus on sekä männyllä että kuusella vain 2,3 mm, kun vanhemman kuitupuun kuidut ovat puolisen millimetriä pitempiä. Lyhyehköt ja ohutseinäiset kuidut eivät anna paperille korkeata repäisyjujuutta, mutta toisaalta ne saattavat parantaa paperin painoteknisiä ominaisuuksia. Siksi *ensiharvennuskuitua ei tulisi käyttää esimerkiksi lujuutta vaativaan armeerausmassaan vaan se tulisi ohjata nimenomaan sille soveltuviin erikoispapereihin*.

Jos tämä opittaisiin ja vaivauduttaisiin ottamaan huomioon raaka-ainehuollossa ja puuvirtojen ohjailussa, poikkeavien kuituominaisuuksien haitta voitaisiinkin ehkä kääntää eduksi. Puuhuollon tehtävissä, tehdasvarastolla ja massan tuotannossa työskentelevien ammattimiesten asenteet eivät kuitenkaan ole tähän vielä valmiita.



Kuva 3. Mänty- ja kuusikuitupuun kuiva-tuoretiheyden vaihtelu 10- ja 14-metristen runkojen pituussuunnassa.



Kuva 4. Kuorellisen mänty- ja kuusikuitupuun puuainesisällön (kg/m³) vaihtelu 10- ja 14-metristen runkojen pituussuunnassa.

4 Ensiharvennuspuun erilliskäsittely

Taloudellisuusvaatimus edellyttää, ettei arvokasta kuituraaka-ainetta hukkaannu erotteluvaiheessa kuoren mukana energiakäyttöön. Joissakin vanhanaikaisissa rumpukuorimoissa puhutaan kuitenkin jopa kymmenien prosenttien hävikistä, mistä luonnollisesti seuraa, ettei ensiharvennuspuuhun suhtauduta suopeasti. Hävikki voidaan nykyisin pitää kutakuinkin kohtuullisena vain parhailta rumpukuorimoilla, ja niissäkin saatetaan edellyttää ensiharvennuspuun erilliskäsittelyä. Voidaan päätellä, ettei pienikokoisen puun käsittelyä tule nykyisen käytännön tapaan pakottaa järeämmälle puutavaralle mitoitettuun muottiin, vaan sitä varten *tulisi tehtaalla olla oma ensiharvennuspuun käsittelylinja.*

Erilliskuurinta mahdollistaa myös erillishaketuksen ja hakkeen erillisvarastoinnin. Uuden, myös karsimattomalle osapuulle soveltuvan ratkaisun tarjoaa Pertti Szepaniak Oy:n kehittämä, Enso Oy:n Kaukopään tehdasvarastolla sijaitseva pienpuun karsinta-, kuorinta-, haketus- ja seulonta-asema, jossa ensimmäisenä maailmassa sovelletaan peräkkäin ketjukarsintaa ja kevyttä kuivarumpukuorintaa. Menetelmän etuja ovat kapasiteettiin nähden alhaiset investointi- ja käyttökustannukset, runkokuun hävikin kohtuullisuus, laadukas hake sekä soveltuvuus myös karsimattomalle osapuulle.

Koska ensiharvennuspuu poikkeaa raaka-ainet ominaisuuksiltaan muusta kuitupuusta, sen erityisominaisuudet tulee ottaa raaka-ainehuollossa huomioon. *Erilliskäsittely avaa mahdollisuuden puuvirran laadun tasoittamiseen,* kun erillislinjalla valmistettu hake voidaan ennen keittoa sekoittaa muuhun hakevirtaan hallitussa ja tasaisessa suhteessa. Näin voidaan välttää massan laadun epäsäännöllinen vaihtelu, mikä puolestaan parantaa ensiharvennuspuun kelpoisuutta.

Ensiharvennuspuun poikkeavia kuituominaisuuksia kannattaisi hyödyntää vieläkin pitemmälle. *Erillislinjalta tuleva hake voidaan keittää muusta hakkeesta erillään yksilöllisin kemikaali-, keittoaika-, jauhatus- ja valkaisu-säädöin.* Saatava erikoismassa, *ensiharvennus-sellu,*

lyhyehköine ja ohutseinäisine kuituineen voitaisiin ohjata ominaisuuksiansa parhaiten vastaaviin erikoispapereihin, joissa vaikkapa painatusominaisuudet ovat repäisyyljuutta tärkeämpiä kriteereitä.

6 Päätelmiä

Ensiharvennusohjelman toteuttaminen on välttämätöntä paitsi metsien hoidon myös massa- ja paperiteollisuuden kasvavan puuntarpeen kannalta. Viimeksi mainittu näkökohta vaikuttaa kahtakin kautta. Ensinnäkin, kuten yleisesti tiedetään, laatupuun tuotanto kärsii pitkällä tähtäyksellä, ellei varhaisia harvennuksia toteuteta ajallaan. Toiseksi, *talousmetsiemme lähivuosien hakkuureservi koostuu ensiharvennuspuusta* suuremmassa määrin kuin yleisesti on tiedostettu.

Ensiharvennuspuu tulee vastaisuudessa näyttelemään kuituteollisuuden raaka-ainehuollossa niin merkittävää roolia, että erillisen pienpuun käsittelylinjan rakentaminen tehtaan valtalinnan rinnalle on mielekästä. Erilliskäsittelyllä voidaan välttää yletön puunhävikki kuorinnassa, ja se avaa tien raaka-aineen laadun tasoittamiselle ja puun erityisominaisuuksien hyödyntämiselle oikeissa tuotekohteissa.

Esimerkkejä puutavaran erityisominaisuuksiin perustuvasta raaka-ainelähtöisestä tuotekehittelystä vuosien takaa ovat koivusellu, sahanhakesellu, kuusivaneri ja viimeksi haapasellu. Aikaisemmin epäkurantiksi katsotut puutavaralajit ovat raaka-ainetuntemuksen parantuessa ja prosessitekniikan kehittyessä muuttuneet halutuiksi arvotuotteiksi. *Eikö tuotekehittelysarjan jatkeeksi voitaisi seuraavaksi liittää ensiharvennussellu?* Se ei suinkaan ole enää vähäinen marginaaliraaka-aine vaan pikemminkin merkittävin jalostuskäyttöön soveltuva puuraaka-ainereservimme.

Kirjallisuus

- Hakkila, P. ja Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 613. 92 s.
- Hakkila, P., Kalaja, H. ja Saranpää, P. 1995. Etelä-Suomen ensiharvennusmänniköt kuitu- ja energialähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 582. 99 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- Rieppo, K., Poikela, A., Hakkila, P., Aho, V.-J. & Nikala, L. 1996. Puupolttoaineen ja selluhakkeen integroitu tuotanto ketjukarsintakuorintatekniikalla. Bioenergian tutkimusohjelma. Projekti 101. Loppuraportti. 67 s.

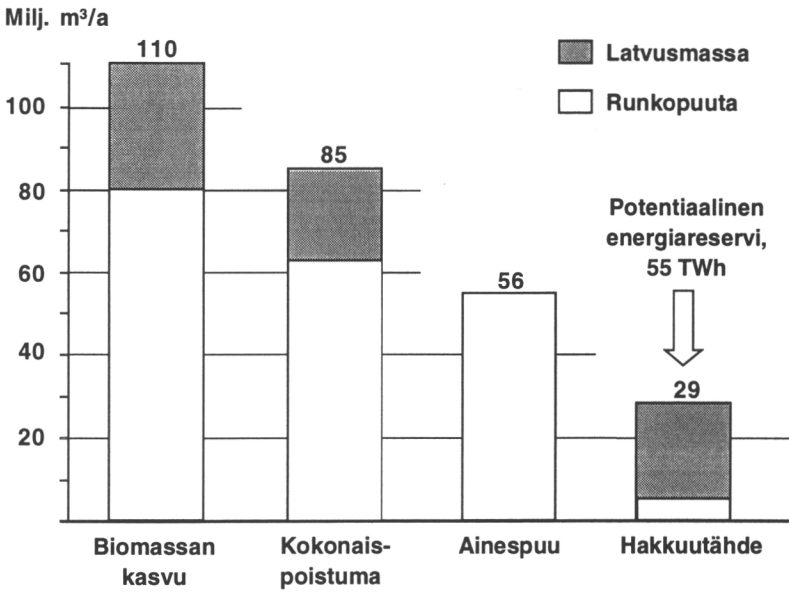
Hakkuutähde - uusiutuva energiareservi

Juha Nurmi

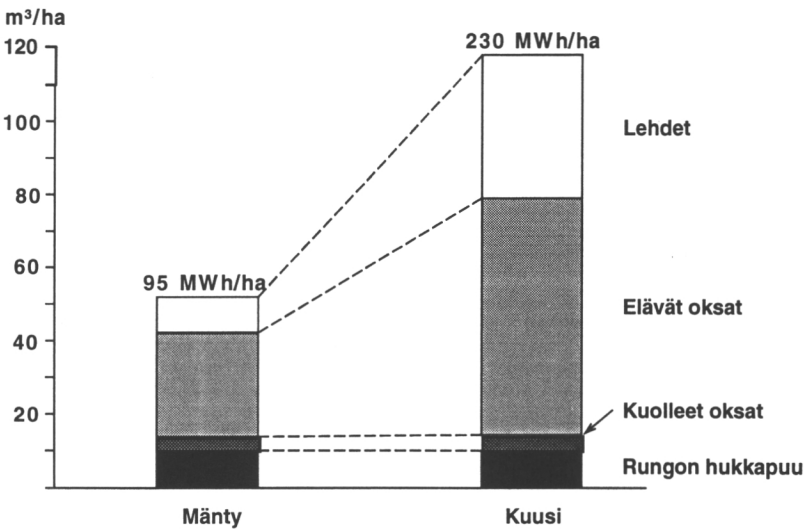
1 Hakkuutähteen energiapotentiaali

Hakkuutähde on yksi suurimmista käyttämättömistä biomassareserveistämme. Ainespuun korjuun yhteydessä sitä jää metsiin vuosittain noin 29 Mm^3 , mikä energiasällöltään vastaa 55 TWh (kuva 1). Hakkuutähteen hyödyntämistä harkittaessa on kuitenkin otettava huomioon sen korjuusta puun kasvulle ja ympäristölle aiheutuvat haitat. Onkin arvioitu, että ekologiset, tekniset ja taloudelliset syyt rajoittavat korjuukelpoisen hakkuutähteen määrän noin $8,6 \text{ Mm}^3$:iin vuodessa (Hakkila & Fredriksson 1996).

Hakkuutähteellä tarkoitetaan tässä yhteydessä oksia neulasineen, sekä rungon ainespuuksi kelpaamattomia osia. Hakkuutähteen kertymä on suurin uudistuskypsissä metsissä. Hakkuutähteen määrä rungon biomassasta laskettuna on männyllä 21 %, kuusella 54 % ja koivulla 16 % (Hakkila 1991). Lisäksi 2—5 % rungosta päätyy hakkuutähteeksi. Tyypillisen päätehakkuumännikön ja -kuusikon hakkuutähteen määrä ja koostumus on nähtävissä kuvasta 2. Kuusikoissa hakkuutähteen määrä on runsaasta elävästä latvuksesta johtuen paljon männiköitä suurempi. Männiköitä ei kuitenkaan tule väheksyä, sillä niistä saatavan hakkuutähteen määrä on suurempi kuin esimerkiksi raivauspuustojen kertymät tai ensiharvennusmänniköistä saatavan energiajakeen määrä.



Kuva 1. Biomassan kasvu ja poistuma Suomen metsissä vuonna 1994 (Hakkila & Fredriksson 1996).

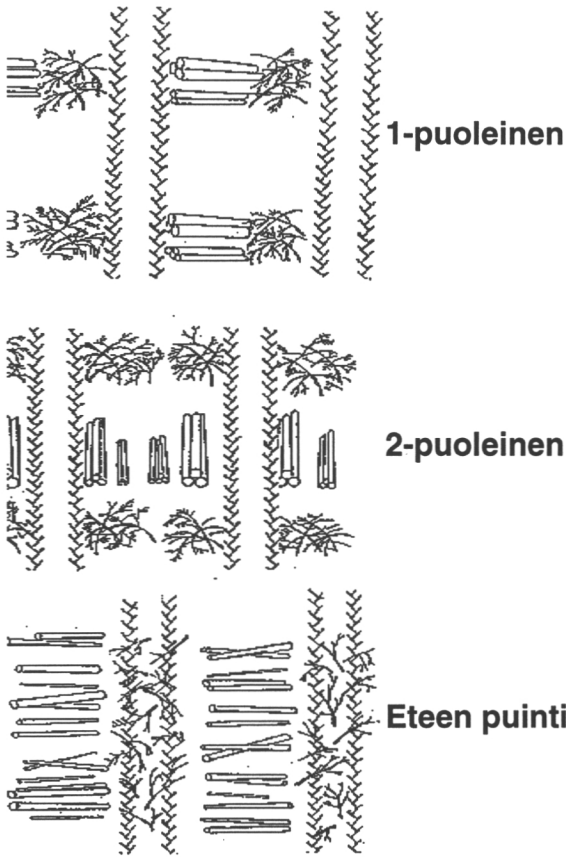


Kuva 2. Hakkuutähteen määrä männikoissä ja kuusikoissa kun ainespuun poistuma on 200 m³/ha (Hakkila & Fredriksson 1996).

2 Hakkuutähteen korjuumenetelmät

Hakkuutähteen etuna pienpuun korjuuseen verrattuna on, ettei se vaadi yksin kappalein käsittelyä, vaan korjuu on koneellista alusta loppuun asti. Onnistuakseen tämä korjuuketju edellyttää hakkuutähteen kasautumista ajouran varteen. Aiemmin laajassa käytössä olleiden kaksio-teharvesterien työskentelytekniikka on sellainen, että hakkuutähte jää kasoihin osana normaalia ainespuun korjuuta. Tämä hakkuukonetyyppi on kuitenkin väistynyt yksio-teharvestereiden tieltä. Yksio-teharvesteri edustaa erästä merkittävintä puunkorjuun alalla viime vuosina tapahtunutta uudistusta. Suomessa tehdäänkin pääte-hakkuuta suhteellisesti enemmän yksio-teharvestereilla kuin missään muussa maassa. Hakkuutähteen talteenotto edellyttää kuitenkin tältä hakkuukoneelta uutta, hakkuutähteen talteenottoon tähtäävää työskentelytekniikkaa.

Normaalissa päätehakkuutyöskentelyssä yksio-teharvesterin kuljettaja kaataa puut tottumuksensa mukaan joko koneen yhdeltä tai kahdelta puolelta. Karsinta ja katkonta tehdään koneen edessä. Koneen siirtyessä eteenpäin hakkuutähteet polkeutuvat sen alle. Tämä menettely on monesti välttämätöntä maaston kantavuuden parantamiseksi. Milloin kantavuus ja ympäristötekijät antavat myöten, voidaan hakkuutähteet korjata talteen, mikäli niiden polkeentumista ei tapahdu. Keruun kannalta hakkuutähteen olisi hyvä olla painumattomissa, selvästi näkyvissä kasoissa. Haluttuun korjuujälkeen päästään kun puiden karsinta suoritetaan hakkuukoneen sivulla. Korjuujäljestä riippuen työtapaa nimitetään yksipuoleiseksi ja kaksipuoleiseksi työtavaksi. Yksipuoleisella työtavalla puun kaato sekä rungon karsinta ja katkonta tapahtuvat vain koneen toisella sivulla siten, että hakkuutähte jää kasoille ajouran ja ainespuun väliin. Ainespuu kasataan kohtisuoraan ajouraan nähden (kuva 3). Kaksipuoleisella työtavalla karsinta ja katkonta tehdään ajouran molemmin puolin. Tällöin pölkkyt jäävät ajouran suuntaisiksi ja hakkuutähteet ajouran varteen pölkkykasojen väliin (Nurmi 1994).



Kuva 3. Hakkuutyön jälki työtavoittain.

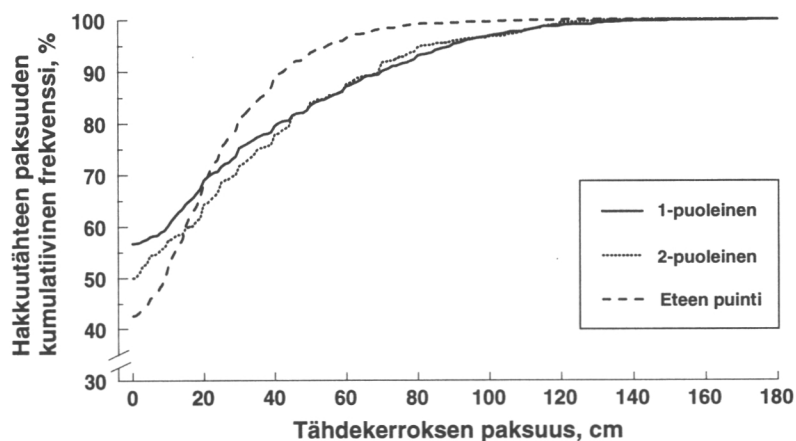
2.1 Hakkuutyön tuottavuus

Koska hakkuutyössä ainespuun teolla on etusija hakkuutähteen korjuuseen nähden, ei vaihtoehtoisten työtapojen vaikutusta hakkuukoneen tuottavuuteen voida jättää huomiotta. Aihetta on tutkittu Suomessa Metsäntutkimuslaitoksessa ja Metsätehossa, sekä aiemmin Ruotsissa Skogforsk:ssa. Saaduista tuloksista on päätelty, että kahdelta puolen puinnin tuottavuus on suurempi kuin yhdeltä puolelta puitaessa (Nurmi 1994, Elonen & Korpilahti 1996). Lisäksi tuloksista voidaan päätellä, että

vaihtoehtoisten menetelmien käyttö ei välttämättä alenna hakkuukoneen tuottavuutta. Ruotsissa tosin vaihtoehtoisten korjuumenetelmien on todettu alentavan yksioteharvesterin tuottavuutta 2—4 % (Wigren 1991 ja 1992). Suomessa tuottavuuksissa on havaittu suurta vaihtelua työmaiden ja kuljettajien välillä. Lieneekin niin, että tottuminen ja motivoituminen uuteen työtapaan vaikuttavat suuresti tulokseen.

2.2 Hakkuutähteen kasautuminen

Hakkuutähteen kasautumisen onnistuminen on tärkeää keruutyön tehokkuuden kannalta. Kasautumista voidaan arvioida mittaamalla hakkuutähteistä vapaan maan pinta-ala, tähteen paksuusjakauma tai massan kumulatiivinen frekvenssi. Mittausten mukaan eniten paljasta maapinta-ala jää yksipuoleisen ja toiseksi eniten kaksipuoleisen työtavan jäljiltä (kuva 4).



Kuva 4. Hakkuutähdekerroksen paksuusjakauma eri työtavoilla.

Eteen puitaessa yli 50 cm paksuihin kerroksiin kontrollissa kertyi vain 20 % hakkuutähteen massasta. Vastaava luku 1- ja 2-puoleisella työtavalla oli 70—80 %. Yli 80 cm korkuisiin kasoihin kontrollissa kertyi ainoastaan 5 % massasta, kun taas yksipuoleisella työtavalla vastaava luku oli 45 % ja kaksipuoleisella 30 %.

Vaihtoehtoisten työtapojen keskinäinen ero johtui siitä, että 1-puoleisessa työtavassa hakkuutähtehde kertyy yhdelle puolelle ajouraa ja näin ollen suppeammalle alalle. Tällöin korkeitten kasojen osuus kasvaa. Kaksipuoleisessa työtavassa taasen kasat kertyvät molemmin puolin ajouraa, pinta-alaa tulee lisää ja kasat madaltuvat. Eteen puitaessa korkeita kasoja ei pääse syntymään, koska koneet polkevat ne tiiviiksi, mataliksi kerroksiksi (kuva 4).

2.3 Hakkuutähteen metsäkuljetus

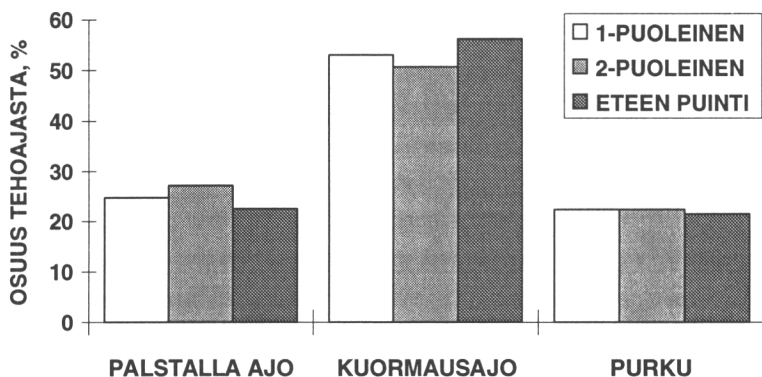
Hakkuutähteen haketus edellyttää hakkuutähteen keruuta ja kuljetusta metsätraktorilla palstatiin varteen. Työn tehottamiseksi ja kustannusten alentamiseksi tulee metsätraktori varustaa laajennetulla kuormatilalla (Asikainen 1995). Brunberg (1991) ilmoittaa laajennetulla kuormatilalla varustetun metsätraktorin kuormien tuoremassaksi 5—7 t. Wigrenin (1990) tutkimuksessa kuormien tuoremassat olivat 6—8 t. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimuksissa laajennetulla kuormatilalla varustetulla metsätraktorilla 90 kuorman keskipaino oli 8,9 t (Nurmi 1996).

Myös hakkuukoneen työnjälki vaikuttaa metsäkuljetuksen tuottavuuteen. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusten mukaan metsäkuljetus on tuottavinta kaksipuoleiselta korjuujäljeltä ja seuraavaksi tuottavinta yksipuoleisen työtavan jäljiltä (Nurmi 1996).

Kuljetusmatkan ollessa 250—300 m laajennetulla kuormatilalla varustetun metsätraktorin tehoajasta yli puolet kuluu kuormausajoon. Palstan ja välivaraston väliseen ajoon kuluu noin 25 % ajasta ja purkuun 20 %. Kaksipuoleisen korjuutavan jäljiltä hakkuutähteen kuormausajoon kulunut osuus tehoajasta oli merkittävästi pienempi kuin muilla työtavoilla (kuva 5).

Metsäntutkimuslaitoksessa vuonna 1995 tehdyssä tutkimuksessa 300 m ajomatkalla kuusen hakkuutähteen metsäkuljetuksen tehotutituotokset (t/h kuivamassaa) olivat eri korjuujäljillä seuraavat: yksipuoleinen 5,7 t/h, kaksipuoleinen 5,3 t/h ja eteenpuidulta jäljeltä korjattaessa 4,6 t/h. Eteen puinnin jäljiltä keruuseen verrattuna yksipuoleiselta jäljeltä keruun tuottavuus oli 15 % ja kaksipuoleiselta jäljeltä 24 % suurempi. Parittaisessa vertailussa työtapojen väliset erot olivat merkitseviä. Vastaavalla matkalla pyöräkuormaajalla esikasatuista kasoista tähdettä ajettaessa Mäkelä (1975) sai tuottavuudeksi 4,6 t/h. Vaihtoehtoisilla menetelmillä saavutettua tulosta on täten pidettävä hyvänä. Lisäksi välttyään hakkuutähteen esikasaukselta.

Korjuuvaihtoehtojen keskinäisessä arvioinnin yksi mittari on hehtaarilta saatava hakkuutähteen kertymä. Kertymän osuus hakkuutähteen kokonaismassasta on alhaisin eteen puinnin jäljiltä (58 %), kaksipuoleisen jäljiltä 78 % ja yksipuoleiselta vastaavasti 67 % (Nurmi 1996). Wigren (1990) on raportoinut samansuuruisista eroista ruotsalaisissa päätehakkuukuusikoissa tehdyssä tutkimuksessa. Voidaankin päätellä, että eteen puidulta jäljeltä otetaan talteen pääasiallisesti helposti kerättävissä oleva materiaali. Mikäli kaikille menetelmille asetettaisiin tavoitteeksi sama kertymä, niin menetelmien väliset erot hakkuutähteen metsäkuljetuksen tuottavuudessa olisivat entistä suuremmat.



Kuva 5. Hakkuutähteen metsäkuljetuksen tehoajan jakauma hakkuukoneen työtavan mukaan.

3 Hakkuutähteen kuivuminen ja varastointi

Biopolttoaineiden korjuun eräs vaikeimmista vaiheista on polttoaineen laadun hallinta. Aikaisempien tutkimusten perusteella tiedämme, että haketetun, murskatun tai muilla keinoin paloittelun biomassan pitkittynyt varastointi aiheuttaa huomattavia kuiva-ainetappioita, energiasisällön alenemista sekä terveystarpeita (Bergman & Nilson 1967, Gislerud 1974, Thörnqvist 1987, Thörnqvist & Jirjis 1990). Ankarasta ilmastosta johtuen välivarastojen käyttö on kuitenkin välttämätöntä polttoaineen jatkuvan saatavuuden turvaamiseksi. Vaikeutena onkin löytää oikeat polttoaineen korjuun ja käsittelyn ajankohdat.

Tuoreen hakkuutähteen kosteus on yli 50 %. Mikäli tuoreet tähteet jätetään palstalle harvesterin jättämiin kasoihin talven yli, kertyy niihin runsaasti lunta ja jäätä, mikä kohottaa kosteuden yli 60 %:n. Mikäli hakkuutähteen sallitaan kuivua palstalla kesän yli putoaa kosteus alle 30 % (taulukko 1). Varastoitaessa tuoretta hakkuutähdettä suurissa kasoissa palstatien varressa kosteus ei laske kesän aikana yhtä alas kuin palstalla. Toisaalta tähteet eivät myöskään kastu talvella yhtä pahoin.

Taulukko 1. Hakkuutähteen kosteus eri varastoissa eri aikoina.

Varasto	Näytteenotto pvm			
	Syys-94	Maalis-95	Kesä-95	Syys-95
Palsta	56,0	61,4	46,7	28,5
Välivarasto	56,0	..	..	42,2
Murskeama	58,9	..	65,3	..

Taulukko 2. Varastoidun hakkuutähteen kosteus katetuissa ja kattamattomissa kasoissa.

	Näytteenotto pvm		
	Syys-95	Talvi-96	Kesä-96
Katettu	40,4	44,5	34,7
Kattamaton	42,0	45,7	34,6

Ruotsissa hakkuutähteen pitkäaikainen varastointi välivarastossa on yleinen käytäntö jolla pyritään parantamaan hakkuutähteestä saatavan polttoaineen laatua. Olosuhteiden parantamiseksi hakkuutähdekasat peitetään kaksinkertaisella voimapaperilla jonka kestävyyttä on parannettu piki ja lasikuitukudos kerroksilla. Tutkimusten mukaan menettely alentaa hakkuutähteen kosteutta huomattavasti (Jirjis 1996). Suomessa on meneillään samaa aihetta käsittelevä tutkimus. Alustavat tulokset eivät johda samaan tulkintaan ruotsalaisten tutkimusten kanssa. Niiden perusteella kattaminen ei näytä olevan perusteltua (taulukko 2).

3.2 Hakkuutähteen neulasmassa

Neulasmassan osuus kuusen hakkuutähteestä on hyvin merkittävä. Uudistuskypsässä kuusikossa elävän latvuksen kuivamassasta neulasten osuus on 37 % (Hakkila 1991) ja hakkuutähteestä 25—30 % (Nurmi 1996). Mihin ravinteikas neulasmassa hakkuutähteen korjuun yhteydessä päätyy riippuu valitusta korjuuketjusta. Mikäli neulasten variseminen palstalle esimerkiksi maaperän ravinnesyistä on toivottua tulee tähteet varastoida kesän yli palstalla. Lisäetuna palstalla varastoinnista on hakkuutähteen kuivuminen ja korkeampi tehollinen lämpöarvo. Haittapuolena on kuitenkin pidettävä noin 20 %:lla alentunutta kertymää. Suurin kertymä saadaankin, mikäli hakkuutähteet kerätään tuoreina. Välivarastoinnissakin syntyy neulashukkaa, mutta se ei ole niin merkittävä kuin palstavarastoinnissa. Yhä pienempiin polttoyksiköihin asennettavat savukaasujen lauhdutusjärjestelmät mahdollistavat myös tehokkaan tuoreen biomassan polton. Näin saadaan talteen mahdollisimman suuri kertymä ja koko biomassan sisältämä energia. Korjuuvaihtoehdon valinta riippuu maanomistajan ja polttoaineen ostajan tarpeista. Esimerkki hakkuutähteen neulasosuuden muuttumisesta nähdään taulukossa 3.

Taulukko 3. Neulasten osuus hakkuutähteestä (%) palstalla ja välivarastolla.

Varasto	Näytteenotto pvm		
	Syys-94	Kesä-95	Syys -95
Palsta	27,7	20,4	6,9
Välivarasto	27,7	..	18,9

Taulukko 4. Kuusen neulasten suhteellinen massa prosentteina syyskuun 1994 arvoista.

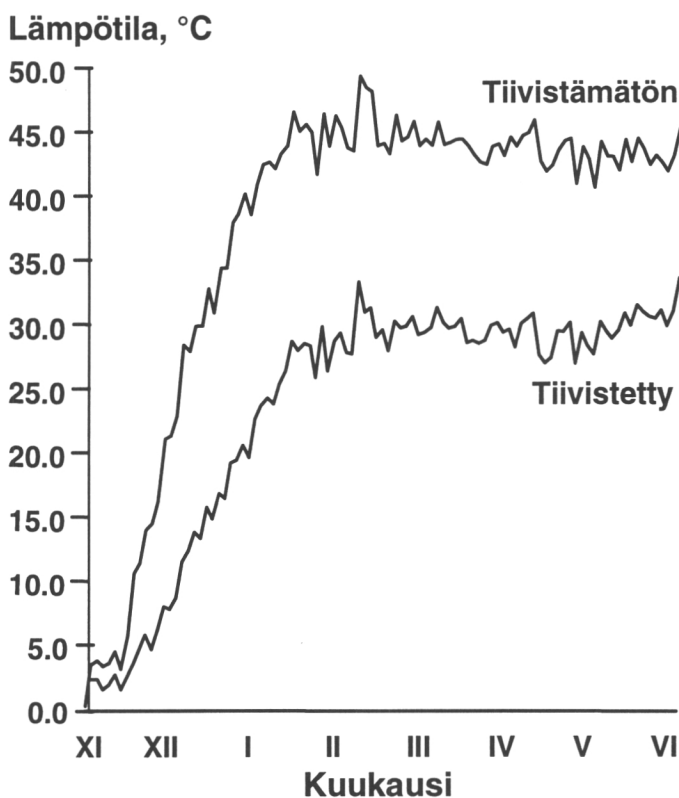
Varasto	Näytteenotto pvm		
	Syys-94	Kesä -95	Syys -95
Palsta	100,0	93,2	80,2
Välivarasto	100,0	..	93,1

Neulasten varisemisen lisäksi tapahtuu neulasissa kuten myös puu- ja kuoriosissa mikrobitoiminnan aiheuttamia kuiva-ainetappioita. Taulukosta 4 ilmenee neulasten kuiva-ainetappiot suhteellisenä massana ilmaistuna. Välivarastoinnissa nämä tappiot olivat melko vaatimattomat, mutta palstalla niinkin suuret kuin 20 %. Biomassan hajoamista aikaansaavien bakteerien ja sienten elinolosuhteet lienevätkin palstalla välivarastoa paremmat.

3.3 Hakkuutähdemurskeen säilyminen

Tuoreen biomassan varastointi haketettuna tai murskattuna luo hyvät olosuhteet mikrobitoiminnalle. Ensimmäinen merkki mikrobitoiminnasta on kasan lämpötilan kohoaminen (Bergman & Nilson 1967, Gislerud 1974, Thörnqvist 1987, Nurmi 1990). Hakkuutähdeumassa lämpötila nousee hyvin nopeasti ensimmäisen varastointiviikon jälkeen. Kuvasta 6 kuitenkin nähdään, että murskeen hyvä tiivistäminen vähentää mikrobitoimintaa alentaen lämpötilaa 15 °C.

Huomattavien kuiva-ainetappioiden lisäksi aineenvaihduksessa syntynyt vesi lisää kosteutta alentaen entisestään polttoaineen tehollista lämpöarvoa (taulukko 1). Esimerkkitapauksessamme murskeen kosteus kohosi hakkuuta seuranneeseen kesäkuuhun mennessä 65,3 %:iin, jolloin koe keskeytettiin materiaalin pilaantumisen vuoksi. Murskeen tiivistämisellä ei ole vaikutusta kosteuteen. Näin kostean polttoaineen tehollinen lämpöarvo on hyvin alhainen mikä tekee siitä monille pienille, savukaasujen lauhdutusjärjestelmää vailla oleville lämpölaitoksille sopimattoman polttoaineen.



Kuva 6. Tiivistetyn ja tiivistämättömän murskeaman lämpötilat ajan suhteen.

4 Yhteenveto

Hakkuutähteen tehokas talteenotto vaatii hakkukoneen työtekniikan muuttamisen sellaiseksi, että tähteet kasautuvat ajouran varteen omana tavaralajina. Tämä parantaa oleellisesti hakkuutähteen metsäkuljetuksen tuottavuutta. Lisäksi metsätraktorin tulisi olla laajennetulla kuormatilalla ja hakkuutähdekouralla varustettu.

Hakkuutähteen kertymä on suurin mikäli keruu suoritetaan tuoreena ainespuun korjuun jälkeen. Tällöin kuitenkin kuljetetusta massasta puolet on vettä mikä lisää metsä- ja maantiekuljetuksen kustannuksia. Suurissa, nykyaikaisissa polttolaitoksissa korkea kosteus ei tosin aiheuta polttoteknisiä ongelmia eikä energiahukkaa. Mikäli maaperän ravinnetilanteen kannalta neulasmassan poistaminen ei ole suotavaa, voidaan hakkuutähteet kuivata palstalla kesän yli. Tällöin valtaosa neulasista jää palstalle. Tämän menetelyn lisäeduksi laskettakoon hakkuutähteen alentunut kosteus. Sen sijaan haketetun tai murskatun hakkuutähteen pitkitettyä varastointia suurissa kasoissa tulisi välttää korkeiden kuiva-ainetappioiden ja korkean kosteuden vuoksi.

Kirjallisuus

- Asikainen, A. 1995. Discrete-event simulation of mechanized wood-harvesting systems. Tiedonantoja 38. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 86 s.
- Bergman, Ö. & Nilson, T. 1967. Studier över utomhuslagring av aspvedsflis vid Hörnefors Sulfitfabrik. Institutionen för Virkeslära, Skogshögskolan. Rapporter 55. 105 pp.
- Brunberg, B. 1991. Tilvaratagande av skogsbränsle - träddeklar och trädrester. Skogarbeten redogörelse 5. 54 s.
- Elonen, J. & Korpilahti, A. 1996. Hakkuutähteen talteenoton vaikutus hakkuun ajanmenekkiin ja tuottavuuteen. Metsäteho Katsaus 5/1996. 6s.

- Gislerud, O. 1974. Heltreutnyttelse. Lagring av heltreflis. Summary: Whole tree utilization. Storing of whole tree chips. Norsk Institutt for Skogforskning. Raport 5. 29 pp.
- Hakkila, P. 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase. *Folia Forestalia* 773. 24 s.
- & Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 613. 92 s.
- Jirjis, R. 1996. Handling and storage of uncomminuted forest residues. Teoksessa: Hudson, J.B. & Kofman, P.D. (Eds.) 1996. Harvesting, storage and road transportation of logging residues. Proceedings of a workshop of IEA-BA-Task XII activity 1.2, held in October 1995 in Glasgow, Scotland - Danish Forest and Landscape Research Institute, Hørsholm, Denmark, 83 pp.
- Mäkelä, M. 1975. Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus. Summary: Bunching and transportation of branch raw material. *Folia Forestalia* 237. 19 s.
- Nurmi, J. 1990. Polttihakkeen varastointi suurissa aumoissa. Summary: Longterm storage of fuel chips in large piles. *Folia Forestalia* 767. 18 pp.
- 1994. Työtavan vaikutus hakkuukoneen tuotokseen ja hakkuutähteen kasautumiseen. *Folia Forestalia* 1994(2). 10 s.
- 1996. Hakkuutähteen metsäkuljetuksen tuottavuus päätehakkuukuusikoissa. Käsikirjoitus *Folia Forestalia*-sarjaan.
- Thörnqvist, T. 1987. Bränder i stackar med sonderdelat träbränsle. Summary: Spontaneous combustion in piles with comminuted wood fuel. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Vikeslära. Uppsatser 163.
- & Jirjis, R. 1990. Bränsleflisens förändring över tiden - vid lagring i stora stackar. Summary: Changes in fuel chips during storage in large piles. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Virkeslära, Rapport 219. 49 pp.
- Wigren, C. 1990. Tillvaratagande av trädrester efter slutavverkning med tvågreppskördare. Skogsarbeten. Moniste 1990-09-06. 41 s.
- 1991. Tillvaratagande av trädrester efter slutavverkning med engreppskördare - studie av en bränsleanpassad metod hos Mälarskog. Skogsarbeten. Moniste 1991-11-08. 16 s.
- 1992. Studie av bränsleanpassad avverkning med engreppskördare hos Mellanskog. Skogsarbeten. Moniste 1992-02-14. 6 s.

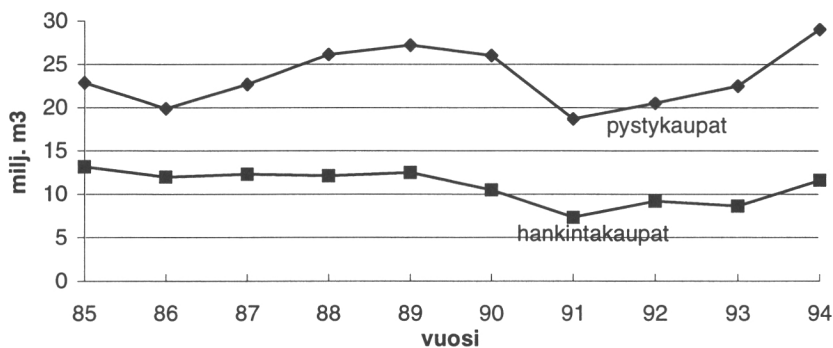
Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelut

Jukka Aarnio

1 Johdanto

Viime vuosina yksityismetsien osuus kaikista markkinahakkuista on ollut keskimäärin vähän vajaa 80 prosenttia. Mitä suurempia markkinahakkuut ovat olleet sitä suurempi on ollut yksityismetsien osuus koko hakkuumäärästä (Metsätilastollinen vuosikirja 1995). Vuoden 1994 huippusuhdanteessa yksityismetsien osuus kokonaishakkuumäärästä olikin 82,5 prosenttia eli 40,6 miljoonaa kuutiometriä (kuva 1). 1980-luvun loppupuolella hankintahakkuiden osuus yksityismetsien markkinahakkuista oli 30–40 prosenttia. 1990-luvun alkupuolella vastaava osuus putosi vajaaseen 30 prosenttiin. Vuonna 1994 hankintakauppojen osuus oli 28,6 prosenttia yksityismetsien hakkuumäärästä.

Puukaappamuoto on yleensä määrännyt yksityismetsissä käytetyn hankintatavan. Pystykaupoissa raakapuun hankinta on pääsääntöisesti toteutettu puuta käyttävien metsäteollisuusyritysten hankintaorganisaatioiden toimesta.



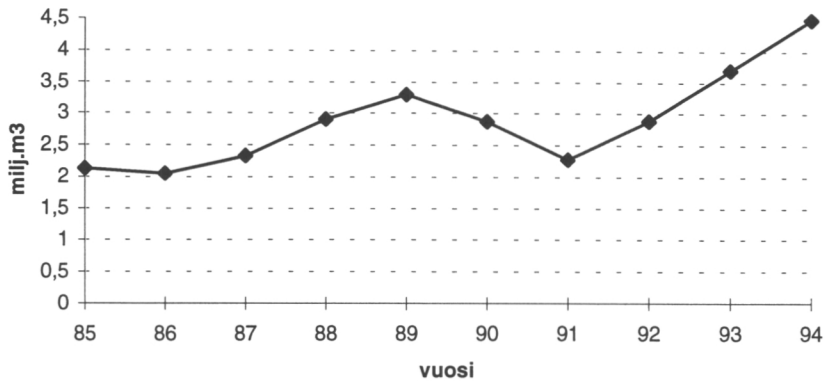
Kuva 1. Markkinahakkuiden määrät (m³/v) yksityismetsien hankinta- ja pystykaupoista vuosina 1985–94.

Osittain myös metsänhoitoyhdistykset ovat hoitaneet pystykauppojen korjuutyöt joko kokonaan tai joitakin siihen liittyviä osatehtäviä. Hankintapuu on ollut perinteisesti metsänomistajien omatoimista puunkorjuuta. 1990-luvulla metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelu on kuitenkin lisännyt osuuttaan hankintapuiden hakkuussa ja lähikuljetuksessa (Koistinen 1996). Käteiskaupat ovat yleensä olleet metsänomistajien omatoimista korjuuta. Kaiken kaikkiaan metsänhoitoyhdistykset ovat viime vuosina lisänneet puukauppaan liittyviä palvelujaan.

Peruspalveluna metsänhoitoyhdistykset ovat tarjonneet metsänomistajille tietoa raakapuumarkkinoista ja kantohinnoista. Metsänhoitoyhdistysten varsinaista puukaupallista toimintaa ovat valtakirjakaupat, toimituskaupat, luovutusmitat, yhteismyynnit ja korjuupalvelu. Käytetyt toimintamuodot painottuvat alueellisesti hyvin eri tavalla. Puumääriltään suurinta metsänhoitoyhdistysten osallistuminen on ollut valtakirjakaupoissa ja luovutusmittauksissa. Korjuupalvelun yhteydessä yhdistykset ottavat usein myös hoitaakseen puukaupan, jolloin kokonaisuus muodostaa ns. hankintapalvelun.

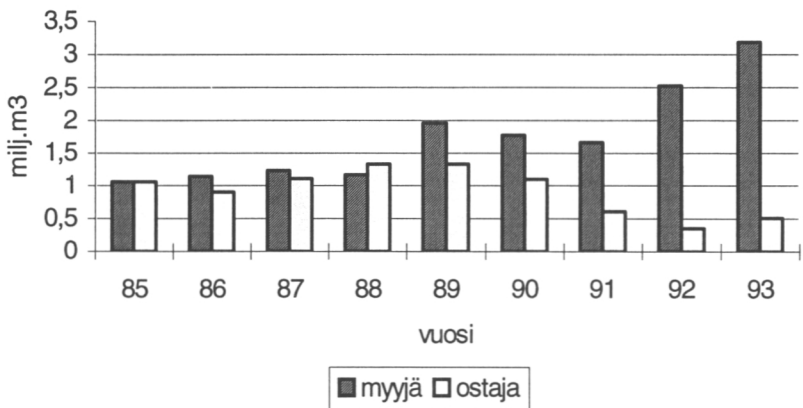
2 Korjuupalvelun kehitys

Metsänhoitoyhdistysten toimesta on hakkuutettu ja ajatettu raakapuuta yksityismetsistä jo 1950-luvulta lähtien. Varsinaisesti 1980-luvulla metsänhoitoyhdistykset kehittivät voimakkaasti hankinta- ja korjuupalveluaan sekä muita puukauppaan liittyviä tehtäväalueitaan. Tällä hetkellä lähes kaikki metsänhoitoyhdistykset tarjoavat hankinta- ja korjuupalvelua ainakin jossakin muodossa. Vuosina 1985—87 metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelu oli vielä vuositasolla noin 2 miljoonaa kuutiometriä (Tapion vuosikirjat eri vuosilta). Sen jälkeen korjatut puumäärät ovat pääsuuntaisesti lisääntyneet jatkuvasti (kuva 2). Vuonna 1994 korjattiin metsänhoitoyhdistysten toimesta jo lähes 4,5 miljoonaa kuutiometriä, joka on runsaat 10 prosenttia yksityismetsien hakkuumäärästä.



Kuva 2. Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun hankintamäärät (m^3/v) vuosina 1985—94.

Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelu on kehittynyt viimeisten kymmenen vuoden aikana lähinnä myyjän eli metsänomistajan lukuun tapahtuvaksi toiminnaksi. Vielä ennen vuosien 1988 ja 1989 huippusuhdannetta korjuupalvelua tehtiin likimain yhtä paljon sekä myyjän että ostajan lukuun (kuva 3). Sen jälkeen puunmyyjät ovat jatkuvasti lisänneet suhteellista osuuttaan korjuupalvelun kokonaisuudesta. Kuvassa 3 on esitetty hakkuumäärien kehitys kuvaa likimain myös myyjän ja ostajan lukuun tehdyn metsäkuljetuksen määrien kehitystä samana ajanjaksona.



Kuva 3. Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun hakkuumäärät (m^3/v) myyjän ja ostajan lukuun vuosina 1985—93.

3 Toimintojen vertailua

3.1 Korjuumäärät ja puukaupallinen toiminta

Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelua on perinteisesti tehty tietyillä alueilla runsaasti, ja toisaalta joillakin alueilla sen merkitys on koko toiminnan kannalta hyvin vähäistä. Alueelliset erot ovat säilyneet jo vuosikymmeniä samansuuntaisina. Tässä esityksessä tarkastelun kohteiksi valittiin seuraavat 5 metsänhoitoyhdistysten liittojen aluetta: Lounais-Suomi, Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Etelä-Pohjanmaa ja Lappi. Tiedot perustuvat meneillään olevassa "Puunhankinnan organisointitapojen vertailu" -tutkimushankkeessa kerättyyn aineistoon sekä kyseisten alueiden vuosikertomustietoihin (Metsänhoitoyhdistysten liittojen vuosikertomukset vuodelta 1994). Lisäksi kunkin metsähoitoyhdistysten liiton alueelta haastateltiin yhtä metsänhoitoyhdistyksen toiminnanjohtajaa, jonka alueella korjuupalvelua harjoitetaan merkittävässä laajuudessa.

Lounais-Suomi

Puukaupalliselle toiminnalle Lounais-Suomessa on ollut tyypillistä hankintahakkuiden ja korjuupalvelun suuri osuus markkinahakkuissa. Vuonna 1994 yksityismetsien hankintakauppojen osuus oli 44 % ja metsänhoitoyhdistysten hankinta- ja korjuupalvelun 32 % hakatusta puumäärästä. Suurin yhdistyskohtaisesti korjattu puumäärä oli 81 000 m³. Puunostajille tehtiin 15 % yhdistysten korjuupalvelusta ja loput myyjille eli lähes 400 000 m³. Ostajien lukuun tehdyssä korjuupalvelussa käyttäjiä olivat piensahat ja erilaiset pienyritykset. Valtakirja- ja toimituskauppojen osuus kaikesta markkinoidusta puusta oli vähän yli puolet.

Etelä-Karjala

Hankintakauppojen osuus on Etelä-Karjalassa jäänyt yleensä alle 30 %:n yksityismetsien hakkuumääristä. Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun hakkuumäärät ovat lisääntyneet

merkittävästi 1990-luvulla. Vuonna 1994 hankinta- ja korjuupalvelun osuus oli noin 12 % yksityismetsien markkinahakkuista. Puutavaralajijakaumaltaan yhdistyksen korjaama puusto oli selvästi kuitupuuvoittoisempaa kuin alueelta korjattu puusato keskimäärin. Korjuupalvelua tehtiin pelkästään myyjille. Etelä-Karjalassa yhdistysten korjuupalvelu oli poikkeavaa sikäli, että lähes 2/3 puusta toimitettiin suoraan puunjalostuslaitokseen tai satamaan. Valtakirjakaupoin toteutettiin vuonna 1994 jo yli 60 % yksityismetsistä myydystä puusta.

Pohjois-Savo

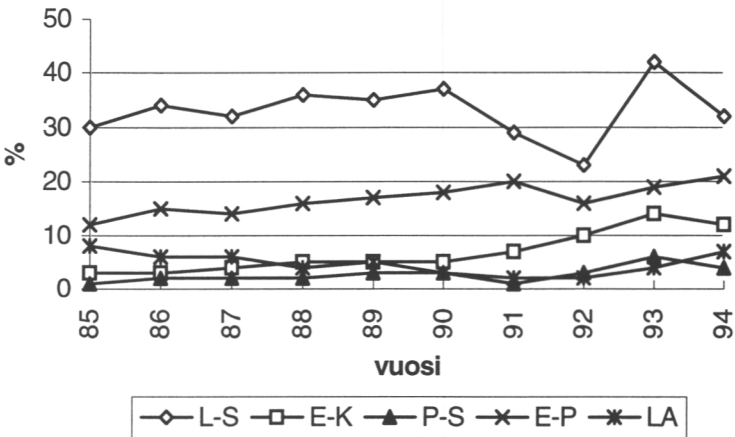
Hakkuumääriltään Pohjois-Savo on vuosittain ollut selvästi suurin koko maassa. Sen sijaan hankintakauppojen suhteellinen osuus on ollut yleensä alhaisin koko maassa. Vuonna 1994 hankintakauppojen osuus oli ainoastaan vajaa 14 % yksityismetsien markkinahakkuista. Samoin yhdistysten korjuupalvelumäärät ovat jääneet pieniksi. Vuonna 1994 korjuupalvelun osuus oli noin 4 % yksityismetsien hakkuumäärästä. Suurin yhdistyskohtainen korjuumäärä oli vajaat 30 000 m³. Korjuupalvelun puumäärästä noin 20 % tehtiin ostajan lukuun. Mittavinta yhdistysten puukaupallinen toiminta oli valtakirjakaupoissa, joilla yksityismetsien puumäärästä myytiin noin 25 %.

Etelä-Pohjanmaa

Hankintakaupoin myytiin vuonna 1994 vähän yli 1/3 yksityismetsien puumäärästä. Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun määrä oli myös Etelä-Pohjanmaalla melko suuri. Kaikkiaan noin 460 000 kuutiometriä korjattiin yhdistysten toimesta. Etelä-Pohjanmaalla on korjattu yleensä poikkeuksellisen paljon puuta ostajan lukuun. Vuonna 1994 korjatusta puumäärästä 55 % tehtiin ostajille. 1/4 korjatusta puumäärästä toimitettiin suoraan tehtaalle. Suuresta korjuumäärästä huolimatta 40 % metsänhoitoyhdistyksistä ei tehnyt lainkaan korjuu- ja hankintapalvelua. Valtakirjakaupoin myytiin vähän yli 1/4 yksityismetsien hakkuumäärästä.

Lappi

Hankintahakkuiden osuus oli 35 % yksityismetsien markkinahakkuista vuonna 1994. Melko suuresta hankintahakkuumäärästä huolimatta metsänhoitoyhdistysten hankinta- ja korjuupalvelun osuus on ollut Lapissa poikkeuksellisen alhainen. Vuonna 1994 korjuupalvelun osuus oli ainoastaan 7 % yksityismetsissä hakatusta puumäärästä. Useilla yhdistyksillä korjuupalvelu oli lähes merkityksetöntä. Korjuupalvelu on keskittynyt pääasiassa Länsi-Lapin metsänhoitoyhdistyksiin. Myös muu puukaupallinen toiminta oli Lapissa vähäisempää kuin muilla tarkastelluilla metsänhoitoyhdistysten liittojen alueilla.



Kuva 4. Korjuupalvelun osuus (%) yksityismetsien markkinahakkuista Lounais-Suomen, Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Etelä-Pohjanmaan ja Lapin metsälautakuntien alueilla vuosina 1985—94.

3.2 Korjuun organisointi ja hankintaolot

Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelussa hakkuu hoidetaan pääasiassa nykyisin jo koneella, mutta myös metsureita on pyritty työllistämään etenkin harvennus- ja suojustrupuhakkuissa. Tällä tavalla yhdistykset ovat pyrki-

neet turvaamaan riittävän työvoiman saannin myös hoito- ja uudistustöihin. Muutamia metsuriyrittäjiä on myös palkattu metsänhoitoyhdistysten toimesta. Metsänhoitoyhdistyksen hakkuissa koneellisen korjuun osuus jää kuitenkin selvästi alhaisemmaksi kuin metsäteollisuuden korjuuorganisaatioissa lukuunottamatta kahta metsänhoitoyhdistysten liiton aluetta. Seuraavassa asetelmassa on koneellisen korjuun osuus (%) korjuupalvelun puumäärästä vuonna 1994 tarkasteltavien metsänhoitoyhdistysten liittojen alueilla:

Lounais-Suomi	50
Etelä-Karjala	85
Pohjois-Savo	40
Etelä-Pohjanmaa	65
Lappi	90

Metsäkoneyrittäjien kanssa harjoitettu sopimuspolitiikka vaihtelee alueittain huomattavasti. Pääasiallisin sopimuskäytäntö perustui kuitenkin kausiluontoisiin ja tilapäisiin urakointisuhteisiin. Osittain metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelu hoidettiin myös pitkäaikaisten sopimusten turvin, jolloin vakituiset urakoitsijat korjasivat myös valtaosan puumäärästä. Tällaisia, kestoltaan 1—2 vuoden sopimuksia, tehtiin vuonna 1994 ainakin Lounais-Suomen ja Etelä-Karjalan metsänhoitoyhdistysten liittojen alueilla.

Korjuupalvelun hoitamien leimikoiden keskikoko (200—400 m³) oli noin 1/2 vastaavien alueiden pystykauppojen keskikoosta tehtäessä korjuu myyjän lukuun. Kokonaisuutena ottaen korjuupalvelulla teetetyt leimikot olivat harvennushakkuuvaltaisempia kuin alueen leimikot keskimäärin. Etelä-Karjalassa ja Pohjois-Savossa tilanne oli osittain päinvastainen, koska yhdistysten korjuupalvelu hoiti erikoispuiden (pylväät, parrut jne) hakkuut.

4 Johtopäätökset

Vertaamalla pelkästään yksityismetsien markkinahakkuita pysty- ja hankintakauppoihin ei saada selkeää kuvaa itse puunkorjuussa tapahtuneista muutoksista. Sen sijaan

tarkastelemalla metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun kehitystä voidaan havaita pystykauppojen siirtyneen 1990-luvulla lähes kokonaan metsäteollisuuden korjuuorganisaatioille. Korjuupalvelun kasvu ja siirtyminen hankinta-kauppojen puolelle on vastaavasti vähentänyt metsänomistajien omatoimisuutta puunhankinnassa. Metsänomistajarakenteen muuttumisen ja koneellistumisen lisääntymisen myötä kehitys jatkuu tulevaisuudessa samansuuntaisena.

Metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelu on perinteisesti kuulunut suuremmissa mittakaavassa länsisuomalaisiin toimintamalleihin. Lähinnä 1990-luvulla alkanut korjuupalvelun kasvutrendi tuskin kuitenkaan muuttaa suuresti-kaan jo vakiintuneita korjuuperinteitä. Osittain alueittaiset lisäykset selittyvät nimittäin lisääntyneillä harvennus-hakkuilla ja erikoispuutavaralajien toimituksilla.

Metsänhoitoyhdistysten muu puukaupallinen toiminta lisääntyi 1990-luvun alkupuolella korjuupalvelun ohella. Tulevaan kehitykseen vaikuttaa varmasti osaltaan metsänhoitoyhdistyslakia käsittelevässä työryhmässä tehtävät linjaukset. Toisaalta metsänhoitoyhdistykset voivat vaikuttaa korjattavien määrien kehitykseen tarjoamalla vaihtoehtona metsurihakkuuta tai suunnata korjuupalveluaan erikoispuutavaralajeihin ja harvennuksiin. Piensahat ja muut puualan pienyrittäjät tarvitsevat yhä tulevaisuudessakin metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelua. Ratkaisevinta on kuitenkin se, mikä on metsänhoitoyhdistysten korjuupalvelun kilpailukyky verrattuna muihin tarjolla oleviin vaihtoehtoihin.

Kirjallisuus

- Koistinen, Arto. 1996. Metsänomistajien omatoimisuus korjuukaudella 1994/95. Työtehoseuran julkaisu 347.
- Metsänhoitoyhdistysten liittojen vuosikertomukset vuodelta 1994. Metsätalastollinen vuosikirja eri vuosilta.
- Tapion vuosikirjat vuosilta 1985—1994.

Puutavaran kuljetusyritysten kannattavuus

Pekka Mäkinen

1 Johdanto

Lähes 100 % metsäteollisuuden käyttämästä raakapuusta käy jossain kuljetusketjun vaiheessa auton kyydissä. Tästä raakapuusta toimitetaan autoilla perille asti noin 80 %. Näyttää myös siltä, että autokuljetus tulee säilyttämään markkinaosuutensa nopeutensa, joustavuutensa ja edullisuutensa vuoksi. Uitto ja rautatiekuljetus ovat kilpailukykyisiä ainoastaan pitkillä kuljetusmatkoilla. Näiden kuljetusmuotojen keskimatkat ovatkin yli 200 kilometriä.

Kuljetusyrittäminen puutavara-autolla on ollut säänneltyä liikennelupien avulla vuoteen 1991 asti. Sen jälkeen kuljetusyrityksen perustaminen on ollut huomattavasti helpompaa. Yritykset ovat perinteisesti pieniä. Mäkisen (1993) mukaan kuljetusyrityksissä oli 1990-luvun alussa keskimäärin 1,5 autoa ja noin 60 % yrittäjistä toimi ammatinharjoittajina. Asiakkaita yrittäjillä oli keskimäärin 1,2 kappaletta eli yleensä heillä oli yksi asiakas ja asiakassuhde oli kestänyt noin 18 vuotta (Mäkinen 1993). Myös asiakkaan ja kuljetusyrityksen suhteet muuttuivat 1990-luvun alussa, kun kilpailulaki kielsi valtakunnallisten maksuperusteiden ja taksojen sopimisen. Sen jälkeen jokainen yrittäjä on neuvotellut itse asiakkaan kanssa kuljetustaksan.

Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan tutkimuskeskuksessa on tutkittu metsäalan kuljetusyrittäjien toimintaa. Tutkimuksessa kartoitettiin perustietoja yrittäjistä, yrityksestä ja sen toiminnasta, markkinoista ja asiakkaista, sopimusneuvotteluista, kilpailusta ja yrittäjien tulevaisuuden näkymistä sekä analysoitiin yritysten kannattavuutta ja vakavaraisuutta. Tässä artikkelissa esitellään metsäalan kuljetusyritysten kannattavuutta ja vakavaraisuutta kuvaavia tuloksia.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimusaineisto

Tutkimuksen otettiin viiden prosentin systemaattinen otos metsäalan kuljetusyrittäjistä, joita oli 781. Metsäalan kuljetusyrittäjät ry:hyn kuulumattomia yrittäjiä arvioidaan olevan noin 200. Otokseksi saatiin 39 yritystä, joista 26 suostui haastateltaviksi. Palautusprosentiksi saatiin täten 67 %. Tutkimus tehtiin henkilökohtaisin haastatteluin. Aluksi yrittäjille lähetettiin sekä metsäalan kuljetusyrittäjät ry:n että Metlan oma kirje, joissa kerrottiin tutkimuksesta. Viikon kahden kuluttua yrittäjille soitettiin ja kyseltiin halukkuutta osallistua tutkimukseen.

Haastatteluja varten oli laadittu kahdeksansivuinen kyselylomake, jossa oli 73 kysymystä. Kysymykset käsittelivät yrittäjää, yritystä ja sen toimintaa, markkinoita ja asiakkaita, sopimusneuvotteluita, kilpailua ja yrittäjien tulevaisuuden näkymiä. Kysymysten lisäksi yrittäjiltä pyrittiin saamaan tilinpäätöstiedot lisätietoineen vuosilta 1992—1995. Yhtä lukuun ottamatta kaikilta haastatelluilta yrittäjiltä tilinpäätökset saatiinkin.

Tilinpäätökset on oikaistu Yritystutkimusneuvottelukunnan ohjeiden mukaan. Yrittäjille on lisätty tarvittaessa palkkakuluja tehtyjen työtuntien mukaisesti. Palkkakuluja lisättiin keskimäärin 18,2 % liikevaihdosta. Tässä tutkimuksessa palkkakorjauksena käytettiin 70,33 markan tuntipalkkakorjausta. Peruspalkkana käytettiin 48,71 markan tuntipalkkaa, johon lisättiin 5 %:n ns. nosturilisä. Tämän lisäksi henkilösivukuluja lisättiin 37,5 % olettaen, että yrittäjäeläkemaksut on maksettu.

Yritystutkimusneuvottelukunnan uusimpien ohjeiden (Yritystutkimuksen tilinpäätösanalyysi 1995) mukaan suunnitelman mukaisiin poistoihin on siirryttävä 31.12. 1995 tehtävässä tai välittömästi sitä edeltävässä tilinpäätöksessä. Jos yritys ei vielä vuoden 1994 tilinpäätöksessään ole soveltanut suunnitelman mukaisia pois- toja, käytetään siirtymäkaudella analyysin tavoitepoistoina

EVL:n maksimipoistoja. Koska tämä tutkimus kohdistuu vuosiin 1992—1995, käytetään poistojen oikaisussa EVL:n sallimia maksimipoistoja. Tämä mahdollistaa myös vertailun aikaisempaan aineistoon, jota on kerätty vuodesta 1984 lähtien.

2.2 Haastatteluista poisjääneet yritykset

Haastatteleematta jäi eri syistä 13 yritystä (33 %). Poisjääneiden määrä on suurempi kuin aikaisemmissa yrittäjätutkimuksissa. Syynä voi olla se, että yrittäjiä vaivataan entistä enemmän eri tutkimuslaitosten tekemillä tutkimuksilla, mutta syynä voi olla myös epävarmuuden lisääntyminen yrittämisessä, jolloin yrittäjät kokevat olevansa entistä enemmän yksin eikä yrittäjäjärjestöjen tai edes puolueettomien tutkimusten avulla uskota entiseen tapaan pystyttävän asioiden parantamiseen. Tämä näkyy mm. siten, että tutkimukseen suhtaudutaan aikaisempaa epäilevämmiin ja ajatellaan, että tutkimuksesta ei ole kuitenkaan mitään hyötyä yrittäjille. Yhdeksän yrittäjää 13:sta suhtautui epäilevästi tutkimukseen ja se oli syynä kieltäytymiseen. Yhdellä näistä yhdeksästä asiakas oli sanonut sopimuksen irti eli yrityksen toiminta oli loppunut ainakin toistaiseksi eikä yrittäjä uskonut tutkimuksesta olevan mitään apua hänen tapauksessaan ja kieltäytyi siksi haastattelusta. Kolme yrittäjää kieltäytyi ilmoittamatta mitään syytä ja yksi jäi pois kielivaikeuksien vuoksi ja yksi yrittäjä kyllä suostui haastatteluun mutta ei antanut tilinpäätöstietoja, joten tämä yritys jätettiin pois aineistosta. Jos tutkimuksessa ei olisi kysytty tilinpäätöstietoja, paljon useammat yrittäjät olisivat suostuneet haastateltaviksi.

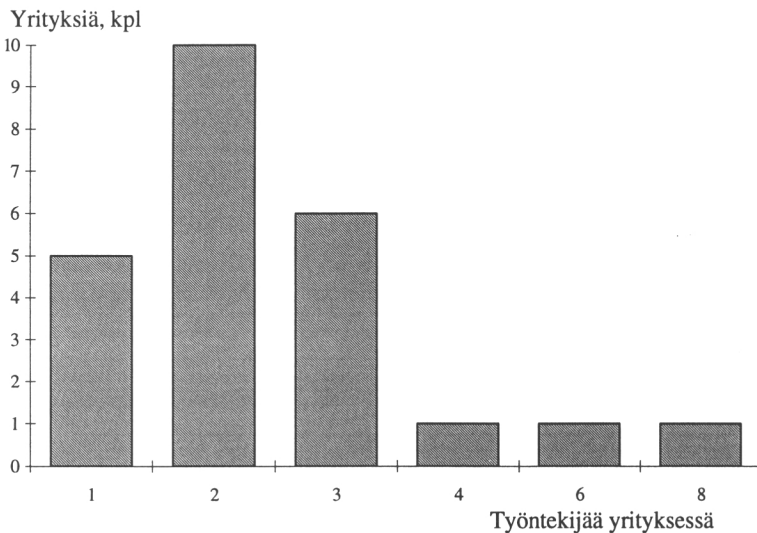
3 Tulokset

3.1 Yrittäjät ja yritykset

Kaikki yrittäjät olivat miehiä ja heidän keski-ikänsä oli 49 vuotta. Monessa tapauksessa yritys oli isän nimissä, vaikka poika tai pojat hoitivat käytännössä kaikki toiminnot ja vastasivat yrityksestä. Jos tämä otettaisiin huomioon, yrittäjien keski-ikä laskisi jonkin verran. Yrittäjä-ikä oli keskimäärin 21 vuotta. Vanhin yrittäjä oli toiminut jo vuodesta 1950 lähtien ja nuorin vasta vuoden. Joitakin yrityksiä pyöritti jo kolmas sukupolvi, ja keskimäärin oli menossa 1,8 sukupolvi, eli toisin sanoen useimmissa yrityksissä oli toinen sukupolvi hoitamassa yritystä.

Yritysmuodot olivat seuraavia:

Yritysmuoto	Osuus, %
Ammattinharjoittaja	25
Avoin yhtiö	12
Kommandiittiyhtiö	46
Osakeyhtiö	17



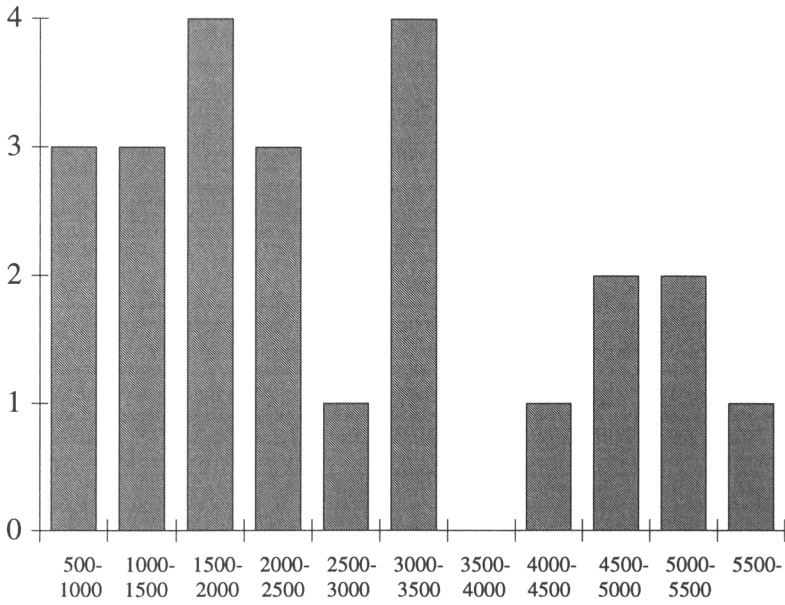
Kuva 1. Työntekijöiden määrä yrityksissä.

Kommandiittiyhtiöitä oli siis lähes puolet yrityksistä, mutta toisaalta ammatinharjoittajien osuuskin oli neljännes. Yrityksissä oli keskimäärin 2,5 työntekijää. Enimmillään oli kahdeksan työntekijää ja pienimmissä yrityksissä työskenteli vain yrittäjä itse. Vuonna 1995 yrityksissä oli keskimäärin 1,5 kuukautta palkattu tilapäisiä työntekijöitä. Kuvassa 1 näkyy työntekijöiden määrän jakautuminen.

Yrittäjiä yrityksissä oli yhdestä kahteen, keskimäärin 1,2. Yrittäjä teki keskimäärin 2804 tuntia töitä vuodessa, jolloin jokaista 52 viikkoa kohti tulee 53,9 työtuntia ja viiden päivän työviikon jokaista päivää kohti 10,8 tuntia. Jos työaika lasketaan jokaiselle vuoden päivälle, tulee päivittäiseksi työajaksi 7,7 tuntia. Jos taas pidetään kuukauden loma ja tehdään viisipäiväistä työviikkoa, työpäivän pituudeksi tulee 11,7 tuntia. Vuotuisen työtuntimäärän vaihtelu oli yrittäjien välillä erittäin suurta. Pienimmillään tuntimäärä oli 520 tuntia, josta saadaan päivittäiseksi työajaksi 2,2 tuntia, mikäli pidetään neljän viikon kesäloma ja tehdään viisipäiväistä työviikkoa. Suurimmillaan tuntimäärä oli 6580 tuntia, lähes uskomaton määrä. Siitä saadaan jokaista vuoden päivää kohti 18 tuntia. Oheisessa kuvassa näkyy jakauma tehdyistä työtunneista. Tehdyn työmäärän suhteen yrittäjäjoukko jakaantui melko selkeästi kahteen ryhmään. Suurempi ryhmä teki noin 2000 tuntia työtä vuodessa, ja sillä oli yleensä palkattuja kuljettajia, ja toinen ryhmä teki noin 5000 tuntia. Myös näissä yrityksissä oli palkattuja kuljettajia. Viiden tuhannen tunnin (keskiarvo=5215) vuotuisella työmäärällä työpäivän pituudeksi tulee 18 tuntia, jos pidetään neljän viikon kesäloma ja tehdään kuuden päivän työviikkoa.

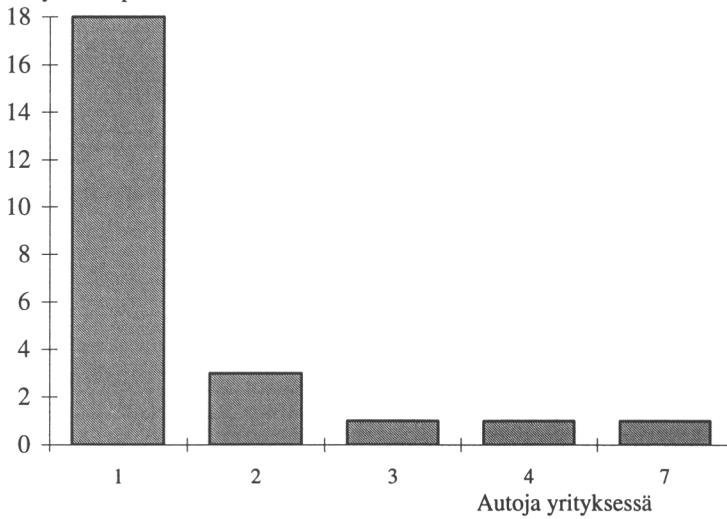
Autoja yrityksissä oli keskimäärin 1,6 kappaletta vaihdellen yhdestä seitsemään autoon. Kuvasta 3 näkyy, että yhden auton yritykset olivat tavallisimpia ja niissä oli kahdesta kolmeen työntekijää.

Yrittäjiä, kpl



Kuva 2. Vuotuisten työtuntien jakauma.

Yrityksiä, kpl



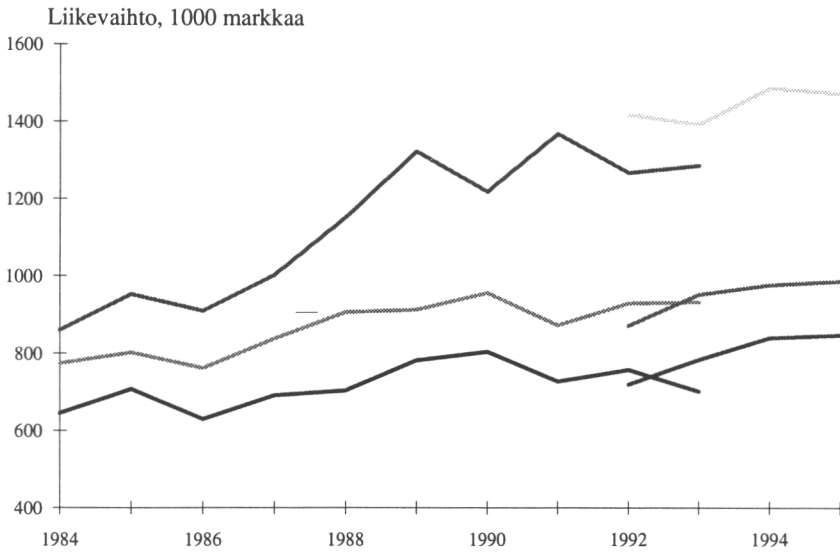
Kuva 3. Autojen määrä yrityksessä.

Autojen vuosimallin keskiarvo oli 1992 eli ne olivat kolme ja puoli vuotta vanhoja: vanhin auto oli vuodelta 1988 ja nuorin vuodelta 1996. Autoilla ajettiin vuonna 1995 keskimäärin 3625 tuntia ja puuta kuljetettiin 31 629 m³. Yrityskohtainen kuljetettu puumäärä oli keskimäärin 45 925 m³. Keskiajomatka oli 89 kilometriä. Sopimusta tulevalle vuodelle ei ollut haastatteluhetkellä 17 % yrittäjistä.

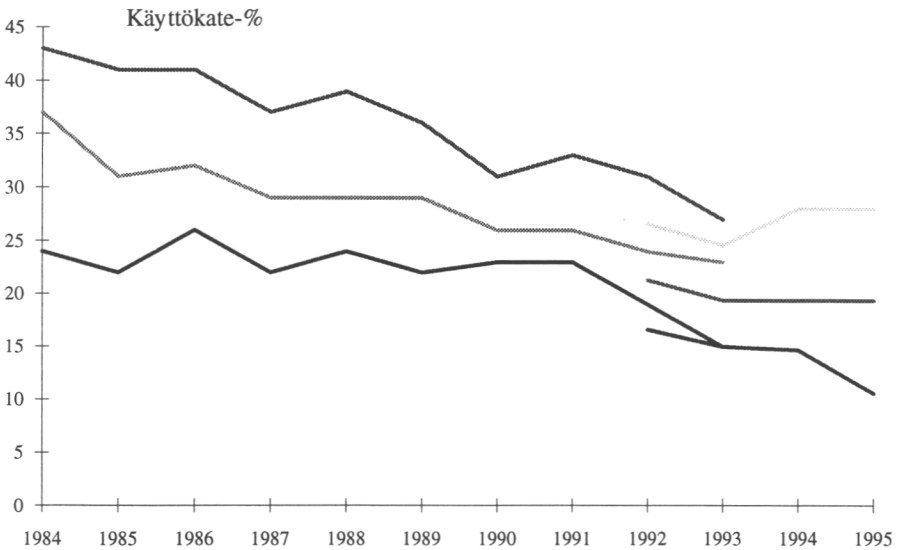
3.2 Kuljetusyrietysten kannattavuus

Toimialan liikevaihto on kasvanut varsin maltillisesti aina vuodesta 1984 lähtien. Silloin mediaaniliikevaihto oli 774 000 markkaa ja vuonna 1995 se oli 990 000 markkaa. Toimialan yritykset ovat pysyneet yhden kahden auton yrityksinä. Ainoastaan yläkvarttiili on lievästi kasvanut autojen määrän ja käytön hieman lisääntyttyä. Kuvasta 4 näkyy toimialan liikevaihdon kehitys aina vuodesta 1984 lähtien vuoteen 1995 saakka. Vuodesta 1992 alkavat käyrät ovat uusimman tutkimuksen tuloksia. Mediaani jakaa aineiston kahteen yhtä suureen osaan. Toisin sanoen mediaaniviivan yläpuolella on puolet ja alapuolella puolet yrityksistä. Yläkvarttiilin yläpuolella on taas 25 % ja alakvarttiilin alapuolella 25 % yrityksistä.

Käyttökateen kehitys näkyy kuvasta 5. Suunta on ollut alaspäin aina vuodesta 1984 lähtien. Vuonna 1984 mediaaniarvo oli 37 % ja vuonna 1995 enää vain 19 %. Käyttökate on pudonnut puoleen vuoden 1984 tasosta. Tämä merkitsee sitä, että polttoainekulujen, huolto- ja korjauskulujen, rengaskulujen ja henkilöstökulujen suhteellinen osuus liikevaihdosta on kasvanut. Näiden kulujen nousu ja hintakilpailu ovat pudottaneet käyttökateen nykyiselle tasolle vaikka tuottavuus on noussut. Näistä kuluista ainoastaan henkilöstökuluissa on jouston varaa.



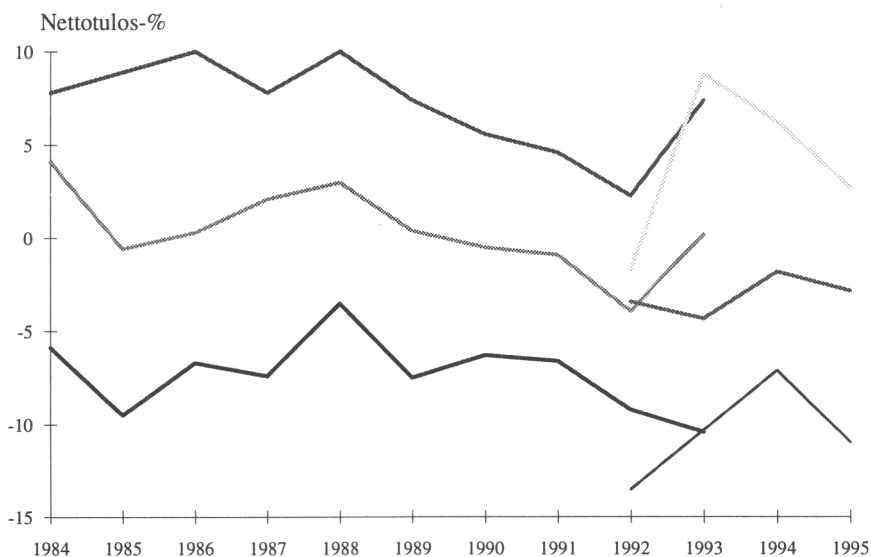
Kuva 4. Toimialan liikevaihdon kehitys vuosina 1984—1995. Vuodesta 1992 alkavat käyrät ovat uusimman tutkimuksen tuloksia. Ylin käyrä on yläkvartiili, keskimäinen on mediaani ja alin käyrä on alakvarttiili. Sama esitystapa on myös kuvissa 5, 6 ja 7.



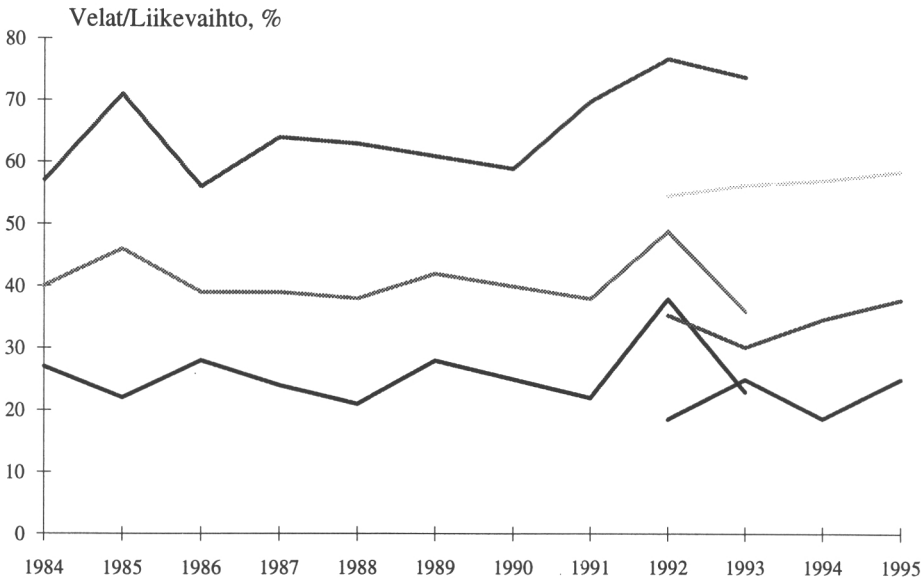
Kuva 5. Toimialan käyttökateen kehitys vuosina 1984—1995.

Nettotulosprosentti kuvaa sitä, paljonko yrittäjälle jää lopulta toiminnasta tulosta. Kuvasta 6 on nähtävissä nettotulosprosentin kehitys vuodesta 1984 lähtien. Myös nettotuloksen kehityksessä on havaittavissa alaspäin menevä trendi, tosin hieman lievempänä kuin käyttökatteen kohdalla. Nettotuloksen hieman lievempi lasku merkitsee, että pääomakulujen suhteellinen osuus liikevaihdosta on pienentynyt, vaikka kalusto ei ole vanhempaa kuin edellisen tutkimuksen (Mäkinen 1993) aikana. Osin tätä selittää korkokulujen osuuden pienentyminen vuoden 1992 jälkeen.

Jos halutaan verrata yrittäjän tekemän työn ja yrityksen nettotuloksen välistä suhdetta, sitä voidaan tarkastella esimerkiksi kuvan 2 avulla. Laskettaessa neljän vuoden nettotulosten keskiarvot yrittäjille, jotka ovat tehneet alle 3500 tuntia työtä vuodessa, saadaan nettotulokseksi -5,8 %. Vastaava luku yli 4000 tuntia työtä tehneiden yrittäjien yrityksille oli -3,0 %. Tästä voitaneen päätellä, että erittäin paljon työtä tekemällä saadaan keskimäärin parempi tulos kuin kohtuullisesti työskentelemällä. Kuitenkaan 18 tunnin työpäiväkään ei takaa positiivista nettotulosta. Aineiston parhaat yksittäiset yritykset ovat ryhmässä, jossa yrittäjä teki alle 3500 tuntia työtä.



Kuva 6. Toimialan nettotuloksen kehitys vuosina 1984—1995.



Kuva 7. Toimialan yritysten velat suhteessa liikevaihtoon vuosina 1984—1995.

3.3 Kuljetusyritysten vakavaraisuus

Kuvasta 7 näkyy tutkittujen yritysten velkojen määrä suhteessa liikevaihtoon. Tässä kehityksessä ei ole tapahtunut mitään merkittäviä muutoksia vuosien 1984 ja 1995 välisenä aikana. Vuonna 1984 mediaaniarvo oli 40 % ja vuonna 1995 se oli 38 %.

4 Tulosten tarkastelu

Edellisen tutkimuksen (Mäkinen 1993) aineisto kerättiin vuonna 1991. Sen mukaan vuonna 1989 ammatinharjoittajien osuus yrittäjäkunnasta oli 59 % ja tässä tutkimuksessa enää 25 %. Tästä voitaneen päätellä, että toiminnan luonne on muuttunut enemmän yritystoiminnan kaltaiseksi. Vuoden 1991 otokseen ei sattunut yhtään osakeyhtiötä, kun taas tässä aineistossa niitä oli 17 % yrityksistä. Myös tämä kertoo toiminnan muuttumisesta enemmän yritystoiminnaksi mm. siitä syystä, että vain

osakeyhtiössä on periaatteessa mahdollista pitää erillään yrittäjän henkilökohtainen omaisuus ja yrityksen lainojen takaukset. Poikkeuksen muodostaa autokaupan tarjoama rahoitus, jolloin kalusto riittää yleensä vakuudeksi.

Yrittäjän tekemän työn määrä on kasvanut keskimäärin yli 600 tuntia vuodessa. Vuonna 1989 yrittäjät tekivät keskimäärin 2146 tuntia vuodessa, ja vuonna 1995 he tekivät 2804 tuntia. Vuodelle 1989 työpäivän keskipituudeksi saatiin 9,6 tuntia ja samalla työpäivien määrällä vuonna 1995 työpäivän pituudeksi tulee 12,5 tuntia. Samalla kun yritysten kannattavuus on heikentynyt, yrittäjien tekemän työn määrä on lisääntynyt. Verrattaessa nettotulosta ja yrittäjien tekemän työn määrää, havaittiin, että yli 4000 tuntia työtä tekevien yrittäjien yritysten nettotulos oli noin 3 % parempi kuin alle 3500 tuntia työtä tekevien yrittäjien yritysten nettotulos. Kuitenkin molempien ryhmien neljän vuoden nettotuloksen keskiarvo oli negatiivinen ja paremmassa ryhmässä -3 %. Kuitenkin parhaat yksittäiset yritykset olivat ryhmässä, jossa tehdyn työn määrä oli alle 3500 tuntia. Siksi hyvän tuloksen saamiseksi yritykselle työmäärän ja kapasiteetin käytön kasvattaminen ei ole paras ratkaisu, jos kapasiteetilla on kuitenkin jo kohtuullinen käyttöaste.

Alan kannattavuus noin kymmenen vuoden aikana ei ole ollut niin huono, että se olisi vaikuttanut yritysten vakavaraisuuteen. Yritysten ei ole siis tarvinnut velkaantua pystyäkseen toimimaan. Toisaalta yritysten vakavaisuus ei ole myöskään kohentunut, joten yrityksiin ei ole muodostunut lisäarvoa vaan on toimittu juuri sillä tasolla, jolla turvataan yritysten toiminta niiden arvon kasvamatta. Alan kannattavuuden heikennyttä jatkuvasti, on mahdollista, että yrittäjien henkilökohtainen varallisuustaso on laskenut.

Kirjallisuus

- Mäkinen, P. 1993. Puutavaran kuljetusyritysten menestymisen strategiat. Acta Forestalia Fennica 238. 83 s.
- Mäkinen, P. 1995. Lähes joka viides puutavaran kuljetusyrittäjä on poistunut alalta! Kuljetusyrittäjä 2:17—19.
- Yritystutkimuksen tilinpäätösanalyysi. 1995. Yritystutkimusneuvottelukunta. Gaudeamus. 94 s.

Metsäkoneyrittäjät taloudellisessa murroksessa

Kaija Kanninen

1 Metsätalouden muutokset

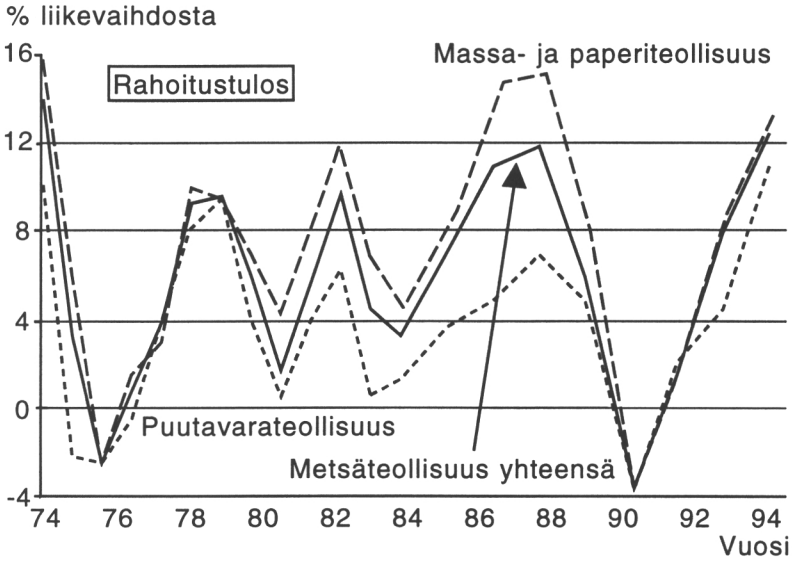
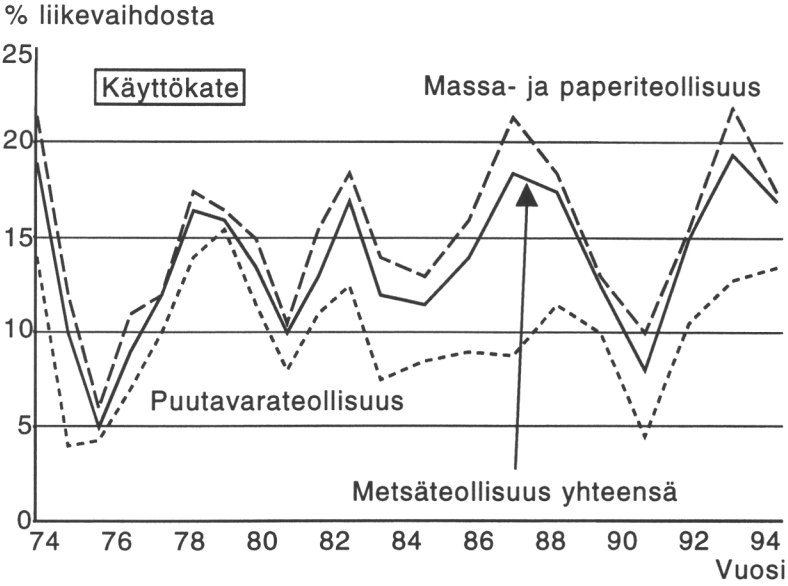
Suomen metsätaloudessa on tapahtunut 1990-luvulla merkittäviä muutoksia. Hakkuun koneellistumisaste on noussut jo yli 80%:n, metsäteollisuusyhtiöissä on tapahtunut useita fuusioita, yksityismetsistä korvattavat puumäärät ovat vaihdelleet vuosittain huomattavasti, puun kulku kannolta tehtaalle on nopeutunut, kilpailulainsäädännössä ja sopimuspolitiikassa on tapahtunut muutoksia, mittausvaatimukset ovat tulleet entistä tarkemmiksi ja työnjohtotehtäviä on siirretty koneyrittäjille.

Metsäteollisuuden kannalta nämä uudistukset ovat olleet perusteltuja ja vaikutuksiltaan myönteisiä. Sitä osoittavat selkeästi viime vuosien voitolliset tuloksetkin (kuvat 1 ja 2).

2 Muutokset metsäkoneyrittäjien työssä ja yrityksissä

Nopealla aikavälillä tapahtuneilla muutoksilla on ollut voimakas vaikutus koneyrittäjien työhön ja elämään. He ovat joutuneet yhä enemmän tilanteeseen, jossa vaihtoehtona on ollut joko yritystoiminnasta luopuminen tai uusiin vaatimuksiin vastaaminen.

Alalle jääminen on edellyttänyt uusia miljoonainvestointeja ja entistä vaativampaa, laaja-alaista erityistaitojen hallintaa; teknistä tietämystä tietokonepohjaisten mittauslaitteiden toiminnasta, liiketaloudellista



Kuvat 1 ja 2. Metsäteollisuuden kannattavuus vuosina 1974—1994 (Lähde: Tilastokeskus).

tietämystä sopimusneuvotteluissa ja investointipäätöksissä, metsänhoidollista asiantuntemusta puiden valinnasta ja leimikon suunnittelusta, ekologista näkemystä luonnon monimuotoisuuden huomioon ottamisessa ja ihmistuntemusta henkilövalinnoissa ja sopimusneuvotteluissa. Kovia vaatimuksia kenelle tahansa metsäammattilaiselle. Erittäin kovina ne ovat kohdistuneet koneyrittäjin, joiden ammatillinen osaaminen on ennen yrittäjäksi ryhtymistä perustunut lähinnä metsurina ja konekuljettajana hankittuun kokemukseen.

Uudistuspaine ja uudistusten vaikutukset näkyvät monin tavoin sekä metsäkoneyritysten toiminnassa että yrittäjien elämässä. Muuttuneessa tilanteessa Koneyrittäjien liiton jäsenmäärä on vähentynyt noin 450:llä. Osa yrittäjistä on kokenut hakkuun koneellistumisen edellyttämät miljoonainvestoinnit liian suuriksi riskeiksi epävarmassa tilanteessa. Osalla luopumisen syynä on ollut ikä ja terveydelliset perusteet. Luopumiseen on vaikuttanut myös kova kilpailu, metsäyhtiöiden fuusiot ja puukauppojen vaihtelut.

Alalle jääneiden on ollut vastattava metsätalouden murroksessa esiin tulleisiin haasteisiin. Muutokset näkyvät sekä metsäkoneyrittäjien työssä että yritysten toiminnassa. Taulukoissa 1 ja 2 esitetyt lukuarvot antavat kuvan muutoksien laaja-alaisuudesta. Ne eivät kuitenkaan kerro millaiset asiat ovat lukuarvojen takana. Ne tulevat esille metsäkoneyrittäjien henkilökohtaisista haastatteluista.

Lähes kaikkien yrittäjien mielestä tehtävien vaatimustaso on lisääntynyt. Näin sitä kuvaa yleisellä tasolla pari yrittäjää.

"Ajatellaan se viijen vuoden periaate. Se on se laatu, se on käynyt nyt hirvittävän kovana ainakin tällä alueella, ja sitten on vastuuta. Siinä on menty siihen kokonaisuurakointiin, että vastataan kokonaan siitä puun toimituksesta tien varteen. Periaatteessa työnjohtotehtävät on melkein siirtynyt yritykseen. Se on se tehtävä periaatteessa muuttunu siihen, että viijään valmis mittalista työnjohtajalle ja sieltä saa vain kartan kätteensä."

Taulukko 1. Vuosien 1989—1994 aikana tapahtuneet oleelliset muutokset metsäkoneyrittäjien työssä

	Yrittäjien osuus, %
Tehtävän vaatimustaso	96
Ympäristötekijöiden huomioon ottaminen	96
Urakointisopimusehdot	92
Ristiriitaiset vaatimukset	89
Vastuun muutos	85
Oma työpäivä pidentynyt	78
Leimikon suunnittelu	65
Taloussuunnittelu	58
Työntekijöiden lomauttaminen	58
Laskentatoimen muutokset	54
Työttömyys/työttömyysuhka	42
Alaisten työpäivä pidentynyt	37
Työntekijöiden irtisanominen	19
Alaisten työpäivä lyhentynyt	18
Muu muutos	12
Oma työpäivä lyhentynyt	11
Työntekijöiden irtisanomisuhka	8

Taulukko 2. Metsäkoneyrityksissä vuosien 1992—1994 aikana tapahtuneet merkittävät muutokset.

Muutos	Yrittäjien osuus, %
Kilpailuasetelman koveneminen	82
Työajan piteneminen	78
Henkilöstölisäykset	74
Liikevaihdon kasvu	67
Urakanantajan vaihtuminen	37
Konekannan kasvu	63
Liikevaihdon supistuminen	33
Omistajapohjan muutos	30
Työajan väheneminen	22
Pankkisuhteiden vaikeutuminen	19
Konekannan supistus	11
Henkilöstövähennykset	11
Yhteistyösopimukset autoyrittäjien kanssa	11
Tehtäväkentän laajeneminen	10
Muu merkittävä muutos	30

"Siinähan on monenlaista muutosta tullut tässä tehtävä-systeemissä. Siinä on ensinnäkin niin monta kattojaa ja ottajaa, että siellä pitää ruveta olemaan kohta sukka-sillaan... laatu pittää olla, jälki pittää olla ja monta muuta ja vihreät käyvät vielä tämän tästä kettingillä kiinni."

Erityisesti automaattisten mittalaitteiden käyttöönotto ja niiden kehittely samoin kuin jatkuva apteerausvaatimusten muuttuminen ovat olleet yrittäjien harmina. Joka kolmas yrittäjä kokee joutuneensa mittalaitteiden kehitystyön maksajaksi, sillä varsinkin alkuaikoina ne olivat jatkuvasti rikki ja koneet joutuivat odottamaan.

"Kyllähän se vaatii melkoista ammattitaitoa semmoselta, joka pystyy sen pitämään kohallaan. No kyllä se lissää sitä työtä, niitten täytyy olla 100 %:ssa kunnossa, ennen kun niillä pystytään yleensä tekemään sitä työtä. Kyllä siihen on rästitunteja tehty. Nyt vois sanoo, että pari vuotta se on ollut kohtuudella, mutta ne edelliset 2—3 vuotta, kyllä sitä satoja tunteja tehtiin sitä työtä"

"No alkuunhan se oli aika yksinkertaista näissä ensimmäisissä motoissa, mutta sitten kun tää tietokonepohjaisuus alkoi tulla. Meille on tullut -85 ensimmäinen kone, missä on ollut nämä uudet systeemit. Ne oli ensimmäisiä, niin niistähän ei ollut tietoo sillon. Minkään näköstä prosyyriä ei ollu. Se oli haettava itte ja sit soitettava Helsinkiin autopuhelimella. Jos sieltä satuit jonkun ukon saamaan, se eppäili, että mahtasko, kun sitä lukua siirtää niin mahtaskohan se siihen.... No sehän oli semmonen haaste. Sillon kun toisilla ei ollut semmosii ja olttiin toisaalta niinkuin ensimmäisiä."

Monet muutkin aluksi vaikeuksia tuottaneet uudet tehtävät ovat opettelemisen jälkeen osoittautuneet mielenkiintoisiksi ja työtä rikastuttaviksi haasteiksi. Näin esimerkiksi ajourien suunnittelu ja luonnon monimuotoisuuden huomioon ottaminen.

Samanaikaisesti henkisesti tiukkoja paikkoja on koneyrittäjillä ollut muissakin asioissa. He ja samoin kuin heidän kuljettajansa ovat kokeneet joutuneensa puun ja kuoren väliin monissa urakanantajan ja metsänomistajan välisissä näkemyseroissa. Lähes 90 % yrittäjistä on kokenut työssään ristiriitaisia vaatimuksia.

Viime vuosina on ollut myös voimakkaita kiistoja metsänomistajien ja luonnonsuojelijoiden välillä vanhojen metsien suojelusta. Kun asioita ei ole pystytty ratkaisemaan valtiovallan taholta, metsäkoneyrittäjät ovat joutuneet tässäkin asiassa eräänlaiseksi "välikapulaksi" niinkuin eräs yrittäjä asian ilmaisi. Kun aktivistit kiinnittävät itsensä kettingeillä hakkuukoneeseen tai kiipeävät kaadettaviin puihin, luontoon ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen myönteisesti suhtautuva yrittäjä saattaa välikapulaksi joutuessaan "menettää hermonsansa".

Vielä voimakkaammin yrittäjät kokevat olevansa puun ja kuoren välissä sopimusneuvotteluissa. Yrittäjien mukaan kysymys ei ole enää neuvottelusta vaan sanelusta. Tätä mieltä oli 80 % Metsäntutkimuslaitoksen tutkimukseen osallistuneista yrittäjistä vuonna 1994. Tuntemukset ovat samoja, olipa yrityksen vakavaraisuus erinomainen tai heikko tai olipa liikevaihto satoja tuhansia tai useita miljoonia.

Tässä muutamia esimerkkejä parin vuoden takaisesta tilanteesta, jolloin pahimmat epäkohdat olivat jo poistuneet kohtuuttomia sopimusehtoja koskevan lain myötä.

"Se on epämiellyttävämpiä tehtäviä tänä päivänä. Siinä ei oo niin kun tasavertaset ne neuvottelijat. Meillä ei sallita täällä metsäpuolella, meille ei sallita niinku asiantuntija-apua. Ei se ole jyrkästi kielletty, mutta varmasti jos minä vien jonkun asiantuntijan neuvottelemaan kaveriks tuonne, niin ei tule, se loppuu se neuvottelu siihen. On siinä virmasta kaks vähintään, yleensä 2—3..... Meillekin monesti, niin myö kun veljen kanssa, niin se on hyvä, jos meitä kaks sallitaan. Se on kyllä tosiasia. Se on minusta törkeintä, mitä tässä maassa voijaan tehdä niinkuin neuvotteluissa. Tässä aiemmin, tässä kun oli näitä meillä niinkun oli liittollakin kenttämiehet täällä, niin ne sano jyrkästi, että jos se astuu kynnyksen yli, niin suat lähtee niine sopimuksines. Se on semmonen yrityskulttuuri tässä. Mehän jo vitsailtiin, että jos myö tuuvaan tuomari tänne kaveriks näitä sopimusehtoja, niin sanovatte, että jos tuotte kynnyksen yli, niin saatte lähtee saman tien. Niin kauvan siellä ei muutosta tule, ennekun voijaan poliittisesti se asia muuttaa."

"Ennenhän siellä ruukas olla siellä sopimuksissa se takaisinmaksupykälä, mutta ei oo niitä semmosia enää olemassakaan. Tavallaanhan minä oon aina sanonut, kun on neuvoteltu ja muuta, että ei oo tällöillä papereilla siinä mielessä mitään virkaa, että kun teillä ei oo mitään vastuuta, vaikka huomenna loppuis työt, niin kaikki vastuuhan on mulla. Mulla on siitä vastuu, että sen työn pitäis varmasti onnistua ja siitä vastuu, että mä joudun näitten koneiden kanssa pärjäämään, vaikka teillä ei ois yhtään antaa töitä.... Onhan tässä semmonenkin, jos sanotaan, että kaverilla on 2 miljoonaa velkaa ja talot ja kaikki on pantu kiinni siihen ja virman mies tinkaa 2—3 markkaa siitä taksasta.

"Sikäli on muuttunut, että enää ei ole niitä valtakunnallisia taksoja. Kyllä meijä ite pitää pystyä ne asiat laskemaan, kyllä tämä nyt on terveemmällä pohjalla. Niin minä ainakin näen. Nyt tässä ei haihattelijat menesty missään vaiheessa. Siinä mielessä tämä on negatiivinen, että on tää sanelupolitiikka. Se ei oo aito neuvottelutilanne ollenkaan. No ne sanolee, et täs on hinnat. Eihän siinä on mistään muuta kysymys. Vaikka me esitetään toinen paperi, mikä perustuu laskelmiin, niin siellä on vaan metsänhoitajat, jotka sanoo, että tälle pitää tulla. Se sotii niinkuun mun päätä vastaan.

"Ehkä se on tänä päivänä nuo kielteisimmät kokemukset siinä mielessä, ne on minusta tuon ison työnantajan määrävän markkina-aseman hyväksikäyttö. Sieltä on kadonnut arvot. Minäkin oon 20 vuotta ollut yrittäjä, niin niillä ei oo enää mitään merkitystä. Ne on niinkuin poispöyhkäisty. Siellä on vaan markka. Se on niin kova konsepti, että se sanelee kaikki. Se on miusta kielteinen asia."

Hyvien sopimusten tekeminen on yrittäjille taidon mittari ja yrityksen elinkelpoisuuden ehto. Tehtävän haasteellisuus on kuitenkin jäänyt epäoikeudenmukaisena koetun neuvottelutilanteen varjoon. Yksikkötaksat ovat pudonneet 1990-luvulla huomattavasti ja kun samaan aikaan puunkulku kannolta tehtaalte on muuttunut niin "kuumaksi, että perjantai-iltana tulee määräys maanantai-aamuna tienvarressa valmiina oltavasta puumäärästä, yrittäjälle ei enää jää paljon tilaa omalle suunnittelulle.

Yrittäjät ovat menettäneet vapautensa ja itsemääräytyvyytensä. Ne arvot, joiden saavuttaminen on ollut monille yrittäjäksi ryhtymisen syy. Arvot, jotka ovat toimineet kannustimena silloinkin, kun elämä on näyttänyt nurjan puolensa.

3 Muutokset yrittäjien terveydessä

Pitkään jatkuneilla voimakkailla muutoksilla ja henkisen vapauden menettämällä on ollut kielteinen vaikutus yrittäjien terveyteen. Terveyden heikkeneminen näkyy erityisesti psyykkisellä puolella (taulukko 3). Erilaiset stressi-

Taulukko 3. Psyykkisten oireiden esiintyminen metsäkoneyrittäjillä vuosina 1986 ja 1994.

	Oireen esiintyminen, %			
	1986		1994	
	usein	joskus	usein	joskus
Ärtisyyttä	2	60	4	78
Hermostuneisuutta	2	18	7	70
Jännittyneisyyttä	7	38	7	63
Masentuneisuutta	3	27	0	63
Väsymystä	4	27	19	56
Vatsakipu	8	30	15	41
Toivottomuuden tunnetta	1	11	0	41
Päänsärkyä	15	46	15	33
Epäsäännöllistä sydämen toimintaa	4	26	0	33
Nukahtamisvaikeuksia	4	26	11	30
Unettomuutta	4	34	11	22
Pahoinvointia ja oksentelua	3	19	0	19
Sukupuolista haluttomuutta	4	18	0	19
Heräämistä öisin	..	..	22	56
Haluttomuutta tai tarmottomuutta	..	..	0	52
Ahdistuneisuutta	..	..	4	33
Muistihäiriöitä	..	..	7	33
Kipuja rinnassa	..	..	7	30
Hengitysvaikeuksia tai ahdistuksen tunnetta rinnassa	..	..	0	30
Tuskaisuutta	..	..	7	30
Painajaisunia	..	..	4	22
Huimausta	..	..	11	19
Käsien vapinaa	..	..	7	7

oireet kuten ärtyneisyys, hermostuneisuus, jännittäminen, masentuneisuus ja väsymys ovat lisääntyneet huomattavasti. Lähes joka toisella on ollut jo toivottomuuden tunteita. Pitkään jatkunut stressi näkyy paitsi hiestä märkänä heräämisinä myös fyysisinä oireina; lihaskouristuksina, erilaisina ihottumina ja kuumeiluna ilman fyysistä syytä. Monet yrittäjät ovat kestävämmässä tilanteessa.

4 Metsäkoneyrittäjien ja metsäteollisuuden puunkorjuun tulevaisuus

Metsäyhtiöiden korkeissa tulostavoitteissa ja yrityskulttuurin muutoksissa metsäkoneyrittäjien elinvoimaisuus on unohtunut. Yrittäjät ja heidän työnsä ovat muuttuneet pelkiksi numeroiksi ja markoiksi. Huipputekniikalla toimivien koneiden takana on kuitenkin aina elävä ihminen. Kun se unohtuu joudutaan vääjäämättä vääriille urille.

Me elämme nykyaikaisessa yhteiskunnassa, jossa puun hankinnan tehokkuutta ei enää voida tarkastella yksinomaan korkeana tuottavuutena ja edullisena kustannustasona. Ne eivät toimi kokonaisuudesta irrotettuina osasina. Tehokkuutta ja kokonaiskustannuksia arvioitaessa on otettava huomioon myös työntekijöiden terveys ja työssäviihtyvyys, aivan samoin kuin tuotteiden laatu ja jäljelle jäävän luonnon terveydentilakin.

Metsäkoneyrittäjät ovat suomalaisen metsäteollisuuden kivijalka. Heidän vastuulleen on uskottu metsiemme käsittely ja heidän varaansa on rakennettu metsäteollisuutemme puuhuolto. Metsäkoneyrittäjien elinvoimaisuudesta riippuu nykyaikaisen metsätaloutemme toimivuus.

Tähän on tultu, mutta miten päästään eteenpäin? Kuka kantaa vastuun siitä, että Suomessa toteutuu julklausumissa luvattu sosiaalisesti ja ekologisesti kestävä metsätalous?

Kirjallisuus

- Hakkila, P., Kanninen, K. & Mäkinen, P. 1989. Metsäkoneurakoitsija. Gummerus. 93 s.
- Juntunen, M.-L. & Suomäki, H.-L. 1993. Ikääntyvät metsäkoneyrittäjät ja hakkuun koneellistuminen. Summary: Aging forest machine contractors and the mechanization of wood harvesting. Folia Forestalia 808. 22 s.
- Kanninen, K. 1996. Metsäkoneyrittäjän muotokuva. Julkaisussa: Väätäjä, M. (toim.). Puoli vuosisataa koneellista puunkorjuuta. Gummerus. 191 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja - Skogstatistisk årsbok - Statistical Yearbook of Forestry 1995. 1995. Martti Aarre (toim.). 354 s.



Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 635

ISBN 951-40-1560-6
ISBN 0358-4283

Kansikuva:
Pentti Hakila