

# Puunkorjuun kehittämismahdollisuudet Chilen radiatamäntyviljelmillä



Olli Eeronheimo ja Pekka Mäkinen



# Puunkorjuun kehittämismahdollisuudet Chilen radiatamäntyviljelmillä

---

*Olli Eeronheimo ja Pekka Mäkinen*

Metsäntutkimuslaitos  
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 541  
Helsinki 1995

Eeronheimo, O. & Mäkinen, P. 1995. Puunkorjuun kehittämismahdollisuudet Chilen radiatamäntyviljelmillä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 541. 62 s. ISBN 951-40-1413-8. ISSN 0358-4283.

Julkaisussa esitellään Chilen metsätaloutta ja puunkorjuuta radiatamäntyviljelmiltä. Kirjallisuuden, tutustumiskäyntien ja työntutkimusten pohjalta arvioidaan puunkorjuun kehittämistarpeita. Erityisesti tarkastellaan puunkorjuun koneellistamismahdollisuuksia hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden avulla.

Avainsanat: Chile, viljelymetsät, puunkorjuu, tavaralajimenetelmä, hakkuukone, kuormatraktori, *Pinus radiata*

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos. Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Jari Parviainen 1.2.1995

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, PL 18, FIN-01301 Vantaa. Puhelin +358-0-857 051. Fax +358-0-85 705 361. Email Olli.Eeronheimo@metla.fi, Pekka.Makinen@metla.fi.

Jakelu: Metsäntutkimuslaitos, PL 18, FIN-01301 Vantaa. Puhelin +358-0-857 051. Fax +358-0-85 705 361.

ISBN 951-40-1413-8  
ISSN 0358-4283

Paintek Pihlajamäki Oy 1995

# Sisälllys

---

1. JOHDANTO .....	5
2. CHILEN KANSANTALOUS JA METSÄSEKTORI .....	7
2.1 Kansantalous .....	7
2.2 Metsävarat .....	7
2.3 Puun käyttö .....	9
2.4 Metsäteollisuuden vienti .....	11
3. PUUNKORJUULOLOSUHTEET .....	13
3.1 Pinnanmuodostus, ilmasto ja kuljetusverkosto .....	13
3.2 Viljelymetsien käsittely .....	14
3.3 Muita korjuuoloihin liittyviä näkökohtia .....	15
4. KORJUUN ORGANISOINTI, KALUSTO JA MENETELMÄT	17
4.1 Korjuukalusto .....	17
4.2 Korjuumenetelmät .....	20
4.3 Esimerkkejä metsäteollisuusyrityksistä .....	22
4.4 Korjuun organisointi .....	23
4.5 Työturvallisuus .....	24
4.6 Puunkorjuun kehittäminen .....	25
5. HARVESTEREIDEN JA KUORMATRAKTOREIDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET CHILESSÄ .....	27
5.1 Yleisiä näkökohtia .....	29
5.2 Tähänastisia käyttökokemuksia .....	29
6. TYÖNTUTKIMUS HAKKUUKONEESTA JA KUORMATRAKTORISTA .....	35
6.1 Tutkimusaineisto .....	35
6.2 Tulokset .....	38
6.2.1 Hakkuu .....	38
6.2.1.1 Tuotantoajan jakautuminen .....	38
6.2.1.2 Siirtyminen .....	38
6.2.1.3 Puun käsittely .....	40
6.2.1.4 Raivaus ja järjestely .....	42
6.2.1.5 Keskeytykset .....	42
6.2.1.6 Tuottavuus .....	43
6.2.1.7 Työn laatu .....	44
6.2.2 Lähikuljetus .....	45
6.2.2.1 Tuotantoajan jakautuminen .....	45
6.2.2.2 Ajo tyhjänä .....	45
6.2.2.3 Kuormaus .....	46
6.2.2.4 Kuormausajo .....	46
6.2.2.5 Ajo kuormattuna .....	47
6.2.2.6 Purkaminen .....	47
6.2.2.7 Keskeytykset .....	47

6.2.2.8 Tuottavuus .....	48
6.2.2.9 Työn laatu .....	49
6.2.3 Kustannukset .....	49
7. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT .....	51
7.1 Työvoimavaltaiten korjuumenetelmien kehittäminen .....	51
7.2 Koneellisen korjuun kehittäminen .....	52
7.3 Muita näkökohtia .....	56
LÄHTEET .....	59
LIITE 1: Työntutkimuksen kustannuslaskelmat .....	60

# 1. Johdanto

---

Käsillä oleva julkaisu on jatkoa vuonna 1991 käynnistyneelle suomalais-chileiläiselle puunkorjuualan yhteistyölle. Tuolloin chileiläinen ja suomalainen valtuuskunta perehtyivät vastavuoroisesti maiden metsätalouteen, puunkorjuuseen ja metsäteollisuuteen. Chilen vierailun tuloksena syntyi julkaisu ”Puun korjuu ja käyttö Chilessä” (Hakkila ja Mery 1992), jossa tarkasteltiin mm. puunkorjuun kehittämistarpeita ja suomalaisen korjuuteknologian soveltuvuutta Chileen.

Samassa yhteydessä valmisteltiin suomalais-chileiläisen yhteishankkeen käynnistämistä. Yhteishankkeessa selvitetään puunkorjuun koneellistamisesta saatuja kokemuksia ja korjuun kehittämismahdollisuuksia Chilen radiatamäntylviljelmillä erityisesti pohjoismaista korjuuteknologiaa hyväksi käyttäen. Pääasiallisina yhteistyökumppaneina hankkeessa ovat toimineet Metsäntutkimuslaitos, Chilen metsäntutkimuslaitos Instituto Forestal sekä Talcan yliopisto. Hankkeeseen ovat osallistuneet vierailujen isäntinä lisäksi lukuisat chileiläiset ja suomalaiset metsäteollisuusyritykset ja muut metsäalan organisaatiot, Suomen Ulkomaankauppaliitto sekä suomalaiset konevalmistajat ja heidän chileiläiset maahan tuojansa.

Suomen kaupp- ja teollisuusministeriö on osallistunut keskeisellä panoksella hankkeen rahoitukseen. Metsäntutkimuslaitoksessa yhteishanke kuuluu hankkeeseen ”Hakkuun koneellistuminen muuttuvassa metsätaloudessa”.

Hankkeen yhteydessä Suomessa on vierailut vuosina 1992–94 kaikkiaan 19 chileiläistä puunkorjuun asiantuntijaa tutustumassa Suomen metsätalouteen, puunkorjuuseen, korjuukalustoon sekä koneenkuljettajien koulutukseen.

Tämän kirjoittajat puolestaan vierailivat syksyllä 1993 chileiläisissä puunhankintayrityksissä, yliopistoissa, metsäalan valtiollisissa ja yksityisissä organisaatioissa, konevalmistajien edustajien luona, korjuutyömailla sekä Expocorma-metsämessuilla ja osallistuivat viimeksimainitun yhteydessä järjestettyihin seminaareihin ja retkeilyihin. Vierailun aikana kerättiin tietoa korjuuoloista ja -menetelmistä, puunkorjuun organisoinnista sekä pohjoismaisen korjuuteknologian käyttökokemuksista ja käytön lisäämisen edellytyksistä Chilen oloissa. Matkan yhteydessä tehtiin työntutkimus suomalaisesta hakkuukoneesta ja kuormatraktorista.

Aineiston keruun suunnittelu ja toteutus on kirjoittajien yhteistyötä. Työntutkimuksessa Eeronheimo vastasi aineiston keruusta hakkuukoneen osalta ja Mäkinen kuormatraktorien osalta avustajanaan metsänhoitaja Carmen Bravo Talcan yliopistosta. Julkaisu on kirjoittanut Eeronheimo lukuun ottamatta Chilen metsäsektoria koskevaa lukua 2, joka on kirjoittajien yhteistyötä. Julkaisu on viimeistely yhteistyönä. Professori Pentti Hakkila on käynnistänyt hankkeen ja ohjannut sitä sekä lukenut käsikirjoituksen. Julkaisusta on myös espanjankielinen versio (Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 542, ISBN 951-40-1414-6).

# 2. Chilen kansantalous ja metsäsektori

---

## 2.1 Kansantalous

Chilen pinta-ala ilman kiistanalaista osuutta Etelämantereesta on 757 000 km<sup>2</sup> (75,7 milj. ha). Maa on 4 200 km pitkä mutta keskimäärin vain noin 180 km leveä. Asukkaita on 14 miljoonaa, joista lähes puolet asuu pääkaupungissa Santiagossa.

Chile on ollut Latinalaisen Amerikan talouspolitiikan uranuurtajia 1970-luvun puolivälistä lähtien. Valtion budjetti on saatettu tasapainoon, markkinoita on vapautettu, sääntelyä on purettu ja valtionyhtiöitä yksityistetty. Tulokset ovat olleet hyviä, ja Chilen talouden sanotaankin olevan parhaiten hoidettu koko Latinalaisessa Amerikassa ja yksi parhaiten hoidetuista koko maailmassa. Talouden vuotuinen kasvunopeus oli 10 % vuonna 1992, 6 % vuonna 1993 ja noin 5 % vuonna 1994.

Vuonna 1993 bruttokansantuote henkeä kohden oli noin 33 000 mk (1 USD = 4,33 mk, toukokuu 1995) ja työttömyysaste 5 %. Inflaatio oli 9% vuonna 1994. Vuonna 1993 investointien arvioitiin olevan 27 % bruttokansantuotteesta. Suuri osa investoinneista tulee ulkomailta. Valtion velka puolestaan oli 38 % bruttokansantuotteesta vuonna 1992.

Metsäsektorin osuus on 3,3 % bruttokansantuotteesta. Sektori työllistää yli 100 000 henkeä eli 2,5 % työvoimasta. Metsänhoidon ja puunkorjuun osuus sektorin työvoimasta on 39, metsäteollisuuden 47 ja metsäsektorin palveluiden 14 % (Estadísticas... 1993).

## 2.2 Metsävarat

Chile on parissakymmenessä vuodessa kehittynyt merkittäväksi metsätalousmaaksi. *Viljelymetsiä* on perustettu laajassa mitassa jo 1960-luvulta lähtien. Vuotuiset metsitysalat olivat vuosina 1965–1974 keskimäärin 32 000 ha/a, mutta vuonna 1974 käynnistyneen valtion metsitysohjelman turvin vuotuiset istutusmäärät nousivat keskimäärin tasolle 67 000 ha/a (Hakkila & Mery 1992). Viime

vuosina viljelymetsiä on uudistamiskohteet mukaan luettuina perustettu vuosittain yli 100 000 ha. Valtio korvasi vuosina 1974–1993 viljelymetsien perustamiskustannuksista 75–90 %. Metsityksen tukiohjelma tässä muodossa päättyi vuoden 1993 lopussa. Vuoden 1993 päättyessä viljelymetsiä oli 1,6 milj. ha. Vuoteen 2000 mennessä radiataviljelmiä arvioidaan olevan 1,6 milj. ha ja eukalyptusviljelmiä 0,3 milj. ha.

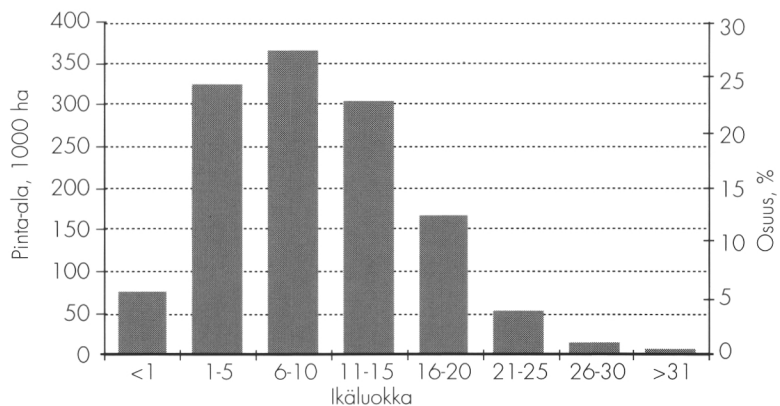
Viljelymetsistä 84 % on radiatamäntyä, 8 % eukalyptusta ja 8 % muita puulajeja (*Atriplex* sp., *Prosopis tamarugo*, *Pseudotsuga menziesii* ym.). Nuoria radiataviljelmiä on paljon (kuva 1), ja radiatamännyn vuotuisen hakkuumäärän arvioidaankin nousevan nykyisestä 14 milj. m<sup>3</sup>:stä noin 35 milj. m<sup>3</sup>:iin vuoteen 2020 mennessä. (Cerde ym. 1992). Mainittakoon, että puumäärät ilmoitetaan Chilessä yleensä kuorettomina tilavuuksina.

*Radiataviljelmistä* sijaitsee 47 % hallintoalueella VIII ja yhteensä 85 % hallintoalueilla VII–IX maan keskiosissa 300–700 km etelään Santiagosta (hallintoalueet ks. kuva 2). Näillä alueilla on ollut käytettävissä maanviljelystä ja laiduntamisesta vapaata maata runsaasti ja olosuhteet ovat radiatan kasvattamiselle mitä suotuisimmat. Vuosikasvu on keskimäärin 20–25 m<sup>3</sup>/ha. Hyvien olosuhteiden ja suurien viljelyalojen ansiosta Chilestä on tullut suurin radiatamännyn tuottaja maailmassa. Radiataviljelmien puuston kokonaistilavuudeksi on arvioitu noin 200 milj. m<sup>3</sup>. Puuston määrän suhteen hallintoalueen VIII merkitys on vielä suurempi kuin pinta-alojen suhteen, sillä kahdeksannella alueella on suhteellisesti enemmän vanhoja viljelmiä.

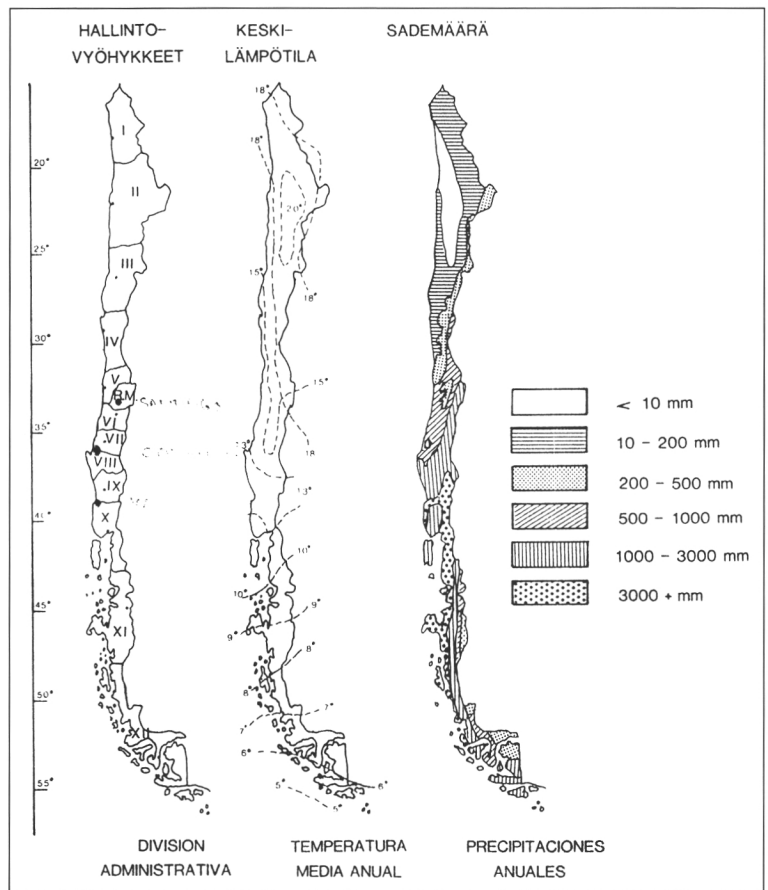
Metsäyhtiöiden omistusosuus radiatamäntyviljelmien pinta-alasta on noin 60 %. Noin 5000 yksityismetsänomistajaa hallinnoi loppuosaa tilakoon ollessa yleensä 50–150 ha (Mery 1992).

Luonnonsuojelualueiden ulkopuolella metsätalouden käyttöön on varattu 7,6 milj. ha lehtipuuvaltaisia *luonnonmetsiä*, joiden

Kuva 1. Radiataviljelmien ikäluokkajakauma (Cerde ym. 1992).



Kuva 2. Chilen hallintoalueet (I–XII ja pääkaupunkiseutu RM), vuoden keskilämpötila (°C) sekä vuotuinen sademäärä (mm) (Hakkila & Mery 1992).



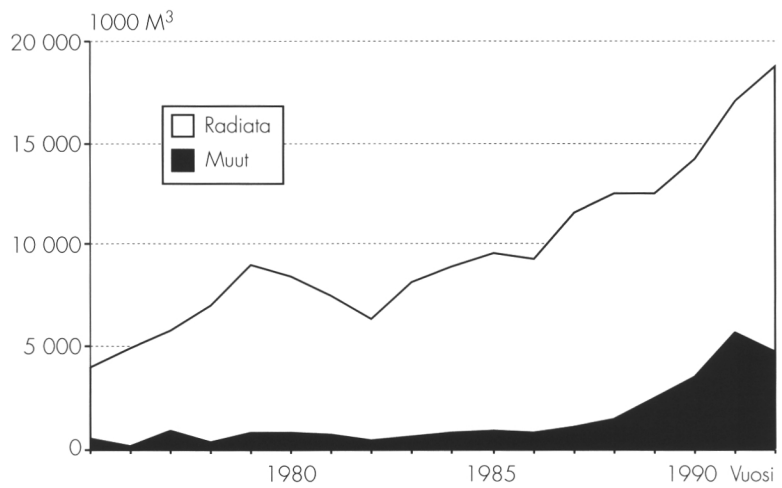
käyttöä aiotaan lähitulevaisuudessa tehostaa valtion tuella. Puuston kokonaistilavuus on arviolta 940 milj. m<sup>3</sup>. Puolet luonnonmetsien pinta-alasta ja 80 % niiden puustosta sijaitsee hallintoalueella X. Tällä hetkellä luonnonmetsistä hakataan teolliseen käyttöön 4,6 ja polttopuuksi 6,1 milj. m<sup>3</sup> vuodessa (Cerda ym. 1992).

### 2.3 Puun käyttö

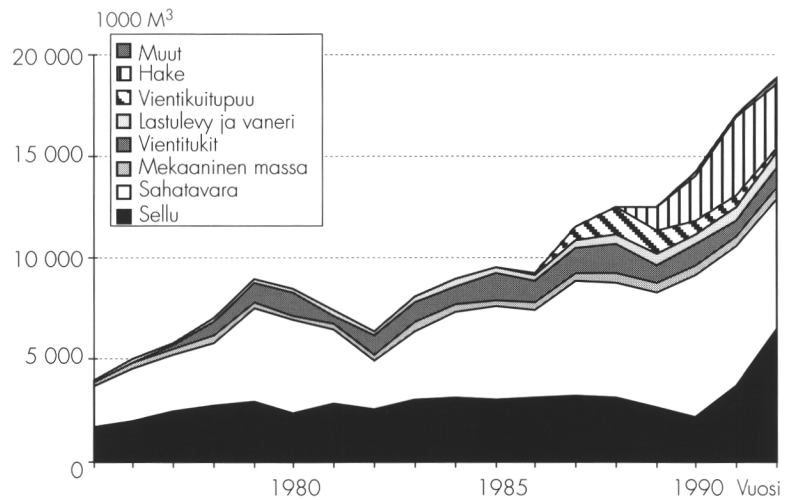
Vuoden 1975 tasosta lähtien puun käyttö on neljä ja puolikertais-  
tunut vuoteen 1992 mennessä (kuva 3). Luonnonmetsistä peräisin  
olevaa sekalehtipuuhaketta on tuotettu pääasiassa vientiin 1980-  
luvun loppupuolelta lähtien. 1990-luvun alussa eukalyptuksen  
käyttö sellun valmistukseen on lisääntynyt voimakkaasti.

Kuvasta 4 on nähtävissä raakapuun käyttö eri tuoteryhmissä  
vuodesta 1975 lähtien. Suurin käyttäjäryhmä on piensahavaltai-  
nen sahateollisuus, noin 6,5 miljoonaa kuutiometriä. Tärkein raa-  
ka-aine on radiatamänty. Eukalyptuksen ja kotimaisten puulajien

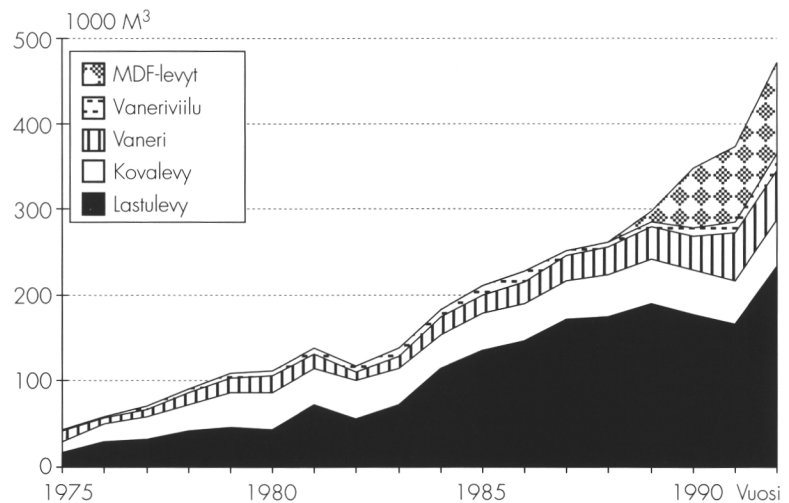
Kuva 3. Puun käyttö  
Chilessä vuosina  
1975–1992.



Kuva 4. Raakapuun  
käyttö eri tuoteryhmis-  
sä 1975–1992.



Kuva 5. Levyteollisuus-  
tuotanto vuosina  
1975–1992.



osuus sahateollisuuden puunkäytöstä on yhteensä 17 %. Sahatavaraa tuotettiin vuonna 1992 3 milj. m<sup>3</sup>. Tuotannosta menee vientiin 28 %.

*Selluteollisuuden* ensiasteen puunkäyttö on 7,0 milj. m<sup>3</sup>, ja lisäksi käytetään 1,2 milj. m<sup>3</sup> sahanhaketta. Sellun tuotanto vuonna 1992 oli 1,7 milj. t eli lähes kolminkertainen vuosien 1980–1990 tuotantoon verrattuna. Viennin osuus tuotannosta on 70 %. Saha- ja massateollisuus käyttävät lähes 70 % kaikesta raakapuusta Chilessä.

*Levy-, vaneri- ja pakkauslaatikkoteollisuus* puolestaan jalostavat yhteensä 0,8 milj. m<sup>3</sup> puuta vuosittain. Levyteollisuuden tuotanto on yli kymmenkertaistunut vuodesta 1975 (kuva 5). Lastulevy on ollut tärkein tuoteryhmä viimeiset 25 vuotta. MDF-kuitulevyn valmistus alkoi vuonna 1989 ja on nopeasti noussut toiseksi tärkeimmäksi levytuotteeksi. Vuoden 1995 loppuun mennessä vaneri- ja levyteollisuuden tuotantokapasiteetin arvioidaan lähestyvän tasoa 700 000 m<sup>3</sup>, jolloin teollisuudenalan puunkäyttö olisi noin 1,2 milj. m<sup>3</sup>/a.

Vuonna 1992 tuotettiin *sanomalehtipaperia* 161 000 t sekä *muuta paperia ja kartonkia* yhteensä 347 000 t. Tuotantomäärissä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia viimeisen kymmenen vuoden aikana.

*Radiatamäntyä* käytettiin vuonna 1992 sahateollisuudessa 5,4 milj. m<sup>3</sup>, kemiallisen massan valmistuksessa 5,7 milj. m<sup>3</sup>, mekaanisten massojen valmistuksessa 0,5 milj. m<sup>3</sup> ja levyteollisuudessa 0,5 milj. m<sup>3</sup>. Pakkauslaatikkoteollisuus käyttää sahatavaran lisäksi myös vähäisiä määriä pyöreää puutavaraa, noin 0,2 milj. m<sup>3</sup>/a. Radiatamäntyä vietiin vuonna 1992 tukkeina 1, kuitupuuna 0,2 ja hakkeena 0,4 milj. m<sup>3</sup>.

## 2.4 Metsäteollisuuden vienti

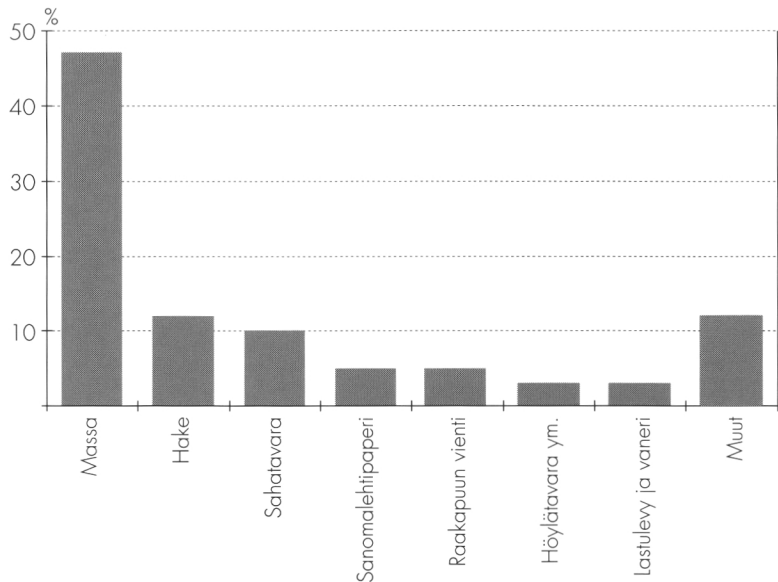
Vuonna 1992 viennin arvo oli 47 miljardia mk. Kaivosteollisuus on viennin kannalta tärkein teollisuudenhaara. Sen osuus viennin arvosta oli 47% vuonna 1992. Metsäteollisuuden viennin arvo 5 mrd mk vastaa 12 prosentin osuutta koko viennistä ja 69 prosentin osuutta metsäteollisuuden tuotannosta.

Kemiallinen massa on ylivoimaisesti tärkein vientiartikkeli (kuva 6). Sen osuus metsäteollisuuden viennin arvosta on lähes puolet. Hakkeen ja sahatavaran osuus on kumpikin suuruusluokkaa 10 %. Raakapuuta viedään 5 milj. m<sup>3</sup> vuodessa, josta kolme neljäsosaa hakkeena. Hakkeen vienti aloitettiin vasta vuonna 1989. Sahatukkien viennin taso on pysynyt samansuuruisena vuodesta 1980 lähtien. Chilen metsäteollisuuden vienti on pääasiassa raaka-aineen vientiä. Chilellä on siis paljon mahdollisuuksia viennin

arvon lisäämiseen jalostusastetta nostamalla.

Kotimaisen käytön lisääntymisen myötä radiatakuitupuun ja -hakkeen vientimäärät ovat vähenemässä, mutta tukkien – erityisesti korkealaatuisten oksattomien sahatukkien – vientimäärät kasvanevat ensi vuosituohannella. Tukkién viennissä ilmenee myös suuria hintaheilahtelujá. Tukkién keskimääräinen vientihinta oli 1990-luvun alussa pitkään tasolla 230 mk/m<sup>3</sup>, hypähti maaliskuussa 1993 nopeasti tasolle 560 mk/m<sup>3</sup> USA:n länsirannikon hakkuiden romahtaessa, mutta tasaantui nopeasti tasolle 350–370 mk/m<sup>3</sup>. Pääasialliset vientimaat sahatukkien osalta ovat Etelä-Korea, Japani ja Turkki. Kaikkiaan radiatamännyn raakapuun vientimäärät ovat viime vuosina olleet tasolla 1,5 milj. m<sup>3</sup>/a. Radiatamännyn jatkojalostus – erityisesti vientimarkkinoille tähtäävä huonekaluteollisuus – on viime vuosina voimakkaasti lisääntynyt. Vuonna 1993 huonekaluteollisuuden viennin arvo oli 140 milj. mk – nousua oli edellisvuoteen nähden 21 %.

Kuva 6. Metsäteollisuuden viennin arvon jakautuminen.



# 3. Puunkorjuuolosuhteet

---

## 3.1 Pinnanmuodostus, ilmasto ja kuljetusverkosto

Chilen puuntuotannollisesti merkittävin alue – hallintoalueet VII–IX – jakaantuu pinnanmuodostukseltaan selkeästi kolmeen pohjoisesta etelään kulkevaan osaan: lähinnä Tyynen valtameren rannikkoa on 40–50 km leveä 400–600 m korkuisten Rannikkovuorten alue, keskellä 50–60 km leveä tasainen keskuslaakso ja maan länsirajaa vasten jopa yli kolmen kilometrin korkeuteen kohoava Andien vuoristo. Viljelymetsiä on Rannikkovuorilla (kuva 7), Andien edustan kukkuloilla sekä keskuslaaksossa, erityisesti Concepciónin itäpuolella Cabreron ympäristössä hallintoalueella VIII.

Kukkulat ovat tyypillisimmillään pyöreälakisia. Rinteiden alaosassa ja kukkuloiden laella kaltevuus on pieni, alle 35 %, mutta

Kuva 7. Radiatamänty- ja eukaluptusviljelmiä rannikkovuorilla Araucon ympäristössä.



jyrkimmillä kohdilla rinteiden keskiosien kaltevuus on usein yli 50 %. Eri yhtiöiden radiatamäntylviljelmistä 20–50 % sijaitsee yli 35 %:n rinteillä.

*Maaperä* on useimmiten hiekkaa, hiesua tai savea ja varsinkin Andien edustalla usein tuliperäistä. Viljava pintamaakerros on yleensä yli metrin paksuinen. Koneen kulkua haittaavaa maanpinnan epätasaisuutta tai kivisyyttä ei ole.

Vuoden *keskilämpötila* radiatamännyn kasvatuksen ydinalueella on 12–15 °C ja vuotuinen *sademäärä* 1000–3000 mm (kuva 8). Talvella, toukokuusta syyskuuhun sataa runsaasti, mutta kesällä on verrattain kuivaa. Esimerkiksi Concepciónissa sademäärät ovat talvella 180–260 ja kesällä 10–60 mm/kk. Etelämpänä Valdivian ympäristössä sademäärä on varsinkin talviaikana huomattavasti suurempi. Metsäteiden rakentamisessa joudutaan käyttämään runsaasti hienojakoisia maalajeja, jotka pölisevät kuivalla ilmalla ja muuttuvat sateella liukkaaksi liejuksi. Rankkojen sateiden jälkeen puunkorjuu saattaa keskeytyä useiksi päiviksi, koska työntekijät eivät pääse työmaalle ennenkuin tiet ovat ehtineet kuivahtaa.

Kartalla kattavan näköinen rautatieverkosto on päästetty pahoin ränsistymään. Pohjois-eteläsuuntainen päärata on kohtalaisessa kunnossa, samoin mm. yhteydet tärkeimmiltä teollisuuspaikkakunnilta satamiin, mutta suuri osa puutavaran kuljetuksiin periaatteessa soveltuvista rataosuuksista on käyttökelvottomia.

*Tieverkoston* rungon muodostaa lähes koko maan halki kulkeva valtatie 5, josta on pistotienomaiset yhteydet rannikon ja sisämaan kohteisiin. Tärkeimmät tiet on kestopäällystetty, mutta liikennettä hidastavat tietyt ja ruuhkat ovat yleisiä. Suuri osa puutavaran kuljetuksista joudutaan hoitamaan huonokuntoisilla sorateilla, joiden ylläpitoon metsäyhtiöt joskus vapaaehtoisesti osallistuvat. Metsäautotiet sen sijaan näyttävät olevan kuivalla kelillä kohtalaisen hyvässä kunnossa.

*Metsäteiden rakentaminen* on kallista rakennusmateriaalin huonon saatavuuden ja pitkien kuljetusmatkojen vuoksi. Kustannukset ovat Talcan alueella noin 70 000, Concepciónin alueella noin 93 000 ja Valdivian alueella noin 140 000 mk/km. Korjattua puumäärää kohden tienrakennuskustannusten lasketaan olevan viljelymetsissä 7–9 mk/m<sup>3</sup>.

## 3.2 Viljelymetsien käsittely

Radiataviljelmien käsittelytavat vaihtelevat kasvupaikan, ilmastolojen ja metsänomistajan tuotantotavoitteiden mukaan. Metsäyhtiöt ovat parhaillaan kehittämässä uusia käsittelymalleja ja jakamassa viljelmiä uusiin ryhmiin. Verraten yleiseksi näyttää muodostuvan käytäntö, jossa viljelmät jaetaan lähinnä kasvupai-

kan perusteella kolmeen ryhmään. Kuhunkin ryhmään sijoittuu likimain kolmannes viljelyalasta. Toimenpiteet ja niiden aikataulu vaihtelevat yhtiöittäin, ja seuraavassa pyritäänkin vain antamaan karkea yleiskuva käsittelyvaihtoehdoista.

*Huonoimmilla kasvupaikoilla* tuotetaan pelkästään kuitupuuta noin 18 vuoden kiertoaajalla. Puita istutetaan 1100–1400 kappaletta hehtaarille. Harvennuksia ei tehdä, ja niinpä viljelmillä on runsaasti pystyyn kuolleita puita. Puiden koon vaihteluväli on suuri, korjuuvaiheessa läpimitat ovat 7–50 cm rinnankorkeudelta mitattuna. Keskimääräinen rungon koko on noin 0,3 m<sup>3</sup>, ja hakkuukertymä noin 400 m<sup>3</sup>/ha. Poikaoksia on runsaasti.

*Keskinkertaisilla kasvupaikoilla* istutustiheys on 1400–1600 kpl/ha. Taimikonhoidon yhteydessä 5–6 vuoden iässä tiheys pudotetaan 1000 runkoon/ha ja puut karsitaan 3 m:n korkeuteen. Metsikkö harvennetaan kahteen kertaan noin 10 ja 14 vuoden iässä. Ensiharvennuksessa pudotetaan runkoluku noin 700 kappaaleeseen hehtaarilla. Poistettavien puiden keskikoko on noin 0,15 m<sup>3</sup> ja hakkuukertymä noin 50 m<sup>3</sup>/ha. Toisessa harvennuksessa jätetään noin 450 puuta hehtaarille. Poistettavien puiden keskikoko on noin 0,2 m<sup>3</sup> ja hakkuukertymä noin 50 m<sup>3</sup>/ha. Päätehakkuussa 22–25 vuoden iässä puiden keskikoko on 0,8–1 m<sup>3</sup> ja kertymä 360–450 m<sup>3</sup>/ha. Harvennetuissa metsissä kasvaa runsaasti aluskasvillisuutta, mm. köynnöstäviä piikkipensaita, jotka vähentävät näkyvyyttä ja vaikeuttavat erityisesti manuaalista työskentelyä.

*Parhailta kasvupaikoilla* käsittely noudattaa keskimääräisten viljelmien aikataulua, mutta puut karsitaan 10 ikävuoteen mennessä 2–4 vaiheessa 6–8 metrin korkeuteen asti, ja toisessa harvennuksessa kasvamaan jätetään vain 250–300 puuta. Päätehakkuuvaiheessa 22–25 vuoden iässä puiden rinnankorkeusläpimitta on 50–60 cm ja tilavuus noin 1,5 m<sup>3</sup>. Karsitun rungon osan yläpuolisista oksista tulee usein hyvin paksuja, läpimitaltaan yli kymmensenttiset oksat ovat tavallisia.

*Eukalyptusta* kasvatetaan sellupuuksi yleensä ilman harvennuksia noin 12 vuoden kiertoaajalla. Vuosikasvu on keskimäärin 35 m<sup>3</sup>/ha, rungon koko päätehakkuussa 0,3–0,4 m<sup>3</sup> ja hakkuukertymä 400–500 m<sup>3</sup>/ha. Eukalyptus vaatii maanpinnan voimaperäistä käsittelyä, kilpailevan kasvillisuuden torjuntaa sekä toistuvia lannoituksia, joten viljelmien perustamiskustannukset ovat selvästi korkeammat kuin radiatamännyllä.

### 3.3 Muita korjuuloihin liittyviä näkökohtia

Valtaosa metsäteollisuuden tarvitsemasta puusta saadaan yhtiöiden omista metsistä. Yhtiöillä on käytössään *paikkatietojärjestelmät*, joista mm. kaltevuuksien perusteella on mahdollista laatia

teemakarttoja suunnittelun tueksi. Työmaakohtainen *hakkuukertymä* on suuri, jopa kymmeniä tuhansia kuutiometrejä. Lisäksi useita työmaita keskitetään yleensä samalle alueelle. Kaiki nämä tekijät helpottavat puunhankinnan ja -korjuun suunnittelua ja toteutusta.

Tavallisimmat pölkyn pituudet ovat 4,15 m tukeille ja 2,44 m kuitupuulle. Eräät sahat ottavat vastaan em. tukkipituuden kerrannaisia, ja osassa massatehtaista voidaan käsitellä rankoja. Selkeästi määriteltyjä yhteisiä laatuvaatimuksia ei ole, ja puutavara katkotaankin harvoille määräpituuksille laatonäkökohdista paljontaan piittaamatta. Pääosa raaka-aineesta tulee omista metsistä sopuhintaan, jolloin jalostuslaitoksille kelpaa huonompikin raaka-aine. Jos taas puuta ostetaan ulkopuolisilta, laadun suhteen ollaan kriittisiä.

Kotimaiseen käyttöön meneviä puutavaralajien määrä on alhainen, mikä helpottaa korjuun toteutusta ja vähentää työvoiman koulutustarvetta. Vientiin menevien tukkien osalta tilanne onkin jo päinvastainen. Jokaisella ostajamaalla ja monilla asiakkailta on omat mitta- ja laatuvaatimuksensa, mikä puolestaan hankaloittaa työskentelyä.

Radiatamännyn runkopuun tuorepaino on Chilessä noin 1 000 kg/m<sup>3</sup> eli noin 15 % korkeampi kuin suomalaisen männyn. Radiatamännyn ovat myös selvästi pidempiä kuin vastaavan läpimittaiset suomalaismännyn. Oksat eivät karsiudu luontaisesti, ja latvus kehittyä voimakkaaksi erityisesti harvassa kasvatustiheydessä. Edellä mainituista syistä radiatamännyn rungon ja latvuksen yhteenlaskettu massa voi olla jopa yli kaksinkertainen rinnankorkeusläpimitaltaan vastaavaan suomalaismäntyyn verrattuna.

Jo tällä hetkellä on puutetta erityisesti ammattitaitoisesta hakkuutyövoimasta. Vuonna 1991 tehdyn tutkimuksen mukaan metsätyövoimasta vain noin joka kymmenes voitiin luokitella ammattitaitoiseksi (qualified). Valtakunnallista metsurikoulutusta maassa ei ole, koulutus on rajoittunut satunnaisiin yrityskohtaisiin kursseihin. Ackerknechtin (1994) mukaan yliopistotason metsäkoulutuksesta on jopa ylitarjontaa, sillä aloituspaikkoja olisi tarjolla 1800. Teknisen tason aloituspaikkojen määrä 900 ei liene riittävä tulevaisuuden tarpeita ajatellen.

# 4. Korjuun organisointi, kalusto ja menetelmät

---

## 4.1 Korjuukalusto

Hakkuu tehdään pääsääntöisesti miestyönä. Puut kaadetaan lähes yksinomaan moottorisahalla, ja moottorisaha on ainakin suurimpien yritysten työmailla lähes syrjäyttänyt kirveen myös karsinnassa. Yleisimmät moottorisahamerkit ovat Stihl ja Husqvarna (Resultados de encuesta... 1992). Kirves on kuitenkin edelleen vaihtoehtoinen karsintaväline mm. ensiharvennuksissa ja välivarastolla karsintajälkeä paranneltaessa.

Kuva 8. Koneellista kaatoa Forestal Chilen työmaalla.

Koneellinen hakkuu on nopeasti yleistymässä. *Kaatokasauskoneita* – pääasiassa Bellin tela-alustaisia (kuva 8) – on maassa kymmenkunta. Myös amerikkalaistyyllisiä välivarastolla toimivia



sykesyöttöisiä karsintakoneita ja erillisiä katkontakoneita on kehitetty. Järeitä uusseelantilaisella Waratah 230HTH -hakkuulaitteella varustettuja hakkuukoneita on vuoden 1994 päättyessä kahdeksan, joista kuusi on Timberjack 2618 -telatraktorin alustalla ja kaksi kaivukonealustaisia. Keskikokoisia hakkuukoneita on 11, joista kuusi on pyöräalustaisia (Ponsse Ergo HS15), neljä telalustaisia (Timberjack 608/762B) ja yksi kaivukonealustainen (Hyundai/Lako).

Puiden lähikuljetuksessa lyhyillä etäisyyksillä ja järjestelytehtävissä välivarastolla käytetään yleisesti perinteisiä *härkävaljakoita*, erityisesti Temucon ja Valdivian alueilla. Yleensä härät työskentelevät pareittain, mutta avohakkuiden suuria tyvitukkeja kuljetettaessa voidaan tarvita kolmekin härkäparia. Valdivian alueen suuret, yli tuhatkiloiset härät, lempinimeltään ”motoreros”, ovat maankuuluja voimistaan. Chilessä käytössä oleva sarviin ja päähän hihnoilla kiinnitettävä iestyyppi vähentää hiertymiä niskakieeseen verrattuna. Chileläistä härkien koulutustietoutta on viety menestyksellisesti mm. Malawiin ja Sambiaan.

Härkien ohella järjestelytehtävissä on kolmipyöräisiä *siirtelytraktoreita*, joita käytetään myös lähikusjetustehtävissä lyhyillä matkoilla. Siirtelytraktoreita on kaikkiaan noin 80. Yleisimmät merkit ovat Bell ja Chilessä valmistettu Tecfor (Resultados de encuesta... 1992).

Kuva 9. Valtaosa puutavarasta kuljetetaan varastoalueelle laahustraktoreilla.





Kuva 10. Kuorma-autoalustainen köysirata ja kolmipyöräinen järjestelytraktori.

Hydraulivinsillä varustetut *laahustraktorit* (kuva 9) ovat yleisimmin käytettyä kalustoa puutavaran lähikuljetuksessa. Kaikkiaan laahustraktoreita on Chilessä noin 200. Yleisimpiä merkkejä ovat John Deere, Timberjack, Caterpillar ja Clark (Resultados de encuesta... 1992). Koneellisen kaadon yhteydessä käytetään hydraulikouralla varustettuja laahustraktoreita. Näitä ns. kourajuontotraktoreita on kaikkiaan parikymmentä.

Järeitä Timberjack 933 pihtipankko- ja kuormatraktoreita on vuoden 1994 päättyessä kaikkiaan seitsemän ja keskikokoisia Ponsse Ergo 15S ja Timberjack 1010 kuormatraktoreita yhteensä kymmenen. Kaikki pihtipankko- ja kuormatraktorit on valmistettu Suomessa.

Jyrkillä rinteillä – kaltevuus yli 30% – käytetään kuorma-autoalustaisia *köysiratoja* (kuva 10). Kaikkiaan köysiratoja löytyy Chilestä satakunta yksikköä. Yleisimpiä konemerkkejä ovat Koller, Urus ja Chapman (Resultados de encuesta... 1992).

*Puutavara-autojen ajoneuvoyhdistelmien* suurin sallittu kokonaismassa on 45 t. Kun puoli- tai täysperävaunun auton massa on tavallisesti 15–17 t, jää maksimikuormaksi 28–30 t eli 28–30 m<sup>3</sup>. Yleisimmät merkit ovat Mercedes Benz, Freightliner, Kamaz, Ford ja Pegaso (Resultados de encuesta... 1992). Kuorma-autoyhdistelmiä on monenlaisia. Esimerkiksi Forestal Celcolle ajaa kahdeksan urakoitsijaa, joilla on yhteensä 100 autoa. Näistä 28 on



Kuva 11. Puutavara-auton kuormausta erilliskuormaimella.

täysperävaunullisia, 12 puoliperävaunullisia ja 60 ilman perävaunua. Suurilla työmailla puutavara-autot kuormataan useimmiten kuorma-autoalustaisilla erilliskuormaimilla (kuva 11), pienemmillä työmailla käytetään mm. hydraulikuormaimella varustettuja maatalous- ja teollisuustraktoreita. Tyypillisellä puutavara-autoilijalla on 3–4 puutavara-autoa ja erilliskuormaaaja. Suurimmilla urakointifirmoilla puutavara-autoja on yli 60.

## 4.2 Korjuumenetelmät

Ensiharvennuksissa työnjohto merkitsee jätettävät puut maalilla sekä rinnankorkeudelle että kontrollin vuoksi myös kantaan. 2–3 moottorisahamiestä taikka yksi moottorisahamies ja 5–7 kirvesmiestä kaataa, karsii ja katkoo rungot sekä kasaa pölkyt juontotakoiksi. Kaksi härkäparia juontaa taakat välivarastolle, jossa hakkuumiehet pinoavat pölkyt. Tyypillinen päivätuotos alle 100 metrin kuljetusmatkalla on noin 40 m<sup>3</sup>. Edelliseen verrattuna noin kolminkertainen määrä hakkuumiehiä pystyy työllistämään kevyen kolmipyöräisen *siirtotraktorin* lähikuljetuksessa alle 150 metrin ajomatkalla. Siirtotraktori kuljettaa pienet taakat kourassaan yksi kerrallaan välivarastolle. Siirtotraktori soveltuu loiville rin-

teille, joiden kaltevuus on alle 15 %. Varsinkin myöhäisemmissä harvennuksissa käytetään jonkin verran myös perinteisiä vinssillä varustettuja *laahusjuontotraktoreita* (cable skidders). Hakkuun ja lähikuljetuksen *kustannukset* vaihtelevat eri osissa maata ja riippuvat mm kalustosta. Yleensä harvennusten korjuukustannukset ovat noin 32–37 mk/m<sup>3</sup>, mutta esimerkiksi härkätyömailla maksettiin usein vain noin 23 mk/m<sup>3</sup>.

*Laahusjuontotraktoreita* avohakkuussa käytettäessä 10–12 hengen työryhmän tuottavuus on 80–125 m<sup>3</sup> päivässä noin 150 metrin keskikuljetusmatkalla. Kuukausituotos on 1800–2000 m<sup>3</sup>. 2–3 moottorisahamiestä kaataa ja karsii puut. 2–3 apumiestä kiinnittää juontosilmukat runkoihin, ja puut juonnetaan välivarastolle, jossa 1–2 apumiestä irrottaa silmukat, apteeraaja merkitsee katkontakohdat ja moottorisahaaja katkoo rungot. Välivarastolla käytetään järjestelytehtäviin kolmipyöraisii siirtelytraktoreita tai härkävaljakoita.

*Kaatokasauskoneen* ja kahden hydraulikouralla varustetun laahusjuontotraktorin tuottavuus puolestaan on avohakkuussa lähes 400 m<sup>3</sup>/d (7000–8000 m<sup>3</sup>/kk), kun työryhmään kuuluu 14 miestä. Puut karsitaan metsässä moottorisahoilla ja katkotaan välivarastolla. Päätehakkuiden korjuukustannukset ovat yleensä noin 23 mk/m<sup>3</sup>.

*Köysiratoja* käytettäessä juontosuunta on yleensä rinnettä ylöspäin maksimi kuljetusmatkan vaihdella konetyypeittäin välillä 300–600 m. Ryhmässä työskentelee 10–12 miestä. Tyypillinen päivätuotos avohakkuussa 300 metrin keskikuljetusmatkalla on 80–100 m<sup>3</sup>/d. Korjuukustannukset hakkuun ja lähikuljetuksen osalta ovat 32–37 mk/m<sup>3</sup>.

Moottorisahamiehen kuukausipalkka on noin 1400 mk/kk, laahus- ja järjestelytraktoreiden kuljettajille maksetaan 1900, köysiratojen käyttäjille 2300–3300, häränajajille noin 900 ja apumiehille tehtävästä ja kokemuksesta riippuen 700–900 mk/kk. Harvesteiden kuljettajat saavat palkkaa 3700–4700 ja kuormatraktoreiden kuljettajat 3300–3700 mk/kk. Lisäksi työntekijöille järjestetään majoitus, ruokailu ja kuljetukset. Kun huomioidaan vielä tapaturmavakuutukset, *sivukustannusten* määräksi saadaan yhteensä 30–60 % palkkasummasta. Palkkauksessa on alueellisia eroja. Valdivian ja Temucon alueella palkkaus jää noin 20 % alhaisemmaksi kuin edellä kuvattu Concepciónin alueen palkkataso.

Eräiden arvioiden mukaan Concepciónin ympäristössä *korjuumenetelmien osuudet* korjatusta puumäärästä olivat ennen korjuun koneellistamisaltoa seuraavat: laahustraktorit 55, härät 25 ja köysiradat 20 %. Valdivian ja Temucon ympäristössä vastaavat luvut olivat 35, 60 ja 5 %. Mukana ovat niin metsäyhtiöiden kuin pienten metsänomistajienkin korjuutyömaat.

*Kaukokuljetus* hoidetaan pääasiassa puutavara-autoilla. Kaikis-

sa korjuumenetelmissä kuorma-autojen *kuormauskustannus* erilliskuormaimella on 3–4 mk/m<sup>3</sup>. Tyypillinen kuljetusmatka on 100–200 km, mutta poikkeustapauksissa jopa 500 km. Autokuljetuksen kustannukset vaihtelevat matkan pituuden mukaan. Esimerkiksi 60 km:n matkalla kustannus on 14 mk/m<sup>3</sup> ja 250 km:n matkalla noin 70 mk/m<sup>3</sup>. Keskimääräiset kuljetuskustannukset ovat noin 37 mk/m<sup>3</sup>.

### 4.3 Esimerkkejä metsäteollisuusyrityksistä

Chilen suurimmat metsäteollisuuskonsernit ovat CMPC ja COPEC. Pienemmistä laajamittaista viljelymetsätaloutta harjoittavista mainittakoon Santa Fe ja CAP. Konsernien metsien hoidosta ja puunkorjuusta vastaavien metsäyhtiöiden toistuvat uudelleenorganisoinnit ja nopeat henkilöstöjärjestelyt näyttävät olevan tyypillisiä Chilen metsäsektorille. Organisaatiot ovat moniportaisia ja korostuneen hierarkisia.

CMPC (Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones S.A.) konsernin metsien hoidosta ja puunhankinnasta vastaa Forestal Mininco, johon sisaryhtiöt Forestal Rio Vergara ja Forestal Crececx vastikään sulautettiin. Minincon hallinnassa on 230 000 ha radiataviljelmiä ja 20 000 ha eukalyptusviljelmiä. Istutusta varten on hankittu lisäksi 80 000 ha maata. Puunhankinta on yhteensä 5 milj. m<sup>3</sup>/a, josta omista metsistä saadaan kolme neljäsosaa. Puusta menee massan valmistukseen Nacimienton ja Lajan tehtaille 70 %, Mulchenin ja Nacimienton sahoille 20 % ja vientiin 10 %. Uusi Bucalemun jättisaha aloitti tammi-helmikuussa 1994 Cabreron alueella. Kuitupuusta kolmannes viedään tehtaille runkoina ja loput 2,44 m kuitupuuna. Sahatukkien yleisimmät pituudet ovat Chilen tukkistandardin 4,15 m kerrannaiset 8,30 ja 12,45 m. Vientipuun mitat ja laatu vaihtelevat ostajien toivomusten mukaan.

Minincon tytäryhtiönä puunkorjuun kehittämisestä ja alan teknologian siirrosta vastaa SEFORE (Servicios Forestales Esquadron Ltda.), joka samalla urakoi vuosittain 400 000 m<sup>3</sup> puuta Minincolle. Yksityiset urakoitsijat korjaavat loppuosan puusta. SEFOREn kalustoon kuului vuoden 1993 päättyessä 2 kaato-kasauskoneetta, 2 kourajuontotraktoria, 2 ketjukarsimakoneetta, 3 köysirataa, 10 laahustraktoria, 5 kolmipyöräistä järjestelytraktoria, 3 hakkuukoneetta, 1 pankkojuontotraktori ja 2 kuormatraktoria. SEFORElla on leasing-sopimus koneet omistavan Minincon kanssa. Harvesteiden ja kuormatraktoreiden käyttökokemuksia selostetaan yksityiskohtaisemmin kappaleessa 5.2. Jatkossa SEFORE aikoo myydä pääosan korjuukalustostaan urakoitsijoille ja jatkaa puunkorjuuta ainoastaan harvesteiden käyttöön perustuvilla koneketjuil-

la, joita aiotaan hankkia lisää.

COPEC-ryhmän metsään liittyvistä toiminnoista käytetään usein nimeä Arauco-ryhmä. Ryhmän metsien hoito ja puunhankinta on hajautettu kolmeen yhtiöön. Forestal Celco S.A. toimii Constituciónin ympäristössä, Forestal Chile S.A. Concepciónin, Chillánin ja Collipullin alueella, ja Bosques Arauco S.A. Araucon alueella. Kaikkiaan Arauco-ryhmä omistaa 314 000 ha mäntyviljelmiä, joista noin kolmannes on rinteillä, joiden jyrkkyys on yli 35 %.

Forestal Celcon päätehtävä on hankkia puuta ryhmän Constituciónin massatehtaalle. Korjuumäärä on noussee vuoden 1993 tasta 700 000 m<sup>3</sup>/a vuoteen 2000 mennessä lähes kaksinkertaiseksi tasolle 1,3 milj. m<sup>3</sup>/a. Tästä määrästä on kuitupuuta avohakkuista lähes puolet, kuitupuuta harvennuksista noin 10 % ja sahapuuta sekä kotimaiseen käyttöön että vientiin yhteensä noin 40 %. Yhtiön korjuusta vastaavilla urakoitsijoilla on käytössään noin 20 laahustraktoria ja kahdeksan köysirataa.

Forestal Chilen korjuumäärä on 400 000 m<sup>3</sup>/a, josta 60 % on vientiin menevää sahapuuta, 20 % Chilessä sahattavia tukkeja ja 20 % kuitupuuta. Kuitupuusta viidennes toimitetaan tehtaille rannoina ja loput 2,44 metrin nimellispituisena.

CAP ryhmään kuuluva Forestal Millalemu S.A. hoitaa metsään ja hankkii puuta ryhmän sahoille ja MDF-tehtaalle. Viljelymetsien ala aiotaan nostaa nykyisestä 80 000 ha:sta 120 000 ha:iin vuosituhanen vaihteeseen mennessä. Radiatamännyn osuus pinta-alasta on 85 %. Vuotuinen hakkuumäärä omista metsistä on 0,5 milj. m<sup>3</sup>, josta 20 % tulee yli 35 %:n rinteiltä.

Santa Fe -ryhmä valmistaa eukalyptuksesta sellua. Ryhmän metsäyhtiö on Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A. Omia metsiä on 45 000 ha, josta eukalyptusviljelmiä 30 000 ha. Vuotuinen korjuumäärä on 0,5 milj. m<sup>3</sup>.

## 4.4 Korjuun organisointi

Puunkorjuu teetetään yleensä yksityisillä *urakoitsijoilla*. Yritysten koko vaihtelee suuresti: Yleensä yhdellä urakoitsijalla on kolmesta viiteen korjuuketjua, mutta yhden korjuuketjun urakoitsijoitakin löytyy, samoin suuryrittäjiä kymmenine korjuuketjuineen ja koneineen.

Urakoitsijat palkkaavat tarvittavan työvoiman ja he myös omistavat käytettävän kaluston. Suomalaisesta käytännöstä poiketen urakoitsija itse työskentelee harvoin metsässä. Hän keskittyy yrityksen johtamiseen, mahdollisesti muiden liiketoimien tai palkkatyön ohessa.

Matkat työmaille ovat usein pitkiä. Metsäyhtiöillä on useita kiinteitä *metsäkämppejä*, joille yhtiön ja urakoitsijoiden työntekijät

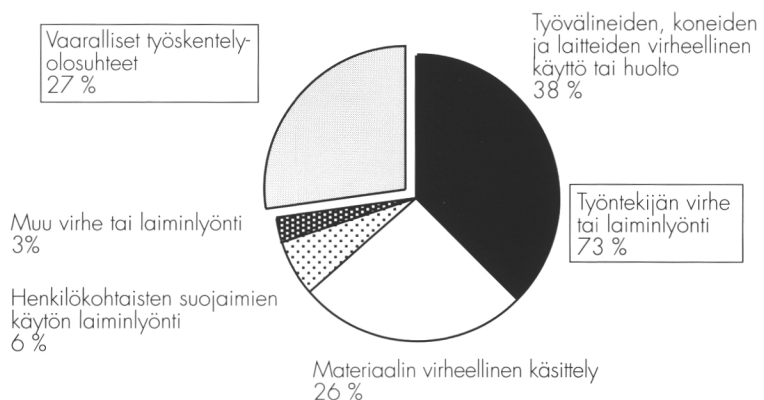
voivat tarvittaessa majoittua. Valtaosa kämpistä on tasoltaan hyviä. Tarvittaessa perustetaan myös uusia metsäkämppeirejä. Verraten yleinen on työjärjestely, jossa työskennellään 11 päivää, jonka jälkeen on kolme päivää vapaata. Mikäli työmaa sijaitsee alle 50 km etäisyydellä työntekijöiden kotoa, he voivat yleensä yöpyä kotonaan.

## 4.5 Työturvallisuus

Tapaturmatiheys Chilen metsäsektorilla on huolestuttava. Metsätaloudessa, puunkorjuussa ja sahateollisuudessa tapahtuu vuosittain keskimäärin 16 200 pysyvään tai tilapäiseen työkyvyttömyyteen ja 26 kuolemaan johtavaa tapaturmaa. Tapaturmien aiheuttamat suorat ja epäsuorat kustannukset ovat 100 milj. mk vuodessa. Tapaturmien syyt on esitetty kuvassa 12. Kolmessa tapaturmassa neljästä syynä on työntekijän virhe tai laiminlyönti (Ackerknecht 1994). Pelkästään puunkorjuussa noin 17 500 työntekijälle sattuu noin 2 850 tapaturmaa vuosittain eli 170 tapaturmaa jokaista hakkattua 1 milj. m<sup>3</sup> ja 17 tapaturmaa sataa työntekijää kohden. Metsänhoitotoissa tapaturmatiheys on 7 ja sahateollisuudessa keskimäärin 14 tapaturmaa 100 työntekijää kohden. Vastaavat työntekijämäärät ovat 17 000 ja 47 000 (Raga 1993). Mainittakoon, että vuonna 1992 Suomessa, jossa korjuumäärä on Chileen verrattuna lähes kolminkertainen, sattui metsänhoito- ja puunkorjuutoissa yhteensä 986 tapaturmaa. Kuolemaan johtaneita metsäalan tapaturmia on Suomessa viime vuosina ollut 6–8 (Tapola 1994, Aarne 1994).

Työtapaturmavakuutusjärjestelmä Chilessä on toimiva. Työntantajat maksavat tapaturmavakuutusmaksua 2,60–3,45 % palkka-

Kuva 12. Metsätalouden, puunkorjuun ja sahateollisuuden tapahtumien syyt (Ackerknecht 1994).



summasta. Yksi valtion ja kolme yksityistä tapaturmavakuutusyhtiötä huolehtivat hoidosta, kuntoutuksesta, työkyvyttömyyseläkkeistä jne. sekä tarjoavat koulutus- ja konsulttipalveluita Tapaturmien ehkäisyyn käytetään noin 10 % kerätyistä vakuutusmaksuista.

Koska hakkuumiehet ja koneenkuljettajat ovat urakoitsijoiden palveluksessa, ei kaikilla metsäteollisuusyrityksillä ole vakuutusmaksut maksettuaan velvollisuutta eikä suurta kiinnostusta työturvallisuuskysymyksiä kohtaan, vaan ne jätetään urakoitsijoiden huoleksi. Urakoitsijoilla puolestaan ei useinkaan ole mahdollisuuksia eikä välttämättä haluakaan laajamittaisen koulutuksen järjestämiseen. Näihin päiviin asti ammattitaidotonta työvoimaa on ollut saatavilla tapaturmien uhrien tilalle.

Tapaturmavakuutusyhtiöillä ja muutamilla metsäyhtiöillä on *metsätyön opastajia*, jotka antavat pikakoulutusta urakoitsijoiden palveluksessa oleville hakkuumiehille. Tämäntyyppistä, myös koneenkuljettajiin ulottuvaa koulutusta tulisi maahan saada huomattavasti lisää. Laajamittaisen metsurikoulutuksen käynnistäminen olisi myös perusteltua. Työturvallisuuden, oikeaoppisten työmenetelmien ja työkalujen kunnossapidon opettaminen on kannattava investointi. Koulutus parantaa taitojen lisäksi myös työmotivaatiota, ja sijoitetut rahat saadaan nopeasti takaisin parantuneena työn tuottavuutena ja alentuvina vakuutusmaksuina. Työvoiman koulutuksesta huolehtiminen parantaa yrityksen imagoa ja palvelee siten myös lopputuotteen markkinointia.

## 4.6 Puunkorjuun kehittäminen

Puunkorjuun kehitystyö tapahtuu pääasiassa yrityksissä. Ne käyttävät työtekniikan kehittämisessä myös yksityisiä konsulttiyrityksiä. Puunkorjuun tutkimusta harjoitetaan yliopistoissa, joita on Santiagossa (Universidad de Chile), Talcassa (Universidad de Talca), Concepciónissa (Universidad del Bío-Bío ja Universidad de Concepción ) sekä Valdiviassa (Universidad Austral). Metsäalan työskentelyolojen ja työn kuormittavuuden tutkimusta ovat kuvailleet mm. Apud ja Valdés (1993).

Teollistamissäitiö Fundación Chile, jonka peruspääoma tulee puoliksi ITT-ryhmältä USA:sta ja puoliksi Chilen valtiolta, toimii useilla talouselämän aloilla. Metsäsektorilla Fundación Chilen tunnetuin hanke on huonekaluteollisuutta harjoittava CENTEC, joka on Yhdysvalloissa sijaitsevan chileläis-amerikkalaisen yhteisyrityksen kautta onnistunut pääsemään vaativille Yhdysvaltain markkinoille. Huonekalut toimitetaan pieniltä ja keskisuurilta chileläisiltä alan yrittäjiltä tulevana osina Yhdysvaltoihin, jossa ne kootaan, pintakäsitellään ja toimitetaan jälleenmyyjille.

Vuonna 1988 Fundación Chilen alaisuuteen perustettiin puun-  
tuotantoa ja -korjuuta kehittämään Grupo de Producción Forestal,  
jossa ovat jäsenenä suurimmat metsäteollisuusyritykset ja urakoit-  
sijat sekä muutamia yliopistoja. Yhteistyöryhmä järjestää semi-  
naareja, kursseja, retkeilyitä ja tutustumismatkoja, tekee projekti-  
luontoisia tutkimuksia sekä julkaisee tiedotuslehtistä. Tiedonvaihto  
yritysten välillä on toistaiseksi ollut vilkasta ja avointa. Suomessa  
ryhmä vieraili 12 hengen vahvuisena syksyllä 1994 tutustuen  
metsätalouteen, puunkorjuuseen, korjuukalustoon sekä koneen-  
kuljettajien koulutukseen.

EXPOCORMA on ilmeisesti suurin metsäalan näyttely Latina-  
laisessa Amerikassa. Se järjestetään joka toinen vuosi Concepciónin  
lähistöllä. Metsätalouden ja mekaanisen metsäteollisuuden  
kone- ja laitevalmistajien lisäksi näytteillepanijain joukossa oli  
vuonna 1993 runsaasti myös yhteisöjä sekä konsultti-, tietoliiken-  
ne- ja palveluyrityksiä. Suomalaisyritykset olivat esillä lähinnä  
edustajiensa välityksellä. Jatkossa yritysten kannattaisi harkita  
osallistumista hieman korkeammalla kansallisella profiililla. Eräs  
mahdollisuus voisi olla aihepiireittäin jäsenelty pieni yhteinen  
näyttelytila, josta kiinnostuneet voitaisiin ohjata eri maahantuojien  
luokse. Näyttelyyn liittyy suuri joukko oheistapahtumia: semi-  
naareja, retkeilyitä ja näytteilleasettajien tilaisuuksia.

# 5. Harvestereiden ja kuormatraktoreiden käyttömahdollisuudet Chilessä

---

## 5.1 Yleisiä näkökohtia

Kuormatraktorien käyttöön perustuva tavaralajimenetelmä tarjoaa useita etuja laahusjuontoon verrattuna (vrt. Hakkila ja Mery 1992, Hakkila ym. 1992). Kuormatraktorin kuormatilassa puut pysyvät puhtaina, mikä vähentää teräketju- ja teräkustannuksia sekä varastolla että jalostuslaitoksissa. *Maaston kuluminen ja maaperän tiivistyminen jäävät alhaisiksi* suuren pyörämäärän, leveiden renkaiden sekä koneiden tasaisen painonjakauman ja tasapainoisen voimansiirron ansiosta. Maastovaurioita ja kasvamaan jäävien puiden juuristovaurioita voidaan edelleen vähentää keskittämällä hakkuutähteet kuormatraktorin ajouralle.

*Korjuuvaurioilta* on huomattavasti helpompi välttyä käytettäessä tavaralajimenetelmää ja pitkäulotteisella kuormaimella varustettua kuormatraktoria kuin juonnettaessa rankoja tai karsimattomia puita laahustraktorilla. Harvennuksissa laahustraktorilla vinsattaessa ja ajourien mutkissa syntyy pitkistä juontotaakoista pystypuihin helposti runkovaurioita, jotka aiheuttavat laho- ja värivikoja ja siten huomattavia taloudellisia menetyksiä. Nämä menetykset ovat erityisen suuria intensiivisesti hoidetuissa viljelymetissä, joissa oksattoman runkopuun tuotantoon uhrataan paljon aikaa ja vaivaa toistuvine karsintoineen ja harvennuksineen. Pieni rungon koko ja pitkähköt kuljetusmatkat harvennuksissa alentavat tuottavuutta vähemmän metsätraktoreita kuin laahustraktoreita käytettäessä.

Suuren kuormakoon ansiosta *tuottavuus pysyy suhteellisesti hyvänä pitkillä kuljetusmatkoilla*, joten *metsätieverkoston tiheydestä voidaan tinkiä*. Tilantarve sekä pölyämistä ja maan tiivistymistä aiheuttava *liikennöinti varastoalueilla vähenee*, kun katkotta tehdään jo metsässä ja puutavaralajit lajitellaan varastolla valmiiksi noin 3 m korkeisiin kasoihin. Itse asiassa metsätraktoreita käytettäessä varsinaisia varastoalueita ei tarvita lainkaan, vaan

puutavara voidaan pinota tien varteen tai suoraan kuorma-autoon tai puoliperävaunuun. Kuormatraktori voi tehdä pinon metsän puolelta, joten tiet säilyvät hyvässä kunnossa ja vapaina muulle liikenteelle. Suuret varastomuodostelmat nopeuttavat puutavara-autojen kuormausta ja toimivat puskurivarastoina mahdollisten konerikkojen varalta.

Sekä hakkuutyö hakkuukoneella että lähikuljetus kuormatraktorilla ovat *itsenäisiä työvaiheita*, jolloin esimerkiksi kuormatraktoria voidaan käyttää, vaikka hakkuutyö ja puutavaran kuorma-autokuljetus tilapäisesti keskeytyisivät. Kuljettajien lisäksi muuta työvoimaa ei tarvita metsäpäässä eikä varastolla, mikä vähentää ratkaisevasti tapaturmariskiä laahusjuontoon verrattuna.

*Työskentely* harvestereiden ja metsätraktoreiden ilmastoiduissa, pölyltä ja sateelta suojatussa sekä tärinältä vaimennetussa ohjaamossa on *miellyttävää ja turvallista*. Hallintalaitteet on sijoitettu ergonomisesti oikein ja esimerkiksi kuormaimen käyttö on sähköisen esiohjauksen ansiosta vaivatonta. Koneiden suunnittelussa on otettu huomioon ergonomiset kysymykset myös huolto ja korjaustöiden yhteydessä. Hyvien *työvalojen* ansiosta työskentely koneilla on mahdollista ympäri vuorokauden.

Ympärivuorokautisesti työskennellessään yksi hakkuukone vastaa vähintään kahdenkymmenen hakkuumiehen työpanosta. Tämä vähentää tapaturma-alttiutta ja helpottaa henkilöstökuljetuksia. Koneenkuljettajat voivat tarvittaessa majoittua asuntovaunuun työmaan läheisyyteen työviikon ajaksi, jolloin teiden kunto ei välittömästi vaikuta työskentelyyn ja matka-aika säästyy työntekoon.

Hakkuukoneella puita kaadettaessa kaadon suuntaus on helppoa kun miestyönä. Koska kaatosahauksen jälkeen puun tyveä vedetään kohti hakkuukonetta, puu saa enemmän kaatumatila. Edellä mainituista syistä sekä kaadettavan että vielä pystyssä olevien *puiden katkeilu on vähäisempää* kuin miestyönä tehtävässä hakkuussa. Hakkuutyö muuttuu jatkuvasti monimutkaisemmaksi, kun esimerkiksi vientitukkien monimutkaiset mitta- ja laatuvaatimukset on otettava huomioon. Hakkuukoneiden pölkyn pituutta ja läpimittaa mittaavien antureiden sekä kehittyneen mitausautomaatiikan ansiosta *puutavaran mitta*us ja useiden rinnakkaisten *mitta- ja laatuvaatimusten hallinta on helpoa*.

Koneellisessa korjuussa *työn laatu säilyy tasaisempana*, ja tehtäillä käyttöön otettavien ISO 9000 -sarjan *laatustandardien toteutus ja valvonta helpottuu*. Hakkuukoneiden ja metsätraktoreiden käyttö korjuussa tarjoaa myös *hyvät mahdollisuudet työntekijöiden suoritusten määrälliseen ja laadulliseen arviointiin sekä yksilölliseen suoriteperustaiseen palkkaukseen*.

## 5.2 Tähänastisia käyttökokemuksia

Vuonna 1991 Santa Fe -ryhmän metsäyhtiö Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A. (silloiselta nimeltään Forestal Colcura S.A.) käynnisti yhteistyössä Ponsse Oy:n ja sen silloisen markkinointiyhtiön Norcar Oy:n sekä Fundación Chile -säätiön kanssa kokeilun, jossa ensimmäisenä Chilessä selviteltiin hakkuukoneen ja kuormatraktorin käyttömahdollisuuksia. Alusta lähtien yhtiöllä on ollut käytettävissään suomalainen kuljettaja/kouluttaja. Vaikka koneiden pääasiallinen käyttöalue olikin eukalyptusviljelmien avohakkuissa, niitä kokeiltiin myös radiataviljelmillä. Kokemuksiin oltiin tyytyväisiä, ja syyskuussa 1993 hankittiin toinen Ponsse Ergo HS15 -hakkuukone ja Ponsse Ergo S15 -kuormatraktori. Vuonna 1994 yhtiön konekantaan lisättiin vielä kahdella vastaavalla koneketjulla. Kaikkia koneita käyttää nykyään chileläinen kuljettaja. Harvestereita ja kuormatraktoreita tullaan hankkimaan lähivuosina lisää. Todettakoon, että em. suomalainen kuljettaja/kouluttaja on perustanut Chileen oman yrityksen ja aikoo jatkossa työskennellä Chilessä koneyrittäjänä sekä metsäkoneiden käytön, huollon ja kuljettajakoulutuksen konsulttina. Hänellä on vuoden 1994 päättyessä käytössään kaksi hakkuukonetta ja kaksi kuormatraktoria.

*Työturvallisuuden lisääminen* oli pääsyynä Santa Fe -ryhmän kiinnostukseen skandinaavista korjuuteknologiaa kohtaan. Yhtiön pääomistaja Royal Dutch/Shell oli vaatinut parannusta työntekijöiden turvallisuuteen. Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A. -yhtiön laskelmien mukaan riskitaso korjattua kuutiometriä kohden laskettuna on hakkuukonekorjuussa vain 3 % perinteisten moottorisahojen ja laahustraktoreiden käyttöön perustuvien korjuumenetelmien riskitasosta, kun otetaan huomioon tapaturmien esiintymistiheys ja vakavuus. Muina korjuun kehittämiprojektin tavoitteina oli korjuukustannusten alentaminen, korjuumäärien tuntuva lisääminen sekä korjuun ympäristöystävällisyyden parantaminen (Rubinstein 1993).

Helmikuusta 1992 toukokuuhun 1993 kestäneen seurantajakson aikana korjuuketjun keskimääräiseksi tuotostasoksi saatiin 6 372 m<sup>3</sup>/kk, mikä vastaa vuositasolla 76 500 kuutiometrin hakkuumäärää. Hakkuukoneella työskenneltiin keskimäärin 270 h/kk (3240 h/a) keskimääräisen tuottavuuden ollessa 24,1 m<sup>3</sup>/h. Kuormatraktorin käyttöaika oli 323 h/kk (3876 h/a) ja tuottavuus 19,8 m<sup>3</sup>/h. Kuormatraktorin tuottavuus aleni jokseenkin lineaarisesti kuljetusmatkan pidetessä: tuottavuus oli 100 metrin kuljetusmatkalla kolminkertainen 600 metrin ajomatkaan verrattuna. Myös rinteiden kaltevuus vaikutti kuormatraktorin tuottavuuteen. Kun rinteiden jyrkkyys oli 30 %, tuottavuus aleni noin 15 % tasamaahan verrattuna. Seurantatutkimuksessa korjuukustannukset jakautui-

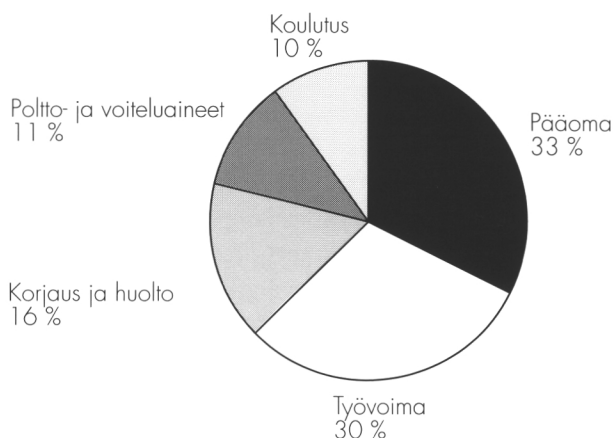
vat kuvan 13 mukaisesti. Koulutuskustannukset alenivat nopeasti seurantajakson aikana. Kaikkiaan korjuukustannuksissa saavutettiin yli 20 prosentin säästö miestyövaltaisiin laahustraktorin käyttöön perustuviin menetelmiin verrattuna (Rubinstein 1994).

Yhteistyö suomalaisten konevalmistajien ja koneiden chileläisten käyttäjien välillä on ollut kiinteää ja hedelmällistä. Parannusehdotukset on otettu huomioon joko kaikkien uusien koneiden valmistuksessa tai maakohtaisina erikoisvarusteina. Esimerkiksi kesän korkeat lämpötilat ja vilkasliikenteisiltä metsäteiltä kulkeutuva runsas, hienojakoinen pöly aiheuttavat erityisongelmia, jotka on otettu huomioon kehitettäessä mm. koneiden ilmansuodattimia, ilmastointilaitteita, häikäisysojia sekä moottorin, hydraulioöljyn ja jopa sähkölaitteiden jäähdytysjärjestelmiä. Sadeaikana puolestaan koneissa saatetaan tarvita tavallista useampia lasinpyyhkijöitä.

Minincon tytäryhtiö SEFORE ja kolme muuta CMPC-yhtymälle urakoivaa yritystä hankkivat vuoden 1992 lopulla yhteensä kuusi hakkuukonetta, neljä kuormatraktoria ja kaksi pankkojuontotraktoria. SEFOREn koneista avohakkuilla työskentelee uusseelantilaisella Waratah 230HTH hakkuulaiteella varustettu telaalustainen Timberjack 2618 (kuva 14), jonka valmistamat rungot kuljetetaan tienvarteen Timberjack 933C pankkojuontotraktorilla. Harvennuksien koneketjut koostuvat kahdesta tela-alustaisesta Timberjack 608/762B hakkuukoneesta ja kahdesta Timberjack 1010 kuormatraktorista. Peruskoneet ovat kanadalaisia, mutta harvennuksissa käytettävä hakkuulaite tulee Ruotsista ja lähikuljetuskalusto Suomesta.

Hakkuukoneketjuja on myös CMPC-yhtymän suurimmilla urakoitsijoilla. Biggeman y Cia.:lla on käytössään vastaava avohak-

Kuva 13. Koneellisen korjuuketjun kustannusten jakautuminen seurantatutkimuksessa.





Kuva 14. Waratah 230 HTH hakkuulaitteella varustettu telalustainen Timberjack 2618 -hakkuukone.

kuuketju, jossa lähikuljetus hoidetaan edellisestä poiketen Timberjack 933F kuormatraktorilla (kuva 15). Edellisessä kappaleessa kuvatun kaltainen harvenushakkuuketju on sekä SOTRAFOR:illa että SERFOCOL:illa. Urakoitsija Juan Cerdalla puolestaan on Waratah 230HTH -hakkuulaitteella varustettu PC200 kaivukone, jolla valmistetut puut kuljetetaan laahustraktorilla. Mininco aikoo nostaa koneellisen hakkuun osuuden 40 %:iin lähitulevaisuudessa. Tämä edellyttäisi vähintään 8–10 uuden korjuuketjun hankintaa. Vastaava määrä puuta korjattaisiin laahustraktoreilla ja loput köysiradoilla.

SEFOREn organisaatiossa hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostama korjuuketju työllistää kaksivuorotyössä yhteensä 8,5 henkilöä: työnjohtaja, 5 kuljettajaa, 1,5 koneasentajaa ja metsuri. Yhteenlasketut palkkakustannukset ovat 7340 USD/kk (1 USD = 4,65 mk, joulukuu 1994), minkä lisäksi ruoka-, majoitus- matka- ja organisatoriset kustannukset ovat 5 030 USD/kk. Koneiden käyttötuntikustannukset on esitetty taulukossa 1 ja korjuun yksikkökustannukset taulukossa 2. Laskelmissa koneiden käyttöikä on 15 000 h, jäännösarvo 35 %, käyttöaika 3000 h/a ja korkotaso 8 %.

CMPC yhtymälle urakoivien hakkuukoneketjujen tuottavuutta seurattiin heinäkuusta syyskuuhun 1993 (Hermosilla 1993). Harvennuksissa neljän Timberjack 608/762B hakkuukoneen keskimääräinen tuottavuus oli 13 m<sup>3</sup>/h. Käyttöaika vastasi 3244 tuntin



Kuva 15. Timberjack 933F kuormatraktori.

vuotuista käyttöaikaa, jolloin ketjun vuosituotokseksi muodostuu noin 42 000 m<sup>3</sup>. Viiden Timberjack 1010 kuormatraktorin keskimääräinen tuottavuus harvennuksissa oli 11,4 m<sup>3</sup>/h. Kuormatraktorin vuotuinen käyttöaika on harvesterin vuosituotoksen perusteella tällöin 3 675 h. Yhdellä vajaan 8 000 kuutiometrin työmaalla samoja koneita käytettiin harventamattoman radiataviljelmän avohakkuussa, jolloin tuntuotosto oli hakkuukoneella 24,9 ja kuormatraktorilla 22,2 m<sup>3</sup>.

Avohakkuussa kahden Timberjack 2618 alustaisen ja yhden PC200 kaivukonealustaisen Waratah 230HTH -hakkuulaitteella varustetun hakkuukoneen keskimääräinen tuottavuus oli kolmen kuukauden seurantajakson aikana 21,7 m<sup>3</sup>/h. Koneiden käyttö vastasi 2675 tunnin vuotuista käyttöaikaa ja noin 58 000 m<sup>3</sup>:n vuotuista hakkuumäärää. Käytössä oli kolme erilaista lähikuljetusratkaisua. Kuormatraktorin tuottavuus oli 22,4, pankkojuontotraktorin 21,6 ja laahustraktorin 19,4 m<sup>3</sup>/h. Tuottavuustietoja ei lähikuljetuskaluston osalta voi vertailla, sillä kuljetusmatkoja ja muita korjuun olosuhdetietoja ei ilmoitettu.

CMPC yhtiön kokemuksen mukaan koneiden käytön oppiminen oli ollut odotettua helpompaa. Kalustoa oli voitu käyttää jyrkemmissä rinteissä kuin laahustraktoreita ja työskentely pensaikkoisilla alueilla oli ollut helpompaa kuin entisillä menetelmillä. Maaperävaurioita syntyy aikaisempaa vähemmän. Koneelli-

nen puunkorjuu oli vähentänyt henkilökuljetusten tarvetta ja helpottanut ruokahuoltoa. Korjuukustannukset olivat pysyneet samalla tasolla aikasempiin menetelmiin verrattuna. Työn tuottavuus ja työtapaturmien määrä eri menetelmissä on esitetty taulukossa 3. Puolikoneellisessa menetelmässä puut kaadetaan koneellisesti, karsitaan metsässä miestyönä, kuljetetaan välivarastolle hydraulikouralla varustetulla laahustraktorilla, katkotaan miestyönä ja pinotaan siirtelytraktorilla.

Taulukko 1. Hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden konekustannukset (Hermosilla 1993)

	Harvennus		Avohakkuu	
	Hakkuukone	Kuorma- traktori	Hakkuukone	Kuorma- traktori
Hinta, 1000 USD	265	205	345	315
Konekustannus				
Pääoma	17	13	22	20
Poltto- ja voiteluaineet	6	4	9	6
Korjaus ja huolto	10	8	12	10
Yhteensä	33	25	43	36

Taulukko 2. Korjuun (hakkuu ja metsäkuljetus) yksikkökustannukset (Hermosilla 1993)

Hakkuutapa	Harvennus				Avohakkuu		
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,6	0,8	1,0
Puun koko, m <sup>3</sup>	0,15	0,20	0,25	0,30	0,6	0,8	1,0
Korjuuketjun tuottavuus, m <sup>3</sup> /h	14	16	18	20	26	28	30
Yksikkökustannus, USD/m <sup>3</sup>	9,5	8,3	7,4	6,6	6,2	5,6	5,2

Taulukko 3. Työn tuottavuus ja työtapaturmat eri korjuumenetelmissä (Hermosilla 1993)

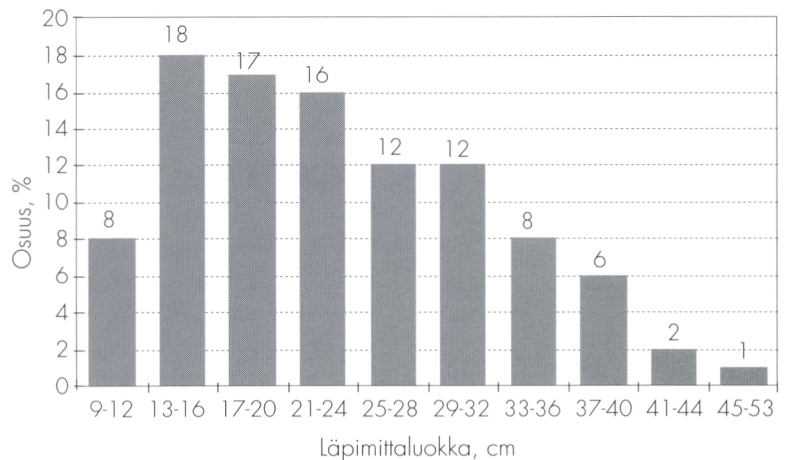
	Härkä- juonto	Laahus- juonto	Puoli- koneellinen	Koneellinen
Tuotos, m <sup>3</sup> /kk	1000	2000	10000	8000
Investoinnit, 1000 USD	30	130	410	670
Työntekijöiden määrä	12	12	20	9
Keskipalkka, USD/kk	190	325	375	500
Tuottavuus, m <sup>3</sup> /miespäivä	3,1	5,7	16,7	29,6
Tapaturmatiheys, 100*tapaturmien määrä/ työntekijäin määrä	18,5	11,6	10,8	6,5
Tapaturmatiheys, menetettyjen työpäivien määrä / korjattu 1 milj. m <sup>3</sup>	2590	818	256	87

# 6. Työntutkimus hakkuukoneesta ja kuormatraktorista

## 6.1 Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto kerättiin 11.–18. marraskuuta 1993 Forestal y Agrícola Monte Aguilan Rucamanquin tilalla, noin 130 km Concepciónista kaakkoon. 23-vuotias, harventamaton radiatamännikkö hakattiin perustettavan eukalyptusviljelmän tieltä. Työmaan koko oli 46 ha. Hakkuualueen alaosassa rinteen kaltevuus oli 20 % ja yläosassa 35 %. Maaperä oli tuliperäistä savea. Tutkimusajan kohtana oli työajan ulkopuolella muutamia kuurosateita, mutta sade oli vähäistä eikä haitannut työskentelyä. Tutkimuksessa mukana olleella hakkuualueen osalla puuston tiheys oli 950 puuta/ha ja hakkuukertymä kuorineen 483 m<sup>3</sup>/ha. Rungon keskikoko oli siten 0,51 m<sup>3</sup> kuorineen. Koska metsikköä ei oltu harvennettu, puusto oli epähomogeenista. Elävien puiden rinnankorkeusläpimitat vaihtelivat 5 ja 53 senttimetrin välillä. Puiden rinnankorkeusläpimittaluokkajakauma on esitetty kuvassa 16. Lisäksi metsi-

Kuva 16. Puutavaralajeiksi valmistettujen puiden rinnankorkeusläpimittaluokkajakauma.





Kuva 17. Ponsse HS15 -hakuukone tutkimustyömaalla.

kössä oli runsaasti kuolleita puita. Kalustona oli Ponsse Ergo HS15 hakuukone sekä kaksi Ponsse Ergo S15 kuormatraktoria (kuvat 17 ja 18).

Hakuukoneen kuljettajana toimi chileläinen huoltoteknikko, jolla oli vuoden kokemus Ponssen kuormatraktorista ja sen jälkeen vuoden kokemus hakuukoneesta. Kuormatraktorin kuljettajat olivat chileläisiä 27–28 vuotiaita hydraulikka-alan teknikoita. Heillä oli 7 ja 1,5 kuukauden työkokemus metsätraktoreista.

*Hakuukoneen tutkimusaineisto* muodostui 857 puusta. Puiden pituuskäyrää varten mitattiin 23 koepuusta läpimitta ja pituus. Noin joka kymmenennestä kaadettavasta puusta mitattiin rinnan korkeusläpimitta etukäteen, ja tieto merkittiin spraymaalilla puun kylkeen. Muista puista läpimitta arvioitiin aikatutkimuksen yhteydessä 2 cm:n luokkiin käyttäen arvioinnin tukena etukäteen mitattuja puita. Taukojen aikana tehtiin tarvittaessa lisä- ja tarkistusmittauksia. Tutkimusaineiston puiden kokonaistilavuus oli 434 m<sup>3</sup> kuorineen.

Hakuukoneen aikatutkimuksessa tehoaika jaettiin puukohtaisiin ja työpistekohtaisiin elementteihin. Puukohtaisia tietoja olivat läpimitta, käsittelyaika, vaikeusluokka sekä puunkäsittelyä hidastaneet tekijät. Puun katketessa kaadon yhteydessä myös tästä tehtiin merkintä lomakkeelle. Suurten puiden käsittelyn yhteydessä konetta jouduttiin usein siirtämään ja pölkkyjä järjestelemään. Tällaiset selkeästi yhteen puuhun kohdistettavissa olevat ajat si-



Kuva 18. Ponsse S15-kuormatraktori tutkimustyömaalla. Rinteen kaltevuus on 35 %.

sällytettiin puukohtaiseen käsittelyaikaan. Osasta puista kirjattiin työvaihekohtaiset ajat tarkemmin: erikseen hakkuulaitteen siirto puun tyvelle, kaatosahaus, puun siirto karsinta-asentoon sekä karsinta ja katkenta. Työpistekohtaisia tietoja olivat siirtymisaika ja -matka, rinteen kaltevuus sekä aluskasvillisuuden raivaukseen sekä oksien ja pölkkyjen järjestelyyn käytetty aika. Keskeytykset kirjattiin erikseen.

Käsittelyjen puiden tilavuuksien laskennassa määritettiin aluksi pituuskäyrä koepuuaineiston perusteella. Käyrä sai muodon

$$(1) \quad h = 8,4755 * \ln(d)$$

Rungon käyttöosan tilavuus laskettiin kaavalla 2 (Prueba y Corrección... 1979). Kuoren määräksi oletettiin 15 % kokonaistilavuudesta.

$$(2) \quad v = 0,001881 + 0,000000349531 * d^2 * h * f$$

$v$  = käyttöosan kuoreton tilavuus,  $m^3$   
 $d$  = rinnankorkeusläpimitta,  $cm$   
 $h$  = pituus,  $m$   
 $f$  = Girardin muotoluku (Clase de Forma Girard), erillisestä taulukosta (Prueba y Corrección... 1979)

*Kuormatraktorin aikatutkimusaineisto* kerättiin kuormittain. Mukana oli kaksi konetta, ja kumpaakin ajoi eri kuljettaja. Tutkimus-

aineisto on esitelty taulukossa 4. Kahdesta tukki kuormasta ja kuudesta kuitupuukuormasta ei kuitenkaan saatu tallennetuksi kaikkia tietoja. Nämä kuormat ovat soveltuvin osin mukana työvaihekohtaisissa laskelmissa, mutta ne eivät ole mukana tuotantoajan jakautumista eivätkä tuottavuutta koskevista tarkasteluista. Kuormien tilavuuden määrittäminen perustui pölkkyjen lukumäärän laskentaan.

Pölkkyjen keskitilavuus määritettiin erikseen. Tukeille ja kuitupuupölkkyille laskettiin keskipituus ja pölkyn keskeltä mitattujen läpimittojen avulla määritettiin keskimääräinen poikkileikkauspinta-ala. Pölkyn keskimääräinen tilavuus laskettiin keskipituuden ja keskimääräisen poikkileikkauspinta-alan tulona tavaralajeittain. Kuitupuupölkkyjen minimilatvaläpimitta oli 8 cm ja tukkien 15 cm.

Taulukko 4. Kuormatraktoritutkimuksen aineisto

Muuttuja		Puutavaralaji		
		Kuitupu	Tukit	Yhteensä
Puumäärä, m <sup>3</sup> (kuorineen)	Kuljettaja 1	316	79	395
	Kuljettaja 2	210	23	233
	Yhteensä	526	102	628
Kuormien lukumäärä	Kuljettaja 1	36	9	45
	Kuljettaja 2	24	2	26
	Yhteensä	60	11	71

## 6.2 Tulokset

### 6.2.1 Hakkuu

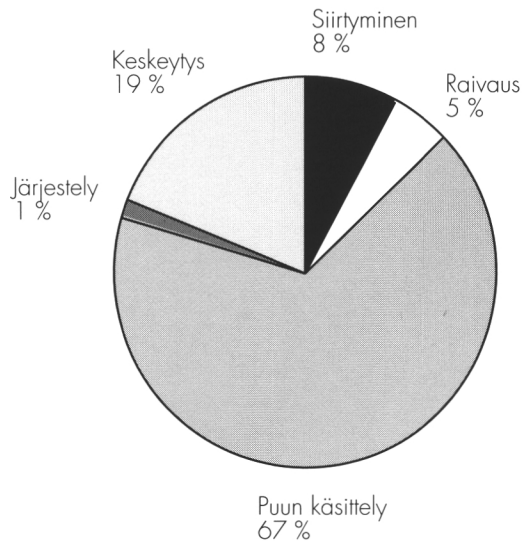
#### 6.2.1.1 Tuotantoajan jakautuminen

Työntutkimuksissa tuotantoaika jaetaan tehoaikaan ja alle 15 minuutin keskeytyksiin. Hakkuukoneen tuotantoajan jakautuminen tutkimustyömaalla on esitetty kuvassa 19.

#### 6.2.1.2 Siirtyminen

Siirtymisellä tarkoitetaan hakkuukoneen siirtymistä työpisteestä toiseen. Työvaihe alkaa, kun kone lähtee liikkeelle ja päättyy, kun hakkuulaitteen siirto kaadettavan puun tyvelle alkaa. Työvaiheeseen sisältyy siten myös työn suunnittelua, rungon katkaisukoh-

Kuva 19. Hakkuukoneen tuotantoajan jakautuminen.



tien alustavaa määrittämistä sekä harvennuksissa poistettavien puiden valintaa.

Kone siirtyi aluksi mäen päälle ja eteni lyhyin työpistesirroin alarinteeseen. Tämä poikkeaa tavanomaisesta työskentelytekniikasta rinteillä. Suomalaisten ja skotlantilaisten kokemusten mukaan rinteillä kannattaa työskennellä alhaalta ylärinteeseen päin siirtyen, koska koneen vakavuus tuolloin paranee. Hakkuukaistan leveys oli keskimäärin 11 m. Taulukossa 5 on esitetty siirtojen lukumäärän jakautuminen pituusluokittain sekä vastaavat keskimääräiset siirtymismatkat ja -nopeudet. Siirtymisen osuus tuotantoajasta oli 8 prosenttia. Kun suomalaisissa oloissa keskimääräinen siirtymisnopeus uudistushakkuissa on 20 m/min ja rinteiden kaltevuus suomalaisen maastoluokituksen avulla huomioituna 13 m/min (Kuitto ym. 1994), voidaan todeta, että tutkimustyömaalla siirtymisnopeus ei ratkaisevasti poikennut keskimääräisestä suomalaisesta siirtymisnopeudesta.

Keskimääräinen siirtymisaika runkoa kohden oli 10 cmin. Tämä oli selvästi suurempi kuin suomalaistutkimuksessa, jossa runkoa kohden laskettu siirtymisaika oli vastaavassa tiheysluokassa 5 cmin. Rinteiden jyrkkyys ja suurten puiden suurempi osuus poistettavista puista lisäsivät lyhyiden siirtymisten tarvetta suomalaisiin korjuuoloihin verrattuna.

Taulukko 5. Hakkuukoneen siirtojen jakauma pituusluokittain sekä vastaavat keskimääräiset siirtymismatkat ja -nopeudet

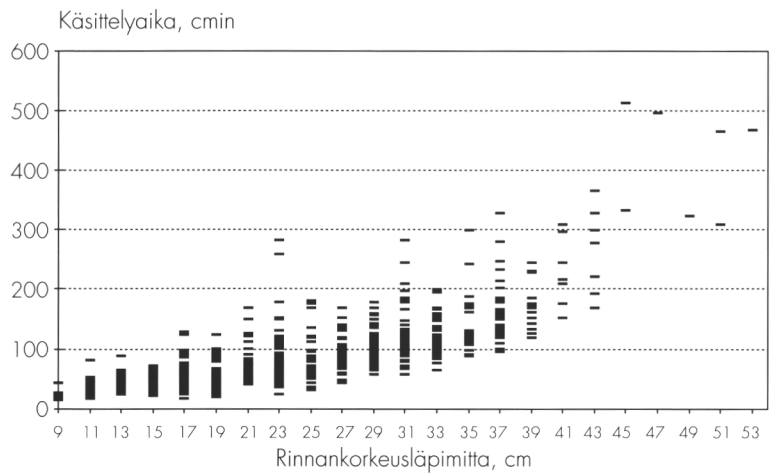
Siirtymis- matka- luokka	Osuus siirtymisistä	Keski- määräinen siirtymis- matka	Keskimääräinen siirtymisnopeus,	
	%	m	km/h	m/min
1–3 m	86	2,0	0,9	14,6
4–6 m	8	4,8	0,9	15,2
7–10 m	2	9,0	1,4	23,7
11–20 m	2	14,6	1,7	27,8
21+ m	2	63,3	2,0	33,4
Kaikki	100	4,2	0,9	15,6

### 6.2.1.3 Puun käsittely

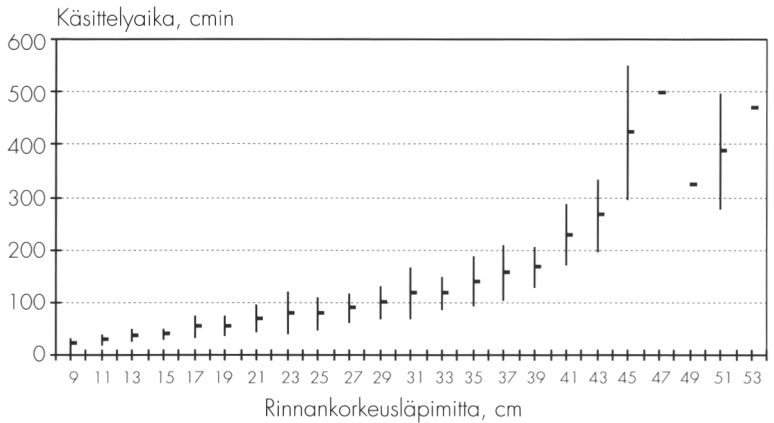
Puun käsittelyyn käytettiin 67 % koneen tuotantoajasta. Käsittelyaika vaihteli läpimittaluokittain kuvan 20 mukaisesti. Luokkakeskisarvot ja luokittaisten keskihajontojen avulla määritetyt 60 %:n luotettavuusvälit puolestaan on esitetty kuvassa 21. Kuten kuvista voidaan havaita, pienissäkin läpimittaluokissa oli muutamia hitaasti käsiteltäviä puita, jotka nostivat keskihajonnan melko korkeaksi. Käytettäessä vertailuperusteena runkojen tilavuutta tämän tutkimuksen käsittelyajat vastaavat likimain suomalaisia käsittelyaikoja suomalaistutkimuksessa esitetyllä rungonkokoalueella 0,05...0,50 m<sup>3</sup> (Kuitto ym. 1994). Läpimitaltaan 45–53 cm:n puita oli kaikkiaan vain 7, joten luotettavaa kuvaa näin suurten puiden käsittelyajoista ei saatu. Tämän kokoluokan puut – tilavuudeltaan yli 2 m<sup>3</sup> ja kokonaismassaltaan oksineen noin 3 t – ovat selvästi koneen kapasiteetin ylärajoilla.

Tutkimukseen sisältyneistä 857 puusta 105:n käsittely oli selvästi keskimääräistä hitaampaa. Kuten taulukosta 6 selviää, valtaosa hidastumisen syistä liittyi rungon ominaisuuksiin.

Kuva 20. Puunkäsittelyajan vaihtelu läpimitaluokittain.



Kuva 21. Puunkäsittelyaika- ja läpimitaluokittaiset keskiarvot ja 60 %:n luotettavuusvälit.



Taulukko 6. Puun käsittelyn hidastumiseen vaikuttavat tekijät

Tekijä	N	Osuus rungoista, %
Haara	63	7,4
Mutka	19	2,2
Oksat	7	0,8
Järeys	5	0,6
Tiheys	2	0,2
Tuuli	1	0,1
Pudotus	8	0,9
Yhteensä	105	12,2

Radiatamänty haaroittuu helposti, ja mutkatkin ovat yleisiä. Yli kymmensenttiset yksittäiset oksat ja samassa oksakiehkurassa olevat useammat 8–10 cm:n vahvuiset oksat hidastivat selvästi karsimista. Pituusmittarullan toimintahäiriöt ja toisaalta inhimilliset lipsahdukset aiheuttivat jonkin verran tahallisia ja tahattomia runkojen pudotuksia.

#### 6.2.1.4 Raivaus ja järjestely

Alamittaisten puiden ja alikasvoksen raivaukseen käytettiin 5 prosenttia hakkuukoneen tuotantoajasta. Puuta kohden laskettuna raivauksen ajanmenekki oli 6 cmin/puu.

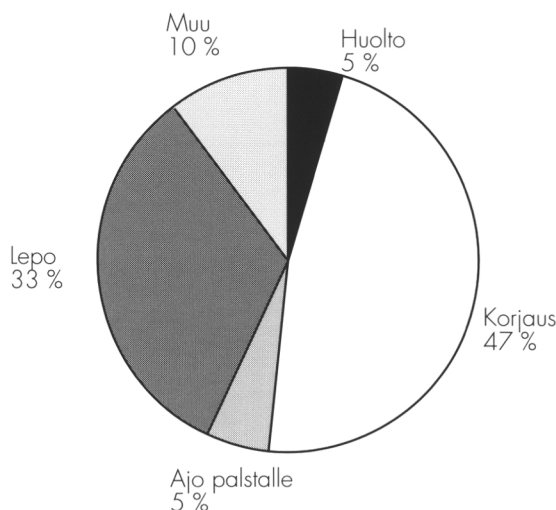
Hakkuutähteiden siirtely sekä ne pölkkyjen siirrot, joita ei kohdistettu yksittäisille puille, veivät aikaa keskimäärin 1 cmin/puu. Tämän työvaiheen osuus koneen tuotantoajasta oli 1 %.

#### 6.2.1.5 Keskeytykset

Alle 15 minuutin pituisten keskeytysten osuus oli 19 % tuotantoajasta. Puuta kohden keskeytysten ajanmenekki oli 23 cmin. Keskeytysten jakautuminen on esitetty kuvassa 22. Huolto oli karsintaterien kunnostusta, ja pääosa korjauksista teräketjun ja laipan vaihtoa. Muut keskeytykset muodostuivat pääasiassa radiopuheiluista.

Suomessa lyhyiden keskeytysten osuus tuotantoajasta on 17 % (Kuitto ym. 1994). Taulukossa 7 on vertailtu keskeytysten syitä

Kuva 22. Alle 15 min keskeytysten jakautuminen.



Chilessä ja Suomessa. Suomessa näytetään tehtävän tuotantoaikaan sisältyviä lyhyitä huoltotöitä enemmän, mutta korjauksia selvästi vähemmän kuin Chilessä. Mittalaitteen kalibroinnin tarkastus aiheuttaa Suomessa suuren osan muista keskeytyksistä (Kuitto ym. 1994).

Taulukko 7. Keskeytysten osuus tuotantoajasta

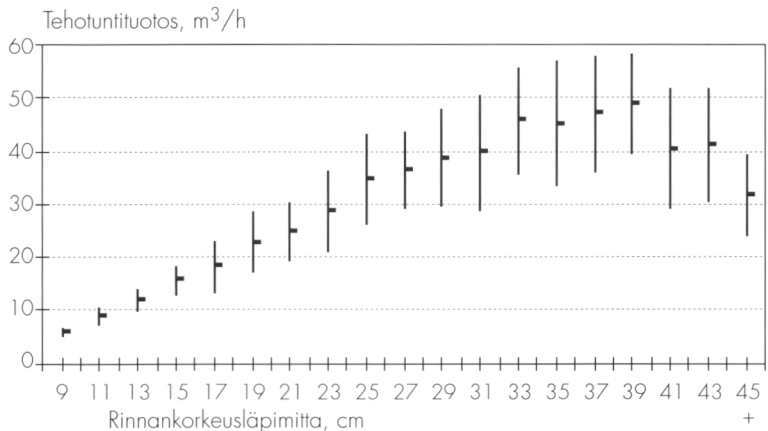
Keskeytys	Osuus tuotantoajasta, %	
	Chile	Suomi
Huolto	1	3
Korjaus	9	2
Ajo palstalle	1	1
Lepo	6	5
Muu	2	5
Yhteensä	19	17

#### 6.2.1.6 Tuottavuus

Rungon keskikoko koetyömaalla oli 0,50 m<sup>3</sup> kuorineen, ja keskimääräinen työn tuottavuus oli 24,6 m<sup>3</sup> kuorineen tuotantotunnissa. Mainittakoon, että Etelä-Suomen avohakkuissa rungon keskikoko on 0,37 m<sup>3</sup> kuorineen ja keskimääräinen tuotantotuntituotos 17,2 m<sup>3</sup>/h (Kuitto ym. 1994).

Tehotuntia kohden – siis ilman keskeytyksiä – koneen tuottavuus koetyömaalla oli 30,3 m<sup>3</sup>/h. Kuten kuvasta 23 nähdään, alkaa koneen tuottavuus laskea, kun rungon rinnankorkeusläpimitta ylittää

Kuva 23. Hakkuukoneen tuottavuus.



tää 40 cm. Suurista, 45–53 cm:n läpimittaisista rungoista oli vain seitsemän havaintoa, mutta niiden perusteella tuottavuus näyttää tässä kokoluokassa laskevan tasolle 32 m<sup>3</sup> tehotunnissa.

#### 6.2.1.7 Työn laatu

Hakkuukoneen työn laatua arvioitiin silmämääräisesti. Pitkiä kantoja metsään ei jäänyt, mutta latvahukkapuun määrä oli puutavaralajistandardien vuoksi verrattain suuri. Kaadon yhteydessä 4 prosenttia rungoista katkesi latvasta, mikä lisäsi hakkuutähteiden määrää. Puutavaralajien lajittelussa ja kourakasojen muodossa oli toivomisen varaa: tukit ja kuitupuu olivat usein sekaisin, pölkkyjä oli kasoissa ristikkäin ja pölkkyjen päät olivat harvoin tasan (kuva 24).

Pölkkyjen pituudet poikkesivat myös selvästi tavoitepituudesta 2,44 m. Kuitupuun osalta mittaustarkkuudet  $\pm 5$  cm ja  $\pm 10$  cm saavutettiin vain 59 ja 72 prosentissa pölkkyistä, vastaavasti. Suomessa käytössä olevien suositusten mukaan 70 prosentilla kuitupuupölkkyistä mittaustarkkuuden tulisi olla  $\pm 1$  % ja kaikkien pölkkyjen osalta mittaustarkkuuden tulisi olla  $\pm 3$  %. Tutkimustyömaalla nämä mittaustarkkuusvaatimukset täyttäviä pölkkyjä oli ainoastaan 36 ja 92 %, vastaavasti. Tukkien osalta mittaustarkkuudet  $\pm 5$  cm ja  $\pm 10$  cm saavutettiin vain 70 ja 86 prosentissa

Kuva 24. Hakkuukoneen työtä jälkeä tutkimustyömaalla.



pölkyistä, vastaavasti. Suomessa tukkeja koskevan suosituksen mukaan 90 prosentilla tukeista mittaustarkkuuden tulee olla  $\pm 5$  cm. Maaperävaurioita koneellisen hakkuun yhteydessä ei syntynyt.

## 6.2.2 Lähikuljetus

### 6.2.2.1 Tuotantoajan jakautuminen

Keskimääräisellä 135 metrin ajomatalla kuormatraktorin tuotantoajasta puolet kului kuormaukseen ja viidennes kuorman purkuun (kuva 25).

### 6.2.2.2 Ajo tyhjänä

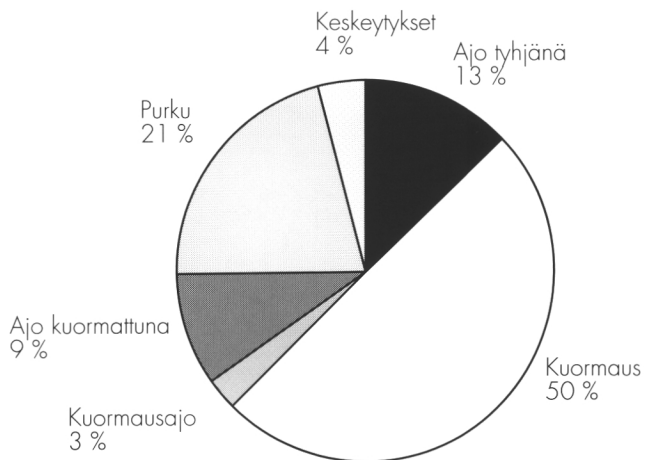
Ajo tyhjänä vei 13 % tuotantoajasta. Koneella siirryttiin varastolta rinteeseen yläosaan, jossa kuormaus aloitettiin. Keskimääräinen tyhjänäajomatka oli 140 m. Työvaiheen ajanmenekki voidaan esittää kaavana 3 ( $R^2=0,74$ ,  $SEE=0,52$ ):

$$T_e = 0,57 + 0,020 * l_e, \quad (3)$$

jossa  $T_e$  = tyhjänäajoaika, min/kuorma  
 $l_e$  = ajomatka, m

Keskimääräinen *ajonopeus* oli 37 m/min. Ajonopeudessa ei havaittu rinteeseen kaltevuudesta johtuvia eroja ajettaessa tyhjänä ylärinteeseen päin rinteeseen kaltevuuden ollessa 20 ja 35 %. Suoma-

Kuva 25. Kuormatraktorin tuotantoajan jakautuminen.



laistutkimuksessa (Kuitto ym 1994) tyhjänäajonopeus oli kesällä koneellisen hakkuun jälkeen tasamaalla 57 ja alle 15 %:n vastamäessä 40 m/min. Tätä jyrkemmistä rinteistä suomalaistutkimuksessa oli niukasti havaintoja.

### 6.2.2.3 Kuormaus

Puolet kuormatraktorin tuotantoajasta kului kuormaukseen. Taulukossa 8 on esitetty kuormauksen ajanmenekki tavaralajeittain ja kuljettajittain sekä muita kuormasta kuvaavia tunnuslukuja. Toisen kuormatraktorin kouran sylinteri oli rikkoutunut, ja varaosaa odoteltaessa koneessa oli liian lyhyt sylinteri, mikä rajoitti kouran aukeamista ja siten taakan kokoa. Tämä näkyi myös kuormauksen ja kuorman purun ajanmenekissä (kuljettaja 2 ajoi viallista konetta). Kuormaus oli selvästi hitaampaa kuin Suomessa, jossa kesäaikaisissa päätehakkuissa kuormausaika on tukkien osalta noin 0,73 min/m<sup>3</sup> ja kuitupuun osalta arviolta noin 1,10 min/m<sup>3</sup> (Kuitto ym. 1994). Ero selittynee chileläiskuljettajien kokemattomuudella, hakkuutyön laadulla, pölkyn pituudella ja rinteen kaltevuudella.

Taulukko 8. Kuormauksen ajanmenekki ja taakan koko

Muuttuja		Kuitupuun	Tavaralaji	
			Tukki	Keskimäärin
Ajanmenekki, min/m <sup>3</sup>	Kuljettaja 1	1,89	1,70	1,85
	Kuljettaja 2	1,98	2,05	1,99
	Keskimäärin	1,92	1,78	1,90
Ajanmenekki, min/taakka	Kuljettaja 1	0,66	0,62	0,65
	Kuljettaja 2	0,55	0,59	0,56
	Keskimäärin	0,61	0,61	0,61
Taakan koko, m <sup>3</sup> /taakka	Kuljettaja 1	0,35	0,36	0,35
	Kuljettaja 2	0,28	0,29	0,28
	Keskimäärin	0,32	0,34	0,32

### 6.2.2.4 Kuormausajo

Koska kuormatraktorit ajoivat vain joka toista hakkuukoneen tekemää uraa, tavaralajitiheys muodostui suureksi: kuitupuuta oli 78 m<sup>3</sup> jokaista sataa ajourametriä kohden, ja tukkeja vastaavasti 14 m<sup>3</sup>/100 m. Kuormausajon tarve jäi siten vähäiseksi. Siirtoja tarvittiin keskimäärin 6,5 tukkikuormaa ja 2,6 kuitupuukuormaa kohden. Tämän työvaiheen osuus oli vain 3 % kuormatraktorin tuotantoajasta. Ajonopeus kuormausajossa oli keskimäärin 29 m/

min, mikä vastaa keskimääräistä tasoa Suomessa helpossa maastossa (Kuitto ym. 1994). Tutkimustyömaalla kuormausajo suuntautui lähes aina rinnettä alas. Kuitupuukuormien keskikoko oli 7,9 m<sup>3</sup> ja tukkipuukuormien 8,1 m<sup>3</sup>.

### 6.2.2.5 Ajo kuormattuna

Kuormattuna-ajon osuus tuotantoajasta oli 9 % keskimääräisen ajomatkan ollessa 130 m. Työvaiheen ajanmenekki oli kaavan 4 mukainen ( $R^2=0,79$ ,  $SEE=0,42$ ). Keskimääräinen ajonopeus oli 47m/min, joka vastaa suomalaistutkimuksen (Kuitto ym. 1994) tuloksia.

$$T_1 = 0,32 + l_1 * 0,018 \quad (4)$$

jossa  $T_1$  = Kuormattuna-ajon ajanmenekki, min/kuorma  
 $l_1$  = ajomatka, m

### 6.2.2.6 Purkaminen

Kuorman purkamisen osuus tuotantoajasta oli 21 %. Purkamisen ajanmenekki on esitetty taulukossa 9. Tukkien purkamisen oli kuitupuukuormien purkua hitaampaa. Taakan keskikoko oli 0,52 m<sup>3</sup>. Koneita ei tarvinnut siirtää purkamisen yhteydessä. Suomessa purkamisen on selvästi nopeampaa, tukkien osalta ajanmenekki on 0,57 min/m<sup>3</sup>, 5 m kuitupuun 0,56 min/m<sup>3</sup> ja 3 m kuitupuun 0,82 min/m<sup>3</sup> (Kuitto ym. 1994).

### 6.2.2.7 Keskeytykset

Keskeytysten osuus tuotantoajasta oli 4 %. Vanhemman koneen lievää ylikuumentumista lukuun ottamatta teknisiä ongelmia metsäkuljetuksessa ei ollut. Pääosa keskeytyksistä liittyi kuljettajan lepoon ja koneen huoltoon (tankkaus, koneen puhtaanapito jne.). Suomessa keskeytysten osuus on lumettomana aikana 7 % ja

Taulukko 9. Kuorman purkamisen ajanmenekki

	Kuitupuun	Ajanmenekki Tukit	Keskimäärin
Kuljettaja 1	0,75	0,99	0,80
Kuljettaja 2	0,85	1,13	0,88
Keskimäärin	0,79	1,02	0,83

talvella 9 % tuotantoajasta (Kuitto ym. 1994). Valitettavasti kaikkia kuljettajan levosta ja ruokailuista aiheuttuneita alle 15 minuutin keskeytyksiä ei Chilessä kirjattu, mikä vaikeuttaa tulosten vertailua tältä osin.

### 6.2.2.8 Tuottavuus

Keskimääräinen työn tuottavuus tutkimustyömaalla oli 16,5 m<sup>3</sup> tehotuntia kohden, kun kuljetusmatkan pituus oli 135 m. Suomessa kuormatraktoreiden keskimääräinen tuottavuus koneellisen avohakkuun yhteydessä keskimääräisellä 250 metrin ajomatalla on 18,7 m<sup>3</sup> tehotunnissa ja 17,2 m<sup>3</sup> tuotantotunnissa (Kuitto ym. 1994). Ero selittyy lähinnä suomalaiskuljettajien suuremmalla kuormakoolla sekä kuormaus- ja purkunopeudella, mihin puolestaan vaikuttavat todennäköisesti eniten kuljettajien työkokemus ja kuitupuun pituus.

Ajomatkan vaikutus tuottavuuteen voidaan määrittää kaavalla 5.

$$P = 60 * V / (T_{de} + T_l + T_{ld} + T_{dl} + T_u) \quad (5)$$

jossa P = tuottavuus tehotunnissa, m<sup>3</sup>/h  
 V = kuorman koko, m<sup>3</sup>  
 T<sub>de</sub> = tyhjänäajoaika, min  
 T<sub>l</sub> = kuormausaika, min  
 T<sub>ld</sub> = kuormausajoaika, min  
 T<sub>dl</sub> = kuormattuna-ajoaika, min  
 T<sub>u</sub> = purkuaika, min

Kun kaavaan 5 sijoitetaan tyhjänä- ja kuormattuna-ajoajat kaavoista 3 ja 4, kuormausajoaika kuorman koon, tavaralajitiheyden ja vastaavan keskimääräisen ajonopeuden funktiona sekä keskimääräisten kuormaus- ja purkunopeuksien (ks. taulukot 8 ja 9) perusteella lasketut vastaavat ajat, kaava 5 saadaan muotoon

$$P = 60 * V / (0,89 + 0,039 * l + 0,036 * V/d + 2,73 * V) \quad (6)$$

jossa P = tehotuntuottavuus, m<sup>3</sup>/h  
 V = kuorman koko, m<sup>3</sup>  
 l = kuljetusmatka, m  
 d = tavaralajitiheys, m<sup>3</sup>/m

Kuvassa 26 on esitetty kuormakohtaiset tehotuntuottavuudet sekä mallin (6) mukainen tuottavuuskäyrä. Kuorman koon vaikutus kasvaa pitkillä matkoilla. Esimerkiksi kuorman koon kasvattaminen 7,9 kuutiometrillä 10 kuutiometriin nostaa mallin mukaan tuottavuutta 50 metrin ajomatalla 0,5 ja 175 metrin ajomatalla 1,0 m<sup>3</sup>/h.

### 6.2.2.9 Työn laatu

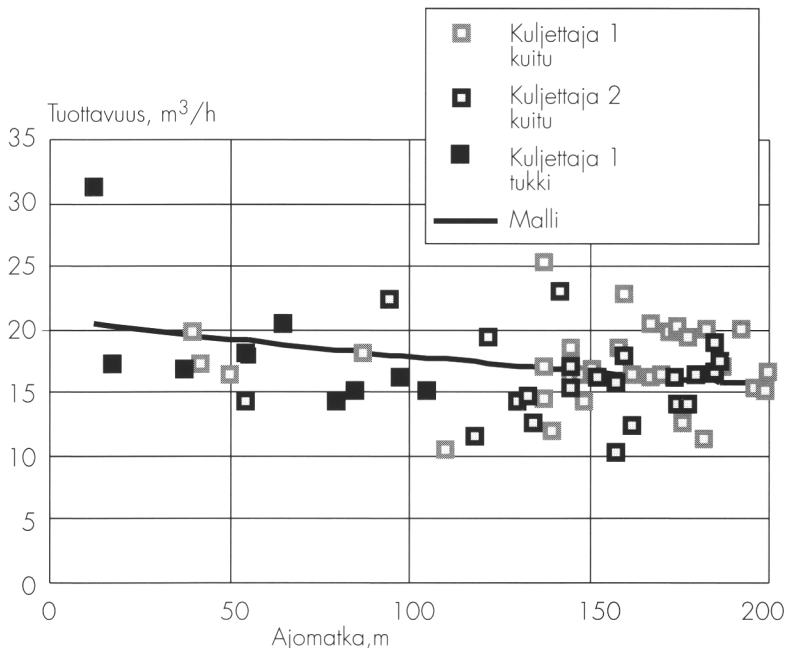
Kuitupuupinojen ladonnassa oli selviä puutteita. Pölkkyjen päät eivät olleet likimainkaan tasan, mikä hidastaa puutavara-autojen kuormausta. Osasyinä huonohkoon työjälkeen olivat puutteet hakkuukoneen työjäljessä.

Kuljettajien ajotekniikat poikkesivat toisistaan. Kokeneempi kuljettaja ajoi tasaisemmin, eikä hänellä ollut kuormausajossa minkäänlaisia vaikeuksia lähes täysillääkään kuormilla rinteeseen jyrkässä osassa. Toinen käytti kaasua voimakkaasti, mikä aiheutti pyörien lipsumista jyrkässä rinteessä jo verraten pienilläkin kuormilla. Muutamissa kohdissa liikkeelle pääsy tuotti vaikeuksia ajettaessa poikkeuksellisesti 50–70 prosentin kuormilla ylärinteeseen päin, jolloin maanpinta samalla rikkoutui. Kokonaisuutena maastovauriot jäivät kuitenkin hyvin vähäisiksi.

### 6.2.3 Kustannukset

Hakkuukoneen ja kuormatraktorin kustannuslaskelma on liitteenä 1. Sitä on pidettävä suuntaa-antavana, sillä kustannuslaskelmiin sisältyy aina suuri joukko olettamuksia ja epävarmuustekijöitä. Pääomakustannuksiin, joita ovat poistot ja korot, vaikuttavat koneen hinta, pitoaika, vuotuinen tuotantoaika ja vaihtoarvo sekä käytettävä laskentakorkokanta. Esimerkiksi vaihtoarvon muotou-

Kuva 26. Kuormatraktorin kuormakohtaiset tuottavuudet sekä mallin (6) mukainen tuottavuuskäyrä, kun kuorman koko on  $7,9 \text{ m}^3$  ja tavaralajitiheys  $0,78 \text{ m}^3/\text{m}$ .



tumisesta Chilen markkinoilla on tässä vaiheessa vaikeaa muodostaa selvää käsitystä. Laskentakorkokantaa määritettäessä voidaan omalle sijoitetulle pääomalle määrittää erilainen korkotaso kuin lainarahalle. Liitteen 1 laskelmassa korkokantana on oman pääoman osalta 8,5 % ja vieraan pääoman osalta 15,5 %. Oman pääoman osuus laskelmassa on harvesterin osalta 30 % ja kuormatraktorin osalta 40 %.

Pääosa kustannuslaskelmien oletuksista perustuu suomalaisiin käyttökokemuksiin harvestereista ja kuormatraktoreista. Palkkakustannuksia lukuun ottamatta kustannukset ovat Chilessä likimain samalla tasolla kuin Suomessa.

Hakkuukoneen käyttötuntikustannukset työvoimakustannuksiin ne ovat liitteen 1 mukaisesti 350 mk/h. Pääomakustannusten osuus kokonaiskustannuksista on noin puolet. Kuormatraktorin käyttötuntikustannukset puolestaan ovat 183 mk/h, josta pääomakustannusten osuus on 36 %. Korjuun yksikkökustannuksiksi hakkuun ja metsäkuljetuksen osalta saadaan siten koetyömaan kaltaisissa oloissa 29 mk/m<sup>3</sup>. Koko korjuuketjun kustannuksia laskettaessa näihin lukuihin on vielä lisättävä työnjohtokustannukset. Chilessä koneketjun henkilöstöön kuuluvat yleensä kuljettajien lisäksi myös työnjohtaja ja mekaanikko. Suomessa keskimääräisen korjuukustannukset avohakkuissa ovat arviolta hieman yli 30 mk/m<sup>3</sup>.

# 7. Yhteenveto ja päätelmät

---

Chilen voimakas panostus metsätalouden kehittämiseen sekä edulliset kasvuolot johtavat nopeasti korjuumäärien kaksinkertaistamiseen nykyisestä. Jotta kasvavasta työmäärästä selvitään, tarvitaan sekä perinteisten työvoimavaltaisten korjuumenetelmien kehittämistä ja tehostamista että korjuun voimaperäistä koneellistamista. Koska pääosa mäntyviljelmistä on keskittynyt verraten pieneen osaan maata ja työvoiman liikkuvuus maan sisällä on perinteisesti vähäistä, on metsänhoidossa ja puunkorjuussa odotettavissa alueellista työvoimapulaa.

## 7.1 Työvoimavaltaisten korjuumenetelmien kehittäminen

Miestyönä tehtävissä hakkuissa *ongelmana on usein ammattitaidon puute ja välinpitämättömyys työturvallisuudesta*. Perusasioita, kuten suunnattua kaatoa, tehokasta ja turvallista karsintatekniikkaa, sopivan työskentelykorkeuden järjestämistä karsinnassa ja turvaetäisyyden säilyttämistä muihin hakkuumiehiin, ei useinkaan joko osata tai välitetä noudattaa.

Yritykset tarvitsisivat *hakkuutyön opastajia*, jotka voisivat opettaa urakoitsijoiden palveluksessa oleville hakkuumiehille turvallista työskentelytekniikkaa ja kehittyneitä hakkuumenetelmiä. Tämänkaltaisia järjestelyjä on pienessä mittakaavassa tehty useissa yrityksissä, mutta järjestelmää tulisi nopeasti kehittää tarpeita vastaavaksi. Pitkällä tähtäksellä maahan tulisi saada *metsäalan ammatillinen koulutusjärjestelmä*. Suomen opetushallitus, sen alaisuudessa toimiva FTP (Finnish Training Partners, aikaisemmin Forestry Training Programme) sekä yksittäiset suomalaiset metsäoppilaitokset voisivat olla mukana järjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa.

Pohjoismaissa on kehitetty määrätietoisesti sekä miestyövaltaisia että koneellisia puunkorjuumenetelmiä. Suurimpia edistysaskeleita miestyönä tehtävissä hakkuissa ovat olleet siirtyminen lyhyestä määrämittaisesta kuitupuusta silmävaraisesti 3–5 metrin mittaiseksi katkottuun kuitupuuhun sekä pölkköjen kasaustarpeen väheneminen pitkäulotteisilla kuormaimilla varustettujen kuormatraktoreiden käyttöönoton myötä. Tämän ns. *pitkän kuitupuun hakkuu* parantaa työn tuottavuutta 15–20 % määrämittaiseen 2–3

m kuitupuuhun verrattuna niin hakkuussa kuin metsäkuljetuksessakin. Samalla runkopuun talteenotto tehostuu. Menetelmän käytön edellytyksenä ovat jalostuslaitoksen kyky ottaa vastaan vaapaanpituista 3–6 m puutavaraa ja puutavara-autokaluston soveltuvuus pitkälle kuitupuulle.

*Rungon jakamista tavaralajeiksi* tulisi Chilessä kehittää myös tukkipuun osalta. Vientiin meneviä erikoispuutavaralajeja lukuunottamatta tukkipuun kokoinen rungon osa katkotaan tällä hetkellä useimmiten 4,15 metrin kerrannaisiksi mutkista ja muista vioista välittämättä. Vaihtoehtoisten tukkipituuksien käyttöönotto sekä tukkien laadun huomioiminen katkonnassa ja tukkien lajittelussa parantaisi sahatavaran saantoa ja laatua.

Koulutetut härät pystyvät näyttäviin suorituksiin lyhyillä kuljetusmatkoilla. Ne soveltuvat verraten jyrkillekin rinteille. Tulevaisuudessa härkiä voidaan käyttää varsinaisten lähikuljetus- ja järjestelytehtävien lisäksi myös puiden esikasaukseen ajouran varteen harvennuksissa. Chileläisillä on syytä olla ylpeitä härkien koulutuksen ja käytön perinteestään. Härkäjuonto on omaleimainen ja ainakin toistaiseksi kustannuksiltaan kilpailukykyinen kuljetusmuoto, jonka merkitystä ei nopeasti kehittyvässäkään metsätaloudessa tulisi aliarvioida.

Perinteinen laahusjuonto kaipaa myös asenteiden muuttumista työturvallisuusasioissa. Hyvin usein koneet operoivat aivan palstalla ja varastolla työskentelevien miesten lähituntumassa. Työn paremmalla suunnittelulla voitaisiin riskejä vähentää. Kun hakkuuvaiheessa otetaan lähtökohdaksi lähikuljetuksen tehostaminen, voidaan jo pelkästään suunnatun kaadon avulla muodostaa helpommin kuormattavia, suurempia juontotaakkoja ja parantaa siten työn tuottavuutta.

Kaato-kasaukoneesta ja hydraulisella kouralla varustetusta laahustraktorista muodostuva yhdistelmä on yleinen erityisesti Pohjois-Amerikassa. Siellä puut yleensä karsitaan ja katkotaan varastoalueella koneellisesti. Chilessä puut useimmiten karsitaan miestyönä palstalla. Karsintaa voidaan vielä parannella välivarastolla miestyönä tehtävän katkonnan yhteydessä. Puutavaralajit siirrelään varastomuodostelmiin useimmiten kolmipyöräisillä järjestelytraktoreilla. Tällainen puolikoneellinen yhdistelmä, jossa sekä metsässä että välivarastolla toimii useita koneita ja paljon miehiä, on erittäin riskialtis.

## 7.2 Koneellisen korjuun kehittäminen

Harkittaessa täyskoneelliseen puunkorjuuseen siirtymistä hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden käyttöön perustuva tavaralajimenetelmä tarjoaa hyvän vaihtoehdon, jossa yhdistyvät ergonomia,

työturvallisuus, taloudellisuus, ympäristöystävällisyys ja työn organisoinnin helppous. Korkean tuottavuuden, korkean vuotuisen käyttötuntimäärän ja koneiden luotettavuuden avulla voidaan korjuun yksikkökustannukset painaa alas, vaikka koneiden hankintahinnat ovatkin korkeita. Chileläiset kokemukset osoittavat, että koneellisen korjuun yksikkökustannukset voidaan saada kilpailukykyiselle tasolle myös maissa, joissa miestyön kustannukset ovat selvästi alhaisemmat kuin esimerkiksi Pohjoismaissa ja Pohjois-Amerikassa.

Hakkuukoneet ja kuormatraktorit työskentelevät Chilessä periaatteessa ympäri vuorokauden. Tämä mahdollistaa toimivan työtehtävien kierron, jolloin kuljettajat voivat vuorotella esimerkiksi neljän tunnin jaksoissa eri koneilla. Vuorottelu vähentää tarkkaavaisuuden herpaantumista hakkuukoneen käytössä ja tekee työstä monipuolista ja vaihtelevaa. Samalla tiedostetaan hakkuutyön laadun merkitys metsäkuljetuksen kannalta, jolloin ryhmätyön tunne korostuu ja koko korjuuketjun tuottavuutta voidaan parantaa.

Kokemukset hakkuukoneista ja harvestereista ovat olleet hyviä. Koneiden käyttöasteet ovat olleet korkeita ja käytön opettelu odotettua helpompaa. Kuljettajat ovat olleet työympäristöönsä tyytyväisiä.

Tapaturmia voi sattua myös täyskoneellisen puunkorjuun yhteydessä. Valtaosa kuljettajiin kohdistuvista tapaturmista sattuu koneen ohjaamoon noustaessa, sieltä poistuttaessa tai korjaus- ja huoltotöiden yhteydessä. Erityistä varovaisuutta on siis noudatettava näiden työvaiheiden aikana. Työnjohton, muun henkilöstön ja uutta teknologiaa katsomaan tulevien vieraiden tulee tapaturmien välttämiseksi pysytellä kahden puunmitan päässä hakkuukoneesta, kunnes kuljettaja heidät huomattuaan keskeyttää työskentelyn.

Suuri osa tavaralajimenetelmän eduista on saavutettavissa jo metsätraktoreiden ja hakkuumiesten käyttöön perustuvassa korjuuketjussa. Erityisesti ensimmäisissä kaupallisissa harvennuksissa miestyövoiman käyttö harvestereiden sijaan on Chilen oloissa taloudellisesti ja työvoimapoliittisesti edullista, varsinkin mikäli tehokkaat työmenetelmät – mm. pitkän kuitupuun hakkuu – voidaan pitkäulotteisella kuormaimella varustettujen kuormatraktoreiden yleistymisen, työvoiman koulutuksen sekä puutavara-autojen ja tehdasvastaanoton kehittämisen myötä ottaa käyttöön. Ongelmana saattaa kuitenkin olla metsäyhtiöiden haluttomuus investoida laajamittaiseen metsurikoulutukseen – on helpompaa organisoida koulutus muutamalle sadalle koneenkuljettajalle kuin tuhansille metsureille.

*Tehtokas varaosa- ja korjauspalvelu* ovat ratkaisevan tärkeässä asemassa hakkuukoneita ja kuormatraktoreita käytettäessä. Koneiden korkea hankintahinta edellyttää, että ne pidetään jatkuvasti

toimintakunnossa. Sekä Ponssea edustava CLEMSA että Timberjackia edustava DICSA ovat kokeneita yrityksiä työkoneiden markkinoinnissa, huollossa ja korjauksessa. Molemmat ovat tehostamassa toimintaansa hakkuukoneiden ja kuormatraktorien yleisty- mistä silmälläpitäen. Korjaamohalleja Concepciónissa on laajen- nettu, ja konevalmistajat kouluttavat huoltohenkilöstöä Chilessä ja ulkomailla. Koneiden kasvava määrä mahdollistaa entistä katta- vaman varaosavaraston, jolloin odotusajat remonttien yhteydes- sä lyhenevät. Suurimmissa kaupungeissa on erikoisliikkeissä saa- tavilla mm. hydrauliletkuja, hydrauliiikka- ym. komponentteja, laippoja, teräketjuja jne. Lisäksi kaupungeissa on runsaasti kone- pajoja ja korjaamoita, joiden taso tosin vaihtelee suuresti.

Yritysten omistamien koneiden osalta kunnossapitoa vaikeut- taa joissakin tapauksissa jäykkä organisaatio. Jokaisen varaosan hankintaan täytyy saada valtuutus kaikilta esimiehiltä, mikä vii- västyttää luonnollisesti hankintoja. Suurempi itsenäisyys esimer- kiksi erillisen korjaus- ja huoltobudjetin kautta helpottaisi konei- den pitämistä käyttökunnossa.

Pohjoismaiset pyöräalustaiset hakkuukoneet ja kuormatraktorit soveltuvat hoitamattomien radiataviljelmien ja eukalyptusviljel- mien avohakkuisiin sekä hoidettujen radiataviljelmien harven- nuksiin. Tela-alustaiset, lyhyellä kuormaimella varustetut hak- kuukoneet ovat toimivia ratkaisuja hyvin suunnitelluissa harven- nuksissa, joissa poistetaan kokonainen puurivi 10–15 m välein harventaen samalla valikoiden rivien väliin jäävää puustoa. Jos pyritään minimoimaan ajourien ja korjuuvaurioiden määrää ja parantamaan metsäkuljetuksen tuottavuutta, kannattaa käyttää pyöräalustaisia pitkäulotteisilla kuormaimilla varustettuja harves- tereita ja 20 metrin ajouraväliä.

Parhaiden kasvupaikkojen hoidettujen radiataviljemien avo- hakkuisiin kaivattaisiin uusia hakkuukoneratkaisuja. Chilessä ny- kyisin käytössä olevat pohjoismaiset hakkuukoneet eivät ole riit- tävän kestäviä ja toimintavarmoja järeimpiä, tilavuudeltaan yli 1,5 kuutiometrin puita jatkuvasti käsiteltäessä. Tällä hetkellä käytössä oleva uusseelantilainen Waratah 230HTH harvesteripää on raskas – sen massa Chilessä tehtyine vahvistuksineen on noin 2 t – ja vaikuttaa hitaalta ja kömpelöltä. Mittausautomaattiikka on puutteel- linen – mm. läpimitan mittaus puuttuu. Lähikuljetuksessa voidaan käyttää järeimpiä kuorma- ja pihtipankkotraktoreita.

*Rinteen kaltevuus* rajoittaa luonnollisesti jonkin verran sekä harvestereiden että kuormatraktoreiden käyttömahdollisuuksia. Skotlannissa 6 - ja 8-pyöräisiä suomalaisia kuormatraktoreita käy- tetään jopa 50 %:n ja 6- ja 8-pyöräisiä harvestereita jopa 70 %:n kaltevuuksissa. Vaikka Chilessä teknisesti päästäisiinkin vastaa- viin kaltevuuksiin, se ei ole ekologisesti suositeltavaa. Chilen hienojakoisten maalajien ja runsassateisten talvien vuoksi työ-

kentely näin jyrkillä rinteillä aiheuttaisi eroosio-ongelmia. Suunta-antavina raja-arvoina voitaneen pitää kuormatraktorien osalta 35 %:n ja hakkuukoneiden osalta 55 %:n kaltevuutta, mutta ammattitaitoisimmat kuljettajat selvinnevät kesäaikana jyrkemmilläkin rinteillä.

Chilessä metsätraktoreiden kuormaimet näyttävät rasittuneen käytössä huomattavasti enemmän kuin Suomen oloissa. Käyttö on ilmeisesti ollut opetteluvaiheessa liian rajua. Metsäkoneiden käsittelyssä tuleekin korostaa taidon ja tekniikan merkitystä – voimankäytön voi jättää vähemmälle.

Jyrkillä rinteillä eräs vaihtoehto nykytekniikoille on karsimattomien puiden *juonto köysiradoilla ja prosessointi välivarastolla*. Näin voidaan vähentää työskentelyä fyysisesti rasittavissa ja tapaturmille alttiissa oloissa rinteillä. Hakkuulaitteella varustettu kairavukone soveltuisi todennäköisesti varsinaista hakkuukonetta paremmin karsimattomien puiden kiskomiseen juontotaakoista ja olisi samalla halvempi ratkaisu oloihin, joissa ei välttämättä tarvita harvestereiden hyviä maasto-ominaisuuksia. Useat metsäyhtiöt ovat kiinnostuneita kokeilemaan tämäntyyppistä vaihtoehtoa jyrkkien rinteiden korjuussa.

Harvestereiden ja metsätraktoreiden käytön lisäämisessä eräs suurimmista ongelmista on koneiden korkea hintataso. Vain suurimmilla urakoitsijoilla on mahdollisuus itsenäisesti hankkia kaltevia koneita. Metsäyhtiöissä puolestaan pyritään periaatteessa eroon kaikesta korjuukalustosta myymällä sitä urakoitsijoille. Harvestereiden ja kuormatraktoreiden osalta toimivin vaihtoehto olisi ehkä kuitenkin käytäntö, jossa metsäyhtiö ostaisi koneet ja kouluttaisi kuljettajiksi sellaisia henkilöitä, joiden voitaisiin ajatella siirtyvän myöhemmin itsenäisiksi urakoitsijoiksi. Muutaman harjoitteluvuoden jälkeen yhtiö voisi esimerkiksi tehdä koneista leasing-sopimuksen tuoreen urakoitsijan kanssa.

Lähtötilaisuudessa korjuun koneellistamisen suurin pullonkaula on *työvoiman koulutus*. Fundación Chile on käynnistämässä yhdessä yhtiöiden kanssa metsäkoneenkuljettajien koulutusta. Koulutus haluttaisiin ensisijaisesti kytkeä jonkin olemassa olevan opistotasaisen teknillisen oppilaitoksen työohjelmaan. Erillinen käytännöllispainotteinen kurssimuotoinen koulutus saattaisi kuitenkin olla parempi vaihtoehto. Koulutus voisi alkaa lyhyellä teoriajaksolla, jonka jälkeen teoriaopetusta voitaisiin antaa sopivien väliajoin ohjatun käytännön työskentelyn lomassa. Oppiminen on luonnollisesti yksilöllistä – kaikista ei koskaan tule hyviä kuljettajia, mutta kuljettajien omien arvioiden mukaan tyydyttäväksi kuormatraktorin kuljettajaksi opitaan yleensä noin kolmessa kuukaudessa, jos saa harjoitella täyspäiväisesti. Hakkuukoneen käytössä puolestaan tarvitaan noin kuuden kuukauden harjoittelu. Tyydyttävä taso tarkoittaa kuljettajien mukaan noin 70 prosentin

tuottavuustasoa ammattitaitoisen kuljettajan tuottavuudesta.

*Oppilasvalinta* on olennainen osa koulutusprosessia. Vaikka metsänhoidon, koneopin, hydrauliiikan, elektroniikan ja tietojenkäsittelyn tuntemus onkin luonnollisesti eduksi, kuljettajien henkiset ominaisuudet asettuvat kuitenkin etusijalle. Kuljettajan täytyy pystyä itsenäiseen työskentelyyn epäsuotuisissakin oloissa. Hän joutuu työskentelemään pitkiä päiviä yleensä yksin kaukana asutuskeskuksista. Kalliin koneen kunnossapito puolestaan edellyttää vastuuntuntoa. Suomessa metsäkoneenkuljettajien aikuis-koulutuksessa hyväksi oppilasainekseksi on havaittu esimerkiksi itsenäiseen työskentelyyn tottuneet ammattitaitoiset metsurit. Eräissä tapauksissa konealan työkokemuksesta saattaa olla jopa haittaa, sillä esimerkiksi kaivukoneen kuljettajilla on usein edellisessä työssä opittuja vääriä, konetta vahingoittavia työtapoja, joista on lähes mahdotonta päästä eroon.

Suomessa on runsaasti sellaista kuljettajakoulutuksen tietotaitoa, jota voitaisiin hyödyntää myös Chilessä. Suomen FTP tai yksittäiset metsäoppilaitokset voisivat työskennellä yhteistyössä Fundación Chilen ja chileläisten metsäteollisuusyritysten kanssa suunniteltaessa koneenkuljettajien koulutusta. Alkuvaiheen suurinta kuljettajatarvetta voisivat helpottaa Chilessä suomalaisvoimin järjestettävät kuljettajien pikakurssit. Chileläisten kouluttajien koulutus voitaisiin alkuvaiheessa nopeimmin järjestää Suomen metsäoppilaitoksissa, mutta näihinkin kursseihin tulisi sisältyä Chilessä pidettäviä käytännön jaksoja.

### 7.3 Muita näkökohtia

Suurilla työmailla autokuljetuksen yhteydessä käytössä olevat suuret erilliskuormaimet ovat toimivia ratkaisuja. Pienillä työmailla *ajoneuvokohtaiset irrotettavat kuormaimet* ovat käyttökelpoisia vaihtoehtoja. Kiinnostus suomalaisiin puutavaran kuormaimiin on nopeasti kasvamassa. Toistaiseksi niitä on toimitettu lähinnä Chilen eteläisimpiin osiin, mutta vientinäkyvät viljelymetsätalouden ydinalueelle ovat myös paranemassa.

Autokuljetuksen ja tehdasvastaanoton kannalta olisi eduksi, jos puutavara-autokalusto voitaisiin standardoida. Tällä hetkellä esimerkiksi kuitupuuta kuormataan puutavara-autoihin sekä pitkittäin että poikittain – usein molemmat vaihtoehdot ovat edustettuina samassakin kuormassa. Pitkän, 3–6 m kuitupuun kuljetusmahdollisuus tulisi huomioida mitoituksessa.

Vajaat 40 % viljelymetsien alasta on noin 5000 metsänomistajan hallinnassa. Tilakoko on yleensä 50–150 ha. Muutamien metsäyhtiöiden ohella nämä metsänomistajat voisivat olla kiinnostuneita *maataloustraktoreiden* metsäkäytöstä. Esimerkiksi hydraulikuormaimella varustettu vetävä metsäperävaunu (kuva 27) so-

veltuisi hyvin tasamaalla sijaitsevien mäntyviljelmien harvennukseen. Suomen markkinoilla on myös keveitä, maatalous- tai teollisuusstraktoreiden alustalle asennettavia harvestereita ja prosesso-  
reita. Maataloustraktorien metsävarusteiden myynti on vinssejä lukuunottamatta ollut Chilessä toistaiseksi vähäistä. Markkinointia ollaan kuitenkin tehostamassa. Suomalais-chileläiset yhteisyritykset, joissa taitotieto ja eräät komponentit tulisivat Suomesta ja laitteet valmistettaisiin Chilessä, voisivat myös auttaa pudottamaan hintoja ja lisäämään kiinnostusta tämäntyyppiseen teknologiaan.

*Ympäristökeskustelu* kohdistuu Chilessä tällä hetkellä lähinnä luonnonmetsiin. Viljelymetsätalouteen on myös kohdistunut kriittikkä, koska osa viljelmistä on perustettu luonnonmetsiä raivaa-

Kuva 27. Vetävällä perävaunulla ja hydraulinosturilla varustettu maataloustraktori (Kuva Kesla Oy)



malla. Viljelymetsätaloutta syytetään myös monokulttuurien luomisesta. Ympäristökeskustelu tulee jatkossa todennäköisesti lisääntymään, jolloin keskustelun aiheiksi tulevat mm. viljelymetsätalouden maisemalliset vaikutukset, eroosio, ravinnetasapaino, luonnon monimuotoisuus ja luonnonmukaisuus. Metsätalouden harjoittajien tulisikin valmistautua tuleviin keskusteluihin panostamalla ympäristönäkökohtien huomioimiseen metsätaloudessa mm. rajoittamalla vapaaehtoisesti hakkuualojen kokoa sekä sopeuttamalla ne maastoon. Ympäristöä säästävien korjuumenetelmien suosimisen tulisi kuulua olennaisena osana metsäyhtiöiden ympäristöpolitiikkaan.

- Aarne, M. (ed.). 1994. Yearbook of Forest Statistics 1993–94. The Finnish Forest Research Institute. 348 p. ISBN 951-40-1380-8
- Ackerknecht, C. 1994. Forest development and working conditions in Chile: A challenge in safety practice. Joint FAO/ECE/ILO Committee on Forest Technology, Management and Training. Seminar on clothing and safety equipment in forestry. Kuopio, Finland, June 27 – July 1, 1994.
- Apud, E. & Valdés, S. 1993. Ergonomics in Chilean forestry. *Unasylva* 172, Vol. 44. FAO. p. 31–37.
- Estadísticas forestales 1992. 1993. Boletín estadístico n:º 30. Instituto Forestal. 101 p.
- Hakkila, P., Malinovski, J. & Sirén, M. 1992. Feasibility of logging mechanization in Brazilian forest plantations. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 404. 68 p.
- Hakkila, P. & Mery, G. 1992. Puun korjuu ja käyttö Chilessä. Resumen: Explotación y uso de madera en Chile. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 428. 59 p.
- Hermosilla, R. 1993. Experiencia de CMPC en mecanización de cosecha. En: Actas de IV Taller de Producción Forestal. Concepción, Chile, 25–26 de Noviembre 1993. Fundación Chile.
- Mery, G. 1992. A review of Chilean forestry: Deforestation threat with high success in plantations. In: Sohlberg, B. (ed.): Proceedings of the Biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics. Gausdal, Norway, April 1991. *Scandinavian Forest Economics* 33:531–547.
- Prueba y Corrección de la Tabla de Volumen para Pino Insigne. 1979. Informe Técnico No 55. Instituto Forestal.
- Raga, F. 1993. Planteamientos Corporativos sobre Productividad y Bienestar Laboral. En: Actas de las Primeras Jornadas Internacionales sobre el Trabajo en el Sector Forestal. Concepción, Chile, August 17–18, 1993. Asociación Chilena de Seguridad, Corporación Chilena de Madera A.G. y Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 142 p.
- Resultados de encuesta de transporte y equipos forestales. 1992. Fundación Chile, Grupo de Producción Forestal. Informe 4.
- Rubinstein, A. 1993. Cosecha mecanizada con harvester y forwarder. En: Actas de las Primeras Jornadas Internacionales sobre el Trabajo en el Sector Forestal. Concepción, Chile, August 17–18, 1993. Asociación Chilena de Seguridad, Corporación Chilena de Madera A.G. y Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 142 p.
- Tapola, H. 1994. Comments on the recent development in forestry work, with special attention to safety aspects. Mimeograph. Ministry of Labour, Occupational Safety and Health Division, Finland. 3 p.

## Liite 1: Työntutkimuksen kustannuslaskelmat

### Hakkuukone

	Alustakone	Hakkuulaite
Hinta, mk	1500000	500000
Pitoaika, h	12000	6000
Vuotuinen tuotantoaika, h	3200	3200
Vaihtoarvo, mk	588739	175000

Vuosituotos, m<sup>3</sup>/a 74900 (=21,4 m<sup>3</sup>/h)

Kustannuslaji	mk/a	mk/h	mk/m <sup>3</sup>
Poistot	480249	130,11	6,41
Korot, 13,4 %	185171	50,16	2,47
Palkat 2 * 1000 USD/kk	112080	30,36	1,50
Sivukustannukset 25 %	28020	7,59	0,37
Kuljettajien matkat	34560	9,36	0,46
Vakuutukset	15500	4,20	0,21
Hallinto	31000	8,40	0,41
Polttoaineet, 12 l/h	65999	17,88	0,88
Laihat, ketjut, teräketjuöljy	142223	38,53	1,90
Korjaus ja huolto	178287	48,30	2,38
Laskentamarginaali	19282	5,22	0,26
<b>Yhteensä</b>	<b>1292370</b>	<b>350,12</b>	<b>17,25</b>

### Kuormatraktori

Hinta, mk	1000000
Pitoaika, h	12000
Vuotuinen tuotantoaika, h	3500
Vaihtoarvo, mk	350000

Vuosituotos, m<sup>3</sup>/a 55650 (=15,9 m<sup>3</sup>/h)

Kustannuslaji	mk/a	mk/h	mk/m <sup>3</sup>
Poistot	189648	54,18	3,41
Korot, 12,7 %	85725	24,49	1,54
Palkat 2 * 800 USD/kk	89664	25,62	1,61
Sivukustannukset 25 %	22416	6,40	0,40
Kuljettajien matkat	34560	9,87	0,62
Vakuutukset	9000	2,57	0,16
Hallinto	24500	7,00	0,44
Polttoaineet, 8,5 l/h	44343	12,67	0,80
Korjaus ja huolto	130244	37,21	2,34
Laskentamarginaali	9680	2,77	0,17
<b>Yhteensä</b>	<b>639779</b>	<b>182,78</b>	<b>11,50</b>













Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 541  
ISBN 951-40-1413-8 ISSN 0358-4283