

VAKOLAn tiedote

82/2000



Jukka Pietilä, Henrik Heräjärvi, Reta Stöd

Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa II

- Suomen rakennuspuuvarat
- Rakennuspuun korjuukustannukset
- Rakennuspuun tuotantokustannukset

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maataiousteknologian tutkimus

Osoite
Vakolantie 55
03400 VIHTI

Puhelin
(09) 224 251
Telekopio
(09) 224 6210

Agricultural Engineering Research

Address
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI
FINLAND

Telephone int.
+358 9 224 251
Telefax int.
+358 9 224 6210

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE	3
Suomen rakennuspuuvarat	5
1 JOHDANTO	6
2 MATERIAALI	6
2.1 Maastoinventointi	6
2.2 Mittaukset koealoilla	7
3 MENETELMÄT	7
3.1 Koealojen laskennallinen harventaminen	7
3.2 Harvennusmalli	8
3.3 Runkojen apteeraus ja kertymien laskeminen	8
3.4 Rakennuspuun kokonaismäärä	8
4 TULOKSET	9
4.1 Harvennusvoimakkuudet ja poistettujen puiden ominaisuudet	9
4.2 Pyöreän rakennuspuun kertymä	9
4.2.1 Koko aineisto	9
4.2.2 Kertymältään paras neljännes	10
4.2.3 Rakennuspuun kokonaismäärä Suomessa	11
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	11
6 KIRJALLISUUSLUETTELO	12
Pyöreän rakennuspuun korjuukustannukset	13
1 JOHDANTO	14
1.1 Pyöreän rakennuspuun korjuu	14
1.2 Tutkimuksen tavoite	15
1.3 Menetelmät	15
2 AIKA- JA TUOTTAVUUSTUTKIMUSTEN AINEISTO JA MENETELMÄT	15
2.1 Korjuumenetelmät	15
2.2 Leimikko	16
3 TULOKSET	17
3.1 Tuottavuus ja kustannukset	17
3.2 Tulokset menetelmittäin	18
3.2.1 Metsurihakkuu	18
3.2.2 Valmisteleva hakkuu	18
3.2.3 Hakkuukonehakkuu	19
3.3 Metsäkuljetus	19
3.4 Rakennuspuun valinta välivarastolla	20
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	21
4.1 Hakattavat leimikot	21
4.2 Tulosten vertailu aikaisempiin tutkimuksiin	21
4.3 Korjuumenetelmät	21
5 KIRJALLISUUSLUETTELO	22

Pyöreän rakennuspuun tuotantokustannukset	25
1 JOHDANTO	26
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	26
2.1 Aineisto	26
2.1.1 Pyöreästä puusta tehtävät tuotteet	26
2.2 Kustannukset	26
2.2.1 Kantohinnat	26
2.2.2 Korjuukustannus	27
2.2.3 Kuljetus jalostuspaikalle	27
2.2.4 Sorvaus- ja kuorintakustannus	27
2.2.5 Kuivauskustannus	27
2.2.6 Yleiskustannukset	28
3 TULOKSET	28
3.1 Tuotantokustannukset	28
3.2 Vertailu sahatavaran kanssa	29
3.3 Eri tuotantolähtökohdat	30
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	31
5 KIRJALLISUUSLUETTELO	32

ESIPUHE

Tämä tiedote perustuu kahteen opinnäytetyöhön ja yhteen muuhun tutkimukseen. MMM Henrik Heräjärvi ja MMM Reta Stöd tekivät pro gradu –työnsä pyöreästä puusta Joensuun yliopistossa. Heräjärven pro gradun nimi on Ensiharvennuskusien korjuu pyöreäksi rakennuspuuksi – tapaututkimus, Reta Stöd tutki pro gradussaan pyöreän rakennuspuun määrää Suomen ensiharvennusemetsissä ja MML Jukka Pietilä tutki rakennuspuun tuotantokustannuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä tutkimuksessa Production costs of round construction timber.

Koska tutkimusjulkaisut ovat käytännön tarpeita varten liian yksityiskohtaisia ja vaikeasti käsiin saatavissa, päätettiin niissä saadut tärkeimmät tulokset julkaista MTT Vakolan tiedotteena. Jukka Pietilä muokkasi tämän tiedotteen yllä mainittujen julkaisujen ja niitä varten kootun materiaalin avulla. Tiedotteen taittoi ja viimeisteli Tuovi Laaksonen.

Edellä mainitut tutkimukset on tehty kahdessa eri tutkimushankkeessa, jotka käsittelivät pyöreän puun käyttöä rakentamisessa. Näistä toista rahoitti Maa- ja metsätalousministeriön maatilatalouden kehittämisrahasto. Toista tutkimusta rahoitti Euroopan unionin FAIR-tutkimusohjelma. Lisäksi MTT Vakola osallistui kummankin hankkeen rahoitukseen ja kantoi vastuun tutkimusten läpiviemisestä.

Maa- ja metsätalousministeriö asetti tutkimusta ohjaamaan ja valvomaan valvojakunnan, jonka jäseninä olivat suunnittelija Kjell Brännäs ja DI Jorma Jantunen.

EU-tutkimus, Small Diameter Round Timber for Construction, EU - Fair Programme CT95-0091, tehtiin seitsemän osallistujan yhteistutkimuksena. Osallistajat olivat VTT Rakennustekniikka, Delftin teknillinen korkeakoulu Alankomaista, Surreyn yliopisto Iso-Britanniasta, CTBA Ranskasta, BOKU Itävallasta sekä MTT Vakola ja Lehtimäen konepaja Suomesta. Tutkimuksen koordinaattori oli professori Alpo Ranta-Maunus VTT Rakennustekniikasta. EUn yhteyshenkilö oli tohtori Alexandros Arabatzis.

Tutkimusaineistojen keruussa ja tulosten laskennassa ovat avustaneet:

- Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta
- Kiihtelysvaaran metsänhoitoyhdistys
- Metsäntutkimuslaitos
- MTT Jokioisten kartanot

Esitämme kiitokset kaikille edellä mainituille sekä muille, nimeltä mainitsemattomille, jotka ovat työtämme edistäneet ja auttaneet.

Edellä mainituissa hankkeissa saatuja tuloksia esitellään myös kahdessa muussa MTT Vakolan tiedotteessa. Toisessa esitellään tutkimustuloksia, jotka koskevat pyöreän puun lujuutta ja pyöreästä puusta tehtyjen liitosten lujuutta. Toisessa käsitellään pyöreästä puusta rakentamista ja rakenteita.

Suomen rakennuspuuvarat

Reta Stöd
Joensuun yliopisto

Jukka Pietilä
Maatalouden tutkimuskeskus
Maatalousteknologian tutkimus Vakola

1 JOHDANTO

Puuntuotannon kannalta ensiharvennukset ovat tärkeitä, mutta niitä ei tehdä läheskään tarvetta vastaavaa määrää. Tähän on monia eri syitä (Hakkila 1996, Herjälä 1998, Maa- ja metsätalousministeriö 1998, Vuokila 1976). Ensiharvennukseen käyttö muihinkin tuotteisiin kuin selluloosan valmistukseen voisi lisätä ensiharvennusten kannattavuutta. Kannattavuuden lisääntyminen edesauttaisi harvennusten tekemistä. Suurin vaikeus ensiharvennukseen käytössä mekaaniseen jalostukseen on se, että harvennuksessa poistetut puut ovat huonolaatuisia, koska harvennukset tehdään laatuharvennuksen periaatteen mukaisesti.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, paljonko Suomessa on saatavissa pieniläpimittaista rakennuspuuta ensiharvennuksista. Tutkitut puulajit olivat kuusi ja mänty.

Rakennuspuusaantoa arvioitaessa pidettiin rakennuspuuksi sopivan pölkyn pienimpinä mittoina 2,4 metrin pituutta ja 5 cm:n latvaläpimittaa. Rungon piti olla lisäksi suora, mutkia tai lenkoutta ei sallittu kuten ei myöskään lahoa, koroja tai poikaoksia. Suurimpana sallittuna oksanläpimittana pidettiin 30 mm:ä ja kiekuroiden välisen etäisyyden pitää olla vähintään 15 cm:ä.

2 MATERIAALI

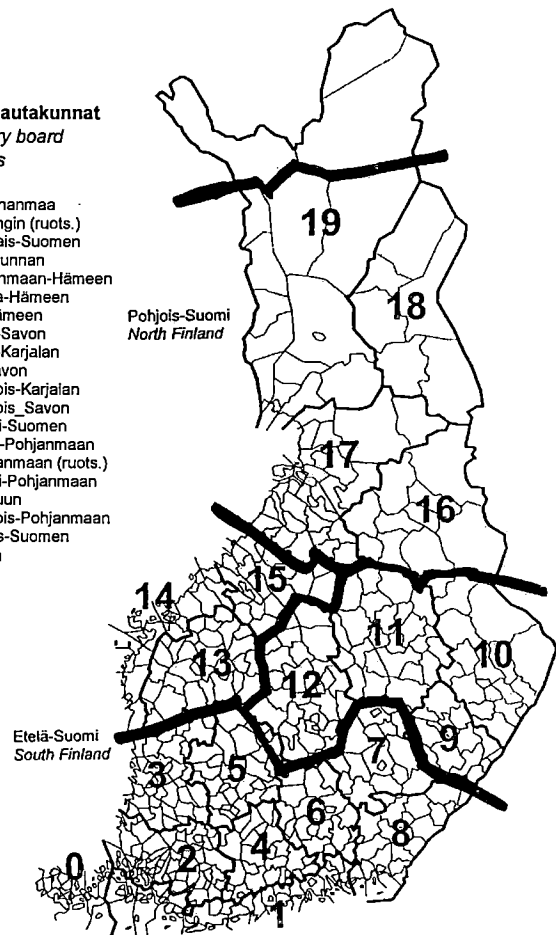
2.1 Maastoinventointi

Rakennuspuusaantoa selvitettiin maastoinventoinnein, joita tehtiin Etelä- (metsälautakunnat 1-8), Itä- (metsälautakunnat 9-12) ja Länsi-Suomessa (metsälautakunnat 13 - 15). Jako on esitetty kuvassa 1. Näissä osissa maata on noin 56 % nuorista kasvatus-metsiköistä ja noin 65 % näiden tilavuudesta. Jokaiselta alueelta inventoitiin 20 leimikkoa, yhteensä mitattiin 60 leimikkoa. Mitattavat leimikot valittiin siten, että niistä saataisiin jonkinlainen rakennuspuukertymä. Tämän vuoksi mitatut metsiköt eivät olleet keskimääräisiä ensiharvennusemetsiköitä. Maastoinventoinnit tehtiin syksyllä 1997.

Ennako-oletus oli, että vallitseva puulaji ja maan viljavuus vaikuttavat rakennuspuusaantoon. Näin ollen nuoret kasvatusmetsät ryhmiteltiin metsikön valtapuulajin (mänty tai kuusi) ja veroluokan perusteella. Ryhmittelyssä yhdistettiin luokat IA ja IB yhdeksi viljavuusluokaksi ja loput toiseksi. Tähän jakoon perustuen määritettiin erityyppisiin metsiköihin sijoitettujen koealojen lukumäärä siten, että jokainen metsikkötyyppiä oli edustettuna koealoissa määränsä mukaisessa suhteessa (Pahkinen ja Lehtonen 1989).

Metsälautakunnat Forestry board districts

- 0 Ahvenanmaa
- 1 Helsingin (ruots.)
- 2 Lounais-Suomen
- 3 Satakunnan
- 4 Uudenmaan-Hämeen
- 5 Pirkan-Hämeen
- 6 Itä-Hämeen
- 7 Etelä-Savon
- 8 Etelä-Karjalan
- 9 Itä-Savon
- 10 Pohjois-Karjalan
- 11 Pohjois-Savon
- 12 Keski-Suomen
- 13 Etelä-Pohjanmaan
- 14 Pohjanmaan (ruots.)
- 15 Keski-Pohjanmaan
- 16 Kainuun
- 17 Pohjois-Pohjanmaan
- 18 Kollis-Suomen
- 19 Lapin



Kuva 1. Maastoinventoinnin alueellinen jako.

(Kartta: Metsätalostollinen vuosikirja 1999, Metsän-tutkimuslaitos).

2.2 Mittaukset koealoilla

Aluksi mitattavat koealat valittiin metsätaloussuunnitelmista. Pienin mitattavaksi valitun kuvion ala oli 0,5 ha. Tärkein tekijä mitattavien kuvioiden valinnassa oli ensiharvennuksen tarve; vain sellaisia kuvioita mitattiin, jotka olivat liian tiheitä.

Toiseksi koetettiin valita kuvioita, joissa pääpuulajin osuus puuston tilavuudesta oli mahdollisimman suuri. Jokaiselta kuviolta mitattiin 3 – 8 koealaa. Koealojen väli oli 20 metriä. Koeala oli ympyrä, jonka säde oli 3,99 metriä ja ala siten 50 m². Jos koeala oli puuton, lehtipuuvaltainen, kallioinen tai muutoin huomattavasti muusta kuviosta poikkeava, koealaa siirrettiin mahdollisimman vähän.

Kaikki Itä-Suomessa mitatut koealat olivat nuoria kasvatusmetsiä. Kolme Etelä-Suomessa mitatuista metsiköistä oli varttuneita kasvatusmetsiä, mutta niitä ei oltu harvennettu vähään aikaan. Länsi-Suomessa mitattiin yksi varttunut kasvatusmetsikkö, jota ei oltu harvennettu ja jonka puusto oli siten hyvin tiheää ja puuston läpimitta pieni. Mitatuista puista oli mäntyä 68 %, kuusta 28 % ja lehtipuita 4 %.

Rakennuspuusaannon ja laadun arvioimiseksi mitattiin kaikki koealan männyt ja kuuset, joiden rinnankorkeusläpimitta oli 7 cm tai enemmän. Mitatut muuttujat olivat:

- rinnankorkeusläpimitta,
- puun pituus,
- paksuimman oksan läpimitta,
- paksuimman oksan laatu
- rakennuspuuksi sopivan puunosan pituus,
- puun latvan pituus,
- alimman kuolleen oksan sijainti ja
- rungon vian sijainti.

Myös viat, jotka vaikuttivat rungon tekniseen laatuun, mitattiin, samoin kuin näiden sijainti rungossa. Mitattuja runkovikoja olivat:

- mutkat,
- lenkous,
- poikaoksat,
- laho,
- korot ja
- kiehkurat, joiden välinen etäisyys on pienempi kuin 15 cm.

Rungon mutkan pituus merkittiin muistiin. Jos rungossa oli suuria oksakulmia tai muita vikoja kuin edellä mainittiin, kirjattiin nämäkin muistiin. Aineiston jatkokäsittelyn helpottamiseksi inventoinnissa kirjattiin puut, jotka piti kaataa joka tapauksessa huonon laadun takia.

3 MENETELMÄT

3.1 Koealojen laskennallinen harventaminen

Kerätystä aineistosta valittiin paperilla puut, jotka pitäisi kaataa tavanomaisessa ensiharvennuksessa. Harvennuksia ei siis todellisuudessa tehty. Laskennallisessa harventamisessa ei pyritty suurimpaan mahdolliseen rakennuspuusaantoon, vaan puut valittiin tavanomaisella ensiharvennusperiaatteella. Koska maastoinventoinnissa ei kirjattu puiden sijaintia, poistettavia puita ei

valittu sijainnin perusteella. Koealoja inventoitaessa merkittiin tiheissä ryhmissä olevat puut, joten näitä ryhmiä voitiin harventaa.

Harvennettavat puut valittiin laatuharvennusperiaatteella. Tämän mukaan ei poisteta vain pienimpiä puita vaan myös puut, joissa on isoja oksia tai heikko rungon laatu. Laatuharvennuksessa ei painoteta poistuman määrää, vaan pyritään jättämään paraslaatuiset puut kasvamaan (Niemistö 1994, Lilleberg 1995).

3.2 Harvennusmalli

Laskennallinen harvennus perustui Niemistön (1992) esittämiin harvennusmalleihin. Niemistön harvennusmallissa, joka perustuu runkolukuun, keskiläpimittana käytetään harvennuksen jälkeistä puuston keskiläpimittaa. Koska harvennuksen jälkeistä keskiläpimittaa oli etukäteen vaikea arvioida, harventaminen tehtiin askeleittain, ja joka askeleen jälkeen laskettiin, oliko jäävän puuston runkoluku harvennusmallin vaatimusten mukainen.

Ensimmäisessä vaiheessa poistettiin puut, joissa oli inventoinnissa havaittu jokin suuri vika, kuten poikaoksa, suuri tyvimutka tai lenkous. Seuraavassa vaiheessa poistettiin puut, joissa oli vähäisempiä vikoja ja pienten vikojen yhdistelmät huomioitiin tarkemmin. Laatuharvennuksen mukaisesti koetettiin jättää pienioksaist puut kasvamaan.

Mikäli näissä kahdessa ensimmäisessä vaiheessa ei saavutettu haluttua runkolukua, puiden poistamista jatkettiin pienempiä puita poistamalla kunnes runkoluku oli harvennusmallin mukainen (Metsänhoitosuosituksen 1989, Niemistö 1992).

3.3 Runkojen apteeraus ja kertymien laskeminen

Kaikista poistettaviksi valituista puista laskettiin Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvia runkokäyrämalleja käyttäen kolmen eri läpimitan sijaintikorkeudet. Nämä olivat 5, 7 ja 9 cm.

Edellä mainittujen katkaisukohtien ja maastossa mitattujen vikaisuuksien sijainnin perusteella koealoilta poistetuista puista laskettiin ne osat, jotka täyttivät rakennuspuun mitta- ja laatuvaatimukset. Mikäli rakennuspuuosa oli pitempi kuin aluksi oletettu 2,4 metriä, sen pituutta lisättiin 0,3 m:n askelin mikäli tämä oli mahdollista. Tässä tavoiteltiin suurinta mahdollista rakennuspuusaantoa. Pölkkyt, jotka eivät soveltuneet rakennuspuuksi, luokiteltiin kuitupuuksi, mikäli ne täyttivät Tapion Taskukirjassa (1997) esitetyt laatuvaatimukset.

Kaikki runkojen osat, jotka täyttyivät rakennuspuun laatuvaatimukset, laskettiin mukaan rakennuspuukertymään. Kertymä laskettiin leimikoittain ja puulajeittain kuutiometreinä hehtaaria kohden. Rungoittainen tilavuus laskettiin Laasasenahon (1982) esittämien runkokäyrien perusteella. Samalla tavalla laskettiin kuitupuun saanto. Tuloksissa esitetään rakennuspuukertymä hehtaarilta, kun pölkkyjen pituus on 3, 4, 5 tai 6 metriä.

3.4 Rakennuspuun kokonaismäärä

Arvio saatavissa olevan rakennuspuun kokonaismäärästä saatiin kertomalla hehtaarikohtainen kertymä ensiharvennusten pinta-alalla. Laskelmat perustuivat valtapuulajiin ja maan osaan. Harvennettavien metsien pinta-ala perustui Metsäntutkimuslaitoksen laskelmiin, jotka pohjautuvat valtakunnan metsien inventointien tuloksiin. Näissä laskuissa harvennettavina pidettiin metsiöitä, joiden harvennus oli jo myöhässä tai jotka pitäisi harventaa seuraavien 10 vuoden aikana.

4 TULOKSET

4.1 Harvennusvoimakkuudet ja poistettujen puiden ominaisuudet

Kaikilta inventoiduilta kuvioilta voitiin poistettavat puut valita siten, että päästiin käytettyjen harvennusmallien mukaisiin runkoluku- ja keskiläpimittatavoitteisiin. Ennen harvennusta kuvioilla oli keskimäärin 2 000 runkoa hehtaarilla. Harvennuksissa poistettiin keskimäärin 800 runkoa hehtaarilta. Kaikkien puiden keskiläpimitta rinnan korkeudelta oli 12,8 cm ja poistettujen puiden keskiläpimitta oli 11,8 cm.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty keskimääräiset runkoluvut ennen harvennusta ja poistettujen puiden määrä jaoteltuna maan eri osiin.

	Runkoja ennen harvennusta kpl/ha	Runkoja harvennuksen jälkeen, kpl/ha
Etelä-Suomi	2 000	800
Itä-Suomi	2 200	1 200
Länsi-Suomi	1 600	600

Taulukossa 1 ovat alkuperäisen puuston, poistuman ja kasvatettavaksi jätettävän puuston keskimääräiset tilavuudet sekä tilavuuden minimi- ja maksimiarvot.

Taulukko 1. Alkuperäisen, poistetun ja kasvatettavaksi jäävän puuston puumäärän (m³/ha) keskiarvo/minimi/maksimi puulajeittain, veroluokittain, uudistamistavoittain kuvion pääpuulajin mukaan sekä maan eri osissa.

	Alkuperäinen puusto			Poistuma			Jäävä puusto		
	Keskiarvo	Min.	Maks.	Keskiarvo	Min.	Maks.	Keskiarvo	Min.	Maks.
Mänty	166,7	75,8	299,6	64,3	8,9	149,6	102,4	37,6	152,1
Kuusi	212,0	89,7	353,0	85,0	0,0	187,0	127,0	84,4	196,5
IA-IB	202,3	83,3	353,0	85,2	0,0	186,8	117,1	37,6	196,5
II-IV	165,4	75,8	299,6	60,9	7,5	147,6	104,5	52,8	152,1
Etelä	202,1	75,8	353,0	85,0	12,5	187,0	117,1	63,2	196,5
Itä	195,9	83,3	299,6	88,4	31,9	150,7	107,5	37,6	152,1
Länsi	139,1	80,8	195,8	35,9	0,0	82,9	103,2	52,8	146,7
Viljely	176,6	75,8	353,0	68,9	8,9	187,0	107,8	37,6	166,1
Luontainen	183,8	80,8	330,8	72,1	0,0	147,6	111,7	52,8	196,5
Kaikki	179,3	75,8	353,0	70,1	0,0	187,0	109,2	37,6	196,5

4.2 Pyöreän rakennuspuun kertymä

4.2.1 Koko aineisto

Mänty- ja kuusikoepuiden rungoista 34 % täytti pyöreälle rakennuspuulle asetetut vaatimukset. Poistetuista puista 23 % täytti sekä mittojensa että laatunsa puolesta pyöreän rakennuspuun vaatimukset eli niistä saatiin ainakin yksi rakennuspuupölkky. Vain 0,7 % rungoista oli sellaisia, joista saatiin kaksi pölkkyä.

Taulukossa 2 on rakennuspuupölkyn läpimitan vaikutus saantoon sekä näiden minimi ja maksimi. Taulukoissa 3 esitetään koko aineistosta lasketun pienen rakennuspuun kertymän vaihtelu kuvion pääpuulajin (mänty, kuusi), uudistamistavan (viljely, luontainen uudistaminen), veroluokan (IA-IB, II-IV) sekä maan osan (Etelä-, Itä- ja Länsi-Suomi) mukaan.

Taulukko 2. Pyöreän rakennuspuun keskimääräinen saanto (m^3/ha) pienimpine ja suurimpine kertymineen jaoteltuina puulajin ja latvaläpimitan mukaan.

Latva Ø	Mänty			Kuusi		
	Keskim.	Pienin	Suurin	Keskim.	Pienin	Suurin
5 cm	9,1	0	49,3	12,7	0	32,7
7 cm	7,9	0	54,0	11,2	0	38,9
9 cm	6,2	0	55,3	8,6	0	43,8

Taulukko 3. Rakennuspuun osuus koko poistumasta (%) (keskimäärin/pienin/suurin) ryhmiteltynä veroluokittain, uudistamismenetelmän, pääpuulajin ja maan osan mukaan. Rakennuspuun pienin läpimitta on 9 cm.

	Mänty			Kuusi			Kaikkiaan		
	Keskim.	Pienin	Suurin	Keskim.	Pienin	Suurin	Keskim.	Pienin	Suurin
Veroluokka IA-IB	3,7	0,0	23,7	10,5	0,0	31,0	7,1	0,0	31,0
Veroluokka II-IV	10,3	0,0	39,7	4,4	0,0	12,4	9,5	0,0	39,7
Etelä-Suomi	9,3	0,0	35,9	9,4	0,0	17,5	9,3	0,0	35,9
Itä-Suomi	5,9	0,0	23,7	5,3	0,0	16,7	5,7	0,0	23,7
Länsi-Suomi	10,6	0,0	39,7	15,5	0,0	31,0	11,1	0,0	39,7
Keinollinen uudistaminen	7,3	0,0	39,7	8,1	0,0	17,5	7,5	0,0	39,7
Luontainen uudistaminen	11,4	0,0	35,9	9,1	0,0	31,0	10,6	0,0	35,9
Keskimäärin	8,6	0,0	39,7	8,6	0,0	31,0	8,6	0,0	39,7

Kaikkiaan hehtaareittainen rakennuspuukertymä vaihteli suuresti. Kuusirungon käytön rakennuspuuksi esti yleisimmin tyvimutka, joka oli 35 %:ssa kaadetuista kuusirungoista. Mäntyrunkojen mikään yksittäinen vika ei ollut vallitseva.

4.2.2 Kertymältään paras neljännes

Koska kertymä vaihteli suuresti, inventoidut leimikot jaettiin rakennuspuukertymän suuruuden perusteella neljään ryhmään, joista kertymältään suurimpaa tarkasteltiin tarkemmin. Parhaassa neljänneksessä rakennuspuun kertymä oli 32 % koko kertymästä ja vaihteluväli oli 16 – 82 %. Näillä leimikoilla oli ennen harvennusta puuta keskimäärin 222 m^3/ha (vaihteluväli 81 – 353 m^3/ha). Puuta hakattiin keskimäärin 102 m^3/ha (28 – 187 m^3/ha) ja hakkuun jälkeen puuta jäi 125,3 m^3/ha (53 – 196 m^3/ha).

Rakennuspuun määrä ja minimiläpimitan vaikutus saantoon (kpl/ha) leimikoiden parhaassa neljänneksessä on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Rakennuspuun keskimääräinen saanto (kpl/ha) leimikoiden parhaassa neljänneksessä.

Pituus, m	Läpimitta, mm					
	50	75	100	125	150	175
2	0	17	6	2	0	0
3	0	56	25	9	17	0
4	0	31	3	0	0	3
5	0	22	0	0	0	0
6	0	18	9	0	0	0
7	0	29	7	2	0	0
8	0	8	0	0	0	0
9	0	9	3	0	0	0
10	0	2	3	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0

4.2.3 Rakennuspuun kokonaismäärä Suomessa

Taulukossa 5 on esitetty arvio eri puolilla Suomea sijaitsevien ensiharvennusmetsiköiden rakennuspuumääristä.

Taulukko 5. Arvio ensiharvennusleimikoilta saatavan rakennuspuun määristä. Ryhmittely alueittain, vallitsevan puulajin ja veroluokan mukaan. Pienin läpimitta 5 cm, arvot tuhansina kuutiometreinä.

Alue	IA-IB		II-IV	
	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi
Etelä-Suomi	494,7	2135,4	1561,6	285,5
Itä-Suomi	176,7	692,3	1453,1	64,0
Länsi-Suomi	33,1	113,2	727,0	16,5

Arvion mukaan rakennuspuun kokonaismäärä on 7,7 miljoonaa kuutiometriä, josta 4,4 miljoonaa kuutiometriä on mäntyä ja 3,3 miljoonaa kuutiometriä kuusta, jos minimiläpimitta on 5 cm. Mikäli minimiläpimitta on 7 cm, puun saanto alenee noin 15 %:a, männyn 3,7 miljoonaan kuution ja kuusen 2,8 miljoonaan kuutiometriin. Jos edelleen arvioidaan, että rakennuspuuta kannattaa korjata vain parhaasta neljänneksestä, mäntyä voitaisiin korjata 1,2 miljoonaa kuutiota ja kuusta 0,9 miljoonaa kuutiota.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pyöreää rakennuspuuta saadaan keskimäärin eniten leimikoista, jotka ovat tuoreilla kivennäismailla Etelä-Suomessa, joiden pääpuulaji on kuusi ja jotka ovat luontaisesti uudistettuja. Kuusikoissa laadunvaihtelu on kuitenkin suurta. Parhaan neljänneksen leimikoista suurin osa oli karujen kivennäismaiden männiköitä.

Rakennuspuun tekninen laatu oli parempi veroluokkaryhmässä II-IV kuin rehevämmillä kasvupaikoilla. Luontaisesti uudistetuista metsiköistä saadaan parempaa rakennuspuuta. Eniten rakennuspuuta saadaan rehevien maiden kuusikoista ja karujen maiden männiköistä, jotka ovat luontaisesti sopivia näille puulajeille. Tarkasteltaessa luontaisesti sopivia kasvupaikkoja kuusikoista saanto on tavallisesti suurempi kuin männiköistä, mutta kuusikoissa on vikojen, kuten lenkous ja

tyvimutkat, esiintyminen melko tavallista. Karujen maiden männiköissä vastaavien vikojen osuus on pienempi. Leimikoiden oikea valinta vaikuttaa hyvin paljon saatavan rakennuspuun määrään. Parhaimmissa leimikoissa rakennuspuun määrä on kaksinkertainen rakennuspuun keskimääräiseen saantoon verrattuna. Vaikeutena on vain se, ettei ainakaan tässä tutkimuksessa löydetty yhtään hyvää rakennuspuun määrän selittäjää. Rakennuspuusaanto pitää selvittää etukäteen maastoinventoinnilla, jos puuta on tarkoitus korjata enemmän.

Käytettyjen oletusten mukaan rakennuspuuta olisi mahdollista hakata noin 8 miljoonaa kuutiota, mikäli mitään rajoitteita ei olisi. Tämän perusteella rakennuspuuvarat voidaan arvioida ainakin 2 miljoonaksi kuutioksi, jos oletetaan, että rakennuspuuta kannattaa hakata saannoltaan parhaasta neljänneksestä.

Pientä pyöreää rakennuspuuta käytettäessä kannattaa suosia pölkkyjä, joiden pituus on 3 metriä ja läpimitta 10, 12,5 tai 15 cm. Jos tarvitaan neljän metrin jänneväliä, läpimitat olisivat tällöin 10 ja 12,5 cm:ä. Tällaisia pölkkyjä saadaan luontaisesti ilman suurempaa hakemista. Tuloksista käy myös ilmi, että on mahdollista saada myös pölkkyjä, joiden latvaläpimitta on 10 cm ja pituus 7 metriä. Nämä ovat kuitenkin niin harvinaisia, että tällaisia pituuksia pitäisi käyttää vain erityistarkoituksiin.

Metsiköt, joita harvennetaan toista kertaa, ovat myös hyviä rakennuspuun korjuukohteita. Näissä on se etu, että huonompia puita on jo poistettu ensimmäisessä harvennuksessa, jolloin jäljellä olevien puiden laatu on parempi. Lisäksi poistettava puu on suurempaa, jolloin tarpeen vaatiessa saadaan suurempaa rakennuspuuta.

6 KIRJALLISUUSLUETTELO

HAKKILA, P. 1996. Ensiharvennuspuun hyödyntäminen. *Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja* 1996 (4):428-433.

HERÄJÄRVI, H. 1998. Ensiharvennuskuusen korjuu pyöreäksi rakennuspuuksi, tapaustutkimus. *Metsäteknologian ja puutalouden pro gradu*. Joensuun yliopisto. 60 s.

LAASASENAHO, J. 1982. Taper Curve and Volume Functions for Pine, Spruce and Birch. *Commun. Inst. For. Fenn.* 108. 74 s.

LILLEBERG, R. 1995. Harvennustapa männikön ensiharvennuksessa. [Summary: Thinning alternatives in first thinning of pine]. *Metsäteho, katsaus* 3/1995. 7 s.

Maa- ja metsätalousministeriö. 1988. Ensiharvennustyöryhmän muistio. *Työryhmämuistio* 1988:27. 57 s.

Metsänhoitosuosituksset. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio. 55 s.

NIEMISTÖ, P. 1992. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 432. 18 s.

NIEMISTÖ, P. 1994. Männikön ensiharvennus ala-, ylä- tai laatuharvennusta käyttäen. *Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja* 1994(1):19- 32.

PAHKINEN, E. & LEHTONEN, R. 1989. Otanta-asetelmat ja tilastollinen analyysi. *Gaudeamus*. Helsinki. 286 s.

Tapion taskukirja. 1997. 23. uudistettu painos. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 638 s.

VUOKILA, Y. 1976. Ensiharvennuskertymä. Summary: Yield from the first thinning. *Folia Forestalia* 264. 12 s.

Pyöreän rakennuspuun korjuukustannukset

Henrik Heräjärvi
Joensuun yliopisto

Jukka Pietilä
Maatalouden tutkimuskeskus
Maatalousteknologian tutkimus Vakola

1 JOHDANTO

1.1 Pyöreän rakennuspuun korjuu

Ensimmäinen vaihe pyöreän rakennuspuun tuotannossa on raaka-aineen hankinta. Parhaiten pyöreää rakennuspuuta saadaan metsiköiden ensimmäisestä ja toisesta harvennuksesta. Monet eri tekijät vaikuttavat rakennuspuun korjuumenetelmän valinnassa. Näitä ovat (Barnard 1996, Heräjärvi 1998):

- maasto,
- leimikon kulkukelpoisuus,
- etäisyys autotiestä,
- leimikolta saatavan rakennuspuun kokonaismäärä,
- leimikon sijainti muihin nähden,
- toiminnan laajuus,
- puun hakkaajan kokemus,
- leimikolta saatavan pyöreän puun määrä ja
- leimikon alikasvuston määrä.

Pyöreän rakennuspuun korjuuseen ei tarvitse ostaa tai kehitellä mitään uutta korjuumenetelmää. Puiden hakkuu voidaan tehdä tavanomaisin välinein tavallisen harvennushakkuun yhteydessä eikä rakennuspuun metsäkuljetukseen vaadi mitään erityisiä toimia. Suurin ero tavanomaiseen hakkuuseen verrattuna on rakennuspuun valinta, muutoin rakennuspuu on vain yksi uusi tavara-laji.

Pyöreän rakennuspuun korjuussa on kaksi eri päämenetelmää. Toinen on rakennuspuun valinta kuitupuupinosta ja toinen on rakennuspuun hakkuu omana puutavaralajinaan. Kummallakin tavalla on omat etunsa ja haittansa, ja kummankin soveltaminen ja käyttö on erilaista. Nämä vaikuttavat tuottoihin ja kuluihin, joten kumpaakin menetelmää testattiin.

Valintamenetelmässä kuitupuupinosta haetaan rakennuspuuksi sopivia pölkkyjä lajittelemalla pinoa pölkky pölkyltä, ja otetaan erilleen puut, jotka täyttävät rakennuspuun laatuvaatimukset. Hakkuumenetelmässä laadultaan hyvä rakennuspuu katkotaan jo hakattaessa sopiviin, ennalta-valittuihin mittoihin, ja puu käsitellään omana puutavaralajinaan.

Melkein kaikki pieniläpimittainen puu saadaan harvennusemetsiköistä. Rakennuspuun laatuvaatimukset ovat suuremmat kuin kuitupuun. Näitä vaatimuksia ovat esimerkiksi suoruus ja oksattomuus. Tämä on ongelma rakennuspuun korjuussa, sillä harvennushakkuissa pitää jättää paraslaatuiset puut kasvamaan. Metsikön tulevaa laatua ei pidä heikentää poistamalla parhaat puut jo kasvatusvaiheessa. Hakkuussa noudatetaan laatuharvennuseriaatetta ja korjataan rakennuspuuksi parhaat poistettavista puista.

On tärkeää erottaa kuitupuun ja rakennuspuun toisistaan jo korjuun yhteydessä tai viimeistään tien varressa. Myöhempi erottaminen aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia ja työtä. Aikaisempia tutkimuksia kuitupuun ja rakennuspuun kytketystä korjuusta ei ollut saatavissa, mutta esimerkiksi kuitu- ja poltopuun korjuusta on runsaasti materiaalia tarjolla, kuten Imponen (1995), Hakkila ym. (1995), Mäkelä & Ryyänen (1994). Tässä tutkimuksessa saatuja rakennuspuun hakkuun työajan menekkiä ja kustannuksia verrattiin myös kuitupuun hakkuun työajan menekkiin, tuottavuuteen ja kustannuksiin, esimerkiksi Imponen & Kuitto (1985), Kuitto ym. (1994), Lilleberg (1990), Liikkanen (1992), Mäkelä (1989 ja 1990). Rakennuspuun hakkuu eroaa kuitenkin kuitupuun hakkuusta erityisesti kaadossa ja katkonnassa, koska rakennuspuun valinnassa ja katkonnassa pitää ottaa huomioon puun laatu, mikä heikentää korjuun tuottavuutta.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää ja tutkia menetelmää pyöreän rakennuspuun ja kuitupuun samanaikaiseksi korjaamiseksi. Lähtökohta oli, että rakennus- ja kuitupuu lajitellaan erikseen jo korjuun yhteydessä.

Tutkimuksen aikana ideoitiin ja tutkittiin neljää erilaista menetelmää. Nämä olivat hakkuu miestyönä, miestyönä tehty valmisteleva hakkuu ennen konehakkuuta, konehakkuu ja lopuksi selvitettiin rakennuspuun erottelemista kuitupuusta tien varressa. Joka menetelmästä selvitettiin, miten hyvin saatu rakennuspuu vastasi asetettuja laatuvaatimuksia.

Menetelmistä selvitettiin kustannukset ja tuottavuus, samoin kuin puun koon vaikutus näihin.

1.3 Menetelmät

Rakennuspuurunko määritellään puun rungoksi, jonka mitat ja laatu ovat sellaiset, että siitä saadaan ainakin yksi rakennuspuupölkky.

Kuitupuurungon mitat ja laatu ovat sellaiset, että puusta saadaan vain kuitupuuta.

Rakennuspuu on kuorittu tai sorvattu rakennuspuutavara, joka on pyöreä ja jonka mitat täyttävät etukäteen asetetut vaatimukset.

Kunkin korjuulohkon työajat määritettiin aikatutkimuksella. Tämän avulla määritettiin tarvittavat työmaa- eli tuotantoajanmenekit (W_0) (tehoajaka + keskeytykset + apuajat) sekä tarvittavat tehoajat (E_0) ja käyttöajat. Käyttöajalla tarkoitetaan tuotantoaika, josta on poistettu yli 15 minuutin keskeytysten osuus, tehoajasta on poistettu kaikki keskeytykset (Harstela 1991). Puunkorjuun tuottavuutta mitattaessa on tavallisesti käytetty käyttöaika (esim. Brunberg 1998, Kuitto ym. 1994, Asikainen 1995) mutta myös tehoaika on käytetty (esim. Sirén 1990, Kuitto ym. 1994, Nurmi 1994). Tässä tutkimuksessa käytettiin käyttöaika ja tehoaika, koska pienten keskeytysten osuus oli pieni. Tuloksissa esiintyy kolme eri kustannuslukua: hakkuukustannus, metsäkuljetuskustannus ja näiden summana saatava korjuukustannus.

2 AIKA- JA TUOTTAVUUSTUTKIMUKSEN AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Korjuumenetelmät

Aikatutkimuksessa mukana olleet metsuri ja koneen kuljettajat olivat puunkorjuun ammattilaisia. Koska he eivät olleet tottuneita tutkimuksessa käytettyyn korjuumenetelmään, he harjoittelivat sitä ennen aikatutkimuksia. Harjoitteluun käytetty palsta oli samanlainen kuin varsinainen aikatutkimuspalsta. Kuormatraktori ja hakkuukone olivat keskikokoisia ja sopivia harvennustyöhön.

Kuitupuun laatuvaatimukset olivat tavanomaiset ja kuitupuun pienin läpimitta oli 7 cm. Rakennuspuuksi korjatuille rungoille asetettiin seuraavat vaatimukset (Borén 1997):

- suurin oksan läpimitta 3 cm,
- kiehkuroiden välinen etäisyys vähintään 15 cm ja
- rungoissa ei saanut olla lenkoutta, mutkia, lahoa tms.

Tutkimuksessa käytettiin seuraavia korjuumenetelmiä:

- 1) *Metsurihakkuu*. Metsuri ja kuormatraktori. Metsuri hakkasi sekä kuitu- että rakennuspuut ja kasasi ne eri pinoihin, joista puut kuljetettiin välivarastolle erillisiin pinoihin. Eri tavaralajit kuljetettiin samassa kuormassa kuormatilan eri laidoilla.

- 2) *Valmisteleva hakkuu.* Metsuri, hakkuukone ja kuormatraktori. Metsuri hakkasi ja kasasi edeltä käsin kaikki rinnankorkeuslähimitaltaan alle kymmensenttiset poistettavat puut joko kuitu- tai rakennuspuuksi. Lisäksi metsuri merkkasi ajourat valmiiksi maastoon. Tämän jälkeen hakkuukoneella avattiin ajourat sekä hakattiin loput poistettavat rungot kuitu- tai rakennuspuiksi. Tavaralajit erotettiin toisistaan määrämittojen avulla. Metsäkuljetus samoin kuin edellisessä menetelmässä.
- 3) *Koneellinen hakkuu.* Hakkuukone ja kuormatraktori. Hakkuukoneella hakattiin sekä kuitu- että rakennuspuu samanaikaisesti ja erotettiin ne eri pinoihin metsäkuljetusta varten. Puut erotettiin toisistaan pituuden avulla. Metsäkuljetus tehtiin kuten menetelmässä 1).
- 4) *Välivarastolla valinta.* Hakkuukoneella hakattiin kuitupuuta normaalilla tavalla. Kuormatraktorin kuljettaja valitsi rakennuspuiksi kelpaavat pölkkyt kuitupuun joukosta joko a) kuormausvaiheessa kuormatilan eri laidoille tai b) välivarastolla kuormaa purettaessa, kasa- us eri pinoihin kaukokuljetusta varten.

Metsäkuljetuksen jälkeen tutkittiin korjuun onnistuminen. Tällöin selvitettiin, täyttivätkö rakennuspuuksi korjatut pölkkyt laatuvaatimukset ja olivatko kuitu- ja rakennuspuupölkkyt oikeissa pinoissa.

Vaikka tutkimus tehtiin urakoitsijakalustolla, tulokset pätevät ainakin suuntaa-antavasti myös isännänlinjan puunkorjuussa. Aikaisempien tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että maataloustraktorilla tehdyn metsäkuljetuksen kuituittaiset kustannukset ovat samaa luokkaa kuin nyt mitatun metsätraktorikuljetuksen. Metsätraktorin suuremmat kustannukset korvaa sen parempi kuljetuskyky.

2.2 Leimikko

Työtutkimus tehtiin ensiharvennusleimikossa, jossa oli sekä kuusta että mäntyä kuusen ollessa pääpuulaji. Rakennuspuu tehtiin kuusesta ja mänty korjattiin pelkästään kuitupuuna. Ennen korjuuta leimikon puustotiedot mitattiin.

Kustannuslaskelmia tehtäessä oletettiin metsurin kustannuksen olevan 16,7 euro/h (100 mk/h), hakkuukoneen 66,7 euro/h (400 mk/h) ja kuormatraktorin 37,5 euro/h (225 mk/h) (tuntihinnat on johdettu urakkataksista). Kustannukset jaettiin tavaralajeittain seuraavan yhtälön mukaan (Ojala & Terävä 1994):

$$\frac{\text{Tavaralajin osuus ajanmenekistä}}{\text{Tavaralajin osuus kertymästä}} \times \text{Koko hakkuun yksikkökustannus (euro/m}^3\text{)}$$

Taulukossa 1 esitetään korjattujen rakennuspuu- ja kuitupuurunkojen lukumäärä palstoittain. Samoin rakennuspuurunkojen osuus koko poistumasta on laskettu. Kaikkiaan tutkitussa leimikossa 25 % poistetusta rungoista täytti rakennuspuun laatuvaatimukset.

Taulukko 1. Tutkimuksessa hakattujen runkojen osuus hakkuumenetelmittäin ja rakennuspuun osuus korjatuista rungoista.

Menetelmä	Kuitupuurunkoja, kpl	Rakennuspuurunkoja, kpl	Rakennuspuun osuus, (%)
Metsuri	208	75	22,9
Valmisteleva	209	95	23,3
Konehakkuu	215	68	25,9

3 TULOKSET

3.1 Tuottavuus ja kustannukset

Hakkuun tuottavuus ja kustannukset ovat taulukossa 2. Mikäli otetaan huomioon myös niiden runkojen osuus, jotka eivät täyttäneet rakennuspuun laatuvaatimuksia, valmistelevalle hakkuulle ja koneellisen hakkuun kustannukset lisääntyvät noin 20 %.

Taulukko 2. Eri korjuumenetelmien hakkuun tuottavuus tehoajan (E_0) perusteella ja tavaralajeittaiset hakkuukustannukset (1 euro = 6 mk).

Menetelmä	Tuottavuus, (m^3/E_0)		Kustannukset, (euro/ m^3)	
	Kuitupuu	Rakennuspuu	Kuitupuu	Rakennuspuu
Metsuri	1,35	0,40	6,9	14,1
Valmisteleva	2,34	0,71	10,4	16,1
Koneellinen	3,31	1,16	9,3	11,7

Korjuukustannukset (kaato ja metsäkuljetus) ovat taulukossa 3. Mikäli vain kustannukset otetaan huomioon, rakennuspuun valinta autotien varrella kuitupuusta on kannattavin tutkituista menetelmistä.

Taulukko 3. Korjuukustannukset menetelmittäin. a lajittelu kuormausvaiheessa, b lajittelu välivarastolla kuormaa purettaessa (1 euro = 6 mk).

Menetelmä	Kustannukset (euro/ m^3)
Metsuri	16,6
Valmisteleva hakkuu	17,2
Koneellinen hakkuu	15,7
Valinta a/b	14,6/13,4

Taulukossa 4 on esitetty korjuukustannukset myös pölkkyä ja metriä kohden.

Taulukko 4. Rakennuspuupölkkyjen korjuukustannukset pölkkyä ja metriä kohden. a lajittelu kuormausvaiheessa, b lajittelu välivarastolla kuormaa purettaessa (1 euro = 6 mk).

Hakkuumenetelmä	Korjuukustannukset, (euro/pölkky)	Korjuukustannukset, (euro/m)
Metsuri	1,1	0,23
Valmisteleva	1,1	0,27
Koneellinen	1,0	0,28
Valinta a/b	0,95/0,87	0,27/0,23

Jos pölkyn tilavuus lisääntyi 10 dm^3 , hakkuun kustannukset lisääntyivät noin 0,17 euro (1 mk). Vastaavasti pölkyn tilavuuden vähentyessä hakkuun kustannukset vähenivät. Pölkyn tilavuuden kasvaessa korjuun suhteelliset kustannukset kasvavat nopeammin, syynä tähän on mm. pinnan myötäisen karsinnan vaatima lisätyö.

3.2 Tulokset menetelmittäin

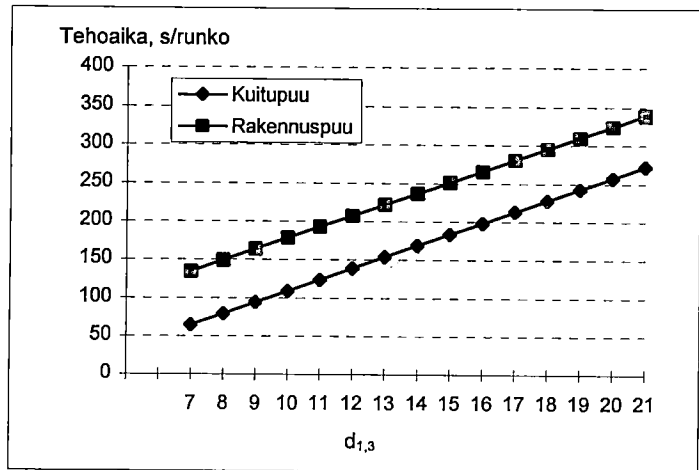
3.2.1 Metsurihakkuu

Taulukossa 5 on metsurimenetelmällä hakattujen runkojen keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat ja tilavuudet.

Taulukko 5. Metsurimenetelmällä hakattujen puiden keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat ja tilavuudet.

	Kuitupuu	Rakennuspuu
Rinnankorkeusläpimitta, cm	11,7	13,5
Keskitilavuus, dm ³	65	95

Kaikki rakennuspuut, jotka metsuri teki, täyttivät rakennuspuun laatuvaatimukset. Rakennuspuun hakkuu vei keskimäärin 20 % enemmän aikaa kuin vastaavan kuitupuun hakkuu. Syinä olivat runkokoko ja hakkuuta-pa. Rakennuspuuksi valikoitiin suurempia puita, jotta mittavaatimukset olisivat täyttyneet, ja näiden hakkuu vei enemmän aikaa. Rakennuspuu myös karsittiin pinnanmyötäisesti ja katkottiin määrämittaen, mihin kului enemmän aikaa kuin kuitupuun tynkäkarsintaan ja silmävaraiseen katkontaan. Ajanmenekin suhteellinen ero oli 40 %. Siirtymisiin kului 15 – 20 s/runko. Kuvassa 1 on esitetty rinnankorkeusläpimitan vaikutus hakkuun ajanmenekkiin.



Kuva 1. Rinnankorkeusläpimitan $d_{1,3}$ vaikutus hakkuun ajanmenekkiin metsurihakkuussa.

3.2.2 Valmisteleva hakkuu

Valmistelevassa hakkuussa metsurilta kului paljon aikaa rungolta toiselle siirtymiseen. Keskimäärin siirtymisaika oli 47 s. Taulukossa 6 ovat valmistelevalla menetelmällä hakattujen puiden keskirinnankorkeusläpimitat ja -tilavuudet.

Taulukko 6. Valmistelevalla menetelmällä hakkuukoneella hakattujen puiden rinnankorkeusläpimitat ja tilavuudet.

	Kuitupuu	Rakennuspuu
Rinnankorkeusläpimitta, cm	12	13
Keskitilavuus, dm ³	67	81
Ajankulutus, (s/runko)	38	49

Rakennuspuurungon hakkuu vei taas 1,3 kertaa enemmän aikaa kuin kuitupuun. Syynä oli tarkemmat mitta- ja laatuvaatimukset, joiden tarkkailu vei aikaa. Kuvassa 2 esitetään rungon läpimitan vaikutus hakkuun ajanmenekkiin.

Kaikki metsurin hakkaamat rakennuspuupölkkyt täyttivät laatuvaatimukset. Sen sijaan hakkuukoneella kaadetuista puista 20 % ei täyttänyt. Syynä oli useimmin poikaoksa, jota koneen kuljettaja ei nähnyt.

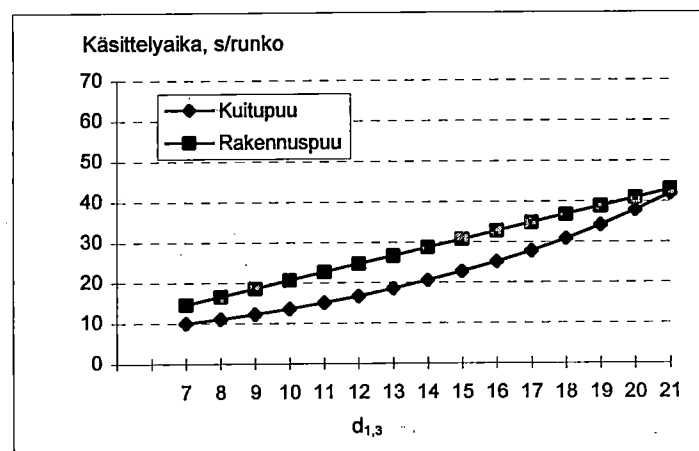
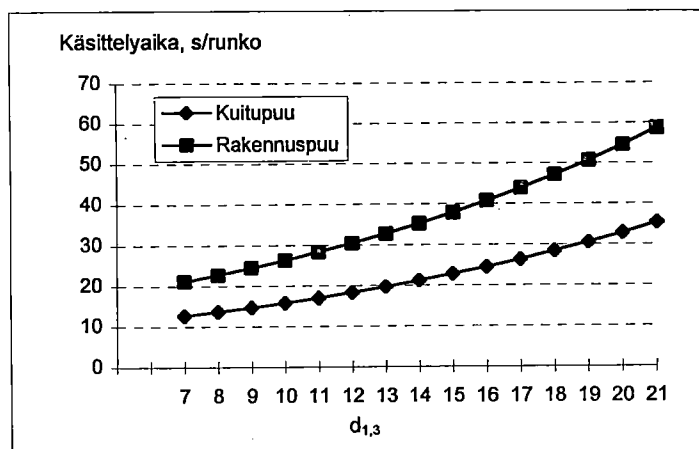
Kuva 2. Hakkuukoneen hakkuuajan riippuvuus hakatun puun rinnankorkeusläpimitasta $d_{1,3}$ valmistele- vassa hakkuussa.

3.2.3 Hakkuukonehakkuu

Taulukossa 7 on hakkuukoneella hakattujen puiden keskimitat. Myös tällä palstalla rakennuspuurungot olivat kuiturunkoja suurempia, mikä selittää suuremman hakkuun ajanmenekin.

Hakkuukoneella kului keskimäärin 12 % pidempään rakennuspuurungon hakkuussa kuitupuuhun verrattuna. Kuvassa 3 on hakkuuajan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta. Puiden hakkuuajat vaihtelivat valmistelemaa hakkuuta enemmän, koska myös pienemmät rungot piti hakata.

Kuva 3. Hakkuun ajanmenekin riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta $d_{1,3}$ koneellisessa hakkuussa.



Taulukko 7. Hakkuukoneella hakattujen runkojen keskitilavuudet ja rinnankorkeusläpimitat.

	Kuitupuu	Rakennuspuu
Rinnankorkeusläpimita, cm	11	14
Keskitilavuus, dm ³	47	91
Ajanmenekki, (s/runko)	34	48

Tälläkään menetelmällä 20 % rakennuspuista ei täyttänyt laatuvaatimuksia. Suurin syy olivat havaitsematta jääneet poikaoksat, mutta myös ylisuuret oksat ja lenkous. Harvesterin rullat olivat vahingoittaneet joitain pölkkyjä.

3.3 Metsäkuljetus

Hakkuumenetelmä ei vaikuttanut paljoakaan rakennuspuun metsäkuljetukseen ja sen ajanmenekkiin. Yleisesti ottaen ajanmenekki lisääntyi hieman pelkkään kuitupuun kuljetukseen verrattuna, koska tavaralajit piti pitää erillään ja erotella purettaessa. Metsäkuljetuksen ajankulutus ja kustannukset on esitetty taulukossa 8. Metsurihakkuussa tuottavuus oli parempi, koska pölkkyt olivat pidempiä kuin muissa menetelmissä.

Taulukko 8. Metsäkuljetuksen palstoittaiset ajanmenekit ja kustannukset (1 euro = 6 mk).

	Tuottavuus (m ³ /h)	Kustannukset, (euro/m ³)
Metsuri	10,0	3,8
Valmisteleva hakkuu	8,7	4,3
Koneellinen hakkuu	8,3	4,5

Taulukossa 9 on esitetty, miten pölkkyjen erillään pitäminen onnistui metsäkuljetuksen aikana. Sarake, jossa kuvataan metsurihakkuun tulosta näyttää parhaiten, miten pölkkyt sekoittuivat kuljetuksen aikana, koska metsuri kasasi tavaralajit erilleen. Lukuihin ei sisällytetty pölkkyjä, jotka eivät täyttäneet rakennuspuun laatuvaatimuksia hakkuun jäljiltä.

Taulukko 9. Väärissä pinoissa olevan puutavaran määrä eri korjuumenetelmien ja metsäkuljetuksen jäljeltä.

Menetelmä	Rakennuspuuta kuitupuun joukossa, (%)	Kuitupuuta rakennuspuun joukossa, (%)
Metsurihakkuu	17	7
Valmisteleva hakkuu	12	0
Koneellinen hakkuu	6	0

3.4 Rakennuspuun valinta välivarastolla

Kummassakin menetelmässä vaikeutena oli se, että pölkkyjen erottelu kuormaimella on vaikeaa. Kuormausvaiheessa tehty lajittelu vei keskimäärin 2 min/m³, kun taas purettaessa ajanmenekki oli 1,2 min/m³. Metsässä kuormauksen yhteydessä tehty alustava lajittelu ei merkittävästi lisännyt kuormausajanmenekkiä verrattuna normaaliin yhden tavaralajin kuormaukseen. Rakennuspuun valinnan onnistuminen oli kuitenkin parempi kuormatessa tehdyssä lajittelussa, taulukko 10. Rakennuspuukasassa pölkkyjen hylkäämiseen johtivat pääasiassa huomaamatta jääneet poikaoskat.

Taulukko 10. Rakennuspuun valinnan onnistuminen valintamenetelmällä.

Menetelmä	Rakennuspuuta kuitupuun joukossa, (%)	Kuitupuuta rakennuspuun joukossa, (%)
Lajittelu kuormatessa	3	3
Lajittelu purettaessa	6	8

Valintamenetelmän ainoat ylimääräiset kulut kuitupuun metsäkuljetukseen verrattuna aiheutuvat purettaessa tehtävästä lajittelusta. Taulukossa 11 on esitetty kuormatraktorin tuottavuus ja kustannukset valintamenetelmää käytettäessä. Määrät ja kustannukset koskevat kaikkea metsästä tuotua puuta tutkitussa leimikossa.

Taulukko 11. Rakennuspuun valinnan tuottavuus ja kustannukset, kun valinta tehdään tien varressa (1 euro on 6 mk).

Menetelmä	Tuottavuus (m ³ /h)	Yksikkökustannukset (euro/m ³)
Purettaessa	11,5	6,4
Kuormattaessa	14,0	5,1

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Hakattavat leimikot

Pyöreä rakennuspuu pitää hakata harvennusten yhteydessä, sillä taloudellisesti tai metsänhoidollisesti ei ole järkevää korjata pelkästään yhtä puutavaralajia.

Ennen korjuuta on tärkeää arvioida leimikon rakennuspuun saanto, varsinkin jos rakennuspuuta tarvitaan enemmän. Mitä suurempi osa poistumasta täyttää rakennuspuun laatuvaatimukset, sen parempi. Pienen rakennuspuumäärän keräily eri paikoista ei ole kannattavaa. Rakennuspuun saantoa voidaan pitää hyvänä, mikäli vähintään joka kolmannesta poistettavasta puusta saadaan rakennuspuupölkky. Tapaukset vaihtelevat tilanteittain ja paikoittain, joten mitään tarkkaa lukua siitä, paljonko rakennuspuuta hehtaarilta pitäisi saada, ei voida antaa. Lisäksi rakennuspuun saantoa on vaikeaa arvioida, koska pystyssä olevien puiden laatua on vaikea arvioida ja osaa vioista ei puista näe ennen kaatoa.

4.2 Tulosten vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Yleisesti ottaen korjuun kustannukset olivat samaa suuruusluokkaa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa todetut kuitupuun korjuukustannukset. Metsurin hakkuukustannukset olivat suunnilleen samat kuin keskimääräisessä kuitupuun ensiharvennusleimikossa (Mattila 1995). Tutkimuksessa saatuja todellisia hakkuu- ja kuljetuskustannuksia verrattiin Oijalan & Örnin (1995) tulosten perusteella saatuihin laskennallisiin kustannuksiin. Tässä tutkimuksessa leimikolla toteutuneet hakkuukustannukset olivat likimain samat kuin leimikon laskennalliset hakkuukustannukset. Puiden metsäkuljetus oli laskelmia halvempaa, koska konevikoja tai muita keskeytyksiä ei sattunut.

4.3 Korjuumenetelmät

Parasta korjuumenetelmää pyöreän rakennuspuun korjaamiseen on vaikea sanoa, koska parhaat ratkaisut vaihtelevat tapauksittain.

Valittaessa rakennuspuut kuitupuupinoista, kustannukset ovat muita menetelmiä pienempiä ja laatu-hinta –suhde on hyvä. Korjuun kustannukset ovat samat kuin kuitupuun hakkuussa ja ai-noat ylimääräiset kustannukset syntyvät pölkkyjen valinnasta. Toisaalta tällä tavalla ei saada erilaisia mittoja ja pituuksia, vaan on käytettävä niitä, mitä kuitupuun korjuussa syntyy. Rakennuspuuta valittaessa täytyy käsitellä suuria puumääriä, mikä voi olla ruumiillisesti ja henkisesti raskasta, mikäli työ kestää useita päiviä. Tämä voi vielä lisää heikentää valinnan onnistumista. Valinnassa tarvitaan kuormainta ja aina ei maataloustraktorin kuormain riitä.

Metsurin tekemässä hakkuussa kustannukset ovat suurimmat mutta korjattavan rakennuspuun laatu on paras, koska melkein jokainen rakennuspuuksi tehty pölkky täyttää laatuvaatimukset. Hakkuun yhteydessä on myös mahdollista laatulajitella hakattava puu yksinkertaisten oksakokoon ja kasvunopeuteen perustuvien ohjeiden mukaan. Rakennuspuiden sekoittuminen kuitupuun kanssa metsäkuljetuksessa voidaan estää merkkäamalla rakennuspuun päähän jokin liitumerkki.

Valmisteleva hakkuu ei tässä tutkimuksessa päässyt oikeuksiinsa, koska koepalstalla ei ollut paljoa alikasvustoa tai pientä puuta. Lisäksi todettiin epävarmaksi menetelmä, jossa metsuri hakkaa rakennuspuut ja hakkuukone kuitupuut. Ennen kaatoa on vaikeaa arvioida, onko jokin runko rakennus- vai kuitupuuta. Tällöin metsuri voi kaataa myös kuitupuuta, ja toisaalta rakennuspuuksi sopivia runkoja joutuu kuitupuun joukkoon.

Jos otetaan huomioon vain tuottavuus ja kustannukset, koneellinen hakkuu näyttäisi oleva paras menetelmä rakennus- ja kuitupuun yhdistettyyn korjuuseen. Mutta jos otetaan huomioon korjattavan rakennuspuun laatu, tilanne muuttuu. Vähemmän kuin 80 % pölkyistä täytti rakennuspuun laatuvaatimukset, mikä lisäsi rakennuspuuksi sopivien puiden korjuukustannuksia. Huono laatu johtui siitä, että hakkuukoneen kuljettaja ei nähnyt hakattavien runkojen laatua tarpeeksi hyvin ohjaamoon. Myös hakkuupään siirtorullat vahingoittivat pölkyjä. Tosin myös hakkuukoneella hakatuista puista voidaan valita sopivimmat rakennuspuut kasasta tienvarressa.

5 KIRJALLISUUSLUETTELO

ASIKAINEN, A. 1995. Discrete-event simulation of mechanized wood-harvesting systems. Tiedonantoja 38, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 86 s.

BARNARD, G. 1997. Individual report of University of Surrey, UK. In: Round Small Diameter Timber for Constructions. EU-FAIR CT 95 -0091. Progress report 1996.

BORÉN, H. 1997. Round Small Diameter Timber for Construction. Teoksessa: Technology of Cost-efficient Agricultural Production, International Seminar NJF Technia 1997. Pärnu, Estonia 22. -26.10.1997. Seminaarijulkaisu.

BRUNBERG, T. 1988. Underlag för prestationsnormer för skördare i slutavverkning. Summary: Instruments for setting productivity norms for harvesters in final cuttings. Skogsarbeten redogörelse 4. 20 s.

HAKKILA, P., KALAJA, H. & SARANPÄÄ, P. 1995. Etelä-Suomen ensiharvennuskätköt kuitu- ja energialähteenä. [Young Scots pine first thinning stands in Southern Finland as fibre and energy resource] Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 582. Vantaa 1995. 100 s.

HARSTELA, P. 1991. Work studies in forestry. Silva Carelica 18. 41 s.

HERÄJÄRVI, H. 1998. Ensiharvennuskätkön korjuu pyöreäksi rakennuspuuksi, tapaustutkimus. Metsäteknologian ja puutalouden pro gradu. Joensuun yliopisto. 60 s.

IMPONEN, V. 1995. Hake-, puu- ja puutavaralajimenetelmien taloudellisuus massatehtaan kuitu- ja energiapuun hankinnassa. Abstract: The economy of chip, whole-tree and short-wood methods in the fiber and energy delivery of a pulp mill. Bioenergian tutkimusohjelma projekti 110, Väiliraportti. Metsäteho. Helsinki 1995. 20 s.

IMPONEN, V. & KUITTO, P.-J. 1986. Moottorisahakarsinnan ajanmenekin jakautuminen rungon osille. [Time distribution in chain saw debranching]. Metsäteho. Helsinki 1986. 6 s.

KUITTO, P.-J., KESKINEN, S., LINDROOS, J., OIJALA, T., RAJAMÄKI, J., RÄSÄNEN, T. & TERÄVÄ, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. [Mechanized timber harvesting and forwarding]. Metsätehon tiedotus 410. Helsinki 1994. 38 s.

LIKKANEN, R. 1992. Kuusikuitutukkien hakkuu miestyönä. [Manual harvesting of Norway spruce logs]. Metsäteho. 12 s.

LILLEBERG, R. 1990. Kuormainharvesteri avo- ja harvennushakkuissa, maksuperustetutkimus. [Harvester in final and thinning harvesting; accrual basis study]. Metsäteho. 21 s.

MATTILA, A. (toim.). 1995. Metsäalan palkkaus koulutusaineisto. Särnä, Puu- ja erityisalojen liiton jäsenlehti 14 c/1995.

MÄKELÄ, M. 1989. Koneellinen puunkorjuu kuusikon ensimmäisessä harvennuksessa. [Mechanized first thinning of Norway spruce stand]. Metsätehon katsaus 10/1989. 6 s.

MÄKELÄ, M. 1990. Tavanomaiset kuormainharvesterit ensiharvennusten hakkuukoneina. Summary: The use of conventional one-grip harvesters for first thinning. Metsätehon katsaus 13/1990. 4 s.

MÄKELÄ, J. & RYYNÄNEN, S. 1994. Polttopuun korjuu metsänomistajien tekemissä ensiharvennuksissa. [Harvesting fuel wood from first thinnings done by forest owners]. Bioenergian tutkimusohjelma projekti 108, Väkiraportti. Työtehoseura ry. Helsinki 1994. 8 s.

NURMI, J. 1994. Työtavan vaikutus hakkuukoneen tuotokseen ja hakkuutähteen kasautumiseen. [Effect of working method on harvesting out put and logging residue accumulation]. Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja 1994(2): 113-122.

OIJALA, T. & TERÄVÄ, J. 1994. Puunkorjuun kustannusten jakaminen tavaralajeille. Summary: Division of harvesting costs on timber assortments. Metsätehon katsaus 12/1994. 6 s.

OIJALA, T. & ÖRN, J. 1995. Korjuun kustannusvertailun laskentaohjelman käyttö - Excel. [Using harvesting cost comparison program] Metsäteho. 6 s.

SIRÉN, M. 1990. Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa. NSR-tutkimus. Summary: Small multi-function machines in early thinning operations. A joint Nordic NSR-study. Folia Forestalia 743. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki. 29 s.

Pyöreän rakennuspuun tuotantokustannukset

Jukka Pietilä

Maatalouden tutkimuskeskus

Maatalousteknologian tutkimus Vakola

1 JOHDANTO

Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida eri tekijöiden vaikutusta pyöreän rakennuspuun tuotantokustannuksiin. Tutkimus tehtiin laskennallisesti vaihtelemalla pyöreän rakennuspuun tuotannonvaiheiden hintoja ja lähtökohtia sekä arvioimalla näiden vaikutusta koko tuotantoon ja tuotannon laatuun.

Tutkimuksessa käytettiin hyväksi Heräjärven (1998) kustannuslaskelmia, jotka perustuvat hänen omaan aikatutkimukseensa pyöreän puun korjuusta ja valmistuksesta, harvennustyön kustannuslaskentamalliin (Oijala & Örn 1995) ja Valkosen (1990) esittämiin yksityismetsänomistajan kustannuslaskentaohjeisiin.

Muut kustannustekijät ja jalostuksen saanto arvioitiin tutkimushankkeessa käytettyjen koepuiden korjuusta ja valmistuksesta syntyneen tiedon ja kokemuksen pohjalta.

Työssä käytettiin rahayksikkönä euroja. Nämä voidaan muuttaa markoiksi kertomalla euroarvo luvulla 6. Tekstissä tämä muunnos on esitetty suluissa, mutta taulukoihin tätä ei ole tilanpuutteen vuoksi tehty.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Aineisto

Seuraavassa esitellään laskelmissa käytetyt arvot ja kustannukset. Nämä ovat tosin epävarmoja, koska arvot ja kustannukset vaihtelevat tapauksittain. Tässä esitetyt luvut ovat kuitenkin perusteltavissa. Esitettyjen laskelmien perusteella voidaan myös käyttää ja kehittää laskenta-arvoja, jotka paremmin vastaavat omaa puun käyttöä ja hankintaa.

2.1.1 Pyöreästä puusta tehtävät tuotteet

Pyöreästä puusta valmistettavaksi tuotteeksi oletettiin kuorittu tai sorvattu pölkky, joka tehdään kuusesta tai männystä. Puut korjataan ensiharvennuksen yhteydessä ensiharvennuskalustolla ja korjuukustannukset ovat Heräjärven (1998) esityksen mukaiset. Lopputuotteeksi haluttujen pölkkyjen mitat ovat seuraavat:

- pituus 3 metriä, latvaläpimitta 100 mm,
- pituus 4 metriä, latvaläpimitta 100, 125 ja 150 mm ja
- pituus 5 metriä, latvaläpimitta 100, 125, 150 ja 175 mm.

Edelleen oletettiin, että lopputuotepölkkyt hinnoiteltiin kuutioittain nimellismitan mukaan sylinterinä, jonka halkaisija on latvan pienin läpimitta.

Sorvattujen ja kuorittujen puiden muoto oletettiin mittausten perusteella kartiomaiseksi ja männyn kapeneminen oli 10 mm/1 m ja kuusen 5 mm/1 m.

2.2 Kustannukset

2.2.1 Kantohinnat

Pituudeltaan 3 tai 4 metrin pölkkyt hinnoiteltiin kuitupuuksi. Kuusi, jonka mitat ovat 4 m/150 mm, on mitoiltaan lähellä pikkutukkaa, mutta se hinnoiteltiin kuitupuuksi. Viiden metrin pituiset pölkkyt ovat hinnaltaan kuitupuuta, mikäli niiden latvaläpimitta on 100 tai 125 mm. Jos niiden latvaläpimitta on 150 tai 175 mm, ne hinnoitellaan tukiksi. Laskelmissa käytettiin seuraavia hintoja:

- mäntytukki 37 euro/m³ (225 mk/m³),
- kuusitukki 30 euro/m³ (180 mk/m³),
- mäntykuitu 12 euro/m³ (72 mk/m³) ja
- kuusikuitu 15 euro/m³ (90 mk/m³).

Mäntykuitupuun hintaa nostettiin 3 euro/m³ (18 mk/m³). Tällä lisäyksellä oletettiin voitavan hankkia parempilaatuista puutavaraa. Kaikkiaan oletettiin metsistä hankittavan sellaista puuta, jonka lujuusluokka on C30 (luku 3). Sorvipuuhun tarvitaan 3 cm:n sorvausvara. Jos puu vain kuoritaan, tarvittava ylimitta on 2 cm kuoren ja läpimittaluokittelun takia.

2.2.2 Korjuukustannus

Rakennuspuu oletettiin hakattavaksi miestyönä. Puiden metsäkuljetus tehdään joko maataloustai metsätraktorilla. Kuutioittaiset kuljetuskustannukset oletettiin samoiksi kummallakin tavalla. Korjuun puutavaralajeittaiset kustannukset ovat seuraavat:

- mäntytukki 6 euro/m³, (36 mk/m³),
- kuusitukki 13 euro/m³ (80 mk/m³),
- mäntykuitu 12 euro/m³ (72 mk/m³) ja
- kuusikuitu 15 euro/m³ (90 mk/m³).

2.2.3 Kuljetus jalostuspaikalle

Pyöreän puun jalostaja ostaa raaka-aineensa 10 km säteellä jalostuspaikalta ja puut kuljetetaan maataloustraktorilla. Traktorin kustannukset ovat 42 euro/h (250 mk/h) ja kuorma 6 m³. Jos kuljetusaika on keskimäärin 1,5 tuntia/kuorma, niin kuljetuskustannukset ovat 10 euro/m³ (60 mk/m³).

2.2.4 Sorvaus- ja kuorintakustannus

Kuoritun puun käyttökelpoisena mittana käytettiin latvaläpimitan perusteella lasketun sylinterin tilavuutta, koska puun kapein osa määrää puun kantokyvyn ja siten käyttökelpoisuuden. Sorvauksen ja kuorinnan saanto määritetään laskemalla jalostetun pölkyn ja alkuperäisen pölkyn tilavuudet ja laskemalla näiden suhde.

Kuorinta tehdään käsin. Kuorittavassa puussa pitää olla 2 cm ylimittaa. Kuorinnan työkustannukseksi oletettiin 12,5 euro/h (75 mk/m³) ja kuorinnan tuottavuudeksi 35 m/h, sisältäen apuajat. Edelleen oletettiin, että kuorinnan tuottavuus ei riipu puun läpimitasta, mikä tarkasti ottaen ei pidä paikkaansa. Näillä oletuksilla kuorintakustannus on kiinteä 0,35 euro/m (2 mk/m).

Sorvattaessa rakennuspuusta tehdään sylinterimäinen, jolloin saanto on sylinterin tilavuus. Sorvattavassa pölkkyssä tarvitaan 3 cm ylimittaa, eikä valmistettavan tuotteen läpimitta vaikuta tarvittavan ylimittan määrään. Suurempien pölkkyjen ylimitta voi olla pienempi, koska niiden suhteellinen lenkous on pienempi. Sorvauskustannukseksi oletettiin 0,83 euro/m (5 mk/m), kun tuotteen läpimitta on 100 mm. Kustannus lisääntyy 0,16 euro/m (1 mk/m) läpimitan lisääntyessä 25 mm.

2.2.5 Kuivauskustannus

Kuivauskamarissa tehtävän keinokuivauksen (loppukosteus 12 %) kustannuksiksi arvioitiin 25 euro/m³ (150 mk/m³). Ulkokuivauksen (loppukosteus 18 %) kustannusten oletettiin sisältyvän varastointi- ym. kustannuksiin.

2.2.6 Yleiskustannukset

Johdon, järjestelyn, varastoinnin ym. yleiskustannusten kattamiseksi tuotantokustannuksiin li-
sättiin 5 %. Seuraavassa käytetään tuotantokustannuksia, kun tarkoitetaan kustannuksia ilman
yleiskustannuksia. Kokonaiskustannuksissa yleiskustannukset ovat mukana.

3 TULOKSET

3.1 Tuotantokustannukset

Seuraavissa taulukoissa esitetään kuorittujen ja sorvattujen rakennuspuupölkkyjen tuotantokus-
tannukset. Kustannusten lisäksi määritettiin saanto, joka on valmiin tuotteen ja raaka-ainepölkyn
tilavuuksien suhde prosentteina. Mitä suurempi saanto on, sen vähemmän raaka-ainetta tarvitaan
valmiiseen pölkkyyn.

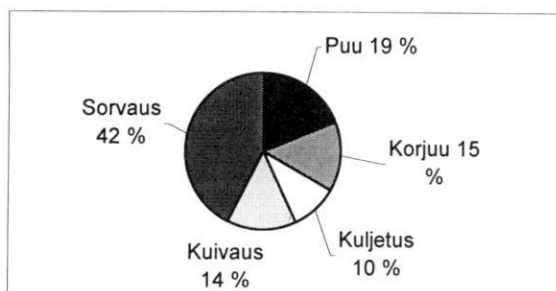
Taulukossa 1 esitetään kuoritun ja sorvatus mänty- ja kuusirakennuspuun tuotantokustannukset.
Pölkyn pituus on 4 metriä ja läpimitta 125 mm.

Taulukko 1. Pyöreän rakennuspuun tuotantokustannukset, euro/m³. Mänty- tai kuusipölkky, pituus 4 m ja
läpimitta 125 mm.

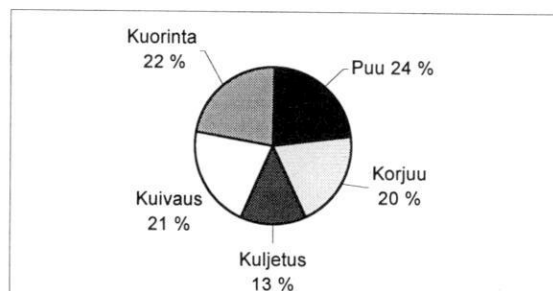
Saanto	Kantohinta	Hakkuu	Kuljetus	Sorvaus, kuorinta	Kuivaus	Tuotanto- kustannus	Kokonais- kustannus
Kuurittu kuusi							
0,65	23	26	16	29	25	118	124
Sorvattu kuusi							
0,57	26	29	18	82	25	180	189
Kuurittu mänty							
0,57	20	23	18	29	25	115	121
Sorvattu mänty							
0,51	23	26	20	82	25	176	185

Teoreettisesti mänty- ja kuusirakennuspuun tuotantokustannukset ovat suunnilleen samat. Män-
nyksen kantohinta ja hakkuukustannukset ovat pienemmät, mutta rakennuspuun parempi saanto
kuusirungoista pienentää kustannuseroa. Kuusen saanto on parempi koska sen runkomuoto on
parempi. Kuorinnassa jokaisen kustannuslajin osuus on suunnilleen viidennes, mutta sorvatus
puun tuotantokustannuksissa sorvauksen osuus on melkein puolet.

Kuvassa 1 on esitetty kustannusten suhteellinen jakautuminen sorvatus puun tuotannossa ja
kuvassa 2 ovat kuoritun puun kustannusjakautuma.



Kuva 1. Sorvatus rakennuspuun tuotantokustannusten suhteelliset osuudet.



Kuva 2. Kuoritun rakennuspuun tuotantokustannusten suhteelliset osuudet.

Taulukossa 2 on vertailtu kuusipölkyn koon vaikutusta tuotantokustannuksiin. Mäntypuun tuotantokustannukset ovat suunnilleen samat. Kuitupuun raaka-ainekustannus on noin 5 euroa (30 mk) halvempi ja tukkipuun hieman kalliimpi.

Taulukko 2. Sorvatun kuusen tuotantokustannusten riippuvuus pölkyn koosta. (1) pölkyn läpimita millimetreinä, (2) pituus desimetreinä, (3) sorvauksen saanto, (4) kantohinta, (5) korjuukustannukset, (6) kuljetuskustannus, (7) sorvauskustannus, (8) kuivauskustannus, (9) tuotantokustannus ja (10) kokonaiskustannus. Hinnat ovat euro/m³.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
D	L	Saan	Kan	Korj	Kulj	Sorv	Kui	Tuot
150	30	0,64	23	26	16	66	25	157
100	40	0,51	29	33	20	106	25	213
125	40	0,57	26	29	18	82	25	180
150	40	0,62	24	27	17	66	25	159
100	50	0,49	30	34	21	106	25	216
125	50	0,56	27	30	19	82	25	182
150	50	0,61	49	22	17	66	25	180
175	50	0,65	46	21	16	55	25	163

Sorvauksen saanto selittää hyvin pyöreän rakennuspuun tuotantokustannuksia: mitä parempi saanto, sen alhaisemmat tuotantokustannukset. Mikäli puun pituus on sama, niin saanto lisääntyy puun läpimitan lisääntyessä. Tämä johtuu siitä, että sorvauksessa tarvittava ylimitta on puun koosta riippumaton. Suhteellinen lenkous vähenee läpimitan kasvaessa samoin kuin pinnan epätasaisuuksien suhteellinen suuruus. Taulukosta käy myös ilmi, etteivät tukit ole epätaloudellisia rakennuspuun tuotannossa verrattuna kuitupuuhun. Tukkien kantohinta on korkeampi, mutta tätä kompensoivat alhaisemmat korjuu- ja jalostuskustannukset.

Toinen näkökulma kustannuksiin on se, paljonko rakennuspuumetrin tuottaminen maksaa. Taulukossa 3 on mäntyraakennuspuun metreittäiset tuotantokustannukset.

Taulukko 3. Sorvatun mäntyraakennuspuun tuotantokustannukset, euro/m. Numerointi kuten taulukossa 2. Sarake 10 tarkoittaa kokonaiskustannuksia ja sarake 11 ilmoittaa, montako metriä rakennuspuuta on kuutiometrissä.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
100	30	0,48	0,19	0,22	0,17	0,83	0,20	1,61	1,69	127
100	40	0,44	0,21	0,23	0,18	0,83	0,20	1,65	1,73	127
125	40	0,51	0,28	0,32	0,25	1,00	0,31	2,16	2,27	88
125	50	0,48	0,30	0,34	0,26	1,00	0,31	2,21	2,32	82
150	50	0,54	1,21	0,39	0,34	1,17	0,44	3,55	3,73	57
175	50	0,58	1,52	0,49	0,43	1,33	0,60	4,37	4,59	42

Pölkyn läpimitan kasvaessa metrihinta lisääntyy, koska metri sisältää enemmän puuta, mikä käy selvästi ilmi taulukosta 3. Mikäli pölkyt vain kuoritaan, metrin tuotantokustannukset ovat 0,5 – 1 euroa pienemmät.

3.2 Vertailu sahatavaran kanssa

Voidaan olettaa, että rakennusten vaakasuorissa palkeissa voidaan läpimitaltaan 130 mm:n pyöreällä puulla korvata sahatavarakappale, jonka mitat ovat 50 x 150 mm ja 100 mm:n pyöreä puu

vastaa 50 x 100 mm soiroa. Taulukossa 4 on vertailtu pyöreän rakennuspuun ja sahatavaran hintoja. Sahatavarassa on esitetty kaksi eri vaihtoehtoa: oma sahaus, jossa käytetään sahaura-koitsijaa ja oman metsän puita, sekä sahatavaran osto puutavaraliikkeestä.

Taulukko 4. Pyöreän rakennuspuun, itse tehdyn sahatavaran ja ostetun sahatavaran hintavertailu. Hinnat ovat euro/m.

Pyöreä puu			Sahatavara		
Mitat	Sorvattu	Kuorittu	Mitat	Oma	Ostettu
130	2,8	2,0	50 x 150	1,0	1,5
100	1,7	1,1	50 x 100	0,7	1,0

Sahatavara on halvempaa kuin pyöreä puu. Pitää kuitenkin ottaa huomioon, että oman sahatavaran lujuusluokka on C22, kun lajitellun pyöreän puun lujuusluokka on C30.

3.3 Eri tuotantolähtökohdat

Lopuksi arvioitiin pyöreän rakennuspuun tuotantohintoja eri tuotantolähtökohdista, jotka koskivat raaka-ainetta ja sen hankintaa sekä näiden vaikutusta sorvaussaantoon. Tulos on esitetty taulukossa 5. Lähtökohdat olivat:

Tapaus 1: Raaka-aineen hinta nousee 3,3 euro/m³ (20 mk/m³), korjuukustannukset pysyvät entisinä ja tarvittava ylimitta on 30 mm.

Tapaus 2: Raaka-aineesta maksetaan 6,6 euro/m³ (40 mk/m³) enemmän ja hakkuusta lisähinta on 3,3 euro/m³ (20 mk/m³). Tällöin oletetaan, että saatavan raaka-aineen laatu on niin hyvää, että sorvauksessa tarvittava ylimitta on vain 10 mm ja jokainen pölkky täyttää rakennuspuun laatuvaatimukset.

Tapaus 3: Raaka-aineesta ja sen korjuusta maksetaan normaali kuitupuun hinta 8,3 euro/m³ (50 mk/m³) ja 11,6 euro/m³ (70 mk/m³). Sorvauksessa käytetään vain 10 mm:n ylimittaa. Tällöin joka 5. pölkky ei täytä rakennuspuun laatuvaatimuksia ja sen arvo on 0 euroa.

Tapaus 4: Kuten tapaus 3 mutta ylimitta on 30 mm ja joka 20. pölkky ei täytä rakennuspuun laatuvaatimuksia.

Taulukko 5: Pyöreän puun tuotantokustannukset erilaisin lähtökohdin. Pölkyn pituus on 4 metriä ja läpimitta 125 mm. Hinnat ovat euro/m.

Tapaus	Saanto	Raaka-aine	Korjuu	Kuljetus	Sorvaus	Kuivaus	Kokonaiskustannus
1, puusta maksetaan lisää, 30 mm ylimitta	0,51	0,28	0,32	0,25	1,00	0,31	2,27
2, puusta ja korjuusta maksetaan lisää, 10 mm ylimitta	0,65	0,28	0,28	0,20	1,00	0,31	2,17
3, puun ja korjuun perushinta, 10 mm ylimitta	0,65	0,15	0,25	0,20	1,00	0,31	2,42
4, puun ja korjuun perushinta, 30 mm ylimitta	0,51	0,20	0,32	0,25	1,00	0,31	2,18

Taulukosta ilmenee, että pyöreän puun raaka-aineesta ja korjuusta kannattaa maksaa enemmän, mikäli saadaan parempilaatuista raaka-ainetta, joka mahdollistaa sorvauksen ylimitan pienentämisen. Ylimittaa ei kuitenkaan kannata pienentää niin paljoa, että kaikki sorvatut puut eivät täytä tämän vuoksi tuotteen laatuvaatimuksia. Ylimitan pienentämisen kannattavuuteen vaikuttaa tosin myös se, mikä arvo huonolaatuisilla puilla on. Mikäli puu vain kuoritaan, lisähintaa ei kannata maksaa, jollei sillä saavuteta muita etuja, esimerkiksi parempaa laatua tai lujuuutta.

Toinen mahdollisuus on lähteä siitä, että ostetaan kuitupuuta kuitupuun hinnalla, ja että sorvauksessa tarvitaan ylimääräistä ylimittaa. Tällöinkin leimikot pitää valita niin, että tuotteiden lujuus on riittävä.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen mukaan pyöreän kuoritun rakennuspuun tuotantokustannukset ovat keskimäärin 140 euro/m³ (840 mk/m³) ja sorvatun puun 190 euro/m³ (1 150 mk/m³). Tuotantokustannukset vaihtelevat kuitenkin erittäin paljon, vaihtelu voi olla jopa 100 euro/m³ (600 mk/m³).

Tutkimuksessa käytetyissä kustannuksissa suurin epävarmuus liittyy kuorintakustannuksiin. Kuorintakustannukset ovat vaikeita arvioida, koska kuoritut puumäärät vaikuttavat näihin hyvin paljon. Suomessa on kuorimalaitteita, joilla pientä pyöreää puuta voidaan sorvata, mutta näidenkin hinnoittelu on hyvin vaihtelevaa. Sorvauskustannusten epävarmuus tekee tuloksesta kokonaisuudessaan hieman epävarman, koska sorvauksen osuus on liki puolet koko kustannuksista. Toisaalta sorvauskustannusten pienentämisellä voidaan vaikuttaa hyvin paljon pyöreän puun tuotantokustannuksiin.

Tuotantokustannuksiin vaikutti eniten sorvauksen ja kuorinnan saanto. Mitä suurempi saanto on, sitä pienemmät ovat tuotantokustannukset. Saanto vaikuttaa tuotekuutiota kohti tarvittavan raaka-aineen, korjuutyön ja kuorintatyön määrään. Jos saanto on pieni, niin puuta tarvitsee ostaa, käsitellä ja kuoria enemmän tuotekuutiota kohti ja kustannukset kasvavat.

Saantoon vaikuttaa eniten pölkyn läpimitta. Isojen pölkkyjen saanto on parempi ja samalla kuution tuotantokustannukset ovat pienemmät. Toisaalta taas paksujen pölkkyjen metrihinnat ovat korkeammat.

Puusta kannattaa maksaa enemmän, jos raaka-aineen laatua saadaan parannettua ja siten tuotannon saantoa lisättyä. Lisähintaa voidaan maksaa joko raaka-aineesta, jolloin voidaan ostaa parempilaatuisia leimikoita, tai korjuusta, jolloin puut valitaan ja katkotaan tarkemmin.

Tuloksista käy ilmi, että pyöreä rakennuspuu on kalliimpaa kuin sahatavara. Tulos on sama, verrattiinpa sahatavaraa sorvattuihin tai kuorittuihin puihin. Syynä tähän on se, että saanto pyöreän puun valmistuksessa on suunnilleen sama kuin sahatavaran valmistuksessa, ja pienen puun korjuukustannus on suurempi kuin sahatukin. Pääsyy hinnan eroon on kuitenkin sorvaus ja kuorinta, joka on paljon kalliimpaa kuin sahaus. Halvempi raaka-aine ei kuro tätä eroa umpeen. Tosin tällä hetkellä sahatavaran hinta nousee, mikä vähentää hintaeroa pyöreään puuhun.

Syynä sorvauksen korkeaan hintaan voi olla useita. Sorvien vuotuinen käyttö on todennäköisesti pientä, jolloin korkeat pääomakustannukset nostavat palvelun hintaa. Voi myös olla, että hinnoittelu perustuu rakennushirren sorvaukseen, jossa hinta voi olla korkeampi, eikä sen osuus lopputuotteen hinnasta ole niin suuri.

Hinta rajaa pyöreän puun käyttöä kohteisiin, joissa puun muotoa tai sen lujuuutta voidaan hyödyntää. Parhaiten pyöreän puun käyttöä lisäisi kuitenkin sen jalostuskustannusten pienentäminen, jolloin hintaa saataisiin laskettua. Nykyinen vähäinen käyttö johtaa korkeisiin hintoihin, joka vähentää käyttöä entisestään.

5 KIRJALLISUUSLUETTELO

HERÄJÄRVI, H. 1998. Ensiharvennuskruusen korjuu pyöreäksi rakennuspuuksi, tapaustutkimus. Metsäteknologian ja puutalouden pro gradu. Joensuun yliopisto. 60 s.

OIJALA, T. & ÖRN, J. 1995. Korjuun kustannusvertailun laskentaohjelman käyttö - Excel. Metsäteho. 6 s.

VALKONEN, J. 1990. Omatoimisen metsätyön kustannuslaskenta. Työtehoseuran julkaisuja 317.

VAKOLAn tutkimuseloituksia

- 42 Kasviöljyt dieselmoottorin polttoaineena
- 43 Traktorin polttoaineenkulutukseen vaikuttavia seikoja
- 44 Alipaineilmanvaihto kotieläinsuojissa. 1986.
- 45 Kompostoinnin vaikutus lietelannan laatuun ja käsiteltävyyteen. 1987.
- 46 Käyttökokeuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987.
47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987.
48. Jauhatuksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen. 1987.
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätehnan satoon 1975-1988.
Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesusaven rakenteeseen ja viljavuuteen 1989.
55. Ei julkaisua.
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöreäpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.
70. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. 1995.
71. Järeän sahatavaran käyttö rakennuksissa, rakennejärjestelmät ja liitokset. 1997.
72. Lannan levitys kasvustoon. 1996.
Osa 1. Lietelannan sijoituslaitteen rakenteelliset vaatimukset suomalaisissa olosuhteissa.
73. Lannan levitys kasvustoon. 1996.
Osa 2. Lietelannan levitysmahdollisuudet kasvavaan viljanoraaseen.
74. Kylmäkasvattamoiden kuivikepohjien toimivat vaihtoehdot. 1996.
75. Konetöiden turvallisuuden ja tehokkuuden parantaminen. 1996.
76. Laboratorioiden työn ja työympäristön kehittäminen. 1996.
77. Pienmoottoreiden päästöt. 1997

VAKOLAn rakennusratkaisuja

- 1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.
- 2/1995 Rehtijärven keinokosteikko.
- 3/1995 Puurakenteiset ruokinta-aidat ja parrenerotitimet.
- 4/1996 Perustamistapojen hintavertailu.
- 5/1997 Havaintoja kylmäpihattojen lannankäsittelystä.
- 6/1997 Kalustohallista toimiva sikala

VAKOLAn tiedotteita

- 48/90 Turvallinen ja nopea työkoneiden kytkentä
- 49/91 Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina
- 50/91 Pölyn ja roskien talteenotto lämminilmakuivamossa
- 51/92 Viherkesannon perustaminen ja hoito
- 52/92 Kaasut ja pöly eläinsuojien ilmanvaihdossa
- 53/93 Lannoitteenlevittimien levitystasaisuus
- 54/93 Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
- 55/93 Pyöreäpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
- 56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätehuolto
- 59/93 Maatilamyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
- 60/93 Tyhjien maatilarakennusten uusi käyttö
- 61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
- 62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
- 63/94 Turvallinen puunpilkonta
- 64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
- 65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
- 66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
- 67/94 Käyttökokeuksia jyräkylvölannoittimista
- 67S/94 Bruksfarenheter av vältkombisämaskiner
- 68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
- 69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
- 70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
- 71/95 Klapi-kattiloiden käyttöominaisuudet
- 72/96 EPS-rakeet ja EPS-rouhe sikalan lietesäiliön katteena
- 73/96 Kevytsaviharkkojen kuivuminen ja lujuus
- 74/97 Rikkakasvien torjunta viljoista riviväliharauksella
- 75/97 Öljypellavan leikkuupuinti
- 76/97 Tilasäiliöopas
- 77/98 Yrttikuvurin suunnittelu ja käyttö
- 78/98 Väkilannoitteen sijoituslaitteet nurmiviljelyssä
- 79/98 Lietelannan ilmastus
- 80/00 Lannan aumavarastointi
- 81/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa I
Pyöreän puun lujuus, mänty ja kuusi
Pyöreän puun liitokset
- 82/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa II
Suomen rakennuspuuvarat
Rakennuspuun korjuukustannukset
Rakennuspuun tuotantokustannukset

