



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1993

806

Erkki Verkasalo

KOIVUPUUTAVARAN VIKAAANTUMINEN PITKITTYYNEESSÄ METSÄ-
VARASTOINNISSA JA SEN VAIKUTUS VIILUN SAANTOON, LAATUUN
JA ARVOON

Deterioration of birch timber during prolonged storage in the forest and its
effect on the yield, quality and value of rotary-cut veneer

FOLIA FORESTALIA

Julkaisija — *Publisher*

Metsäntutkimuslaitos
The Finnish Forest Research Institute

Toimitus — *Editors*

Päätoimittaja — <i>Editor in chief:</i>	Erkki Annila
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Seppo Oja
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Tommi Salonen

Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland
tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308

Toimituskunta — *Editorial Board*

Erkki Annila (pj. — *chairman*), Pentti Hakkila, Seppo Kaunisto, Jari Kuuluvainen, Juha Lappi, Eino Mälkönen

Tavoitteet ja tarkoitus — *Aim and Scope*

Sarjassa julkaistaan tutkimuksia, tilastoja ja kirjallisuuskatsauksia, joilla on ensisijaisesti kotimaista merkitystä. Julkaisukielenä on kotimainen kieli, mutta julkaisut sisältävät englanninkielisen selosteen tärkeimmistä tutkimustuloksista.

Folia Forestalia publishes research reports, statistics and literature reviews relevant to Finnish forestry.

Tilaukset — *Subscriptions*

Tilaukset ja tiedustelut pyydetään osoittamaan Metsäntutkimuslaitoksen kirjastolle. *Subscriptions and orders for back issues should be addressed to the Library of the Institute.*

FOLIA FORESTALIA 806

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1993

Erkki Verkasalo

KOIVUPUUTAVARAN VIKAANTUMINEN PITKITTYYNEESSÄ METSÄVARASTOINNISSA JA SEN VAIKUTUS VIILUN SAANTOON, LAATUUN JA ARVOON

Deterioration of birch timber during prolonged storage in the forest and its effect
on the yield, quality and value of rotary-cut veneer

Approved on 2.3.1993

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	3
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	4
2.1	Pölkkyjen metsävarastointikokeet	4
2.2	Koesorvaukset	5
3	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	7
3.1	Pölkkyjen metsävarastointikokeet	7
3.1.1	Hyönteisviat	7
3.1.2	Tiheyden aleneminen pölkyn päissä	12
3.1.3	Väri- tai lahovian ulottuma pölkyn päistä	14
3.1.4	Raudus- ja hieskoivupölkkyjen vertailu puupareittain	15
3.2	Koesorvaukset	15
3.2.1	Hyönteis-, väri- ja lahoviat viilussa	15
3.2.2	Viilun saantotappiot	18
3.2.3	Viilun laatutappiot	20
3.2.4	Viilun arvotappiot	24
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	26
	KIRJALLISUUS – REFERENCES	27
	SUMMARY	29

Verkasalo, E. 1993. Koivupuutavaran vikaantuminen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viulun saantoon, laatuun ja arvoon. Summary: Deterioration of birch timber during prolonged storage in the forest and its effect on the yield, quality and value of rotary-cut veneer. *Folia Forestalia* 806. 31 p.

Metsävarastoinnin pitkittyminen aiheuttaa huomattavaa vahinkoa viilu- ja vaneriteollisuuden koivuraaka-aineelle. Pitkittyminen on tyyppillistä pienille puuerille, jollaisia suomalaiset koivutukkierät keskimäärin ovat (5–15 m³). Metsäntutkimuslaitos tutki koivupuutavaraan yhden ja kahden kesän metsävarastoinnissa syntyneiden hyönteis-, väri- ja lahovikojen runsautta ja tiheyden alenemista pölkyn päissä sekä niiden riippuvuutta koivulajista ja runko- ja pölkkykohtaisista tekijöistä. Lisäksi tehtiin koesorvauksia viulun saanto-, laatu- ja arvotappioiden selvittämiseksi. Metsävarastointiaineisto käsitti 453 kahden metrin pölkkyä 30 puuparista tehtynä (toinen rauduskoivu, toinen hieskoivu). Näistä tehtiin koesorvattavaksi 226 yhden metrin pölkkyä, läpimitaltaan vähintään 14 cm.

Ensimmäisen varastointikesän aikana koivunmantokuoriaisen iskeytymät aiheuttivat lievää väri vikaa pintapuuhun kuoren alle, muut väri- ja lahoviat rajoituivat pölkyn päiden läheisyyteen, kuiva-tuoretiheys aleni jonkin verran pölkyn päissä ja vikaantuminen oli kokonaisuutena lievää. Toisen kesän jälkeen puuaineessa oli huomattavasti lehtitikaskuoriaisen vioituksia ja väri- ja lahoviat olivat levinneet keskimäärin 45 cm:n päähän pölkyn päistä. Laho- ja väri viat olivat varsinainen syy viulun saannon alenemiseen (12 %), ulkonäkölaadun olennaiseen heikentymiseen ja viulun arvon alenemiseen (46 %). Viulun, hakkeen ja kuoren yhteisarvo aleni 41 %. Kuorellista raaka-ainekuutiometriä kohti laskettuna tämä vastasi 453 mk/m³. Arvon aleneminen pienenee pölkyn pituuden kasvaessa. Varastoitaa vanerikoivu normaalilla tavalla 3,1–6,7 m:n tukkeina arvon alenemiseksi arvioitiin 12–27 %, eli 135–292 mk/m³.

Keywords: *Betula*, *Scolytus ratzeburgi*, *Trypodendron signatum*, discoloration, decay, rotary-cutting, birch veneer, veneer yield, veneer grades.
FDC 34 + 85 + 83

Correspondence: *Erkki Verkasalo*, The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Production, Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-1301-8
ISSN 0015-5543

Tampere 1993. Tammer-Paino Oy

1 Johdanto

Koivutukkien pitkittynyt metsävarastointi aiheuttaa vielä nykyisinkin huomattavia raaka-ainetappioita viilua ja vaneria valmistavassa teollisuudessa. Se on tyyppillistä etenkin pienille puuerille, jotka kaukokuljetuksia järjesteltäessä jäävät usein toissijaiseen asemaan. Koivutukkierät ovatkin pääpuutavaralajeistamme pienimpiä, keskimäärin vain 5–15 m³ hankinta-alueesta riippuen (Voipio & Korpilahti 1988). Vain muutamien tukkien metsävarastoja esiintyy.

Metsävarastoinnin pitkittyminen johtaa viilua ja vaneriteollisuudessa raaka-aineen käyttösuhteen huonontumiseen, viilun laadun heikkenemiseen sekä viilun käsittelykustannusten (saumaus, jatkaminen) kohoamiseen (Baldwin 1981, Juvonen & Kariniemi 1984). Lisäksi kemialliset muutokset raaka-aineessa vaikeuttavat vanerin liimausta, työstöä ja pintakäsittelyä (Koponen 1974). Toisaalta puuaineen kuivumisesta varastoinnin aikana voi olla hyötyäkin viilun kuivauksen nopeutumisen ja kuivausenergian kulutuksen pienenemisen ansiosta (Juvonen & Kariniemi 1984, Aaltio 1987).

Metsävarastoinnissa syntyvät raaka-ainetappiot johtuvat toisaalta hyönteisten, bakteerien ja sienten aiheuttamasta puuaineen mekaanisesta ja biologisesta vikaantumisesta, toisaalta puuaineen kuivumisen ym. tekijöiden aiheuttamista fyysikaalisista muutoksista (päähalkeamat, epätasainen ja liian alhainen kosteus) (Aro 1960, Wilhelmssen 1975).

Tuhohyönteiset vioittavat puuainetta sekä välittömästi että välillisesti (Wilhelmssen 1975). Välittömiä vaikutuksia ovat puuaineen lujuuden ja ulkonäön huononeminen emo- ja toukkakäytävistä johtuvien rakenteellisten vaurioiden vuoksi. Välillisesti tuhohyönteiset edistävät värivikaa ja lahoa aiheuttavien sienten ja bakteerien leviämistä.

Yleisin tuoretta koivupuutavaraa vahingoittava tuhohyönteinen on Suomessa koivunmantokuoriainen (*Scolytus ratzeburgi* (Janson)) (Saalas 1949, Rummukainen 1952, 1954). Laji elää sekä puutavarassa että eripaksuisissa huonokuntoisissa pystyissä ja kaatuneissa puissa tyvestä latvaan saakka monenlaisilla kasvupaikoilla (Saalas 1949). Mantokuoriaisen iskeytymisaika rajoittuu koko maassa pääosin keskikesään (Löytyniemi 1983). Emo- ja toukkakäytävät rajoittuvat välittömästi kuoren alla olevaan pintapu-

hun, ja niiden kohdalla kehittyvä ruskehtavaa värivikaa jo kolmen–neljän viikon kuluessa iskeytymisestä (Löytyniemi 1983).

Koivun pintapuuta voivat vioittaa myös eräät jalokuoriais- ja jäärälajit (Kangas 1942, Saalas 1949). Syvälle puuhun reikiä kaivavia koivupuutavaran tuholaisia ovat lehtitikaskuoriainen (*Trypodendron signatum* (Fabricius)), lehtipuu-piirtäjä (*Hylocoetus dermestoides* (Linnaeus)) ja puupistiäiset, etenkin koivujunki (*Xiphodrya camelus* (Linnaeus)) (Kangas 1942, Rummukainen 1947, Saalas 1949, Pekkala & Uusvaara 1980, Viitasaari 1984). Niiden aiheuttamat tekniset viat ja väri viat voivat olla mantokuoriaisen vioituksia vakavampia, koska käytävät voivat ulottua lähes pölkyn ytimeen. Viat syntyvät kuitenkin niin hitaasti tai niiden kehittyminen alkaa niin myöhään – yleensä ne ovat näkyvissä vasta toisena varastointikesänä – että puu on samaan aikaan jo ilmavainnien mikro-organismien aiheuttamien väri- ja lahovikojen pilaamaa (Hakkila ym. 1970, Löytyniemi 1983).

Puun mikro-organismien tutkiminen on keskeytynyt pääasiassa prosessin viimeisiin vaiheisiin, puun lahoamiseen, mutta ilmiön alkuvaiheet tunnetaan huonosti. Kemiallisena hapettumisena alkavaan värivikaantumiseen liittyvät vähitellen mukaan bakteerit ja sienet (Shigo 1965, Scheffer 1969, Wilhelmssen 1975). Värivika ei vaikuta merkittävästi puuaineen lujuuteen eikä työstö- ja pintakäsittelyominaisuuksiin, joten sen merkitys rajoittuu ulkonäköön. Värimuutoksella alkava tapahtumaketju edistyy kuitenkin yleensä lahoamistapahtumaksi. Jo kolmen kuukauden varastoinnin jälkeen on koivukuitupuusta voitu eristää lahottajasieniä. Mikro-organismien lajimäärä lisääntyy kunnes kilpailukykyisimmät lajit saavat ylivallan. Lahoamisen edistyessä puussa tapahtuu kuiva-aineen vähenemistä, joka alkuvaiheessaan saattaa kuitenkin olla muiden kuin mikro-organismien aiheuttamaa (Henningsson 1967). Lopulta seurauksena on useimpien käyttömuotojen kannalta ratkaiseva puuaineen lujusominaisuuksien heikkeneminen (Wilhelmssen 1975). – Viilun ja vanerin valmistuksen kannalta erityistä merkitystä on puutavarapölkyn päistä alkavalla värivikaantumisella ja lahoamisella, jolloin viilun pää turmeltuu (Baldwin 1981).

Koivutukkien kesäaikaista metsävarastointia on siitä aiheutuva vahinko huomioon ottaen tutkittu

varsin vähän. Jalava (1938) teki monipuolisia selvityksiä vanerikoivujen kaadosta, uitosta ja värivioista. Michelsen (1968) tutki koivutukkien laatua eri kaukokuljetustapoja käytettäessä. Hakila ym. (1970) selvittelivät koivutukkeihin eripituisessa rasikuivatuksessa syntyviä vikoja. Metsävarastoinnin taloudellisia vaikutuksia ei ole tutkittu ollenkaan. Aaltio (1987) kylläkin tarkasteli koivutukkien tehdasvarastoinnin merkitystä vaneritehtaan tuotantotalouden kannalta. Muilla koivun puutavaralajeilla on tutkittu lähinnä kuivumista ja kuiva-ainetappioita rasi- ja metsävarastoinnin aikana (Callin 1945, Heiskanen 1959, Aro 1960, Warsta 1961, Hakila 1963a,b, Henningsson 1964, 1970, Tamminen 1979, 1985, Pekkala & Uusvaara 1980, Lönnberg 1983).

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla aloitettiin vuonna 1987 koesarja, joka koski järeän hies- ja rauduskoivupuutavaran pilaantumisalttiutta metsävarastoinnissa. Tavoitteena oli alunperin vertailla raudus- ja hieskoivusta tehtyjen kaksimetrinen vaneripölkkyjen alttiutta hyönteisten aiheuttamille vioituksille yhden kesän metsävarastoinnin aikana. Sittemmin koe laajennettiin koskemaan myös varastoinnissa pölkyn päihin syntyneitä väri- ja la-

hovikoja ja tiheyden alenemista. Varastointiaika pidennettiin käsittämään myös toisen kesän. Lisäksi päätettiin tutkia runko- ja pölkkykohtaisten tekijöiden vaikutuksia vikaantumiseen sekä eri vikalajien sorvatus viulun saannossa, laadussa ja arvossa aiheuttamia menetyksiä.

Tutkimus on tehty Metsäntutkimuslaitoksen oman rahoituksen sekä Suomen Vaneriyhdistys ry:n apurahan turvin. Kirjoittaja keräsi tutkimuksen metsävarastoaineiston apunaan Tapio Järvinen, Hannu Kalaja, Tapio Nevalainen ja Petri Verkasalo. Dosentti Kari Löyttyniemi opasti metsävarastokokeiden suunnittelussa. Insinöörioppilaat Matti Ahonen, Jaana Kurittu ja Reijo Virolainen tekivät koesorvaukset Kotkan metsä- ja puutalousopistolla viulun saanto-, laatu- ja arvolaskelmia varten ja niiden pohjalta kolme opinnäytetyötä puutalousinsinöörin tutkintoa varten (Ahonen 1990, Kurittu 1990, Virolainen 1990). Essi Puranen vastasi grafiikasta ja Pirkko Kinanen tekstin oikoluvusta. Professorit Erkki Annila, Pentti Hakila ja Olli Uusvaara, dosentti Kari Löyttyniemi, tohtori Pekka Saranpää, apulaisprofessori Hannu Koponen ja erikoistutkija Pertti Söyriälä lukivat käsikirjoituksen ja tekivät siihen arvokkaita parannusehdotuksia. Esitän parhaat kiitokseni kaikille tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille henkilöille ja organisaatioille.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Pölkkyjen metsävarastointikokeet

Tutkimusta varten kaadettiin yhteensä 30 koivupuuparia viidestä hakkuukypsästä koivuvaltaisesta metsiköstä 2.4.–16.6.1988 (taulukko 1). Metsiköiden maaperän viljavuus, joka vaihteli hyvästä kuivahkosta kankaasta lehtomaiseen kankaaseen, edusti hyvin suomalaisen koivutukkipuun eri kasvupaikkoja. Yksi puupari koostui aina kooltaan, kunnoltaan ja yleiseltä ulkonäöltään mahdollisimman samankaltaisesta raudus- ja hieskoivusta, jotka kasvoivat viljavuudeltaan samantasoisella maapohjalla samassa metsikössä. Kaikki koeput täyttivät tukkipuun vähimmäismitat (rinnankorkeuslähimittaan vähintään 19 cm). Lisäksi niiden, myös hieskoivujen, oli suotavaa olla tyvikaarnottuneita, jotta etenkin yleisimmän tuholaisen, koivunmantokuoriaisen iskeytyminen puutavaraan olisi todennäköistä (Kangas 1942, Saalas 1949). Rauduskoivut olivat kuitenkin puulajille ominaisesti kaarnaisempia kuin hieskoivut.

Koeput karsittiin ja katkottiin 2 m:n pölkkyiksi kuitupuun minimiläpimittaan (7 cm) asti. Aikaisempien tutkimusten perusteella voitiin olettaa, että koivutukki vikaantuu lähinnä tukin päistä lähtien. Lyhyillä pölkkyillä saatavat tulokset arvioitiin voitavan yleistää koskemaan tukin päitä ja tukin väliosan arvioitiin säilyvän osapuulleen vikaantumattomana, mikäli kuori ei ole rikkoontunut korjuussa ja kuljetuksessa.

Pölkkyjä kertyi kaikkiaan 453, joista rauduskoivupölkkyjä oli 234 ja hieskoivupölkkyjä 219. Kustakin puusta katkotut pölkkyt ladottiin väljästi rinnatusten omaan tukkitelakanan tapaiseen muodostelmaan. Kasat sijoitettiin korkeiden aluspuiden päälle mahdollisimman valoisiin, heinitty-mättömiin paikkoihin, jotta tuohyönteisten iskeytyminen olisi mahdollisimman todennäköistä (Rummukainen 1947, 1954, Saalas 1949, Ropo 1985). Toisaalta eri puupareja edustaneet kasat sijoitettiin vähintään 100 m:n päähän toisistaan ja yhtä puuparia edustaneet kasat 10–20 m:n päähän toisistaan, jotta puuparit pysyisivät omi-

Taulukko 1. Raudus- ja hieskoivurunkojen keskimääräisiä ominaisuuksia eri tutkimuspaikkakunnilla.
 Table 1. Mean properties of silver and pubescent birch stems in the different localities of the study.

Tutkimuspaikkakunta <i>Locality</i>	Koivulaji <i>Birch species</i>	n	Ikä, a <i>Age, yrs</i>	d _{1,3} , cm <i>DBH, cm</i>	Pituus, m <i>Height, m</i>	Kuoren paksuus, mm <i>Bark thickness, mm</i>		Pölkkyt, kpl <i>#Bolts</i>
						Tyvi <i>Butt</i>	2 m korkeus <i>2 meter height</i>	
Lapinjärvi	Raudus – Silver	6	61	20,1	22,9	23	10	8,2
	Hies – Pubescent	6	63	18,2	21,6	16	10	7,5
Tuusula	Raudus – Silver	8	65	20,3	22,0	25	12	8,3
	Hies – Pubescent	8	68	20,0	21,8	19	11	7,6
Padasjoki	Raudus – Silver	10	64	21,0	22,6	29	13	8,4
	Hies – Pubescent	10	65	20,8	20,8	18	10	7,6
Kärsämäki	Raudus – Silver	3	74	20,3	17,8	20	15	6,3
	Hies – Pubescent	3	91	20,3	17,3	24	12	6,3
Rovaniemi mlk	Raudus – Silver	3	72	18,8	16,2	11	5	5,3
	Hies – Pubescent	3	83	19,8	16,1	10	5	6,0
Kaikki <i>All</i>	Raudus – Silver	30	64	20,3	21,4	24	12	7,8
	Hies – Pubescent	30	69	19,9	20,4	18	10	7,3
	Suurin ero <i>Max difference</i>		+25	+ 4,0	+ 5,4	+ 25	+ 9	+4
	Pienin ero <i>Min difference</i>		-35	+ 2,0	-2,3	-16	-2	-2

na havaintopareinaan.

Koepuista laskettiin ikä kannonkorkeudelta sekä mitattiin rinnankorkeusläpimita ja pituus sekä lisäksi keskimääräinen kuoren paksuus kantoleikkauksesta ja ensimmäisen pölkyn latvasta (taulukko 1). Pölkkyjen molemmista päistä sahattiin sektori- tai kiekkonäytteet puuaineen alkuperäisen kuiva-tuoretiheyden mittaamiseksi.

Metsävarastoviat arvioitiin sekä yhden että kahden kesän varastoinnin jälkeen ennen seuraavan kasvukauden alkua. Ensimmäisellä kerralla (lokakuussa 1988 tai huhtikuussa 1989) pölkkyjen vaippapinnasta laskettiin koivun mantokuoriaisen emokäytävien tuuletusaukkojen sekä lehtitaskuoriaisen ulostuloreikien lukumäärät. Myös muiden tuhohyönteisten kuoreen aiheuttamat reiät merkittiin muistiin. Hyönteisvikojen esiintyminen laskettiin myös reikien lukumääränä pölkyn vaippapinnan pinta-alayksikköä kohti. Lisäksi mitattiin mantokuoriaisen yhtenäisten iskeytymälueiden pituudet pölkyn pituus suunnassa, koska näiden voitiin olettaa vastaavan vikaantunutta osaa pölkyn pintapuussa (Saalas 1949). Pölkkyjen päistä ja keskeltä sahattiin kiekkonäytteet metsävarastoinnin aikaisen lahoamisen aiheuttaman tiheyden alenemisen mittaamiseksi. Keskeltä katkaisemalla saatiin myöhempiin koersorvauksiin pituutensa puolesta sopivia pölkkyjä, joiden toinen pää oli ollut yhden ja toinen

kahden kesän ajan alttiina päistä alkavien väri- ja lahovikojen syntymiselle. Syntyneet noin yhden metrin pölkkyt ladottiin uudestaan aluspuille. Toisella arviointikerralla (syyskuu 1989) tehtiin samanlaiset arvioinnit kuin ensimmäisellä kerralla. Tiheysnäytteitä ei kuitenkaan enää sahattu pölkkyjen puolivälistä. Pölkkyjen väri- ja lahoviat todettiin koersorvausten yhteydessä mittaamalla niiden suurin ja pienin ulottuma viulun päistä.

Tulokset analysoitiin varianssianalyysillä, askeltavilla ja lineaarisilla regressioanalyysillä sekä parittaisilla t-testeillä. Toisaalta käsiteltiin kaikkien pölkkyjen sumaa yhtenä kokonaisuutena, toisaalta vertailtiin yhden puuparin hies- ja rauduskoivurungoista tehtyjä pölkkyjä keskenään.

2.2 Koersorvaukset

Lapinjärven, Tuusulan ja Padasjoen koepuista tehdyt, paksuudeltaan vähintään 14 cm:n pölkkyt kuljetettiin koersorvattaviksi Kotkan puutalousopistolle syyskuussa 1989, jotta voitiin tutkia metsävarastoinnissa pölkkyjen sisälle syntyneitä hyönteis-, väri- ja lahovikoja sekä niiden aiheuttamia viulun saanto-, laatu- ja arvotappioita. Pääsääntöisesti tutkittiin vain koko kahden kesän varastointijakson vaikutuksia. Viulun saantotappioita tarkasteltiin kuitenkin sekä yhden että kah-

den kesän varastoinnin jälkeen, jolloin oli tehtävä eräitä yleistyksiä pölkkyjen metsävarastointikokeista saatujen tulosten perusteella.

Koesorvattavia pölkkyjä oli alunperin kaikkiaan 231 kpl. Viisi pölkkyä hylättiin pehmeän sydänlahon vuoksi. Pölkkyjen pituus oli puutavaran alkuperäisen pituuden ja kiekkonäytteiden ottamisen vuoksi vain 80–100 cm, kun se koivuviulun sorvauksessa on tavallisesti noin 130 tai 160 cm (Juvonen & Kariniemi 1984).

Viulun saantolaskelmia varten tehtiin erilaisia mittauksia pölkkyistä ja viuluista eri valmistusvaiheissa. Raaka-aineen hävikkilajeista tutkittiin pölkyn kuorinta-, pyörästys- ja purilashävikkiä, viulun leikkaus- ja kuivauskutistumahävikkiä sekä vanerin reunasahaushävikkiä. Viulun leikkaus- ja kuivauskutistumahävikkiä ei voitu erottaa toisistaan, koska leikkaushävikkiä lisäävää viulumaton ja -arkkien katkeilua ja repeilyä tapahtui sekä ennen että jälkeen kuivauksen.

Aluksi kuorellisista pölkkyistä mitattiin pienin ja suurin läpimitta ja kuoren paksuus tyveltä, keskeltä ja latvasta, pituus ja lenkous (suurin sivuviivapoikkema) pölkyn tilavuuden ja kuorintahävikin määrittystä varten. Pölkkyjä haudottiin 24 h vedessä, jonka lämpötila oli 24 °C. Ennen sorvausta niihin myös porattiin reiät tuohyhönteisten iskeytymisaluiden rajakohtiin, jotta iskeytymäalueet voitiin myöhemmin paikallistaa viulun laatuluokittelun yhteydessä. Taulukossa 2 on esitetty eräitä raudus- ja hieskoivupölkkyjen keskimääräisiä koko- ja muototunnuksia.

Pölkkyt sorvattiin kuorellisina ja ne keskitettiin sorville silmävaraisesti. Metsävarastoinnin aiheuttaman pyörästyshävikin kohoamisen laskemiseksi pölkkyistä mitattiin kuoreton keskusläpimitta sekä normaalin pyörästyksen että varastoinnin aiheuttaman pintalahon poistamisen jälkeen. Sorvauksen päätteeksi mitattiin purilaan paksuus keskeltä purilashävikin laskemiseksi (tavoite 65 mm). Sorvausasetteen tavoitteeksi asetettiin koivuvaneriteollisuudessa normaali 1,545 mm:n viilupaksuus 15 % puristusasteella.

Sorvauksen jälkeen viulu leikattiin 93 cm:n arkeiksi. Reikäisestä ja katkeilleesta viulusta leikattiin saumauskappaleita eli jontteja, joiden leveyden tuli olla vähintään 15 cm. Kaikista viulukappaleista merkittiin se pää, joka oli ollut yhden kesän sijasta kaksi kesää paljaana ja näin ollen suoraan alttiina värivikaantumiselle ja lahoamiselle. Arkkien molemmista päistä mitattiin tämän jälkeen värivian ja/tai lahon pienin ja suurin ulottuma arkin keskelle. Näitä havaintoja käytettiin myös metsävarastointikokeiden tulosten laskennassa (luku 2.1).

Taulukko 2. Koesorvattujen raudus- ja hieskoivupölkkyjen keskimääräisiä ominaisuuksia.

Table 2. Mean properties of silver and pubescent birch bolts for the experimental rotary-cutting.

Ominaisuus <i>Property</i>	Raudus- koivu <i>Silver birch</i>	Hies- koivu <i>Pubescent birch</i>	Kaikki <i>All</i>
n	121	105	226
Kuorellinen tilavuus, dm ³ <i>Volume (over bark), dm³</i>	30,0	28,2	29,2
Kuoren osuus, % <i>Bark percentage</i>	9,7	9,7	9,7
Kuoreton keskusläpimitta, cm <i>Mid-diameter (without bark), cm</i>	19,8	19,3	19,6
Kuoreton kapeneminen, mm/m <i>Taper (without bark), mm/m</i>	16,6	16,5	16,6
Epäpyöreys, % <i>Ovality, %</i>	5,2	4,4	4,8
Lenkousjakauma, % <i>Sweep distribution, %</i>			
–1 cm	59	50	55
1–3 cm	39	46	42
3+ cm	2	4	3

Viulut kuivattiin telakuivaajalla. Joka arkista ja jontista mitattiin leveys ja paksuus keskeltä sekä tuoreena että kuivana. Yhdistetty leikkaus- ja kuivauskutistumahävikki laskettiin vertaamalla kuivan käyttökelpoisen viulun nimellispiteuden, todellisen leveyden ja todellisen paksuuden tulona saatua kuivatilavuutta purilaan tilavuudella vähennettyyn pyörästetyn pölkyn tilavuuteen. Metsävarastoinnin aiheuttama hävikin kasvu laskettiin vertaamalla kuivatilavuutta tilavuuteen, joka saatiin kuivan viulun nimellispiteuden ja todellisen paksuuden sekä tuoreen käyttökelpoisen viulun leveyden tulona.

Metsävarastoinnin aiheuttamien laatutappioiden laskemiseksi kukin viuluarkki laatuluokiteltiin kuivauksen jälkeen sekä sellaisenaan että jättämällä huomioimatta varastoinnista aiheutuneet viat. Luokittelumenetelmänä oli normaali viulun ulkonäköön perustuva kauppaalatuokittelu luokkiin A, B, S, BB, WG, keskiviulu ja hylky (Koivuviulun ulkonäköön ... 1971). Arkkit luokiteltiin lisäksi päiden laadun mukaan, jotta voitiin laskea metsävarastoinnin aiheuttama vanerin reunasahaushävikin sekä viulun käsittelykustannusten kohoaminen. Päiden laadun määrittämisessä käytettiin luokitusta: 1) Ehjä = vanerin reunasahaushävikin 2,5 cm, 2) Pääraakki = arkin pästä joudutaan jyrsimään enintään 30 cm, 3) Leikattava (jontti) = halkeamia ja/tai repeämiä

yli 30 cm:n etäisyydellä arkin päästä. Pääraakki rinnastettiin laatuluokaltaan WG-laatuun, koska käyttökohteet ovat samanlaisia (Koivuviulun ulkonäköön ... 1971). Jonttien laatuluokka voi olla korkeintaan S (Koivuviulun ulkonäköön ... 1971) ja niiden laatuluokkajakauman oletettiin tämä rajoitus huomioon ottaen olevan saman kuin kokonaisilla viiularkeilla.

Metsävarastoinnin aiheuttama viulun rahallisen arvon aleneminen laskettiin viulun saanto- ja laatutappioiden perusteella. Käyttökelpoisen viulun arvon lisäksi vertailtiin kaikkien raaka-aineesta saatujen tuotteiden (viilu, sellutehtaalle myytävä hake, vaneritehtaalla energian tuotantoon käytettävä kuori) yhteisarvoa. Arvovertailut suoritettiin myös raaka-aineen kuorellista tilavuusyksikköä kohti laskien, jolloin huomioon otettiin myös pääraakkien ja jonttien kokonaisia viiularkeja korkeammat käsittelykustannukset. Viulun arvon laskentaan ei ollut käytettävissä varsinaisia markkinahintoja, koska suomalaisilla vaneritehtailla sorvattava viilu käytetään lähes pelkästään tehtaiden omassa vanerin valmistuksessa. Tämän vuoksi eri viiularadut hinnoiteltiin erään suomalaisen vaneritehtaan lokakuun 1992

sisäisten siirtohintojen perusteella. Eri viulun laatuluokkien suhteelliset arvot olivat seuraavat:

Kauppalaatu	Suhteellinen arvo (BB = 100)
A	292
B	187
S	116
BB	100
WG	84
Keskiviilu	52

Hakkeen ja kuoren nettohinnat olivat 150 ja 30 mk/m³. Pääraakkien saumauskustannukset ja jonttien jatkamiskustannukset olivat 150 mk/m³.

Taloudelliset laskelmat muunnettiin vastaamaan täysimittaisia, 3,1–6,7 m:n tukkeja. Tässä oletettiin, että tuotteiden arvo alenee yhden metrin pituudella tukin molemmista päistä samalla tavalla kuin koesorvatuilla pölkyillä ja että tukin väliosasta saatavat pölköt vastaavat muodoltaan ja läpimitaltaan keskimäärin niitä. Saatujen tulosten perusteella voitiin olettaa, että tukin väliosa säilyy vikaantumattomana, mikäli kuori ei ole rikkoontunut korjuun ja kuljetuksen aikana.

3 Tulokset ja niiden tarkastelu

3.1 Pölkkyjen metsävarastointikoheet

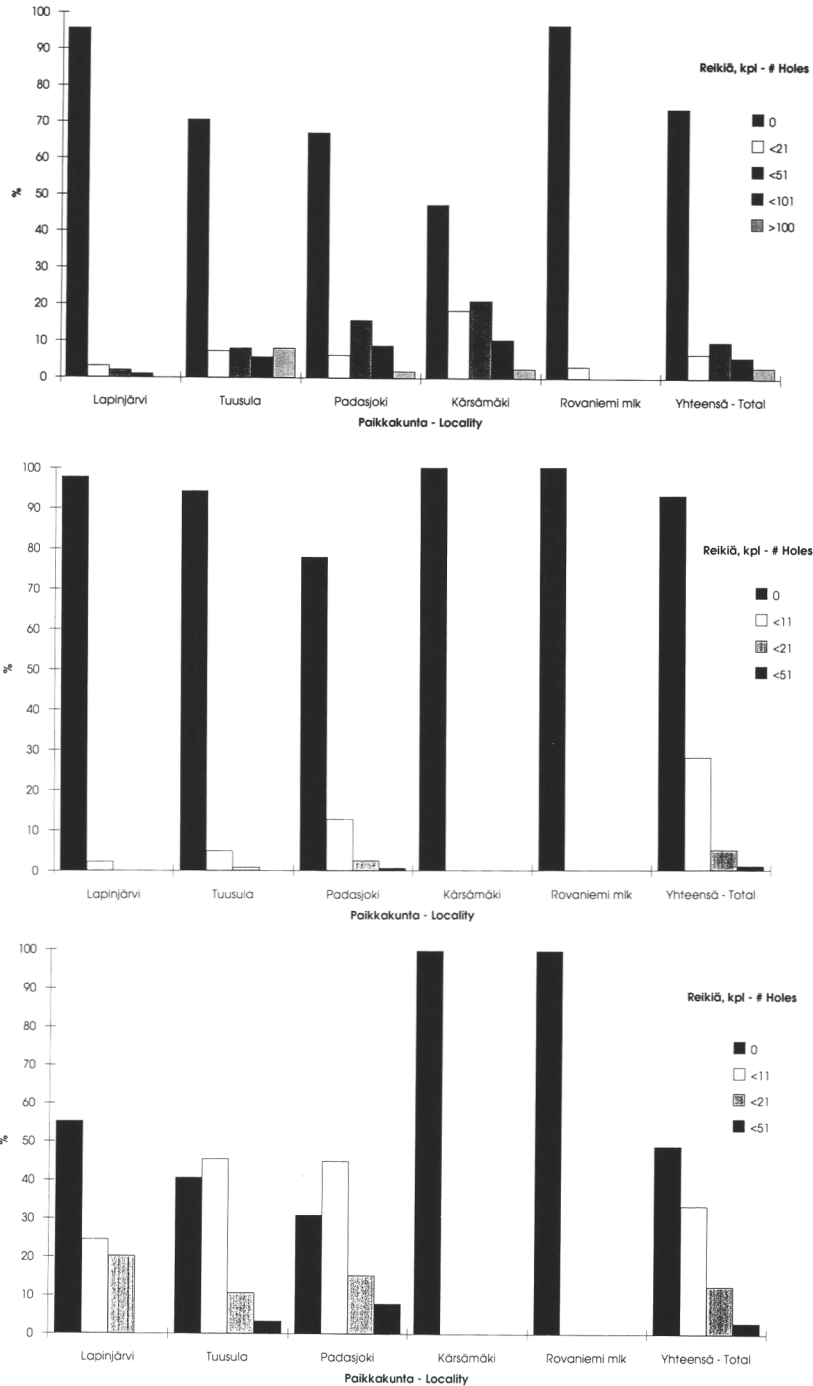
3.1.1 Hyönteisviat

Hyönteiset vioittivat koivupölkkyjä varsin satunnaisesti sekä yhden että kahden kesän yli kestäneessä metsävarastoinnissa. Tutkittujen tekijöiden lisäksi paikkakunta- ja metsikkökohtaisilla tekijöillä oli todennäköisesti olennainen vaikutus tähän tulokseen. Nämä tekijät vaikuttavat emohyönteisten esiintymisrunsauteen ko. varastointipaikalla ja puutavaran kosteustilaan varastoinnin jatkuessa, ja tätä kautta puutavaran alttiuteen eri hyönteislajien iskeytymiselle. Näistä syistä tulokset esitetään paitsi koko aineiston myös koepaikkakuntien keskiarvoina.

Koivunmantokuoriainen oli iskeytynyt 26 prosenttiin kaikista pölkkyistä (kuva 1). Iskeytymäfrekvenssi oli suurin Kärsämäellä, 53 %, ja pienin Lapinjärvellä, 4 %. Valtaosa iskeytymistä oli lieviä tai kohtalaisen lieviä. Kaikki iskeytymät olivat syntyneet jo ensimmäisen varastointikesän aikana. Tulos oli yhtäpitävä aikaisempien

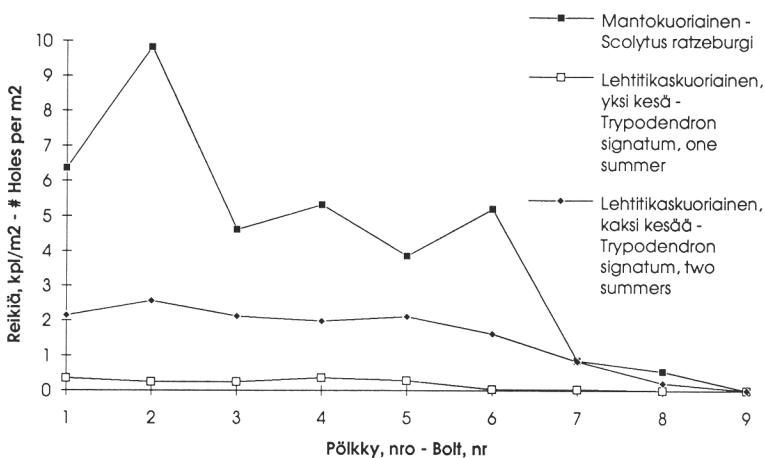
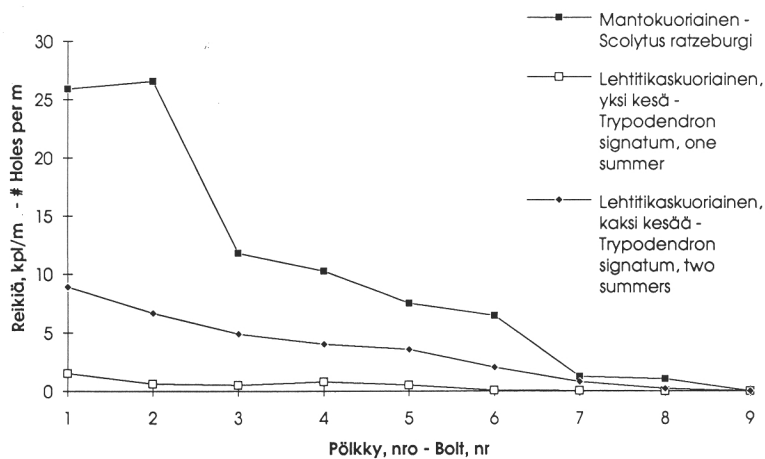
havaintojen kanssa, joiden mukaan mantokuoriainen iskeytyy vain suhteellisen tuoreeseen puutavaraan (Rummukainen 1952, 1954, Pekkala & Uusvaara 1980, ks. myös Löyttyniemi 1983).

Askeltavalla regressioanalyysillä pystyttiin selittämään vain pieni osa mantokuoriaisen vioitusten pölkkyttäisestä vaihtelusta. Pölkyn pituus- ja pinta-alayksikön emokäytävien tuuletusreikien lukumäärän selitysasteet (R^2) olivat 0,206 ja 0,142 ja yhtenäisen iskeytymäalueen pituuden selitysaste 0,218, kun selittävinä muuttujina olivat tutkitut rungon ja pölkyn ominaisuudet, koivulaji ja puupari. Tulos osoittaa em. paikkakunta- ja metsikkökohtaisten tekijöiden ja puhtaan sattuman suuren vaikutuksen tuloksiin. Vioitusten satunnaisuuteen viittasi myös puuparin esiintyminen yhtenä selvimmistä selittäjistä. Pölkkykohtaisista tekijöistä oli merkitystä lähinnä pölkyn järeyteen liittyvillä tekijöillä. Erityisesti tyvikuoren paksuus vaikutti vioitusten runsauteen: eniten mantokuoriaisen vioituksia oli paksukaarnaisissa tyvipölkkyissä (kuva 2). Rummukainen (1954) on esittänyt aiemmin samanlaisia tuloksia.



Kuva 1. Koivupölkkyjen jakaumat hyönteistuholuokkiin hyönteisten kuoreen aiheuttamien reikien lukumäärän mukaan eri tutkimuspaikkakunnilla. Koivunmantokuoriainen (ylh.), lehtitikaskuoriainen yhden kesän (kesk.) ja kahden kesän (alh.) metsävarastoinnin jälkeen.

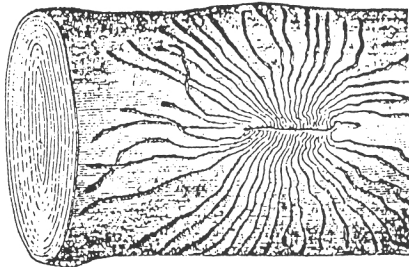
Fig. 1. Distribution of birch bolts into different categories according to the number of insect holes on bark in the different localities of the study. *Scolytus ratzeburgi* (top), *Trypodendron signatum* after one-summer (middle) and two-summer storage (bottom) in the forest.



Kuva 2. Koivunmantokuoriaisen ja lehtitikaskuoriaisen pölkkyyn aiheuttamat viat tyvipölkystä lähtien. Hyönteisten kuoreen aiheuttamien reikien lukumäärä pölkyn pituusyksikköä (ylh.) ja vaipan pinta-alayksikköä kohti (alh.).
 Fig. 2. Damage in birch bolts by *Scolytus ratzeburgi* and *Trypodendron signatum* from the butt to the top of a tree. Number of insect holes per bolt unit length (top) and bolt surface unit area (bottom).

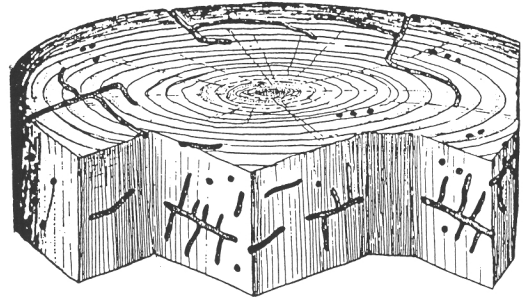
Koko aineistossa yhdessä pölkkyssä oli keskimäärin 6 mantokuoriaisen reikää/m eli 5 reikää/vaippa-m². Tutkituista muuttujista parhaiten vioituksen laajuutta kuvannut iskeytymäalueen pituus oli keskimäärin 20 cm eli 10 % pölkyn pituudesta. Useissa tapauksissa kuori oli repeytynyt auki emokäytävän kohdalta, osin mahdollisesti tikkojen aiheuttamana. Mantokuoriaisen syömäkuvio (kuva 3) saattoi sijaita missä osassa pölkkyä tahansa. Pölkyn puolivälissä sijaitessaan vian vaikutus viiluarkin laatuun on aina suurempi kuin pölkyn päässä, sillä viilua valmistettaessa arkin päästä voidaan tarvittaessa poistaa kokosen laatua heikentävä osa.

Koivulajilla ei askeltavien regressioanalyysin mukaan ollut juuri lainkaan vaikutusta mantokuoriaisen tuhoihin. Lähinnä pölkkyjen järeys- ja kuorisuuseroista johtuen rauduskoivupölkkyissä oli kuitenkin hieman enemmän vioituksia kuin hieskoivupölkkyissä, varsinkin reikien lukumääränä pölkyn vaipan pinta-alayksikköä kohti ilmaistuna (taulukko 3). Samasta syystä vaneripuun läpimittavaatimukset täyttäneissä pölkkyissä ilmeni selvästi enemmän vioituksia ja niitä oli ennen kaikkea laajemmalla alueella kuin kuitupuupölkkyissä (taulukko 4). Pystypuiden ollessa kyseessä on rauduskoivua pidetty herkempana mantokuoriaisen iskeytymiselle kuin hieskoivua



Kuva 3. Koivunmantokuoriaisen iskeytymä pölkkyssä: syömäkuvion tuuletusreikiä kuoressa (ylh.) sekä emo- ja toukkakäytäviä pintapuussa välittömästi kuoren alla (alh.).

Fig. 3. Signs of *Scolytus ratzeburgi* in a birch bolt: ventilation holes on the bark (top) and mother and grub galleries in the sapwood immediately underneath the bark (bottom).



Kuva 4. Lehtitikaskuoriaisen iskeytymä koivupölkkyssä (ylh.) ja puuaineessa (alh.).

Fig. 4. Signs of *Trypodendron signatum* in a birch bolt (top) and wood (bottom).

(Saalas 1949, Rummukainen 1952), joskaan selvää eroa ei ole aina havaittu (Ropo 1985).

Lehtitikaskuoriaisen vooituksia ilmeni ensimmäisen varastointikesän jälkeen vain 6 prosentin pölkkyistä, eniten Padasjoella, 23 %, mutta ei ollenkaan pohjoisilla paikkakunnilla, Kärsämäellä ja Rovaniemen mlk:ssa (kuva 1). Lajia esiintyy kylläkin myös Pohjois-Suomessa (Leckander ym. 1977). Valtaosa vooituksista syntyi toisena varastointikesänä, jolloin iskeytymäfrekvenssi oli keskimäärin 50 % (kuva 1). Tikaskuoriainen oli täten iskeytynyt lähinnä pitkän varastoinnin muuttamaan puuhun, kuten aikaisemminkin tutkimuksissa (Saalas 1949, Pekkala & Uusvaara 1980) on havaittu. Tikaskuoriaisen vooituksia oli paljon enemmän kuin mitä niitä esiintyi Löyttyniemen (1983) tuoreilla pölkkyillä tekemissä houkutuskoeksissa.

Mantokuoriaisen vooitusten lailla pystyttiin askeltavalla regressioanalyysillä selittämään vain pieni osa lehtitikaskuoriaisen vooitusten pölkkytöisestä vaihtelusta. Pölkyn pituus- ja pinta-alayk-

sikön emokäytävien tuuletusreikien lukumäärän selitysasteet olivat 0,218 ja 0,115 ja yhtenäisen iskeytymäalueen pituuden selitysaste 0,227. Tärkeimmät selittävät muuttujat olivat puuparin ja pölkyn järjestysnumero rungon tyvestä lähtien. Pölkyn järjestyksen suoranaisesti liittyvillä muuttujilla, varsinkin tyvikuoren paksuudella oli vain vähän merkitystä.

Koko aineistossa yhdessä pölkkyssä oli keskimäärin 0,3 lehtitikaskuoriaisen reikää/m eli 0,2 reikää/vaippa-m² yhden varastointikesän jälkeen ja 2,2 reikää/m eli 1,8 reikää/vaippa-m² kahden varastointikesän jälkeen. Reikiä esiintyi pölkyn koko pituudella (kuva 4), joten iskeytymäalueen pituudella ei ollut samanlaista informaatioarvoa kuin mantokuoriaisen vooituksia kuvattaessa.

Koivulajilla oli askeltavien regressioanalyysin mukaan varsin vähän vaikutusta myös lehtitikaskuoriaisen aiheuttamiin tuhuihin. Kokonaisuutena hieskoivupölkkyissä oli kuitenkin hieman enemmän tikaskuoriaisen vooituksia kuin rauduskoivupölkkyissä (taulukko 3). Vaneripuun läpi-

Taulukko 3. Raudus- ja hieskoivupölkkyihin yhden ja kahden kesän metsävarastoinnissa syntyneet koivunmantokuoriaisen ja lehtitikaskuoriaisen vioitukset ja niiden varianssianalyysit.¹

Table 3. Damage of *Scolytus ratzeburgi* and *Trypodendron signatum* for silver and pubescent birch bolts after one-summer and two-summer storage in the forest and their variance analyses.¹

Vioitus – Damage	Rauduskoivu Silver birch	Hieskoivu Pubescent birch	F	p
n	233	215		
Koivunmantokuoriainen – <i>Scolytus ratzeburgi</i>				
Emokäytävien tuuletusreikiä/pölkyn pituusyksikkö, kpl/m # Ventilation holes of mother galleries per bolt unit length	7,0	4,9	1,20	0,0834
Emokäytävien tuuletusreikiä/pölkyn vaipan pinta-alayksikkö, kpl/m ² # Ventilation holes of mother galleries per bolt surface unit area	5,9	3,5	2,31	0,0000
Iskeytmäalueen pituus, cm Length of the attacked section, cm	21,8	18,8	1,04	0,389
Lehtitikaskuoriainen – <i>Trypodendron signatum</i>				
Toukkien ulostuloreikiä/pölkyn pituusyksikkö, kpl/m # Grub evacuation holes per bolt unit length				
Yksi kesä – One summer	0,1	0,5	17,66	0,0000
Kaksi kesää – Two summers	1,7	2,4	2,37	0,0000
Toukkien ulostuloreikiä/pölkyn vaipan pinta-alayksikkö, kpl/m ² # Grub evacuation holes per bolt surface unit area				
Yksi kesä – One summer	0,08	0,3	7,77	0,0000
Kaksi kesää – Two summers	1,4	2,1	2,72	0,0000

¹ Toisena varastointikesänä ei syntynyt uusia koivunmantokuoriaisen vioituksia.
No new damage was caused by *Scolytus ratzeburgi* during the second summer.

Taulukko 4. Vaneri- ja kuitupuupölkkyihin yhden ja kahden kesän metsävarastoinnissa syntyneet koivunmantokuoriaisen ja lehtitikaskuoriaisen vioitukset ja niiden varianssianalyysit.¹

Table 4. Damage of *Scolytus ratzeburgi* and *Trypodendron signatum* for veneer and pulpwood bolts after one-summer and two-summer storage in the forest and their variance analyses.¹

Vioitus – Damage	Vaneripölkkyt Veneer bolts	Kuitupuupölkkyt Pulpwood bolts	F	p
n	142	306		
Koivunmantokuoriainen – <i>Scolytus ratzeburgi</i>				
Emokäytävien tuuletusreikiä/pölkyn pituusyksikkö, kpl/m # Ventilation holes of mother galleries per bolt unit length	11,8	3,3	3,11	0,0000
Emokäytävien tuuletusreikiä/pölkyn vaipan pinta alayksikkö, kpl/m ² # Ventilation holes of mother galleries per bolt surface unit area	7,0	3,7	1,28	0,0480
Iskeytmäalueen pituus, cm Length of the attacked section, cm	38,3	12,1	2,73	0,0000
Lehtitikaskuoriainen – <i>Trypodendron signatum</i>				
Toukkien ulostuloreikiä/pölkyn pituusyksikkö, kpl/m # Grub evacuation holes per bolt unit length				
Yksi kesä – One summer	0,4	0,2	4,11	0,0000
Kaksi kesää – Two summers	3,5	1,4	3,55	0,0000
Toukkien ulostuloreikiä/pölkyn vaipan pinta-alayksikkö, kpl/m ² # Grub evacuation holes per bolt surface unit area				
Yksi kesä – One summer	0,2	0,2	1,03	0,413
Kaksi kesää – Two summers	2,0	1,6	1,26	0,0615

¹ Toisena varastointikesänä ei syntynyt uusia koivunmantokuoriaisen vioituksia.
No new damage was caused by *Scolytus ratzeburgi* during the second summer.

mittavaatimukset täyttäneissä pölkkyissä oli vasta kahden varastointikesän jälkeen enemmän vioituksia kuin kuitupuupölkkyissä, ja silloinkin ero oli pieni (taulukko 4). Rungon tyviosasta tehdyissä pölkkyissä oli myös enemmän vioituksia kuin ylempää tehdyissä pölkkyissä (kuva 2).

Koivunmantokuoriaisen ja lehtitikkakuoriaisen vioitusten lisäksi ilmeni kolmessa pölkkyssä Tuusulasta lieviä puupistiäisen vioituksia toisen varastointikesän jälkeen. Iskeytyminen oli kuitenkin tapahtunut ilmeisesti ensimmäisen kesän aikana (Löyttyniemi 1983, Viitasaari 1984). Muiden hyönteislajien iskeytymiä ei tavattu (vrt. Kangas 1942, Rummukainen 1947, Saalas 1949, Pekkala & Uusvaara 1980).

3.1.2 Tiheyden aleneminen pölkyn päissä

Myöskin pölkkyjen metsävarastoinnin aikana tapahtuneet kuiva-ainetappiot olivat satunnaisia, sillä sekä yhden että kahden kesän aikana tapahtuneen pölkyn päiden kuiva-tuoretiheyden alenemisen selitysaste oli askeltavissa regressioanalyseissä vain 0,19. Tähän viittasi myös puuparin esiintyminen yhtenä selittävänä tekijänä. Tärkein selittävä tekijä oli kuiva-tuoretiheys kokeen alussa, jolla selitysaste oli 0,05–0,07. Pölkyn järeyyttä kuvaavilla pölkyn järjestysnumerolla ja läpimitalla oli tuskin lainkaan merkitystä.

Puuaineen kuiva-tuoretiheys oli yhden kesän

metsävarastoinnin jälkeen pölkkyjen päissä keskimäärin 479 kg/m³ ja niiden puolivälissä 491 kg/m³. Tämä pölkkyjen päiden erityisen voimakasta alttiutta kuiva-ainetappioille kuvaava tulos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (n = 448, t = 14,44, p < 0,001). Tulos oli myös odotettu, koska tiheyttä alentavien lahottajasienten tiedetään tunkeutuvan puuhun pääasiassa poikkileikkauspintojen kautta (esim. Hakkila ym. 1970). Pölkyn päiden tiheys aleni keskimäärin 17 kg/m³ (3,4 %) yhden kesän varastoinnissa ja 23 kg/m³ (4,5 %) kahden kesän varastoinnissa (taulukko 5). Tiheyden aleneminen oli molemmissa tapauksissa voimakkaampaa kuin aikaisemmissa koivupuutavaran metsävarastointikokeissa (Heiskanen 1959, Hakkila 1963a,b, Tamminen 1979, 1985, Pekkala & Uusvaara 1980, Lönnberg 1983). Tämä johtui todennäköisesti erilaisista varastomuodostelmista: kaikki pölkkyt olivat lähellä maanpintaa telakan tapaisissa muodostelmissa, kun taas aikaisemmat tutkimukset ovat koskeneet täyskorkeita tienvarsipinoja.

Tiheys aleni rauduskoivupölkkyjen päissä merkitsevästi enemmän kuin hieskoivupölkkyjen päissä, varsinkin kahden kesän varastoinnin aikana (taulukko 6). Vaneripuun läpimittavaatimukset täyttäneiden pölkkyjen päissä tiheys aleni vähemmän kuin kuitupuupölkkyjen päissä, mutta ero oli merkitsevä vasta toisen varastointikesän jälkeen (taulukko 7). Tämä johtui järeiden tiheyden alenemista pienentävästä vaikutuksesta (kuva 5).

Taulukko 5. Puuaineen kuiva-tuoretiheyden aleneminen pölkkyjen päissä ja puolivälissä yhden ja kahden kesän metsävarastoinnissa eri tutkimuspaikkakunnilla. Vertailukohtana on t-testeissä kuiva-tuoretiheys metsävarastoinnin alussa.

Table 5. Decrease in the basic density in the bolt ends and bolt middle during one-summer and two-summer storage in the forest in the different localities of the study. Standard point of comparison in the Student's t-tests is the basic density in the beginning of the experiment.

Paikkakunta Locality	n	Kuiva-tuoretiheys, kg/m ³ – Basic density, kg/m ³					
		Tuore Fresh		Aleneminen, yksi kesä Decrease, one summer		Aleneminen, kaksi kesää Decrease, two summers	
		kg/m ³	kg/m ³	t	kg/m ³	t	
Lapinjärvi	94	499,9	18,0	14,54 ***	29,0	15,63 ***	
Tuusula	127	502,7	22,9	16,45 ***	25,9	19,11 ***	
Padasjoki	158	487,8	11,7	14,76 ***	15,8	18,95 ***	
Kärsämäki	38	502,6	23,2	3,33 ***	28,9	3,25 ***	
Rovaniemi mlk	31	497,6	11,3	4,84 ***	15,6	7,31 ***	
Yhteensä – Total	448	496,5	17,1	26,61 ***	22,5	31,14 ***	

*** p < 0,001

Taulukko 6. Kuiva-tuoretiheyden aleneminen raudus- ja hieskoivupölkkyjen päissä yhden ja kahden kesän metsävarastoinnissa ja niiden varianssianalyysit.

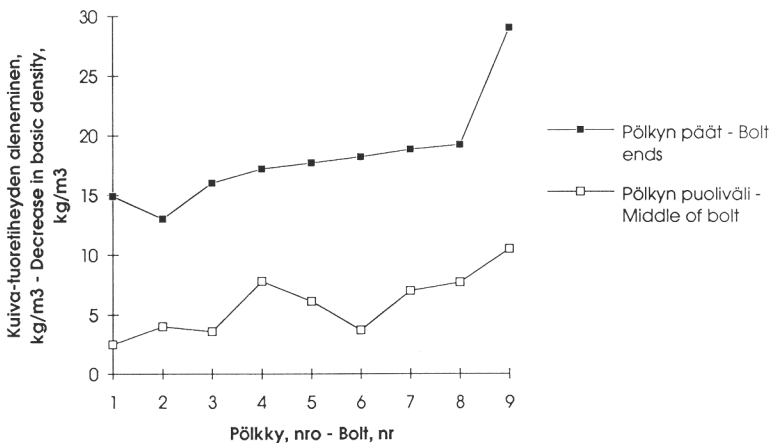
Table 6. Decrease in the basic density in the ends of silver and pubescent birch bolts during one-summer and two-summer storage in the forest and their variance analyses.

Varastointivaihe Phase of storage	Rauduskoivu Silver birch		Hieskoivu Pubescent birch		F	p
	n	Kuiva-tuoretiheys Basic density kg/m ³	n	Kuiva-tuoretiheys Basic density kg/m ³		
Tuore – Fresh	233	498,7	215	494,1	1,03	0,40
Aleneminen, yksi kesä Decrease, one summer	233	18,1	215	16,0	1,25	0,046
Aleneminen kaksi kesää Decrease, two summers	233	40,2	215	26,0	3,25	0,0089

Taulukko 7. Kuiva-tuoretiheyden aleneminen vaneri- ja kuitupuupölkkyjen päissä yhden ja kahden kesän metsävarastoinnissa ja niiden varianssianalyysit.

Table 7. Decrease in the basic density in the ends of veneer and pulpwood bolts during one-summer and two-summer storage and their variance analyses.

Varastointivaihe Phase of storage	Vaneripölkkyt Veneer bolts		Kuitupuupölkkyt Pulpwood bolts		F	p
	n	Kuiva-tuoretiheys Basic density kg/m ³	n	Kuiva-tuoretiheys Basic density kg/m ³		
Tuore – Fresh	142	500,0	306	494,9	1,57	0,00066
Aleneminen, yksi kesä Decrease, one summer	142	15,2	306	18,0	1,22	0,089
Aleneminen, kaksi kesää Decrease, two summers	142	22,3	306	45,1	3,43	0,015



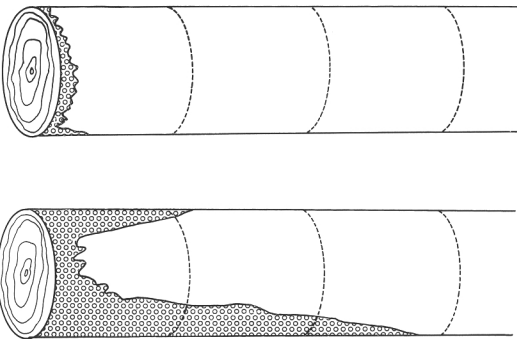
Kuva 5. Kuiva-tuoretiheyden aleneminen yhden kesän metsävarastoinnissa koivu-pölkyn päissä ja puolivälissä tyvipölkystä lähtien.

Fig. 5. Decrease in the basic density during one-summer storage in the forest in the ends and middle of a birch bolt from the butt to the top of a tree.

3.1.3 Väri- tai lahovian ulottuma pölkyn päistä

Väri- tai lahovian ulottuma pölkyn päistä alulle puutavarassa vain puuaineen paljastuessa suojaavan kuoren alta. Tässä tutkimuksessa väri- ja lahovian esiintymistä pölkkyissä tutkittiin vain pölkkyjen päiden läheisyydestä. Vain koesorvattuja, vaneripuun mittavaatimukset täyttäneitä, kolmelta Etelä-Suomen koe- paikkakunnalta peräisin olleita pölkkyjä tutkittiin. Tässä silmävaraisessa tarkastelussa ei väri- ja lahovikaa pystytty luotettavasti erottamaan toisistaan. Vika oli kaikissa tapauksissa väriltään ruskehtavaa.

Yksittäisessä pölkkyssä väri- tai lahovika ulottui pisimmälle välittömästi kuoren alla ja lyhimälle pölkyn ytimessä tai sen läheisyydessä. Pölkyn säteensuuntaiset erot olivat huomattavasti suuremmat kahden kesän kuin yhden kesän metsävarastoinnin jälkeen (kuva 6). Ensimmäisen varastointikesän jälkeen väri- tai lahovika rajoitui yleensä 2–3 cm:n alueelle pölkyn pästä (taulukko 8). Näin pienellä väriviialla ei vanerin valmistuksessa ole merkitystä, koska tämä osa pölkyn pästä joutuu joka tapauksessa jätteeksi käytettäessä normaalia tasausvaraa vanerin reunatasauksessa. Kahden varastointikesän jälkeen vian ulottuma oli yleensä jo noin 45 cm, joten vika näkyi vii-luarkissa. Voimakkaana esiintyessään se aiheutti ylimääräistä viulun pääraakkausta, viulun leikkaamista saumattaviksi jonteiksi tai vii-luarkin hylkäämisen kokonaisuudessaan.



Kuva 6. Pölkyn päistä alkavan väri- ja lahovian etenemisen periaate. Yhden (ylh.) ja kahden (alh.) kesän metsävarastointi.

Fig. 6. The principle of the progress of stain and decay from the ends of a birch bolt. One-summer (top) and two-summer (bottom) storage in the forest.

Kahden varastointikesän jälkeen väri- tai lahovika ulottui sitä pitemmälle pölkyn pästä mitä enemmän pölkyn päiden tiheys oli alentunut (kuva 7), mutta yhden varastointikesän jälkeen tätä vaikutusta ei vielä havaittu:

$$\text{Yhden kesän varastointi:} \\ Y = 16,78 + 0,42 \cdot X \quad R^2 = 0,0439$$

$$\text{Kahden kesän varastointi:} \\ Y = 19,54 + 8,01 \cdot X \quad R^2 = 0,837$$

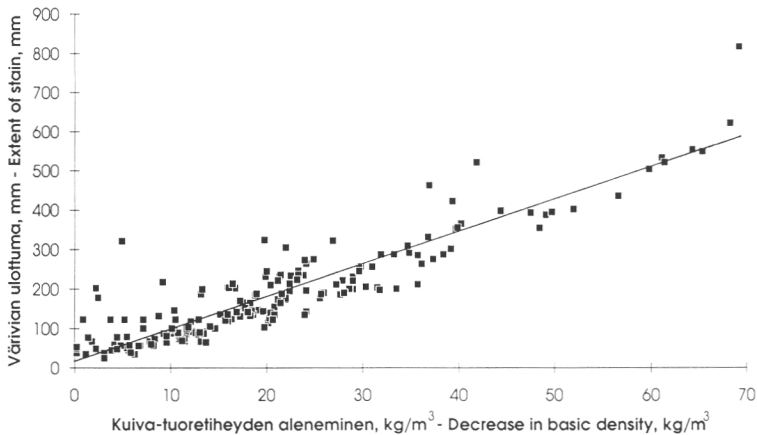
missä Y = väri- tai lahovian ulottuma, mm
 X = kuiva-tuoretiheyden aleneminen pölkyn päässä, kg/m^3

Näin ollen huomattava osa puuaineen värimuutoksesta oli kahden varastointikesän jälkeen lahovikaa, koska puuaineen lahoaminen johtaa sen tiheyden alenemiseen. Tulos väri- ja lahovian ulottuman ja tiheyden alenemisen riippumattomuudesta yh-

Taulukko 8. Väri- ja lahovian keskimääräinen pienin ja suurin ulottuma yhden ja kahden varastointikesän ajan vikaantumiselle alttiina olleissa raudus- ja hieskoivun vaneripölkkyjen päissä eri tutkimuspaikkakunnilla.

Table 8. The average minimum and maximum extent of discoloration and decay from the veneer bolt ends of silver and pubescent birch exposed during one-summer and two-summer storage in the different localities of the study.

Paikkakunta Locality	Rauduskoivu Silver birch		Hieskoivu Pubescent birch		Kaikki All	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Lapinjärvi						
Yksi kesä One summer	2	25	2	19	2	23
Kaksi kesää Two summers	232	579	171	470	213	540
Tuusula						
Yksi kesä One summer	4	26	5	17	4	23
Kaksi kesää Two summers	252	680	175	473	222	599
Padasjoki						
Yksi kesä One summer	5	18	3	15	4	16
Kaksi kesää Two summers	121	325	95	251	108	287
Yhteensä – Total						
Yksi kesä One summer	4	23	4	17	4	20
Kaksi kesää Two summers	196	515	138	372	168	447



Kuva 7. Värvian ulottuman riippuvuus kuiva-tuoretiheyden alenemisesta koivupölkyn päissä kahden kesän metsävarastoinnissa.

Fig. 7. Relationship of the extent of stain and the decrease in basic density in the ends of a birch bolt after two-summer storage in the forest.

den kesän varastoinnin jälkeen oli odotettu ottaa huomioon, että värvika ei ulottunut pitkälle vaikka tiheys oli alentunut selvästi (luku 3.1.2). Ulottuman olisikin voinut olettaa olleen havaittua pidemmän.

3.1.4 Raudus- ja hieskoivupölkkyjen vertailu puupareittain

Raudus- ja hieskoivupölkkyjen vikaantumislaitta tutkittiin myös puupareittaisin vertailuin, jolloin voitiin vähentää paikkakunta-, metsikkö- ja pölkkykohtaisten tekijöiden vaikutusta tuloksiin. Tarkastelussa keskityttiin hies- ja rauduskoivujen kuuden metrin tyviosasta tehtyjen pölkkyjen vertailuun (taulukko 9).

Kaikkia hyönteisten vioituksia, lukuunottamatta lehtitikaskuoriaisen reikien lukumäärää pölkyn vaipan pinta-alayksiköllä, näytti rauduskoivun tyvipölkkyissä olevan jonkin verran enemmän kuin hieskoivun tyvipölkkyissä, mikä ainakin osittain johtui ensin mainittujen paksummasta kuoresta. Erot hyönteisten vioituksissa eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Tulokset puuaineen tiheyden alenemisesta olivat samansuuntaisia; pölkyn päissä ero oli kahden varastointikesän jälkeen myös merkitsevä. Väritai lahovika ulottui rauduskoivupölkkyjen päistä merkitsevästi pidemmälle kuin hieskoivupölkkyjen päistä. Syytä tähän hieskoivutukkien rauduskoivutukkeja parempaan lahonkestävyyteen viittaavaan tulokseen ei voitu selvittää.

3.2 Koesorvaukset

3.2.1 Hyönteis-, väri- ja lahoviat viulussa

Koivunmantokuoriaisen puuaineeseen aiheuttama mekaaninen vioitus oli viulun sorvauksen kannalta merkityksetön, koska 3–4 mm:n läpimittaiset emo- ja toukkakäytävät sijaitsivat pintapuussa välittömästi kuoren alla. Tämä osa pölkystä menee koivua sorvattaessa tavallisesti joko pyörästysjätteenä selluhakkeen tai kuorintajätteenä kuoripolttoaineen joukkoon (Juvonen & Kariniemi 1984). Selluhakkeen joukossa värvikainen puu on haittatekijä erityisesti valkaisuissa (Isotalo ym. 1983).

Mantokuoriaisen käytävien läheisyyteen kehittyi ruskeaa värvikaa, minkä kehitys oli ilmeisesti alkanut jo ensimmäisen varastointikesän aikana (vrt. Löyttyniemi 1983). Ei voitu varmasti todeta värvian pahentuneen toisena varastointikesänä. Värvikaa tavattiin kaikista raudus- ja hieskoivupölkkyistä, joihin mantokuoriainen oli iskeytynyt.

Värvika ulottui eräissä tapauksissa ensimmäisiin pölkyn pintaosasta sorvattuihin viulkerroksiin saakka (kuva 8). Pölkyn pintaosasta saadaan poikkeuksetta ulkonäkölaadultaan paras viulu, minkä vuoksi tällainen värvika voisi olla vakaava. Mantokuoriaisen iskeytymästä aiheutunutta värvikaa sisältäneiden viuluarkkien osuus oli kuitenkin erittäin pieni – varsinkin iskeytymän saaneiden pölkkyjen määrään nähden (taulukko 10). Tämä johtui siitä, että pölkkyjä jouduttiin kar-

Taulukko 9. Puupareittaiset vertailut raudus- ja hieskoivun kuuden metrin tyviosan pölkkyjen vikaantumisesta yhden ja kahden kesän metsävarastoinnissa t-testeillä.

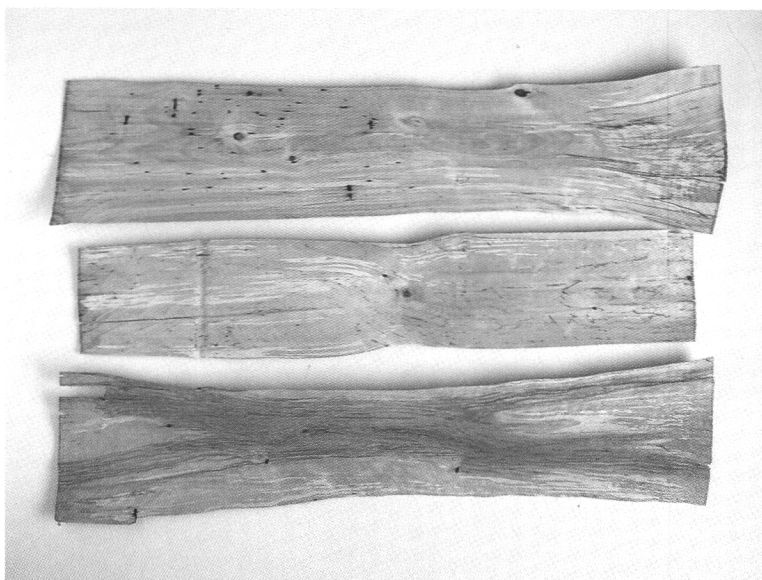
Table 9. Comparison of the deterioration of the bolts from the six-meter butt part of silver and pubescent birch by tree pair during one-summer and two-summer storage by Student's t-tests.

Muuttuja Variable	n	Rauduskoivu Silver birch	Hieskoivu Pubescent birch	t	p
Kuiva-tuoretiheys pölkyn päissä, kg/m ³ Basic density in the bolt ends, kg/m ³					
Kokeen alussa In the beginning of the experiment	30	490,6	482,1	1,10	0,143
Aleneminen yhden kesän aikana Decrease during one summer	30	18,1	14,2	-1,32	0,0726
Aleneminen kahden kesän aikana Decrease during two summers	30	21,3	19,1	-1,72	0,0435
Mantokuoriaisen reikiä/pölkyn pituusyksikkö, kpl/m # Holes of Scolytus ratzeburgi per bolt unit length					
Yhden kesän jälkeen – After one summer	30	10	6	1,16	0,127
Kahden kesän jälkeen – After two summers	30	10	6	1,16	0,127
Mantokuoriaisen reikiä/vaipan pinta-ala yksikkö, kpl/m ² # Holes of Scolytus ratzeburgi per bolt surface unit area					
Yhden kesän jälkeen – After one summer	30	4	3	1,02	0,112
Kahden kesän jälkeen – After two summers	30	4	3	1,02	0,112
Mantokuoriaisen iskeytymäalueen pituus, cm Length of the section attacked by Scolytus ratzeburgi, cm					
Yhden kesän jälkeen – After one summer	30	30,4	20,2	1,32	0,100
Kahden kesän jälkeen – After two summers	30	30,4	20,2	1,32	0,100
Lehtitikaskuoriaisen reikiä/pölkyn pituusyksikkö, kpl/m # Holes of Trypodendron signatum per bolt unit length					
Yhden kesän jälkeen – After one summer	30	0,8	0,7	0,058	0,492
Kahden kesän jälkeen – After two summers	30	3	3	-0,020	0,421
Lehtitikaskuoriaisen reikiä/vaipan pinta-alayksikkö, kpl/m ² # Holes of Trypodendron signatum per bolt unit surface area					
Yhden kesän jälkeen – After one summer	30	0,2	0,4	-1,07	0,146
Kahden kesän jälkeen – After two summers	30	2	2	-0,32	0,272
Väri- tai lahovian ulottuma pölkyn päästä, mm Extent of discoloration or decay from the end of a bolt, mm					
Yhden kesän jälkeen – After one summer	24	23	18	1,53	0,0623
Kahden kesän jälkeen – After two summers	24	223	142	2,02	0,0305

Taulukko 10. Koivunmantokuoriaisen ja lehtitikaskuoriaisen aiheuttamat vioitukset pölkkyissä ja viiluissa kahden kesän metsävarastoinnin jälkeen eri tutkimuspaikkakunnilla.

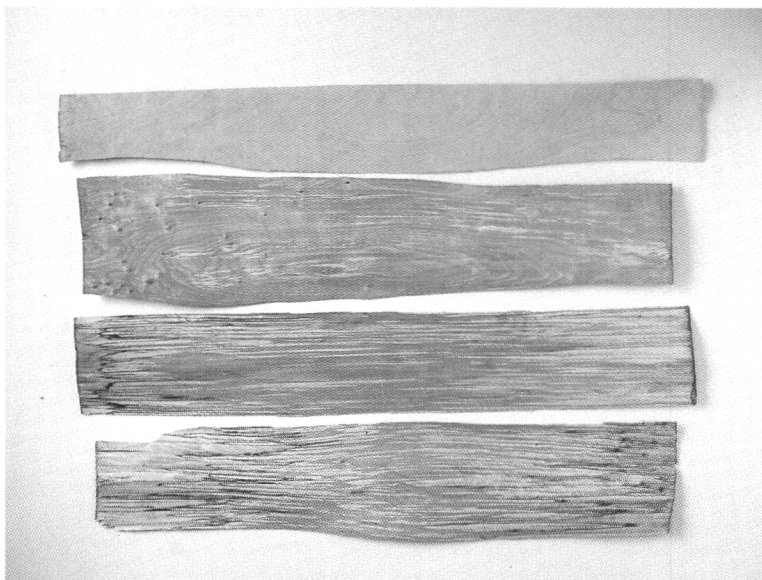
Table 10. Damage in the bolts and veneers by Scolytus ratzeburgi and Trypodendron signatum after two-summer storage in the forest in the different localities of the study.

Paikkakunta Locality	Koivunmantokuoriainen Scolytus ratzeburgi				Lehtitikaskuoriainen Trypodendron signatum	
	Pölkyt	Viilut	Vioittuneita pölkkyjä, %	Vioittuneita viiluja, %	Vioittuneita pölkkyjä, %	Vioittuneita viiluja, %
	Bolts n	Veneers n	Damaged bolts, %	Damaged veneers, %	Damaged bolts, %	Damaged veneers, %
Lapinjärvi	49	400	2	...	53	36
Tuusula	75	469	40	1	73	58
Padasjoki	102	731	47	2	84	58
Yhteensä – Total	226	1600	35	1	74	53



Kuva 8. Hyönteisten aiheuttamia vioituksia viilussa. Ylhäältä: Vasen puoli täynnä lehtitikaskuoriaisen syömäjalkia ja värivikaa ja oikeassa puolella värivikajuonteita koivunmantokuoriaisen syömäjalkien läheisyydessä; värivikajuonteita mantokuoriaisen syömäjalkien kohdalla; pystytuun sydänlahoa, lieviä lehtitikaskuoriaisen syömäjalkia ja värivikaa. Valok. H. Kalaja.

*Fig. 8. Insect damage in birch veneers. From top: left side covered with grub holes of *Trypodendron signatum* and resultant stain, and to the right stripes of stain in the vicinity of grub holes of *Scolytus ratzeburgi*; stripes of stain in the vicinity of grub holes of *Scolytus ratzeburgi*; heart rot of standing tree, and mild damage by *Trypodendron signatum* and resultant stain. Photo: H. Kalaja.*



Kuva 9. Pölkyn päästä alkanutta värivikaa viilussa. Ylhäältä: tuore raaka-aine; lievää värivikaa oikeassa päässä yhden varastointikesän jälkeen; kohtalaista värivikaa vasemmassa päässä kahden varastointikesän jälkeen ja lievää värivikaa oikeassa päässä yhden varastointikesän jälkeen; vakavaa värivikaa kahden varastointikesän jälkeen vasemmassa päässä ja yhden varastointikesän jälkeen oikeassa päässä. Valok. H. Kalaja.

Fig. 9. Stain in birch veneer started from bolt ends. From top: fresh timber; mild stain after one-summer storage to the right; moderate stain after two-summer storage to the left, and mild stain after one-summer storage to the right; severe stain after two-summer storage to the left, and one-summer storage to the right. Photo: H. Kalaja.

tiokkuuden ja lenkouden takia pyöristämään ennen varsinaista sorvausvaihetta. Huonomuotoisista pölkkyistä saatiin vain niukasti värivikaisia viiluja:

Sorvipölkyn lenkous, cm	Värivikaisia viiluja Kpl / iskeytymän saanut pölkky
< 1	0,25
1–3	0,06
> 3	0,01

Varsinkin hyvälaatuiset tyvipölkkyt ovat tavallisesti varsin kartiokkaita (Meriluoto 1965, Heiskanen 1966, Kärkkäinen 1978, Juvonen & Kariniemi 1984). Kun mantokuoriaisen vioitukset keskittyvät nimenomaan tyvipölkkyihin (luku 2.1), vioitusten kokonaismerkitys on viilun valmistuksessa hyvin vähäinen.

Myöskään niissä mantokuoriaisen voittamisessa pölkkyissä, joista kuori oli revennyt irti metsävarastoinnin aikana, ei väririka ulottunut ensimmäisiin viilukerroksiin syvemmälle. Ilmeisesti kuoren repeäminen oli tapahtunut varastoinnin myöhäisessä vaiheessa, mahdollisesti tikkojen aiheuttamana talvella. Väri- ja lahovian on myös todettu leviävän hitaammin pölkyn säteensuunnassa kuin sen pituussuunnassa (Hakkila ym. 1970, Pekkala & Uusvaara 1980).

Lehtitikaskuoriaisen vioitukset aiheuttivat pahoja mekaanisia vikoja ja värikoja kaikkiin iskeytymän saaneisiin raudus- ja hieskoivupölkkyihin. Syömäjäljet olivat pölkkyissä säteensuuntaisia: emokäytävät sijaitsivat muuten säännöllisen kohtisuorasti lustoja vastaan paitsi 0,5–1,5 cm:n toukkaonteloiden kohdalla viistosti (Saalas 1949). Kun emokäytäviä oli epäsäännöllisesti koko pölkyn pituudella ja ne ulottuivat lähes pölkyn ytimeen, niiden aiheuttama mekaaninen vioitus näkyi lähes kaikissa iskeytymän saaneesta pölkystä sorvatuissa viiluarkeissa (taulukko 10). Kaikkien syömäjälkien kohdalla oli lisäksi ruskeaa tai tummansinistä väririkaa (kuva 8). Tikaskuoriaisen vioituksia oli syntynyt jo ensimmäisen varastointikesän aikana (luku 3.1.1), mutta niiden vaikutusalueen laajuutta ei voitu selvittää. Lehtitikaskuoriaisen käytävät kehittyvät täyteen mittaan iskeytymäkesän aikana. Toisaalta ensimmäisen varastointikesän iskeytymät ovat voineet epäonnistua ja jäädä mataliksi.

Muita kuin hyönteisten aiheuttamia väri- ja lahovikoja esiintyi ennenkaikkea viiluarkkien päissä ja vika ulottui joissakin tapauksissa yli koko arkin (kuva 9). Yhden kesän metsävarastoinnissa tämäntyyppistä, pölkyn päistä liikkeelle lähtenyt vikaa oli syntynyt niin paljon, että

sitä oli normaalin tasausvaran mukaisen vanerin reunasahaamisen jälkeenkin 40 prosentissa viiluarkeista. Kahden kesän metsävarastoinnin jälkeen vikaa oli jo kaikissa viiluarkeissa.

Viilujen väriat olivat tässä tutkimuksessa runsampia kuin Michelsenin (1968) ja Hakkilan ym. (1970) tutkimuksissa, joissa väririkaisten viilujen osuudet olivat yhden kesän varastoinnin ja kuljetuksen jälkeen maakuljetuspuulla 22 ja 7 % ja uittopuulla 30 ja 4 %. Erot johtuivat siitä, että tässä tutkimuksessa puutavara varastoitiin poikkeuksellisesti pölkkyinä, jolloin jokaisen sorvipölkyn pää oli alttiina väririkaantumiselle ja lahoamiselle. Väririkaisten viilujen osuus ei kuitenkaan ollut poikkeuksellisen korkea. Jalavan (1938) tutkimuksissa, joissa sorvattiin nykyistä huomattavasti järeämpiä, rasiinkaadettuja ja uittettuja koivutukkeja kaatoa seuranneena kesänä, oli 43–98 % viiluista värivikaisia. Aaltion (1987) koivutukkien yhden kesän tehdasvarastointitutkimuksessa syntyi laho- ja värikoja maa-, kas- telu- ja vesivarastoinnissa 80, 51 ja 45 prosenttiin vanerin pintaviiluista.

Pölkyn päistä alkanut väririka ulottui rauduskoivuviiluissa vähän pidemmälle kuin hieskoivuviiluissa (taulukko 11). Ero oli pienempi kuin mitä pölkkyjen värikoja koskeneiden tulosten perusteella olisi voinut olettaa (taulukko 8). Tulos johtui ainakin osaksi hieskoivupölkkyjen rauduskoivupölkkyjä pahemmasta lenkoudesta (taulukko 2). Lenkouden seurauksena hieskoivupölkkyillä joutui pintapuusta paksampi kerros pyöritysjätteen joukkoon kuin rauduskoivupölkkyillä. Pölkyn pyörityksestä huolimatta väririka ulottui molemmilla koivulajeilla pintaosasta sorvatussa, normaalisti hyvälaatuisimmassa viilussa pidemmälle kuin sisäosasta sorvatussa, normaalisti huonolaatuisimmassa viilussa (taulukko 11).

Pintaosasta sorvatussa viilussa oli myös *yksittäisiä värivikaisia laikkuja*, jotka olivat syntyneet jostakin työvälineestä, esim. nostokoukusta tms. pölkyn teon yhteydessä. Nämä viat eivät siis johtuneet varsinaisesti metsävarastoinnista.

3.2.2 Viilun saantotappiot

Metsävarastoinnista voi aiheutua viilun saantotappioita seuraavista syistä:

1. Pyörityshävikki kasvaa pölkyn pintaosan lahoamisen vuoksi:
 - Koivunmantokuoriaisen syömäjälkien ympäristö
 - Kuoren vaurio- ja/tai repeilykohdat
 - Pölkyn päistä alkanut laho

Taulukko 11. Pölkyn päistä alkaneen värivian suurin ulottuma kahdessa ensimmäisessä pölkyn pintaosasta sorvatussa ja muissa viiluarkeissa yhden ja kahden kesän metsävarastoinnin jälkeen eri tutkimuspaikkakunnilla koivulajeittain.

Table 11. The longest extent of stain started from the bolt ends in the two first and the other veneers after one-summer and two-summer storage in the forest in the different localities of the study by birch species.

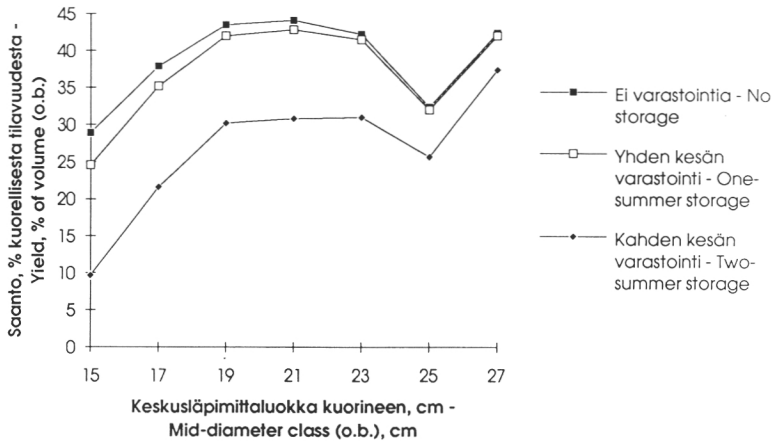
Paikkakunta Locality	Kaksi ensimmäistä viiluarkkia First two veneers			Muut viiluarkit Other veneers		
	n	Yksi kesä One summer	Kaksi kesää Two summers	n	Yksi kesä One summer	Kaksi kesää Two summers
	Suurin ulottuma, mm Longest extent, mm			Suurin ulottuma, mm Longest extent, mm		
Rauduskoivu – Silver birch						
Lapinjärvi	50	22	392	123	6	320
Tuusula	84	19	511	210	5	242
Padasjoki	108	15	241	332	5	161
Yhteensä – Total	242	18	366	665	5	216
Hieskoivu – Pubescent birch						
Lapinjärvi	48	20	440	98	4	254
Tuusula	68	18	482	143	5	242
Padasjoki	94	15	232	242	5	150
Yhteensä – Total	210	17	360	483	5	198
Yhteensä – Total						
Lapinjärvi	98	21	450	302	5	265
Tuusula	150	18	492	319	5	242
Padasjoki	204	15	235	527	5	155
Yhteensä – Total	452	17	363	1148	5	208

- Purilashävikki kasvaa pölkyn läpi ulottuvan lahon vuoksi
 - Pöllirikko: pölkky irtoaa liian aikaisin sorvin kaarojen välistä
- Viilun leikkaushävikki kasvaa tai koko viilumatto joudutaan hylkäämään pölkyn pitkälle edenneen lahoamisen tai pää- ym. halkeamien vuoksi
 - Viilun ulkonäkölaatu ei täytä vähimmäisvaatimuksia
 - Viilu ei ole riittävän lujaa ja muovattavaa pysyäkseen koossa sen jälkeen, kun se on oikaistu sylinterimäisen pölkyn kehältä tasomaiseksi viilumatoksi
- Vanerin reunasahaushävikki kasvaa pölkyn päästä alkaneen lahoamisen tai päänhalkeamien vuoksi
 - Voi sisältyä reunasahausvara (yleensä 2,5 cm)
 - Viiluarkin päätä joudutaan jyrsimään (yleensä enintään 30 cm)

Vasta kahden vuoden metsävarastointi aiheutti huomattavia viilun saantotappioita. Käyttökelpoisen, kuivan viilun saanto aleni 1,5 % yhden

kesän ja 12 % kahden kesän metsävarastoinnin seurauksena (taulukko 12). Viilun saantotappiot johtuivat pölkyn päistä alkaneesta lahosta ja pölkyn päiden halkeamista. Saantotappiot pienenevät siten pölkkyjen järeytyessä (kuva 10). Hyönteisten aiheuttamat mekaaniset ja väriviat olivat niin lieviä, että ne eivät yksinään esiintyessään olisi alentaneet lainkaan viilun saantoa. Koska metsävarastointi tapahtui lyhyinä pölkkyinä ja viilun saantotappioita aiheuttaneet viat saivat alkunsa pölkkyjen päistä, saantotappiot olivat todennäköisesti suuremmat kuin varastoitessa vaneripuuta normaalilla tavalla tukkeina.

Metsävarastointi johti erityisesti leikkaus- ja reunasahaushävikkien kohoamiseen (taulukko 12). Leikkaushävikin kasvaminen saattoi johtua paitsi pölkyn päistä alkunsa saaneista vioista myös puuaineen huonosta muovattavuudesta ja siitä aiheutuneesta viilun halkeilemisesta sorvauksessa. Puuaineen muovattavuutta viilun sorvauksessa voidaan kuvata puun syitä vastaan kohtisuoralla kimmokertoimella: mitä pienempi kimmo-



Kuva 10. Koivupölkkyjen metsävarastoinnin vaikutus kuivan, käytökelpoisen viulun saantoon pölkyn keskusläpimittaluokittain.

Fig. 10. Effect of storage of birch bolts in the forest on the yield of dry, usable rotary-cut veneer by mid-diameter class.

kerroin on sitä parempi on muovattavuus (Söyri- lä 1991). Kun kimmokerroin pienenee puuaineen kosteuden ja lämpötilan kohotessa, voitaisiin pitkäaikaisesta varastoinnista aiheutuneen pölkkyjen kuivumisen ja lämmönjohtavuuden alenemisen olettaa johtaneen heikentyneeseen muovattavuuteen (Baldwin 1981). Tämä ei kuitenkaan liene ollut kovin todennäköistä pölkkyinä haudonnan sekä kohtuullisen haudonta-ajan ja -lämpötilan ansiosta (luku 2.2). Myös pölkyn pyörityshävikki kasvoi prosenttilukuina esitetynä selvästi. Käytännössä kasvu vastasi kuitenkin vain 2–3 mm paksua kerrosta pölkkyssä.

Kuten pölkkyjen koko- ja muotoerojen perusteella (taulukko 2) saattoi olettaa, viulun saanto oli rauduskoivupölkkyistä parempi kuin hieskoivupölkkyistä, kun metsävarastoinnista aiheutuneiden vikojen vaikutusta ei otettu huomioon (kuva 11). Verkasalo (1987, 1990) on aikaisemmin saanut samansuuntaisia tuloksia.

Kahden kesän varastoinnin jälkeen viulun saanto ei juuri eronnut raudus- ja hieskoivupölkkyjen välillä. Tämä johtui pölkyn päistä alkaneiden vikojen hieman suuremmasta ulottumasta rauduskoivupölkkyissä, minkä vuoksi pyöritys-, leikkaus- ja reunasahaushävikit kasvoivat ensin mainituilla suhteellisesti enemmän.

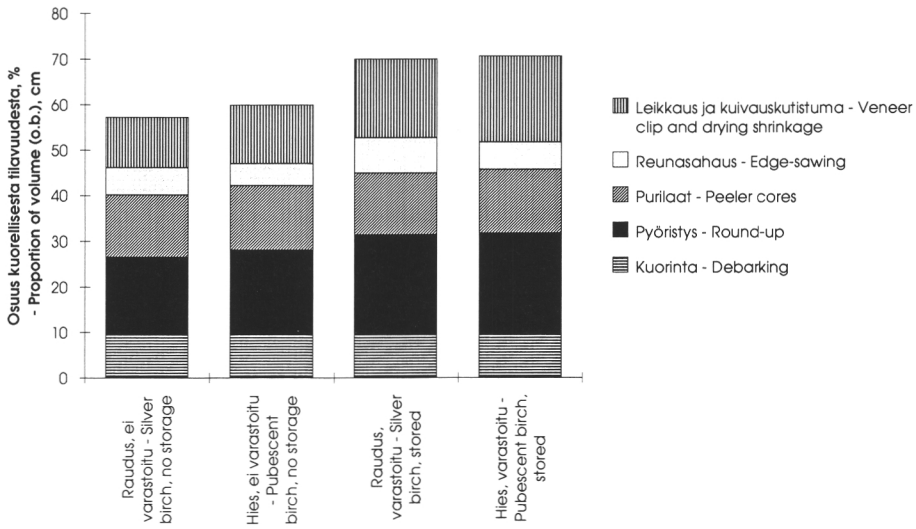
Kun varastoinnin aiheuttamaa viulun saantotappiota ei oteta huomioon, saantotaso oli tässä tutkimuksessa huomattavasti normaalia korkeampi (vrt. Heiskanen 1966, Heiskanen & Saikku 1976, Kärkkäinen 1978, Juvonen & Kariniemi

1984, Verkasalo 1990). Koska pölkyn keskitys sorville oli epätarkkaa (luku 2.2), olisi viulusaannon voinut olettaa muodostuvan tavallista alhaisemmaksi. Korkea saanto johtui ilmeisesti pölkkyjen lyhydestä (luku 2.2), minkä vuoksi pölkkyt olivat normaalia suurempia ja pyörityshävikki oli normaalia pienempi. Oli myös mahdollista, että pölkkyissä oli normaalia vähemmän kuorta niiden toistuvan käsittelyn ja mantokuoriaisen vioitusten vuoksi, minkä seurauksena saantolaskelmien perusteena ollut pölkkyjen kuorellinen tilavuus oli mahdollisesti ollut normaalia pienempi. Tämä selittäisi myös normaalia pienemmän kuorintahävikin ja normaalia suuremman purilashävikin. Pölkkyjen lyhyden vuoksi viiluarakit olivat normaalia kapeampia, joten viulun reunasahaushävikin olisi odottanut olleen havaittua suuremman.

3.2.3 Viulun laatutappiot

Metsävarastoinnista voi aiheutua viulun laatutappiota seuraavista syistä:

1. Viilussa on normaalia enemmän ulkonäkölaatu- luokkaa alentavia väri- ja -juovia, avo- ja hiushalkeamia sekä pinnan karheutta ja rikkosyisyyttä.
2. Viilumatosta joudutaan leikkaamaan kokonaisten arkien sijasta jatkamis- ja saumauskappaleita (pääraakit ja jontit), jolloin niistä koottavaan täysimittaiseen

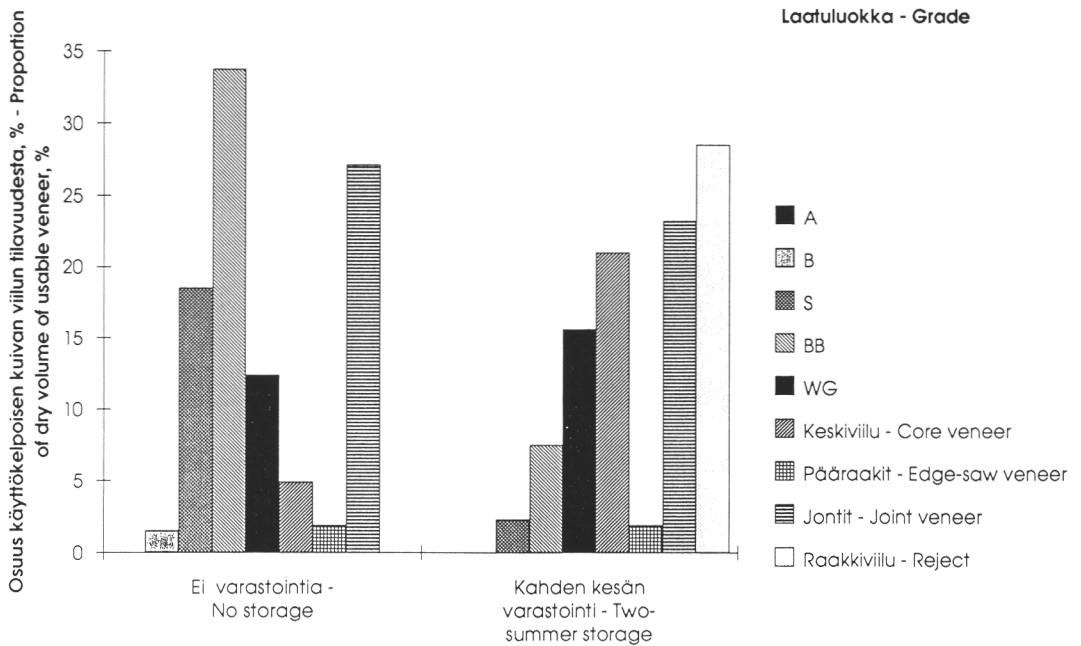


Kuva 11. Kahden kesän metsävarastoinnin vaikutus raudus- ja hieskoivupölkkyjen sorvaushävikkeihin.
 Fig. 11. Effect of two-summer storage of silver and pubescent birch bolts in the forest on the wood losses in rotary-cutting.

Taulukko 12. Yhden ja kahden kesän metsävarastoinnin vaikutus raaka-ainehävikkeihin ja viilun saantoon lähtien pölkkyjen kuorellisesta kokonaistilavuudesta.

Table 12. Effect of one-summer and two-summer storage in the forest on the wood losses in the different phases of veneer manufacture, and on veneer yield based on total volume of bolts over bark.

Hävikkilaji Type of loss	Ei varastointia No storage	Yhden kesän varastointi One-summer storage	Kahden kesän varastointi Two-summer storage
Osuus pölkkyjen kuorellisesta kokonaistilavuudesta, % Proportion of the total volume of bolts over bark, %			
Pölkkyjen kuorinta Bolt debarking	9,7	9,7	9,7
Pölkkyjen pyöristys Bolt round-up	17,6	17,6	21,8
Purilaat Peeler cores	13,7	13,7	13,7
Viilun leikkaus ja kuivauskutistuma Veneer clip and drying shrinkage	12,0	13,4	18,3
Vanerin reunasahaus Edge-sawing of plywood	5,3	5,4	6,7
Yhteensä – Total	58,3	59,8	70,2
Viilun saanto Veneer yield	41,7	40,2	29,8



Kuva 12. Koivupölkkyjen kahden kesän metsävarastoinnin vaikutus viilun laatujaakaumaan.

Fig. 12. Effect of two-summer storage of birch bolts in the forest on the grade distribution of rotary-cut veneer.

arkkiin jää liitoskohtaan ulkonäkölaatuoluokkaa alentavia jälkiä.

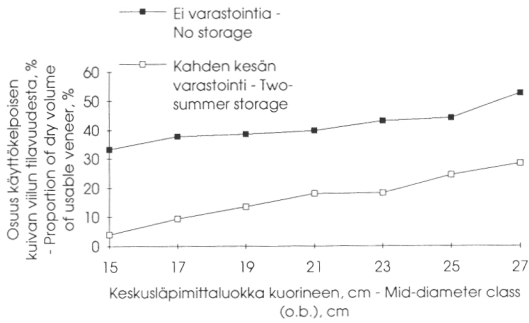
3. Viilun lujuus ei täytä vanerin valmistuksen vähimmäisvaatimuksia.

Tässä tutkimuksessa selviteltiin vain kahden kesän metsävarastoinnista aiheutuneita muutoksia viilun ulkonäkölaatujaakaumassa. Vertailun lähtötasona käytettiin ilman metsävarastointia sorvauksessa saatavan viilun laatujaakaumaa. Tätä määritettäessä oli otettava huomioon sekä metsävarastoinnista aiheutunut viilun saantotappio, jota tässä kutsutaan raakkiviilun osuudeksi, että metsävarastoinnin aiheuttamiksi tunnistetut viat viilussa.

Kohonnutta pölkyn pyörityshävikkiä vastaan viilun laatuoluokkaa arvioitiin pölkkyittäin olettamalla laatuoluokan olevan aina saman kuin ao. pölkystä koersorvauksessa saadun viilun laatuoluokan. Tämä oletus perustui aikaisempiin tutkimustuloksiin (Meriluoto 1965, Heiskanen 1966), joiden mukaan yhdestä pölkystä sorvatun viilun laatu on säännöllisesti sitä parempi mitä lähempää pölkyn pintaa viilu on peräisin. Kun ylimääräinen pyörityshävikki käytännössä vastasi vain ohutta tangentinsuuntaista kerrosta pölkkyssä (luku

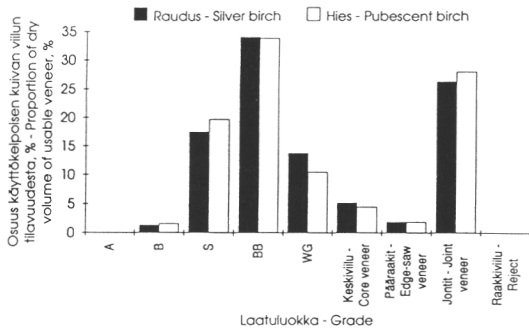
3.2.2), sitä vastaan viilun laatu olisi tuskin ollut parempikaan kuin heti sen alta sorvatun viilun laatu. Kohonnut reunasahaus-, leikkaus- ja kuivauskutistumahävikki vastasi kutakuinkin viilun keskimääräistä laatuoluokkajakaumaa.

Viilun laatuolot olivat huomattavat. Lyhyinä pölkkyinä varastoinnin vuoksi ne olivat todennäköisesti suuremmat kuin vaneripuun normaalissa tukkeina varastoinnissa. Myös pölkkyjen tavanomaista pienempi läpimitta lisäsi todennäköisesti laatuolotappioita. Laatuoluokkien A-S, jotka käsittävät sellaisenaan näkyviin jäävät, lakattavat, sävytettävät, korkealuokkaisella maalauskäsittelyllä käsiteltävät ja ohuiden pintojen pohjana käytettävät pintaviilulaadut, osuus kuivan käyttökelpoisen viilun kokonaistilavuudesta aleni metsävarastovikojen vuoksi 20 prosentista 2 prosenttiin (kuva 12). Tämä oli vakavaa, koska suomalaisilla vaneritehtailla on pulaa nimenomaan hyvälaatuista pintaviilua tuottavasta raaka-aineesta. Pintaviilun osuus aleni suhteellisesti vielä enemmän, 53 prosentista 9 prosenttiin, kun siihen laskettiin mukaan laatuoluokka BB. Tämä käsittää sellaisenaan rakenteissa ja rakenneosissa sekä sisäkäytössä maalauskäsittelyn ja pintojen pohjana käytettävät, yleensä paikatta-



Kuva 13. Koivupölkkyjen kahden kesän metsävarastoinnin vaikutus koivuviulun laatuluokkien A-BB (vas.) ja WG, keskiviilu ja pääraakit (oik.) osuuteen pölkyn keskusläpimittaluokittain.

Fig. 13. Effect of two-summer storage of birch bolts in the forest on the proportion of the veneer grades A to BB (left) and WG, core veneer and edge-saw-veneers (right) by mid-diameter class.



Kuva 14. Tuoreista (vas.) ja kaksi kesää metsävarastoiduista (oik.) pölkkyistä sorvatun raudus- ja hieskoivuviulun laatujakauma.

Fig. 14. Grade distribution of rotary-cut veneer from fresh (left) and two-summer stored (right) silver and pubescent birch bolts.

vat viilulaadut. Vain vanerin takapintoihin, rakenneosiin ja pakkauksiin kelvollisen WG-laatuluokan ja keskiviulun osuus kohosi vastaavasti 17 prosentista 36 prosenttiin.

Varastoimattoman raaka-aineen käyttöön verrattuna käyttökelpoisesta kuivasta viilusta oli metsävarastovikojen vuoksi hylättävä kokonaan 29 %. Tämä viilumäärä vastasi tilavuudeltaan metsävarastoinnista aiheutunutta pyörästys-, leikkaus-, kuivauskutistuma- ja reunasahaushävikin kasvua (vrt. taulukko 12).

Kuten aikaisemmat tutkimukset (Meriluoto 1965, Heiskanen 1966, Heiskanen & Saikku 1976, Verkasalo 1990) ovat osoittaneet, hyvälaatuisten viilujen osuus kasvoi ja huonolaatuisten viilujen osuus vastaavasti pieneni pölkyn läpimitan kasvaessa (kuva 13). Metsävarastoinnin viulun laatuluokkajakaumaa heikentävä vaikutus oli sitä suurempi mitä paksumpi pölkky oli.

Kuten pölkkyjen koko- ja muotoerojen (taulukko 2) perusteella voitiin olettaa, rauduskoivuviulun laatujakauma oli varastoimattomista pölkkyistä sorvattuna hieman parempi kuin hieskoivuviulun laatujakauma (kuva 14). Tulokset olivat samansuuntaisia mutta koivulajien erot olivat pienemmät kuin Verkasalon (1987, 1990) aikaisemmissa tutkimuksissa. Metsävarastointi heikensi enemmän rauduskoivuviulun kuin hieskoivuviulun laatujakaumaa (kuva 14). Tulos oli ymmärrettävä pölkyn päistä alkaneiden väri- ja lahovikojen ulottumassa havaittujen erojen perusteella (taulukko 8).

Pölkkyjen ja viilujen hyönteis-, väri- ja lahovikoja koskeneiden tulosten perusteella voitiin päätellä, että viulun laatuluokan aleneminen metsävarastoinnissa johtui sekä pölkyn päistä alkaneista laho- ja värvioista että lehtitikkasuuriaisen voituksista. Kun kummankaan vikatyyppin ei

havaittu esiintyneen erityisen vakavana ensimmäisen varastointikesän jälkeen, viulun laatuluokan alenemisenkaan ei voitu olettaa olleen kovin yleistä tänä aikana.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on selvitelty vain korkeintaan yhden vuoden varastoinnin vaikutuksia koivuviulun laatuun. Viulun laatuluokan aleneminen on ollut niissä huomattavasti harvinaisempaa kuin tässä tutkimuksessa. Hakkila ym. (1970) havaitsivat rasikuivatetuista ja metsävarastoiduista koivutukeista saadun viulun laatuluokan alentuneen vain alle 1 prosentissa arkeista, kun kesäaikainen varastointi ja kuljetus kesti 2–4 kk. Aaltio (1987) sai varastointiajaltaan em. tutkimusta vastanneessa tehdasvarastointitutkimuksessaan hyvin samanlaisia tuloksia: laatuluokkien A–BB osuus aleni varastoinnin seurauksena vain vähän.

3.2.4 Viulun arvotappiot

Metsävarastointi vaikuttaa koivuvaneriipuusta saatavien tuotteiden arvoon pienentämällä viulun saantoa ja laatua sekä vastaavasti lisäämällä hakkeen saantoa. Koska viulu on moninkertaisesti arvokkaampaa kuin hake, tuotteiden kokonaisarvo pienenee.

Koivupuutavaran kahden kesän metsävarastointi alensi vanerin valmistukseen kelvollisen kuivan viulun, sellutehtaalle myytävän hakkeen ja vaneritehtaan energian tuotannossa käytettävän kuoren yhteisarvoa 41 % varastoimattomaan puutavaraan verrattuna (taulukko 13). Viulun tuotannon ratkaiseva merkitys näkyi selvästi, sillä

hakkeen arvon lisääntyminen 24 prosentilla korvasi vain vähän viulun arvon alenemista 46 prosentilla. Varastoinnin seurauksena pintaviulukelpoisten laatuluokkien (A–BB) osuus viulun kokonaisarvosta pieneni 59 prosentista 19 prosenttiin ja näitä huonompien laatujuen osuus vastaavasti kasvoi (taulukko 14).

Tuotteiden arvo aleni keskimäärin 453 mk/m³ pölkkyjen kuorellista tilavuusyksikköä kohti (taulukko 15). Koska laskennassa ei otettu huomioon viulun ja hakkeen valmistuskustannuksia, suoria johtopäätöksiä varastoidun puutavaran puustamaksukyvyistä ei voida tehdä. Ero varastoimattoman ja varastoidun puun välillä oli koivutukin hintaan (244 mk/m³ v. 1991 (Aarne 1992)) suhteutettuna kuitenkin niin suuri, että kahden kesän ajan metsävarastoidun puun sorvaus on hyvin todennäköisesti tappiollista.

Kuten jo viulun saantoa ja laatua koskevien tulosten perusteella voitiin päätellä, tämän tutkimuksen tulokset yliarvioivat metsävarastoinnin aiheuttamia taloudellisia menetyksiä varastoitaessa vanerikoivu normaalilla tavalla tukkeina korkeissa pinoissa. Voidaan kuitenkin esittää karkea arvio käytännön toiminnassa tapahtuvista menetyksistä, kun tehdään tiettyjä oletuksia tukin muodosta ja eri osien vikaantumisesta (luku 2.2). Näillä perusteilla vaneritukista saatujen tuotteiden arvon aleneminen pieneni 27 prosentista 12 prosenttiin tukin pituuden kasvaessa 3,1 metristä 6,7 metriin, ja arvon aleneminen tukkipuutometriä kohti vastaavasti 292 markasta 135 markkaan (taulukko 16). Heiskasen & Salmen (1976) koko maan kattaneessa 3500 koivutukin aineistossa keskipituus oli 513 cm. Tällä tukkipituudella tuotteiden arvon aleneminen olisi 16 % ja

Taulukko 13. Viulun, hakkeen ja kuoren arvo ja osuus tuotteiden kokonaisarvosta ilman pölkkyjen metsävarastointia ja kahden kesän metsävarastoinnin jälkeen.

Table 13. Value of veneer, chips and bark and their proportion of the total value of the products without the storage of the bolts and after two-summer storage in the forest.

Tuote – Product	Ei varastointia No storage		Kahden kesän varastointi Two-summer storage		Muutos Change	
	Arvo, mk Value, FIM	Osuus tuotteiden kokonaisarvosta, % Proportion of total value of products, %	Arvo, mk Value, FIM	Osuus tuotteiden kokonaisarvosta, % Proportion of total value of products, %	mk – FIM	%
Viulu – Veneer	6837	93,2	3686	85,7	–3151	–46,1
Hake – Chips	481	6,6	598	13,9	+117	+24,3
Kuori – Bark	19	0,2	19	0,4	0	±0
Yhteensä – Total	7337	100,0	4303	100,0	–3034	–41,6

Taulukko 14. Viilun arvo ja arvojakauma laatuluokittain ilman pölkkyjen metsävarastointia ja kahden kesän metsävarastoinnin jälkeen
 Table 14. Value and value distribution of veneer by grade without the storage of the bolts and after two-summer storage in the forest.

Viilun laatuluokka Veneer grade	Ei varastointia No storage		Kahden kesän varastointi Two-summer storage	
	Arvo, mk Value, FIM	Osuus viilujen arvosta, % Proportion of total value of veneers, %	Arvo, mk Value, FIM	Osuus viilujen arvosta, % Proportion of total value of veneers, %
A	-	-	-	-
B	202	3,0	-	-
S	1492	21,8	186	5,0
BB	2349	34,3	523	14,2
WG	729	10,7	917	25,0
Keskiviilu Core veneer	176	2,6	757	20,5
Pääraakit Edge-saw-veneer	39	0,6	112	3,0
Jontit Joint veneer	1850	27,0	1191	32,3
Yhteensä Total	6837	100,0	3686	100,0
Viilun kokonais- tilavuus, m ³ Total volume of veneers, m ³	2,749		1,965	

Taulukko 15. Viilun, hakkeen ja kuoren arvo pölkyn kuorellista tilavuusyksikköä kohti ilman pölkkyjen metsävarastointia ja kahden kesän metsävarastoinnin jälkeen.

Table 15. Value of veneer, chips and bark per bolt unit volume over bark without the storage and after two-summer storage in the forest.

Tuote Product	Ei varastointia No storage	Kahden kesän metsävarastoinnin jälkeen After two-summer storage in the forest	Muutos Change
	Arvo, mk/m ³ – Value, FIM/m ³		
Viilu – Veneer	917	446	-471
Hake – Chips	73	91	+18
Kuori – Bark	3	3	±0
Yhteensä – Total	993	540	-453

Taulukko 16. Arvio koivutukkien kahden kesän metsävarastoinnin aiheuttamasta tuotteiden ja raaka-aineen arvon alenemisesta tukin pituuden mukaan.

Table 16. Estimated decrease in the value of products and raw material due to two-summer storage in the forest of birch veneer logs, by log length.

Tukin pituus, m Log length, m	Tuotteet Products %	Koivutukit, mk/m ³ Birch veneer logs, FIM/m ³
3,1	26,7	292
4,3	19,3	211
5,5	15,1	165
6,7	12,4	135

raaka-aineen arvon aleneminen vastaavasti 180 mk/m³.

Tukin arvon alenemista saatetaan tässäkin menettelyssä yliarvioida, koska pinossa tukkien päät eivät välttämättä vikaannu yhtä pahasti kuin tämän tutkimuksen kasoissa. Samaan viittasi aineiston sorvipölkkyjen ilmeisesti normaalia parempi muoto – pituus oli vain noin metri – ja

säteensuunnassa pahiten vikaantuvan, lähellä pintaa olevan puun tuleminen täten viulun joukkoon. Toisaalta aineiston sorvipölkkyjen keskipaksuus (taulukko 2) vastasi varsin hyvin käytännön tilannetta (Juvonen & Kariniemi 1984), joten tämän mahdollisen virhetekijän vaikutus oli vähäinen.

4 Johtopäätökset

Pitkittynyt metsävarastointi johtaa vakavaan koivupuutavaran vikaantumiseen vaneriviilua valmistettaessa. Täten varastointiajan minimointi on eräs oleellisia laadunsäilyttämistekijöitä koivuvaneriin hankinnassa. Tämän tutkimuksen tulokset antavat yliarvion metsävarastoinnin aiheuttamista menetyksistä, koska vaneripuuvastointiin pölkkyinä normaalin tukkeina varastointin sijasta ja koepuut olivat järeydeltään enimmäkseen vanerikoivurunkojen alarajoilla. Tulosten perusteella voitiin kuitenkin esittää karkea arvio menetyksistä tukkeina varastoinnissa. Vaikka luotettavia johtopäätöksiä voitiin tehdä vain kahden varastointikesän kokonaisvaikutuksesta, viitteitä saatiin myös yhden kesän varastointijakson vaikutuksista.

Ensimmäisen varastointikesän aikana koivupuutavaran vikaantuminen on vielä varsin lievä. Tuhohyönteisistä tuoreeseen puutavaraan iskeytyvä koivunmantokuoriainen aiheuttaa tänä aikana lievää värivikaa pintapuuhun välittömästi kuoren alle. Pölkyn päistä liikkeelle lähtevää väri- ja lahovikaa esiintyy varsin rajoitetulla alueella, ja puuaineen tiheys alenee lahoamisen seurauksena jonkin verran pölkyn päissä. Näin ollen varastoinnin vaikutus viulun saantoon ja todennäköisesti myös sen laatuun on suhteellisen vähäinen. Puutavaran suojaus mantokuoriaisen tuhoilta ei myöskään ole yleensä perusteltua.

Varsinaiset raaka-ainetappiot syntyvät toisen ja sitä seuraavien varastointikesien aikana. Tänä aikana väri- ja lahoviat etenevät niin pitkälle, että ne johtavat huomattavaan viulun saannon ja varsinkin laadun heikkenemiseen. Ne ovat varsinaisen syy raaka-ainetappioihin ylittäen merkityksellään sinänsä runsaat lehtitikkokuoriaisen vioitukset. Näin pitkään varastoidun koivupuutavaran sorvaaminen viiluksi on hyvin todennäköisesti tappiollista.

Satunnaisilla ympäristötekijöillä, kuten läm-

pötilalla, sademäärällä, varastopaikan valoisuudella ja tuuletuksella, näyttää olevan suuri vaikutus koivupuutavaran vikaantumiseen. Rauduskoivutavara näyttää keskimäärin suuremman kuoren osuuden ja järeyden vuoksi olevan jonkin verran alttiimpaa koivunmantokuoriaisen vioituksille kuin hieskoivutavara. Paksu kaarnakuori on sinänsä riskitekijä mantokuoriaisen vioitusten syntymiselle, joten järeät, arvokkaat tyvitukit ovat altteimpia näille tuhoille. Myös lahoaminen ja väri- tai lahovian eteneminen pölkyn päistä näyttää rauduskoivulla olevan nopeampaa kuin hieskoivulla. Syy tähän voisi olla eroissa puuaineen rakenteessa ja/tai kemiallisessa koostumuksessa. Tämä hypoteesi olisi kuitenkin testattava tarkoin lisätutkimuksin.

Koivupuutavaran metsävarastoinnin aiheuttamat tappiot ovat sitä suuremmat mitä parempi puutavaran laatu on tuoreena. Varastoinnin jatkuessa alunperin hyvä- ja huonolaatuisen puutavaran laadut lähestyvät toisiaan. Mikäli pölkkyt ovat optimaalisen suorina, ainakin koivun mantokuoriaisen vioitusten ja pölkyn päistä liikkeelle lähtevien ja lähellä pölkyn pintaa nopeimmin etenevien väri- ja lahovikojen merkitys on suurimmillaan. Tämä johtuu siitä, että ne vioittavat nimenomaan pölkyn pintaosasta saatavaa, hyvälaatuisinta puuainetta. Pölkyn järeytyessä kaikkien metsävarastovikojen vaikutus toisaalta pienenee.

Tukkien lyhetessä varastovikojen merkitys kasvaa olennaisesti; erityisesti alle 4 m:n tukeissa suuri osa puuainesta on vaarallisen lähellä tukin päitä, joista vikaantuminen tavallisesti alkaa. Täten koivutukit on varastovikojen välttämiseksi hankittava mahdollisimman pitkinä.

Tässä tutkimuksessa ei selvitelty suoranaisesti varastointiin oleellisesti kuuluvan puutavaran kuivumisen vaikutuksia viulun valmistukseen. Kuitenkin se aiheuttaa huomattavaa puutavaran pää-

halkeilun lisääntymistä, jolloin viulun päiden laatu heikkenee. Lisäksi kuivuminen ja sen aiheuttamat mikrohalkeamat johtavat puuaineen kimmoisuuden heikkenemiseen, jolloin viilua on normaalia vaikeampaa oikaista ehjäksi tasomaiseksi viilumatoksi. Toisaalta puutavaran kuivuminen varastoinnissa helpottaa sen käsittelyä ja kuljetusta sekä saattaa lyhentää viulun kuivausaikaa ja alentaa kuivauskustannuksia.

Puutavaran haudonta sen lämpötilan ja muovattavuuden kohottamiseksi on keskeisessä asemassa viulun sorvauksessa. Sen ansiosta voidaan pyöreästä puusta sorvata ehjää ja isleää viilumattoa, joka on myös lujuus-, liimaus- ja pinnoitusominaisuuksiltaan optimaalista. Näin ollen metsävarastoitakin koivupuutavara voisi mahdollisesti olla kohtuullisen hyvää raaka-ainetta niihin viilu- ja vanerilaatuihin, joissa ei edellytetä hyvää ulkonäkölaatua, mikäli se haudotaan oikein.

Tämän tutkimuksen ohessa tehdyt laboratoriokokeet (Ahonen 1990) osoittivat, että pitkään varastoidusta koivusta sorvattua viilua voitaisiin heikosta ulkonäkölaadusta huolimatta mutta kohtalaisten lujuusominaisuuksien ansiosta käyttää sekavanerirakenteissa tai puhtaan koivuvanerin keskiviiluna, mikäli pintaviilu on tehty tuoreesta raaka-aineesta. Kulutuskestävyyttä vaativissa kohteissa pinnoitteen pysyminen varastoidusta puusta sorvatun viulun pinnassa on epävarmaa, mutta tämä ratkaisu voisi tulla kysymykseen sisustuskäyttöön tarkoitettun, maalattavan vanerin valmistuksessa. Kun metsävarastoinnista johtuvat väriasiat ja koivun mantokuoriaisen syömäjäljet voivat myös aiheuttaa mitä ilmeikkäimpiä kuvioita puuaineeseen (vrt. visakoivu), saattaisi käyttö jopa koristeviiluna tulla kysymykseen. Haittana voi tällöin olla kuvion epäsäännöllinen esiintyminen.

Kirjallisuus – References

- Aaltio, M. 1987. Koivutukin varastoinnin taloudellinen merkitys vanerin valmistuksessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostusosasto, puun mekaanisen teknologian laboratorio. 62 s.
- Aarne, M. (toim. – ed.) 1992. Metsätalostollinen vuosikirja 1990–91. Yearbook of Forest Statistics 1990–91. SVT Maa- ja metsätalous 1992:3. Folia Forestalia 790. 281 s.
- Ahonen, M. 1990. Koivutukien pitkäaikaisen metsävarastoinnin vaikutus valmiin vanerituotteen lujuusominaisuuksiin. Kotkan metsä- ja puutalousoppilaitos. Insinööriyö. 52 s.
- Aro, P. 1960. Koivuvaneritukien ja sorvipölkkyjen halkeaminen. Referat: Die Rissbildung in Furnierblöcken und Furnierabschnitten. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 52(4). 41 s.
- Baldwin, R.F. 1981. Plywood manufacturing practices. Miller Freeman Publications, Inc., San Francisco. 326 s.
- Callin, G. 1945. Syrfällning och randbarkning av björkolved. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift för år 1945: 135–152.
- Hakkila, P. 1963a. Koivun kuivuminen rasiissa ja niistä tehtyjen pinotavarepölkkyjen vettyminen uitossa. Summary: The seasoning of leaf-felled birches and the waterlogging of cordwood of leaf-felled birches in floating. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 57(3). 32 s.
- 1963b. Rasiin kaadetuista polttohakepuista tehtyjen nippujen uittamismahdollisuuksista. Summary: On the possibilities of floating bundles made of leaf-felled trees intended for fuel chips. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 58(3). 22 s.
- , Heikkilä, P. & Michelsen, P. 1970. Vanerikoivujen rasiinkaatoaika. Summary: Leaf-seasoning in veneer birch logging. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 70(2). 42 s.
- Heiskanen, V. 1959. Halkaistun, aisatun ja kuorellisen koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. Summary: Drying and storage decays of forest-stored split, strip-barked, and unbarked birch cordwood. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 50(7). 58 s.
- 1966. Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustulokseen sekä niiden huomiointamisesta laatuluokituksessa. Summary: Studies on the defects of birch, their influence on the quality and quantity of rotary cut veneer, and their consideration in veneer birch grading. Acta Forestalia Fennica 80(3). 128 s.
- & Saikku, O. 1976. Koivuvaneritukin hinnan muodostuminen. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 120 s.
- & Salmi, J. 1976. Koivutukien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot. Summary: Top form factors and unit volumes of birch logs. Folia Forestalia 287. 46 s.
- Henningsson, B. 1964. Utbyte och kvalitet hos sulfatmassa framställd av rötskadad tall-, gran- och björkved. Summary: Yield and quality of sulphate pulp prepared from decayed pine, spruce, and birch pulpwood. Institutionen för virkeslära, Skogshögskolan, Stockholm, Rapport 48. 18 s.
- 1967. Interactions between micro-organisms found in birch and aspen pulpwood. Studia Forestalia Suecica 53.
- 1970. Utbyte och egenskaper hos sulfatmassa framställd av skogslagrad björk- och aspmassaved. Summary: Yield and properties of sulphate pulp from

- forest stored birch and aspen pulpwood. Institutionen för virkeslära, Skogshögskolan, Stockholm, Rapport 64. 34 s.
- Isotalo, I., Laitinen, J., Penttilä, M. & Hänninen, E. 1983. Massan valkaisu ja valkaisu kemikaalien valmistus. Teoksessa: Virkola, N-E. (toim.). Puumassan valmistus. Suomen Paperi-insinöörien yhdistyksen oppi- ja käsikirja II, osa 1. s. 811–928.
- Jalava, M. 1938. Vanerikoivujen kaato ja uitto. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys, Julkaisu 28. 52 s.
- Juvonen, R. & Kariniemi, J. 1984. Vaneriteollisuus. Mekaaninen metsäteollisuus 1. Ammattikasvatustalutus-Suomen puutalousinsinöörien yhdistys ry., Helsinki. 289 s.
- Kangas, E. 1942. Forstentomologische Studien an einigen Laubhölzern. Annales Entomologi Fenniae 8: 142–163.
- Koivuviulun ulkonäkön perustuvat laatuvaatimukset – Quality requirements for appearance of plywood with outer plies of birch. 1971. SFS-standardi 2413. Suomen Standardisoimislautakunta ja Suomen Vaneriyhdistys r.y., Helsinki. 5 s.
- Koponen, H.R. 1974. Puun teollinen liimaus. Kirjayhtymä, Helsinki. 201 s.
- Kurittu, J. 1990. Pitkäaikaisen metsävarastoinnin vaikutus koivuviulun laatuun ja arvoon. Kotkan metsä- ja puutalousopisto. Insinööritö. 23 s.
- Kärkkäinen, M. 1978. Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta. Abstract: Empirical results on the birch veneer yield. Folia Forestalia 368. 16 s.
- Lekander, B., Bejer-Petersen, B., Kangas, E. & Bakke, A. 1977. The distribution of bark beetles in the Nordic countries. Acta Entomologica Fennica 32. 37 s. + 78 karttaliitettä.
- Lönnberg, B. 1983. Lagring av björk. Scan Forsk Rapport 375. Helsingfors.
- Löyttyniemi, K. 1983. Flight periods of some birch timber insects. Seloste: Koivupuuhyönteisten lentoajoista. Silva Fennica 17(4): 419–422.
- Meriluoto, J. 1965. Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvattun koivuviulun määrään ja laatuun. Summary: The influence of raw material factors on the quantity and quality of rotary cut veneer. Acta Forestalia Fennica 80(1). 105 s.
- Michelsen, P. 1968. Koivun kuljetuksen erityispiirteitä. Puumies 14: 326–327.
- Pekkala, O. & Uusvaara, O. 1980. Kuitupuun metsävarastoinnin vaikutus massan saantoon ja laatuun. Summary: Storage of pulpwood in the forest and its effect on the yield and quality of pulp. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 96(4). 24 s.
- Ropo, M. 1985. Koivun mantokuoriaisen *Scolytus ratzeburgi* Janson (Coleoptera: Scolytidae) elintavoista, merkityksestä ja torjunnasta Helsingin kaupungin alueella. Helsingin yliopisto, maatalous- ja metsäeläintieteen laitos. Moniste. 94 s. + 9 liitt.
- Rummukainen, U. 1947. Über das Auftreten des Laubholzbohrers, *Hylcoetus dermestoides* L. (Col., Ly-mexylonidae), an Birken. Annales Entomologi Fenniae 13: 144–148.
- 1952. Koivun mantokuoriaisen *Scolytus ratzeburgi* Jans. luontumuksesta. Summary: On the inclination of birch sapwood borer *Scolytus ratzeburgi* Jans. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 40(8): 1–14.
- 1954. Über das Auftreten des Grossen Birken-splintkäfers, *Scolytus ratzeburgi* Jans., in den Schneeschadengebietten des Winters 1947–48 in Nord-Karelen. Selostus: Koivun mantokuoriaisen, *Scolytus ratzeburgi* Jans., esiintymisestä talven 1947–48 lumituhoalueilla Pohjois-Karjalassa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 44(3). 41 s.
- Saalas, U. 1949. Suomen metsähyönteiset. Suomen tiedettä 5. Porvoo–Helsinki. 719 s.
- Scheffer, T.C. 1969. Protecting stored logs and pulpwood in North America. Proceedings of IUFRO Division 5 Symposium in England.
- Shigo, A.L. 1965. Organism interactions in decay and discoloration in beech, birch and maple. Holz und Organismen, Internationales Symposium Berlin-Dahlem. Heft 1: 309–324.
- Söyriälä, P. 1991. Kuusivanerin kilpailukyvyyn parantaminen. Tukkiin haudonta. Abstract: Improving the competitiveness of spruce plywood. The pretreatment of logs. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita – Statens Tekniska Forskningscentral, Meddelanden – Technical Research Centre of Finland, Research Notes 1307. 40 s./p. + liitt. 4 s./app. 4 p. Espoo.
- Tamminen, Z. 1979. Rötksador hos 3-meters obarkad lagrad massaved av tall, gran, björk och klöbbar. Summary: Storage losses in unbarked 3 metre pulpwood of pine, spruce, birch and common alder. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära, Rapport 112. 80 s.
- 1985. Utbyte och egenskaper hos sulfatmassa framställd av färsk och lagrad massaved samt den beräknade betalningsförmågan för lagrad obarkad massaved. Summary: Yield and properties of sulphate pulp produced from stored and un-stored pulpwood and the calculated solvency for stored unbarked pulpwood. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära, Rapport 163. 53 s. + liitt. 38 s.
- Verkasalo, E. 1987. Hies- ja rauduskoivutukkiin koersorvausten ennakkotulokset. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 12 s.
- 1990. Tuloksia hies- ja rauduskoivutukkiin koersorvauksesta Metsä-Serla Oy:n Hämeen tehtailla. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 40 s.
- Viitasaari, M. 1984. Sahapistäiset 3. Siricoidea, Orussoidea ja Cephoida. Helsingin yliopisto, maatalous- ja metsäeläintieteen laitos, Julkaisuja 6. 66 s.
- Virolainen, R. 1990. Hies- ja rauduskoivuviulun saanto vanerin sorvauksessa. Kotkan metsä- ja puutalousopisto. Insinööritö. 36 s.
- Voipio, V. & Korpilähti, A. 1988. Puutavaran tienvarsivarastojen ominaisuuksia. Summary: Characteristics of road-side landings of timber. Metsätehon tiedotus 400. 16 s.
- Warsta, O. 1961. Rasiin kaadetun koivun ja lepän kuivumisesta. Pienpuualan toimikunnan tiedotus 43. 36 s. Helsinki.
- Wilhelmsen, G. 1975. Puutavaran käsittely. Pohjoismaiden puuteknologian yhteisprojekti. Folia Forestalia 216. 64 s.

Total of 47 references

Summary

Deterioration of birch timber during prolonged storage in the forest and its effect on the yield, quality and value of rotary-cut veneer

Introduction

Prolonged storage of birch timber results in remarkable losses in the yield, quality and value of the end-product and in increased manufacture cost in veneer and plywood industries. Prolonged storage is typical for small lots of veneer birch – they are on average 5–15 m³ in Finland – whose transport to the mill is often disregarded.

The raw material losses during the storage are due to mechanical and biological degradation of wood by insects, bacteria and fungi, and the physical changes in timber (end checks, uneven and excessively low moisture content). Insects have both direct and indirect effects, the first involving the degradation in wood strength and colour by mother galleries and grub holes, and the second the promotion of fungal and bacterial attacks which cause stain and decay. Staining in itself starts by chemical oxidation, and is gradually accelerated by bacteria and fungi. Stain does not markedly affect the strength, machining or surfacing of wood but does affect the colour. Stain is followed by decay, which results in losses of wood and, finally, in deterioration of wood strength.

The little research on degradation of veneer birch during storage has concentrated to Finland (Jalava 1938, Michelsen 1968, Hakkila et al. 1970, Aaltio 1987). Instead, seasoning and dry matter losses of birch pulpwood have been extensively studied.

Objectives

In 1987, Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Technology (of the time) started a series of field experiments to compare the proclivity of veneer bolts of silver and pubescent birch (*Betula pendula* and *B. pubescens*) to degrade by insects during a one-summer storage in the forest. In the course of the experiments, they were decided to continue over the second summer and to cover stain and decay, stem and bolt factors affecting the deterioration and the losses in veneer yield, grade and value, as well.

Data and methods

Storage trials in the forest

The research material was composed of 453 two-meter long birch bolts. They were cut from 30 pairs of birch trees from five mature birch-dominated stands in Finland, 61 to 67 degrees northern latitude, in the spring of 1988 (Table 1). Each tree pair was composed of a silver and pubescent birch. The bolts were stored in loose, one-layer stacks in the forest, the bolts of each tree in their own stack and the two stacks of each tree pair in the distance of 10 to 20 m from each other. Age at stump height, DBH and height were recorded for each tree, and the thickness of bark at the butt for each bolt. Specimens were cut from the ends of each bolt to control the basic density in the beginning of the experiment.

The storage-related damage were evaluated for each bolt after one-summer and two-summer periods. Ventilation holes of *Scolytus ratzeburgi* and evacuation holes of *Trypodendron signatum* as well as signs of other insects were counted on the bolt surface, and the length of the attacked section was measured. Changes in basic density were studied by specimens from the ends and middle of each bolt. Cutting the specimens for basic density from the middle of a bolt resulted in one-meter bolts for the second summer of storage.

Variance analysis, stepwise and simple linear regression analysis and paired t-tests were performed to statistically analyze the results. On one hand all bolts were studied as a whole, on the other hand silver and pubescent birch bolts from each tree pair were compared.

Experimental rotary-cutting

Two-hundred twenty-six bolts from the three stands in Southern Finland, with a mid-diameter of 14 cm or more and a length of 80 to 100 cm, were rotary-cut in September 1989 (Table 2). Decrease in veneer yield due to one-summer and two-summer storage was studied, whereas decrease in veneer grade and value could be evaluated only after two-summer storage.

The bolts were scaled for volume over bark and bark

percentage (debarking loss), conditioned in 24 deg. C water for 24 hours, and the sections attacked by insects were marked. Bolts were charged manually into the lathe with a setting for 1.545 mm green veneer thickness. At the lathe, the round-up diameter was measured both ignoring and considering the unrecoverable decay in the bolt surface (round-up loss). The diameter of peeler core (loss of peeler cores) was measured, as well. Green veneer was clipped to full-size (93 cm) and joint sheets (more than 15 cm) and their green volume was determined. Veneer was dried with a roll-drier, and the dry volume was measured (veneer clip and drying shrinkage losses). The shortest and longest extent of stain (or decay) was measured from the both ends of each veneer sheet, representing exposure for staining and decaying during one-summer and two-summer storage, respectively.

Each veneer sheet was graded in accordance with the Finnish quality requirements for appearance of plywood with outer plies of birch, both ignoring and considering the damage due to the storage. To determine the wood loss of edge-sawing plywood and the extra cost for handling joint sheets, the quality of ends was recorded for each sheet. The change in the value of veneer and all products was estimated based on the decrease in veneer yield and grade, increase in the yield of by-products (chips for pulping, bark for energy at the mill), and the prices for veneer grades, chips and bark in September 1992. The financial calculations were performed per unit volume of birch timber over bark, as well. Results were converted for full-length, 3.1 to 6.7 m logs assuming that one-meter block from both log ends deteriorates like the bolts in the material, and the middle of the log remains sound and is on average of similar shape and diameter to the bolts in the material.

Results

Storage trials in the forest

Insect damage were rather random in the bolts, which indicated the essential effect of factors related to the local and stand conditions. *Scolytus ratzeburgi* attacked 26 % of the bolts, most of the damage were mild and all damage took place during the first summer of storage, when timber was relatively green (Fig. 1). Due to their bigger diameter and bark thickness, silver birch bolts had more damage than pubescent birch bolts especially after the second summer, and veneer bolts had considerably more damage than pulpwood bolts after the second summer (Tables 3–4, Fig. 2). Almost all attacks by *Trypodendron signatum* took place during the second summer, after which the damage frequency of 50 % was recorded (Fig. 1). No attacks were observed beyond 63 degrees northern latitude.

Dry matter losses were random, as well. Basic density decreased significantly more in the bolt ends than in their middle. The decrease in the bolt ends was 17 kg/m³ after one-summer storage and 23 kg/m³ after two-summer storage (Table 5). These values were abnormally high because of the unconventional stacks. Dry matter losses were higher for silver than pubescent birch bolts (Table 7), and lower for veneer than pulpwood bolts (Table 7, Fig. 5).

Staining can start in wood without the protection by bark only. From the bolt end, the extent of stain, which was always brownish, was the longest underneath the bark and the shortest near the pith. The radial difference was considerably increased after two-summer storage (Fig. 6). After the first summer, the stain usually extended only 2–3 cm, whereas the extent was 45 cm after the second summer (Table 8). Moreover, the extent was significantly longer for silver than pubescent birch bolts.

Experimental rotary-cutting

The damage by *Scolytus ratzeburgi* were insignificant for veneer timber, because the 3–4 mm, brownish-stain-containing grub and mother galleries were constrained to sapwood which is usually removed from the bolt during round-up. *Trypodendron signatum* caused severe mechanical damage and brown or dark blue stain in all attacked bolts: the galleries extended radially almost throughout the bolt and destroyed almost all the veneer sheets. The deterioration already started during the first summer, but the extent could not then be verified.

Stain and decay unattributable to insects occurred in veneer ends, above all (Table 11). Considering the normal edge-sawing of plywood, this kind of stain extended to 40 % of the usable veneer sheets after the first summer and to all sheets after the second summer. Its effect was the worst on the veneer from bolt surface, where the best-quality veneer is regularly obtained. Single stain spots initiated by a cutting tool occurred here as well.

The yield of usable dry veneer decreased 1.5 % and 12 % as a result of one-summer and two-summer storage, respectively (Table 12). The decrease was probably higher than in a conventional storage of birch veneer logs. The decrease was due to the decay and checks in the bolt ends. Accordingly, it was attributable to the increased losses in cutting veneer and edge-sawing plywood. The decrease went down by the increasing bolt diameter (Fig. 12). Insect damage alone would not been able to decrease the yield.

Because of two-summer storage, the proportion of the best veneer grades A–S, which are used for high-quality surface plies, decreased from 20 to 2 %, and that of all surface plies from 53 to 9 % (Fig. 14). The proportion of the worse grades for the back of plywood, construction

plywood, packaging and inner plies increased from 17 to 36 %. Compared with the volume obtained from unstored timber, 29 % of veneer was fully rejected. The effect of storage on veneer grade distribution was increased by increasing bolt diameter (Fig. 15). Accordingly, the effect was more for silver than pubescent birch bolts. The effect was attributable to stain and decay in the bolt ends as well as damage by *Trypodendron signatum*.

Two-summer storage resulted in a decrease of 41 % in the total value of veneer, chips and bark (Table 13). The decisive role of veneer production was demonstrated by the result that the increase in chip value by 24 % compensated little the decrease in veneer value by 46 %. Per unit volume of timber over bark, the value of products decreased 453 FIM/m³ (comp. mean stumpage price of birch timber, 244 FIM/m³ in 1991) (Table 15). For full-length veneer logs, the decrease was calculated as considerably less. The decrease was reduced from 27 to 12 % by the increase in log length from 3.1 to 6.7 m, or from 292 to 135 FIM/m³, as expressed per log unit volume (Table 16). Assuming the average length of 513 cm for birch veneer logs, the decrease would be 16 %, or 180 FIM/m³.

Conclusions

During the first summer of storage in the forest, the deterioration of birch timber is mild. Insignificant stain can be caused by *Scolytus ratzeburgi* for sapwood underneath bark, stain and decay starting from log ends are constrained to their vicinity, and basic density is slightly decreased. Effect on veneer yield and probably on veneer grade is relatively small. Protection from insect damage is not probably justified, either.

After the second summer, stain and decay extend deep in timber resulting in a considerable decrease in veneer yield and especially veneer grade. They are the actual causes for financial losses; the in itself large damage by *Trypodendron signatum* are of minor importance. Rotary-cutting birch timber after such a long storage time is very probably unprofitable.

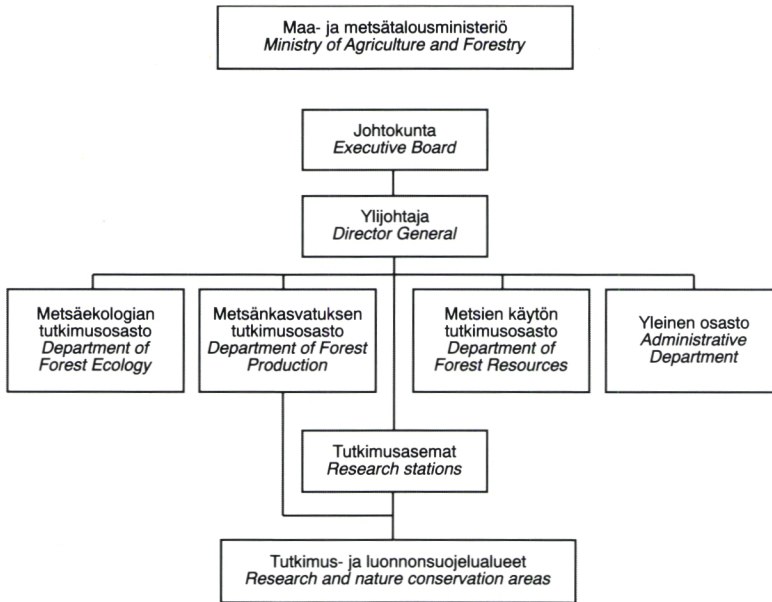
Random ambient factors, such as air temperature, precipitation, lighting and ventilation, seem to be of great importance for the deterioration during the storage in the forest. Because of its thicker bark and larger diameter, silver birch timber seems more susceptible to damage by *Scolytus ratzeburgi* than pubescent birch timber. Decaying and staining from the log ends seem more rapid for silver than pubescent birch, as well.

The better the quality of fresh timber, the bigger the losses due to the storage are. They are the most severe for straight logs and in sapwood near surface, where the best-quality veneer is regularly obtained from. Basically, the more big-dimensioned the timber, the less is the effect of all kind of damage by storage. Moreover, the effects are considerably decreased by increasing log length. Consequently, cutting as long birch veneer logs as possible is an effective means to prevent deterioration during the storage.

Effects of drying during storage were not studied. However, drying of logs increases end checking and thus decreases the quality of veneer ends. In addition, wood drying weakens the elasticity thus making it difficult to straighten rotary-cut veneer to an unbroken, planar sheet. This problem might be overcome with a proper conditioning. On the other hand, drying can make timber handling and transport easier, and decrease time and cost of veneer drying.

Further experiments on the material by Ahonen (1990) showed that, despite its low quality for appearance, birch veneer from timber with a prolonged storage has moderate strength. Thus, it could be used in mixed birch-spruce plywood, or as inner plies in birch plywood, if the surface plies are from fresh timber. Where abrasion strength and hardness is required, a thin coating might not stay on veneer from stored timber. This kind of coating could be possible for painted plywood for interior use. Stain and signs of *Scolytus ratzeburgi* could be considered even decorative figures on veneer.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS — *THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*



Metsäntutkimuslaitos — *The Finnish Forest Research Institute*

Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland

tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308, telex 121298 metla sf

Ylijohtaja — *Director General*

Eljas Pohtila

Hallintojohtaja — *Administrative Director*

Tero Oksa

Tiedotuspäällikkö — *Head of Information*

Marja Ruutu

Metsäekologian tutkimusosasto — *Department of Forest Ecology*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Eero Paavilainen

Metsänkasvatuksen tutkimusosasto — *Department of Forest Production*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Jari Parviainen

Metsien käytön tutkimusosasto — *Department of Forest Resources*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Risto Seppälä

Tutkimusasemat — *Research Stations*

Joensuu

Parkano

Kannus

Punkaharju

Kolari

Rovaniemi

Muhos

Suonenjoki



- No 797 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula Teuvo: Harmaalepän ja rauduskoivun biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö energiapuuviljelmällä. Biomass production and nutrient consumption of *Alnus incana* and *Betula pendula* in energy forestry.
- No 798 Ollonqvist, Pekka & Kajanus, Miika: Metsänomistajan taloudellisten tavoitteiden merkitys metsänuudistamistavan valinnassa. Significance of private forest owners' economic goals in the forest stand regeneration decision.
- No 799 Penttinen, Markku: Tulos- ja kustannuslaskentamallien soveltuvuus yhteismetsätalouteen. Applicability of profit and cost accounting models to jointly-owned forests.
- No 800 Pesonen, Mauno & Hirvelä, Hannu: Liiketaloudelliset harvennusmallit Etelä-Suomessa. Thinning models based on profitability calculations for southern Finland.
- No 801 Mäkinen, Harri & Uusvaara, Olli: Lannoituksen vaikutus männyn oksikuuteen ja puuaineen laatuun. Effect of fertilization on the branchiness and the wood quality of Scots pine.
- 1993
- No 802 Pesonen, Mauno, Jämsä, Jari & Hirvelä, Hannu: Harvennushakkuiden edullisuusvertailu metsälötasolla. Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level.
- No 803 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Ketjukarsinta ensiharvennusmännikön korjuuratkaisuna. Flail delimiting in the first commercial thinning of Scots pine.
- No 804 Saarilahti, Martti: Mikroaaltosondin soveltuvuus hakekuorman käyttöarvon mittaukseen. Measuring of the chip load properties using microwave sounding.
- No 805 Salminen, Olli: Männikön ja kuusikon liiketaloudellinen vajaatuottoisuus. Profitability of growing understocked Scots pine and Norway spruce stands.
- No 806 Verkasalo, Erkki: Koivupuutavaran vikaantuminen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viulun saantoon, laatuun ja arvoon. Deterioration of birch timber during prolonged storage in the forest and its effect on the yield, quality and value of rotary-cut veneer.
- No 807 Rossi, Seppo, Varmola, Martti & Hyppönen, Mikko: Pellonmetsitysten onnistuminen Lapissa. Success of afforestation of old fields in Finnish Lapland.
- No 808 Juntunen, Marja-Liisa & Suomäki, Hanna-Leena: Ikääntyvät metsäkoneyrittäjät ja hakkuun koneellistuminen. Aging forest machine contractors and the mechanization of wood harvesting.