METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSINSTITUTET I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÉRES DE LA FINLANDE

58

HELSINKI 1964

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSINSTITUTET I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÉRES DE LA FINLANDE

58

HELSINKI 1964

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

58

58.1 Tiihonen Paavo, 1964. Pohjanmaan uusjakoalueella suoritetuista puuston arvioimiskokeista. On the forest survey experiments carried out in the land redistribution area of Ostrobothnia 1— 28

58.2 Mäkinen, Veikko O, 1964. Yhtenäinen ja metsälöittäinen arviointi metsäalueen inventointimenetelminä. Summary in English: Uniform survey and survey by holdings as methods of forest inventory ..... 1—129

58.3 Hakkila, Pentti, 1964. Rasiin kaadetuista polttohakepuista tehtyjen nippujen uittamismahdollisuuksista. Summary: On the possibilities of floating bundles made of leaf-felled trees intended for fuel chips ..... 1— 22

58.4 Hakkila, Pentti, 1964. Kesäaikana valmistettujen paperipuitten ja sahatukkien kuivuminen ja varastoviat. The seasoning and the storage of defects of pulpwood and saw logs prepared in the summer ..... 1—108

58.5 Rummukainen, Ukko. Hyönteisten aiheuttamasta tuoreen kuorellisen havupuutavaran pilaantumisesta ja sen kemiallisesta estämisestä. Summary in English: On deterioration of green softwood caused by insects and its chemical control ..... 1— 67

58.6 Appelroth, S.-E., 1964. Määrämittaisten polttohakerankojen mittaamisesta roukku- ja varastopinoissa. Deutsches Referat: Über die Messung von Brennschnitzelstangen bestimmter Länge in Bock- und Lagerstössen ..... 1— 40

POHJANMAAN UUSJAKOALUEELLA SUORITETUISTA PUUSTON ARVIOIMISKOKEISTA

PAAVO TIIHONEN

ON THE FOREST SURVEY EXPERIMENTS CARRIED OUT IN THE LAND REDISTRIBUTION AREA OF OSTROBOTHNIA

HELSINKI 1964

Helsinki 1964. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Julkaisun alkuosassa esitetyt esitutkimukset on suoritettu metsäntutkimuslaitoksessa prof. Yrjö Ilvessalon aloitteesta vuosina 1956—58. V. 1959 liitettiin tutkimussarjaan Pohjanmaan uusjakoalueen pienialaisten metsäpalstojen tarkastelu. Mieluisa velvollisuuteni on esittää työssäni saamastani monipuolisesta tuesta prof. Ilvessalolle kunnioittavat kiitokset.

Tutkimusaineiston käsittelyn ja käsikirjoitusvaiheen osalta osoitan parhaat kiitokseni prof. Kullervo Kuuselalle. Tutkimuksen käsikirjoitusvaiheessa olen edelleen saanut ystävällistä apua metsäntutkimuslaitoksen ylijohtajalta, prof. Erkki K. Kalelalta ja prof. Paavo Arolta. Parhaat kiitokseni.

Tutkimuksen suunnittelu- ja kenttätyövaiheen osalta osoitan lämpimät kiitokseni paitsi metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston henkilökunnalle myös Maanmittaushallitukselle, lääninmaanmittausinsinööri Väinö Aallolle, Kannuksen Uusjakotoimikunnan henkilökunnalle ja Keski-Pohjanmaan metsänhoitolautakunnalle.

Tutkimuksen tilastomatemaattinen tarkastelu on suoritettu metsänhoitaja Sakari Salmisen johdolla. Tutkimukseen liittyvän selosteen käännöstyön englanninkielelle ovat suorittaneet rouva Dianne Kanerva ja fil. maist. Yrjö Sihvo. Esitän kaikille heille parhaat kiitokseni. Osoitan kiitokseni vielä metsäntutkimuslaitokselle, joka on ottanut tutkimukseni julkaisusarjaansa.

Helsingissä, marraskuussa 1963.

Paavo Tiihonen

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5

Esitutkimukset 6
- Koelinjat 6
- Metsikkösaarekkeet 8
- Koealankoko sahapuiden arvioinnissa 9

Varsinaiset koearvioinnit 10
- Tutkimusalueet 10
- Arvioimismenetelmät 11
- Tulosten vertailuperusteet 12

Koearviointien päätulokset 13
- Runkoluku 13
- Kuutiomäärä 16
- Puuston systemaattinen vaihtelu palstalla 18

Tulosten tarkastelua ja päätelmiä 21

Kirjallisuusluettelo 24

Summary 25

Johdanto

Metsätilin valmistaminen ja metsämaiden jyvitys muodostavat maanmittaus- ja metsänarvioimistieteen yhtymäkohdan, joskin käytännön toiminta tapahtuu kutakuinkin kokonaan maanmittauksen puolella. Toiminnan taksatoriset perusteet nojautuvat pääosalta Ilvessalon (mm. 1927, 1929, 1930, 1937 ja 1938) tutkimuksiin.

Vuosien kuluessa tehtävät ovat lisääntyneet ja monipuolistuneet. Työtaakan lisääntyminen on johtanut pyrkimyksiin keskittää, yksinkertaistaa ja helpottaa yksityisiä työvaiheita. Puuttumatta laajemmin työkentän kokonaisuuteen todettakoon esimerkkinä, että metsätilejä varten suoritettu puuston yksinpuin luku on ollut toimintaa rasittava pullonkaula.

Menetelmien kehittämisessä onkin kiinnitetty ehkä eniten huomiota metsätiliä varten tehtävien maastotöiden kehittämiseen. On myös kokeiltu tilastokoneiden käyttöä tulosten laskennassa. Arvioimistavoista on kokeiltu ja sovellettu relaskooppimenetelmää sekä kursseilla että käytännössä. Samoin on kokeiltu ja otettu käyttöön uusia työvälineitä. On tutkittu yksityisiä työvaiheita, mm. mahdollisuutta suurentaa puiden luvussa käytettyä minimiläpimittaa (Tiihonen 1955, 1959). Keskeisimpänä tavoitteena on ollut kustannusten pienentäminen tinkimättä tarpeellisen tarkkuuden vaatimuksesta.

Erilaisten arvioimismenetelmien käyttömahdollisuudet ovat osoittautuneet edellä kuvatussa toiminnassa yhdeksi merkittävimmistä kysymyksistä. Niinpä Vöyrissä syksyllä 1958 pidetyillä metsätilikursseilla (Tiihonen 1958) todettiin, että työmäärä ja kustannukset vähenisivät huomattavasti, jos kapeilla ja pitkillä metsäpalstoilla voitaisiin yksinpuin luvun asemesta käyttää jotain muuta menetelmää.

Käsillä oleva tutkimus esittelee tuloksia kokeista, joissa tutkittiin ympyräkoeala- ja linja-arvioinnin käytön mahdollisuuksia Pohjanmaan uusjakoalueen metsien arvioinnissa. Tarkoituksena oli mm. selvittää, voidaanko varhemmin suoritetuissa tutkimuksissa (mm. Ilvessalo 1920, 1923, 1935; Lappi-Seppälä 1924) saatuja tuloksia soveltaa näissä olosuhteissa. Tutkimuksen valmistelu suoritettiin kevättalvella 1959 ja kenttätyöt saman vuoden kesällä. Valmistelujen yhteydessä päätettiin suorittaa myös eräitä esitutkimuksia ennen varsinaisia koearviointeja.

Esitutkimukset

K o e l i n j a t

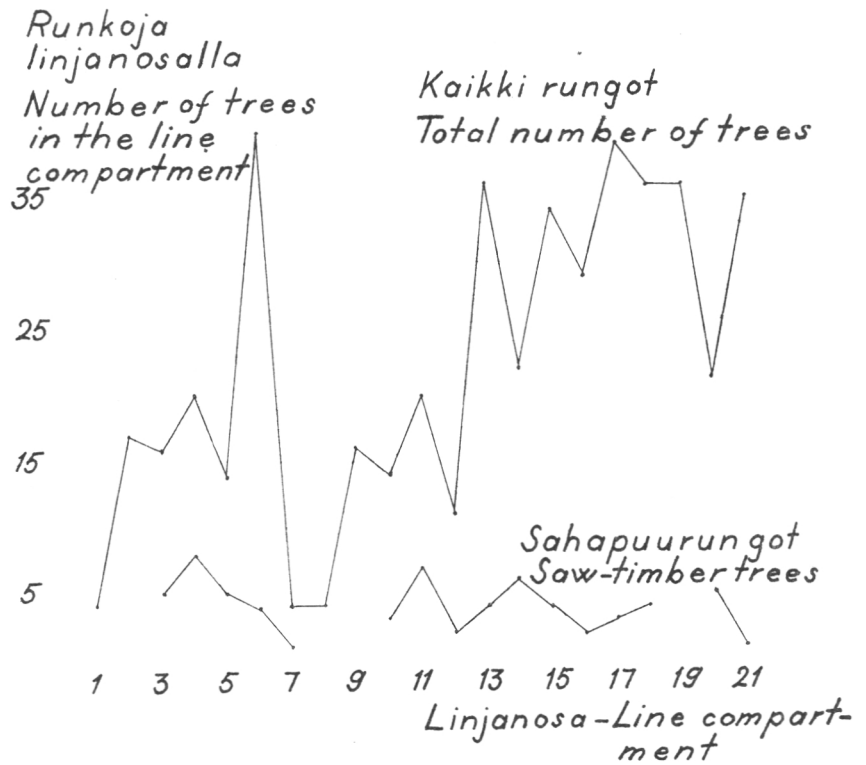
Eniten tarkastelumahdollisuuksia tarjosi Etelä-Suomesta kerätty koelinja-aineisto, joka käsitti puuston mittaustiedot kuudelta, keskimäärin n. 500 m pitkältä, rakenteeltaan hyvin vaihteleviin metsiin sijoitetulta linjalta. Linjojen leveys oli 10 m, ja puut luettiin 10 tai 20 m:n pituisin linjanosin. Käytetty linjaleveys vastaa likimäärin uusjakoalueen kapeimpien palstojen leveyttä. Mittaustietojen perusteella voitiin tutkia mm. runkolukua ja kuutiomääriä (k-m^3 kuorineen) sekä yksityisiltä linjoilta eli »palstoilta» että kaikki kuusi linjaa yhdistäen, jolloin voitiin ajatella muodostetuksi kuusi palstaa käsittävä, noin 3 ha:n suuruinen metsäalue.

Kuvassa 1 esitetyt murtoviivat valaisevat esimerkkinä runkoluvun vaihtelua erään linjan perättäisillä 10 × 20 m:n linjanosilla. Nähdään, että vaihtelu on hyvin voimakasta. Voidaan myös todeta, että jos perättäisten linjanosien runkolukumääriä yhdistettäisiin vaihtelevin välimatkoin, siis käytettäisiin erilaisia arvioimissadanneksia, päädyttäisiin toisistaan suuresti eroaviin tuloksiin.

Suoritetut tarkastelut osoittivat, että pyrittäessä koelinjojen luonnehtimissa olosuhteissa kohtuulliseen tarkkuuteen puuston arvioinnissa, oli syytä soveltaa verraten suurta arvioimissadannesta. Niinpä arvioimissadanneksen ollessa 20 tai 25 yksityiseltä linjalta eli »palstalta» saadun tuloksen tarkkuus oli usein verraten heikko, kuten seuraavan asetelman luvut osoittavat.

Arvioimissadannes *Estimation percentage*	Linja eli »palsta» — *Line or lot* 1	2	3	4	5	6	Yhteensä *Total*
	Ero todellisesta runkoluvusta, % — *Deviation from actual number of trees, per cent*						
20	+15	+10	+15	+19	— 8	—14	+4.7
25	+ 9	+14	— 3	— 2	+12	— 5	+4.2

Kaikki linjat yhdistäen saatuja tuloksia, + 4.7 (20 %:n arviointi) ja + 4.2 % (25 %:n arviointi), voidaan pitää jo kohtuullisen pieninä. Seuraava asetelma osoittaa, millaisia tuloksia saatiin yhdistämällä kaikki linjat ja ryh-



Kuva 1. Runkojen lukumäärä erään koelinjan perättäisillä 10 (leveys) × 20 (pituus) m:n linjanosilla.

Fig. 1. Number of trees on the subsequent 10 (breadth) × 20 (length) m compartments of a survey line.

mittämällä kokonaisrunkoluku kahteen ryhmään, pienpuustoon (d < 18 cm) ja järeään (d = 18 + cm) puustoon. Tässä samoin kuin jäljempänä käytetään rinnankorkeusläpimitasta Metsäntutkimusjärjestöjen kansainvälisen liiton (International . . . . 1959) suosittelemaa merkintää d. Sovelletut arvioimissadannekset olivat, kuten seuraavassakin kokeessa, 50, 33 ⅓, 25 ja 20.

	Arvioimissadannes *Estimation percentage*			
	50	33⅓	25	20
	Ero runkoluvussa, % — *Difference in number of trees, per cent*			
Pienpuusto — *Small timber*	+ 4.0	— 2.4	+ 5.7	+ 6.0
Järeä puusto — *Large timber*	— 4.7	— 9.8	0.0	+ 2.2

Erojen riippuvuus arvioimissadanneksesta ei ole selvä, mikä johtuu pääasiassa sattumasta. Keskimäärin tulokset viittaavat tyydyttäviin arvioimis-

mahdollisuuksiin, samoin kuin myös kokonaiskuutiomäärissä todetut erot, jotka linjat yhdistäen olivat seuraavat.

	Arvioimissadannes *Estimation percentage*			
Ero kuutiomäärässä, %	50	33⅓	25	20
Difference in volume, %	— 1.4	— 0.3	+ 4.0	+ 6.3

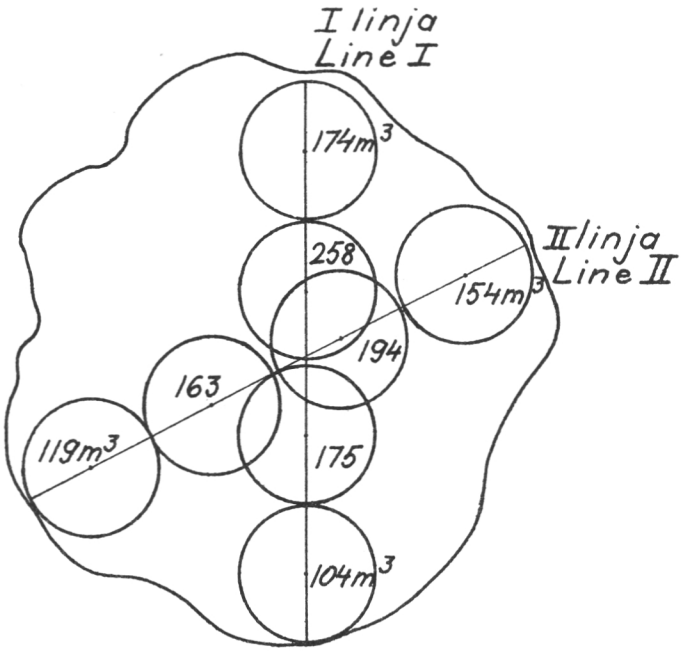
Eroja tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon ne mahdolliset virheet, joita esiintyy pienien puuerien kuutioinnissa (vrt. Ilvessalo 1947). Kaikkien edellä esitettyjen tulosten osalta on toisaalta todettava, että koelinjat ovat leikanneet toisistaan hyvin jyrkästi eroavia pieniä metsikkökuvioita. Edelleen havaittiin, että jo yhden linjan tuloksissa ilmenevä suurehko ero saattoi vaikuttaa kaikki linjat yhdistäen muodostetun alueen tulokseen. Esimerkkinä mainittakoon pienintä arvioimissadannesta (20 %) soveltaen esiintynyt ero, + 6.3 % kokonaiskuutiomäärässä. Runsaat puolet siitä aiheutuu yhdellä ainoalla linjalla sattuneesta puuston ryhmittymisestä.

Pienialaisilla kapeilla palstoilla näyttäisi siis olevan syytä kiinnittää erityistä huomiota metsikkökuvioiden koon ja puuston rakenteen vaihteluun (vrt. Kuusela 1960). Todettu suuri vaihtelu aiheuttaa sen, että mainitunlaisissa olosuhteissa on puuston arvioinnissa käytettävä suuria arvioimissadanneksia.

Metsikkösaarekkeet

Metsikkösaarekkeiden tarkastelua puolsi lähinnä soiden runsas osuus Pohjanmaan maa- ja metsäpinta-alasta (vrt. Ilvessalo 1957). Käytettävissä olivat maan pohjoispuoliskossa v. 1958 mitattujen viiden suosaarekkeen puuston rakennetta valaisevat mittaustiedot, jotka oli saatu seuraavasti. Kunkin saarekkeen poikki kepitettiin ensin kaksi tai kolme linjaa, jotka leikkasivat toisensa likimäärin 90° tai 60° kulmassa. Saarekkeen reunasta alkaen mitattiin linjoilta viiden aarin suuruisia ympyräkoealoja. Linjan viimeisen koealan keskipistettä siirrettiin eräissä tapauksissa hieman linjan sivuun, jotta koeala mahtui kokonaisuudessaan saarekkeelle. Koealoilla luettiin puut ja niistä otettiin n. 30—50 % koepuiksi, jolloin mm. kunkin koealan puusto voitiin kuutioida erikseen.

Kuvassa 2 esitetty piirros havainnollistaa puuston kuutiomäärän vaihtelua esimerkiksi valitulla noin 0.9 ha:n suuruisella metsikkösaarekkeella. Havaitaan, että yhden tai muutaman koealan perusteella saataisiin keskikuutiomäärä hyvin erilaisena. Myös puuston tiheyttä ja valtapituuden vaihtelua koskevat havainnot samoin kuin saarekkeita etsittäessä saadut kokemukset vahvistavat edellä esitettyä päätelmää, että pienialaisilla metsäalueilla ilmenevän voimakkaan puuston vaihtelun vuoksi on syytä soveltaa verraten suuria arvioimissadanneksia.



Kuva 2. Esimerkki kuutiomäärän (m^3/ha kuorineen) vaihtelusta eräällä suosarakkeella.

Fig. 2. An example of the variation in the cubic contents (m^3/ha incl. bark) of a stand surrounded by swamps.

Koealankoko sahapuiden arvioinnissa

Viimeisenä laajamittaisempana esitutkimuksena olivat kahta eri koealankokoa, 5 ja 10 aaria, käyttäen saatujen sahapuiden lukumäärien vertailut. Mittaukset suoritettiin erään metsien arvioinnin yhteydessä Lounais-Suomen itäosissa. Tutkimusalue käsitti viisi 200—400 ha:n suuruista metsäpalstaa, joilla oli suoritettu mm. linjoittainen ympyräkoeala-arviointi, linja- ja koealanväli 200—300 m. Palstat olivat liian suuria Pohjanmaan olosuhteisiin verrattuna, mutta toisaalta maapohjan ja puuston rakenteen osalta oli huomattavassa määrin yhdenmukaisia piirteitä.

Seuraavasta asetelmasta nähdään ensin eri kokoisilla koealoilla mitatut kokonaisrunkoluvut.

Koealankoko *Size of sample plot*, 1/100 ha	Palsta — *Lot* 1	2	3	4	5	Yhteensä *Total*
	Sahapuiden lukumäärä — *Number of saw-timber trees*					
5 aaria	188	288	550	422	356	1 804
10 »	165	261	552	426	353	1 757

Saadut tulokset eroavat palstoilla 1 ja 2 noin 10 %, muilla aivan vähän. Kun palstat yhdistetään, on ero 2.6 %. Seuraavasta asetelmasta nähdään kolmen esimerkin valossa, millaisia eroja ilmeni d-luokittain, jotka tarkastelun yksinkertaistamiseksi on yhdistetty kolmeksi ryhmäksi.

d-luokkaryhmä, cm *Group of dbh-classes, cm*	Koealan koko, aaria — *Size of sample plot, 1/100 ha*					
	5	10	5	10	5	10
	Sahapuiden lukumäärä — *Number of saw-timber trees*					
<25	174	149	390	421	350	352
27—29	12	13	110	92	58	57
31+	2	3	50	39	14	17

Lukumäärien tarkastelu osoittaa, että erot ovat yksityisissä d-luokkaryhmissä yleisesti suhteellisesti suurempia kuin kokonaisrunkoluvun osalta (vrt. ed. asetelma).

Tämän esitutkimuksen tulosten perusteella katsottiin tarpeelliseksi käyttää koearvioinneissa mahdollisuuksien mukaan erilaisia koealankokoja.

Varsinaiset koearvioinnit

Tutkimusalueet

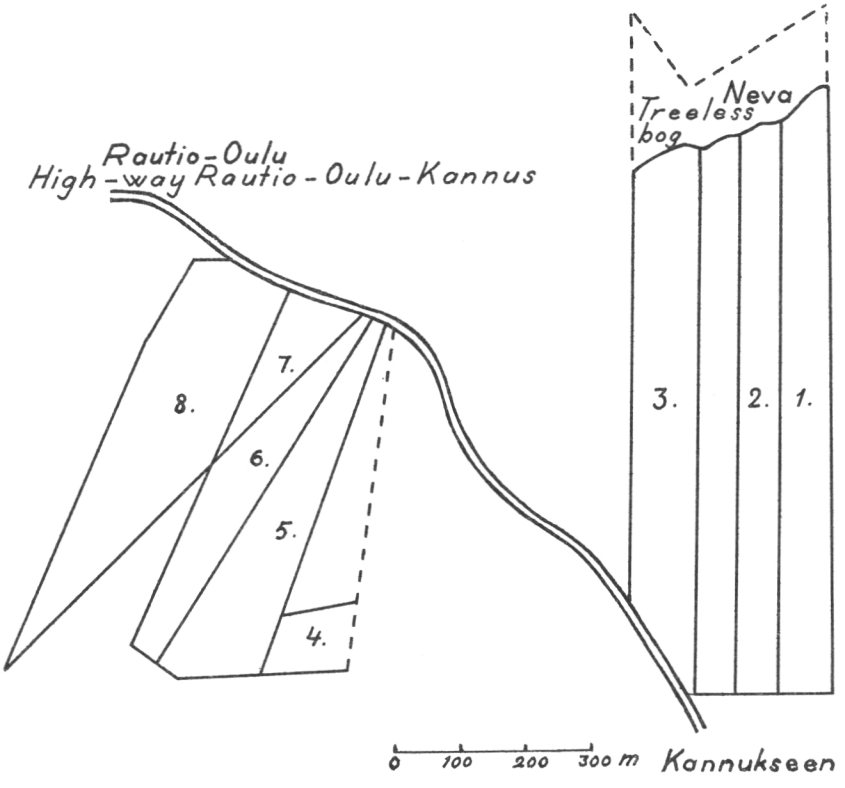
Koearvioinnin kohteet valittiin Keski-Pohjanmaalta Kannuksen uusjakotoimiston alueelta, noin 6—8 km Kannuksen kirkonkylästä pohjoiseen, uusjakotoimiston ammattimiesten paikallistuntemusta hyväksikäyttäen. Kokeita suoritettiin yhteensä kahdeksalla eri nautintapalstalla, jotka saatujen tietojen mukaan olivat sekä maapohjan että puuston määrän ja rakenteen puolesta verraten tyypillisiä esimerkkejä alueen metsistä.

Koearviointien tulosten perusteella voitiin todeta, että puuston määrä oli useimmilla alueilla hieman vähäisempi kuin keskimäärin Keski-Pohjanmaalla. Puuston tiheys vaihteli palstoittain ja palstoilla osittain hyvin suuresti. Pääpuulajina oli yleensä kuusi, mäntyvaltaisuus vaihteli verraten paljon alueittain ja lehtipuita oli kaikilla alueilla yleensä vain yksittäisinä. Metsien metsänhoidollinen tila vaihteli tyydyttävistä metsiköistä täysin pilattuihin. Puuston rakenne oli siis erittäin vaihteleva.

Palstojen pinta-alat olivat seuraavat.

Palsta — *Lot*	1	2	3	4	5	6	7	8
Ala, ha — *Area, ha*	6.6	4.9	6.6	1.1	4.5	3.6	1.5	7.5

Palstoista muodostettiin niiden sijainnin ja koon perusteella kaksi metsäaluetta eli »tilaa». Toiseen luettiin palstat 1—3, jotka kaikki ovat pitkiä ja kapeita. Toiseen alueeseen luettiin muut (4—8) palstat, jotka kuvan 3 mukaisesti eroavat muotonsa puolesta 1—3 palstoista. Kummankin näin muodostetun alueen metsäpinta-ala on noin 18 ha.



Kuva 3. Palstojen sijainti ja muoto — *Fig. 3. Situation and shape of the forest lots.*

Arvioimismenetelmät

Koearvioinneissa käytetyt menetelmät olivat linjoittainen ympyräkoeala-arviointi ja linja-arviointi. Ympyräkoeala-arvioinnit suoritettiin 3 ja 5 sekä osittain 10 aarin koealankokoa käyttäen. Linja-arvioinnissa linjan leveys oli 10 m ja puut luettiin erikseen kultakin perättäiseltä 10 m:n pituiselta linjanosalta. Esitutkimusten perusteella arvioimissadannekset valittiin suuriksi. Seuraava asetelma valaisee kokonaisluvuiksi pyöristettyjä sadanneksia palstoittain. Arvioimismenetelmät ilmaistaan jäljempänä yleensä asetelman mukaisilla järjestysluvuilla.

Arvioimismenetelmä *Estimation method*	Palsta — *Lot* 1	2	3	4	5	6	7	8
	Arvioimissadannes — *Estimation percentage*							
1. Koealankoko 3 aaria— *Size of sample* 0.03 *ha*	6	8	5	14	8	9	8	6
2. Koealankoko 5 aaria— *Size of sample plot* 0.05 *ha*	11	13	8	23	13	15	14	10
3. Linja-arviointi — *Line survey*	9	10	10	22	16	15	15	12
4. Yksinpuin luku — *Individual tree count*								

Kolmella kapealla ja pitkällä palstalla sijoitettiin ympyräkoealat yhdelle palstan pituussuunnassa ajetulle linjalle. Muilla palstoilla oli kaksi palstan pituussuunnassa kulkevaa koealalinjaa. Ympyräkoeala-arviointien jälkeen suoritettiin linja-arviointi. Linjat sijoitettiin nyt kohtisuoraan palstan pituussuuntaan nähden. Kumpaakin menetelmää sovellettaessa rajoituttiin vain yhdessä suunnassa sijoitettuihin linjoihin.

Tulosten vertailuperusteet

Koearvioinneissa saatuja tuloksia verrattiin edellisenä syksynä suoritettujen yksinpuinluvulla saatuihin metsätilien tuloksiin. Näin menetellen saavutettiin huomattava työn säästö. Toisaalta esim. arvioimiskesän kasvu aiheutti epätarkkuutta vertailussa. Edelleen runkojen jakaantumisessa d-luokkiin saattoi olla eroja, jotka aiheutuvat siitä, että yksinpuin luvun olivat suorittaneet eri henkilöt.

Arvioimiskesän kasvun vaikutus koearviointien tuloksiin on hyvin vähäinen, sillä pääosa mittauksista suoritettiin kesäkuussa aivan kasvukauden alussa. Palstoilla ei myöskään ollut suoritettu hakkuita yksinpuin luvun jälkeen. Tarkasteltavat palstat valittiin alueelta, jossa yksinpuin luku oli tiettävästi suoritettu huolellisesti. Koemittausten yhteydessä ei löydetty yhtään lukematta jäänyttä puuta.

Runkolukujen ohella vertaillaan eri menetelmin saatuja kuutiomääriä. Laskelmissa on nojauduttu yksinpuin luvun yhteydessä suoritettuihin d-luokittaisiin pituushavaintoihin. Kaikki havupuurungot kuutioitiin puolipuhtaana paperipuuna ja lehtipuurungot kuorellisena halkona. Näin menetellen vältettiin sahapuuosuuden arvioimisessa mahdolliset subjektiiviset erot. Runkojen latvaosista saatava pienikokoinen ja tutkituilla palstoilla määrällisesti vähäinen halkopuu jätettiin tarkastelun ulkopuolelle.

Koearviointien päätulokset

Runkoluku

Taulukosta 1 nähdään puulajeittain ja palstoittain, millaisiin suhteellisiin eroihin on päädytty verrattaessa eri menetelmillä saatuja kokonaisrunkolukuja yksinpuin luvun vastaaviin runkolukumääriin. Yksittäiset haavat ja lepät on yhdistetty koivun lukuihin. Aineiston kuvaamiseksi esitetään taulukossa 1 samoin kuin jäljempänä taulukossa 2 yksinpuin luvun mukaiset määrälliset runkoluvut.

Tarkasteltaessa tuloksia ensin palstoittain ja puulajeittain havaitaan, että kaikilla kolmella sovelletulla menetelmällä on päädytty todellisiin, yksinpuin lukuun perustuviin runkolukuihin verrattuna sekä + että — suuntaisiin eroihin. Aliarviointi on yleisempää kuin yliarviointi. Etenkin lehtipuiden osalta saatujen suurten erojen perusteella voidaan todeta, että mitä pienemmästä puuston osasta on kysymys, sitä suurempia eroja edustava menetelmä antaa.

Puulajit yhdistämällä osa puulajeittaisista eroista tasoittuu huomattavassa määrin, mutta edelleen ilmenee merkittävää aliarviointia.

Palstat 1—3 ja 4—8 yhdistämällä on päästy osittain tyydyttäviin tuloksiin. Sekä puulajeittain että puulajit yhdistäen linja-arvioinnin tulokset eroavat keskimäärin vähiten yksinpuin luvun perusteella saaduista tuloksista. Eri menetelmillä on päädytty yleensä aliarviointiin, mikä kuitenkin saattaa johtua sattumasta pienessä aineistossa. Kaikki puulajit yhdistäen ero on viidessä tapauksessa kuudesta alle 5 %. Tältä osin tuloksia voidaan pitää tyydyttävinä.

Eri menetelmillä saatujen tuloksien erojen merkitsevyyttä tutkittiin varianssianalyysillä (Griffit ja Ram 1947; Lindley ja Miller 1953). Männyn, lehtipuiden ja kaikkien puulajien tuloksissa ei ilmennyt merkittäviä eroja. Kuusen runkolukumääristä laskelmat osoittivat, että 3 aarin koealankokoa käyttäen saatu tulos erosi merkitsevästi (5 %:n taso) sekä linja-arvioinnin että yksinpuin luvun tuloksesta.

d-luokittaisten tulosten vertailua varten muodostettiin seuraavat d-luokkaryhmät: 4—5, 6—7 ja 8+ tuumaa. Palstoittain ja puulajeittain tarkastellen ilmeni huomattavassa määrin suurehkoja + ja — suuntaisia eroja, joskin osa eroista aiheutui kokonaisrunkolukumäärissä todetuista eroista. Kaikki puulajit yhdistämällä päädytään taulukosta 2 nähtäviin eroihin, joista pääosa on huomattavan suuria. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta järeiden puiden tuloksissa ilmenee merkittävää aliarviointia.

Taulukko 1. Eri arvioimismenetelmillä saatujen ja yksinpuin lukuun perustuvien runkolukumäärien suhteelliset erot sekä yksinpuin luvun mukaiset runkolukumäärät. [1])

Table 1. Proportional differences between the numbers of trees obtained through the different estimation methods and by counting separately every individual tree and the numbers of trees according to the latter. [1])

Palsta *Lot*	Mänty — *Pine*				Kuusi — *Spruce*				Lehtipuut — *Hardwoods*				Yhteensä — *Total*			
	Arvioimismenetelmä [1]) — *Estimation method* [1])															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Ero, % *Difference, %*			Runkoa *Number of trees*	Ero, % *Difference, %*			Runkoa *Number of trees*	Ero, % *Difference, %*			Runkoa *Number of trees*	Ero, % *Difference, %*			Runkoa *Number of trees*
1	+ 8	— 6	+12	552	0	— 4	+ 3	2 285	+ 4	+25	— 2	360	+ 2	— 1	+ 4	3 197
2	— 5	— 7	—15	661	—10	—13	— 3	1 587	—32	—43	—14	93	—10	—12	— 7	2 341
3	+45	+32	+ 8	1 045	—25	— 8	— 6	2 094	—60	—55	—18	148	— 4	+ 2	— 2	3 287
1—3	+21.0	+11.2	+ 2.0	2 258	—11.5	— 7.9	— 1.9	5 966	—17.1	— 5.2	— 7.7	601	— 3.6	— 2.8	— 1.3	8 825
4	— 12	— 50	—48	8	+ 4	+17	— 5	558	+31	+10	+35	71	+ 7	+15	— 1	637
5	—100	—100	+27	33	—18	—12	—11	973	+23	+14	+11	131	+16	—11	— 7	1 137
6	— 34	— 24	+19	562	—22	—16	— 8	1 570	+ 7	— 8	—29	72	—24	—18	— 2	2 204
7	+ 58	+ 49	+22	185	+ 8	+ 3	— 7	191	0	0	+14	36	+30	+24	+ 8	412
8	— 22	— 17	—29	302	— 4	+ 1	+27	1 342	+76	—71	+39	123	— 2	+ 2	+18	1 767
4—8	—16.8	—12.3	+ 6.0	1 090	—11.5	— 5.7	+ 2.0	4 634	+34.9	+24.7	+16.6	433	— 9.2	— 4.7	+ 3.7	6 157

[1]) Kts. menetelmien merkinnät s. 12. — [1]) *Methods 1—4 are explained on p. 12.*

Taulukko 2. Eri arvioimismenetelmillä saatujen ja yksinpuin lukuun perustuvien runkolukumäärien suhteelliset erot sekä yksinpuin luvun mukaiset runkolukumäärät d-luokkaryhmittäin. Kaikki puulajit yhteensä. [1])

Table 2. Proportional differences between the numbers of trees obtained by different estimation methods and by counting separately every individual tree and the numbers of trees according to the latter by dbh-classes. All tree species. [1])

Palsta *Lot*	d-luokkaryhmä, tuumaa — *Group of dbh-classes, inches*											
	4—5				6—7				8 +			
	Arvioimismenetelmä [1]) — *Estimation method* [1])											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Ero, % *Difference, %*			Runkoa *Number of trees*	Ero, % *Difference, %*			Runkoa *Number of trees*	Ero, % *Difference, %*			Runkoa *Number of trees*
1	+ 2	+ 4	+ 6	2 095	— 1	—11	+ 6	790	+ 5	—10	— 12	312
2	0	— 8	— 4	1 518	—32	—21	— 7	612	— 11	—15	— 29	211
3	— 9	0	— 6	2 393	+ 2	+ 5	+21	646	+ 28	+13	— 26	248
1—3	**— 3.0**	**— 1.6**	**— 1.5**	**6 006**	**— 9.5**	**— 8.9**	**+ 6.9**	**2 048**	**+ 7.3**	**— 4.5**	**— 21.6**	**777**
4	+17	+26	— 2	437	—14	— 6	— 6	185	— 53	—40	+ 80	15
5	—14	—11	—10	1 004	—22	—19	+13	129	—100	+75	—100	4
6	—24	—17	0	1 401	—21	—14	+ 3	674	— 40	—50	— 25	129
7	+38	+33	— 2	230	+54	+25	+24	110	— 32	—10	+ 12	72
8	+17	+ 9	+26	1 240	—35	— 8	+14	412	— 85	—30	— 47	115
4—8	**— 2.4**	**— 1.0**	**+ 4.4**	**4 312**	**—18.5**	**— 9.1**	**+ 7.3**	**1 510**	**— 55.2**	**—32.5**	**— 20.6**	**335**

[1]) Kts. menetelmien merkinnät s. 12. — [1]) *Methods 1—4 are explained on p. 12.*

Kuutiomäärä

Palstoittain ja puulajeittain lasketuissa kuutiomäärissä ilmeni runsaasti eroja, jotka olivat yhdenmukaisia vastaavien kokonaisrunkolukumäärien tulosten kanssa. Myös d-luokittain todetuilla eroilla oli vaikutusta. Puulajeittainen tarkastelu rajoitetaan seuraavassa asetelmassa vain yleisimpään puulajiin, kuuseen.

Palsta *Lot*	Arvioimismenetelmä — *Estimation method* 1	2	3	4
	Ero, % *Difference, per cent*			p-m³ *cu.m. piled measure*
1	+ 2	— 4	— 1	207
2	— 15	— 18	— 10	158
3	— 20	— 5	— 4	133
1—3	— 9.4	— 9.0	— 4.6	498
4	— 2	— 10	0	42
5	— 22	— 18	— 14	45
6	— 20	— 15	— 12	138
7	— 20	— 15	— 20	20
8	— 23	+ 1	+ 8	104
4—8	— 19.2	— 7.7	— 5.2	349

Verrattaessa asetelman lukuja vastaaviin kuusen runkolukumäärissä saatuihin eroihin havaitaan, että todettu aliarviointi ilmenee vielä voimakkaampana. Eri arvioimismenetelmillä saatujen tulosten välisten erojen merkitsevyys muodostui seuraavaksi.

Arvioimismenetelmät *Estimation methods*	Merkitsevyys *Significance*
1 ja *and* 2	Ei merkitsevä — *Insignificant*
1 ja *and* 3	Merkitsevä (5 %:n taso) — *Significant (95 % level)*
1 ja *and* 4	Erittäin merkitsevä (1 %:n taso) — *Highly significant (99 % level)*
2 ja *and* 3	Ei merkitsevä — *Insignificant*
2 ja *and* 4	Merkitsevä — *Significant*
3 ja *and* 4	Ei merkitsevä — *Insignificant*

Yksinpuin lukuun verrattuna vain linja-arvioinnissa (3) ero ei ole merkitsevä. Laskelmien perusteella voidaan kuitenkin todeta, että 5 aarin koealankokoa käyttäen saatu tulos on huomattavasti lähempänä linja-arvioinnin ja yksinpuin luvun mukaista tulosta kuin 3 aarin koealankokoa käyttäen saatu tulos. Ympyräkoeala-arviointien tuloksiin on vaikuttanut etenkin 1—3 palstoilla todettu kuusipuuston systemaattinen vaihtelu (kts. s. 19).

Taulukko 3. Eri arvioimismenetelmillä saatujen ja yksinpuin lukuun perustuvien kuutiomäärien suhteelliset erot sekä yksinpuin luvun mukaiset kuutiomäärät. Kaikki puulajit yhteensä. [1])

Table 3. Proportional differences between the cubic quantities obtained by the different estimation methods and by counting separately every individual tree and the cubic amaunts according to the latter. All tree species. [1])

Palsta *Lot*	Arvioimismenetelmä [1]) — *Estimation method* [1])			
	1	2	3	4
	Ero, % *Difference, %*			p-m³ *cu.m. piled*
1	+ 4	— 2	— 5	299
2	—15	—15	—14	228
3	+ 3	+ 2	— 8	265
1—3	**— 1.9**	**— 4.7**	**— 8.2**	**792**
4	— 2	+ 6	+ 6	51
5	—17	—14	— 7	55
6	—23	—18	— 6	205
7	+15	+17	+10	48
8	—24	— 5	+ 1	151
4—8	**—16.9**	**— 8.0**	**— 1.4**	**510**

[1]) Kuten taul. 1 ja 2. — [1]) *As tables 1 and 2.*

Taulukosta 3 nähdään kaikki puulajit yhdistämällä saadut tulokset. Edellä korostettu aliarviointi on hieman lieventynyt, mikä johtuu lähinnä männyn yliarvioinnista 1. ja 2. palstoilla. Kun molemmille palstaryhmille saadut erot yhdistetään, muodostuu seuraavanlainen jakaantuma.

Ero, % — *Difference, %*	< 5	5.1—10	10.1 +
Lukumäärä — *Number*	3	2	1

Kaikkien yksityisten palstojen tulosten osalta varianssianalyysi osoitti, ettei eri menetelmillä saatujen tulosten välillä ollut merkitsevää eroa. Tämä on merkittävää etenkin 3 aarin koealan soveltamismahdollisuuksien kannalta. Viitaten aiemmin (s. 12) esitettyihin arvioimissadanneksiin toistettakoon, että 3 aarin koealankokoa sovellettaessa arvioimissadannes oli noin $\frac{1}{2}$—$\frac{2}{3}$ vastaavasta linja-arvioinnin ja 5 aarin koealankoon mukaisesta sadanneksesta.

Puuston systemaattinen vaihtelu palstalla

Koearviointien tuloksissa ilmennyt voimakas yli- ja etenkin aliarviointi samoin kuin maastossa tehdyt havainnot antoivat aiheen tutkia, oliko puuston rakenteessa systemaattista vaihtelua. Tätä varten suoritettiin ensiksi lisämittauksia 10 aarin koealankokoa käyttäen. Linjaverkosto ja koealojen keskipisteet olivat samat kuin 3 ja 5 aarin koealankokoa sovellettaessa. Seuraavassa asetelmassa esitetään kaksi esimerkkiä saaduista puulajeittaisista kokonaisrunkoluvuista vastaaviin 5 aarin koealoilla saatuihin tuloksiin verraten.

Palsta *Lot*	Koealankoko, aaria *Size of sample plot, 1/100 ha*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Lehtipuut *Hardwoods*
		Runkolukumäärä — *Number of trees*		
6	5	426	1 315	66
	10	435	1 315	49
7	5	276	197	36
	10	241	194	23

Pääpuulajin kuusen osalta on päädytty käytännöllisesti katsoen samoihin tuloksiin. Palstalla 6 esiintyy yhä voimakas aliarviointi (vrt. taulukko 1, s. 14). Männyllä aliarviointi on pienentynyt 6. palstalla aivan vähän, 7. palstalla todettu yliarviointi on sen sijaan pienentynyt runsaat 10 %. Lukumäärältään vähäisille lehtipuille on saatu 10 aarin koealankoolla aiempaa huomattavasti heikompi tulos. Seuraavassa asetelmassa esitetään vielä kaksi esimerkkiä yksinomaan järeän puuston (d = 8 + tuumaa) osalta.

Palsta *Lot*	Koealankoko, aaria *Size of sample plot, 1/100 ha*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*
		Järeiden puiden lukumäärä *Number of large-timber trees*	
1	5	56	225
	10	66	258
3	5	60	120
	10	60	143

Palstalla 1 koealan suurentaminen olisi lisännyt arvioinnin tarkkuutta männyllä, mutta heikentänyt vuorostaan kuusella huomattavassa määrin. Palstalla 3 saavutettaisiin männylle sama tarkkuus, mutta kuusen tarkkuus

suurenisi. Saadut tulokset vaihtelivat siis suuresti, joskin 10 aarin koealankoon käyttö viittaa keskimäärin hieman tarkempiin tuloksiin kuin mitä ovat 3 ja 5 aarin koealankokojen tulokset. Koealankokoa suurentamalla ei kuitenkaan voitu perustellusti määrittää mitään systemaattista vaihtelua palstan keskiosissa, jossa ympyräkoeala-arvioinnin linjat sijaitsivat.

Havaintojen perusteella voitiin todeta, että aivan nautintapalstan rajojen läheisyydessä puuston tiheys oli usein suurempi kuin keskimäärin koko palstalla. Suoritettujen tiedustelujen mukaan mainitunlainen piirre oli aiheutunut lähinnä varovaisuussyistä, koska nautintaraja oli usein vaikeasti havaittavissa. Myös oli haluttu säilyttää merkittyjä rajapuita.

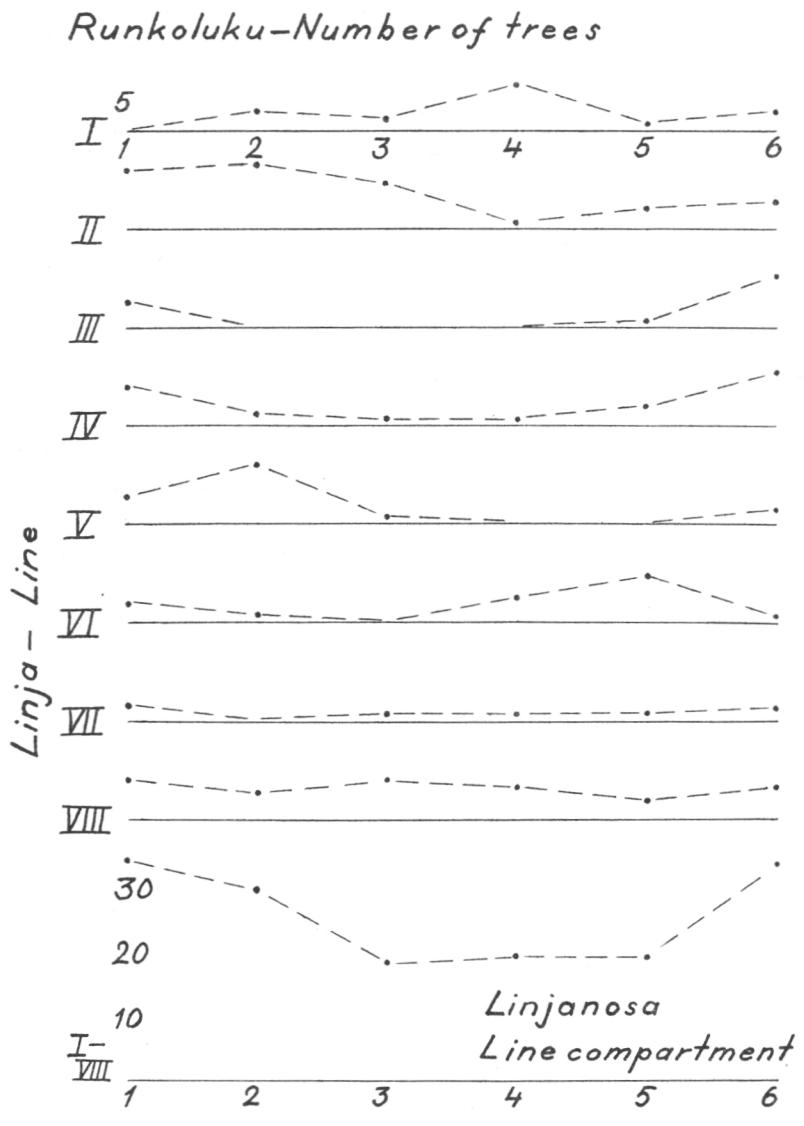
Edellä esitettyä havaintoa tarkistettiin mm. seuraavassa asetelmassa esitetyillä 3. palstan kuusen runkoluvuilla. Ne perustuvat palstan poikittaissuunnassa suoritetun linja-arvioinnin perättäisiltä 10 × 10 m:n linjanosilta luettuihin runkolukumääriin. Linjanosista muodostettiin kolme pinta-alaltaan yhtäsuurta ryhmää, palstan vasen ja oikea reuna sekä palstan keskus. Näin saatujen yhtäsuurien pinta-alojen kuusirunkojen lukumäärät olivat seuraavat.

Palstan — *Lot's*		
vasen reuna *left margin*	keskus *Center of lot*	oikea reuna *right margin*
Kuusirunkojen lukumäärä — *Number of spruce stems*		
74	57	64

Linjoilla on siis ollut palstan reunoilla runsaammin kuusia kuin palstan keskellä. Kuva 4 havainnollistaa vastaavaa esimerkkiä 2. palstalta. Palstan reunoilla on tässäkin tapauksessa ollut kuusia keskimäärin runsaammin kuin palstan keskiosissa. Tämä ilmenee myös kokonaisrunkoluvuissa (vrt. taulukko 1, s. 14).

Linjanosittain suoritettu tarkastelu osoitti systemaattisia eroja myös palstojen keskiosissa, yleisimmin kuitenkin vain männyllä. Taulukon 1 mukaan ovat männyn runkolukumäärät 2. palstalla seuraavat.

Ympyräkoeala-arviointi, koealankoko 3 aaria — *Circular sample plot survey, size of sample plot 0.03 ha*	626	runkoa — *trees*
Ympyräkoeala-arviointi, koealankoko 5 aaria — *Circular sample plot survey, size of sample plot 0.05 ha*	616	» — »
Linja-arviointi — *Line survey*	560	» — »
Yksinpuin luku — *Individual tree count*	661	» — »



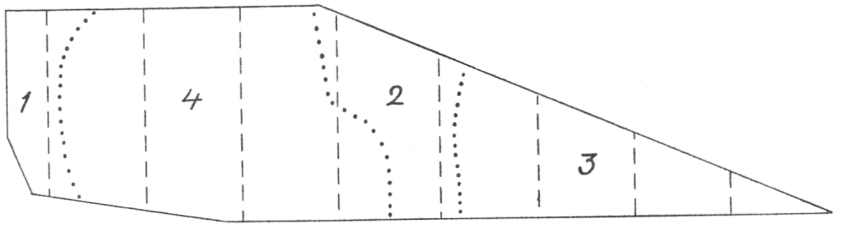
Kuva 4. Kuusirunkojen lukumäärä perättäisillä 10 × 10 m:n linjaosilla linjoittain ja yhteensä. 2. palsta.

Fig. 4. Number of Norway spruce stems on the 10 × 10 m subsequent line compartments by lines and in total. Lot No. 2.

Kaikilla kolmella menetelmällä on päädytty aliarviointiin, mutta linja-arvioinnissa saatu runkolukumäärä on selvästi muita pienempi. Palstan yksityiskohtaisessa tarkastelussa ilmeni, että mäntyjä oli pääasiassa palstan keskiosissa ja siellä edelleen pikku ryhmissä, joista palstan pitkittäissuun-

nassa mitatut ympyräkoealat »tavoittivat» niitä runsaammin kuin poikittaissuuntaiset linjat. Edellä (s. 18) on jo todettu arvioimistulosten tarkkuuden lisääntyminen männyn osalta, kun koealankoko suurennettiin 10 aariin.

Puuston rakenteessa ilmeni myös muunlaista systemaattisuutta. Niinpä esim. maantiestä alkavalla palstalla puuston tiheys oli usein suurin maantien läheisyydessä ja aivan palstan perillä. Toisinaan taas tiheyssuhteet olivat päinvastaiset. Vaihtelu ilmeni siten palstan poikittaissuunnassa kulkevina vyöhykkeinä. Esimerkkinä mainittakoon 8. palsta, jolla linja-arviointi johti selvään kokonaisrunkolukumäärän yliarviointiin (vrt. taulukko 1, s. 14). Syy ilmenee kuvassa 5, joka havainnollistaa puuston tiheyden vaihtelua palstan eri osissa. Palstan poikittaissuunnassa käydyt linjat ovat keskittyneet merkittävässä määrin tiheäpuustoisille alueille.



Kuva 5. Puuston tiheyden vaihtelu (alueiden rajat pisteviivoilla) ja linja-arvioinnin linjat (katkoviivat) 8. palstalla.
Puuston tiheys alueilla 1 ja 2 suurin, alueella 3 välttävä ja alueella 4 heikko.

Fig. 5. Variation in density of the growing stock (borders of the areas in dotted lines) and the lines of the line survey (broken lines) on the 8th lot.
The density of the growing stock highest in areas 1 and 2, satisfactory in area 3 and poor in area 4.

Tulosten tarkastelua ja päätelmiä

Koeala- ja linja-arviointimenetelmien käyttömahdollisuus pienialaisten metsäpalstojen puuston arvioinnissa näyttää suoritetun tutkimuksen valossa riippuvan, kuten tavanomaisissa maatilametsälöiden arvioinneissakin, ratkaisevasti arvioinnin tarkoituksesta ja arvioitavan alueen puuston rakenteesta, etenkin sen tasaisuudesta tai epätasaisuudesta.

Tutkimus vahvistaa käytännössä yleisesti sovellettua sääntöä, että ainakin 5—6 ha pienemmillä metsäpalstoilla on yleensä syytä soveltaa yksinpuin lukua. Mutta kun pyritään vain keski- tai kokonaiskuutiomäärän likimääräisarvioon, erottamatta siis puulaji-, puutavaralaji- yms. osuuksia, voidaan koeala- tai linja-arviointimenetelmää soveltaa mainittua suuruutta pienemmilläkin palstoilla. On kuitenkin syytä käyttää huomattavasti suurempia arvioimissadanneksia kuin tavanomaisissa maatilametsälöiden arvioinneissa, joissa arvioitava ala on yleensä ollut vähintään 20—30 ha. Tutkimuksen

mukaan arvioimissadanneksen tulisi olla alle 6—8 ha:n metsäpalstoilla keskimäärin 10—15, aivan pienillä 1—3 ha:n palstoilla noin 15—20. Kun otetaan huomioon arvioinnin maastotöihin liittyvä rajojen etsintä tai tarkistaminen, linjaverkoston suunnittelu ym. lisätyöt, jää koeala- ja linja-arviointimenetelmillä saavutettava työajan ja siten myös kustannusten säästö ainakin aivan pienten, esim. 1—2 ha:n kokoa olevien metsäpalstojen puuston arvioinnissa usein hyvin vähäiseksi. Etenkin silloin, kun puuston rakenne on rikkonaista tai keski- ja kokonaiskuutiomäärän ohella pyritään selvittämään esim. puuston kaupallinen arvo tai puuston alaryhmien tunnuksia, on edullisinta suorittaa yksinpuin luku ainakin puuston arvokkaimman osan, so. yleensä tukkipuiden osalta.

Edellä esitetyt näkökohdat on syytä ottaa huomioon myös pienialaisista palstoista koostuvan metsäalueen arvioinnissa. Kokonaisalan suurentuminen puoltaa toisaalta koeala- ja linja-arviointimenetelmien käyttöä. Ainakin likimääräistehtävissä voidaankin hyvällä syyllä luopua yksinpuin luvun käyttämisestä. Koeala- ja linja-arviointimenetelmiä voidaan edelleen soveltaa vaativammissakin, 5—10 %:n luotettavuutta edellyttävissä tehtävissä etenkin silloin, kun arvioinnissa rajoitutaan keski- tai kokonaiskuutiomäärään ja arvioimissadannes on 10—20 %:n suuruinen.

Palstaryhmittäisten puulaji- ja puutavaralajiosuuksien arviointimahdollisuuksien osalta suoritettu tutkimus johti tyydyttäviin tuloksiin vain kaikki puulajit yhdistäen sekä myös pääpuulajin kuusen osalta. Tulosten arvostelussa on kuitenkin otettava huomioon edellä korostettu koearviointipalstojen puuston rakenteen rikkonaisuus, edelleen varsinkin palstojen rajoilla todettu puuston ryhmittäisyys ja pääpuulajin, kuusen, suurehko osuus muihin puulajeihin verrattuna. Näyttääkin ilmeiseltä, että koeala- ja linja-arviointimenetelmiä voidaan soveltaa varsin laajamittaisesti pienialaisista palstoista koostuvien metsäalueiden arvioinneissa. Edellytyksenä on kuitenkin, että arvioimissadannes on 10—20, ja että puuston rakenteeseen kiinnitetään menetelmää valittaessa huomiota. Poikkeuksellisen rikkonaista puustoa tai yksittäisiä tukkipuita sisältävillä palstoilla on edullisinta suorittaa yksinpuin luku ainakin taloudellisesti merkittävimmän puulajin osalta.

Koearvioinneissa saatiin linja-arvioinnilla keskimäärin tarkimmat tulokset. Suoritettujen varianssianalyysilaskelmien perusteella ilmeni kuitenkin, että kaikki puulajit yhdistäen sekä osittain pääpuulajin kuusen osalta eri menetelmillä saatujen tulosten väliset erot eivät olleet merkitseviä. Otettaessa edelleen huomioon sovelletut erisuuret arvioimissadannekset (vrt. s. 12) ja käytännölliset näkökohdat, olisi ainakin laajamittaisissa arvioinneissa edullisinta käyttää koeala-arviointia.

Arvioimislinjat on syytä sijoittaa palstan poikittaissuunnassa. Palstaa leikkaavien linjojen lukumäärä on tällöin moninkertainen verrattuna palstan pituussuunnassa samaa linjaväliä soveltaen kertyvään linjamäärään (vrt.

K u u s e l a 1960). Näin menetellen voidaan myös parhaiten välttää tutkimuksen yhteydessä ilmennyt puuston ryhmittymisestä kapeiden palstojen rajojen läheisyydessä aiheutuva systemaattisten virheiden vaara. Tässä yhteydessä on syytä kiinnittää huomiota myös yksinpuin lukuun perustuvien tarkistusmittausten käyttömahdollisuuteen silloin, kun arvioitavana on paljon pieniä palstoja.

Edellä esitetyillä edellytyksillä voidaan ainakin pienpuuston arvioinnissa käyttää 3 aarin koealankokoa. Milloin järeän puuston määrä on vähäinen, kuten on usein esim. Pohjanmaalla laita, näyttäisi olevan syytä käyttää tukkipuustolle 5 aarin koealoja. Poikkeuksellisen rikkonaista puustoa tai yleensä yksittäisiä tukkipuita sisältävillä palstoilla ei 10 aarinkaan koealankoko ole riittävä, ja tällaisilla palstoilla olisikin edellä esitetyn mukaisesti suoritettava yksinpuin luku ainakin tukkipuuston osalta. Olisi syytä suorittaa lisätutkimuksia siitä, missä määrin 3 aarin koealankoko on riittävä myös tukkipuuston arvioinnissa, jos sovelletaan edellä esitettyä suuruusluokkaa olevia arvioimissadanneksia.

Tutkimuksen yhteydessä kiinnitettiin huomiota myös ositteiden käyttöön pienialaisten metsäpalstojen arvioinnissa. Kysymyksen jatkotarkastelun tarvetta käytännön kannalta Pohjanmaan olosuhteissa korostaa etenkin se seikka, että arvioinneissa voitaisiin todennäköisesti rajoittua kahden tai kolmen metsätyyppiryhmän käyttöön.

Lopuksi todettakoon, että suoritettujen alustavien tutkimusten perusteella näyttäisi tarkastelluilla Pohjanmaan uusjakoalueen pienialaisilla metsäpalstoilla olevan mahdollista yhdistää maiden luokittelu eli jyvitys ja puuston arviointi. Otettaessa edelleen huomioon tilastokoneiden käyttömahdollisuudet näyttää ilmeiseltä, että ainakin laajamittaisiin pienialaisten metsäpalstojen arviointeihin liittyy osatehtäviä, joissa menetelmien yksinkertaistaminen ja kustannusten pienentäminen on merkittävässä määrin mahdollista.

Kirjallisuusluettelo

Griffith, A. L. and Ram, Bakshi Sant. 1947. The silviculture research code. Vol. 2. The statistical manual. Dehra Dun.

Ilvessalo, Yrjö. 1920. Linja-arvioimisen tarkkuudesta. — Ylipainos Suomen Metsätieteellisen Seuran pöytäkirjoista.

—»— 1923. Tutkimuksia yksityismetsien tilasta Hämeen läänin keskiosissa. Sahalahden ja Kuhmalahden pitäjien metsät. Referat: Untersuchungen über den Zustand der Privatwälder in den mittleren Teilen des Regierungsbezirkes Häme (Tavastland). Die Wälder der Kirchspiele Sahalahti und Kuhmalahti. — Acta forestalia fennica 26.

—»— 1927. Metsämaiden luokittelusta maanmittaustarkoituksissa. — Maanmittaus. N:o 2.

—»— 1929. Metsämaan raha-arvosta. Tapio. N:o 4.

—»— 1930. Nuoren metsän raha-arvon määrääminen. Tapio. N:o 12—13.

—»— 1935. Käytännöllisistä metsänarvioimistavoista. Silva fennica 39.

—»— 1937. Jakotoimitusten metsätileistä. Maanmittaus. N:o 1.

—»— 1938. Metsämaiden jyvityksen perusteet. Maanmittaus. N:o 2.

—»— 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. Metsäntutkimusl. julk. 34.

—»— 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. Summary: The forests of Finland by forestry board districts. Results of the national forest inventory. Metsäntutkimusl. julk. 47.

International Union of Forest Research Organizations .1959. The standardization of symbols in forest mensuration.

Kuusela, Kullervo. 1960. Maan kuvioiden ja puuston vaihtelu sekä sen vaikutus metsän inventoinnin tarkkuuteen. Summary: Variation of the site pattern and growing stock and its effect on the precision of forest inventory. Acta forestalia fennica 72.

Lappi-Seppälä, M. 1924. Linja-arvioimisesta ja sen tarkkuudesta. Referat: Über die Linientaxierung und deren Genauigkeit. Metsäntutkimusl. julk. 7.

Lindley, D. V. and Miller, J. C. P. 1953. Cambridge elementary statistical tables.

Tiihonen, Paavo. 1955. Puuston arvioimisesta. Maanmittausinsinööri. N:o 5—6.

—»— 1958. Vöyrin metsätilikurssin luennot. Moniste. Helsinki.

—»— 1959. Kannuksen metsätilikurssin luennot. Moniste. Helsinki.

On the Forest Survey Experiments Carried out in the Land Redistripution Area of Ostrobothnia

SUMMARY

Introduction

The aim of this paper is to report on the experiments carried out on the suitability of the circular sample plot — line survey for small-sized forest lots situated in the land redistribution area of Ostrobothnia. The plans for the investigation were prepared in the winter of 1959 and the field work was carried out during the summer of the same year. Some preliminary studies were made preparatory to the investigation and these will be treated before entering the main discussion.

PRELIMINARY INVESTIGATIONS

Survey Lines

A most rewarding source of information proved to be the data from cruising lines in Southern Finland. These data covered the growing stock from six lines averaging 500 meters in length located in widely-varying forest lots. The lines were 10 m. in breadth and the trees were tallied in terms of ten or twenty meters long line sections. On the basis of the measurement data there could be examined, for example, the number of stems and the volumes.

In Figure 1 (p. 7) is an example of the variation in numbers of stems in a series of compartments 10 by 20 m. in size on one of the lines. The variation is clearly very great. It was apparent that, if volumes or numbers of stems in subsequent line compartments were combined by various intervals, that is, if different estimation percentages were used, a high degree of variability in results would be arrived at. In the trial calculations it was decided to apply the following estimation percentages: 50, 33 ⅓, 25, and 20. Examples of the results of these trial calculations are shown in the tabulations on pp. 6, 7 and 8.

Solitary Wood Lots

This term refers generally to small-sized, slightly elevated, forested »islets» in swamps or natural meadows. These solitary wood lots came under consideration because of the abundance of swamps in the research area. Data relevant to solitary wood lots were accumulated in Northern Finland. In Fig. 2 (p. 9) is a graphic presentation of the methods applied and the results obtained for the variation in volume of the growing stock in different parts of a solitary wood lot.

Size of Sample Plots in Saw-timber Inventory

This preliminary investigation entailed a comparison of the results received from two plot sizes, 0.05 and 0.10 ha. The research area in question consisted of rather large forest holdings, 200 to 400 ha., but they were not sufficiently stocked and there was a great amount of swamps. The results of the investigation are tabulated on pp. 9 and 10.

THE MAJOR SURVEY

Research Areas

The small-sized forest lots for the investigation were selected from Ostrobothnia under the guidance of local foresters. On p. 10 are tabulated the areas of the 8 forest lots included in the investigation. The shape and location of the lots are sketched in Fig. 3 (p. 11).

Survey Methods

The methods used in the survey were the combined circular sample plot-line survey and the line-cruising method. The sizes of the sample plots were 0.03, 0.05, and partly also 0.10 ha., and the line breadth 10 m. The trees were tallied separately on every 10-meter-long line compartment. A tabulation of the estimation percentages by lots and by different methods is provided on p. 12. In the circular sample plot survey the lines ran lengthwise through the lot but in the line survey crosswise.

Control Material

The data collected the previous autumn in the research area by means of tallying separately every individual tree were used as a base for comparison of results. Because this tallying had been done by local foresters, a number of comparisons were made and some rechecking done in connection with the the investigation.

The results are compared in respect to volume and number of stems. The volumes have been computed for softwoods in terms of pulpwood and for hardwoods in terms of firewood. In this way it was possible to rule out any subjectivity in determining the saw-timber.

MAIN FINDINGS OF THE SURVEY

Number of Stems

In Table 1 (p. 14) can be seen listed by tree species and by lots the proportional differences obtained in comparing the total number of stems obtained by different methods with the corresponding number of stems got by counting every individual tree. Also the absolute numbers of stems found through individual cruising are presented in this table. In addition to the results by lots, the results have been calculated also for groups of lots by combining lots 1—3 and 4—8, the area of both of these groups being about 18 ha.

The differences of the results obtained with the different methods (including all lots) were examined further in the light of variance analysis. It indicated that no significant differences were involved in the results for pine or deciduous trees, nor for all tree

species collectively. Regarding number of stems, with spruce it was found in the calculations that the results gained by using a plot size of 0.03 ha. differred significantly at the 95 % level from the results arrived at both in the line survey and by counting individual trees.

Only brief consideration was given to the results by DBH-classes presented in Table 2 (p. 15).

Volume

The discussion of the results according to tree species has been restricted to the most common species, spruce. The results are listed on p. 16, which show also the absolute volumes obtained through the individual counting. Using analysis of variance the significance of differences in the results obtained by different methods was as follows:

Estimation Methode	*Significance*
1 and 2	Insignificant
1 » 3	Significant
1 » 4	Highly significant (99 % level)
2 » 3	Insignificant
2 » 4	Significant
3 » 4	Insignificant

Table 3 (p. 17) shows the results obtained in combining all tree species. Through analysis of variance it was found that no significant difference occurred in the results from the different methods.

Systematic Variation of the Growing Stock on a Lot

The strong tendency toward overestimation and especially underestimation evident in the results of the survey, and also the observations made in the field, gave reason to investigate whether there was any significant systematic variation in the structure of the growing stock. This problem was first studied by comparing the results obtained with a plot size of 0.10 ha. with the corresponding figures for the 0.05 ha. plot size. No significant systematic variation could be detected in the structure of the growing stock. Such a variation, however, was evident in the spruce near the boundaries of the lots. A numerical analysis of the question was made from the results obtained from the 10 × 10 m. line compartments of the survey lines running crosswise through the forest lot. Examples of the results obtained are tabulated on p. 18 (for the third lot) and in Fig. 4, p. 20 (the second lot). As seen, there is on an average more spruce on the periphery of the lot than in the middle. A tendency to accumulate in the middle of the plot was detected on the part of the pine growing stock (see p. 19). A further grouping of the growing stock appeared by zones in a transversal direction in the lot, for which reason the line survey had yielded a clear overestimation in the eighth lot (see p. 14 and Fig. 5, p. 21).

Conclusions

The present investigation bears out the rule generally observed in practice, that at least on the lots smaller than 5 or 6 ha. it is most often advisable simply to count every individual tree. But when only an approximate estimation is desired for mean or total

volume, without distinguishing between tree species, types of wood products, etc., the sample plot-line method can also be resorted to on small-sized forest lots. According to the investigation the estimation percentage should then be for lots of from 6 to 8 ha. on an average 10 to 15, and for lots of from 1 to 3 ha. about 15 to 20. If the growing stock is not uniform in structure or if endeavoring to estimate its market value, it is wise to take recourse to individual tree count, at least for the most valuable part of the growing stock, generally the sawtimber trees.

When seeking only approximations in surveying forest areas consisting of small-sized lots, the individual tree count is not necessary. The sample plot-line survey method can be used even in the most demanding tasks requiring the 90—95 % confidence level, at least when only the mean or total volume is considered and the estimation percentage is 10—20 % as above. In estimating the apportionment of the subgroups, i. e., tree species, wood products, etc., it is important that, in addition to using a fairly large estimation percentage, sufficient attention is given to the structure of the growing stock. In exceptionally uneven forests or on lots with sparse, isolated saw-timber trees it is desirable to make an individual tree count. The counting by single trees and, for instance, the circular sample plot method can be joined together on a small plot by, for example, counting individual trees when inspecting or marking out the borders of the lots.

When the presuppositions stated above prevail, it is more advantageous to use the sample plot than the line method. The survey lines ought to run crosswise through the lot. At least for the small timber the sample plot size of 0.03 ha. is sufficient. The saw-timber trees require, according to the present investigation, a sample plot size of 0.05 ha. As mentioned previously, it is more beneficial in lots with isolated saw-timber trees to resort to the tallying of every tree than, for instance, to apply a sample plot method with an estimation percentage greatly exceeding 15 to 20 per cent. It might be profitable to continue investigation into whether the sampling size of 0.03 ha. is sufficient for saw-timber stock when the estimation percentage is of the level stated above.

On the basis of the preliminary investigations for the present study it is to be assumed that a stratification can be used in estimating small-sized forest lots. Further investigation on this point would be useful, because, for example, under Ostrobothnian conditions it seems to be satisfactory to operate with two or three groups of site types only. Furthermore, it appears that soil classification and estimation of growing stock can be combined. Considering further the benefit to be gained from data-processing machines, it can be noted that in many of the tasks involved in fairly comprehensive inventories of small-sized forest lots, methods can be simplified and costs reduced in a significant degree.

YHTENÄINEN JA METSÄLÖITTÄINEN ARVIOINTI METSÄALUEEN INVENTOINTIMENETELMINÄ

VEIKKO O. MÄKINEN

UNIFORM SURVEY AND SURVEY BY HOLDINGS AS METHODS OF FOREST INVENTORY

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1964

Helsinki 1964. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston toimesta suoritettiin kesällä 1959 Sahalahden ja Kuhmalahden metsien arviointi näiden pitäjien metsävarojen lähes 50-vuotisen kehityksen selvittämiseksi. Pitkäaikaisen esimieheni, professori Yrjö Ilvessalon ansiosta sain tilaisuuden Sahalahden pitäjän osalta suorittaa mainitun inventoinnin kenttätyöt ja käyttää niitä tutkimustani varten. Samalla oli mahdollista suorittaa myös metsälöittäinen arviointi ja muita tutkimukseen liittyviä selvityksiä. Professori Ilvessalo on kiinteästi seurannut työtäni ja antanut arvokkaita ohjeita, mistä kaikesta olen hänelle suuresti kiitollinen.

Alusta lähtien professori Aarne Nyyssönen on ollut aikaa ja vaivaa säästämättä valmis keskustelemaan tutkimukseen liittyvistä ongelmista ja ohjaamaan työtäni. Hänen positiivinen suhtautumisensa ja rakentava kritiikkinsä on ollut kannustimena tutkimusta suorittaessani. Esitän hänelle parhaat kiitokseni. Samaten pyydän kiittää professori Kullervo Kuusela a, joka on neuvoen ja ohjaten seurannut työni edistymistä erityisesti tutkimuksen loppuvaiheissa.

Ylijohtaja, professori Erkki K. Kalela, apulaisprofessori Yrjö Vuokila ja dosentti Seppo Ervasti ovat edellä mainittujen lisäksi lukeneet käsikirjoituksen. Esitän heille saamistani ohjeista lämpimät kiitokseni.

Merkittävänä pidän yhteistyötä fil. maisteri Pentti Kerolan kanssa. Häneltä olen saanut neuvoja tilastomatematiikkaa koskevissa kysymyksissä. Hänelle samoin kuin metsänhoitaja Lauri Vuorisalolle, joka on osallistunut tutkimuksen kenttätöihin, lausun vilpittömät kiitokseni.

Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosastossa on fil. maisteri Alli Salovaara ja muu henkilökunta avustanut minua kiitettävällä tavalla laajoissa laskentatöissä, konekirjoituksessa sekä piirrosten laatimisessa. Fil. maisteri Eero Lemola on tarkastanut käsikirjoituksen suomenkielisen asun. Fil. maisteri Yrjö Sihvo ja mrs. Diana Kanerva ovat kääntäneet selostuksen englannin kielelle. Kaikkia heitä kiitän hyvin suoritetusta työstä.

Kiitollisena mainitsen Sahalahden metsänhoitoyhdistyksen puheenjohtajan, tilanomistaja Aleksi Keskisen sekä metsäteknikko Terho Kopperoisen, niin myös tutkimusmetsälöiden omistajat. Kaikki he toiminnallaan ja myötämielisellä suhtautumisellaan ovat edistäneet tutkimuksen kenttätöiden suoritusta.

Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiö on myöntänyt tutkimusta varten apurahan ja Metsäntutkimuslaitos on ottanut tutkimuksen julkaisusarjaansa. Kummastakin olen kiitollinen.

Helsingissä, joulukuussa 1963.

Veikko O. Mäkinen

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

1. Johdanto 7
   11. Arviointimenetelmien kehityksestä 8
   12. Tutkimustehtävän asettaminen 13
2. Tutkimusmenetelmät 16
   21. Yhtenäinen arviointi 16
      211. Ympyräkoeala-arviointi 16
      212. Silmävarainen arviointi 21
      213. Relaskooppiarviointi 21
   22. Metsälöittäinen arviointi 24
      221. Metsälöiden luettelointi ja näytteen poiminta 24
      222. Ympyräkoeala-arviointi metsälöillä 27
3. Tutkimusaineisto ja sen käsittely 30
   31. Aineisto 30
   32. Aineiston käsittely 32
      321. Koealojen laskenta 32
         3211. Ympyräkoealojen kuutiomäärän ja kasvun laskenta 33
         3212. Relaskooppikoealojen kuutiomäärän ja kasvun laskenta 35
         3213. Kasvun ilmastollinen vaihtelu 36
      322. Kuviolomakkeiden laskenta 36
         3221. Silmävaraisen arvioinnin tarkistaminen 36
      323. Tilastomatemaattiset laskelmat 40
         3231. Linja-arvioinnin keskivirhelaskelmat 40
         3232. Ympyräkoeala-arvioinnin keskivirhelaskelmat 44
         3233. Tutkimusmenetelmien vertailu 48
4. Tutkimuksen tulokset 50
   41. Yhtenäinen ja metsälöittäinen ympyräkoeala-arviointi 50
      411. Keskikuutiomäärä 51
         4111. Keskikuutiomäärä metsätyypeittäin 52
      412. Keskikasvu ja kasvusadannekset 57
         4121. Keskikasvu metsätyypeittäin 60
   42. Silmävarainen arviointi 64
      421. Keskikuutiomäärä 66
      422. Keskikasvu 69

43. Relaskooppi- ja ympyräkoeala-arviointi 70
431. Keskikuutiomäärä 71
432. Keskikasvu 75
44. Keskikuution tarkkuus ja tarpeellisten koealojen lukumäärä sekä optimikiintiöinti 76
45. Metsälöarvioinnin erisuuruisten näytteiden vertailu 79
451. Keskikuutiomäärä 80
452. Tukkipuuston lukumäärä 83
453. Keskikasvu 84
46. Keskivirhelaskelmien vertailu 86
47. Arviointimenetelmien edullisuus 96
5. Tutkimustulosten yhdistelmä 100
6. Kirjallisuusluettelo 106
7. Summary in English 115

1. JOHDANTO

Jotta päästäisiin kestävään ja tasaiseen tai mieluummin vähitellen kohoavaan puun tuotokseen, metsätaloutemme tarvitsee järkiperäistä suunnittelua. Kaiken suunnittelun lähtökohtana on vallitsevan tilanteen tunteminen. Metsätalouden suunnittelun keskeisin tehtävä on hakkuusuunnitteen määrittäminen. Se vaatii monien tekijäin selvittämistä. On saatava yksityiskohtaiset tiedot puuston määrästä ja rakenteesta, laskettava puuston kasvu sekä tutkittava kasvupaikkojen laatu ja niillä kasvavien puustojen tila, kehitysasteet ja vielä ehdotettava tarvittavat toimenpiteet sekä tiedettävä hakkuissa kertyvä puumäärä (vrt. Lihtonen 1953 ja Nyyssönen 1959 d).

Tarvittavien tietojen saamiseksi voidaan käyttää erilaisia metsänarviointimenetelmiä. Menetelmien kehityttyä erityisesti viime vuosina ilmakuvista on tullut arvioinnin hyödyllinen apuväline. Ilmakuvien käyttö ei ole kuitenkaan Suomen puuston arvioinnissa saavuttanut samanlaista merkitystä kuin monissa muissa maissa, mikä suurelta osalta johtuu siitä, että meillä maastoinventoinnin taso ja mahdollisuudet ovat paremmat kuin monissa muissa maissa ja että ilmakuvista ei saada niin yksityiskohtaisia, monipuolisia eikä niin luotettavia tietoja kuin maastoarvioinneista (Ilvessalo 1950, Nyyssönen 1955 ja Nyyssönen-Poso 1962). Kokeilumielessä ilmakuvatulkintaa on käytetty III valtakunnan metsien inventoinnissa eräillä vaikeakulkuisilla alueilla (Ilvessalo 1956, s. 17).

Suomessa puuston arviointi on usein suoritettu silmävaraisesti joko kuvioittaisena arviointina tai arviointilinjoja kulkien. Silmävaraisella arvioinnilla on eräitä merkittäviä etuja. Sitä käyttäen saadaan vähäisin kustannuksin monipuoliset tiedot pienistäkin yksiköistä. Taitava arviomies suorittaa tämän käytännön tarpeita varten riittävän luotettavasti. Yleensä silmävarainen arviointi yksinään käytettynä ei ole kuitenkaan tarpeeksi tarkka, vaan se vaatii täydennykseksi ja oikaisuksi koealamittauksia. Koealoihin nojautuvat myös kaikki edustavat arviointimenetelmät. Näistä maassamme on ollut yleisimmin käytössä linja-arviointi, millä tässä tutkimuksessa tarkoitetaan arviointilinjan mittauksen yhteydessä suoritettavaa silmävaraista arviointia, joko yksinään käytettynä tai yhdistettynä koealaarviointiin. Linja-arviointiin ei sisällytetä kaista-arviointia, jossa puuston luku ja mittaukset suoritetaan tietyn leveiltä kaistoilta.

Arviointimenetelmien kehittyessä on suoritettu tutkimuksia matemaattis-tilastollisten menetelmien soveltamiseksi metsien arviointiin. Tähän on pyritty erityisesti sen tähden, että voitaisiin laskea tulosten tilastollinen tarkkuus ja että tulokset saataisiin mahdollisimman pienin kustannuksin ja silti riittävän luotettavasti, jolloin luotettavuuden pitäisi olla edeltä käsin määrätty.

Edustavia arviointimenetelmiä on meillä eniten sovellettu valtakunnan metsien inventointeihin (Ilvessalo 1927, 1942, 1956 ja 1962), jotka niihin liittyvine tutkimuksineen ovat tähän saakka olleet Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston päätehtävä. Myös tämä tutkimus kuuluu samaan aihepiiriin.

11. Arviointimenetelmien kehityksestä

Edustavista metsänarviointimenetelmistä on ensimmäisenä esitetty kaista-arviointi. Menetelmä on lähtöisin Ruotsista, missä af Ström (1830) ensi kerran esitti sen periaatteen. Hänen perusajatuksensa oli jo silloin, että kaistat sijoitetaan yhtä suurien välimatkojen päähän toisistaan ja kohtisuoraan maastokuvioden yleisintä esiintymissuuntaa vastaan. *Suomessa* menetelmää käytettiin ensi kerran v. 1885 (Lappi-Seppälä 1924, s.13 ja Nyyssönen 1959 b, s. 9). Kysymyksessä oli sahapuiden luku kaistoilla, joiden tuli edustaa 5% koko arvioitavan alueen pinta-alasta. Tähän ensimmäiseen koearviointiin oli liitetty myös vertailu yksinpuin luvun ja kaista-arvioinnin kesken. Vähitellen menetelmä alkoi tulla tunnetuksi, ja sen luotettavuudesta pyrittiin saamaan omakohtaisia käsityksiä sekä selostettiin tarkoin sen suoritustapaa ja luotettavuutta (Ericsson 1889, 1898 ja 1903).

Ensimmäinen huomattava kaista-arviointi maassamme oli Sahalahden ja Kuhmalahden pitäjien metsien arviointi v. 1912 (Ilvessalo 1923), jonka Werner Cajanus suunnitteli Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapion toimeksiannosta. Ennen työn valmistumista Cajanus kuitenkin kuoli, ja tutkimuksen loppuun saattaminen tuli Ilvessalon huoleksi. Tutkimuksen tarkoituksena oli mm. selvittää kaista-arvioinnin tarkkuutta ja käytettäviksi kelpaavia riittävän tarkkoja alimpia arviointiprosentteja. Ensi kerran Suomessa esitettiin systemaattisen poikkeavuuden huomioon ottamista ja sen eliminointia arvioinnin virhelaskelmissa. Samoin silmävaraisen arvioinnin tarkistus- ja oikaisumenetelmät saivat meillä alkunsa tämän tutkimuksen yhteydessä.

Vuonna 1919 metsäylioppilaat suorittivat harjoitustöiden yhteydessä sekä kokonaisarvioinnin että kaista-arvioinnin. Ilvessalo (1920 a) ja Lappi-Seppälä (1924) tarkastelivat saatuja tuloksia. Edellinen tut-

ki kaista-arvioinnin tarkkuutta tukkipuiden lukumäärän ja kokonaiskuutiomäärän osalta ja jälkimmäinen kartan perusteella kaistojen suunnan, arviointiprosentin, pinta-alan ja kysymykseen tulevien tunnusten laadun vaikutusta tulosten luotettavuuteen. Näiden tarkkuustutkimusten yhteydessä on mainittava Ilvessalon (1935) tutkimukset kaista- ja ympyräkoeala-arviointien tarkkuudesta erisuuruisilla metsäpalstoilla. Ilvessalo suosittelee kaista-arvioinnin sopivimmaksi kaistaleveydeksi 8 m:ä siihen saakka yleisesti käytetyn 10 m:n asemesta. 8 m:n levyinen kaista antaa hänen mukaansa miltei saman tarkkuuden kuin 10 m:n, mutta on kustannuksiltaan halvempi ja rajapuiden osalta helpommin tarkistettava.

Valtakunnan metsien inventoinnit ovat meillä olleet laajimmat linja-arvioinnilla suoritetut tutkimukset. Näiden tulokset on esitetty koko valtakunnan lisäksi erikseen maan etelä- ja pohjoispuoliskolle sekä myös pienempiin alueisiin, ensin lääneihin ja myöhemmin vesistö- ja metsänhoitolautakuntien toiminta-alueisiin kohdistuvina. Inventointeja ei ole siten suoritettu käyttäen taloudellista kokonaisuutta näyteyksikkönä, kuten on tehty esillä olevan tutkimuksen yhteydessä (vrt. myös *Census of Woodlands* 1952 ja Nyyssönen 1964). Käytetyt menetelmät ovat ajan mittaan muuttuneet, mutta perusajatus on pysynyt samana kaikissa inventoinneissa. Lounaasta koilliseen suuntautuvat linjat on kuljettu ja mitattu maastossa. Linjaa edettäessä on jokaisella eteen sattuvalla kuviolla suoritettu silmävarainen arviointi kasvupaikan, puuston ja sen tilan kuvaamiseksi sekä edelleen puuston määrän, kasvun ja hakkuumäärän määrittämiseksi. Vuosina 1921—24 suoritetussa I arvioinnissa linjat olivat pääosalta 26 km:n päässä toisistaan. II ja III inventoinnissa linjaväli oli eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta maan eteläpuoliskossa 13 km; Pohjois-Suomessa linjaverkosto oli edellistä harvempi. Silmävaraisen arvioinnin korjaamiseksi ja puuston rakenteen, sen kasvun jakaantumisen sekä hakkuumäärän rakenteen selvittämiseksi on linjoilla mitattu määrävälein koealoja, jotka olivat II ja III inventoinnissa yleensä 1 km:n etäisyyksin ja suuruudeltaan 10 aaria. Koealaväli oli I arvioinnissa 2 km ja koealat olivat 50x10 m:n suuruisia (Ilvessalo 1927, 1942, 1956 ja 1962).

Puuston kuutiomäärän, kasvun ja hakkuumäärän silmävaraisesta arvioinnista on luovuttu valtakunnan metsien IV inventoinnissa. Samalla on koealojen kokoa voitu supistaa (Ilvessalo 1942, s. 52) ja lukumäärää lisätä. Tässä toistaiseksi viimeisessä inventoinnissa koealat ovat olleet 3 aarin suuruisia, ja ne on mitattu 250 m:n välimatkoin.

Ympyräkoealojen rajoitus on meillä suoritettu yleensä sädenauhalla. Relaskooppia ei ole tarkoitukseen käytetty ennen kuin vasta viime vuosina (esim. Kuusela 1961 b, 1963 ja Nyyssönen 1963 a; vrt. myös *Instruktion für* ... 1961), vaan se on pysynyt metsikön pohjapinta-alan likimääräisenä arviointivälineenä. Perusteet relaskoopin käyttöön Suo-

men olosuhteissa luotiin jo lähes vuosikymmen sitten (Nyyssönen 1954 b), minkä jälkeen menetelmää on edelleen kehitetty (Vuokila 1959 ja Kuusela 1960 b ja c).

Ruotsissa kaista-arviointia sovellettiin merkittävän laajasti ensi kerran v. 1911 Värmlannin metsien arvioinnissa (*Värmlands läns* ... 1914). Tulosten luotettavuus tarkastettiin keskivirhelaskelmilla. Näiden laskentamenetelmien pohjalta kehitettiin luotettavuuslaskelmat Ruotsin ensimmäistä valtakunnan metsien arviointia varten (*Uppskattning av* ... 1932).Värmlannin metsien arvioinnista saatuihin kokemuksiin perustuu muutenkin I inventointi (Thorell 1926).

Kaistaväli oli v. 1923—29 suoritetussa arvioinnissa eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta 5—20 km. Puiden luku tapahtui jatkuvasti kaistaa edettäessä, joskin rinnankorkeudelta alle 15 cm:n vahvuisten puiden mittaaminen rajoittui kaistan määrättyihin osiin. Vuonna 1938 alkaneessa toisessa inventoinnissa siirryttiin puhtaasta kaista-arvioinnista yhdistettyyn kaista- ja koeala-arviointiin. Koealoilla luettiin kaikki puut, mutta arviointikaistoilla vain 15 cm ja sitä vahvemmat (*Riksskogstaxeringen av Västernorrlands* ... 1940, *Riksskogstaxeringen av Ljungans* ... 1940). Kaistaleveyden oikeaan määrittämiseen pyrittiin kiinnittämään erityistä huomiota mittaamalla kaistan leveys kahden vetoköyden avulla (Näslund 1934, 1940 a).

Samoin kuin meillä Ruotsissakin II inventointiin ryhdyttäessä tihennettiin linjaverkostoa huomattavasti. Arvioinnin alkuaikoina mitattiin suorakaiteen muotoisia koealoja (10 × 20 m) joka 500 m:n päästä. Myöhemmin koealat muutettiin 1 aarin ympyräkoealoiksi, joita otettiin tiheämmin. Seuraavassa vaiheessa koealoja vielä pienennettiin, mutta muutettiin kaksoiskoealoiksi (*Vid andra* ... 1947, s. 31—32). Puuston kuutioinnissa siirryttiin kuutioimistaulukoiden käytöstä kuutioimisfunktioihin (Näslund 1940 b) ja kasvun laskenta perustui mittausjakson kuutiomäärien erotukseen, ns. erotuskasvuun.

V. 1953 alkoi Ruotsissa III valtakunnan metsien inventointi, jolloin menetelmässä tapahtui jälleen huomattava muutos (vrt. Hagberg 1952, 1955 ja 1957 sekä Arman - Hagberg 1962). Edelliset arvioinnit suoritettiin lääneittäin, joista 1—2 lääniä arvioitiin vuosittain. Näin saatiin koko maata käsittävät tulokset vasta noin 15 vuoden kuluttua. Uusi inventointi käsittää vuosittain koko valtakunnan, tosin erittäin pientä arviointiprosenttia käyttäen, josta syystä saadaan vuosittain myös tuloksia. Kaikki metsät saadaan 10 vuodessa arvioiduiksi saman sadanneksen mukaan kuin II arvioinnissa. Inventointi sisältää siten tavallaan sarjan vuosittaisia valtakunnan metsien arviointeja.

Uusi inventointi on linjoittainen koeala-arviointi. Arviointilinjoja ei kuitenkaan kuljeta yhtäjaksoisesti, vaan linjat on pätkitty ja niistä on muodostettu arviointitrakteja. Traktijonot on sijoitettu edellisen arvioinnin lin-

jojen tilalle. Neliömäisten traktien sivujen pituudet vaihtelevat 1.2 — 2.2 km:iin maan osasta riippuen. Traktit on mitoitettu suunnilleen yhden päivätyön tarvetta varten. Koealoja, joiden koko on 138 m² ja säde 6.64 m, on yleensä 4 traktin sivua kohti; koealaväli vaihtelee siten 170 m:stä 550 m:iin. Hakkuumäärän arviointi tapahtuu kantokoealojen perusteella, jolloin kantojen mittausta varten otetaan 100 m:n välein kaksoiskoealat.

Norjassa ensimmäinen suurisuuntainen arviointi oli v. 1907—1909 toimitettu Åmot'in kihlakunnan metsien inventointi (Ilvessalo 1923, s. 2). Tämä suoritettiin aluksi ottamalla 10 aarin koeala jokaista metsäalan 100 ha kohden, mutta muutettiin sittemmin yhden %:n kaista-arvioinniksi, jolloin 10 m:n levyiset kaistat kuljettiin yhden km:n etäisyyksin. Vertailevat kokeet osoittivat kaista-arvioinnin näistä kahdesta vaihtoehdosta edullisemmaksi.

Vuosina 1919—1930 suoritettiin Norjassa ensimmäinen valtakunnan metsien arviointi, mikä toimitettiin lääneittäin kuten Ruotsissakin *(Taksering av ...* 1933). Linjojen keskinäinen etäisyys vaihteli, mutta oli useimmissa lääneissä 5 km. Samoin linjojen suunta vaihteli eri osissa maata maastokuvioiden yleisen pituussuunnan muuttumisen johdosta. Arviointimenetelmä oli osittain samanlainen kuin Ruotsissa, joskin puiden luku ja koepuiden otto tapahtui toisin. Puut luettiin 5 cm:n läpimittaluokin 15 cm:n vahvuudesta lähtien koko kaistaleveydeltä. Tätä d-luokkaa pienemmät puut luettiin vain määrätyltä osaleveydeltä (Langsaeter 1949). Toisen arvioinnin alettua v. 1937 ruvettiin puut lukemaan 10 cm:n läpimitasta alkaen koko 10 m:n kaistaleveydeltä. Toisessa arvioinnissa otettiin myös suorakaiteen muotoisia koealoja, jotka olivat ensin 200 m²:n ja sitten 100 m²:n suuruisia *(Taksering av ...* 1938). Arviointi muuttui myöhemmin yhdistetyksi kaista- ja ympyräkoeala-arvioinniksi ja sitten linjoittaiseksi ympyräkoeala-arvioinniksi, jolloin myös pinta-alajakaantumista koskevat tiedot saatiin koealojen jakaantumisen perusteella *(Taksering av ...* 1954).

Kolmannen arvioinnin alettua Norjassa v. 1957 menetelmä sai jälleen uusia piirteitä *(Taksering av ...* 1957). Arviointitraktit otettiin myös täällä käyttöön. Neliön sivun pituus on yksi km, ja yhden aarin koealoja mitataan 200 m:n välimatkoin. Arviointineliöitä ei ole sijoitettu entisille linjoille kuten Ruotsissa, vaan arvioitava alue on jaettu kartalla ruudukkoon, missä ruudut ovat kolmen km:n pituisia. Ruutujen leikkauspisteistä aloitetaan arviointineliöiden mittaaminen.

Viimeisten 200 vuoden aikana on *Keski-Euroopassa* kehitetty useita inventointimenetelmiä, joiden päämääränä on ollut hankkia metsätalouden järjestelylle perusta kestävyyden tarkkailuun ja määrittää hakkuumäärät (Loetsch 1951). Useimpien menetelmien perusajatuksena on ollut pitää inventoitava metsäalue metsiköiden summana, joten metsikkö on ollut pienin laskentayksikkö. Metsiköt on arvioitu tuottotaulukoiden tai koealojen avulla tai suoritettu kokonaisarviointi.

Sveitsissä käytetään edelleen osaston pinta-alaa pienimpänä laskentayksikkönä ja samalla mittauksien perustana. Biolley'n (1920) kontrollimenetelmässä, jota Knuchel (1950) on täydentänyt ja kehittänyt, saadaan yksinpuin lukien tarkka runkolukusarja tariffiyksikköinä.

Kalliin yksinpuin luvun rinnalla on Saksassa otettu käyttöön edustava koeala-arviointi (esim. Krutzsch-Loetsch 1938; Grossmann 1961; Kurth-Wenk 1962). Vuodesta 1938 lähtien menetelmiä on kehitetty ja suoritettu useiden metsäalueiden arvioinnit. Aivan samoin kuin Pohjoismaissa Saksassakaan koealojen otto ei perustu satunnaisvalintaan, vaan käytetään systemaattista näytettä ja viime aikoina myös kaksoiskoealoja. Oleellisin ero entisissä ja nykyisissä arviointimenetelmissä on se, että metsikön pinta-alan sijasta pienimpänä laskentayksikkönä on nykyisin yksittäinen koeala.

Ruotsin ja Norjan metsien inventoinneissa sovelletut neliönmuotoiset arviointitraktit ovat tulleet käyttöön myös Saksassa, missä Loetsch (1955) on tätä menetelmää käyttänyt pienmetsälöitä koskevassa metsäpinta-alainventoinnissa. Saman tutkimuksen yhteydessä on myös ilmakuvia käytetty laajalti hyödyksi. Menetelmäänsä Loetsch (1957) on edelleen kehittänyt Thaimaan metsien inventoinnissa.

Niin ikään Itävallassa on arviointilinjojen sijasta ruvettu käyttämään arviointineliöitä ja niillä mitattavia koealoja (*Instruktion für* ... 1961).

Yhdysvalloissa suurten metsäaluiden inventoinneissa nykyisin käytettävät metsänarviointimenetelmät poikkeavat suuresti pohjoismaisesta käytännöstä. Sielläkin on kyllä sovellettu linjoittaista ympyräkoeala-arviointia, mikä tapahtui ensimmäiseksi Uudessa Englannissa arvioitaessa seudun paperipuumetsiä (Girard-Gevorkiantz 1939, s. 22). Myös Yhdysvaltain metsien inventoinnissa maan kaakkois- ja järvivaltioissa käytettiin tähän aikaan tätä menetelmää (Spurr 1952), johon Schumacher ja Bull (1932) sekä Mudgett ja Gevorkiantz (1934) kehittivät omat keskivirhelaskelmansa. Yhdysvaltain luoteisvaltioissa metsien inventointitietoja koottaessa ei lainkaan käytetty varsinaista arviointia, vaan tiedot saatiin ns. keräilymenettelyä käyttäen jo olemassa olevista lähteistä (Andrews 1932).

Vuodesta 1945 lähtien on pyritty entistä suurempaan osavaltioiden inventointien koordinointiin ja sellaisten otanta-menetelmien käyttöön, joiden puitteissa ilmakuvista voidaan paljon hyötyä. Näin on Yhdysvalloissa yhtenäisestä linjoittaisesta arvioinnista siirrytty ilmakuvien käyttöön ja stratifioituun otantaan. Ilmakuvista saadaan maankäyttölajien ja joskus myös metsikkötyyppien pinta-alat ja koealoilta ositteiden puustotunnukset (*Field instructions* ... 1949 ja *Forest survey* ... 1953, vrt. myös Seely 1961). Inventoinnista on tullut jatkuva, ja se perustuu pysyvään koealaverkostoon.

Viime vuosina on lisääntyvässä määrin kiintynyt huomio *trooppisiin metsiin*, joissa on jo monin paikoin suoritettu metsävarojen inventointeja (Nyyssönen 1961). Suoritetut arvioinnit perustuvat ilmakuvien tarkoituksenmukaiseen hyväksikäyttöön (Heinsdijk 1961). Ilmakuvien perusteella saadaan luotettavasti ainakin arvioitavien ositteiden pinta-alat (Loetsch 1957), mutta lisäksi niitä käytetään tehokkaasti hyödyksi kenttätöiden järjestelyssä sekä myös kenttätöissä (Nyyssönen 1961, s. 23). Kuitenkin maastotyöt ovat ilmakuvatulkinnan ohella välttämättömiä riittävien puustotietojen saamiseksi.

Trooppisten metsien inventoinneissa sovelletuista menetelmistä ehkä mielenkiintoisin on Thaimaan metsien arvioinnissa käytetty traktiryhmämenetelmä, jolloin traktien ryhmä muodostaa leiriyksikön (Loetsch 1957, myös Nyyssönen 1961). Arvioinnin perustana olivat 5 aarin ympyräkoealat, joita yksi arviointiryhmä mittasi päivittäin 48, jolloin oli arvioitu yksi neliö. Leiriyksikköön kuului 7 ryhmää, joten päivätulos oli 7 arviointineliötä. Koko leiri toimi vuorostaan 7 päivää. Kauimpana sijaitsevat neliöt olivat noin viiden km:n ja lähimmät yhden km:n päässä leirin keskustasta. Leiriyksikköjärjestelmä ja koealain sijainti on kuvattu piirroksina Loetsch'in (1957, s. 176) ja Nyyssösen (1961, s. 67) julkaisuissa.

12. Tutkimustehtävän asettaminen

Suomessa suurten metsäalueiden inventoinnit on yleensä suoritettu yhtenäisellä linjoittaisella arvioinnilla, jolloin koko inventoitava alue on kuljettu toisistaan yhtä pitkien välimatkojen päähän sijoitettuja arviointilinjoja pitkin. Kysymyksessä on ollut siten systemaattinen arviointi, mikä linjojen tai linjojen ja koealojen muodossa on peittänyt koko tutkimusalueen. Meillä ei ole ennen tätä tutkimusta käytetty tiloittaisia arviointeja, mutta työn kestäessä on aloitettu Pohjanmaan metsien koeinventointi (Kuusela 1963), missä on samoin kuin tässä tutkimuksessa lähdetty metsätalouden perusyksiköistä, metsälöistä, joiden arviointitulokset on muunnettu koko metsäaluetta koskeviksi. Inventointialueen kaikkia metsälöitä ei ole arvioitu, vaan näistä on otettu todennäköisyysvalintaa käyttäen näyte, mihin sattuneilla metsälöillä on suoritettu systemaattinen arviointi.

Näin saatavia inventointituloksia voitaisiin monipuolisesti käyttää hyödyksi. Arvioitavien metsälöiden omistajat saisivat suunnitelmiansa varten tiedot omista metsistään. Tuloksia tilaryhmittäin käsiteltäessä suuruusluokittaiset vertailut olisivat mahdollisia. Mutta lisäksi näytteeseen arvottuja tiloja voitaisiin käyttää myös muihin eri tutkimusaloja edustaviin tarkoituksiin. Yksi tutkimusryhmä voisi kerätä näytemetsälöiltä yhdellä käynnillään aineiston kahta tai useampaa tutkimusta ja tutkimusalaa varten.

Metsätalouden järjestelyn ja suunnittelun kannalta saattaisi olla edullista, jos hakkuusuunnitteita laadittaessa olisi tilaisuus ottaa huomioon tilakohtaiset taloudellisteknilliset näkökohdat ja hakkuumahdollisuudet. Yhtenäisen arvioinnin ollessa kyseessä näitä seikkoja ei ole mahdollista tarpeeksi yksityiskohtaisesti tutkia, vaan ratkaisut jäävät usein pelkästään metsiköistä saatujen erillisten tietojen varaan.

Yksityismetsätaloutta varten on hyödyllistä, jos inventointien perusteella voitaisiin verrata erisuuruisten metsälöiden puuston määrää, rakennetta ja kasvua sekä metsänhoidollista tilaa jne. Jos metsälöittäistä menetelmää käyttäen suoritettaisiin perättäisiä inventointeja, voitaisiin metsävarojen ja metsien tilan kehitystä seurata kokonaisuuden lisäksi myös metsälöryhmien puitteissa. Kaikki nämä tiedot ovat yksityismetsätalouden suunnittelussa tarpeellisia. Niitä voitaisiin käyttää yleisohjelman lisäksi myös sellaisten yksiköiden hyväksi, jotka kaipaavat keskimäärin eniten ohjausta ja korjausta. Kun maamme metsäomaisuus nykyisen rakenteensa puolesta käsittää valtaosaltaan yksityismetsiä jakautuen satoihin tuhansiin metsälöihin, on yksityismetsätalouden ja koko maan metsätalouden kannalta tilakohtaiset tiedot tarpeen myös siksi, että nykyisessä laajuudessa suoritettuna tilakohtaista suunnittelua ei pystytä tyydyttävästi hoitamaan.

Jos pitäjää suurempien alueiden metsävarojen inventointi toimitettaisiin metsälöittäin, tehostuisi työ tarvittavien ponnistusten ja rasitusten vähentyessä verrattuna nykyisessä muodossa suoritettuun yhtenäiseen linjoittaiseen arviointiin. Esimerkiksi valtakunnan metsien inventoinneissa, joissa arviointi on tapahtunut satojakin kilometrejä pitkiä linjoja käyttäen, arviointiryhmien on pitänyt työvarustuksen lisäksi kantaa koko henkilökohtainen varustus mukanaan. Tämä on fyysisesti erittäin rasittavaa. Jos vastakohdaksi otetaan metsälöittäinen arviointi, missä arviointiryhmät voivat käyttää autoa siirtyessään tilalta toiselle sekä myös päivittäisiin työmatkoihin, mikä jo sinänsä tehostaa ajan käyttöä ja lisää työsaavutuksia, niin silloin ei tarvitse kantaa kaikkia varusteita mukana, koska ylimääräiset voidaan pitää joko autossa tai jättää majapaikkaan. Valtakunnan metsien inventoinnissa vain poikkeustapauksissa on tullut kysymykseen, että edes kahtena peräkkäisenä yönä on ollut tilaisuus käyttää samaa taloa majoittumiseen.

Nykyisenä moottorien aikakautena on myös psykologisesti merkittävää, että on mahdollisuus auton käyttöön, sillä luultavasti jo lähitulevaisuudessa tuottaa vaikeuksia saada miehiä esim. valtakunnan metsien arviointiin, jos se suoritetaan nykyiseen tapaan yhtenäisin pitkin linjoin (vrt. Ilvessalo 1951, s. 9). Nykyisessä perusmuodossaan valtakunnan metsien arviointimenetelmä voidaan tosin muuttaa sellaiseksi, että jokaisella arviointiryhmällä on mahdollisuus käyttää autoa.

Edellisen perusteella näyttää tarpeelliselta tutkia suurtenkin metsäalueiden metsälöittäistä inventointia, jonka käyttö riippuu ratkaisevasti tiloittaisen arvioinnin tulosten luotettavuudesta ja kustannuksista verrattuna muihin menetelmiin. Esillä oleva tutkimus pyrkii valaisemaan näitä kysymyksiä. Tarkoituksena on pitäjän puitteissa verrata yhtenäistä, koko tutkimusalueen peittävää linjoittaista ympyräkoeala-arviointia ja saman alueen, sen metsäalasta tietyn suuruisen näytteen muodostamaa, metsälöittäistä ympyräkoeala-arviointia ja näiden edullisuutta. Kumpaankin menetelmään sisältyy silmävarainen arviointi, joten myös sen luonne ja luotettavuus on tutkimuksen kohteena. Edelleen tutkitaan relaskooppiarvioinnin luotettavuutta linjoittaisessa koeala-arvioinnissa ja verrataan sen tuloksia ja edullisuutta ympyräkoeala-arviointiin. Metsälöittäiseen arviointiin on lisäksi yhdistetty kolmen näytteen keskinäinen vertailu.

Lopuksi tutkimuksessa pyritään selvittämään, kuinka paljon tilastollisen tarkkuuden tunnukset poikkeavat toisistaan ja onko poikkeuksilla tilastollista merkitystä, kun laskennassa käytetään tavallisia satunnaisnäytteen menetelmiä tai systemaattiselle näytteelle kehitettyjä laskentamenetelmiä.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä tutkimuksessa on käytetty linjoittaista ympyrä- ja relaskooppikoeala- sekä silmävaraista arviointia, joita kutakin tarkastellaan erikseen.

21. Yhtenäinen arviointi

Sahalahden pitäjän valitseminen inventoinnin tutkimusalueeksi johtui yksin omaan siitä, että tällä alueella oli jo v. 1912 suoritettu kaista-arviointiin liittyviä perustutkimuksia (Ilvessalo 1923) ja nyt haluttiin suorittaa uusi inventointi alueen metsävarojen noin 50-vuotisen kehityksen selvittämiseksi (Ilvessalo 1961). Tähän työhön voitiin oleellisena osana liittää nyt tarkasteltavana oleva tutkimus. Eri inventointien tulosten vertailun helpottamiseksi arvioinnin linjojen sijoitus pyrittiin tarkoin pitämään samana kuin vuoden 1912 arvioinnissa, jonka linjakartasto oli käytettävissä.

211. Ympyräkoeala-arviointi

Ympyräkoeala-arvioinnissa koealat sijaitsevat maastossa joko sattumanvaraisesti tai systemaattisesti. Paljon käytetään myös erilaisia satunnais- ja systemaattisen näytteen yhdistelmiä. Tässä tutkimuksessa on kysymys systemaattisesta arvioinnista, missä koealat on mitattu 300 m:n välimatkoin linjoilta, jotka ovat toisistaan 500 m:n etäisyyksin. Kuvasta 1 nähdään arviointilinjojen sijainti tutkimusalueella.

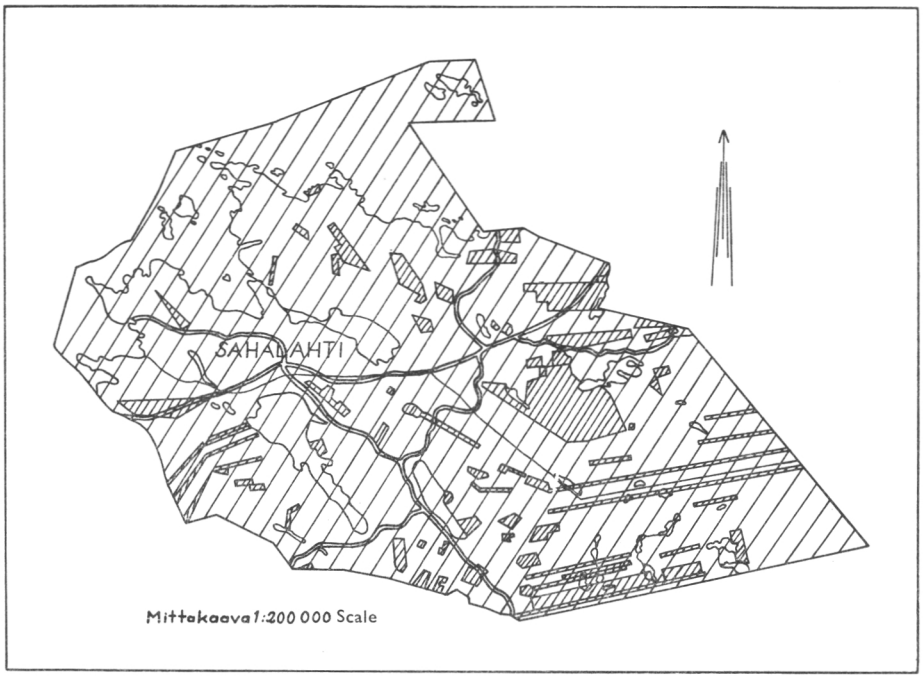
Koealojen lukumäärä ja koko riippuvat halutusta tulosten tarkkuudesta. Molemmat vaikuttavat tarkkuuden lisäksi arviointikustannuksiin. Niinpä 10 aarin koealoja tarvitaan koealakuutioiden vaihtelusta riippuen tuntuvasti vähemmän kuin 5 aarin samansuuruista näytettä varten (vrt. Kuusela 1960 a, s. 55). Tarkkuus ei riipu suorassa suhteessa arviointisadanneksesta, jos koealojen koko vaihtelee. Yleensä tarkkuus paranee, jos koealan koko pienenee puoleen ja lukumäärä kaksinkertaistuu. Poikkeuksia voi kuitenkin sattua esimerkiksi erityisen harvapuustoisissa metsiköissä. Jos kysymyk-

sessä on pelkästään koeala-arviointi, niin suurten koealojen käyttö ei ole yhtä edullista kuin pienten. Kun suuret koealat otetaan harvempaan kuin pienet, niin tällöin esiintyvä metsiköittäinen vaihtelu ei tule niin hyvin esiin kuin tiheämpään mitattavien pienten koealojen avulla (Ilvessalo 1920 a; Spurr 1952, s. 386 ja Kuusela 1961 a, s. 14). Lisäksi koealojen koon pienentäminen yleensä lisää koealatunnusten vaihtelua, sillä suurilla koealoilla vaihtelu tasoittuu (Hasenkampf 1954, s. 30 ja Kuusela 1960 a, s. 7). Vaihtelun suuruus ja arvioitavan metsäalueen yhtenäisyys on siten osaltaan otettava huomioon koealojen määrää tai arviointiverkoston tiheyttä ratkaistaessa. Mitä epäyhtenäisempi metsäalue on, sitä enemmän koealoja tarvitaan. Toisaalta koealojen lukumäärää vähentävänä tekijänä on samanaikaisesti arvioitavan alueen metsäpinta-ala. Pinta-alan kasvaessa voidaan koealojen suhteellista määrää vähentää (Lappi-Seppälä 1924 ja Ilvessalo 1935). Tutkimuksessa on käytetty *kolmen aarin koealakokoa*, mitä monissa tapauksissa pidetään hyvin edullisena (esim. Ilvessalo 1935 ja Kuusela 1961 a), ja yleensä luokittamattomalla metsäalueella on paikallaan käyttää pienempiä koealoja kuin luokitellulla metsäalueella (Nyyssönen-Vuokila 1963).

Oli sitten kysymyksessä kaista-arviointi tai linjoittainen koeala-arviointi, tulosten tarkkuuteen vaikuttaa *arviointilinjojen suunta*. Vaihtelun esiin saamiseksi arviointilinjojen pitäisi suuntautua kohtisuoraan maastokuvioiden yleistä pitkittäissuuntaa vastaan (Lappi-Seppälä 1924, s. 24 ja Ilvessalo 1935, s. 4). Valtakunnan metsien inventoinneissa arviointilinjojen suunta on ollut juuri tällainen. Ne ovat olleet lounaasta koilliseen ja siis kohtisuoraan jääkauden mullistusten aiheuttamaa yleistä maaston muodostusta vastaan (vrt. Ilvessalo 1927, s. 290).

Viimeisten tutkimusten mukaan edullisimman linjasuunnan määrittelyssä pitäisi kuitenkin ottaa huomioon muitakin tekijöitä kuin maastokuvioiden suunta. Näitä on arvioitavan alueen muoto sekä arvioitavien osapinta-alojen jakaantuminen arviointialueelle (Kuusela 1960 a, s. 22—25). Kuuselan mukaan »linja-arvioinnilla saatavan osapinta-alan tarkkuus on riippuvainen asianomaisen osapinta-alan ryhmittymisestä alueelle ja sen kuvioita leikkaavien linjojen lukumäärästä. Edullisin linjasuunta määräytyy ryhmittymisen perusteella ja se selvitetään seuraavasti:

Osapinta-alan kuviot projisioidaan sama-alaisiksi suorakaiteiksi siten, että suorakaiteen sivu mahdollisessa linjasuunnassa on yhtä suuri kuin projisiointikuvion pisin halkaisija samassa suunnassa. Tällöin suorakaiteen linjasuunnan suhteen kohtisuorassa oleva sivu tulee niin pitkäksi, kuin suorakaiteen pinta-ala edellyttää. Se linjasuunta, jota ja muuttumatonta linjaväliä käytettäessä suurin määrä linjoja leikkaa suorakaiteen, on edullisin. Linjasuunta voidaan usein päätellä tarkastelemalla osapinta-alan ryhmittymistä alueelle sekä osapinta-alan kuvioiden pitkittäissuunnan perusteella.»



Kuva 1. Tutkimusalue ja arviointilinjaston sekä arviointimetsälöiden sijainti.
Fig. 1. The research area and location of survey lines and survey holdings.

Tämän työn tutkimusalueella arviointilinjojen suunta oli kohtisuorassa maastokuvioiden yleistä esiintymissuuntaa vastaan suunnilleen lounaasta koilliseen (kuva 1) sekä samalla alueen metsien jakaantumista ajatellen sopiva.

Koska linjaverkosto oli sama kuin v. 1912 arvioinnissa, oli linjojen suunnan ohella myös linjaväli, 500 m, määrätty etukäteen. *Koealaväliksi* otettiin koealojen lukumäärän lisäämiseksi 300 m, mikä oli siten huomattavasti lyhyempi kuin linjaväli. Koealojen edustavuutta ajatellen siihen voidaan suhtautua kriitillisesti, mikäli linjojen suunta ei olisi oikea, mutta jos suunta on oikea, kuten tässä tapauksessa voitaneen katsoa olevan, ei tehdyllä huomautuksella ole merkitystä, vaikka koealaväli olisikin linjaväliä lyhyempi (vrt. K u u s e l a 1960 a, s. 25).

Koealojen mittauksessa noudatettu tarkkuus ja täsmällisyys vaikuttavat osaltaan arvioinnin tulosten luotettavuuteen. Ympyräkoealojen rajoitus on tässä mielessä erittäin tärkeä, niin myös puiden luku ja koepuiden otto. Merkitystä on myös koealojen sijoittumisella kuvioiden rajoille. Koealat olisi pyrittävä ottamaan niiltä paikoilta, mihin keskipisteet osuvat, eikä keskipistettä pitäisi siirtää paitsi erittäin pakottavissa tapauksissa, jos esim. koeala sattuisi ulottumaan kahden eri maankäyttölajin kuviolle (vrt. *Metsän-*

arvioimisen ... 1960). Tutkimuksessa koealojen koko oli siksi pieni, että vain poikkeustapauksissa koealan siirto tuli edes harkittavaksi.

Koealan rajoitus tapahtui sädenauhan avulla. Tehtävä on suoritettava erittäin huolellisesti. Erityisesti koealan reunamilla olevat rajatapaukset on huolellisesti tarkistettava, sillä muutoin puiden rajoituksessa voi tulla virheitä. Kun koealan koko pienenee niin paljon, että rajoittamisessa voidaan käyttää tankoa, niin luotettavuus todennäköisesti lisääntyy. Tässä mielessä Ruotsin valtakunnan metsien inventoinnissa nykyisin käytettävät 1.38 aarin suuruiset koealat ovat edullisia (*Instruktion för* ... 1960, s. 19). Niiden rajoittaminen käy mittatangon avulla varmasti ja kätevästi. Samaa menetelmää on noudatettu Enso-Gutzeit osakeyhtiön metsien arvioinnissa (*Enso-Gutzeit* ... 1958). Kuten yleensä, tässäkin tutkimuksessa koealan piiriin luettiin reunapuista ne, joista sädenauhalla vaakasuoraan mitaten puun keskiviivasta lukien yli puolet sattui koealan puolelle. Niissä rajatapauksissa, jolloin sädenauhan pää rinnantasalla osui aivan puun keskuksen kohdalle, otettiin mukaan joka toinen puu.

Puiden luku koealoilla tapahtui mitaten puut rinnankorkeudelta (1.3 m) 2 cm:n luokin. Rinnankorkeudelta kaikki 10 cm suuremmat puut luettiin kolmen aarin alalta (säde 9.78 m) ja tätä mittaa ohuemmat puut yhden aarin alalta (säde 5.64 m).

Puuston kuutiointia ja kasvun laskentaa varten tarvittavien *koepuiden* runsauteen ja määräämistapaan nähden on esiintynyt vaihtelua eri arvioinneissa. Valtakunnan metsien kolmessa ensimmäisessä inventoinnissa silmävaraisen arvioinnin tarkistuksen suorittamiseksi puuston kuutiointi ja kasvun laskenta on suoritettu koealoittain, jolloin myös pituus- ja kapenemiskäyrät on piirretty joka koealalle erikseen. Koepuita on tällöin otettu 10—20 metsikön yhtenäisyydestä riippuen (Ilvessalo 1927, s. 19; 1936, s. 26 ja 1951, s. 41). Säännöllisissä metsiköissä vähintään 10 kasvukoepuuta voitaneen pitää riittävänä (Nyyssönen 1951).

Tässä tutkimuksessa koepuiden lukumäärä koealaa kohden on katsottu voitavan vähentää huomattavasti alle kymmenen siitäkin huolimatta, että koealojen laskenta tilastomatemaattisten laskelmien ja silmävaraisen arvioinnin tarkistuksen takia suoritetaan yksitellen. Mutta kun koepuiden osalta laskenta ei tapahdu koealoittain, vaan näistä otetaan ryhmittäisiä keskiarvoja, koepuita tarvitaan tällöin yhtä koealaa kohden vähemmän. Koealakuutioden vaihtelussa vaikuttaa tällöin ainoastaan runkoluvun ja läpimitan vaihtelu, ja siitä eliminoituu puiden pituuden ja muodon vaihtelun vaikutus kuutiomäärään, koska keskiarvojen perusteella on piirretty pituus- ja kapenemiskäyrät. Tämän seikan vaikutus voi eräissä tapauksissa olla tuntuva (vrt. Kuusela 1960 a, s. 40). Lasketut vaihtelutunnukset ja otantavirheet ovat joka tapauksessa todellista pienempiä. Kuinka suuri vaikutus tällä aineistolla on, on vaikea sanoa, kun koealoja ei voida kuutioida yksitellen.

Jotta puuston määrään ja kasvuun ei pääsisi vaikuttamaan arviointimiehen subjektiivisuus, on koepuut otettava sattumanvaraisesti. Valtakunnan metsien I arvioinnissa objektiivista otantaa pyrittiin varmistamaan siten, että ohjeena oli ottaa koepuiksi suorakaiteen muotoisen koealan oikealta puolelta lähinnä keskiviivaa olevat puut (Ilvessalo 1927, s. 19). II ja III inventoinnissa, joissa koealat olivat ympyräkoealoja, koepuut otettiin keskustaa lähinnä olevista puista siten, että ne edustivat harkinnanvaraisesti koko runkolukusarjaa. Järjestelmään on menty sen vuoksi, että haluttiin saada yksityisen koealan kuutiointiin tarvittavat koepuut mahdollisimman vähällä kustannuksella (Ilvessalo 1942, s. 23—24 ja 1951, s. 41). Nykyään pyritään kokonaan välttämään harkinnanvaraisuus ottamalla koepuut esim. määräaloilta (*Instruktion för* ... 1960; *Metsänarvioimisen* ... 1960).

Tässä tutkimuksessa pystykoepuiksi otettiin koealan keskipistettä lähinnä olevat puut. Pituus ja kapeneminen mitattiin vallitsevan puuston pääpuulajista, 2—4 puusta. Kustakin sekapuulajista, jota arviolta oli vähintään 20 % kuutiomäärästä, otettiin 1—2 sekä alikasvoksesta ja ylispuista myös 1—2 koepuuta. Kasvun tekijät (säde- ja pituuskasvu, lehtipuista latvuskerros) mitattiin enintään edellä mainittujen alarajalukujen mukaisesti ensimmäisistä pituuskoepuista. Nämä ohjeet samoin kuin koko tutkimus liittyivät osana suurempaan kokonaisuuteen, ja yhtenäisyyden vuoksi otettiin jokaisessa tutkimuskohteessa koepuut samaa periaatetta noudattaen. Kuitenkin tutkimuksessa haluttiin saada selvitystä siitä, kuinka koepuut olisivat jakaantuneet, jos niiksi olisi otettu sattumanvaraisesti kaikki puut määräaloilta esim. seuraavasti (*Metsänarvioimisen* ... 1960):

$D_{1.3}$	9	cm ja pienemmät puut	säteellä	1.30 m
»	11—23	»	»	4.00 »
»	25—31	»	»	5.64 »
»	33+	»	»	9.78 »

Suoritetussa vertailussa kävi ilmi, etteivät koepuiksi läheskään aina olisi sattuneet samat puut ja että määräaloilta otettuina koepuita olisi tullut vähemmän kuin tutkimuksessa käytetyn ohjeen mukaisesti.

Koepuiden mittauksessa noudatettiin samoja periaatteita kuin valtakunnan metsien III inventoinnissa (Ilvessalo 1951). Vaikka paksuuskasvu lakkaakin jo elokuun puoliväliin mennessä (Ilvessalo 1932), jätettiin sädekasvun mittauksessa mittausvuoden kasvu pois, jotta koko työkauden ajan olisi mittauksiin otettu mukaan samat vuodet. Koepuista kairattiin *ikä* rinnankorkeudelta. Ikä on usein määritetty kannon korkeudelta suoritetun kairauksen perusteella, johon on lisätty tietty vuosimäärä, minkä on katsottu taimelta menevän ko. korkeuden saavuttamiseen. Fysiologisen iän

määrittämiseen tämä ei useinkaan ole ollut riittävä, kuten esim. Sirénin (1950, s. 43—45) ja Vaartajan (1951, s. 17—19) tutkimukset ovat osoittaneet, vaan tuloksena on ollut eräänlainen taloudellinen ikä. Rinnankorkeusiän perusteella määritettyyn taloudelliseen ikään on Suomessakin siirrytty viime vuosina yhä enemmän (esim. Vuokila 1956, s. 37—39; *Metsänarvioimisen* ... 1960; Ilvessalo 1961 ja 1962). Ruotsissa ja Norjassa se on niin ikään otettu käyttöön *(Taksering* ... 1939, s. 21; *Vid andra* ... 1947, s. 62; Petrini 1948, s. 95 ja Hagberg 1957).

Rinnankorkeudelta kairattuun ikään on lisättävä se vuosimäärä, minkä puut keskimäärin tarvitsevat rinnankorkeuden saavuttamiseksi. Esillä olevassa tutkimuksessa rinnankorkeusikään lisättiin metsätyypistä riippuen männyllä ja koivulla 10—15 v. ja kuusella 15—20 v.

212. Silmävarainen arviointi

Silmävaraista arviointia käytetään usein haluttaessa nopeasti ja vähin kustannuksin tietoja esim. metsäalueen puuston määrästä, sen rakenteesta ja kasvusta sekä muista metsällisistä tekijöistä, jolloin yksityisen metsikön kohdalle sattuvalla virheellä ei ole suurta merkitystä. Silmävaraisella arvioinnilla saadaan monipuoliset tiedot pienistäkin alueista.

Silmävaraisen arvioinnin luotettavuutta voidaan lisätä, jos arviomies huolellisesti valmentautuu tehtäväänsä harjoittelemalla kuutiomäärien ja kuutiokasvun ym. tekijöiden arviointia mitatuilla koealoilla. Lisäksi tärkeä onnistumisen edellytys on, että arviointi suoritetaan samantasoisena ja yhtä huolellisesti sekä kaikilla metsikkökuvioilla että tarkistuksen ja oikaisun perustaksi tulevilla koealoilla. Edellä esitettyjä periaatteita pyrittiin tutkimuksessa noudattamaan.

Silmävarainen arviointi suoritettiin jokaisessa arviointilinjan kosketamassa metsikössä, jolloin täytettiin ns. kuviolomake. Siihen sisältyivät, paitsi linjan ja kuvion numerot, maankäyttölaji ja metsä- tai suotyyppi (Cajander 1909, 1913) sekä metsikön taksatorinen ja metsänhoidollinen kuvaus.

213. Relaskooppiarviointi

Relaskooppiarvioinnilla tarkoitetaan varsinaisesti relaskoopin avulla suoritettua metsikön pohjapinta-alan määrittämistä. Jos lisäksi selvitetään metsikön keskipituus, saadaan kuutiomäärä suoraan tätä varten laadituista taulukoista (esim. Nyyssönen 1959 a). Tämä on ns. pohjapinta-ala-keskipituusmenetelmä.

Siitä lähtien kun Bitterlich (1948) keksi tämän yksinkertaisen ja nopean pohjapinta-alan arvioimistavan, missä perusajatuksena on, että relaskoopilla määritetyt puut edustavat kukin yhtä suurta pohjapinta-alaa, esim. 1 m^2 hehtaaria kohti tai sen määräsuuruista osaa, on relaskoopin käyttöä ja relaskooppimenetelmiä erityisen paljon tutkittu niin Suomessa kuin muuallakin (esim. Hirata 1955 ja 1958; Senda ja Maezawa 1955; Strand 1957 b ja c; Grosenbauch 1958; vrt. myös s. 10).

Relaskooppiarvioinnin tarkkuudesta puuston arvioinnissa on Suomen olosuhteissa tehty tutkimus, jolloin vertailumenetelmänä on käytetty lähinnä täydellistä puiden lukua sekä osittain myös ympyräkoeala-arviointia (Vuokila 1959). Samaan tapaan esillä olevan tutkimuksen yhtenä tarkoituksena on verrata relaskooppi- ja ympyräkoeala-arviointia keskenään suurehkon metsäalueen linjoittaisen arvioinnin yhteydessä (vrt. Nyyssönen 1959 b, s. 8).

Yhtenäisessä ympyräkoeala-arvioinnissa merkittiin koealojen keskipisteet paaluilla, jotta relaskooppiarviointia myöhemmin suoritettaessa myös relaskooppikoealojen keskipisteet voitiin määrittää samoiksi.

Relaskooppikoealoilla puita luettaessa *tähtäyskulmana* käytettiin yleensä sitä aukkoa, joka antaa suoraan puiden lukumäärän mukaisen pohjapinta-alan neliömetreinä hehtaaria kohden. Vain poikkeustapauksissa, esim. hyvin järeissä metsiköissä, käytettiin tätä suurempaa aukkoa havaintopiirin supistamiseksi mm. sen tähden, että koealat muutoin olisivat ulottuneet metsämaakuvioiden ulkopuolelle. Näiden tapausten lukumäärä oli kuitenkin alle 3 %, joten niillä ei ole ollut vaikutusta tulosten laskennassa.

Relaskooppikoealoilla *puiden luku* tapahtui puulajeittain ja puujaksoittain. Rinnankorkeusläpimitat mitattiin koealan keskipisteen puolelta samassa suunnassa kuin relaskooppihavainnot oli tehty. Relaskooppia käytettäessä esiintyi rajatapauksia, jolloin havaintojen tekijä oli epävarma, oliko puu luettava koealan piiriin vai jätettävä pois. Tutkimuksessa pidettiin ohjeena, että havainnoitsijan oli relaskoopilla määritettävä, mitkä puut oli luettava koealaan kuuluviksi, mitkä siitä jätettävä pois.

Relaskoopilla tapahtuvan pohjapinta-alan arvioinnin tarkkuuden toteamiseksi otettiin yksi tarkistuskoeala jokaista 10 koealaa kohden havainnoitsijan siitä etukäteen tietämättä. Tällöin mukaan tulevat puut määritettiin mittaamalla puun rinnankorkeusläpimitta mm:n ja puun keskipisteen etäisyys havainnoitsijasta cm:n tarkkuudella. Relaskoopin periaatteen mukaisesti normaalia 2 cm:n aukkoa käytettäessä puu jätetään huomioon ottamatta, jos mitattu etäisyys on suurempi kuin 50 kertaa rinnankorkeusläpimitta. Saadut pohjapinta-alan tarkistustulokset merkittiin koealalomakkeisiin, mutta niitä ei ilmoitettu havainnoitsijalle, jottei hän olisi ruvennut muuttelemaan havaintomenettelyään.

Varmin tapa tietysti olisi ollut mitata kaikki epävarmat puut, jolloin mittaus olisi vastannut sädenauhan käyttöä, mutta tutkimuksen tarkoituk-

sena oli verrata vain tietyin tarkistusmittauksin kontrolloitua relaskooppimenettelyä ympyräkoeala-arviointiin.

Relaskoopilla määritetyn puuston kuutioimiseksi esim. Nyyssösen (1954 b, 1959 a) kuutioimistaulukoilla on metsikön pohjapinta-alan lisäksi tunnettava keskipituus. Keskipituus on monissa, varsinkin metsiköiden kehitystä kuvaavissa tutkimuksissa laskettu runkoluvulla punnittuna aritmeettisena keskiarvona (esim. Ilvessalo 1920 b ja c). Myös muita laskentatapoja on esitetty (esim. Lönnroth 1925, s. 189—190), ja erityisesti pohjapinta-alalla punnittu keskipituus on tullut käyttöön (esim. Ilvessalo 1937 ja Nyyssönen 1954 a). Keskipituus on määritetty myös pituuskäyrästä keskiläpimitan kohdalta (Nyyssönen 1954 b ja Vuokila 1956).

Käsillä olevassa tutkimuksessa keskipituudeksi otettiin sen puun pituus, joka on läpimitaltaan mediaanipuu pohjapinta-alan suhteen. Se on likimäärin yhtä suuri kuin pohjapinta-alalla punnittu keskipituus eli relaskooppipuiden aritmeettinen keskipituus. Koska jokainen relaskooppihavaintoon sisältyvä puu edustaa joko tasan 1 m^2:ä tai sen kerrannaista osaa metsikön pohjapinta-alasta, tarvitsee relaskooppihavaintoja tehtäessä vain mitata mukaan tulevien puiden läpimitat, jolloin läpimittaluokittainen runkoluvun mukainen mediaanipuu on mediaani myös pohjapinta-alaan nähden (vrt. Burkart 1948 ja Nyyssönen 1954 b). Siitä läpimittaluokasta, mihin runkolukusarjan näin määritetty keskimmäinen puu kuului, mitattiin koealan keskipistettä lähinnä olevan puun pituus. Yhteen pituusmittaukseen turvauduttiin ainoastaan yksijaksoisissa ja yhden puulajin muodostamissa metsiköissä. Jos metsikkö oli esim. kaksijaksoista, otettiin kummallekin jaksolle oma mediaanipuunsa. Sekametsiköissä otettiin mediaanipuut lisäksi kullekin puulajille, jos oli havaittavissa selvä pituusero ja sekapuulajia oli merkittävästi, yli 20 % metsikön kuutiomäärästä (vrt. Vuokila 1959, s. 27).

Relaskooppikoealan kuutioiminen ja kasvun laskenta voidaan suorittaa usealla tavalla (esim. Kuusela 1960 b ja c). Käytettävästä laskentamenetelmästä riippuu koepuiden valintamenetelmä. Edellä on mainittu, että tässä tutkimuksessa relaskooppipuuston kuutiointi tapahtuu keskipituuteen perustuvien kuutioimistaulukoiden avulla (Nyyssönen 1954 b). Kun keskipituus määritettiin mediaanipuun pituuden perusteella, otettiin kasvukoepuiksi samat mediaanipuut, mikä yksinkertaisti ja nopeutti koealan mittausta. Menetelmää voitaneen pitää riittävän luotettavana myös kasvun määrittämiseen. Kasvukoepuista tehtiin samat mittaukset kuin ympyräkoealoilla (vrt. s. 20).

Relaskooppia käytettäessä noudatettiin siis niitä yksityiskohtaisia ohjeita, joita tätä menetelmää koskevissa julkaisuissa esitetään (esim. Nyyssönen 1959 a ja Vuokila 1959).

22. Metsälöittäinen arviointi

Metsälöllä ymmärretään tässä tutkimuksessa hallinnollisesti ja organisaatioltaan itsenäistä metsätalouden kohteena olevaa talousyksikköä tutkimusalueeseen kuulumattomat ulkopalstat pois jättäen (vrt. Lihtonen 1959, s. 10—12).

Tutkimusalueen metsälöistä otettiin sattumanvaraisesti näyte, ja näytteeseen osuneet metsälöt inventoitiin samaa menetelmää käyttäen kuin yhtenäisessä arvioinnissa. Relaskooppiarviointia ei metsälöittäin suoritettu.

221. Metsälöiden luettelointi ja näytteen poiminta

Tutkimuksen perusjoukkoon päätettiin lukea kaikki tutkimusalueen yksityismetsälöt. Valtio ei tutkimusalueella omista lainkaan metsää, mutta seurakunnalla on 48 ha:n metsälö, mikä on mukana sellaisenaan perusjoukossa. Omana yksikkönä perusjoukkoon on otettu myös jokainen osakeyhtiöiden omistama metsätila. Tutkimuspitäjässä tätä omistajaryhmää edusti vain yksi puunjalostusteollisuutta harjoittava osakeyhtiö, jolla on alueella 8 metsätilaa. Näiden yhteinen metsäpinta-ala on 560 ha. Omana metsälönä pidettiin edelleen jokaista kunnan omistamaa tilaa tai tonttia, joihin veroluokituksen mukaan sisältyi metsämaata. Kunnan omistus rajoittui lähinnä koulutontteihin.

Käytettävissä oleva metsälötilasto, joka oli laadittu yksityismetsien luovutusmääriä koskevaa tutkimusta varten, ei sisältänyt mm. sellaisia pienmetsälöitä, joiden verotusta varten laskettu vuotuinen puun tuotos on alle 20 m^3 vuodessa, eikä myöskään metsähallituksen hallinnassa olevia valtion metsiä, Suomen puunjalostusteollisuuden keskusliiton jäsenyritysten metsiä, kuntien ja seurakuntien metsiä sekä yhteismetsiä (Holopainen 1956, s. 81—82). Tästä syystä katsottiin parhaaksi laatia tutkimusta varten oma metsälökortisto, joka sisältää kaikki veroluokituksen mukaan metsämaata käsittävät metsälöt. Tutkimuspitäjässä oli v. 1958 saatu päätökseen maatalous- ja metsämaiden veroluokitus, joten käytettävissä oli ajan tasalla oleva aakkosellinen verotuskortisto. Jokaisella omistajalla oli niin monta korttia, kuin hän omisti alueella sijaitsevia rekisteritiloja, jotka metsälötilastoon yhdistettiin yhdeksi metsälöksi. Poikkeus tehtiin vain kunnan ja edellä mainitun yhtiön kohdalla. Metsälökortistoon otettiin kustakin metsälöstä seuraavat tiedot: tilojen nimet, rekisterinumerot, kylä, omistaja, ilmakuvien numerot ja metsän ja maatalousmaan veroluokittaiset pinta-alatiedot sekä lisäksi muiden maankäyttölajien pinta-alat.

Näytteen poimintamenetelmistä suositeltavimpana tilastotiede pitää satunnaisvalintaa. Tietty tulosten tarkkuus saavutetaan usein melkoista pienemmällä aineistolla, jos käytetään rajoittamattoman satunnaisnäytteen sijasta luokiteltua satunnaisnäytettä, sillä luokittelun avulla tutkimuksen tehokkuus paranee (Yates 1953, s. 24). Edellytyksenä tällöin on, että perusjoukko voidaan jakaa osittaisiin, jotka tutkittavan ominaisuuden vaihtelua ajatellen ovat homogeenisempia kuin kokonaispopulaatio (esim. Spurr 1952, s. 376). Ajateltaessa tutkimuksen metsälöiden luokitusta tuntui luonnolliselta luokitusperusteelta metsälöiden suuruus, koska oli odotettavissa, että pinta-alaryhmät täyttävät kyseisen vaatimuksen. Toinen luokituksen tarkoitus oli saada erikokoisia tiloja sopivin samoin suhtein näytteeseen. Perusjoukko ryhmitettiin 8 suuruusluokkaan seuraavasti: alle 1.0 ha, 1.1—5.0 ha, 5.1—10.0 ha, 10.1—20.0 ha, 20.1—50.0 ha, 50.1—100.0 ha, 100.1—200.0 ha ja yli 200.1 ha.

Neymannin (1934) optimikiintiöinti luokkien eli osittaisiin kesken tarkoittaa valintaa, joka tietyn kokonaisnäyteyksikkömäärän puitteissa antaa pienimmän varianssin tutkittavalle tunnukselle. Tämä ns. suotuisin kiintiöinti merkitsee yleensä erisuuruisia otantaosuuksia eri luokissa. Optimaalisen kiintiöinnin edellytyksenä on, että tunnetaan etukäteen suurin piirtein tutkittaviin tunnuksiin liittyvät keskihajonnat kussakin luokassa. Tutkimusalueen metsälöistä ei ollut käytettävissä tietoja, joiden perusteella olisi voitu laskea tutkimuksen tärkeimpien karakteristikkain, keskikuutiomäärän ja keskikasvun hajonnat osittaisittain.

Ainoana lähteenä oli maatalouden kirjanpitotilojen metsien inventoinnissa kertynyt aineisto. Nämä tilat sijaitsivat tosin ympäri Etelä-Suomea, eikä niitä voitu pitää tutkimusaluetta täysin edustavina. Lisäksi tiloja ei ollut kaikissa suuruusluokissa. Kun kuitenkin tutkimusta varten tarvittiin tällaisia tietoja, laskettiin lähes 30 kirjanpitotilan metsien keskikuutiomäärän ja keskikasvun hajonnat. Tulokset osoittivat, ettei suuruusluokkien kesken keskikasvun neliöhajonnassa ollut eroa ja keskikuutiomäärässä vain vähän, mutta siinäkään ei hajonnan keskiarvoissa ollut havaittavissa suuruusluokkien pinta-aloista johtuvia eroja (vrt. M. Ilvessalo-Mäkinen 1962 ja Mäkinen 1962). Sanotaan kyllä saavutettavan optimaalisen kiintiöinnin etuja, jos käytetään otantaosuuksia, jotka ovat verrannollisia osittaisiin keskipinta-alaan (Yates 1953, s. 28 ja vrt. myös Holopainen 1956, s. 83).

Luokiteltua satunnaisnäytettä voidaan soveltaa myös suhteellista valintaa käyttäen. Niin tehtiin myös tässä tutkimuksessa. Suhteellinen kiintiöinti eri luokissa voi tapahtua joko metsälöiden lukumäärän tai metsäpinta-alan perusteella. Tarkoituksenmukaisimmaksi katsottiin otantaosuuksien määrittäminen metsäpinta-alojen suhteena. Kun tässä menetelmässä kiintiöinti voidaan suorittaa jo perusjoukon suuruusryhmityksen perusteella, pidetään

sen käyttöä yleisesti suositeltavana (vrt. Holopainen 1956, s. 106; Nyyssönen-Vuokila 1963). Kiintiöinti suoritettiin seuraavaa kaavaa käyttäen:

$$n_h = \frac{A_h}{A} \cdot n,$$

missä n_h = näyteyksiköiden metsäala ositteessa h
n = koko näyteyksiköiden metsäala
A_h = metsäpinta-ala ositteessa h
A = koko metsäpinta-ala
n_h:n ja n:n tilalla voi olla vastaavat lukumäärät.

Näytteen suuruutta määritettäessä lähdettiin siitä, että yhtenäisen ja metsälöittäisen arvioinnin tarkoituksenmukainen vertailu edellyttää samanarvoisia näytteitä molemmissa menetelmissä. Kun kuitenkin tutkimuksen eräänä tehtävänä on myös erisuuruisten metsälönäytteiden vertailu, päätettiin ottaa kokonaisuudessaan suhteellisen suuri näyte ja erottaa siitä kaksi pienempää näytettä. Tilanäytteiden suuruudeksi valittiin 20, 10 ja 5 % metsäpinta-alasta.

Näytemetsälöiden arvonta suoritettiin satunnaislukujen taulukon avulla, mitä varten metsälökortit numeroitiin. Jokaiseen pinta-alaluokkaan näytemetsälöitä tuli niin paljon, että niiden yhteinen metsäpinta-ala oli 20 % luokan koko metsäalasta. Muodostettaessa myöhemmin 10 ja 5 %:n näytteitä vähennettiin näytteeseen viimeksi tulleita tiloja niin monta, että jäljelle jäävän näytteen metsäala oli ensiksi puolet ja toiseksi neljännes alkuperäisestä näytteestä. Eri ositteisiin viimeksi arvottujen metsälöiden pinta-alasta jäi riippuvaksi, kuinka lähelle suunniteltua kokonaisnäytettä

Taulukko 1. Kiintiöinti.
Table 1. Allocation.

Ositteet pinta-alaluokan perusteella *Stratification by area classes*	Perusjoukko *Population*		Näyte 20 % *Sample per cent*			
	Metsälöiden luku *Number of holdings* N_h	Metsäala, ha *Forest area, hectares* A_h	Näytemetsälöiden luku *Number of sample holdings* n_h	Näytteen suuruus, ha *Size of sample, hectares* a_h	Otantaosuus (f), % *Sampling ratio (f), per cent*	
					alasta *of the area* f_{ha}	lukumäärästä *of the number of holdings* f_n
— 1.0	40	21.8	7	4.6	21	18
1.1— 5.0	61	157.0	9	30.9	20	15
5.1— 10.0	48	373.6	10	79.7	21	21
10.1— 20.0	71	1 043.6	13	192.1	18	18
20.1— 50.0	47	1 550.7	10	300.8	19	21
50.1—100.0	43	3 112.2	8	651.6	21	19
100.1—200.0	19	2 336.9	4	526.0	22	21
200.1+	4	1 146.2	1	392.1	34	25
Yhteensä — *Total*	333	9 742.0	62	2 177.8	22	19

päästiin. Taulukosta 1 nähdään tutkimusalueen metsälöiden ja niiden metsäpinta-alan jakaantuminen suuruusluokkiin sekä vastaavat otantaosuudet.

Edellä esitetyn perusteella voidaan sanoa, että poimintamenetelmän voidaan katsoa täyttävän todennäköisyysvalinnalle eli otokselle asetettavat vaatimukset, koska jokaiselle näyteyksikölle on ennen valintaa määrätty toisista näyteyksiköistä riippumaton sama todennäköisyys tulla näytteeseen.

222. *Ympyräkoeala-arviointi metsälöillä*

Metsälöittäistä ympyräkoeala-arviointia varten on tarvittavien koealojen määrän selvittäminen etukäteen tarpeellista, sillä arviointiprosentilla on ratkaiseva vaikutus tuloksiin, koska keskivirhe yleensä suurenee arviointiprosentin pienetessä. Käytännön arviointeja varten on Tapion taskukirjassa esitetty ohjeita, joissa on suositeltu seuraavia koealavälejä: noin 25 ha pienemmillä metsälöillä koealaväli on 50—70 m, noin 40—50 ha:n suuruisilla 100 m, noin 60—80 ha:n 150 m, noin 120—140 ha:n 200 m ja noin 250 ha:n suuruisella alueella 300 m (Ilvessalo 1959, s. 186).

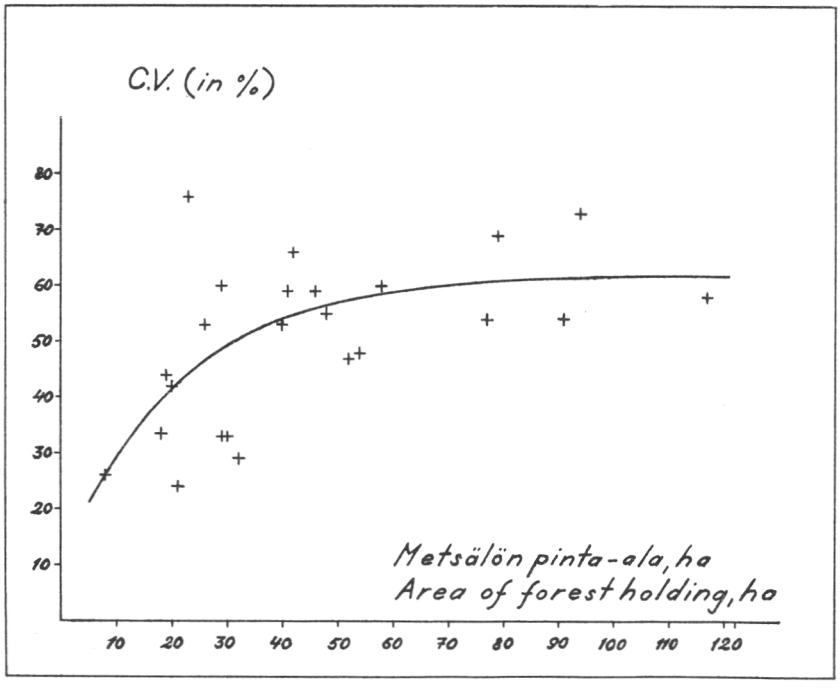
Jos kuutiomäärän satunnaisvirhe halutaan pienemmäksi kuin 10 % ja useissa tapauksissa pienemmäksi kuin 5 %, on Kuuselan (1962, s. 100) mukaan pinta-alasuhteet selvitettävä 10—20 arviointilinjalla ja 2—3 aarin koealoja mitattava 40 ha:n metsäalueella 50, 70 ha:n 70, 100 ha:n 85, 250 ha:n 120 ja 500 ha:n 180 kpl. Tämän mukaan koealoja on otettava enemmän kuin edellisen ohjeen mukaan, mikä on tarkoitettu puustoltaan suhteellisen yhtenäisille palstoille.

Jotta vältyttäisiin erittäin virheellisiltä tuloksilta ja voitaisiin varmistaa keskivirhelaskelmat, tarvittaisiin pienilläkin metsälöillä yleensä 10—15 koealaa (Eckert 1951, s. 25—26). Lihtosen (1959, s. 184) mukaan maatilametsät yleensä edellyttävät suhteellisen tiheätä linjastoa ja suurehkoa ympyränäytealojen kokoa (esim. 5 aaria). Näin pitäisi olla varsinkin niissä metsissä, joiden käsittelyssä tavataan monenlaista jälkeä.

Tarvittavien koealamäärien selvittämiseksi tehtiin valmistavia laskelmia maatalouden kirjanpitotilojen metsien inventointitulosten perusteella. Jo varhemmin on mainittu, että erikokoisille tiloille laskettiin mm. keskikuutiomäärän keskihajonnat ja variaatiokertoimet. Nämä sijoitettiin tasoitusta varten millimetripaperille, jonka abskissa-akselina oli metsälöiden pinta-ala (kuva 2). Erikokoisille metsälöille koealojen lukumäärä kirjanpitotilojen keskikuutiomäärän hajonnan mukaisesti laskettiin kaavasta:

$$n = \frac{s^2}{s_{\bar{x}}^2}.$$

Keskivirheenä pidettiin 5 ja 10 %. Suhteellinen hajonta otettiin tasoitusviivasta (kuva 2) ja näin saatiin 5 aarin koealakokoa käytettäessä ja



Kuva 2. Keskikuutiomäärän variaatiokertoimen suuruus eräissä maataloushallituksen kirjanpitotilojen metsissä.

Fig. 2. The coefficient of variation of the mean volume in some forests of the bookkeeping farms under the supervision of the State Board of Agriculture.

ottamatta huomioon rajoitetun populaation vaatimusta seuraavan asetelman mukaiset koealamäärät:

	Metsäala, ha														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
	koealojen lukumäärä, kun keskivirhe on 5 tai 10 %														
5 %	16	34	52	70	85	96	108	117	125	130	144	149	149	154	154
10 %	4	8	13	18	21	24	27	29	31	33	36	37	37	38	38

Asetelman luvut osoittavat, että koealojen tarve on varsin suuri, jos tarkkuudeksi otetaan vähintään 5 %:n yksinkertainen keskivirhe, mutta jos keskivirhe saa olla suurempi, koealojen määrää voidaan tuntuvasti vähentää. Edellä mainitut luvut osoittavat sattumanvaraista koealojen sijoittumista, kun sitä vastoin systemaattisessa sijoituksessa koealatarve on pienempi. Tutkimuksessa päätettiin vähentää koealojen lukua 5 %:n keskivirheen määrästä, koska tarkoitus oli saada näin luotettavat tulokset vain koko tutkimusaluetta kohden mutta ei yksityisille tiloille. Sen tähden keskivirhe tilaa kohden voi olla vähän suurempi, kun se kokonaisuutena saadaan tarpeeksi pieneksi.

Ympyräkoealat mitattiin seuraavin linja- ja koealavälein:

Metsälön pinta-ala, ha	Linja- ja koealaväli, m	Koealoja, kpl
— 1.0	50	4
1.1— 5.0	60	14
5.1— 10.0	70	20
10.1— 20.0	80	31
20.1— 30.0	90	37
30.1— 50.0	100	50
50.1— 70.0	110	58
70.1—100.0	120	69
100.1—120.0	130	71
120.1—150.0	140	76
150.1—190.0	150	84
190.1—250.0	160	98
250.1—300.0	170	104
300.1—350.0	180	108
350.1—400.0	190	111
400.1+	200	112+

Ennakkolaskelmien mukaan nämä koealamäärät edellyttivät metsälöä kohden noin 6—8 %:n keskivirhettä. Esitettyjä koealamääriä päätettiin lisätä pienentämällä koealaväli lähinnä edelliseen luokkaan, jos metsälön puusto oli hyvin epätasaista ja jos metsälön muoto oli arvioinnille epäedullinen.

Arvioinnin tarkkuuteen vaikuttaa koealojen lukumäärän ohella myös koealojen koko ja muoto (vrt. esim. Hasel 1938, s. 735; Matérn 1947, s. 96 ja Kuusela 1960 a, s. 55). Koealojen koko pidettiin samana kuin yhtenäisessä arvioinnissa eli 3 aarina, mitä kokoa on monessa yhteydessä pidetty sopivana. Suurempaa koealakokoa on käytetty esim. Yhdysvalloissa ja Kanadassa (vrt. Bickerstoff 1947; Eckert 1951, s. 54—55; Johnson ja Hixon 1952 ja Clark 1953). Norjassa ja Ruotsissa taas on siirrytty 3 aaria pienempään koealakokoon (esim. Lissdaniels 1947; Hagberg 1957 ja Strand 1957 a).

Kun tutkimus päätettiin suorittaa ympyräkoeala-arviointina, ratkaistiin samalla mitattavien koealojen muotoa koskeva kysymys. Ympyrää pidetään yleensä tarkoituksenmukaisimpana koealan muotona (esim. Loetsch 1951; Richter ja Grossman 1959). Suomessa ympyräkoealoja on käytetty yleisesti, joskin myös suorakaiteen muotoiset koealat on usein katsottu sopiviksi joihinkin tarkoituksiin (vrt. Kangas 1959—60 ja Kuusela 1961 a).

Kun koeala- ja linjavälin pituus pidettiin metsälöittäisessä arvioinnissa samana, voidaan jokaisen koealan edustavuuden katsoa olevan mahdollisimman suuri (Kuusela 1960 a, s. 25; *Metsänarvioimisen . . .* 1960).

3. TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY

Tutkimuksen kenttätöihin osallistui kaksi arviointiryhmää, joiden kesken tutkimusalue jaettiin kahtia. Kumpikin ryhmä suoritti omalla alueellaan sekä yhtenäisen että metsälöittäisen arvioinnin. Tutkimuksen kenttätöistä saatiin ensimmäisenä työkautena v. 1959 suoritetuksi yhtenäinen arviointi ja metsälöittäisestä arvioinnista noin puolet. Jäljelle jääneet metsälöt arvioitiin tätä seuraavana kesänä. Kun viimeksi mainituille tuli siten yksi kasvukausi enemmän kuin edellisen kesän arviointien osalle, oli tämä otettava puuston määrässä huomioon. Kun toisaalta oli todettu, että talvikauden 1959—60 aikana metsiä oli hakattu runsaasti, niin hakkuun kuutiomäärää vähentävä vaikutus oli myös otettava huomioon. Sen tähden toisena kenttätyökautena arvioiduilla metsälöillä tiedusteluin selvitettiin yhden hakkuukauden poistuma.

31. Aineisto

Yhtenäisessä linjoittaisessa ympyräkoeala-arvioinnissa mitattiin metsämaalta kaikkiaan 594 koealaa. Koealojen yhteinen pinta-ala vastaa 0.18 % tutkimusalueen metsäalasta. Kumpikin arviointiryhmä mittasi lähes yhtä monta koealaa (298 ja 296). Koealat jakaantuivat eri metsätyyppien ja eri puulajivaltaisten metsien osalle taulukon 2 mukaisesti. Kun arviointilinjoja tutkimusalueella oli 40, tuli koealoja yhtä linjaa kohden keskimäärin 15. Metsämaakuvioiden yhteinen pituus näillä linjoilla on 186 196 m, mikä arviointilinjaa kohden tekee 4 655 metriä.

Kun relaskooppiarviointi suoritettiin vain toisen arviointiryhmän alueella, jäi näiden koealojen lukumäärä vain puoleen ympyräkoealoihin verrattuna. Mitatuista 298 relaskooppikoealasta tuli lehtojen ja käenkaalimustikkatyypin osalle 52, mustikkatyypille 122, puolukkatyypille ja kalliomaille 86, korpimaille 14, rämeille 17 ja ojitetuille soille 7.

Metsälöittäisessä arvioinnissa on mukana 62 metsälöä. Nämä jakaantuvat eri pinta-alaluokkien ja erisuuruisten näytteiden kesken taulukon 3 mukaisesti. Taulukosta 4 on nähtävissä metsälöarvioinnissa mitattujen koealojen lukumäärät. Koealoja on eri näytteissä 421, 833 ja 1 541 kpl. Mänty- ja kuusivaltaisten metsiköiden osuus on suunnilleen yhtä suuri, mutta lehtipuuvaltaisten metsiköiden muita huomattavasti pienempi, vain noin 10 sadannesta koealojen kokonaismäärästä. Paljaita aloja edustaa kaikkiaan

Taulukko 2. Koealojen jakaantuminen tutkimusalueen yhtenäisessä arvioinnissa.
Table 2. Distribution of sample plots in uniform survey.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*	Paljaita *Treeless*	Mänty- *Pine*	Kuusi- *Spruce*	Lehtipuu- *Hardwoods*	Yhteensä *Total*
		valtaiset metsät *as dominant species*			
	koealoja, kpl — *number of sample plots*				
Lh [1]) + OMT — *Oxalis-Myrtillus type* ...	1	16	38	34	89
MT — *Myrtillus type*	3	72	171	26	272
VT — *Vaccinium type*	8	104	27	3	142
VrK [2]) I — *Rocky terrain*	1	29	2	—	32
Korvet — *Spruce swamps*	1	—	16	5	22
Rämeet — *Pine swamps*	1	17	—	2	20
Ojitetut suot — *Drained swamps*	—	6	3	8	17
Koko metsämaa — *All forest land*	15	244	257	78	594

[1]) Lh merkitsee yhteisesti kaikkia, alueella aivan pienessä määrässä esiintyviä lehtometsätyyppejä. — *Lh includes all very sparsely occurring grassherb types.*

[2]) VrK merkitsee vaihtelevasti puustoa kasvavia kalliomaita. — *VrK includes rocky terrain supporting tree growth.*

Taulukko 3. Tutkimusmetsälöiden määrä eri näytteissä ja niiden jakaantuminen pinta-alaluokkiin.
Table 3. Number of holdings studied in different samples and their distribution by area-classes.

Metsälön suuruusluokka, ha *Area class in hectares*	Näyte — *Sample* 5	10	20
	% — *per cent* metsäalasta — *of forest area*		
	Metsälöiden luku *Number of holdings*		
— 1.0	2	3	7
1.1— 5.0	3	5	9
5.1— 10.0	2	5	10
10.1— 20.0	3	7	13
20.1— 50.0	2	5	10
50.1—100.0	2	4	8
100.1—200.0	2 [1])	3 [1])	4
200.1+			1
Yhteensä — *Total*	16	32	62

[1]) 5 ja 10 %:n näytteessä kaksi suurinta pinta-alaluokkaa yhdistetty. — *In sampling percentages of 5 and 10 per cent the two largest area classes are combined.*

Taulukko 4. Koealojen jakaantuminen metsälöittäisessä arvioinnissa.
Table 4. Distribution of sample plots in survey by holdings.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Paljaita *Treeless*			Mänty- *Pine*			Kuusi- *Spruce*			Lehtipuu- *Hardwoods*			Yhteensä *Total*		
	valtaiset metsät — *as dominant species*														
	Näyte — *Sample*														
	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20
	% — *per cent*														
	koealoja, kpl — *Number of sample plots*														
Lh + OMT			1	8	11	18	30	58	96	16	34	62	54	103	177
MT	4	4	8	71	117	201	78	194	389	10	28	53	163	343	651
VT + VrK		3	7	130	230	408	27	63	110	1	1	5	158	297	530
Kp + Rä				12	23	36	12	24	52	6	10	25	30	57	113
Ojitetut suot			1	8	10	25	6	14	24	2	9	20	16	33	70
Koko metsämaa — *All forest land*	4	7	17	229	391	688	153	353	671	35	82	165	421	833	1541

[1]) For the forest site types see Table 2.

17 koealaa, mikä sadanneksina on 1.1. Yhtenäisessä arvioinnissa näitä puuttomia koealoja oli 15 eli 2.5 % kokonaislukumäärästä.

Jos mitattujen koealojen lukumääriä verrataan näytteiden metsäpinta-aloihin, voidaan todeta, että arvioiduilla metsälöillä otettiin yksi koeala keskimäärin jokaista 1.3—1.4 metsähehtaaria kohden. Koealojen yhteenlasketut pinta-alat edustavat 5, 10 ja 20 %:n näytteissä 0.13, 0.26 ja 0.48 sadannesta tutkimusalueen metsäalasta.

Metsälöarvioinnissa arviointilinjaa mitattiin metsämaalla kaikkien näytteiden yhteismääränä 183 030 m, mikä on 3 166 m vähemmän kuin yhtenäisessä arvioinnissa. Sitä vastoin ympyräkoealoja mitattiin metsälöittäisessä arvioinnissa 2.6 kertaa enemmän.

32. Aineiston käsittely

Tutkimusaineiston käsittely on ollut perusosiltaan hyvin pitkälle samaa metsälöittäisessä ja yhtenäisessä arvioinnissa. Vain aineiston tilastomatemaattinen laskenta on suoritettu jossain määrin eri tavoin arviointimenetelmästä riippuen.

321. Koealojen laskenta

Jotta tutkimustulosten tarkkuus voitaisiin määrittää sekä suorittaa muut tarpeelliset tilastomatemaattiset laskelmat, on välttämätöntä tuntea erikseen jokaisen koealan mittaustulokset. Sitä edellyttää myös silmävaraisen arvioinnin tarkistaminen. Vaikka koealojen laskenta on suoritettu yksitellen, ei sitä ole tehty kunkin koealan omien koepuiden perusteella vaan yhdistämällä koepuut tietyiksi ryhmiksi ja käyttämällä sitten ryhmittäisiä keskiarvoja.

3211. Ympyräkoealojen kuutiomäärän ja kasvun laskenta

Koska koealojen kuutiointi suoritettiin Ilvessalon (1947) pystypuiden kuutioimistaulukoiden avulla, jotka perustuvat puulajeittaisiin rinnankorkeusläpimitan mukaisiin pituus- ja kapenemislukuihin, oli ensin piirrettävä keskimääräiset pituus- ja kapenemiskäyrät. Sitä varten koealalomakkeet ryhmitettiin metsä- ja suotyyppien mukaan ja niiden puitteissa edelleen ikäluokkiin. Näissä ryhmissä koealalomakkeilta kerättiin pituus- ja kapenemishavainnot puulajeittain ja laskettiin havaintojen aritmeettiset keskiarvot läpimittaluokittain, jotka sitten graafisesti tasoitettiin. Pituus- ja kapenemiskäyrien piirtämisessä pidettiin huolta, että käyrät tasoittivat havaintojoukon kyllin hyvin. Tämä tapahtuu parhaiten silloin, kun käyrästä havaintoihin laskettujen poikkeusten neliöiden summa on minimi. Koska tämä havaintojen runsauden johdosta oli työlästä, piirrettiin käyrät silmällä pitäen sitä, että ordinaattaa pitkin laskettujen positiivisten ja negatiivisten poikkeusten summaksi saatiin 0 sekä samalla poikkeusten itseisarvojen summa minimiksi. Lisäksi oli tärkeää, että käyristä tuli luonnonmukaiset (vrt. Møller 1951, s. 250; Nyyssönen 1954 a, s. 56 ja Mäkinen 1959, s. 12).

Kunkin läpimittaluokan yksikkökuutiomäärät luettiin kuutioimistaulukoista (Ilvessalo 1948 b) puulajeittain rinnankorkeusläpimitan, pituuden ja kapenemisluokan avulla. Saadut yksikkökuutiomäärät kerrottiin asianomaisen läpimittaluokan puuluvuilla ja tulot summattiin, jolloin saatiin koealan kuorellinen kuutiomäärä kiintokuutiometreinä. Kuorettomat kuutiomäärät saatiin mainituissa taulukoissa esitettyjen sadanneslukujen avulla.

Kasvun laskenta perustuu sadanneksia käyttävään menetelmään sekä läpimitan ja pituuden kasvun mittauksiin. Sadannekset saadaan Ilvessalon (1948 b) taulukoista. Niissä esitetty tarkin menetelmä on yksityisten koepuiden kasvusadannesten määrittäminen ja niiden avulla metsikön kuutiokasvusadanneksen laskeminen. Koepuiden kuutiokasvusadannekset saadaan 6 m lyhyempiä puita lukuun ottamatta Jonsonin (1928, s. 480) kaavasta

$$p_v = p_g + p_{fh},$$

missä p_v = kuutiokasvusadannes,
p_g = pintakasvusadannes rinnankorkeudella ja
p_{fh} = muotokorkeuden kasvusadannes

(Ilvessalo 1948 b, s. 15). Pintakasvusadannesten laskemisessa on taas käytetty Jonsonin (1928, s. 483) laskentakaavaa

$$p_g = \frac{100}{n} \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right),$$

jossa n = kasvututkimuksen käsittämän aikakauden vuosimäärä,
d = puun kuoreton rinnankorkeusläpimitta tämän aikakauden alussa ja
D = sama sen lopussa, siis tutkimusvuonna

(Ilvessalo 1948 b, s. 18). Pintakasvusadannes saadaan näin taulukoista 5:n tai 10:n viime vuoden sädekasvun sekä puun kuorettoman läpimitan avulla. Muotokorkeuden kasvusadannes saadaan havupuista 5:n viime vuoden keskimääräisen pituuskasvun sekä puun pituus- ja kapenemisluokan avulla. Teoreettiset perusteet esitetyn kaavan soveltamisesta kasvun laskennassa esitetyllä tavalla selviävät Jonsonin ja Ilvessalon edellä mainituista kirjoituksista.

Koepuiden kuutiokasvusadanneksia d-luokkien kuutiopainoilla punniten päästään metsikön puuston kuutiokasvusadannekseen. Metsikön kuutiokasvusadanneksen avulla saadaan sitten lasketuksi metsikössä mittaushetkellä olevien puiden keskimääräinen vuotuinen kuutiokasvu 5 vuoden aikana. Kokonaiskasvun saamiseksi on yleensä näin laskettuun kasvuun lisätty mahdollisen poistuman kasvu (esim. Lönnroth 1929; Langsaeter 1944, s. 134; *Vid andra* ... 1947, s. 93; Kuusela 1953, s. 89; 1959, s. 9; Nyyssönen 1954 a, s. 109).

Meillä on kiinnitetty huomiota kasvun laskemiseksi erotusmenetelmällä myös kertamittauksiin perustuvilla koealoilla ja käyttämällä kotimaisia kuutioimistaulukoita (esim. Keltikangas 1952, vrt. myös Kuusela 1952 ja 1958, s. 6). Ennen näiden taulukoiden ilmestymistä edellä mainitun tapaisilla koealoilla kasvun laskenta tapahtui yleensä pätkittäin mitattujen kaatokoepuiden perusteella kahden ajankohdan kuutiomäärän erotuksena. Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston kestokoealoilla erotusmenetelmää on niin ikään käytetty (Ilvessalo 1932). Sitä paitsi Vuokila (1956, s. 41—43) on pitänyt erotusmenetelmän käyttämistä aiheellisena 7—8 m lyhyempien puiden kasvun laskennassa (vrt. myös Kallio 1957, s. 57 ja Kuusela 1960 c, s. 7). Myös Heikurainen (1959, s. 69) on lyhyiden puiden kohdalla käyttänyt joko erotusmenetelmää yksistään tai niissä tapauksissa, jolloin ns. pienien puiden (alle 7 m) osuus on ollut huomattava, noin 40 % kuutiomäärästä, kasvunlaskentataulukoiden antaman kasvuluvun ja erotusmenetelmällä saadun kasvuluvun keskiarvoa. Ruotsissa erotusmenetelmää sovelletaan valtakunnan metsien arvioinnissa (*Vid andra* ... 1947, s. 90; Eklund 1954, s. 769; Nilsson ja Östlin 1961, s. 24) ja myös pysyvillä koealoilla (esim. Carbonnier 1955, s. 3).

Kasvua käsitellään tässä tutkimuksessa metsikössä mittaushetkellä olevien puiden 5-vuotiskauden keskimääräisenä kasvuna. Vaikka kasvusta puuttuu päinvastoin kuin usein on menetelty mittausjakson aikana poistettujen puiden kasvu, se ei vaikeuttane eri menetelmien tuloksien keskinäistä vertai-

lua, sillä vertailtavat luvut on laskettu samaa periaatetta noudattaen. Siksi poistuman kasvulla ei ole tässä tutkimuksessa samaa merkitystä kuin tavanomaisessa metsäalueen kasvun inventointitehtävässä (vrt. Kuusela 1959, s. 11).

Edellä esitettyjä periaatteita noudattaen suoritettiin kasvun laskenta koealoittain, jotka kasvusadannesten laskemiseksi ryhmitettiin ikäluokittain puulajivaltaisuuden ja metsätyypin mukaan (vrt. Ilvessalo 1939, s. 32—35), sekä laskettiin kasvusadannesten keskiarvot läpimittaluokittain puulajeja erottelematta.

3212. Relaskooppikoealojen kuutiomäärän ja kasvun laskenta

Relaskooppimenetelmän etuja on sen nopeus. Vaikeahkoissakin olosuhteissa pohjapinta-ala voidaan määrittää sen avulla 2—3 minuutissa (Nyyssönen 1954 b, s. 25 ja Vuokila 1959, s. 51), mutta vielä enemmän relaskooppimenetelmä jouduttaa laskentaa. Jos käytetään pohjapinta-alaan ja keskipituuteen perustuvia kuutioimistaulukoita (Nyyssönen 1954 b) ja pituushavainnoista otetaan aritmeettinen keskiarvo, saadaan koealan kuutiomäärä nopeasti taulukoista keskipituuden perusteella asianomaisen pohjapinta-alaluokan kohdalta. Jos tämä suoritetaan metsikköjaksoittain ja puulajeittain, saadaan samalla selville kuutiomäärän jakaantuminen puulajeihin.

Relaskooppikoealojen puuston kuutiokasvun laskenta suoritettiin tämän tutkimuksen yhteydessä sadannesmenetelmää käyttäen eikä erotusmenetelmällä, mikä myös on mahdollista (Kuusela 1960 c, s. 7). Tutkimuksessa koepuiden kuutiokasvusadannekset ja kuorisadannekset saatiin Ilvessalon (1948 b) taulukoista. Koeala-aineisto ryhmitettiin tyypeittäin ja tyypin puitteissa edelleen tiheyden mukaan kolmeen luokkaan, joissa pohjapinta-alat olivat 1—10 m^2/ ha, 11—20 m^2/ha ja 21+ m^2/ha. Tiheysryhmissä koealat jaettiin lisäksi kolmeen ikäluokkaan: alle 40 v., 41—80 v. ja 81+ v. Näin erotettiin ne kolme tekijää, kasvupaikka, puuston tiheys ja ikä, jotka on syytä ottaa huomioon kasvukoepuita ryhmitettäessä (vrt. Ilvessalo 1939, s. 32—35 ja Vuokila 1959, s. 43).

Edellä mainituissa ryhmissä laskettiin kasvu- ja kuorisadannesten keskiarvot kuutiomäärillä painotettuina. Painona ei ollut koepuiden kuutiomäärä, vaan koealan kuutiomäärästä se osa, jota koepuut edustivat, yleensä eri jaksojen ja eri puulajien kuutiomäärät. Sadannesten avulla saatiin sitten puuston kuorettomat kuutiomäärät ja kuutiokasvut, jotka laskettiin osittaittain ja edelleen tyypeittäin sekä lopuksi keskikasvu koko metsämaalle.

3213. Kasvun ilmastollinen vaihtelu

Koska puiden kasvu saattaa ilmastollisista tekijöistä johtuen vaihdella huomattavasti vuodesta toiseen sekä myös vuosijaksojen puitteissa, on kasvun vaihtelun huomioon ottaminen tärkeää kasvututkimuksissa ja erityisesti tapauksissa, joissa verrataan keskenään eri aikoina suoritettujen tutkimusten kasvulukuja.

Kun sädekasvun ja pituuskasvun pitkäaikaiset vaihtelut seuraavat melko tarkoin toisiaan ja ovat jokseenkin samansuuruisia (Mikola 1950, s. 65), saadaan tarpeelliset tiedot ilmastollisten vaihteluiden vaikutuksesta tutkimalla sädekasvun vaihteluita. Näin tehtiin esim. II ja III valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä, jolloin kasvun vaihtelua koskevia kairauksia suoritettiin luonnontilaisissa varttuneissa metsiköissä. Tämän tutkimuksen aikana laskettu läpimitan kasvuindeksi osoittaa männyn kasvun olleen kasvunmittausjaksojen aikana keskimäärin normaalitasolla (100 ja 97), kuusen 10 % normaalitason alapuolella ja koivun v. 1954—58 7 % yläpuolella sekä v. 1955—59 2 % alapuolella. Vuotuiset kasvuindeksit ovat seuraavat (Ilvessalo 1961):

Mittausvuosi	Mänty	Kuusi	Koivu
		Kasvuindeksi	
1959	97	90	91
1958	97	84	98
1957	119	104	110
1956	80	85	99
1955	94	88	91
1954	112	89	135

322. Kuviolomakkeiden laskenta

Kuviolomakkeiden laskentaan vaikuttaa kuvion alkaminen ja päättyminen. Kuvioiden alku- ja päätekohtien erotuksena saatiin näiden pituudet. Laskettavien tunnusten perusteella lomakkeet ryhmitettiin esim. metsä- tai suotyypeittäin, puulajeittain, ikäluokittain jne. kulloinkin tarvittavien tietojen mukaisesti. Jokaisessa ryhmässä laskettiin linjametrimäärät ja näiden perusteella saatiin ositteiden sadannesosuudet metsämaalle tulleesta koko linjapituudesta.

3221. Silmävaraisen arvioinnin tarkistaminen

Silmävaraiseen arviointiin sisällytettiin tutkimuksessa myös metsiköiden puuston kuutiomäärän ja kasvun arviointi. Koska silmävaraisen arvioinnin tarkkuus on sen suorittajan taidosta riippuvainen, on tulokset sopivin keinoin tarkistettava.

Silmävaraisen arvioinnin suorittaja saattaa arvioida samansuuruisen kuutiomäärän toisinaan liian suureksi, toisinaan liian pieneksi. Tällaisia poikkeuksia esiintyy yleensä sekä positiiviseen että negatiiviseen suuntaan. Jos havaintoaineisto on kyllin suuri ja poikkeukset satunnaisia, niin ne tasoittavat toisensa eikä niiden pitäisi vaikuttaa tulokseen. Satunnaisten poikkeusten lisäksi on aina systemaattisen virheen vaara siten, että arvostelija saattaa arvioida tunnukset keskimäärin liian suuriksi tai liian pieniksi tai suuret arvot pieniksi ja pienet suuriksi jne. Silmävaraisen arvioinnin korjauksessa on kysymys tämän systemaattisen virheen oikaisemisesta. Mutta jos koealoilla ja kuvioilla tapahtuvan silmävaraisen arvioinnin suoritustavassa on eroa, se ei tule korjauksessa esiin eikä sitä voida poistaa. Sahalahden-Kuhmalahden metsien koearviointia varten suoritettiin kokeita, oliko olemassa riippuvuus laskettujen ja arvioitujen kuutiomäärien kesken (Cajanus 1913 ja 1917). Saadut tulokset olivat hyviä, ja siitä lähtien menetelmää on meillä käytetty varsin paljon ja kustannusten rajoittamiseksi erityisesti valtakunnan metsien inventoinneissa.

Silmävaraisen arvioinnin tarkistukseen käytettiin jokaista mitattua koealaa. Täsmällisten perusteiden saamiseksi tarkistusta varten tulisi mitattujen koealojen laskenta suorittaa kunkin koealan omien koepuiden perusteella. Koealaa kohden otettujen koepuiden vähäisen määrän vuoksi tässä tutkimuksessa ei ole voitu näin menetellä, vaan mittaustulokset on laskettu koepuiden ryhmittäisten keskiarvojen perusteella. Tämän vuoksi saattaa eräissä tapauksissa esiintyä todellisuudesta poikkeavia mittaustuloksia. Nämä eivät kuitenkaan liene vaikuttaneet tarkistuksen perusteella suoritettuun tasokorjaukseen. Koealalle saavuttuaan ryhmänjohtaja aina ensimmäiseksi merkitsi koealalomakkeeseen arvioidun kuutiomäärän, kasvun ja poistosadanneksen. Tarkistus suoritettiin erikseen kummankin ryhmän osalta. Tarkistuslaskelmat tehtiin valtakunnan metsien inventoinneissa käytettyjä normaaleja hajonnan, korrelaatiokertoimen ja sen keskivirheen sekä regressiosuoran kaavoja soveltaen (Ilvessalo 1942, s. 52; 1956, s. 30—32).[1])

[1]) Kun oli laskettu arvioitujen ja laskettujen arvojen painolliset aritmeettiset keskiarvot (M_x ja M_y), kummankin hajonta laskettiin kaavalla

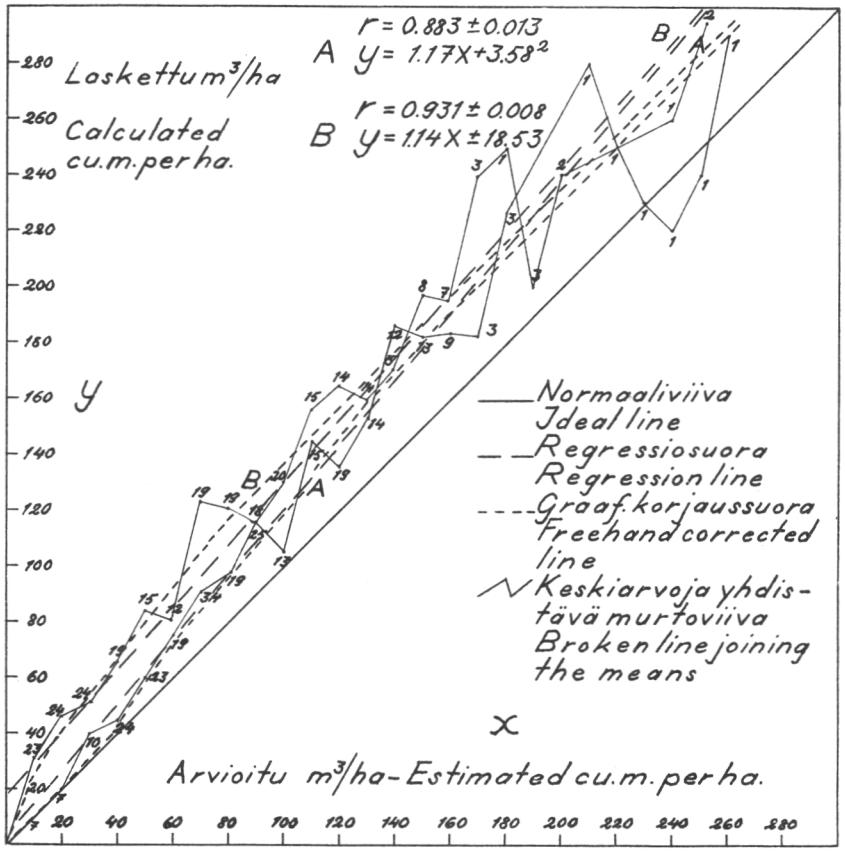
$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{\Sigma x^2 \cdot F}{\Sigma F} - b_x^2},$$

korrelaatiokerroin ja sen keskivirhe kaavoilla

$$r = \left(\frac{\Sigma xy \cdot F}{\Sigma F} - b_x \cdot b_y\right) : (\sigma_x \cdot \sigma_y) \; ; \; \varepsilon(r) = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{\Sigma F}}$$

ja regressiosuoran yhtälö

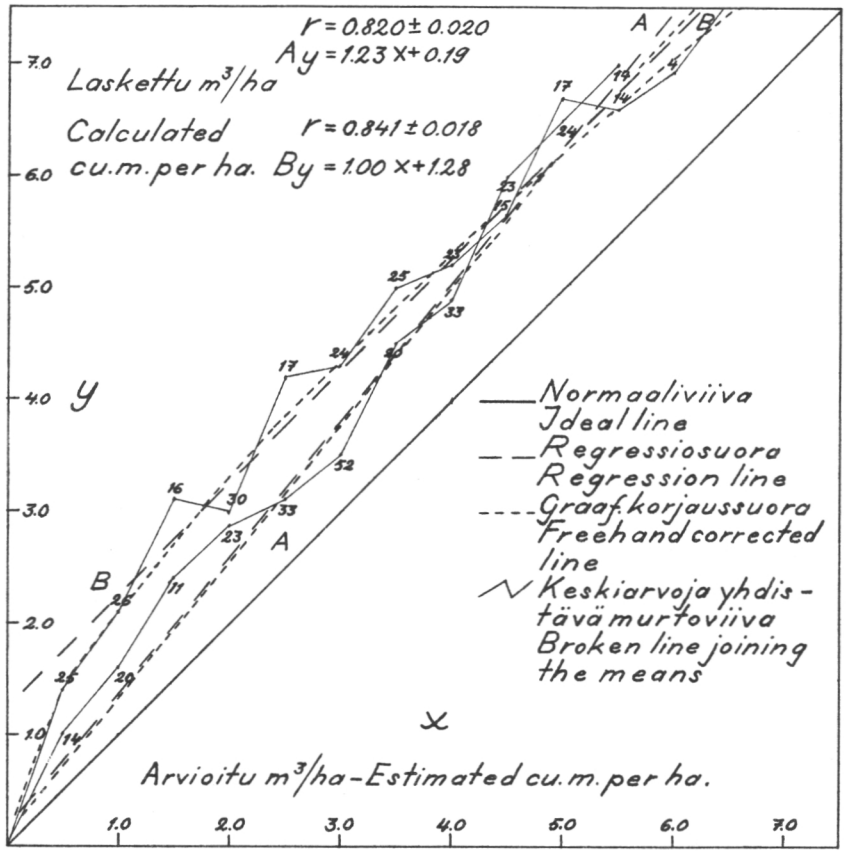
$$y = r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}(x - M_x) + M_y.$$



Kuva 3. Esimerkki kuutiomäärän korjaussuorista.
Fig. 3. An example of lines used for correcting volume estimates.

Silmävaraisen arvioinnin oikaisemiseksi suoritettiin tasoitukset tämän analyyttisen menetelmän lisäksi graafisesti (vrt. Nyyssönen 1959 b, s. 7). Tällöin koealojen kuutiomäärät ja -kasvut merkittiin arvioidun ja lasketun tuloksen mukaisesti keräilylomakkeeseen, missä laskettiin jokaista arvioitua kuutiomäärä- tai kasvuluokkaa vastaavat mitatut keskiarvot, jotka sitten siirrettiin millimetripaperille ja tasoitettiin graafisesti. Kuvista 3 ja 4 nähdään korjausta varten lasketut regressiosuorat ja myös graafisesti tasoitetut korjaussuorat.

Kuvista voidaan päätellä, että kumpikin arvioitsija on toiminut hyvin varovaisesti ja systemaattisesti aliarvioinut sekä kuutiomäärän että kasvun. Varovaisuuteen ovat luultavasti osaltaan vaikuttaneet käytetyt pienet, 3 aarin koealat, mihin arviointi on yritetty rajoittaa. Tulokset hehtaaria kohden muunnettuina arviointikerroin 3 aarin koealoilla on 33 ⅓ ja silloin



Kuva 4. Esimerkki kasvun korjaussuorista.
Fig. 4. An example of lines used for correcting increment estimates.

yhdenkin, erityisesti suurikokoisen puun puuttuminen tai ylimääräiseksi tuleminen tietää huomattavaa poikkeusta todellisesta kuutiomäärästä.

Korrelaatiokertoimet ovat niin kuutiomäärän kuin kasvunkin osalta korkeita. Keskiarvot ovat kuutiomäärässä 0.907 ± 0.010 ja kasvussa 0.830 ± 0.019. Kasvun silmävarainen arviointi on paljon vaikeampaa kuin kuutiomäärän, ja sen vuoksi korrelaatiokertoimet ovat alhaisempia. Kummankin arvot kestävät vertailun valtakunnan metsien inventoinneissa saatujen korrelaatiokertoimien kanssa (Ilvessalo 1927, taulukot 6 ja 7; 1942, taulukko 6; 1956, s. 32). Korrelaatiokertoimien perusteella voidaan pitää todennäköisenä, että aputaulukoita kiinteästi työhön soveltaen silmävarainen arviointi on keskimäärin tapahtunut luotettavasti ja sen tarkistukselle ja oikaisulle on ollut tämän perusteella hyvä pohja (vrt. Ilvessalo 1942, s. 54; 1956, s. 32 sekä Linnamies 1944).

Tasoitussuorien avulla on korjattu arvioidut kuutiomäärät ja kasvut. Korjaus ei siten perustu laskettuun regressiosuoraan, vaan sitä apuna käyttäen saatuun graafiseen tasoitukseen, mikä johtaa oikeampaan tulokseen esim. kasvun yhteydessä (kuva 4), kun regressiosuora B alkaa kovin ylhäältä origosta ja kuitenkin kaikilla puuttomilla koealoilla kasvu on ollut ja on arvioitu nollaksi.

323. Tilastomatemaattiset laskelmat

Metsäalueen inventoinnilla selvitetään yleensä ko. alueen puuston määrä ja sen rakenne, kasvu ja hakkuumäärä sekä erilaiset pinta-aloja koskevat jakaantumat, jolloin kaikille näille tunnuksille saadaan keskiarvot. Ne voivat olla joko absoluuttisia tai suhteellisia lukuja. Yhtä tärkeää kuin näiden keskiarvojen tunteminen, on myös saada selville niihin liittyvät keskivirheet. Jotta keskiarvoja voitaisiin verrata keskenään, on lisäksi tunnettava keskiarvojen erotuksien keskivirheet sekä pystyttävä testaamaan erotusten merkitsevyys.

3231. Linja-arvioinnin keskivirhelaskelmat

Samoihin aikoihin kuin Suomessa suoritettiin ensimmäiset linja-arviointia koskevat koearvioinnit Sahalahden-Kuhmalahden metsissä (Ilvessalo 1923), pantiin myös Ruotsissa toimeen v. 1911 ensimmäinen suuri metsien arviointi Värmlannissa (*Värmlands läns* .... 1914), mikä tutkimus on siitä merkittävä, että tilastomatemaattisin laskelmin pyrittiin selvittämään saatujen tulosten tarkkuus. Keskivirheen laskemiseksi arviointilinjat yhdistettiin 10 ryhmään. Nämä ryhmät muodostivat tavallaan 10 erillistä linja-arviointia, joiden linjat jakaantuivat mahdollisimman tasaisesti yli koko arvioitavan alueen. Muodostettujen ryhmien keskiarvojen poikkeavuudet kokonaiskeskiarvosta olivat keskivirheen laskemisen perustana (*Värmlands läns* .... 1914, s. 74—82). Menetelmässä on kuitenkin se heikkous, samoin kuin Norjan valtakunnan metsien ensimmäisissä arvioinneissa, ettei systemaattista poikkeavuutta ole eliminoitu (vrt. Ilvessalo 1923, s. 28). Kun laskennassa on käytettävä kaavoja, jotka edellyttävät todennäköisyysvalintaa, jolloin minkäänlainen korrelaatio eri havaintojen välillä ei ole mahdollinen, olisi systemaattinen muuttuminenkin eliminoitava.

Jos arvioitavana on suurikokoinen metsäalue, on linja-arvioinnissa yleisesti havaittavissa satunnaisen vaihtelun lisäksi linjasta toiseen esiintyvää systemaattista muuttumista. Sitä on esim. puuston kuutiomäärässä, mikä vilje-

lysten läheisyydessä on yleensä pienempi kuin metsäisellä alueella ja joka voi muuttua metsämaan laadussa havaittavan jatkuvan muutoksen johdosta. Hakkuut ovat teiden läheisyydessä tai muuten alueen joissakin osissa saattaneet vähentää kuutiomäärää jne. Tällainen systemaattinen muuttuminen tulisi laskelmista poistaa. Tätä ominaisuuden alueella havaitun systemaattisen muuttumisen käsitettä ei ole sekoitettava systemaattiseen virheeseen, millä tarkoitetaan virheitä, jotka ovat tietyssä riippuvuudessa mitattaviin suureisiin.

Systemaattisen muutoksen eliminoimiseen pyrittiin edellä mainitussa Sahalahden ja Kuhmalahden pitäjien metsien arvioinnissa (Ilvessalo 1923, s. 24—30), missä käytetyn laskentatavan perusajatuksen Cajanus johti (Lindeberg 1924, s. 10). Sitä varten eri linjoille saadut tutkittavan tunnuksen keskiarvot asetettiin pisteinä koordinaatistoon, jossa abskissa-akselilla oli linjan numero. Jokaiselle linjalle saatu tulos katsottiin peruslinjasta lasketun etäisyyden funktioksi. Näin syntynyt pistesarja tasoitettiin graafisesti siten, että tasoitusviiva seurasi vain sellaisia vaihteluita, jotka näyttivät systemaattisilta. Satunnaisia vaihteluita ei siis tasoitettu. Kaikkien havaintopisteiden poikkeukset määrättiin keskivirhettä laskettaessa saman abskissan kohdalla olevasta tasoituskäyrän pisteestä. Kuten tutkimuksen kirjoittaja itse huomauttaa, menetelmä on matemaattisesti epätyydyttävä, mutta se saattaa viedä riittävän luotettaviin tuloksiin, jos laskutoimitusten suorittaja tuntee hyvin tutkimusalueen ja sen mukaisesti osaa piirtää keskiarvoviivan. Menetelmä on siten kuitenkin jossain määrin subjektiivinen (vrt. Näslund 1930, s. 325 ja Langsaeter 1932, s. 451).

Valtakunnan metsien inventointia varten kehitettiin Suomessa uudet keskivirheen laskentamenetelmät, jotka poikkesivat muissa pohjoismaissa käytetyistä menetelmistä. Ilvessalo (1927 ja 1942) on esittänyt katsauksen näihin menetelmiin, ja sitä käytetään seuraavassa soveltuvin kohdin hyödyksi. Lindeberg (1924, s. 10—14) esitti Sahalahden-Kuhmalahden metsien arvioinnissa käytetyn keskivirheen laskentakaavan puutteellisuudet ja kehitti uudet kaavat, joissa systemaattisen muutoksen eliminoiminen tapahtui vertaamalla keskenään kerrallaan aina kahden vierekkäisen linjan tuloksia, joiden erotukset olivat tekijöinä laskentakaavassa (Lindeberg m.t.s. 14).

$$\varepsilon\,(P) = \sqrt{\frac{1}{2}\sum_{\mu=1}^{n-1}\left(\frac{l_\mu + l_{\mu+1}}{2\,L}\right)^2 (p_\mu - p_{\mu+1})^2},$$

jossa n = linjojen lukumäärä,
l = yksityisen linjan pituus,
p = sille saatu keskiarvo jonkin tunnuksen esiintymisestä tällä linjalla,
L = tutkitun alueen kaikkien linjojen yhteinen pituus.

Milloin linjojen lukumäärä oli pieni, esim. alle 20, Lindeberg ehdotti kaavassa juurimerkin alla esiintyvän tekijän $\frac{1}{2}\left(=\frac{n}{2n}\right)$ varovaisuuden vuoksi korvattavaksi tekijällä $\frac{n}{2\,(n-1)}$ (m.t. s. 19). Linjojen lukumäärä ei tietenkään saa olla liian pieni. Jos niitä on vähemmän kuin kymmenen, niin keskivirhelaskelmilla voi olla hyvin vähän merkitystä. Mikäli linjojen lukumäärä taas on hyvin suuri, esim. 200, voidaan käyttää helpommin laskettavaa kaavaa (m.t. s. 16).

Jos linjojen lukumäärä on vähäinen, voidaan tutkimusalue jakaa osa-alueisiin, jolloin lukujen p_μ satunnaiset vaihtelut tulevat suuremmiksi ja mahdolliset systemaattiset muutokset vaikuttavat siten vähemmän lopputulokseen. Näin on tehty mm. valtakunnan metsien inventoinneissa. Keskivirhe saadaan eri osa-alueiden keskivirheiden perusteella.

$$\varepsilon\,(P) = \sqrt{\left(\frac{L_1}{L}\right)^2 \times \varepsilon^2\,(P_1) + \left(\frac{L_2}{L}\right)^2 \times \varepsilon^2\,(P_2) + \ldots},$$

jossa L_1, L_2 ... merkitsevät osa-alueiden linjojen yhteistä pituutta (Ilvessalo 1927, s. 295).

Kaavoistaan Lindeberg toteaa, että ne johtavat pikemminkin liian suuriin kuin liian pieniin keskivirheisiin, joten niiden perusteella tulosten tarkkuutta ei arvioida ainakaan liian suureksi. Langsaeterin (1926, s. 32) mielestä olisi ollut pyrittävä kaavoihin, jotka antavat pienemmät keskivirheet, ja siihen pääsemiseksi hän kehitti oman kaavansa, mikä perustuu yksityisille linjoille saatujen keskiarvojen toisiin erotuksiin. Tämän kaavan hän totesi antavan alhaisempia ja tarkempia keskivirheen arvoja kuin Lindebergin kaavojen, mutta ei kuitenkaan hänen mielestään riittävän tarkkoja, minkä tähden hän vielä kehitti menetelmän kaavan antamien tulosten oikaisua varten. Lindeberg mainitsi tutkimuksessaan vuodelta 1926, että Langsaeterin esittämää toisiin erotuksiin perustuvaa menetelmää käyttäen keskivirhettä voidaan pienentää, mutta siinä tapauksessa laskenta käy parhaiten toista kaavaa käyttäen (m.t. s. 8). Samalla Lindeberg esitti vielä kaksi muuta kaavaa, jos keskivirhe tahdotaan edellistä pienemmäksi. Nämä perustuvat kolmansiin ja neljänsiin erotuksiin, minkä vuoksi ne ovat erittäin työläitä.

Langsaeter (1932) johti eräitä muitakin kaavoja sekä suoritti vertailuja mm. Sahalahden-Kuhmalahden metsien arvioinnin (Ilvessalo 1923), Lindebergin (1924 ja 1926) sekä Näslundin (1930) kaavojen antamiin tarkkuuksiin. Norjan II valtakunnan metsien inventoinnin keskivirhelaskenta perustuu hänen seuraavaan kaavaansa:

$$\sigma_M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} [p_i (X_{i+1} + X_{i-1} - 2 X_i)]^2}{6 \left(\sum_{i=1}^{n} p_i \right)^2}},$$

missä X_i, X_{i+1} ja X_{i-1} ovat arvioimistulokset linjoilta i, $(i+1)$ ja $(i-1)$ ja p_i on linjapituus (Langsaeter 1939, s. 56; vrt. myös *Taksering av Norges skogar* 1952, s. 63).

Linja-arvioinnissa tarvittavia arviointisadanneksia tutkiessaan Östlind (1932) on käsitellyt myös keskivirhelaskelmia. Hänen lisäkseen Näslund (1930 ja 1939) on tutkinut näitä ja kehittänyt mm. kaavan, joka hänen mukaansa johtaa suureen tarkkuuteen (1939, s. 317). Ruotsissa viime vuosina kuitenkin erityisesti Matérn on työskennellyt näiden menetelmien edelleen kehittämiseksi. Hän on johtanut keskivirhekaavansa, mikä perustuu samalla linjalla olevien vierekkäisten pätkien erotusten neliöiden summaan. Arviointilinjat on siten jaettu määrätyn suuruisiin pätkiin (2 km), joista viereisten pätkien erotukset ovat kysymyksessä. Matérnin (1947, s. 74) erotuksen neliöiden summakaava on

$$T(x,x) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{n} (x_{2i} - x_{2i-1})^2,$$

missä n = vierekkäisten linjaparien lukumäärä,
x = linjanosien havainnot.

Sen jälkeen kun T on määrätty, saadaan keskivirhe lasketuksi kaavasta

$$\varepsilon (X_1) = \frac{A}{\sqrt{Lc}} \sqrt{T (x, x)},$$

missä A = koko pinta-ala km^2,
L = arvioimislinjojen kokonaispituus,
c = arviointilinjapätkän pituus km.

Matérn on määritellyt optimaalisen pituuden käytettäville linjapätkille c. Hänen mukaansa

$$c = \frac{3b}{2\pi} = 0.4775\, b,$$

missä b = linjaväli. c:n pitäisi olla siis noin puolet linjavälistä. Jos c:n arvo on alhaisempi, on olemassa vaara, että keskivirhe tulisi systemaattisesti aliarvioiduksi, kun taas korkeammilla c:n arvoilla on pyrkimys keskivirheen yliarviointiin (m.t. s. 75).

Harkittaessa tässä tutkimuksessa käytettävää menetelmää kysymykseen tulivat Lindebergin kehittämät, valtakunnan metsien inventoinneissa käytetyt laskentamenetelmät ja viimeksi esitetty Matérnin menetelmä. Näistä kahdesta toisilleen läheisestä menetelmästä päädyttiin Lindebergin laskentakaavaan (ks. s. 41) lähinnä siitä syystä, että samaa menetelmää voidaan soveltaa sekä silmävaraiseen linja-arviointiin että linjoittaiseen ympyrä- ja relaskooppikoeala-arviointiin ja että saatuja keskivirheen arvoja voidaan tarvittaessa verrata valtakunnan metsien inventoinneissa saatuihin tuloksiin.

Keskivirheet laskettiin kahdessa osassa, kummankin arviomiehen alueelta erikseen ja osa-alueiden keskivirheet yhdistettiin (ks. s. 42).

3232. Ympyräkoeala-arvioinnin keskivirhelaskelmat

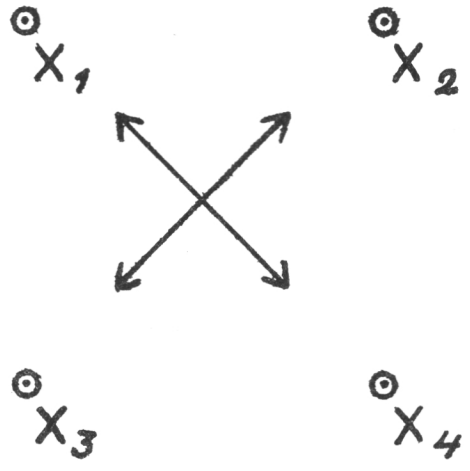
Lindeberg mainitsee tutkimuksessaan (1924, s. 21), että hänen linja-arviointiin kehittämänsä kaava soveltuu myös säännölliseen ympyräarviointiin. Samoin Näslundin kaava on käyttökelpoinen säännölliseen koeala-arviointiin (Näslund 1939, s. 320), lukuun ottamatta pinta-alamäärityksiä, joita varten hän on johtanut eri kaavan. Näslundin menetelmä on erittäin työläs. Siinä arviointilinjasto jaetaan kartalla linjojen suuntaa vastaan kohtisuoriin lohkoihin ja nämä edelleen ruutuihin. Koeala-arvioinnin tulokset lasketaan jokaiselle ruudulle (m.t. s. 317). Näslundin mielestä on käytettävä hänen työlästä kaavaansa, jos ilmeistä systemaattista muutosta esiintyy ja jos vaaditaan suurta tarkkuutta keskivirheen laskennassa ja myös alhaisia keskivirheen arvoja.

Matérnin (1947) linja-arviointiin kehittämät keskivirheen laskentamenetelmät soveltuvat niin ikään koeala-arviointiin tietyin edellytyksin. Koealojen keskinäinen etäisyys verrattuna linjaväliin ei saisi tällöin olla kovin suuri. Jos koealojen etäisyys samalla linjalla on suurempi kuin 0.7 kertaa linjaväli, on keskivirheen yliarvioinnin vaara olemassa (m.t. s. 90).

Nyt tarkasteltavaan tutkimukseen sovellettuna tämä merkitsisi sitä, että Matérnin menetelmä olisi sellaisenaan käyttökelpoinen yhtenäiseen koeala-arviointiin, koska siinä linjaväli on 500 m ja koealaväli 300 m. Mutta metsälöittäiseen koeala-arviointiin se ei kävisi, koska siinä koeala- ja linjaväli ovat samansuuruiset. Tällaisissa tapauksissa keskivirhelaskenta pitäisi perustaa kokonaisneliöihin

$$\frac{1}{4}(x_1 - x_2 - x_3 + x_4)^2,$$

missä x_1, x_2, x_3 ja x_4 ovat neliössä (kuva 5) sijaitsevien neljän koealan arvoja (Matérn m.t. s. 90; vrt. myös Lindeberg 1924, s. 21 ja Girard-Gevorkiantz 1939, s. 119).



Kuva 5. Koealojen sijoitukset Matérnin mukaan.
Fig. 5. Location of sample plots according to Matérn.

Norjan III valtakunnan metsien inventoinnissa, missä on siirrytty pelkästään koeala-arviointiin, myös keskivirhelaskelmat suoritetaan uudella tavalla (S t r a n d 1959, s. 148—149). Menettely perustuu M a t é r n i n (1947) esityksiin. Kasvullisen metsämaan pinta-alajakaantuman (metsäprosentin) keskivirhe saadaan kaavasta:

$$\sigma_{A\ \%} = \frac{100}{0.0p.20}\sqrt{\frac{T}{N}},$$

missä p = metsäprosentti
N = neliöiden kokonaismäärä
T = metsäprosentin varianssi

$$T = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}(y_{2i} - y_{2i-1})^2,$$

missä y_{2i} = niiden koealojen lukumäärä, jotka ovat sattuneet kasvulliselle metsämaalle neliössä 2i.

Kasvullisen metsämaan keskikuutiomäärän keskivirhe saadaan kaavasta:

$$\sigma_{m^3/da\ \%} = \frac{100}{z}\sqrt{\frac{T^1}{N^1}},$$

missä z = neliötä kohden mitattu keskikuutio
N^1 = niiden neliöiden luku, joissa on yksi tai useampia koealoja sattunut kasvulliselle metsämaalle
T^1 = kuutiomäärän varianssi.

$$T^1 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{n} (z_{2i} - ky_{2i} - z_{2i-1} + ky_{2i-1})^2,$$

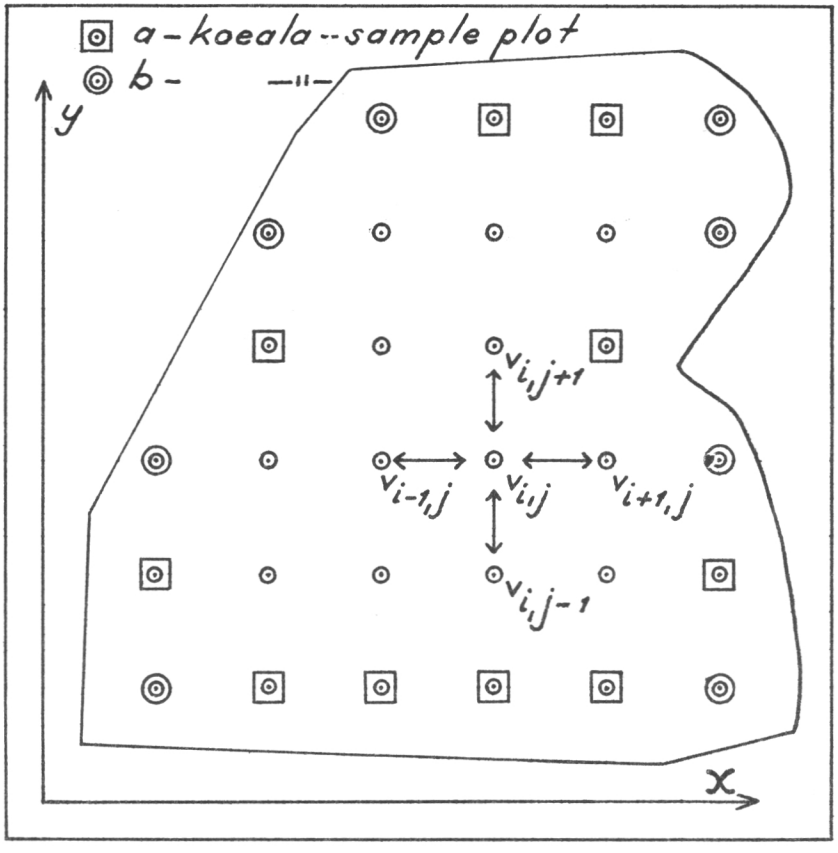
missä z_{2i} = mitattu kuutiomäärä neliössä $2i$
k = koealaa kohden mitattu kuutiomäärä ko. vesistöalueessa
y_{2i} = kasvullisen metsämaan koealojen määrä neliössä $2i$.

Kokonaiskuutiomäärän keskivirhe saadaan edellisten keskivirheiden avulla

$$\sigma^2 m^3\,\% = \sigma^2 A\,\% + \sigma^2 m^3/da\,\%.$$

Yhdysvalloissa, missä kehitys on mennyt ilmakuvien käyttöön ja koealojen sattumanvaraiseen ottoon, on käytetty systemaattistakin koealaarviointia, sillä systemaattinen arviointi antaa samassa tapauksessa tarkemman keskiarvon kuin satunnaisnäyte (Hasel 1938, s. 735; Girard-Gevorkiantz 1939, s. 120; vrt. myös Finney 1947, s. 202). Systemaattiselle näytteelle ei kuitenkaan voida laskea täsmällistä keskivirhettä (vrt. Spurr 1952, s. 383). Spurrin mukaan samoja kaavoja voidaan kummassakin tapauksessa käyttää ainoastaan silloin, kun vain satunnaisvaihtelua esiintyy. Koska systemaattisessa koeala-arvioinnissa keskivirheen arvo ei voi olla täysin oikea, voidaan sen likiarvo laskea eri tavoin, joista yksinkertaisin ja riittävän tarkka useimpiin tarkoituksiin lienee se, että jaetaan aineisto ositteisiin ja suoritetaan keskivirhelaskelmat kussakin ositteessa satunnaisnäytteen kaavoilla (Yates 1953, s. 229—233).

Koska esillä olevan tutkimuksen perimmäisenä tarkoituksena on verrata arviointimenetelmiä, on tähdellistä, että verrattavissa menetelmissä kenttätyöt ja aineiston käsittely suoritetaan mahdollisimman tarkoin samoin perustein. Tätä periaatetta pyritään noudattamaan myös keskivirhelaskelmissa. Ja kun Lindebergin (1924, s. 14) esittämä kaava linja-arvioinnin lisäksi soveltuu säännölliseen koeala-arviointiin, käytetään sitä tutkimuksen yhtenäisessä linjoittaisessa koeala-arvioinnissa. Koska ko. menetelmä ei ole sellaisenaan käyttökelpoinen metsälöittäisessä arvioinnissa, missä koealojen ja linjojen lukumäärä varsinkin pienillä tiloilla jää kovin vähäiseksi, kun laskentayksikkönä on tällöin pidettävä metsäpalstaa eikä metsälöä, on metsälöittäisen arvioinnin keskivirhelaskelmat suoritettava toisenlaisin menetelmin. Metsälöillä, missä palstojen koealamäärä on pienempi kuin 25, sovelletaan näiden palstojen osalta satunnaisnäytteen kaavoja. Tällöin on otettava huomioon, että vaikka systemaattisuuden vaikutusta esiintyy pienilläkin metsälöillä, se saattaa olla melko vähäistä. Ei kuitenkaan tiedetä, olisiko hajonta näin laskien vähän suurempi, mutta menettelyä käytetään parhaana likiarvona (vrt. Spurr 1952, s. 383 ja Yates 1953, s. 229).



Kuva 6. Kaaviopiirros metsälöittäisen koeala-arvioinnin keskivirhelaskennasta Lindebergin mukaan.

Fig. 6. Scheme for calculation of standard error by Lindeberg's method in sample plot survey by holdings.

Niissä metsälöissä, joissa koealojen lukumäärä metsäpalstassa on yli 25, lasketaan palstoittaiset keskivirheet Lindebergin (1924, s. 21) kaavalla, jonka puitteissa voidaan tutkia satunnaissuureen (esim. m^3/ha) eri arvoja ja vaihtelua n:llä systemaattisesti otetulla koealalla. Keskiarvon keskivirheelle on johdettu lauseke:

$$s_{\bar{v}} = \sqrt{\frac{1}{4n^2} \Sigma\, (v_{i,j} - v_{i',j'})^2},$$

missä n = koealojen lukumäärä ja missä i, j, i' ja j' täytyy valita niin, että epäyhtälöt $i' \leq i$; $j' \leq j$; $i + j - i' - j' = 1$ ovat voimassa.

Alaindeksien valinta merkitsee yhden koealan kohdalta kuvassa 6 esitettyjen erojen laskemista. Siis yksi arvo on mukana yleensä neljässä eri erotuksessa. Tämä pätee kaikkiin muihin koealoihin paitsi reunalla oleviin, jotka

riippuen asemastaan joutuvat vain kahteen tai kolmeen erotukseen. Jos alueen muoto on sellainen, että reunakoealojen määrä tulee riittävän suureksi, edellä mainittu kaava ei päde sellaisenaan, vaan muuntuu muotoon

$$s_{\bar{v}} = \sqrt{\frac{1}{n\,(4n - a - 2b)} \Sigma\,(v_{i,j} - v_{i',j'})^2},$$

missä a = kolmessa erotuksessa esiintyvien koealojen lukumäärä,
b = kahdessa erotuksessa esiintyvien koealojen lukumäärä.

Kuvasta 6 nähdään esimerkit a ja b koealoista. Korjaustermin $a + 2b$ huomioon oton ehtona on epäyhtälö

$$a + 2b > \frac{n}{5}.$$

Menetelmän rajoituksena on, ettei sitä voida laskea metsiköittäisille, esim. ikäluokittaisille ja metsätyypeittäisille tuloksille, vaan se jää koskemaan vain koko metsämaata. Näin on asianlaita myös Matérnin (1947, s. 90) vastaavassa kaavassa.

Jos näillä metsälöillä oli palstoja, joiden koealamäärä oli alle 25, käytettiin näiden palstojen osalta satunnaisnäytteen kaavoja. Keskivirheen yhdistäminen tapahtui sitten koealojen lukumäärällä painottaen.

Jotta myös tässä systemaattisesti suoritetussa arvioinnissa voitaisiin Lindebergin menetelmän tuloksia verrata satunnaisnäytteen kaavojen antamiin keskivirheisiin, on laskenta suoritettu myös viimeksi mainitulla tavalla.

3233. Tutkimusmenetelmien vertailu

Tutkimustyössä on usein välttämätöntä selvittää, eroavatko kahden eri näytteen keskiarvot merkitsevästi toisistaan (esim. Fisher 1958, s. 122). Tämä käy parhaiten vertaamalla keskiarvojen erotuksia, ja sitä varten on tunnettava keskiarvojen erotuksen keskivirhe, joka saadaan seuraavan kaavan perusteella (esim. Mattila 1958, s. 114):

$$s_d = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}},$$

missä s_d = keskiarvojen erotuksen keskivirhe,
$s^2{}_1$ ja $s^2{}_2$ = kysymyksessä olevien populaatioiden varianssien estimaatit,
n_1 ja n_2 = vastaavien näytteiden havaintojen lukumäärät.

Keskiarvojen erotuksen merkitsevyyden tutkiminen suoritetaan testaamalla, jolloin useimmiten käytetään t-testiä. Jos kuitenkin vapausasteiden lukumäärä $n_1 + n_2 - 2 \geqq 30$, niin silloin testaaminen perustuu normaali-

jakautumaan. Tavallisin hypoteesi on nollahypoteesi $\mu_1 = \mu_2$. Silloin on keskiarvojen erotusten jakautuman keskiarvo myös teoreettisesti = 0 (esim. S n e d e c o r 1950, s. 45). Testaus t-jakautuman avulla tapahtuu muodostamalla t-arvo

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d}$$

ja valitsemalla riskisadannes sekä vertaamalla saatua t-arvoa t-jakautuman taulukosta saatavaan teoreettiseen arvoon. Jos t on taulukosta saatavaa arvoa suurempi, nollahypoteesi hylätään. Hypoteesin hylkäämiseen johtavan eron eri merkitsevyysasteille on tapana käyttää seuraavia attribuutteja:

jos $t \geq 1.96$, ero on *melkein merkitsevä*
Erehtymistodennäköisyys P välillä 0.01—0.05
$t \geq 2.58$, ero on *merkitsevä*, jos
$0.001 < P \leq 0.01$
$t \geq 3.29$, ero on *erittäin merkitsevä*, jos
$P \leq 0.001$

(esim. A l a m e r i -P ö y h ö n e n 1959, s. 60—61 ja L o k k i 1959, s. 22).

4. TUTKIMUKSEN TULOKSET

41. Yhtenäinen ja metsälöittäinen ympyräkoeala-arviointi

Kun kahta eri menetelmää verrataan keskenään, on sen tapahduttava objektiivisesti ja tasapuolisesti. Tällöin pitää jo lähtökohdan molemmissa menetelmissä olla yhtä suotuisa, mikä tässä tapauksessa merkitsee sitä, että näytteiden tulee olla joko yhtä suuret tai näytteillä tulee olla sama tarkkuus.

Edellisessä tapauksessa metsälöittäisen arvioinnin 10 %:n näyte on lähinnä paras vertailukohde yhtenäiselle arvioinnille. Koealojen lukumäärät ovat 833 metsälöittäisessä ja 594 yhtenäisessä arvioinnissa, missä koealat jakaantuvat tasaisesti yli koko alueen, mutta metsälöittäisessä arvioinnissa ne otetaan sattumanvaraisesti sijaitsevista ryhmistä, metsälöiltä. Näillä taas koealat ovat tiheämmässä kuin yhtenäisessä arvioinnissa. Tällaisissa tapauksissa ei voida täsmällisesti määrittää yhtä suuria arviointisadanneksia vastaavia koealamääriä. Ei voida myöskään esittää täysin täsmällisesti rinnastettavia tulosten tarkkuuksia, sillä metsälöittäin mitatut lähekkäiset koealat ovat enemmän toistensa kaltaisia metsälöittäin kuin yhtenäisen arvioinnin linjoittain sijoitetut koealat, joihin sisältyy näytteitä useista tiloista.

— Autokorrelaatio on metsälöittäisessä arvioinnissa suurempi kuin yhtenäisessä arvioinnissa.

Koska tiloittainen arviointi on suoritettu systemaattisena arviointina sattumanvaraisesti valituilla tiloilla, saadaan siinä samalla arviointiprosentilla suurempi keskivirhe kuin yhtenäisessä linjoittaisessa arvioinnissa. Sen vuoksi menetelmiä vertailtaessa on samaa tulosten tarkkuutta pidettävä yhtä suurta arviointisadannesta tärkeämpänä. Se on määräävä etenkin silloin, kun on kysymys menetelmien edullisuudesta tutkittaessa samaa tarkkuutta edellyttävien kustannusten suuruutta. Kun kuitenkin tulosten tarkkuuttakaan ei voida laskea eri arviointimenetelmille täysin samoin perustein, saadaan vaihtelevia keskivirheen arvoja laskentamenetelmästä riippuen, eikä myöskään yhtenäisen arvioinnin vertailukohde ole aina sama. Kun 10 %:n näyte on lähellä yhtenäisessä arvioinnissa saatua tarkkuutta, käytetään sitä tulosten käsittelyssä. Edullisuusvertailuja suoritettaessa otetaan myös muut näkökohdat huomioon.

411. Keskikuutiomäärä

Keskikuutiomäärällä tarkoitetaan tutkimuksessa puuston kuutiomäärää kuorineen keskimäärin metsämaan hehtaaria kohden ilmaistuna. Se on laskettu kotimaisten kuutioimistaulukoiden avulla, ja tulokset ilmaisevat kuutiosisällön kiintokuutiometreinä runkopuuta, mistä on vähennetty keskimääräiset kantojen osuudet (Ilvessalo 1947).

Koko metsämaan puuston keskikuutiomääräksi saatiin ympyräkoealaarvioinnissa:

yhtenäisessä arvioinnissa	metsälöittäisessä
m^3/ha, kuorineen ja keskivirhe	
101.7 ± 2.44	97.9 ± 2.16

Metsälöittäisen arvioinnin keskikuutiomäärä on 3.8 m^3 ja 3.7 % pienempi kuin yhtenäisen arvioinnin keskikuutiomäärä. Saatu ero, jos sitä verrataan vastaaviin keskivirheisiin, jää kuitenkin kaksinkertaisten keskivirherajojen sisäpuolelle, sillä yhtenäisen arvioinnin Lindebergin (1924, s. 14) menetelmän mukainen kaksinkertainen keskivirhe on 4.88 ja metsälöittäisessä arvioinnissa yhdistetyn Lindebergin menetelmän ja satunnaisnäytteen kaksinkertainen keskivirhe 4.32. Jo näiden keskivirheiden tarkastelun perusteella voidaan tehdä päätelmiä kummassakin arvioinnissa saadun tuloksen luotettavuudesta, joka on samaa suuruusluokkaa ja tyydyttävä.

Jos menetelmien välillä olevaa eroa tarkastellaan keskiarvojen erotuksen keskivirheen valossa, on 3.8 m^3 vain 1.17-kertainen verrattuna vastaavaan erotuksen keskivirheeseen (± 3.259). Ero ei ole tilastollisesti edes melkein merkitsevä. Keskiarvot edustavat siten todennäköisesti samanlaisia havaintosarjoja.

Edellä esitetty metsälöittäisen arvioinnin keskikuutiomäärä on laskettu ottamatta huomioon, että tämä arviointi suoritettiin kahtena kesänä, jolloin jälkimmäisenä arvioiduksi tulleet metsiköt olivat kasvaneet yhden kasvukauden enemmän kuin edellisenä vuonna arvioidut. Toisaalta niissä oli tänä aikana myös suoritettu hakkuita, jotka olivat vähentäneet kuutiomäärää ja siten otettava huomioon. Kun hakkuiden jakaantumista erilaisiin metsikköihin ei pystytty selvittämään, kohdistetaan korjaus ainoastaan koko metsämaan keskikuutiomäärään ja suoritetaan sen osalta menetelmien vertailu uudelleen.

Kaikkiaan 62 tutkimusmetsälöstä 29 arvioitiin jälkimmäisenä kesänä. Näillä tiloilla tarkistettiin hakkuut kyselyjen lisäksi mahdollisuuksien mukaan kauppakirjojen, luovutustodistusten ja muiden saatavissa olevien asiakirjojen perusteella. Hakatut puutavaralajimäärät muunnettiin kiintokuutiometreiksi käyttäen Aron (1959) ja Pöntysen (1959) korjaus- ja muuntolukuja. Hakkuutähteiden osuutena pidettiin 3 %. Tämä luku, joka on Pohjois-Hämeen metsänhoitolautakunnan alueen keskiarvo, saatiin puunkäyttötutkimuksen julkaisemattomista tuloksista Metsäntutkimuslaitoksen

metsäekonomian tutkimusosastolta. Mahdollinen metsään jäänyt raivauspuu puuttuu hakkuupoistumasta, mutta sen määrän voidaan tutkimusalueen kaltaisissa menekkioloissa arvioida olleen erittäin pieni. Hakkuupoistuman ja kasvun erotuksella, mihin ensin oli lisätty keskimääräinen kuoren osuus, korjattiin asianomaisen metsälön keskikuutiomäärä.

Hakkuukautena 1959—60 alkoi selvä noususuhdanne ja erityisesti sahapuun hinnat kohosivat huomattavasti. Tämä lisäsi varsinkin järeän puun hakkuuta myös tutkimuspitäjässä, mistä oli seurauksena, että arvioiduilla metsälöillä ko. vuoden hakkuupoistuma oli selvästi vastaavan ajan kasvua suurempi. Hakkuupoistuman ja kasvun huomioon ottaminen suurensi siten metsälöittäisen arvioinnin keskikuutiomäärää 1.3 m³:llä. Arviointimenetelmien välinen keskikuutiomäärien ero pienenee näin 2.5 m³:ksi, ja samalla myös tilastollisesti keskiarvojen erotuksen merkitsevyys yhä vähenee, sillä

$$t = \frac{2.5}{3.259} = 0.77.$$

4111. Keskikuutiomäärä metsätyypeittäin

Edellisessä luvussa esitetty koko metsämaan puuston keskikuutiomäärä on saatu koealojen lukumäärän aritmeettisena keskiarvona. Siten sitä ei ole laskettu ositteiden avulla, jolloin ositteiden pinta-aloja olisi käytetty painoina laskettaessa koko metsämaan keskiarvoa. Tämä johtaa tarkempaan tulokseen siinä tapauksessa, ettei ositteiden pinta-aloja saada selvitetyksi tarpeeksi tarkasti pelkän koeala-jakaantuman perusteella (vrt. Kuusela 1960 d; 1961 b), sillä tilastollinen tarkkuus paranee, jos ositteiden puustot ovat kokonaispuustoa homogeenisemmat.

Esillä olevassa tutkimuksessa puustoa tarkastellaan kokonaisuuden lisäksi metsätyyppien puitteissa. Kun kysymyksessä on suurehko inventoitava alue, n. 10 000 ha, ja siten koealojen lukumäärä on suhteellisen suuri, ei usein ole suurtakaan eroa ositteiden osuuksissa, määrätäänpä ne esim. linjan mittauksen tai koealajakaantuman perusteella, kuten seuraavat tutkimuksen yhtenäisessä arvioinnissa saadut luvut osoittavat:

	koealojen lukumäärän mukaan	arviointilinjan mittauksen mukaan
	metsätyyppien sadannesosuudet	
Lh + OMT	15.0 %	13.6 %
MT	45.8 »	44.6 »
VT + VrK	29.3 »	31.9 »
Kp + Rä	7.1 »	7.0 »
Ojitetut suot	2.8 »	2.9 »
Yhteensä	100.0 %	100.0 %

Ositteiden pinta-aloilla painotettuna keskikuutiomäärä olisi pienentynyt 1.2 % ja se olisi ollut 100.5 m³/ha.

Taulukko 5. Keskikuutiomäärä metsätyypeittäin tai tyyppiryhmittäin, m³/ha kuorineen.

Table 5. Mean volume by forest site types, cu. m. per ha. incl. bark.

Metsätyyppi, tms. *Forest site type, etc.*[1])	Yhtenäinen arviointi *Uniform survey*	Metsälöittäinen arviointi *Survey by holdings*	Yhtenäisen ja metsälöittäisen arvioinnin erotus *Difference between uniform survey and survey by holdings*
	m³/ha ja keskivirhe — *Cu.m. per ha. and standard error*		
Lh + OMT	116.9 ± 8.54	95.8 ± 6.83	+ 21.1
MT	122.2 ± 3.76	120.2 ± 3.41	+ 2.0
VT + VrK	73.8 ± 4.40	74.5 ± 2.80	— 0.7
Kp + Rä	64.5 ± 6.88	81.4 ± 6.46	— 16.9
Ojitetut suot	70.4 ± 9.76	58.6 ± 9.00	+ 11.8

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

Metsälöittäisessä arvioinnissa käytettiin pinta-alapainotusta koko tutkimusalueen keskiarvoja laskettaessa, mutta se ei tapahtunut edellä esitetyssä tarkoituksessa, sillä tiloittaiset koko metsämaan keskiarvot saatiin koealojen lukumäärällä painotettuina aritmeettisina keskiarvoina. Metsälöiden suuruusluokittaiset keskiarvot painotettiin asianomaisen tilaluokan metsäpinta-alalla koko tutkimusaluetta koskevan keskiarvon laskemiseksi. Tässä vaiheessa ei voitu painotusta suorittaa koealojen lukumäärään perustuen, koska eri metsälöryhmien koealoilla on erisuuruinen paino, mikä johtuu siitä, että koealavälit suurenevat metsäpinta-alan kasvaessa niin, että pienimmässä metsälöryhmässä on koeala ¼ ha kohden mutta suurimmassa ryhmässä koeala 4 ha kohden.

Taulukon 5 mukaan yhtenäisen ja metsälöittäisen arvioinnin metsätyypeittäiset keskikuutiomäärät ovat lähinnä toisiaan niissä tyyppiryhmissä, joissa koealoja on eniten. Mustikkatyypillä eroa on vain 2 m³. Puolukkatyypin ryhmässä ero on vieläkin pienempi, vaikka koealojen lukumäärä on edellistä vähäisempi. Tulokset poikkeavat eniten parhaiden maiden metsiköissä. Kuutiomäärän vaihtelut saattavat olla erityisesti näillä metsätyypeillä suuria, koska niillä toisaalta tavataan erittäin korkeakuutioisia hyväpuustoisia metsiköitä, mutta toisaalta talojen liepeillä ja muuallakin on myös hakamaiden luonteisia metsiköitä, joissa puuston kuutiomäärä on alhainen (vrt. Ilvessalo 1943, s. 55). Ehkä juuri tästä vaihtelusta ja näytemetsälöiden sattumanvaraisesta sijainnista johtuen metsälöittäiseen arviointiin on tullut näitä heikkopuustoisia rehevien maiden metsiköitä tavallista enemmän, mikä ilmenee seuraavalla sivulla olevasta asetelmasta.

Asetelmasta erottautuu 2 metsälöryhmää, joissa on erittäin pienikuutioisia hyvien maiden metsiköitä. Toisen ryhmän, 5.1—10.0 ha, tulokset

Metsälöryhmä, ha	keskikuutiomäärä lehdoissa ja OMT:llä m³/ha, kuorineen
— 5.0	101.8
5.1— 10.0	67.8
10.1— 20.0	106.0
20.1— 50.0	94.4
50.1—100.0	40.6
100.1 +	144.5

eivät vielä paljon vaikuta asiaan, koska ryhmän pinta-ala on pieni (vrt. taul. 1), mutta metsälöryhmä 50.1—100.0 ha alentaa tyypin keskikuutiota sitä enemmän nimenomaan poikkeuksellisen alhaisen keskikuution ja metsälöryhmän suuren pinta-alan vuoksi. Se nimittäin edustaa noin yhtä kolmatta osaa koko näytteestä.

Turvemailla, korpien ja rämeiden yhteisessä ryhmässä sekä ojitetuilla soilla keskikuutiomäärien erot ovat niin ikään huomattavan suuret. Yhtenäisen arvioinnin keskikuutiomäärä on korpien ja rämeiden ryhmässä pienempi, mutta ojitetuilla soilla suurempi kuin metsälöittäisessä arvioinnissa. Näiden kahden ryhmän tuloksiin on vähäiseltä osaltaan syynä arvioinnin aikaiset olosuhteet. Tutkimusalueella suoritettiin saman vuoden kesällä, jolloin yhtenäinen arviointi toimitettiin, suurehko suomaiden ojittaminen. Kun sitten samalla alueella alkoi metsälöittäinen arviointi, ojitus oli jo toteutettu ja metsälöittäisessä arvioinnissa arviointilinjoille sattuneet ojitusalueet luokitettiin ojitettujen soiden ryhmään. Muutoksen suuruutta kuvaa se, että metsälöittäisessä arvioinnissa ojitettujen soiden pinta-ala saatiin 285 ha suuremmaksi kuin yhtenäisessä arvioinnissa. Ojitusalue oli suurelta osalta vähäpuustoista rämettä ja korpea, mikä yhtenäisen arvioinnin osalta luettiin vielä ojittamattomiin soihin ja siten alensi korpien ja rämeitten keskikuutiota. Tässä arvioinnissa oli siten enemmän vanhoja ojituksia ja niillä varttunutta puustoa. Metsälöittäisessä arvioinnissa tilanne oli päinvastainen ja uudet ojitusalueet alensivat tämän ryhmän puuston määrää. Kuitenkin edellä mainittu selittää vain osaltaan keskikuutiomäärien eron, ja loppu voidaan laskea vaihtelusta, ositteen suhteellisen pienestä alasta ym. tekijöistä johtuviksi, sillä jos suometsien keskikuutiomäärä otettaisiin yhtenä ryhmänä, olisi yhtenäisen arvioinnin mukainen keskikuutio 66.2 ja metsälöittäisessä arvioinnissa 70.0 m³/ha. Eroa olisi siten vielä 3.8 m³.

Kuten taulukosta 5 nähdään, MT:llä keskikuutiomäärän keskivirhe on yhtenäisen arvioinnin mukaan 3.76 m³ eli 3.1 % ja metsälöittäisessä arvioinnissa 3.41 m³ eli 2.8 %. Arviointimenetelmien keskikuutiomäärien ero, 2.0 m³, on näitä yksinkertaisia keskivirheitä pienempi. Keskiarvojen erotuksen keskivirheen valossa asiaa tarkasteltaessa saadaan menetelmien välinen ero (2.0 m³) 0.39-kertaiseksi erotuksen keskivirheeseen (± 5.075) verrattuna, mikä testattuna ei ole edes melkein merkitsevä.

Taulukko 6. Keskikuutiomäärä metsätyypeissä pääpuulajeittain.
Table 6. Mean volume by forest site types of different dominant tree species.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	Yhtenäinen arviointi *Uniform survey*	Metsälöittäinen arviointi *Survey by holdings*	Erotus *Difference*
		m³/ha, kuorineen ja keskivirhe *Cu.m. incl. bark per ha. and standard error*		
Lh + OMT	Mänty — *Pine*	105.6	81.4	+ 24.2
	Kuusi — *Spruce*	150.6	110.2	+ 40.4
	Lehtipuut — *Hardwoods*	88.0 ± 11.03	62.2 ± 6.59	+ 25.8
MT	Mänty — *Pine*	113.0	124.3	— 11.3
	Kuusi — *Spruce*	135.7	128.5	+ 7.2
	Lehtipuut — *Hardwoods*	73.3	48.9	+ 24.4
VT + VrK	Mänty — *Pine*	72.3 ± 4.72	72.4 ± 3.15	— 0.1
	Kuusi — *Spruce*	104.6	89.6	+ 15.0
Kp + Rä	Mänty — *Pine*	56.0	68.9	— 12.9
	Kuusi — *Spruce*	88.9	104.7	— 15.8
	Lehtipuut — *Hardwoods*	51.4	67.9	— 16.5
Ojitetut suot	Mänty — *Pine*	86.4	38.3	+ 48.1
	Kuusi — *Spruce*	73.9	67.5	+ 6.4
	Lehtipuut — *Hardwoods*	57.0	68.8	— 11.8
Koko metsämaa — *All forest land*	Mänty — *Pine*	85.7	87.1	— 1.4
	Kuusi — *Spruce*	130.7	118.3	+ 12.4
	Lehtipuut — *Hardwoods*	75.3 ± 6.02	66.1 ± 4.52	+ 9.2

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

Ojitettujen soiden metsiköissä, missä koealojen määrä jää noin 3 sadannekseen koko koealamäärästä, keskivirhe on suurin ja jo huomattavan korkea. Se on yhtenäisessä arvionnissa 13.9 % ja metsälöittäisessä arvioinnissa 15.4 % keskikuutiomäärästä. Jos luotettaviin tuloksiin olisi päästävä näinkin pienissä ositteissa, koealamäärää olisi tuntuvasti lisättävä, mikä ei kuitenkaan taloudellisesti vastanne tarkoitustaan. Jos suoritetaan keskiarvojen erotuksen merkitsevyyden testaus, ei menetelmien välinen keskikuutiomäärien ero ole tässäkään tyyppiryhmässä melkein merkitsevä, niinkuin ei ole muidenkaan tyyppien osalta.

Taulukon 6 perusteella voidaan keskikuutiomäärää tarkastella *puulajivaltaisuuden* mukaan ryhmitettynä. Koko metsämaan puitteissa pienin ero on saatu mäntyvaltaisissa metsiköissä, missä metsälöittäisen arvioinnin tulos on 1.4 m³ yhtenäistä arviointia suurempi. Kuusivaltaisten metsiköiden keskikuutiomäärien ero mäntyvaltaisiin verrattuna on noin 9-kertainen ja lehtipuuvaltaisten noin 7-kertainen. Huolimatta kuusikoiden runsaasta esiinty-

misestä ja koealojen suuresta lukumäärästä arviointituloksissa on juuri tässä ryhmässä suuri ero. Merkille pantavaa on, että metsälöittäisen arvioinnin kuutiomäärä on pienempi. Eräänä osatekijänä saatuun eroon lienee jo aiemmin todettu yhden hakkuukauden poistuman puuttuminen ositteittain ilmaistuista tuloksista. Tämä hakkuupoistuma oli valtaosaltaan kuusitukkeja ja kuusipaperipuuta. Haloista pääosa oli lehtipuuhalkoa, minkä hakkuu on saattanut aiheuttaa kuusivaltaisten metsiköiden kuutiomäärän vähennystä ainakin niissä tapauksissa, joissa kuusikoita on vapautettu koivuylispuista.

Tutkimusalueen puuston keskikuutiomäärien eroksi saatiin 3.8 m^3. Jos tätä verrataan eri puulajivaltaisten metsien eroihin, näyttävät viimeksi mainitut antavan keskimäärin 3.8 m^3:ä suuremman erotuksen. Tulokseen vaikuttavat kuitenkin avomaalle sattuneet koealat, jotka eivät tietenkään ole mukana puulajeittaisissa keskikuutioissa. Yhtenäisessä arvioinnissa paljaiden koealojen lukumäärä oli 15 eli 2.5 % koko koealamäärästä ja metsälöittäisessä arvioinnissa 7 eli 0.8 %. Yhtenäisen arvioinnin paljaiden koealojen suhteellisesti suurempi määrä alentaa menetelmän koko metsämaan keskikuutiota ja siten eri arvioinneissa saatua eroa.

Koko metsämaalla eri puulajivaltaisissa metsiköissä todetut eroavuudet pitävät yleispiirtein paikkansa samaa asiaa metsätyypeittäin tarkasteltaessa. Keskikuutiomäärien ero on mäntyvaltaisissa metsiköissä pienin tai lähinnä pienin lukuun ottamatta ojitettuja soita, missä kuitenkin koealoja on kaikkein vähiten. Mäntyvaltaiset metsiköt ovat yleensä homogeenisempia kuin paremmilla metsämailla kasvavat kuusi- ja lehtipuuvaltaiset metsiköt. Kuusikoissa tavataan yleensä enemmän repaleisia ja harsittuja puustoja, ja niissä myös aukkoiset ja tiheät metsiköt vuorottelevat enemmän. Lisäksi esiintyy vapauttamattomia kuusen taimistoja, joissa on koivuja ja muita puita päällis- tai verhopuustoina. Kaikki tällaiset tekijät saavat aikaan näissä metsiköissä epäyhtenäisyyttä ja samalla helposti eroavuutta arviointituloksiin. Useasti vaihtelu on metsälön puitteissa keskimäärin vähäistä, kun taas eri metsälöt voivat määrätyn metsikkölajin puolesta huomattavastikin poiketa toisistaan ja näytteeseen sattuneet poikkeukselliset metsälöt saattavat siten ratkaisevasti vaikuttaa etenkin pienten ositteiden tuloksiin.

Tarkasteltaessa arviointimenetelmien kesken saatuja eroja tilastollisesti voidaan niiden kolmen *ositteen* osalta, joille keskivirheet on laskettu, todeta, että suurin keskivirhe on yli kaksinkertainen pienimpään verrattuna. Koealoja on VT:n mäntyvaltaisissa metsiköissä 133 eli 22 % kokonaismäärästä, ja kuitenkin keskivirheet ovat 4.72 m^3 ja 3.15 m^3 eli 6.5 % ja 4.4 %. Lehtipuuvaltaisten metsien ryhmässä keskivirhe on 6.02 m^3 ja 4.52 m^3 eli 8.0 % ja 6.8 %. Edelliseen verrattuna keskivirhe ei ole sanottavasti suurempi, vaikka koealojen lukumäärä on paljon vähäisempi. Tämän ryhmän koealamäärä on vain 13 % koko koealamäärästä.

Puolukkatyypin mäntyvaltaisten metsiköiden suhteellisen suuri keskivirhe johtuu siitä, että näissä metsiköissä koealakuutioiden vaihtelu on suuri. Tutkimuspitäjässä on arviointia edeltäneenä 10-vuotiskautena suoritettu verraten paljon avohakkuita ja männyn viljelyä kuivilla kangasmailla. Tämä on havaittavissa siitäkin, että puolukkatyypin mäntyvaltaisissa metsiköissä ikäluokan alle 20 v. osuus on 16 % ryhmän pinta-alasta. Siitä huolimatta vanhojakin, yli 80-vuotiaita metsiköitä on vielä erittäin runsaasti, yhteensä 50 %. Siten myös suurikuutioisia koealoja on paljon, joten vaihtelua esiintyy tähänkin suuntaan.

Lehtojen ja käenkaalimustikkatyyppiryhmän lehtipuuvaltaisten metsien keskikuutiomäärän keskivirhe on 11.03 m^3 ja 6.59 m^3 eli 12.5 % ja 10.6 %. Koealojen lukumäärä on yhtenäisessä arvioinnissa 34 eli 6 % kaikista koealoista. Näin pienellä koealamäärällä ei päästä luotettaviin tuloksiin ainakaan silloin, kun ositteet eivät ole riittävän homogeenisia.

Jos keskikuutiomäärien eroja verrataan vastaaviin erotuksen keskivirheisiin edellä esitetyssä kolmessa tapauksessa, niin puolukkatyypin mäntyvaltaisissa metsiköissä ero on 0.02 kertaa, lehtipuuvaltaisten metsiköiden yhteisessä ryhmässä 1.22 kertaa ja Lh:n ynnä OMT:n lehtipuuvaltaisissa metsiköissä 2.01 kertaa keskivirheen määrä. Testattuina niiden merkitsevyydet ovat: riskiprosentin ollessa 5 OMT:n lehtipuuvaltaisissa metsiköissä melkein merkitsevä, muissa ei näinkään paljon merkitsevä.

412. Keskikasvu ja kasvusadannekset

Kasvu voidaan joko mitata tai arvioida kokemusperäisten tietojen perusteella. Jälkimmäiseen ryhmään kuuluvat myös ns. kasvufunktiot, joissa kasvun tai kasvusadannesten riippuvuus tutkitaan regressioanalyysillä ja kasvun arvio saadaan sopivien tunnusten suhteen ratkaistulla regressioyhtälöllä.

Ulkomailla on regressioanalyysiä käytetty verraten kauan metsikön kasvuun vaikuttavien taksatoristen tunnusten selvittelyissä (esim. Eide - Langsaeter 1941 ja Petterson 1955). Amerikkalaiset ovat tehneet useita regressioanalyysiin perustuvia kasvututkimuksia. Esimerkiksi Spurr (1952, s. 330) toteaa kuutiokasvuun vaikuttavia tunnuksia käsitellessään, että parhaimmissa kasvua kuvaavissa regressioyhtälöissä, joissa on kaksi tai useampia selittäviä muuttujia, boniteetti on yhtenä muuttujana. Myös yhdistelmällä pohjapinta-ala, ikä ja pituus on saatu korkea yhteiskorrelaatio.

Suomessa kasvufunktioita ovat tutkineet Vuokila (1960 a) ja Kuusela. Vuokilan lehtikuusikkotutkimuksessa saadaan tulevan viisivuotis-

kauden kuutiokasvu jakson alussa olevan pohjapinta-alan ja valtapituuden funktiona. Kuusela on selvittänyt kasvuprosenttifunktioita ja regressioanalyysillä kasvuprosentin ja muiden metsikkötunnusten välistä yhteiskorrelaatiota ja tullut tulokseen, että esim. kasvun suurta riippuvuutta iästä ja kuutiomäärästä voi ilmaista niinkin korkea korrelaatio kuin 0.917 (K u u s e l a - K i l k k i 1963, s. 18).

Tässä tutkimuksessa kasvufunktioita ei ole sovellettu, vaan kasvun laskenta suoritettiin aiemmin kuvatun menetelmän mukaisesti menneen 5-vuotisjakson kuutiokasvusadannesta käyttäen. Sen mukaan kuutiokasvulla tarkoitetaan seuraavassa metsikön sisältämän kuorettoman runkopuun vuotuista juoksevaa kuutiokasvua, joka ilmaistaan kiintokuutiometreinä hehtaaria kohden.

Kasvun ilmastollista vaihtelua osoittavat indeksisarjat ovat nähtävissä sivulla 36. Jos indeksisarjojen osoittama korjaus tehtäisiin koko metsämaan keskikasvuun, se aiheuttaisi yhtenäisen arvioinnin osalta 4 %:n ja metsälöittäisen arvioinnin osalta 5 %:n kasvun korotuksen. Indeksin osoittamaa korjausta ei ole kasvulukuihin tehty siitä syystä, että tutkimuksessa kasvua käsitellään myös metsätyyppien ja ikäluokkien puitteissa, ja näissä ei ole puulajeittaisia kasvuja laskettu. Lisäksi tutkimuksen vertailevan tarkoituksen huomioon ottaen korjaus ei ole välttämätöntä, koska sillä ei ole sanottavaa vaikutusta tutkimuksen tuloksiin, sillä kummassakin menetelmässä indeksit ovat samaa suuruusluokkaa 4—5 %. Kuitenkin mahdollisia tulevia tutkimuksia varten on hyvä, että on saatavissa tietoja tämän tutkimuksen kohteena olleen kasvun ilmastollisesta tasosta sen mittausjakson ajalta.

Tutkimusalueen puuston keskikasvuksi koko metsämaalla saatiin ympyräkoeala-arvioinnin mukaan:

yhtenäisessä arvioinnissa	metsälöittäisessä
m^3/ha, kuoretta ja keskivirhe	
3.87 ± 0.10	3.49 ± 0.07

Jos tässä koko metsämaan keskikasvussa otetaan ilmastolliset vaihtelut huomioon ja lasketaan indeksin mukaiset korjatut keskikasvut, saadaan edellisessä järjestyksessä luvut 4.02 ja 3.66 m^3/ha.

Yhtenäisen arvionnin keskikasvu on selvästi näistä kahdesta vaihtoehdosta suurempi. Keskikasvujen ero yhden desimaalin tarkkuudella lausuttuna on 0.4 m^3, mikä on 10 % yhtenäisen arvioinnin kasvusta. Tämä on niin suuri, etteivät kolminkertaisen keskivirheen rajat peitä keskikasvujen eroa.

Kun menetelmien kesken saatua eroa tarkastellaan keskiarvojen erotuksen keskivirheen valossa, on se 3.33-kertainen vastaavan erotuksen keskivirheeseen ($\pm$ 0.12) verrattuna ja on siten tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Taulukko 7. Kuutiokasvusadannekset ikäluokittain.
Table 7. Volume growth percentages by age classes.

	Ikäluokka, v. — *Age class, years*						Keskimäärin *Average*
	—20	21—40	41—60	61—80	81—100	101+	
	Kasvusadannes ja keskivirhe — *Growth percentage and standard error*						
Yhtenäinen arviointi — *Uniform survey*	6.93±0.79	7.93±0.39	5.79±0.11	4.36±0.07	3.46±0.11	3.00±0.07	4.84±0.12
Metsälöittäinen arviointi — *Survey by holdings* .	5.76±0.54	7.66±0.38	5.53±0.11	4.03±0.07	3.51±0.05	3.16±0.09	4.55±0.09
Erotus — *Difference*	+1.17	+0.27	+0.26	+0.33	—0.05	—0.16	+0.29
Erotuksen keskivirhe — *Standard error of the difference*	±0.957	±0.545	±0.156	±0.099	±0.121	±0.114	±0.150
Erotuksen ja sen keskivirheen suhde — *Difference divided by standard error* ..	1.22	0.50	1.67	3.33	0.41	1.40	1.93

Kun kasvun suuruuteen yhtenä erittäin määräävänä tekijänä vaikuttaa puuston kuutiomäärä, on keskikasvujen eroa tarkasteltaessa asiaa tutkittava ensin tältä puolen. Kuorellisessa keskikuutiomäärässä arviointimenetelmien välillä oli 3.7 %:n ero. Jos tämä vähennetään, jää jäljelle vielä 6.3 %:n poikkeavuus. Kun kasvu lasketaan kuorettomasta puustosta, on katsottava, onko laskennan tässä vaiheessa menetelmien eron suhde pysynyt entisellään vai muuttunut. Yhtenäisen arvioinnin koko metsämaan kuorettomaksi keskikuutioksi saatiin 87.4 m^3/ha ja metsälöittäisessä arvioinnissa 83.8 m^3/ha. Näiden erotus on 3.6 m^3 eli 4.1 % edellisestä. Ero on siten säilynyt suunnilleen ennallaan. Kasvujen lopulliseksi eroksi jää siten 6%. Olikin odotettavissa, ettei mainittavia muutoksia tässä vaiheessa pääsisi syntymään, koska laskentamenetelmä oli sama ja samoihin koepuihin perustuva.

Jos eri arviointimenetelmin tutkittua kasvua verrataan siinä muodossa, että kuutiomäärien erisuuruinen vaikutus on eliminoitu, se käy parhaiten suhteellisen kasvun eli kasvuprosentin avulla. Seuraavassa verrataan ensin kasvusadanneksia koko metsämaan yhteisenä arvona. Sen osalta selvitetään aluksi keskikasvun ja kuorettoman keskikuution perusteella lasketut keskimääräiset kasvuprosentit. Yhtenäisessä arvioinnissa saatiin näin laskien kasvusadannekseksi 4.42 ja metsälöittäisessä arvioinnissa 4.29. Kasvusadannesten ero on siten vain 0.13, mikä on 2.9 % yhtenäisen arvioinnin tuloksesta

Kasvusadannesten ero muodostuu suuremmaksi, jos käytetään jokaisen koealan omia kasvusadanneksia ja lasketaan niistä keskiarvot. Mutta lisäksi on tärkeää, että vain näin menetellen voidaan selvittää kasvusadannestenkin keskivirheet ja suorittaa tulosten vertailu niiden osalta luotettavasti. Edelleen on otettava huomioon, että laskenta tapahtuu tällöin täysin samoin perustein kuin kuutiomäärän ja keskikasvun yhteydessä.

Taulukossa 7 esitetään *ikäluokittaiset* kasvusadannekset keskivirheineen, jotka on laskettu juuri selostetulla tavalla. Metsälöittäisessä arvioinnissa kasvusadannes on nyt saatu koko tutkimusalueelle keskimäärin 0.29 pienemmäksi kuin yhtenäisessä arvioinnissa. Sadanneksina tämä merkitsee 6 %:n eroa. Kasvusadanneksissa ilmenee, minkä verran eri menetelmien avulla todetut kasvut todellisuudessa eroavat, sillä niistä on kuutiomäärien eri suuruisuuden vaikutus jo eliminoitu. Saatu poikkeama 6 % on samaa luokkaa, kuin jo aiemmin kasvun käsittelyn alussa esitettiin, jolloin vähennettiin absoluuttisessa kasvussa olleesta 10 %:n erosta kuorettomien kuutiomäärien eroavuuden osuus. Tällä tavalla on saatu kahta eri tietä eron syy varmistetuksi.

Taulukon 7 perusteella voidaan todeta, että metsälöittäisen arvioinnin sadannekset ovat kahta vanhinta ikäluokkaa lukuun ottamatta yhtenäisessä arvioinnissa saatuja pienemmät. Keskiarvojen tämänsuuntainen ero on erityisen suuri nuorimmassa ikäluokassa. Tämä johtuu siitä, että alle 20-vuotiset metsiköt eivät koostu pelkästään tämänikäisistä puustoista, vaan niihin sisältyy varsinkin uudistumisen viimeisessä vaiheessa, jossa taimettuminen on jo tapahtunut, ja myös varsinaisen taimistometsän päällä lisäksi vanhempaa puustoa suojus-, siemen- ja ylispuina. Juuri tämän vanhan puuston vaihtelu on aiheuttanut ilmenevän suuren eroavuuden. Vaikuttavana tekijänä on lisäksi se, että tässä ikäluokassa on vaihtelevasti sellaisia nuoria taimikkokoealoja, joiden puusto on vielä niin pientä, ettei kuutiomäärää ja kasvua ole voitu mitata.

Keskiarvojen erot verrattuina erotuksen keskivirheeseen ovat kaikissa muissa tapauksissa paitsi ikäluokassa 61—80 v. niin pieniä, ettei edes lievää merkitsevyyttä ole havaittavissa. Ikäluokassa 61—80 v. kasvusadannesten ero sitä vastoin on erittäin merkitsevä, mikä johtuu keskimäärää suuremmasta keskiarvojen erosta ja keskimäärää pienemmästä vaihtelusta sekä siitä aiheutuvista pienistä keskivirheistä. Kaikissa tapauksissa virheen ilmeinen systemaattisuus on kuitenkin huomiota herättävä.

4121. Keskikasvu metsätyypeittäin

Keskikasvu metsätyypeittäin esitetään taulukossa 8. Sen perusteella on todettava, että metsälöittäisen arvionnin kasvu on yleensä yhtenäisen arvioinnin kasvua pienempi. Poikkeuksena on vain korpien ja rämeitten

Taulukko 8. Keskikasvu metsätyypeittäin, m³/ha kuoretta.

Table 8. Mean annual growth on different forest site types, cu. m. excl. bark per hectare.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Yhtenäinen arviointi *Uniform survey*	Metsälöittäinen arviointi *Survey by holdings*	Yhtenäisen ja metsälöittäisen arvioinnin erotus *Difference between uniform survey and survey by holdings*
	m³/ha ja keskivirhe — *cu. m. per ha. and standard error*		
Lh + OMT	5.3 ± 0.31	4.5 ± 0.21	+ 0.8
MT	4.6 ± 0.13	4.3 ± 0.11	+ 0.3
VT + VrK	2.3 ± 0.15	2.2 ± 0.08	+ 0.1
Kp + Rä	2.6 ± 0.31	2.7 ± 0.20	— 0.1
Ojitetut suot	3.6 ± 0.41	2.9 ± 0.46	+ 0.7

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

ryhmä. Absoluuttisesti suurin ero on parhailla metsämailla ja toiseksi suurin ojitetuilla soilla, mutta jos tarkastellaan asiaa sadannesten valossa, on ojitettujen soiden ryhmä johdossa. Siinä ero on 19.4 % ja lehtojen ryhmässä 15.1 %. Pienin suhteellinen ero on edellä mainitusta yleisestä suuntauksesta poikkeavassa korpien ja rämeitten ryhmässä —3.8 %. Tässä samoin kuin puolukkatyypin ryhmässä kasvujen erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Ojitetuilla soillakaan ero ei ole edes melkein merkitsevä, sillä vastaava erotuksen keskivirhe on niin suuri kuin 0.616. Arvioinnin luotettavuutta tutkittaessa on tämän ryhmän kohdalla korostettava, että pienen havaintoaineiston johdosta kaksinkertaiset keskivirheet ovat yli 20 % keskiarvosta. Sitä vastoin MT:llä kaksinkertainen keskivirhe jää alle 6 %:n ja keskiarvojen ero ei ole edes melkein merkitsevä.

Tarkastelun lopputulos voidaan kiteyttää päätelmään, että vaikka eräillä metsätyypeillä keskikasvut saattavat poiketa huomattavasti toisistaan, erot eivät tilastollisesti ole kuitenkaan merkitseviä. Siitä huolimatta ne ovat systemaattisesti samansuuntaisia ja metsälöittäiset arvot ovat selvästi yhtenäistä arviointia pienemmät.

Tutkimusaineiston käsittelyssä noudatettavat menettelytavat vaikuttavat usein suuresti lopputuloksiin. Samasta aineistosta voidaan esimerkiksi laskea eri keskiarvoja riippuen käytettävästä painotuksesta. Metsänarvioimistieteessä keskiarvoja laskettaessa yleisesti käytettyjä painoja ovat kuutiomäärä, pohjapinta-ala, runkoluku, ositteiden metsäpinta-alat jne. Painotuksen lisäksi laskentaan suuresti vaikuttava tekijä on aineiston ryhmitys. Ja kun kysymyksessä on koealojen kasvun laskenta, niin koepuiden ryhmitys on erityisen tärkeää.

Tämä seikka tuli metsälöittäisessä arvioinnissa selvästi esiin. Kun arvioiduille tiloille haluttiin nopeasti lähettää tiedot inventoinnin tuloksista, koe-

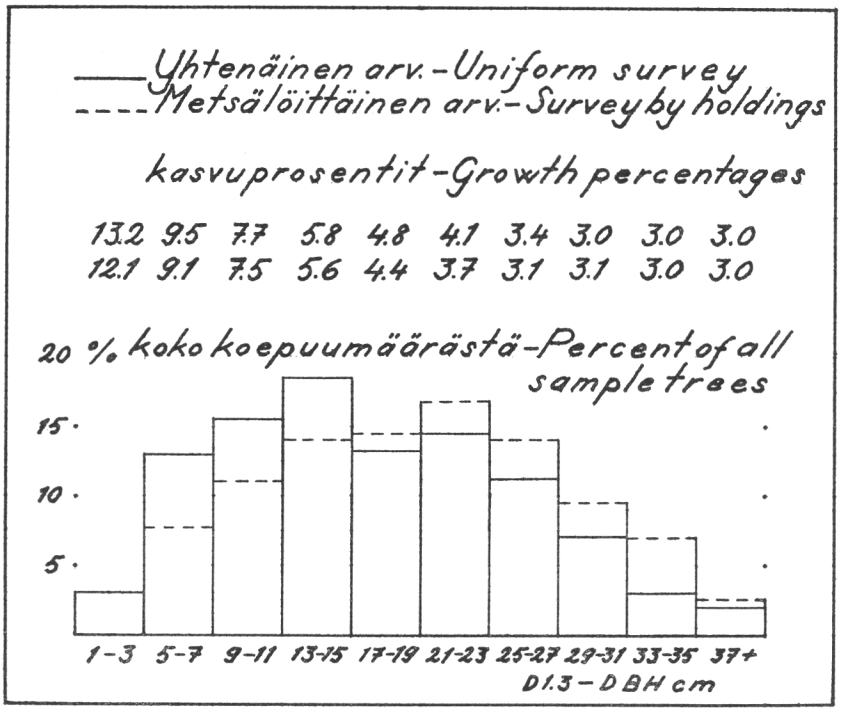
Taulukko 9. Keskikasvu metsätyypeittäin, m³/ha kuoretta.
Table 9. Mean annual growth on different forest site types, cu. m. excl. bark per hectare.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1]	Kasvusadannekset laskettu *Growth percentages calculated*	
	metsälöittäin *by holdings*	koko aineiston perusteella *on the basis of the total data*
Lh + OMT	4.09	4.47
MT	4.23	4.28
VT + VrK	2.21	2.21
Kp + Rä	2.80	2.71
Ojitetut suot	3.00	2.88
Koko metsämaa — *All forest land*	3.42	3.49

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

alojen laskenta suoritettiin tiloittaisten koepuuaineistojen perusteella. Yhden metsälön puitteissa havaintoaineisto saattaa olla liian pieni esim. metsätyypeittäin ja ikäluokittain laskettavia keskiarvoja varten, minkä vuoksi useampia luokkia on yhdistettävä ja tällöin on mahdollista, ettei keskiarvoista aina tule edustavia. Näin esim. kasvusadannesten läpimittaluokittaisia keskiarvoja laskettaessa on pakko yhdistää useita ikäluokkia ja siitä huolimatta keskiarvoista voi tulla poikkeuksellisen korkeita tai alhaisia. Jos sitä vastoin koko metsälöittäisen arvioinnin koepuuaineisto käsitellään yhtenä kokonaisuutena eikä tiloittain, saadaan paljon luotettavammat keskiarvot. Nyt esillä olevaa tutkimusta ajatellen tällainen menettely on tutkimuksen vertailevan luonteen huomioon ottaen myös oikeudenmukaisempi, koska menettely tulee silloin samankaltaiseksi vertailtavissa tapauksissa. On selvää, että yksityisen metsälön tuloksiin voi tästä eräissä tapauksissa aiheutua suuriakin, yli 10 %:n muutoksia. Koska tutkimuksen tarkoituksena ei ole saada tilakohtaista arviointia erityisen luotettavaksi, mutta kylläkin koko alueen inventointitulokset, on esitetystä menettelystä tähän tarkoitukseen vain etua.

Kuinka paljon vaikuttaa lopputulokseen se, että kasvun laskennassa on käytetty joko tiloittaisia tai koko aineistoon perustuvia kasvusadanneksia, selviää taulukosta 9. Siitä on pantava merkille, että koko aineiston kasvusadannesten käyttäminen on tässä tapauksessa johtanut yleensä keskikasvun suurenemiseen. Poikkeuksena ovat suot, missä on tapahtunut lievä päinvastainen ilmiö. Puolukkatyypin ryhmässä ei ole muutosta tapahtunut lainkaan, mutta kun parhailla metsämailla kasvun kohoaminen on niin suuri kuin 0.38 m³ eli 9 %, tämä on vaikuttanut koko metsämaan kasvuun suurentavasti. Muutos on keskimäärin vain 2 %, mutta yksityistapauksissa tällaisen laskentamenetelmän vaikutus voi olla huomattavan suuri, mistä esimerkkinä mainittakoon OMT:n mänty- ja kuusivaltaiset metsiköt, joissa



Kuva 7. Kasvukoepuiden jakaantuminen eri läpimittaluokkien kesken ja läpimittaluokittaiset kasvusadannekset yhtenäisessä ja metsälöittäisessä arvioinnissa.

Fig. 7. Distribution of growth sample trees into DBH-classes and growth percentages by DBH-classes in the uniform survey and the survey by holdings.

metsälöittäiseen ja erikseen koko aineistoon perustuvin kasvusadanneksin lasketut keskikasvut mainituissa metsiköissä ovat: 3.1 ja 4.7 mäntyvaltaisissa sekä 4.2 ja 4.9 kuusivaltaisissa metsiköissä. Lehtipuuvaltaisissa metsiköissä kasvu on tullut samaksi molemmilla tavoilla laskien eli 3.5 m^3/ha.

Arviointimenetelmien välillä olevaa keskikasvun suurta eroavuutta on tutkittu myös koepuuaineiston ryhmittymisen perusteella. Kuvasta 7 nähdään kasvukoepuiden jakaantuminen vahvuusluokkiin. Yhtenäisessä arvioinnissa koepuiksi on otettu suhteellisesti enemmän pieniä puita, mutta metsälöittäisessä arvioinnissa vahvojen läpimittaluokkien osuus on suurempi. Tämä on vienyt siihen, että metsälöittäisessä arvioinnissa kasvukoepuiden keskiläpimitta on 19.7 cm, kun se yhtenäisessä arvioinnissa on 17.2 cm.

Kasvukoepuiden kokonaismäärä on yhtenäisessä arvioinnissa koealojen lukumäärään verrattuna noin 30 % suurempi. Siten niissä tapauksissa, joissa koepuita on otettu suhteellisen paljon, näyttää olleen varaa ottaa kiitä tavallista enemmän pienistäkin läpimittaluokista. Menettely johtuu noepuiden valintaan liittyneestä subjektiivisesta harkinnasta. Jos nimittäin

koepuita ei oteta objektiivisesti tietyn järjestelmän mukaan, vain poikkeustapauksissa eri henkilöt ja samatkin henkilöt eri tilanteissa saattavat toimia yhtenäisesti ja ottaa koepuita eri vahvuusluokista samanlaiset määrät.

Kun tarkastellaan kuvassa 7 olevia kasvusadanneksia, voidaan todeta, että rinnankorkeudelta 27 cm ja sitä ohuemmissa puissa yhtenäisen arvioinnin kasvusadannekset ovat suuremmat, mikä juuri on osaltaan johtanut menetelmien välillä olevaan kasvun poikkeavuuteen. Toiseksi on todettava, että kasvusadannekset ovat korkeammat siinä arvioinnissa, jossa koepuita on koealaa kohden otettu eniten. Koepuiden runsauden ei kuitenkaan välttämättä tarvitse vaikuttaa keskiarvojen suuruuteen, vaikka tässä tutkimuksessa on näin käynyt. Kasvu on kyllä erityisen vaihteleva tekijä ja vaatisi suhteellisen runsaasti koepuita (vrt. Ilvessalo 1963).

42. Silmävarainen arviointi

Silmävarainen arviointi suoritettiin sekä yhtenäisen että metsälöittäisen arvioinnin yhteydessä jokaisella arviointilinjan koskettamalla kuviolla. Mutta lisäksi jokaisella koealalla, ryhmän sinne saavuttua, oli ensimmäisenä tehtävänä puuston kuutiomäärän ja kasvun arviointi ja juuri näiden sekä vastaavien koealojen mittaustulosten perusteella laskettiin regressiosuorien yhtälöt sekä oikaistiin kuviolomakkeiden arviot.

Ainoa oikea perusta korjauksen suorittamiseksi on, että silmävarainen arviointi tapahtuu samantasoisesti sekä niillä koealoilla, joilla arvioinnin tulokset punnitaan, että myös metsikkökuvioilla, joiden perusteella tulokset lasketaan, mutta joilla tehtyjä arviointeja ei pystytä tarkistamaan. Korjaukset eivät johda toivottuun tulokseen, jos silmävarainen arviointi ei todellakaan pysy samanlaisena sekä koealoilla että yksityisillä metsikkökuvioilla, mikä edellytys on ollut menetelmän perusajatus jo siitä lähtien, kuin se on esitetty.

Kysymystä pyritään valaisemaan siten, että aluksi yhtenäisen arvioinnin tutkimusaineistosta lasketaan silmävaraisen arvioinnin koealatulokset ja myös linjakuvioiden oikaisemattomat arviot, mitkä esitetään taulukossa 10. Siitä nähdään, että koealoilla suoritettu arviointi on ollut varovaisempaa, sillä sen sekä kuutio- että kasvuluvut ovat selvästi kuvioittaista arviointia pienemmät. Kuutiomäärän yhteydessä ero on keskimäärin 13.5 % ja kasvun kohdalla 9.4 %. Arviointitasossa on siten ollut niin suuri eroavuus, ettei se ole voinut olla vaikuttamatta koko silmävaraisen arvioinnin tuloksiin. Tässä yhteydessä lienee paikallaan mainita, että asiaan ovat saattaneet vaikuttaa silmävaraiseen arviointiin sopimattoman pienet, 3 aarin koealat (vrt. Ilvessalo 1942, s. 52; Kuusela 1960 a, s. 53), jotka johtavat helposti siihen, että arvostellaan yksityisten puiden koealaan kuulumista tai siitä poisjäämistä.

Taulukko 10. Koealoilla ja linjakuvioilla suoritetun silmävaraisen arvioinnin vertailu. Yhtenäinen linja-arviointi.

Table 10. Ocular estimation on sample plots as compared with ocular estimation in line-compartments. Uniform line-survey.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Silmävarainen arviointi — *Ocular estimation*			
	koealoilla [2]) *on sample plots*	linjakuvioilla [2]) *on line-compartments*	koealoilla *on sample plots*	linjakuvioilla *on line-compartments*
	keskikuutio — *Mean volume* m³/ha, kuorineen *Cu. m. incl. bark per ha.*		keskikasvu — *Mean growth* m³/ha, kuoretta *Cu. m. excl. bark per ha.*	
Lh + OMT	91.2	94.5	3.9	4.0
MT	94.9	110.6	3.6	4.0
VT + VrK	53.3	66.6	1.6	2.1
Kp + Rä	52.1	69.3	1.7	2.2
Ojitetut suot	61.7	71.9	2.8	3.2
Koko metsämaa — *All forest land*	78.2	90.4	2.9	3.2

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

[2]) Koealoja — *Number of sample plots 594;* Linjakuvioita — *Line-compartments 2326.* Keskikuution neliöhajonta koealoilla 66.3 m³, linjakuvioilla 52.0 m³ — *Standard deviation of mean volume on sample plots 66.3 cu. m., in line-compartments 52.0 cu. m.*

Taulukko 11. Koealoilla ja linjakuvioilla suoritetun silmävaraisen arvioinnin vertailu metsälöittäisen 5 %:n arvioinnin mukaan.

Table 11. Ocular estimation on sample plots as compared with ocular estimation in line-compartments. A 5-percent survey by holdings.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Silmävarainen arviointi *Ocular estimation*	
	koealoilla *on sample plots*	linjakuvioilla *on line-compartments*
	keskikuutio — *Mean volume* m³/ha, kuorineen *Cu. m. incl. bark per ha.*	
Lh + OMT	75.9	72.6
MT	94.4	100.0
VT + VrK	63.2	68.1
Kp + Rä	73.5	73.7
Ojitetut suot	45.7	59.9
Koko metsämaa — *All forest land*	75.6	80.2

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

Metsälöittäisessä inventoinnissa on taulukon 11 mukaan onnistuttu paremmin. Koealoilla suoritettu arviointi on tässäkin varovaisempaa, mutta eroavuus on pienempi kuin yhtenäisen arvioinnin ollessa kysymyksessä. Se on koko metsämaalla 4.6 m³ eli 5.7 %. Yhdessä ryhmässä, Lh + OMT koealoilla suoritetussa arvioinnissa on saatu jopa suurempi tulos kuin linjakuvioilta.

Metsälöittäisen arvioinnin parempi suoritus saattaa johtua siitä, että sitä ennen oli jo tapahtunut yhtenäinen arviointi ja siitä saatu kokemusta pienten koealain käyttöön. Myös psykologiset syyt lienevät vaikuttaneet tähän. Työn alussa on todella yritetty rajoittaa arviointi koealan piiriin siinä kuitenkaan onnistumatta ja muutenkin suorittaa työ erittäin huolellisesti ja nimenomaan tietoisena siitä, että koealojen arvioinnin perusteella voidaan arvostella suorittajaa. Myöhemmin työ on tapahtunut kuin itsestään oikealla tavalla ja samalla metsiköittäin arvioiden, jolloin mahdolliset heilahtelut ovat tasoittaneet toisensa.

Joka tapauksessa näistä esimerkeistä on käynyt ilmi, että silmävaraisessa arvioinnissa piilee vaara, ettei se tapahdu koealoilla ja linjakuvioilla samojen periaatteiden mukaisesti (vrt. Matérn 1947, s. 108; 1960, s. 138).

421. Keskikuutiomäärä

Silmävaraisen arvioinnin korjatut keskikuutiomäärät ovat nähtävissä taulukossa 12, mihin on otettu vertailun kohteeksi ympyräarvioinnin keskikuutiomäärä. Keskikuutiomäärää tarkastellaan ensin yhtenäisen, sitten metsälöittäisen linja-arvioinnin osalta ja lopuksi näitä keskenään verraten.

Silmävaraisen arvioinnin keskikuutiomäärä on yhtenäisessä linja-arvioinnissa jokaisella tyypillä ympyräkoeala-arvioinnin tulosta korkeampi. Lähinnä toisiaan keskikuutiomäärät ovat lehtojen ryhmässä, missä silmävaraisen arvioinnin tulos on vain 2.0 % korkeampi. Suhteellisesti suurin ero on korpien ja rämeitten ryhmässä, missä silmävarainen arviointi on 38.1 % korkeampi. Koko metsämaalla sadannesluku on 13.5. Saadut suuret erot ovat suoranainen seuraus silmävaraisen arvioinnin suorituksessa ilmenneestä systemaattisesta arviointitason vaihtelusta koeala- ja linjakuvioita arvosteltaessa. Kun nimittäin ympyräkoeala-arvioinnin tulos on keskimäärin 30 % koealoilla suoritetun silmävaraisen arvioinnin tulosta korkeampi ja kun tehdään keskimäärin tämän suuruinen korjaus regressiolaskelmien mukaisesti linjalomakkeiden kuutiomääriin, jotka todellisuudessa ovat keskimäärin vain 11 % ympyräkoeala-arviointia pienempiä, lopputulos muuttuu huomattavasti, minkä taulukko 12 osoittaa. Vain siinä tapauksessa, että arviointi olisi pystytty suorittamaan sekä linjakuvioilla että koealoilla täsmälleen samantasoisesti, lopputulosten olisi pitänyt olla lähellä toisiaan.

Keskikuutiomäärän keskivirheet on laskettu taulukkoon 12 koko metsämaalle, MT:lle ja ojitetuille soille. Silmävaraisen arvioinnin keskivirheet ovat, ainakin normaalikokoisen aineiston ollessa kysymyksessä, koeala-arvioinnissa saatua pienemmät. Tähän on ilmeisesti vaikuttanut se, että vaihtelu on silmävaraisen arvioinnin osalta pienempää kuin ympyräkoeala-arvioinnissa, missä todelliset suuret ja pienet kuutiomäärät pääsevät vaikut-

Taulukko 12. Silmävaraisen ja ympyräkoeala-arvioinnin keskikuutiomäärä yhtenäisen linja-arvioinnin mukaan.

Table 12. Mean volume according to ocular estimation and circular sample plot survey in uniform line-survey.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Ympyräkoeala-arviointi *Circular sample plot survey*	Silmävarainen arviointi *Ocular estimation*	Erotus *Difference*
	m³/ha, kuorineen — *Cu. m. incl. bark per ha.*		
Lh + OMT	116.9	119.3	— 2.4
MT	122.2 ± 3.22	139.5 ± 1.93	—17.3
VT + VrK	73.8	87.7	—13.9
Kp + Rä	64.5	89.1	—24.6
Ojitetut suot	70.4 ± 6.74	96.1 ± 6.99	—25.7
Koko metsämaa — *All forest land*	101.7 ± 2.44	115.4 ± 1.68	—13.7

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

tamaan. Sen sijaan silmävaraisessa arvioinnissa saattaa esiintyä erityisesti suurissa kuutiomäärissä tavallista suurempaa aliarviointia ja pienissa kuutiomäärissä puolestaan yliarviointia, ja vaihtelu tapahtuu näin suppeahkoissa rajoissa (vrt. taul. 10).

Keskikuutiomäärässä arviointimenetelmien välillä oleva ero on niin suuri, ettei se lasketuissa tapauksissa jää edes kolminkertaisen keskivirheen muodostamien rajojen sisäpuolelle. Vastaaviin erotuksen keskivirheisiin verrattuna ero on koko metsämaalla 4.6-kertainen. MT:llä samoin 4.6-kertainen ja ojitetuilla soilla 2.65-kertainen. Tämän mukaan keskiarvojen erotus on koko metsämaalla ja mustikkatyypillä tilastollisesti erittäin merkitsevä sekä ojitetuilla soilla pienen aineiston perusteella merkitsevä. Toisin sanoen voidaan päätellä, että silmävarainen arviointi tässä tapauksessa antaa selvästi korkeampia keskikuutiomääriä kuin ympyräarviointi, mikä johtuu varhemmin mainitusta systemaattisesta virheestä.

Silmävaraisen arvioinnin onnistuminen metsälöittäisen linja-arvioinnin yhteydessä selviää taulukosta 13, johon on otettu kaikkien kolmen näytteen koko metsämaan keskikuutiomäärä.

Vaikka ympyräkoealan ja silmävaraisen arvioinnin keskinäiseen vertailuun ei vaikuta se, otetaanko vai ei keskikuutiomäärässä huomioon kahdesta kenttätyökaudesta jälkimmäisenä arvioiduilla metsälöillä yhden hakkuukauden poistuman lisäys ja yhden vuoden kasvun vähennys, on tämän mukaiset korjatut luvut haluttu esittää taulukon 13 alaviitteenä helpottamaan vertailua yhtenäisen arvioinnin tuloksiin.

Silmävaraisen arvioinnin keskikuutiomäärä on tälläkin kertaa suurempi kuin ympyräkoeala-arvioinnin. Ero menetelmien välillä on kuitenkin huo-

Taulukko 13. Silmävaraisen ja ympyräkoeala-arvioinnin keskikuutiomäärä koko metsämaalla metsälöittäisen arvioinnin mukaan.

Table 13. Mean volume according to ocular estimation and circular sample plot survey for total forest land in survey by holdings.

Ympyräkoeala-arviointi *Circular sample plot survey*			Silmävarainen arviointi *Ocular estimation*		
5	10	20	5	10	20
sadanneksen näyte — *Sampling per cent*					
m^3/ha, kuorineen — *Cu. m. incl. bark per ha.*					
100.7	97.9	98.2	101.9	99.7	105.2
[1]) 102.8	99.2	98.8	104.0	101.0	105.8

[1]) Nämä lukusarjat ilmoittavat keskikuutiomäärän, kun v. 1960 arvioiduilla metsälöillä puuston määrään on lisätty 1 vuoden hakkuupoistuma ja vähennetty 1 vuoden kasvu. — *The numbers refer to mean volume. To the growing stock of the holdings surveyed in 1960 has been added one year's removal and then from it subtracted one year's increment.*

mattavasti pienempi kuin yhtenäisen arvioinnin ollessa kysymyksessä. Pienimmässä näytteessä silmävarainen arviointi on vain 1.2 m^3 suurempi, 10 %:n näytteessä 1.8 m^3, mutta 20 %:n näytteessä 7.0 m^3. Kahden pienimmän näytteen osalta voidaan sanoa silmävaraisen arvioinnin onnistuneen hyvin. Keskiarvojen ero on niissä siksi pieni, ettei sillä ole tilastollisesti edes lievää merkitsevyyttä, sillä ympyräkoeala-arvioinnissa saatiin näiden näytteiden keskivirheiksi 3.00 m^3 ja 2.16 m^3; silmävaraiselle arvioinnille keskivirheitä ei ole tässä yhteydessä laskettu, mutta ne eivät ole koko metsämaan osalta ainakaan edellisiä suurempia, joten keskiarvojen erot ovat vain n. 0.3- ja 0.6-kertaisia vastaaviin erotuksen keskivirheisiin verrattuna.

Suurimman, 20 %:n näytteellä saatu 7.0 m^3:n ero ja ympyräkoeala-arvioinnin keskivirhe 1.71 m^3 antavat tuloksille oman painonsa. Jos nimittäin oletamme, että silmävaraisen arvioinnin keskivirhe on samaa suuruusluokkaa, on tässä tapauksessa $7.0 = 2.90 \times 2.418$ ja siten keskiarvojen erotus on tilastollisesti merkitsevän ja erittäin merkitsevän rajamailla.

Kun verrataan yhtenäistä ja metsälöittäistä silmävaraista arviointia, missä koko metsämaan keskikuutiomäärät ovat 115.4 m^3/ha ja 101.0 m^3/ha, jolloin keskiarvojen ero on 14.4 m^3 yhtenäisen linja-arvioinnin hyväksi, on jälleen todettava, että metsälöittäinen arviointi on antanut pienemmän tuloksen. Tällä kertaa lienee syytä mainita, että metsälöittäisen arvioinnin silmävarainen suoritus on tavallaan onnistunut paremmin, koska se on lähinnä koeala-arviontia ja siinä ei todettu tilastollisesti merkitsevää eroa. Sitä vastoin edellä mainittu 14.4 m^3 on niin suuri, että se on tilastollisesti erittäin merkitsevä, mistä on pääteltävä, että mikäli yhtenäistä ja metsälöittäistä arviointia olisi verrattu vain silmävaraisen suorituksen perusteella, olisi johtopäätöksenä ollut, etteivät menetelmät johda yhtäläiseen tulokseen.

422. Keskikasvu

Se, mitä edellä keskikuutiomäärän yhteydessä on todettu, pitää suurelta osalta paikkansa myös keskikasvuun nähden jo sen vuoksi, että kasvu on suuresti riippuvainen kuutiomäärästä. Kun kasvun tuloksissa saattaa ilmetä omia erikoispiirteitä, lienee paikallaan esittää silmävaraisen arvioinnin tutkimustulokset myös kasvun osalta.

Taulukon 10 tarkastelun yhteydessä todettiin, kuinka silmävarainen kuutiomäärän ja kasvun arviointi oli yhtenäisessä arvioinnissa tapahtunut perusteiltaan eritasoisesti metsikkökuvioilla ja koealoilla, minkä vuoksi lopputuloksissa on systemaattinen virhe. Kasvun arviointi koealoilla on ollut n. 10 % alhaisempaa kuin metsikkökuvioilla, ja tämän virheellisen tasokorjauksen johdosta silmävarainen arviointi on antanut koko metsämaan kasvun 0.3 m^3 eli 8 % suuremmaksi kuin koeala-arviointi, kuten taulukko 14 osoittaa. Suurin eroavuus on kuitenkin puolukkatyypin ryhmässä, missä se on peräti 26 %. Pienin eli vajaan 4 %:n ero on lehtojen ryhmässä, mikä on myös siinä mielessä poikkeuksellinen, että silmävaraisen arvioinnin tulos on ympyräkoeala-arviointia pienempi.

Jos keskivirheiden valossa tutkitaan saatuja tuloksia, niin koko metsämaalla ero on $0.3\ m^3 = 2.68 \times 0.112$; MT:llä $0.5\ m^3 = 3.38 \times 0.148$ ja ojitetuilla soilla $0.6\ m^3 = 1.18 \times 0.510$. Tämän mukaan MT:llä keskiarvojen ero on erittäin merkitsevä, koko metsämaalla merkitsevä, mutta ojitetuilla soilla se ei ole edes melkein merkitsevä. Puolukkatyypin ryhmä on aineistossa kolmanneksi suurin, ja myös tässä keskikasvujen eron voidaan katsoa olevan erittäin merkitsevä, sillä jos keskivirheet ovat samaa suuruusluokkaa

Taulukko 14. Silmävaraisen ja ympyräkoeala-arvioinnin keskikasvu yhtenäisen linja-arvioinnin mukaan.

Table 14. Mean annual growth according to ocular estimation and circular sample plot survey in uniform line-survey.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Ympyräkoeala-arviointi *Circular sample plot survey*	Silmävarainen arviointi *Ocular estimation*	Erotus *Difference*
	m^3/ha, kuoretta — *Cu. m. excl. bark per ha.*		
Lh + OMT	5.3	5.1	+0.2
MT	4.6 ± 0.13	5.1 ± 0.07	—0.5
VT + VrK	2.3	2.9	—0.6
Kp + Rä	2.6	3.0	—0.4
Ojitetut suot	3.6 ± 0.42	4.2 ± 0.29	—0.6
Koko metsämaa — *All forest land*	3.9 ± 0.10	4.2 ± 0.05	—0.3

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

Taulukko 15. Silmävaraisen ja ympyräkoeala-arvioinnin keskikasvu koko metsämaalla metsälöittäisen arvioinnin mukaan.

Table 15. Mean annual growth according to ocular estimation and circular sample plot survey on all forest land in survey by holdings.

Ympyräkoeala-arviointi *Circular sample plot survey*			Silmävarainen arviointi *Ocular estimation*		
5	10	20	5	10	20
sadanneksen näyte — *Sampling per cent*					
m^3/ha, kuoretta — *Cu. m. excl. bark per ha.*					
3.3 [1])	3.4 [1])	3.4 [1])	3.4	3.4	3.6
3.5	3.5	3.5			

[1]) Luvut saatu metsälöittäin laskettujen kasvusadannesten perusteella ja kasvun korjaus suoritettu niiden mukaisesti. — *Numbers based on the growth percentages calculated by holdings and the correction to growth performed according to them.*

koko tyyppiryhmässä kuin sen mäntyvaltaisissa metsiköissä, mikä on erittäin todennäköistä, koska on saman ryhmän suurempi aineisto kysymyksessä, niin keskiarvojen ero 0.6 m^3 on 3.5-kertainen erotuksen keskivirheeseen verrattuna ($\pm$ 0.171).

Tutkimuksen mukaan metsälöittäin suoritetussa silmävaraisessa arvioinnissa on saatu kasvunkin osalta paremmat tulokset kuin yhtenäisessä arvioinnissa, mikä nähdään taulukosta 15. Taulukossa esitetään koealaarvioinnin osalta kaksi lukusarjaa, joista ylimmäinen on saatu tiloittaisten kasvusadannesten perusteella ja joita on käytetty kasvun korjauksen perusteena. Siinä mielessä ne ovat vertauskelpoisia silmävaraiseen arvioon. Alemman lukusarjan kasvut on laskettu koko aineiston kasvusadannesten perusteella, ja niitä käytetään tutkimuksen kaikissa muissa yhteyksissä.

Taulukon 15 perusteella on sanottava, että arviointien välillä ei ole merkitsevää eroa, sillä tulokset ovat miltei samansuuruiset, ja 10 %:n näytteessä keskikasvu on tarkalleen sama kummassakin menetelmässä.

Silmävaraista arviointia selostavan luvun päätteeksi on todettava, että metsälöittäinen ja yhtenäinen linja-arviointi poikkeavat keskikasvussa toisistaan 0.8 m^3. Edellinen on 19 % jälkimmäistä pienempi. Menetelmien ero on siten kasvunkin yhteydessä erittäin merkitsevä, joten lopputulos on kuutiomäärään verrattuna täysin samanlainen.

43. Relaskooppi- ja ympyräkoeala-arviointi

Relaskooppiarviointi suoritettiin vain toisen tutkimusryhmän toimesta tämän alueen yhtenäisen ympyräkoeala-arvioinnin kanssa samoilta paikoilta. Vertailtavana on siten yhtenäisen linjoittaisen ympyräkoeala- ja relaskooppikoeala-arvioinnin tulokset noin 4 800 hehtaarin suuruiselta metsäalueelta.

Ympyräkoeala-arviointia suoritettaessa merkittiin koealojen keskipisteet paaluilla relaskooppiarviointia varten, joka aloitettiin välittömästi edellisen arvioinnin jälkeen. Tällöin kuljettiin koealalta toiselle tekemässä relaskooppihavainnot samakeskisesti ympyräkoealojen kanssa. Itse koealat vastasivat vain harvoin täydellisesti toisiaan, sillä ympyräkoealojen koko oli 3 aaria, säde 9.78 m, mutta relaskooppihavainnot saattoivat tulla laajemmalta tai suppeammalta alalta. Kun tutkimuksessa käytettiin miltei yksinomaan 2 cm:n relaskooppiaukkoa 1 m:n pituisen varren päässä, tuli esim. rinnankorkeudelta 11 cm täyttävä puu havainnon piiriin 5.5 m:n päästä, 20 cm täyttävä puu 10 m:n päästä ja tätä suuremmat puut vielä kauempaa. Tämän vuoksi relaskooppikoealojen arviointiprosentti on järeiden puiden osalta suurempi kuin yhtä monen 3 aarin suuruisen ympyräkoealan.

431. Keskikuutiomäärä

Relaskooppiarviointia koskevat tulokset esitetään niiden ositteiden osalta, joille keskivirheet on laskettu Lindebergin (1924, s. 14) menetelmään perustuen.

Taulukon 16 mukaan relaskooppi- ja ympyräkoeala-arvioinnin tulokset poikkeavat hyvin vähän toisistaan, koko metsämaalla keskimäärin 2 m^3/ha. Tätä pienempi ero on kuivien kankaiden mäntyvaltaisissa metsiköissä ja ojitetuilla soilla. Mustikkatyypillä ja lehtojen ryhmän lehtipuuvaltaisissa metsiköissä on ero selvästi koko aineiston keskimäärää suurempi. Ojitettuja soita lukuun ottamatta relaskooppiarvioinnin keskikuutiomäärä on ympyräkoeala-arviointia suurempi. Jos kuitenkin otetaan huomioon pohjapinta-alan määrittämisen yhteydessä tapahtunut systemaattinen yliarviointi, mikä saatiin selvitetyksi jatkuvien tarkistusmittausten avulla, pienenee relaskooppiarvioinnin keskikuutiomäärä.

Pohjapinta-alan tarkistus suoritettiin s. 22 esitetyn menetelmän mukaisesti kaikkiaan 33 koealalla, joiden perusteella saatiin arvioitujen ja tarkistettujen pohjapinta-alojen keskiarvoiksi 15.9 m^2/ha ja 15.6 m^2/ha. Pohjapinta-alan yliarviointi on siten ollut keskimäärin 0.3 m^2/ha. Mutta jos pohjapinta-alan tarkistus selvitetään tiheysluokittain, käy ilmi, että metsikön pohjapinta-alan ollessa alle 10.0 m^2/ha, relaskoopilla on suoritettu 0.1 m^2:n aliarviointi. Arvioidut ja tarkistetut keskiarvot ovat 6.2 ja 6.3 m^2/ha. Muissa tiheysluokissa tilanne oli päinvastainen ja arvioitu pohjapinta-ala 0.4 m^2/ha suurempi. Tiheysluokassa 10.1—20.0 m^2/ha arvioitu pohjapinta-ala oli 13.4 m^2 ja laskettu 13.0 m^2/ha. Pohjapinta-alan noustessa yli 20.1 m^2/ha vastaavat arvot olivat 24.8 ja 24.4 m^2/ha.

Kun relaskooppikoealojen kuutiointi on suoritettu Nyyssösen (1954 b) taulukoiden avulla, on pohjapinta-alan tarkistuksen vaikutus laskettava

Taulukko 16. Keskikuutiomäärä relaskooppi- ja ympyräkoeala-arvioinnin mukaan.
Table 16. Mean volume according to relascope and circular sample plot survey.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Koealoja, kpl *Number of sample plots*	Relaskooppi-arviointi *Relascope survey*	Ympyräkoeala-arviointi *Circular sample plot survey*	Erotus *Difference*
		keskikuutio, m³/ha kuorineen ja keskivirhe *Mean volume, cu. m. incl. bark per ha. and standard error*		
Ojitetut suot — *Drained swamps* ..	7	73.6 ± 14.50	75.1 ± 13.77	—1.5
Lh + OMT lehtipuuvaltaiset — *Hardwoods dominant*	17	100.0 ± 16.96	92.6 ± 23.58	+7.4
Kaikki lehtipuuvaltaiset — *All hardwoods dominant*	38	79.8 ± 9.26	76.9 ± 10.72	+2.9
VT + VrK mäntyvaltaiset — *Pine dominant*	58	86.5 ± 7.77	86.2 ± 8.39	+0.3
MT	122	126.2 ± 5.41	120.2 ± 4.69	+6.0
Koko metsämaa — *All forest land*	298	104.4 ± 3.75	102.4 ± 3.08	+2.0

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

samoin perustein ja samojen taulukoiden mukaan. Keskipituus selvitettiin kolmessa edellä mainitussa tiheysluokassa sekä lisäksi kaikkien koealojen keskiarvona laskemalla mediaanikoepuiden keskipituuksille pohjapinta-aloilla punnitut keskiarvot. Näiksi saatiin seuraavan asetelman mukaiset lukusarjat:

	tiheysluokka, m²/ha			
	—10.0 m²	10.1—20.0 m²	20.1 + m²	kaikki koealat
keskipituus	13.3 m	15.1 m	15.7 m	15.2 m

Näitä keskipituuksia ja tiheysluokittaisia tarkistamattomia ja tarkistettuja pohjapinta-alojen keskiarvoja käyttäen saadut vastaavat kuutiomäärien muutokset ovat tiheysluokittain seuraavat:

	tiheysluokka, m²/ha			
	—10.0 m²	10.1—20.0 m²	20.1 + m²	kaikki koealat
kuutiomäärän muutos	+0.7 m³	—2.8 m³	—3.2 m³	—2.4 m³

Nähdään, että kuutiomäärän muutos on suurin tiheissä metsiköissä, joissa keskipituuskin on suurin, ja että 0.6 m:n keskipituuseroa vastaa 0.4 m³:n ero kuutiomäärässä, kun pohjapinta-aloissa on yhtä suuret muutokset. Arvioitavan metsäalueen rakenteesta ja erityisesti sen keskipituudesta riippuu, kuinka suuriksi pohjapinta-alan tarkistuksesta johtuvat kuutiomää-

rän muutokset tulevat. Kun relaskooppiarvioinnissa koko metsämaalle saadusta keskikuutiomäärästä 104.4 m^3/ha vähennetään korjaus 2.4 m^3/ha, saadaan tutkimusalueen keskikuutiomääräksi 102.0 m^3/ha, mikä eroaa ympyräkoeala-arvioinnin tuloksesta vain 0.4 m^3.

Vaikka relaskooppiarvioinnissa otettaisiin huomioon pohjapinta-alan havaintovirheet, on siinä saatu keskikuutiomäärä yleensä ympyräkoeala-arvioinnin tulosta suurempi (vrt. myös V u o k i l a 1959, s. 30). Tosin erot eivät ole suuret, mutta tämänsuuntainen tendenssi on taulukon 16 mukaan nähtävissä. Joskin saatujen erojen syiden selvittely ei kuulu tämän tutkimuksen tarkoitukseen, lienee paikallaan valaista asiaa toisten tutkimusten perusteella.

Tutkimuksessa käytettyjen kuutioimistaulukoiden laadinnassa on runkomuoto otettu huomioon keskimääräisiä muotolukuja soveltaen, jotka perustuvat metsänhoidolliselta tilaltaan hyviksi tai tyydyttäviksi arvioituihin, ainakin likimain puhtaisiin Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsikköihin (N y y s s ö n e n 1954 b, s. 19). Jos inventoitavien metsiköiden puusto on muodoltaan esitettyä keskimääräistä parempaa, relaskooppiarviointi antaa todellista pienempiä tuloksia ja päinvastaisissa tapauksissa karuilla kasvupaikoilla ja yleensä harsituissa metsiköissä hiukan suurempia. Tämän vuoksi esim. harsituissa kuusikoissa tulisi taulukoiden laatijan mukaan taulukkoarvosta oikeaan kuutiomäärään pääsemiseksi vähentää keskimäärin n. 5 % (N y y s s ö n e n m.t. s. 20). Kun tämän tutkimuksen yhteydessä ei ole selvitetty tutkimusalueen puuston runkomuodon poikkeavuutta kuutioimistaulukoiden perustana olevien metsiköiden runkomuotoon verrattuna, ei kysymystä inventointialueen puuston huonommasta muodosta voida täydellisesti ratkaista. Kuitenkin voidaan katsoa asian olevan näin ainakin kaikilla kallio- ja muilla huonotuottoisilla metsämailla sekä harsituissa ja muuten epätyydyttävästi käsitellyissä metsiköissä, joita on runsas kolmannes metsäalasta.

Se, että relaskooppiarvioinnissa on saatu ympyräkoeala-arviointiin verrattuna vähän korkeampia kuutiomääriä, johtunee siis pohjapinta-alan yliarvioinnista ja lisäksi saattaa osittain johtua kuutioimistaulukoista. Tämä tutkimus ei kuitenkaan erityisesti vahvista viimeksi mainittua asiaa, koska kerran pohjapinta-alan tarkistuksen jälkeen relaskooppiarvioinnin tulos on 0.4 m^3/ha ympyräkoeala-arviointia pienempi. Vain harvoin molemmat menetelmät antavat täsmällisesti samansuuruisia keskikuutiomääriä, sillä näissä menetelmissä koealat eivät täydelleen vastaa toisiaan, vaikka niiden keskipisteet ovatkin samat.

Relaskooppiarvioinnin tarkkuutta voidaan tarkastella taulukon 16 perusteella. Siinä on koko tutkitun metsäalueen keskikuutiomäärän yksinkertaiseksi keskivirheeksi saatu 3.6 % ja mustikkatyypillä, jolle on sattunut vain vajaa puolet kaikista koealoista, 4.3 %. Vastaavat ympyräkoeala-arvioinnin

keskivirheet ovat 3.0 % ja 3.9 %. Nämä luvut ovat siis vähän relaskooppiarvioinnissa saatuja pienemmät. Sen mukaan samaan tarkkuuteen relaskooppiarvioinnissa tarvittaisiin jonkin verran enemmän koealoja kuin ympyräkoeala-arvioinnissa (vrt. Vuokila 1959).

Tutkimuksen mukaan relaskooppi- ja ympyrakoeala-arvioinnin keskivirheet ovat alle 10 % puolukkatyypin ryhmässä, missä koealojen lukumäärä on 58. Sitä vastoin jo 38 koealan perusteella keskivirheet ovat nousseet yli 10 %:n, sillä tämä koealamäärä on kaikkien lehtipuuvaltaisten metsiköiden ryhmässä ja keskivirheet ovat 11.6 ja 13.9 %.

Kun verrataan relaskooppiarvioinnin tuloksia tilastollisesti ympyräkoeala-arvioinnin tuloksiin, niin on tällaisissa tapauksissa, missä kustakin yksiköstä on tehty kaksi havaintoa ja on mahdollista, että havainnot ovat korrelaatiossa keskenään, laskettava aluksi koealoittain havaintoparien erotukset ja edettävä erotusten keskiarvon kautta testaukseen näin saadusta lukusarjasta eikä kahdesta eri sarjasta. Erotusten keskiarvon keskivirhe on tällöin 1.73 ja t-arvo $\frac{2.0}{1.73} = 1.16$. Tämä merkitsee, että keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti edes melkein merkitsevä ja kummankin voidaan katsoa kuuluvan saman populaation havaintosarjaan ja kummankin tuloksia pitää samanarvoisina.

Kun tuloksia tarkastellaan ositteittain, on todettava niiden ryhmien osalta, joissa koealojen lukumäärä on pieni, että keskivirheet ovat suuria ja että niiden laskeminen näin vähäisille havainnoille ei vastanne tarkoitustaan. Lisäksi on syytä korostaa sitä, että lehtojen ryhmän lehtipuuvaltaisissa metsiköissä, missä on 17 koealaa, relaskooppiarvioinnin keskivirhe on noin kolmanneksen pienempi kuin ympyräkoeala-arvioinnin, vaikka muiden ryhmien kohdalla keskivirheet ovat olleet samankaltaisia. Tämä ilmeisesti johtuu siitä, että tällaisissa metsiköissä, missä puusto on erittäin vaihtelevaa ja siten saattaa esiintyä suhteellisen korkeakuutioisia hyviä koivikoita ja taas erittäin pienikuutioisia lepikoita, relaskooppimenetelmä tasoittaa järeissä metsiköissä suuremman alansa ansiosta metsiköiden sisäisiä vaihteluita.

Neljälle suurimmalle ositteelle on seuraavaan asetelmaan laskettu valmiiksi lausekkeet, joissa koealakuutioiden erotusten keskiarvojen eroja on verrattu vastaaviin erotusten keskiarvojen keskivirheisiin, jotka on laskettu edellä mainitulla tavalla.

Osite	$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d}$	Koealoja, kpl
Kaikki lehtipuuvaltaiset metsiköt	0.52	38
VT + VrK mäntyvaltaiset metsiköt	0.08	58
MT:n kaikki metsiköt	2.27	122
Koko metsämaa	1.16	298

Jos asetelman t-arvoja verrataan vastaaviin taulukoituihin arvoihin, on muiden ryhmien paitsi MT:n osalta todettava, että arviointimenetelmien kesken ei ole tilastollisesti edes melkein merkitsevää eroa ja MT:n metsiköissäkin vain melkein merkitsevä. Näin ollen on pääteltävissä, että relaskooppimenetelmän kuutiomäärän määritys kestää vertailun ympyräkoeala-arviointiin.

432. Keskikasvu

Relaskooppikoealojen kasvun laskenta on suoritettu sadannesmenetelmää käyttäen, jolloin kairattujen koepuiden kuutiokasvusadannekset on saatu Ilvessalon (1948 b) taulukoiden avulla. Ympyräkoeala-arvioinnissa kuutiokasvusadannekset on tietyissä ryhmissä (vrt. s. 35) laskettu läpimittaluokittain, relaskooppiarvioinnissa sadannekset sitä vastoin on ryhmitetty kasvupaikan, ikäluokan ja tiheyden mukaan (s. 35). Strandin (1957 b) mielestä relaskooppiarvioinnissakin laskelmat tulisi suorittaa läpimittaluokittain. Kuitenkin tutkimuksessa päädyttiin nyt sovellettuun ja jo ennestään koettuun joustavaan ja myös luotettavana pidettyyn menettelyyn.

Keskikasvu on taulukon 17 mukaan kaikkien koealojen keskiarvona samansuuruinen kummassakin arviointimenetelmässä. Myöskään suurimmassa ryhmässä, mustikkatyypillä, eroa ei ole. Muilla metsätyypeillä ero on 0.2—0.3 m³, mikä sadanneksina on keskikasvun suuruudesta riippuen 6—12 %. Merkittävin eroavuus keskikuutiomäärän tarkasteluun verrattuna on se, että kun relaskooppiarvioinnin keskikuutiomäärä on vain yhdessä ryhmässä pienempi, niin keskikasvussa suunta on päinvastainen ja vain yhdellä tyypillä relaskooppiarviointi antoi suuremman tuloksen. Tämä on sitä merkittävämpää, koska pohjapinta-alan yliarviointi aiheutti relaskooppiarvioin-

Taulukko 17. Keskikasvu relaskooppi- ja ympyräkoeala-arvioinnin mukaan.
Table 17. Mean annual growth according to relascope and circular sample plot survey.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Koealojen lukumäärä *Number of sample plots*	Relaskooppi-arviointi *Relascope survey*	Ympyräkoeala-arviointi *Circular sample plot survey*	Erotus *Difference*
		keskikasvu, m³/ha, kuoretta ja keskivirhe *Mean annual growth, cu. m. excl. bark per ha. and standard error*		
Lh + OMT	52	5.6	5.3	+0.3
MT	122	4.5 ± 0.18	4.5 ± 0.19	±0.0
VT + VrK	86	2.5 ± 0.21	2.7 ± 0.29	—0.2
Kp + Rä	31	2.3	2.6	—0.3
Ojitetut suot	7	2.8 ± 0.44	3.0 ± 0.47	—0.2
Koko metsämaa — *All forest land*	298	3.9 ± 0.14	3.9 ± 0.12	±0.0

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

nin keskikuutiomäärään 2.4 m³:n korjauksen. Jos samansuuruinen suhteellinen muutos tehdään keskikasvuun, se pienenee koko metsämaan osalta 0.1 m³:llä. Keskikasvujen samansuuntaiseen pieneen eroavuuteen on osaltaan vaikuttanut erilainen koepuiden otto. Relaskooppiarvioinnissa kairaukset suoritettiin mediaanipuista. Kun relaskooppiarviointi käsittää ympyräkoeala-arviointiin verrattuna suuremman näytteen kookkaita puita, on koepuiden paino relaskooppiarvioinnissa järeiden puiden puolella, joiden kasvuprosentti on pieniä puita alhaisempi. Kasvukoepuiden keskiläpimitta on relaskooppiarvioinnissa lähes 3 cm suurempi kuin ympyräkoeala-arvioinnissa.

Aivan samoin kuin keskikasvut poikkeavat menetelmien kesken merkittävän vähän toisistaan, niin myös niille lasketut keskivirheet ovat samaa suuruusluokkaa. Relaskooppiarvioinnissa koko metsämaan keskikasvun keskivirheeksi saatiin $\pm$ 0.14 m³, mikä on 3.6 % keskikasvusta. Mustikkatyypillä keskivirhe on $\pm$ 0.18 m³ eli 4.0 % keskikasvusta. Ympyräkoealaarvioinnissa vastaavat keskivirheet ovat 3.1 ja 4.2 %.

Esitetyn tarkastelun perusteella voitaneen sanoa, että relaskooppiarvioinnissa kasvu pystytään määrittämään lähes samalla tarkkuudella kuin ympyräkoeala-arvioinnissakin. Tutkimuksen mukaan eroa näiden kahden arvioinnin välille ei ole saatu lainkaan, kun koealojen määrä on yli 100. Tätä pienemmällä koeala-aineistolla ero on yleensä 6—7 % lukuun ottamatta hyvin epäyhtenäistä korpien ja rämeiden ryhmää, missä se on 12 %. Tilastollisesti merkitsevää eroa ei ole kuitenkaan minkään tyyppiryhmän metsiköissä.

Suoritettu tutkimus on osaltaan vahvistanut sitä käsitystä, että relaskooppiarviointi voidaan luotettavuutensa puolesta pitää ympyräkoealaarvioinnin kanssa suurehkojen metsäalueiden inventoinneissa lähes samanarvoisena. Kun samalla otetaan huomioon, että relaskooppikoealojen käyttö on nopeampaa kuin ympyräkoealojen, voitaneen tämä arviointimenetelmä taloudellisuudessa rinnastaa ympyräkoeala-arviointiin.

44. Keskikuution tarkkuus ja tarpeellisten koealojen lukumäärä sekä optimikiintiöinti

Kysymystä käsitellään ensin yhtenäisen arvioinnin osalta, missä koealakuutioiden vaihtelusta lähtien tarkastellaan koealoja metsätyypeittäin ja myös kokonaisuutena. Tulokset ovat nähtävissä taulukossa 17 a. Siihen on laskettu kuutioiden keskiarvo kuorineen, hajonta, variaatiokerroin, keskivirhe, keskivirhe sadanneksina keskiarvosta ja kuinka monta koealaa tarvitaan, jos keskivirheen suuruudeksi halutaan 2.5, 5 ja 10 % keskiarvosta.

Taulukko 17 a. Koealojen kuutiomäärien vaihtelu ja tarpeellisten koealojen lukumäärä koko tutkimusalueella.

Table 17 a. Variability of the sample plot volumes and the number of necessary samples in the whole research area.

Metsätyyppi tms. *Forest site type, etc.*[1])	Koealojen lukumäärä *Number of sample plots*	Keskikuutio *Mean volume*	Hajonta *Standard deviation*	Variaatiokerroin *Coefficient of variation*	Keskivirhe *Standard error*	Keskivirhe % *Standard error in per cent*	Koealamäärä, kun keskivirhe on *Number of sample plots when standard error is*		
							2.5 % *per cent*	5 % *per cent*	10 % *per cent*
Lh + OMT	89	116.9	80.5	69	8.54	7.3	760	190	47
MT.....	272	122.2	62.0	51	3.76	3.1	411	103	26
VT + VrK	174	73.8	58.1	79	4.40	6.0	993	248	62
Kp + Rä .	42	64.5	44.6	69	6.88	10.7	768	192	48
Ojit. suot .	17	70.4	40.0	57	9.76	13.9	516	129	32
Yhteensä — *Total*....	594	101.7	67.0	66	2.74	2.7	696	174	43

[1]) *For the forest site types see Table 2.*

Koko tutkimusalueella koealakuutioiden hajonta on 67.0 m^3 ja variaatiokerroin 66. Vaihtelu on pienin mustikkatyypillä ja suurin puolukkatyypin ryhmässä, missä se johtuu tämän tyyppiryhmän suhteellisen runsaista uudistusaloista, taimikoista ja vanhoista metsiköistä.

Metsätyypeittäin tarvittavien koealojen määrä vaihtelee runsaasti. Ääriarvot ovat hajonnan suuruudesta johtuen mustikkatyypillä ja puolukkatyypin ryhmässä. Viimeksi mainitun koealamäärä on yli kaksinkertainen mustikkatyyppiin verrattuna. Jos saatujen lukusarjojen perusteella yritetään määrittää ositteiden suuruus tietyn tarkkuuden saavuttamiseksi, niin tutkimusalueen kaltaisissa olosuhteissa ja nykypuustoltaan niin epähomogeenisia ositteita kuin metsätyyppejä käytettäessä ositteiden pinta-alan on oltava 20—40 % koko alueen alasta, jotta yksinkertainen keskivirhe olisi 5%. Jos yksinkertainen keskivirhe saa olla 10 %, niin ositteen suuruus vaihtelee 5—15 %.

Kaikki yhtenäisessä arvioinnissa mitatut 594 koealaa antavat 95 %:n luotettavuudella keskikuution 5.4 %:n tarkkuudella, millä tarkoitetaan sitä, että kaksinkertainen keskivirhe on 5.4 % keskiarvosta. Jos tarkkuus halutaan 2 %:n suuruiseksi, tarvitaan koko metsämaalla 4 358 koealaa, 5 %:n tarkkuus saavutetaan 696 koealalla ja 10 %:n 174 koealalla. Koealamäärät osoittavat havainnollisesti, miten pienikin tarkkuuden lisäys nostaa koealamääriä ja samalla kustannuksia huomattavasti, kun pysytellään alle 5 %:n tarkkuudessa.

Koealojen määrä on huomattavasti suurempi kuin Pohjois-Suomessa, esim. Inarin olosuhteissa on tarpeen 10 aarin koealakokoa käytettäessä (K u u s e l a 1960 a, s. 28). Pohjois-Suomen metsiköissä puuston kuutiomäärän vaihtelu on kuitenkin vähäisempää kuin Etelä-Suomessa. Lisäksi suuret koealat tasoittavat koealojen välistä vaihtelua. Esimerkkinä mainittakoon, että Inarin olosuhteissa 2 %:n tarkkuus saadaan 2 638 koealalla ja 5 %:n 412 koealalla.

Edellisessä koealojen määrät on laskettu niin, kuin kysymyksessä olisi satunnaisnäyte. Systemaattisessa koeala-jakaantumisessa koealojen tarve on kuitenkin vähäisempi. Tutkimuksen metsälöittäisessä arvioinnissa yli 50 ha:n suuruisilla tiloilla keskivirheet laskettiin Lindebergin säännölliseen koeala-arviointiin kehittämää menetelmää käyttäen (vrt. s. 47—48). Tämän laskennan käsittämä metsäala on 1 113 ha ja mitattujen koealojen lukumäärä 418. Hajonnan suuruus on 54.8 m^3 ja variaatiokerroin 50. Kun näiden tietojen perusteella lasketaan tarpeellisten koealojen määrä tämän suuruisella alueella, saadaan 2 %:n tarkkuutta edellytettäessä 2 522 koealaa, 5 %:n 404 ja 10 %:n 101 koealaa. Nämä luvut ovat paljon pienemmät kuin edellä koko tutkimusalueen yhtenäisessä arvioinnissa on saatu ja suunnilleen samansuuruiset kuin pinta-alaltaan paljon suuremmalla alueella Inarissa. Saatuihin tuloksiin on vaikuttanut ensinnäkin systemaattisen muutoksen huomioon ottaminen virhelaskennassa ja toiseksi se, että laskennassa mukana olleiden tilojen metsissä metsiköiden keskikuution vaihtelu on keskimäärin vähäisempää kuin koko alueella keskimäärin.

Metsälöittäistä arviointia varten tutkimuksen perusjoukko jaettiin metsäpinta-alan mukaan kahdeksaan ositteeseen, joihin näytemetsälöt arvottiin suhteellista valintaa käyttäen (vrt. s. 26). Otantaosuudet määritettiin metsäpinta-alojen suhteena. Jos käytetään Neymanin optimikiintiöintiä, jonka mukaan otantaosuudet ovat suhteellisia ositteiden näyteyksiköiden lukumäärään ja niiden standardipoikkeamiin, mikä yleensä merkitsee vaihtelevia otantaosuuksia, kiintiöinti käy seuraavan kaavan mukaan:

$$n_h = n \cdot \frac{N_h S_h}{\Sigma N_h S_h},$$

missä n_h = näyteyksiköiden luku ositteessa h
n = koko näyteyksiköiden luku
N_h = perusjoukon yksiköiden luku ositteessa h
S_h = muuttujan keskihajonta ositteessa h.

Kun S_h:n arvoiksi otetaan tutkimuksen keskikuutiomäärän keskihajonnat, saadaan seuraavan asetelman mukaiset näyteyksikkömäärät. Asetelmaan on vertailukohteeksi otettu tutkimuksessa mukana olleet näyteyksikkömäärät.

osite	suhteellinen kiintiöinti	optimikiintiöinti
— 5 ha	16	15
5— 10 »	10	7
10— 20 »	13	13
20— 50 »	10	13
50—100 »	8	9
100—200 »	4	4
200+ »	1	1
Yhteensä	62	62

Asetelman luvut osoittavat, että molemmilla menetelmillä olisi saatu likipitäen samanlaiset kiintiöt. Merkitykseltään suurin muutos olisi ollut vain pinta-alaluokassa 20—50 ha, mihin optimikiintiöinnin mukaan olisi tullut kolme metsälöä lisää, vastaavan suuruinen vähennys olisi tapahtunut 5—10 ha:n luokassa.

Voidaan katsoa, että tutkimusalueen kaltaisissa olosuhteissa käytetyt ositteiden pinta-alaluokat ovat käyttökelpoisia ja niiden puitteissa voidaan ratkaista optimikiintiöinti metsälöittäisiä inventointeja suunniteltaessa. Tietenkin on ajateltavissa, että jotkin muut kuin tilojen pinta-alaluokat antaisivat suositeltavamman mahdollisuuden kiintiöinnin suorittamiseen. Puuston kuutiomäärä olisi yksi hyvä luokitusperuste. Sitä sovellettaessa puuston ennakkoarvioinnit olisivat kuitenkin välttämättömiä ja menetelmää olisi ehkä vaikea soveltaa.

45. Metsälöarvioinnin erisuuruisten näytteiden vertailu

Metsälöittäisen arvioinnin kokonaisnäytteen suuruudeksi valittiin 20 % metsäpinta-alasta. Kun arvonnassa mukaan sattuneiden viimeisten metsälöiden pinta-ala oli erityisesti suurissa luokissa näiden keskikokoa suurempi, tuli kokonaisnäytteen osuudeksi kuitenkin 22 %. Tästä poikkeuksellisen isosta näytteestä muodostettiin arvonnan mukaisessa järjestyksessä kokonaisnäytteen lisäksi 2 muuta pienempää näytettä, joiden otantaosuudet tutkimusalueen metsäpinta-alasta olivat 5 ja 10 % (vrt. s. 26). Käytetyn menettelyn johdosta kaikki metsälöt, jotka kuuluvat 5 %:n näytteeseen, kuuluvat myös kahteen suurempaan, ja 10 %:n näytemetsälöt kuuluvat myös 20 %:n näytteeseen. Mahdollista olisi ollut ottaa myös esim. 4 × 5 %:n näyte. Tämä ei ollut kuitenkaan toteutettavissa sen vuoksi, että suuria tiloja oli kovin vähän, joten niitä ei olisi voitu arpoa kaikkiin näihin näytteisiin. Sen vuoksi päädyttiin esitettyyn menettelyyn, jotta kustannukset olisi saatu pieniksi ja kuitenkin vertailu suoritetuksi. Jos taas jokaiseen näytteeseen olisi otettu omat metsälöt, olisi arvioitavien metsälöiden lukumäärä tullut huomattavasti suuremmaksi. Rajoitettua valintaa voidaan perustella siten, että kukin metsälö on tullut mukaan sattumanvaraisesti arpomalla, joten kaikilla erikseen on ollut samanlainen mahdollisuus tulla näytteeseen. Tulosten käsittelyssä on kuitenkin pidettävä mielessä näytteiden sisäkkäinen sijainti, mistä johtuu, että niin kauan kuin kutakin näytettä käytetään itsenäisesti, on kaikki oikein, mutta esim. näytteiden välisten erojen tilastollista luotettavuutta ei ole syytä testata, koska kerran näytteet eivät ole siinä mielessä enää itsenäisiä näytteitä koko populaatiosta vaan osia suurimmasta näytteestä. Tästä huolimatta tulokset ovat kokeen luonteisesti esittämisen arvoisia.

Taulukosta 18 nähdään eri näytteissä olevien metsälöiden lukumäärä, niiden metsäala sekä koealamäärä.

Taulukko 18. Metsälöiden ja koealojen lukumäärä erisuuruisissa näytteissä.
Table 18. Number of holdings and sample plots in samples of different sizes.

Metsälöiden	Näyte — *Sample* % metsäalasta *Per cent of forest land area* 5	10	20
Lukumäärä — *Number of holdings*	16	32	62
Metsäala, ha — *Forest area, hectares*	547.8	1 051.6	2 177.8
Koealamäärä — *Total number of sample plots*	421	833	1 541

451. Keskikuutiomäärä

Kun tutkimuksessa on metsälönä pidetty jokaista tilakokonaisuutta, joka on muodostanut talousyksikön (vrt. Lihtonen 1959, s. 10), jos siihen veroluokituksen mukaan on luettu vaikka vain aarikin metsämaata, on sen mukaisesti näytteeseen tullut tonttejakin, joissa vain rakennusten ympärillä on metsää tai ainakin metsämaata. Samoin mukana on edellisiä vähän suurempia, mutta kuitenkin vielä selviä kääpiötalousyksiköitä, joiden metsäala on alle 5 ha. Näillä pienillä metsälöillä puuston määrä vaihtelee suuresti. Toiset omistajat ovat säästäneet metsäänsä hakkaamattomana vuosikaudet (vrt. Osara 1935, s. 166), kun taas toiset ovat poistaneet vähäisenkin puustonsa melkein kokonaan. Näiden metsälöiden vaikutus keskiarvoihin on kuitenkin vähäinen, sillä ne edustavat koko näytteestä vain vajaat 2 sadannesta.

Eri näytteille saadut keskikuutiomäärät keskivirheineen nähdään taulukosta 19. Sen mukaan suurin keskikuutio on pienimmässä näytteessä ja pienin 10 %:n näytteessä, mikä puolestaan ei paljon poikkea kaikkein suurimmasta näytteestä. Kaikkien näytteiden keskikuutiomäärät ovat verrattain lähellä toisiaan, sillä pienimmän ja suurimman arvon ero on vain 2.8 m^3

Taulukko 19. Metsälöittäisen arvioinnin keskikuutiomäärä koko metsämaalla.
Table 19. Mean volume for all forest land in survey carried out by holdings.

Näyte — *Sample* % metsäalasta — *Per cent of forest land area* 5	10	20
m^3/ha, kuorineen ja keskivirhe *Cu. m. incl. bark per ha. and standard error*		
100.7 ± 3.00	97.9 ± 2.16	98.2 ± 1.71

Taulukko 20. Metsälöittäisen arvioinnin keskikuutiomäärä eräissä ositteissa.
Table 20. Mean volume in some strata in survey by holdings.

Osite *Stratum* [1]	Näyte — *Sample* % metsäalasta — *Per cent of forest land area* 5		10		20	
	Koealoja, kpl *Number of sample plots*	m³/ha ja keskivirhe *Cu. m. per ha. and standard error*	Koealoja, kpl *Number of sample plots*	m³/ha ja keskivirhe *Cu. m. per ha. and standard error*	Koealoja, kpl *Number of sample plots*	m³/ha ja keskivirhe *Cu. m. per ha. and standard error*
Mustikkatyyppi	163	128.2 ± 5.09	343	120.2 ± 3.41	651	125.1 ± 2.51
Puolukkatyypin ja kalliomaiden mänty-valtaiset metsiköt ..	130	80.6 ± 4.04	230	72.4 ± 3.15	408	69.6 ± 2.54
Lehtipuuvaltaiset metsiköt	35	57.1 ± 7.04	82	66.1 ± 4.52	165	61.9 ± 3.47
Lehtojen ja käenkaali-mustikkatyypin lehti-puuvaltaiset metsiköt	16	61.0 ± 12.92	34	62.2 ± 6.59	62	63.2 ± 4.91
Ojitetut suot	16	46.6 ± 10.82	33	58.6 ± 9.00	70	67.0 ± 5.70

[1]) *For strata see Table 16.*

ja myös yhtä monta sadannesta suurimmasta keskikuutiosta. Systemaattista kuutiomäärän suurenemista tai pienenemistä näytteen kasvaessa ei tuloksissa ilmene.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että kaikkein pienimmänkin näytteen avulla on saatu keskikuutiomäärä, mikä poikkeaa suhteellisen vähän, vain 2.9 ja 2.5 sadannesta suuremmista näytteistä, joihin kuuluu pinta-alaltaan kaksin- ja nelinkertaiset metsäalueet, joten näiden näytteiden arvioinnin kustannukset ovat suunnilleen yhtä moninkertaiset.

Edellä mainitut tulokset tavallaan varmistuvat, kun tarkastellaan keskikuutiomäärien hajontaa, minkä suuruus näytteittäin käy ilmi seuraavasta asetelmasta:

	Näytteen suuruus % metsäalasta 5	10	20
Keskikuutiomäärä m³/ha kuorineen ...	100.7	97.9	98.2
Keskihajonta	63.0 ± 2.17	61.3 ± 1.50	63.0 ± 1.14
Variaatiokerroin	62.6	62.6	64.2

Hajonta on samaa luokkaa kaikissa näytteissä, ja siinä mielessä on todettava, että pienelläkin näytteellä on saatu luotettava tieto hajonnan suuruudesta tutkimusalueella.

Seuraavaksi tarkastellaan keskikuutiomäärää osittaittain. Mukaan on otettu sellaiset osittaet, joissa koealojen lukumäärä on mahdollisuuksien mukaan erisuuruinen ja edellisestä pienenevä. Osittaiden keskikuutiomäärät näytteittäin ovat nähtävissä taulukossa 20.

Niin kuin on hyvin ymmärrettävää, osittaittain lasketut keskikuutiomäärät poikkeavat eri näytteissä enemmän toisistaan kuin keskimäärin koko metsämaalla. Eniten eroavat näytteet ojitetuilla soilla, missä suurimman ja pienimmän näytteen ja samalla myös suurimman ja pienimmän keskikuution ero on 20.4 m^3. Tässä ryhmässä näytteen koon kasvaessa puuston keskikuutiomääräkin suurenee, mutta pienin näyte poikkeaa erityisen paljon muista. Taulukon 20 ositteista ojitetut suot ovat ehkä kaikkein heterogeenisin. Ryhmään kuuluu ensinnäkin eriasteisia ojituksia, joista toiset voivat olla jo kymmeniä vuosia vanhoja ja joilla puusto on määrältään jo huomattava. Toiset ojitukset ovat vuorostaan nuoria. Ne käsittävät ojikkoasteella olevia täysin luonnontilaisiin soihin verrattavia metsiköitä, joissa puusto jo yksistään tämän ryhmän puitteissa vaihtelee koko lailla muodostuen kuitenkin etupäässä pienikuutioisista metsiköistä. Aineiston epäyhtenäisyydestä johtuvasta suuresta hajonnasta saa käsityksen, kun eri näytteiden variaatiokertoimet ovat 92.9, 92.1 ja 73.1 pienimmästä näytteestä alkaen. Kun lisäksi pienin näyte käsittää vain 16 koealaa, ei ole ihmeteltävää, vaikka siinä keskikuutio on poikkeuksellisin.

Edellisen ryhmän vastakohtana ovat lehtojen ja käenkaalimustikkatyypin lehtipuuvaltaiset metsiköt, joissa on suunnilleen yhtä vähän koealoja kuin ojitetuilla soilla, mutta siitä huolimatta tulokset ovat eri näytteissä hyvin läheiset. Suurimman ja pienimmän arvon ero on tässä tapauksessa vain noin yksi kymmenesosa äsken käsitellystä poikkeuksesta. Kuitenkaan ei tässäkään ryhmässä voida puhua erityisen yhtenäisestä aineistosta, koska se koostuu hyvin erilaisista koivu-, leppä- ja haapametsiköistä, kuten tutkimuksen muissa yhteyksissä on jo käynyt ilmi, minkä seuraavat variaatiokertoimet osoittavat: 84.7, 62.7 ja 61.7. Erityisesti pienimmässä näytteessä variaatiokerroin on suuri, ei kuitenkaan vielä aivan samaa luokkaa kuin ojitetuilla soilla. Nämä kaksi käsiteltyä tapausta ovat esimerkkejä puuston suuresta vaihtelusta, mikä pienten koealamäärien ollessa kysymyksessä saattaa sattumasta johtuen esiintyä jompaan kumpaan suuntaan poikkeuksellisesti ja antaa sen mukaisia tuloksia, kuten ojitettujen soiden keskikuutiomäärä osoittaa, tai sattumalta havainnot hajonnan suuruudesta riippumatta antavat keskimääräiset arvot, niinkuin tässä lehtojen ryhmässä on käynyt.

Alle 10 %:n ovat näytteiden erot mustikkatyypillä, missä kaksi pienintä näytettä poikkeaa eniten eli 6.2 sadannesta toisistaan, kahden suurimman näytteen eron ollessa vain 3.9 sadannesta. Näytteiden keskivirheet ovat edellisiin ryhmiin verrattuina pienemmät ja 5 %:n näytteessä vain 4.0 sadannesta. Kun kysymyksessä on näin yhtenäisen aineiston käsittämä osite, ei luotettaviin keskiarvoihin pääsemiseksi tarvita niin suurta aineistoa kuin 20 %:n näyte edustaa, vaan riittänee se koealamäärä, joka on pienimmässä näytteessä, jos yksinkertaisen keskivirheen ylärajana sallitaan 5 %.

Vaikka puolukkatyypillä koealoja on pienimmässäkin näytteessä runsaanlaisesti eli 130 kpl, niin siitä huolimatta tämä poikkeaa suurempien näytteiden tuloksista suhteellisen paljon. Se on 11.3 ja 15.8 % näitä suurempi. Kuitenkin suhteellinen hajonta 5 %:n näytteessä on isompia näytteitä paljon pienempi, sillä variaatiokertoimet ovat 57.0, 65.8 ja 73.7. Kaksi viimeksimainittua lukua osoittavat, että kuivien kankaiden mäntyvaltaisissa metsiköissä näihin näytteisiin on sattunut hyvin erilaisia metsiköitä, joissa suuret ja pienet kuutiomäärät vaihtelevat tuntuvasti, mutta kuitenkin keskiarvot ovat suhteellisen luotettavia, koska yksinkertainen keskivirhe on 10 ja 20 %:n näytteessä noin 4 %. Tutkimusalueella on kuivien kankaiden metsiköissä tutkimusvuosia edeltäneenä 10-vuotiskautena suoritettu huomattavia siemenpuu- ja avohakkuita, jotka ilmenevät myös tyyppiryhmän pienehköstä keskikuutiosta, joka puolukkatyypillä on vain 78 m^3/ha ja siten tutkimusalueen käsittävän metsänhoitolautakunnan alueenkin keskiarvoa pienempi (vrt. Ilvessalo 1957, s. 46). Hakkuiden johdosta syntyneiden aukeiden ja uudistusalojen sekä taimikkometsiköiden ja luontaiseen kehitykseen kuuluvien muunlaisten metsiköiden takia keskiarvosta lasketuilla poikkeuksilla on tässä tyyppiryhmässä ollut suuri vaihtelun mahdollisuus.

Edellä on käynyt ilmi, että 5 %:n näyte on yleensä poikkeavin. Erityisesti pienissa ositteissa tämän näytteen aineisto on riittämätön jo yksistään suurten keskivirheiden takia. Eri asia on, onko yleensä tarpeellista pyrkiä muuta kuin alle 20 %:n erehtymisen mahdollisuuteen tällaisten ositteiden kohdalla. Kuitenkin, kun näytteen suuruutta lasketaan, päädytään eri tulokseen, jos otetaan vaatimus koko perusjoukolle tai yksityiselle ositteelle.

452. Tukkipuuston lukumäärä

Tutkimuksessa järeä puusto, miksi käsitettiin rinnankorkeudelta mitaten d 1.3-luokkaan 19 cm ja sitä suurempiin kuuluvat puut, jaettiin kahteen luokkaan, joista toiseen kuului vain pinotavaraksi kelpaava ja toiseen käytön kannalta arvokkain osa ns. tukkipuusto. Tukkipuustoon luettiin jokainen 18 jalan korkeudelta kuoren päältä vähintään 6 tuumaa täyttävä havupuu, jos siitä katsottiin saatavan ainakin yksi minimikoon ja vähintään III laatuluokan vaatimukset täyttävä tukki. Edelleen siihen luettiin lehtipuut, jotka täyttivät vähintään 7 tuumaa 18 jalan korkeudelta tai 8 tuumaa 12 jalan korkeudelta sekä ainakin III laatuluokan vaneripuun vaatimukset. Suuriakaan runkoja ei siis luettu tukkipuustoon, jos niistä ei arvioitu saatavan edes yhtä minimikoon ja III laatuluokan vaatimukset täyttävää tukkia. Laatuluokitus suoritettiin samoin kuin III valtakunnan metsien inventoinnissa.

Taulukko 21. Metsälöittäisen arvioinnin tukkipuurunkojen lukumäärä keskimäärin hehtaaria kohden koko metsämaalla.

Table 21. Average number of saw-timber trees per hectare of forest land in survey by holdings.

Näyte — *Sample* % metsäalasta — *Per cent of forest land area*		
5	10	20
Keskimäärin ha kohden runkoja ja keskivirhe *Average number of trees per ha. and standard error*		
133.3 ± 5.98	126.7 ± 4.15	120.0 ± 2.93

Tutkimuksessa halutaan selvittää, minkälaisia tuloksia eri näytteet antavat runkolukusarjan taloudellisesti tärkeimmälle osalle. Tukkipuurunkojen lukumääriä koko metsämaan osalta koskevat tulokset on kerätty taulukkoon 21.

Pienimmässä näytteessä tukkipuiden lukumäärä hehtaaria kohden on suurin. Siinä on keskimäärin 6.6 tukkipuurunkoa enemmän kuin 10 %:n näytteessä ja 13.3 runkoa enemmän kuin 20 %:n näytteessä. Pienimmän ja suurimman näytteen ero on suunnilleen kaksinkertainen muiden näytteiden eroihin verrattuna. Taulukosta 19 havaittiin, että myös keskikuutiomäärässä pienin näyte oli osoittanut suurimman tuloksen mutta 10 %:n näyte pienimmän. Tukkipuiden lukumäärässä sitä vastoin ilmenee kärjistetysti, että näytteen kasvaessa keskiarvot tulevat systemaattisesti pienemmiksi. Kuitenkaan puuston kuutiomäärän ja sen järeän puun osuuden, etenkään viime mainitun lukumäärän ei välttämättä tarvitse olla suorassa riippuvuussuhteessa, vaikka usein näin on asianlaita. Puuston kuutiomäärä saattaa esim. kahdessa metsälössä olla täsmälleen yhtä suuri, mutta silti se voi toisessa tapauksessa koostua pääosaltaan järeästä puustosta, kun taas toisessa voi olla etupäässä vain pinotavaraksi kelpaavaa puustoa.

Taulukon 21 perusteella on pääteltävissä, että vaikka kysymyksessä ovat koko tutkimusaluetta eikä ositteita koskevat keskiarvot, niin runkolukusarjan määrittäminen luotettavasti on pienen aineiston perusteella vaikeaa. Vaikka tukkipuiden lukumäärän keskivirhe on 5 %:n näytteessä vain 4.5 %, on siis ilmeisesti olemassa vaara, että tulos poikkeaa merkitsevästi suurten aineistojen luotettavista keskiarvoista ja tällaisissa tapauksissa on varauksin suhtauduttava pieniin koealamääriin.

453. Keskikasvu

Kasvu on laskettu, kuten aiemmin on esitetty, sadannesmenetelmää käyttäen. Mainitulla tavalla saadut metsälöittäisen arvioinnin eri näytteiden koko metsämaan keskikasvut ovat taulukossa 22.

Taulukko 22. Metsälöittäisen arvioinnin keskikasvu koko metsämaalla.
Table 22. Mean annual growth for all forest land in survey by holdings.

Näyte — *Sample* % metsäalasta — *Per cent of forest land area* 5	10	20
m³/ha kuoretta ja keskivirhe *Cu. m. excl. bark per ha. and standard error*		
3.5 ± 0.09	3.5 ± 0.07	3.5 ± 0.05

Taulukko 23. Metsälöittäisen arvioinnin keskikasvu eräissä ositteissa.
Table 23. Mean annual growth in some strata in survey by holdings.

Osite *Stratum* [1]	Näyte — *Sample* % metsäalasta — *Per cent of forest land area* 5		10		20	
	Koealoja, kpl *Number of sample plots*	m³/ha ja keskivirhe *Cu. m. per ha. and standard error*	Koealoja, kpl *Number of sample plots*	m³/ha ja keskivirhe *Cu. m. per ha. and standard error*	Koealoja, kpl *Number of sample plots*	m³/ha ja keskivirhe *Cu. m. per ha. and standard error*
Mustikkatyyppi	163	4.4 ± 0.16	343	4.3 ± 0.11	651	4.3 ± 0.08
Puolukkatyypin ja kalliomaiden mäntyvaltaiset metsiköt	130	2.3 ± 0.12	230	2.1 ± 0.09	408	2.2 ± 0.07
Lehtipuuvaltaiset metsiköt	35	2.8 ± 0.34	82	3.4 ± 0.23	165	3.1 ± 0.16
Lehtojen ja käenkaalimustikkatyypin lehtipuuvaltaiset metsiköt	16	3.1 ± 0.60	34	3.5 ± 0.32	62	3.6 ± 0.24
Ojitetut suot	16	2.1 ± 0.46	33	2.9 ± 0.46	70	3.2 ± 0.26

[1]) *For strata see Table 16.*

Jos keskikasvu ilmaistaan 1 desimaalin tarkkuudella, on jokaisen näytteen kasvu yhtä suuri. Keskiarvoa arvostelun perusteena käyttäen tulos on samanarvoinen 5 %:n ja tätä 4 kertaa suuremmassa 20 %:n näytteessä. Näytteiden tarkkuudessakaan ei ole suuria vaihteluita, sillä yksinkertaiset keskivirheet ovat pienimmästä näytteestä alkaen 2.6, 2.0 ja 1.4 %. Pienimmänkin näytteen luotettavuus on lähes tyydyttävä, jos rajana pidetään sitä, että kaksinkertainen keskivirhe on 5 % keskiarvosta.

Keskikasvun suuruus nähdään ositteittain taulukosta 23, mihin keskikasvut on laskettu samoissa ryhmissä kuin keskikuutiomääräkin. Jos tutkitaan keskikasvujen absoluuttisia eroja, on suurimman ositteen eli mustikkatyypin keskikasvu yhtä suuri 10 ja 20 %:n näytteissä ja pieninkin poikkeaa vain 0.1 m³ eli 2.3 %. Tulosta on pidettävä hyvänä, ja kun lisäksi otetaan

huomioon, että tässä pienimmässä näytteessä keskivirhe on vain 4 %:n suuruinen, voitaneen mustikkatyypin osalta tulla samaan lopputulokseen kuin edellä koko metsämaata käsiteltäessä esitettiin. Puolukkatyypin mäntyvaltaisissa metsiköissä näytteiden keskikasvut poikkeavat toisistaan 0.1 m^3, mikä on 4—5 %. Erot ovat pysyneet siten vielä hyvin pieninä.

Muissa ositteissa koealojen lukumäärä on edellisiä merkittävästi vähäisempi. Se on vaikuttanut saatuihin tuloksiin ja tehnyt ne epävarmoiksi, ja siksi näytteiden keskikasvut poikkeavat tuntuvasti enemmän toisistaan kuin mustikka- ja puolukkatyypeillä. Vähäisen koealamäärän ja suuren vaihtelun seurauksena myös keskivirheet ovat suurentuneet, ja erityisesti 5 %:n näytteissä ne ovat jo niin korkeita, kahdessa viimeisessä ositteessa 19 ja 22 %, että tuloksia ei voida pitää luotettavina.

Kun tarkastellaan kahta suurinta näytettä, voitaneen taulukon 23 perusteella päätellä, että 10 %:n näyte antaa yleensä riittävän tarkkoja tuloksia, joten sen vuoksi ei ole syytä käyttää suurempaa ja samalla myös kalliimpaa näytettä.

46. Keskivirhelaskelmien vertailu

Niin kuin aiemmin on mainittu tutkimusalueen yhtenäisessä arvioinnissa keskivirheet on laskettu sen Lindebergin (1924, s. 14) kehittämän menetelmän mukaan, missä systemaattisen muutoksen eliminoiminen tapahtuu vertaamalla keskenään kerrallaan aina kahden vierekkäisen linjan tuloksia, joiden erotukset ovat tekijöinä laskentakaavassa. Metsälöittäisessä arvioinnissa tästä periaatteesta jouduttiin tinkimään sen vuoksi, että pienillä tiloilla ei ole perusteltua suorittaa linjaluvun vähäisyyden ja siten koealamäärän pienuuden tähden edellä mainittuja keskivirhelaskelmia, kun niissä on laskentayksikkönä yksityinen metsälö ja sen metsäpalsta. Näissä tapauksissa on käytetty satunnaisnäytteen menetelmiä joko yksistään tai yhdessä Lindebergin (1924, s. 21) tiloittaiseen arviointiin soveltuvan menetelmän kanssa. Näin on tehty tietäen, että jos koealat on koottu systemaattisella otannalla, ei ankarasti ottaen tulosten luotettavuutta laskettessa voitaisi käyttää satunnaisnäytteen laskentaan liittyviä menetelmiä, koska näiden vaihtelun perusteella laskettu keskivirhe ei ole täsmällinen keskiarvon tarkkuuden tunnus (vrt. Finney 1947 ja 1948; Spurr 1952; Yates 1953). Laskelmat voidaan kuitenkin tehdä niin kuin kysymyksessä olisi satunnaisnäyte, jos niitä pidetään keskivirheen likiarvoina (Yates 1953), sillä jos samasta populaatiosta otetaan näyte kummallakin tavalla, ei niistä laskettujen tilastollisten virheiden tunnusten pitäisi poiketa kovin paljon toisistaan (vrt. Girard-Gevorkiantz 1939, s. 14). Ilmeisesti on kuitenkin syytä korostaa, mikä merkitys tuloksen kannalta on sillä, että

systemaattisen näytteen tilastollinen tarkkuus lasketaan satunnaisnäytteen kaavalla, mikä siis antaa tarkkoja tuloksia vain viimeksi mainitulle. Tällä tavalla laskien saadaan systemaattisen näytteen ollessa kysymyksessä sen hajonta yleensä liian suureksi. Siten myös keskiarvon keskivirhe tulee liian suureksi ja yliarvioiduksi (vrt. Bruce-Schumacher 1950, s. 124). Sen vuoksi systemaattisessa arvioinnissa tietyn tarkkuuden saavuttamiseksi ei tarvita aivan niin suurta koealamäärää, mitä satunnaisnäytteen kaava edellyttäisi.

Kun edellisen perusteella tarkastellaan erilaisia näytteenottomenetelmiä, joista metsänarvioimistieteessä satunnaisnäyte, luokitettu satunnaisnäyte ja systemaattinen näyte tulevat tavallisesti kysymykseen, on syytä tässä yhteydessä erottaa kolme tapausta, joissa nämä näytteet saattavat antaa luotettavuudeltaan toisistaan poikkeavia tuloksia riippuen vaihtelusta ja havaintojoukon jakaantumisesta tutkimusalueella.

Vaihtelu tapahtuu metsiköittäin ja metsikköihin mitatuilla koealoilla arvioiduissa tunnuksissa. Metsiköittäisellä vaihtelulla ymmärretään puuston määrän ja kasvun sekä rakenteen ym. tunnusten vaihtelua ko. alueella metsikköittäin. Jossakin tai joissakin metsiköissä esim. kuutiomäärä on korkein koko seudulla, toisista puusto on hakattu kokonaan pois, mutta muissa kuutiomäärä vaihtelee näiden ääriarvojen välillä.

Kun metsikköihin mitataan koealoja, niin näiden perusteella saatujen tunnusten vaihtelu on riippuvainen koealojen sijainnista metsiköissä. Tämä koealoilla mitattujen metsikkötunnusten vaihtelu on koealojen satunnaisen sijainnin vuoksi yleensä suurempaa kuin metsiköitten keskitunnusten vaihtelu.

Jos inventoitavalla metsäalueella puuston kuutiomäärä vaihtelee satunnaisesti esim. 20—200 m^3:n välillä, mutta ominaisuuden systemaattista muuttumista tai ryhmittymistä alueella ei ole tavattavissa, niin kaikki kolme edellä mainittua näytettä antavat saman keskikuution ja yhtä suuren keskivirheen.

Toinen tapaus on se, että metsiköt ovat tutkimusalueella ryhmittyneet siten, että tietyissä osissa vaihtelu on esim. 20—80, 60—150, 40—80 ja 100 200 m^3/ha. Kuitenkin kokonaisvaihtelu on yhtä suuri kuin edellisessä tapauksessa. Tällöin satunnaisesti jakaantunut näyte saattaa antaa muista näytteistä eniten poikkeavan ja tilastolliselta tarkkuudeltaan epävarmimman tuloksen. Sitä vastoin luokitettu satunnaisnäyte ja systemaattinen näyte antavat tilastolliselta tarkkuudeltaan yhtä luotettavat tulokset.

Kolmannessa tapauksessa vaihtelu on edelleen samaa suuruusluokkaa 20—200 m^3/ha, kuutiomäärä kuitenkin systemaattisesti muuttuu, suurenee tai pienenee, alueen rajalta toiselle siirryttäessä. Tällaisessa tapauksessa parhaan tuloksen antaa systemaattinen näyte edellyttäen, että se on oikein otettu. Linjoittaisessa koeala-arvioinnissa tämä merkitsee sitä, että linjasuunta ja koealaväli ovat oikeat (vrt. Kuusela 1956 ja 1960 a).

Jotta suoritetun tutkimuksen perusteella saataisiin käsitys siitä, kuinka paljon tilastolliset virheet poikkeavat toisistaan ja onko poikkeuksilla tilas-

Taulukko 24. Keskivirheet eräissä ositteissa. Yhtenäinen arviointi.
Table 24. Standard errors in some strata. Uniform survey.

Osite *Stratum* [1]	Satunnaisnäytteen mukaan *By random sampling*	Lindebergin menetelmän mukaan *By Lindeberg's method*	Koealoja, kpl *Number of sample plots*
	Keskivirhe % keskiarvosta *Standard error as per cent of average*		
Koko metsämaa			
Keskikuutio — *Mean volume*	± 2.7	± 2.4	594
Keskikasvu — *Mean annual growth*	± 2.6	± 2.6	
Mustikkatyyppi			
Keskikuutio	± 3.1	± 2.6	272
Keskikasvu	± 2.8	± 2.8	
Puolukkatyypin ja kalliomaiden mäntyvaltaiset metsiköt			
Keskikuutio	± 6.5	± 7.7	133
Keskikasvu	± 7.3	± 7.3	
Lehtipuuvaltaiset metsiköt			
Keskikuutio	± 8.0	± 8.2	78
Keskikasvu	± 6.8	± 7.6	
Lehtojen ja käenkaalimustikkatyypin lehtipuuvaltaiset metsiköt			
Keskikuutio	±12.5	±15.4	34
Keskikasvu	± 9.3	±10.7	
Ojitetut suot			
Keskikuutio	±13.9	± 9.6	17
Keskikasvu	±11.4	±11.7	

[1]) *For strata see Table 16.*

tollista merkitystä, kun laskentamenetelmänä käytetään satunnaisnäytteen menetelmiä tai sitten menetelmiä, joissa systemaattinen muutos pyritään eliminoimaan, on koko tutkimusaineistolle laskettu keskivirheet kummallakin tavalla. Näin saadaan lisää tietoa tulevia tutkimuksia varten, sillä systemaattisella otannalla kootusta aineistosta lasketut vaihtelun tunnukset ovat ilmeisesti käyttökelpoisia myös uusia inventointeja suunniteltaessa.

Tutkimuksessa tilastollisten virheiden analysointia ei ole keskitetty tietynlaisiin osittеisiin kuten esim. metsä- ja suotyyppeihin, kehitys- tai ikäluokkiin jne. Kun toisaalta Lindebergin menetelmän mukaisia laskelmia niiden työläyden vuoksi ei haluttu ulottaa kaikkiin osittеisiin, on laskelmat toimitettu vain 6 ryhmässä, jotka on valittu koeala-aineiston runsauden mukaan siten, että lähdettäessä koko koeala-aineistosta koealojen lukumäärä on aina puolta pienempi edelliseen ryhmään verrattuna. Siten on saatu taulukon 24 mukaiset lukusarjat, jotka esittävät keskivirheet sadanneksina keskiarvoista.

Yhtenäisessä linjoittaisessa koeala-arvioinnissa keskikuution ja keskikasvun keskivirheet ovat tulleet kummallakin laskentamenetelmällä lähelle toisiaan. Keskivirheiden poikkeamat ovat yleensä alle yhden sadannesyksikön, niin kauan kuin koealojen lukumäärä on yli 50:n. Poikkeamat ovat myös sitä vähäisempiä, mitä pienemmistä keskivirheistä on kysymys.

Vaikka keskivirheet etenkin suurimmissa ositteissa ovat pieniä, ovat ositteittaiset erot menetelmien kesken sadanneksina satunnaisnäytteen keskivirheestä silti kuutiomäärän osalla suhteellisen suuria. Keskikuutiomäärässä Lindebergin menetelmällä saatu tulos eroaa satunnaisnäytteestä, lähtien koko metsämaan ryhmästä —11, —16, +18, +2, +23 ja —31 sadannesta, vastaavasti keskikasvun osalla ±0, ±0, ±0, +12, +15 ja +3 sadannesta. Onko sitten laskentamenetelmien välillä olemassa selvä systemaattinen ero? Keskikuutiomäärän keskivirheistä käy ilmi, että Lindebergin menetelmällä lasketut keskivirheet ovat kolmessa tapauksessa pienempiä, 11, 16 ja 31 % ja myös kolmessa tapauksessa suurempia, 18, 2 ja 23 %, kuin satunnaisnäytteen keskivirheet. Tämän mukaan ei olisi perusteltua olettaa menetelmien kesken olevan järjestelmällistä eroa. Kuitenkaan Lindebergin menetelmän käyttö pienille ositteille erityisesti siinä tapauksessa, että ositteen metsiköitä ei esiinny jokaisella linjalla, ei ole perusteltua, koska silloin ei voida laskea vierekkäisten linjojen erotuksia, vaan vertauslinjat on otettava kauempaa. Sen vuoksi tällaisille tapauksille ei voida antaa täyttä painoa. Silti voidaan jo tässä vaiheessa panna merkille, että suurissa aineistoissa Lindebergin menetelmä antaa todella pienemmät keskivirheet.

Keskikasvussa tilanne on toisenlainen. Kolmessa suurimmassa ryhmässä on saatu toisistaan poikkeamattomat keskivirheet, mutta muissa ositteissa Lindebergin menetelmä on antanut suuremmat arvot. Esitettyjen vertailujen pohjalta on ehkä sanottava, että tässä tutkimuksessa esitetyllä tarkkuudella kumpikaan menetelmä ei anna systemaattisesti toisistaan negatiiviseen tai positiiviseen suuntaan poikkeavia keskivirheen arvoja, mutta suurissa ositteissa Lindebergin menetelmä on ainakin keskikuutiomäärän keskivirheille antanut pienempiä arvoja. Loogisesti ajatellen eron tulisi ollakin näin päin, sillä Lindebergin menetelmässä verrataan keskenään aina kahden vierekkäisen linjan keskiarvoja, ja hajonta näiden välillä on yleensä pienempää, kuin jos se määritettäisiin kaikkien havaintojen keskiarvosta lasketuina poikkeamina satunnaisnäytteen mukaisesti.

Taulukosta 24 nähdään, kuinka keskivirheet suurenevat siirryttäessä ylhäältä alaspäin eli koealamäärän pienetessä, mikä tunnetusti johtuu siitä, että keskivirheen arvo on kääntäen verrannollinen havaintojen lukumäärän neliöjuureen, etenkin kun hajonta samanaikaisesti vaihtelee melko suppeissa rajoissa.

Puuston vaihtelu tutkimusalueella on siksi suurta, että ositteessa tar vitaan yli 40 koealaa, ennen kuin yksinkertainen keskivirhe on alle 10 %:n.

Tulos on samalla viitteenä metsälöarviointeja varten. Kuinka paljon niissä koealoja olisi otettava riittävän luotettavuuden saamiseksi sekä koko aineistoa että ositteita varten? Useissa tapauksissa yksityiset metsälöt ovat puustonsa puolesta homogeenisempia kuin suuri yhtenäinen metsäalue, joten koealojen lukumäärä voi olla hieman edellä esitettyä pienempi.

Tilastolliset testit ja niiden antamat merkitsevyydet keskivirheiden erossa ratkaisevat, onko yhtenäisen arvioinnin keskivirheet laskettava satunnaisnäytteen vai Lindebergin menetelmän mukaan. Hajontojen välisten erojen testaus suoritetaan ns. F-testillä (esim. Lokki 1959, s. 36):

$$F\,(n_2\text{—}1, n_1\text{—}1) = \frac{{s_2}^2}{{s_1}^2}.$$

Eron merkitsevyys saadaan tavallisella tavalla vertaamalla laskettua testisuureen arvoa teoreettisiin taulukkoarvoihin (esim. Lindley-Miller 1953, taulukot 7 a—d). Tällä tavalla saatuna esitetään satunnaisnäytteen ja Lindebergin menetelmän mukaisten keskivirheiden erojen merkitsevyydet yhtenäisen arvioinnin osalta taulukossa 25.

Merkille pantavaa on, että keskikuutiomäärissä erojen merkitsevyys pienenee siirryttäessä vähäisiä koealamääriä käsittäviä ositteita kohden ja kolmen pienimmän ositteen kohdalla ei ole lainkaan tilastollista merkitsevyyttä. Tästä ei ole syytä tehdä sellaista johtopäätöstä, että menetelmät viimeksi mainituissa ositteissa olisivat perustellusti samanarvoiset ja sen vuoksi olisi samantekevää, kumpaa niistä käytetään. Ehkä paremmin voitaisiin sanoa, että koska koealamäärät ovat näin pieniä, ei menetelmien kesken merkitseviä eroja ole syntynyt ja näissä ositteissa ei ehkä ole systemaattista vaihtelua. Lisäksi on muistettava, että Lindeberg (1924) ei ole tarkoittanut menetelmäänsä käytettäväksi tapauksissa, joissa linjamäärä on kovin vähäinen, ja jos se laskee alle kymmenen, on keskivirhelaskelmilla vähän merkitystä.

Koko metsämaalla ja mustikkatyypillä keskikuutiomäärän keskivirheiden ero on merkitsevä. Sen vuoksi ei ole yhdentekevää, kumpaa menetelmää käyttäen keskivirheet lasketaan. Tämäkin tutkimus on tuonut ilmi, että näin suurella alueella esiintyy systemaattista muuttumista ja sen vaikutus olisi pyrittävä eliminoimaan keskivirhelaskelmista. Siinä mielessä satunnaisnäytteen laskentakaavojen soveltaminen sellaisenaan ei ole suositeltavaa (esim. Lindeberg 1924; Langsaeter 1926, 1932; Näslund 1930, 1939; Matèrn 1947).

Edellä on käsitelty kuutiomäärään kohdistunutta keskivirheiden erojen merkitsevyyttä. Jos sama tarkastelu kohdistetaan keskikasvuun, ei tilastollista merkitsevyyttä ilmene. Kolmessa suurimmassa ositteessa keskivirheet ovat molemmissa menetelmissä jopa yhtä suuret. Ilmeisesti ei ole kuitenkaan kasvunkaan yhteydessä mitään syytä olla korostamatta systemaattisuudesta johtuvan korjauksen huomioon ottamista tulosten virhelaskennassa.

Taulukko 25. Satunnaisnäytteen ja Lindebergin menetelmän mukaan laskettujen keskivirheiden erojen merkitsevyys. Yhtenäinen arviointi.

Table 25. Standard errors and the significance of their differences with random sampling and by Lindeberg's method. Uniform survey.

Osite *Stratum* [1]	Satunnaisnäytteen mukaan *By random sampling*	Lindebergin menetelmän mukaan *By Lindeberg's method*	F-arvo ja sen merkitsevyys [2] *F-ratio and its significance* [2]
	Keskivirhe, m^3 *Standard error, cu.m.*		
Koko metsämaa			
Keskikuutio	± 2.74	± 2.44	1.26**
Keskikasvu	± 0.10	± 0.10	— —
Mustikkatyyppi			
Keskikuutio	± 3.76	± 3.22	1.37**
Keskikasvu	± 0.13	± 0.13	— —
Puolukkatyypin ja kalliomaiden mäntyvaltaiset metsiköt			
Keskikuutio	± 4.72	± 5.55	1.38*
Keskikasvu	± 0.16	± 0.16	— —
Lehtipuuvaltaiset metsiköt			
Keskikuutio	±11.03	±13.60	1.52—
Keskikasvu	± 0.39	± 0.45	1.33—
Lehtojen ja käenkaalimustikkatyypin lehtipuuvaltaiset metsiköt			
Keskikuutio	± 6.02	± 6.14	1.04—
Keskikasvu	± 0.26	± 0.29	1.25—
Ojitetut suot			
Keskikuutio	± 9.76	± 6.74	2.10—
Keskikasvu	± 0.41	± 0.42	1.05—

[1]) *For strata see Table 16.*

[2]) — = ei tilastollisesti merkitsevää eroa — *no difference of statistical significance*
* = ero melkein merkitsevä, signifikanssi 95—99 % — *difference almost significant, significance 95—99 %.*
** = ero merkitsevä, signifikanssi 99—99.9 % — *difference significant, significance 99—99.9 %*
*** = ero erittäin merkitsevä, signifikanssi 99.9— % — *difference highly significant, significance 99.9— %.*

Metsälöittäisessä arvioinnissa sovellettuja keskivirheen laskentamenetelmiä on selostettu sivulla 46. Laskenta suoritettiin kolmessa ryhmässä. Metsälöillä, joiden pinta-ala on alle 50 ha, keskivirheet saatiin käyttäen yksinomaan satunnaisnäytteen kaavoja, mutta 50 ha suuremmilla metsälöillä sekä satunnaisnäytteen että Lindebergin menetelmää. Näiden kesken jaettiin alueet siten, että jos palstoilla oli koealoja vähemmän kuin 25, käytettiin satunnaisnäytettä ja muissa tapauksissa Lindebergin menetelmää. Mainit-

tujen kolmen ryhmän kesken koealat jakaantuivat 20 %:n näytteessä siten, että yhteisesti kaikkiin alle 50 ha:n metsälöryhmiin kuuluu 775 koealaa, yli 50 ha:n satunnaisnäytteellä laskettaviin tapauksiin 281 koealaa ja Lindebergin menetelmään 485 koealaa. Koko tutkimusalueelle keskivirhe saatiin osa-alueiden arvoista yhdistämällä ne kaavalla:

$$\varepsilon_{(M)} = \frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{P}(n_i\,\varepsilon_i)^2},$$

missä n = kaikkien koealojen määrä tai vastaavan alueen pinta-ala
P = näytteiden lukumäärä
n_i = näytteen i havaintojen lukumäärä tai pinta-ala
ε_i = näytteen i keskivirhe.

Metsälöittäisessä arvioinnissa satunnaisnäytettä ja Lindebergin menetelmää voidaan suoraan verrata vain edellä mainittujen isojen tilojen perusteella. Niitä koskevat keskivirheet on yhdistetty taulukkoon 26. Sen mukaan jokaisessa näytteessä satunnaisnäytteen keskivirheet ovat Lindebergin menetelmää suuremmat. Kun koealamäärä kummassakin menetelmässä on sama, riippuu keskivirheen suuruus menetelmien hajonnan suuruudesta, mikä satunnaisnäytteessä yleensä tulee korkeammaksi, koska siinä jakautuman arvojen keskiarvosta laskettujen poikkeamien neliöiden keskiarvot tulevat määritetyiksi laajemmalta vaihtelualueelta kuin Lindebergin menetelmässä, missä poikkeamien neliöiden keskiarvot lasketaan vierekkäisten koealojen perusteella, ja tällöin puustotunnusten arvot useimmiten suurenevat tai pienenevät vähitellen siirryttäessä koealalta toiselle (vrt. myös s. 89).

Satunnaisnäytteen keskivirheet ovat 11—21 % Lindebergin menetelmää suuremmat. Mainitut luvut ovat laitavariantteja, ja neljässä muussa tapauksessa sadannekset ovat 14 ja 16 välillä.

Taulukosta 26 nähdään, että menetelmien välillä merkitsevää eroa ei ole vielä 5 %:n näytteessä, mutta merkitsevyys lisääntyy näytteen suurentuessa niin, että kaikkein suurimmassa näytteessä keskivirheiden erot ovat erittäin merkitseviä. Tämän mukaan systemaattista vaihtelua tutkimusalueella on ja se tulee sitä paremmin esiin, mitä suurempi näyte on kysymyksessä. Ilmeistä on, että tutkimuksen 5 %:n näyte on siksi pieni, että kun vertailussa on mukana vain yli 50 ha:n metsälöt, menetelmien eron merkitsevyys ei ilmene, ennen kuin näyte edellä mainitusta suurenee.

Aineistossa on mukana myös tutkimusalueen suurin metsälö, jonka pinta-ala on 392 ha. Kun se oli yhtä palstaa, voitiin sille kokonaisuutena laskea keskivirheet sekä yksinomaan Lindebergin menetelmällä että erikseen

Taulukko 26. Satunnaisnäytteen ja erikseen Lindebergin menetelmän mukaan koko metsämaalle lasketut keskivirheet ja keskivirheiden erojen merkitsevyys. Metsälöittäinen arviointi.[1])

Table 26. Standard errors and the significance of their differences with random sampling and separately by Lindeberg's method. Survey by holdings.[1])

Näytteen suuruus, % metsäalasta *Size of sample, per cent of forest land area*		Satunnaisnäytteen mukaan *By random sampling*	Lindebergin menetelmän mukaan *By Lindeberg's method*	F-arvo ja sen merkitsevyys [2]) *F-ratio and its significance* [2])
		Keskivirhe, m^3 *Standard error, cu. m.*		
5 %	Keskikuutio — *Mean volume*	±5.803	±5.233	1.23 —
	Keskikasvu — *Mean annual growth*	±0.177	±0.155	1.30 —
10 %	Keskikuutio — *Mean volume*	±4.704	±4.067	1.35*
	Keskikasvu — *Mean annual growth*	±0.158	±0.131	1.45**
20 %	Keskikuutio — *Mean volume*	±3.100	±2.683	1.34***
	Keskikasvu — *Mean annual growth*	±0.096	±0.083	1.36***

[1]) Mukana 50 ha ja sitä suuremmat metsälöt. — *Holdings of 50 ha. and larger are included.*
[2]) Merkitsevyydet selostettu taulukossa 25. — *For significances see Table 25.*

satunnaisnäytteen mukaisesti. Näin on mahdollista suorittaa n. 400 ha:n suuruista aluetta koskeva keskivirhelaskelmien vertailu. Saadut tulokset ovat seuraavassa asetelmassa:

Koko metsämaan	Keskivirhe: Satunnaisnäytteen mukaan	Keskivirhe: Lindebergin mukaan	F-arvo ja sen merkitsevyys
keskikuutio	6.98	5.67	1.52*
keskikasvu	0.19	0.17	1.25 —

Satunnaisnäyte antaa näinkin pienellä alueella korkeampia keskivirheen arvoja. Sen mukainen keskivirhe on kuutiomäärän osalta 23 % ja kasvun osalta 12 % suurempi kuin Lindebergin menetelmän keskivirhe. Keskikuutiomäärän keskivirheiden välillä oleva suhteellisen suuri ero on melkein merkitsevä, kun sitä vastoin kasvun yhteydessä merkitsevyyttä ei ole voitu todeta. Esimerkin valossa voidaan sanoa, että 400 ha:n suuruisia yhtenäisiä metsälöitä arvioitaessa systemaattinen vaihtelu merkittävästi vaikuttaa. Tulosten luotettavuutta määritettäessä se on huomioon otettava tekijä. — Periaatteessa systemaattinen näyte edellyttää sille sopivaa luotettavuuslaskelmaa jo aivan pienillä aloilla eikä vain esim. 400 hehtaarin ja sitä suuremmilla.

Sivulla 91 selostetun kolmen osalaskennan tuloksena on koko tutkimusalueelle saatu metsälöittäisen arvioinnin keskivirheet, joissa Lindebergin

Taulukko 27. Koko tutkimusalueelle satunnaisnäytteen sekä erikseen yhdistetyn satunnaisnäytteen ja Lindebergin menetelmän mukaan lasketut keskivirheet ja keskivirheiden erojen merkitsevyys. Metsälöittäinen arviointi.

Table 27. Standard errors and the significance of their differences with random sampling on one hand and with combined random sampling and Lindeberg's method on the other, in the whole research area. Survey by holdings.

Näytteen suuruus, % metsäalasta *Size of sample, per cent of forest land area*		Satunnaisnäytteen mukaan *By random sampling*	Lindebergin menetelmän mukaan *By Lindeberg's method*	F-arvo ja sen merkitsevyys [1] *F-ratio and its significance* [1]
		Keskivirhe, m^3 *Standard error, cu.m.*		
5 %	Keskikuutio — *Mean volume*	±3.375	±3.005	1.15 —
	Keskikasvu — *Mean annual growth*	±0.102	±0.094	1.17*
10 %	Keskikuutio — *Mean volume*	±2.409	±2.158	1.13*
	Keskikasvu — *Mean annual growth*	±0.079	±0.073	1.13*
20 %	Keskikuutio — *Mean volume*	±1.975	±1.709	1.13**
	Keskikasvu — *Mean annual growth*	±0.060	±0.054	1.11*

[1]) Merkitsevyydet on selostettu taulukossa 25. — *For significances see Table 25.*

menetelmä on osaltaan vaikuttamassa. Näitä verrataan taulukon 27 perusteella satunnaisnäytteen keskivirheisiin. Pelkästään satunnaisnäytteen kaavoilla lasketut keskivirheet ovat suurempia. Erot ovat kuitenkin huomattavasti pienemmät kuin niissä tapauksissa, joissa verrattavana on ollut yksin omaan Lindebergin menetelmä. Tällä kertaa satunnaisnäyte on antanut 8—16 % korkeammat keskivirheet. Erojen suureen pienentymiseen on vaikuttanut se, että verrattavassa menetelmässä Lindebergin menetelmä on vaikuttanut vain yhdellä kolmanneksellaan. Tilastollinen merkitsevyys ei ole myöskään yhtä ilmeistä nyt kuin siinä tapauksessa, että yksinomaan Lindebergin menetelmä oli verrattavana (taul. 26). Tämä johtuu laskentatapojen yhdistämisestä.

Metsälöittäisen arvioinnin yhdistelmäkaavassa (s. 92) voidaan keskivirheitä painottaa joko alueen pinta-alalla tai koealojen lukumäärällä. Jos jokainen koeala edustaa yhtä suurta pinta-alaa, niin silloin painotus koealojen lukumäärällä on paikallaan, mutta muussa tapauksessa pinta-alapainotus on oikeudenmukaisempi.

Taulukon 28 mukaan pinta-alapainotus suurentaa keskivirheitä. Mainitulla tavalla laskien keskivirheet ovat 5—20 % suurempia kuin koealapainotusta käytettäessä. Pinta-alapainotuksen vaikutus on suurempi pelkästään satunnaisnäytteen laskentatapaa käytettäessä kuin silloin, kun mukana on myös Lindebergin menetelmä.

Taulukko 28. Metsälöittäisen arvioinnin keskikuutiomäärän keskivirhe laskettuna koealojen lukumäärää ja alueiden pinta-alaa painotuksena käyttäen.
Table 28. Standard error of the mean volume in survey by holdings, calculated with numbers of sample plots and areas as weights.

Laskentamenetelmä *Calculation method*	Painotus koealojen lukumäärällä *Number of sample plots as weight*			Painotus pinta-alalla *Area as weight*		
	Näyte — *Sample*					
	5 %	10 %	20 %	5 %	10 %	20 %
Satunnaisnäytteen mukaisesti — *By random sampling*	3.06	2.12	1.60	3.38	2.41	1.98
Lindebergin menetelmän mukaan — *By Lindeberg's method*	2.86	2.01	1.51	3.00	2.16	1.71

Jos suoritetaan tiloittainen metsävarojen inventointi ja turvaudutaan käytettävissä oleviin tilastollisen tarkkuuden laskentamenetelmiin, niin on todettava, ettei niitä aikanaan ole suunniteltu tällaisia arviointeja varten eikä kaavoissa siten ole voitu ottaa huomioon tiloittaista koealojen autokorrelaatiota. Sen vuoksi olisi tarpeellista pystyä laskemaan arvioinnin tarkkuus siten, että tiloittainen autokorrelaatio ei jäisi ottamatta huomioon. Tässä tapauksessa kysymyksen tarkastelu on suoritettava siltä pohjalta, että metsälöittäisen arvioinnin keskivirheet käyttäen satunnaisnäytteen menetelmiä on mahdollista laskea muullakin tavalla kuin ositettuun otantaan perustuen ja koealoittaisia vaihteluita hyväksi käyttäen. Jos otannan yksikkönä pidetään metsälöä, on arvioinnin tarkkuus laskettavissa tiloittaisten keskikuutioiden vaihtelun perusteella, jolloin metsälöiden sisäisen ja koealojen koosta sekä lukumäärästä aiheutuvan havaintojen vaihtelun voidaan katsoa ilmenevän keskitunnusten keskiarvojen vaihtelussa.

Kun kuitenkin kysymyksessä ovat metsälöt, joiden keskikuutiot edustavat kovin eri suuria metsäaloja, on tämä otettava laskennassa huomioon ja hajonnan neliötermi laskettava metsäpinta-alalla painottaen. Silloin on:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma a(\bar{v} - \bar{V})^2}{\Sigma a}},$$

jossa a = metsälön pinta-ala
$\bar{v}$ = metsälön keskikuutiomäärä
$\bar{V}$ = tutkimusalueen keskikuutiomäärä.

Keskivirhe saadaan tämän jälkeen

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \times \frac{s}{\sqrt{n}},$$

jossa N = metsälöiden lukumäärä tutkimusalueella
n = näytemetsälöiden lukumäärä.

Keskikuutiomäärän yksinkertainen keskivirhe on näin laskien 5 %:n näytteessä 6.98 m^3, 10 %:n näytteessä 3.91 m^3 ja 20 %:n näytteessä 2.56 m^3. Nämä keskivirheet ovat 1.3—2.1-kertaisia verrattuna tutkimuksessa edellä käytettyyn ositetun otannan laskentatapaan.

47. Arviointimenetelmien edullisuus

Kun verrataan keskenään kahden eri menetelmän edullisuutta, tarkoitetaan sillä yleensä taloudellisuutta. Tärkeätä on tällöin tietää, kumpi menetelmä on halvempi. Halpuus ja taloudellisuus, niin merkityksellisiä tekijöitä kuin ne ovatkin, eivät yksinomaisesti ole kuitenkaan määrääviä, vaan näiden rinnalle on otettava tulosten tarkkuus. Edullisimpana on pidettävä menetelmää, joka antaa vaaditun tarkkuuden pienimmin kustannuksin. Esimerkiksi metsävarojen inventoinnit pitäisi suunnitella siten, että edeltä käsin määritetty tarkkuus saavutettaisiin minimikustannuksin (vrt. S h i u e - J o h n 1962). Seuraavassa suoritetaan tarkastelu edellyttäen, että verrattavat menetelmät ovat tarkkuudeltaan samanarvoisia.

Edullisuutta ei läheskään aina voida kuitenkaan mitata täsmällisesti rahana. Jokin tutkimusmenetelmä voi antaa enemmän tietoja kuin toinen. Jos tämä saavutetaan samoilla kustannuksilla ja yhteiset tulokset yhtä tarkasti molemmissa tapauksissa, on edullisempana pidettävä menetelmää, jonka puitteissa saadaan hyödyllisemmät ja monipuolisemmat tiedot.

Tutkimuksen kenttätöiden yhteydessä merkittiin muistiin yhtenäisen arvioinnin koealojen ottoon sekä koealojen välimatkan mittaamiseen ja kuvioittaiseen arviointiin menevä aika. Metsälöittäisessä arvioinnissa tehtiin muistiinpanot tulosta tilalle ja lähdöstä kultakin tilalta. Näiden perusteella selvitettiin työskentelyajat ja laskettiin menetelmien vertailun kannalta tärkeät keskiarvot metsälöltä toiselle siirtymiseen kuluneesta ajasta. Koealoihin merkittyjen päivämäärien perusteella on voitu laskea, kuinka monta työpäivää on tarvittu yhtenäisen ympyräkoeala-arvioinnin, relaskooppiarvioinnin ja metsälöittäisen arvioinnin suoritukseen. Tarkastelu ulotetaan käsittämään vain sitä osaa tutkimusalueesta, jolla relaskooppiarviointikin suoritettiin.

Sanotulla noin 4 800 ha:n metsäalueella kului yhdeltä arviointiryhmältä yhtenäiseen arviointiin 34 työpäivää. Näiden 34 päivän aikana mitattiin koealoja kaikkiaan 298 kpl ja arviointilinjaa 91 811 m. Siten tuli työpäivää kohden 8.8 koealaa ja 2 700 m arviointilinjaa. Näiden metsämaalle sattuneiden kuvioiden lisäksi suoritettiin linjan mittaus myös muilla maankäyttölajeilla, maatalousmaalla, joutomaasoilla ja -kallioilla. Lisäksi arviointilinjat ovat ylittäneet vesiä, maanteitä, voimajohtolinjoja jne.

Edellä mainitun alueen relaskooppiarviointi on kestänyt 18 työpäivää. Päivää kohden tulee silloin 16.6 koealaa. Relaskooppikoeala-arviointiin käytetty aika ei ole kuitenkaan suoraan verrattavissa ympyräkoeala-arvioinnin ajan käyttöön, sillä ensiksi mainitun yhteydessä ei toistamiseen suoritettu koealojen välin mittausta eikä kuvioittaista silmävaraista arviointia, vaan kuljettiin suorinta tietä koealalta toiselle tekemässä relaskooppihavainnot puiden lukuineen, koepuiden mittauksineen ja joka 10. koealalla pohjapinta-alan tarkistusmittaukset. Kun relaskooppikoeala-arviointi kesti 16 työpäivää vähemmän kuin ympyräkoeala-arviointi, voitaneen näistä koealojen välillä tapahtuneiden suorituksien eroavuuksista huolimatta todeta, että tässä tutkimuksessa relaskooppikoealojen käyttö on ollut nopeampaa kuin ympyräkoealojen.

Yhtenäisen ja metsälöittäisen arvioinnin ehkä kaikkein merkittävimpänä ajan käytön eroavuutena on se, että yhtenäisessä arvioinnissa hukka-ajat supistuvat lähinnä siirtymiseen linjalta toiselle, mutta metsälöittäisessä arvioinnissa hukka-aikoina esiintyvät paitsi linjan vaihtamiseen menevä aika myös siirrot metsälön puitteissa palstalta toiselle ja metsälöltä toiselle. Siirtymiseen linjalta toiselle kuluu metsälöillä suhteellisen vähän aikaa, koska arviointilinjat ovat lähekkäin. Kuitenkin linjojen lukumäärästä jää riippuvaksi linjasiirtoihin menevä kokonaisaika. Paljon vievät aikaa myös siirtymiset palstalta toiselle ja metsälöltä toiselle, mutta tähän menevää aikaa voidaan pienentää suunnittelemalla työ hyvin, jolloin siirtyminen tapahtuu aina lähimmälle palstalle ja lähimmälle metsälölle. Tutkimusalueella tilojen eri metsäpalstat sijaitsivat yleensä verrattain lähellä toisiaan, mutta oli myös metsälöitä, joiden kauimpana oleville palstoille oli matkaa jopa 7 km. Samoilla seuduin oli kuitenkin muidenkin tilojen ns. takamaametsiä, joiden lähekkäinen sijainti joudutti siirtoa tilalta toiselle.

Metsäpalstojen lukumäärään, muotoon ja sijaintiin nähden tutkimusalue edustanee koko maata ajatellen keskimääräistä parempia olosuhteita, mikä on syytä pitää mielessä tuloksia yleistettäessä.

Siirtyminen metsälöltä toiselle on keskimäärin kestänyt 35 min. Keskiarvo on saatu vain 20 metsälön perusteella, sillä 10 tapauksessa siirtyminen suoritettiin normaalin työpäivän jälkeen vasta seuraavana aamuna. — Turhaan kulkuun menee metsälöittäisessä arvioinnissa joka tapauksessa tuntuvasti enemmän aikaa kuin yhtenäisessä linjoittaisessa arvioinnissa.

Aikavertailujen suoritusalueella oli 30 arvioitavaa metsälöä. Näiden yhteinen metsäpinta-ala oli 844.71 ha, ja tältä alueelta mitattiin ympyräkoealoja 763 kpl. Metsälöittäiseen arviointiin kului yhteensä 57 päivää eli metsälöä kohden vajaat kaksi työpäivää. Työpäivää kohden arvioitiin siten keskimäärin 14.8 ha:n suuruinen metsäalue ja mitattiin 13.4 koealaa. Metsälöittäisessä arvioinnissa kertyi työpäivää kohden 4.6 koealaa enemmän kuin yhtenäisessä arvioinnissa. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että koealojen

välimatkan kulkemiseen kului ensiksi mainitussa vähemmän aikaa, koska siinä koealaväli oli paljon lyhyempi (50—200 m) kuin yhtenäisessä arvioinnissa (300 m). Kun yhtenäisessä arvioinnissa koealojen mittaaminen kesti keskimäärin 15 min. 34 sek., tarvittiin koealojen välimatkaan 20 min. 42 sek. Viimeksi mainitussa ajassa on mukana myös siirrot linjalta toiselle. Linjojen keskinäinen etäisyys oli 500 m. Metsälöittäisessä arvioinnissa koealojen mittaus kesti kauemmin kuin matka koealalta toiselle.

Yhtenäisen ja metsälöittäisen arvioinnin kokonaisajankäyttöä verrattaessa on lähdettävä siitä, että kummankin menetelmän tarkkuus on sama. Jos metsälöittäisen arvioinnin tarkkuus lasketaan tutkimuksessa suoritetulla tavalla, on 10 %:n näyte lähinnä yhtenäistä arviointia. Tämän metsälönäytteen arviointiaika oli 29 työpäivää eli 5 päivää vähemmän kuin yhtenäisessä arvioinnissa. Mutta jos metsälöittäisen arvioinnin tarkkuus lasketaan tiloittaisten keskikuutioiden vaihtelun perusteella (ks. s. 95), mihin myös on perusteita, kun otetaan huomioon metsälöittäinen autokorrelaatio, niin vasta 20 %:n näyte antaa saman tarkkuuden kuin yhtenäinen arviointi, ja siinä tapauksessa arviointiaika on 23 työpäivää yhtenäistä arviointia pitempi.

Seuraavaan asetelmaan on viimeksi mainitulla tavalla saadun tarkkuuden lisäksi laskettu koko tutkimusaluetta koskevana eri menetelmien työn menekki miestyöpäiviksi muunnettuina:

	metsälöittäinen arviointi		yhtenäinen arviointi
	näyte 10 % keskikuution keskivirhe % keskiarvosta	20 %	
inventoinnin	4.0	2.6	2.4
valmistelut	15 pv	22 pv	4 pv
kenttätyöt	232 »	456 »	272 »
yhteensä	247 pv	478 pv	276 pv

Valmisteluihin on otettu mukaan perusjoukon luettelointi ja linjaverkoston piirtäminen mutta ei töiden suunnittelua.

Asetelman perusteella on pääteltävissä, että yhtenäisen arvioinnin kanssa samaa tarkkuutta olevan metsälöittäisen arvioinnin kenttätöiden kustannukset ovat ensin mainittua selvästi suuremmat. Kokonaiskustannuksissa ero vain suurenee, koska myös metsälöittäisen arvioinnin valmistelut ovat yhtenäistä arviointia suurempitöiset.

Valmisteluihin sisältyy aikaa ja varoja kysyvä perusjoukon luettelointi ja näytteen poiminta. Esimerkkinä mainittakoon, että tutkimuspitäjän metsälöiden luettelointi ja kortiston laatiminen vaati 5 miestyöpäivää. Päivässä kortitettiin noin 65 metsälöä. Jos perusjoukon luettelointi tehdään siten, että merkitään pinta-alaluokittain muistiin vain metsälöiden numerot, metsä- ja kokonaispinta-alat ja vain näytteeseen sattuville tiloille kirjoitetaan pinta-alakortit, niin päivässä yksi henkilö voi kortittaa noin 200 met-

sälöä, mikäli käytettävissä on verotusta varten laadittu pinta-alakortisto. Jos luettelo on laadittava veroilmoitusten perusteella, mikä on vielä monessa pitäjässä välttämätöntä, saataneen päivässä valmiiksi vain runsaat 100 metsälöä.

Siinä tapauksessa, että inventointialuetta varten laaditaan täydellinen metsälökortisto, perusjoukon luettelointikustannukset nousevat 1 000 metsälöä käsittävässä pitäjässä suunnilleen 1 000 nmk:aan. Luetteloitsijan palkka, päiväraha- ja matkakustannukset sekä lomakemenot sisältyvät tällöin mainittuun lukuun.

Näytemetsälöiden karttojen hankkiminen sekä arviointilinjaston piirtäminen aiheuttaa niin ikään kustannustason nousua. Lisäksi metsälöittäiseen arviointiin liittyy epävarmuus pinta-alatietojen tarkkuudesta. On vaikea varmistua koko populaation yhteispinta-alan suuruudesta jo sen vuoksi, että metsälötiedot jatkuvasti muuttuvat, tiloja myydään ja jaetaan sekä laajennetaan. Kaikki nämä toiminnat saavat aikaan sen, että metsälökortistot vanhenevat nopeasti ja siksi ne on uusittava jokaista inventointia varten.

Metsälöittäisen arvioinnin yhtenäistä menetelmää suurempien kustannusten vastapainoksi voidaan tosin asettaa monipuolisemmat arviointitulokset. Etu on myös eri tutkimusalojen yhteistyön mahdollisuus, kun samoja näytemetsälöitä voidaan käyttää eri aloja edustaviin tutkimustarkoituksiin. Lisäksi on syytä huomauttaa lisäkustannuksista, joita yhtenäinen arviointi aiheuttaa, kun metsätaloussuunnitelmia varten täytyy suorittaa erillinen tilakohtainen arviointi.

5. TUTKIMUSTULOSTEN YHDISTELMÄ

Tutkimuksessa on yhden pitäjän puitteissa verrattu keskenään kahta systemaattista arviointia. Toinen on koko tutkimusalueen peittävä yhtenäinen linjoittainen arviointi, missä arviointilinjat sijaitsevat 500 m:n välimatkoin ja näillä mitattavat koealat 300 m:n etäisyyksin. Toinen menetelmä on niin ikään linjoittainen arviointi, mutta se on suoritettu metsälöittäin. Tässä menetelmässä linja- ja koealaväli ovat yhtä suuret vaihdellen 50—200 m:iin metsälön koosta riippuen. Näytemetsälöt on otettu suhteellista valintaa käyttäen arpomalla pinta-alaluokittain, joten kysymyksessä on sattumanvaraisesti sijaitsevilla metsälöillä suoritettu systemaattinen arviointi. Mukana on kaikkiaan 3 näytettä, joiden otantaosuudet ovat 5, 10 ja 20 % tutkimusalueen metsäalasta. Kaksi viime mainittua on saatu aina suurentamalla edellistä näytettä. Menetelmien vertailussa on käytetty 10 %:n näytettä.

Kumpaankin menetelmään sisältyy ympyräkoeala- ja silmävarainen arviointi. Erillisenä on mukana relaskooppiarviointi, jonka tuloksia on verrattu ympyräkoeala-arviointiin.

Tutkimuksessa on selvitetty eri arviointimenetelmien tulosten eroavuus sekä laskettu tulosten tarkkuus ja tutkittu keskiarvojen erojen tilastolliset merkitsevyydet. Tämän lisäksi on verrattu tutkimuksessa käytettyjä keskivirheen laskentamenetelmiä.

Ympyräkoeala-arvioinnissa koko metsämaan puuston keskikuutiomääräksi saatiin yhtenäisessä arvioinnissa 101.7 ± 2.44 m³/ha ja metsälöittäisessä arvioinnissa 97.9 ± 2.16 m³/ha. Viimeksi mainitun keskikuutiomäärä on 3.8 m³ ja 3.7 % edellistä pienempi. Ero on 1.17-kertainen verrattuna vastaavaan erotuksen keskivirheeseen. Se ei ole siten tilastollisesti edes melkein merkitsevä.

Kun metsälöittäisen arvioinnin keskikuutiomäärä korjataan sen mukaisesti, että sen suorittaminen jakaantui kahdelle kenttätyökaudelle, kun sitä vastoin yhtenäinen arviointi saatiin päätökseen yhden kesän kuluessa, suurenee metsälöittäisen arvioinnin keskikuutiomäärä 1.3 m³:llä. Samalla arviointimenetelmien välinen ero pienenee 2.5 m³:ksi.

Inventointialueen puuston keskikuutiomäärä on kummallakin menetelmällä saatu niin lähelle toisiaan ja tulokset niin tarkoiksi, että molemmat menetelmät ovat käyttökelpoisia koko inventointialuetta kuvaavia tunnuksia arvioitaessa.

Metsätyypeittäiset keskikuutiomäärien erot ovat suurimmat parhaiden maiden metsiköissä, missä kuutiomäärien vaihtelut saattavat olla erityisen suuria. Turvemailla poikkeukset ovat niin ikään suurenlaiset. Kuitenkaan keskiarvojen erot eivät ole millään tyypillä tilastollisesti merkitseviä.

Arviointitulosten osittaittaiset tarkkuudet poikkeavat joskus suurestikin koko inventointialueelle lasketusta tarkkuudesta. Osittaittaisia näkökohtia ei voida siitä huolimatta täysin ottaa huomioon laskettaessa tarvittavia koealamääriä uusia inventointeja suunniteltaessa, sillä päädytään aivan erilaisiin näytemääriin, jos tietyt tarkkuusvaatimukset asetetaan joko osittaille tai koko aineistolle. Yleensä kysymystä on käsiteltävä kokonaisuuden puitteissa ja osittaittainen tarkkuus on otettava huomioon vain niin pitkälle kuin tarkkuus- ja kustannuskysymysten keskinäinen sovittaminen sallii.

Tutkimusalueen puuston keskikasvuksi koko metsämaalla saatiin yhtenäisessä arvioinnissa 3.87 ± 0.10 m³/ha ja metsälöittäisessä arvioinnissa 3.49 ± 0.07 m³/ha. Jos ilmastolliset vaihtelut otetaan huomioon ja lasketaan kasvuindeksin mukaiset korjatut keskikasvut, saadaan edellisessä järjestyksessä 4.02 ja 3.66 m³/ha.

Yhtenäisen arvioinnin keskikasvu on selvästi suurempi. Ero on 0.38 m³, mikä on 10 % yhtenäisen arvioinnin tuloksesta. Tämä on niin suuri, etteivät kolminkertaisen keskivirheen rajat peitä keskikasvujen eroa, joka on 3.33-kertainen vastaavaan erotuksen keskivirheeseen verrattuna ja siten tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Kun kasvua verrataan kasvusadannesten valossa, jolloin kuutiomäärien eri suuruisuuden vaikutus on siitä eliminoitu, on metsälöittäisen arvioinnin kasvusadannes 6 % pienempi. Kasvusadannesten ero ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Keskikasvujen suurta eroavuutta tutkittiin mm. koepuuaineiston ryhmittymisen perusteella. Tällöin ilmeni, että yhtenäisessä arvioinnissa koepuiksi on otettu pieniä puita suhteellisesti enemmän, mutta metsälöittäisessä arvioinnissa vahvojen läpimittaluokkien osuus on suurempi. Kasvukoepuiden kokonaismäärä on yhtenäisessä arvioinnissa koealojen lukumäärään verrattuna noin 30 % suurempi. Siten niissä tapauksissa, joissa koepuita on otettu suhteellisen runsaasti, näyttää olleen varaa ottaa niitä tavallista enemmän pienistäkin läpimittaluokista. Menettely johtuu koepuiden valintaan liittyneestä harkinnasta. Vastaavasti koepuiden kasvusadanneksissa on havaittavissa, että yhtenäisen arvioinnin kasvusadannekset ovat rinnankorkeudelta 27 cm ja sitä ohuemmissa puissa selvästi suuremmat, mikä osaltaan juuri on johtanut menetelmien välillä olevaan kasvun poikkeavuuteen. Kas-

vusadannekset ovat korkeammat siinä arvioinnissa, jossa koepuita on koealaa kohden otettu eniten. Koepuiden runsauden ei kuitenkaan välttämättä tarvitse vaikuttaa keskiarvojen suuruuteen, vaikka nyt esillä olevassa tutkimuksessa on näin käynyt.

Tämäkin tutkimus on siten erittäin selvästi tuonut esiin sen, että koepuiden valinnan täytyy tapahtua ehdottoman objektiivisesti, sillä muuten tuloksiin saattaa tältä osin tulla virheitä, joiden suuruutta ja vaikutusta ei voida määrittää.

Kun metsien ikäluokka- ja metsämaiden viljavuussuhteissa ei ole menetelmien välillä oleellista eroa ja koealojen mittaus ja laskentatekniikka ovat samanlaiset kummassakin menetelmässä, johtunee metsälöittäisen arvioinnin kasvun eroavuus myös tutkimusalueella esiintyvästä vaihtelusta. Näytteeseen tulleet metsälöt sijainnevat sellaisilla alueilla, missä puuston kuutiomäärä ja kuutiokasvu on vähäisempää kuin keskimäärin koko alueella. Tällaisissa tapauksissa täydellinen systemaattinen arviointi, missä koealat jakaantuvat tasaisesti yli koko alueen, saattaa antaa tarkemmat tulokset kuin luokitellun sattumanvaraisen näytteen metsälöillä suoritetut systemaattiset arvioinnit, mikäli tutkimusalueella esiintyy systemaattista muutosta ja näytemetsälöt eivät sen mukaan jakaudu sopivasti.

Voidaan tietenkin ajatella, että sattumanvarainen näyte otetaan toisella tavalla alueellisesti rajoitettuna ja varmistetaan se, että pitäjän eri osista saadaan tiloja näytteeseen. Tutkimusalue voidaan maantieteellisesti rajoittaa 4—5 tai useampaan osaan ja ottaa niistä sattumanvarainen näyte. Näyte voidaan ottaa myös kylittäin. Rajoitetun sattumanvaraisen näytteen käyttö tulee tärkeäksi juuri pitäjän ja sitä suurempien alueiden inventointitutkimuksissa.

Tutkimukseen sisältyvä kuutiomäärän ja kuutiokasvun *silmävarainen arviointi* suoritettiin jokaisella arviointilinjan koskettamalla metsikkökuviolla sekä myös jokaisella ympyräkoealalla silmävaraisen arvioinnin tarkistamiseksi ja oikaisemiseksi. Yhtenäisessä ja metsälöittäisessä arvioinnissa saadut tulokset erosivat huomattavasti toisistaan. Molempien menetelmien silmävarainen arviointi antoi ympyräkoeala-arviointia suuremmat keskiarvot, mutta yhtenäisen menetelmän osalla suhteellisesti hyvin paljon korkeammat, sillä siinä silmävaraisen suorituksen keskikuutiomäärä oli 13.5 % ja keskikasvu 8 % suurempi, kun taas metsälöittäisen arvioinnin vastaavat luvut olivat näytteen suuruudesta riippuen 1—7 % ja 0—6 % ympyräkoeala-arviointia suuremmat.

Silmävaraisen arvioinnin tulokset ovat erityisesti yhtenäisessä linja-arvioinnissa poikkeuksellisen korkeita. Tämä johtuu suoritukseen liittyneestä systemaattisesta virheestä. Silmävaraisen arvioinnin, sen tarkistuksen ja oikaisun suorittamisen ehdoton perusedellytys on nimittäin se, että arviointi tapahtuu samantasoisesti metsikkökuvioilla ja myös tarkistuksen perustana olevilla koealoilla. Tässä tutkimuksessa tämä ei ole onnistunut, vaan koe-

aloilla silmävarainen arviointi on ollut varovaisempaa kuin metsikkökuvioilla. Näin on asia erityisesti yhtenäisessä menetelmässä, missä arviointitaso eroaa 9—14 %.

Tutkimuksessa käytettiin 3 aarin koealoja. Silmävaraiseen arviointiin tämä koko on liian pieni. Parhaisiin saavutuksiin päästäneen vasta 10 aarin tai sitä suuremmilla koealoilla.

Edellisen mukaan silmävaraisessa arvioinnissa piilee siis kuitenkin vaara, ettei se tapahdu koealoilla ja linjakuvioilla samojen periaatteiden mukaisesti.

Tutkimuksessa käytetty *relaskooppimenetelmä*, pohjapinta-ala—keskipituusmenetelmä, on käyttökelpoinen ja myös sopiva linjoittaiseen koeala-arviointiin. Sen tuloksia voidaan pitää samoilla koealamäärillä ympyräkoeala-arvioinnin kanssa lähes samanarvoisina. Koko metsämaan keskikuutiomäärä on relaskooppiarvioinnissa saatu 2.0 m^3 ympyräkoeala-arviointia suuremmaksi, mutta ero on niin pieni, ettei sillä ole tilastollista merkitystä. Mainittu ero johtuu suurelta osalta pohjapinta-alan yliarvioinnista, minkä suuruus voitiin jatkuvien tarkistusmittausten perusteella selvittää ja sen mukaisesti korjata sekä pohjapinta-ala että kuutiomäärä. Keskikasvussa menetelmien välillä ei ole lainkaan eroa niissä tapauksissa, joissa koealojen lukumäärä on yli 100.

Relaskooppiarviointi on tämän tutkimuksen mukaan taloudellisuudessaan vertailukelpoinen ympyräkoeala-arviointiin, sillä sen kenttä- ja laskentatyöt voidaan suorittaa edellistä joutuisammin ja työskentely voi tapahtua myös pienemmällä työryhmällä.

Tutkimustulosten luotettavuus on laskettu kahdella tavalla. Yhtenäisessä arvioinnissa keskivirheet saatiin sekä satunnaisnäytteelle soveltuvia menetelmiä että L i n d e b e r g i n (1924) linja-arviointiin kehittämiä menetelmiä käyttäen. Viimeksi mainitun menetelmän asemesta metsälöittäisessä arvioinnissa sovellettiin sellaista yhdistelmää, että alle 50 ha:n metsälöillä keskivirheet laskettiin yksin omaan satunnaisnäytteen kaavoilla ja yli 50 ha:n metsälöillä koealojen lukumäärästä riippuen sekä satunnaisnäytteen että Lindebergin menetelmillä.

Yhtenäisessä linjoittaisessa koeala-arvioinnissa keskikuution ja keskikasvun keskivirheet ovat kummallakin tavalla laskien lähellä toisiaan. Sadanneksina ilmaistujen keskivirheiden poikkeukset ovat yleensä alle yhden sadanneksen, niin kauan kuin koealojen lukumäärä on yli 50:n.

Kuitenkin, vaikka molemmat menetelmät soveltuvat systemaattisen näytteen virhelaskentaan, olisi satunnaisnäytteen laskentamenetelmä sen antaman arvion epätäsmällisyyden vuoksi korvattava tällaisissa tapauksissa systemaattiselle näytteelle kehitetyillä menetelmillä.

Puuston vaihtelu tutkimusalueella on siksi suurta, että keskimäärin tarvitaan yli 40 koealaa, ennen kuin keskikuution ja keskikasvun yksinkertai-

nen keskivirhe jää alle 10 %:n. 5 %:n keskivirhe saavutetaan 174 koealalla, 2.5 %:n 696:lla ja 1 %:n 4 358 koealalla. Tämän mukaan koealojen tarve on huomattavasti suurempi kuin Pohjois-Suomessa, esim. Inarin olosuhteissa on tarpeen 10 aarin koealakokoa käytettäessä.

Koko metsämaalla ja mustikkatyypillä on yhtenäisessä arvioinnissa eri keskivirhelaskentamenetelmillä saatujen tulosten välinen ero keskikuutiomäärässä tilastollisesti merkitsevä. Siten myös tämä tutkimus tukee sitä jo ennestään tarpeellisena pidettyä asiaa, että systemaattisen muutoksen vaikutus olisi keskivirhelaskelmista pyrittävä eliminoimaan.

Niissä tapauksissa, joissa metsälöittäisessä arvioinnissa satunnaisnäytettä on suoraan verrattu Lindebergin menetelmään, on käynyt ilmi, että menetelmien välillä ei ole merkitsevää eroa vielä 5 %:n näytteessä, mutta merkitsevyys kasvaa näytteen suuretessa niin, että kaikkein suurimmassa näytteessä keskivirheiden erot ovat erittäin merkitseviä. Metsälöittäisenkin arvioinnin mukaan systemaattista muutosta tutkimusalueella esiintyy ja se tulee sitä paremmin esiin, mitä suurempi näyte on kysymyksessä. Lindebergin menetelmän mukaan laskien saavutetaan yli 50 ha:n metsälöillä 5 %:n yksinkertainen keskivirhe 101 koealalla, 2.5 %:n 404 koealalla ja 1 %:n 2 522 koealalla. Nämä luvut ovat paljon pienemmät kuin edellä koko tutkimusalueen yhtenäisessä arvioinnissa saadut. Tähän on vaikuttanut ensinnäkin systemaattisen muutoksen huomioon ottaminen virhelaskennassa ja toiseksi se, että mukana olevien suurten metsälöiden metsiköiden keskikuution vaihtelu on vähäisempää kuin koko alueella keskimäärin.

Tutkimuksessa käytetty suhteellinen kiintiöinti on antanut pinta-alaluokittain lähes saman näyteyksilömäärän kuin jos olisi käytetty Neymanin optimikiintiöintiä. Lisäksi on sanottava, että tutkimusalueen kaltaisissa olosuhteissa käytetyt metsälöiden pinta-alaluokat ovat käyttökelpoisia ja niiden puitteissa voidaan ratkaista optimikiintiöinti metsälöittäisiä inventointeja suunniteltaessa. Tietenkin on ajateltavissa, että jotkin muutkin kuin pinta-alaluokat, esim. puuston kuutiomäärä, antaisivat edellistä suositeltavamman mahdollisuuden kiintiöinnin suorittamiseen. Tällöin puuston ennakko-arvioinnit olisivat kuitenkin välttämättömiä.

Tutkimukseen sisältyi *aikavertailujen suorittaminen* noin 4 800 ha:n suuruisella metsäalueella. Tämän alueen yhtenäisessä arvioinnissa mitattiin metsämaalla työpäivää kohden 8.8 koealaa ja 2700 m arviointilinjaa. Metsälöittäisessä menetelmässä mitattiin vastaavasti 13.4 koealaa ja 1 550 m arviointilinjaa sekä arvioitiin päivää kohden keskimäärin 14.8 ha:n suuruinen metsälö. Siten siinä kertyi työpäivää kohden 4.6 koealaa enemmän kuin yhtenäisessä arvioinnissa. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että koealojen välimatkan kulkemiseen kului vähemmän aikaa kuin yhtenäisessä arvioinnissa.

Verrattaessa menetelmien kokonaisajankäyttöä on lähdettävä siitä, että kummankin menetelmän tarkkuus on sama. Jos metsälöittäisen arvioinnin

tarkkuus lasketaan koealojen keskeistä vaihtelua metsälöittäin hyväksi käyttäen, niin tämän arvioinnin kenttätöiden ryhmätyöaika on 5 päivää lyhyempi kuin yhtenäisen arvioinnin. Mutta jos metsälöittäisen arvioinnin tarkkuus lasketaan tiloittaisten keskikuutioiden vaihtelun perusteella, mikä tapa on perusteltavissa, jos otetaan huomioon metsälöittäinen koealojen autokorrelaatio, niin vasta 20 %:n metsälönäyte on vertailukelpoinen yhtenäiseen arviointiin ja tämän suuruisen näytteen arviointi kestää 23 ryhmätyöpäivää yhtenäistä arviointia kauemmin.

Kenttätyökustannusten lisäksi myös metsälöittäisen arvioinnin kokonaiskustannukset ovat yhtenäistä menetelmää korkeammat. Tämä johtuu suuritöisestä perusjoukon luetteloinnista, kenttätöiden vaatimasta runsaasta kartta-aineistosta ja linjaston piirtämisestä erikseen kullekin arvioitavalle metsälölle. Kalliista valmisteluista huolimatta metsälöittäiseen arviointiin liittyy epävarmuus pinta-alatietojen tarkkuudesta. On vaikea varmistua koko populaation yhteispinta-alan suuruudesta, koska metsälötiedot jatkuvasti muuttuvat. Metsälöittäisen arvioinnin monipuolisemmat arviointitulokset voidaan tosin asettaa yhtenäistä arviointia suurempien kustannusten vastineeksi, mutta haittatekijät, niin taloudelliset kuin myös arviointiteknilliset, ovat kuitenkin metsälöittäisessä arvioinnissa siksi paljon edellistä suuremmat, ettei tämän tutkimuksen perusteella voida metsälöittäistä arviointia suosittaa nykyisissä olosuhteissa yleisesti käytettäväksi suurten metsäalueiden inventoinneissa.

Kirjallisuusluettelo — *References*

Alameri, Rolf ja Pöyhönen, Pentti. 1959. Johdatusta tilastolliseen tutkimukseen. 3. painos. Helsingin yliopisto.

Andrews, H. J. 1932. The forest survey in the Douglas fir region. — Journal of Forestry.

Arman, Valter and Hagberg, Erik. 1962. The national forest surveys of Finland, Norway and Sweden. — MTJ. 55.

Aro, Paavo. 1959. Puutavaran kuutioiminen. Pinopuutavarat. — Tapion taskukirja, 14. painos. Helsinki.

Bickerstoff, A. 1947. One-fifth versus one-tenth acre plots in sampling immature stands. — Forest research division. Silvicultural research note 83.

Biolley, H.—E. 1920. L'Aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement la méthode du contrôle. Neuchâtel. Deutsch von Oberförster Eberbach, Karlsruhe 1923.

Bitterlich, W. 1948. Die Winkelzählprobe. — Allg. Forst-u. Holzwirtschaftl. Ztg.

Bruce, Donald and Schumacher, Francis X. 1950. Forest mensuration. Third edition. New York — Toronto — London.

Bull, Henry. 1932. Katso Francis X. Schumacher and Henry Bull 1932.

Burkart, Eugen. 1948. Zur Frage der Höhenbestimmung bei der Winkelzählmethode. — Allg. Forst-u. Holzwirtschaftl. Ztg.

Cajander, A. K. 1909. Ueber Waldtypen. — AFF 1.

—»— 1913. Studien über die Moore Finnlands. — AFF 2.

Cajanus, Werner. 1913. Silmämääräinen metsän kuutiomäärän arvioimistapa. Tapio. Helsinki.

—»— 1917. Silmämääräinen metsän kuutiomäärän arvioimistapa. A. K. Cajander, Suomen Metsätieteellisen seuran toiminta v. 1909—1917, s.96. — AFF 7.

Carbonnier, Charles. 1955. Några exempel på produktionen i planterad granskog i södra Sverige. Summary: Yield studies in planted spruce in southern Sweden. — MS 44.

Census of Woodlands 1947—1949. 1952. Forestry Commission, Census Report N:o 1. London.

Clark, M. B. 1953. Relative efficiency of some specific plot sizes in estimating timber volumes in some specific timber types. — Forestry Chronicle 29.

Eckert, K. H. 1951. Untersuchungen über die Eignung und Auswendung statistischer Methoden als Hilfsmittel forstlicher Inventuren. — Mitteilungen der Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft 24.

Eide, E. og Langsaeter, A. 1941. Produksjonundersøkelser i granskog. Produktionuntersuchungen von Fichtenwald. — Meddel. fra det norske Skogforsøksvesen. VII.

Eklund, Bo. 1954. An der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens angewandte Methoden der Zuwachsermittlung. — 11 ième Congrès Rome 1953. Comptes Rendus. Firenze.

Enso-Gutzeit osakeyhtiön metsien arviointi. Maastotyön ohjeet. 1958.

Ericsson, Bernhard. 1889. Interiörer i skogstaxering. — Finska Forstföreningens Meddelanden VII.

—»— 1898. Jemförande undersökning om resultatet av specialuppräkning och linietaxering af timmerskog. — Ibid. XV.

—»— 1903. Oppi- ja käsikirja metsätalouden järjestelyssä. I osa. Metsänarvioiminen. Helsinki.

Field instructions for collection of forest inventory and growth data on the Southern Forest Survey. 1949. U. S. Department of Agriculture, Forest Service Southern Forest Experiment Station Division of Forest Economics.

Finney, D. J. 1947. Volume estimation of standing timber by sampling. — Forestry.

—»— 1948. Random and systematic sampling in timber survey. — Ibid.

Fischer, R.A. 1958. Statistical methods for research workers. Thirteenth edition. London.

Forest survey field instructions for Iowa. 1953. Central States Forest Exp. Station. Columbus, Ohio. Moniste.

Gevorkiantz, Suren R. 1934. Katso Bruce D. Mudgett and Suren R. Gevorkiantz 1934.

—»— 1939. Katso James W. Girard and Suren R. Gevorkiantz 1939.

Girard, James W. and Gevorkiantz, Suren R. 1939. Timber cruising. — Forest Service, U. S. Department of Agriculture. Washington, D. C.

Grosenbauch, L. R. 1958. Point-sampling and Linesampling: Probability theory, geometric implications, synthesis. Occasional paper 160. Southern Forest Experiment Station. U. S. Forest Service.

Grossmann, H. 1959. Katso A. Richter und H. Grossmann 1959.

—»— 1961. Die Höhe der Variabilitätskoeffizienten der Massenhaltigkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren und ihre Bedeutung für Holzvorratsinventuren. — Archiv für Forstwesen 3.

Hagberg, Erik. 1952 a. Riksskogstaxering efter ny modell. — Skogen.

—»— 1952 b. Statens Skogsforskningsinstitut 1902—1952. Kap. VI. Avdelningen för skogstaxering. — MS 42.

—»— 1955. Den nya riksskogstaxeringen. — Industriens upplysningstjänst.

—»— 1957. The new Swedish national forest survey. — Unasylva.

—»— 1962. Katso Valter Arman and Erik Hagberg 1962.

Hasel, A. A. 1938. Sampling error in timber surveys. — Journal of Agricultural Research 57.

Hasenkampf, J. G. 1954. Die Genauigkeit der systematischen Stichprobennahme bei forstlichen Vorratsinventuren. — Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft 35.

Heikurainen, Leo. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. — AFF 69.

Heinsdijk, D. 1961. Forest survey in the Amazon Valley. — Unasylva.

Hirata, T. 1955. Height estimation through Bitterlich's method — vertical angle count sampling. — Jour. Jap. For. Soc.

Hixon, J. H. 1952. Katso F. A. Johnson and J. H. Hixon 1952.

Holopainen, Viljo. 1956. Yksityismetsien luovutusmäärä, sitä vastaava kantorahatulo ja raakapuun hintataso Keski-Suomen metsänhoitolautakunnan alueella hakkuuvuotena 1953/54. Hakkuu- ja hintatilaston metodia käsittelevä esitutkimus. Summary: Removal of private forests, stumpage and prices of roundwood in the area of Keski-Suomi District Forestry Board in the felling year 1953/54. Pilot survey of felling and price statistics. — SF 89.

Ilvessalo, Mikko and Mäkinen, Veikko O. 1962. Development of growing stock on farm woodlots of different sizes. — MTJ 55.

Ilvessalo, Yrjö. 1920 a. Linja-arvioimisen tarkkuudesta. O. J. Lakari, Suomen Metsätieteellisen Seuran toiminta v. 1917—1920, s. 162—171. Referat: Die Tätigkeit der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland während der Jahre 1917—1920. — AFF 14.

—»— 1920 b. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaisten kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf der Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. — AFF 15.

—»— 1920 c. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. — AFF 15.

—»— 1923. Tutkimuksia yksityismetsien tilasta Hämeen läänin keskiosissa. Sahalahden ja Kuhmalahden pitäjien metsät. T:ri Verner Cajanuksen aineiston perusteella tehnyt Yrjö Ilvessalo. Referat: Untersuchungen über den Zustand der Privatwälder in den mittleren Teilen des Läns Tavastehus. Die Wälder der Gemeinden Sahalahti und Kuhmalahti. — AFF 26.

—»— 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921—24 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. Summary: The Forests of Suomi (Finland). Results of the General Survey of the Forest of the Country carried out during the years 1921—1924. — MTJ 11.

—»— 1932. The establishment and measurement of permanent sample plots in Suomi (Finland). Selostus: Pysyvien koealojen perustaminen ja mittaus Suomessa. — MTJ 17.

—»— 1935. Käytännöllisistä metsänarvioimistavoista. — SF 39.

—»— 1936. II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. Summary: Instructions for field work of the second National Survey of the forests of Suomi (Finland). — MTJ 22.

—»— 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in Central North-Suomi (Finland). — MTJ 24.

—»— 1939. Metsikön kasvun arvioiminen. Referat: Die Abschätzung des Bestandeszuwachses. — SF 52.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The Second National Forest Survey. — MTJ 30.

—»— 1943. Metsänhoitolautakuntien toimintapiirien metsät. II:n valtakunnan metsien arvioinnin tuloksia. Helsinki.

—»— 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. — MTJ 34.

—»— 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki.

Ilvessalo, Yrjö. 1950. On the correlation between the crown diameter and the stem of trees. Suomenkielinen selostus: Puiden latvuksen läpimitan ja rungon välisestä riippuvaisuussuhteesta. — MTJ 38.

—»— 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Summary: Third National Forest Survey of Finland, Plan and instructions for field work. — MTJ 39.

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland and their development from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three National Forest Inventories. — MTJ 47.

—»— 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. Summary: The forests of Finland by Forestry Board Districts. Results of the National Forest Inventory. — MTJ 47.

—»— 1959. Metsän likimääräinen arvioiminen. Tapion taskukirja, 14. painos. Helsinki.

—»— 1961. Yksityismetsien puolivuosisatainen kehitys Sahalahden-Kuhmalahden koearviointipitäjissä. Summary: Semicentennial development of private forests in the experimental survey counties of Sahalahti-Kuhmalahti. — MTJ 53.

—»— 1962. IV valtakunnan metsien inventointi. 1. Maan eteläpuoliskon vesistöalueryhmät. Summary: Fourth National Forest Inventory. 1. Southern water system areas. — MTJ 56.

—»— 1963. Das finnische Reichsinventur (Zweck, Methode und Ergebnisse). — Schweiz. Zeitschr. f. Forstwes.

Instruktion für die Feldarbeit der Österreichischen Forstinventur 1961—70.

Instruktion för arbete å marken under riksskogstaxeringen år 1960. Moniste.

John, Hugo H. 1962. Katso Cherng-Jiann Shiue and Hugo H. John 1962.

Johnson, Floyd A. and Hixon, Homer J. 1952. The most efficient size and shape of plot use for cruising in old-growth Douglas-Fir timber. — Journal of Forestry 50.

Jonson, Tor. 1928. Några nya metoder för beräkning av stamvolym och tillväxt hos stående träd. Summary: Some new methods for calculating volume and increment of standing timber. — ST.

Kallio, Kustaa. 1957. Käenkaali-mustikkatyypin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa. Taksatoris-liiketaloudellinen tutkimus. Summary: On the development of spruce forests of the Oxalis-Myrtillus site type in the southwest of Finland. Forest mensuration and management research. — AFF 66.

Kangas, Yrjö. 1959—60. Koealan muoto ja koko koeala-arvioinnissa. Summary: The influence of plot shape and size on sample plot survey. — MA.

Keltikangas, Valter. 1952. Näkökohtia kasvunlaskennasta sekä runkomuodon muuttumisen huomioon ottamisesta kasvunlaskennassa. — MA.

Kilkki, Pekka 1963. Katso Kullervo Kuusela and Pekka Kilkki 1963.

Knuchel, Hermann. 1950. Planung und Kontrolle in Forstbetrieb. Aarau.

Krutzsch-Loetsch. 1938. Holzvorratsinventur und Leistungsprüfung der naturgemässen Waldwirtschaft. Neudamn.

Kurth, H. und Wenk, G. 1962. Zur Problematik der Holzvorratsinventur. — Archiv für Forstwesen. 3.

Kuusela, Kullervo. 1952. Mahdollisuus erotusmenetelmän käyttämiseksi kasvunlaskennassa. Summary: The possible use of the differential method in growth calculation. — MA.

Kuusela, Kullervo. 1953. Zur Theorie der forstlichen Zuwachsberechnung auf Grund der periodischen Messung. — AFF 60.

—»— 1956. Metsävarojemme lisääntymiseen liittyviä näkökohtia. — MA.

—»— 1958. Kasvun ennusteen suorittaminen hakkuulaskelman yhteydessä. Summary: Increment forecast in connection with cutting budget. — AFF 67.

—»— 1959. Suurin kestävä hakkuusuunnite ja menetelmä sen arvioimiseksi. Summary: Largest permanent allowable cut and a method for its calculation. — AFF 71.

—»— 1960 a. Maan kuvioiden ja puuston vaihtelu sekä sen vaikutus metsän inventoinnin tarkkuuteen. Summary: Variation of the site pattern and growing stock and its effect on the precision of forest inventory. — AFF 72.

—»— 1960 b. Vaihtoehtoisia menetelmiä relaskoopilla rajoitetun puuston kuutioimiseksi. — MA.

—»— 1960 c. Volume and increment calculation of a sample plot determined with the relascope. Selostus: Kuution ja kasvun laskenta relaskoopilla määritetyllä koealalla. — AFF 71.

—»— 1960 d. Koeala-arvioinnin tilastollisen tarkkuuden laskenta. — MA.

—»— 1961 a. Pinotavaraleimikon taksatooriset tunnukset ja niiden vaikutus leimikkoarvioinnin tarkkuuteen. Summary: Mensurational characteristics of cordwood stock marked for felling and their effect on the precision of the stock estimation. — AFF 72.

—»— 1961 b. Korppoon metsien inventoinnissa käytetty menetelmä. Summary: The method used in the inventory of Korppoo forests. — MA.

—»— 1962. Metsän puuston arviointi. — Metsäkalenteri.

—»— ja Nyyssönen, Aarne. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. — AFF 74.

—»— 1963. Koeinventoinnin kenttätyöohjeet. — Moniste. Helsinki.

—»— and Kilkki, Pekka. 1963. Multiple regression of increment percentage on other characteristics in Scotch-pine stands. Seloste: Kasvuprosentin ja muiden metsikkötunnusten välinen yhteiskorrelaatio männiköissä. — AFF 75.

Langsaeter, A. 1926. Om beregning av middelfeilen ved regelmessige linjetakseringer. — Meddel. fra det norske Skogforsøksvesen. II.

—»— 1932. Nøiaktigheten ved linjetaksering av skog. I Bestemmelse av treantall og dimensjonsfordeling. Resymé: Accuracy in strip survey of forest. — Ibid. IV.

—»— 1939. Takstresultatets pålitelighet forsåvidt den valgte belte avstand angår. Taksering av Norges skoger. — Utført av Landskogtakseringen. Herredsvis taksering i Hedmark fylke 1938. Oslo.

—»— 1941. Katso E. Eide og A. Langsaeter 1941.

—»— 1944. Om tilvekstberegning. — Skogbrukeren.

—»— 1949. Forest Surveys of Norway. Unasylva.

Lappi-Seppälä, M. 1924. Linja-arvioimisesta ja sen tarkkuudesta. Referat: Über die Linientaxierung und deren Genauigkeit. — MTJ 7.

Lihtonen, Vilho. 1953. Metsänarvioimistiede ja sen tehtävät metsiemme tilan kohottamisessa. Summary: Forest surveying and its tasks in the improvement of our forests. — MA.

—»— † 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. Porvoo.

Lindeberg, J. W. 1924. Über die Berechnung des Mittelfehlers des Resultates einer Linientaxierung. — AFF 25.

—»— 1926. Zur Theorie der Linientaxierung. — AFF 31.

Lindley, D. V. and Miller, J. C. P. 1953. Cambridge elementary statistical tables. Cambridge.

Linnamies, Olavi. 1944. Havaintoja metsikön kuutiomäärän ja kasvun silmävaraisesta arvioimiskyvystä. — MA.

Lissdaniels, Oskar M:son. 1947. Om provytornas storlek och inbördes avstånd vid linjetaxering. — ST.

Loetsch, F. 1938. Katso Krutzsch-Loetsch 1938.

—»— 1951. Quantitative und qualitative Holzvorratsinventur nach dem Verfahren des repräsentativen Querschnittes. — Allg. Forstzeitschr.

—»— 1955. Waldflächeninventur im Kleinprivatwald mit Stichprobenverfahren unter weitgehender Benutzung des Luftbildes. — Forstarchiv.

—»— 1957. A forest inventory in Thailand. — Unasylva.

Lokki, O. 1959. Tilastomatematiikan perusteet. Suomen Teknillinen Seura. Julkaisu n:o 21. Helsinki.

Lönnroth, Erik. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. — AFF 30.

—»— 1929. Theoretisches über den Volumzuwachs und -abgang des Waldbestandes. — AFF 34.

Maezawa, K. 1955. Katso M. Senda and K. Maezawa 1955.

Matérn, Bertil. 1947. Metoder att uppskatta noggrannheten vid linje- och provytetaxering. Resumé: Methods of estimating the accuracy of line and sample plot surveys. — MS 36.

—»— 1960. Spatial variation. Stochastic models and their application to some problems in forest surveys and other sampling investigations. Sammanfattning: Stokastiska modeller och deras tillämpning på några problem i skogstaxering och andra samplingundersökningar. — MS 49.

Mattila, Sakari. 1958. Tilastotiede. Kauppakorkeakoulu. Moniste N:o 15. Sarja A. Helsinki.

Metsänarvioimisen harjoitustöiden ohjeet. 1960. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. Moniste.

Mikola, Peitsa. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. — MTJ 38.

Miller, J. C. P. 1953. Katso D. V. Lindley and J. C. P. Miller 1953.

Mudgett, Bruce D. and Gevorkiantz, Suren R. 1934. Reliability of forest surveys. — Journal of the Amer. Statistical Association.

Müller, G. 1960. Einige Untersuchungen über Variabilitäts Koeffizienten, mittleren prozentualen Fehler und Flächenverteilungsreihen in der Forstwirtschaft. — Archiv für Forstwesen.

Mäkinen, Veikko O. 1959. Harvennuksen aiheuttamasta muutoksesta nuoren männikön rakenteeseen. Summary: On the structural changes caused by thinning in young Scots pine stands. — MTJ 51.

—»— 1962. Katso Mikko Ilvessalo and Veikko O. Mäkinen 1962.

—»— 1962. Puuston kehityksestä eri suuruisilla metsälöillä. Summary: The development of growing stock on farm wood-lots of different sizes. — MA.

Møller, Carl Mar. 1951. Traemålings - og tilvaekstlaere. København.

Neyman, J. 1934. On the two different aspects of the representative method: the method of stratified sampling and the method of purposive selection. — Journal of Royal Statistic Society 97.

Nilsson, Nils-Erik och Östlin, Eric. 1961. Riksskogstaxeringen 1938—1952. Tabellsamling grundad på tidigare publicerade länsvisa rapporter. — Statens skogsforskningsinstitut. Avdelningen för skogstaxering. Rapporter N:o 2.

Nyyssönen, Aarne. 1951. Havaintoja metsikön kasvun arvioimistavoista. Summary: Observations on the methods of estimating the growth of a stand. — MA.

—»— 1954 a. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. — AFF 60.

—»— 1954 b. Kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. Summary: Estimation of stand Volume by means of the relascope. — MTJ 44.

—»— 1955. On the estimation of the growing stock from aerial photographs. Suomenkielinen selostus: Puuston arvioimisesta ilmakuvien avulla. — MTJ 46.

—»— 1959 a. Kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. Tapion taskukirja, 14. painos. Helsinki.

—»— 1959 b. Metsänarvioimistieteellinen tutkimus Suomessa vuosina 1909—1959. — AFF 70.

—»— 1959 c. Finnish research in the fields of forest mensuration and management in 1909—1959. — AFF 70.

—»— 1959 d. Metsänarvioimistiede metsiemme hakkuumahdollisuuksien selvittäjänä. Summary: Task of forest mensuration and management in determining the cut. — MA.

—»— 1961. Survey methods of tropical forests. — Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

—»— ja Poso, Simo. 1962. Koe metsikköluokitusten suorittamiseksi ilmakuvien avulla. Summary: Tree stand classification from aerial photographs: an experiment. — SF 112.

—»— 1962. Katso Kullervo Kuusela ja Aarne Nyyssönen 1962.

—»— and Vuokila, Yrjö. 1963. The effect of stratification on the number of sample plots of different sizes. Selostus: Metsiköiden luokituksen vaikutus erisuuruisten koealojen lukumäärään. — AFF 75.

—»— 1963 b. Vesannon metsät ja niiden hoito-ohjelma. Moniste.

Näslund, Mannfred. 1930. Om medelfelets beräkning vid linjetaxering. Summary: On computing the standard error in line-survey. — ST.

—»— 1934. Om bältesbreddens uttagande vid linjetaxering. — Skogen.

—»— 1939. Om medelfelets härledning vid linje- och provytetaxering. Resumé: On computing the standard error in line and sample plot surveying. — MS 31.

—»— 1940 a. En ny metod för bältesbreddens uttagande vid linjetaxering. — MS 32.

—»— 1940 b. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i Norra Sverige. — MS 32.

Osara, N. A. 1935. Suomen pienmetsätalous. Referat: Die Kleinwaldwirtschaft in Finnland. — MTJ 21.

Petrini, Sven. 1948. Skogsuppskattning och skogsindelning. Stockholm.

Petterson, Henrik. 1955. Barrskogens volymproduktion. — MS 45.

Poso, Simo. 1962. Katso Aarne Nyyssönen ja Simo Poso 1962.

Pöntynen, V. 1959. Puutavaran kuutioiminen. Kappaleittain kuutioitavat pyöreät puutavarat. Tapion taskukirja, 14. painos. Helsinki.

Pöyhönen, Pentti. 1959. Katso Rolf Alameri ja Pentti Pöyhönen 1959.

Richter, A. und Grossmann, H. 1959. Untersuchungen über Probekreisgrösse und Netzpunktdichte bei Holzvorratinventuren. — Archiv für Forstwesen.

Riksskogstaxeringen av Ljungans, Indalsälvens och Ångermanälvens flodområden åren 1938 och 1939. Förelöpande rapport till statsrådet och chefen för Kungl. jordbruksdepartementet. Stockholm 1940.

—»— av Västernorrlands läns skogar år 1938. — Skogen 1940.

Schumacher, Francis X. and Bull, Henry. 1932. Determination of the errors of estimate of a forest survey, with special reference to the bottomland hardwood forest region. — Journal of Agricultural Research.

—»— 1950. Katso Donald Bruce and Francis X. Schumacher 1950.

Seely, H. E. 1961. Some investigations of forest sampling methods. — Tech. Note Dep. For. Can. N:o 111.

Senda, M. and Maezawa, K. 1955. On the measurement of stand basal area by the Bitterlich method. Translation N:o 14., Univ. British Colombia, from Miscellaneous Information Report n:o 10. Tokyo Univ. For.

Shiue, Cherng-Juann and John, Hugo H. 1962. A proposed sampling design for extensive forest inventory: double systematic sampling for regression with multiple random starts. — Journal of Forestry.

Sirén, Gustaf. 1950. Alikasvoskuusten biologiaa. Summary: On the biology of undergrown spruce. — AFF 58.

Snedecor, George W. 1950. Statistical methods. Fourth edition. Iowa.

Spurr, Stephen H. 1952. Forest Inventory. New York.

Strand, Lars. 1957 a. Virkningen av flatestørrelsen på nøyaktigheten ved prøveflatetakster. Summary: The effect of the plot size on the accuracy of forest surveys. — Meddel. fra det norske Skogforsøksvesen XIV.

—»— 1957 b. Litt om bruken av relaskopet. Summary: Some notes on the use of the relascope. — Norsk Skogbruk.

—»— 1957 c. »Relaskopisk» højde- og kubikkmassebestemmelse. — Ibid.

—»— 1959. Takstresultatenes tilfeldige feil på grunn av avstanden mellom kvadratene og prøveflatene. Taksering av Norges skoger. Østfold og Akershus fylker revisjonstaksering 1957.

af Ström, Israel. 1830. Handbok för skogshushållare. 2. uppl. Stockholm.

Taksering av Norges skoger. Utført av Lansskogtakseringen. I—XVIII. Eri vuosina. Oslo.

—»— Revisjonstaksering 1954 og 1957. Oslo.

Thorell, Erik. 1926. Rikstaxeringen dess förhistoria samt organisation och arbetsmetoder. Stockholm.

Uppskattning av Sveriges skogstillgångar verkställd åren 1923—1929. Redogörelse avgiven av riksskogstaxeringsnämnden. — Statens offentliga utredningar. 1932:26.

Vaartaja, Olli. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. — AFF 58.

Wenk, G. 1962. Katso H. Kurth und G. Wenk 1962.

Vid andra riksskogstaxeringen av Norrland åren 1938—42 använd metodik och härom vunna erfarenheter. Redogörelse avgiven av 1937 års riksskogstaxeringsnämnd. — Statens offentliga utredningar 1947:36.

Vuokila, Yrjö. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in Southern Finland. — MTJ 48.

—»— 1959. Relaskooppimenetelmän tarkkuudesta puuston arvioinnissa. Summary: On the accuracy of the relascope method of cruising. — MTJ 51.

—»— 1960 a. Siperialaisten lehtikuusikoiden kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. Summary: On the development of Siberian larch stands and their importance to forestry in Finland. — MTJ 52.

—»— 1960 b. Männyn kasvusta ja sen vaihteluista harventaen käsitellyissä ja luonnontilaisissa metsiköissä. Summary: On growth and its variations in thinned and unthinned Scotcs pine stands. — MTJ 52.

—»— 1963. Katso Aarne Nyyssönen and Yrjö Vuokila 1963.

Värmlands läns skogar jämte plan till en taxering av Sveriges samtliga skogar. Betänkande avgivet av komissionen för försökstaxering rörande virkeskapital, tillväxt m.m. av skogarna i Värmlands län. Stockholm 1914.

Yates, F. 1953. Sampling methods for censuses and surveys. Second edition. London.

Östlin, Eric. 1961. Katso Nils-Erik Nilsson och Eric Östlin 1961.

Östlind, Josef. 1932. Erforderlig taxeringsprocent vid linjetaxering av skog. — ST.

Lyhennyksiä

Abbreviations

AFF = Acta forestalia fennica.

MA = Metsätaloudellinen aikakauslehti.

MS = Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut (Skogsförsöksanstalt).

MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen (Metsätieteellisen koelaitoksen — tutkimuslaitoksen) julkaisuja. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.

SF = Silva fennica.

ST = Skogsvårdsföreningens tidskrift.

UNIFORM SURVEY AND SURVEY BY HOLDINGS AS METHODS OF FOREST INVENTORY

Summary

1. Introduction

Owing to an expansion recently recorded in the Finnish woodmanufacturing industry with an increased utilization of wood, there is the danger that Finland's forests will become overexploited and the forest capital will gradually diminish. On the other hand, it is possible through intensified forestry to build up the forest capital so that in the future a solid and progressive wood output is assured. This goal, however, cannot be attained without rationalization. The important starting point for the planning is a thorough knowledge of the prevailing situation.

Various methods of forest inventory can be used to obtain the necessary information. Particularly with the recent development of techniques the aerial photograph has proved serviceable in this field. However, the information provided by aerial photos cannot be so detailed, comprehensive, and reliable as that gained from ground survey (cf. Ilvessalo 1950; Nyyssönen 1955a and Nyyssönen—Poso 1962).

In Finland the appraisal of the growing stock has often relied on ocular estimation either by stands or along surveylines. Ocular estimation alone is generally not sufficiently accurate but needs to be supplemented and adjusted by measurements from sample plots. All the typical mensurational methods are likewise dependent on the sample plot. Of these methods the line-survey is the most commonly used technique in Finland and was first applied as an ordinary line or strip estimation which later developed into different methods of combined survey lines and sample plots. A large-scale application of forest mensuration techniques has been achieved in Finland in the National Forest Inventories (Ilvessalo 1927, 1942, 1956 and 1962). The present investigation also falls within this topic range.

In Finland the inventories of large forest areas have commonly been carried out in the form of an over-all uniform line-sample plot survey with a network of lines covering the whole area. Until recently use has not been made of surveys by holdings, in which the starting point would have been the basic units, the forest holdings, and the results of which would have been transformed to concern the whole forest area. The aim of the present investigation is to compare an over-all line-sample plot survey uniformly covering all the forest area in a Finnish commune with a sample plot survey carried out by holdings representing a convenient sample of the forests of the same area. Further attention in the investigation has been devoted to ocular and relascopic estimations in connection with the line-sample plot survey (cf. Nyyssönen 1959 c, p. 8).

2. The Methods of Investigation

21. The Uniform Line Survey

Used in the investigation was a systematical circular-sample-plot and ocular estimation carried out along survey lines. The sample plots were measured off at distances of 300 m. along lines 500 m. apart. Fig. 1 shows the location of the survey lines in the area studied.

The number of sample plots to be taken depends decisively on the accuracy wanted. Also the size of the sample plots has significance. Both of them influence not only the accuracy but also the costs of estimation. In the present investigation a sample plot size of 0.03 ha. has been taken, which in most cases is judged very suitable.

Another factor influencing the accuracy of the results is the direction of the survey lines. The survey lines in the research area were run at right angles to the general trend of the topographical compartments, which was also profitable in view of the distribution of the forests in the area.

Taken as sample trees for computing volume and growth were those trees among the trees nearest to the middle of the circle which did not differ greatly from the average. From the main tree species of the dominant growing stock were taken 2 to 4 trees as samples, and from every mixed tree species accounting for at least 20 per cent of the volume 1 to 2 trees as also from the under-growth and standards. The growth factors were accounted for at the most according to the previously stated minimum. In measuring sample trees the same principles were observed as in the Third National Forest Inventory (Ilvessalo 1951). Owing to the small number of sample trees per sample plot the volumes for the sample plots could not be found individually on the basis of their own sample trees. The variation in sample plot volumes in such a case is influenced only by the variation in diameters and number of stems, and hence there will be eliminated the variation caused by height and form, which occurs only as a plotted variation, because the smoothed curves for height and taper have been drawn up on the basis of the means. The effect of this fact can in some instances be considerable (cf. Kuusela 1960 a, p. 40). In any event, the indices of dispersion are in these cases smaller than in reality. It is impossible to say how great the influence is in this material, because the volumes for the sample plots could not be found separately.

The volume and increment of the growing stock in the research area were found also through ocular estimation. It is useful especially when the desired information about the amount of the growing stock in an area, its structure, and other pertinent factors ought to be obtained quickly and advantageously. Ocular estimation received its actual impetus when it became clear that there exists a correlation between the estimated and measured indices of the growing stock, on the basis of which it was possible to correct the results of the ocular estamation (Cajanus 1913 and 1917). Important for success is that ocular estimation be carried out identically in all the stands and also in the sample plots which supply the means for control.

Since one of the aims of the present investigation was to compare relascope estimation with circular sample plot estimation in connection with a line survey, the circular and relascopic sample plots were measured in part of the research area from the same points.

In order to determine the volume of the growing stock assessed with a relascope by using Nyyssönen's volume tables (1954b), it is necessary to know the mean height in addition to the basal area of the stand. Mean height was taken as the height

of the tree which by its diameter was the median tree in relation to the basal area. On an average it is equal to the mean height weighted with the basal area or to the arithmetical mean height of the relascope trees. The same median trees also served as sample trees for growth, which simplified and expedited the sampling procedure without biasing the reliability of the growth determination. The trees sampled for increment were measured in the same way as those in circular sample plots.

22. The Line Survey by Holdings

In farm economics the holding is defined as a unit of economics concerned with forestry, being independent with regard to its administration and organization. It was decided to include in the population of the investigation all the private holdings in the research area as defined above. State-owned forests do not exist in the research area but the Church has one holding which is included in the population. A separate group in the population was comprised of forests in the ownership of private companies, the number of which was 8 and the total area 560 ha.

For the investigation a file of cards was prepared covering all the farms being taxed for forest. On the basis of the records the population was divided into 8 size classes as follows: forest area less than 1.0 ha., 1.1 to 5.0 ha., 5.1 to 20.0 ha., 20.1 to 50.0 ha., 50.1 to 100.0 ha., 100.1 to 200.0 ha., and more than 200.1 ha. The classification was based on the expectation that the characteristics to be investigated were somewhat homogeneous within the areal classes. A second consideration in the classification was to obtain in suitable, equal proportions different-sized holdings for the sample. From these classes the samples were taken by means of a proportional selection, by which the sampling ratios were determined in relation to the areas of the forests. In ascertaining the size of sample it was borne in mind that it was necessary to have the samples yielding the same accuracy for both of the methods in order to assure a proper comparison of the uniform estimation and the estimation by holdings. However, since the comparison between differently sized samples of holdings was one of the objects of the present investigation, it was decided to resort to a fairly large sample as a whole from which two smaller ones were to be separated. The sizes of the samples for holdings were 20, 10, and 5 per cent of the forest area. From Table 1 can be seen the distribution of the holdings as well as their forest areas by areal classes in addition to the corresponding sampling ratios.

In the estimation of the sample holdings the same method was applied as in the over-all survey. The sample plots and the survey lines were spaced at the same distances as in the over-all survey, i.e. from 50 to 200 m. according to the size of the holding, which sampling density according to the advance calculations gives a standard error of about 6 to 8 per cent for each holding.

3. The Research Material and Its Treatment

31. The Material

The field work of the investigation was carried out by two survey teams. Each group carried out in its own half of the research area both the over-all estimation and the estimation by holdings. In the over-all estimation uniformly covering the whole research area, measurements were made in a total of 594 sample plots. In Table 2 is

presented their distribution into site types as well as according to the predominant tree species. As the relascope estimation was done by only one of the two survey teams, the number of these sample plots amounted to only half of the total circular sample plots. The survey by holdings covered altogether 62 forest holdings. They fell into the different areal classes and sample sizes as shown in Table 3. In Table 4 appears the number of sample plots measured in the survey by holdings. On the holdings included in the survey, a sample plot was taken for every 1.3 to 1.4 forest hectare on an average.

32. The Treatment of Material

To a large extent the basic material has received similar treatment in both the survey by holdings and the uniform survey. Only the statistical analysis of the data differs somewhat depending on the method of estimation.

The volumes were found for the sample plots with the aid of Ilvessalo's (1947) volume tables for standing trees. The growth calculation is done through percentages and measurement of diameter and height growth. The percentages are derived from Ilvessalo's (1948 b) tables in which the percentages of volume increment with the exception of trees less than 6 m. in height go back to Jonson's (1928, p. 480) formula

$$p_v = p_g + p_{fh}$$

where p_v = volume increment percentage,
p_g = percentage of increment in basal area at breast height, and
p_{fh} = percentage of form height increment.

The calculation of growth as also of volume was done according to sample plots. As, however, the number of sample trees was not sufficient for getting increment percentages for each individual sample plot, the sample plots were grouped by age classes according to dominant tree species and forest site types and the means were calculated for the increment percentages by DBH-classes without differentiating the tree species.

Because the growth of trees can vary appreciablely owing to climatic factors from year to year as well as from period to period, the consideration of variation in growth is of paramount importance in the growth studies, and particularly in the cases where growth figures of investigations carried out at different times are subjected to a comparison. The indices of growth computed for the mensuration period of growth concerned with this investigation indicate that in pine the growth has been approximately up to standard, in spruce 10 per cent below standard and in birch in 1954—58, 7 per cent above standard and in 1955—59, 2 per cent below.

The volume of the growing stock on the relascopic sample plots was determined with the aid of the volume tables (Nyyssönen 1954 b) based on the basal area and mean height. The calculation of volume increment for the growing stock of the relascope sample plots was achieved in connection with this investigation by using the percentage method. The percentages of volume increment and bark percentages of the sample trees were obtained from the tables prepared by Ilvessalo (1948 b). The sample plot material was grouped by site types and within each type according to density by three classes in which the basal areas were: 1—10 sq.m./ha., 11—20 sq.m./ha., and 21 + sq.m./ha. In the density groups the sample plots were further divided into three age classes: under 40 yrs., 41—80 yrs., and 81 + yrs. There were thus distinguished the three factors, site, density, and age, which are to be accounted for in grouping growth sample trees (cf. Ilvessalo 1939 and Vuokila 1959).

In the present investigation the ocular estimation included also the assessing of volume and growth in the stand. As ocular estimation is subject to error, it is necessary to cross-check its accuracy by some suitable means. A person making ocular estimation is liable to over-rate and underrate volumes and growths which actually are equal. Thus the error can be either positive or negative. Provided that the observation material is sufficiently abundant, the exceptions can be assumed to rule out the effect of each other, and consequently they should not, at least appreciably, influence the results. In addition to these random exceptions a systematic error can be brought about by the general pattern in the way that the cruiser over-rates or underrates the characteristics concerned. In correction of ocular estimation the problem is to eliminate these systematical errors (C a j a n u s 1913 and 1917).

The correction calculations for the ocular estimation were completed by applying the techniques used in the National Forest Inventories (e.g. I l v e s s a l o 1942, p. 52). In addition to this analytical device the plotting was accomplished graphically. In Figs. 3 and 4 are shown the regression lines computed for checking as well as the graphically smoothed correction lines. The correlation coefficients are for both volume and growth relatively high. The means for volume are 0.907 ± 0.010 and for increment 0.830 ± 0.019. Ocular estimation is much more difficult for growth than for volume and for this reason its correlation coefficients are lower.

In surveying a large forest area the line technique is commonly found to imply in addition to a random variation a systematical one from line to line. This appears, for instance, in volume of growing stock, which usually is smaller near cultivated land than towards the middle of forest. Owing to cuttings the volume might have lessened in the vicinity of roads, etc. This systematical variation ought to be eliminated in calculations. In the inventory of forests in Sahalahti-Kuhmalahti (I l v e s s a l o 1923) efforts were made to eliminate systematical error. Technically it took place through adoption of a graphical plotting conceived to follow only such changes as seemed really systematical. The smoothing of the curve, however, was arbitrary and hence the method was handicapped by a subjectivity (cf. N ä s l u n d 1930, p. 325 and L a n g s a e t e r 1932, p. 451).

L i n d e b e r g (1924, p. 10—14) pointed out the inadequacies of the formula for calculation of the standard error adapted in the inventory of forests in Sahalahti—Kuhmalahti and developed new formulae, in which the elimination of standard error takes place by comparing the results of two adjacent lines with each other, the differences of which are introduced as factors into the formula (p. 41), where n = number of lines, l = length of an individual line and p = mean of a characteristic occurring upon this line and L = total length of all the lines in the research area.

In the uniform survey of the present investigation this method of Lindeberg was adopted primarily for the reason that it can be applied as well for ocular line survey as for circular and relascope sample plot survey and that the standard errors obtained, when needed, are comparable with the results of the National Forest Inventories.

The calculations for standard error in the research area were carried out separately for the halves of the two survey teams. In this way the random deviations of the figures p_μ grow larger and consequently the possible systematical variations have a lesser influence upon the final results. The standard error is obtained on the basis of the standard errors of different parts of the areas from the formula (p. 42), where L = total length of all the lines, L_1, L_2 = total length of the lines of all partial areas and $\varepsilon(P_1)$, $\varepsilon(P_2)$ . . . = standard errors of the partial areas.

The method developed by L i n d e b e r g for calculation of the standard error is suitable for regular circular sample plot survey too. Also the formula developed by

Näslund (1939, p. 320) for line estimation is feasible for sample plot survey with the exception of areal determination. With certain qualifications the same is true of the calculation methods of Matérn (1947) for sample plot survey. The spaces between the sample plots should then not be very large compared with the distances between the lines. If the spaces between sample plots on the same line are greater than 0.7 times the distance between the lines, there is a danger of overestimating the standard error (op. cit. p. 90). Regarding the present investigation it would mean that the method of Matérn could be applied as such to the uniform survey by lines, since the distance between lines is in such a survey 500 m. and between sample plots 300 m., thus smaller than 0.7×500 m. But to the survey by holdings it could not be adapted, because there the distances between lines and sample plots are equal. In such a case the calculation of standard error should be based on the complete square technique (Fig. 5): $\frac{1}{4}(x_1 - x_2 - x_3 + x_4)^2$, where x_1, x_2, x_3 and x_4 represent the values of four sample plots situated inside the square (Matérn op. cit. p. 90; cf. also Lindeberg 1924, p. 21).

As the primary purpose of this paper is to compare the estimation methods, it is necessary that the field work as well as the treatment of material for both methods be carried out as exactly as possible in the same way. It has been attempted to abide by this principle also in the calculations for standard error. However, since the mentioned method of Lindeberg as such is not feasible for the survey by holdings, where the number of sample plots and survey lines remains especially in small farms far below the necessary amount, while the forest holding in any case is to be considered as the calculation unit, for the calculation of standard error in the survey by holdings other methods have been resorted to. It was decided to apply the random sampling formulae to the holdings where the number of sample plots for a separate lot is less than 25 (cf. Spurr 1952, p. 383 and Yates 1953, p. 229). On the other hand, for the holdings totalling more than 25 sample plots the standard errors by separate forest lots are computed according to the formula (p. 47) of Lindeberg (1924, p. 21), where n means the number of sample plots and where the sum is to be extended to all possible values i, j, i' and j' meeting the conditions $i' \leq i$; $j' \leq j$; $i + j - i' - j' = 1$. One single figure $v_{i,j}$ occurs generally in the four addenda of the sum. The values of the sample plots situated on the boundary of the inventory area are generally represented by two or three factors only. This method hence presupposes the coordination of the sample plots in two directions and the comparison of every sample plot by means of the former with the four neighbour sample plots (Fig. 6).

It was necessary, however, to apply the method presented only for the holdings exceeding the average, i.e. of more than 50 ha. If these holdings contained separate lots in which there were fewer than 25 sample plots, then for such lots the random sampling formulae were used.

In order to be able also in a systematically performed estimation to compare the results obtained with Lindeberg's method with the standard errors given by the formulae of random sampling, the calculation has been carried out also in the last-mentioned way.

4. The Investigational Findings

41. The Uniform Circular Sample Plot Estimation and the Circular Sample Plot Estimation by Holdings

A 10 per cent sample has been taken from the survey by holdings to form a basis of comparison for the uniform survey. The number of sample plots to be

subjected to comparison were 833 in the holding and 594 the uniform survey. In the latter the sample plots are distributed throughout the area, but in the former they are taken from randomly located holdings in which on the other hand, the sample plots are more frequent than in the uniform survey. In such cases it is impossible to calculate the quantities of sample plots representing exactly the same estimation percentage. One also cannot present any exactly comparable accuracies of the results, as the adjacent sample plots measured by holdings are in a greater degree homogeneous holdingwise than the sample plots located by lines in the uniform survey, whose samples originate from several forest holdings. The autocorrelation is greater in the survey by holdings than in the uniform survey. In comparing the methods, however, the accuracy of results must be considered more important than an equal estimation percentage. Since, however, the accuracy of results likewise cannot be computed for different methods of estimation perfectly by identical means, varying values for standard error are obtained depending on the manner of calculation. When the 10 per cent sample is near the accuracy obtained in the uniform estimation, it is used in the analysis of the results.

As the mean volumes for the total forest land according to the circular sample plot estimations, the following amounts were obtained:

Uniform survey	Holding
Mean volume and standard error	
101.7 ± 2.44	97.9 ± 2.16

The mean volume arrived at by holdings is 3.8 cu. m. or 3.7 per cent smaller than that obtained in the uniform survey. This difference however, if compared with the corresponding standard errors, remains within the double standard error limits, for two times the standard error in the uniform survey is, by the method of Lindeberg (1924, p. 14), 4.88, and in the survey by holdings two times the standard error of the combined Lindeberg method and random sampling is 4.32. Already consideration of these standard errors permits conclusions to be made as to the accuracy of the results obtained by the two surveys. In both cases it can be considered satisfactory.

The difference of 3.8 cu. m. between the methods, if examined in the light of the standard error of the difference of means, is only 1.17 times as compared with the corresponding standard error of the difference ($\pm \sqrt{2.44^2 + 2.16^2}$). Consequently the difference is not statistically even almost significant. Thus in a way, the means belong to the same observation series.

The aforementioned mean volume of the survey by holdings has been computed without taking into consideration the fact that the survey was carried out during two summers, whereby the stands estimated during the latter had grown one season more than the ones assessed in the former. On the other hand, some cuttings had been done, too, during this time in them thus reducing the volume, which effect ought to have been taken into consideration. By the difference between the removal through cut and the growth, to which had been added the mean bark, the mean volume of the holding in question was corrected, which was thus increased by 1.3 cu.m. The difference in mean volume between the different estimation methods is in this way reduced to 2.5 cu. m. and at the same time the significance of the difference in means is statistically decreased even more.

The mean volume of forest land previously referred to has been obtained as an arithmetical mean of the number of sample plots. Accordingly it has not been calculated with strata, in which case the areas of the strata would have been used as a weight in

calculating the mean for the total forest land. This procedure leads to more accurate results in the event that it is not practicable to determine the areas of the strata with sufficient precision solely on the basis of the sample plot distribution (cf. Kuusela 1960 d; 1961 b), for the statistical accuracy is improved if the growing stock of the strata are more homogeneous than the total growing stock.

In the present investigation the standing crop is examined not only as a whole but also according to forest site types. If the inventory concerns a fairly large area, e.g., 10 000 ha., and the number of sample plots consequently are proportionally great, there is very often no great difference in the allotments of the strata, regardless of the way they have been determined, such as, for instance, on the basis of the measurement of line or sample plot distribution.

Weighted with the areas of the strata the mean volume would have changed by 1.2 per cent only and it would then have been 100.5 cu.m./ha.

In the survey by holdings weighting by area was used when computing the means for the entire research area, but it did not happen for the purpose stated above, for the means by holdings for the total forest land were obtained as arithmetical means weighted by the number of sample plots, but the means by size classes of the holdings were weighted by the forest area of the pertinent class of holdings in order to find out the mean for the whole research area. In this phase it was not feasible to proceed to weighting on the basis of the number of sample plots, because the sample plots of the different groups of holdings have different weights owing to the fact that the distances between sample plots get greater with an increasing forest area so that in the smallest group of holdings there is a sample plot for every ¼ ha. but in the largest one a sample plot only for every 4 ha.

In Table 5 are presented the mean volumes by forest site types. The values are closest to each other in the groups of site types with the greatest number of sample plots. The results differ most for the stands on the best lands, where variations in volume can be exceptionally great. On peat soils, in the combined group of spruce and pine swamps as well as on drained swamps, the differences in mean volume are likewise fairly pronounced. If the difference in mean volumes is tested for significance, it will be detected that for none of the types is the difference statistically significant.

As the mean growth for the growing stock in the research area the following figures were obtained for the total forest land by the circular sample plot estimation:

The uniform survey	The survey by holdings
Mean growth, cu.m./ha. excl. bark and standard error	
3.87 ± 0.10	3.49 ± 0.07

If the climatic variations are taken into consideration in this mean growth of forest land and the corrected means according to the indices calculated, as a result there will be obtained 4.02 and 3.66 cu.m./ha., respectively.

The mean increment arrived at by the uniform line-survey is definitely greater. The difference in mean increments is 0.38 cu.m., which amounts to 10 per cent of the growth in the uniform survey. This difference is so great that the limits of the triple mean error do not cover it. The difference found between the methods is 3.33 times the corresponding standard error of the difference ($\pm$ 0.122) and consequently statistically highly significant.

When comparing the increments obtained by the different methods when the effect of the discrepancy in volumes has been eliminated, it is most convenient to use proportional growth or growth percentage. In Table 7 can be seen the growth percentages

by age classes with their standard errors. The growth percentage obtained in the survey by holdings for the whole research area was on an average 0.29 per cent smaller than in the uniform survey, which in percentages is 6.0 per cent of the same class as the difference in unbarked volumes.

The differences in growth percentages as compared with the standard error of the difference are in all cases except in the age class 61—80 yrs. so small that they are not statistically even almost significant.

42. The Ocular Estimation

Ocular estimation was performed in every stand compartment touched by a survey line. But in addition, upon the arrival of the crew at each sample plot, the first thing to attend to was the assessing of volume and growth of the standing crop, and on the basis of just these results and the corresponding results obtained by the mensuration of sample plots were calculated the equations of the regression lines and corrected the estimates recorded on the tally-sheets. The only proper basis for making the correction is that the ocular estimation meets the same standards both on the sample plots where the results of estimation will be weighted and in the stand compartments which form the basis for calculation of the results but for which the estimates cannot be checked (cf. Kuusela 1956). The question is illustrated by calculating the sample plot results of the ocular estimation and the uncorrected estimates of the line-compartments, which for the part of the uniform survey are presented in Table 10. The estimates for the sample plots have without doubt been more cautious. In respect to the volume the difference is on an average 13.5 per cent and to the growth 9.4 per cent. As shown in Table 11 better success was had in the survey by holdings. Here, too, the sample plot estimates were more reserved, but there is less discrepancy than in the uniform survey. The difference in mean volumes for the total forest land is 5.7 per cent.

As revealed by these examples, there is the danger that the ocular estimation is not carried out according to the same standards on the sample plots and the line compartments.

If the uniform survey and the survey by holdings are compared on the basis of ocular estimation, there is a difference of 14.4 cu.m. in the mean volumes for the total forest land to the benefit of the uniform line-survey. This amounts to 12.6 per cent. For the mean growth the result of the uniform line-survey is 19.6 per cent greater. The differences stated are of such dimensions that they are statistically highly significant, which makes one assume that if the uniform survey and the survey by holdings had been compared on the evidence of ocular performance only, the conclusion would have been that the methods are not of same value.

In comparison to the circular sample survey the ocular method has succeeded considerably better in connection with the inventory carried out by holdings than in the uniform line-survey, which is apparent from Tables 12—15. This is due to the fact that in the latter the systematical error is greater than in the survey by holdings, as pointed out at the beginning of this chapter.

43. Relascopic and Circular Sample Plot Estimation

The results of the relascope survey are presented for the strata for which standard errors have been calculated by Lindeberg's (1924, p. 14) method and in which the number of sample plots when possible is twice that of the preceding stratum.

As seen from Table 16 the respective results of the relascope and circular sample plot surveys differ only slightly from each other. For the total forest land the difference is on an average 2 cu. m. A difference smaller than this is found in the stands of pine on mineral soil and on the drained swamps, which group is represented by only 7 sample plots. In stands of Myrtillus type and those of the grassherb group with deciduous trees as dominant species the difference clearly exceeds the average for the whole material. Except for the drained swamps the mean volume in the relascope survey is greater than in the circular sample plot survey. However, if the systematical overrating which occurred in connection with the determination of basal area and revealed itself in the continuous checkings is taken into account, the mean volume of the relascope survey will decrease on an average by 2.4 cu. m. after which the result of the relascopic estimation differs from that of the circular sample plot estimation by only 0.4 cu. m.

For the standard error of the mean volume for the total forest land 3.6 per cent was obtained by the relascope-survey. On the Myrtillus type, which has only accounted for slightly less than one half of the sample plots, the standard error is 4.3 per cent. The corresponding standard errors of the circular sample plot survey are 3.0 per cent and 3.9 per cent. These figures are consequently somewhat smaller than those received in the relascopic survey. Accordingly, to reach the same precision through a relascopic survey will require a slightly greater amount of sample plots.

The differences in mean volumes given by the separate methods are for none of the strata of statistical significance.

The increment of the relascope sample plots has been calculated by the percentage method. In the circular sample plot survey the percentages of volume increment have in certain groups been computed by DBH-classes, while the percentages of the relascopic survey were grouped by site, age class, and density. Strand (1957 b) is of the opinion that also in relascope estimation the calculations ought to be performed by DBH-classes. In the present investigation it was decided finally, however, to resort to the familiar flexible and reliable method now applied.

The mean growth as the mean of all the sample plots is according to Table 17 the same with both estimation methods. No disparity has appeared even in the next largest group, Myrtillus type. On other site types the disparity is 0.2—0.3 cu. m., which in percentages makes, depending on the size of the mean volume, 6—12 per cent.

From the discussion above it might be concluded that with an adequate number of sample plots the relascope survey is capable of achieving the same accuracy in growth determination as the circular sample plot survey. As revealed by the investigation, no incongruity whatever has made itself manifest between these two techniques when the number of sample plots is more than 100. Supplied with fewer sample plots the difference is generally 6—7 per cent except in the group of spruce and pine swamps where it is 12 per cent. No difference of statistical significance, however, occurs in the stands of any of the type groups.

44. Accuracy of the Mean Volume and the Number of Requisite Sample Plots

The discussion of this topic is based on Table 17a. It presents the mean of volumes with bark, the dispersion, the coefficient of variation, the standard error, the standard error in percentages of mean, and the number of sample plots required when the desired size of standard error is 2,5, 5, and 10 per cent of the mean.

When considered by forest site types the number of sample plots needed varies widely. Owing to a wide scatter, the extreme values are found on the Myrtillus type and in the Vaccinium type group. The number of sample plots needed in the latter is more than twice that needed for the Myrtillus type. All the 594 sample plots measured in the uniform survey give the mean volume with a precision of 5.4 per cent, by which is meant that the double standard error is 5.4 per cent of the mean. If a 2 per cent precision is desired, 4 358 sample plots would be required for the total forest land, a precision of 5 per cent is obtained with 696 sample plots, and that of 10 per cent with 174 sample plots.

The numbers of sample plots have been calculated above as in dealing with a random sample. In a systematical distribution of sample plots their number need not be so high. In the survey by holdings in the present investigation standard errors were calculated for holdings of more than 50 ha. in area by means of the method developed by L i n d e b e r g for a regular sample plot survey. When the number of necessary sample plots is computed on this basis, the precision of 2 per cent is obtained with 2 522 sample plots, of 5 per cent with 404, and of 10 per cent with 101 sample plots. These figures are smaller than those obtained above in the uniform survey of the entire research area. The results have been influenced first of all by the taking into consideration of systematical deviation in calculating the error and secondly by the fact that the forests of the holdings concerned were relatively homogeneous where the variation in volumes by stands is smaller than average for the whole area.

For the survey by holdings the population of investigation was divided according to forest area into eight strata, into which the sample holdings were lotted by using relative selection. The sampling ratios were defined as ratios of the forest areas. If N e y m a n's optimal quota is used, according to which the sampling ratios are relative to the number of the units of the strata and to their standard deviations, one will get sampling numbers which are fairly identical with those used in the present investigation. The most significant change would have taken place in the area class 20—50 ha., into which would have come, according to the optimal quota, three additional forest holdings, and a corresponding reduction would have occurred in the 5—10 ha. class.

Under circumstances of the same kind as those in the present investigation area, the areal classes of the strata can be considered versatile, and in the frame of these, the optimal quotification can be resolved when planning a survey by forest holdings. Of course there might be other possibilities, and more recommendable than that of areal classes, for the quotification. For instance, the cubic volume of the growing stock would award a workable ground for classification. In that case, however, a preliminary estimate of the growing stock would be required, but perhaps the method would not be easily applied.

45. Comparison of the Samples of Different Sizes in the Survey by Holdings

Chosen as the size for the total sample of the survey by holdings was 20 per cent of the forest area. Such a large sampling ratio was wanted becouse of the possibility of dividing this large-sized sample into smaller ones to be compared with each other. In this way, in addition to the total sample two other smaller samples were formed, the sampling ratios of which were 5 and 10 per cent of the forest area involved. The holdings belonging to these samples were obtained in the order of lots drawn in such a way that in each group of holdings so many holdings were withdrawn from the total

sample that the combined forest area of the remaining ones comprised percentages of 10 in one and in the other 5. Because of this procedure all the holdings belonging to the sample of 5 per cent belong also to the two larger samples and the 10 per cent sample holdings belong also to the sample of 20 per cent. Equally-sized samples would have also been obtained by taking, for instance, 4 times a sample of 5 per cent. Nevertheless, it was not feasible because of the small number of large holdings, which thus could not have been allotted to every sample. For this reason it was decided to adopt the method presented in order to reduce the costs. The limited selection can be justified by the random selection of every holding, whereby every single holding had the same chance to be taken into the sample. In analyzing the results, however, it must be borne in mind that the samples are situated within each other. On account of which every individual sample is faultless as far as it is used independently, but there is not any reason for testing e.g. of the statistical reliability of the inter-samples variance, as the samples are not supposed to be in this meaning, independent samples of the universe, but parts of the largest sample. Despite this the results might be, by reason of experiment, worth recording.

In Table 18 is seen the number of holdings in the different samples, the areas of the holdings, and the number of sample plots.

The mean volumes with standard errors obtained for the different samples are given in Table 19. As can be seen, the greatest mean volume is in the smallest sample and the smallest one in the sample of 10 per cent, which for its part does not differ much from the largest sample. The mean volumes of all samples are comparatively close to each other, with the difference between the highest and lowest values only 2.8 cu.m.

If mean volume is expressed with a precision of one decimal, the growth in every sample is of an equal size (Table 22). There are similarly no major variations in the accuracy of the samples, with the standard errors starting from the smallest sample 2.6, 2.0 and 1.4 per cent.

46. Comparison of Standard Error Calculations

In the present investigation systematical sampling has been used, whereby sample plots have been measured off at fixed distances along survey lines located at set intervals. When calculations indicating the accuracy and reliability of such samples must be carried out on the assumption that the sample has been taken randomly, it is to be considered a limitation of systematical sampling in that there can be computed for it only an approximate value for the standard error. However, there have also been developed methods in which it is attempted to eliminate in the calculations of standard error the systematic changes in the material.

In order to gain an idea from the completed investigation of how much the indices of statistical error differ from each other and whether the differences are of statistical significance, when ordinary methods of calculation for random sampling or then methods in which it is attempted to eliminate systematical changes are used, the mean errors for the whole material have been calculated in both ways. In this manner data will be accumulated for the benefit of future investigation, since the indices for variation calculated from material collected by systematical sampling will obviously be useful in plannings new inventories.

Depending upon the distribution of population over the research area, the randomized sample, stratified random sample, and systematical sample are liable to yield, as to reliability, results which differ from each other.

If the volume of the growing stock of a forest area to be inventoried varies randomly but no systematical changes or grouping are observable in the area, all the three types of samples stated above give the same mean volume and standard error. If the forests in the area are so grouped that in certain parts the variation is of a given size while the total variation is random as above, the randomized sample might differ most from the other samples and give the most erroneous picture. On the other hand, the stratified random sample and the systematical sample will yield equally reliable results. The third case is where the variation is still of the same size class but the volume nonetheless changes systematically when shifting from one boundary of the area to the other. In such a case the best result is obtained by the systematical sample provided it has been taken in the proper manner. In a sample plot survey by lines this means that the direction of the lines and the sample plot intervals be appropriate (cf. K u u s e l a 1956 and 1960 a).

In the uniform sample plot survey by lines the standard errors for mean volume and mean growth obtained by both methods are reasonably similar (Table 24). Generally the standard errors differ by less than one percentage when the number of sample plots exceeds 50.

In Table 25 are presented the significances of the differences in the standard errors obtained by Lindeberg's method and random sampling in the uniform survey. On the total forest land and on the Myrtillus type the difference between the standard errors of the mean volume is significant. For this reason the choice of method for calculation of standard error is not arbitrary. Because the investigation has revealed that in so large an area as this there occur systematical changes, their effect on the standard error calculations should be eliminated if possible and consequently the applying of formulae of random sampling as such is not to be recommended.

The standard error calculations for the survey by holdings were performed according to 3 groups. For holdings of less than 50 ha. in area the standard errors were obtained by using only the random sampling formulae, but for holdings of more than 50 ha. both random sampling and Lindeberg's method were applied. Amongst the stated three groups the sample plots of the 20 per cent sample were distributed so that in all the groups of holdings with less than 50 ha. there was a total of 775 sample plots, whereas the cases with more than 50 ha. and calculated by random sampling had a total of 281 sample plots and those by Lindeberg's method 485 sample plots. The standard error for the whole area concerned was obtained from the values of the parts of the areas by combining them through the formula (p. 92), where n = number of all sample plots or corresponding area, P = number of samples, n_i = number or area of observations in sample i, ε_i = standard error of sample i.

The standard errors for the complete data of the survey by holdings were calculated also by using the random sampling formulae alone.

In this survey the random sampling and Lindeberg's method can be directly compared only on the basis of the previously mentioned large holdings. The standard errors for them are presented in Table 26. According to it the standard errors of the random sampling in every sample are greater than in Lindeberg's method. As the number of sample plots is the same in both of the methods, the size of the standard error depends on the dispersion which in random sampling is generally greater, because in it the means of the squared deviations from the mean of the values of the distribution cover a larger range of variation than in Lindeberg's method where the means of the squared deviations are computed on the basis of adjacent sample plots and hence the values of the stand indices most often increase or decrease gradually when shifting from one sample to the other.

There is not yet any significant difference between the methods in the sample of 5 per cent, but the significance becomes greater with increasing sample size so that in the largest samples the differences in means are highly significant. According to this the systematical variation becomes more evident in the research area the greater is the sample in question. It is obvious that the 5 per cent sample of the investigation is so small that, when the comparison concerns only the holdings of more than 50 ha., the significance of difference of the methods does not become evident until the sample as before stated becomes greater.

The standard error of the survey by holdings for the whole research area was obtained from the values of the partial areas by combining them by the formula presented on p. 92. In the formula the standard error can be weighted either with the area or the number of sample plots. If every sample plot represents an equal area, the weighting by the number of sample plots is appropriate, but otherwise the areal weighting is more justified.

According to Table 28 the weighting by area increases the standard error. With areas as weights the standard errors are 5—20 per cent greater than when using the number of sample plots. The effect of areal weighting is greater when using the random sampling calculation technique alone than when Lindeberg's method is also employed.

When preparing to conduct an inventory of timber resources by forest holdings and resorting to the available methods of calculation for statistical accuracy, it is to be noticed, that these kinds of estimation tasks were not taken into account in their planning, and consequently, when applying the formulas, the autocorrelation of the sample plots by forest holdings has not been considered. Hence it would be important to find means for computing the accuracy of estimation so that the auto-correlation by forest holdings would not be ignored. In the present case the problem has been approached on the argument that, when having recource to the method of random sampling, the standard errors of a survey by forest holdings can be calculated by other means than on the basis of the stratified sampling in taking advantage of the variation between the sample plots. If the forest holding is considered as the sampling unit, the accuracy of the estimation can be calculated on the grounds of the variation in mean cubic volumes per holdings in which case the observation variance due to the intra-holding structure and to the size and number of sample plots can be considered to come to be expressed in the variance of the arithmetic mean of the statistics.

Because the question is, however, of the forests, the mean cubic volumes of which represent forest areas of highly different sizes, this is to be taken into account and the standard deviation is to be computed by weighting it with the forest area. By means of this the simple standard errors of the mean cubic volume are 1.3—2.1-fold as compared with the method of calculation of the stratified sampling which has been used in the present investigation.

47. The Respective Advantages of the Estimation Methods

In connection with the field work of the present investigation records were made of the time going into the mensuration of sample plots in the uniform survey, the measuring of the distance between them, and the estimating by stands along the line. In the survey by holdings a record was made of the time the work was started and finished in each holding. These time studies have been completed in the area of one survey team only.

For the uniform survey in this forest area covering 4 800 ha., 34 working days were used by one team. During this time 298 sample plots were measured amounting to 91 811 m. of survey-line. Hence the daily performance was 8.8 sample plots and 2 700 m. of line.

In the survey by holdings 13.4 sample plots were measured per day, which is 4.6 sample plots more than in the uniform survey. This is chiefly due to the fact that moving from one sample plot to another took less time, since the distance between them was much shorter (50—200 m.) than in the uniform survey (300 m.). The survey by holdings took altogether 57 days, during which time the inventory of 30 holdings was completed. When comparing the time used in the uniform and holding surveys, it is assumed that both of the methods are of equal accuracy. When the accuracy of the survey by holdings is calculated as done in this investigation, the time input of the survey by holdings is 5 days less than in the uniform survey. But if the accuracy of the survey by holdings is calculated on the basis of the variation in volumes by holdings, for achieving the same accuracy 23 working days more are required by the survey by holdings than by the uniform survey.

On the evidence of the present investigation the total costs of the survey by forest holdings, when assuming an identical accuracy with the uniform survey, are decidedly greater than those of the last-mentioned. In addition to the costs of field works they include expensive preparation stages as the enlisting of the population, the acquisition of maps of the sample holdings, and the drawing of the survey-lines. Furthermore the survey by forest holdings is handicapped by an uncertainty about the accuracy of the areal data. It is difficult to make sure of the total area of the whole population for the reason that the data of holdings are subject to continuous changes: holdings are sold and/or divided and/or enlarged. Due to all these operations the filings of forest holdings become old, so that they must be renewed for every inventory. On the other hand the survey by holdings is apt to yield more comprehensive data than the uniform survey, but the handicaps of the survey by holdings, either economical or technical, largely exceed those of the former. On the basis of this investigation the survey by holdings cannot be recommended, under present circumstances, for general use in the inventories of large forest areas.

RASIIN KAADETUISTA POLTTOHAKEPUISTA TEHTYJEN NIPPUJEN UITTAMIS-MAHDOLLISUUKSISTA

PENTTI HAKKILA

ON THE POSSIBILITIES OF FLOATING BUNDLES MADE OF LEAF-FELLED TREES INTENDED FOR FUEL CHIPS

SUMMARY

HELSINKI 1963

Helsinki 1964. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Rasiin kaadetuista polttohakepuista tehtyjen nippujen vettymistä selvittelevä tutkimus on suoritettu Pienpuualan Toimikunnan aloitteesta. Toimikunta on myös rahoittanut tutkimuksen, mistä lausun kiitokseni.

Tutkimuksen nyt valmistuttua minulla on ilo kiittää esimiestäni, metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston päällikköä, professori Paavo Aroa, jonka johdolla tutkimus on tapahtunut. Hän on lisäksi tarkastanut käsikirjoituksen. Kiitän myös Pienpuualan Toimikunnan päätutkijaa, metsät. tri Veijo Heiskasta, joka on mm. tarkastanut tutkimuksen käsikirjoituksen.

Vielä tahdon kiittää erityisesti Tammelan metsäkoulun johtajaa, metsänhoitaja Pentti Launosta, joka on antanut arvokasta apua kenttätöitten järjestelyssä, sekä kenttätöihin osallistunutta metsät. yo. Olli Uusvaaraa.

Helsingissä elokuussa 1963

Pentti Hakkila

913—64/2

Sisällysluettelo

1. Johdanto 7
2. Tutkimuksen suorittaminen 8
3. Tutkimuksen tulokset 11
   31. Kelluvuus 11
   32. Vettyminen 15
   33. Polttoarvon muutokset 17
4. Yhdistelmä 18

Kirjallisuutta 20

Summary 21

1. Johdanto

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto suoritti professori Aron johdolla vuosina 1958—1961 tutkimuksia polttohakepuun kuivumisesta metsässä. Tutkimuksen kenttätöitten lähetessä loppuaan näytti jo ilmeiseltä, että rasiinkaatoa käyttämällä voidaan huomattavasti alentaa polttohakepuun kosteutta ja siten lisätä sen polttoarvoa. Myöhemmin voitiin myös osoittaa, että rasiinkaatomenetelmä on polttohakepuuta korjattaessa määrätyin edellytyksin taloudellisesti kannattava, jos polttohakepuun kuljetus käyttöpaikalle tapahtuu maitse (Hakkila 1962).

Polttopuuta käyttävien höyryvoimalaitosten puun hankintakustannukset muodostuvat halvimmiksi silloin, kun 40—70 % hakerangoista kuljetetaan uittamalla (Kautia 1959). Sama koskee tietenkin myös muita puuta käyttäviä voimalaitoksia, jotka kuluttavat suuria määriä polttoainetta. Nippu-uitto on lisäksi yleensäkin halvin kuljetusmuoto myös polttopuulle. Tämän johdosta on katsottu tärkeäksi saada selville, onko myös uittokuljetukseen joutuvan pienpuun rasiinkaato edullista, vai mitätöikö uiton aikana tapahtuva vettyminen rasipuissa aikaisemmin tapahtuneen kuivumisen.

Pienpuualan toimikunta, jonka järjestämän rahoituksen turvin edellä mainittu polttohakepuun kuivumista selvittelevä tutkimus oli käynnissä, teki kesällä 1960 aloitteen myös rasiin kaadetun pienpuun vettymisen tutkimisesta tarjoutuen samalla rahoittamaan tutkimuksen. Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto ottikin sitten ohjelmaansa tämän polttohakepuun kuivumistutkimukseen kiinteästi liittyvän ja sitä täydentävän tutkimuksen. Tavoitteena oli mitata rasiin kaadetuista polttohakepuista tehtyjen nippujen vettyminen ja siten saada selville, miten paljon tällaisen tavaran polttoarvo vähentyy lyhytaikaisessa nippuuitossa. Tulokset valottavat myös ohutpuun nippukuljetuksen mahdollisuuksia.

2. Tutkimuksen suorittaminen

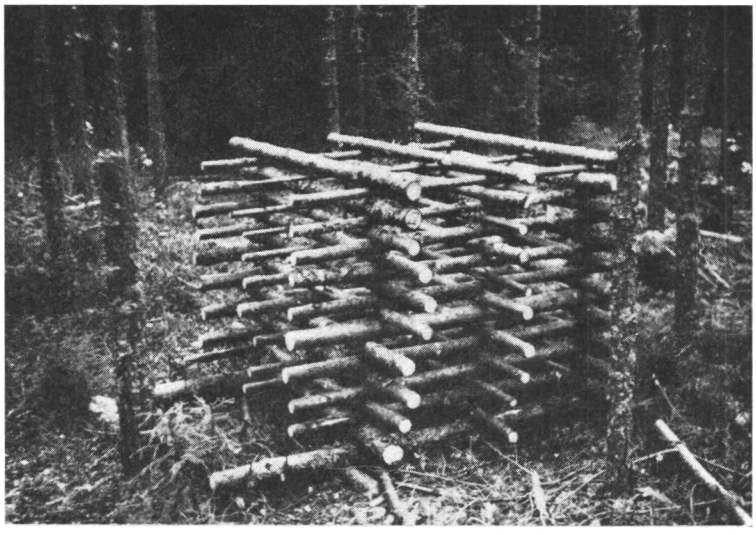
Kun polttohakepuun kuivumista selvittelevän tutkimuksen kenttätyöt saatiin päätökseen syksyllä 1960, jäi jäljelle materiaalia, jota käyttäen voitiin suorittaa käsillä oleva tutkimus. Koska mainitusta tutkimuksesta ilmestyneessä julkaisussa on kuvattu yksityiskohtaisesti koemetsiköitten ja koepuitten laatua, ei ole tarpeen kerrata samoja seikkoja enää tässä yhteydessä. Seuraava asetelma antaa kuvan koepuitten määrästä ja koosta.

Puulaji *Species*	Runkoja, kpl *Number of trunks*	Rungon D ¼, cm kuoretta *Diameter of trunk at ¼ height, cm excluding bark*
Kuusi — *Spruce*	361	5.5
Mänty — *Pine*	374	4.9
Koivu — *Birch*	376	5.2
Leppä — *Alder*	332	4.2

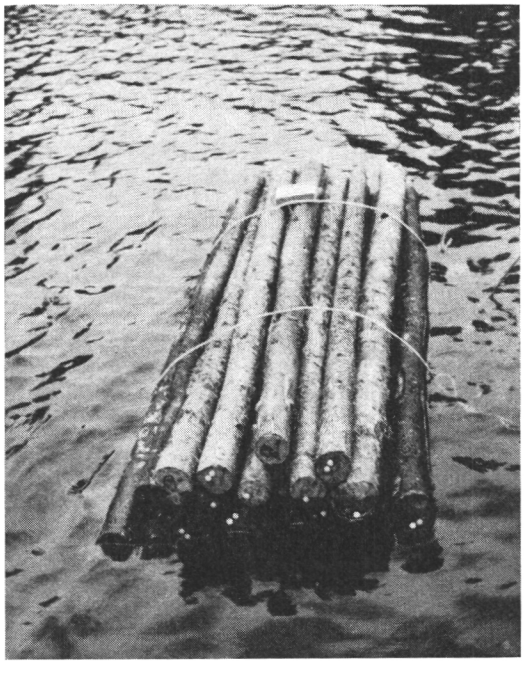
Aineisto muodostui puista, jotka oli kaadettu rasiin joulukuun 1959 ja elokuun 1960 välisenä aikana. Polttohakepuun kuivumistutkimuksen päättyessä lokakuussa 1960 jokaisesta rasipuusta sahattiin kiekot rungon ¼-, ½-, ja ¾-korkeuksilta, jolloin lyhyimmistä rungoista saatujen pölkkyjen pituus jäi alle kahden metrin. Jotta nämäkin pölkyt olisi saatu mukaan, tehtiin aineiston kaikki pölkyt 170 cm:n pituisiksi, mutta niitten voitaneen kuitenkin katsoa edustavan myös kaksimetristä tavaraa. Pölkkyjen paksuus selviää seuraavasta:

Puulaji *Species*	Pölkyn latvaläpimitta, cm kuoretta *Top diameter of bole, cm excluding bark*
Kuusi — *Spruce*	5.3
Mänty — *Pine*	4.9
Koivu — *Birch*	4.9
Leppä — *Alder*	3.9

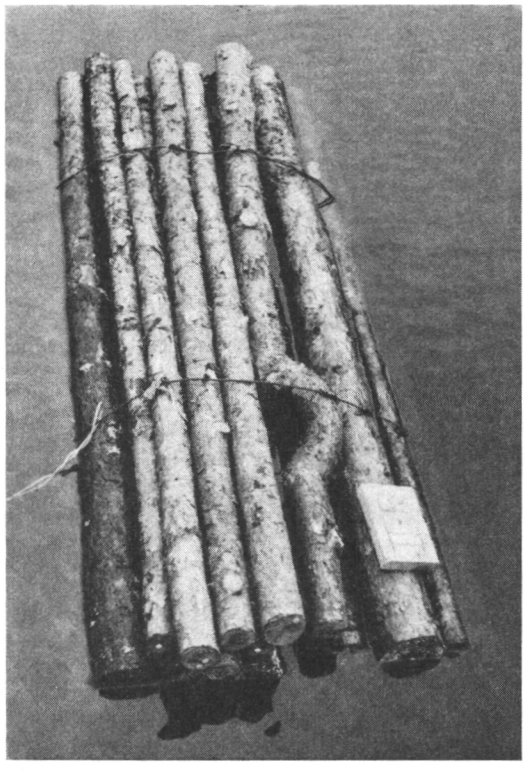
Pölkyt varastoitiin syksyllä metsässä ristikolle (kuva 1). Toukokuun 27. päivänä 1961 ne pudotettiin nippuina Tammelan Liesjärveen (kuvat 2—5).



Kuva 1. Rasipuista syksyllä sahatut pölkyt varastoitiin talven ajaksi ristikolle.
Figure 1. The boles sawed from leaf-felled trees in the autumn were stored for the winter in piles stacked crosswise.



Kuva 2. Kesäkuun jälkeen kaadetuista rasikuusista valmistettu nippu 18 vuorokauden vedessäoloajan kuluttua.
Figure 2. A bundle made of spruces felled after June after 18 days in the water.

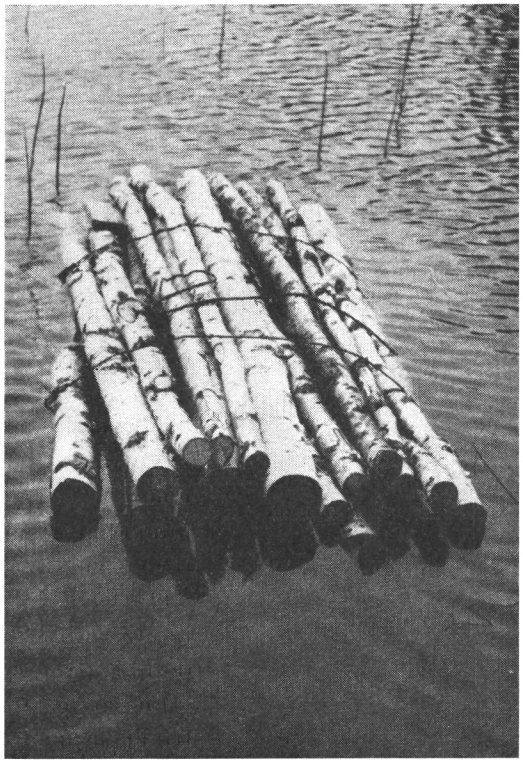


Kuva 3. Toukokuun jälkeen kaadetuista rasimännyistä valmistettu nippu 18 vuorokauden vedessäoloajan kuluttua.
Figure 3. A bundle made of pines felled after May after 18 days in the water.

Kustakin puulajista valmistettiin neljä pienikokoista nippua, joista kaksi koostui aineiston varhaisemmin kaadetuista puista ja toiset kaksi myöhemmin kaadetuista puista. Täksi rajakohdaksi, jonka mukaan pölkyt sijoitettiin nippuihin, valittiin mänty- ja koivunippujen osalta touko-kesäkuun vaihde ja kuusi- ja leppänippujen osalta kesä-heinäkuun vaihde. Tuolloin aineisto saatiin jakaantumaan siten, että kaikista nipuista tuli saman kokoisia.

Veteenpudottamisen jälkeen mitattiin jokaisesta nipusta vedenpinnan yläpuolelle jääneen osan tilavuus. Siten päästiin nipun kelluvuusprosenttiin, joka mitattiin uudelleen nippua vedestä nostettaessa.

Aineiston toinen puoli nostettiin ylös 18 vuorokauden ja toinen puoli 65 vuorokauden vedessäoloajan jälkeen. Nipun jokaisesta pölkystä sahattiin silloin kuvan 6 osoittamista kohdista näytekiekkoja, joista määritettiin kosteusarvot punnitsemalla kiekot tuoreina heti sahauksen jälkeen ja uudel-



Kuva 4. Toukokuun jälkeen kaadetuista rasikoivuista valmistettu nippu 18 vuorokauden vedessäoloajan kuluttua.
Figure 4. A bundle made of birches felled after May after 18 days in the water.

leen laboratoriossa absoluuttisen kuivina. Mittaustulosten perusteella laskettiin nipun keskimääräinen, pölkyn tilavuudella painotettu kosteus.

Kun käsillä oleva tutkimus on tehty etupäässä lämpöteknikoitten tarpeita silmällä pitäen, on kosteusluvut laskettu prosentteina puuaineen tuorepainosta.

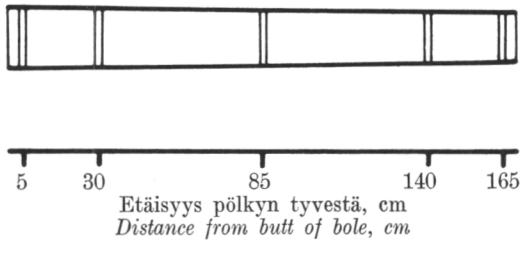
3. Tutkimuksen tulokset

31. Kelluvuus

Pienikokoisista rasikuusista tehtyjen nippujen kelluvuus on veteenpanohetkellä erinomainen. Mitä aikaisemmin edellisenä kesänä kuuset on kaadettu rasiin, sitä perusteellisemmin ne ovat ehtineet kuivua ja



Kuva 5. Kesäkuun jälkeen kaadetuista rasilepistä valmistettu nippu 18 vuorokauden vedessäoloajan kuluttua.
Figure 5. A bundle made of alders felled after June after 18 days in the water.

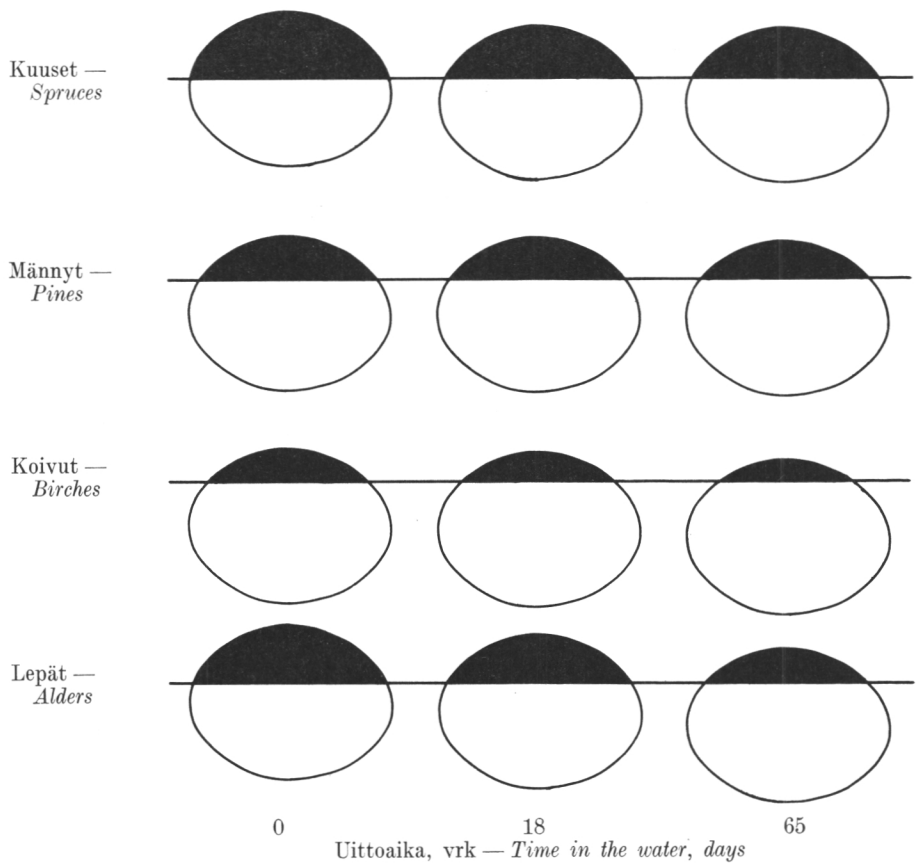


Kuva 6. Näytteenottokohdat 170 cm:n pituisissa koepölkyissä.
Figure 6. The sample sites in 170 cm long boles.

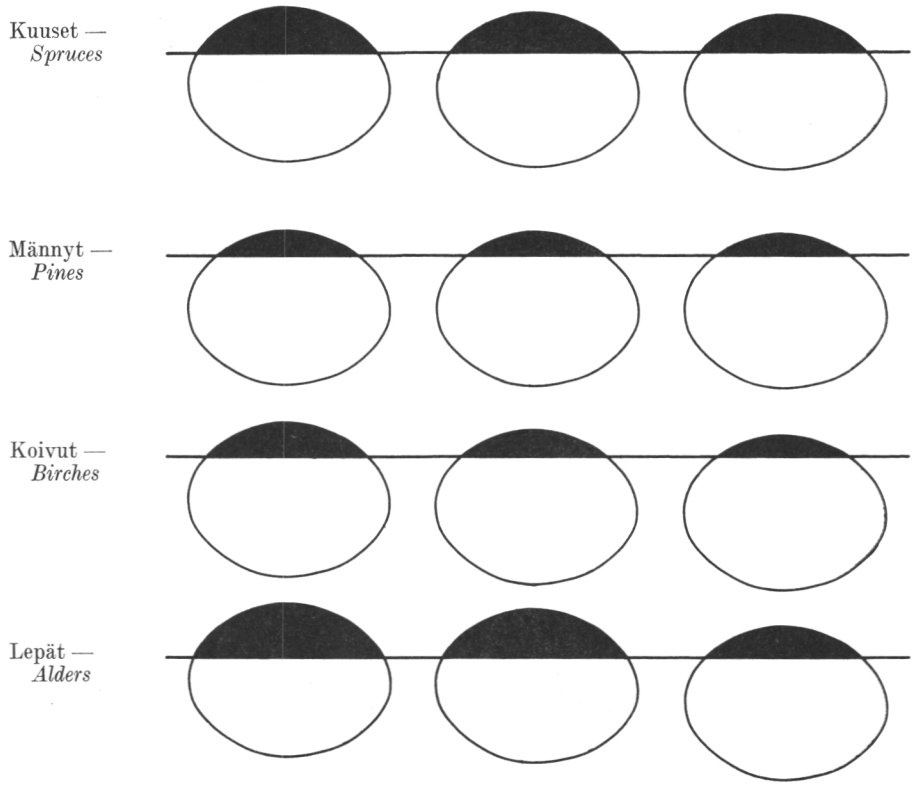
sitä parempi on myös niitten uimiskyky seuraavana kesänä. Vielä kahden kuukauden uiton jälkeen kuusinippujen kelluvuus oli niin hyvä (18—27 %), että näytti mahdolliselta jatkaa niitten uittoa syksyyn saakka.

Rasimäntyjen uimiskyky on huonompi kuin rasikuusien. Myös Tuovinen (1963) toteaa männyn osuuden lisääntymisen heikentävän kuusta ja mäntyä sisältävien havuohutpuunippujen uimiskykyä. Se aiheutuu mäntypuun kuusipuuta korkeammasta kuivatilavuuspainosta ja männyn kuusta heikommasta kuivumisesta rasissa.

Kyllin ajoissa eli ennen kesäkuuta kaadettujen rasimäntyjen kelluvuus oli kuitenkin uiton eri vaiheissa yhtä hyvä kuin kesän jälkipuoliskolla kaadettujen kuusien ja niin ollen riittävä. Sen sijaan loppukesällä kaadettujen rasimäntyjen kelluvuus oli selvästi heikompi, etenkin kun niistä valmistetuissa nipuissa oli joukossa myös tuoretta tavaraa. Näitten nippujen kelluvuus oli veteen pudotettaessa 11 % ja kahden kuukauden uiton jälkeen enää



Kuva 7. Ennen Heinäkuuta (kuuset ja lepät) tai ennen kesäkuuta (männyt ja koivut) kaadetuista rasipuista valmistettujen nippujen uimiskyvyn huonontuminen. Vedenpinnan yläpuolella oleva osa nippua on merkitty mustaksi.
Figure 7. The weakening of the buoyancy of bundles made of trees leaf-felled before July (spruces and alders) or before June (pines and birches). The part of the bundle that is above the water surface is marked in black.



Kuva 8. Kesä—lokakuussa (kuuset ja lepät) tai heinä—lokakuussa (männyt ja koivut) kaadetuista rasipuista valmistettujen nippujen uimiskyvyn huonontuminen.

Figure 8. The weakening of the buoyancy of bundles made of trees leaf-felled in June—October (spruces and alders) or in July—October (pines and birches).

6 %. Aineisto on liian pieni osoittamaan, onko myös kesän jälkipuoliskolla kaadettujen pienikokoisten rasimäntyjen nippu-uitto mahdollista.

Rasikoivuista tehtyjen nippujen kelluvuus oli veteen pudotettaessa vain 15 %, mitä aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna on pidettävä alhaisena. Rasiin kaadettujen pinotavarakoivujen kelluvuus oli näet Tuovisen (1963) tutkimuksessa 22 %, jos rasiinkaato tapahtui kesällä, ja 16 %, jos rasiinkaato tapahtui talvella. Hakkilan (1963) tutkimuksessa rasiin kaadettujen pinotavarakoivujen keskimääräinen kelluvuus oli 21.7 %. Nyt mitattu rasikoivujen alhainen kelluvuusprosentti johtui kuvan 8 nippujen osalta siitä, että niissä oli rasipuitten lisäksi myös tuoretta tavaraa. Kuvan 7 koivunippujen huonon kelluvuuden aiheuttivat ainakin osaksi talvella kaadetuista rasipuista tehdyt pölkyt. Koivujen talvinen

rasiinkaato ei näet tuota kovinkaan suurta uimiskyvyn parantumista (Tuovinen 1963).

Runsaan kahden viikon uiton jälkeen koivunippujen keskimääräinen kelluvuus oli 11 %, ja kahden kuukauden uiton jälkeen se oli pudonnut 6—7 %:iin. Kun nämä luvut ovat vain muutaman pienikokoisen nipun perusteella laskettuja keskiarvoja, ja kun nippuerän uittamiskelpoisuus riippuu pikemminkin heikoimmin uivien nippujen kelluvuudesta kuin erän keskimääräisestä kelluvuudesta, ei rasiin kaadettujen polttohakepuukoivujen uimiskysymystä voida pitää tällä aineistolla selvitettynä. Todettakoon kuitenkin, että rasiinkaadon on aikaisemmin todettu edistävän ainakin pinotavarakoivujen uittomahdollisuuksia (Hakkila 1963).

Rasileppien kelluvuus oli veteenpanohetkellä varsin hyvä, selvästi parempi kuin mäntyjen ja koivujen. Rasileppien vettyminen näytti kuitenkin jatkuvan nopeana kauemmin kuin muitten puulajien. Siitä huolimatta niitten uimiskyky säilyi koko tutkimuksen ajan hyvänä ollen kahden kuukauden uiton jälkeen vielä 15 %. Rasileppien lyhytaikainen uitto on siis mahdollista, eikä niitten kaatoajalla näytä olevan sanottavaa merkitystä nippujen kelluvuuteen.

Hakkilan (1962) mukaan pienikokoiset kuuset ja männyt olisi mahdollisimman täydelliseen kuivumiseen pyrittäessä kaadettava rasiin viimeistään toukokuussa sekä koivut ja lepät lehtien ollessa vielä täysin haihdutuskykyisiä eli viimeistään elo—syyskuun vaihteen tienoilla. Mikäli polttohakepuitten rasiinkaato tapahtuu riittävän ajoissa edellä olevan mukaisesti, niitten lyhytaikainen uittaminen on mahdollista ainakin kuusi-, mänty- ja leppänippujen osalta. Jos kaatoajan valitsemisessa kiinnitetään huomiota yksinomaan riittävän uimiskyvyn saavuttamiseen, voidaan kuusia kaataa rasiin vielä heinäkuussa ja mäntyjäkin vielä kesäkuussa.

Koivunippujen uittomahdollisuuksia sen sijaan ei saada käsillä olevan tutkimusaineiston perusteella riittävästi selvitetyiksi. On kuitenkin ilmeistä, että rasiin kaadetun koivupolttohakepuun lyhytaikainen uitto on mahdollista ainakin sekanippuja käyttämällä.

32. Vettyminen

Edellisessä luvussa on osoitettu, että polttohakepuun kaksikin kuukautta kestävä uitto on rasiinkaatomenetelmää oikein käytettäessä mahdollista. Seuraavassa pyritään selvittämään, missä määrin rasiin kaadettu polttohakepuu vettyy lyhytaikaisen uiton yhteydessä. Vasta kosteuden kohoamisen ja sen aiheuttaman vettymisen ja puun polttoarvon alentumisen tunteminen viime kädessä ratkaisevat, onko rasiin kaadetun polttohakepuun nippu-uitto taloudellisesti kannattavaa.

Aineiston vähyyden vuoksi ei voitu tutkia nippujen kosteutta veteenpudottamishetkellä, mutta sen sijaan oli tiedossa koepuitten kosteus edellisen lokakuun aikana (taulukko 1). Koepuitten keskimääräinen kosteus lienee ollut toukokuun lopussa alhaisempi kuin lokakuussa. Esimerkiksi H e i s k a n e n (1959) on osoittanut toukokuun aikana tapahtuvan kuivumisen korvaavan talven aikana tapahtuvan kosteuden lisääntymisen kuorellisissa koivupaperipuissa.

Edellä esitettyä tukevat myös seuraavat lukusarjat, jotka kuvaavat kesä—lokakuussa kaadetuista rasikuusista ja -männyistä tehtyjen pölkkyjen kosteutta 18 vrk:n uiton jälkeen pölkyn eri osissa. Niissä on toisaalta nähtävissä rasipuista valmistetuille pölkyille tyypillinen ominaisuus, pölkyn kosteuden lisääntyminen tyvestä latvaa kohti. Mutta toisaalta myös nähdään, että kosteus vielä 18 vrk:n uiton jälkeen on ollut alhaisin pölkkyjen päitten läheisyydessä. Se puolestaan osoittaa, että rasipuitten pölkyttämishetken ja veteenpudottamishetken välillä on tapahtunut kuivumista ainakin kuusissa ja männyissä. Koivuissa ja lepissä, joissa vettyminen on nopempaa kuin havupuissa, ei ollut enää 18 vrk:n uiton jälkeen havaittavissa vastaavaa ilmiötä.

	Etäisyys pölkyn tyvestä, cm				
	5	30	85	140	165
	Kosteus 18 vrk:n uiton jälkeen, %				
Kuuset	39	42	43	44	41
Männyt	48	52	53	54	50

Taulukon 1 merkitystä tarkasteltaessa on siis lähdettävä siitä, että 18 vrk:n uiton aikana tapahtunut kosteuden lisääntyminen on ollut ainakin yhtä suuri kuin taulukon kolmannen ja neljännen pystysarakkeen erotus, ilmeisesti hieman suurempikin.

Taulukko 1. Rasipuista tehtyjen pölkkyjen kosteus uittoa edeltäneenä syksynä sekä seuraavana keväänä 18 vrk:n ja 65 vrk:n uiton jälkeen.

Table 1. The moisture content of 170 cm long boles made of leaf-felled trees, in the autumn preceding the floating and in the following spring after 18 days and 65 days floating.

Puulaji *Species*	Kaatokuukaudet *Felling months*	Syksyllä *In the autumn*	18 vrk:n uiton jälkeen *After 18 days floating*	65 vrk:n uiton jälkeen *After 65 days floating*
		Kosteus, % — *Moisture content, per cent*		
Kuusi — *Spruce*	I—VI	28	35	40
	VII—IX	41	43	44
Mänty — *Pine*	XII— V	34	43	47
	VI—IX	47	53	55
Koivu — *Birch*	I— V	33	46	48
	VI—IX	37	45	50
Leppä — *Alder*	II—VI	34	44	53
	VII—IX	39	44	52

Veteen pudotetun pölkyn vettyminen on aluksi nopeaa — pölkyn alkukosteudesta tosin riippuen — mutta hidastuu uiton jatkuessa. Ensimmäisten uittopäivien aikana tapahtuva vettyminen on erityisen voimakasta pienikokoisella puutavaralla, mikä aiheutuu pölkyn pienestä läpimitasta eli suhteellisen suuresta vaippapinnasta ja pienestä sydänpuumäärästä.

Kun verrataan rasipuista valmistettujen nippujen kosteutta edellisenä kesänä vastaavaan aikaan tuoreista puista tehtyjen, maalle jätettyjen polttohakerankojen kosteuteen (vrt. Hakkila 1962, taulukot 19—23), havaitaan rasipuitten kosteuden kohoavan viimeksi mainittujen kosteutta korkeammaksi jo 2—3 viikon uiton kuluessa.

Puulaji	Kaatokuukaudet	Tuoreista puista tehdyt rangat syksyllä	Rasipuut 18 vrk:n uiton jälkeen
		Kosteus, %	
Kuusi	I—VI	35	35
	VII—IX	43	43
Mänty	XII— V	34	43
	VI—IX	51	53
Koivu	I— V	39	46
	VI—IX	43	45
Leppä	II—VI	38	44
	VII—IX	45	44

Rasiinkaadon avulla saavutettava polttohakepuun kosteuden alentuminen menetetään siis jo lyhyenkin, 2—3 viikon ajan kestävän nippu-uiton yhteydessä.

Tietyssä ajassa polttohakepuunippuun imeytyvä vesimäärä on luonnollisesti sitä suurempi, mitä kuivempia nipun pölkyt ovat veteenpudottamishetkellä. Siten eri aikoina kaadetuista rasipuista valmistettujen nippujen kosteuserot tasoittuvat uiton kestäessä 2—3 kuukautta. Kuusen vettyminen näyttää kuitenkin olevan selvästi hitaampaa kuin männyn, koivun ja lepän siitä huolimatta, että kuusi saavuttaa rasiin kaadettuna muita puulajeja alhaisemman kosteuden. Lehtipuut näyttävät vettyvän nopeammin kuin havupuut.

33. Polttoarvon muutokset

Rasiin kaadetuista polttohakepuista tehtyjen nippujen polttoarvon muutokset lyhytaikaisen uiton yhteydessä selviävät taulukosta 2, joka on laskettu Heiskasen ja Jokihaaran (1960) esittämien kaavojen

mukaan. Lepän polttoarvo on laskettu koivulle tarkoitetulla kaavalla, jolloin lienee päästy oikeisiin suhdelukuihin. Taulukossa on tuoreen puun keskimääräistä kosteutta vastaavaa polttoarvoa merkitty sadalla erikseen kunkin puulajin kohdalla. Tuoreen puun kosteudeksi on oletettu kuusella ja männyllä 51 %, koivulla 43 % ja lepällä 50 % (Hakkila 1962).

Taulukko 2. Suhteellisen polttoarvon muuttuminen uiton aikana, kun tuoreen puun polttoarvo on 100.
Table 2. The changing of relative fuel value during the floating when the fuel value of green wood is 100.

Puulaji *Species*	Kaatokuukaudet *Felling months*	Rangat syksyllä *Boles in the autumn*	Rasipuut — *Leaf-felled trees*		
			Syksyllä *In the autumn*	Uiton kestettyä *After floating of*	
				18 vrk—*18 days*	65 vrk—*65 days*
		Suhteellinen polttoarvo — *Relative fuel value*			
Kuusi — *Spruce*	I—VI	143	161	143	129
	VII—IX	121	127	121	119
Mänty — *Pine*	XII— V	145	145	121	111
	VI—IX	100	111	95	89
Koivu — *Birch*	I— V	109	122	93	89
	VI—IX	100	113	96	85
Leppä — *Alder*	II—VI	131	142	116	92
	VII—IX	113	129	116	95

Rasipuitten polttoarvo laski 2—3 viikon uiton aikana alle samaan aikaan tuoreista puista tehtyjen rankojen polttoarvon. Uiton edelleen jatkuessa polttoarvon alentuminen oli selvästi hitaampaa. Rasiinkaadon tuottama polttoarvon kohoaminen menetetään niin ollen lyhytaikaisenkin uiton yhteydessä.

4. Yhdistelmä

Käsillä oleva tutkimus on jatkoa metsäntutkimuslaitoksessa aikaisemmin valmistuneelle tutkimukselle »Polttohakepuun kuivuminen metsässä» (Hakkila 1962) ja suoritettu mainitusta tutkimuksesta jäljelle jääneellä materiaalilla, joka ei ole ollut riittävän laaja asetetun tutkimustehtävän perinpohjaiseksi selvittämiseksi. Tutkimuksesta on kuitenkin voitu tehdä seuraavat johtopäätökset.

Jos pienikokoiset puut kaadetaan rasiin kyllin ajoissa — kuuset viimeistään heinäkuussa, männyt viimeistään kesäkuussa ja lehtipuut ennen lehtien haihdutuskyvyn heikkenemistä syksyllä — niistä valmistettujen nippujen uimiskyky on seuraavana keväänä käytännössä kysymykseen tule-

via polttohakepuun uittomatkoja ajatellen riittävä (kuvat 7 ja 8). Koivunippujen uimiskyky on heikoin, mutta koivujen uitto voidaan varmistaa tekemällä eri puulajeista sekanippuja.

Pienikokoisista rasipuista tehtyjen nippujen vettyminen on kuitenkin niin nopeata, että rasiinkaadolla saavutettava polttohakepuun kosteuden alentuminen ja polttoarvon kohoaminen menetetään jo lyhytaikaisen, 2—3 viikkoa kestävän uiton aikana (taulukot 1 ja 2). Niin ollen uittaen kuljetettavan polttohakepuun rasiinkaato ei ole tarkoituksenmukaista silloin, kun nippujen uimiskyky saadaan ilman rasiinkaatoakin riittäväksi. Vastaavasti rasiin kaadetun polttohakepuun nippu-uitto ei ole kannattavaa, jos tavara voidaan kuljettaa käyttöpaikalle myös maitse.

Kirjallisuutta

Hakkila, Pentti. 1962. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 54.4.

—»— 1963. Koivujen kuivuminen rasissa ja niistä tehtyjen pinotavarapölkkyjen vettyminen uitossa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 57.3.

Heiskanen, Veijo. 1959. Halkaistun, aisatun ja kuorellisen koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 50.7.

Heiskanen, Veijo ja Jokihaara, Lauri. 1960. Puupolttoaineiden lämpöarvoista. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 33.

Kautia, Eero. 1959. Tutkimuksia puupolttoainetta käyttävistä lauhdevoimalaitoksista. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 91.

Tuovinen, Arno. 1963. Kuorellisten koivu-, sekalehtipuu- ja havuohutpuunippujen uimiskyvystä. Metsätehon tiedotus n:o 200.

On the Possibilities of Floating Bundles Made of Leaf-felled Trees Intended for Fuel Chips

Summary

Introduction

The present study is a sequel to the study called »Forest Seasoning of Wood Intended for Fuel Chips» (H a k k i l a 1962), which has been published earlier by the Forest Research Institute of Finland. The aim of the present investigation has been to measure the waterlogging that takes place in bundles made of leaf-felled trees intended for fuel chips during the floating, and so find out how much the fuel value of this kind of timber decreases in connection with bundle floating of short duration.

The Investigation

The investigation was carried out in Southern Finland. The sample trees, which were spruce, pine, birch and grey alder, were got from the material that was left over from the abovementioned investigation and whose qualities will appear from the publication in question. The thickness of the sample trees and the boles made out of them is to be found on page 8.

The sample trees were leaf-felled during the period December 1959 — August 1960. In October 1960 the leaf-felled trees were cross-cut into 170 cm long boles, which were stored for the winter in a pile stacked crosswise (Fig. 1). In the spring of 1961 the sample boles were set afloat in bundles on May 27th (Figures 2—5). Of each tree species four small bundles were made, two of which were made of the sample trees that had been felled earlier, and the other two of the trees that had been felled later.

Half of the bundles were lifted ashore after 18 days and the rest after 65 days in the water. At the same time the buoyancy and the moisture content of the bundles were measured. The moisture content was determined from sections which were sawn in the manner illustrated in Fig. 6. The moisture content was computed in percentages of the green weight of the wood.

The Results of the Investigation

If the trees intended for fuel chips are leaf-felled early enough — the conifers in June at the latest and the hardwoods before the transpiring power of the leaves grows weaker in the autumn — the buoyancy of the bundles made out of them will

be adequate for any floating time that may be required in practice in the following spring (Figures 7—8). The buoyancy of birch bundles is weakest, but the success of the floating of birch boles may be assured by making mixed bundles of different species of wood.

The waterlogging of bundles made of small-sized leaf-felled trees is, however, so rapid, that the decrease in moisture content and the increase in the fuel value that may be achieved by the leaf-felling of trees intended for fuel chips are lost even during a floating time of only 2—3 weeks (Table 1). Thus, the leaf-felling of fuel chip trees that are to be transported by floating is not profitable when the buoyancy of the bundles is sufficient without leaf-felling. Likewise it can be established as a fact, that the floating in bundles of leaf-felled trees intended for fuel chips is not expedient if the timber can be transported to the place of use, for instance to the steam power plant, by land.

KESÄAIKANA VALMISTETTUJEN PAPERIPUITTEN JA SAHATUKKIEN KUIVUMINEN JA VARASTOVIAT

PENTTI HAKKILA

THE SEASONING AND THE STORAGE DEFECTS OF PULPWOOD AND SAW LOGS PREPARED IN THE SUMMER

HELSINKI 1964

Helsinki 1964. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Käsillä olevan tutkimuksen olen tehnyt esimieheni, professori Paavo Aron johdolla. Hän on ohjannut työn kulkua sen kaikissa vaiheissa ja tukenut työn suorittamista myös monella muulla tavalla. Esitän vilpittömät kiitokseni professori Arolle saamastani arvokkaasta ohjauksesta ja tuesta.

Laskenta- ja käsikirjoitusvaiheessa on työtäni ohjannut myös professori Kalle Putkisto, joka on vaikuttanut ratkaisevasti tutkimuksen saamaan lopulliseen muotoon. Pyydän esittää professori Putkistolle parhaat kiitokseni hänen tekemistään monista korjauksista ja parannuksista sekä hänen positiivisesta asenteestaan työtäni kohtaan.

Erityisen kiitollinen olen myös metsät. tri Veijo Heiskaselle. Metsäntutkimuslaitoksessa ollessaan hän pani yhdessä professori Aron kanssa alulle käsillä olevan tutkimuksen ja jatkoi sitä vuoden 1958 loppuun saakka. Myöhemminkin, toisiin tehtäviin siirryttyään, hän on antanut vaivojaan säästämättä arvokkaita neuvoja työn kaikissa vaiheissa. Hän on lisäksi suorittanut sahatavaran lajittelun tukkien koesahauksen yhteydessä.

Paperipuissa esiintyneet hyönteislajit ja hyönteisvahinkojen laajuuden on määrittänyt maisteri Ukko Rummukainen. Osan kenttätöistä on suorittanut metsänhoitaja Tapio Korpela. Lausun kiitokseni yllämainituille sekä metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston henkilökunnalle.

Tutkimuksen käsikirjoituksen ovat tarkastaneet metsäntutkimuslaitoksen ylijohtaja, professori Erkki K. Kalela, professorit Paavo Aro, Esko Kangas, Onni Pohjakallio, Kalle Putkisto ja Theodor Wegelius sekä metsät. tri Veijo Heiskanen. Lausun parhaat kiitokseni heidän käsikirjoitukseen tekemistään korjauksista ja parannuksista.

Valokuvat ovat kirjoittajan ottamia.

East Lansing, joulukuussa 1963.

Pentti Hakkila

Sisällysluettelo

Sivu

I. Johdanto ... 5

1. Varastovikojen vaikutus havupuutavaran laatuun ... 5
2. Katsaus kirjallisuuteen ... 10
3. Tutkimusaiheen asettelu ja rajoittaminen ... 13

II. Tutkimusmenetelmä ja aineisto ... 15

1. Aineisto ja sen keruu ... 16
2. Aineiston käsittely ... 21
3. Sääolot ... 23

III. Tutkimustulokset ... 28

1. Kuivuminen ... 28
11. Kuivumisen perusolemus ... 28
12. Kaatoajan vaikutus kuivumisen nopeuteen ja määrään ... 28
121. Painon muuttuminen ... 29
122. Kosteus syksyllä ... 34
1221. Kosteus pölkyn keskellä ensimmäisenä syksynä ... 35
1222. Kosteus pölkyn keskellä toisena syksynä ... 38
13. Pölkyn pituuden vaikutus kuivumiseen ... 41
14. Pölkyn paksuuden vaikutus kuivumiseen ... 45
15. Kuoren kosteus ... 47

2. Varastoviat ... 50
21. Siniviat ... 50
211. Kaatoajan vaikutus sinistymiseen ... 50
212. Pölkyn pituuden vaikutus sinistymiseen ... 56
213. Pölkyn paksuuden vaikutus sinistymiseen ... 58
214. Sinistymisen leviäminen toisen kesän aikana ... 59
22. Lahoviat ... 61
221. Kaatoajan vaikutus lahoamiseen ... 61
222. Pölkyn pituuden vaikutus lahoamiseen ... 65
223. Pölkyn paksuuden vaikutus lahoamiseen ... 66
224. Lahovian leviäminen toisen kesän aikana ... 69
23. Hyönteisviat ... 70
24. Varastovikojen yhteisvaikutus ... 75
241. Varastovikojen vaikutus paperipuitten laatuun ... 75
242. Varastovikojen vaikutus sahatavaran laatuun ... 77
2421. Sahatavaran laatu ... 77
2422. Sahaustuloksen arvo ... 80

3. Tulosten luotettavuudesta ... 82

4. Tulosten käytännöllinen merkitys ... 84
41. Paperipuitten hakkuut ... 84
42. Tukkien hakkuut ... 87

Tiivistelmä ... 90
Kirjallisuutta ... 94
Summary ... 99
Liitetaulukot ... 104

I. Johdanto

Puutavarassa on puun rakenteesta ja perusominaisuuksista johtuvia teknillisiä vikaisuuksia, joitten merkitys riippuu puutavaran käyttötarkoituksesta. Valmiista puutavarasta niitä ei voida poistaa, mutta niitten tuotteen laadulle aiheuttamaa haittaa voidaan pienentää tavaraa jalostusvaiheessa oikein käsittelemällä.

Puun korjuuprosessin aikana puutavaraan saattaa ilmestyä lisää vikaisuuksia, jotka huonontavat valmistettavan tuotteen laatua tai vaihtoehtoisesti pienentävät saatavan tuotteen määrää tai vaikuttavat yht'aikaa kummallakin tavalla. Tärkeimmän ryhmän tässä vaiheessa syntyvistä vioista muodostavat niin sanotut varastoviat. Niillä tarkoitetaan sellaisia puutavaran laatua ja käyttöarvoa alentavia teknillisiä vikaisuuksia, jotka syntyvät vasta puutavaraa valmistettaessa tai varastoitaessa biologisten tekijäin tai puussa tapahtuvien fysikaalis-kemiallisten muutosten vaikutuksesta. Taloudelliselta kannalta haitallisimmat ovat laho, sinistymä ja muut väriviat, hyönteisten syömäkuviot, kuivumishalkeamat ja tanniiniviat, joista useat tai jopa kaikkikin saattavat esiintyä yht'aikaa. Puutavaran käyttötarkoituksesta riippuu, onko tapahtuneet muutokset luettava varastovioiksi.

1. Varastovikojen vaikutus havupuutavaran laatuun

Puun l a h o a m i s e n aiheuttavat lahottajasienet. Valmista puutavaraa lahottavia sieniä kutsutaan varastolahottajasieniksi erotukseksi kasvavassa puussa elävistä sienistä. Lahottajasienet hajoittavat puun solujen seinämien selluloosaa, hemiselluloosaa ja ligniiniä. Hajoitustoiminnan seurauksena puun tilavuuspaino pienenee ja puun lujuusominaisuudet heikentyvät sitä enemmän, mitä pitemmälle lahoaminen edistyy. Lahoamistapahtuman kehittymistavan ja loppuasteen perusteella lahottajasieniä on ryhmitelty eri tavoin. Esimerkkinä mainittakoon B j ö r k m a n i n (1946a) jaottelu:

a) V a l k o l a h o a aiheuttavat sienet esiintyvät pääasiassa lehtipuussa hajoittaen etenkin ligniiniä. Puun väri vaalentuu, mutta puuaine pysyy kiinteänä.

b) Syövytyslahoa (laikkulahoa) aiheuttavat sienet käyttävät ravinnokseen ja rakennusaineekseen ligniiniä ja vähitellen myös selluloosaa. Puu ei tule hauraaksi. Laho näkyy laikkumaisena. Tähän ryhmään kuuluu mm. Stereum sanguinolentum-sieni, joka Lagerbergin (1924) mukaan on Ruotsissa esiintyvistä varastolahottajasienistä yleisin.

c) Purkamislahoa (destruktiolahoa) aiheuttavat sienet hajoittavat alusta alkaen selluloosaa, niin että solun seinämiin jää lopulta vain pektiiniä ja ligniiniä. Lahoava puuaine jakaantuu vähitellen kuutiomaisiin, hauraisiin kappaleisiin etenkin vuosilustojen ja ydinsäteitten muodostamissa tasoissa. Tätä lahotyyppiä ei ole yleensä vielä nähtävissä vain yhden kesäkauden ajan varastoidussa puutavarassa.

Lisäksi voidaan erottaa neljäskin lahotyyppi, katkolaho, jonka olemusta ei ole vielä täysin selvitelty (Suolahti 1961).

Koska lahottajasienet hajoittavat selluloosaa, selluloosan saanto lahosta puusta on pienempi kuin saanto terveestä puusta. Keitettäessä puuta, jossa syövytyslaho on kehittynyt pitkälle, saanto puun painoyksikköä kohti oli 80 % terveen puun saannosta. Jos puussa oli pitkälle edistynyttä purkamislahoa, painoyksikköä kohti laskettu saanto oli ainoastaan 8 % terveen puun saannosta (Johansson 1942). Edellisten lukujen merkitystä arvioitaessa on vielä huomattava, että lahon puun tilavuuspainokin on pienentynyt alkuperäisestä. Siten kuutioyksikköä kohti kertyvä massasaanto on lahon puun osalta vieläkin pienempi kuin painoyksikköä kohden lasketut luvut osoittavat. Näin suuria menetyksiä ei kuitenkaan tapahdu käytännössä kuusi- ja mäntypaperipuita varastoitaessa. Björkmanin (1946a ja 1958a) mukaan Stereum sanguinolentum-sienen vahingoittamasta kuusen ja männyn pintapuusta kertyvä selluloosansaanto pienentyy yhden kesäkauden varastoinnin kuluessa 1—2 % ja kahden kesäkauden kuluessa 5—10 %.

Lahovika aiheuttaa massassa paitsi määrällisiä myös laadullisia tappioita, joitten taloudellinen merkitys on vaikeasti arvioitavissa. Lahovika vaikuttaa haitallisesti ennen kaikkea massan lujuus- ja väriominaisuuksiin. Varastolahoisesta puusta valmistetun massan lujuus on 10 % normaalia alempi (Laanti 1962). Jo yhden kesäkauden aikana syntynyt laho värjää massan ruskehtavaksi. Ainakin sulfiittimassassa, jota ei valkaista, laatuluokka saattaa silloin alentua (Björkman 1958a). Wegelius (1938) on kiinnittänyt huomiota myös siihen, että kun selluloosan määrä pienenee ja ligniinin suhteellinen osuus puuaineesta samalla lisääntyy, tuotantoyksikköä kohti tarvittavan ajan ja kemikalioiden kulutus kasvaa selluloosasaannon pienentyessä. Wegelius on toisaalta myös osoittanut, että terve puu vaatii pitemmän keittoajan kuin laho puu. Kumpaakin sekaisin keitettäessä lahoa puuta joudutaan siten keittämään liian kauan.

Yleisesti tiedetään, että laho puu kuivuu hitaasti, mutta vettyy ja uppoaa helposti. Puun lahoaminen vaikeuttaa siten kuljetustakin.

Ruotsissa Kungliga Skogsstyrelsenin (Circulär nr 2 B 1953) antamien ohjeitten mukaan aikaisessa vaiheessa oleva varastolaho ei aiheuta paperipuissa mittavähennyksiä esiintyessään yksityisinä pieninä laikkuina. Vikaa, jonka kuutiotilavuus on pienempi kuin 0.1 j^3 tai joka ei mainittavasti alenna puun laatua, nimitetään toleranssiviaksi (toleransfel). Jos varastolaho ylittää toleranssivian sallitun suuruuden, pölkky siirretään toiseen tavaralajiin tai hylätään kokonaan.

Selluloosaa valmistettaessa puun alkuperäinen rakenne hajoaa, jolloin erilaisia puussa olevia vikaisuuksia voidaan joko vähentää tai jopa poistaakin. Esimerkiksi riittävän monivaiheisessa valkaisussa lahoviasta johtuva massan väriominaisuuksien huonontuminen voidaan poistaa. Sitä vastoin sahatukkien laatuviat säilyvät sellaisinaan sahatavarassa aiheuttaen sahatavaran laatuluokan alentumisen.

Vientisahatavaran lajitteluohjeitten (1960) mukaan laholla tarkoitetaan lahottajasienten vaikutuksesta pehmennyttä, heikentynyttä ja usein tummunutta puuainesta. Laho määritetään sen pinnan osana, jossa sitä esiintyy. Lahoviat luetaan niin sanottuihin laatuvikoihin.

Sahatavaran laatuluokissa I—IV eli u/s-luokissa ei sallita lainkaan lahoa. Luokassa V (kvintta) sallitaan kiinteää lahoa kapeina juovina. Luokassa VI (seksta) sallitaan paitsi kiinteää lahoa myös juovamaista pehmeää lahoa. Laatuluokan alentumisen merkityksen selvittää alla oleva lukusarja, joka osoittaa sahatavaran suhteellisen arvon ostajamaissa terttia-luokan arvon ollessa 100 (Siimes 1959).

Laatuluokka	I	II	III	IV	V	VI
Suhteellinen arvo ...	150	115	100	85	75	60

Koska sahatukkien laatuluokituksen perustana on niistä saatavan sahatavaran laatu, on laho myös sahatukkien laatua alentava vika. Ensimmäisen ja toisen laatuluokan mäntytukeissa ei sallita lahoa lainkaan, mutta kolmannen luokan mäntytukeissa sallitaan »kovaa lahoa jonkin verran».

Sinistymisellä tarkoitetaan sienien aiheuttamaa puun värin muutosta, joka ei ainakaan sanottavasti heikennä puuaineen kestävyyttä. Päin vastoin kuin lahottajasienet, sinistäjäsienet eivät käytä ravinnokseen solun seinämien rakennusainetta, vaan ainoastaan solujen sisällystä.

Sinistymä on värivika, joka aiheuttaa selluloosan, hiokkeen ja sahatavaran laadun alentumisen. Useimmat sinistäjäsienilajit saavat puun näyttämään siniseltä, mutta on myös lajeja, jotka aiheuttavat vihertävän tai mustan värin. Useimpien sinistäjäsienten rihmat eivät ole sinisiä, vaan niitten väri vaihtelee värittömästä tummanruskeaan. Valo-opilliset tekijät

saavat läpinäkyvään väliaineeseen hienosti jakaantuneet tummat rihmastot näyttämään sinisiltä (Lagerberg, Lundberg ja Melin 1927).

Aikaisemmin oltiin sitä mieltä, että sinistyminen ei vaikuta puun lujuusominaisuuksiin lainkaan (esimerkiksi Ekman 1922, Kollman 1936). Lagerberg, Lundberg ja Melin (1927) ovat kuitenkin havainneet, että vaikka sinistäjäsienen rihmat etenevät solusta toiseen yleensä kyllä solun seinämissä olevien huokosten kautta, niin ne voivat lävistää solun seinän myös muilta kohdilta. Levon (1928) on sitä mieltä, että sinistäjäsienien solun seiniin tekemät reiät ovat niin pieniä, että puun lujuusominaisuudet eivät siitä tavallisesti kärsi. Hän huomauttaa kuitenkin, että täydellinen sinistyminen voi aiheuttaa puun lujuusominaisuuksien vähäisen huonontumisen. Finlay ja Pettifor (1937) sekä toisaalta Jalava (1938) ovatkin osoittaneet sinistyneen puun lujuusominaisuuksien ja tilavuuspainon olevan pienempiä kuin terveen puun vastaavien ominaisuuksien, joskin ero on erittäin vähäinen.

Sinistymän tosiasiallinen merkitys jää niin ollen sekä paperipuissa että sahatukeissa pääasiassa kauneusvirheeksi, joka siirtyy myös valmiiseen tuotteeseen. Jos selluloosa valkaistaan, sinistymän aiheuttama värivikakin häviää. Mainittakoon, että vuonna 1961 Suomessa tuotetusta sulfiittiselluoosasta valkaistiin 39 %, sulfaattiselluloosasta vastaavasti 22 % (Hägerström 1962).

Kun puusta keitetään selluloosaa, sinistäjäsienet kuolevat. Hioketta valmistettaessa asianlaita on toisin. Melin ja Nannfelt (1934) ovat osoittaneet, että sinistäjäsienien hiokkeelle tuottamasta vahingosta suurin osa syntyy hiokkeen valmistus- ja varastointivaiheissa tapahtuneen tartunnan seurauksena.

Tunkeutuessaan solusta toiseen sinistäjäsienien rihmastot tukkeavat solujen väliset huokoset, minkä seurauksena nesteitten kulkeutuminen tapahtuu sinistyneessä puussa sekä vettymis- että kuivumisvaiheessa hitaasti. Tästä syystä myös keittohapon tunkeutuminen puuaineeseen vaikeutuu ja keittoaika pitenee. Sahatavarassa taas kyllästäminen ja maalaaminenkin vaikeutuvat (Rennerfelt 1962). Positiivisena tekijänä sen sijaan on huomattava sinistyneen puun hitaasta vettymisestä johtuva uimiskyvyn parantuminen (Öfverholm 1923).

Ruotsin Kungliga Skogsstyrelsen (Circulär nr 2 B 1953) jakaa paperipuissa esiintyvän sinistymän kahteen osaan, korkeintaan 5 mm syvyyteen ulottuvaan pintasinistymään (ytblånad) ja tummaan, syvemmälle ulottuvaan tukkisinistymään (stockblånad). Sen ohjeitten mukaan sulfiitti- ja hiokepuissa sallitaan pintasinistymää. Tukkisinistymää sallitaan korkeintaan 20 %, mutta silloinkin suoritetaan tukkisinistymää vastaavan tilavuuden suuruinen mittavähennys. Sulfaattipuissa sen sijaan sallitaan kumpaakin sinistymälajia rajoituksetta.

Sahatavarassa sinistymä luetaan kuntovikoihin. Tukkisinistymällä tarkoitetaan silloin sellaista sinivikaa, joka esiintyy jo sahatukeissa. Lautatarhasinistymä taas ilmestyy puuhun vasta sahauksen jälkeen. Tässä yhteydessä kiinnitetään huomiota vain tukkisinistymän vaikutukseen valmiin sahatavaran laatuun.

Vientisahatavaran lajitteluohjeitten (1960) mukaan tukkisinistymää ei sallita lainkaan luokissa I—III. Luokassa IV (kvartta) sallitaan muilta ominaisuuksiltaan korkeampiin u/s-laatuluokkiin kuuluvissa kappaleissa vähäinen määrä lieviä, vaaleita tukkisiniviiruja ja -läikkiä. Kvinttalaadussa sallitaan vähäisessä määrässä vaaleaa tukkisinistymää, ja vasta sekstalaadussa sallitaan rajoituksetta kaikenlaista sinistymää.

Hyönteisviat ovat puuta ja nilaa syövien hyönteisten toukka- ja imagoasteellaan tekemiä käytäviä ja onkaloita. Niihin liittyy usein ympärillä olevan puuaineen sinistymisilmiö. Hyönteisvahinkoja aiheuttavat eräät kovakuoriais- ja puupistiäislajit.

Hyönteisvahinkojen vaikutus paperipuista saatavan massasaannon määrään on vailla käytännöllistä merkitystä, sillä vain muutamat lajit kaivavat käytäviään itse puuaineeseen. Tällaisten lajien, joista yleisin on havupuun tikaskuoriainen, tuhoaman puuaineen määrä jää niin vähäiseksi, että raaka-ainehäviöllä ei ole merkitystä.

Hyönteisten syömäkuviot eivät sellaisinaan alenna paperipuista saatavan selluloosan laatua. Sitä vastoin sahatavarassa niitä pidetään varsin haitallisina.

Vientisahatavaran lajitteluohjeitten (1960) mukaan puupistiäisten esiintyminen johtaa tavaran ehdottomaan hylkäämiseen. Kaarnakuoriaisten aiheuttamat vahingot pudottavat tavaran lievässäkin tapauksessa kvinttaan, jossa luokassa sallitaan tavaraerän muutamissa kappaleissa vähäinen määrä hyönteisten jälkiä. Sekstaluokassa sallitaan ohjeitten mukaan hyönteisvikoja vähäinen määrä.

Suuremmiksi kuin hyönteisten aiheuttamat välittömät vahingot arvioidaan niitten tuottamat välilliset vahingot. Hyönteiset näet levittävät kuorelliseen kuusi- ja mäntytavaraan sinistäjäsieniä, joitten vahingollisuudesta on jo edellä mainittu.

Sienien ja hyönteisten aiheuttamien varastovikojen ohella kehittyy puutavaraan muitakin vikoja, joista mainittakoon väriviat, pihkoittuminen, tanniiniviat ja kuivumishalkeamat.

Tanniinivikoja syntyy etenkin kuorellista kuusipuuta uitettaessa, jolloin kuoresta liukenee puuaineeseen imeytyviä parkkihappoja. Tanniiniviat ehkäisevät puun kuituuntumista selluloosaa keitettäessä ja johtavat siten oksamassasaannon suurentumiseen. Niinikään massan puhtaus ja väri

huonontuvat, ellei valkaisua suoriteta. Myös sahatavaraan, etenkin pintalautoihin, saattaa ilmestyä värivikaa, joka ei kuitenkaan vaikuta sahatavaran laatuun.

Kuivumishalkeamia kehittyy, kun kuivuva puutavara kutistuu enemmän ja nopeammin tangentin suunnassa kuin säteen suunnassa. Ne eivät ole paperipuissa välittömästi vahingollisia. Sitä vastoin niistä on välillistä haittaa, sillä ne edistävät vettymistä uitossa, tarjoavat lahottaja- ja sinistäjäsienille leviämismahdollisuuksia ja niitten kautta saattaa joutua epäpuhtauksia massaan.

Sahatavaran kuivumishalkeamat ovat peräisin joko tukeista tai syntyvät vasta valmista sahatavaraa kuivattaessa. Kuivumishalkeamien vaikutus sahatavaran laatuluokkaan on ilmaistu Vientisahatavaran lajitteluohjeissa (1960) seikkaperäisesti. Mainittakoon seuraavat määräykset.

Sahatavarakappaleen lappeessa sallitaan kvartta-laadussa halkeamia, joitten syvyys on molemmissa lappeissa yhteensä enintään 40 % tavaran paksuudesta, pituus toisessa lappeessa enintään 65 % ja molemmissa lappeissa yhteensä enintään 90 % kappaleen pituudesta. Kvinttalaadussa sallitaan osittain läpimeneviäkin halkeamia, kuitenkin vain sillä ehdolla, että kappaleen koossa pysyminen on erittäin hyvä.

Sahatavarakappaleen syrjässä sallitaan kvarttalaadussa halkeamia, joitten pituus on enintään $\frac{1}{3}$ tavaran pituudesta. Halkeamat eivät saa leikata särmää. Kvinttalaadussa sallitaan kappaleen syrjässä halkeamia, joitten pituus on enintään $\frac{1}{2}$ kappaleen pituudesta ja jotka saavat leikata myös särmän.

Sekstaluokassa sallitaan rajoituksetta halkeamia, mikäli ne eivät vaaranna tavaran koossa pysymistä.

2. Katsaus kirjallisuuteen

Sienien itiöitä on metsässä aina liikkeellä — talvella ja keväällä tosin vähemmän kuin syksyllä (Björkman 1946b ja 1958a). Sienien kehityksen alulle pääseminen riippuu ulkonaisista olosuhteista.

Lahottaja- ja sinistäjäsieniä tunnetaan lukuisia eri lajeja, joitten elinehdot eroavat toisistaan. Yhteistä kaikille on sopivan lämpötilan sekä riittävän veden- ja hapensaannin vaatimus.

Puutavaraa pilaavien sienien elinehtoja on selvitellyt perusteellisesti tutkijaryhmä Lagerberg, Lundberg ja Melin (1927). Heidän havaintojensa mukaan lahottaja- ja sinistäjäsienien hidas kasvu on mahdollista jo välittömästi lämpötilan 0°C yläpuolella eri lajien keskimääräisen lämpötilaoptimin ollessa + 22°C. Björkmanin (1946a ja 1958a)

mukaan sienien kehitys alkaa lämpötilassa + 2— + 3°C, on melko nopeata jo lämpötilassa + 10°C ja on voimakkaimmillaan lämpötilan ollessa + 25— + 27°C. Peterson (1956) mainitsee, että sienirihmastojen hidas tai nopea kehittyminen on mahdollista lämpötilan pysytellessä välillä 0— + 36°C. Lämpötilassa + 40°C sinistäjäsienet kuolevat nopeasti (Sahlman 1934, Pohjakallio 1956).

Puuaineen liiallinen kuivuus estää sieniä tyydyttämästä vedentarvettaan, kun taas liika kosteus estää sienien hapensaannin. Münch (1907 ja 1908) on ensimmäisenä esittänyt tarkkoja havaintotuloksia puutavaran sinistymisen riippuvuudesta puuaineen kosteudesta. Hänen tuloksensa on Bernhart (1961) myöhemmin ilmaissut kosteusprosentteina [1]) saaden seuraavia arvoja. Sinistymistä ei tapahdu yli 120 %:n kosteudessa, mutta kosteuden laskiessa 105—120 %:iin alkaa ilmaantua heikkoa sinistymää. Kosteudessa 75—105 % sinistyminen on voimakasta. Tutkimusaineistoon ei sisältynyt puuta, jonka kosteus olisi ollut alle 75 %.

Lagerberg, Lundberg ja Melin (1927) mainitsevat sinistymisen pysähtyvän kosteuden laskiessa 30 %:iin ja kiinnittävät samalla huomiota myös siihen, että puuaineen kosteuden ollessa sienille epäsuotuisa sienien kehittymisen ja leviämisen edellyttämä lämpötilan minimiraja nousee ja maksimiraja laskee. Björkman (1946c ja 1958a) puolestaan on havainnut sienien hidasta kasvua vielä 28 %:n kosteudessa 20—22 %:n kosteuden osoittautuessa liian alhaiseksi. Hänen mukaansa sienien optimikosteus on 40—90 %, kun taas yli 100 %:n kosteudessa sinistyminen tapahtuu jo hyvin hitaasti. Peterson (1956) katsoo sienien kehittymisen olevan mahdollista 35—135 %:n kosteudessa. Colley ja Rumbold (1930) ovat havainneet Pinus taedan sinistyvän kosteudessa 35—124 %.

Omien tutkimustulostensa ja kirjallisuustietojen perusteella Bernhart (1961) on esittänyt seuraavan yhteenvedon sinistäjäsienien kosteusvaatimuksista. Sienien minimivaatimus on 24 %:n kosteus. Voimakas sinistyminen on mahdollista 30—100 %:n kosteudessa, mutta yli 110 %:n kosteudessa sinistyminen on jo vähäistä loppuen kokonaan kosteuden noustessa yli 135 %:n.

Tutkimukset, joissa on selvitelty sienien elinehtojen riippuvaisuutta puuaineen kosteudesta, ovat tähän saakka jääneet sikäli vaillinaisiksi, että niissä ei ole kiinnitetty huomiota puuaineen tiheyteen ja sen vaihteluun. Puuaineen tiheydellä näyttäisi kuitenkin ainakin teoreettisessa tarkastelussa olevan vaikutusta edellä mainittuun riippuvuussuhteeseen ja siten sienien kosteusvaatimusten minimi- ja maksimirajojen asettumiseen. Täytyy näet olla niin, että kevyt puuaine voi raskaaseen puuaineeseen ver-

[1]) Kaikki käsillä olevassa tutkimuksessa esiintyvät kosteusprosenttiluvut ilmoittavat puuaineen sisältämän veden painon prosentteina puuaineen kuivapainosta.

rattuna — sienien hapensaannin ollessa yhä riittävä — sisältää sekä suhteellisesti että absoluuttisesti enemmän vettä, koska sen soluontelot ovat suurempia.

Mäntypuu on tunnetusti herkempää sinistymään kuin kuusipuu. Lagerberg, Lundberg ja Melin (1927) selittävät tämän aiheutuvan siitä, että kuusipuu sisältää aineita, jotka vaikuttavat haitallisesti ainakin eräisiin sinistäjäsienilajeihin. Muutamat sienilajit menestyvät kuitenkin yhtä hyvin kummassakin puulajissa. Sinivian syntymiselle otollisen kosteuden alaraja on kuusessa ylempänä ja yläraja alempana kuin männyssä. Varastolahottaja- ja sinistäjäsienet välttävät yleensä sydänpuuta, mikä johtuu sydänpuun alhaisesta kosteudesta, impregnoimisaineista ja sienien käyttäminen ravintoaineitten puuttumisesta (Jalava 1952).

Tässä yhteydessä ei ole tarpeen ottaa tarkasteltavaksi puutavaran sienivahinkoja käsitteleviä, suoranaisesti käytäntöä palvelevia tutkimuksia, joita on suoritettu useissa maissa ja erityisesti Ruotsissa. Niihin joudutaan näet toistuvasti viittaamaan käsillä olevan tutkimuksen tuloksia esitettäessä, jossa yhteydessä eri puutavaralajeihin, kaatoaikoihin ynnä muihin tekijöihin liittyvät kirjallisuustiedot ovat selvimmin käsiteltävissä. On kuitenkin paikallaan mainita muutamia meidän kannaltamme tärkeimmistä puutavaran kuivumista ja säilymistä selvittelevistä, välittömästi käytännön kysymyksiä koskettelevista tutkimuksista.

Suomessa suoritetuista ovat havupuutavaran osalta huomattavampia Tuovisen (1952, 1956, 1958, 1959 ja 1961) paperipuitten kuivumista ja varastovikoja metsävarastoinnin aikana sekä sahatukkien pilaantumista käsittelevät tutkimukset. Mutanen (1956) on tutkinut kuorittujen mäntytukkien sienivahinkoja. Heiskanen (1953 ja 1959c) on tehnyt puutavaran kuivumista ja lahoamista selvitteleviä tutkimuksia, jotka ovat kuitenkin kohdistuneet etupäässä koivupinotavaraan. Kangas ja Salonen (1960) ovat selvitelleet suutarin aiheuttamien tuhojen torjuntamahdollisuuksia.

Ilmeisesti perusteellisemmin kuin missään muualla on näihin ongelmiin paneuduttu Ruotsissa. Monista tutkimuksista mainittakoon edellä esiin tulleitten lisäksi vielä muutamia. Pyöreän puutavaran kuivumista ja siihen liittyviä kysymyksiä on selvitellyt viime aikoina erityisesti Nylinder (1950, 1955, 1956a, c ja d, 1958a ja b, 1959a ja b) useissa julkaisuissaan, joista useimmissa käsitellään myös uitossa esiin tulevia tekijöitä, kuten vettymistä ja uimiskykyä. Varastolahottajasienien aiheuttamia vahinkoja kuitupuussa on tutkinut perusteellisesti Björkman (1946a ja b, 1958a). Muista Ruotsissa viime vuosina ilmestyneistä kuitupuun kuivumista ja varastovikoja käsittelevistä tutkimuksista on syytä mainita Nylinderin ja Rennerfeltin (1954), Johanssonin (1956 ja 1957), Petersonin (1956) ja Winqvistin (1959) suorittamat.

Sahatukkien varastovikoja — joko sienien tai hyönteisten aiheuttamia — ovat tutkineet mm. Trägårdh (1929), Butovitsch ja Nenzell (1943), Butovitsch (1945), Björkman (1946c ja 1958b), Nenzell (1955), Lekander ja Rennerfelt (1955), Nylinder (1956b ja 1957), Adlers ja Butovitsch (1961) sekä Adlers (1961) Ruotsissa sekä Bakke (1960) Norjassa. Useihin edellä mainituista liittyvät kaukokuljetuksen, varsinkin uiton aikana syntyneet sahatavaran laatua alentavat vahingot.

3. Tutkimusaiheen asettelu ja rajoittaminen

Kun puutavaran hakkuita suoritetaan kesäaikana, saavutetaan seuraavia etuja: kesäajan edulliset työskentelyolot, tavarassa ennen ajokauden alkua tapahtuva kuivuminen, työvoiman ja koneitten käytön tasaaminen ympärivuotisten hakkuiden avulla jne. Kesäaikana tapahtuvan hakkuutyön haittapuolena pidetään yleensä puutavaran pilaantumista kesällä. Etupäässä sienien, hyönteisten ja halkeamien aiheuttama puutavaran laadun aleneminen johtaa yleisen käsityksen mukaan niin suuriin taloudellisiin tappioihin, että pelkästään tästäkin syystä on edullista suorittaa hakkuita huomattavassa laajuudessa myös talvella, vaikka työkustannukset muodostuvatkin tuolloin korkeammiksi kuin kesähakkuissa.

Koska kesähakkuitten seurauksena on puutavaran laadun alentuminen, hakkuuajankohdan määräytymiseen vaikuttavat puutavaran arvo ja käyttötarkoitus. Mitä kalliimpi puutavaralaji on kysymyksessä, sitä enemmän on kiinnitettävä huomiota laadun säilyttämiseen.

Paperipuuhakkuitten jakautumista vuoden eri kuukausien osalle hakkuukaudella 1960—61 kuvaavat alla esitetyt luvut, jotka on kerätty kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriössä työvoimapiirien ilmoitusten mukaan. Koska yksityismetsistä saatavista tiedoista suhteettoman suuri osa kasaantuu hakkuukauden loppuun eli toukokuuhun, tämän kuukauden hakkuumäärä muodostuu ilmoitusten perusteella laaditussa tilastossa todellista suuremmaksi. Mainitun virheen välttämiseksi toukokuun hakkuumäärän oletetaan seuraavassa olevan yhtä suuri kuin saman hakkuukauden kesä- ja huhtikuun hakkuitten keskiarvo. Tehty muutos, joka ehkä on jossain määrin mielivaltainen, johtanee kuitenkin likimain oikeisiin arvoihin (vrt. Pertovaara 1961). Seuraavat luvut on laskettu — edellä mainittu muutos suorittaen — tiedoista, jotka metsänhoitaja Atte Turunen on luovuttanut tässä yhteydessä käytettäväksi.

Paperipuulaji	Kuukausi												Koko kausi
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
	Osuus kauden hakkuumäärästä, %												
Kuusi	7.4	3.5	5.2	6.7	10.1	11.7	12.4	9.5	8.7	9.1	8.0	7.7	100.0
Mänty	7.8	4.8	5.3	7.2	9.1	9.8	9.8	9.7	10.6	9.9	8.1	7.9	100.0

Asetelma osoittaa, että paperipuita hakataan jo verraten tasaisesti ympäri vuoden. Hiljaisimmillaan hakkuut ovat heinä—elokuussa. Ainakin osaksi tämä johtuu siitä, että mätäkuun aikoihin valmistetun puutavaran pelätään pilaantuvan pahoin. Kesähakkuitten vähyyteen vaikuttavat lisäksi metsätyön kannalta liian lämpimät ilmat sekä maatalouden työvoiman tarve. Kasvukauden päätyttyä, jolloin ei ole enää pilaantumisvaaraa ja jolloin myös maaseudun työvoimantarjonta vilkastuu, paperipuitten hakkuut lisääntyvät.

Kuusi- ja mäntytukit kaadetaan ja valmistetaan normaalioloissa talvella, enimmäkseen joulu—maaliskuussa, kun taas kesäaikana tukkien hakkuut ovat käytännöllisesti katsoen pysähdyksissä. Jo tukkien laatuvaatimuksissa edellytetään yleensä, että tukit kaadetaan talvella. Tukkien kesähakkuut näyttävät kuitenkin olevan lisääntymässä.

Paperipuita hakataan vast'edes säännöllisesti myös kesäaikana, sillä vuotuisten hakkuutavoitteiden saavuttaminen ei ole enää mahdollista ilman kesähakkuita. Tämä ei kuitenkaan oikeuta tekemään sellaista johtopäätöstä, että enää ei olisi tarpeellista yrittää ehkäistä paperipuitten varastovikojen syntymistä. Paperipuitten hakkuumäärät ovat maassamme niin suuret, että jo kahden prosentin keskimääräinen arvon alentuminen kaikissa paperipuissa aiheuttaisi vuosittain kymmenen miljoonan markan suuruusluokkaa olevan menetyksen. Kun saatavissa oleva paperipuumäärä alkaa osoittautua riittämättömäksi, kysymys varastovikojen, erityisesti lahovikojen estämisestä kasvaa yhä tärkeämmäksi. Ehkä vieläkin polttavampi on kysymys tukkien säilymisestä.

Lukuisat metsäntutkimuslaitokselle lähetetyt kesäaikana valmistetun puutavaran säilymistä koskeneet tiedustelut ovat osoittaneet, että käytännön korjuutöissä kaivataan entistä täsmällisempiä tietoja puutavaran varastovikojen syntymisestä ja niitten estämismahdollisuuksista. Näitten tiedustelujen johdosta metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla pantiin keväällä 1957 professori A r o n aloitteesta ja johdolla alulle käsillä oleva tutkimus.

Nyt suoritettua tutkimusta suunniteltaessa oli tarkoituksena nimenomaan varastovikojen tutkiminen. Kuten myöhemmin selviää, varastovikojen syntyminen riippuu kuitenkin niin suuresti puuaineen kosteudesta, ettei niitten perusteellinen tutkiminen voi tulla kysymykseen puutavaran kosteuden muutoksia seuraamatta. Sen vuoksi tämän alan tutkimuksiin liitetään yleensä olennaisena osana myös kuivumiskysymykset. Siten meneteltiin tässäkin tapauksessa.

Niin tärkeitä kuin kysymykset kesäaikaan valmistetun puutavaran pilaantumisesta ja siihen kiinteästi liittyvästä kuivumisesta ovatkin, ne ovat olleet maassamme vain vähäisen tutkimustoiminnan kohteena. Sen vuoksi tutkimus päätettiin tässä vaiheessa rajoittaa vain tavanomaisia

korjuumenetelmiä koskevaksi. Esimerkiksi nopeasti yleistymässä olevat puutavaran suojaruiskutukset jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Tutkimuksen tärkeimmäksi tavoitteeksi asetettiin kesäaikana valmistettujen puolipuhtaitten ja kuorellisten kuusi-jamäntypaperipuitten ja-tukkien varastovikojen selvittäminen. Tutkimus rajoitettiin vain kesäaikana valmistettua puutavaraa käsitteleväksi. Talvella kaadettua tavaraa otettiin mukaan vain kaksi pientä vertailuerää. Tarkoituksena oli vertailla nimenomaan eri kesäkuukausien keskenäistä edullisuutta puutavaran valmistuksen kannalta. Sitä vastoin ei pyritty vertailemaan talvi- ja kesäkauden edullisuutta.

Tutkimustavoitteeseen pyrittiin seuraavien käytännön hakkuutöitä silmällä pitäen valittujen tehtävien selvittämisellä:

1. Puutavaran kosteus tuoreena, puutavaran kuivumisen nopeus ja määrä sekä puutavaran lopullinen kosteus yhden ja kahden kesän varastoinnin jälkeen.
2. Kaatoajan vaikutus kehittyviin varastovikoihin.
3. Kuorimisen vaikutus kehittyviin varastovikoihin.
4. Pölkyn koon (pituuden ja paksuuden) vaikutus kehittyviin varastovikoihin.
5. Varastoimisajan pituuden vaikutus kehittyviin varastovikoihin.
6. Varastovikojen yhteisvaikutus paperipuitten ja tukkien laatuun.

II. Tutkimusmenetelmä ja aineisto

Käsillä olevan tutkimuksen tehtävä oli asetettu verraten laajaksi, mutta kun käytettävissä olevat varat olivat vähäiset, perustutkimuksen luontoisten seikkojen selvittäminen jouduttiin jättämään ehkä liian vähäisen huomion kohteeksi. Siten muun muassa paperipuut ja tukit käsiteltiin kaiken aikaa erillisinä aineistoina, ja tukkien varastoviat mitattiin vasta valmiista sahatavarasta. Perustietojen saamiseksi olisi ollut eduksi käsitellä sekä paperipuu- että tukkiaineisto aluksi yhtenä kokonaisuutena, jolloin paperipuut ja tukit olisivat vain edustaneet saman aineiston eri läpimitta- ja pituusluokkia.

1. Aineisto ja sen keruu

Tutkimuksen kenttätyöt pantiin alulle huhtikuussa 1957. Ensimmäisenä kesänä tutkittiin mäntypaperipuitten ja -sahatukkien kuivumista ja säilymistä metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa koemetsiköss ä 1. Kysymyksessä oli tässä vaiheessa vasta menetelmätutkimus (H a k k i l a 1958, H e i s k a n e n 1959b).

Kesällä 1958 otettiin männyn lisäksi tutkittavaksi myös kuusi. Ruotsinkylään sijoitettiin nyt koemetsikkö 2, missä valmistettiin kuusipaperipuita ja -sahatukkeja. Metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon kokeilualueessa tutkittiin sekä paperipuita että sahatukkeja, metsähallituksen Kajaanin hoitoalueessa Vuolijoella paperipuita ja metsäntutkimuslaitoksen Kivalon kokeilualueessa niinikään vain paperipuita.

Vuosina 1959 ja 1960 tutkimukset keskitettiin Ruotsinkylän koemetsikköön 2, missä edelleen tutkittiin sekä paperipuitten että sahatukkien kuivumista ja säilymistä. Tutkimukset kohdistuivat sekä kuuseen että mäntyyn.

Koemetsikön kaadettavista rungoista tehtiin leimausluettelo, jonka perusteella valittiin jo kenttätöitten alkaessa kuhunkin kaatoerään tulevat rungot. Näin saatiin eri kaatoerien runkojen läpimittajakautuma ja keskiläpimitta mahdollisimman tasaiseksi. Jo tässä vaiheessa hylättiin silmin nähden vialliset puut.

Kaatoerään sisältyi Ruotsinkylässä ja Vesijaolla 10 sekä Vuolijoella ja Kivalossa 12 runkoa, joista puolet kuorittiin puolipuhtaiksi ja puolet jätettiin kuorellisiksi.

Vuonna 1957, jolloin tutkimusmenetelmää vasta kehitettiin, valmistettiin 2-metristä tavaraa. Pölkyt varastoitiin tuolloin ristikoille, puolipuhtaat ja kuorelliset erikseen. Seuraavina vuosina koepölkyt tehtiin kuitenkin 4-metrisiksi, sillä tällä menettelyllä saavutettiin kaksi etua. Kun näet varastoimiskesän jälkeisenä syksynä kunkin pölkyn keskeltä sahattiin näytekiekko, jäi jäljelle 2-metrisiä pölkkyjä, joista toisen kesän aikana tapahtunutta kuivumista ja pilaantumista voitiin haluttaessa seurata. Pituudeltaan 2-metriseksi lyhentynyt tavara oli lisäksi sellaisenaan edelleen myyntikelpoista, mikäli siinä tapahtuvia muutoksia ei enää haluttu tarkkailla.

Vuonna 1958 paperipuut pyrittiin tekemään 402 cm:n pituisiksi, jotta syksyllä pölkyn keskeltä tapahtuneen näytekiekon sahaamisen jälkeen olisi saatu tasan kahden metrin pituista tavaraa. Vastoin alkuperäistä suunnitelmaa otettiin kuitenkin pölkyistä kaksi näytettä, toinen 30 cm:n ja toinen 201 cm:n etäisyydeltä pölkyn latvasta. Näin ollen saatiin 4-metrisestä pölkystä vain yksi 2-metrinen pölkky toisen puoliskon jakaantuessa vielä 170 cm:n ja 30 cm:n pätkiksi. Tämän haitan poistamiseksi paperipuut tehtiin 432 cm:n pituisiksi vuosina 1959 ja 1960. Tältäkin osaltaan aineiston

voitaneen kuitenkin katsoa edustavan tavanomaista 4-metristä tavaraa. Vuosina 1958—60 hyväksyttiin apumittana myös 2-metriset latvapölkyt. Pölkyn pienin latvaläpimitta oli 7 cm kuoren alta mitattuna.

Kuten kuvat 1 ja 2 osoittavat, 4-metrinen tavara varastoitiin harvoihin teloihin, joissa oli neljä tai viisi kerrosta ja lisäksi päällimmäisinä 2-metriset latvapölkyt. Alimmassa kerroksessa oli vain kaksi pölkkyä, joiden alla oli vahvat aluspuut, niin että paperipuupölkyt eivät missään tapauksessa olleet kosketuksissa maan pinnan kanssa. Muissa kerroksissa oli 2—5 pölkkyä. Alunperin ei ollut tarkoituksena sijoittaa järeitä pölkkyjä telan alaosaan ja ohuita yläosaan, mutta useimmissa tapauksissa kuitenkin tapahtui siten. Myös käytännön hakkuutöissä suurimmat pölkyt joutuvat telan alaosiin, koska järeitten 4-metristen pölkkyjen nosteleminen on erittäin raskasta.

Aineiston määrä ja laatu selviävät parhaiten niitä koemetsiköittäin tarkasteltaessa.

Taulukko 1. Koepuitten mitat ja ominaisuudet
Table 1. The measures and properties of the trunks

Koemetsikkö *Sample stand*		Tutkimusvuosi *Year*	Runkoja, kpl *Number of trunks*	D1. 3, cm *Db.h., cm*	Pituus, m *Height, m*	Latvus, % *Grown length, per cent*	Ikä, v. *Age, years*
Paikkakunta *Locality*	n:o						
			Kuuset — *Spruces*				
Ruotsinkylä	2	1958	80	18.3	17.0	62	74
»	2	1959	50	15.4	14.7	65	72
»	2	1960	70	16.0	16.1	60	74
Vesijako	3	1958	80	16.6	18.1	56	63
Vuolijoki	5	1958	84	15.7	13.9	69	104
Kivalo	7	1958	84	15.0	11.8	72	—
			Männyt — *Pines*				
Ruotsinkylä	1	1957	70	20.5	19.3	38	84
»	2	1959	50	15.9	16.3	35	63
»	2	1960	70	16.7	17.0	37	63
Vesijako	4	1958	80	18.6	18.6	32	128
Vuolijoki	6	1958	84	15.7	13.3	32	116
Kivalo	8	1958	84	15.0	10.8	52	—

Koemetsikkö 1

Koemetsikkö 1 sijaitsi soistuneella mustikkatyypin kankaalla Ruotsinkylässä. Puusto oli mäntyä ja kuusta. Runsaan kuusialikasvoksen poistamisesta huolimatta metsikkö jäi hakkuun jälkeen verraten tiheäksi ja kuivumisoloiltaan keskinkertaista epäedullisemmaksi.

Koemetsikössä 1 valmistettiin kerran kuukaudessa huhti—syyskuussa 1957 mäntypaperipuita yhteensä 70 rungosta, joitten tyvet tehtiin viiden tuuman minimiläpimittaa käyttäen tukeiksi. Kaato tapahtui asianomaisen kuukauden puolivälissä. Kosteus- ja vikaisuusnäytteet kerättiin marraskuun alussa.

Mainituista 70 rungosta saatiin sahatukkien lisäksi 2-metrisiä koepölkkyjä yhteensä 209 kappaletta. Puolipuhtaitten pölkkyjen keskimääräinen latvaläpimitta oli 10.2 cm kuoretta, kuorellisten pölkkyjen taas 10.8 cm kuoren päältä mitattuna. Paperipuupölkkyjen keskimääräinen sydänpuuprosentti oli 19. Kymmenen viimeisen vuosiluston alueella pölkkyjen keskimääräinen vuosiluston vahvuus oli 1.0 mm.

Koemetsikkö 2

Koemetsikkö 2, missä suoritettiin yli puolet kaikista tutkimuksista, oli kuusta ja mäntyä kasvava kangas Ruotsinkylässä. Metsätyyppi oli suurimmaksi osaksi MT mutta paikoitellen myös VT. Kuusivaltainen metsikkö oli runsaspuustoinen. Kuusipuun laatu ei ollut tavanomaisesta poikkeava, mutta mänty oli oksaisuutensa takia huonolaatuista. Kuivumisolot olivat keskinkertaiset.

Koemetsikössä suoritettiin ensimmäisen kerran tutkimuksia kesällä 1958, jolloin huhti—lokakuun välisenä aikana valmistettiin yhteensä kahdeksan kuusipaperipuuerää. Hakkuuajankohta sijoitettiin jälleen asianomaisen kuukauden puoliväliin, mutta lisäksi tehtiin ylimääräinen erä heinä—elokuun vaihteessa — mätäkuussa. Vuonna 1959 valmistettiin touko—syyskuun välisenä aikana viisi ja vuonna 1960 maalis—elokuun välisenä aikana kuusi erää sekä kuusi- että mäntypaperipuita. Erä kumpaakin paperipuulajia valmistettiin vielä joulukuussa 1959. Viimeksi mainitut puut muodostivat pienen vertailuaineiston talvikaadosta ja liittyivät siis vuoden 1960 kokeisiin, koska niitten kuivumisesta ja säilymisestä tehtiin havaintoja kesän 1960 aikana. Myöhemmin niitä koskevat tulokset esitetäänkin ilman erityistä mainintaa vuoden 1960 kokeitten tulosten yhteydessä.

Näytekiekot sahattiin vuonna 1958 lokakuun puolivälissä ja kahtena seuraavana vuonna kuukautta myöhemmin.

Kuusista kertyi yhteensä 501 kappaletta 4-metrisiä ja 112 kappaletta 2-metrisiä koepölkkyjä. Mäntypaperipuupölkkyjen lukumäärä oli vastaavasti 299 ja 54 kappaletta. Pölkyistä määritettiin seuraavat ominaisuudet, joista kuoreton latvaläpimitta ja viimeisten vuosilustojen keskimääräinen vahvuus ovat erikokoisista pölkyistä laskettuja aritmeettisia keskiarvoja, sydänpuuprosentit taas on painotettu pölkkyjen kuutiomäärillä.

	Kuuset			Männyt	
	1958	1959	1960	1958	1960
Latvaläpimitta, cm	12.6	11.3	11.3	10.9	11.1
Sydänpuuprosentti	35	32	36	17	23
Vuosilusto, mm ..	1.1	0.9	0.9	1.2	1.0

Erot pölkkyjen keskimääräisessä kuorettomassa latvaläpimitassa olivat pienet saman vuoden eri kaatoerien välillä. Sitä vastoin aineiston sydän-

puuprosentti vaihteli melkoisesti kaatoerästä toiseen. Erityisen suuri se oli kesäkuussa 1958 ja joulukuussa 1959 kaadetuissa kuusissa sekä joulukuussa 1959 kaadetuissa männyissä.

Koemetsikkö 3

Koemetsikkö 3 oli runsaspuustoinen MT-kangas Vesijaolla. Metsikön muodosti puhdas kuusikko, jonka puuston laatu oli hyvä. Ikäluokkajakautuma oli puulajin huomioon ottaen tasainen. Joskin metsikkö jäi varovaisesti suoritetun hakkuun jälkeen edelleen puisevaksi, se oli kuivumisolosuhteiltaan keskinkertainen, sillä alikasvos puuttui kokonaan.

Tässä koemetsikössä valmistettiin kuusipaperipuita vuonna 1958 huhti—lokakuun välisenä aikana kerran kuukaudessa aina kuukauden kymmenennen päivän tienoilla. Lisäksi tehtiin ylimääräinen erä heinä—elokuun vaihteessa. Kosteus- ja säilymisnäytteet kerättiin marraskuussa.

Koepuista saatiin 4-metrisiä pölkkyjä 234 ja 2-metrisiä 47 kappaletta, joitten latvaläpimitan vahvuus oli keskimäärin 13.4 cm. Sydänpuun osuus koko puuaineesta oli 36 %. Kymmenen viimeisen vuosiluston alueella vuosiluston keskimääräinen leveys oli 1.2 mm.

Koemetsikkö 4

Koemetsikkö 4 sijaitsi edellisen välittömässä läheisyydessä. VT-kankaalla kasvaneen metsikön keski-ikä oli 128 vuotta. Paikka oli kuivumisolosuhteiltaan hyvä, sillä aurinko ja tuuli pääsivät monelta taholta kuivattamaan jäljelle jääneen harvalatvuksisen männikön alle tehtyjä teloja. Työt suoritettiin samoina aikoina kuin koealalla 3.

Rungoista saatiin 4-metrisiä pölkkyjä yhteensä 264. Lisäksi saatiin 41 kappaletta 2-metrisiä pölkkyjä. Koepölkkyjen latvaläpimitta oli 13.2 cm, sydänpuuprosentti 32 ja vuosiluston leveys 0.9 mm.

Koemetsikkö 5

Koemetsikkö 5 oli Vuolijoella MT-kuusikossa. Se sijaitsi etelään viettävässä rinteessä, jossa kuivumisolosuhteet olivat keskinkertaiset. Erikäisestä metsiköstä kaadettujen koepuitten keski-ikä oli 104 vuotta.

Kuusipaperipuita valmistettiin tässä koemetsikössä touko—elokuussa 1958. Työt tapahtuivat kuukauden 25. päivän tienoilla, mutta lisäksi valmistettiin ylimääräinen erä elokuun 12. päivänä. Näytekiekot kerättiin lokakuun lopussa.

Aineistoon sisältyi 185 kappaletta 4-metrisiä ja 37 kappaletta 2-metrisiä pölkkyjä, joitten latvaläpimitta oli 12.4 cm, sydänpuuprosentti 36 ja viimeisten vuosilustojen keskimääräinen leveys 0.9 mm.

Koemetsikkö 6

Vuolijoen koemetsikkö 6 sijaitsi edellisen välittömässä läheisyydessä etelään viettävässä rinteessä, joka oli tyypiltään osaksi VT ja osaksi CT. Metsikön muodosti harvahko, hidaskasvuinen männikkö, jonka alla vallinneet olosuhteet olivat puutavaran kuivumisen kannalta edulliset. Puusto oli jossain määrin eri-ikäistä.

Työt tapahtuivat vastaavina ajankohtina kuin koemetsikössä 5.

Koepölkkyjä kertyi kaikkiaan 184 ja 40 kappaletta. Niitten latvaläpimitta oli keskimäärin 11.7 cm. Sydänpuuprosentti oli 37, viimeisten vuosilustojen leveys vain 0.6 mm.

Koemetsikkö 7

Koemetsikkö 7 oli Kivalossa MT-kankaalla, jolla kasvoi eri-ikäistä kuusivaltaista puustoa, myös kuusialikasvosta. Kuivumisolosuhteiltaan paikka oli keskinkertaista heikompi.

Koemetsiköissä 7 ja 8 työt tapahtuivat samoina aikoina kuin koemetsikössä 5.

Kivalon koemetsikössä puusto oli pohjoisen aseman takia jo varsin lyhytkasvuista. Siten 84 rungosta saatiinkin ainoastaan 128 pölkkyä. Koepölkkyjen latvaläpimitta oli 11.7 cm.

Koska kenttätyöt olivat Kivalon paikallisen henkilökunnan hoidossa, oli työmäärä supistettu pienemmäksi kuin muissa koemetsiköissä. Pölkyistä ei määritetty sydänpuuprosenttia ja vuosiluston vahvuutta.

Koemetsikkö 8

Koemetsikkö 8 sijoitettiin Kivaloon kuivahkolle, ohutturpeiselle rämeelle, jolla kasvoi lyhytvartista mäntyä. Kuivumisolosuhteet olivat puuston harvuuden ansiosta vähintään keskinkertaiset.

Koepölkkyjen määrä oli 123 kappaletta. Niitten latvaläpimitta oli keskimäärin 11.6 cm.

Kun vuosien 1958 ja 1959 aineistosta sahattiin loka—marraskuussa näytekiekot, jäi jäljelle 2-metrisiä pölkkyjä, kuten jo aikaisemmin on mainittu. Nämä pölkyt ajettiin kaikista metsiköistä saman syksyn tai seuraavan talven kuluessa tien varteen, missä ne varastoitiin mataliin jolupinoihin (kuva 3). Vuoden kuluttua, siis seuraavana syksynä, niistä otettiin jälleen näytekiekot, joitten perusteella saatiin kuva pölkyissä toisen varastoimiskesän aikana tapahtuneista muutoksista.

Sahatukkeja tutkittiin vain Ruotsinkylässä (koemetsiköt 1 ja 2) ja Vesijaolla (koemetsiköt 3 ja 4). Sahatukit valmistettiin paperipuitten teon yhteydessä samoista rungoista kuin paperipuut. Puolet niistä tehtiin puolipuhtaiksi ja puolet jätettiin kuorellisiksi.

Koemetsikössä 1 otettiin jokaisesta mäntyrungosta niin monta tukkia kuin 4.5 metrin pituutta ja 5 tuuman minimiläpimittaa käytettäessä voitiin saada. Runkoa kohti kertyi siten 0—3 tukkia. Tukkien lukumääräksi tuli 156, mutta kun loka- ja marraskuussa kaadetut tukit jätettiin lopulta sahaamatta, suoritettiin koesahauksia ainoastaan 115 tukilla. Tukit varastoitiin aluspuitten päälle yksikerroksisille teloille.

Huhti—syyskuussa kaadettujen ja myöhään seuraavana syksynä sahattujen tukkien keskimääräisistä ominaisuuksista mainittakoon latvaläpimitta 15.5 cm, pituus 450 cm, sydänpuuprosentti 30 ja viimeisten vuosilustojen leveys 0.9 mm.

Koemetsiköissä 2—4 sahatukkiaineisto oli suhteellisesti vähäisempi kuin koemetsikössä 1. Niissä tehtiin kullakin kaatokerralla yhteensä vain neljä sahatukkia tutkittavaa puulajia kohti. Kaksi tukkia tehtiin puolipuhtaiksi, kaksi jätettiin kuorellisiksi. Käytännöllisesti katsoen kaikki tukit olivat tyvitukkeja. Ne varastoitiin samoille neli- tai viisikerroksisille teloille kuin paperipuut joko telan alimpaan tai toiseen kerrokseen.

Koemetsikössä 2 tehtiin ja sahattiin vuosina 1958—1960 yhteensä 80 kuusi- ja 48 mäntytukkia. Tukkien keskipituus oli ensimmäisenä vuonna 402 cm, seuraavina vuosina 432 cm. Muista mitoista ja ominaisuuksista mainittakoon seuraavat.

	D1 cm	Sydänpuuta, %	Vuosilusto, mm
Kuusitukit	16.8	40	1.0
Mäntytukit	15.9	25	1.1

Koemetsikön 3 aineistoon sisältyi 32 kuusi- ja koemetsikön 4 aineistoon yhtä monta mäntytykkia, joita käsiteltiin samalla tavalla kuin koemetsikössä 2. Tukkien keskipituus oli 402 cm. Muita ominaisuuksia ei määritetty. Kuten aikaisemmin esitetyistä, rungoittain mitatuista suureista voidaan päätellä, Vesijaon koemetsiköitten tukit eivät poikenneet huomattavasti Ruotsinkylän koemetsiköitten tukeista. Vesijaon puut olivat kuitenkin tyvipäästä paremmin karsiutuneita, joten niistä tehtyjen kuorellisten tukkien kuori rikkoutui karsimisen yhteydessä vähemmän.

Sahatukkiaineisto käsitti kaiken kaikkiaan 307 tukkia, joitten koesahaus tapahtui kaatoajankohdan jälkeisenä syksynä.

2. Aineiston käsittely

Paperipuita ja sahatukkeja valmistettaessa jokaisesta leikkauskohdasta — myös kannon korkeudelta — sahattiin 1—2 cm:n vahvuinen kiekko tuoreen puun kosteuden määrittämiseksi. Kiekot punnittiin välittömästi

tuoreina sekä uudelleen laboratoriossa sen jälkeen, kun ne oli saatettu absoluuttisen kuiviksi noin 100°C lämpötilassa kuivauskaapissa. Kosteuden määrittämiseen käytetty laboratoriovaaka antoi 0.01 g:n lukematarkkuuden.

Pölkyt punnittiin yksitellen tuoreina Lindell-Exakt-vaa'alla, jonka tarkkuus oli 100 g. Punnitukset toistettiin kuukauden väliajoin. Lisäksi suoritettiin punnitus jo yhden tai kahden viikon kuluttua kaatohetkestä. Punnitusten perusteella saatiin selville paperipuissa ja tukeissa tapahtuneitten painonmuutosten ajankohta, suuruus ja nopeus. Kivalon koemetsiköissä 7 ja 8 jätettiin suorittamatta punnitukset samoin kuin myös tuoreesta puusta tapahtuneet kosteusmääritykset.

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe päättyi kunkin vuoden aineiston osalta kyseisen vuoden loka—marraskuussa. Paperipuista sahattiin tuolloin näytekiekkoja, joitten perusteella selvitettiin paperipuitten kosteus ja sini- ja lahoviat kuivumiskauden päätyttyä. Kiekkoja otettiin pölkyn eri osista eri vuosina piirroksen 1 osoittamalla tavalla. Näytteenottokohdat siis osaksi vaihtelivat, mutta ainakin pölkyn keskeltä sahattiin jokaisessa tapauksessa kiekko. Käyttämällä hyväksi keskikiekkoa voitiin eri vuosien aineistoja vertailla keskenään.

Syksyllä sahatuista näytekiekoista mitattiin kosteus edellä mainitulla tavalla. Samoista näytteistä määritettiin myös sini- ja lahovikaisen puun osuus kaikesta puuaineesta kuorettoman kiekon poikkileikkauspinnalla. Vuoden 1957 aineistosta tämä tapahtui planimetrin avulla. Kun työ siten suoritettuna osoittautui kuitenkin hyvin hitaaksi, ei tätä menetelmää voitu noudattaa enää seuraavana vuonna, sillä kiekkojen määrä oli aikaisempaan verrattuna moninkertainen. Vertaamalla silmävaraisesti suoritettuja arviointeja planimetrimittauksiin havaittiin, että silmävaraisestikin saavutettiin riittävä tarkkuus. Koska työtä siten voitiin suuresti nopeuttaa, siirryttiinkin silmävaraisarviointiin, jota vielä helpotettiin professori A r o n kyseistä tarkoitusta varten suunnittelemien mallikaavioitten avulla. Kaavioissa oli läpinäkyvälle muovilevylle eri väreillä piirrettyjä samankeskeisiä ympyrän kehiä ja ympyrän säteitä, jotka jakoivat suurimman ympyrän erikokoisiin kuvioihin. Kukin kuvio edusti määrättyä suhteellista osaa uloimman ympyrän pinta-alasta. Kaavioita oli erikseen erikokoisia kiekkoja varten. Kun kooltaan oikea kaavio asetettiin näytekiekon päälle sopivaan asentoon, voitiin tarkoin määrittää sini- ja lahokuvioitten osuus koko pinta-alasta.

Paperipuitten varastoviat määritettiin siis pölkyn ja puuaineen sisältä. Sitä vastoin pölkyn vaippapinnalla näkyviin pinnallisiin vikoihin, kuten pinnalliseen sinistymään, ei yleensä kiinnitetty huomiota, koska niitten vaikutus paperipuista valmistettavan massan laatuun on vähäinen.

Hyönteisvikojen määrittämistä varten osa kuorellisista paperipuupölkyistä kuorittiin syksyllä. Kuorittaessa pyrittiin hyönteisten syömäkuviot säilyttämään mahdollisimman täydellisinä. Kuorimisen jälkeen mää-

ritettiin pölkyssä esiintyvien syömäkuvioitten peittävyys pölkyn vaippapinnalla, hyönteislajit ja eri lajien esiintymisrunsaus. Määritykset suoritti pääasiallisesti maisteri Ukko Rummukainen.

Ensimmäisen kuivumiskauden jälkeisenä syksynä suoritettiin tukkien koesahaus paikallisilla sahalaitoksilla. Ruotsinkylän tukit sahattiin pyörösahalla 1" laudoiksi ja Vesijaon tukit kehäsahalla 5/8" tai 3/4" laudoiksi.

Sahatavaran lajittelussa otettiin huomioon vain tukkien varastoimisen aikana syntyneet viat eli kuivumishalkeamat, hyönteisvahingot, laho ja tukkisinistymä. Ellei sahatavarakappaleessa esiintynyt näitä vikoja, kappale luettiin u/s-laatuun kuuluvaksi siinä mahdollisesti olleista muista vioista huolimatta.

Sahatavaran lajittelu tapahtui välittömästi sahauksen jälkeen. Sen suoritti metsät. tri Veijo Heiskanen. Lajittelussa noudatettiin Vientisahatavaran lajitteluohjeitten (1960) mukaisia laatuvaatimuksia, joista oli hankittu ennakkotietoja Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistyksen asianomaisen komitean jäseniltä ja sihteeriltä. Laatuluokkia I—IV ei eritelty, vaan käytettiin luokkia u/s, V ja VI.

Tulosten numeerinen käsittely ja esittäminen perustuvat pääasiassa aineistosta laskettuihin keskiarvoihin. Ellei erikseen ole toisin mainittu, keskiarvot ovat aritmeettisia. Eräissä tapauksissa keskiarvot on ilmaistu kuitenkin pölkkyjen tilavuudella painotettuina.

Keskiarvojen vertailun helpottamiseksi tärkeimmissä taulukoissa on esitetty myös keskiarvojen keskivirheet. Keskiarvojen erojen merkitsevyyttä on tutkittu tärkeimmissä tapauksissa t-testin avulla silloin, kun on katsottu primaariaineiston täyttävän tilastolliselle tarkastelulle asetettavat vaatimukset. Aineiston hajontaa on tutkittu eräissä tapauksissa F-testillä.

3. Sääolot

Metsään varastoidun puutavaran kuivuminen ja säilyminen riippuvat ilmastollisista oloista. Sään vuosittaisen vaihtelun vuoksi puun kuivumiseen ja säilymiseen kohdistuvia tutkimuksia ei mielellään rajoiteta vain yhden kesän aikana tapahtuviksi. Siksi käsillä oleva tutkimus jatkui neljän kesän ajan. Siitäkin huolimatta on tarkasteltava eri tutkimuspaikkojen sääoloja kyseisenä ajankohtana ja vertailtava niitä seudun normaaliolosuhteisiin.

Ilmatieteellisen keskuslaitoksen luovuttamien tietojen perusteella on laadittu liitetaulukko 1. Siinä on esitetty tutkimusajankohdan säätiedot seudun normaaliarvoihin verrattuina. Liitetaulukko on sikäli epäjohdonmukainen, että useissa tapauksissa tutkimusajan sää-

tiedot on määritetty eri paikoissa kuin normaaliarvot. Sitä ei ole voitu kuitenkaan välttää, sillä havaintoasemia on vuosien kuluessa lakkautettu ja perustettu uusia, mm. tutkimusten kestäessä lakkautettiin Ruotsinkylän havaintoasema. Vasta äskettäin perustetuilta havaintoasemilta ei ole ollut saatavissa normaaliarvoja, jotka ovat pitkän ajan havaintotulosten keskiarvoja. Eri tutkimuspaikkoja lähinnä sijaitsevat asemat, joilla mitattuja säätietoja on esitetty liitetaulukossa, ovat seuraavat.

Tutkimuspaikka	Lähimmät havaintoasemat
Ruotsinkylä	Hyrylä, Ilmala, Ruotsinkylä, Tikkurila
Vesijako ..	Kuhmoinen, Pälkäne
Vuolijoki ..	Kajaani
Kivalo	Rovaniemi, Sodankylä

Liitetaulukko 1 osoittaa, että kuivumisolot olivat Ruotsinkylässä keskimääräistä heikommat kesinä 1957 ja 1958 mutta erittäin hyvät kesällä 1959, jolloin lämpötila oli korkea ja ilman suhteellinen kosteus alhainen. Vuonna 1960 touko—kesäkuussa sää oli edullinen. Heinäkuussa olosuhteet muuttuivat normaaleiksi ja elokuussa keskimääräistä epäedullisemmiksi. Sekä Vesijaolla, Vuolijoella että Rovaniemellä tutkimusvuosi 1958 oli lämpötilaltaan normaalia kylmempi. Myös suhteellinen kosteus oli hieman normaalia korkeampi, vaikka koko kesän sademäärä jäi keskimääräistä alhaisemmaksi. Kuivumisolot olivat näillä paikkakunnilla alkukesällä ehkä normaalia heikommat mutta loppukesällä jo keskinkertaiset ja myöhään syksyllä jopa normaalia paremmat.

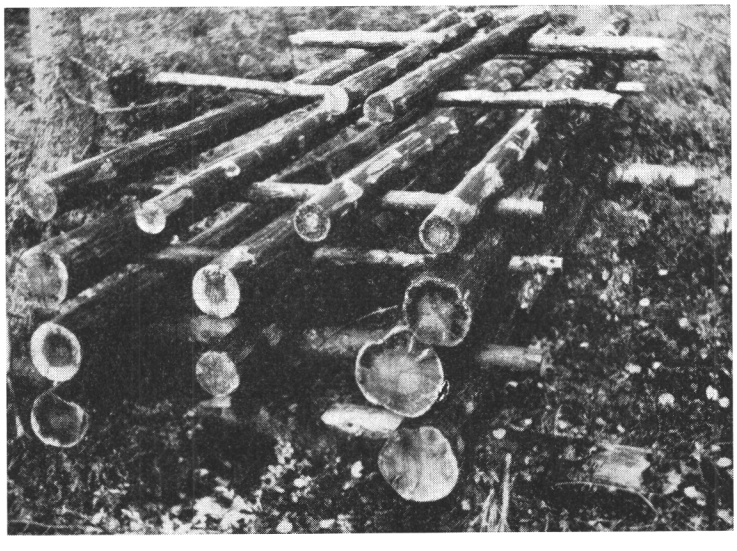
Muutamiin koemetsikköihin asetettiin termohygrografi, joka merkitsi millimetripaperille muistiin metsikön sisässä kannon korkeudella tapahtuneet lämpötilan ja suhteellisen kosteuden muutokset (taulukko 2). Myös nämä havainnot osoittavat, että kesällä 1959 vallitsivat poikkeuksellisen edulliset kuivumisolot. Samoin oli asianlaita alkukesällä 1960. Nähdään myös, että Vesijaon kahdesta toistensa läheisyydessä sijainneesta koemetsiköstä mäntykoemetsikkö oli kuusikoemetsikköä edullisempi kuivumisen kannalta.

Puutavaran säilymisen kannalta sääsuhteitten edullisuus ja epäedullisuus eivät ole yhtä selväpiirteisesti arvioitavissa kuin kuivumisen kannalta, sillä puutavara säilyy parhaiten joko hyvin kosteana tai hyvin kuivana. Hyvät kuivumisolot edistävät säilymistä, mikäli on kysymyksessä tavaralaji, jonka säilyminen perustuu alhaiseen kosteuteen.

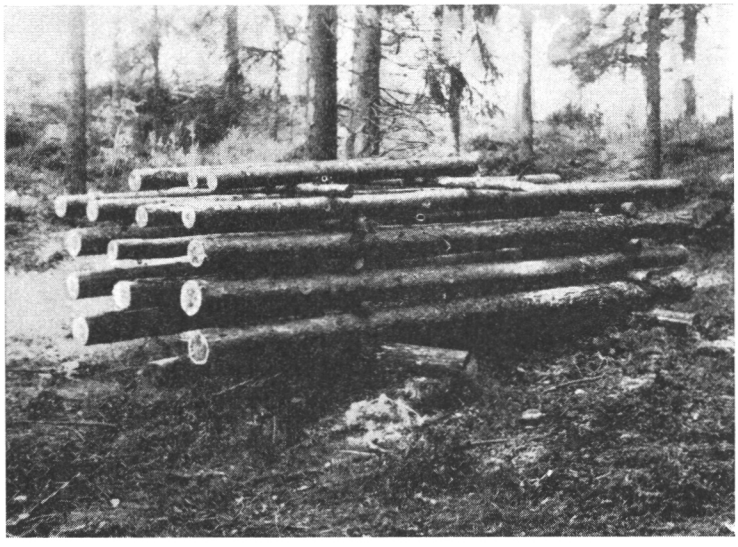
Taulukko 2. Tietoja muutamien koemetsiköitten lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta metsikön sisällä

Table 2. The temperature of some sample stands and the relative humidity within the stand

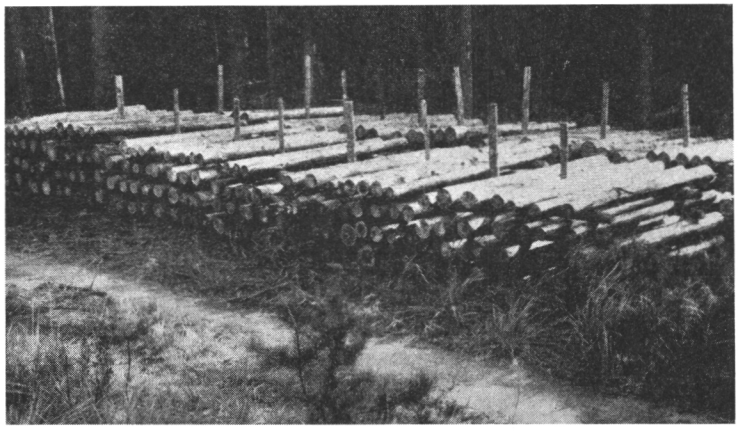
Aikajakso *Period*	Koemetsikkö 1 *Sample stand 1* Ruotsinkylä 1957	Koemetsikkö 2 *Sample stand 2* Ruotsinkylä 1959	Koemetsikkö 2 *Sample stand 2* Ruotsinkylä 1960	Koemetsikkö 3 *Sample stand 3* Vesijako 1958	Koemetsikkö 4 *Sample stand 4* Vesijako 1958
	Lämpötila, °C — *Temperature, °C*				
16—31. 5	12.7	8.3	12.8	—	—
1—15. 6	14.7	15.5	17.7	9.1	9.2
16—30. 6	13.6	14.6	15.1	15.1	15.7
1—15. 7	15.7	17.3	16.8	14.4	14.6
16—31. 7	18.3	18.6	19.2	14.0	14.7
1—15. 8	14.8	17.9	16.0	13.5	13.9
16—31. 8	13.5	16.5	12.4	13.0	13.7
1—15. 9	11.5	11.4	10.8	10.5	11.1
16—30. 9	5.5	6.5	10.0	7.2	7.7
1—15. 10	5.3	—	—	6.7	7.4
16—31. 10	5.9	—	—	2.3	2.6
	Ilman suhteellinen kosteus % — *Relative humidity of the air %*				
16—31. 5	74	62	56	—	—
1—15. 6	82	63	62	72	70
16—30. 6	79	64	65	73	72
1—15. 7	80	69	71	74	73
16—31. 7	88	60	72	81	81
1—15. 8	86	65	72	83	81
16—31. 8	90	68	80	86	85
1—15. 9	91	72	80	80	84
16—30. 9	88	75	81	87	89
1—15. 10	89	—	—	95	94
16—31. 10	94	—	—	89	91



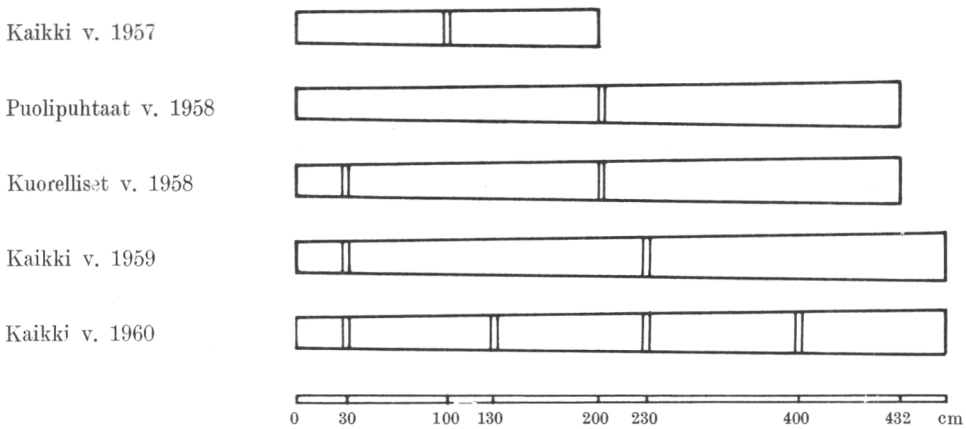
Kuva 1. — *Picture 1.* Heinäkuussa tehtyjä puolipuhtaita mäntypaperipuita Ruotsinkylässä. — *Barked pine pulpwood made in July in Ruotsinkylä.*



Kuva 2. — *Picture 2.* Kesäkuussa tehtyjä kuorellisia mäntypaperipuita Ruotsinkylässä. — *Unbarked pine pulpwood made in June in Ruotsinkylä.*



Kuva 3. — *Picture 3.* Puolipuhtaita ja kuorellisia paperipuita toisen kesän varastoinnissa Ruotsinkylässä. — *Barked and unbarked pulpwood by the roadside during the second summer of storage.*



Piirros 1. Näytteenottokohdat ja niitten etäisyys pölkyn latvasta.
Figure 1. The sample sites and their distance from the top of the billet.

Päinvastaisessa tapauksessa taas hyvät kuivumisolot ovat vain haitaksi puun säilymisen kannalta. Luonnollisesti säilyy puutavara kesäkauden yli sitä paremmin, mitä myöhemmin ilmat lämpenevät keväällä ja mitä aikaisemmin ne kylmenevät syksyllä, koska silloin tuhosienien tehokas toiminta-aika lyhenee.

III. Tutkimustulokset

1. Kuivuminen

11. Kuivumisen perusolemus

Tuoreen puun sisältämä vesi on osaksi soluonteloissa olevaa irrallista eli vapaata vettä, osaksi solujen seinämiin sidottua vettä. Puun kuivuessa poistuu ensimmäiseksi vapaa vesi, jota tuoreessa havupuutavarassa on keskimäärin kaksi—kolme kertaa niin paljon kuin sidottua vettä.

Kuorittu puu kuivuu edullisissa, muuttumattomissa oloissa aluksi nopeasti ja suoraviivaisesti soluonteloitten vapaan veden liikkuessa puun pintaa kohti kapillaarivoiman kuljettamana. Veden liikkuminen tapahtuu säteen suunnassa ja puun pituussuunnassa mutta tuskin lainkaan tangentin suunnassa (Nylinder 1950). Aluksi poistuu suurimpien solujen vapaa vesi, mutta kapillaariyhteys mantopuun sisäosista puun pinnalle säilyy vielä kesäpuun pienien solujen ja ydinsäteitten välityksellä.

Vaihetta, jolloin kaikki vapaa vesi on poistunut soluonteloista mutta jolloin solun seinämien sidottu vesi on vielä jäljellä, nimitetään puunsyitten kyllästymispisteeksi. Tällöin kapillaariyhteydet puun sisäosista pinnalle ovat katkenneet. Puunsyitten kyllästymispisteessä meikäläisten puulajien kosteus on 28—30 % (Jalava 1952). Kun kosteus laskee edelleen, puuaine alkaa kutistua ja siihen ilmestyy kuivumishalkeamia.

Puun kuivuessa kosteus saavuttaa puunsyitten kyllästymispisteen pölkyn eri osissa eri aikoina. Puun pinnan jo halkeillessa mantopuun sisäosien kosteus saattaa olla vielä puunsyitten kyllästymispisteen yläpuolella. Selvien halkeamien ilmestyminen puun vaippapinnalle on kuitenkin luotettava merkki siitä, että pölkyn keskimääräinen kosteus on noin 30 % (Nylinder 1959).

Kapillaarivoima ei vaikuta enää silloin, kun sidottu vesi alkaa kulkeutua puun pintaa kohti, vaan sidottu vesi menee soluontelon läpi höyrynä ja solun seinämän läpi nestemäisenä (Nylinder 1950). Sen seurauksena puun kuivumisnopeus hidastuu jyrkästi kosteuden alittaessa puunsyitten kyllästymispisteen.

12. Kaatoajan vaikutus kuivumisen nopeuteen ja määrään

Veden haihtuminen puun pinnalta tapahtuu samoin kuin haihtuminen vapaalta vesipinnalta. Siksi puutavarassa tapahtuvan kuivumisen määrä

ja nopeus ovat riippuvaisia sääoloista. Kuivuminen on suoraan verrannollinen ilman absoluuttiseen lämpötilaan ja tuulen nopeuden neliöjuureen, mutta kääntäen verrannollinen ilman suhteelliseen kosteuteen ja ilmanpaineeseen (Nylinder 1956).

Kun puuaineen kosteus vastaa ulkoisia olosuhteita, vallitsee kuivumistasapaino. Tuomolan (1943) mukaan männyn pintapuun kosteus on lämpötilassa + 20°C kuivumistasapainon vallitessa 16 %, jos ilman suhteellinen kosteus on 70 %. Lämpötilan pysyessä muuttumattomana ja ilman suhteellisen kosteuden noustessa 100 %:iin vallitsee kuivumistasapaino, kun pintapuun kosteus on 30 %. Männyn sydänpuussa edellisiä vastaavat kosteusprosentit ovat 13.5 ja 25.

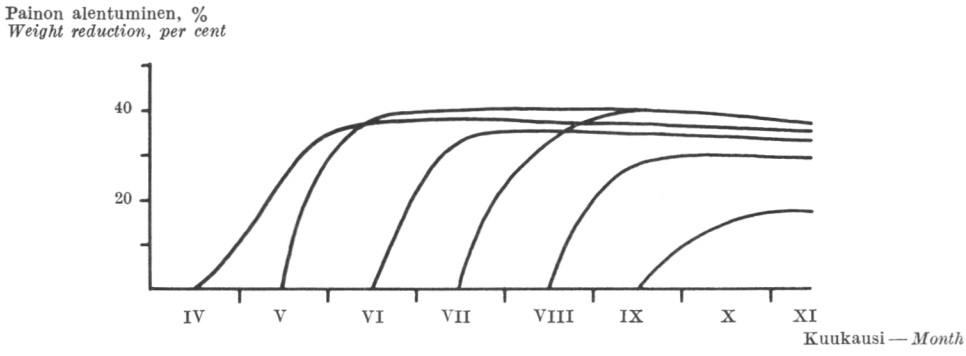
121. Painon muuttuminen

Edellä esitetystä johtuen on luonnollista, että tuoreen puutavaran kuivumisen nopeus ja määrä riippuvat kaatoajasta. Puolipuhtaat paperipuut kuivuvat kesäaikana nopeasti, mikäli sääsuhteet ovat suotuisat. Jyrkin painon aleneminen mitattiin toukokuussa 1959 Ruotsinkylässä, jolloin kuukauden puolivälissä valmistetut kuusipaperipuut menettivät kahdeksan vuorokauden kuluessa kaatohetkestä runsaan neljänneksen painostaan. Yleensäkin tapahtuu puolipuhtaitten paperipuitten pääasiallinen kuivuminen kesäaikana muutamassa viikossa. Myöhemmin tapahtuvalla painon alentumisella ei ole enää suurtakaan merkitystä kuljetuskustannuksia alentavana tekijänä. Sitä vastoin puun säilymisen kannalta sen merkitys saattaa olla jopa ratkaiseva, sillä puunsyitten kyllästymispisteen tienoilla muutaman kosteusprosentin muutos suuntaan tai toiseen vaikuttaa suuresti varasto-, lahottaja- ja sinistäjäsienien elinehtoihin (vrt. s. 11).

Parhaimpana kuivumiskautena, touko—heinäkuussa, valmistetut puolipuhtaat kuusipaperipuut menettivät kuukauden kuluessa kaatohetkestä keskimäärin 35 % painostaan. Puolipuhtaitten mäntyjen paino alentui vastaavasti 37 %. — Jos puutavaran metsäajo tapahtuu kesäaikana, se voidaan tavaran painon kannalta aloittaa kesähakkuitten yhteydessä jo kuukauden kuluttua puolipuhtaitten paperipuitten valmistamisesta.

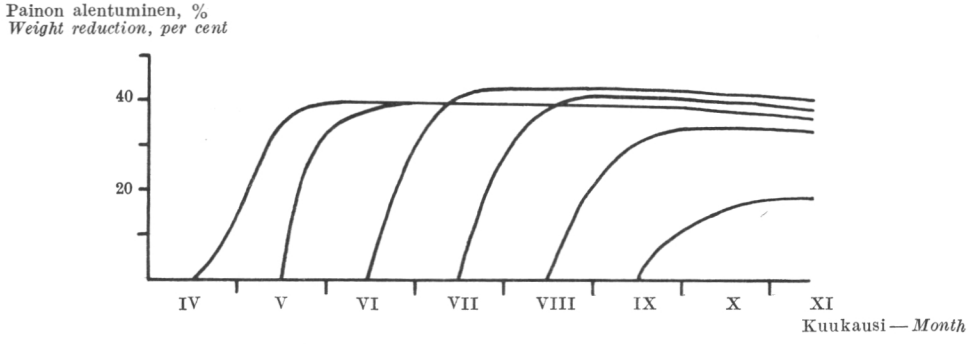
Esimerkkeinä puolipuhtaitten paperipuitten painonmuutoksista on esitetty piirrokset 2 ja 3, joista nähdään, että puolipuhtaan kuusi- ja mäntytavaran kuivumisessa ei ole selviä eroja, ei kuivumisen määrässä eikä sen nopudessa. Ruotsinkylässä, Vesijaolla ja Vuolijoella kuivumisen kulku oli yhdenmukainen.

Talvella valmistetuissa paperipuissa kuivuminen pääsi alulle vasta sitten, kun ne olivat keväällä vapautuneet lumipeitteestään. Lopputalvella tehdyt



Piirros 2. Puolipuhtaitten kuusipaperipuitten keskimääräinen painon alentuminen Ruotsinkylässä vuosina 1958—1960

Figure 2. The average weight reduction of barked spruce pulpwood in Ruotsinkylä in 1958—1960.



Piirros 3. Puolipuhtaitten mäntypaperipuitten keskimääräinen painon alentuminen Ruotsinkylässä vuosina 1957—1960.

Figure 3. The average weight reduction of barked pine pulpwood in Ruotsinkylä in 1957—1960.

puut paljastuvat lumen alta aikaisemmin kuin alkutalvella valmistetut, joten niitten kuivuminen alkaa aikaisemmin. Näin aiheutuvat pienet painoerot tasoittuvat kuitenkin nopeasti.

Huhtikuussa kuivuminen on selvästi voimakkaampaa kuin maaliskuussa. Huhtikuun kuivumisolosuhteisiin vaikuttaa suuresti kevään aikaisuus. Jos maassa on paljon lunta, ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus eivät voi lumen sulaessa muodostua puutavaran kuivumisen kannalta yhtä edullisiksi kuin maan ollessa paljas. J a l a v a (1952) pitää huhtikuuta edullisena kuivumisen kannalta, mutta keskimäärin on kuivuminen metsän olosuhteissa huhtikuussa kuitenkin hitaampaa kuin touko—elokuussa. Toukokuun jälkipuoliskolla kuivuminen saavuttaa metsässä suurimman voimakkuutensa jatkuen tehokkaana kesä-, heinä- ja vielä elokuunkin ajan.

V i i m e i s t ä ä n h e i n ä k u u s s a v a l m i s t e t u t p u o l i p u h t a a t p a p e r i p u u t m e n e t t i v ä t p a i n o s t a a n e n n e n s y k s y n t u l o a k e s k i m ä ä r i n l ä h e s 40 %. Elokuussa tehdyt puut

kuivuivat aluksi vielä nopeasti, mutta kun kuivumiskausi loppui kesken, niitten painon aleneminen jäi aikaisemmin kaadetuissa tapahtunutta pienemmäksi. Kuitenkin vielä syyskuussakin valmistetut paperipuut menettivät keskimäärin 20 % painostaan. Suurin yksityisessä kaatoerässä tapahtunut painon alentuminen mitattiin Ruotsinkylässä, missä kesäkuussa 1959 valmistettujen puolipuhtaitten mäntypaperipuitten painon alentuminen oli 47 %. Yksityisten pölkkyjen kohdalla paino laski muutamissa tapauksissa alle puolen alkuperäisestä.

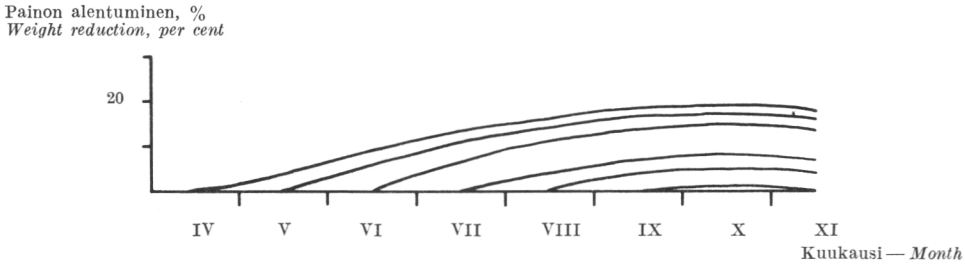
Kuivimpien eli aikaisimmin kaadettujen erien paino alkoi kohota heinä—elokuussa. Silloin puutavaran kosteus oli alhaisempi kuin sääsuhteet, etenkin kasvanut ilman suhteellinen kosteus, edellyttivät, joten puutavaran kosteuden täytyi kohota kuivumistasapainon saavuttamiseksi. Siitä aiheutunut puolipuhtaan puutavaran painon kohoaminen oli tutkimusten päättyessä syksyllä kuivimpien erien osalta 2—3 %.

Kuoritun havupuun pintaosa tiivistyy kuivuessaan huonosti vettä läpäiseväksi, niin että myöhään edellisenä syksynä kuoritun puun kuivuminen on seuraavana keväänä hidasta (esimerkiksi T u o v i n e n 1950). Ilmeisesti samasta syystä on hyvin kuivuneitten kuusi- ja mäntypaperipuitten vettyminen pinnan kautta syyssateitten aikana verraten vähäistä, huomattavasti vähäisempää kuin koivu- ja haapapaperipuitten (vrt. H e i s k a n e n 1953, H a k k i l a 1962).

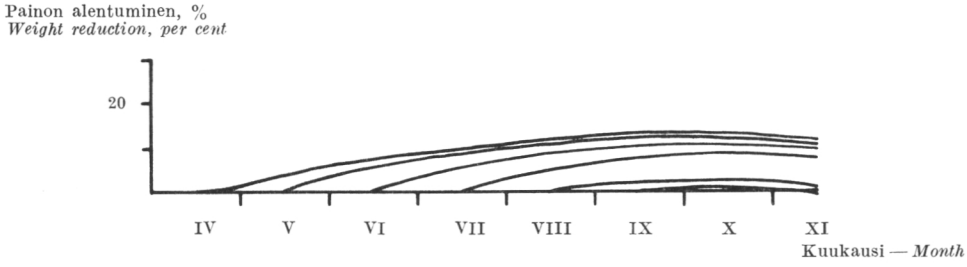
Kun tarkastellaan halkeilleen havupölkyn poikkileikkauspintaa syksyllä, havaitaan vettymisen tapahtuneen suureksi osaksi halkeamien kautta ja rajoittuneen halkeamien ympärille. Koska halkeamat ilmaantuvat keväällä valmistettuihin puolipuhtaisiin paperipuihin jo alkukesällä, ne tarjoavat aina välillä vettyessään koko kasvukauden ajaksi sienille leviämistien. Sienien toiminta on siten mahdollista osassa pölkkyä, vaikka koko pölkyn keskimääräinen kosteus saattaa olla liian alhainen sienien vedentarpeen tyydyttämiseksi.

K u o r e l l i s e t kuusi- ja mäntypaperipuut kuivuvat kesälläkin hitaasti (piirrokset 4 ja 5). Esimerkiksi touko—heinäkuussa valmistetut kuusipaperipuut menettivät ensimmäisen kuukauden kuluessa keskimäärin vain 6 % painostaan. Mäntypaperipuitten paino alentui vastaavasti 5 %. Painon alentuminen hidastui vähitellen riippumatta paljonkaan sääsuhteista.

K u o r e l l i s e t p a p e r i p u u t m e n e t t i v ä t e n s i m m ä i s e n k e s ä n a i k a n a p a i n o s t a a n s i t ä e n e m m ä n, m i t ä k a u e m m i n n e e n n ä t t i v ä t o l l a m e t s ä v a r a s t o s s a k u i v u m i s k a u d e n a i k a n a. Huhti—toukokuun aikana kaadetut kuorelliset kuusipaperipuut menettivät kesän kuluessa painostaan eri paikkakunnilla keskimäärin 20 %. Mäntypaperipuitten painon alentuminen oli vastaavasti 13 %.



Piirros 4. Kuorellisten kuusipaperipuitten keskimääräinen painon alentuminen Ruotsinkylässä vuosina 1958—1960.
Figure 4. The average weight reduction of unbarked spruce pulpwood in Ruotsinkylä in 1958—1960



Piirros 5. Kuorellisten mäntypaperipuitten keskimääräinen painon alentuminen Ruotsinkylässä vuosina 1957—1960.
Figure 5. The average weight reduction of unbarked pine pulpwood in Ruotsinkylä in 1957—1960.

Kuivumisnopeus oli kummallakin puulajilla aluksi suunnilleen sama, mutta se hidastui männyllä nopeammin kuin kuusella. Syyskuussa valmistetuissa kuorellisissa paperipuissa ei enää tapahtunut kuivumista ennen talven tuloa. Ekmanin (1908) mukaan painon alentuminen on ennen kesäkuuta kaadetuissa kuorellisissa kuusipaperipuissa 15 % ja mäntypaperipuissa 10 %.

Syksyllä tapahtui runsaan prosentin painon kohoaminen, jolla määrällä edellä esitetyt luvut siis pienentyivät loka—marraskuuhun mennessä. Kuorellisen puutavaran painon lisääntyminen syksyllä tapahtuu etupäässä kuoreen kerääntyneen veden ansiosta puuaineen kosteuden pysyessä miltei ennallaan. Etenkin männyn paksuun kaarnaan imeytyy paljon vettä. Jos hyönteiset ovat syöneet nilaa ja muodostaneet kuoren alle onteloita, näihin onteloihin kerääntyy syksyllä vettä, jolloin kuoren kosteus nousee erityisen korkeaksi.

Tutkimusaikana kuivumisolot olivat parhaimmillaan toukokuun loppupuolella, kesäkuussa ja heinäkuussa. Myös toukokuun alkupuolella ja elokuussa kuivuminen oli nopeata. Lisäksi puolipuhtaassa tavarassa tapahtui huomattavaa kuivumista huhtikuussa ja syyskuussa. Loka- ja maaliskuussa kuivuminen oli jo tuoreessakin tavarassa hyvin heikko ja muina kuukausina kuivuminen oli

käytännöllisesti katsoen pysähdyksissä. E k m a n (1908) on päätynyt Ruotsissa hyvin samanlaatuisiin lopputuloksiin. H e l a n d e r i n (1918) mukaan talvella kaadetut puut eivät kuivu vuoden ensimmäisen neljänneksen aikana — niitten paino saattaa päin vastoin lisääntyä — vaan kuivuminen tapahtuu pääasiallisesti toisen vuosineljänneksen aikana. J a l a v a (1952) mainitsee huhti—kesäkuun välisen ajan parhaimmaksi kuivumiskaudeksi, mutta syyskuun epäedulliseksi kuivumisolosuhteiltaan. J o h a n s s o n (1956 ja 1957) taas pitää heinäkuuta parhaana kuivumiskautena.

Eri tutkijoitten havainnot siitä, milloin kuivuminen on voimakkainta, eivät näytä olevan aivan yhdenmukaisia. Kun jo samallakin paikkakunnalla kuivumisolot eri kuukausina vaihtelevat vuosittain suuresti, ei ole yllättävää, etteivät Ruotsissa suoritetut tutkimukset tässä suhteessa ole aina johtaneet samanlaisiin tuloksiin suomalaisten tutkimusten kanssa. B j ö r k m a n (1958) kiinnittää huomiota siihen, että nimenomaan heinä- ja elokuu ovat hyvin vaihtelevia kuivumisen kannalta.

Vaikka eri aikoina kaadettujen puitten erilainen kuivuminen aiheutuu pääasiallisesti ulkonaisten olosuhteitten vaihteluista, saattavat myös puuaineessa vuoden eri aikoina tapahtuvat sisäiset muutokset vaikuttaa kuivumiseen. G ä u m a n n (1930) viittaa mahdollisuuteen, että puun nesteitten kokoonpanon vaihtelu vuoden mittaan — nesteissä on ravintoaineita runsaimmin syksyllä — saattaa vaikuttaa puun sisältämän veden liikkeisiin ja siis kuivumiseen. Veden kapillaarista kulkeutumista puussa voi häiritä kuivumisaikana esiintyvä pakkanen (N y l i n d e r ja R e n n e r f e l t 1954).

N y l i n d e r (1958) on todennut, että koneellisesti kuoritut kuusi- ja mäntypaperipuut kuivuvat jonkin verran hitaammin kuin käsin kuoritut paperipuut. Tämä aiheutuu siitä, että uloimman vuosiluston pihkatiehyet vioittuvat koneellisesti kuorittaessa. Etenkin ydinsäteitten pihkatiehyeitten vahingoittuminen saattaa vaikeuttaa kuivumista.

Taulukosta 3 ilmenee, millaisia etuja puutavaran kuljetusta silmällä pitäen on saavutettavissa, kun puolipuhtaita ja kuorellisia paperipuita varastoidaan metsässä yli kesän.

Taulukko 3. Kaikkien koemetsiköitten paperipuitten keskimääräinen painon aleneminen ensimmäisen varastoimiskesän aikana
Table 3. The average decrease in weight of pulpwood during the first summer of storage

Kaatokuukausi *Felling month*	Kuivumisaika, vrk *Seasoning time, days*	Puolipuhtaat — *Barked*		Kuorelliset — *Unbarked*	
		Kuuset — *Spruces*	Männyt — *Pines*	Kuuset — *Spruces*	Männyt — *Pines*
		Painon alentuminen, % — *Decrease in weight, per cent*			
IV—V	165	36	34	18	11
VI	120	35	38	14	9
VII	90	37	35	8	6
VIII	60	31	32	5	2
IX	30	18	18	1	0

Tarkasteltaessa taulukkoa puutavaran kuljetuskustannusten kannalta on vielä otettava huomioon puolipuhtaitten paperipuitten kuoren poistamisesta aiheutuva painon vähentyminen. Kuoren kuiva-ainepaino tilavuusyksikköä kohti on pienempi kuin puun, mutta toisaalta on vastavalmistetun puutavaran kosteus kuoressa korkeampi kuin puuaineessa. Kuusi- ja mäntypaperipuitten kuorimishäviö on puolipuhtaaksi kuorittaessa 10 % pinotilavuudesta (A r o 1959). Vastaava häviö puutavaran painon osalta lienee suunnilleen yhtä suuri.

Jos merkitään kuorellisesta puutavarasta laskettua kuorinnan painohäviöprosenttia tunnuksella k ja puolipuhtaassa tavarassa kuorimisen jälkeen tapahtuvaa painon suhteellista alenemista tunnuksella a, saadaan kuorimisen ja kuivumisen ansiosta tapahtuva puolipuhtaan tavaran kokonaispainon aleneminen (A) seuraavalla kaavalla

$$A = k + \frac{(100 - k)\ a}{100}$$

Edellisen perusteella voidaan laskea, että k e v ä ä l l ä j a a l k u k e s ä l l ä v a l m i s t e t u n p u o l i p u h t a a n t a v a r a n p a i n o o n s y k s y l l ä y l i 4 0 % p i e n e m p i k u i n t u o r e e n, k u o r e l l i s e n t a v a r a n p a i n o.

122. Kosteus syksyllä

Kuivumiskauden lähetessä loppuaan kuivuminen pysähtyy ensin alhaisimman kosteusasteen saavuttaneessa tavarassa. Vähitellen päättyy tuoreenkin tavaran kuivuminen. Ennen pitkää kuivuminen muuttuu vettymiseksi. Kuivan tavaran kosteus alkaa kohota huonontuneitten olosuhteitten edellyttämää kuivumistasapainotilaa vastaavaksi. Sateet aiheuttavat vettymistä myös sellaisissa paperipuissa, joitten kosteus on jo ennestään korkea.

Puutavarassa, jonka kosteus tuoreena on 100 %, vastaa yhden painoprosentin painon muutos kaksinkertaista muutosta kosteusprosentissa. Aikaisemmin on jo selvinnyt, että puolipuhtaitten paperipuitten paino nousi syksyn mittaan 2—3 % ja kuorellisten paperipuitten paino runsaan yhden prosentin. Sen perusteella voidaan päätellä puolipuhtaitten paperipuitten kosteuden nousseen syksyllä 4—6 % ja kuorellisten paperipuitten kosteuden vastaavasti 2—3 %, jolloin on otettu huomioon — päinvastoin kuin tässä tutkimuksessa yleensä — myös kuoressa tapahtuneet kosteuden muutokset.

E k m a n i n (1907) mukaan havuhalon kosteus nousee syksyn kuluessa noin 7 kosteusprosenttia. K o h h (1934) puolestaan on mitannut kuusihalon kosteuden nousseen 6.80 % ja mäntyhalon kosteuden 7.70 %. Edel-

listen kanssa kutakuinkin yhdenmukainen on myös Klemin (1944) havainto. Hänen mukaansa kuusihalkojen paino nousee talven aikana 4 %:lla, mikä kahdella kerrottuna vastaa edellisiä lukuja.

Käsillä olevassa tutkimuksessa kuorellinen tavara vettyi vain kolmasosan verrattuna edellä mainittuihin tutkimuksiin. Tässä yhteydessä ovat kuitenkin kysymyksessä 4-metriset, pyöreät paperipuut, edellisissä taas 1-metriset halot. Syntyneet erot aiheutuivat ehkä vielä suuremmalta osalta siitä, että tässä tutkimuksessa vettymisen määrä mitattiin jo lokakuun lopussa tai marraskuun alussa. Vettyminen jatkuu kuitenkin tammikuuhun asti (vrt. Heiskanen 1959c, Henningsson och Tamminen 1961).

Kun seuraavassa tarkastellaan koepuitten kosteutta syksyllä, on muistettava, että esitetyt kosteusluvut eivät anna oikeata kuvaa puutavarassa kesän aikana vallinneesta kosteudesta. Siksi ne eivät sellaisinaan ole kelvollisia osoittamaan, millaiset mahdollisuudet sienillä oli kesän aikana vahingoittaa eri aikoina valmistettuja paperipuita. Kosteusluvut ovat ennen kaikkea käyttökelpoisia osoittamaan, kuinka paljon veden aiheuttamaa ylimääräistä painoa on kuljetettava seuraavan ajokauden aikana. Kosteusluvut antavat myös viitteitä puutavaran uimiskyvystä.

Muutamissa taulukoissa on asetettu kosteuslukujen keskiarvojen rinnalle 99 %:n luotettavuusrajat. Niitten avulla on mahdollista tarkastella kosteuserojen tilastollista merkitsevyyttä.

1221. Kosteus pölkyn keskellä ensimmäisenä syksynä

Tiedot paperipuitten kosteudesta pölkyn keskellä ensimmäisenä syksynä kaatohetken jälkeen on esitetty taulukossa 4. Taulukkoluvut tarkoittavat kunkin kaatoerän pölkkyjen keskeltä mitattujen kosteusarvojen aritmeettisia keskiarvoja, joita laskettaessa ei ole otettu huomioon keskusläpimitaltaan alle 10.1 cm:n vahvuisia pölkkyjä. Keskiarvojen luotettavuusrajat osoittavat sen kosteusalueen, jolle mikä tahansa samanlaisesta aineistosta määritettyjen kosteushavaintojen keskiarvo asettuu 99 %:n luotettavuudella.

Heinäkuussa ja sitä ennen valmistettujen puolipuhtaitten paperipuitten kosteus oli kaatohetken jälkeisenä ensimmäisenä syksynä varsin lähellä puusyitten kyllästymispistettä, sillä keskimäärin koko aineistossa kosteus oli kuusipaperipuissa 29 % ja mäntypaperipuissa 30 %. Kosteuslukujen hajonta oli erittäin pieni, kuusilla vielä pienempi kuin männyillä.

Elokuussakin valmistettujen puolipuhtaitten paperipuitten kosteus ennätti useimmiten laskea varsin lähelle 30 %:n kosteutta jääden kuitenkin eräissä tapauksissa huomattavasti korkeammaksi, jopa kaksinkertaiseksi.

Taulukko 4. Puolipuhtaitten paperipuitten kosteus ensimmäisenä syksynä pölkyn keskellä

Table 4. The moisture content of barked pulpwood in the first autumn in the middle of the billet

Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1957—58	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958	Vuolijoki 1958	Kivalo 1958
	Kosteus syksyllä, % — *Moisture content in the autumn, per cent*					
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*					
XII	—	—	30.4 ± 1.9	—	—	—
III	—	—	29.8 ± 0.9	—	—	—
IV	26.0 ± 0.9	—	29.7 ± 0.9	28.0 ± 0.6	—	—
V	26.2 ± 0.8	26.2 ± 1.6	28.6 ± 1.0	27.8 ± 0.5	28.8 ± 1.2	28.9 ± 1.5
VI	27.2 ± 0.7	28.1 ± 1.4	30.0 ± 0.9	28.6 ± 0.5	29.1 ± 0.8	29.4 ± 1.2
VII	28.1 ± 1.1	28.4 ± 1.8	30.2 ± 0.8	28.9 ± 0.7	30.1 ± 1.5	31.3 ± 0.7
VIII	30.3 ± 3.0	30.0 ± 0.6	58.9 ± 24.2	31.7 ± 2.0	30.9 ± 0.9	33.6 ± 2.2
IX	51.3 ± 11.8	32.9 ± 2.3	—	61.4 ± 9.1	84.4 ± 26.6	74.9 ± 6.7
X	—	—	—	92.5 ± 24.6	—	—
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*					
XII	—	—	34.8 ± 3.6	—	—	—
III	—	—	31.5 ± 2.9	—	—	—
IV	27.3 ± 1.0	—	30.4 ± 1.5	28.0 ± 1.6	—	—
V	28.4 ± 1.3	29.8 ± 3.9	31.3 ± 1.7	27.9 ± 0.7	26.5 ± 0.8	33.9 ± 4.9
VI	28.8 ± 0.4	26.9 ± 0.5	31.5 ± 1.7	28.2 ± 1.1	26.6 ± 0.9	31.2 ± 2.2
VII	30.7 ± 3.6	31.2 ± 1.7	31.5 ± 0.7	28.3 ± 0.5	29.3 ± 0.8	31.9 ± 3.0
VIII	49.2 ± 10.5	31.9 ± 3.1	33.8 ± 1.4	29.3 ± 0.7	32.1 ± 2.6	33.4 ± 2.3
IX	94.6 ± 19.7	68.9 ± 9.9	—	48.3 ± 6.6	69.5 ± 11.6	99.0 ± 15.6
X	—	—	—	67.4 ± 8.3	—	—

Syyskuussa valmistettujen paperipuitten kosteus jäi tapahtuneesta selvästä kuivumisesta huolimatta korkeaksi. Tosin Ruotsinkylän kuusipaperipuut muodostivat edullisena kuivumisvuonna 1959 poikkeuksen. Tyypillistä syyskuun puille oli kosteusarvojen epätasaisuus siten, että kosteuslukujen hajonta oli sitä suurempi, mitä korkeammaksi keskimääräinen kosteus jäi.

Heinäkuussa ja sitä ennen valmistettujen puolipuhtaitten paperipuitten osalta eri metsiköitten ja eri vuosien aineistojen väliset kosteuserot muodostuivat pieniksi. Pohjois-Suomessa kosteus laski yhtä alhaiseksi kuin Etelä-Suomessa. Vasta elokuun ja varsinkin syyskuun paperipuitten loppukosteus vaihteli huomattavasti koealasta ja vuoden edullisuudesta riippuen. Kuusi- ja mäntypaperipuitten kosteuserot eivät olleet yleensä tilastollisesti merkitseviä.

Vertailun vuoksi esitettäköön Tuovisen (1952) mittaama lukusarja puolipuhtaitten kuusipaperipuitten kosteudesta.

Hakkuuaika	Mittausaika	Kosteus, %
Syksy 1948	25—27. 5 1950	23.1
Toukokuu 1949	19—23. 5 »	24.3
Kesäkuu »	13—16. 5 »	23.4
Heinäkuu »	12—16. 5 »	27.4
Elokuu »	24. 5 »	29.5
Syyskuu »	17—20. 5 »	55.4
Joulukuu »	17. 5 »	54.5

Edellisissä luvuissa lienee keväällä tapahtunut kuivuminen ainakin osaksi korvannut syys- ja talvikauden vettymisen. Esimerkiksi Henningssonin ja Tammisen (1961) mukaan kuorittujen mäntypaperipuitten vettyminen päättyy tammikuussa muuttuen sen jälkeen kuivumiseksi.

Kuorellisten paperipuupölkkyjen keskeltä mitattu kosteus oli ensimmäisen kuivumiskauden päättyessä korkea ja epätasainen (taulukko 5). Viimeksi mainittu ominaisuus aiheutui etupäässä kuoren osittaisesta rikkoutumisesta. Yksityisten kiekkojen kosteusarvot vaihtelivatkin laajemmissa rajoissa kuin pölkkyjen keskimääräiset kosteusarvot.

Kuorellisten paperipuitten keskeltä määritettyjen kosteusarvojen epäsäännöllisen vaihtelun ja laajan hajonnan takia ei suuriakaan kosteuseroja voitu aina osoittaa tilastollisesti merkitseviksi. Erittäin varma ero oli kuitenkin havaittavissa eri paperipuulajien kosteuksissa. Kuorelliset kuusipaperipuut olivat näet syksyllä huomattavasti kuivempia kuin kuorelliset mäntypaperipuut. Poikkeuksista huolimatta näytti suuntaus olevan myös sellainen, että kuorellisten paperipuitten kosteus muodostui sitä alhaisemmaksi, mitä aikaisemmin ne valmistettiin. Sitä kuvaavat parhaiten seuraavat, koko aineistosta lasketut luvut.

Kaatokuukausi	Kuorelliset kuusipaperipuut	Kuorelliset mäntypaperipuut
	Kosteus syksyllä, %	
V	57	86
VI	69	89
VII	78	91
VIII	81	99

Kuorellisten paperipuitten painon alentumisen kannalta on siis edullista valmistaa paperipuut mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Näin menetellen saavutetaan kuusipaperipuitten kohdalla suurempi etu kuin mäntypaperipuitten kohdalla. Puolipuhtaaksi kuoriminen taas tuottaa suuremman absoluuttisen hyödyn mäntypaperipuissa, koska ne kuivuvat kuorellisina vain vähän. Edellä oleva on ilmaistu vain kuivumista mutta ei säilymistä ajatellen.

Taulukko 5. Kuorellisten paperipuitten kosteus ensimmäisenä syksynä pölkyn keskellä
Table 5. The moisture content of unbarked pulpwood in the first autumn in the middle of the billet

Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1957—58	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958	Vuolijoki 1958	Kivalo 1958
	Kosteus syksyllä, % — *Moisture content in the autumn, per cent.*					
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*					
XII ...	—	—	87 ± 9	—	—	—
III ...	—	—	74 ± 17	—	—	—
IV ...	64 ± 21	—	82 ± 11	62 ± 12	—	—
V ...	68 ± 13	38 ± 8	71 ± 11	57 ± 20	51 ± 13	57 ± 19
VI ...	66 ± 13	49 ± 14	87 ± 15	71 ± 12	85 ± 15	57 ± 8
VII ...	90 ± 13	70 ± 19	92 ± 15	77 ± 8	79 ± 8	60 ± 15
VIII ...	81 ± 17	77 ± 13	96 ± 20	81 ± 14	82 ± 9	71 ± 12
IX ...	82 ± 13	72 ± 11	—	82 ± 15	110 ± 17	85 ± 24
X ...	—	—	—	102 ± 14	—	—
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*					
XII ...	—	—	82 ± 13	—	—	—
III ...	—	—	83 ± 12	—	—	—
IV ...	90 ± 28	—	84 ± 20	89 ± 14	—	—
V ...	75 ± 6	85 ± 18	96 ± 11	91 ± 17	68 ± 15	102 ± 11
VI ...	94 ± 15	89 ± 15	103 ± 19	91 ± 12	73 ± 9	83 ± 22
VII ...	95 ± 10	108 ± 15	107 ± 26	76 ± 7	72 ± 8	87 ± 14
VIII ...	106 ± 15	102 ± 16	112 ± 26	97 ± 10	80 ± 9	94 ± 7
XI ...	110 ± 15	103 ± 12	—	88 ± 10	81 ± 9	103 ± 17
X ...	—	—	—	90 ± 17	—	—

1222. Kosteus pölkyn keskellä toisena syksynä

Puolipuhtaitten paperipuitten kosteus alentuu vielä toisen varastoimiskesän aikana (taulukko 6). Viimeistään tuolloin häviää kaatoajan vaikutus puolipuhtaitten paperipuitten kosteuteen. Tutkimusaineistossa ei edes lokakuun puitten kosteus eronnut yleensä merkitsevästi aikaisemmin kaadettujen kosteudesta, kun varastointiaika jatkui yli seuraavan kesän. Voidaankin todeta, että puutavaran painon kannalta on yhdentekevää, milloin ennen marraskuuta tapahtuva puolipuhtaitten paperipuitten hakkuu suoritetaan, jos lähi- ja kaukokuljetus lykkääntyvät vasta toisen syksyn tai talven aikana tapahtuviksi.

Vaikka kuusipaperipuitten kosteus ei ensimmäisen varastoimiskesän jälkeen eronnut merkitsevästi mäntypaperipuitten kosteudesta, asianlaita oli toisen kesän jälkeen päin vastoin. Kuusipaperipuitten kosteus oli toisena syksynä keskimäärin 3—4 kosteusprosenttia alhaisempi kuin mäntypaperipuitten.

Lisäksi kuusipaperipuista mitattujen kosteusarvojen hajonta oli mäntypaperipuitten kosteusarvojen hajontaa pienempi. Kun hajontoja verrattiin F-testillä, osoittautui ennen syyskuuta valmistettujen mäntypaperipuitten kosteusarvojen hajonta 99 %:n luotettavuudella yhdessätoista tapauksessa suuremmaksi, kun taas kuudessa tapauksessa ei ollut merkitsevää eroa.

Puolipuhtaitten mäntypaperipuitten kuusipaperipuita korkeampi kosteus toisena syksynä aiheutui edellisten suuremmasta vettymisestä. Vettyminen tapahtuu suureksi osaksi halkeamien kautta, mihin viittaa jo kosteusarvojen hajonta vettyneessä puutavarassa. Se näkyy myös paperipuupölkyn poikkileikkauksessa, jossa halkeaman ympärillä saattaa olla myöhäissyksyllä muutaman millimetrin vahvuinen kostea vyöhyke.

Aineiston se osa, jonka kosteus määritettiin myös toisena syksynä, muodostui pääasiassa vuonna 1958 valmistetuista paperipuista ja pieneltä osalta myös vuonna 1959 valmistetusta tavarasta. Toinen varastoimiskesä sattui siis vuodelle 1959, joka oli poikkeuksellisen edullinen puutavaran kuivumisen kannalta. Siksi on syytä suhtautua tietyllä varovaisuudella toisena syksynä mitattuihin kosteuslukuihin. Saattaa olla, että normaalivuonna ei päästä yhtä alhaisiin lukuihin. Tätä otaksumaa tukevat havainnot vuoden 1959 puitten kosteudesta syksyllä 1960. Kosteus saattoi silloin olla toisena syksynä jopa korkeampi kuin ensimmäisenä syksynä. Heiskasen (1953) mukaan kuusi- ja mäntyhalot kuivuvat vielä toisen varastoimiskesän aikana, mutta kuivuminen on silloin määrältään vähäistä.

Taulukko 6. Puolipuhtaitten paperipuitten kosteus toisena syksynä pölkyn keskellä
Table 6. The moisture content of barked pulpwood in the second autumn in the middle of the billet

Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1959	Vuolijoki 1959	Kivalo 1959
	Kosteus syksyllä, % — *Moisture content in the autumn, per cent*				
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*				
IV	20.6 ± 0.6	—	26.0 ± 1.3	—	—
V	21.0 ± 0.5	27.8 ± 1.1	25.6 ± 1.0	23.4 ± 0.7	23.1 ± 0.8
VI	21.2 ± 0.6	28.2 ± 1.1	27.0 ± 0.7	23.4 ± 0.7	23.5 ± 0.8
VII	20.7 ± 0.5	30.4 ± 2.5	26.4 ± 0.9	23.1 ± 1.0	22.6 ± 1.1
VIII	21.5 ± 0.7	28.9 ± 1.1	25.8 ± 1.0	23.4 ± 0.8	23.9 ± 1.0
IX	21.1 ± 0.4	29.3 ± 0.5	26.0 ± 0.8	23.9 ± 1.1	25.1 ± 1.1
X	22.4 ± 0.7	—	26.6 ± 2.5	24.0 ± 1.3	26.6 ± 5.4
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*				
IV	—	—	25.8 ± 1.4	—	—
V	—	39.2 ± 7.2	27.4 ± 1.2	27.5 ± 2.7	30.4 ± 6.5
VI	—	36.7 ± 2.1	26.5 ± 1.7	26.6 ± 2.2	27.4 ± 2.4
VII	—	38.9 ± 5.5	28.1 ± 2.6	27.7 ± 1.1	28.3 ± 5.8
VIII	—	35.7 ± 4.0	25.4 ± 0.6	26.7 ± 2.6	26.2 ± 1.9
IX	—	37.3 ± 10.2	26.1 ± 0.9	25.7 ± 0.7	27.6 ± 1.7
X	—	—	26.9 ± 1.4	24.7 ± 1.3	27.0 ± 1.3

Puolipuhtaitten paperipuitten kosteuden todettiin laskeneen toisen kesän varastoinnin aikana vain muutaman kosteusprosentin. Sitä vastoin kuorellisten paperipuitten kosteus laski toisena kesänä kymmeniä prosentteja. Koska toisen kesän varastointi sattui yhtä tapausta lukuun ottamatta vuodelle 1959, saattaa taulukko 7 antaa liian edullisen kuvan kuorellisissa paperipuissa kahden kesän varastoinnin jälkeen vallitsevasta kosteudesta.

Taulukko 7. Kuorellisten paperipuitten kosteus toisena syksynä pölkyn keskellä
Table 7. The moisture content of unbarked pulpwood in the second autumn in the middle of the billet

Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1959	Vuolijoki 1959	Kivalo 1959
	Kosteus syksyllä, % — *Moisture content in the autumn, per cent*				
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*				
IV	23 ± 2	—	33 ± 5	—	—
V	27 ± 4	33 ± 1	29 ± 3	32 ± 5	33 ± 5
VI	31 ± 6	37 ± 4	31 ± 3	53 ± 12	36 ± 8
VII	36 ± 6	48 ± 12	36 ± 7	45 ± 12	43 ± 13
VIII	35 ± 8	58 ± 7	39 ± 8	46 ± 9	57 ± 19
IX	47 ± 7	82 ± 7	43 ± 12	71 ± 9	66 ± 17
X	68 ± 12	—	61 ± 6	58 ± 17	50 ± 8
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*				
IV	—	—	38 ± 6	—	—
V	—	68 ± 19	42 ± 14	50 ± 14	48 ± 19
VI	—	84 ± 21	46 ± 13	61 ± 14	59 ± 25
VII	—	94 ± 25	56 ± 12	62 ± 16	76 ± 26
VIII	—	91 ± 13	66 ± 11	65 ± 15	92 ± 12
IX	—	98 ± 24	52 ± 13	61 ± 18	91 ± 23
X	—	—	49 ± 12	62 ± 11	72 ± 18

Vielä toisenakin syksynä oli selvästi havaittavissa kosteuseroja eri aikoina kaadettujen kuorellisten paperipuitten välillä. Aikaisemmin kaadetut olivat kuivempia kuin myöhemmin kaadetut. Kuusipaperipuut olivat edelleen kuivempia kuin mäntypaperipuut. Parhaiten selviää kahden kesän jälkeinen tilanne koko aineiston keskiarvioista seuraavassa asetelmassa.

Kaatokuukausi	Kuorelliset kuusipaperipuut	Kuorelliset mäntypaperipuut
	Kosteus toisena syksynä, %	
V	31	52
VI	38	63
VII	42	72
VIII	47	79
IX	52	76

Kosteuslukujen hajonta oli edelleen laaja, mutta ainakin kuivimpien erien osalta pienempi kuin ensimmäisenä syksynä. Yleensäkin näyttää puutavaran kosteus muuttuvan tasaisemmaksi keskimääräisen kosteuden alentuessa (vrt. taulukoita 3—7).

Varhaisimmin kaadetut kuorelliset kuusipaperipuut, jotka olivat varastoituina kaksi kokonaista kesäkautta, saavuttivat lähes saman kosteusasteen kuin puolipuhtaat paperipuut ensimmäisen kesän jälkeen. Muutoin kuorellisten paperipuitten kosteus jäi vielä toisenkin kesän jälkeen niin korkeaksi, että huomattavaa kuivumista olisi ilmeisesti tapahtunut vielä kolmantenakin kesänä.

13. Pölkyn pituuden vaikutus kuivumiseen

Jotta voitaisiin saada selville kokonaisen pölkyn ja edelleen tietyn kaatoerän keskimääräinen kosteus, on tunnettava kosteuden vaihtelut pölkyn eri osissa. Pölkyn pituussuunnassa esiintyvien kosteusvaihteluitten tunteminen on tärkeätä myös silloin, kun pyritään selvittämään pölkyn pituuden vaikutusta kuivumiseen ja loppukosteuteen. Pölkyn pituussuunnassa esiintyviin kosteusvaihteluihin syventymällä voidaan myös saada käsitys siitä, onko mahdollista pitää tietystä pölkyn kohdasta otettua näytettä koko pölkyn keskimääräistä kosteutta edustavana.

Pölkyn eri osien väliset kosteussuhteet riippuvat siitä, miten pitkälle pölkyn kuivuminen on edistynyt. Siksi on tarkasteltava erikseen eri aikoina valmistettuja paperipuueriä.

Taulukko 8. Puolipuhtaitten, 4-metristen paperipuitten kosteus pölkyn eri osissa syksyllä 1960 Ruotsinkylässä
Table 8. The moisture content of 4 metre long barked pulpwood in different parts ot the billet in the autumn of 1960 in Ruotsinkylä

Kaatokuukausi *Felling month*	Etäisyys pölkyn latvasta, cm — *Distance from top of billet, cm*			
	30	130	230	330
	Kosteus syksyllä, % — *Moisture content in the autumn, per cent*			
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*			
XII	30.0	31.1	30.2	30.4
III	29.9	29.8	29.8	29.6
IV	30.4	30.1	29.7	29.7
V	32.9	29.6	29.0	29.4
VI	30.3	30.2	30.2	29.9
VII	30.0	29.7	30.1	30.1
VIII	50.3	58.3	58.7	53.5
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*			
XII	35.6	35.1	31.1	33.7
III	36.0	34.4	32.9	33.0
IV	33.6	32.9	31.9	32.6
V	34.3	32.8	32.5	32.6
VI	32.7	32.8	31.8	32.3
VII	33.0	32.4	32.2	32.3
VIII	35.2	36.8	34.8	35.0

Jätettäköön aluksi tarkastelun ulkopuolelle pölkyn päät ja niitten välitön läheisyys. Mikäli puolipuhtaat paperipuut ehtivät kuivua hyvin ennen syksyä, 130, 230 ja 330 cm:n etäisyyksiltä latvasta otettujen näytekiekkojen erot jäivät kuusipaperipuilla mitättömiksi ja mäntypaperipuillakin varsin vähäisiksi.

Hyvin kuivuneitten ja sen vuoksi halkeilleitten, puolipuhtaitten paperipuitten kosteus on, noustuaan syksyllä muutaman kosteusprosentin, tyvipäässä pienempi kuin latvapäässä, sillä tyvipäässä on tilavuusyksikköä kohti vähemmän ulkopintaa kuin latvapäässä. Erolla ei ole kuitenkaan käytännöllistä merkitystä.

Jos kuivuminen jää vaillinaiseksi eikä halkeilemista tapahdu, puolipuhtaan pölkyn eri osien kosteussuhteet muodostuvat edellisistä poikkeaviksi. Lopullisessa kosteudessa tuntuvat silloin tyvipään alhaisempi kosteus kaatohetkellä ja toisaalta ohuen latvapään nopeampi kuivuminen, joten pölkky saattaa jäädä kosteimmaksi keskiosissaan.

Näytteissä, jotka otettiin 30 cm:n etäisyydeltä pölkyn latvasta, oli havaittavissa latvapään vaikutus kosteuteen jo voimakkaampana kuin pölkyn latvapään ja keskiosan puolivälissä otetuissa näytteissä. Ruotsinkylän vuosien 1959 ja 1960 aineistoista mitattiin seuraavat kosteusarvot.

	Pölkyn keskellä	30 cm:n etäisyydellä latvasta
	Kosteus syksyllä, %	
Puolipuhtaat kuusipaperipuut	28.7	29.4
Puolipuhtaat mäntypaperipuut	31.6	33.4

Puolipuhtaissa paperipuissa ei pölkyn poikkileikkauspintojen kautta tapahtuva vettyminen vaikuta enää 30 cm:n etäisyydellä pölkyn päästä. Nylinder (1958) mainitseekin, että pään kautta tapahtuva kuivuminen ja vettyminen ulottuvat pinoon varastoiduissa puissa 10—20 cm:n syvyyteen. Yllä olevan asetelman kosteuserot johtuvat siis pelkästään latvapään runsaasta halkeilemisesta ja pienestä läpimitasta.

Aivan pölkyn päässä kuivumiseen ja vettymiseen vaikuttavat poikkileikkauspinnan kautta tapahtuvat veden liikkeet. Ullen (1929) huomauttaa, että veden kulkeutuminen tapahtuu puun poikkileikkauspinnan kautta esteettömämmin kuin vaippapinnan kautta. Ero on huomattava.

Käsillä olevassa tutkimuksessa sahattiin vain lokakuussa 1958 muutama näytekiekko aivan koepölkkyjen latvasta. Ilmeisesti verrattain aikaisesta ajankohdasta johtui, että hyvin kuivuneissa paperipuissa kosteus oli latvassa vain 2—3 % korkeampi kuin keskellä. Näytteitä otettaessa vettyminen oli vasta alkamassa. Vettymisen edistyessä syksyn mittaan päitten kosteus lisääntyy kuitenkin voimakkaasti. Nylinderin (1958) tutkimuksessa pölkyn pään kosteuden suhde pölkyn keskiosan kosteuteen oli marraskuussa pinon yläosassa 2 : 1 ja pinon alaosassa 1.7 : 1.

Puolipuhtaan pölkyn keskiosasta otettu näyte antaa liian pienen mutta tässä yhteydessä riittävän tarkan kuvan pölkyn keskimääräisestä kosteudesta syksyllä, mikäli puutavara on ehtinyt saavuttaa noin 30 %:n kosteuden. Jos kuivuminen jää puolitiehen, pölkyn keskiosan kosteus on muutaman kosteusprosentin korkeampi kuin pölkyn keskimääräinen kosteus. Mainittakoon, että Tuovinen (1952) on määrittänyt 2-metristen, puolipuhtaitten kuusipaperipuitten kosteuden pölkyn keskeltä.

Puolipuhtaassakin tavarassa on siis havaittavissa pölkyn eri osien välillä pieniä kosteuseroja. Nämä erot ovat kuitenkin vähäisiä ja aiheutuvat suurelta osalta pölkyn pituudesta riippumattomista seikoista. Niin ollen voidaan sanoa, että puolipuhtaan tavaran pituudella ei ole vaikutusta tavaran keskimääräiseen kosteuteen.

Kosteuden vaihtelu pölkyn pituussuunnassa on luonnollisesti kuorellisissa paperipuissa suurempi kuin puolipuhtaissa paperipuissa (taulukko 9). Jätettäköön jälleen aluksi huomioon ottamatta pölkyn ne osat, joissa vaikuttaa poikkileikkauspintojen kautta tapahtuva kuivuminen. Havaitaan, että keskiosan kosteus on pienempi kuin latvapään ja tyvipään taas alhaisempi kuin keskiosan. Pölkyn tyvipäätä kohden laskeva kosteus osoittaa, että tuoreessa puussa kaatohetkellä vallitseva kosteus vaikuttaa kuorellisessa tavarassa vielä ensimmäisen kesän jälkeen — ainakin silloin, kun kesä ei ole erityisen suotuisa kuivumiselle.

Taulukko 9 ja piirros 6 osoittavat, että poikkileikkauspinnan kautta tapahtuva kuivuminen ulottuu kuorellisissa paperipuissa ainakin 30 cm:n etäisyydelle pölkyn poikkileikkauspinnasta. Sen vaikutuksesta vielä elokuussakin kaadettujen kuorellisten paperipuitten kosteus laskee ensimmäisen kuivumiskauden kuluessa 30 cm:n etäisyydellä latvasta alhaisemmaksi kuin pölkyn keskellä.

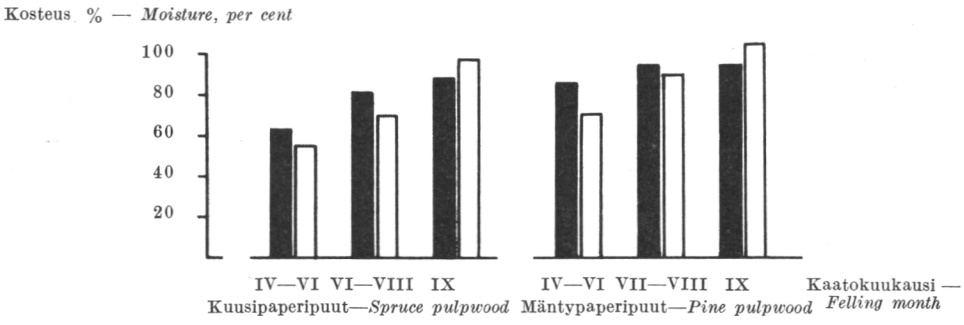
Taulukko 9. Kuorellisten, 4-metristen paperipuitten kosteus pölkyn eri osissa syksyllä 1960 Ruotsinkylässä

Table 9. The moisture content of 4 metre long unbarked pulpwood in different parts of the billet in the autumn of 1960 in Ruotsinkylä

Kaatokuukausi 1960 *Felling month*	Etäisyys pölkyn latvasta, cm—*Distance from top of billet, cm*			
	30	130	230	330
	Kosteus syksyllä, % — *Moisture content in the autumn, per cent*			
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*			
XII	84	87	85	82
III	68	70	74	69
IV	76	85	83	77
V	65	72	68	65
VI	90	93	89	81
VII	80	91	88	83
VIII	91	96	91	85
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*			
XII	107	99	80	79
III	83	92	83	76
IV	83	85	88	72
V	75	89	88	73
VI	91	106	109	99
VII	101	115	110	109
VIII	114	116	112	106

Kuorellisten kuusipaperipuitten kosteus oli syksyllä 1958 30 cm:n etäisyydellä tyvestä alhaisempi kuin yhtä etäällä latvasta. Sen osoittavat seuraavat, Ruotsinkylässä tehdyt havainnot.

Kaatokuukausi	Etäisyys latvasta 30 cm	Etäisyys tyvestä 30 cm
	Kosteus syksyllä, %	
IV— VI	62	61
VII—VIII	84	75



Piirros 6. Kuorellisten paperipuitten kosteus yhden kesän varastoinnin jälkeen pölkyn keskellä (tummat pylväät) ja 30 cm:n etäisyydellä pölkyn latvasta (vaaleat pylväät) keskimäärin koko tutkimusaineistossa.

Figure 6. The moisture content of unbarked pulpwood after one summer of storage in the middle of the billet (dark columns) and 30 cm from the top of the billet (light columns) on an average in the whole research material.

Siirryttäessä 30 cm:n etäisyydeltä 10 cm:n etäisyydelle kummassakin päässä kosteus laskee vain vähän. Sitä vastoin aivan poikkileikkauspinnalla kuorellisen pölkyn kosteus saattaa olla hyvinkin alhainen, alle 30 %, mikä voidaan havaita poikkileikkauspinnalle syntyvistä halkeamista.

Edellä olevan perusteella on ilmeistä, että kuorellisen pölkyn eri osien kosteussuhteet vaihtelevat varastoimisajan pituudesta, sääoloista ja muista tekijöistä johtuen siinä määrin, että määrätystä kohdasta otettu kosteusnäyte ei voi edustaa koko pölkyn keskimääräistä kosteutta kaikissa tapauksissa. Jos pölkky on niin pitkä, että poikkileikkauspintojen kautta tapahtuvan kuivumisen merkitys jää kokonaisuuden kannalta pieneksi, keskeltä otettu kosteusnäyte antanee riittävän tarkan tuloksen. Nelimetrisen pölkyn keskeltä määritetty kosteus ei poikkea montakaan prosenttia pölkyn todellisesta keskimääräisestä kosteudesta. Tulos on kuitenkin systemaattisesti liian korkea.

Pölkyn pituus vaikuttaa kuorellisen tavaran saavuttamaan loppukosteuteen. Vaikutus on kuitenkin vähäinen. Yksimetrisen ja nelimetrisen tavaran välille näyttäisi käsillä olevan tutkimuksen perusteella syntyvän vain muutaman prosentin eroja keskimääräisessä kosteudessa. Kuljetuskustannuksiin ei tällä erolla ole vaikutusta, mutta sen sijaan kyllä tuhosienien elinehtoihin.

14. Pölkyn paksuuden vaikutus kuivumiseen

Elävän havupuurungon kosteus on tyvestä latvaa kohti kasvava. Poikkeuksen muodostaa vain tyviosa, jossa kosteus kannonkorkeudelta ylöspäin siirryttäessä aluksi jonkinverran pienentyy. Näytti kuitenkin ilmeiseltä, että kosteus oli alhaisin jossain 0—4 metrin korkeusvälillä, mikä aiheutui suureksi osaksi sydänpuun esiintymisestä.

W e r b e r g i n (1929) mukaan sydänpuun määrä on vanhoissa männyissä hyvällä kasvualustalla suurin 1/3—2/3-korkeudella ja huonolla kasvualustalla vastaavasti 1/8—1/4-korkeudella. Lisäksi pintapuunkin kosteus on latvaa kohti kohoava. S i i m e s (1938) on mitannut tukkimäntyjen pintapuun keskimääräiseksi kosteudeksi kannonkorkeudella 120 %, ensimmäisen tukin latvassa 131 %, toisen tukin latvassa 141 % ja kolmannen tukin latvassa 153 %. Sydänpuun kosteus on vastaavasti kohonnut vain 31.9 %:sta 33.8 %:iin.

Kun rungosta valmistetaan puutavaraa, saadaan kuivinta tavaraa rungon tyviosasta. Siten sahatukit ovat kuivempia kuin paperipuut. Kosteinta tavaraa on tukkien ja paperipuitten valmistamisen jälkeen saatava ohutpuu. Saman tavaralajin ollessa kysymyksessä ohuet pölkyt ovat järeitä kosteampia, koska ne keskimäärin tehdään ylempää rungosta. Tästä antaa kuvan myös taulukko 10, joka on laadittu Ruotsinkylässä vuosina 1958—1960 kerättyjen näytteitten perusteella.

O h u e s s a, p u o l i p u h t a a s s a pölkyssä haihduttava pinta puun tilavuusyksikköä kohti on suurempi kuin järeässä pölkyssä. Tästä ja kor-

Taulukko 10. Erikokoisten kuusien ja mäntyjen käyttöosan kosteus rungon eri korkeuksilla Ruotsinkylässä kaatohetkellä vuosina 1958—60

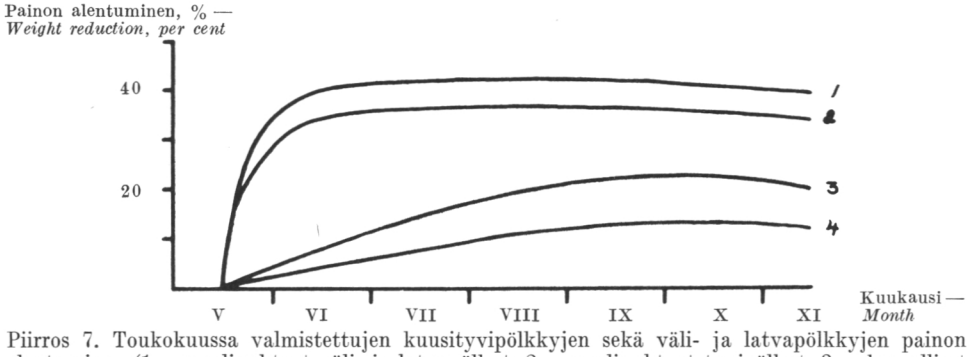
Table 10. The moisture content of the useful part of spruces and pines of unequal size at different heights of the stem in Ruotsinkylä at the moment of felling in the years 1958—60

Rungon käyttöosa, m *Useful part of the trunk, m*	Runkoja, kpl *Number of trunks*	Etäisyys kannosta, m — *Distance from stump, m*								
		0	4	6	8	10	12	14	16	18
		Kosteus kaatohetkellä, % — *Moisture content at the moment of felling, per cent*								
		Kuuset — *Spruces*								
4	7	78	82							
6	15	74	73	86						
8	25	80	75	—	97					
10	51	81	80	—	98	113				
12	30	83	77	—	91	—	108			
14	34	83	81	—	91	—	112	125		
16	20	88	81	—	97	—	105	—	129	
18	6	79	79	—	82	—	90	—	108	122
		Männyt — *Pines*								
6	6	98	95	111						
8	28	94	94	—	116					
10	24	91	95	—	114	125				
12	30	90	89	—	110	—	128			
14	21	94	86	—	101	—	126	133		
16	6	81	84	—	97	—	115	—	139	

keasta alkukosteudestaan johtuen ohuet, puolipuhtaat pölkyt kuivuvat järeitä nopeammin. Puolipuhdas pölkky, jonka latvaläpimitta oli 8 cm, saattoi menettää painostaan 40 % samana aikana kuin 20 cm:n paksuinen pölkky menetti vain 15 %.

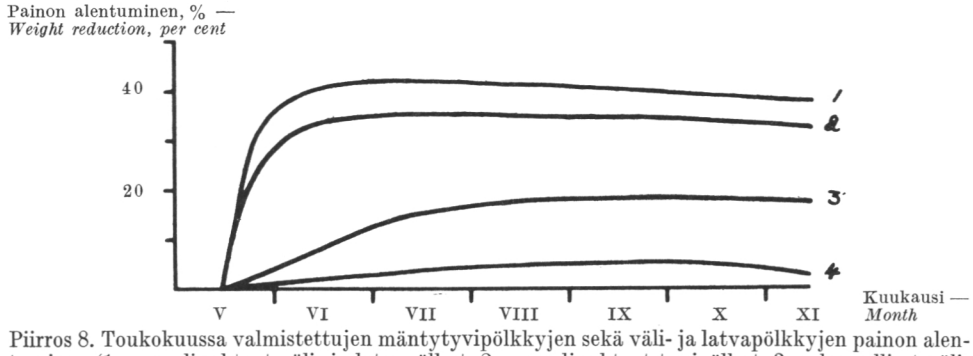
Kuorellisen pölkyn kuivuminen tapahtuu poikkileikkauspintojen ohella oksan ja karsimisen yhteydessä kuoren alta paljastuneen oksan ympäristön kautta. Kuivuminen tosin rajoittuu oksan ympärille suppealle alalle. Nylinderin (1950) mukaan oksan vaikutus ulottuu puun pituussuunnassa sekä ylös- että alaspäin noin 30 cm, mutta tangentin suunnassa kuivumista tapahtuu oksan ulkopuolella tuskin lainkaan. Säteen suunnassa oksan vaikutus rajoittuu miltei kokonaan pintapuuhun. Oksaisista rungoista valmistetut kuorelliset paperipuut kuivuvat paremmin kuin oksattomista rungoista valmistetut pölkyt (vrt. Helander 1918).

Rungon tyvestä tehdyn tavaran, olkoonpa se sitten paperipuuta tai tukkipuuta, nopeudeltaan hidas ja määrältään vähäinen kuivuminen käy ilmi piirroksista 7 ja 8.



Piirros 7. Toukokuussa valmistettujen kuusityvipölkkyjen sekä väli- ja latvapölkkyjen painon alentuminen (1 = puolipuhtaat väli- ja latvapölkyt, 2 = puolipuhtaat tyvipölkyt, 3 = kuorelliset väli- ja latvapölkyt, 4 = kuorelliset tyvipölkyt).

Figure 7. The seasoning of spruce butt billets and middle and top billets prepared in May (1 = barked middle and top billets, 2 = barked butt billets, 3 = unbarked middle and top billets, 4 = unbarked butt billets).



Piirros 8. Toukokuussa valmistettujen mäntytyvipölkkyjen sekä väli- ja latvapölkkyjen painon alentuminen (1 = puolipuhtaat väli- ja latvapölkyt, 2 = puolipuhtaat tyvipölkyt, 3 = kuorelliset väli- ja latvapölkyt, 4 = kuorelliset tyvipölkyt).

Figure 8. The seasoning of pine butt billets and middle and top billets prepared in May (1 = barked middle and top billets, 2 = barked butt billets, 3 = unbarked middle and top billets, 4 = unbarked butt billets).

Jos sääolot ovat kuivumiskauden aikana hyvin edulliset, puolipuhtaitten paperipuitten kosteus saattaa laskea useita kosteusprosentteja alle puunsyitten kyllästymispisteen. Silloin pölkyt halkeilevat. Koska ohuet puut kuivuvat järeitä nopeammin, niissä esiintyy halkeamiakin suhteellisesti enemmän. Halkeamat ovat pölkyn päissä niinikään yleisempiä kuin pölkyn keskellä.

Syksyllä puitten päälle satava vesi ja lumiräntä aiheuttavat halkeilleissa ja siis etenkin ohuissa pölkyissä vettymistä. Siitä syystä ohuet pölkyt ovat talven tullessa useinkin kosteampia kuin vähemmän halkeilleet järeät pölkyt. Näin syntyvät erot jäävät kuitenkin pieniksi ja vaille käytännöllistä merkitystä. Tämä selviää seuraavista luvuista, jotka osoittavat Ruotsinkylässä vuosina 1957—1960 ennen elokuuta kaadettujen puolipuhtaitten paperipuitten kosteuden kaatohetken jälkeisenä syksynä pölkyn keskellä.

	Puolipuhtaat kuusipaperipuut		Puolipuhtaat mäntypaperipuut	
	Läpimitta pölkyn keskellä, cm			
	7.0 — 11.0	11.1 +	7.0 — 11.0	11.1 +
Kosteus syksyllä, %	28.9	28.2	32.0	29.9

Kuorellisissa paperipuissa ohuitten ja järeitten pölkkyjen väliset kosteuserot riippuvat suuresti kuivumisajan pituudesta, sillä kaatohetken kosteussuhteet vaikuttavat verraten pitkään.

Kaatokuukausi	Kuorelliset kuusipaperipuut		Kuorelliset mäntypaperipuut	
	Läpimitta pölkyn keskellä, cm			
	7.0 — 11.0	11.1 +	7.0 — 11.0	11.1 +
	Kosteus syksyllä, %			
IV— V	55	63	74	85
VI—VII	74	76	103	100
VIII— IX	86	86	115	107

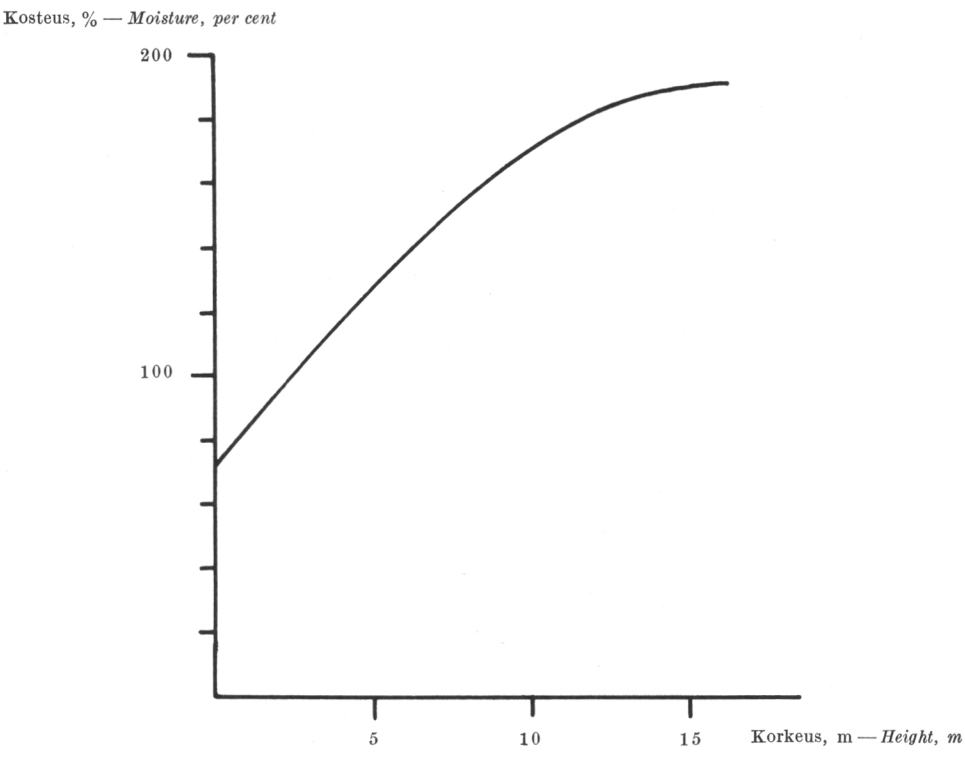
Asetelman mukaan kuorellisen pölkyn paksuuden vaikutus loppukosteuteen on männyssä suurempi kuin kuusessa. Koska asetelma sisältää vain kaksi toisiinsa rajoittuvaa läpimittaluokkaa, se ei tuo paksuuden vaikutusta loppukosteuteen esille kovinkaan selvästi. Aineiston riittämättömyys on kuitenkin estänyt pölkkyjen sijoittamisen useampaan luokkaan.

15. Kuoren kosteus

Havupuun kuoren muodostaa osaksi kuiva ja kuollut kaarnaosa, osaksi elävä nilaosa. Latvuksen yhteyttämät rakennusaineet kulkeutuvat nestemäisinä juuristoon nilassa, joka siksi on hyvin kostea. Kuoren kuivan ja kostean osan suhteellisista määristä riippuu kuoren keskimääräinen kosteus.

Piirros 9 kuvaa männyn kuoren kosteutta Ruotsinkylässä kesäkaudella 1957. Kuoren keskimääräinen kosteus on paksun kaarnan alueella alhai-

sempi kuin puuaineen kosteus. Ohuen kaarnan alueella kuoren keskimääräinen kosteus saattaa sitä vastoin nousta 200 %:iin.



Piirros 9. Elävän männyn kuoren kosteus rungon eri korkeuksilla kesäkaudella 1957 Ruotsinkylässä.
Figure 9. The moisture content of the bark of a growing pine at different heights of the trunk in the summer season of 1957 in Ruotsinkylä.

Tarkoituksena selvittää kuorellisten kuusi- ja mäntypaperipuitten kuoren paino yhden kesän metsävarastoinnin jälkeen kerättiin vuoden 1960 kokeita päätettäessä jokaisen kuorellisen näytekiekon kuoriaine tarkoin talteen. Tällöin otettiin mukaan myös kaikki kuoren ja puun pinnan välissä ollut vesi, jonka talteen saaminen oli mahdollista, koska näytteitä kerättäessä sekä kuori- että puuaine olivat jäässä.

	Kaatokuukausi							Keski-
	XII	III	IV	V	VI	VII	VIII	määrin
	Kuoren kosteus syksyllä, %							
Kuusipaperipuut	219	207	205	190	216	191	165	199
Mäntypaperipuut	237	224	244	189	183	170	162	201

Kesäkauden alkupuolella valmistetuissa kuorellisissa pölkyissä kaarnakuoriaisten toukat söivät nilan usein lähes täydellisesti, jolloin syntyneisiin

onkaloihin kerääntyi syksyllä sadevettä. Kuoren kosteus jäikin pienimmiksi niissä erissä, jotka oli valmistettu vasta loppukesällä ja joissa ei sattunut hyönteisvahinkoja.

Taulukko 11. Kuorellisten kuusi- ja mäntypaperipuitten kuoren määrä laskettuna painoprosentteina kuorellisesta puumäärästä marraskuussa 1960 Ruotsinkylässä. Osamäärän kumpikin tekijä on painotettu sarakkeissa a absoluuttisen kuivana, sarakkeissa b tuoreena

Table 11. The amount of the bark of unbarked spruce and pine pulpwood in percentage by weight of the amount of unbarked wood in November 1960 in Ruotsinkylä. Each factor of the quotient has been weighed in column a when absolutely dry, in column b while green.

Kaatokuukausi *Felling month*	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*		Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*	
	a	b	a	b
	Kuoren paino syksyllä, % — *Weight of the bark in the autumn, per cent*			
XII	6.1	10.1	5.7	9.4
III	6.8	11.6	5.1	8.5
IV	6.4	10.4	4.9	8.9
V	7.8	12.8	6.4	9.9
VI	8.5	13.4	7.2	8.9
VII	6.7	10.2	6.1	7.8
VIII	8.7	11.8	5.8	7.2
Keskimäärin *Average*	7.3	11.5	5.9	8.7

Kuoren kosteudesta johtuen märkäpainosta lasketut kuoren painoprosentit ovat suurempia kuin kuivapainosta lasketut (taulukko 11). Märkäpainosta lasketut ovat tärkeämpiä, sillä ne osoittavat käytännössä vallitsevan tilanteen. Sekä kuusi- että mäntypaperipuitten kuoriprosentti — normaaliin tapaan tilavuudesta laskettuna — on Etelä-Suomessa 14 (A r o 1959). Tutkimusaineistossa tilavuudesta laskettu kuoriprosentti oli kuusipaperipuilla 11 ja mäntypaperipuilla 14. Mäntypaperipuitten voidaan siis katsoa olleen tässä mielessä keskimääräisiä, joten niitten painoprosenttiluku 8.7 antanee kuvan keskimääräisestä tapauksesta. Sitä vastoin kuusipaperipuut olivat ohutkuorisia ja antavat liian alhaisia arvoja. Niistä voidaan kuitenkin havaita, että kuusipaperipuitten kuoren painoprosentti on yhtä suuri kuin sen tilavuusprosentti. W i n q u i s t i n (1959) suorittamassa tutkimuksessa, jossa kuusipaperipuita oli varastoitu 0—1 kesäkauden ajan ja jossa kuoren tilavuusprosentti oli 12, mitattiin kuoren painoprosentiksi eri tapauksissa 11—13.

Vaikkakin mitatut kuoren painoprosentit edustavat vain yhtä tapausta, ne osoittavat kuitenkin, että k u u s i p a p e r i p u i t t e n k u o r e n m ä r k ä p a i n o o n h u o m a t t a v a s t i s u u r e m p i k u i n m ä n t y p a p e r i p u i t t e n.

— Mainittakoon, että J o h a n s s o n (1962) on mitannut tuoreen kuoren painoprosentin olevan kuusipaperipuissa 13.9 ja mäntypaperipuissa 9.1.

2. Varastoviat

21. Siniviat

211. Kaatoajan vaikutus sinistymiseen

Kesäaikana valmistettavan puutavaran pilaantumisen määrä ja laatu riippuvat puutavaran valmistusajankohdasta. Vaikka on havaittu, että muun muassa kuusipuun selluloosan rakenteessa tapahtuu vuoden mittaan muutoksia, joitten seurauksena kuusipuu on alttiimmillaan sienien tuhoille kesäaikana (G ä u m a n n 1930 ja T r e n d e l e n b u r g 1939), kaatoajan vaikutus pilaantumiseen on kuitenkin luettava pääasiassa ulkoisten tekijäin eikä puuaineen sisäisten muutosten aiheuttamaksi. Kaatoajankohdastahan osaksi riippuu, miten kauan puutavara joutuu olemaan tuhosienille alttiina.

Kun aluksi jätetään ottamatta huomioon pölkyn päitten poikkileikkauspintojen vaikutus, saadaan kuva hyvin pitkän pölkyn sinistymisestä. Taulukoissa 12 ja 13 on esitetty puolipuhtaitten ja kuorellisten paperipuitten sinivian suhteellinen määrä tuomalla esiin paitsi keskiarvot myös niitten virherajat 95 %:n luotettavuudella. Taulukkoluvut on selvyyden vuoksi pyöristetty kokonaisluvuiksi, mutta niitten välisten erojen tilastollinen testaus on suoritettu tarkempia arvoja käyttäen.

P u o l i p u h t a i k s i kuoritut kuusipaperipuut säilyvät erittäin hyvin puun sisälle tunkeutuvaa sinistymää vastaan (taulukko 12). Sinistymä oli yleensä niin vähäistä, että eri kaatoaikojen välillä ei ollut havaittavissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Ainoan poikkeuksen muodosti kesän 1960 aineisto, jossa huhtikuu osoittautui toukokuuta ja toukokuu puolestaan seuraavia kuukausia epäedullisemmaksi kaatoajaksi erojen ollessa tilastollisesti mitattuina erittäin merkitseviä. Tällöinkään sinistymisen määrä ei noussut suureksi.

Puolipuhtaitten kuusipaperipuitten sinistymisvaara on siis vähäinen kaatoajasta riippumatta, mikäli pölkyt ristikoidaan riittävän ilmavasti. Merkillepantavaa on, että hyvissä kuivumisolosuhteissa koepuihin ei ilmaantunut sisäistä sinistymää. Toisaalta myös heinäkuussa ja sen jälkeen valmistetut paperipuut säilyivät aina terveinä.

Sinistymisvaara näyttäisi olevan suurin kevätkesällä tehtyjen paperipuitten kohdalla ja nimenomaan sellaisissa tapauksissa, joissa pölkyt ensin halkeilevat pitkälle edistyneen kuivumisen seurauksena ja sen jälkeen aika ajoin vettyvät uudelleen. Näin siis k u i v u m i s o l o s u h t e i t t e n ä k i l l i n e n h u o n o n t u m i n e n k e s ä n m i t t a a n o n v a a r a l l i s t a p u o l i p u h t a i t t e n p a p e r i p u i t t e n v a r a s t o v a h i n k o j a a j a t e l l e n.

Edellä kirjoitettu koskee vain puuaineen sisälle tunkeutuvaa sinistymää. Toinen asia on puun pinnalle ilmaantuva homemainen tai nokimainen sinistymä, joka ei ulotu puuaineen sisälle. Pinnallista sinistymää ei yleensä

ilmaannu sellaisiin paikkoihin, missä puun pintaa on karsimisen ja kuorimisen yhteydessä vahingoitettu tai missä nilaa on jäänyt kuorittaessa jäljelle.

Taulukko 12. Sinivian määrä puolipuhtaissa paperipuissa pölkyn pituuden puolivälissä syksyllä
Table 12. The amount of blue stain in barked pulpwood in the middle of the billet in the autumn.

Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1957—58	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958	Vuolijoki 1958	Kivalo 1958
	Sinistynyttä puuta syksyllä, %tilavuudesta — *Blue-stained wood in the autumn, per cent.*					
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*					
IV	0	—	7 ± 2	1 ± 0	0	1 ± 1
V	0	—	4 ± 1	2 ± 1	0	0
VI	0	—	1 ± 0	0	0	1 ± 1
VII	0	—	0	0	—	0
VIII	0	—	—	—	—	—
IX	—	—	—	—	—	—
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*					
IV	15 ± 3	—	8 ± 1	8 ± 3	—	—
V	16 ± 2	7 ± 2	17 ± 2	6 ± 2	2 ± 1	5 ± 2
VI	22 ± 5	1 ± 1	10 ± 2	5 ± 2	2 ± 1	4 ± 2
VII	22 ± 12	6 ± 2	11 ± 3	4 ± 1	2 ± 1	8 ± 3
VIII	3 ± 2	1 ± 1	2 ± 0	3 ± 2	1 ± 1	3 ± 1
IX	—	—	—	—	—	—

Puolipuhtaitten kuusipaperipuitten pinnalla elävät sinistäjäsienet käyttävät ravinnokseen puun uloimman vuosiluston sisältämiä ravintorikkaita nesteitä. Paperipuitten täyspuhtaaksi kuorimisella estetään pinnallisen sinistymän muodostuminen ja saadaan puutavara näyttämään puhtaalta. Puutavaran laatua voidaan tällä toimenpiteellä tuskin kuitenkaan suuresti parantaa, sillä pinnallinen sinistymä häviää suureksi osaksi paperipuitten tavanomaisen käsittelyn aikana uitto- ja tehdaskuorintavaiheissa.

Puolipuhtaitten kuusipaperipuitten pinnallinen sinistymä kehittyy hyvin voimakkaaksi heinä- ja etenkin elokuussa valmistetuissa pölkyissä. Tuolloin sekä lämpötila että ilman suhteellinen kosteus ovat korkeita. Alkukesällä ilman suhteellinen kosteus, joka näyttää olevan erityisen merkityksellinen tekijä juuri pinnallisen sinistymän muodostuessa, on alhaisempi kuin loppukesällä.

Kuten myöhemmin havaitaan, puolipuhtaitten paperipuitten sinistyminen on pölkyn eri osissa saman suuruista. Taulukon 12 perusteella voidaan siis päätellä, että puolipuhtaat kuusipaperipuut säilyvät sinistymistä vastaan varsin hyvin. Kesäaikana tehdyn tavaran säilyminen näyttää olevan sitä varmempaa, mitä myöhäisempänä ajankohtana puutavara valmistetaan.

Talvikaadosta tehtiin havaintoja vain vuoden 1960 kokeitten yhteydessä. Ne osoittivat, että joulukuussa ja maaliskuussa valmistetun tavaran sinistyminen oli rinnastettavissa huhti—toukokuun puitten sinistymiseen.

Vapaasti elävät sinistäjäsienet tunkeutuvat puuaineeseen tavallisimmin pölkyn ulkopinnalta käsin. Kasvukauden aikana tämä on mahdollista niin pian kuin puun pinnan kosteus on laskenut sienien sietämän maksimikosteuden alapuolelle, ja niin kauan kuin kosteus pysyy sienille otollisena. Sinistäjäsienet etenevät nopeasti puun sisäosia kohti puuaineen kosteudesta riippuen. Ne käyttävät kulkureitteinään mielellään puun ydinsäteitä, mikä aiheutunee osittain edullisista kosteussuhteista — ydinsäteissä kosteus säilyy riittävän korkeana pitempään kuin ympäröivässä solukossa — sekä osittain ydinsäteitten elävän tylppysolukon sisältämistä sinistäjäsienien ravintoaineista. Sinistymäkuvio muodostuu tällöin pinnalta käsin ydintä kohti suuntautuvista diffuusisista sinistymäkärjistä, joitten pituus on kääntäen verrannollinen puutavaran kuivumisnopeuteen.

Kuvatulla tavalla kehittyvän sinistymän määrä saattaa puolipuhtaissa kuusipaperipuissa muodostua huomattavaksi epäedullisten kuivumisolojen vallitessa. Sitä vastoin hyvissä kuivumisoloissa, kuten kesällä 1959, pinnalta käsin leviävä sinistymä jää puolipuhtaissa kuusipaperipuissa merkityksettömäksi. Vaihtelua ei kuitenkaan esiinny ainoastaan eri vuosien välillä, vaan myös saman kasvukauden eri kaatoaikojen välillä. Jos näet puolipuhtaitten paperipuitten valmistamisajankohdan jälkeen vallitseva sää on kuivumisen kannalta epäedullinen mutta sienien kehittymisen kannalta edullinen, saattaa muodostua poikkeuksellisen runsasta ja voimakasta sinistymää. Ei voida etukäteen varmuudella tietää, mikä kaatoaika tulee olemaan kunakin vuonna edullisin, vaan voidaan ainoastaan saada selville keskimääräisesti edullisimmat ja epäedullisimmat kaatoajat.

Vasta syyskuussa valmistetut puolipuhtaat mäntypaperipuut säilyvät vahingoittumattomina, mitä puun sisälle tunkeutuvaan sinistymään tulee. Myös elokuu on huhti—heinäkuuta edullisempi puolipuhtaitten mäntypaperipuitten kaatoaika, mikä seikka voitiin todeta myös tilastollisesti. Sitä vastoin huhti-, touko-, kesä- ja heinäkuun edullisuusjärjestys vaihteli sääsuhteitten mukaan eri vuosina epäsäännöllisesti.

Kuorellisten paperipuitten säilyminen sieniä vastaan perustuu kuoren suojaavaan vaikutukseen ja puuaineen korkeaan kosteuteen. Sinistäjäsienet eivät kykene lävistämään rikkoutumatonta kuorta, joten niitten on tavalla tai toisella päästävä välittömään kosketukseen puuaineen kanssa. Tähän tarjoutuu erilaisia mahdollisuuksia. Sienet voivat päästä puuaineen pinnalle pölkyn poikkileikkauspinnoilla tai kohdissa, joissa kuori on karsimisen tai jonkin muun seikan johdosta rikkoutunut. Lisäksi sienet voivat

kulkeutua puuhun kovakuoriaisten välityksellä, joista useat lajit suorastaan viljelevät sinistäjäsieniä (Francke — Grosmann 1952, Mathiesen — Käärik 1953). Seuraavassa tarkastelussa jätetään aluksi ottamatta huomioon poikkileikkauspinnan kautta tapahtuva sinistyminen.

Taulukko 13. Sinivian määrä kuorellisissa paperipuissa pölkyn pituuden puolivälissä syksyllä.
Table 13. The amount of blue stain in unbarked pulpwood in the middle of the billet in the autumn.

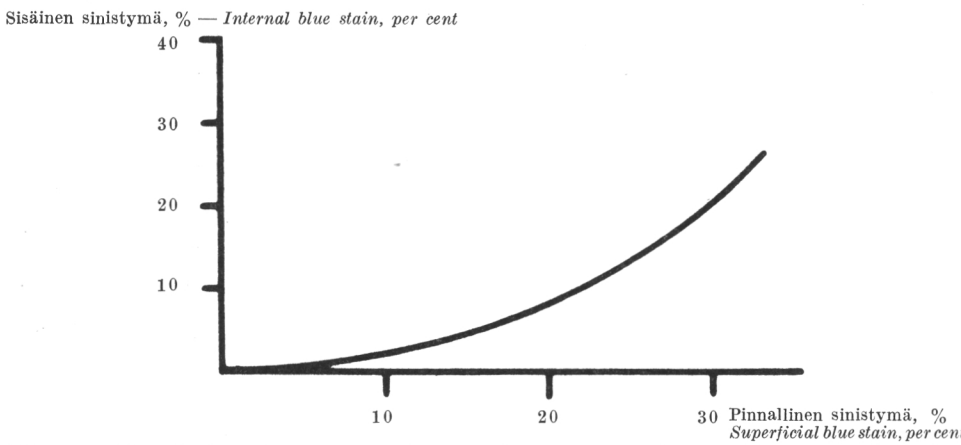
Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1957—58	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958	Vuolijoki 1958	Kivalo 1958
	Sinistynyttä puuta syksyllä, % tilavuudesta — *Blue-stained wood in the autumn, per cent.*					
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*					
IV	33 ± 14	—	25 ± 6	31 ± 9	—	—
V	33 ± 8	42 ± 11	24 ± 4	12 ± 5	12 ± 6	16 ± 6
VI	31 ± 16	23 ± 16	17 ± 3	13 ± 6	9 ± 5	11 ± 5
VII	2 ± 3	7 ± 6	6 ± 2	5 ± 5	1 ± 1	1 ± 1
VIII	0	—	0	2 ± 3	—	4 ± 5
XI	—	—	—	—	—	—
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*					
IV	11 ± 7	—	43 ± 10	7 ± 4	—	—
V	10 ± 6	1 ± 1	11 ± 6	11 ± 6	30 ± 12	18 ± 11
VI	2 ± 2	5 ± 4	2 ± 2	1 ± 2	12 ± 7	3 ± 3
VII	2 ± 2	3 ± 4	0	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
VIII	—	1 ± 1	0	6 ± 8	—	0
IX	—	—	—	—	—	—

Kesäaikana tehdyt kuorelliset kuusi- ja mänty-paperipuut säilyvät sitä huonommin, mitä aikaisemmin kesäkaudella niitten valmistus tapahtuu. Kun kaatoaika siirtyy keväästä kesäkuuhun, saavutetaan etenkin mänty-paperipuitten osalta jo paljon parempia tuloksia, mutta kuusipaperipuut sinistyvät vielä varsin pahoin. Heinä—elokuussa valmistettujen kuorellisten paperipuitten sinistyminen jää määrältään vähäiseksi, ja syyskuussa kaadetut kuorelliset paperipuut säilyvät täysin terveinä, mitä pölkyn keskiosiin tulee.

Kuorellisten paperipuitten säilyminen sitä huonommin, mitä aikaisemmin ne valmistetaan, on ymmärrettävää jo pelkän varastoimisajan pituuden perusteella. Kuorellisten paperipuitten kosteushan laskee jatkuvasti varastoinnin kestäessä kesän yli ja muuttuu siten hiljalleen sinistäjäsienille suotuisammaksi. Tärkein syy huhti-, touko- ja kesäkuussakin valmistettujen paperipuitten sinistymiseen on löydettävissä kuitenkin hyönteisistä, pääasiassa kaarnakuoriaisista. Tämä näkyy pölkyn vaippapinnalla hyönteisten syömäkuvioitten ympäristön sinistymisenä. Kuorellisten paperipuitten pinnallisen sinistymän ja sisäisen sinistymän välillä taas näyttää vallitsevan korrelaatio, kuten edellisestä aineistosta laaditusta piirroksesta 10 ilmenee.

Sinistäjäsieniä levittävät hyönteiset parveilevat yleensä varhain ja iskeytyvät vain parveiluhetkellä käytettävissä olevaan materiaaliin. Siitä syystä loppukesällä valmistetut paperipuut säästyvät yleensä hyönteisten aiheuttamalta sinistymältä.

Kuorellisten paperipuitten sinistyminen voi tapahtua myös karsimajälkien ja muitten kuoren rikkoutumien kautta. Näillä kohdin sienten itiöt pääsevät suoraan puuaineen pinnalle. Karsimajälkien läheisyydessä puuaineen kosteus on usein sienien vaatimusten mukainen. Siksi toisaalta oksikkaasta rungosta ja toisaalta rungon latvaosasta valmistetut kuorelliset paperipuupölkyt sinistyvät oksattomia tyvipölkkyjä pahemmin.

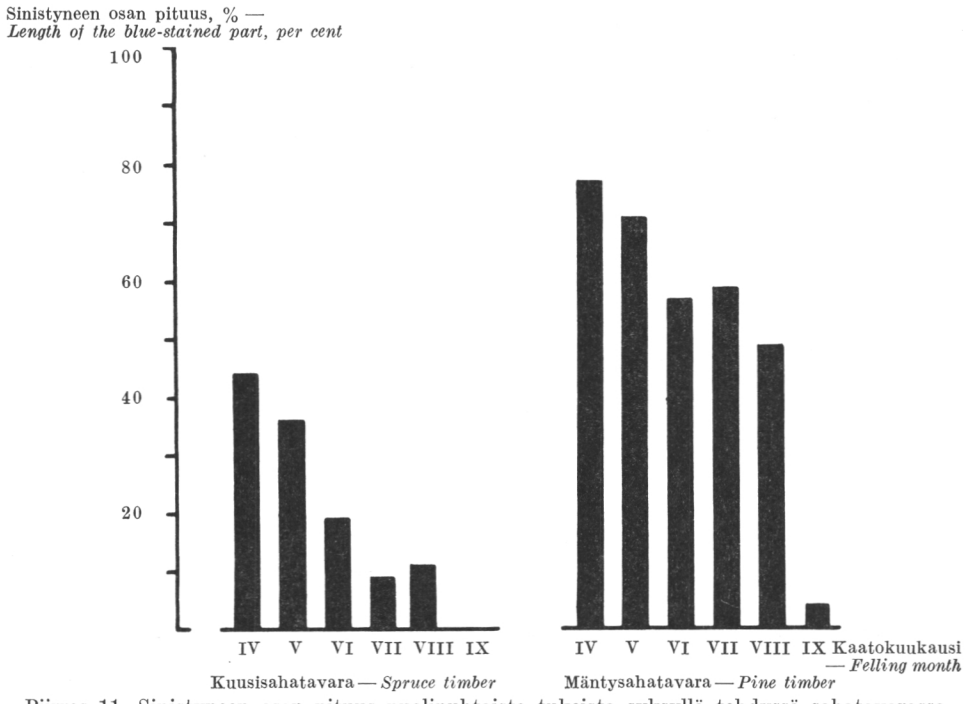


Piirros 10. Kuorellisten mäntypaperipuitten pinnallisen ja puun sisäisen sinistymän välinen riippuvuus Ruotsinkylässä 1957.

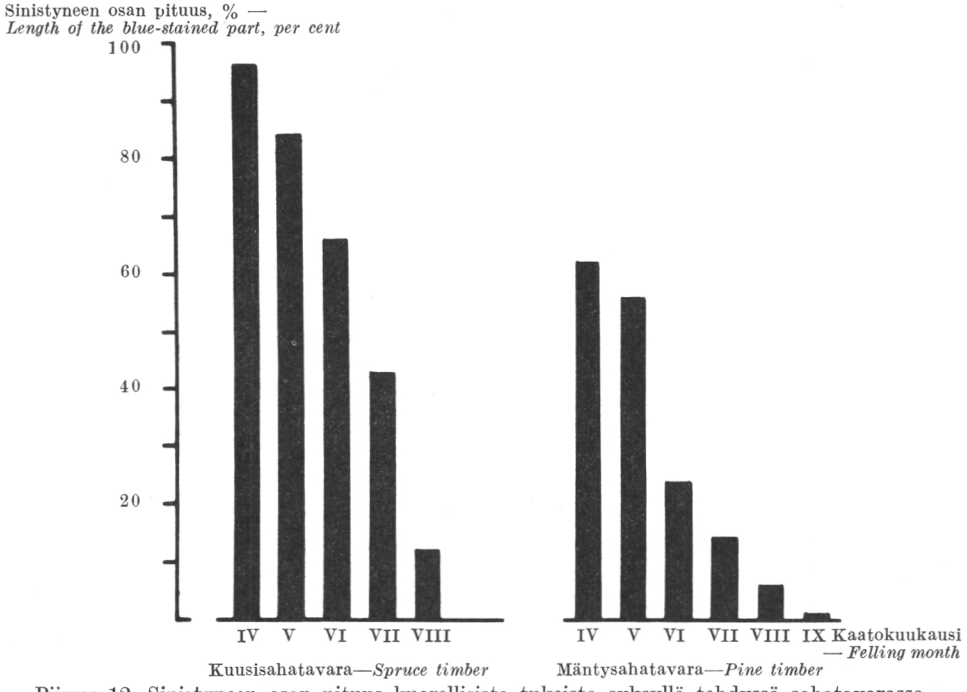
Figure 10. The interdependence of superficial and internal blue stain in unbarked pine pulpwood in Ruotsinkylä in 1957.

Sinistymä on sekä paperipuissa että sahatukeissa laatua alentava vika. Se vaikuttaa kuitenkin eri tavoin näissä kahdessa tavaralajissa. Paperipuissa sinistymän haitallisuus johtuu siitä, että se huonontaa selluloosamassan väriominaisuuksia. Massan vaaleus kärsii sitä enemmän, mitä suurempi osa puuaineesta on sinistynyttä. Sinivian suhteellinen vahingollisuus paperipuissa voidaan osuvasti kuvata ilmoittamalla sinistyneen puun kuutiomäärän osuus kaikesta puumäärästä.

Sahatukeissa sinistymä on vika, joka pääasiassa kauneussyistä alentaa sahatavaran laadun kvintta- tai sekstaluokkaan. Monissa tapauksissa sahatavarakappaleen laatu voidaan kuitenkin palauttaa u/s-luokkaan lyhentämällä kappaletta sinistymäkuvion pituuden verran. Tämän takia määritettiin sahatukeista sinistyneen osan pituus ylenevää jalkaluokitusta käyttäen. Piirroksista 11 ja 12 voidaan nähdä, missä määrin tutkituista tukeista saatu sahatavara oli sinistymän vahingoittamaa. Piirrokset eivät kuvaa sinistymän runsautta sinänsä vaan osoittavat ainoastaan, miten pitkälle sahatavarakappaleen päästä lukien sinistymä ulottui.



Piirros 11. Sinistyneen osan pituus puolipuhtaista tukeista syksyllä tehdyssä sahatavarassa.
Figure 11. The length of the blue-stained part of lumber made of barked logs in the autumn.



Piirros 12. Sinistyneen osan pituus kuorellisista tukeista syksyllä tehdyssä sahatavarassa.
Figure 12. The length of the blue-stained part of lumber made of unbarked logs in the autumn.

Tukit sinistyivät pahoin ja sitä enemmän, mitä aikaisemmin ne kaadettiin. Kuusitukit säilyivät sinistymistä vastaan parhaiten puolipuhtaina, mäntytukit taas kuorellisina. Kuusitukit säilyivät terveinä vasta syyskuun kaatoerissä, mutta mäntytukeille näytti syyskuukin olevan eräissä tapauksissa liian varhainen kaatoaika.

Puolipuhtaitten sahatukkien sinistyminen tapahtui etenkin kuusien osalta miltei täydellisesti halkeamien kautta. Vaikka halkeamien ympärille syntyvä sinistymäkuvio on useinkin niin vähäinen, että sillä ei ole lainkaan merkitystä paperipuissa, se on silti riittävän näkyvä pudottamaan sahatavaran laadun alle u/s-luokan vaatimusten.

212. Pölkyn pituuden vaikutus sinistymiseen

Koska sienien elinehdot riippuvat puuaineen kosteudesta ja kosteussuhteet taas vaihtelevat pölkyn pituussuunnassa, saattaa pölkyn pituudella olla vaikutusta syntyvien varastovahinkojen määrään.

Taulukko 14. Puolipuhtaitten paperipuitten sinistyminen pölkyn eri osissa vuonna 1960 Ruotsinkylässä.
Table 14. The blue staining of barked pulpwood in different parts of the billet in 1960 in Ruotsinkylä.

Kaatokuukausi *Felling month*	Etäisyys pölkyn latvasta, cm — *Distance from top of billet, cm*			
	30	130	230	330
	Sinistynyttä puuta syksyllä, % tilavuudesta — *Blue-stained wood in the autumn, per cent.*			
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*			
XII	6.0	7.1	7.5	7.4
III	2.4	1.9	2.1	2.3
IV	4.5	5.9	6.0	5.5
V	4.6	4.4	4.1	4.2
VI	1.0	0.7	0.2	0.4
VII	—	0.4	0.1	0.1
VIII	—	0.1	—	—
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*			
XII	22.4	22.0	22.6	23.3
III	13.0	9.3	9.6	9.2
IV	9.7	6.8	6.8	7.4
V	18.2	15.8	15.6	14.3
VI	9.8	9.2	7.9	8.2
VII	11.5	12.3	9.4	14.0
VIII	3.2	2.6	1.5	1.7

Puolipuhtaitten paperipuupölkkyjen keskimääräinen sinistyminen saadaan selville pölkyn keskeltä otetun näytteen perusteella (taulukko 14). Tähän tulokseen ovat päätyneet myös Lagerberg, Lundberg ja Melin (1927). Tutkimusaineisto osoittaa edelleen, että pölkyn pituudella ei ole vaikutusta puolipuhtaitten paperipuitten sinistymiseen.

Kun jätetään ottamatta huomioon poikkileikkauspintojen vaikutus, voidaan taulukosta 15 havaita, että kuorellisten kuusipaperipuitten sinistyminen on aluksi latvapäässä vähäisempää kuin kuivemmassa tyvipäässä. Puun kuivuessa ja sinistymän lisääntyessä latvapää näyttää kuitenkin sinistyvän tyvipäätä enemmän. Vuoden 1958 aineiston perusteella päädyttiin samaan tulokseen. Kuorellisissa mäntypaperipuissa sitä vastoin tyvipää sinistyi latvapäätä voimakkaammin johtuen ehkä siitä, että latvapään kosteus pysyi koko kesän ajan tyvipään kosteutta korkeampana.

Sinistymänäytteille, jotka otettiin 30 cm:n etäisyydeltä latvasta, oli ominaista sinistymisen määrän suuri vaihtelu. Pahoin sinistyneissä kaatoerissä sinistymä ei aina ollut päissä voimakkaampaa kuin keskellä pölkkyä. Sinistymistä aiheuttavat hyönteiset näet yleensä karttavat pölkyn päätä. Sitä vastoin heinä—elokuun aikana valmistettujen kuorellisten kuusi- ja mäntypaperipuupölkkyjen päät sinistyvät usein voimakkaasti pölkyn keskiosan säilyessä vahingoittumattomana.

Taulukko 15. Kuorellisten paperipuitten sinistyminen pölkyn eri osissa vuonna 1960 Ruotsinkylässä.
Table 15. The blue staining of unbarked pulpwood in different parts of the billet in 1960 in Ruotsinkylä.

Kaatokuukausi *Felling month*	Etäisyys pölkyn latvasta, cm — *Distance from top of billet, cm*			
	30	130	230	330
	Sinistynyttä puuta syksyllä, % tilavuudesta — *Blue-stained wood in the autumn, per cent.*			
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*			
XII	7	10	8	18
III	15	28	21	21
IV	24	25	24	24
V	19	22	25	19
VI	21	15	12	19
VII	24	5	5	7
VIII	2	0	0	0
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*			
XII	9	15	21	20
III	22	23	27	30
IV	33	38	37	44
V	29	11	6	16
VI	10	9	8	8
VII	9	6	—	0
VIII	10	0	—	—

Nelimetristen, kuorellisten kuusi- ja mäntypaperipuitten keskimääräistä sinistymistä ei voida selvittää yhdeltä, määrätyltä kohdalta pölkkyä otetun näytteen perusteella. Muun muassa Björkman (1958) toteaa päätyneensä liian suuriin vikaprosentteihin mitattuaan 2-metristen kuorellisten paperipuitten sini- ja lahoviat näytteistä, jotka oli otettu 30 cm:n etäisyydeltä pölkyn päistä. Käsillä olevan tutkimuksen tulosten mukaan näyttäisi siltä, että mainittu näytteenottomenetelmä antaa liioitellun kuvan ainakin kesän jälkipuoliskolla valmistettavan kuorellisen tavaran sinistymisestä.

Ottamalla näytteitä nimenomaan tätä tarkoitusta varten sekä tutkimalla sahatavaran sinistymiskuvioita tultiin päätelmään, jonka mukaan pölkyn poikkileikkauspinnan kautta tai vaikutuksesta tapahtuva sinistyminen ulottuu ensimmäisen varastoimiskauden päätyttyä kuorellisissa pölkyissä korkeintaan 50—60 cm:n etäisyydelle. Svenssonin (1962) suorittamassa tutkimuksessa kesäaikana valmistettujen kuorellisten tukkien sinistyminen saattoi korkeintaan 9 viikkoa kestäneen varastoinnin jälkeen ulottua poikkileikkauspinnalta kahden jalan syvyyteen. Kun 30 cm:n päästä latvasta otettu näyte sattuu likimain tämän 50 cm:n vyöhykkeen puoliväliin, katsottiin kyseisen näytteen osoittavan sellaisenaan pölkyn pään vaikutuspiirissä olevan vyöhykkeen sinistymisen. Tämän perusteella 4-metristen kuorellisten paperipuitten keskimääräinen sinistyminen on laskettu jäljempänä siten, että pölkyn keskeltä otettu näyte on painotettu luvulla 3 ja pölkyn pään vaikutuksen huomioon ottava näyte luvulla 1.

Pölkyn poikkileikkauspinnan vaikutus pölkyn sinistymiseen ei näytä olevan merkityksellinen niissä kuorellisissa paperipuissa, jotka kaadetaan keväällä tai alkukesällä, sillä tuolloin hyönteissinistymän merkitys on ratkaiseva. Sitä vastoin loppukesällä valmistetut kuorelliset paperipuut sinistyvät voimakkaasti juuri pölkyn päitten kautta ja säilyvät siksi sitä paremmin, mitä pitempiä ne ovat.

213. Pölkyn paksuuden vaikutus sinistymiseen

Ohuessa pölkyssä on järeään verrattuna suhteellisesti enemmän vaippapintaa ja syvempiä halkeamia ja toisaalta taas vähemmän sydänpuuta, jota sinistäjäsienet karttavat. Siksi puolipuhtaista paperipuista ohuet sinistyvät helpommin kuin järeät, mikä ilmenee alla olevasta, vain Ruotsinkylän aineistosta koostuvasta asetelmasta.

Tutkimusvuosi	Puolipuhtaat kuusipaperipuut		Puolipuhtaat mäntypaperipuu.	
	Läpimitta pölkyn keskellä, cm			
	7.0 — 11.0	11.1 +	7.0 — 11.0	11.1 +
	Sinistynyttä puuta syksyllä, % tilavuudesta			
1957	—	—	19	12
1958	0	0	—	—
1959	0	0	5	4
1960	4	2	14	9

Asetelma, johon sisältyvät ennen elokuuta valmistetut puolipuhtaat paperipuut, osoittaa, että läpimitan vaikutus on mäntypaperipuissa voi-

makas. Puolipuhtaitten kuusipaperipuitten sinistyminen taas on niin vähäistä, että läpimitan vaikutus pääsi esiin vain pahimmin sinistyneissä kaatoerissä vuonna 1960.

Kuorellisten paperipuitten sinistyminen ei näyttänyt riippuvan pölkyn paksuudesta.

Tutkimusvuosi	Kuorelliset kuusipaperipuut		Kuorelliset mäntypaperipuut	
	Läpimitta pölkyn keskellä, cm			
	7.0 — 11.0	11.1 +	7.0 — 11.0	11.1 +
	Sinistynyttä puuta syksyllä, % tilavuudesta			
1957	—	—	6	5
1958	22	19	—	—
1959	23	28	3	2
1960	18	16	14	14

Kuorellisten paperipuitten sinistyminen tapahtuu suureksi osaksi hyönteisten välityksellä. Muutamat hyönteislajit ovat tarkkoja kaarnan paksuuteen nähden. Sinistymää levittävät vaakanävertäjä ja okakaarnakuoriainen viihtyvät männyn ohuen hilsekuoren alla (Kangas 1934) ja aiheuttavat siten sinistymääkin enemmän ohuissa kuin paksuissa pölkyissä. Käsillä olevassa tutkimuksessa suuri osa tyvitavarasta tehtiin kuitenkin sahatukeiksi, joten paperipuuaineistossa oli verraten harvoja paksukaarnaisia pölkkyjä, mikä seikka saattoi osaltaan tasoittaa pölkyn järeyden mahdollista vaikutusta sinistymiseen. Männyn paksun kaarnan alla viihtyvät kaarnakuoriaislajit ovat näet pintasinistäjiä, joitten vaikutus ei ulotu syvälle puuhun.

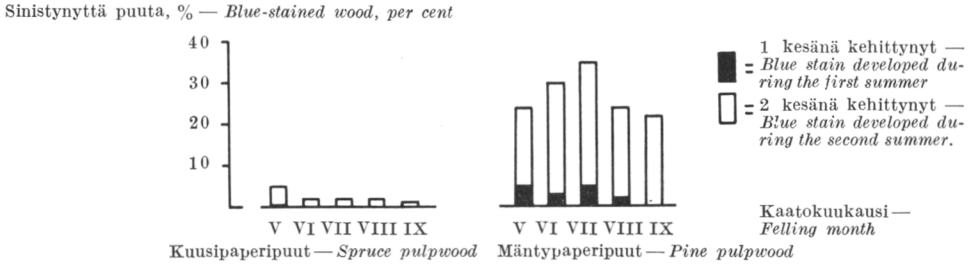
214. Sinistymän leviäminen toisen kesän aikana

Paperipuuta jalostavat teollisuuslaitokset ovat viime vuosien kuluessa onnistuneet lyhentämään paperipuitten keskimääräistä varastoimisaikaa. Pyrkimyksenä on kuitenkin lyhentää puutavaran kulkuaikaa kannolta tehtaalle vielä nykyisestään. Tähän on syytä pyrkiä jo yksinomaan varastovikojen syntymisen ehkäisemiseksi, joskin painavampina syinä ovat olleet vaikuttamassa tehtaitten käyttöpääoman vähyys ja korkokustannusten alentamistavoite.

Puun korjuumenetelmien kehittyminen ja monipuolistuminen, kuljetuskaluston ja tieverkoston parantuminen, hankintaorganisaation tehostuminen ynnä muut tekijät ovat lyhentäneet paperipuitten varastoimisaikaa. Kahden kesäkauden ajan kestävältä varastoinnilta ei voida kuitenkaan kokonaan välttyä. Näin ollen on syytä luoda edes ylimalkainen silmäys sinistymisen kehittymiseen toisen kesän varastoinnin aikana.

Toisen kesän aikana seurattiin kaikkien vuosina 1958 ja 1959 valmistettujen paperipuitten säilymistä. Piirrokset 13 ja 14 ilmaisevat näitten erien keskimääräisen sinistymisen ensimmäisenä ja toisena kesänä. Pölkyn poikkileikkauspintojen vaikutusta ei ole otettu huomioon, koska paperipuita katkottiin jo ensimmäisen kesän jälkeisiä näytteitä kerättäessä, minkä jälkeen poikkileikkauspintojen alkuperäinen vaikutus sinistymiseen ei ollut enää todettavissa.

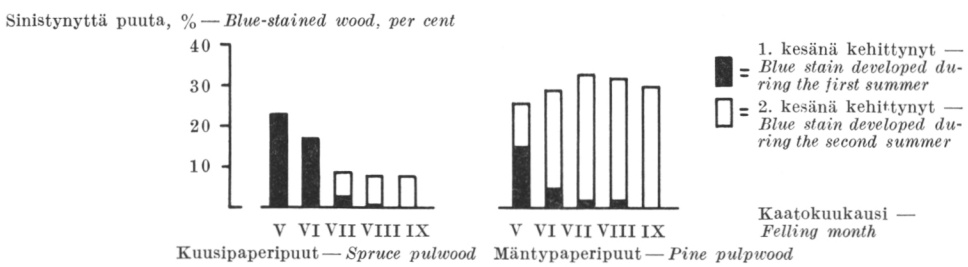
Vielä toisenkin kesän varastoinnin aikana puolipuhtaitten kuusipaperipuitten saama sinivika jäi määrältään vähäiseksi ja väriltään vaaleaksi. Sitä vastoin puolipuhtaat mäntypaperipuut sinistyivät toisen kesän aikana voimakkaasti.



Piirros 13. Sinistymän kehittyminen pölkyn keskellä puolipuhtaissa paperipuissa.
Figure 13. The development of the blue stain in the middle of the billet in barked pulpwood.

Toisena kesänä puolipuhtaitten paperipuitten sinistymä näytti muodostuvan etenkin halkeamien ympärille. Siten vuoden 1959 puolipuhtaat mäntypaperipuut, jotka ensimmäisenä kesänä olivat kuivuneet poikkeuksellisen perusteellisesti ja sen seurauksena halkeilleet tavallista enemmän, sinistyivät kesällä 1960 niin pahoin, että syksyllä lähes 60 % kaikesta puuaineesta oli sinistynyttä.

Kuorellisissa kuusipaperipuissa sinistymä levisi toisen kesän aikana edelleen vain sellaisissa kaatoerissä, jotka oli tehty niin myöhäisessä vaiheessa edellisenä kesänä, että niihin ei ollut vielä silloin ilmestynyt hyönteissinistymää. Kevätkesällä valmistetut kuorelliset kuusipaperipuut, jotka



Piirros 14. Sinistymän kehittyminen pölkyn keskellä kuorellisissa paperipuissa.
Figure 14. The development of the blue stain in the middle of the billet in unbarked pulpwood.

sinistyivät ensimmäisenä kesänä pahemmin kuin muut tavaralajit, eivät sinistyneet toisena kesänä enää lainkaan. Sen sijaan kuorelliset mäntypaperipuut sinistyivät nimenomaan toisena kesänä hyvin pahoin.

Toisen kesän varastoinnin aikana puolipuhtaitten ja kuorellisten kuusipaperipuitten sinistyminen jäi vähäiseksi. Ensimmäisen kesän jälkeen mitatut erot eri kaatoerien välillä olivat havaittavissa vielä toisenakin syksynä. Sitä vastoin mäntypaperipuut, olivatpa ne sitten puolipuhtaita tai kuorellisia, sinistyivät toisen kesän aikana pahemmin kuin ensimmäisenä kesänä.

22. Lahoviat

221. Kaatoajan vaikutus lahoamiseen

Paperipuitten lahovikoja tarkasteltaessa rajoitutaan aluksi vain pölkyn keskiosaan, kuten tehtiin vastaavasti sinistymistä käsittelevässä luvussa. Saadaan siis jälleen kuva hyvin pitkän pölkyn säilymisestä poikkileikkauspintojen vaikutuksen jäädessä ottamatta huomioon.

Puolipuhtaat kuusipaperipuut säilyvät lahoamista vastaan erittäin hyvin. Vuosina 1958 ja 1959 ei esiintynyt lainkaan lahovikoja. Ainoastaan kesän 1960 aikana varastoiduista puolipuhtaista kuusipaperipuista voitiin löytää lahovikaa enemmänkin kuin yksityisinä pilkkuina — silloin näet 2 % puuaineesta sai lahovikaa.

Puolipuhtaitten kuusipaperipuitten hyvä säilyminen lahoa vastaan onkin tunnettu asia sekä käytännön kokemusten että aikaisemmin suoritettujen tutkimusten perusteella (vrt. Lagerberg, Lundberg och Melin 1927, Tuovinen 1952 ja Björkman 1958a). Mainittakoon kuitenkin, että Kurtén (1939) on tullut toisenlaisiin tuloksiin. Hänen mukaansa puolipuhtaita kuusipaperipuita ei saisi valmistaa toukokuun 15. ja syyskuun 15. päivän välisenä aikana ainakaan silloin, kun paperipuut varastoidaan pinoon.

Myös mäntypaperipuut saattavat säilyä puolipuhtaina ilman lahovikoja, mikäli kuivumisolosuhteet ovat edulliset koko kasvukauden ajan (taulukko 16). Yleensä puolipuhtaitten mäntypaperipuitten lahoamisvaara on kuitenkin suurempi kuin puolipuhtaitten kuusipaperipuitten.

Petersonin (1956) mukaan kuoritussa puussa on yhden kesän varastoinnin jälkeen enemmän sinivikaa kuin lahovikaa, mutta varastoinnin jatkuessa pitempään laho tulee sinistymää voimakkaammaksi. Käsillä oleva tutkimus viittaa samaan.

Taulukon 16 lukujen perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä edullisimmasta kaatoajankohdasta laholta säilymisen kannalta. Puolipuhtaitten

Taulukko 16. Lahovian määrä puolipuhtaissa mäntypaperipuissa pölkyn pituuden puolivälissä syksyllä.

Table 16. The amount of decay in barked pine pulpwood in the middle of the billet in the autumn.

Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1957	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958	Vuolijoki 1958	Kivalo 1958
	Lahovikaista puuta syksyllä, % tilavuudesta — *Decayed wood in the autumn, per cent*					
IV	7 ± 4	—	7 ± 1	1 ± 1	—	—
V	3 ± 1	—	10 ± 2	1 ± 1	0	17 ± 11
VI	1 ± 1	—	2 ± 1	0	—	5 ± 3
VII	15 ± 7	—	1 ± 1	0	—	1 ± 1
VIII	3 ± 2	—	1 ± 0	0	—	2 ± 1
IX	—	—	—	—	—	—

mäntypaperipuitten edullisin kaatoaika näyttää sääsuhteista riippuen vaihtelevan vuosittain. Vahingollisiksi osoittautuivat tapaukset, joissa perusteellinen kuivuminen johti ensin pölkkyjen halkeilemiseen ja lisääntynyt kosteus myöhemmin mahdollisti sienien kehittymisen alullepääsyn halkeamien kautta. Kuten taulukosta voidaan havaita, laskettujen keskiarvojen keskivirheet muodostuivat niin suuriksi, että keskiarvojen erot vain poikkeustapauksissa olivat merkitseviä. Todettakoon kuitenkin, että elokuussa tehtyihin puolipuhtaisiin mäntypaperipuihin ei milloinkaan ilmestynyt voimakasta lahovikaa ja että syyskuun puut säilyivät aina ilman lahovikoja.

Puolipuhtaitten mäntypaperipuitten kosteus laskee yleensä kesän aikana niin alhaiseksi, että lahottajasienet eivät voi aiheuttaa kovinkaan suuria vahinkoja. Olosuhteet saattavat kuitenkin olla joissakin tapauksissa sienille poikkeuksellisen suotuisat toisaalta halkeilemisesta tai toisaalta sateisena kesänä hitaasta kuivumisesta johtuen. Björkmanin (1958 a) mukaan yhden kasvukauden ajan kestävän metsävarastoinnin yhteydessä vallitsee korrelaatio eri aikoina tehtyjen puolipuhtaitten paperipuitten kuivumisnopeuden ja syntyvien lahovahinkojen välillä.

Kuorellisten kuusi- ja mäntypaperipuitten säilyminen lahoamista vastaan perustuu toisaalta puuaineen korkeaan kosteuteen ja toisaalta siihen, että kuori estää sienien itiöitten pääsyn puuaineeseen (vrt. Thielmann 1956). Varastoimisajan pidentyessä näitten tekijäin vaikutus heikentyy, sillä puuaineen kosteus laskee ja kuori alkaa irtoilla kaarnakuoriaisten kaivamien käytävien ja kuivumisen johdosta. Siksi on luonnollista, että kuorelliset paperipuut lahoavat ensimmäisenkin varastoimiskauden aikana sitä enemmän, mitä aikaisemmin ne valmistetaan. Tämä ilmenee taulukosta 17.

Erityisesti on pantava merkille huhti—kesäkuussa valmistettujen kuorellisten kuusipaperipuitten huono

Taulukko 17. Lahovian määrä kuorellisissa paperipuissa pölkyn pituuden puolivälissä syksyllä.
Table 17. The amount of decay in unbarked pulpwood in the middle of the billet in the autumn.

Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1957—58	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958	Vuolijoki 1958	Kivalo 1958
	Lahovikaista puuta syksyllä, % tilavuudesta — *Decayed wood in the autumn, per cent*					
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*					
IV	44 ± 7	—	36 ± 8	14 ± 6	—	—
V	31 ± 14	3 ± 2	16 ± 4	10 ± 4	17 ± 8	8 ± 4
VI	15 ± 6	23 ± 15	12 ± 3	10 ± 4	11 ± 3	44 ± 16
VII	3 ± 1	2 ± 2	4 ± 1	4 ± 3	5 ± 2	6 ± 3
VIII	0	—	5 ± 1	2 ± 1	0	14 ± 11
IX	—	—	—	—	—	—
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*					
IV	20 ± 11	—	21 ± 5	6 ± 6	—	—
V	13 ± 7	3 ± 3	12 ± 7	12 ± 10	10 ± 8	13 ± 8
VI	10 ± 6	12 ± 3	5 ± 3	6 ± 7	3 ± 3	11 ± 6
VII	8 ± 3	1 ± 1	6 ± 3	2 ± 1	4 ± 3	2 ± 3
VIII	1 ± 1	—	2 ± 2	2 ± 2	0	4 ± 4
IX	—	—	—	—	—	—

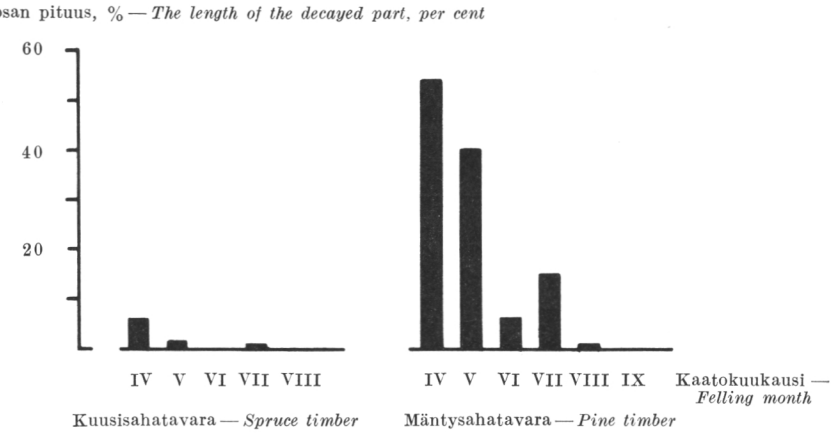
säilyminen lahoa vastaan. Tilastollisesti erittäin merkitsevästi pienimmillä lahovioilla päästiin silloin, kun kuorellisten kuusipaperipuitten kaato suoritettiin vasta heinä—elokuussa.

Kuorelliset mäntypaperipuut lahosivat niinikään sitä enemmän, mitä pitempään ne joutuivat olemaan metsävarastossa ennen kasvukauden päättymistä. Lahovian määrä jäi korkeana säilyneen kosteuden ansiosta pienemmäksi kuin kuorellisissa kuusipaperipuissa mutta kehittyi toisaalta kyllä suuremmaksi kuin puolipuhtaissa mäntypaperipuissa. Kuorellisten kuusi- ja mäntypaperipuitten varhaisten kaatoerien runsas lahoaminen johtuu siitä, että näitten tavaralajien kosteus on osan kasvukaudesta sienien kehitykselle suotuisa.

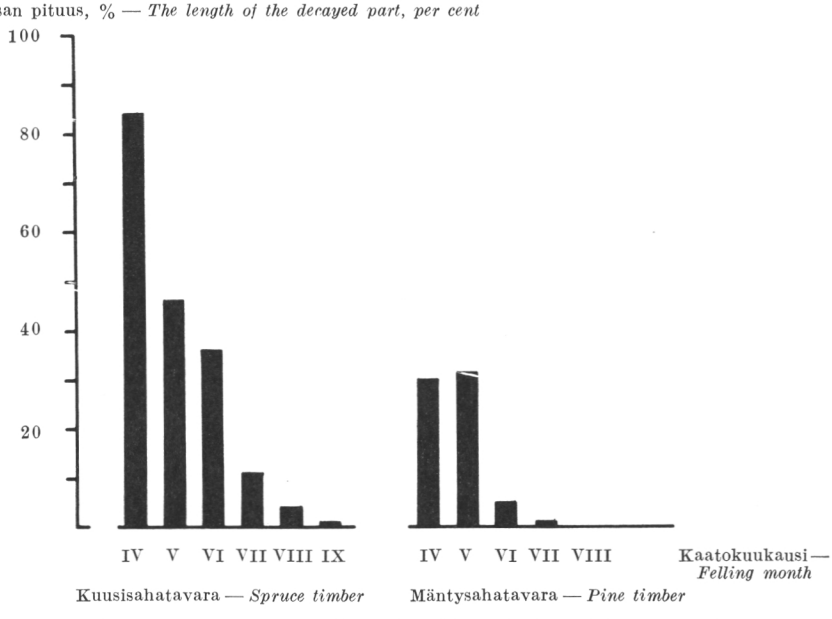
Lahovika alentaa sahatavaran laatua vaikuttaen sekä lujuusominaisuuksia heikentävästi että kauneusvirheenä. Pienikin lahivika pudottaa sahatavarakappaleen pois u/s-luokasta — vain lievänä, kiinteänä juovana esiintyessään kvinttaluokkaan mutta yleensä sekstaluokkaan.

Kuorellisen pölkyn lahovika leviää suureksi osaksi poikkileikkauspinnoilta lähtien keskiosia kohti. Tukista tehdyn sahatavarakappaleen laatuluokan alentuminen voidaan niin ollen usein estää katkaisemalla lahovikainen osa kummastakin päästä pois. Tämän toimenpiteen kannattavuus riippuu siitä, miten pitkä osa sahatavarakappaleesta joudutaan uhraamaan loppuosan säilyttämiseksi u/s-luokassa.

Piirroksista 15 ja 16 ilmenee, että lahovikojen välttämisen kannalta kesäaikana valmistettavat kuusisahatukit olisi kuorittava, ja sitä suuremmalla syyllä, mitä aikaisemmin tukit valmistetaan. Mäntysaha-



Piirros 15. Lahovikaisen osan pituus puolipuhtaista tukeista syksyllä tehdyssä sahatavarassa.
Figure 15. The length of the decayed part of lumber made of barked logs in the autumn.



Piirros 16. Lahovikaisen osan pituus kuorellisista tukeista syksyllä tehdyssä sahatavarassa.
Figure 16. The length of the decayed part of lumber made of unbarked logs in the autumn.

tukkien kuoriminen taas näyttäisi olevan yleensä epäedullista, mikä johtuu puolipuhtaitten mäntytukkien halkeilemisesta. Kuorittujen tukkien pilaantumisen perussyy on näet kuivumisen ja kutistumisen aiheuttama halkeileminen, johon liittyy värivikojen ja varastolahon syntyminen (Tuovinen 1956).

Puolipuhtaita kuusitukkeja voidaan valmistaa kesäkuusta lähtien tarvitsematta pelätä mainit-

tavia lahovahinkoja. Kuorellisten mäntytukkien edullinen kaatoaika alkaa heinä—elokuussa. Svenssonin (1962) suorittamassa tutkimuksessa 1/6—1/8 välisenä aikana kaadetut kuorelliset mäntytukit eivät saaneet lainkaan lahovikaa metsävarastoinnin kestäessä 3—9 viikkoa.

222. Pölkyn pituuden vaikutus lahoamiseen

Puolipuhtaitten kuusi- ja mäntypaperipuitten lahoaminen näyttää tapahtuvan samassa laajuudessa pölkyn eri osissa (taulukko 18). Tuovinen (1952) tosin on osoittanut, että lahovika saa aivan pölkyn pääleikkauksessa laajemmat mittasuhteet kuin pölkyn keskellä, mutta tällä seikalla ei ole käytännöllistä merkitystä.

Koska pölkyn eri osien lahoamisessa ei havaittu eroavuuksia, voidaan pölkyn keskeltä otetun näytteen katsoa osoittavan puolipuhtaan kuusi- ja mäntypaperipuupölkyn keskimääräisen lahovian. Björkman (1958) on määrittänyt 2- ja 3-metristen pölkkyjen lahoamisen 30 cm:n etäisyydeltä pölkyn latvasta otetuista näytteistä, joka menetelmä johtanee myös oikeisiin tuloksiin. — Pölkyn pituus ei siis vaikuta puolipuhtaitten paperipuitten lahoamiseen ensimmäisen kesän aikana.

Taulukko 18. Puolipuhtaitten paperipuitten lahoaminen pölkyn eri osissa vuonna 1960 Ruotsinkylässä.
Table 18. The decaying of barked pulpwood in different parts of the billet in 1960 in Ruotsinkylä.

Kaatokuukausi *Felling month*	Etäisyys pölkyn latvasta, cm — *Distance from top of billet, cm*			
	30	130	230	330
	Lahovikaista puuta syksyllä, %— *Decayed wood in the autumn, per cent*			
	Kuusipaperipuut —*Spruce pulpwood*			
XII	0.5	1.1	1.4	1.5
III	1.4	2.3	2.0	1.7
IV	1.6	1.8	1.5	1.5
V	1.1	1.1	0.9	1.3
VI	0.9	1.1	1.0	1.0
VII	0.2	0.4	0.6	0.5
VIII	2.7	1.8	1.3	1.1
	Mäntypaperipuut —*Pine pulpwood*			
XII	4.8	6.3	8.0	8.8
III	13.9	9.7	9.9	11.9
IV	9.1	6.0	8.0	8.6
V	8.1	9.6	9.1	9.5
VI	2.4	2.4	0.8	1.5
VII	0.9	0.9	1.5	0.6
VIII	1.1	0.8	0.2	0.5

Kuorelliset paperipuut lahoavat voimakkaasti pölkyn päitten läheisyydessä, koska kosteussuhteet ovat sienille edulliset juuri pölkyn

näissä osissa. Siten kuorelliset paperipuut säilyvät lahoamista vastaan sitä paremmin, mitä pitempiä ne ovat.

Kuorellisen paperipuupölkyn keskimääräistä lahoamista ei voida määrittää yhdestä ainoasta näytteestä, koska lahoaminen tapahtuu pölkyn päissä nopeammin kuin pölkyn keskiosissa. Koko tutkimusaineiston perusteella on laadittu korrelaatiokäyrät (piirros 17), jotka osoittavat, että männyllä pölkyn pään vaikutus on vielä voimakkaampi kuin kuusella. Tämä johtuu siitä, että kuorelliset mäntypaperipuut ovat kosteampia kuin yhtä pitkän ajan varastoidut kuorelliset kuusipaperipuut ja lahoavat sen tähden viimeksi mainittuja vähemmän pölkyn keskiosissa.

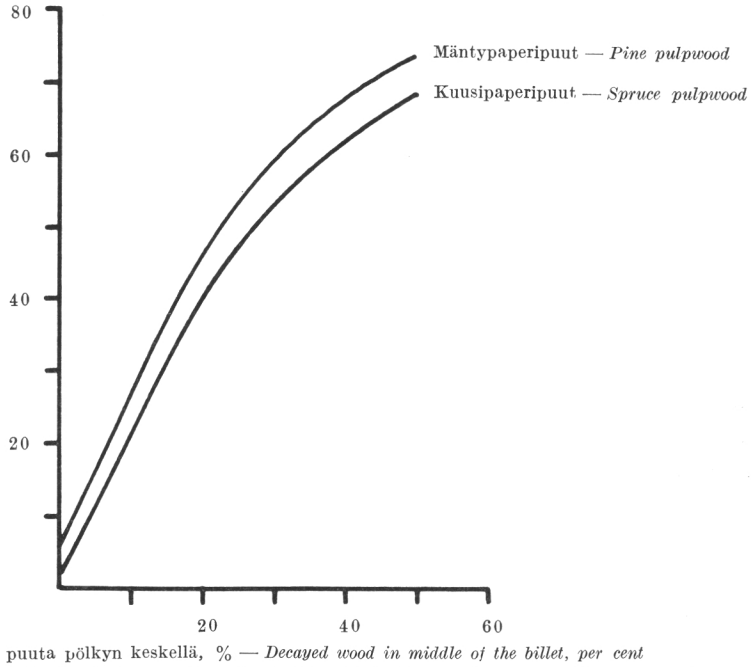
Taulukko 19. Kuorellisten paperipuitten lahoaminen pölkyn eri osissa vuonna 1960 Ruotsinkylässä.
Table 19. The decaying of unbarked pulpwood in different parts of the log in 1960 in Ruotsinkylä.

Kaatokuukausi *Felling month*	Etäisyys pölkyn latvasta, cm—*Distance from top of billet, cm*			
	30	130	230	330
	Lahovikaista puuta syksyllä, % — *Decayed wood in the autumn, per cent*			
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpwood*			
XII	11	7	8	14
III	27	17	15	16
IV	56	22	24	22
V	30	15	15	15
VI	17	12	8	12
VII	12	5	5	4
VIII	13	4	4	6
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*			
XII	8	8	7	7
III	22	7	9	14
IV	24	23	17	18
V	29	16	7	9
VI	16	5	5	6
VII	16	6	7	4
VIII	4	2	1	1

Winquistin (1959) mukaan kuorellisen kuusipaperipuupölkyn laho ei ulotu pitkälle keskelle, jos 50 cm:n etäisyydellä pölkyn päästä vain 10 % puuaineesta on lahovikaista. Jos lahovian määrä mainitulla kohdalla nousee 25 %:iin, lahovikaa on myös 3-metrisen pölkyn keskellä. Kun lahovikaa on 50 cm:n etäisyydellä pölkyn päästä yli 50 %, sitä on pölkyn keskellä lähes yhtä paljon.

223. Pölkyn paksuuden vaikutus lahoamiseen

Puolipuhtaat kuusipölkyt kuivuvat yleensä niin hyvin, että ne läpimitastaan riippumatta säästyvät lahovaurioilta. Näin tapahtui lukuun ottamatta Ruotsinkylän vuoden 1960 puita. Viimeksi mainitussa 7—11 cm:n vahvuisten pölkkyjen lahoprosentiksi muodostui 1.7 ja sitä järeämpien 2.9,



Piirros 17. Ensimmäisen kesän jälkeen pölkyn keskeltä määritetyn ja 30 cm:n etäisyydeltä pölkyn latvasta määritetyn lahovian välinen riippuvuus huhti—elokuussa valmistetuissa kuorellisissa paperipuissa.

Figure 17. The interdependence of a decay determined from the middle of the billet after the first summer and one determined from a distance of 30 cm from the top of the billet in unbarked pulpwood prepared in April—August.

kun varastoimisaika jatkui ensimmäisen kesän loppuun. Ero ei ollut merkitsevä. Läpimitasta aiheutuvia eroja ei ollut havaittavissa myöskään kaksi kesää varastoiduissa pölkyissä. Näin ollen näyttää siltä, että puolipuhtaitten kuusipaperipuitten lahoaminen ei riipu pölkyn läpimitasta.

Myöskään puolipuhtaitten mäntypaperipuitten lahoamisessa ei voitu havaita läpimitasta aiheutuvia eroja ensimmäisen varastoimiskesän aikana. Mutta kun varastointi jatkui yli toisen kesän, ohuimmat pölkyt lahosivat erittäin merkitsevästi muita enemmän. Tämä ilmenee asetelmasta, joka osoittaa kesän 1959 puolipuhtaitten mäntypaperipuitten lahovikaisuuden syksyllä 1960 Ruotsinkylässä.

	Läpimitta pölkyn keskellä, cm			
	7.0 — 9.0	9.1 — 11.0	11.1 — 13.0	13.1 +
Lahovikaista puuta, % tilavuudesta	46	26	29	28

Kuorellisten paperipuitten sinistyminen ei näyttänyt riippuvan pölkyn läpimitasta. Sen sijaan lahoamisen osalta päädytään päinvastaiseen tulokseen.

Tutkimusvuosi	Kuusipaperipuut Läpimitta pölkyn keskellä, cm		Mäntypaperipuut Läpimitta pölkyn keskellä, cm	
	7.0 — 11.0	11.1 +	7.0 — 11.0	11.1 +
	Lahovikaista puuta syksyllä, % tilavuudesta			
1957	—	—	13	5
1958	30	16	—	—
1959	14	4	5	6
1960	18	12	13	9

Asetelman mukaan kuorellisten paperipuitten lahoaminen on jo ensimmäisenä kesänä selvästi riippuvainen pölkyn paksuudesta. Joskin aineiston jakaminen vain kahteen osaan tuo tarkasteltavan ominaisuuden vaikutuksen esiin todellista lievempänä, voidaan asetelman lukuparien erot yhtä lukuun ottamatta osoittaa erittäin merkitseviksi.

Erikokoisista pölkyistä määritettyjen lahivikojen aritmeettiset keskiarvot ovat oikeina pidettäviä, pölkyn kuutiomäärällä painotettuja keskiarvoja korkeampia. Erot osoittautuivat tässä aineistossa kuitenkin niin pieniksi, että niillä ei ollut käytännöllistä merkitystä siltä osin kuin aineisto koski yhden kesän varastointia.

Varastoinnin jatkuessa toisen kesäkauden ajan läpimitan vaikutus käy yhä ilmeisemmäksi. Tätä kuvaa Ruotsinkylässä kesällä 1959 valmistettujen kuorellisten paperipuitten lahovian määrää syksyllä 1960 osoittava asetelma.

	Läpimitta pölkyn keskellä, cm			
	7.0 — 9.0	9.1 — 11.0	11.1 — 13.0	13.1 +
	Lahovikaista puuta toisena syksynä, %			
Kuusipaperipuut	63	53	40	38
Mäntypaperipuut	78	52	42	29

Toisen kesän aikana kuorellisten paperipuitten lahovian määrä moninkertaistui. Absoluuttisesti suurin lisäys tapahtui jälleen ohuimpien pölkkyjen lahoamisessa. Ruotsinkylän vuoden 1959 aineiston lahoprosentti oli syksyllä 1960 aritmeettisena keskiarvona ilmaistuna kuorellisissa kuusipaperipuissa 49 ja mäntypaperipuissa 51. Pölkyn tilavuudella painotettuina vastaavat arvot olivat 46 ja 45. Käsillä olevassa tutkimuksessa käytetyt aritmeettiset keskiarvot antavat siis pitkälle lahonneille erille liian korkeita lahoprosentteja.

224. Lahovian leviäminen toisen kesän aikana

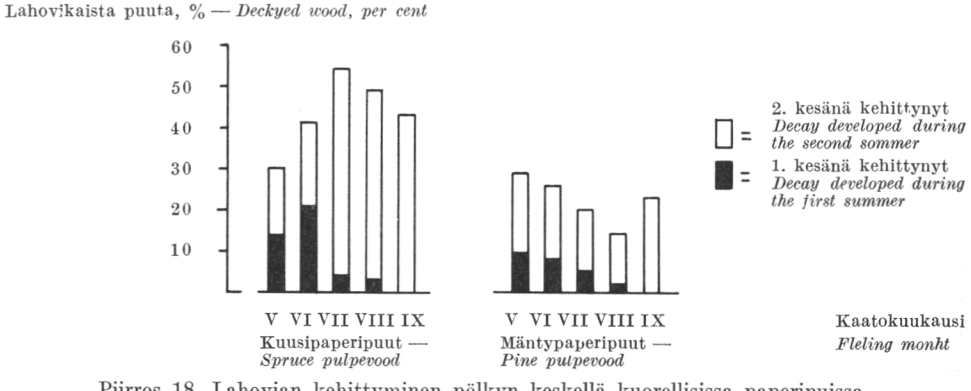
Puolipuhtaitten kuusipaperipuitten lahoaminen oli merkityksetöntä toisenkin kesän varastoinnin aikana. Toisena syksynä lahovikaista puuta oli keskimäärin vain 1 % kaikesta puuaineesta. Edellisen kesän kaatoajankohta ei vaikuttanut asiaan.

Puolipuhtaitten mäntypaperipuitten lahoaminen jäi toisen kesän aikana hyvissä kuivumisoloissa vähäiseksi. Sitä vastoin vuonna 1960, jolloin edellisen kesän hyviä olosuhteita seurasivat huonot olosuhteet, lahoaminen edistyi useinkin halkeamien kautta alkuun päästyään.

Tuovinen (1952) mainitsee, että männyn kuusta huonompi kestävyys etenkin usean vuoden pituisessa varastoinnissa saattaa aiheutua männyn suuremmasta tangentinsuuntaisesta kutistumisesta ja sen seurauksena ilmenevästä halkeilemisesta, varastoimisaikana mahdollisesti tapahtuvasta lahoa estävien aineiden määrän ja laadun muuttumisesta sekä lahottajasieniä vastustavien sienien ja bakteerien elinolojen huonontumisesta. Ainakin ensinnä mainittu syy näytti ilmeiseltä myös tässä tutkimuksessa. Puolipuhtaitten mäntypaperipuitten lahovika esiintyi varsin usein halkeamien ympärillä.

Kuorellisten paperipuitten lahoaminen jatkui toisen kesän varastoinnin aikana vielä nopeampana kuin ensimmäisenä kesänä (piirros 18). Kuusipaperipuitten osalta eri kaatoerissä kehittyneitten lahomäärien järjestys muuttui. Kesäkauden alkupuolella valmistetut tavaraerät eivät lahonneet nyt siinä määrin kuin kesän loppupuolella valmistetut erät, joiden kosteus oli edelleen lahottajasienien kehittymiselle suotuisa.

Mäntypaperipuissa, joissa huhti—toukokuussakin kaadettujen kosteus säilyi toisenkin kesän ajan korkeana, ei ollut havaittavissa vastaavaa ilmiötä. Kaatoerien järjestys lahoamiseen nähden pysyi muuten ennallaan, mutta



Piirros 18. Lahovian kehittyminen pölkyn keskellä kuorellisissa paperipuissa.
Figure 18. The development of the decay in the middle of the billet in unbarked pulpwood

syyskuun puut lahosivat kaikissa tapauksissa heinä—elokuun puita pahemmin, jota seikkaa ei voida selittää ainakaan kosteussuhteista aiheutuneeksi.

Kuorellisten paperipuitten , nimenomaan kuorellisten kuusipaperipuitten varastointi ei saisi kestää kahta kesää. Toisen kesän aikana kehittyvä lahovika johtaa huomioon otettavaan massasaannon määrälliseen supistumiseen (B j ö r k m a n 1946a ja 1958).

23. Hyönteisviat

Metsään varastoitua puutavaraa vahingoittavat kovakuoriaiset viihtyvät ainoastaan kuorellisessa puutavarassa. Useimmat vaaralliset kovakuoriaiset kuuluvat kaarnakuoriaisiin. Kullakin lajilla on parveiluaikansa, jonka kuluessa se etsii vaatimuksiansa vastaavaa puumateriaalia. Kovakuoriaisen iskeytyminen sopivaksi katsomaansa materiaaliin merkitsee samalla sitä, että se jättää muun materiaalin rauhaan. Kun useimpien metsissä puutavaraa pilaavien kaarnakuoriaisten parveiluaika sattuu kevääseen ja alkukesään, keski- ja loppukesällä valmistettava kuorellinen puutavara ei joudu ennen seuraavaa kevättä kaarnakuoriaistuholle alttiiksi.

Taulukko 20. Kovakuoriaisten syömäkuvioitten peittävyys kuorellisissa paperipuissa hakkuuta seuranneena syksynä.
Table 20. The area covered by beetle galleries in unbarked pulpwood in the autumn following the felling.

Kaatokuukausi *Felling month*	Ruotsinkylä 1957	Ruotsinkylä 1958	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958	Vuolijoki 1958	Kivalo 1958
	Syömäkuvioitten peittävyys, % vaippapinnasta — *Area covered by galleries, per cent.*						
	Kuusipaperipuut — *Spruce pulpood*						
IV	—	87	—	95	82	—	—
V	—	90	100	100	93	84	82
VI	—	86	95	90	75	53	28
VII	—	8	55	70	4	1	1
VIII	—	—	—	0	—	—	—
	Mäntypaperipuut — *Pine pulpwood*						
IV	18	—	—	70	20	—	—
V	10	—	20	70	12	49	77
VI	8	—	25	25	9	13	5
VII	7	—	3	10	—	0	—
VIII	3	—	—	—	—	—	—

Hyönteisten syömäkuviot peittivät jo ensimmäisen kesän aikana kesäkuussa ja sitä ennen valmistettujen kuusipaperipuitten pinnan lähes kokonaan (taulukko 20). Poikkeuksen muodostivat Vuolijoen ja Kivalon kesäkuun erät. Siihen oli osaksi syynä se, että eteläisissä koemetsiköissä kunkin kuukauden kaatoerä valmistettiin kuukauden puolivälin tienoilla, kun taas pohjoisissa koemetsiköissä työt suoritettiin vasta kuukauden 25. päivän aikoihin. Kymmenen vuorokauden viivästyminen juuri kesäkuussa, jolloin

usean yleisen kaarnakuoriaislajin parveiluaika päättyy, on saattanut vaikuttaa ratkaisevasti paperipuupölkyistä löydettyjen syömäkuvioitten esiintymisrunsauteen. S a a l a k s e n (1949) mukaan esimerkiksi kirjanpainajan parveilu tapahtuu pääasiassa kesäkuussa. Toisaalta on myös otettava huomioon, että hyönteisten parveilu tapahtuu pohjoisessa myöhemmin kuin etelässä.

Vuonna 1958 heinäkuussa valmistetut kuusipaperipuut säästyivät lähes kokonaan hyönteisiltä. Sitä vastoin kahtena seuraavana kesänä heinäkuun puolivälissä valmistetuissa paperipuissa hyönteisten syömäkuviot peittivät yli puolet pölkkyjen vaippapinnasta. Elokuun kuusipaperipuut säästyivät hyönteisvahingoilta säännöllisesti.

Mäntypaperipuitten osalta ei ollut havaittavissa kesän missään vaiheessa niin jyrkkää hyönteisten syömäkuvioitten vähentymistä kuin kuusipaperipuissa joko kesäkuun ja heinäkuun tai heinäkuun ja elokuun erien välillä. Kuitenkin hyönteisten syömäkuviot kävivät sitä harvinaisemmiksi, mitä myöhemmin paperipuut valmistettiin, niin että kesäkuun puitten vaippapinnasta oli enää enintään neljäsosa syömäkuvioitten peitossa. Heinä—elokuussa hyönteisillä ei ollut suurtakaan merkitystä.

Syömäkuviot sellaisenaan eivät ole paperipuitten käyttöarvoa alentavia vikoja. Pääasiallinen vahinko aiheutuu hyönteisten mukanaan tuomista sienistä, minkä takia juuri sinistymää levittäviä hyönteisiä pidetäänkin vaarallisimpina niin paperipuissa kuin sahatukeissakin. Viimeksi mainituissa kuitenkin myös puun sisään käytävänsä kaivertavat lajit luetaan haitallisimpiin kuuluviksi ilman sinistämisvaikutustakin.

Kuusen tähtikirjaaja (P i t y o g e n e s c h a l c o g r a p h u s) oli k u u s i t a v a r a s s a esiintyneistä lajeista yleisin. Sitä havaittiin kaikissa heinäkuussa ja sitä ennen valmistetuissa kaatoerissä. Se ei kuitenkaan osoittautunut vahingolliseksi, sillä sen syömäkuvioitten ympärillä oli sinistymää vain niukalti tai ei lainkaan. Ainoa kuusikoemetsikkö, missä kuusen tähtikirjaaja ei ollut yleisin laji, oli Kivalon koemetsikkö. S a a l a k s e n (1949) mukaan tämä laji onkin Pohjois-Suomessa harvinaisempi kuin maan eteläosassa.

Kuorellisissa kuusipaperipuissa ja -sahatukeissa oli yleisesti myös kirjanpainajia (I p s t y p o g r a p h u s ja I. d u p l i c a t u s), joitten syömäkuvion ympäristö oli yleensä aina sinistynyt — usein voimakkaastikin. Kirjanpainajia ei tavattu kesäkuun jälkeen valmistetuissa tavaraerissä. Kirjanpainajat osoittautuivat toisaalta yleisyytensä ja toisaalta levittämänsä sinistymän takia vahingollisimmiksi kuusitavarassa tavatuista kovakuoriaisista. Kirjanpainajat näyttivät suosivan enemmän järeitä kuin ohuita pölkkyjä.

Etenkin heinäkuussa valmistetussa kuusitavarassa tavattiin kuusen pikikärsäkästä (P i s s o d e s h a r c y n i a e). Sen syömäkuvioita esiintyi

siellä täällä harvalukuisina ilman, että ympäröivään puuaineeseen olisi ilmestynyt sinistymää.

Kiusallisena sieniviljelijänä pidetty havupuun tikaskuoriainen (Trypodendron lineatum) sekä lajilta määrittämättömät sarvijäärälajit esiintyivät vain harvalukuisina. Tikaskuoriaisen puuaineeseen työntyviä käytäviä ilmestyi paperipuihin kuitenkin vielä toisenkin kesän varastoinnin aikana.

Milloin sahatavarakappaleessa oli tikaskuoriaisen tai sarvijäärien käytäviä, se jouduttiin aina pudottamaan sekstaluokkaan (vrt. liitetaulukko 4). Tikaskuoriaisyksilöitten harvalukuisuudesta huolimatta niitten tuottama vahinko muodostui huomattavaksi etenkin huhtikuussa valmistetuissa kuusisahatukeissa, joissa viidesosa sahatavaran laatuluokan alentumisen aiheuttaneista vioista oli juuri tikaskuoriaisen käytäviä.

Mäntytavaran hyönteisistä oli yleisin pystynävertäjä (Blastophagus piniperda). Se saattoi peittää männyn tyvipölkkyjen vaippapinnan syömäkuvioillaan jopa sataprosenttisesti. Aikaisena lajina pystynävertäjä esiintyi pääasiassa toukokuussa ja sitä ennen tehdyssä tavarassa mutta harvinaisena myös kesäkuussa valmistetussa tavarassa. Erityisesti paksun kaarnan alla viihtyvänä se oli nimenomaan sahatukeissa yleinen aiheuttaen niissä pinnallista sinivikaa, kuten oheinen, vuoden 1957 aineistosta koostuva asetelma osoittaa.

Kaatoaika	Tukit, joissa oli pystynävertäjiä Pinnallista sinistymää, %	Tukit, joissa ei ollut pystynävertäjiä
Huhtikuu	22	12
Toukokuu	13	7

Pystynävertäjän mukanaan tuoma sinistymä ei mene syvälle puuhun. Yleisesti ottaen kuorellisen havupuutavaran pinnallisen ja sisäisen sinistymän välillä vallitsee kuitenkin korrelaatio (piirros 10). Nenzell (1955) on lisäksi havainnut pystynävertäjän mukanaan tuoman sinistymän leviävän epätavallisen syvälle laikkukuorintaa käytettäessä, mikä lienee aiheutunut puun sinistäjäsienille sopivasta kosteudesta.

Ohutkuorisissa mäntypölkyissä pystynävertäjän tilalla on usein vaakanävertäjä (Blastophagus minor). Kankaan (1934) mukaan pystynävertäjän vaatima kuoren minimivahvuus on 7 mm ja vaakanävertäjän hyväksymä maksimivahvuus 9 mm. Vaakanävertäjä saattaa kuitenkin kohdistaa tuhonsa myös männyn tyvitukkeihin, erityisesti niitten ohutkuoriseen osaan (Tuovinen 1959). Vaakanävertäjän parveiluaika sattuu jo hyvin varhaiseen ajankohtaan, niin että ainoastaan ennen kesäkuuta valmistettu tavara joutuu sen hyökkäyksen kohteeksi. Muuta-

missa tapauksissa toukokuussakin valmistettu kuorellinen mäntytavara säästyi vaakanävertäjiltä. Vaakanävertäjää ei esiintynyt Kivalon koemetsikössä.

Vaakanävertäjän syömäkuviosta käsin leviävä sinistymä saattaa tunkeutua usean senttimetrin syvyyteen (K a n g a s 1957), minkä johdosta vaakanävertäjä aiheuttaa suurta teknillistä vahinkoa. L e k a n d e r ja R e n n e r f e l t (1955) pitävät vaakanävertäjää pahimpana mäntytukkeja pilaavista hyönteisistä. Vaakanävertäjän levittämä sinistymä kehittyy niin nopeasti, että pääasiallinen vahinko tapahtuu jo ennen kesäkuun puoliväliä (T u o v i n e n 1959). Ruotsinkylässä tehtiin vuoden 1957 kokeissa kuorellisista mäntypaperipuista seuraavat havainnot.

Kaatoaika	Puut, joissa oli vaakanävertäjiä Sisäistä	Puut, joissa ei ollut vaakanävertäjiä sinistymää, %
Huhtikuu	10	9
Toukokuu	20	4

Kolmantena mäntypuussa sinistymää aiheuttavana hyönteisenä on mainittava okakaarnakuoriainen (I p s a c u m i n a t u s). Se on osoittautunut hyvin vaaralliseksi N e n z e l l i n (1955), T u o v i s e n (1956) ja S v e n s s o n i n (1962b) mäntytukkien säilymistä koskevissa tutkimuksissa.

Okakaarnakuoriaista ei tavattu Ruotsinkylän koemetsikössä. Vesijaollakin se oli harvinainen mutta sitä vastoin Vuolijoella ja Rovaniemellä hyvin yleinen pysty- ja vaakanävertäjien puolestaan käydessä pohjoista kohti harvinaisemmiksi. Okakaarnakuoriainen olikin pohjoisten koemetsiköitten vahingollisin mäntypuuta pilaava hyönteinen. Sen syömäkuvioitten yhteydessä esiintyi säännöllisesti pinnallista ja sisäistä sinistymää, joka oli väriltään tummaa. Okakaarnakuoriainen viihtyy parhaiten ohuen kaarnan alla (esimerkiksi N e n z e l l 1955).

Tässä tutkimuksessa okakaarnakuoriaista ei löydetty muista kuin huhti- ja toukokuun aikana valmistetuista puutavaraeristä. On kuitenkin huomattava, että pohjoisissa koemetsiköissä suoritettiin tutkimuksia vain yhden kesän aikana. N e n z e l l i n (1955) suorittamissa tutkimuksissa okakaarnakuoriainen oli toukokuun aikana kaadetuissa puissa yleisempi kuin kesäkuussa kaadetuissa puissa.

Okakaarnakuoriaisen välittämä sinistymä leviää nopeasti. S v e n s s o n (1962b) on havainnut sen ulottuvan jo heinä—elokuun vaihteessa 4—5 sentin syvyyteen. Sinistymän nopea leviäminen johtuu siitä, että okakaarnakuoriaisen — samoin kuin vaakanävertäjänkin — käytävien vaikutuksesta puuaineen kosteus muuttuu sinistäjäsienille erittäin sopivaksi käytävien ympärillä (F r a n c k e — G r o s s m a n n 1952).

Tähtikirjaajat eivät olleet männyssä yhtä yleisiä kuin kuusissa. Ruotsinkylän ja Vesijaon puissa niitä esiintyi kuitenkin säännöllisesti. Männyllä viihtyviä lajeja, kaksihampaista ja nelihampaista tähtikirjaajaa (Pityogenes bidentatus ja P. quadridens) ei pyritty erottamaan toisistaan hyönteislajeja määritettäessä, mutta kysymyksessä oli ilmeisesti viimeksi mainittu laji. Tähtikirjaajan syömäkuvioitten ympärillä oleva sinistymä oli joko aivan vähäistä tai puuttui kokonaan.

Kaikissa koemetsiköissä tavattiin myös pikikärsäkkäitä, erityisesti latvapikikärsäkästä (Pissodes piniphilus). Niillä ei näyttänyt olevan suurtakaan merkitystä sinistäjinä. Mainittakoon kuitenkin, että Nenzell (1955) on havainnut myös pikikärsäkkäitten levittävän sinistäjäsieniä.

Puuhun kaivautuvista kovakuoriaisista tavattiin tikaskuoriaisia muutamissa huhti—kesäkuussa kaadetuissa mäntypaperipuissa ja -tukeissa. Ne aiheuttivat aina voimakasta, ruskehtavansinistä värivikaa. Sen ansiosta niitten käytävät erottuivat silmiinpistävästi sahatavarasta. Tikaskuoriaiset näyttivät olevan mäntypuussa harvinaisempia kuin kuusipuussa, mikä havainto käy yksiin Tuovisen (1961) tutkimustulosten kanssa. Tuovisen maininta siitä, että tikaskuoriaiset pyrkivät usein parvena muutamiin tukkeihin, näytti pitävän paikkansa myös tässä aineistossa.

Suutarin (Monochamus sutor) toukka kaivaa suuren käytävänsä syvälle sahatukkeihin ja aiheuttaa siten teknillisen vian, joka pudottaa sahatavarakappaleen hylkytavaraksi. Koko tutkimusaineistosta löydettiin vain muutama suutarin toukan käytävä. Suutarin tiedetään kuitenkin saattavan esiintyä varsin runsaslukuisenakin kesäkuun loppupuolella, heinäkuussa ja elokuussa valmistetussa tavarassa (Kangas ja Salonen 1960).

Taulukko 21. Hyönteisten vaikutus mäntysahatukeista saatujen pintalautojen laatujakautumaan Ruotsinkylässä vuonna 1957.
Table 21. The effect of insects on the grading of slabs made of pine saw logs in Ruotsinkylä in 1957.

Kaatoaika *Felling month*	Syömäkuvioitten *Galleries*	Pinnallisen sinivian *Superficial blue stain*	Sahatavaran laatuluokka *Grade of lumber*		
			u/s	V	VI
	peittävyys tukeissa, % vaippapinnasta *Area, per cent*		Suhteellinen osuus, % *Relative part, per cent*		
Huhtikuu — *April*	46	12	—	24	76
Toukokuu — *May*	33	8	—	50	50
Kesäkuu — *June*	3	3	—	56	44
Heinäkuu — *July*	0	1	—	60	40
Elokuu — *August*	—	1	80	20	—
Syyskuu — *September* ...	—	—	100	—	—

Taulukkoaineistossa siniviasta aiheutunut sahatavaran laatuluokan alentuminen on sitä suurempi, mitä enemmän sahatukeissa on ollut hyönteisiä

ja osaksi niistä johtuvaa pinnallista sinistymää. Varhaisimpien kaatoerien voimakas sinistyminen ei ole luonnollisestikaan johtunut yksinomaan hyönteisten runsaudesta vaan myös niitten muita pitemmästä varastointiajasta. Svensson (1962b) onkin havainnut, että muun muassa okakaarnakuoriaisen esiintymisrunsauden ja tukeista valmistettavan sahatavaran sinistymisen välillä vallitsee selvä korrelaatio, kun tukkien sahaus suoritetaan aikaisin kesällä. Jos taas sahaus tapahtuu vasta syksyllä, tätä korrelaatiota ei voida enää havaita muitten tekijöitten peittäessä sen.

Joka tapauksessa hyönteisten aiheuttamat tuhot muodostuivat tässä tutkimuksessa sekä paperipuissa että sahatukeissa suurimmiksi niissä puutavaraerissä, jotka olivat kuorellisina metsävarastossa huhti—toukokuun aikana.

Myös kesäkuun puissa tapahtuu vielä suuria vahinkoja. Erityisesti kuusitavarassa esiintyy niin sanottuja myöhäisparveilijoita. Määrällisesti hyönteisiä on kuusitavarassa enemmän kuin mäntytavarassa, mutta toisaalta mäntypuussa viihtyvät lajit aiheuttavat yleensä voimakkaampaa sinistymää.

24. Varastovikojen yhteisvaikutus

241. Varastovikojen vaikutus paperipuitten laatuun

Paperipuitten varastoviat vaikuttavat massasaantoa alentavasti ja massan laatua heikentävästi. Massasaannon alentuminen aiheutuu paperipuitten lahoamisesta. Björkman (1946a ja 1958a) on tutkinut Ruotsissa eriasteisten varastolahojen vaikutusta massasaantoon. Hänen tutkimustuloksiinsa nojautuen on käsillä olevan tutkimuksen aineistosta laskettu alla oleva asetelma. Sitä tarkasteltaessa on kuitenkin muistettava, että Ruotsissa saadut tutkimustulokset eivät aina sovellu sellaisinaan Suomen oloihin. Niin ollen asetelmaan on suhtauduttava varovaisuudella.

	Kaatokuukausi	
	V—VI	VIII—IX
	Massasaannon alentuminen, %	
Kuorelliset kuuset 1. kesänä	0.8	0.0
» kuuset 2. kesänä	3.6	4.5
» männyt 1. kesänä	0.5	0.0
» männyt 2. kesänä	2.7	1.8

Kuorellisista paperipuista kertyvän massan määrä pienentyy toisen kesän varastoinnin aikana kehittyvän lahon vaikutuksesta varsin huomattavasti. Sitä vastoin puolipuhtaitten paperipuitten massasaannon menetys jää vähäiseksi, vaikka varastoimisaikaa jatketaan yli toisen kesän. Puoli-

puhtaissa kuusipaperipuissa näet massasaanto ei pienentynyt lainkaan, ja puolipuhtaitten mäntypaperipuitten kohdalla keskimääräinen menetys oli vain 0.5 %.

Erityisen alttiita lahoamiselle ovat ohuet, kuorelliset paperipuupölkyt. Kuorellisten, 7—9 cm:n vahvuisten kuusipaperipuitten massasaannon menetys laskettiin kuudeksi prosentiksi ja samankokoisten mäntypaperipuitten massasaannon menetys vastaavasti kahdeksaksi prosentiksi toisen kesän varastoinnin jälkeen. — Mainittakoon, että Eklund (1961) on kaksimetristä kuorellista havuohutpuuta käyttävän sulfaattiselluloosatehtaan raaka-ainekulutusta laskiessaan arvioinut lahohukaksi 1 %. Tällöin hän on edellyttänyt puutavaran kulkuajan kannolta tehtaalle lyhyeksi.

Massan laadun heikentyminen on tekijä, jonka taloudellista merkitystä on vaikea laskea. Erityisen haitalliseksi se muodostuu kuitenkin silloin, kun massan kysyntä on vähäinen tai sen tarjonta liiallinen.

Jo laadun merkitys massan hintaan on vaikeasti arvioitavissa. Vielä vaikeampi on saada selville määrätynlaisen sini- tai lahovian vaikutus massan laatuun. Kun tähän tarkoitukseen soveltuvia tutkimustuloksia ei ole käytettävissä, on tyydyttävä tarkastelemaan vain varastovikojen suhteellisia määriä eri kaatoerissä. Niitten voidaan ajatella edustavan samalla suhteellisia tappiolukuja.

Taulukko 22 osoittaa, että kuusipaperipuitten kuorimisella voidaan estää massassa laatutappioita aiheuttavien sini- ja lahovikojen syntyminen. Mäntypaperipuitten kuoriminen johtaa lahovahinkojen voimakkaaseen supistumiseen, mutta mäntypaperipuitten sinistymistä ei voida kuorimisen avulla välttää.

Taulukko 22. Nelimetrisissä paperipuissa ensimmäisen varastoimiskesän aikana kehittyneiden sini- ja lahovikojen laajuus keskimäärin vuosina 1957—1960 Etelä-Suomessa.

Table 22. The average extent of blue stain and decay in 4 metre long pulpwood after the first summer of storage in 1957—1960 in Southern Finland.

Kaatokuukausi *Felling month*	Puolipuhtaat kuuset *Barked spruces*		Puolipuhtaat männyt *Barked pines*		Kuorelliset kuuset *Unbarked spruces*		Kuorelliset männyt *Unbarked pines*	
	Sini- *Blue stain*	Laho- *Decay*	Sini- *Blue stain*	Laho- *Decay*	Sini- *Blue stain*	Laho- *Decay*	Sini- *Blue stain*	Laho- *Decay*
	vikaista puuta ensimmäisenä syksynä, % tilavuudesta — *damaged wood in the first autumn, per cent*							
IV	2	0	10	4	27	36	20	21
V	1	0	11	3	25	19	11	18
VI	0	0	10	1	20	19	4	11
VII	0	0	11	4	7	4	3	7
VIII	0	0	2	1	1	2	4	1
IX	—	—	—	—	—	—	0	—

Nimenomaan varastovikojen yhteisvaikutusta tarkasteltaessa havaitaan erityisen selvästi se jo aikaisemmin esiin tullut seikka, että kesäaikana valmistetut paperipuut säilyvät ensimmäisen kesän ajan sitä paremmin, mitä myöhemmin ne tehdään.

242. Varastovikojen vaikutus sahatavaran laatuun

Sahatukkien varastovioista koituva sahatavaran laadun alentuminen riippuu tutkittavien tukkien laadusta. Jotta tutkimustulokset olisivat verrattavissa käytännössä esille tuleviin tapauksiin, sahatavaran laatuluokitus suoritettiin käsillä olevassa tutkimuksessa siten, että huomioon otettiin vain varastoviat. Pilaantumattomista tukeista saadun sahatavaran u/s-prosentin katsottiin siis olevan 100. Käytetyn tavan etuna on se, että koepuitten laatu ei pääse vaikuttamaan tuloksiin.

2421. Sahatavaran laatu

S a h a t u k i t, jotka valmistetaan kesäaikana ja jotka jätetään metsävarastoon syksyyn saakka, p i l a a n t u v a t s i t ä e n e m m ä n, m i t ä v a r h a i s e m m i n k a s v u k a u d e l l a n e k a a d e t a a n (liitetaulukot 2—4). Tämä toteamus pitää paikkansa vain keskimääräisenä, mutta ei sitä vastoin poikkeuksetta jokaisena kesänä erikseen. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota siihen, että usein epäedullisimpana kaatoaikana mainittu heinä—elokuu soveltuu hyvin edellä mainitun säännön puitteisiin ollen siten alkukesää edullisempi — joskaan ei edullinen — kaatoaika. Pitää kyllä paikkansa, että heinä—elokuun aikana sääolot ovat erityisen otolliset puuta vahingoittaville sienille, mutta toisaalta sienien kehittymiselle suotuisaa aikaa on ennen syksyn tuloa jäljellä enää niin niukalti, että tuhot eivät ennätä muodostua yhtä suuriksi kuin kevään ja alkukesän kaatoerissä. Kesän jälkipuoliskolla valmistettujen kuorellisten tukkien säilymiseen vaikuttaa aivan ratkaisevasti kaarnakuoriaisten vähälukuisuus.

Tutkimusaineistosta selvimpinä ilmeneviin havaintoihin kuuluu kuorimisen vaikutus sahatukkien säilymiseen. Voidaan todeta, että kesällä kaadettavien ja k e s ä a j a k s i m e t s ä ä n j ä ä v i e n k u u s i t u k k i e n k u o r i m i n e n j o h t a a a i n a t u k e i s t a s a a t a v a n s a h a t a v a r a n l a a d u n h u o m a t t a v a a n p a r a n e m i s e e n. M ä n t y t u k k i e n k u o r i m i n e n s a a t t a a o l l a e d u l l i s t a v a i n l e i m i k o i s s a, j o i s s a p u u n l a a t u o n h u o n o j a j o t k a k a a d e t a a n j o h u h t i — k e s ä k u u s s a. Heinäkuussa ja sen jälkeen valmistettavien mäntytukkien kuoriminen ei ole tarpeellista eikä edes suotavaa.

Tukkien kuorimisella puolipuhtaiksi pyritään muun muassa siihen, että puuaineen kosteus laskee sienien kannalta liian alhaiseksi. Sinä aikana, jolloin puolipuhtaan tukin kosteus laskee kohti puunsyitten kyllästymispistettä, ehtii usein kuitenkin tapahtua sienivahinkoja, ellei kuivuminen tapahdu erityisen nopeasti. Mitä hitaammin kuivuminen tapahtuu, sitä enemmän sienet ehtivät tehdä tuhojaan. Elokuussa ilman kuivattamispotentiaali on suhteellisen kosteuden kohoamisen seurauksena selvästi huo-

nompi kuin alkukesällä. Tuolloin valmistetuissa puolipuhtaissa tukeissa tapahtuukin kuivumisvaiheen aikana sinistymistä enemmän kuin alkukesällä.

Kasvukauden alkupuolella valmistettujen puolipuhtaitten tukkien kuivuminen jatkuu useimpina kesinä puunsyitten kyllästymispisteen alapuolelle. Tämän seurauksena tukkeihin syntyy halkeamia, jotka alentavat sahatavaran laadun useimmissa tapauksissa kvinttaluokkaan.

Halkeamat ovatkin kasvukauden alkupuolella valmistettujen puolipuhtaitten sahatukkien yleisimpiä varastovikoja (liitetaulukko 4). Näin on asianlaita erityisen selvästi kuusitukkeihin nähden, koska lahottaja- ja sinistäjäsienien osuus niitten laatuluokan alentajina jää pieneksi. Mäntytukeissa taas halkeamista riippumattomat sienituhot saavat niin suuren vallan, että halkeamien merkitys jää näennäisesti pienemmäksi kuin kuusitukeissa. Tosiasiassa mäntytukeissa esiintyi kuitenkin kuivumishalkeamia enemmän kuin kuusitukeissa.

Liitetaulukkoa 4 tarkasteltaessa on otettava huomioon sen laatimistapa. Jos sahatavarakappaleessa oli kaksi tai useampia erilaisia varastovikoja, jotka kukin yksinään olisivat riittäneet laatuluokan alentumiseen, kappale merkittiin aluksi kunkin laatua alentavan vian sarakkeeseen. Jokaisen vian kohdalle kertyneitten sahatavarakappaleitten määrän mukaisessa suhteessa jaettiin sitten kullekin vialle lankeava osuus laatuluokan alentumistapauksissa. Liitetaulukko 4 osoittaa siis vain eri vikojen keskeisen yleisyyden kussakin kaatoerässä.

Halkeamien ympäristön sinistyminen ja sitä harvinaisempi lahoaminen ovat vahingollisia siksi, että niitten vaikutuksesta halkeama muuttuu entistä näkyvämmäksi. Puolipuhtaitten mäntytukkien halkeamissa oli sinistymää miltei aina, kuusitukeissa taas seuraavasti.

Kaato-kuukausi	Halkeamista sinistyneitä, %	Halkeamista sinistymättömiä, %
IV	82	18
V	53	47
VI	49	51
VII	50	50

Halkeamien merkitys oli suurin huhti—toukokuun puissa ja huomattava vielä kesä- ja heinäkuussakin. Myöhemmin niitä ei esiintynyt, vaan laatuluokan alentuminen aiheutui yleensä vahingoittumattoman puun sinistymisestä, harvemmin lahoamisesta. Mainittakoon, että Tuovinen (1958) on havainnut lahoamisen olevan jäälle varastoitujen tukkien yleisimmän varastovian.

Puolipuhtaitten sahatukkien varastoviat sijaitsevat epäsäännöllisesti tukin eri osissa. Siksi sahatavaran laatuluokan palauttaminen u/s:ään

lyhentämisen avulla ei ole puolipuhtaissa tukeissa sahatussa tavarassa mahdollista yhtä usein kuin kuorellisista tukeista saadussa tavarassa.

Kuorellisten tukkien yleisin varastovika on sinistymä, joka tulee tukkeihin osaksi hyönteisten mukana, osaksi hyönteisistä riippumatta tukin poikkileikkauspintojen ja karsimisjälkien kautta. Sinistyminen onkin tavallisimpia u/s-tavaraa kvinttaluokkaan alentavista vioista (Serlachius 1958). Samoja kulkuteitä pitkin pääsevät puuaineeseen myös lahottajasienet, joitten merkitys sinistäjäsieniin verrattuna on sitä suurempi, mitä pitempi varastointiaika on kysymyksessä eli mitä aikaisemmin kasvukaudella tukit valmistetaan.

Huhti—kesäkuussa valmistetut kuorelliset kuusitukit joutuvat hyönteisten välityksellä niin ankarien sienituhojen kohteiksi, että niistä tavaraa lyhentämälläkin saadaan vain vähän u/s-luokan minimivaatimukset täyttävää sahatavaraa. Niin ollen huhti—kesäkuussa valmistettavia kuusitukkeja ei pitäisi missään tapauksessa jättää kuorellisiksi ilman suojaustoimenpiteitä. Samoin on asianlaita vielä heinä—elokuussakin kuusitukkien kohdalla. Viimeksi mainituissa tukin poikkileikkauspintojen kautta tapahtuva sinistyminen saa suurimman sijan. Loppukesällä valmistettujen tukkien päihin kehittyy väriltään tummaa, homemaista sinistymää, joka saa tukit näyttämään täysin pilaantuneilta. Sinistymä ei ennätä kuitenkaan tunkeutua kovin syvälle, niin että 1—2 jalan lyhennyksen avulla on mahdollista palauttaa elokuun tukeista saadun sahatavaran laatuluokka u/s:ään.

Kuorelliset mäntytukit säilyvät paremmin kuin kuorelliset kuusitukit ja puolipuhtaat mäntytukit mutta selvästi huonommin kuin puolipuhtaat kuusitukit.

Mäntytukkien valmistaminen kesäaikana ei ole milloinkaan edullista. Jos siihen väistämättömästi joudutaan, se pitäisi lykätä ehdottomasti vasta hyönteisten parveiluajan jälkeen tapahtuvaksi ja mieluimmin vielä loppukesään saakka. Silloin ei ole syytä suorittaa kuorimista. Elokuussa valmistettujen kuorellisten mäntytukkien sinistyminen tapahtuu samoin kuin kuusitukkienkin — etupäässä poikkileikkauspintojen kautta. Siten sen vaikutus sahatavaran laatuun voidaan usein välttää tavaraa lyhentämällä.

Kuorellisista kuusitukeista saadun sahatavaran yleisin laatuluokka on seksta valmistettaessa tukit huhti—kesäkuussa ja kvintta valmistettaessa tukit heinä—elokuussa, ellei tavaraa lyhennetä.

Kuorellisten mäntytukkien osalta on yleisin laatuluokka vastaavasti seksta valmistettaessa tukit huhti—toukokuussa ja kvintta valmistusajankohdan sattuessa kesä—heinäkuuhun. Elokuun tukeista saadusta tavarasta valtaosa on virheetöntä lyhentämättömänäkin. Kun puolipuhtaista mäntytukeista valmistetun sahatavaran yleisin laatuluokka on kvintta lyhentämismahdollisuudenkin huomioon ottaen, merkitsee tämä sitä, että puolipuh-

taitten mäntytukkien arvon alentumisen aiheuttaa ennen kaikkea tavaran siirtyminen u/s-luokasta kvinttaan. Oksaisista tai muuten huonolaatuisista tukeista saatavasta sahatavarasta valtaosa lankeaa kvinttaluokkaan ilman varastovikojakin. Tällaisissa leimikoissa on mäntytukkien kuoriminen — koska se vähentää sekstaluokan osuutta — eduksi, kun tukit valmistetaan kevätkesällä. Sen sijaan hyvälaatuisissa leimikoissa kuoriminen ei näytä olevan eduksi. Kuorellisista mäntytukeista tosin saadaan runsaasti sekstatavaraa, mutta toisaalta tavaraa lyhentämällä voidaan u/s-luokkaan kelpaavaa tavaraa saada kuorellisista tukeista enemmän kuin puolipuhtaista. Tämän seikan tarjoama etu on sitä suurempi, mitä parempilaatuisista tukeista on kysymys.

2422. Sahaustuloksen arvo

Varastovikojen todellinen merkitys pyrittiin saamaan selville laskemalla sahaustulosten arvo erikseen kullekin kaatoerälle. Tulokset on ilmoitettu prosentteina vahingoittumattoman tavaraerän arvosta.

Jokaisen sahatavarakappaleen arvo laskettiin erikseen siten, että kappaleesta pyrittiin saamaan mahdollisimman korkea hinta. Tähän päästiin taulukon 23 lukujen perusteella.

Laskelmat suoritettiin erikseen sydäntavaralle ja erikseen muulle tavaralle, johon luettiin sivu- ja pintalaudat. Edellisille käytettiin 2 × 5″ soiron ja jälkimmäiselle 1 × 5″ laudan hintoja. Kun laskelmat perustuivat vain 5 tuuman levyiseen tavaraan, ei varastovikojen sahatavaran hintaa alentava vaikutus tullut ehkä riittävän voimakkaasti esille. Sahaustuloshan sisältää aina myös leveämpää tavaraa, jossa eri laatuluokkien välinen arvoero on suurempi.

Taulukko 23. Laskelmissa käytetyt erilaisten sahatavarakappaleiden suhteelliset arvot (vrt. E r v a s t i 1958).
Table 23. The relative values of various pieces of lumber used in the calculations (cf. Ervasti 1958).

Laatuluokka *Grade*	Lyhennys, j *Shortening, feet*	Kuusisahatavara *Spruce lumber*		Mäntysahatavara *Pine lumber*	
		1 × 5″	2 × 5″	1 × 5″	2 × 5″
		Suhteellinen arvo — *Relative value*			
u/s	—	1 000	1 000	1 000	1 000
u/s	1	938	939	937	938
u/s	2	876	877	874	877
u/s	3	814	816	810	815
u/s	4	752	—	747	754
u/s	5	—	—	684	—
V	—	873	912	765	896
VI	—	740	766	630	752

Taulukossa 24 koko tavaraerän keskimääräistä arvoa laskettaessa oletettiin sydäntavaran osuudeksi sekä kuusella että männyllä 60 %, mikä edustanee keskimääräistä tapausta. Täyspitkän tavaran pituudeksi merkit-

tiin laskelmissa aina 14'. Tosiasiassa tukkien pituus vaihteli 13—15 jalan välillä. Sahatavaran hinnoittelun lähtökohtana oli 7″ u/s-mäntysoiron hinta 700 mk/std. Eri laatuluokkien ja kokojen suhteelliset arvot johdettiin Ervastin (1958) esittämistä tiedoista Etelä-Suomen johtavien laivaajien vuosina 1951—1956 myymän havusahatavaran hintasuhteista. Sahatavaran lyhentämisen yhteydessä kertyvän jätteen arvoksi oletettiin 8 mk/i-m^3 ja sen tiheytenä käytettiin lukua 0.40 (Jäntti 1962).

Eri aikoina valmistetuista tukeista saadun sahaustuloksen suhteellinen arvo vaihtelee vuosittain (liitetaulukko 5). Keskimäärin se on kuitenkin sitä korkeampi, mitä myöhemmässä vaiheessa tukit kaadetaan (taulukko 24).

Taulukko 24. Sahaustulosten suhteellinen arvo keskimäärin koko aineistossa. Laatuluokituksessa on otettu huomioon vain varastoviat.
Table 24. The relative value of the sawing yield, on an average, in the whole material. In the grading only storage defects have been taken into account.

Kaatokuukausi *Felling month*	Sahaustuloksen suhteellinen arvo, kun u/s = 100 *Relative value of the sawing yield, when* u/s = *100.*		
	Pinta- ja sivulaudat *Slabs*	Sydäntavara *Battens and deals*	Kaikki sahatavara *All the lumber*
	Puolipuhtaat kuusitukit — *Barked spruce logs*		
IV	83.2	93.6	89.3
V	82.6	98.1	91.7
VI	87.9	96.7	93.1
VII	95.4	97.9	96.9
VIII	97.7	100.0	99.0
IX	99.7	100.0	99.9
	Puolipuhtaat mäntytukit — *Barked pine logs*		
IV	67.1	80.5	74.6
V	70.8	88.7	80.8
VI	73.7	91.9	83.8
VII	73.9	88.7	82.1
VIII	79.7	94.7	88.1
XI	98.9	100.0	99.5
	Kuorelliset kuusitukit — *Unbarked spruce logs*		
IV	74.8	78.4	76.9
V	76.7	80.5	78.9
VI	78.9	85.4	82.7
VII	81.4	87.0	84.7
VIII	89.1	94.7	92.4
IX	98.7	99.6	99.2
	Kuorelliset mäntytukit — *Unbarked pine logs*		
IV	68.9	85.8	78.3
V	71.8	82.4	77.7
VI	83.0	89.6	86.7
VII	90.3	95.0	92.9
VIII	95.1	96.7	96.0
IX	100.0	100.0	100.0

Eri tavaralajit voidaan asettaa seuraavaan järjestykseen edullisimman sahaustuloksen antanut ensiksi mainittuna:

1. Puolipuhtaat kuusitukit
2. Kuorelliset mäntytukit
3. Kuorelliset kuusitukit ja puolipuhtaat mäntytukit

Puolipuhtaitten kuusitukkien varastovioista aiheutuva arvonalennus jää mäntytukkeihin verrattuna pieneksi myös siksi, että laatuluokan alentuminen ei johda kuusitavarassa yhtä suuriin hinnanalennuksiin kuin mäntysahatavarassa.

Sahaustuloksen arvon alentumista laskettaessa ei ole otettu huomioon u/s:n sisäisen kokoonpanon mahdollista huonontumista, sillä laatuluokitusta suoritettaessa luokkia I—IV ei erotettu toisistaan. Tämän tekijän sivuuttaminen ei kuitenkaan liene vaikuttanut ratkaisevasti tuloksiin. S v e n s s o n (1962) on vastaavanlaisessa tutkimuksessa kuitenkin jakanut u/s-luokan tavaran kahteen osaan, täysin terveeseen ja lieviä varastovikoja saaneeseen, jolloin jälkimmäisen arvo on ollut 90 % edellisestä.

Hinnoittelussa ei ole myöskään käytetty hyväksi harvoin kysymykseen tulevaa mahdollisuutta nostaa VI-luokan tavara sen pituutta lyhentäen luokkaan V.

3. Tulosten luotettavuudesta

Sääoloilla on ratkaiseva merkitys puutavaran kuivumiseen ja säilymiseen. Tämän oleellisen tekijän vaikutuksen tasoittamiseksi tutkimusta jatkettiin kuusitavaran osalta kolmen vuoden ja mäntytavaran osalta neljän vuoden ajan. Näinkään pitkä aika ei ole täysin riittävä kumoamaan poikkeuksellisten sääolojen osuutta tuloksista. Huomattakoon kuitenkin, että miltei kaikki puutavaran säilymistutkimukset ovat aikaisemmin rajoittuneet yhteen tai korkeintaan kahteen kasvukauteen. Ajanjaksona 1957—1960 sääolot vaihtelivat lisäksi tutkimuksen kannalta sikäli suotuisasti, että sen kuluessa oli sekä edullisia että epäedullisia kuivumiskesiä.

Kuten tutkimusajan sääoloja käsittelevässä luvussa on todettu, kesien 1957 ja 1958 sää oli ehkä hieman keskimääräistä epäedullisempi, kesän 1959 taas erittäin edullinen ja kesän 1960 osittain edullinen ja osittain epäedullinen puutavaran kuivumisen kannalta. Vuosien 1957—1960 kesät edustivat hyvin Etelä-Suomen keskimääräisiä sääoloja.

Jos sää poikkeaa huomattavasti tutkimusajan sääsuhteista, saadut tulokset eivät anna enää oikeata kuvaa puutavaran kuivumisesta ja säilymisestä. Siten kesän 1962 kaltainen poikkeuksellisen epäedullinen kesä olisi varmaankin johtanut nyt esitetyistä eroaviin tuloksiin. Käytännössä näet puutavaran säilymiskysymys osoittautui kyseisenä kesänä vaikeaksi. Tyydyttävän säilymisen ennen taanneet keinot eivät silloin aina olleetkaan sopivia.

Tarkasteltaessa mahdollisuuksia tutkimustuloksien yleistämiseksi on säätilan lisäksi otettava huomioon myös metsikön sisäinen ilmasto, joka vasta viimeiseksi ratkaisee puutavaran kuivumisen ja säilymisen. Koemetsiköt valittiin edustamaan keskinkertaisia kuivumisoloja havupuuvaltaisia metsiköitä harvennettaessa. Tulokset eivät sovellu sellaisinaan esimerkiksi avohakkuualalle tai toisaalta hakkuun jälkeen tiheäksi jääville metsiköille. Käsillä oleva tutkimus edustaa siis pääasiallisesti Etelä-Suomessa keskinkertaisissa sääoloissa ja tiheydeltään keskinkertaisissa havupuuvaltaisissa metsiköissä tapahtuvaa puutavaran kuivumista ja säilymistä.

Lämpötilan laskiessa ja ilman suhteellisen kosteuden sekä sademäärän kasvaessa kuivuminen hidastuu. Puutavaran säilyminen ei riipu säästä yhtä suoraviivaisesti, sillä se saattaa perustua puutavaran joko hyvin alhaiseen tai hyvin korkeaan kosteuteen. Yleisesti voidaan sanoa, että hyvät kuivumisolot edistävät puolipuhtaan tavaran säilymistä, kun taas huonot kuivumisolot edistävät kuorellisen tavaran säilymistä.

Aineistoa koottaessa esiintyy aina virhemahdollisuuksia. Käsillä olevan tutkimuksen aineiston keruuseen voidaan lukea koepuutavaran valmistaminen ja mittaaminen, näytekiekkojen kerääminen, kokonaisten pölkkyjen ja näytekiekkojen punnitseminen sekä tukkien koesahaukset. Varsinaisten systemaattisten virheitten mahdollisuutta tässä vaiheessa tuskin lienee ollut, koska aineiston kerääminen oli luonteeltaan yksinkertaista ja selväpiirteistä.

Aineiston käsittelyssä tuotti suurimpia vaikeuksia paperipuitten sini- ja lahovikojen määrittäminen. Lahovian osalta jo yksinomaan lahon puun erottaminen terveestä osoittautui joskus vaikeaksi tai jopa mahdottomaksikin. Näin oli kuitenkin pääasiassa vain alkuasteella olevan lahon kohdalla, kun taas pitkälle kehittynyt laho erottui ympäröivästä terveestä puuaineesta mitä selvimmin. Milloin puun lahovikaisuudesta ei oltu varmoja, puuaine katsottiin terveeksi, koska lievimmän asteen laho ei vaikuta selluloosamassan saantoon (vrt. s. 6). Puun lahovikaisuuden toteaminen kemikaalien tai mikroskoopin avulla on niin vaivalloista, että ei ollut mahdollista menetellä siten. On ilmeistä, että kaikki sellainen lahovika, joka todellisuudessa vaikuttaa selluloosan laatuun, on otettu huomioon. Laholajeja ei kuitenkaan pyritty erottamaan toisistaan.

Paperipuitten sini- ja lahovikojen laajuuden määrittäminen tapahtui silmävaraisesti mallikuvioita tukena käyttäen. Silmävaraisarvioinnin tarkkuus todettiin riittäväksi planimetrillä suoritettujen kontrollimittausten perusteella. Toisaalta on todettava, että vaikkakin saatiin selvitetyksi eri aikoina valmistettujen eri tavaralajien suhteellinen pilaantuminen, ei tuloksia ole voitu esittää paperipuitten osalta absoluuttisina, markkamääräisinä lukuina.

Paperipuitten kosteus ja varastoviat määritettiin kiekoista, jotka sahattiin pääasiassa pölkyn keskeltä ja 30 cm:n etäisyydeltä pölkyn latvasta. Tilastollisesti luotettavampiin tuloksiin olisi päästy ottamalla näytteet umpimähkäisesti pölkyn eri osista. Käytetyllä menetelmällä oli kuitenkin puolellaan painavia etuja. Sen avulla näet muun muassa saatiin näytemäärää lisäämättä selville pölkyn pään vaikutus kuivumiseen ja säilymiseen, jolla seikalla on ratkaiseva merkitys pölkyn edullisinta pituutta etsittäessä.

Tutkimustuloksia esitettäessä on tarkemmin perustellen osoitettu, että käytetty menetelmä on puolipuhtaitten paperipuitten kohdalla johtanut oikeisiin lopputuloksiin. Sitä vastoin kuorellisten paperipuitten osalta ei saavutettu vastaavaa tarkkuutta. Kuitenkin on tarkkuus tällöinkin voitu katsoa tutkimuksen tarkoitukseen nähden riittäväksi, etenkin kun kysymyksessä on ollut pitkä, 4-metrinen tavara, jossa poikkileikkauspintojen vaikutus jää vähäiseksi.

Sahatavaran lajittelu tapahtui heti sahauksen jälkeen tavaran ollessa vielä tuoretta. Sahatavaran kuivuessa halkeamat muuttuvat selvemmiksi, mutta sini- ja lahoviat puolestaan saattavat muuttua vaikeammin havaittaviksi. Siten on olemassa mahdollisuus, että kuivumishalkeamien merkitys on aliarvioitu mutta sienivikojen merkitys yliarvioitu laatuluokitusta tehtäessä. Käytetty menetelmä oli kuitenkin ainoa, jonka toteuttaminen oli käytännössä mahdollista.

Johtopäätökset tutkimustuloksista on pyritty tekemään varovasti. Suosituksia esimerkiksi tietyn kaatoajan ja kuorinta-asteen käyttämisestä tai käyttämättä jättämisestä on tehty vain silloin, kun tuloksia on voitu pitää täysin varmoina. Tällöinkin on aina otettava huomioon, että edellytyksenä tutkimustulosten menestykselliselle soveltamiselle käytäntöön ovat tutkimuksen aikana vallinneita oloja vastaavat olot myös käytännön työmailla.

4. Tulosten käytännöllinen merkitys

41. Paperipuitten hakkuut

Paperipuitten hakkuita tullaan aina suorittamaan suuressa ja ilmeisesti yhä lisääntyvässä mittakaavassa myös kesäaikana — vuonna 1961 jo 40 % paperipuista hakattiin huhti—syyskuun välisenä puolivuotiskautena (vrt. sivu 15). Ei siis ole tarpeellista puuttua kysymykseen mihin aikaan vuodesta paperipuiden hakkuitten pitäisi tapahtua. Tärkeämpää on pyrkiä osoittamaan, millaista tavaraa pitäisi kulloinkin tehdä puutavaran säilymisen tyydyttäväksi turvaamiseksi. Tarkastelu rajoitetaan vain kesäkauden käsittäväksi.

K u u s i p a p e r i p u u t säilyvät kuorellisina huonosti, mutta puolipuhtaina erinomaisen hyvin. Paperipuut pyritään kuitenkin jättämään yhä useammissa tapauksissa kuorellisiksi ainakin metsävarastoinnin ajaksi. Nyt suoritetut tutkimukset viittaavat siihen, että kesäaikana valmistettavat kuusipaperipuut olisi syytä kuoria puolipuhtaiksi seuraavissa tapauksissa.

— Jos huhti—kesäkuun aikana valmistettavat kuusipaperipuut jätetään metsävarastoon koko kesäkauden ajaksi. Siten säästytään paperipuitten hyönteisvahingoilta kokonaan, ja sienivahingotkin supistuvat merkityksettömiksi. Samalla vältytään siltä uhalta, jonka kuorellisissa paperipuissa kehittyvä kaarnakuoriaiskanta myöhemmin muodostaa hakkuun jälkeen kasvamaan jäävälle puustolle.

— Jos kesäaikana valmistettavien kuusipaperipuitten varastointi kestää yli seuraavankin kesän.

Kun kuusipaperipuita valmistetaan kesän jälkipuoliskolla ja varastointia ei aiota jatkaa yli seuraavan kesän, kuoriminen ei näytä olevan tarpeellista. Sen avulla tosin voidaan vielä vähentää syntyvien varastovikojen määrää ja pienentää myös tässä tutkimuksessa esiintymättömien tuhojen vaaraa, mutta heinäkuussa tai sitä myöhemmin valmistetut kuusipaperipuut säilyvät ensimmäisen varastoimiskauden ajan yleensä kuorellisinakin riittävän hyvin.

M ä n t y p a p e r i p u i t t e n kuoriminen on hyödyllisintä samoissa tapauksissa kuin kuusipaperipuittenkin. Tosin näyttää siltä, että mäntypaperipuitten kuoriminen on tarpeen vain huhti- ja toukokuussa valmistettavan tavaran osalta, mutta ei enää kesäkuun aikana valmistettavien paperipuitten osalta, jos paperipuut käytetään jalostuspaikalla ennen seuraavaa kesäkautta.

Kuorellisista paperipuista kuuset säilyvät mäntyjä huonommin, sillä niitten kosteus alentuu kesän aikana enemmän ja sienien elinvaatimuksia paremmin tyydyttäväksi. Puolipuhtaitten paperipuitten kohdalla asianlaita on päinvastainen, sillä puolipuhtaitten kuusipaperipuitten kosteus pysyttelee kesäkauden ajan samalla tasolla kuin puolipuhtaitten mäntypaperipuitten. Samoissa olosuhteissa taas kuusipuu on mäntypuuta kestävämpi sinistäjä- ja varastolahottajasieniä vastaan.

Edellä olevasta johtuu, että kuusipaperipuitten kuoriminen on paremmin kannattavaa kuin mäntypaperipuitten kuoriminen. Samaan suuntaan vaikuttaa vielä se, että varastoviat ovat hiokkeen ja sulfiittiselluloosan valmistukseen käytettävissä kuusipaperipuissa vahingollisempia kuin sulfaattiselluloosan valmistukseen käytettävissä mäntypaperipuissa.

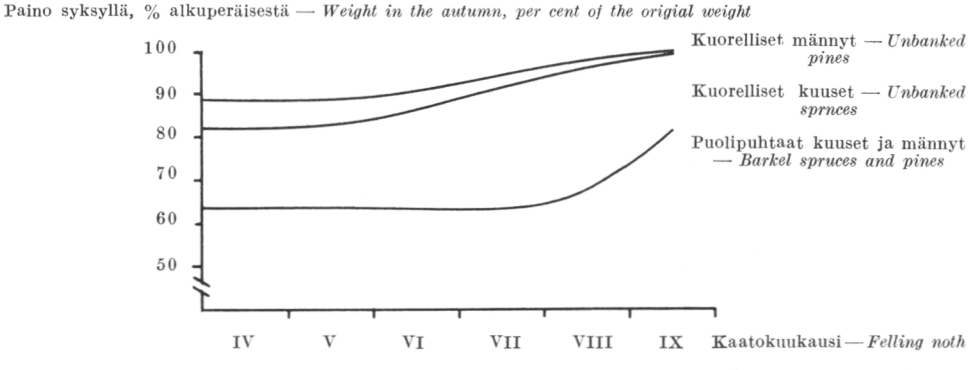
Puun korjuuprosessia rationalisoitaessa on pyritty lisäämään paperipuupölkyn pituutta. Nyt suoritetut tutkimukset osoittavat, että tämä

toimenpide on edullinen kuorellisten paperipuitten säilymisen kannalta. Mitä pitempiä pölkkyjä tehdään, sitä paremmin kuorelliset paperipuut säilyvät.

Erityisesti ohuitten paperipuitten osalta pitäisi välttää toisen kesän varastointia. Käytännössä näkee kuitenkin meneteltävän toisin, koska ohutpuu ei ole yhtä arvokasta kuin tavalliset paperipuut. Ainoastaan puolipuhtaat kuusipaperipuut säilyvät ohuinakin hyvin paitsi ensimmäisen myös toisenkin kesän varastoinnin aikana. Ohutpuu jätetään kuitenkin yleensä kuorelliseksi ja tehdään lisäksi tavaran luonteesta johtuen lyhyeksi, usein yksi- tai kaksimetriseksi. Kuorellisina ohuet pölkyt säilyvät lahottajasieniä vastaan huonosti, ja sen vuoksi ohutpuuta ei pitäisi varastoida yhtä kesäkautta kauempaa.

Paperipuitten, kuten muunkin puutavaran säilyminen riippuu kesäkauden ilmasto-oloista. Puolipuhtaalle tavaralle ovat eduksi hyvät kuivumisolot. Perustuuhan puolipuhtaan tavaran säilyminen juuri sen alhaiseen kosteuteen, joka veden puuttuessa estää sienien kehittymisen. Tämä tulisi ottaa aina huomioon varastoimalla puolipuhtaat paperipuut metsässä riittävän avonaiseen muodostelmaan, esimerkiksi ristikolle tai telalle. Kuorellinen puutavara taas säilyy parhaiten huonoissa kuivum soloissa, sillä sen säilyminen perustuu sienien kannalta liian korkeaan puuaineen kosteuteen.

Kesäaikana suoritettavien puutavaran hakkuitten tarjoamiin etuihin kuuluu kuivumisen aiheuttama puutavaran painon alentuminen ja sen seurauksena kuljetuskustannusten pienentyminen. Näin syntyvä kustannusten säästö muodostuu sitä suuremmaksi, mitä pitemmän ja vaikeamman kuljetusmatkan takana puutavara sijaitsee.



Piirros 19. Kesäaikana tehtyjen paperipuitten suhteellinen paino syksyllä kaatoajasta riippuen.
Figure 19. The relative weight in the autumn of pulpwood prepared in the summer, depending on the time of felling.

Piirros 19 osoittaa eri aikoina valmistettujen paperipuitten suhteellisen painon loka—marraskuussa, kun tuoreen tavaran paino on 100. Huhti—heinäkuussa valmistettujen puolipuhtaitten kuusi- ja mäntypaperipuitten paino oli syksyllä keskimäärin vain 64 % siitä, mitä se oli puolipuhtaissa paperipuissa heti kuorimisen jälkeen. Puolipuhtaitten paperipuitten kohdalla on otettava huomioon lisäksi kuoren poisjäämisestä aiheutuva painon alentuminen. Olettamalla painohäviöprosentin olevan samaa suuruusluokkaa kuin pinotilavuuden pienentyminen paperipuita kuorittaessa (vrt. sivu 59), päädytään taulukkoon 25. Taulukkoa laadittaessa on tehty systemaattinen virhe, koska kuoriaine on erityisesti mäntypaperipuissa puuainetta kevyempää. Virhe on kuitenkin niin pieni, että sillä ei ole käytännöllistä merkitystä.

Taulukko 25. Kuormaan menevän puuaineen suhteellinen määrä, kun tuoreitten, kuorellisten kuusipaperipuitten ja mäntypaperipuitten painoa merkitään kumpaankin erikseen luvulla 100 ja kun paino on kuorman koon minimitekijä.
Table 25. The relative amount of wood going into a load, when the weights of green, unbarked spruce pulpwood and pine pulpwood are marked with the number 100, and the weight is the minimum factor of the size of the load.

Kaatokuukausi *Felling month*	Kuusipaperipuut *Spruce pulpwood*		Mäntypaperipuut *Pine pulpwood*	
	Puolipuhtaat—*Barked*	Kuorelliset—*Unbarked*	Puolipuhtaat—*Barked*	Kuorelliset—*Unbarked*
	Kuormaan menevän puuaineen suhteellinen määrä syksyllä — *Relative amount of wood going into a load in the autumn*			
IV	174	122	167	112
V	174	120	167	112
VI	174	118	167	110
VII	174	110	167	106
VIII	161	105	155	103
IX	136	101	130	100

Vuoden 1962 aikana voimassa olleitten palkkasopimuksen mukaisten metsätyöpalkkojen taulukoitten mukaan jaetaan pinotavara metsäajotaksoja määritettäessä kuivaan, puolikuivaan ja tuoreeseen, jolloin ennen heinäkuun ensimmäistä päivää valmistetut puolipuhtaat kuusi- ja mäntypaperipuut luetaan kuiviksi. Puolikuivaa tavaraa ei sen sijaan määritellä. Käsillä olevaan tutkimukseen liittyvät, neljän kesän aikana suoritetut mittaukset osoittavat, että myös heinäkuun aikana valmistettujen puolipuhtaitten paperipuiden voidaan katsoa olevan syksyllä kuivia.

42. Tukkien hakkuut

Taulukossa 26 on esitetty varastovikojen aiheuttama tappio tukkikuutiojalkaa kohti laskettuna. Lähtökohtana on ollut raaka-aineen kulutus 240 j³/std sekä 7″ u/s-mäntysoiron hinta 700 mk/std. Taulukko osoittaa

myös tukkipuiden laadun vaikutuksen tappion määrään. Tällöin ei ole kuitenkaan otettu huomioon sitä, että kuorellisista tukeista oksaiset saattavat karsimiskohtien kautta pilaantua oksattomia pahemmin ainakin niissä myöhäisissä erissä, joissa hyönteiset eivät ole levittämässä tuhosieniä. Karsimisjälkien kautta tapahtuva pilaantuminen lienee voimakkainta heinä—elokuussa valmistetuissa kuorellisissa tukeissa, mutta jää niissäkin vähäiseksi poikkileikkauspintojen kautta tapahtuvan sinistymisen rinnalla.

Taulukko 26. Varastovikojen aiheuttama tappio tukkikuutiojalkaa kohti erilaisissa leimikoissa.
Table 26. The loss caused by storage defects per log cubic foot in various stands marked for cutting.

Kaatokuukausi *Felling month*	Sahaustulosten laatujakautuma ilman varastovikoja — *Grading of the sawing yield without storage defects*			
	100 % u/s — V — VI	70 % u/s 20 % V 10 % VI	50 % u/s 40 % V 10 % VI	30 % u/s 60 % V 10 % VI
	Varastovikojen aiheuttama tappio penniä/tukkikuutiojalka *Loss caused by storage defects, Finnish pennies/log cubic foot*			
	Puolipuhtaat kuusitukit — *Barked spruce logs*			
IV	30	24	21	18
V	23	19	17	14
VI	19	15	13	10
VII	9	7	5	4
VIII	3	2	1	1
IX	0	0	0	0
	Puolipuhtaat mäntytukit — *Barked pine logs*			
IV	76	60	51	41
V	58	44	35	26
VI	49	36	28	20
VII	54	40	32	23
VIII	36	25	18	11
IX	2	1	1	0
	Kuorelliset kuusitukit — *Unbarked spruce logs*			
IV	65	53	47	42
V	60	48	42	36
VI	49	39	34	28
VII	43	33	28	23
VIII	21	16	13	10
IX	2	2	1	1
	Kuorelliset mäntytukit — *Unbarked pine logs*			
IV	65	54	48	43
V	67	53	47	40
VI	40	33	30	27
VII	21	18	18	17
VIII	12	10	8	7
IX	—	—	—	—

Taulukon perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset.

— Tukkien kesäkaato johtaa varastoimisvioista aiheutuviin, niin suuriin menetyksiin, että sitä ei pitäisi suorittaa ilman pakottavia syitä, ellei puuta korjata välittömästi metsästä sahalle tai ellei tukkien suojauskäsittelyä suoriteta. Tavaralajista riippumatta kesävarastoinnista aiheutuvat

tappiot muodostuvat sitä suuremmiksi, mitä varhaisemmin kasvukaudella tukit valmistetaan. Pelätty elokuun aika ei tee tässä poikkeusta, vaan päin vastoin johtaa paljon pienempiin menetyksiin kuin varhaisemmat kaatoajat. On kuitenkin otettava huomioon, että heinä—elokuun aikana tehdyt kuorelliset kuusi- ja mäntytukit saattavat joutua Monochamus-tuhojen kohteeksi, joita käsillä olevassa tutkimuksessa ei esiintynyt.

— Milloin tukkien kesähakkuuseen syystä tai toisesta ryhdytään, olisi kuusitukit ehdottomasti kuorittava. Tukkien kohtuullinen kuivuminen olisi silloin varmistettava kohottamalla tukit irti maasta. Mäntytukkien kuoriminen näyttäisi olevan kannattavaa vain huhti—kesäkuun aikana tapahtuvan kaadon yhteydessä. Tuolloinkin se olisi tarpeellista vain huonolaatuisissa leimikoissa, joista saatavan sahatavaran määrästä vahingoittumattomanakin vain puolet on u/s-luokkaan kelpaavaa. Heinä—syyskuussa valmistettavien mäntytukkien kuoriminen näyttää johtavan sahaustuloksen arvon alentumiseen.

— Kesäaikana tehtyjen tukkien varastovahingot ovat sitä suurempia, mitä varhaisemmin tukit on kaadettu.

— Tukkien säännölliset hakkuut voidaan aloittaa syyskuussa. Tällöin puolipuhtaat kuusitukit ja kuorelliset mäntytukit säilyvät jo vahingoittumattomina. Syyskuussa tehtyjen puolipuhtaitten mäntytukkien ja kuorellisten kuusitukkien arvon alentuminen on tukkien laadusta riippuen 1—2 %.

— Sahatukkien arvon alentuminen on sitä suurempi, mitä parempilaatuiset puut ovat kysymyksessä.

— Kun myrskytuho sattuu elokuuhun, kuten kävi kesällä 1961, ei ole syytä kiirehtiä katkeamatta kaatuneitten runkojen pölkyttämistä tukeiksi. Elokuun aikana valmistettujen sahatukkien varastoviat näet leviävät puuhun pääasiassa tukin poikkileikkauspintojen kautta. Se taas voidaan suureksi osaksi välttää siirtämällä tukkien pölkytys syyskuun puolella tapahtuvaksi.

Tiivistelmä

Käsillä olevan tutkimuksen käytännöllisenä tavoitteena on ollut selvittää ennen kaikkea kaatoajan, kuorimisen ja pölkyn pituuden vaikutus kesäaikana valmistettujen kuusi- ja mäntypaperipuitten ja -sahatukkien laatuun. Puutavarassa syntyvien sienivikojen ollessa ratkaisevasti puuaineen kosteudesta riippuvaisia on tutkimukseen sisällytetty myös puutavaran kuivuminen.

Tutkimuksen painopiste keskitettiin metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueeseen, missä tutkimukset jatkuivat vuosien 1957-1960 ajan. Aineistoltaan pienempiä ja kestoajaltaan lyhyempiä kokeita tehtiin lisäksi metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon ja Kivalon kokeilualueissa sekä metsähallituksen Kajaanin hoitoalueessa Vuolijoella.

Koepuut, yhteismäärältään 307 tukkia ja 2 458 kaksi- tai nelimetristä paperipuupölkkyä, jätettiin osaksi kuorellisiksi ja osaksi kuorittiin puolipuhtaiksi. Ensimmäisen kesän varastointi tapahtui metsässä harvoihin teloihin (kuvat 1 ja 2), toisen kesän varastointi taas tienvarsivarastossa matalille jolupinoille (kuva 3). Sahatukit varastoitiin telakasan alimpaan kerrokseen.

Koealat valittiin siten, että niillä vallitsevat kuivumisen kannalta keskimääräiset olot. Ne vastaavat Etelä-Suomessa käytännössä yleisimmin esiintyviä tapauksia — havupuuvaltaisia, harvennushakkuin käsiteltäviä metsiköitä.

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset ovat seuraavat.

1. Puolipuhtaitten kuusi- ja mäntypaperipuitten kuivumisen määrässä ja nopeudessa ei ole selviä eroja. Niitten pääasiallinen kuivuminen tapahtuu kesäaikana muutaman viikon, yleensä ainakin kuukauden kuluessa. Kaatoajan merkitys puolipuhtaan tavaran kuivumisen määrään on vähäinen, jos hakkuu tapahtuu ennen elokuuta. Sitä vastoin kuivumisen nopeus riippuu kaatoajasta — kuivumisolosuhteet ovat parhaimmillaan toukokuun loppupuolella, kesäkuussa ja heinäkuussa. Kuorimisen ja kuivumisen aiheuttaman painon alentumisen ja syksyllä tapahtuvan kuivan puutavaran vettymisen seurauksena keväällä ja alkukesällä valmistettujen puolipuhtaitten paperipuitten paino on syksyllä yli 40 % pienempi kuin tuoreen, kuorellisen tavaran paino.

Kuorelliset paperipuut menettävät ensimmäisen kesän aikana painostaan sitä enemmän, mitä kauemmin ne ennättävät olla metsävarastossa kuivumiskauden aikana. Huhti—toukokuussa kaadettujen kuorellisten kuusipaperipuitten paino alentui keskimäärin 18 %, mäntypaperipuitten vastaavasti vain 11 %.

2. Heinäkuussa ja sitä ennen valmistettujen puolipuhtaitten paperipuitten kosteus on kaatohetken jälkeisenä ensimmäisenä syksynä varsin lähellä puunsyitten kyllästymispistettä. Kuusipaperipuitten kosteus oli silloin keskimäärin 29 %, mäntypaperipuitten 30 %. Toisen kesän aikana puolipuhtaitten paperipuitten kosteus laskee vain vähän.

Kuorellisten paperipuitten ensimmäisen kesän aikana saavuttama kosteusaste riippuu kaatoajasta. Toukokuussa valmistettujen kuorellisten kuusipaperipuitten kosteudeksi muodostui pölkyn keskiosissa syksyyn mennessä keskimäärin 57 %, mäntypaperipuitten keskimääräinen kosteus oli vastaavasti 86 %. Myöhemmin kaadetuissa kosteus jäi korkeammaksi. Vielä toisenakin syksynä oli näkyvissä kaatoajan vaikutus. Kuusipaperipuitten kosteus oli edelleen 20—30 kosteusprosenttia korkeampi kuin vastaavana ajankohtana valmistettujen mäntypaperipuitten. Tästä kosteuserosta johtuu, että kuorellinen kuusitavara kärsii varastovioista enemmän kuin kuorellinen mäntytavara, vaikka mäntypuu samojen olosuhteitten vallitessa onkin tunnetusti kuusipuuta alttiimpaa sinistymään ja lahoamaan.

3. Puolipuhtaan paperipuupölkyn pituudella ei ole vaikutusta kuivumiseen. Sitä vastoin kuorellisen pölkyn eri osien kosteussuhteet vaihtelevat varastoimisajan pituudesta, sääsuhteista ynnä muista tekijöistä johtuen. Siten määrätystä kohdasta otettu näyte ei voi edustaa kuorellisen pölkyn keskimääräistä kosteutta kaikissa tapauksissa. Lyhyt kuorellinen pölkky kuivuu pitkää paremmin, mutta pölkyn pituuden vaikutus koko pölkyn keskimääräiseen kosteuteen jää lopulta melko vähäiseksi.

4. Kasvukauden aikana valmistettujen kuorellisten paperipuitten kuoren kosteus oli syksyllä 200 %. Kuoren kuivapainon osuus kuorellisen puutavaran kuivapainosta oli kuusipaperipuissa 7.3 % ja mäntypaperipuissa 5.9 %. Kuoren märkäpainon osuus kuorellisten paperipuitten märkäpainosta oli vastaavasti 11.5 % ja 8.7 %. On huomattava, että koeaineistossa kuusipaperipuitten kuoriprosentti oli tilavuusyksikköinä mitattaessa keskimääräistä pienempi.

5. Puolipuhtaat kuusipaperipuut säilyvät kaatoajasta riippumatta niin hyvin, että syntyvät sini- ja lahoviat jäävät vaille käytännöllistä merkitystä. Sitä vastoin kuorellisina kuusipaperipuut vahingoittuvat tutkituista tavaralajeista pahimmin. Myös mäntypaperipuut säilyvät puolipuhtaina paremmin kuin kuorellisina, mutta kuorimisen vaikutus näyttää jäävän paljon vähäisemmäksi kuin kuusipaperipuissa. Mäntypaperipuitten kuoriminen pienentää lahovikoja mutta ei sinivikoja.

6. Puolipuhtaita kuusipaperipuita voidaan valmistaa läpi koko kesän laatutappioitten jäädessä aina vähäisiksi. Puolipuhtaitten mäntypaperipuitten säilyminen on hyvä vasta elokuussa ja sen jälkeen valmistetussa tavarassa.

Kuorelliset paperipuut säilyvät sitä paremmin, mitä myöhemmin ne valmistetaan. Kuorellisten kuusipaperipuitten säilyminen parantuu suuresti kaatoajan siirtyessä heinäkuuhun tai sen jälkeen. Kuorellisten mäntypaperipuitten kohdalla ei ole vastaavasti havaittavissa yhtä jyrkkää kynnystä kesän missään vaiheessa.

Kuorellisen havupuutavaran valmistusajankohdan voimakas vaikutus syntyvien sienivahinkojen määrään on syy-yhteydessä hyönteisten esiintymiseen. Koska hyönteiset toisaalta levittävät sienitartunnan puutavaraan ja toisaalta alentavat kuorellisen puutavaran kosteutta sienille edulliseksi, hyönteistuhojen kohteeksi joutuva puutavara vahingoittuu pahimmin.

7. Toisen kesän varastoinnin aikana laajenee ennen kaikkea lahovika — mäntypaperipuissa kuitenkin myös sinivika. Käyttämällä apuna B j ö r k m a n i n (1946 a ja 1958 a) esittämiä tietoja laskettiin lahovian aiheuttama massasaannon pienentyminen tutkimusaineistossa. Puolipuhtaissa kuusipaperipuissa ei tapahtunut menetyksiä vielä toisenakaan kesänä. Puolipuhtaitten mäntypaperipuitten kohdalla menetys oli kahden kesän varastoinnin jälkeen 0.5 %. Kuorellisissa paperipuissa kahden kesän varastoinnin jälkeen laskettu massasaannon menetys oli sitä suurempi, mitä varhaisemmin edellisenä kesänä tavara oli valmistettu — kuorellisissa kuusipaperipuissa keskimäärin 4 % ja kuorellisissa mäntypaperipuissa keskimäärin 2 %.

8. Puolipuhtaitten paperipuupölkkyjen pituudella ei ole vaikutusta säilymiseen. Kuorelliset paperipuut taas säilyvät etenkin lahoamista vastaan sitä paremmin, mitä pitempiä ne ovat.

9. Ohuet pölkyt ovat arempia sienivahingoille kuin järeät. Erityisesti toisen kesän varastoinnin aikana ohuet, kuorelliset pölkyt pilaantuvat pahoin. Kuorellisista, 7—9 cm:n vahvuisista kuusipaperipuista kertyvän massasaannon laskettiin alentuneen kahden kesän varastoinnin aikana 6 %. Samankokoisten kuorellisten mäntypaperipuitten kohdalla menetys oli 8 %.

10. Kevätkesällä valmistettujen puolipuhtaitten tukkien laatuluokan alentuminen aiheutuu useimmiten halkeamista, joihin saattaa liittyä myös sini- ja lahovikoja. Loppukesällä valmistettujen puolipuhtaitten tukkien yleisin varastovika on sinistymä.

Kuorellisten tukkien laatuluokka alentuu useimmiten sinivian, mutta monesti myös lahovian johdosta. Hyönteisten välitön vaikutus jää edellisiä pienemmäksi huhti—toukokuunkin aikana tehdyissä kuorellisissa tukeissa.

11. Sahatukkeja ei pitäisi valmistaa kesäaikana, ellei erityisiä suojaustoimenpiteitä suoriteta, sillä varastovikojen aiheuttamat tappiot muodostuvat kesäkaadon yhteydessä aina korkeiksi (taulukko 27). Hyvälaatuisessa leimikossa tappiot ovat suuremmat kuin huonolaatuisessa leimikossa.

Kesäajaksi ilman suojatoimenpiteitä metsään jäävien kuusitukkien kuoriminen johtaa aina tukeista saatavan sahatavaran laadun huomattavaan paranemiseen. Mäntytukkien kuoriminen ei ole aina suotavaa, sillä mäntytukit saattavat monissa tapauksissa säilyä kuorellisina paremmin kuin puolipuhtaina. Ainoastaan huhti—kesäkuun aikana valmistettavien mäntytukkien kuoriminen näyttää varmuudella edulliselta, ja vain sillä edellytyksellä, että tukit ovat verraten oksikkaita tai muuten heikkolaatuisia.

Huhti—kesäkuussa tehtäviä kuusitukkeja ei pitäisi missään tapauksessa jättää suojaamattomina kuorellisiksi. Leimikoissa, joista saatavan sahatavaran u/s-prosentti on ilman varastovikoja 70, olisi varastovikojen tuottama tappio voitu kuorimisen avulla alentaa 50 pennistä 21 penniin tukkikuutiojalkaa kohti. Kuoriminen on varmuudella kannattavaa myös myöhemmin kesällä tapahtuvan kuusitukkien valmistuksen yhteydessä, sillä vasta syyskuussa valmistetut kuusitukit säilyvät kuorellisinakin terveinä.

Myöskään mäntytukkien valmistaminen kesäaikana ei ole milloinkaan edullista, mutta jos siihen välttämättä joudutaan, se pitäisi lykätä ehdottomasti vasta hyönteisten parveiluajan jälkeen tapahtuvaksi ja mieluimmin vielä loppukesään saakka, jolloin ei näytä olevan syytä niitten kuorimiseen.

12. Eri tavaralajit voidaan sahaustulosten laadun ja suhteellisen arvon kannalta asettaa seuraavaan paremmuusjärjestykseen:

1. Puolipuhtaat kuusitukit
2. Kuorelliset mäntytukit
3. Kuorelliset kuusitukit ja puolipuhtaat mäntytukit

13. Sahatukkien säännölliset hakkuut voidaan Etelä-Suomessa aloittaa syyskuussa, jolloin ei ole enää suurta uhkaa varastovioista. Silloin ei kuoriminen vaikuta säilymiseen.

14. Myrskytuhon sattuessa kesäaikana pitäisi kuusitukit kuoria, mutta mäntytukit jättää kuorellisiksi. Jos tuho tapahtuu vasta elokuussa, ei ole syytä kiirehtiä katkeamatta kaatuneitten tukkien pölkyttämistä, vaan on edullista lykätä se vasta syyskuun puolella tapahtuvaksi. Siten on mahdollista vähentää tukin poikkileikkauspinnan kautta tapahtuvan sinistymisen ja lahoamisen määrää, ja silloin voidaan jättää kuusitukkien kuoriminen suorittamatta.

Kirjallisuutta

Adlers, L. 1961. Virkesskador på sågtimmer i Norrland åren 1959—60. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser. nr R 33.

Adlers, L. och Butovitsch, V. 1961. Orienterande insektsskadeundersökningar på tallsågtimmer i Norrland åren 1959—60. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser. nr R 33.

Aro, Paavo. 1959. Pinopuutavarat. Tapion taskukirja, 14. painos. Helsinki.

Bakke, A. 1960. Insektskader på ubarket gran — og Furutømmer i Norge. Medd. f. D. norske Skogsforsøksv. ss. 285—333.

Bernhart, A. 1961. Verblauen von Kiefernstammholz nach einem sommerlichen Sturmschaden und Erfahrungen mit Bläuschutzmitteln. Forstwissenschaftliches Centralblatt. Heft 7/8. ss. 224—236.

Björkman, Erik. 1946a. Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande. MS 35.

—»— 1946b. Om betingelserna för uppkomsten av brädgårdsblånad samt dennas bekämpande. MS 35.

—»— 1946c. Om uppkomsten av stockblånad och lagringsröta i furusågtimmer i samband med flottning. MS 35.

—»— 1958a. Lagrinsröta och blånad i skogslagrad barr- och lövmassaved. Kungl. Skogshögskolans Skrifter. 29.

—»— 1958b. Stockblånad och lagringsröta i tall- och grantimmer vid olika avverkningstid och behandling i samband med flottning. Kungl. Skogshögskolans Skrifter. 30.

Butovitsch, Viktor. 1934. Om skadeinsekternas ekonomiska betydelse för skogshushållningen. SST.

—»— 1945. Sommarlagring i skogen av helbarkat timmer. SST.

Butovitsch, Viktor och Nenzell, Gustaf. 1943. Praktiska råd och anvisningar vid tillvaratagande av vindfällt och brandskadat virke. Stockholm.

Colley, R. H. and Rumbold, C. T. 1930. Relation between Moisture Content of the Wood and the Blue Stain in Loblolly Pine. J. Agri. Res. 41. ss. 289—399.

Eklund, Risto. 1961. Pohjois-Karjalan sulfaattiselluloosatehdas. Teollisuus- ja metsätaloudellinen tutkimus investointilaskelmineen. Joensuu.

Ekman, Wilh. 1907. Om viktförändringen hos torkande virke. SST.

—»— 1908. Skogsteknisk handbok. Stockholm.

—»— 1922. Handbok i skogsteknologi. Stocholm.

Ervasti, Seppo. 1958. Suomesta myydyn havusahatavaran hintasuhteiden muutokset vuosina 1932—38 ja 1951—56. AFF 67.

Finlay, W. P. K. and Pettifor, C. B. 1937. The Effect of Sap-Stain on the Properties of Timber. I. Effect of Sap-Stain on the Strength of Scots Pine Sapwood. Forestry, the Journal of the Society of Foresters of Great Britain. Volume XI.

France — Grosmann, Helene. 1952. Über die Ambrosiazucht der beiden Kiefernborkenkäfer Myelophilus minor Htg und Ips Acuminatus Cyll. MS 41.

Gäuman, E. 1930. Untersuchungen über den Einfluss der Fällungszeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. II. Der Einfluss der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichten- und Tannenholzes. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins. 6.

Hakkila, Pentti. 1958. Kaatoajan vaikutus kesäaikana valmistettujen mäntypaperipuitten kuivumiseen ja säilymiseen. Konekirjoite.

—»— 1961. Kesäaikana valmistetun paperipuun kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. Konekirjoite.

—»— 1962. Kesäaikana valmistetun haapapaperipuun kuivumisesta ja lahoamisesta. MTJ 54.6.

Heiskanen, Veijo. 1953. Polttopuiden kuivumisesta ja sen huomioonottamisesta varastoinnissa. MTJ 41. 4.

—»— 1959a. Kesäaikana valmistettujen mäntysahatukkien ja -paperipuiden kuivuminen ja säilyminen. MA 2.

—»— 1959b. Kesäaikana valmistettujen mänty- ja kuusipaperipuiden kuivuminen ja säilyminen. V:n 1958 tuloksia. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 82.

—»— 1959c. Halkaistun, aisatun ja kuorellisen koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. MTJ 50.7.

Heiskanen, Veijo ja Hakkila, Pentti. 1960. Polttohakepuun kuivuminen rasissa. Vuoden 1959 tuloksia. MA 4.

Helander, A. Benj. 1918. Metsänkäyttöoppi. Porvoo.

Henningsson, B. och Tamminen, Z. 1961. Studier över torkning, lagringsskador m. m. hos hand- och maskinbarkad tallmassaved. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Nr R 34.

Hägerström, Sven. 1962. Selluloosateollisuuden kehitys 1950-luvulla ja sen tulevaisuudennäkymät. Unitas n:o 1.

Jalava, Matti. 1938. Sinistymän vaikutus männyn lujuusominaisuuksiin. Suomen paperi- ja puutavaralehti n:o 22.

—»— 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Porvoo—Helsinki.

Johansson, D. 1942. Användning av rötskadad ved i cellulosaindustrien. Industriens Utredningsinstitut, Norrlandsutredningen. Stockholm.

Johansson, Folke. 1956. Studier över torkning, vattenupptagning och lagringsskador hos helbarkad sulfatved. I. Värmland, Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser 7.

—»— 1957. Studier över torkning, vattenupptagning och lagringsskador hos helbarkad sulfatved. II. Jämtland. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 10.

—»— 1962. Försök med vägning för kvantitetsbestämning av obarkad barrmassaved. NST II. ss. 223—244.

Jäntti, Eino A. 1962. Hakkeen kuljetus sekä kuljetusaikana syntyvän vajoaman vaikutus hakkeen mitattavaan määrään. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 59.

Kangas, Esko. 1934. Tutkimuksia Punkaharjun männiköiden hyönteistuhoista. MTJ 19. 7.

—»— 1957. Kirjoittajan metsäeläintieteen luentosarjasta tekemiä muistiinpanoja.

Kangas, Esko ja Salonen, Kalervo. 1960. Über das Vorkommen der Monochamus—Arten (Col., Cerambycidae) und ihre Bekämpfungsmöglichkeiten in Finnland. Ann. Ent. Fenn. 26 ss. 263—272.

Klem, Gustav. 1944. Tørke og lagringsforsøk med brennved. Medd. f. D. norske Skogforsøksv. nr 30 B.

Kohh, E. 1934. Rauimisaja ja halu möötude möjust kase- kuttepuule Tartu Ulik. Metsaos. Toim.- n:o 25.

Kollmann, F. 1936. Technologie des Holzes. Berlin.

Kurten, Joachim. 1939. Kuusipaperipuun kaatoajan vaikutus lahon syntyyn. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja.

Laanti, J. 1962. Hakkeelle asetettavat vaatimukset selluloosan ja puoliselluloosan valmistuksessa sekä laadun vaikutus hintaan. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 56.

Lagerberg, Torsten. 1924. Sulfitvedens behandling och lagringsrötan. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift.

Lagerberg, T., Lundberg, G. och Melin, E. 1927. Biological and practical Researches into Blueing in Pine and Spruce. SST.

Lekander, B. och Rennerfelt, E. 1955. Undersökningar över insekts- och blånadsskador på sågtimmer. MS 45.

Levon, Martti. 1928. Puun keinotekoinen kuivaaminen. Helsinki.

Mathiesen — Käärik, Aino, 1953. Eine Übersicht über die gewöhnlichsten mit Borkenkäfern assoziierten Bläuepilze in Schweden und einige für Schweden neue Bläuepilze MS 43.

Melin, Elias and Nannfeldt, J. A. 1934. Researches into the blueing of ground woodpulp. SST.

Münch, E. 1907 ja 1908. Die Blaufäule des Nadelholzes. Naturwissensch. Z. Land- u. Forstwirtsch. 5 (1907) ss. 531—573 ja 6 (1908) ss. 32—47 ja ss. 297—326.

Mutanen, Kalevi. 1956. Havaintoja sinistymisen ja varastolahon esiintymisestä kuorituilla mäntytukeilla. Suomen Uittajainyhdistyksen Vuosikirja XXV.

Nenzell, G. 1955. Risken för lagringsskador vid sommarhuggning av sågtimmer. Norrlands Skogsvårdsföreningens tidskrift. Häfte II.

Nylinder, Per. 1950. Studier över barr-rundvirkets torkning och vattenupptagning. NST 2.

—»— 1955. Studier över flytbarheten hos sommartorkad massaved. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 1.

—»— 1956a. Virkesfrågor vid flottning. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 2.

—»— 1956b. Undersökningar över lagringsskador hos flottat sågtimmer. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 4.

—»— 1956c. Undersökning över flytbarheten hos helbarkad tvåmeters massaved av tall. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 5.

—»— 1956d. Den sommarhuggna sulfatvedens flytbarhet och skador efter ett års vattenlagring. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 6.

—»— 1957. Fortsatta undersökningar över lagringsskador hos flottat sågtimmer. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 11.

—»— 1958a. Barkningsmetodens inverkan på massavedens torkning och vattenupptagning. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 14.

—»— 1958b. Orienterande studier över viktvariationer hos helbarkad granmassaved. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 15.

—»— 1959a. Fortsatta undersökningar över barkningsmetodens inverkan på massavedens torkning och vattenupptagning. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr R 25.

—»— 1959b. Några synpunkter på rundvirkets torkning och skador i samband därmed. SST.

Nylinder, P. och Rennerfelt, E. 1954. Undersökningar över rötskadorna i den helbarkade sulfitveden under olika huggnings- och lagringsförhållanden. MS 44.

Palkkasopimuksen mukaiset metsätyöpalkkojen taulukot 1. 1—31. 12. 1962. Palkkausalue 6.

Pertovaara, Heikki. 1961. Puuraaka-aineen kaukokuljetuskustannusten muodostumisesta. Uittoteho r.y. Tiedoituksia n:o 186.

Peterson, Olov. 1956. Sammanställning av forskningens nuvarande kunskap om virkeskador och deras omfattning vid olika transportsätt. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr 8.

Pohjakallio, Onni. 1956. Metsäpatologian perusteita. Helsinki.

Rennerfelt, Erik. 1962. Träskydd. Stocholm.

Saalas, Uunio. 1920. Havupuissamme elävistä teknillisesti vahingollisista hyönteisistä. Tapio. 13.

—»— 1924. Suomen metsien tärkeimmät tuhohyönteiset ja niiden torjuminen. Porvoo.

—»— 1949. Suomen metsähyönteiset sekä muut metsälle vahingolliset ja hyödylliset eläimet. Porvoo—Helsinki.

Sahlman, E. J. 1934. Sahatavaran sinistyminen ja sen ehkäiseminen kemiallisilla aineilla. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r.y., julkaisu n:o 15.

Serlachius, Rolf. 1958. Sahatavaran vientimyynnit. Puutavarakaupan jatkokurssi I. Helsinki.

Siimes, F. E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikalisista ominaisuuksista. Erikoisesti kutistumis- ja laajenemisilmiöstä puun vesipitoisuuden vaihdellessa. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r.y., julkaisu n:o 29.

—»— 1959. Sahatavarat ja niiden valmistus. Tapion taskukirja, 14. painos. Helsinki.

Suolahti, Osmo. 1961. Laho ja sen torjunta. Porvoo—Helsinki.

Svensson, Sven. 1962a. Studier över sommaravverkning av sågtimmer. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr R 39.

—»— 1962b. Insektsskadeundersökningar på tallsågtimmer i Norrland år 1961. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr R 40.

Thielmann, K. 1956. Schutz des Rundholzes im Wald — Ein Grossversuch zum Schutz der im Wald lagernden Fichtenstammhölzer durch Begiftung der Rinde. Holz Z. bl. 82.

Trendelenburg, Reinhard. 1939. Das Holz als Rohstoff. Seine Entstehung, stoffliche Beschaffenheit und chemische Verwertung. München.

Trägårdh, I. 1929. Om tallbocken och dess bekämpande. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. 25. 4.

Tuomola, Tuomas. 1943. Über die Holztrocknung mit besonderer Berücksichtigung der Beziehungen zwischen der Trocknungsgeschwindigkeit des finnischen Kiefernholzes und den darauf einwirkenden Faktoren. Valtion teknillinen tutkimuslaitos, julkaisu n:o 1.

Tuovinen, Arno. 1950. Paperipuiden kuivumisesta keväisin varastoalueilla. MA 6.

—»— 1952. Paperipuiden kuivumisesta ja varastoimisvioista metsävarastoinnin aikana. MJ 29.

—»— 1956. Kuorellisten mäntytukkien pilaantumisesta. MJ 34.

Tuovinen, Arno. 1958. Jäälle varastoitujen havutukkien uppoamis- ja laatutappiot. MJ 40.
—»— 1959. Kuorellisten havutukkien hyönteispilaantuminen ja sen ehkäisy. MJ 42.
—»— 1961. Tikaskuoriaistuhojen torjunnasta Riihimäen Saha OY:ssä. MT 185.
Ullen, G. 1929. Några försök angående rundvirkets torkning och vattenupptagning. NST.
Wegelius, Th. 1938. Om röta i sulfitveden och dess inverkan på fabrikationsprocessen och massautbytet. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, n:o 15.
Werberg, K. 1929. Lüli- ja maltspuu suhe männil. Tartu.
Vientisahatavaran lajitteluohjeet, 1960. Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys. Helsinki.
Winqvist, T. 1959. Ett lagringsförsök med obarkad sulfitved. Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsatser nr R 24.

Lyhennyksiä:

AFF = Acta forestalia fennica
MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti
MJ = Metsätehon julkaisu
MS = Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut
MT = Metsätehon tiedotus
MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu
NST = Norrlands Skogsvårdsförbunds tidskrift
SST = Svenska Skogsvårdsföreningens tidskrift

THE SEASONING AND THE STORAGE DEFECTS OF PULPWOOD AND SAW LOGS PREPARED IN THE SUMMER

Summary

1. Introduction

The cutting of timber is chiefly done in the winter time in Finland, whereas cutting in the summer has traditionally been avoided as much as possible in order to prevent the decay of the timber. However, as a consequence of the scarcity of labour, the mechanization of the work, the trade of the forest worker becoming permanent, and the efforts to keep the harvesting costs in check, the felling work is now being distributed more and more evenly over the entire year. Thus, in the logging period 1960—1961, no less than 40 per cent of the cutting of pulpwood was done in the half-year period of April—September.

At the same time as the cutting is being distributed over the whole year more and more frequently, there is a tendency to leave the timber unbarked more often than before, and to transfer the barking to the intermediary storage or to the mill yard. Then the timber is, however, liable to various storage defects, for one disadvantage of felling in summertime is the decay of the timber associated with it.

The current interest of the question of the preserving qualities of timber prepared in summertime has appeared from the repeated inquiries that have reached the Forest Research Institute during the last few years. On account of these inquiries, an investigation into the matter was started at the Forest Technology Department of the Forest Research Institute of Finland in April 1957 under the leadership of Professor A r o.

When the investigation was planned, the chief purpose was to study the storage defects of pine and spruce pulpwood and saw logs. However, as the appearance of these defects depends decisively on the moisture content of the wood, it was considered necessary to include the seasoning of the timber in the subject matter for the investigation.

It was considered important that the nature and the amount of the storage defects appearing in connection with the customary harvesting methods should be investigated first of all, whereas for instance, protective spraying was not included in the study. The practical aim was in the first place, to find out the effects of the felling time, the barking, and the length of the log on the preservation qualities of softwood timber prepared in summertime.

2. Method and Material

The field work of the investigation was carried out during 1957—1960, chiefly in Southern Finland (Ruotsinkylä and Vesijako), and partly in Northern Finland (Vuolijoki and Kivalo).

The kinds of timber investigated were spruce and pine pulpwood and saw logs. Half of the timber was barked and half was left unbarked. The length of the pulpwood was as a rule four metres, but in some cases two metres. The length of the saw logs was 13—15 feet.

The timber was chiefly prepared in different summer months from April onward. The pulpwood was piled up on skids in the forest for the summer (Pictures 1 and 2). The logs were stored in the first or second layer of the pulpwood piles.

The pulwood and the logs were weighed when green, and then they were weighed anew with intervals of month. In this way the time, the extent and the rapidity of the changes in weight that had taken place were found out.

The first phase of the investigation ended for the part of the material of each year in October—November of the year in question. Then sample sections were sawn from the pulpwood, and from these sections the moisture content and the blue stain and rot defects of the pulpwood at the end of the seasoning period were determined. Sections were taken from different parts of the billet in different years in the way illustrated in Figure 1. The sample sites thus partly varied, but in every case a section was sawn from the middle of the billet. By means of those middle sections the materials of different years could best be compared with each other.

For the material of the year 1957, the determining of the extent of the blue stain and rot defects of the sample sections was made with the help of a planimeter. However, as the work performed in that way proved to be very slow, the method could not be applied the following year, for the number of sections was many times greater than before. When estimates made by the eye were compared with the measurements performed with a planimeter it was observed that a sufficient accuracy was reached when measuring by eye. Since the work could thus be speeded up considerably, one passed over to visual estimates.

For the determining of the defects caused by insects, a part of the unbarked pulpwood billets was barked in the autumn. When barking, one tried to preserve the insect galleries as much as possible. After the barking, the area covered with galleries on the mantle surface of the billet, the kinds of insects, and the frequency of different kinds were determined.

The development of the storage defects in the pulpwood was also followed during the second summer of storage. Then the pulpwood was stored by the roadside in the way illustrated in Picture 3. The billets, which were originally four metres long, were two metres long during the second summer of storage, since a sample section had been taken from the middle of them in the preceeding autumn.

The test sawings of the logs were done in local sawmills in Southern Finland in the autumn following the felling.

In the sorting of the lumber only the defects that had appeared during the time of storage, that is, checks, defects caused by insects, decay, and blue stain, were taken into account. If none of these defects appeared in a piece of lumber, the piece was placed in the u/s class in spite of other possible defects appearing in it. The sorting of the lumber took place immediately after the sawing. When calculating the loss caused by storage defects, the rating of the lumber was based on Table 25. The table is based on the fob price of lumber, 700 marks/standard, and the consumption of raw material, 240 f^3/standard.

The material comprised 2 500 pulpwood billets, the top diameter of which ranged from 7 to 20 cm., the average top diameter being 12 cm. The number of saw logs was 300, and their average top diameter, measured under the bark, was 16 cm.

The weather of the summers of 1957 and 1958 was perhaps a little less favourable than the average, that of the summer of 1959 very favourable, and that of the summer of 1960 partly favourable and partly umfavourable from the point of view of the seasoning of the timber. The summers of the years 1957—1960 are on an average very representative of the weather conditions of Southern Finland, so the results of the investigation are probably of general application in this respect (Table 1 and Annex Table 1).

3. The Results of the Investigation

The Seasoning

There are no obvious differences in the extent and the rapidity of the seasoning of barked spruce and pine pulpwood. The seasoning chiefly takes place in the summer, in the course of a few weeks in general. The influence of the felling time on the extent of the seasoning of barked timber is small if the felling takes place before August (Figures 2 and 3). The rapidity of the seasoning, on the other hand, depends on the felling time — seasoning conditions are best at the end of May, in June, and in July. After the weight reduction caused by the barking and the seasoning and the waterlogging of the dry timber in the autumn, the weight of barked pulpwood prepared in the spring and in the early summer is more than 40 per cent lower in the autumn than the weight of the same pulpwood quantity when green and unbarked.

The loss in weight of unbarked pulpwood during the first summer is the greater the longer the felled timber is stored in the woods during the seasoning period (Figures 4 and 5). For instance, the w ight of unbarked spruce pulpwood felled in April—May was reduced by 18 per cent on an average, that of pine pulpwood analogously by 11 per cent only (Table 2).

The moisture content of barked pulpwood prepared in and before July is very near the saturation point of the wood fibres in the first autumn after the felling (Tables 3 and 4). The moisture content of the spruce pulpwood was then 29 per cent on an average, that of the pine pulpwood 30 per cent. During the second summer the moisture content of barked pulpwood lessens only a little (Tables 7 and 8).

The degree of moisture content attained by unbarked pulpwood during the first summer depends on the felling time (Tables 5 and 6). The moisture content of unbarked spruce pulpwood prepared in May was on an average 57 per cent in the autumn in the middle of the billets; the moisture content of pine pulpwood was analogously 86 per cent. In the timber felled later, the moisture content was higher. In the second autumn the influence of the felling time was still visible, the moisture content of unbarked spruce pulpwood being still 20—30 per cent higher than that of pine pulpwood prepared at the same time (Tables 9 and 10). This difference in moisture content is the reason why unbarked spruce timber is more liable to storage defects than unbarked pine timber, though pine wood is known to be more liable to become blue-stained and to decay than spruce wood under the same conditions.

The length of a barked pulpwood billet has no influence on its seasoning (Table 11). On the other hand, the relative moisture content of the different parts of an unbarked log varies depending on the length of the time of storage, weather conditions, and other factors (Table 12). Thus a sample taken from a certain part of an unbarked billet cannot always represent the average moisture content of the billet. A short unbarked billet seasons better than a long one, but the influence of the length of the billet on the average moisture content of the whole billet is ultimately very small.

The moisture content of the bark of unbarked pulpwood prepared during the growing season was 200 per cent in the autumn. The part of the dry weight of the bark in relation to the unbarked timber was 7.9 per cent for spruce pulpwood and 5.9 per cent for pine pulpwood (Table 14). The part of the green weight of the bark in relation to the green weight of the unbarked pulpwood was correspondingly 11.5 per cent and 8.7 per cent. It is to be observed that in the test material the bark percentage of the spruce pulpwood was smaller than the average when measuring in cubic units.

The Preservation of Pulpwood and Log Quality

Barked spruce pulpwood is so resistant to damage, independent of the felling time, that the blue stain and rot defects that appear are without importance, whereas unbarked spruce pulpwood is more subject to damage than any other kind of timber investigated.

Pine pulpwood also keeps the quality better barked than unbarked, but the effect of the barking is much smaller than with spruce pulpwood. The barking of pine pulpwood reduces the defects caused by rot, but not the blue stain (Table 29).

Barked spruce pulpwood can be prepared all through the summer, and the losses in quality remain small, but the keeping quality of barked pine pulpwood is good only in timber prepared as late as August, or still later. Unbarked pulpwood keeps the quality the better the later it is prepared. The keeping quality of unbarked spruce pulpwood is greatly improved if the felling is deferred till after the swarming time of the bark beetles, that is, at least till July. As regards unbarked pine pulpwood, no such sharp rise is to be observed at any time in the summer.

With unbarked softwood, the strong influence of the cutting time on the amount of fungus damage appearing in the wood, is connected with the appearance of insects. As the insects on one hand spread the fungal infection in the timber and on the other hand reduce the moisture content of unbarked timber so that it becomes favourable to fungi, the timber that is attacked by insects is damaged worst, whereas the timber that is prepared after the swarming of the insects suffers less attack.

During the second summer of storage especially the rot defects spread, but in pine pulpwood the blue stain also spreads (Figures 13 and 18). With the help of B j ö r k m a n s ' s (1946a and 1958a) statements as to the effect of rot defects on the cellulose yield, the decrease in the pulp yield caused by rot defects was calculated with regard to the research material. According to the calculation, there was no loss as far as the barked spruce pulpwood was concerned, even after two summers. For the barked pine pulpwood, the loss was 0.5 per cent after two summers of storage. The computed loss in the pulp yield of the unbarked pulpwood after two summers of storage was the greater the earlier in the first summer the timber had been prepared — 4 per cent on an average with unbarked spruce pulpwood and 2 per cent on an average with unbarked pine pulpwood.

The length of barked pulpwood billets has no effect on their deterioration (Tables 17 and 21), but unbarked pulpwood is the more resistant to decay the longer the billets are (Tables 18 and 22, Figure 17).

Thin billets are more subject to injuries from fungi than thick ones. Particularly during the second summer of storage thin, unbarked billets are badly damaged. The pulp yield of unbarked, 7—9 cm. thick spruce pulpwood was calculated to have been reduced by 6 per cent during two summers of storage — with unbarked pine pulpwood of the same size the loss was analogously 8 per cent.

The lowering of the grade of barked logs prepared in early summer is most often due to checks, which may be combined with blue stain and rot defects. The most frequent storage defect in barked logs prepared late in the summer is blue stain. The grade of unbarked logs is most often lowered because of blue stain, but often also because of rot defects. The immediate effect of insects is smaller than the defects just mentioned in unbarked logs prepared even in April—May (Annex Table 4).

Saw timber should not be prepared in the summer unless special protective measures are taken, for the losses caused by storage defects are always great in connection with summer felling (Tables 26 and 27). If the stand marked for cutting is good, the losses are even greater than if it is of poor quality.

The barking of spruce logs that are in the forest over the summer without any protective measures always considerably improves the quality of the lumber to be made from the logs. The barking of pine logs is generally not to be recommended, for pine logs often keep the quality better unbarked than barked. Only the barking of pine logs prepared in April—June seems to be profitable, provided that the logs are knotty or otherwise of poor quality.

Spruce logs prepared in April—June should never be left unbarked. On the basis of the research material, it has been calculated that in stands marked for cutting in which the u/s percentage of undamaged lumber to be had is 70, the loss caused by storage defects can reduced by barking from 50 Finnish pennies to 21 Finnish pennies per log cubic foot. Barking is certain to be profitable also when spruce logs are prepared later in the summer, for only spruce logs prepared as late as in September keep the quality sound even if unbarked.

The preparing of pine logs in the summer is never advisable either, but if it cannot be avoided, it should absolutely be put off till after the swarming time of the insects, and preferably till the latter part of the summer, and then it is not advisable to bark the logs.

The different kinds of timber can be placed in the following order, the one which gave the best sawing yield being mentioned first:

1. Barked spruce logs
2. Unbarked pine logs
3. Unbarked spruce logs and barked pine logs.

In Southern Finland the regular felling of saw timber can be started in September, when there is no longer any great danger of storage defects. Then the barking does not affect the preservation qualities of the timber.

If there is a devastation by storm in the summer, the spruce logs should be barked, but the pine logs should be left unbarked. If the devastation comes as late as in August, there is no reason to hurry up with the cross-cutting of the logs that have fallen without breaking, on the contrary it is advisable to put it off till September. Thus it is possible to reduce the blue stain and the decaying that begin at the cross-sections of the logs, and then even the barking of the spruce logs can be left undone.

Liitetaulukko 1. Tutkimusajan sääsuhteet keskimääräisiin verrattuina tutkimuspaikkoja lähinnä sijaitsevilla ilmatieteellisen keskuslaitoksen havaintoasemilla.
Annex table I. The weather conditions during the time of research, compared with the average weather conditions at the observatories of the Central Office of Meteorology situated nearest to the places of research.

Havaintoasema *Observatory*	Vuosi *Year*	Kuukausi — *Month*						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
		Lämpötila, °C—*Temperature °C*						
Ruotsinkylä	1957	2.2	8.0	12.1	17.0	14.1	9.4	5.7
Ruotsinkylä	1958	1.0	7.9	13.0	14.6	14.0	10.4	5.8
Hyrylä	1959	3.7	9.5	14.8	18.2	17.0	8.8	4.1
Hyrylä	1960	1.5	10.9	16.0	17.8	15.0	9.9	3.1
Tikkurila	1921—50	2.6	9.0	13.5	16.7	15.0	10.7	5.2
Pälkäne	1958	0.5	7.7	13.3	15.2	14.2	10.5	5.6
Pälkäne	1921—50	2.0	9.0	13.6	17.1	15.2	10.2	4.2
Kajaani	1958	—1.3	5.6	12.1	13.8	13.8	7.8	3.2
Kajaani	1921—50	0.3	7.2	12.7	16.3	14.0	8.4	2.0
Rovaniemi	1958	—3.0	2.8	11.6	12.8	13.6	7.3	1.3
Rovaniemi	1921—50	—0.8	6.0	11.8	15.6	12.6	7.0	0.3
		Suhteellinen kosteus, % — *Relative humidity, per cent*						
Ruotsinkylä	1957	84	84	87	90	91	92	93
Ruotsinkylä	1958	74	79	77	83	87	86	94
Hyrylä	1959	74	64	67	62	67	75	—
Hyrylä	1960	—	63	65	76	82	86	—
Ilmala	1901—30	73	66	70	73	78	83	88
Pälkäne	1958	—	—	68	74	83	82	90
Kajaani	1958	70	74	65	72	78	81	88
Kajaani	1901—30	74	68	68	70	79	82	86
Rovaniemi	1958	78	76	63	73	77	81	90
Sodankylä	1901—30	72	66	64	68	79	84	88
		Sademäärä, mm — *Precipitation, mm*						
Ruotsinkylä	1957	27	38	56	81	99	73	95
Ruotsinkylä	1958	74	79	77	83	87	86	94
Hyrylä	1959	38	26	36	81	39	4	34
Hyrylä	1960	47	15	87	87	118	44	18
Ruotsinkylä	1886—1935	39	46	60	77	97	77	76
Pälkäne	1958	16	64	33	91	60	6	35
Kuhmoinen	1921—50	33	48	50	60	71	72	67
Kajaani	1958	23	57	51	49	40	33	38
Kajaani	1921—50	39	42	66	66	74	63	61
Rovaniemi	1958	25	47	41	89	47	23	20
Rovaniemi	1921—50	25	28	45	65	65	49	47

Liitetaulukko 2. Lyhentämättömän sahatavaran keskimääräinen laatujakatuma. Laatuluokituksessa on otettu huomioon vain varastoviat.
Annex table II. The average grading of unshortened lumber. Only the storage defects have been taken into account in the grading.

Kaatokuukausi *Felling month*	Sivu- ja pintalaudat *Slabs*			Sydäntavara *Battens and deals*			Koko sahaustulos *All the lumber*		
	u/s	V	VI	u/s	V	VI	u/s	V	VI
	Laatuluokan osuus sahatavarasta, % — *Part of each grade in the lumber, per cent*								
	Puolipuhtaista kuusitukeista saatu sahatavara — *The lumber got from barked spruce logs*								
IV	9	39	52	39	55	6	18	43	39
V	16	31	53	84	16	—	39	30	31
VI	37	32	31	66	31	3	47	34	19
VII	72	16	12	75	25	—	73	20	7
VIII	82	18	—	100	—	—	87	13	—
IX	96	4	—	100	—	—	96	4	—
	Puolipuhtaista mäntytukeista saatu sahatavara — *The lumber got from barked pine logs*								
IV	4	21	75	1	27	72	3	24	73
V	—	44	56	12	69	19	2	62	36
VI	3	67	30	35	57	8	12	67	21
VII	3	69	28	16	64	20	7	65	28
VIII	23	75	2	44	56	—	32	67	1
IX	96	4	—	100	—	—	96	4	—
	Kuorellisista kuusitukeista saatu sahatavara — *The lumber got from unbarked spruce logs*								
IV	—	4	94	—	11	89	—	7	93
V	—	20	80	—	25	75	—	23	77
VI	—	36	64	14	46	40	4	38	58
VII	4	51	45	11	58	31	5	54	41
VIII	19	63	18	31	65	4	20	67	13
IX	91	7	2	95	5	—	92	6	2
	Kuorellisista mäntytukeista saatu sahatavara — *The lumber got from unbarked pine logs*								
IV	1	22	77	8	29	63	4	24	72
V	4	43	53	11	27	62	6	39	55
VI	26	53	21	35	40	25	29	51	20
VII	41	51	8	46	51	3	44	51	5
VIII	61	36	1	74	26	—	63	36	1
IX	100	—	—	100	—	—	100	—	—

Liitetaulukko 3. U/s-tavaran suhteellinen osuus käytettäessä hyväksi tavaran lyhentämistä. Laatuluokituksessa on otettu huomioon vain varastoviat.
Annex table III. The relative part of u/s grade when the shortening of the lumber is utilized. Only the storage defects have been taken into account in the grading.

Kaatokuukausi *Felling month*	Pinta- ja sivulaudat — *Slabs*						Sydänvara — *Battens and deals*					
	Lyhennys, j — *Shortening, feet*				Yhteensä *Total*	% alkuper. tilavuudesta *Per cent of the original volume of the pieces*	Lyhennys, j — *Shortening, feet*				Yhteensä *Total*	% alkuper. tilavuudesta *Per cent of the original volume of the pieces*
	0	1—2	3—4	5—6			0	1—2	3—4	5—6		
	% alkuper. kappaleluvusta *Per cent of the original number of the pieces*						% alkuper. kappaleluvusta *Per cent of the original number of the pieces*					
	Puolipuhtaista kuusitukeista saatu sahatavara *The lumber got from barked spruce logs*											
IV	9	3	—	1	13	12	39	12	—	5	56	53
V	16	6	1	3	26	24	84	—	—	—	84	84
VI	37	4	17	5	63	56	66	—	3	6	75	72
VII	72	4	6	6	88	84	75	8	4	—	87	85
VIII	82	—	9	—	91	89	100	—	—	—	100	100
IX	96	2	2	—	100	99	100	—	—	—	100	100
	Puolipuhtaista mäntytukeista saatu sahatavara *The lumber got from barked pine logs*											
IV	4	1	—	—	5	5	1	—	—	1	2	2
V	—	—	1	9	10	6	12	13	—	14	39	32
VI	3	9	2	6	20	16	35	1	1	9	46	42
VII	3	3	4	10	20	15	16	16	17	28	77	60
VIII	23	1	4	10	38	33	44	12	6	6	68	63
IX	96	2	2	—	100	99	100	—	—	—	100	100
	Kuorellisista kuusitukeista saatu sahatavara *The lumber frow unbarked spruce logs*											
IV	—	—	1	—	1	1	—	7	7	—	14	12
V	—	—	—	1	1	1	—	—	23	17	40	28
VI	—	2	2	4	8	6	14	10	18	8	50	41
VII	4	9	17	16	46	35	11	15	14	27	67	51
VIII	19	45	20	7	91	78	31	53	6	6	96	86
IX	91	—	7	2	100	97	95	—	5	—	100	99
	Kuorellisista mäntytukeista saatu sahatavara *The lumber got from unbarked pine logs*											
IV	1	6	6	3	16	13	8	7	12	9	36	29
V	4	4	10	3	21	17	11	20	8	5	44	38
VI	26	19	11	22	78	65	35	27	19	12	93	81
VII	41	28	20	11	100	88	41	21	29	8	99	86
VIII	61	31	8	—	100	95	74	15	11	—	100	96
IX	100	—	—	—	100	100	100	—	—	—	100	100

Liitetaulukko 4. Lyhentämättömän sahatavaran laatuluokan alentumisen aiheuttaneet varastoviat.

Annex table IV. The storage defects that lowered the grade of unshortened lumber.

Kaatokuukausi *Felling month*	Laatuluokkaa alentava vika *Defect lowering the grade*				u/s luokan osuus, % *Part of the u/s grade, per cent*	Yhteensä, % *Total, per cent*
	Laho — *Decay*	Sini—*Blue stain*	Hyönteiset *Insects*	Halkeamat *Checks*		
	Osuus koko sahatavaraerästä, % *Part of the total amount of the lumber, per cent*					
	Puolipuhtaista kuusitukeista saatu sahatavara *The lumber got from barked spruce logs*					
IV	11	9	—	62	18	100
V	—	6	—	55	39	100
VI	3	11	—	39	47	100
VII	5	4	—	20	73	100
VIII	—	13	—	—	87	100
IX	—	4	—	—	96	100
	Puolipuhtaista mäntytukeista saatu sahatavara *The lumber got from barked pine logs*					
IV	26	28	—	43	3	100
V	18	38	—	42	2	100
VI	11	46	—	31	12	100
VII	20	65	—	8	7	100
VIII	3	64	—	1	32	100
IX	—	4	—	—	96	100
	Kuorellisista kuusitukeista saatu sahatavara *The lumber got from unbarked spruce logs*					
IV	39	40	21	—	—	100
V	40	54	6	—	—	100
VI	36	56	4	—	4	100
VII	32	63	—	—	5	100
VIII	18	62	—	—	20	100
IX	3	5	—	—	92	100
	Kuorellisista mäntytukeista saatu sahatavara *The lumber got from unbarked pine logs*					
IV	45	44	7	—	4	100
V	35	53	6	—	6	100
VI	17	54	—	—	29	100
VII	4	52	—	—	44	100
VIII	—	37	—	—	63	100
IX	—	—	—	—	100	100

Liitetaulukko 5. Sahaustuloksen suhteellinen arvo eri koemetsiköissä. Laatuluokituksessa on otettu huomioon vain varastoviat.

Annex table V. The relative value of the sawing yield on different sample stands. Only storage defects have been taken into account in the grading.

Kaatokuukausi *Felling month*	Sivu- ja pintalaudat — *Slabs*				Sydäntavara—*Battens and deals*			
	Ruotsinkylä 1957—58	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958	Ruotsinkylä 1957—58	Ruotsinkylä 1959	Ruotsinkylä 1960	Vesijako 1958
	Sahaustuloksen suhteellinen arvo — *Relative value of the sawing yield*							
	Puolipuhtaista kuusitukeista saatu sahatavara *The lumber got from barked spruce logs*							
IV	86	—	78	86	93	—	91	96
V	91	80	74	86	98	100	96	98
VI	95	79	92	85	100	93	100	94
VII	98	95	89	99	100	98	94	100
VIII	100	100	92	99	100	100	100	100
IX	99	100	—	100	100	100	—	100
	Puolipuhtaista mäntytukeista saatu sahatavara *The lumber got from barked pine logs*							
IV	68	—	63	70	85	—	75	81
V	70	76	69	68	90	90	87	88
VI	73	73	71	78	91	85	92	100
VII	73	77	66	80	90	84	85	96
VIII	96	77	77	79	100	90	95	94
IX	100	100	—	97	100	100	—	100
	Kuorellisista kuusitukeista saatu sahatavara *The lumber got from unbarked spruce logs*							
IV	74	—	74	77	77	—	77	82
V	74	74	85	74	77	84	84	77
VI	75	74	83	83	80	77	90	95
VII	79	81	82	85	85	84	91	88
VIII	88	87	93	88	95	93	94	96
IX	96	100	—	100	99	100	—	100
	Kuorellisista mäntytukeista saatu sahatavara *The lumber got from unbarked pine logs*							
IV	76	—	63	68	92	—	80	85
V	81	63	74	69	95	75	85	75
VI	95	79	75	83	99	92	82	86
VII	99	84	88	91	99	92	95	94
VIII	96	97	93	95	95	97	100	95
IX	100	100	—	100	100	100	—	100

HYÖNTEISTEN AIHEUTTAMASTA TUOREEN KUORELLISEN HAVUPUUTAVARAN PILAANTUMISESTA JA SEN KEMIALLISESTA ESTÄMISESTÄ

UKKO RUMMUKAINEN

ON DETERIORATION OF GREEN SOFTWOOD CAUSED BY INSECTS AND ITS CHEMICAL CONTROL

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1964

Helsinki 1964. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

T a m p e l l a O y : n Inkeroisten piirin piirimetsänhoitaja S a k a r i L e s k i n e n kääntyi syksyllä 1960 tekijän puoleen toivoen ohjeita metsään varastoidun kuorellisen havupuutavaran kemialliseksi suojaamiseksi hyönteistuhoilta. Kun meillä suoritetut suojauskokeilut olivat antaneet epävarmoja tuloksia, pidettiin tarpeellisena uusien tutkimusten järjestämistä. Nämä saatiinkin käyntiin yhtiön Inkeroisten tehtaiden varastoissa keväällä 1961. Tulokset eivät kuitenkaan vielä tällöinkään olleet tyydyttäviä. Joissakin tapauksissa torjunta onnistui hyvin, toisissa taas niin heikosti, että se ei vastannut käytännön vaatimuksia. Tulosten analysointi viittasi kuitenkin siihen, että kiinnittämällä erityistä huomiota tiettyihin seikkoihin tilanteeseen ilmeisesti oli odotettavissa parannusta. Siitä syystä ehdotettiin eräiden jatkokokeiden järjestämistä kesällä 1962 ja yhtiö suostui myös niihin.

Kun nyt kaikki tutkimukset on saatu päätökseen, pyytää allekirjoittanut lausua parhaat kiitoksensa Tampella Oy:n metsäosaston johdolle auliisti annetusta avusta tutkimusten kaikissa vaiheissa. Piirimetsänhoitaja Leskisen lisäksi on erityisesti metsänhoitaja E r k k i K ä m ä r ä i n e n ollut tiiviisti mukana koko ajan.

Tulosten selvittelyssä on avustanut metsätieteen ylioppilas M i r j a R u o k o n e n, joka myös teki kuorianalyysit. Koekemikaaleja saatiin R i k k i h a p p o O y : :ltä.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori E s k o K a n g a s ja professori R i s t o S a r v a s.

Englanninkieliset käännökset ovat metsätieteen tohtori J a a k k o L e h d o n käsialaa.

Heitä kaikkia samoinkuin nimeltä mainitsemattomia apulaisia haluaa tekijä kiittää.

Helsingissä maaliskuulla 1963

Ukko Rummukainen

Sisältö

Alkusanat 3
Sisältö 4
Johdanto 5
Tutkimuksen tavoitteet 8
Tutkimuksen suoritus 9
Hyönteislajeista 11
Mäntytukit ja -paperipuut 11
Kuusitukit ja -paperipuut 14
Hyönteisten iskeytymisaika 15
Hyönteistuhojen runsaudesta ja ilmenemistavasta 19
Mäntytukit 19
Kuusitukit 23
Mäntypaperipuut 23
Kuusipaperipuut 24
Havupuun tikaskuoriaisen esiintymisestä 27
Mänty- ja kuusitukit 27
Mänty- ja kuusipaperipuut 30
Kuorityypin vaikutuksesta kuoren pinta-alaan 34
Hyönteismyrkyn sijainnista ja säilymisestä kuoressa 38
Torjuntakokeiden tulokset 41
Kesän 1961 tulokset 41
Mäntytukit 41
Kuusitukit 42
Kuusipaperipuut 43
Kesän 1962 tulokset 44
Mäntytukit 44
Kuusitukit 49
Havaintoja kuorityypin vaikutuksesta hyönteisten iskeytymiseen ja ruiskutteen tehoon 1962 50
Mäntytukit 50
Kuusitukit 54
Havaintoja mäntytukkien sinistymisestä 55
Käytännöllisiä päätelmiä 57
Tutkimustulosten tiivistelmä 59
Lähdeluettelo 61
Summary in English 65

Johdanto

Jo 1930-luvulla suoritettiin Ruotsissa kokeiluja metsään varastoidun kuorellisen havupuutavaran suojaamiseksi kemikaaliruiskutuksin (B u t o v i t s c h ja S p a a k 1939). Tällöin oli kysymyksessä myrskyntuhon jäljiltä hakatun tavaran pilaantumisen estäminen. Myrskynvahingot olivat sattuneet talvella ja olivat niin suuria että kaikkea kertynyttä tavaraa ei ehditty korjata ennen tuhohyönteisten iskeytymisaikaa. Toisen maailmansodan jälkeen suojaustoimenpiteiden tarve on kasvanut siirryttäessä kuljettamaan myös tavanomaisissa hakkuissa tehtyä tavaraa yhä suuremmassa mitassa tehtaille kuoripäällisenä. Tähän siirtymiseen on ollut useita syitä. Käsinkuorintatyövoiman puute ja kalleus ja konekuorinnan kehittyminen on tehnyt taloudelliseksi kuorinnan keskittämisen yksiin paikkoihin. Lisäksi on havaittu että kuoripäällisinä sahoille kuljetetut tukit ovat vähemmän alttiita halkeilemaan ja saamaan ns. ilmasinistymää kuin metsässä kuoritut. Kun tuoretta kuoripäällistä tavaraa ei kuitenkaan aina ehditä korjata metsästä riittävän aikaisin keväällä, uhkaa sitä hyönteisten aiheuttama välitön tai välillinen pilaantumisvaara samalla tavoin kuin myrskynkaatojakin. Jotkut hyönteiset kaivavat reikiä itse puuaineeseen, toiset välittävät sinistäjäsieniä edistäen sillä tavalla sinistymisvikojen esiintymistä, ja harmittomatkin lajit saattavat nakertaa irti tukkeja suojaavan kuoren, jolloin tukit joutuvat loppukesällä samanlaisille tuhoille alttiiksi kuin kuorittu puu (A d l e r s ja B u t o v i t s c h 1961). Jo varsin vähäiset kuljetusten myöhästymiset saattavat johtaa merkittäviin puutavaran arvon alennuksiin (B j ö r k m a n 1958). Estämällä hyönteisten iskeytyminen, saadaan pilaantumisilmiötkin suurimmaksi osaksi torjutuiksi. Tähän kemikaalikokeilut ovat pääasiassa tähdänneet jos kohta hyönteismyrkkyjen ohella on tutkittu myös sienimyrkkyjen käyttömahdollisuuksia sinistymän ja pitkäaikaisen varastoinnin yhteydessä ilmenevien lahovikojen torjumiseksi. Kokeiluihin ja käytännön suojaustoimenpiteisiin on osaltaan kannustanut hyönteis- ja sienimyrkkyteollisuudessa viime aikoina tapahtunut valtava kehitys, jonka ansiosta on käytettäväksi saatu lukuisia tehokkaita ja muissakin suhteissa käyttökelpoisia kemikaaleja.

Erityisesti Ruotsissa on kiinnitetty paljon huomiota puutavaravarastojen tuhoihin ja niiden estämiseen (B u t o v i t s c h ja S p a a k 1939, 1941, 1941, B u t o v i t s c h ja N e n z e l l 1943, B u t o v i t s c h 1960, B u t o-

vitsch ja Eidman 1962, Björkman 1946, 1946 b, 1946 c, 1958, 1958 b, Francke- Grosmann 1952, Henningsson ja Tamminen 1961, Lagerberg, Lundberg ja Melin 1927, Lekander ja Rennerfelt 1955, Mathiesen-Käärik 1953, Nenzell 1955, Nylinder 1956, 1956 b, 1957, Winqvist 1959), viime vuosina myös toisessa pohjoismaassa, Norjassa (Bakke 1960, Fystro ja Bakke 1962) ja jopa Tanskassa on kemikaalien käyttöä tähän tarkoitukseen kokeiltu (Beier Petersen 1957). Viime aikoina suoritetuista keskieurooppalaisista tutkimuksista mainittakoon Hudeczekin (1956), Schimitschekin (1961), Sinreichin (1961) ja Bletchlyn ja Whiten (1962) suorittamat.

Suomessa on Tuovinen (1956, 1957, 1958, 1959) useaan otteeseen tehnyt havaintoja varsinkin mäntytukkien pilaantumisesta ja järjestänyt torjuntakokeita. Kangas ja Salonen (1960) ovat julkaisseet osana laajemmasta tutkimuksesta *Monochamus*-lajien aiheuttamia tuhoja ja niiden torjuntaa koskevia tutkimustuloksia ja Ventola (1961) on selvitellyt erityisesti havupuun tikaskuoriaisen esiintymistä kuorellisessa puutavarassa. Tuovisen selvityksistä ilmenee mm., että tuhot eri paikkakunnilla ja eri vuosina saattavat paljon vaihdella niin määrältään kuin laadultaankin. Mäntytukkien kohdalla näyttää hyönteisten aiheuttama sinistyminen yleensä olevan pahin puutavaran arvon alentaja, kun taas kuusella on haitallisin jo mainittu tikaskuoriainen. Eräässä 1 500 tukkia käsittäneessä erässä (Tuovinen 1957) Varkauden luona oli kesäkuussa suoritetun tarkastuksen aikaan tyvitukeista vikaisia 43 % kappaleluvusta, väli- ja latvatukeista 42 %. Hyönteisten sinistämiä oli tyvitukeista 33 %, väli- ja latvatukeista 30 %. Reikiä tukkeihin oli kaivanut *Monochamus sutor* L.-sarvijäärä siten, että nippujen yläosissa oli tyvitukeista reikäisiä 6 %, väli- ja latvatukeista 18 %. Kesällä 1957 tutkituissa puissa (Tuovinen 1959) oli mäntypaperipuupölkyissä 26—27. 6 mennessä vaippapinnasta sinistynyt lähellä Suomenlahden rannikkoa sijainneesta kahdesta varastosta toisessa 31.6 % ja toisessa 7.4 %. Kuusipölkkyjen pinnasta oli samaan ajankohtaan mennessä toisessa varastossa sinistynyt 1.5 % ja toisessa 1 %. Kun reikiäkään kaivavia hyönteisiä kuusipuissa ei esiintynyt, olivat ne säilyneet kesäkuun loppuun asti hyväkuntoisina.

Muissa maissa on usein todettu paljon pahempaakin tuhoa hyönteisten aiheuttavan (vrt. esim. Butovitsch ja Eidmann 1962, Schimitschek 1961) ja mm. Butovitsch (1960) päätyy pitkäaikaisen kokemuksen perusteella siihen, että pelkästään sinistäjähyönteiset aiheuttavat mäntytukeille usein 40—50 %:n arvonmenetyksen.

Hyönteisten pesiminen kuorellisessa puutavarassa ei lisää ainoastaan puutavaran vahingonvaaraa, vaan saattaa koitua uhkaksi myös varastopaikkojen lähimetsille. Suuri osa männyn ja kuusen kuivumisia aiheutta-

vista hyönteisistä (ks. Kangas 1949, ss. 507, 514) valtaa tuoreen kuorellisen mänty- ja kuusitavaran mieluisaksi lisääntymispaikakseen, jossa uuden entistä suuremman hyönteispolven kehittyminen sujuu vaikeudetta. Täten tuholaiskannat lisääntyvät metsissä ja saattavat suotuisissa olosuhteissa rynnätä elävien, jopa aivan terveiden puiden kimppuun tappaen niitä. Esim. Punkaharjulla on 1930-luvulla todettu (Kangas 1934, ss. 39—41) yhden ainoan kesän ajaksi metsään jätetyn pienen halkovaraston provosoineen seuraavaksi kesäksi ytimennävertäjä-nimisten hyönteisten aiheuttaman, muuten terveiden mäntyjen kuoleman. Myös pitkäaikaisemman varastoinnin yhteydessä samanlaisia tuhoja ilmeni. Saalas (1919, ss. 156—177, 354—368) on kiinnittänyt huomiota ytimennävertäjätuhojen esiintymiseen rautateiden varsilla halko- ja tukkivarastojen ympäristömetsissä. Myös kesällä 1961 eri puolilla maata todetut (Rummukainen 1961) männyn ja kuusen kuivumisilmiöt sattuivat pääasiassa varastopaikkojen ja hakkuualojen liepeillä. Tällöinkin kuivumisia aiheuttivat ainakin ytimennävertäjät, okakaarnakuoriainen ja pikikärsäkkäät männyllä ja kuusen tähtikirjaaja kuusella. Hakkuutähteissä puita tappamaan pystyvät hyönteiset yleensä voivat lisääntyä vain hakkuutalven jälkeisenä kesänä, joten ne siis vastaavat yhden kesän kestänyttä puutavaran varastointia, mutta silti niistä alkunsa saaneisiin tuhoihin on ollut aiheellista kiinnittää huomiota monta kertaa (mm. Saalas 1919, ss. 171—187, 353, Kangas 1934, ss. 41—42, 1947, s. 147, Nuorteva 1956 b).

Edellä mainitut havainnot koskevat lähinnä varttuneiden metsien tuhonvaaraa. Myös taimistoille ja nuorille metsille saattavat puutavaran tuholaiset koitua uhkaksi. Kangas (1937, ss. 224—225) mainitsee männyntaimien vioittajina mm. ytimennävertäjät (vrt. myös Jørgensen ja Beier Petersen 1951), tyvi- ja latvapikikärsäkkään sekä tukkimiehentäin, jotka kaikki voivat lisääntyä puutavarassa. Trägårdh (1939, ss. 216—217) sanoo niinikään mäntypuutavaran pahan tuholaisen, okakaarnakuoriaisen tappavan nuoria mäntyjä, ja metsänhoitaja O. Huurin antaman suullisen ennakkotiedon mukaan hänen suorittamissaan laajoissa männynistutuskokeissa on yleisesti joskaan ei erityisen runsaasti havaittu männynnilurin (*Hylastes brunneus*) tuhoa, joka hyönteinen mielellään pesii puutavaravarastojen alakerroksissa (vrt. myös Juutinen 1962, ss. 20—21).

Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää voidaanko ja millä edellytyksillä ja keinoilla metsään varastoidun tuoreen kuorellisen mänty- ja kuusipuutavaran hyönteistuhoja meillä estää kemikaaliruiskutuksin. Tutkimus keskittyi koskemaan pääasiassa kuoren alla eläviä hyönteislajeja, koska havupuun tikaskuoriaista lukuunottamatta puuaineeseen käytäviään kaivavia lajeja ei koevarastoissa esiintynyt.

Koska lukuisissa aikaisemmissa tutkimuksissa meillä ja muissa maissa on jo saatu selvyyttä moniin tuohon päämäärään pääsemiseksi tarpeellisiin seikkoihin kuten mm. tuholaisten esiintymiseen varastopuissa ja monien myrkkyjen käyttökelpoisuuteen, voitaneen tämän tutkimuksen ehkä kiintoisimpina yksityiskohtina pitää niitä, joissa etsittiin vastausta seuraaviin kysymyksiin:

— Miten insektisidiruiskute pysyy kuoressa,

— Miten kuoren rakenne vaikuttaa käsiteltävän puun pinnan suuruuteen ja siten myös tarvittavaan ruiskutemäärään?

Koeruiskutuksia suoritettiin vain muutamilla kemikaaleilla, joiden joukossa oli aikaisemmin ristiriitaisia tuloksia antanut kotimainen valmiste, jonka tulosten epämääräisyyden syitä haluttiin selvittää. Vain yhden meillä ennen kokeilemattoman valmisteen (Malix-Kombi) tehon tutkiminen kuului tutkimusten päämääriin. Tosin myös Gesarol-nimisestä valmisteesta oli 1962 kokeiltavana uusi muunnos.

Lisäksi kemikaalikokeiluissa pyrittiin selvittämään erilaisissa olosuhteissa tarvittavaa ruiskutemäärää ja öljylisän vaikutusta ruiskutteen tehoon. Tiedetään (vrt. mm. Butovitsch 1960 ja Kangas ja Salonen 1960), että ruiskuttamalla hyönteismyrkky pelkästään öljyssä veden asemesta saadaan paras torjuntatulos. Öljyruiskutukset eivät meillä kuitenkaan ole käytännössä saaneet jalansijaa lähinnä öljyjen kalleuden vuoksi. Siitä syystä päätettiin tutkia ruiskutteen tehoa sellaisessa tapauksessa, jossa vain osa, 25 %, vedestä korvattiin öljyllä.

Koko tutkimuksen ajan tehtiin myös biologisia havaintoja tuholaisista ja niiden esiintymisestä varastopuissa. Tutkimuksen ja metsänsuojelun kannalta ehkä antoisimpia tuloksia saatiin vähän selvitetystä hyönteisten iskeytymisestä paperipuupinoihin, vaikka kokeisiin osallistunutta puutavarayhtiötä epäilemättä eniten kiinnostivat tukkien tuhot.

Tutkimuksen suoritus

T u t k i m u s p a i k a t (puutavaravarastot) sijaitsivat Tampella Oy:n Inkeroisten sahan varastoalueella ja siitä noin 45 km:n säteellä Kouvolan ja Luumäen suunnissa. Varastojen välimatkat vaihtelivat noin 5 km:stä ylöspäin. Päätutkimuspaikan (Inkeroinen) sijainti on n. 60° 35′ pohj. lev. ja 27° 50′ it. pit. Kaikki varastot jäivät 60—61° pohj. lev. ja 26—28° it. pit. sisälle. Sekä kuusi- että mäntytukkeja tutkittiin 1961 5:ssä, kuusipaperipuita 6:ssa ja mäntypaperipuita 2:ssa varastossa. 1961 oli mäntytukkeja 4:ssä ja kuusitukkeja 2:ssa varastossa.

Kuoritutkimuksia suoritettiin osaksi Inkeroisissa, osaksi Punkaharjulla.

Varastojen p u u m ä ä r ä t olivat sahan varastoa ja Luumäen paperipuuvarastoa lukuunottamatta verraten pieniä. Sellaisia tutkimuksia ajatellen kuin nyt suoritetut pienet varastot saattavat ollakin suuria edullisempia. Tuholaisten esiintymistä ja torjuntaa selvitettäessä on välttämätöntä että paikalla on tuholaisia riittävästi. Jos koevarastot ovat suuria, on olemassa vaara että tuhonaiheuttajia ei riitä kaikkialle ja sattuma pääsee kohtuuttomasti vaikuttamaan tuloksiin. Pienissä varastoissa tämä vaara on vähäisempi. Tuhonaiheuttajien runsas esiintyminen taas sallii koepuiden määrän pitämisen suhteellisen pienenä, mikä on omiaan vähentämään työmäärää.

Tutkimuksiin sisältyi useita satoja tukkeja ja useita tuhansia paperipuita, joista etempänä selostetuilla tavoilla valittiin tarkasti analysoitavaksi osa. Tarkat runkoanalyysit tehtiin seuraavista tukki- ja pölkkymääristä: 1961 tutkittiin 83 ja 1962 217 mäntytukkia, 1961 tutkittiin 110 ja 1962 110 kuusitukkia, 1961 tutkittiin 30 mäntypaperi- ja 331 kuusipaperipölkkyä. 1962 olivat mäntytukit keskim. 16.2′ pitkiä ja latvapäästä 7.4″ paksuja, kuusitukit vastaavasti 16.7′ ja 7.6″. Kaikki paperipuut olivat 2 m pitkiä ja mäntypaperipuut keskeltä keskim. 9.1 cm ja kuusipaperipuut 11.7 cm paksuja.

T u t k i m u s a j a t. 1961 suoritettiin koeruiskutukset 2—3. 5. ja tulokset tarkastettiin 7—15. 7. 1962 ruiskutettiin 18. ja 24. 4. ja tarkastukset suoritettiin 5—7, 21—22. 9. Kuoritutkimusten väriaineruiskutukset Punkaharjulla suoritettiin 30. 5. 1961 ja kuorinäytteet näistä puista kerättiin ja osaksi analysoitiinkin samoin Punkaharjulla 3—10. 1. 1962. Kuorianalyysipuut kaadettiin Inkeroisissa huhtikuun lopulla 1962 ja Punkaharjulla kesä—heinäkuulla samana vuonna. Tuhohyönteis- ja kuorinäytteitä tutkittiin Helsingissä syksyllä 1961 ja 1962.

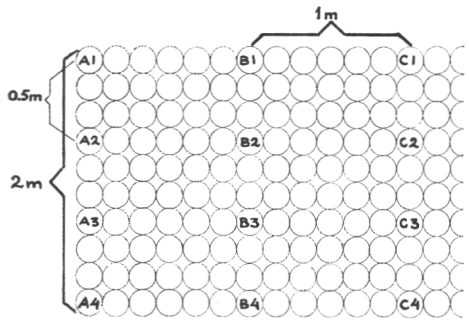
Koekemikaaleina olivat 1961 Täystuho-T-niminen, 20 % DDT:tä ja Gesarol-50-niminen, 50 % DDT:tä sisältäneet valmisteet. 1962 oli jälleen Täystuho-T, mutta sen ohella Gesarol aktiv, joka sisälsi 45 % DDT:tä ja 5 % lindaania sekä Malix-Kombi-niminen valmiste, joka sisälsi 16 % tiodania ja 4 % lindaania. Konsentratiot, nestemäärät ja käsittelytavat selviävät koeselostusten yhteydessä (ss. 41—43 ja 44, 49). 1962 korvattiin osassa ruiskutuksia 25 % ruiskutevedestä lämmitysöljyllä.

Torjuntakokeiden tarkastus. Kokeita tarkastettaessa jokainen koepuu ensiksi kuorittiin varovaisesti siten, että hyönteisten tekemät jäljet jäivät puun pinnassa näkyviin. Jokaisesta puusta määritettiin se pinnan ala minkä kaikki hyönteiset yhteisesti olivat vallanneet eli pilanneet (lukuunottamatta havupuun tikaskuoriaista, *Trypodendron lineatum*). Kunkin hyönteisen valtaama pinnan osuus määritettiin myös erikseen. Pinta-alat ilmoitettiin sadanneksina koko puun pinnasta (1961) sekä 1962 myös erikseen tukkien ylä- ja alapinnasta. Yleensä hyönteisten pilaama pinta-ala oli sama kuin sen syömäkuvioiden peittämä ala. Vaakanävertäjän (*Blastophagus minor*) osalta tarkoitetaan 1962 kuitenkin sen sinistämää alaa. Kun yhdestä pienestä syömäkuviosta sinistymä voi levitä jopa yli metrin pituisen matkan kuvion molemmin puolin puun pituussuunnassa (vrt. Lekander ja Rennerfelt 1955, s. 28; Bakke 1960, s. 300) ja kun ko. hyönteisen aiheuttama vahinko on juuri sen välittämää sinistymistä, ei pelkkä syömäkuvioiden esiintymisala aina antaisi vioituksesta oikeata kuvaa. Sen selvittäminen tuhon suuruutta määritettäessä kuitenkin on pääasia. Sinistymän perusteella voidaan kuvioiden luvustakin tehdä tarvittaessa päätelmiä, sillä sinistymän laajuus on luonnollisesti yleensä riippuvainen tästä luvusta, 1957 suoritetuissa tutkimuksissa (Tuovinen 1959, s. 15) jopa siten että sinistymissadanneksen lukuarvo ja syömäkuvioiden luku olivat likipitäen samat.

Havupuun tikaskuoriaisen runsautta selvitettäessä hyönteisen kaivamien reikien luku joko arvioitiin tiettyä asteikkoa käyttäen (tukit 1961) tai sitten laskettiin reiät koepuu koepuulta (paperipuut 1961 ja tukit 1962).

Tutkimuksissa mukana olleiden paperipuupinojen kaikkien puiden analysoiminen ei ollut mahdollista puiden suuren luvun vuoksi. Pinoista tarkastettiin 1 m:n välimatkoin näytepuulinjoja (kuva 1). Tällaisella linjalla tutkittiin tarkasti joko 3 tai neljä pölkkyä. Jos niitä oli 4, oli puu n:o 1 pinon päällimmäinen linjan kohdalla, seuraava n. 0.5 m:n syvyydessä suoraan alaspäin, kolmas n. 1 m:n syvyydessä ja neljäs pinon pohjimmainen. Kolmen pöllin linjoissa tutkittiin ylimmäinen ja alimmainen puu sekä 0.5 m:n syvyydessä ollut. »Puoli» ja »yksi» metriä ovat likimääräisiä lukuja, koska pölkyistä tietenkään näillä syvyyksillä ei voinut olla kuin osa. Paperipuupinotutkimusten vaivalloisimpiin töihin kuului näytepölkkyjen kaivaminen esille.

Kuoritutkimusten suoritus on selostettu s. 35.



Kuva 1. Näytepölkkyjen valinta paperipuupinoista. Näytelinjat (A, B, C...) 1 metrin päässä toisistaan, näytepuut linjoilla n. 0.5 m:n päässä siten, että pinon ylin ja alin pölkky tulivat mukaan.

Fig. 1. Selection of sample bolts from pulpwood piles. Sample lines (A, B, C...) at distances of 1 m., sample bolts on the lines at distances of about 0.5 m. The topmost and the lowest bolt in the pile were included.

Hyönteislajeista

Mäntytukit ja -paperipuut

Pystynävertäjä, *Blastophagus piniperda L.* (Saalas 1919, ss. 209—216; 1949, ss. 353—361) oli molempina vuosina mäntytyvitukkien yleisin hyönteinen, jonka pilaaman tukin pinnan osuus vaihteli suuresti juuri sen mukaan oliko kysymyksessä paksukuorinen tyvi- vaiko ohutkuorinen latvatukki. Tyvitukeista se valtasi usein suurimman osan, kun taas latvatukit samassa varastossa saattoivat jäädä kokonaan koskematta. 1961 sen valtaaman pinnan osuus vaihteli eri varastoissa keskim. 14—34 %:n välillä, 1962 taas 5—31 %:n välillä. Vaikka se tavallisesti kuljettaa puuhun mukanaan sinistäjäsieniä, joista Mathiesen-Käärikin (1953, s. 10) mukaan tärkeimmät ovat *Ophiostoma pini* ja *Trichosporium tingens*, ei sen merkitystä sinistäjähyönteisenä pidetä suurena värivian jäädessä pinnalliseksi. Adlersin ja Butovitschin (1961, s. 5) mukaan paksukuoriset tukit yleensä sen esiintymisestä huolimatta säilyvät puhtaina heinäkuulle asti. Sitten hyönteisen valtaamista puista alkavat kuoret putoilla toukkien syötyä ne rungosta irti ja ilman kautta alkunsa saava sinistyminen ja muu pilaantuminen pääsee vauhtiin paljastuneissa kohdissa. Myös tämän tutkimuksen yhteydessä tehtyjen havaintojen mukaan (s. 55) pystynävertäjän aiheuttama sinistyminen oli läikittäistä ja niin pinnallista että se tukkien sahauksessa yleensä jäi pintoihin — Metsätuholaisena tämä hyönteinen on hyönteisten joukossa männyn pahin vihollinen (Saalas 1919, s. 215), joka vioittaa ja tappaa sekä vanhoja että nuoria mäntyjä, mistä syystä sen lisääntymisen estäminen puutavaravarastoissa on paikallaan.

Vaakanävertäjä, *Blastophagus minor Hart.* (Saalas 1919, ss. 216—221; 1949, ss. 361—364) oli myös yleinen molempina tutkimusvuosina joskin sen runsaus vaihteli enemmän kuin pystynävertäjän. 1961 sen esiintymisalue Summajoen varaston tukeissa oli keskim. 21 % pinnasta,

muissa varastoissa pienempi. 1962 se Raussin varaston tukkien pinnasta sinisti keskim. 32 %, Matarojalla 25 %, Ruotilassa 22.5 % ja sahan varastossa sitä ei esiintynyt. Se oli tyypillisin maasta koholla olleiden tukkien alapinnan asukas (kuva 3). Kuusitukeistakin sitä tavattiin kumpanakin vuonna. 1961 Sippolan ns. hiekkakuopan varastossa se kuusitukkien pinnasta oli vallannut keskim. 1 %:n, yhdestä tukista jopa 15 %, ja sen syömäkuvioita löytyi noin joka kolmannesta kuusesta.

Vaakanävertäjä oli ehdottomasti pahin ohutkuoristen tukkien pilaaja ja yleensä mäntytukkien sinistäjä miksi se muuallakin tunnustetaan (vrt. mm. Butovitsch 1960). Tärkeimmät sen mukanaan puuhun kuljettamat sinistäjäsienet ovat (Francke-Grosmann 1952, s. 46; Mathiesen-Käärik op.c.) *Ophiostoma canum*, *O. pini* ja *Trichosporium tingens*. Sinistymä leviää muutamissa kevätkesän viikoissa syvälle mantopuuhun (Nylinder 1957, ss. 9—10; Tuovinen 1959, ss. 15, 20). Kuusitukeissa se 1961—62 ei aiheuttanut maininnan arvoista sinistymistä.

Nyhäkaarnakuoriainen, *Ips proximus Eichh.* (Saalas 1919, ss. 341—345; 1949, s. 395) oli kumpanakin vuonna hyvin yleinen varsinkin ohutkuorisissa männyissä. Tukkien pinnasta se 1961 oli, yhtä varastoa lukuunottamatta jossa sitä ei esiintynyt, vallannut keskim. 19—30 % ja 1962 3—21 %. Se oli iskeytymisessään keskittynyt yhtä selvästi tukkien yläpintaan kuin vaakanävertäjä alapintaan (kuva 3). Mathiesen-Käärikin (op.c.) mukaan sen mukana saattaa puuhun kulkeutua *Ophiostoma ips*-sinistäjäsieni, mutta ainakaan nyt sinistymiseen ei huomio kiintynyt.

Nelihampainen tähtikirjaaja, *Pityogenes quadridens Hart.* (Saalas 1919, ss. 317—322; 1949, s. 384) tavattiin myös kaikissa varastoissa ohuen kuoren kohdalta, mutta keskimääräinen peittävyys vain harvassa tapauksessa ylitti 5 %. Sinistymistä se ei aiheuttanut. Mathiesen-Käärikin (op.c.) mukaan sen valtaamissa kohdissa puun pinta kuivuu liian nopeasti jotta sinistäjäsienet pystyisivät siinä elämään.

Kaksihampainen tähtikirjaaja, *Pityogenes bidentatus Hbst* (Saalas 1919, ss. 314—316; 1949, ss. 383—384) tavattiin vain muutaman kerran tukeista.

Okakaarnakuoriainen, *Ips acuminatus Gyll.* (Saalas 1919, ss. 338—341; 1949, ss. 393—394) oli kumpanakin vuonna hyvin harvinainen. Tämä vaakanävertäjän ohella mäntypuun pahin sinistäjähyönteinen (Butovitsch 1960), joka saattaa kuivattaa myös kasvavia puita, on 1950-luvulla ollut Ruotsissa hyvin yleinen varastotuholainen (Nenzell 1955, s. 269; Adlers 1961, s. 5; Adlers ja Butovitsch 1961, s. 5), usein jopa vaakanävertäjää pahempi. Tärkeimmät sen mukana puuhun kulkeutuvat sinistäjäsienet ovat (Francke-Grosmann 1952, s. 46; Mathiesen-Käärik op.c.) *Ophiostoma clavatum*, *O. pini* ja *Trichosporium tingens*.

Kerokaarnakuoriainen, *Ips laricis Fabr.* ja kulokaarnakuoriainen, *Ips suturalis Gyll.* (Saalas 1919, ss. 345—347 ja 347—350; 1949, ss. 395—396 ja 396—397) tavattiin jonkin kerran tukeista.

Vaippaniluri, *Hylurgops palliatus Gyll.* (Saalas 1919, ss. 228—234; 1949, ss. 365—366; Nuorteva 1956) esiintyi yleisesti mutta tavallisesti harvalukuisena. Sitä pidetään aivan haitattomana ja jopa hyödyllisenä hyönteisenä (Nuorteva 1956), koska se saattaa tarjota elinmahdollisuudet monien haitallisten kaarnakuoriaisten loishyönteisille silloin kun näitä tuholaisia ei ole. Senkin mukana kulkee sinistäjäsieniä, Mathiesen-Käärikin (op.c.) mukaan *Ophiostoma penicillatum* ja *O. piceae*, ja ko. tutkija viekin sen männyn sinistäjähyönteisten joukkoon.

Männynniluri, *Hylastes brunneus* (Saalas 1919, ss. 234—237; 1949, ss. 366—367) oli tyypillinen tukkikasojen ja paperipuupinojen alaosien hyönteinen, jota paikoin esiintyi verraten runsaasti. Myös sitä pitää Mathiesen-Käärik (op.c.) sinistäjähyönteisenä, joka levittää sienilajeja *Ophiostoma penicillatum* ja *O. piceae.*

Sarvijaakko, *Acanthocinus aedilis L.* (Saalas 1923, ss. 420—423; 1949, ss. 278—279) oli männyn ainoa sarvijäärä. Se oli tukeissa yleinen keskimääräisen vallatun alueen rungoissa käsittäessä 2—7 %. Erityisesti sitä esiintyi tyvitukeissa paksun kaarnan kohdalla, mutta monesti toukkien leveät käytävät ulottuivat verraten ohuenkin kuoren alle. Vaikka tarkempia laskelmia ei tehtykään, oli aivan ilmeisenä havaittavissa pystynävertäjäkannan tuhoutumista sarvijaakon valtaamilla alueilla, seikka johon Nuorteva (1962) on kiinnittänyt huomiota. Siinä mielessä tätä hyönteistä voidaan siis pitää hyödyllisenä. Sen mukana tulee puuhun sinistäjäsieniä *Ophiostoma olivaceum, O. piceae* ja *O. penicillatum*, mistä syystä sinistymisen tutkija Mathisen-Käärik (op.c.) laskee sen kuuluvaksi varsinaisiin sinistäjähyönteisiin.

Tyvipikikärsäkäs, *Pissodes pini F.* ja latvapikikärsäkäs, *P. piniphilus Hbst* (Kangas 1938; Saalas 1949, ss. 316—319) tavattiin molempina tutkimusvuosina miltei jokaisessa varastossa, mutta vain muutaman kerran (1962 Mataroja) ne esim. tukeista olivat vallanneet pinnasta keskim. yli 10 %. Ne suosivat tukkien alapintaa ja paperipuupinoissa pinojen sisäosia. Sinistäjinä niillä ei ole merkitystä vaikka tyvipikikärsäkäs Mathiesen-Käärikin (op.c.) mukaan voikin kuljettaa puuhun sienet *Ophiostoma pini* ja *O. albidum.*

Havupuun tikaskuoriainen, *Trypodendron lineatum Ol.* (Saalas 1919, ss. 275—281; 1949, ss. 375—377), oli molempina vuosina ainoa puuaineeseen reikiä kaivava tuholainen. Kuten toisesta yhteydestä s. 29 ilmenee, näytti se mieluummin suosivan paperipuita kuin tukkeja, mutta tukeissakin sitä paikoin oli runsaanlaisesti. 1962 suurin reikämäärä yhdessä mäntytukissa oli 158, kun taas 2 m:n kuusipaperipuupölkyissä

todettiin 1961 joitakin kertoja jopa yli 1 000 reikää. Harvoissa tutkituissa mäntypölkyissä oli suurin luku 18. Mathiesen-Käärikin (op.c.) mukaan se kuljettaa mukanaan *Monilia ferruginea*-sinistäjäsienen.

Kuusitukit ja -paperipuut

Kuusen tähtikirjaaja, *Pityogenes chalcographus L.* (Saalas 1919, ss. 302—311; 1949 ss. 381—383) oli ylivoimaisesti yleisin kuusihyönteinen niin tukeissa kuin paperipuissakin. 1961 vaihteli sen tukeista valtaama pinta-ala varastottain 7.5—82 %:n välillä, 1962 oli Ruotilan varastossa luku 15 %. Tukeissa se hakeutui mieluimmin yläpinnalle ja paperipuissa pinojen yläosiin (taul. 1). Sinistymistä se ei aiheuttanut, Mathiesen-Käärikin (op.c.) mukaan sen valtaama puun pinta kuivuu nopeasti sinistäjäsienille kelvottomaan tilaan. Kuitenkin sen syömäkuvioiden kohdilta on toisinaan tavattu lajit *Ophiostoma penicillatum* ja *O. piceae*.

Kirjanpainaja, *Ips typographus L.* (Saalas 1919, ss. 324—334; 1949, ss. 385—391) oli paljon edellistä harvinaisempi, sillä 1961 sitä viidestä tukkivarastosta yhdessä ei esiintynyt laisinkaan, kahdessa esiintyminen oli satunnaista, yhdessä vallattu ala käsitti keskim. 7 % ja yhdessä 27 % tukkien pinnasta. 1962 Ruotilan varastossa peittävyys oli keskim. 5 % ja sahan varastosta sitä ei tavattu. Se aiheutti verraten yleisesti lievää sinistymistä. Mathiesen-Käärikin (op.c.) mukaan se kuljettaa mukanaan *Ophiostoma piceaen* itiöitä. Paperipuupinoissa se suosi pinojen ylimpiä kerroksia.

Vaippaniluri, männynniluri (ks. ed.) ja kuusenniluri, *Hylastes cunicularius Er.* (Saalas 1919, ss. 238—239; 1949,s. 367) esiintyivät kaikki kuusivarastoissa varjoisissa paikoissa. Samoin kuin kahta muuta mainittua niluria, pitää Mathiesen-Käärik (op.c.) kuusenniluriakin sinistäjähyönteisenä, joka kuljettaa mukanaan sienilajeja *Ophiostoma penicillatum* ja *O. piceae*.

Muista kuusihyönteisista tavattiin rungon hutikirjaajaa, *Dryocoetes hectographus Reitt.* (Saalas 1919, ss. 285—290; 1949, s. 374) jonkin verran, samoin jo männyn tuholaisten yhteydessä mainitut *Ips laricis* ja *Blastophagus minor* sekä joku *Polygraphus*-laji, mahdollisesti karkea monikirjaaja, *P. punctifrons Thoms.* (Saalas 1919, ss. 246—250; 1949, ss. 370—371).

Puuaineeseen tunkeutuvista hyönteisistä oli myös kuusessa ainoa havupuun tikaskuoriainen, josta myös on edellä jo ollut puhe männyn tuholaisten yhteydessä.

Esitetystä ilmenee, että useat metsiemme pahimmat tuhohyönteiset, männyllä varsinkin ytimennävertäjät ja pikikärsäkkäät ja kuusella kuusen tähtikirjaaja ja kirjanpainaja, käyttivät suurin joukoin lisääntymispaikkoi-

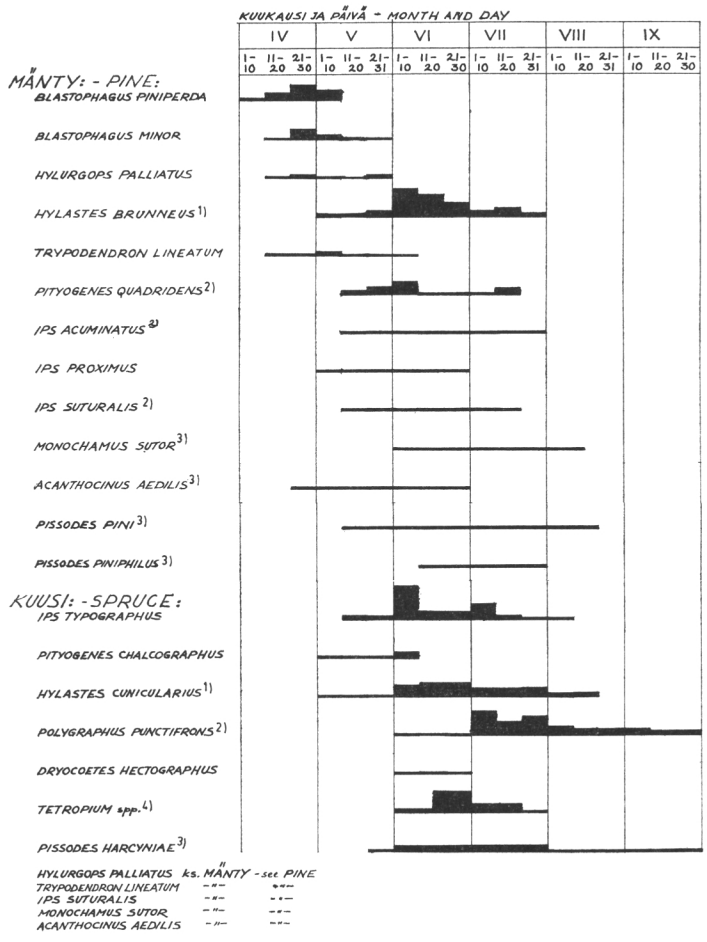
naan nyt tutkittuja puutavaravarastoja. Jos puita ei korjata tällaisista varastoista pois ajoissa vaan hyönteiset ehtivät ennen sitä viedä kehityksensä päätökseen ja poistua, saattavat varastot paikallisesti jopa huomattavasti lisätä tuholaiskantoja ja siten myös eläviä puita uhkaavaa vaaraa. Tämä koskee myös paperipuupinoja, joita saatetaan säilyttää metsässä vuosikausia ja joissa esiintyvillä tuhoilla on itse paperipuutavaran kannalta vähemmän merkitystä. Kun tukeissa ja paperipuupinoissa elävät samat hyönteislajit, saattavat pinoissa lisääntyvät hyönteiset koitua myös tukeille tavallista suuremmaksi vaaraksi.

Sekä männyllä että kuusella tavattiin suurin osa meillä kysymykseen tulevista puutavaran tuholaisista. Joitakin kuitenkin puuttui, epäilemättä tärkeimmät niistä olivat jo mainittu okakaarnakuoriainen sekä suutari, *Monochamus sutor L.*, jonka toukka kaivaa puuhun reikiä (vrt. Kangas ja Salonen 1960). 1961 sen esiintyminen ei voinut näkyä kokeiden aikaisen tarkastuksen vuoksi, mutta 1962 ei ollut sitä estettä, vaan hyönteinen puuttui varastoalueilta. Myöskään kuusijääriä, *Tetropium*, joita Schimitschek (1961) pitää kuusitavaran pahoina vioittajina, ei tavattu.

Hyönteisten iskeytymisaika

Torjunnan järjestelyn kannalta on hyödyllistä tietää se ajankohta, jolloin tuholaiset käyvät varastoidun puutavaran kimppuun eli niiden iskeytymisaika. Kemikaalikäsittelyt olisi mahdollisuuksien mukaan pyrittävä suorittamaan ennen tätä ajankohtaa, koska täten varmistetaan torjunnan onnistuminen ja säästetään kustannuksia (vrt. mm. Bakke 1960, Butovitsch ja Eidmann 1962). Ruiskutusten myöhästyessä joudutaan ruiskutteen määrää ja väkevyyttä lisäämään normaalista ja puut on käsiteltävä ympäriinsä, kun ennen iskeytymistä ruiskutettaessa esim. tukkikasojen käsittely pelkästään päältä päin ja laiteilta antaa riittävän suojan (ks. s. 49). Mikäli hyönteiset ehtivät munia ja etenkin jos toukat ennättävät kuoriutua ja kaivautua kuoreen tai puun sisään, ovat ruiskutukset turhia (vrt. Kangas ja Salonen 1960). Meillä ovat myöhästyneet ruiskutukset sekä aikaisemmin (Tuovinen 1959) että tämän tutkimuksen yhteydessä kesällä 1961 antaneet yleensä kovin huonoja tuloksia. Tulosten huonouteen on tosin ainakin eräissä tapauksissa ollut lisänä vaikuttamassa vähäinen ruiskutteen käyttö.

Kuvassa 2 on esitetty tärkeimpien mänty- ja kuusipuutavarassa pesivien tuhonaiheuttajien iskeytymisajat. Yhdistelmän runko on saatu Saalaan kaarnakuoriaistutkimuksesta (1919), joka tutkija puolestaan on ilmoittanut ajat omien pitkäaikaisten havainnoimistensa nojalla sekä käyttäen lisäksi hyväkseen kolmen muun tutkijan julkaisemia tietoja. Yhdistelmää on täydennetty hänen eräistä toisista julkaisuista (1917, 1923, 1949) saaduilla



Kuva 2. Eräiden mänty- ja kuusihyönteisten iskeytymisajat.
Fig. 2. Times of attack of some insects living in pine and spruce.

1) Aikuisia hyönteisiä. — *Adult insect.*
2) Syömäkuvioiden alkuasteita. — *Galleries in intial stages.*
3) S a a l a a n (1917) mukaan. — *According to S a a l a s (1917).*
4) J u u t i s e n (1955) mukaan. — *According to J u u t i n e n (1955).*

tiedoilla sekä eräiden toisten tutkijoiden havainnoilla, joista etenkin K a n k a a n (1946, s. 108) kuusihyönteisiä ja N u o r t e v a n (1956, s. 29) sekä männyn että kuusen kaarnakuoriaisia koskeneet ovat olleet antoisia.

Monissa tapauksissa piirros esittää iskeytymisajan pitemmäksi kuin mitä yhdellä paikkakunnalla yleensä tulee kysymykseen. Kun iskeytymisaika maan etelä- ja pohjoisosissa ei satu samanaikaisesti, pidentää yhdistelmien yleinen tapa esittää se koko maata käsittävänä yhdellä kuvaajalla tätä kuvaajaa näennäisesti. Lämpötilakarttojen mukaan (K o l k k i 1959, ss. 23—25) terminen kevät ja kesä saapuu Lappiin noin 15—20 vrk myöhemmin

kuin maan eteläosissa. Vaikka hyönteisten liikkeellelähtö ei olekaan riippuvainen pelkästään lämpötilasta, antanee tuo vuorokausimäärä kuitenkin summittaisen kuvan myös siinä ilmenevistä eroista. Juutisen (1955, s. 37) mukaan oli 1954 kuusijäärien, *Tetropium*, liikkeellelähdössä Tuusulan ja Inarin välillä eroa 14 vrk.

Myös samalla paikkakunnalla voi tuholaisten iskeytymisajankohta eri vuosina vaihdella jopa paljonkin kevään edistymisestä riippuen. Esim. 1961 olivat pystynävertäjät Inkeroisissa liikkeellä n. 10 vrk myöhemmin kuin 1962. Tämänkin vaihtelun huomioonottaminen monien vuosien aikana tehtyjen havaintojen perusteella näyttää piirroksessa pidentävän iskeytymisaikaa.

Voitaneen sanoa, että maan eteläosissa iskeytyminen tuskin alkaa aikaisemmin kuin mitä piirroksen kuvaajien alku kunkin tuholaisen kohdalla osoittaa. Jos niihin ajankohtiin lisätään 2—3 viikkoa, saataneen Pohjois-Suomen aikaisimmat iskeytymisajat summittaisesti esille.

Piirros on laadittu siten, että jos tutkijat joiden havaintojen perusteella kuvaajat on laadittu, ovat havainneet iskeytymisen runsaudessa eroja eri ajankohtina, näkyy se kuvaajan paksuuden vaihteluina. Paksuin kuvaajan osa osoittaa ajan, jolloin hyönteistä on runsaimmin todettu. Jos kuvaaja koko pituudeltaan on tasapaksu, ei sitä pidä tulkita siten että ko. hyönteisen iskeytyminen koko ajan olisi yhtä runsasta, vaan se osoittaa vain runsauden vaihteluita koskevien tietojen puutetta.

Piirroksesta ilmenee, että monet männyn tärkeimmät hyönteiset (molemmat ytimennävertäjät ja havupuun tikaskuoriainen) saattavat aloittaa iskeytymisen jo sangen varhain huhtikuussa. Jotkut tutkijat (mm. Saalas, 1919, s. 218; 1949, s. 363; Bakke 1960, s. 299) ovat todenneet molempien ytimennävertäjien olevan liikkeellä yhtä aikaa, kun taas toiset (esim. Lekander ja Rennerfelt 1956, s. 10; Nylinder 1957, ss. 9—10; Tuovinen 1959, s. 14; Adlers ja Butovitsch 1961, s. 5; Jennersten 1962, s. 178) sanovat pystynävertäjän olevan aikaisemman. Esim. keväällä 1957 oli pystynävertäjää runsaasti kaivautumassa mäntypölkkyihin 27. 4, mutta vaakanävertäjän iskeytyminen alkoi vasta 20. 5 tienoilla (Tuovinen 1959, s. 14). Myös 1961—62 pystynävertäjät olivat ensimmäiset tuholaiset ja vaakanävertäjät esim. 1962 ainakin n. 2 viikkoa myöhemmässä. Vaikka parveilu toisina vuosina ja toisissa paikoissa ilmeisesti saattaakin tapahtua yhtä aikaa, näyttää vaakanävertäjä kuitenkin siis yleensä olevan myöhäisempi. Tämä tuntuu luonnolliselta jos otamme huomioon lajien talvehtimisessa todetun eron. Pystynävertäjä talvehtii aikuisena pääasiassa männyn paksussa kaarnassa, kun taas vaakanävertäjä tiettävästi suureksi osaksi, Wichmannin (1954, s. 554) mukaan jopa 90 %, maassa karikekerroksessa. Kevätauringon alkaessa lämmittää männyn kylkeä, voivat pystynävertäjät välittömästi lähteä liikkeelle

(vrt. Nuorteva 1962). Nylinderin (1957, ss. 9—10) mukaan iskeytymisvaara on heti kun lumetonta maata alkaa näkyä puiden juurella. Perttunen (1958, 1959, 1960), joka on monipuolisesti selvittänyt pystynävertäjän lämpötilavaatimuksia, on havainnut liikkeellelähdön tapahtuvan yli + 10° C lämmössä. Vaakanävertäjien pääosa sitävastoin joutuu odottamaan lumen sulamista. Yhtä aikaa iskeytyminen voinee tapahtua esim. sellaisina keväinä, jolloin sateet sulattavat lumen ennen parveilulle tarpeellista lämpötilaa. Tällöin molemmat lajit saattavat säiden vihdoin riittävästi lämmetessä olla yhtä hyvissä lähtöasemissa.

Myös havupuun tikaskuoriainen talvehtii maassa (Hadorn 1933; Schimitschek 1961) mistä syystä sekin yleensä on pystynävertäjää myöhäisempi (vrt. mm. Nylinder 1957, ss. 9—10; Jennersten 1962, s. 176). Se lähtee liikkeelle kun iltapäivälämpötila ylittää + 12° C (Beier Petersen 1950; Ventola 1961). Nuorteva (1956, s. 29) totesi Hattulan ja Kalvolan pitäjissä 1954—55 kaarnakuoriaisten parveilua tarkkaillessaan, että pystynävertäjän runsas liikehdintä alkoi ensimmäisenä. Vasta kun sen iskeytyminen pääosaltaan oli ohi, alkoi näkyä tikaskuoriaisia ja vaippanilureja *(Hylurgops palliatus)* suuremmin joukoin. Iltapäivälämpötila varjossa oli tällöin n. + 16° C. Kun näiden määrät taas alkoivat vähentyä, seurasi männyn- ja kuusennilurin *(Hylastes brunneus* ja *H. cunicularius)* parveilu. Vaakanävertäjää ei tutkimusalueella esiintynyt.

Mäntypuutavarassa pesivistä muista tärkeimmistä hyönteisistä iskeytyvät okakaarnakuoriainen *(Ips acuminatus)* ja suutari *(Monochamus sutor)* niin myöhään, että torjuntatoimenpiteet niiden kohdalla eivät helposti myöhästy. Okakaarnakuoriaisen parveilun alku on piirroksessa merkitty 10. 5 kohdalle ja esim. keski-Norrlannissa Ruotsissa se 1959—60 oli liikkeellä jo noihin aikoihin (Adlers ja Butovitsch 1961). Kankaan (1934, s. 40) mukaan runsas parveilu alkoi 1933 Punkaharjulla toukokuun lopussa. Saalas (1919, s. 340) ilmoittaa parhaan toukka-ajan sattuvan heinäkuulle ja Trägårdhin (1939, s. 216) mukaan hyönteinen Ruotsissa munii kesä—heinäkuun vaihteen seutuvilla. Aivan Suomenlahden rannikon läheisyydessä Ruotsinpyhtäällä ilmestyivät 1957 ensimmäiset okakaarnakuoriaiset puutavaraan juhannuksen aikoihin (Tuovinen 1959, s. 14).

Suutari on vieläkin myöhäisempi. Saalaan (1949, s. 275) mukaan aikuiset hyönteiset ovat meillä liikkeellä ja munimassa pääasiassa kesäkuun loppupuolelta alkaen elokuun keskivaiheille asti (vrt. myös Kangas ja Salonen 1960). Trägårdhin (1939, s. 64) mukaan muninta Ruotsissa alkaa heinäkuun alussa ja saattaa sitä jatkua syyskuun alkuun asti. 1959—60 keski-Norrlannissa suutarin aiheuttama tuho, joka syntyy toukkien kaivautuessa puuhun talvehtimaan, alkoi elokuun loppupuolella (Adlers ja Butovitsch 1961, s. 5).

K u u s i h y ö n t e i s i s t a on ensimmäinen jo mainittu tikaskuoriainen, joka samalla on tämän puulajin pahin varastotuholainen. Metsänsuojelun kannalta tärkeimmät, kirjanpainaja *(Ips typographus)* ja kuusen tähtikirjaaja *(Pityogenes chalcographus)*, iskeytyvät ainakin suurimmaksi osaksi joitakin viikkoja myöhemmin. Suojaustoimenpiteet on siis tehtävä tikaskuoriaista silmälläpitäen. Jos siinä ei myöhästytä, ei myöhästytä muidenkaan lajien kohdalla.

Hyönteistuhojen runsaudesta ja ilmenemistavasta

Mäntytukit

1961 pilasivat hyönteiset mäntytukkien pinnasta keskimäärin 52 %, 1962 oli sadannes 53. Eri varastoalueilla tuhoja esiintyi erilaiset määrät kuten seuraavasta ilmenee:

Vuosi:	Varastoalue:	Myrkyttämättömien tukkien pinnasta pilaantunut, %:
1961	Inkeroinen, Veikkola	33
	Sippola, aukean laita	56
	Sippola, hiekkakuoppa	49
	Inkeroinen, sahan varasto	60
1962	Mataroja	72
	Raussi	81
	Ruotila	53
	Sahan varasto	20

Kumpanakin vuonna oli sahan varasto aukeimmalla paikalla. 1961 oli toiseksi avonaisin Sippolassa aukean laidassa sijainnut, kun sen sijaan Veikkolan ja hiekkakuopan varastot sijaitsivat metsän sisässä. Kuten luvuista ilmenee, ei varastopaikan avonaisuudella tai varjoisuudella ollut selvää vaikutusta tuhojen esiintymiseen jos kohta avoimien varastojen tukit olivatkin vähän pahemmin vioittuneet. 1962 sijaitsi Ruotilan varasto pellon laidassa, kun taas Matarojan ja Raussin varastot olivat metsän sisässä. Nyt molemmilla avoimilla paikoilla tuhoja oli verraten selvästi vähemmän kuin metsän sisässä eli tulos päinvastainen kuin edellisenä vuonna. Ruotsalaisten havaintojen mukaan (B u t o v i t s c h ja N e n z e l l 1943, ss. 55—57; B u t o v i t s c h 1960; A d l e r s ja B u t o v i t s c h 1961) olisivat varjoisat paikat vähemmän alttiita tuhoille, V e n t o l a n (1961) kokemusten mukaan taas ainakin havupuun tikaskuoriainen hakeutuu mieluummin metsän sisässä kuin avoimilla paikoilla sijaitseviin varastoihin. Epäilemättä eri hyönteislajit suorittavat tietynlaista valintaa varastopaikkojen välillä silloin kun siihen on tilaisuus, valikoivathan ne kuten etempänä nähdään

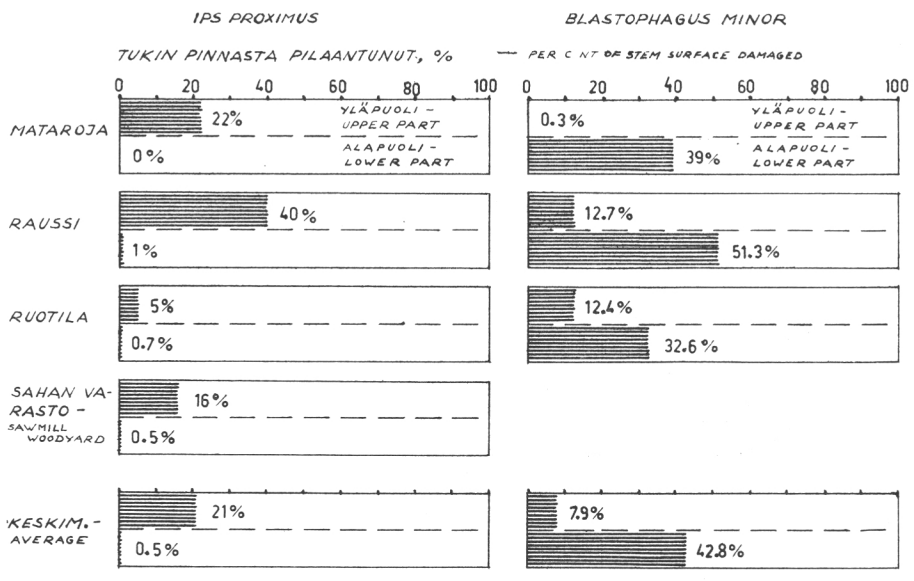
(ks. myös ss. 11—14) varastoissa esim. eri tukkikerrosten ja jopa tukin eri puolien välillä. Ratkaisevaa merkitystä sillä ei kuitenkaan ehkä tarvitse olla, vaan tarpeen tullen runsastakin iskeytymistä voi tapahtua muunkinlaiselle kuin optimaaliselle paikalle sijoitettuun varastoon. Toisaalta hyönteisen kannalta edullisestikin sijaitsevat varastot jäävät koskemattomiksi jos hyönteisiä ei ole paikalla.

Myöskään tyvi- ja latvatukkien pilaantumisen välillä ei todettu eroja. Tukkien pinnan pilaantuminen jakautui niiden kesken seuraavasti:

Vuosi:	Myrkyttämättömien tukkien pinnasta pilaantunut, %:	
	Tyvitukit:	Latvatukit:
1961	56	45
1962	51	55

Pilaantumisen vaihtelevuus eri tukkilajien kohdalla on luonnollisesti myös riippuvainen paikalla olevista hyönteisistä ja lisäksi tukkilajien läsnäolosta. Toiset tuholaiset iskeytyvät pääasiassa vain ohutkuorisiin latvatukkeihin (esim. vaakanävertäjä ja 4-hampainen tähtikirjaaja) toisten suosiessa tyvitukkeja (esim. pystynävertäjä ja tyvipikikärsäkäs). Varastoalueella tavattavista lajeista ja niiden runsaudesta milteipä sattumanvaraisesti usein riippuu, pilaantuvatko tyvi- vaiko latvatukit enemmän. Butovitschin ja Spaakin (1939, s. 259) 1930-luvulla suorittamien tutkimusten mukaan (ks. myös Tuovinen 1957) latvatukit yleensä olivat alttiimpia vioituksille kuin tyvitukit. Butovitsch selostaa kuitenkin myöhemmin (Butovitsch ja Eidmann 1962) myös sellaista koesarjaa, jossa tyvitukeista oli pintaa pilaantunut 88 % ja latvatukeista 87 %. Jonkinlaisena perusteluna latvatukkien suuremmalle tuhonalttiudelle ehkä voisi esittää sen, että ohuen kuoren kohdalle iskeytyviä hyönteislajeja yleensä lienee enemmän kuin paksun kuoren kohdalle iskeytyviä. Toisaalta paksun kuoren suosijoihin kuuluu joukko männyn yleisimpiä hyönteisiä, ennen kaikkea pystynävertäjä ja tyvipikikärsäkäs. Latvatukeissa tuhot useinkin ovat laadultaan pahempia, koska niissä paremmin kuin tyvitukeissa viihtyvät molemmat männyn pahimmat sinistäjät vaakanävertäjä ja okakaarnakuoriainen. Jos myös se seikka otetaan huomioon eikä vain hyönteisten valtaaman tukinpinnan osuus, silloin voitaneen varauksetta yhtyä käsitykseen latvatukkien suuremmasta tuhonalttiudesta.

Sama mikä koskee eri tukkilajien pilaantumista, koskee myös tukkien pilaantumista ylä- ja alapinnaltaan. Sekin on suureksi osaksi ilmeisesti riippuvainen paikallaolevista tuholaislajeista, joista toiset suosivat ylä- ja toiset alapintaa. Samoin asiaan näyttää vaikuttavan tukkilaji, koska jotkut hyönteiset, samalla kun suosivat joko ylä- tai alapintaa suosivat myös joko tyvi- tai latvatukkeja. Selvimmin näiden tutkimusten yhteydessä ohutta kuorta



Kuva 3. Nyhäkaarnakuoriaisen, *Ips proximus*, ja vaakanävertäjän, *Blastophagus minor*, esiintyminen mäntytukkien ylä- ja alapinnalla kesällä 1962.

Fig. 3. Occurrence of Ips proximus and Blastophagus minor on upper and lower part of pine logs in the summer of 1962.

ja alapintaa suosi vaakanävertäjä ja ohutta kuorta ja yläpintaa nyhäkaarnakuoriainen (kuva 3) (vrt. Butovitsch ja Nenzell 1943, s. 55). Paksun kuoren ja yläpinnan suosijoista oli tavallisin pystynävertäjä, kun taas tyvipikikärsäkäs eli mieluummin alapinnalla. Kun eri lajeja useinkin oli yhtä aikaa sikiämässä samassa tukissa, ei ylä- ja alapinnan kokonaispilaantumisessa tarvinnut olla eroa. 1962 ilmeni tukkien eri puolilla vikaisuutta seuraavasti:

Varasto:	Pilaantunut % tukkien ylä- pinnasta:	ala-
Mataroja	66	78
Raussi	77	85
Ruotila	52	54
Sahan varasto	24	16
Keskim.	55 %	58 %

Useimmissa tapauksissa siis alapinta oli hieman enemmän pilalla kuin yläpinta. Jos otetaan huomioon, että vaakanävertäjä oli pahin alapinnan pilaajista aiheuttaen siellä voimakasta sinistymistä ja yläpinnalla sinisty-

minen oli huomattavasti vähäisempää, todetaan alapinnan pilaantuneen vähän enemmän mutta selvästi pahemmin.

Kun tukit usein varastoidaan useamman kuin yhden kerroksen kasoihin, on tietty mielenkiintonsa myös sillä miten tuholaiset iskeytyvät eri kerroksiin. Tästä on tehty runsaanlaisesti havaintoja ja yleisenä toteamuksena voidaan sanoa (vrt. Kangas 1934, s. 45; Butovitsch ja Spaak 1939, ss. 255—260; 1941, s. 75; Butovitsch ja Nenzell 1953, ss. 55—57; Tuovinen 1957, 1959, s. 15; Kangas ja Salonen 1960, s. 267; Butovitsch 1960; Adlers ja Butovitsch 1961, s. 5; Bletchly ja White 1962, s. 157), että tukkikasan ylin kerros on huomattavasti alttiimpi vioituksille kuin alemmat. Butovitsch ja Spaak (1941, s. 75) mainitsevat esimerkin, jossa ylimmän kerroksen tukeista pintaa oli pilaantunut 40.6 % ja maata lähinnä olleen kolmannen kerroksen tukeista vain 11.1 %. Eräässä toisessa tapauksessa (Butovitsch 1960) vastaavat luvut olivat 59.3 ja 36.7 %. Tässäkin suunta siis oli sama vaikka erot vähäisemmät kuin edellisessä tapauksessa. Tuovisen (1959, s. 15) kokemukset osoittavat, että harvaan ladotussa ristikossakin hyönteiset saattavat mieluummin hakeutua ylä- kuin alapuihin, sillä 10 pölkyn ristikoissa 5 ylimmän pölkyn pinnasta oli juhannukseen mennessä 1957 pilaantunut keskim. 41.6 % ja 5 alimman pölkyn pinnasta 21.6 %. Tässäkin iskeytymisrunsauteen vaikuttavat paikallaolevat hyönteislajit, joista toiset käyvät mieluummin käsiksi ylä- ja toiset alakerroksiin. Useimmat männyn lajit näyttävät kuitenkin olevan pintakerroksen suosijoita. Näiden joukkoon kuuluu jopa vaakanävertäjä joka yksittäisessä puussa suosii tukin alapintaa ja jonka sen perusteella voisi luulla olevan enemmän alempien kerrosten valtaaja. Tosin sitä voi tavata myös alempana ja silloin sen iskeytyminen Butovitschin ja Spaakin (1939, s. 259) mukaan keskittyy tavallistakin jyrkemmin latvatukkeihin ja tyvitukit jäävät tavallista vähemmälle. Iskeytymiskerros voi myös ainakin joidenkin lajien kohdalla vaihdella eri olosuhteissa. Ventola (1961, s. 23) on havainnut havupuun tikaskuoriaisen olevan taipuvaisen iskeytymään tukkikasaan sitä syvemmälle mitä pitemmälle tukkien kuivuminen ehtii. Tämä merkitsee sitä, että myöhään keväällä parveilevat yksilöt kaivautuvat alempiin kerroksiin kuin varhain liikkeelläolevat.

Tämän tutkimuksen koepuista oli suuri osa telojen päällä yhdessä kerroksessa joten mainittuun seikkaan ei ollut paljon mahdollisuutta kiinnittää huomiota. 1962 suoritettiin niissä kasoissa joissa tukkeja oli useammassa kerroksessa, kemikaaleilla käsiteltyjen kasojen päällyskerrosten tukkien tarkastusten yhteydessä myös alakerrosten puiden laikuttaisia tarkastuksia. Ne osoittivat, että päällyskerrosten tuhojen onnistunut torjunta oli pitänyt myös alakerrosten puut puhtaina.

Kuusitukit

Myrkyttämättömistä kuusitukeista oli 1961 5:ssä varastossa pintaa pilaantunut keskim. 56 %. 1962 tuhoja esiintyi kahdesta koevarastosta vain toisessa (Ruotila) ja sielläkin pilaantumis-% oli vain 23.5.

Varastottain oli pilaantumista 1961 tapahtunut seuraavasti:

Varasto:	Myrkyttämättömien tukkien pinnasta pilaantunut, %:
Inkeroinen, Veikkola	39
Vehkalahti, Summajoki	59
Sippola, aukean laita	69
Sippola, hiekkakuoppa	83
Inkeroinen, sahan varasto ..	16

Aukeimmalla paikalla sijaitsi sahan varasto. Toiseksi aukein oli Sippolassa pellon laidassa sijainnut. Muut koekasat olivat metsän siimeksessä.

Vaikka aukeimmalla paikalla tuhoja esiintyikin vähiten ja metsävarastossa (hiekkakuoppa) eniten, ei varaston sijainnin vaikutuksesta tuhojen runsauteen tässä enempää kuin edellä männynkään yhteydessä voi sanoa mitään varmaa.

Tyvi- ja latvatukeissa pintaa 1961 oli pilaantunut täsmälleen yhtä paljon.

Ruotilan varastossa oli 1962 tukkien yläpinnasta pilaantunut keskim. 32.2 % ja alapinnasta 14.2 %. Tulos tukee aikaisemmin (B u t o v i t s c h ja S p a a k 1939, s. 258) tehtyjä havaintoja, joiden mukaan nyt miltei ainoina hyönteisina esiintyneet kuusen tähtikirjaaja, *Pityogenes chalcographus*, ja kirjanpainaja, *Ips typographus*, iskeytyvät mieluummin tukkien ylä- kuin alapintaan.

Mäntypaperipuut

Mäntypaperipuita oli ainoastaan kahdessa varastossa, nimittäin Luumäellä ohutpuuvarastossa ja Kouvolassa. Edellisessä paikassa tutkittiin tuhojen esiintymistä 14 m:n pituisessa ja jälkimmäisessä paikassa 4 m:n pituisessa pinossa. Aineiston pienuuden vuoksi tuhoista on mahdollista tehdä vain niukasti päätelmiä.

Pinon eri osissa oli pölkkyjen pinnasta pilaantunut keskimäärin seuraavat osuudet:

Pintapuut	82 %
0.5 m:n syvyys	5 »
Pohjapuut	9 »

Pilaantuminen keskittyi siis hyvin selvästi pintapölkkyihin.

Pintapuissa tavattiin samoja hyönteisiä kuin tukeissakin eli pääasiassa vaaka- ja pystynävertäjää, 4-hampaista tähtikirjaajaa *(Pityogenes quadridens)* ja nyhäkaarnakuoriaista *(Ips proximus)*. Alemmissa kerroksissa pesivät vaippaniluri *(Hylurgops palliatus)*, männynniluri *(Hylastes brunneus)* ja pikikärsäkkäät *(Pissodes spp.)*. Havupuun tikaskuoriainen oli vähän yleisempi pinon pintapuissa kuin alemmissa kerroksissa.

Saalaan (1919, ss. 165—167) tutkimassa mäntypaperipuupinossa Mustiolla on myös esiintynyt samoja lajeja enemmän pintapuissa kuin alempana, mutta tarkempia tietoja puuttuu. Useilla eri paikkakunnilla tutkimissaan halkopinoissa (op.c., ss. 156—164) näyttää tuholaisten määrä pinon eri osissa vaihdelleen. Jossakin tapauksessa ei hyönteisiä löytynyt juuri ollenkaan noin puolta metriä syvemmältä, toisinaan esiintyminen oli suhteellisen runsasta alas asti. On ymmärrettävää, että metrin pituisista ja muodoltaan epämääräisistä haloista tehty pino on harvempi ja siten valohakuisia hyönteisiä alakerroksiinkin enemmän houkutteleva kuin kahden metrin pituisista, muodoltaan säännöllisemmistä pölkyistä tehty paperipuupino. Kaikesta huolimatta siis Saalaankin tarkastamissa pinoissa silti tuhojen runsaus oli pintaosissa suurin. Erityisen selviä pintapuiden lajeja olivat hänen mukaansa *Ips proximus* ja *Pityogenes quadridens*. Okakaarnakuoriainen, *Ips acuminatus*, jota Inkeroisten tehtaiden koepinoissa ei tavattu laisinkaan, ei tehnyt eroa eri kerrosten välillä.

Samanlaisia ovat myös Kankaan (1934, s. 40) havainnot hyönteisten esiintymisestä mäntyhaloissa Punkaharjulla. Sielläkin okakaarnakuoriainen eli pinon eri osissa, samoin sarvijäärät. Myös *Pityogenes quadridens*-esiintymät ilmeisesti keskittyivät vähemmän selvästi pintapuihin kuin mitä nyt suoritetuissa selvityksissä paperipuissa todettiin. Pikikärsäkkäät elivät silloinkin mieluimmin pinojen pohjilla.

Kuusipaperipuut

Tuhojen esiintymistä kuusipaperipuupinossa selvitettiin 6:ssa varastossa aineiston käsittäessä näytepuita 11 kertaa niin paljon kuin mäntypaperipuuaineiston (ks. s. 9). Siten myös tuloksille voi panna enemmän painoa.

Taulukossa 1 on sekä varastottain että yhdistelmänä esitetty tiedot hyönteisten iskeytymisestä 2 m:n korkuisiin, 2 m:n pituisista pölkyistä ladottuihin pinoihin 1961.

Luvuista ilmenee, että myrkyttämättömien pölkkyjen pinnan pilaantumista tapahtui ylivoimaisesti eniten aivan pinojen pinnalla missä pilaantumissadannes oli keskimäärin 77 % vaipasta. Jo noin 0.5 m:n syvyydessä sadannes oli enää 20 ja väheni edelleen alaspäin mentäessä. Nämäkään luvut eivät anna vielä oikeata kuvaa, sillä kaikkien kerrosten tuloksissa ovat mukana myös samoihin kerroksiin sattuneet pinojen pää-

Taulukko 1. Hyönteiset kuusipaperipuiden pinnan pilaajina 1961 ja kemikaalikäsittelyjen vaikutus pilaantumiseen

Table 1. Insect damage in spruce pulpwood in 1961 and the effect of chemical treatments on deterioration

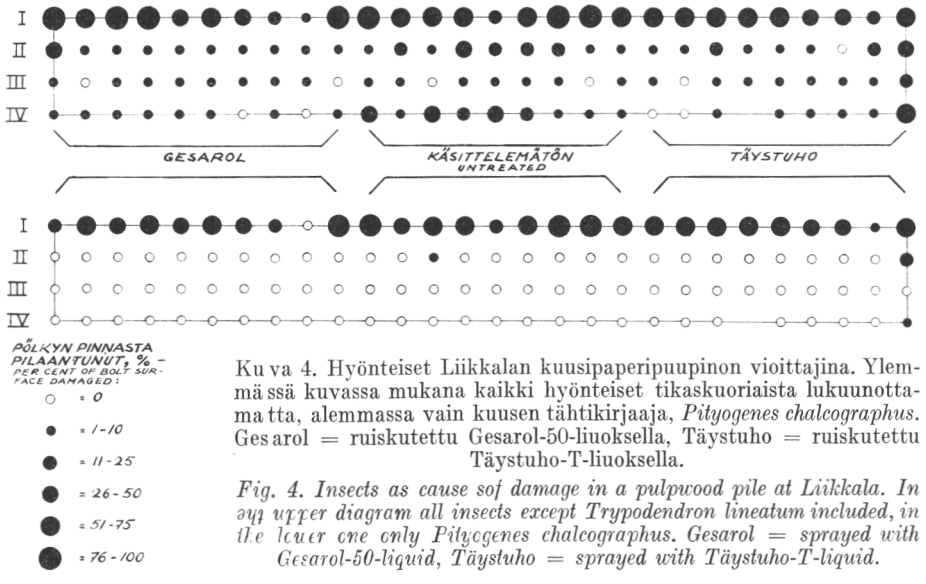
Varasto ja käsittely *Depot and treatment*	Pinon osa *Part of pile*	Hyönteiset pilanneet näytepuiden pinnasta, % *Per cent of insect-damaged surface of sample trees*	*Pityogenes chalcographus* pilannut näytepuiden pinnasta, % *Per cent of sample tree surface damaged by Pityogenes chalcographus*	Näytepuita, kpl *Number of Sample trees*
Luumäki:				
Gesarol	1	53	49	5
	2	..	—	5
	3	3	—	5
Täystuho-T	1	75	54	5
	2	7	..	5
	3	..	—	5
Käsittelemätön — *Not treated*	1	61	59	5
	2	4	2	5
	3	2	1	5
Sippola:				
Käsittelemätön — *Not treated*	1	77	66	13
	2	39	3	13
	3	33	1	13
Eräjärvi:				
Käsittelemätön — *Not treated*	1	81	72	7
	2	20	16	7
	3	10	9	7
	4	5	4	7
Kouvola:				
Gesarol 1	1	80	80	4
	2	16	16	4
	3	15	15	4
Gesarol 2	1	88	87	5
	2	14	5	5
	3	4	—	5
Täystuho-T	1	90	89	5
	2	21	19	5
	3	—	—	5
Käsittelemätön — *Not treated*	1	98	98	4
	2	25	19	4
	3	15	15	4
Vehkalahti, Summajoki:				
Käsittelemätön — *Not treated*	1	73	65	6
	2	18	2	6
	3	18	—	6
	4	10	—	6

Varasto ja käsittely *Depot and treatment*	Pinon osa *Part of pile*	Hyönteiset pilanneet näytepuiden pinnasta, % *Per cent of insect-damaged surface of sample trees*	*Pityogenes chalcographus* pilannut näytepuiden pinnasta, % *Per cent of sample tree surface damaged by Pityogenes chalcographus*	Näytepuita, kpl *Number of Sample trees*
Liikkala:				
Gesarol	1	57	44	10
	2	5	—	10
	3	1	—	10
	4	..	—	10
Täystuho-T	1	59	50	9
	2	10	2	9
	3	5	—	9
	4	9	1	9
Käsittelemätön — *Not treated*	1	69	63	9
	2	12	—	9
	3	1	—	9
	4	16	—	9
Luumäki, Kouvola ja Liikkala yht. — *together:*				
Gesarol	1	69	65	24
	2	9	5	24
	3	1	—	10
	4	5	4	24
Täystuho	1	75	64	19
	2	13	7	19
	3	5	—	9
	4	3	..	19
Käsittelemätön — *Not treated*	1	76	73	18
	2	14	7	18
	3	1	—	9
	4	11	5	18
Luumäki, Sippola, Enäjärvi, Kouvola, Vehkalahti, Liikkala yht. — *together:*				
Käsittelemätön — *Not treated*	1	77	70	44
	2	20	7	44
	3	10	3	22
	4	13	3	44

puut joiden kylki oli samalla tavalla vapaassa ilmassa kuin pintapuidenkin kylki ja joihin hyönteisten iskeytyminen useissa tapauksissa tapahtui samalla tavalla kuin yläpinnan pölkkyihin. Jos tämä olisi otettu huomioon kuten kohtuudella voitaisiin tehdä ja ilmoitettu vain saman matkan päässä pinon laidasta kuin yläpinnastakin otettujen koepölkkyjen antamat tulokset, olisivat erot eri kerrosten välille muodostuneet vieläkin suuremmiksi. Kuvassa 4 on esitetty havainnollisemmin ja yksityiskohtaisemmin tuhojen esiintyminen pisimmässä koepinossa Liikkalassa. Pinosta on kaksi

piirrosta, joista toiseen on otettu mukaan kaikki hyönteiset tikaskuoriaista lukuunottamatta ja toiseen vain yleisimpänä esiintynyt kuusen tähtikirjaaja. Kuvasta ilmenee, että juuri tähtikirjaajan iskeytyminen on erittäin jyrkästi keskittynyt päällimmäisiin pölkkyihin ja väistänyt jopa pinon pääpuita niiden sijaitessa pinon alaosissa. Tässä tapauksessa voisi pääpuihin iskeytymiseen ajatella vaikuttaneen myrkkyruiskutusten, mutta tilanne oli sama kaikissa käsittelemättömissäkin pinoissa. Sitäpaitsi jo ko. kuvasta voi päätellä kemikaalien tehon olleen hyvin huonon, seikka johon palataan s. 43.

Myös paljon vähäisemmät kirjanpainajaesiintymät olivat yhtä jyrkästi keskittyneet pinojen päällimmäisiin pölkkyihin.



Kuva 4. Hyönteiset Liikkalan kuusipaperipuupinon vioittajina. Ylemmässä kuvassa mukana kaikki hyönteiset tikaskuoriaista lukuunottamatta, alemmassa vain kuusen tähtikirjaaja, *Pityogenes chalcographus*. Gesarol = ruiskutettu Gesarol-50-liuoksella, Täystuho = ruiskutettu Täystuho-T-liuoksella.

Fig. 4. Insects as cause sof damage in a pulpwood pile at Liikkala. In ayj upper diagram all insects except Trypodendron lineatum included, in tl.e lcuer cne only Pityogenes chalcographus. Gesarol = sprayed with Gesarol-50-liquid, Täystuho = sprayed with Täystuho-T-liquid.

Sivuilta pinoihin tunkeutuivat erityisesti kuusenniluri, *Hylastes cunicularius*, vaippaniluri, *Hylurgops palliatus* ja hutikirjaajat, *Dryocoetes spp.*, jossain määrin myös havupuun tikaskuoriainen (ks. s. 33).

Yhteenvetona paperipuupinojen hyönteisiä koskeneista selvityksistä voidaan todeta, että tärkeimpien tuholaisten iskeytyminen näyttää niin selvästi keskittyvän pinojen päällimmäisiin kerroksiin, että se on otettava huomioon haluttaessa järjestää tuholaisten torjuntaa kemikaaliruiskutuksin.

Havupuun tikaskuorisen esiintymisestä

Mänty- ja kuusitukit

Tikaskuoriaista esiintyi 1961 tukeissa vähän (taulukko 2 ja kuva 5). Neljästä tutkitusta mäntytukkivarastosta yhdessä (Veikkola) ei tukeista

Taulukko 2. Havupuun tikaskuoriaisen esiintyminen mänty- ja kuusitukeissa 1961
Table 2. Occurrence of Trypodendron lineatum in pine and spruce logs 1961

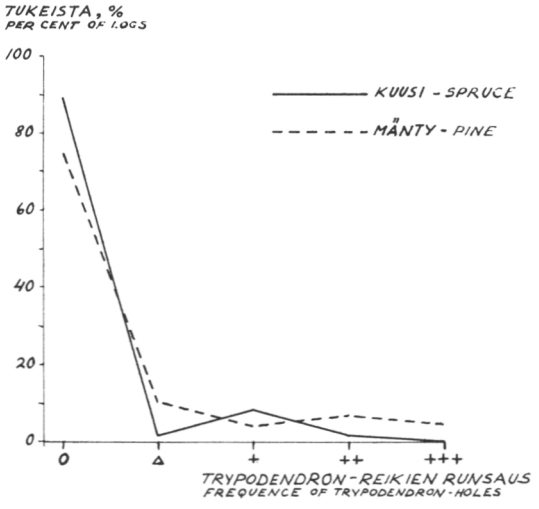
Tuhoasteikko:
Scale of estimation;

O = ei reikiä — *no holes*
△ = reikiä satunnaisesti — *holes accidentally*
\+ = » vähän — *few holes*
\+\+ = » yleisesti mutta harvassa — *holes commonly but sparsely*
\+\+\+ = » runsaanlaisesti — *holes abundantly*

		Tikaskuoriaisen reikiä — *Trypodendron holes*				
		O	△	\+	\+\+	\+\+\+
		%				
Käsittelemättömät tukit — *Untreated logs:*						
Sahan varasto	Mänty -*Pine*	30.8	30.8	7.7	23.0	7.7
	Kuusi -*Spruce*	55.5	5.6	33.3	5.6	0.0
Sippola, Hiekkakuoppa	Mänty	75.0	10.0	0.0	5.0	10.0
	Kuusi	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sippola, auk.laita	Mänty	92.3	0.0	7.7	0.0	0.0
	Kuusi	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Inkeroinen, Veikkola	Mänty	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Kuusi	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vehkalahti, Summajoki	Kuusi	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gesarol:						
Inkeroinen Veikkola	Mänty	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Kuusi	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vehkalahti, Summajoki	Mänty	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Kuusi	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Täystuho:						
Inkeroinen, Veikkola	Mänty	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Kuusi	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vehkalahti, Summajoki	Mänty	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Kuusi	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0

tavattu yhtään reikää ja viidestä kuusitukkivarastosta neljä oli yhtä puhtaita. Mänty oli siis hieman suositumpi kuin kuusi jos nyt yleensä suosituimmuudesta voi puhua. Saalaan (1919, s. 275) mukaan se on molemmissa puulajeissa suunnilleen yhtä yleinen, mutta monissa puutavaravarastoissa sen mieluisammaksi lisääntymispuuksi on todettu kuusi (Tuovinen 1959, s. 38; Bakke 1960, s. 296; Adlers ja Butovitsch 1961, s. 21; Ventola 1961, s. 21; Jennersten 1962, s. 176). Schimitschek (1961, ss. 154—155) ilmoittaa sen lukuisissa keskieurooppalaisissa varastoissa tehtyjen havaintojen mukaan vioittavan yleisesti molempia

puulajeja, mutta tuhon merkitystä valaisevat esimerkit joita hän samassa yhteydessä esittää koskevat pelkästään kuusta. Myös S i n r e i c h in (1961) keskieurooppalaisissa havainnossa mainitaan tikaskuoriainen kuusen mutta ei männyn tuholaiseksi.



Kuva 5. Tikaskuoriaisen, *Trypodendron lineatum*, esiintyminen mänty- ja kuusitukeissa 1961.

Fig. 5. Occurrence of Trypodendron lineatum in pine and spruce logs in 1961.

0 = ei reikiä — *no holes*
△ = reikiä satunnaisesti — *holes accidentally*
\+ = » vähän — *few holes*
++ = » yleisesti mutta harvassa — *holes commonly but sparsely*
+++ = reikiä runsaanlaisesti — *holes abundantly*

1961 tavattiin tikaskuoriaista eniten sahan varaston tukeissa eli aukeimmalla koealueella. Vehkalahden Summajoen varsin suojaisessa varastossa se ei tukkeihin kajonnut vaikka kuusipaperipuupinoon iskeytyi verraten runsaslukuisena (vrt. taulukko 3). Tukkien kohdalla siis ei voida puhua mieltymyksestä varjoisien paikkojen puihin avoimille paikoille varastoituihin verrattuna. Usein tällainen varjoisien paikkojen suosiminen kuitenkin lienee tosiasia, koska niin monet ovat sellaista havainneet (esim. T u o v i n e n 1959, s. 38; B a k k e 1960, s. 296; V e n t o l a 1961, s. 22), mutta tässä kuten muidenkin hyönteisten esiintymisessä ilmeisesti silti on tärkeämpi hyönteiskannan läsnäolo tai sen puuttuminen. Jos tikaskuoriaisia on aukeiden varastojen luona, vioittavat ne puita, mutta jos hyönteisiä ei ole, säilyvät varjoisetkin varastot vioittumatta. Mm. S c h i m i t s c h e k in (1961, s. 155) mukaan vuodesta toiseen jatkuva puutavaran varastointi samalla paikalla lisää tätäkin tuholaiskantaa.

1962 esiintyi tikaskuoriaisia neljästä tukkivarastosta kahdessa, Matarojalla ja Raussissa. Kummassakin paikassa oli vain mäntytukkeja ja molemmat varastot sijaitsivat metsän sisässä. Aukeammissa varastoissa Ruotilassa ja sahan luona joissa olisi ollut myös kuusitukkeja, ei tuhoja ilmennyt.

Tuntuu omituiselta, että sahan luona jossa edellisenä kesänä tikaskuoriaisen vioituksia todettiin eniten ja jossa kuorellista puutavaraa jatkuvasti varastoidaan, ei tuhoista nyt näkynyt merkkiäkään. Ainakin osasyynä tähän saattaa olla se, että edellisen kesän ja syksyn aikana varastoalueen maanpinta sateiden ja kuljetusten vuoksi oli joutunut niin perusteellisen muokkauksen alaiseksi ja pitkiksi ajoiksi veden alle, että sinne talvehtimaan laskeutuneet tikaskuoriaiset ovat kuolleet. Kevään 1962 koepuut oli tuotu paikalle niin aikaisin että niiden mukana hyönteisiä varastoalueelle ei voinut kulkeutua. Ehkä myös iskeytymistä yrittäneitä hyönteisiä oli niin niukasti, että niitä puhtaasti sattumalta ei koepuihin tuhansien muiden tukkien ja paperipuiden keskellä osunut.

Bletchlyn ja Whiten (1962, s. 157) havaintojen mukaan iskeytyminen tapahtui pääasiassa tukkikasojen pintakerroksiin. Ventolan (1961, s. 23) mukaan iskeytymiskohde voi vaihdella tukkien kuivumisesta riippuen siten, että puiden ollessa tuoreita hyönteinen käy käsiksi pintakerroksiin mutta kuivumisen edistyessä yhä syvemmälle jopa vain maata lähinnä oleviin puihin. Hyvin kosteissa oloissa se saattaa kaivautua kuorittuunkin puuhun (Simmel 1919).

1962 tuhot valtaosaltaan keskittyivät mäntytukkien alapinnalle kuten seuraavasta yhdistelmästä ilmenee:

Varasto:	Reikiä, kpl/tukki Keskim.:	Yläpuoli:	Alapuoli:
Mataroja	22 (0—158)	8	36
Raussi	5 (0— 55)	4	6

Mänty- ja kuusipaperipuut

Tulokset perustuvat samoissa kuudessa varastossa 1961 tehtyihin havaintoihin, missä myös muiden hyönteisten iskeytymistä paperipuupinoihin tutkittiin. Kuusivarastoissa esiintyi tikaskuoriaista kaikkialla paitsi Enäjärvellä (taulukko 3).

Edellä tukkien yhteydessä jo mainittiin, että siellä missä vertailuja iskeytymisestä paperipuupinojen ja tukkien kesken voitiin tehdä, näytti hyönteinen mieluummin menevän pinoihin kuin tukkeihin.

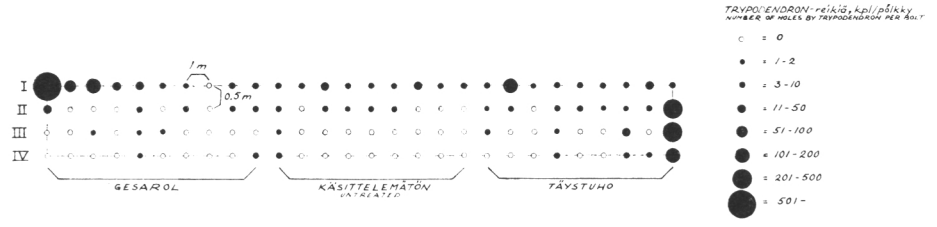
Taulukossa 3 on esitetty hyönteisen esiintyminen eri varastoissa. Luvuista ilmenee, että tuhojen runsaus on vaihdellut paikallisesti, pinon eri osien välillä ja samoissa pinonosissa pölkyttäin hyvinkin paljon. Samoinkuin

Taulukko 3. Havupuun tikaskuoriaisen esiintyminen kuusipaperipuupinoissa eri varastoalueilla 1961. (+) = pinon pää

Table 3. Occurrence of Trypodendron lineatum in spruce pulpwood piles in various depots in 1961. (+) = end of pile

Varasto, Käsittely *Depot, Treatment*	Pinon kerros *Layer of pile*	*Trypodendron*-reikiä, kpl/pölkky *Number of Trypodendron-holes per bolt*													*Trypodendron* reikiä yht., kpl/kerros *Total number of Trypodendron holes per layer*
Luumäki:															
Gesarol	1	—	52	16	26	8	—	—	—	—	—	—	—	—	102
	2	—	2	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	27
	3	—	—	35	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	40
Täystuho	1	46	68	9	134	53	—	—	—	—	—	—	—	—	310
	2	—	34	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	39
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Käsittelem. — *Not treated*	1	3	6	—	130	8	—	—	—	—	—	—	—	—	147
	2	2	15	40	15	5	—	—	—	—	—	—	—	—	77
	3	12	8	22	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43
Sippola:															
Käsittelem. — *Not treated*	1	+ 251	41	—	3	9	33	13	—	82	—	—	10	3	445
	2	154	20	8	—	21	2	11	35	20	6	3	—	10	290
	3	75	10	—	—	—	2	2	—	—	—	2	—	—	91
Enäjärvi:															
Käsittelem. — *Not treated*	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kouvola:															
Gesarol 1	1	+ —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gesarol 2	1	+ —	—	11	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28
	2	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Täystuho	1	+ —	—	—	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Käsittelem. — *Not treated*	1	+1116	432	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 548
	2	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Vehkalahti, Summajoki:															
Käsittelem. — *Not treated*	1	+ 225	—	—	5	60	5	—	—	—	—	—	—	—	295
	2	2	8	1	8	25	1	—	—	—	—	—	—	—	45
	3	24	—	8	10	3	13	—	—	—	—	—	—	—	58
	4	4	—	2	7	4	7	—	—	—	—	—	—	—	24
Liikkala:															
Gesarol	1	+ 980	60	145	25	15	5	1	—	10	5	—	—	—	1 246
	2	15	—	—	—	3	—	5	—	3	3	—	—	—	29
	3	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	3
	4	—	—	—	—	1	—	—	—	—	5	—	—	—	6

Varasto, Käsittely *Depot, Treatment*	Pinon kerros *Layer of pile*	*Trypodendron*-reikiä, kpl/pölkky *Number of Trypodendron-holes per bolt*												*Trypodendron* reikiä yht. kpl/kerros *Total number of Trypodendron holes per layer*
Täystuho	1	+ 10	15	6	6	3	5	2	170	4	—	—	—	—	221
	2	320	4	2	1	4	3	—	3	2	—	—	—	—	339
	3	300	—	12	—	—	2	—	—	3	—	—	—	—	317
	4	175	2	7	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	187
Käsittelem. — *Not treated*	1	10	10	20	5	10	6	20	6	5	—	—	—	—	92
	2	4	—	3	1	5	4	—	—	—	—	—	—	—	17
	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3



Kuva 6. Tikaskuoriaisen, *Trypodendron lineatum*, esiintyminen Liikkalan varaston kuusipaperipuupinossa. Iskeytyminen runsainta pinon pintaan ja päihin. Insektisidikäsittelyillä ollut heikko teho.

Fig. 6. Occurrence of Trypodendron lineatum in a spruce pulpwood pile at the depot of Liikkala. The heaviest attacks on the surface and ends of pile. The effect of poison treatment was poor.

muiden tärkeimpien kuusihyönteisten, oli myös tämän iskeytyminen kaikissa varastoissa tapahtunut valtaosaltaan pinojen ylimpiin puihin. Eroa esim. kuusen tähtikirjaajan esiintymiseen oli kuitenkin siten, että keskittyminen ylimpään pölkkykerrokseen ei ollut yhtä jyrkkä ja pinojen päissä pintapuut kelpasivat lisääntymiskohteiksi ylhäältä alas asti (kuva 6). Jos tätä ei olisi otettu huomioon, olisi iskeytymisestä eri kerroksiin saatu virheellinen kuva, koska runsas iskeytyminen alakerroksiin pinojen päissä olisi saanut näyttämään siltä kuin hyönteinen yleensäkin olisi alakerroksiin tunkeutunut halukkaasti mistä kuitenkaan ei ollut kysymys. Laskemalla pinojen päiden pintapuut yhteen ylimmän kerroksen puiden kanssa, saadaan iskeytymisestä pinon eri osiin seuraava yhdistelmä:

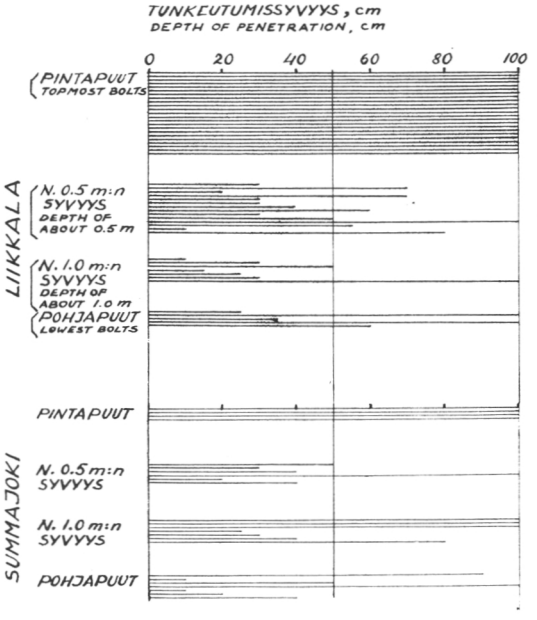
	Reikiä, kpl/pölkky:
Pintapölkyt	54
0.5 m:n syvyys	7
1.0 »	1
Pohjapölkyt	2

Kuten jo mainittiin, oli tunkeutumista pinoihin tapahtunut jossain määrin myös sivuilta päin. Usein tämä tunkeutuminen jakautui verraten

tasaisesti pitkin pinoa. Kouvolan varastossa oli havaittavissa massaesiintymistä, jossa muutamiin pölkkyihin tikaskuoriaisia kaivautui hyvin runsaasti, maksimi yli 1 100 reikää 2 m:n pituisessa pölkyssä, suurimman osan näytepuista jäädessä koskematta. Yleensä pinojen päät joutuivat ottamaan vastaan suurimman ryntäyksen ja siellä ylin pölkky (taulukko 3).

Kuva 7 esittää miten syvälle tikaskuoriaiset olivat tunkeutuneet pinon sisälle Liikkalan ja Summajoen varastoissa. Tässäkin pinojen pääpuut on käsitelty pintapuina olivatpa ne millä korkeudella tahansa, koska hyönteisen esiintyminen niissä voi tapahtua yhtä hyvin pitkin pölkyn koko pituutta kuin pinojen ylimmässäkin kerroksessa. Piirroksista ilmenee, että pintapuissa oli reikiä säännöllisesti koko pölkyn pituudelta. Alemmissa kerroksissa iskeytyminen oli tapahtunut enemmän pölkkyjen päihin, mutta mitenkään harvinaiseksi ei voi sanoa sielläkään pölkkyjen keskelle tunkeutumista. Sama suunta vallitsi kaikissa muissakin pinoissa. Ainakin 2 m:n pituisista pölkyistä ladottuun 2 m korkeaan pinoon tikaskuoriainen siis näyttää pystyvän tunkeutumaan mihin syvyyteen tahansa vaikka se ainakin tällä kerralla mieluimmin hakeutui pintapuihin. T u o v i s e n (1959, s. 38) mukaan keväällä 1957 iskeytyminen paperipuu- ja halkopinoissa keskittyi suureksi osaksi pinojen keskiosiin ja myös tässä yhteydessä on syytä palauttaa mieleen V e n t o l a n (1961, s. 23) havainto, että iskeytymiskohde voi vaihdella jopa saman kevään eri aikoina parveilevilla hyönteisillä.

Mäntypaperipuupinoissa esiintyi tikaskuoriainen samalla tavalla kuin kuusipinoissa.



Kuva 7. Tikaskuoriaisen tunkeutuminen kuusipaperipuupinoihin Liikkalan ja Summajoen varastoissa 1961. Kun pinot olitehty 2 m:n pölkyistä, merkitsee 100 cm:n syvyyteen tunkeutuminen hyönteisen iskeytymistä pinon läpi.

Fig. 7. Penetration of Trypodendron lineatum into spruce pulpwood piles in depots of Liikkala and Summajoki in 1961. Since the bolts were 2 m long, penetration into the depth of 100 cm means that the insect has occurred throughout the pile.

Yhteenvetona tikaskuoriaisen esiintymisestä paperipuupinoissa kesällä 1961 voidaan todeta, että tuholaisen torjunnan kannalta olisi ollut erittäin tärkeää keskittää myrkkyruiskutukset tässäkin tapauksessa pinojen ylimmän kerroksen puihin sekä pinojen päihin. Pinojen ruiskuttaminen sivuilta käsin olisi ollut vähemmän tärkeää.

Kuorityypin vaikutuksesta kuoren pinta-alaan

Puutavaran hyönteismyrkkyruiskutuksissa on tärkeätä saada jokaisen myrkytetyn puun kuori käsitellyksi riittävän tehokkaasti. Jos jotkin kohdat tuholaisten kulkuteillä saavat kemikaalia vähemmän kuin toiset, on luultavaa että vähemmälle jääneisiin kohtiin myös hyönteiset pystyvät paremmin iskeytymään.

Erityisesti mäntytukeissa voi jo päällisin puolin suoritetun tarkastuksen perusteella todeta kuoren olevan eri puissa ja rungon eri kohdilla suuresti vaihtelevaista. Tyvitukeissa se on keskimäärin paksumpaa ja rosoisempaa kuin väli- ja latvatukeissa. Torjuntakokeissa tämä kuorityypin vaihtelu on otettu huomioon joko luokittelemalla koepuut tyvi- ja väli-latvatukkeihin tai sitten karkea-(tai paksu-) ja sileä-(ohut-)kuorisiin tukkeihin (Butovitsch ja Spaak 1939; Tuovinen 1957, 1959; Schimitschek 1961; Sinreich 1961; Butovitsch ja Eidmann 1962). Norjalaisissa kokeissa vaihtelu on otettu huomioon siten, että tutkimuksiin on otettu mukaan yhtä monta tyvi- ja latvatukkia erittelemättä tuloksia näiden kesken (Bakke 1960; Fystro ja Bakke 1962). Butovitsch ja Spaak (1939) mittasivat myös jo kuoren pinta-alan tukkien pituuden ja paksuuden perusteella eli siis ottamatta huomioon kuoren epätasaisuuksien vaikutusta siihen, mikä tosin heidän tutkimuksissaan ei ollut tarpeenkaan mittausten tarkoituksen ollessa lähinnä selvittää hyönteisten runsautta kuoripinnan yksikköä kohden.

Esillä olevassa tutkimuksessa koetettiin selvittää kuoren epätasaisuuksien vaikutusta kuoren pinta-alaan hyönteismyrkkyruiskutteen käyttömääriä silmälläpitäen. Männyn ohella tutkittiin myös kuusta.

Ensimmäiset havainnot männyn kohdalla tehtiin kesällä 1961 suoritettujen, myrkkyruiskutteiden sijoittumista ja pysymistä kuoressa koskeneiden selvitysten yhteydessä (ks. s. 39). Kesällä 1962 analysoitiin Inkeroisissa ja Punkaharjulla koepuupari, mänty ja kuusi kummassakin paikassa. Kumpikin pari käsitti silmävaraisesti katsoen keskenään suunnilleen samankokoiset puut (ks. taulukko 4). Punkaharjun koepuupari oli huomattavasti nopeakasvuisempi kuin Inkeroisten, sillä edellisen parin puut olivat 65 vuoden ikäisinä saavuttaneet kantoleikkauksen korkeudella 32—42 cm:n paksuuden Inkeroisten puiden ollessa 70—75 vuoden ikäisinä vain 22—25 cm:n paksuisia.

Taulukko 4. Tietoja Punkaharjun ja Inkeroisten kuoritutkimusnäytepuista. »Kuori, mm» = paksuimman kuoren kohdalla. »Ala, %» = % yhtä paksun sileäpintaisen puun pinnan alasta

Table 4. Data on sample trees for bark studies from Punkaharju and Inkeroinen. »Bark, mm» refers to maximum thickness. »Area, per cent» = per cent of the area of a smooth tree of the same diameter

Näytekorkeus, m maan pinnasta *Height of sample, m above ground*	Punkaharju				Inkeroinen			
	Mänty — *Pine*		*Kuusi — Spruce*		Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*	
	Kuori, mm *Bark, mm*	Ala, % *Area, per cent*	Kuori, mm *Bark, mm*	Ala, % *Area, per cent*	Kuori, mm *Bark, mm*	Ala, % *Area, per cent*	Kuori, mm *Bark, mm*	Ala, % *Area, per cent*
0.1	30	220	24	167	13	200	8	132
1.0	18	182	13	160	13	193	5	129
2.0	14	180	10	129	11	150	5	113
3.0	9	143	12	125	10	145	5	107
4.0	7	118	9	125	4	110	5	108
5.0	6	111	13	128	—	—	5	113
6.0	4	106	12	125	—	—	—	—
7.0	4	111	8	117	—	—	—	—
8.0	—	—	11	109	—	—	—	—
9.0	—	—	10	106	—	—	—	—
10.0	—	—	9	106	—	—	—	—
11.0	—	—	13	117	—	—	—	—
12.0	—	—	13	109	—	—	—	—
13.0	—	—	8	104	—	—	—	—
14.0	—	—	5	104	—	—	—	—
15.0	—	—	14	104	—	—	—	—
16.0	—	—	7	104	—	—	—	—
17.0	—	—	7	106	—	—	—	—
Puun pituus, m — *Height of tree, m*	19.0		20.5		19.2		18.05	
Puun ikä, v — *Age of tree, years*	65		65		70		75	
D/kanto, cm — *Diameter of stump, cm*	32		42		22		25	

Männyllä suoritettiin kuoritutkimus seuraavasti. Koepuu kaadettiin ja katkottiin metrin pituisiin osiin. Katkaisukohdan leikkauspinta tasoitettiin ja pinnalle siveltiin leimasinväriä. Sopiva, ei liian huokoinen, paperi painettiin värjättyä kuorta vasten. Näin saatiin paperille kuoren poikkileikkauspinnan profiili (kuva 8). Tämän jälkeen mitattiin karttamittarilla profiilin pinnan pituus noudatellen mahdollisimman tarkoin sen halkeamia ja muita epätasaisuuksia. Vertaamalla näin saatua pinnan pituutta sellaisen puun kuoripinnan pituuteen, jonka paksuus on sama mutta kuori oletettu sileäksi, voitiin tehdä päätelmiä kuoripinnan suuruuden vaihteluista erilaisten kuorityyppien välillä.

Kuusella tutkimus suoritettiin muuten samalla tavalla, mutta kun kaarnan kovuuden vuoksi poikkileikkauspinnoista oli vaikeaa saada leimasinvärikuvia, valokuvattiin osa profiileista ja mittaamisia suoritettiin näistä kuvista.



Kuva 8. Punkaharjun (ylh.) ja Inkeroisten mäntynäytepuiden kuoren profiili 0.1 m:n korkeudella maasta. Edellisen puun ikä n. 65 v, kuori paksuimmalla kohdalla 30 mm, kuoren ala 220 % sileäpintaisen puun alasta. Jälkimmäisen vastaavat luvut: 70 v, 13 mm, 200 %.

Fig. 8. Bark profile, at the height of 0.1 m, of pine sample trees from Punkaharju (above) and Inkeroinen. The age of the former tree about 65 years, the bark at the thickest point 30 mm, the area of bark 220 per cent of the area of a tree with a smooth surface. The corresponding figures for the latter tree: 70 years, 13 mm and 200 per cent.

Tällä tavalla saatiin valaistusta kuoren suurten halkeamien ja muiden huomattavien epätasaisuuksien vaikutuksesta pinta-alaan. Pienten halkeamien osuus sitävastoin jäi selvittämättä tutkimusmenetelmän karkeuden vuoksi. Kuten toisessa yhteydessä (ks. s. 40) ilmenee, pienillä raoilla saattaa olla huomattava merkitys ruiskutenesteen kulutukseen.

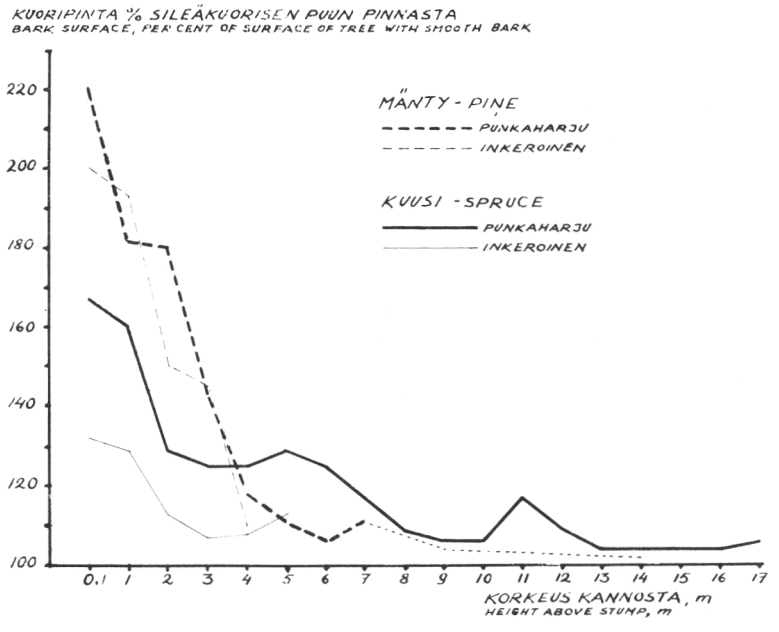
Taulukossa 4 on esitetty tietoja molemmista näytepuupareista, joiden yleisistä ominaisuuksista edellä jo mainittiin. Hidaskasvuisissa Inkeroisten puissa oli myös kuori kasvanut paksuutta paljon hitaammin kuin nopeakasvuisissa Punkaharjun puissa. Kun Punkaharjun männyssä kaarna vahvimmillaan kantoleikkauksen kohdalla oli n. 30 mm, oli se Inkeroisten männyssä vain 13 mm. Kuusikoepuilla olivat vastaavat luvut 24 ja 8 mm.

Kuvasta 9 ilmenee havainnollisesti tulos koepuiden kuoripinta-alan suuruutta koskeneista mittauksista.

Molemmissa m ä n n y i s s ä kuoren pinta-ala oli rungon tyvessä hyvin paljon suurempi kuin yhtä paksuiksi kuvitelluissa sileäpintaisissa puissa. Kun sileäpintaisen puun pinta merkitään luvulla 100, oli Punkaharjun männyn kuoren todellinen ala kannon korkeudella 220 ja Inkeroisten männyn 200. Edellisessä siis kuoren epätasaisuudet suurensivat pinnan yli kaksinkertaiseksi ja jälkimmäisessä tasan kaksinkertaiseksi. Kiintoisaa on todeta, että kuoren paksuudella oli verraten vähän vaikutusta pinta-alan suhteellisiin muutoksiin, vaan kuoren rakenteen muutokset tapahtuivat hidaskasvuisessa puussa samalla tavalla kuin nopeakasvuisessakin. Ylöspäin mentäessä kuori myös molemmissa puissa silisi samalla tavalla eli nopeasti 4—5 m:n korkeudelle asti. Siitä eteenpäin kummankin puun kuori oli niin

sileä, että epätasaisuuksien toteaminen käytettävissä ollein välinein tuotti vaikeuksia. Siitä syystä yrityksistä luovuttiinkin Punkaharjulla 7 m:n ja Inkeroisissa 4 m:n korkeudessa.

Kuten esim. kuvasta 8 ilmenee, on kuoren paksuus kaarnakuoren kohdalla tulkinnanvarainen käsite. Kun kaarnan ulkopinnan ja puun pinnan väli yhdessä kohdassa saattaa olla 30 mm, saattaa se vieressä olla vain muutama mm. Kuoren maksimipaksuus pieneni Punkaharjun näytepuussa aluksi nopeasti ja kaarnakuoren loppuessa pysähtyen, kun taas hidaskasvuisessa Inkeroisten puussa maksimiluvut säilyivät suunnilleen samoina 3—4 m:n välille asti, jolloin tässä puussa kaarnakuori päättyi.



Kuva 9. Kuoren pinta-ala Punkaharjun ja Inkeroisten näytepuiden eri osissa.
Fig. 9. Superficial area of bark in various parts of sample trees from Punkaharju and Inkeroinen.

K u u s e n kuoren pinta-ala vaihteli toisella tavalla kuin männyn (ks. kuva 9). Tällöinkin molemmissa näytepuissa se tyvessä luonnollisesti oli suurin, mutta ero yhtä paksun sileäkuorisen puun pinta-alaan oli huomattavasti vähäisempi kuin männyllä. Punkaharjun puun tyvessä mitattu pinta oli vain 67 % ja Inkeroisten puun tyvessä 32 % sileäkuorisen puun pintaa suurempi. Ylöspäin mentäessä kuori silisi hitaammin kuin männyllä. Monesti pinta-ala saattoi paikallisesti olla ylemmässä mittauskohdassa suurempi kuin lähinnä alemmassa, mihin ilmeisesti vaikutti oksien ja niiden kyljestymien erilainen osuminen tutkimuskohtien läheisyyteen. Jos niiden aiheuttamia epätasaisuuksia ei sattunut kohdalle, oli kuori sileä ja jos

tutkimuskohdalla oli oksien tyviä tai kyljestymiä, missä kuori oli epätasaista, oli kuoren pinta suhteellisen suuri.

Tuhojen torjuntaruiskutuksia silmälläpitäen voidaan kuoritutkimuksista tehdä seuraavat päätelmät:

1. Kuoren rakenne on männyllä erilainen kuin kuusella.

2. Mäntytyvitukeissa kuoren pinta-ala näyttää usein olevan niin suuri, että ruiskutusnestettä tarvitaan ainakin kaksi kertaa niin paljon kuin yhtä paksun sileäkuorisen puun yhtä tehokkaaseen käsittelyyn. Tarve on todennäköisesti suurempikin, sillä käytetyin tutkimusmenetelmin ei ollut mahdollista selvittää muuta kuin kaarnassa esiintyvien suhteellisen suurten rakojen vaikutusta kuoren pinta-alan kasvuun pienten rakojen vaikutuksen jäädessä selvittämättä. Toisaalta kaikkien rakojen myrkyttämiseen tuskin on aiheellista pyrkiäkään, koska iskeytyvät hyönteiset yleensä liikkuvat kuoren pinnalla ennen siihen tunkeutumistaan ja siten myrkyttyvät jos ruiskutus on suoritettu edes kohtuullisen tehokkaasti.

3. Tuhojen torjuminen kuusitukeista ei ilmeisesti vaadi yhtä paljon ruiskutetta kuin mäntytukeista, koska kuoripinta erityisesti tärkeissä tyvitukeissa on suhteellisesti pienempi kuin männyllä. Tämä osaltaan selittänee sen, että useinkin kuusitavarasta tuhot on saatu helpommin estetyksi (osaksi siihen on vaikuttanut myös kuusituholaisten yleensä mäntytuholaisia myöhäisempi iskeytymisaika joka vähentää torjuntaruiskutusten myöhästymisen vaaraa).

4. Molempien puulajien latvatukkien suojaaminen näyttäisi olevan suunnilleen samalla nestemäärällä suoritettavissa, nestemäärällä joka lähentelee sileäpintaisten puiden käsittelyssä tarvittavaa.

Hyönteismyrkyn sijainnista ja säilymisestä kuoressa

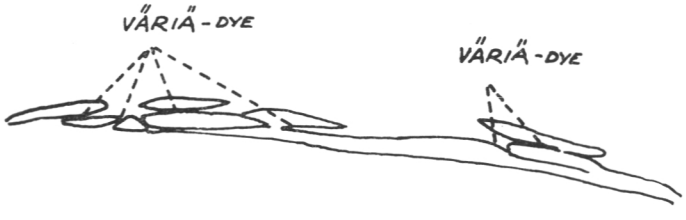
Hyönteismyrkyn teho on riippuvainen paitsi sen kyvystä tappaa hyönteisiä, myös tämän kyvyn mekaanisesta ja kemiallisesta pysyvyydestä. Puutavaran suojelussa tähän asti eniten käytetty DDT on kemialliselta koostumukseltaan hyvin pysyvä (F j e l d d a l e n 1953), joten se on siinä mielessä sovelias käytettäväksi pitkää tehoaikaa vaativissa torjuntatoimenpiteissä jollaisia puutavarankin suojaruiskutukset ovat. Tosin viime aikoina on Keski-Euroopassa saatu pitkäaikainen, jopa kaksi kesäkautta kestänyt, suojaus aikaan myös lindaanivalmisteilla (S c h i m i t s c h e k 1961, S i n r e i c h 1961), jotka ovat kemiallisesti vähemmän pysyviä. Ja jopa tiofostorimyrkyt saattavat kaarnassa säilyttää tehonsa useita viikkoja (R a u s c h 1951) vaikka vihreissä kasvinosissa menettävät sen muutamassa päivässä. Lindaania käytetään nykyisin sekä yksinään että lisänä DDT-valmisteiden joukossa ja muissakin yhteyksissä (tämän tutkimuksen yhteydessä sekä DDT:n että tiodanin kanssa).

Myrkkyjen mekaaniseen poistumiseen puutavaran kuoresta metsässä vaikuttavat epäilemättä eniten sateet. Kuivalla säällä voi kemikaalin olettaa säilyvän kauemmin kuin sateisella. Niinikään sileästä kuoresta sateet huuhtonevat yleensä sen helpommin kuin esim. kilpikaarnasta, jonka raoissa siitä ainakin osan voi uskoa säilyvän sitkeästi.

Kuitenkin juuri paksukaarnaisista tyvitukeista hyönteisten torjuminen on usein osoittautunut hankalammaksi kuin ohutkaarnaisista latvatukeista. Tämä viittaisi siihen, että latvatukeissakin aine on pysynyt. Tyvitukkien huono tilanne johtunee muista syistä kuin helpommasta huuhtoutumisesta. Epäonnistuneen käsittelyn sattuessa lienee syytä epäillä lähinnä liian vähäistä ruiskutemäärää ellei käsittely sitten ole myöhästynyt.

Ruiskutteen sijoittumista kaarnaan ja pysymistä siinä selvitettiin Punkaharjulla koeruiskutuksin 1961—62. Itse hyönteismyrkkyjä kokeissa tosin ei käytetty niiden huonon näkyvyyden vuoksi ja koska jäämien muunlainen määrittäminen ei ollut mahdollista. Sen sijaan ruiskutettiin voimakkaiden väriaineiden kristalliviolетin ja nigroinin vesiliuoksia. Molempien apteekkivalmistetta sekoitettiin veteen suhteessa 1: 3 ja näin saatua liuosta ruiskutettiin tuoreiden, 1m:n pituisten, paksuudeltaan erilaisella kuorella varustettujen mäntypölkkyjen pinnalle. Nestettä käytettiin 1.5, 3.0 ja 4.5 dl pölkkyä kohden. Käsittely suoritettiin Fontan-merkkisellä selässä kannettavalla moottoriruiskulla pölkky kerrallaan. Nesteestä meni osa hukkaan joko pölkkyjen ulkopuolelle ilmaan tai sitten varsinkin ohutkuorisista pölkyistä sitä myös valui kuoren pintaa pitkin maahan jonkinverran. Todelliset pölkkyä kohden tulleet nestemäärät olivat kristalliviolettiliuoksella, jolla saatuja tuloksia seuraavassa esitellään, n. 1, runsas 2 ja 4 dl.

Jokaisella nestemäärällä käsiteltiin kristalliviolettiliuoksella 3 pölkyn ryhmät, jotka oli koottu siten että jokaiseen ryhmään tuli mahdollisimman samankokoisia ja samanlaisella kuorella varustetut puut. Nigroin-liuoksella ruiskutettiin kahden pölkyn ryhmät, jotka saivat pölkkyä kohden nestettä n. 1.5 ja 4 dl.



Kuva 10. Näyte ohuehkon männynkuoren poikkileikkauksesta. Lakkimaiset kaarnahiput ovat aivan matalalla kannalla kiinni muussa kuoressa. Väriaine säilynyt lakin ja kuoren välisissä raoissa.

Fig. 10. Part of a cross section of thin pine bark. The bark scales are connected with the bulk of the bark with a very short base. Some dye is preserved in crevices between scales and bark.



Kuva 11. Kuvassa 10 mainitut kaarnahiput irrotettu. Niitä muuhun kuoreen yhdistäneiden kantojen kohdat näkyvät vaaleina ja lakkien alla säilyneet värivyöhykkeet tummina. Valok. Yliopiston kuvalaitos.
Fig. 11. Bark scales seen in Fig. 10 have been removed. Bases that have connected them with the rest of the bark are light in color while zones of dye presered under scales are dark. Photo: Photographic Service of the University of Helsinki.

Ruiskutusten päätyttyä olivat pölkyt kauttaaltaan tumman violettisia (kristallivioletilla käsitellyt) tai mustia (nigroinilla käsitellyt).

Ruiskutukset suoritettiin 30. 5. 1961. Pölkyt olivat metsässä säiden vaikutuksille alttiina ja toisistaan erillään runsaat 7 kuukautta. 3—10. 1. 1962 välisenä aikana niistä kerättiin kuori ja ryhdyttiin selvittämään väriaineiden sijoittumista ja pysymistä.

Kaarnoja päällisinpuolin tarkastettaessa näytti siltä, että väriaineet olivat sangen tarkoin huuhtoutuneet pois. Tarkemmat tutkimukset osoittivat kuitenkin, että syvemmällä kaarnassa tilanne oli toinen. Seuraavat päätelmät on tehty lähinnä kristallivioletilla ruiskutettujen pölkkyjen perusteella, koska ko. väriaine erottui kaarnasta selvemmin kuin musta nigroin:

1. Väriaine oli suoranaisen sateen vaikutuksen alaisilta kohdilta huuhtoutunut kuoresta pois.

2. Kaarnan raoissa väri oli säilynyt hyvin ilman että huuhtoutumista 7 kuukauden kuluessa näennäisesti paljonkaan oli tapahtunut. Kuvat 10 ja 11 osoittavat, miten värinkertymät sijaitsivat ohuehkossa kuoressa. Siinä kaarnahiput muistuttavat hyvin lyhytkantaisia lakkisieniä. Väri oli säilynyt kannan ympärillä laakean lakin ja sen alla olevan kuoren hienossa välikössä, johon sitä alunperinkin ilmeisesti oli runsaasti kertynyt.

3. Ohutkuorisissa latvapölkyissä raot olivat täyttyneet jo käytettäessä ruiskutetta n. 1 dl pölkkyä kohden. Paksukaarnaisissa tyvipölkyissä 3.5—4 dl ei kaikistellen ollut täyttänyt rakoja yhtä tehokkaasti.

Koska värinesteen kertyminen tiettyihin kaarnan osiin lienee ennen muuta riippuvainen ıysikaalisista seikoista, lähinnä kapillaarisesta pidättymisestä pieniin rakoihin sekä heikommasta haihtuvuudesta sieltä, voitaneen perustellusti odottaa myös hyönteismyrkkyruiskutteen sijoittuvan samalla tavalla. Kun huuhtoutuminen näistä paikoista on selvästi vaikeampaa kuin avoimelta pinnalta, näyttää siltä että hyönteisten sisääntunkeutumisteinä käyttämät raot säilyvät myrkytettyinä sen enintään muutamien kuukausien pituisen ajan minkä puutavaran metsävarastointi normaalisti kestää, mikäli insektisidi ei muutu kemiallisesti tai haihdu. Jos tuhoja myrkkyruiskutuktuksin ei saada torjutuksi, on syitä etsittävä muualta. Edellä mainittiin, että tyvikaarnassa ei 3.5—4 dl ruiskutetta pölkkyä kohden ollut riittänyt täyttämään kaikkia rakoja, joten alussa mainittu epäily ruiskutteen riittämättömyydestä tällaisissa puissa näyttää olevan perusteltu. Ruiskutteen väkevyyden lisääminen ei sellaisessa tapauksessa auta ainakaan täydellisesti, koska väkevämpi neste ei riitä sen pitemmälle kuin laimeampikaan jos nestemäärät ovat samat.

Torjuntakokeiden tulokset

Kesän 1961 tulokset

Mäntytukit

Koeruiskutuksia järjestettiin kahdella paikkakunnalla, Inkeroisissa Veikkolan varastossa ja Vehkalahdella Summajoen varastossa. Molemmissa paikoissa käytettiin Täystuho-T:n ja Gesarolin 2-prosenttista vesiliuosta 4—5 dl tukkia kohden. Vehkalahdella tukkeja ruiskutettiin vain päältä ja kasojen sivuilta, kun taas Inkeroisissa tukit yksin kappalein ruiskutettiin molemmin puolin.

Taulukko 5. Kesän 1961 torjuntakokeet. Mäntytukit
Table 5. Control experiments in summer 1961. Pine logs

Varasto *Depot*	Gesarol		Täystuho		Käsittelemätön *Untreated*	
	Hyönt. peittävyys, % *Coverage of insect galleries, per cent*	Puita, kpl *Number of trees*	Hyönt. peittävyys, % *Coverage of insect galleries, per cent*	Puita, kpl *Number of trees*	Hyönt. peittävyys, % *Coverage of insect galleries per cent*	Puita, kpl *Number of trees*
Inkeroinen, Veikkola	33.0	6	28.0	6	33.0	6
Vehkalahti, Summajoki	35.0	18	72.0	6	?	—
Inkeroinen, Vehkalahti yhd...	34.0	24	50.0	12	—	—
Inkeroinen, Sippola (auk.laita), Sippola (hiekkakuoppa), Sahan varasto yhd. — *together*	—	—	—	—	52.0	52

Käsittelyhetkellä oli pystynävertäjän parveilu juuri alkamassa ja hyönteisiä jo jonkin verran kaivautunut kaarnan sisään. Ruiskutus siis siltä osin myöhästyi vähän.

Ruiskutukset suoritettiin 2—3. 5. —61 ja tulokset tarkastettiin 7—15. 7. —61. Tarkastusta varten kuorittiin joka kolmas käsitelty tukki, kaikki kasojen päällyspuita. Näistä määritettiin tuhot ja niiden runsaus.

Hyönteistuhoja esiintyi runsaasti (taulukko 5), sillä ruiskuttamattomista tukeista oli keskim. 52 % pinnasta pilaantunut.

Taulukosta 5 ilmenee myös, että kummassakaan varastossa tuhoja ei saatu estetyksi kummallakaan kemikaalilla. Gesarolilla käsitellyistä tukeista oli pintaa pilaantunut keskimäärin vähemmän (34 %) kuin Täystuholla käsitellyistä(50 %). Vehkalahden varastossa Gesarolilla ruiskutetut tukit olivat säilyneet huomattavasti paremmin, mutta Inkeroisten varastossa jopa vähän huonommin kuin Täystuholla ruiskutetut. Kummallakin myrkyllä saadut tulokset ovat niin huonoja, että ne eivät tyydytä käytännön tarpeita.

Kokeet eivät myöskään antaneet selvyyttä siitä, onko tukit käsiteltävä molemmin puolin vai riittääkö yläpinnan ja kasojen laitojen ruiskuttaminen.

Epäonnistumisen pääasialliset syyt lienevät liian vähäinen ruiskutteen käyttäminen sekä käsittelyn osittainen myöhästyminen.

Kuusitukit

Kuusitukkeja ruiskutettiin ja tarkastettiin samalla tavalla ja samoihin aikoihin kuin mäntytukkejakin. Kemikaalikokeilut suoritettiin myös samoissa kahdessa varastossa.

Myös kuusitukeissa todettiin paljon hyönteistuhoja (taulukko 6), jotka käsittelemättömistä puista olivat pilanneet pintaa keskim. 56 %.

Taulukko 6. Kesän 1961 torjuntakokeet. Kuusitukit
Table 6. Control experiments in summer1961. Spruce logs

Varasto *Depot*	Gesarol		Täystuho		Käsittelemätön *Untreated*	
	Hyönt. peittävyys, % *Coverage of insect galleries, per cent*	Puita, kpl *Number of trees*	Hyönt. peittävyys, % *Coverage of insect galleries, per cent*	Puita, kpl *Number of trees*	Hyönt. peittävyys, % *Coverage of insect galleries, per cent*	Puita, kpl *Number of trees*
Inkeroinen, Veikkola	2.0	6	5.0	6	39.0	6
Vehkalahti, Summajoki	0.15	14	10.0	12	59.0	7
Inkeroinen ja Vehkalahti yhd.	1.0	20	8.0	18	49.0	13
Inkeroinen, Vehkalahti, Sippola (auk.laita), Sippola (hiekkakuoppa), Sahan varasto yhd. — *together*	—	—	—	—	56.0	67

Torjuntakokeet antoivat huomattavasti paremman tuloksen kuin männyllä. Erityisesti Gesarolilla saatiin tuhot hyvin estetyksi. Täystuhon teho oli vähän huonompi, mutta sitäkin voitaneen pitää tyydyttävänä. Kun tukit Vehkalahdella ruiskutettiin pelkästään päällisinpuolin, saatiin miltei yhtä puhdasta tavaraa kuin Inkeroisissa missä käsittely suoritettiin molemmin puolin tukkeja välillä kääntäen.

Kuusen tuholaisista ei mikään ollut vielä liikkeellä ruiskutuksia toukokuun alussa suoritettaessa. Samoin hyvään tulokseen oli varmaan omiaan vaikuttamaan myös kuusen kuoren helpompi käsiteltävyys männyn kuoreen verrattuna tyvitukeissa.

Kuusipaperipuut

Kuudesta kuusipaperipuuvarastosta ruiskutuksia suoritettiin kolmessa, Kouvolan kylässä, Luumäen Kaitjärvellä ja Sippolan Liikkalassa. Kaikissa näissä varastoissa käytettiin Gesarolia ja Täystuhoa 2-prosenttisena vesiliuoksena, mutta Luumäellä ja Sippolassa sitä ruiskutettiin n. 0.6 l pinom.^{3} kohden ja Kouvolassa vain 0.3 l/m^3. Ruiskutteesta käytettiin pinon sivuille 75 % ja päälle 25 %. Kouvolassa ei pinon päälle kuitenkaan noustu, vaan ruiskutettiin pelkästään laiteita. Ruiskutukset ja tarkastukset suoritettiin samoina päivinä kuin vastaavat toimenpiteet tukkikokeissa.

Taulukosta 1 ilmenee, että hyönteiset olivat käsittelemättömien pinojen päällyspuista pilanneet pintaa keskim. 76 %. Gesarolilla ruiskutetuissa pinon osissa oli sadannes 69 ja Täystuholla käsitellyissä 75. Myrkytyksillä ei siis käytännön kannalta katsottuna ollut mitään tehoa, vaikka samat hyönteiset kuusitukeista saatiin torjutuksi. Yhtä vähäinen oli kemikaalien vaikutus pinojen alaosissa, mutta siellä siitä ei ollut niin paljon väliäkään hyönteisten esiintymisen ollessa vähäisen.

Ruiskutusten epäonnistumiseen oli kaksi ilmeistä syytä. Kuten s. 24 (ks. myös kuvat 4 ja 6) on todettu, tärkeimmät kuusihyönteiset iskeytyivät selvästi mieluimmin pinojen päällimmäisiin puihin ja paljon pienemmässä mitassa alempiin. Toisaalta ruiskutukset kohdistuivat yhtä selvästi pinojen sivuihin, Kouvolassa jäi pinojen päällys kokonaan käsittelemättä. Samoin käytetyt ruiskutemäärät aivan ilmeisesti olivat liian pieniä, erityisesti mitä tulee päällyspuihin. Luultavasti niilläkin määrillä kuitenkin olisi saatu parempia tuloksia jos nesteet olisi valtaosaltaan levitetty pinojen yläpinnoille ja päihin ja jätetty sivut vähemmälle tai ehkäpä kokonaan käsittelemättä.

Kesän 1962 tulokset

Mäntytukit

Kokeita suoritettiin neljällä varastoalueella.

Koetulosten yhdistelmä on esitetty taulukossa 7. Lukuihin sisältyvät kaikkien muiden hyönteisten paitsi havupuun tikaskuoriaisen aiheuttamat vioitukset.

Matarojalla ja sahan varastossa kemikaalikäsittely suoritettiin tukkien molemmin puolin, kun taas Raussin ja Ruotilan varastoissa ruiskutettiin ainoastaan tukkien yläpuoli ja kasojen laiteet.

Taulukko 7. Kesän 1962 torjuntakokeet. Mäntytukit
Table 7. Control experiments in summer 1962. Pine logs

Varasto ja kemikaali *Depot and chemical*	Ruiskutteen väkevyys, % *Concentration of spray, per cent*	Ruiskutetta käytetty, dl/tukki *Amount of spray used, dl per log*	Ruiskutteesta vettä + öljyä, dl/tukki *Proportion of water + oil in spray, dl per log*	Rungon pinnasta pilaantunut, % *Per cent of stem surface damaged*			Koepuita, kpl *Number of sample trees*
				Keskim. *Average*	Yläpuoli *Upper part*	Alapuoli *Lower part*	
Mataroja:							
Gesarol-aktiv	4	8	8 + 0	0.5	0.0	0.9	10
Täystuho-T	4	8	8 + 0	3.5	3.1	3.9	10
»	4	8	6 + 2	1.1	0.1	2.0	10
Käsittelemättömät — *Untreated*	—	—	—	72.2	66.5	77.8	10
Raussi:							
Gesarol-aktiv	4	4	4 + 0	2.9	1.0	4.7	10
Täystuho-T	4	4	4 + 0	7.1	4.8	9.3	10
»	4	8	8 + 0	1.0	0.0	1.9	10
»	4	8	6 + 2	0.6	1.2	0.0	10
Käsittelemättömät — *Untreated*	—	—	—	81.1	77.0	85.2	10
Ruotila:							
Täystuho-T	4	4	4 + 0	31.2	31.4	31.0	7
»	4	4	3 + 1	6.0	8.6	3.3	7
»	10	10	10 + 0	4.6	0.0	9.1	[1]) 7
Käsittelemättömät — *Untreated*	—	—	—	53.0	52.0	54.0	11
Sahan varasto:							
Gesarol-aktiv	4	4	4 + 0	6.5	11.3	1.6	15
Täystuho-T	4	4	4 + 0	4.3	4.3	4.3	14
»	4	8	8 + 0	1.1	1.1	1.0	15
Malix-Kombi	4	4	4 + 0	1.0	1.2	0.8	12
»	4	4	3 + 1	0.2	0.0	0.3	15
Käsittelemättömät — *Untreated*	—	—	—	20.3	24.3	16.3	20

[1]) Vioitusta vain maassa kiinni maanneiden tukkien alapinnalla. Ks. lähemmin tekstistä. — *Damage was found only on lower parts of logs lain on bare ground. See the text.*

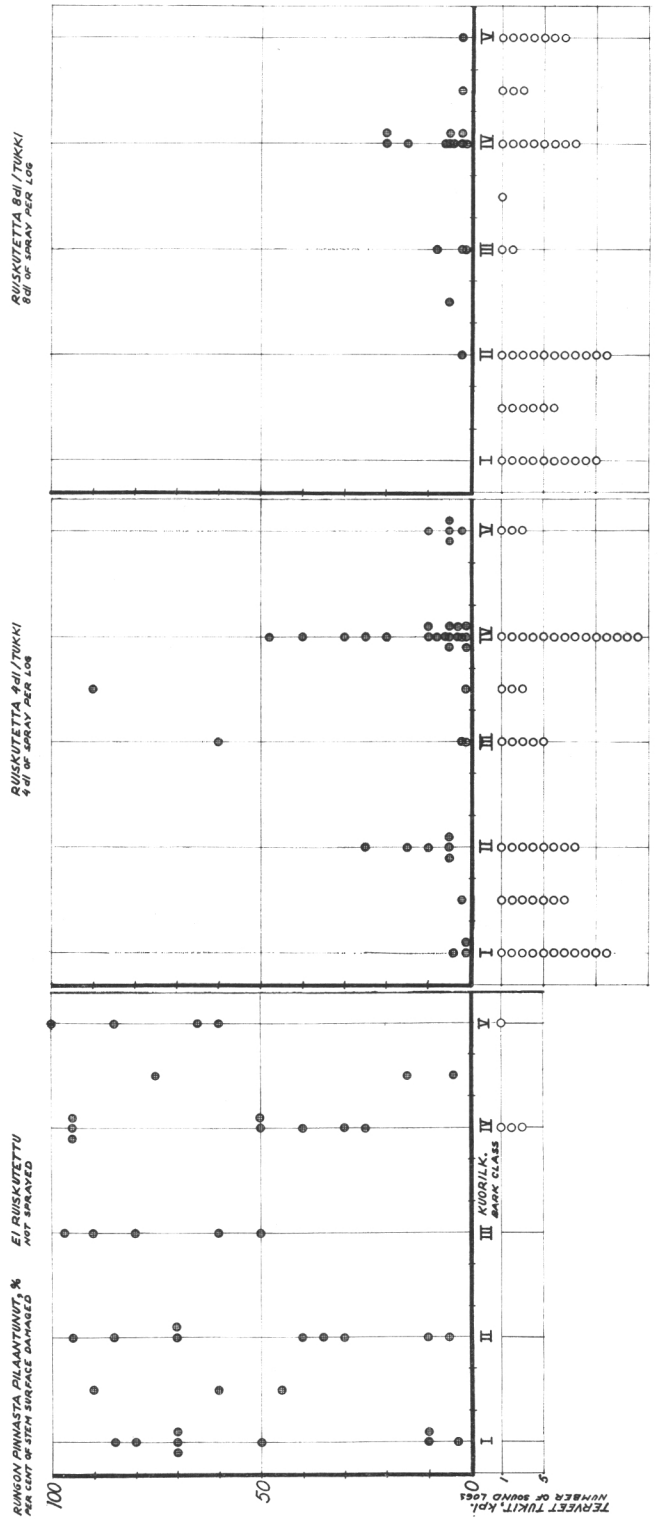
Kuten taulukosta 7 ilmenee, tuholaisten esiintyminen oli myös tänä vuonna hyvin runsasta sahan varastoa lukuunottamatta. Raussin tukeilla todettiin ruiskutuspäivänä 18.4 kymmenittäin pystynävertäjiä liikkeellä ja myös Ruotilassa muutamia. Hyönteiset vaeltelivat hitaasti kaarnan pinnalla koleahkossa säässä eikä kuoreen tunkeutumista ollut havaittavissa kuin nimeksi. Raussin tukkikasoja ympäröi paksu lumi vaikka tukit olivat sulia. — Tikaskuoriaista esiintyi Matarojan varastossa runsaanlaisesti, keskim. 22 (0—158) reikää myrkyttämätöntä tukkia kohden, Raussin varastossa vähemmän, keskim. 5 (0—55) reikää tukissa.

Tärkein koetulos oli epäilemättä se, että kaikilla kemikaaleilla tuhot saatiin estetyksi kun käytettiin riittävästi ruiskutetta ja käsittely tapahtui tarpeeksi ajoissa. Kiintoisinta on tarkastella Täystuho-T:n tehoa, koska se oli koostumuksensa puolesta heikoin kokeiltavana olleista hyönteismyrkyistä (ks. s. 10). Käytettäessä ruiskutetta 8 dl/tukki joko pelkkänä vesiliuoksena tai siten että vedestä 25 % korvattiin lämmitysöljyllä, oli pahimmin hyönteisten vioittamista Matarojan tukeista pintaa pilaantunut keskim. 3.5 %, muualla vähemmän, n. 1 %. Myös tikaskuoriaisen tuhot saatiin täydellisesti estetyiksi.

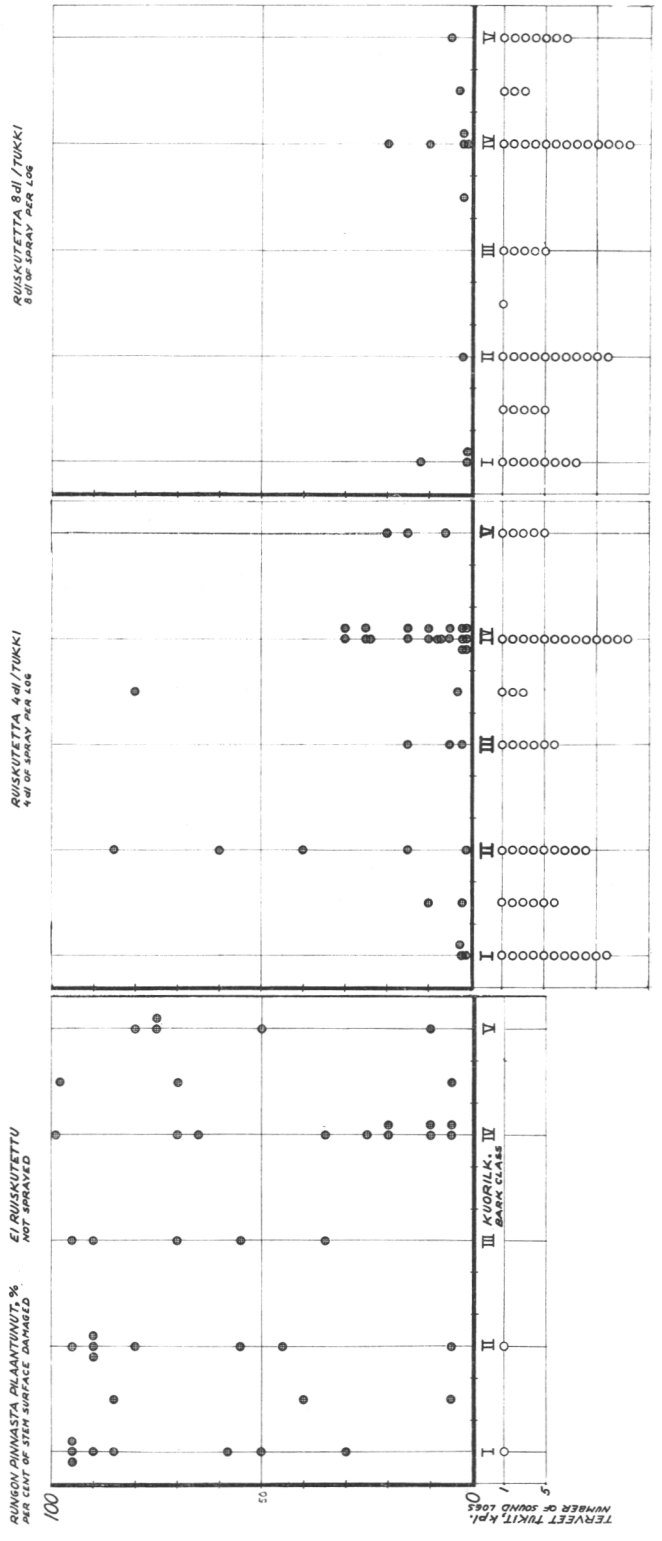
Ruotilan puut jotka ruiskutettiin 10 %:sella liuoksella (kaikki muut 4 %:sella) ja ruiskutetta käytettiin 1 l/tukki näyttävät muodostavan poikkeuksen huonoon suuntaan koska peittävyys niissä oli 4.6 % käsittelyn tehokkuudesta huolimatta. Poikkeuksesta ei kuitenkaan ollut kysymys, vaan huono tulos on selitettävissä. Ko. tukit kuuluivat pelkästään yläpinnaltaan ruiskutettuihin. Muutamat niistä olivat käsittelyhetkellä maata vasten ja tuhoa esiintyi poikkeuksellisen runsaasti juuri näissä, joiden alapinnasta nilurit *(Hylastes)* olivat yhdessä pikikärsäkkäiden *(Pissodes)* kanssa vallanneet n. 55 % ja pystynävertäjä 5 %. Yläpinnat olivat puhtaat, samoin ne puut kokonaisuudessaan jotka käsittelyhetkellä olivat telakasoissa. Tämä pieni kokemus osoittaa kuinka tarkkana torjuntaruiskutuksia suoritettaessa on oltava jos mielitään päästä parhaaseen mahdolliseen tulokseen.

Kun Täystuho-T:tä käytettiin 4 dl tukkia kohden, olivat tulokset kauttaaltaan heikompia keskimääräisen peittävyyssadanneksen vaihdellessa vesiliuosruiskutuksissa 4.3—31.2 välillä. Kun vedestä korvattiin 25 % öljyllä, saatiin peittävyydeksi 6 % saman varaston vesiliuoskäsittelyn antaessa tulokseksi 31.2 %. Veden osittainen korvaaminen öljyllä tehosti siis tässä tapauksessa torjunnan vaikutusta huomattavasti. Sama suunta vaikka vähemmän selvästi oli havaittavissa kaikissa muissakin öljyruiskutuksissa.

Näyttää ilmeiseltä, että liian niukka ruiskutteen käyttö ainakin huomattavalta osalta saattaa selittää tästä kemikaalista aikaisemmin saatuja huonoja kokemuksia (Tuovinen 1957, 1959 ja kesän 1961 kokeet Inkeroisissa).



Kuva 12. Eri tavoin käsiteltyjen mäntytukkien yläpinnan pilaantuminen 1962.
Fig. 12. Deterioration of upper sides of pine logs treated in different ways, in 1962.



Kuva 13. Eri tavoin käsiteltyjen mäntytukkien alapinnan pilaantuminen 1962.
Fig. 13. Deterioration of lower sides of pine logs treated in different ways, in 1962.

Samaanlaiseen päätelmään että riittävän runsas ruiskutteen käyttö on ratkaisevaa puutavaravarastojen tuhoja torjuttaessa, ovat päätyneet myös Butovitsch ja Eidmann (1962) viimeisissä kokeissaan havaittuaan, että käyttämänsä kemikaalit tehosivat yhtä hyvin 0.25 %:n kuin 4 %:n väkevyisinä liuoksina kunhan nestettä käytettiin tietty minimimäärä. Samoin Sinreich (1961) sai Itävallassa kahdella toisistaan suuresti poikkeavalla saman kemikaalin konsentratiolla yhtä hyvän yhden kesäkauden kestäneen torjuntatuloksen ruiskuttaessaan nestettä tarpeeksi runsaasti. Jatkaessaan varastointia vielä toisenkin kesän yli, ei laimeampi liuos enää pystynyt pilaantumista estämään.

Molempien vuosien 1961—62 kokemukset siis osoittivat, että 4 dl hyönteismyrkkyruiskutetta tukkia kohden saattaa antaa epävarmoja tuloksia silloin kun suojeltavat tukkierät käsittävät normaaliin tapaan tyvi- ja latvatukkeja. Erityisesti tyvitukit näyttävät jäävän alttiiksi hyönteisten hyökkäyksille, ilmeisesti siitä syystä että niiden kuoripinta on paljon suurempi kuin latvatukeissa (ks. s. 36), joten sama nestemäärä ei riitä. Kuitenkin myös ohutkuorisissa puissa saattoi 4 dl antaa huonoja tuloksia (kuvat12, 13). Se voisi ehkä viitata siihen, että ko. nestemäärä on niin pieni ettei sitä kunnolla saa tasaisesti levitetyksi tukin pinnalle oli sen kuori millainen tahansa. Käytännön kokemuksetkin puhuvat sen puolesta, sillä kokeita 1962 järjestettäessä 4 dl:n ruiskutuksissa ruiskuttajan piti suorittaa työ juosten pitkin tukkikasoja jotta olisi saanut nesteen riittämään koko puumäärälle. Tällöin saattaa hyvinkin jäädä joitakin kohtia kokonaan ruiskuttamatta ja niihin kohtiin tuholaisia pääsee iskeytymään. Asiaa ei näköjään voi korjata pienentämällä ruiskutteen pisarakokoa, jolloin sen riittävyys paranisi ja jota keinoa muilla kasvinsuojelun aloilla paljon käytetään. Butovitsch (1960) selostaa erästä kokeiluaan Fontan-moottoriruiskulla ja TIFA-nimisellä pienipisaraisella sumuruiskulla. Ruiskuttaessaan yhtä suuria nestemääriä, pilasivat hyönteiset tukkien pintaa seuraavasti:

Ruisku:	Ruiskutetta 1/4—6 tukkia: 2	3.5	5
	Pilaantumis-%:		
Fontan	3.6	1.1	0.8
TIFA	19.8	7.4	12.2

Sumun huonon tehon syyksi arvellaan mm. sitä, että käsittelyn aikana sitä menee paljon hukkaan ilmavirtojen mukana.

Väriainekokeilut, kuoritutkimukset ja käytännössä suoritetut ruiskutukset näyttäisivät viittaavan siihen, että aivan ohutkuoriset latvatukit yleensä saa suojatuksi n. 4 dl:lla vesiliuosta, ohutkaarnaiset välitukit tarvitsevat ehkä 5—6 dl ja tyvitukit 8 dl. Määrä on riippuvainen paitsi kuoren laadusta myös puun koosta. Butovitschin ja Eidmannin (1962) mukaan tyvitukeissa tarvitaan myrkkynestettä 50 % enemmän kuin latva-

tukeissa käytettäessä öljysekoitteisia ruiskutteita. Jos ruiskutus suoritetaan vesiluoksella, täytynee eron olla suuremman.

Sekä Gesarol aktiv- että Malix-Kombi-valmisteet ovat niin paljon Täystuho T:tä suuritehoisempia insektisidejä, että niillä saatuja hyviä tuloksia samalla tavoin käytettynä ei sovi ihmetellä. Merkitystä tietysti kemikaalin suuremmalla hyönteisiä tappavalla tehollakin on, vaikka ei ehkä niin suurta kuin etukäteen olisi odottanut. Gesarolin parempi teho Täystuhoon verrattuna ilmeni molempina tutkimusvuosina.

Verrattaessa Raussin ja Ruotilan varastoissa saatuja tuloksia muihin, huomataan että tukkikasojen ruiskuttaminen pelkästään yläpuolelta ja laiteilta pystyi estämään tuhot käytännöllisesti katsoen yhtä hyvin kuin jos tukit ruiskutettiin ympäriinsä. Yleensä vikaisuutta kyllä oli enemmän ruiskuttamattomalla alapinnalla kuin myrkytetyllä yläpinnalla, mutta ero oli vähäinen. Samaan tulokseen on päädytty myös norjalaisissa kokeissa (Fystro ja Bakke 1962). Jos tukit kasataan kunnollisesti ja kasojen yläpinnat ja laiteet, joihin tai joiden kautta hyönteiset tukkeihin iskeytyvät, käsitellään huolellisesti, ei näytä olevan aihetta suorittaa sitä lisätyötä mitä tukkien pyörittely ja ympäriinsä ruiskuttaminen vaatii.

Kuusitukit

Kuten taulukosta 8 ilmenee, esiintyi kuusitukeissa niin vähän tuhoja molemmissa varastopaikoissa (Ruotila ja sahan varasto) ja kaikki kemikaalit ja käsittelytavat tehosivat niin hyvin, että erilaisten käsittelytapojen vai-

Taulukko 8. Kesän 1962 torjuntatulokset. Kuusitukit
Table 8. Control exeperiments in summer 1962. Spruce logs

Varasto ja kemikaali *Depot and chemical*	Ruiskutteen väkevyys, % *Concentration of spray, per cent*	Ruiskutetta käytetty, dl/tukki *Amount of spray used dl per log*	Ruiskutteesta vettä + öljyä, dl/tukki *Proportion of water + oil in spray, dl per log*	Rungon pinnasta pilaantunut, % *Per cent of stem surface damaged*			Koepuita, kpl *Number of sample trees*
				Keskim. *Average*	Yläpuoli *Upper part*	Alapuoli *Lower part*	
Ruotila:	4	4	4 + 0	0.0	0.0	0.0	10
Täystuho-T	4	4	3 + 1	0.7	0.5	0.9	10
»	10	10	10 + 0	0.0	0.0	0.0	10
»	4	4	4 + 0	0.0	0.0	0.0	10
Gesarol aktiv							
Käsittelemättömät — *Untreated*	—	—	—	23.5	32.2	14.7	20
Sahan varasto:	4	4	4 + 0	0.0	0.0	0.0	10
Täystuho-T	4	8	8 + 0	0.0	0.0	0.0	10
»	4	4	4 + 0	0.0	0.0	0.0	10
Gesarol aktiv	4	4	4 + 0	0.0	0.0	0.0	10
Malix-Kombi	4	4	3 + 1	0.0	0.0	0.0	10
»							
Käsittelemättömät — *Untreated*	—	—	—	0.8	1.5	0.0	10

kutusta ei voitu vertailla. Täystuho-T:llä saatiin yhtä hyvä tulos kuin Gesarolilla, samoin 4 dl:lla ruiskutetta tukkia kohden yhtä hyvä kuin 8 dl:lla. Molempien vuosien kokemukset samoinkuin kuoritutkimuksissa tehdyt havainnot ovat antaneet tukea sille, että kuusitukeista tuhot ovat helpommin estettävissä kuin mäntytukeista.

Havaintoja kuorityypin vaikutuksesta hyönteisten iskeytymiseen ja ruiskutteen tehoon 1962

Mäntytukit

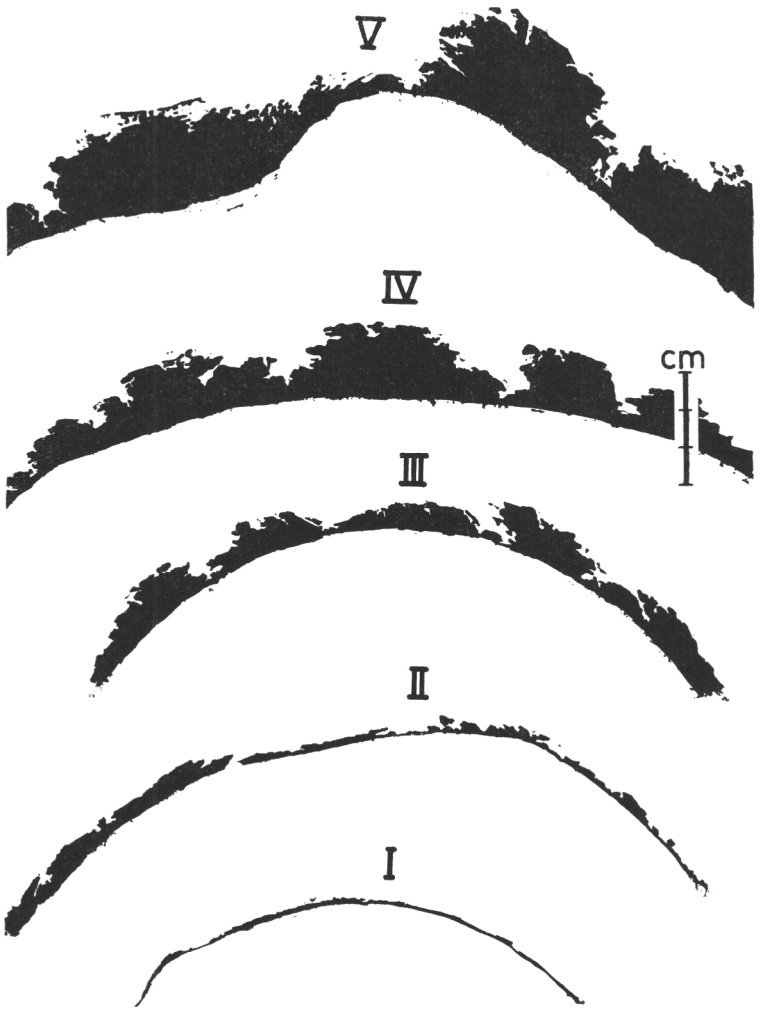
Kesällä 1962 luokiteltiin mäntytukit kaikilla varastoalueilla suoritettujen myrkytyskokeiden yhteydessä kuoren perusteella seuraaviin viiteen luokkaan (ks. kuva 14):

Taulukko 9. Eri kuoriluokkiin kuuluneiden myrkyttämättömien ja myrkytettyjen mäntytukkien pilaantuminen

Table 9. Deterioration of poisoned and unpoisoned pine logs of different bark classes

Tukkien käsittely *Treatment of logs*	Tyven kuori-tyyppi *Bark type of butt*	Hyönteiset pilanneet rungon pinnasta, % *Per cent of stem damaged*			Näyte-puita, kpl *Number of sample trees*
		Koko runko *Whole stem*	Rungon yläpuoli *Upper stem*	Rungon alapuoli *Lower stem*	
Ei myrkytetty — *Not poisoned* ...	I	58.1	49.8	66.4	9
	II	55.1	49.0	61.1	9
	III	71.7	75.4	68.0	5
	IV	38.4	43.6	33.1	11
	V	60.0	62.0	58.0	5
Keskim. — *Average*		56.7	56.0	57.3	—
Myrkytetyt — *Poisoned*	I	0.3	0.3	0.3	24
	II	5.2	7.8	2.6	26
	III	3.5	1.6	5.3	14
	IV	5.6	5.1	6.1	50
	V	2.4	2.9	1.8	16
Keskim. — *Average*		3.4	3.5	3.2	

Kuoriluokka:	Kuoripinta % sileä-pintaisen puun kuoresta:	Kuoren suurin paksuus, mm:
I	n. 100	3
II	» 110	6
III	» 140	13
IV	» 160	20
V	» 200	28



Kuva 14. Mäntytukkien kuoriluokat kesän 1962 kokeissa.
Fig. 14. *Bark classes in experiments in summer 1962*

Luokittelu suoritettiin tukin tyvipään kuoren mukaan. Kun vain harvan puun kuori koko pituudeltaan kuului samaan tyyppiin, voidaan esim. yksittäisten hyönteislajien taipumuksesta käyttää lisääntymispaikkana hyväkseen erilaisen kuoren kohtaa tehdä vain verraten yleisiä päätelmiä. Yleensä voinee tietysti sanoa tukin kuoren olevan keskimäärin sitä ohuempi tai paksumpi mitä ohuempi tai paksumpi se on tyvessä. Siten tällaisellakin luokittelulla voi odottaa olevan vaikutusta hyönteisten esiintymislukuihin ja ruiskutteiden tehoon mikäli kuoren rakenteella yleensä vaikutusta on näihin seikkoihin, vaikkakin vaikutuksen voi odottaa tuntuvan tavallista lievempänä.

Taulukko 10. Eri kuoriluokkiin kuuluneiden mäntytukkien pilaantuminen käytettäessä ruiskutetta 4 ja 8 dl/tukki

Table 10. Deterioration of pine logs of different classes when 4 and 8 dl of spray per log was used

Kuoriluokka *Bark type*	Ruiskutetta 4 dl/tukki *4 dl of spray per log*		Ruiskutetta 8 dl/tukki *8 dl of spray per log*	
	Rungon pinnasta pilaantunut, % *Per cent of stem damaged*	Koepuita, kpl *Number of samle trees*	Rungon pinnasta pilaantunut, % *Per cent of stem damaged*	Koepuita, kpl *Number of sample trees*
I	0.4	14	0.1	10
II	9.5	14	0.2	12
III	4.7	9	1.1	5
IV	6.9	32	3.2	18
V	4.3	8	0.5	8
Keskim. — *Average*	5.2	—	1.0	—

Yhteensä luokiteltiin 169 mäntytukkia. Ne jakautuivat käsittelyn puolesta niin moniin eri ryhmiin, että on syytä varoa tekemästä päätelmiä muuta kuin joistakin aivan yleisimmistä seikoista.

Taulukosta 9 ilmenee, että kaikkien kuoriluokkien käsittelemättömät tukit olivat pahasti pilalla. Tyypin IV muista poikkeava luku on seuraus siitä, että pääosa tämän tyypin näytepuista oli sahan varastosta, jossa tuhojen esiintyminen oli muita vähäisempää (ks. taulukko 7). Muiden kuoriluokkien puut jakautuivat tasaisesti eri varastojen kesken. Luokan III tukit olivat pahiten vikaisia. Luokkien I ja II tukit olivat alapinnaltaan ja luokkien III—V tukit yläpinnaltaan pahemmin vikaisia.

Taulukon toiseen osaan on koottu kaikki eri tavoin myrkytetyt puut kuoriluokittain. Verrattaessa lukuja taulukon edellisen osan lukuihin, todetaan kaikkien kuoriluokkien puissa myrkytysten selvästi vähentäneen hyönteisten esiintymistä, I luokassa eniten. Muiden luokkien kesken ei ole selviä eroja havaittavissa.

Käytettäessä ruiskutetta 4 dl tukkia kohden, saatiin tuhot estetyksi I kuoriluokan puista, mutta muissa luokissa torjuntatulos oli epämääräisempi (taulukko 10). 8 dl vaikutti kaikissa luokissa odotetusti paremmin.

Käsittelemättömistä tukeista pystynävertäjä, *Blastophagus piniperda*, ei mennyt juuri laisinkaan luokan I puihin (taulukko 11) ja vielä luokan II puissakin esiintyminen oli vähäistä. Luokan III tukit kelpasivat iskeytymiskohteiksi yhtä hyvin kuin paksukuorisemmatkin. Tukkien yläpinnalla se oli yleisempi kuin alapinnalla kaikissa kuoriluokissa. Ruiskutuksilla se saatiin pois vielä luokan II puistakin, muiden kuoriluokkien tukeissa sitä vielä niidenkin jälkeen tavattiin jonkin verran. Myrkytetyissä puissa esiintyminen alapinnalla oli vähän yleisempää kuin yläpinnalla. Näin oli nimenomaan niissä puissa, jotka oli käsitelty vain yläpinnaltaan.

Vaakanävertäjän, *Blastophagus minor*, esiintyminen oli aivan vastakkaista. Sitä tavattiin runsaimmin luokkien I—III tukeissa ja vain niukasti sitä paksukuorisemmissa. Kaikissa luokissa se viihtyi mieluimmin rungon alapinnalla. Käsittelyt tehosivat hyvin.

Taulukko 11. *Blastophagus piniperdan* ja *Bl. minorin* esiintyminen eri kuorityyppien puissa
Table 11. Occurence of Blastophagus piniperda and Bl. minor in trees of different bark types

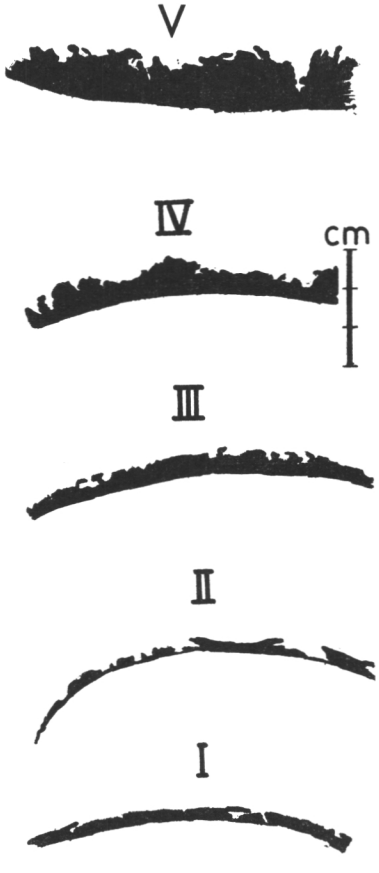
Tukkien käsittely *Treatment of logs*	Kuorityyppi *Bark type*	Rungosta hyönteisen pilaamaa, % *Per cent of stem damaged*		
		Koko runko *Whole stem*	Rungon yläpuoli *Upper stem*	Rungon alapuoli *Lowerstem*
		Blastophagus piniperda		
Ei myrkytetty — *Not poisoned* ...	I	0.1	0.1	0.0
	II	8.4	11.1	5.6
	III	39.0	40.0	38.0
	IV	20.1	21.4	18.7
	V	47.2	54.0	40.4
	Keskim. — *Average*	23.0	25.3	20.5
Myrkytetty — *Poisoned*	I	0.0	0.0	0.0
	II	0.1	0.0	0.1
	III	2.4	0.7	4.1
	IV	3.6	2.6	4.6
	V	2.0	2.5	1.5
	Keskim. — *Average*	1.6	1.2	2.1
		Blastophagus minor		
Ei myrkytetty — *Not poisoned* ...	I	24.5	3.0	45.9
	II	27.3	5.3	49.2
	III	22.5	16.0	29.0
	IV	5.9	5.0	6.8
	V	8.6	1.0	16.2
	Keskim. — *Average*	17.8	6.1	29.4
Myrkytetty — *Poisoned*	I	0.2	0.1	0.3
	II	1.0	0.0	1.9
	III	0.4	0.0	0.7
	IV	0.5	0.1	0.9
	V	0.0	0.0	0.0
	Keskim. — *Average*	0.4	0.04	0.8

Voidaan siis panna merkille, että molemmat lajit viihtyivät hyvin niissä tukeissa, joiden tyven kuoriluokka oli III. Sitä ohutkuorisemmissa puissa pystynävertäjä ei mielellään elänyt eikä paksukuorisemmissa vaakanävertäjä. Juuri tästä johtui taulukossa 10 todettu III kuoriluokan puiden paha

pilaantuminen. Aineiston vähäisyydestä huolimatta tulos saattaa olla ilmaus luonnossa ilmenevästä todellisesta taipumuksesta. Tämän luokan kuoren suurin mitattu paksuus tukin tyvellä oli 13 mm. K a n k a a n (1934, s. 45) havaintojen mukaan vaakanävertäjän esiintyminen Punkaharjulla 1933 päättyi kuoren saavuttaessa 8—9 mm:n paksuuden ja pystynävertäjän esiintyminen alkoi kun paksuus oli vähintäin 7—8 mm. Nämä raja-arvot sattuivat yleensä milteipä keskelle III kuoriluokan tukkeja.

K u u s i t u k i t

Myös kuusitukit luokiteltiin kuoren mukaan viiteen luokkaan (kuva 15), mutta tuhojen vähäisen esiintymisen vuoksi 1962 kuoren vaikutusta tuhoihin ja niiden torjuntaan ei voitu selvittää.



Kuva 15. Kuusitukkien kuoriluokat kesän 1962 kokeissa.

Fig. 15. Bark classes of spruce logs in experiments in summer 1962.

Havaintoja mäntytukkien sinistymisestä

Puutavaran sinistymistä ja sen syitä on aikaisemmin tutkittu runsaasti (mm. Björkman 1946 b, 1946 c, 1958, 1958 b, Butovitsch ja Spaak 1939, 1941, Francke-Grosmann 1952, Lagerberg, Lundberg ja Melin 1927, Lekander ja Rennerfelt 1955, Mathiesen-Käärik 1953, Tuovinen 1957, 1959), mistä syystä siihen ei tässä yhteydessä enemmälti paneuduttu. Syyskuussa 1962 suoritettujen kokeiden tarkastusten yhteydessä tehtiin kuitenkin joukko havaintoja sinistymän syvyydestä molempien ytimennävertäjien syömäkuvioiden kohdalla sekä ilmasinistymän syvyydestä kuoren rikkoutumien kohdalla. Nämä kolme sinistymälajia olivat yleisimmät tämänlaatuiset vioitukset.

Mittausten mukaan oli ko. kohdilla sinistymä syyskuun puoliväliin mennessä painunut seuraaviin syvyyksiin rungon pinnasta:

Vaakanävertäjän kuvioiden kohdalla		45.1	mm
Pystynävertäjän	»	14.8	»
Kuoren rikkoutumien	»	23.9	»

Vaakanävertäjä aiheutti yleisesti tunnetun voimakkaan puun värjäytymisen, joka säännöllisesti oli tunkeutunut 3—6 cm:n syvyyteen puun pinnasta. Leviäminen tähän syvyyteen oli yleensä tapahtunut miltei koko sinistyneen pinnan alueella.

Pystynävertäjän syömäkuvioiden kohdalla sinistyminen oli laikuttaista, vain siellä täällä ilmennyttä, ja lisäksi se tavallisesti ulottui vain 1—2 cm:n syvyyteen. Lisäksi suurimpiin syvyyksiin yleensä ulottui vain vähäinen osa puun pinnalla näkyvästä sinistymästä.

Ilmasta käsin alkunsa saaneet sinistymät olivat levinneet puun sisään hyvin vaihtelevasti. Joukossa oli voimakasvärisiä, 4—5 cm:n syvyyteen ulottuneita tapauksia, kun taas toisin paikoin puun pinnalla pahaltakin näyttänyt sinistymä saattoi päättyä jo 1—2 mm:n syvyydessä. Tämä onkin ymmärrettävää mm. siten, että tuuli voi kuljettaa mukanaan monien, tunkeutumistaipumuksiltaan erilaisten sienilajien itiöitä. Lisäksi tartuntaa voi tapahtua pitkin kesää, joten samankin sienen ollessa kysymyksessä tunkeutumissyvyys eri tapauksissa saattaa vaihdella myös siitä syystä. Butovitschin ja Adlersin (1961, s. 5) mukaan ilmasinistymä yleensä alkaa myöhemmin ja leviää hitaammin kuin vaakanävertäjän aiheuttama.

Kun vaakanävertäjä ja oksien karsimisesta johtuvat kuoren rikkoutumat esiintyvät pääasiassa latvatukeissa, oli tämä tukkilaji nyt niinkuin monesti aikaisemminkin pahemmin sinistynyt kuin tyvitukit. Tilanne olisi voinut olla vieläkin pahempi jos männyn toista pahaa sinistäjähyönteistä, oka-

kaarnakuoriaista *(Ips acuminatus)* olisi esiintynyt, sillä myös se on ohutkuoristen puiden, siis latvatukkien asukas (vrt. Saalas 1949, ss. 393—394).

Koska kuoren rikkoutumien kautta iskeytyvä ilmasinistymä ei ole riippuvainen hyönteisten esiintymisestä, ei sitä voida myöskään torjua hyönteismyrkyillä, vaan on käytettävä sienimyrkkyjä tai valmisteita jotka sisältävät molempia. Tällaisia insektisidin ja fungisidin seoksia onkin markkinoilla ja niitä on käytetty myös meillä (vrt. Kangas ja Salonen 1960).

Käytännöllisiä päätelmiä

Esillä olevan tutkimuksen tulokset tukevat viime aikoina muualla tehtyjä havaintoja (Butovitsch 1960, Butovitsch ja Eidmann 1961, Schimitschek 1961, Sinreich 1961), joiden mukaan varastotuhojen torjuntaruiskutuksissa ruiskutteen riittävä määrä on tärkeämpi kuin jokin tietty insektisidikonsentratio ja että hyönteismyrkyn huuhtoutumisvaara kaarnasta on ehkä pienempi kuin mitä odottaisi. Niinikään on nytkin saatujen kokemusten mukaan syytä painottaa käsittelyjen suorittamista riittävän aikaisin eli ennen hyönteisten iskeytymistä, vaikka tietyissä tapauksissa saattavat tullakin kysymykseen myös hieman myöhästyneet ruiskutukset (vrt. Bakke 1960, Butovitsch 1960, Kangas ja Salonen 1960).

Meillä torjuntaruiskutuksissa aikaisemmin saadut jossakin määrin epämääräiset tulokset (Tuovinen 1956, 1957, 1958, 1959) ovat ilmeisesti olleet seuraus paitsi käsittelyjen osittaisesta myöhästymisestä, myös juuri liian vähäisestä ruiskutenesteen käytöstä. Molempien seikkojen tuhojen ehkäisyä heikontava vaikutus todettiin myös nyt suoritetuissa kokeiluissa. Näyttää selvältä, että erityisesti mäntytyvitukkien käsittelyssä yleensä ei riitä tavanomainen 0.3—0.4 l:n ruiskutemäärä tukkia kohden, ei ainakaan siinä tapauksessa jos käytetään hyönteismyrkkyjen vesiliuoksia. Korvaamalla 25 % vedestä lämmitysöljyllä saatiin tuollakin määrällä tyydyttävä tulos. Ero pelkkään vesiruiskutukseen nähden oli niin selvä, että monesti varmaankin kannattaa mieluummin harkita tällaista öljyn lisäämistä tyvitukkien käsittelyssä ennenkuin suurentaa vesiluoksen määrää kaksinkertaiseksi tai vieläkin suuremmaksi. Kaikkein tehokkainta olisi tietysti sekoittaa insektisidi pelkkään öljyyn, mutta sitä meillä tunnutaan pidettävän liian kalliina toimenpiteenä vaikka siten saavutettaisiinkin ruiskutteen määrässä melkoisia säästöjä.

Tukkikasojen käsittelyssä näyttää riittävän kasojen ruiskuttaminen ylhäältäpäin ja laidoilta ilman että tukkeja pyöriteltäisiin ja koetettaisiin ne saada ruiskutetuksi joka puolelta (vrt. Fystro ja Bakke 1962). Tällä tavalla keskitytään niiden kohtien myrkyttämiseen, mihin useimmat tuholaiset mieluimmin iskeytyvät tai mitä kautta niiden joka tapauksessa on iskeytymiskohteeseen kuljettava. Vaikka ruiskutettaviin kohtiin nestettä

tällöin käytettäisiinkin runsaasti, ei koko kasan tukkimäärää kohden sen määrä kuitenkaan nouse ylettömän suureksi.

Tukkikasojen huolellinen pystyttäminen siten, että päällimmäisen kerroksen puut tulevat tiiviisti toisiinsa kiinni vähentänee myös tuhonvaaraa estämällä mekaanisesti hyönteisten tunkeutumista pintatukkien alapinnalle ja kasojen sisäosiin sekä varjostamalla sisäosia niin, että monet tärkeimmät tuholaiset kuten esim. ytimennävertäjät, kirjanpainajat ja kuusen tähtikirjaaja eivät jotensakin valohakuisina sinne pyrikään (vrt. Kangas ja Salonen 1960).

On luonnollista, että jatkuvan varastoinnin paikoilla on kiinnitettävä huomiota myös esim. maassa talvehtivan tuholaisten kuten ytimennävertäjien ja havupuun tikaskuoriaisen hävittämiseen karikekerroksesta joko mekaanisin tai kemiallisin toimenpitein.

Paperipuupinoissa suoritettava tuhojen torjuminen tähtää erityisesti metsänsuojeluun eli tuholaiskantojen lisääntymisen estämiseen pinoissa. Tämän tutkimuksen yhteydessä tehtyjä havaintojen mukaan (vrt. myös Saalas 1919, Kangas 1934) metsän kannalta vaaralliset hyönteiset niin mänty- kuin kuusipaperipuupinoissakin iskeytyivät valtaosaltaan pinojen päällimmäisiin sekä pinojen päissä pintapuihin. Siitä syystä torjunnankin on ilmeisesti kohdistuttava pääasiassa näihin osiin pinoa. Korkeiden pinojen yläpinnan ruiskuttaminen hyönteismyrkyllä tavallisia välineitä käyttäen on hankalaa koska se vaatisi kiipeämisen pinon päälle. Siksi olisi käytettävä tavallista pitempiä ruiskutustankoja ja sellaisia suuttimia joiden asentoa voidaan muuttaa, jolloin käsittely maasta käsin käy mahdolliseksi. Tällaista välineistöä onkin saatavissa ja sitä on joka tapauksessa helppo valmistaa. Pinojen kylkiä ruiskutettaessa on suihku suunnattava pinoon hieman vinosti, jolloin myrkkyneste jää parhaiten hyönteisten tunkeutumistielle. Suoraan pinoja kohti ruiskutettaessa menee ruiskutetta pinon läpi hukkaan vaikka pinot olisi tehty 2 m:n pölkyistä.

Edellä esitetty koskee hyönteisten ja niiden välittämän sinistymisen torjumista. Jos puutavara, erityisesti tukit, säilytetään varastossa pitkälle kesään, on otettava huomioon myös kuoren rikkoutumista puuhun pääsevä ns. ilmasinistymän vaara joka uhkaa varsinkin latvatukkeja. Ilmasinistymän estämiseen eivät pelkät hyönteismyrkyt riitä, vaan on käytettävä fungisideja, sienimyrkkyjä.

Tutkimustulosten tiivistelmä

Selostetut tutkimukset suoritettiin 1961—62 Tampella Oy:n Inkeroisten tehtaiden puutavaravarastoissa, jotka sijaitsivat alueella 60—61° pohj. lev. ja 26—28° it. pit. 1961 oli tutkimuksissa mukana 5 mänty- ja kuusitukkivarastoa, 2 mänty- ja 6 kuusipaperipuuvarastoa. 1962 oli mäntytukkeja 4:ssä ja kuusitukkeja 2:ssa varastossa. Kuoritutkimuksia suoritettiin myös metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun kokeilualueessa.

Tutkimustuloksista mainittakoon:

1. Mäntytukkien yleisin tuholainen oli pystynävertäjä, *Blastophagus piniperda*, joka 1961 oli eri varastoissa pilannut tukkien pintaa 14—34 % ja 1962 5—31 %. Vaakanävertäjän, *Bl. minor*, pilaaman pinnan osuus oli 1961 0—21 % ja 1962 0—32 %, mutta aiheuttamansa sinistymisen vuoksi se oli vaarallisin puutavaralle. Se esiintyi poikkeuksellisesti myös kuusitukeissa. Muista oli yleisin nyhäkaarnakuoriainen, *Ips proximus* (1961 keskim. peittävyys 0—30 %, 1962 3—21 %), 4-hampainen tähtikirjaaja, *Pityogenes quadridens*, vaippaniluri, *Hylurgops palliatus*, männynniluri, *Hylastes brunneus*, sarvijaakko, *Acanthocinus aedilis*, tyvipikikärsäkäs, *Pissodes pini* sekä ainoa puuaineeseen kaivautunut hyönteinen havupuun tikaskuoriainen, *Trypodendron lineatum*. Samat lajit tavattiin myös paperipuista.

2. Kuusitukeissa ja -paperipuissa oli ylivoimaisesti yleisin hyönteinen kuusen tähtikirjaaja, *Pityogenes chalcographus*, joka 1961 oli tukkien pinnasta vallannut 7.5—82 % ja 1962 0—15 %. Toiseksi yleisin kuoren alla elävä hyönteinen oli kirjanpainaja, *Ips typographus* (1961 0—27 %, 1962 0—5 %) sekä nilurit (*Hylurgops palliatus*, *Hylastes* spp.) ja rungon hutikirjaaja, *Dryocoetes hectographus*. *Trypodendron lineatum* oli yleinen kuusipaperipuissa, joista laskettiin (2 m:n pituiset pölkyt) jopa yli 1 000 reikää pölkystä.

3. 1961 pilasivat hyönteiset mäntytukeista pintaa keskim. 52 %, 1962 53 % (eri varastoissa 33—60 % ja 20—81 %). Kuusitukkien pinnasta pilaantui 1961 keskim. 56 (16—83) % ja 1962 keskim. 12.1 (0.8—23.5 %).

4. Selviä eroja varastopaikan avonaisuuden ja tuhon esiintymisen välillä ei todettu. Tukeista tyvi- ja latvatukit olivat keskim. yhtä yleisesti vikaisia, vaikka latvatukkien vikaisuus, *Blastophagus minorin* aiheuttaman sinistymisen keskittyessä niihin, usein oli laadultaan pahempaa. Tukeista saattoi ylä- tai alapinta olla pahemmin vioittunut riippuen hyönteislajeista eri varastoissa, mutta paperipuupinoissa (2 m korkeat, 2 m:n pölkyistä tehdyt) tuhot niin männyllä kuin kuusellakin keskittyivät selvästi pinon ylimpään

kerrokseen. Erityisen selvästi sinne männyllä hakeutuivat *Ips proximus*, *Pityogenes quadridens* ja myös *Blastophagus*-lajit, kuusella *Pityogenes chalcographus* ja *Ips typographus*. *Trypodendron lineatum* oli myös selvästi yleisin pinon pinta- ja pääpuissa, mutta saattoi toisinaan tunkeutua pinon alakerroksissakin pölkkyjen keskelle asti. *Hylastes*- ja *Pissodes*-lajit olivat tyypillisiä pinon sisässä eläjiä.

5. Kuoritutkimuksissa todettiin, että tukkimännyn tyvellä kuoren suuret pintahalkeamat laajentavat kuoripintaa niin, että se usein on yli 2 kertaa niin suuri kuin yhtä paksun sileäkuorisen puun pinta. Latvapuolella pinta lähentelee sileäkuorisen puun pintaa. Kuusella halkeamilla on pienempi merkitys. Jos hyönteismyrkkyruiskutetta lisättäisiin vastaavasti, olisi mäntytyvitukkien käsittelyssä käytettävä n. 2 kertaa niin paljon ja kuusityvitukkien käsittelyssä n. 50 % enemmän nestettä kuin yhtä suurten latvatukkien pinnan käsittelyssä.

6. Kristalliviolettilla ja nigroinilla tehtyjen ruiskutuskokeilujen perusteella todettiin, että ainakin tutkitun 7 kuukauden ajan hyönteismyrkyt ilmeisesti pysyvät puiden kuoressa huuhtoutumatta muuta kuin pinnalta. Erityisesti kuoren pienissä halkeamissa väriaineet ohutkuorisessakin männyssä säilyivät sitkeästi ja sinne niitä kapillaarisesti oli runsaasti kertynyt. Väriainekokeilutkin osoittivat, että mäntytyvitukkien pinnan ruiskuttaminen yhtä tehokkaasti kuin latvatukkien vaatii usein ainakin kaksinkertaisen nestemäärän.

7. 1961 ruiskutettiin 2 %:sta Gesarol-50- ja yhtä väkevää Täystuho-T-emulsiota, molempia 4—5 dl/tukki ja 0.3—0.6 l/pinom^3 Fontan-ruiskulla. Mäntytukkien kohdalla ei torjunta onnistunut, samoin ei paperipuupinoista saatu hyönteisiä pidettyä loitolla (taulukot 1 ja 5) mutta kyllä paremmin kuusitukeista (taulukko 6). Paperipuupinoissa epäonnistumisen syyt olivat liian vähäinen nestemäärä ja ruiskutusten keskittäminen pinojen laidoille, mäntytukkien kohdalla liian vähäinen nestemäärä ja osittainen myöhästyminen. 1962 ruiskutettiin Gesarol aktiv'ia, Täystuho-T:tä ja Malix-kombia, kaikkia 4 %:sena vesiliuoksena. Nestettä käytettiin 4 ja 8 dl/tukki ja osassa käsittelyjä korvattiin 25 % vedestä lämmitysöljyllä. Nytkin 4 dl Täystuhoa antoi mäntytukeilla epävarmoja tuloksia, mutta lisäämällä määrä 8 dl:aan tai korvaamalla 25 % vedestä öljyllä saatiin tuhot tyydyttävästi estetyiksi. Gesarolilla ja Malix-Kombilla saatiin kaikkialla tyydyttävä tulos. — Kun tukit ruiskutettiin huolellisesti päältä ja sivuilta, saatiin tuhot myös käsittelemättömiltä alapinnoilta niin hyvin torjutuiksi, että lisätyötä vaativaa tukkien joka puolelta ruiskuttamista ei näköjään tarvita.

8. Syyskuun puoliväliin mennessä 1962 olivat mäntytukit *Blastophagus minor*-kuvioiden kohdalla sinistyneet keskim. 45.1 mm:n syvyyteen, *Bl. piniperda*-kuvioiden kohdalla laikuttain 14.8 mm:n syvyyteen ja kuoren rikkoutumien kohdalla ilmasta käsin keskim. 23.9 mm:n syvyyteen.

Lähdeluettelo

Adlers, L. 1961. Virkeskador på sågtimmer i Norrland åren 1959—60. Kungl. Skogshögskolan. Upps. nr R 33.

Adlers, L. ja V. Butovitsch 1961. Orienterande insektsskadeundersökningar på tallsågtimmer i Norrland åren 1959—60. Kungl. Skogshögskolan. Upps. nr R 30.

Bakke, A. 1960. Insektskader på ubarket gran- og furutømmer i Norge. Meddel. fr. d. Norske Skogforsøksves., 56, ss. 283—333.

Beier Petersen, B. 1950. Danmarks Fauna, Victor Hansen: Biller XVIII. Barkbiller. København.

—»— 1957. Stormfald og insektskader. Dansk Skovforen. Tidsskr., 42, ss. 226—236.

Björkman, E. 1946. Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande. Medd. fr. Stat. Skogsforskn. Inst., 35. 1.

—»— 1946 b. Om uppkomsten av stockblånad och lagringsröta i furusågtimmer i samband med flottning. Medd. fr. Stat. Skogsforskn. Inst., 35. 5.

—»— 1946 c. Om betingelserna för uppkomsten av brädgårdsblånad samt dennas bekämpande. Medd. fr. Stat. Skogsforskn. Inst., 35. 7.

—»— 1958. Stockblånad och lagringsröta i tall- och grantimmer vid olika avverkningstid och behandling i samband med flottning. Kungl. Skogshögskolans Skrifter nr 30.

—»— 1958 b. Lagringsröta och blånad i skogslagrad barr- och lövmassaved. Kungl. Skogshögskolans Skrifter nr 29.

Bletchly, J. D. ja M. G. White 1962. Significance and control of attack by the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* Oliv. *(Col., Scolytidae)* in Argyllshire forests. Forestry, 35, ss. 139—163.

Butovitsch, V. 1960. Bekämpande av blånadsspridande insekter i sommarlagrad virke. Skogen, 47, ss. 94—96.

—»— ja H. Eidmann 1962. Die Behandlung von berindetem Nutzholz mit Insektiziden. Versuche über die Einwirkung von Applikation, Dosierung und Konzentration auf den Befall durch Rindenbrüter. Forstwiss. Centr. bl, 81, ss. 212—222.

—»— ja G. Nenzell 1943. Ytterligare bidrag till kännedom om sommarkonservering i skogen av obarkad talltimmer. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr., ss. 26—98.

—»— ja H. Spaak 1939. Studier och försök att skydda i skogen kvarliggande timmer mot insekter och svampar jämte beräkningar av konserveringsmetodernas ekonomiska förutsättningar. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr., ss. 215—330.

—»— ja H. Spaak 1941. Fortsatta försök att skydda i skogen sommarlagrat timmer mot insekter och svampar. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr., ss. 65—119.

Fjelddalen, J. 1953. Nykyaikaiset hyönteismyrkyt — niiden edut ja varjopuolet. Maatalous, n:o 9—10.

Francke-Grosmann, H. 1952. Über die Ambrosiazucht der beiden Kiefernborkenkäfer *Myelophilus minor* Htg. und *Ips acuminatus* Gyll. Medd. fr. Stat. Skogsforskn. Inst., 41. 6.

Fystro, I. ja A. Bakke 1962. Skader på ubarket skurtømmer og effekten av sprøytebehandling under sommerlagring i skog i forskjellige landsdeler. Norsk Skogbruk, 8, ss. 272—278.

Hadorn, Ch. 1933. Recherches sur la morphologie, les stades évolutifs et l'hivernage du bostryche liseré *(Xyloterus lineatus* Oliv.*)*. Zeitschr. des Schweizer. Forstvereins

Henningsson, B. ja Z. Tamminen 1961. Studier över torkning, lagringsskador m.m. hos hand- och maskinbarkad tallmassaved. Kungl. Skogshögskolan. Upps. nr R 34.

Hudeczek, F. 1956. Die Verhütung des Rotstreifes. Allgem. Forstzeitung, 67, ss. 58—61.

Jennersten, K.-I. 1962. Virkesvård i skogen. Gullviks Skogskalender 1963, ss. 169—180.

Jorgensen, E. ja B. Beier Petersen 1951. Angreb af *Fomes annosus* (Fr.) Cke, og *Hylesinus piniperda* L. på *Pinus silvestris* i Djurslands planteger. Dansk Skovforen. Tidsskr., 9, ss. 453—479.

Juutinen, P. 1955. Zur Biologie und forstlichen Bedeutung der Fichtenböcke *(Tetropium* Kirby*)* in Finnland. Acta Entom. Fenn., 11.

—»— 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelytaimistoissa Etelä-Suomessa. Referat: Untersuchungen über das Auftreten von Waldschäden in den Kiefern- und Fichtenkulturen Süd-Finnlands. Comm. Inst. Forest. Fenn., 54. 5.

Kangas, E. 1934. Tutkimuksia Punkaharjun männiköiden hyönteistuhoista. Referat: Untersuchungen über die Insektenschädigungen der Kiefernbestände in Punkaharju. Comm. Inst. Forest. Fenn., 19. 7.

—»— 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Referat: Untersuchungen über die in Kiefernpflanzbeständen auftretenden Schäden und ihre Bedeutung. Comm. Inst. Forest. Fenn., 24. 1.

—»— 1938. Zur Biologie und Verbreitung der *Pissodes*-Arten *(Col., Curculionidae)* Finnlands. Ann. Entom. Fenn., 4, ss. 73—98.

—»— 1946. Kuusikoiden kuivumisesta metsätuho- ja metsänhoidollisena kysymyksenä. Referat: Über die Vertrocknung der Fichtenbestände als Waldkrankheit- und Waldbaufrage. Acta Forest. Fenn., 52. 5.

—»— 1949. Metsätuhot. Suuri metsäkirja. I, ss. 487—532. Porvoo — Helsinki.

—»— 1949 b. Metsänsuojelu. Suuri metsäkirja. I, ss. 533—559. Porvoo — Helsinki.

—»— ja Kalervo Salonen 1960. Über das Vorkommen der *Monochamus*-Arten *(Col., Cerambycidae)* und ihre Bekämpfungsmöglichkeiten in Finnland Ann. Ent. Fenn., 26, ss. 263—272.

Kolkki, O. 1959. Lämpötilakarttoja ja taulukoita Suomesta kaudelta 1921—50. Referat: Temperaturkarten und Tabellen von Finnland für den Zeitraum 1921—50. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan. Nide L, osa I—1950.

Lagerberg, T., G. Lundberg ja E. Melin 1927. Biological and practical researches into blueing in pine and spruce. Svenska Skogsvårdsfören. Tidskr., 25, ss. 145—272, 561—739.

Lekander, B. ja E. Rennerfelt 1955. Undersökningar över insekt- och blånadsskador på sågtimmer. Medd. fr. Stat. Skogsforskn. Inst., 45. 8.

Mathiesen-Käärik, A. 1953. Eine Übersicht über die gewöhnlichsten mit Borkenkäfer assoziirten Bläuepilze in Schweden und einige für Schweden neue Bläuepilze. Medd. fr. Stat. Skogsforskn. Inst., 43. 4.

Nenzell, G. 1955. Risken för lagringsskador vid sommarhuggning av sågtimmer. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr., ss. 249—274.

Nuorteva, M. 1956. Über Fichtenstamm-Bastkäfer, *Hylurgops palliatus*, *GYLL.*, und seine Insektenfeinde. Acta Entom. Fenn., 13.

—»— 1956 b. Hakkuiden vaikutuksesta kaarnakuoriaisten esiintymiseen eräällä metsäalueella Etelä-Hämeessä. Referat: Über den Einfluss der Hiebe auf das Auftreten der Borkenkäfer in Süd-Finnland (Süd-Häme). Acta Forest. Fenn., 63.

—»— 1962. Über die Nützlichkeit der Zimmerbocklarven *(Acanthocinus aedilis* L.) im Walde. XI. Intern. Kongr. f. Entom. Wien 1960. Bd. II, ss. 171—173, Wien.

—»— 1962 b. Beobachtungen über das Überwintern einiger Borkenkäfer im Wurzelhals der Bäume. Ann. Entom. Fenn., 28, ss. 43—45.

Nylinder, P. 1956. Undersökningar över lagringsskador hos flottad sågtimmer. Kungl. Skogshögskolan. Upps. nr 4.

—»— 1956 b. Den sommarhuggna sulfatvedens flytbarhet och skador efter ett års vattenlagring. Kungl. Skogshögskolan. Upps. nr 6.

—»— 1957. Fortsatta undersökningar över lagringsskador hos flottad sågtimmer. Kungl Skogshögskolan. Upps. nr 11.

Perttunen, V. 1958. The reversal of positive phototaxis by low temperatures in *Blastophagus piniperda* L. *(Col., Scolytidae)*. Ann. Entom. Fenn., 24, ss. 12—18.

—»— 1959. Effect of temperature on the light reactions of *Blastophagus piniperda* L. *(Col., Scolytidae)*. Ann. Entom. Fenn., 25, ss. 65—71.

—»— 1960. Seasonal variation in the light reactions of *Blastophagus piniperda* L. *(Col., Scolytidae)* of different temperatures. Ann. Entom. Fenn., 26, ss. 86—92.

Rausch, H. 1951. Neue Wege der Rüsselkäferbekämpfung. Allgem. Forstzeitschr., 6, s. 165.

Rummukainen, U. 1961. Metsätuhonäkymistä. Metsätal. aikak. 1., 78 (24), ss. 221—322.

Saalas, U. 1917, 1923. Die Fichtenkäfer Finnlands. Ann. Acad. Sc. Fenn., A VIII, A XXII.

—»— 1919. Kaarnakuoriaisista ja niiden aiheuttamista vahingoista Suomen metsissä. Referat: Über die Borkenkäfer und den durch sie verursachten Schaden in den Wäldern Finnlands. Acta Forest. Fenn., 10.

—»— 1949. Suomen metsähyönteiset sekä muut metsälle vahingolliset ja hyödylliset eläimet. Suomen tiedettä n:o 5. Porvoo — Helsinki.

Salonen, K. 1960. Katso Kangas, E.

Schimitschek, E. 1961. Beschädigungen des Rohholzes durch Insekten am Waldlager und deren Verhütung. Anz. f. Schädlingskunde, 34, ss. 153—158.

Simmel, R. 1919. Befall von entrindetem Nutzholz durch Borkenkäfer. Borkenkäferparasiten und ihre Feine. Entom. Blätter, 15, ss. 34—36.

Sinreich, A. 1961. Versuche mit Stammschutzmitteln zur Verhinderung von Insekten- und Bilzbefall des Rohholzes im Wald. Anz. f. Schädlingskunde, 34, ss. 163—167.

Trägårdh, I. 1939. Sveriges skogsinsekter. Stockholm.

Tuovinen, A. 1956. Kuorellisten mäntytukkien pilaantumisesta. Summary: On the deterioration of unbarked pine logs. Metsätehon julk. n:o 34.

—»— 1957. Hyönteiset vaarana kuorellisille mäntytukeille. Summary: Insects a danger to unbarked pine logs. Metsätehon tied. n:o 128.

—»— 1958. Jäälle varastoitujen havutukkien uppoamis- ja laatutappiot. Summary: Sinkers and quality losses on softwood logs stored on the ice. Metsätehon julk. n:o 40.

—»— 1959. Kuorellisten havutukkien hyönteispilaantuminen ja sen ehkäisy. Summary: Insect damage to unbarked softwood logs and its prevention. Metsätehon julk. n:o 42.

Ventola, T. 1961. Kuorellisten havutukkien suojaaminen hyönteisvaurioilta. Leipä leveämmäksi, 9, n:o 4, ss. 21—23.

Wichmann, H. E. 1954. *Scolytoidea.* Handb. d. Pflanzenkrankh., V. 2. Lief. V painos, ss. 500—557.

Winqvist, T. 1959. Ett lagringsförsök med obarkad sulfitved. Kungl. Skogshögskolan. Upps. nr R 24.

ON DETERIORATION OF GREEN SOFTWOOD CAUSED BY INSECTS AND ITS CHEMICAL CONTROL

The investigation was carried out in 1961—62. The occurrence and control of damage were studied in the factory depots of Tampella Oy at Inkeroinen, situated between 60—61° northern latitude and 26—28° eastern longitude.

There were Scotch pine logs in 9 depots, Norway spruce logs in 7, pine pulpwood in 2 and spruce pulpwood in 6. The average length of the logs was 16—17 feet and their top diameter about 7.5 inches. The pulpwood bolts were 2 m long. The average diameter at the middle of pine pulpwood was 9.1 cm and of spruce pulpwood bolts 11.7 cm.

A Finnish-made DDT-emulsion called Täystuho-T, containing 20 per cent of DDT, was used in both years. In addition, Gesarol-50 (50 per cent of DDT) was used in 1961 and Gesarol active (45 per cent of DDT and 5 per cent of lindan) and Malix-Kombi (16 per cent of Thiodan and 4 per cent of lindan) were used in 1962. Water was generally used as solvent in spraying, but in some trials 25 per cent of water was substituted by heating oil. In 1961 the concentration of sprays was 2 per cent; 4—5 dl of liquid per log and 0.3—0.6 l per cu m of piled pulpwood was consumed. Methods of trial in 1962 are seen in Table 7. Sprayings were carried out with Fontan motor sprayer.

The spraying trials were examined on July 7—15, 1961 and on September 5—22, 1962. As regards the logs, mostly uppermost ones were analysed, while sample bolts from the pulpwood piles were selected as revealed by Fig. 1. Detailed analyses were made of 300 pine and 220 spruce logs as well as of 30 pine and 331 spruce pulpwood bolts.

The amount of spray necessary for different kinds of bark was clarified by studying how much the crevices in the bark enlargen the bark surface. To this end sample trees were felled (Table 4) and cut into lengths of 1 m. The cross-cut surfaces of bark were smoothed and painted with rubber-stamp ink. A piece of paper was pressed against the painted surface to obtain a profile of the bark (Figures 8, 14, 15). The length of the circumference of the profile was measured with a map meter; the crevices and other irregularities of the surface were followed as closely as possible. When the length of the circumference thus obtained was compared with the corresponding circumference of a tree whose diameter is the same but whose bark is assumd to be smooth, conclusions could be drawn on the part of crevices in the area of bark surface.

Sprayings with dyes of chrystal violet and nigroin were used in studying how the spray settles on the bark and stays in it. Commercial preparations of dyes were mixed with water in the ratio 1: 3. Pine bolts 1 m long, covered with various kinds of bark, were sprayed with 1, 2 and 4 dl of liquid dye per bolt. The quantity and location of the residue of dyes in different kinds of bark were studied seven months after the beginning of the experiment.

Here are some results of the studies:

1. In 1961, insects damaged an average of 52 per cent of the surface of untreated pine logs (33—60 per cent in different depots), and in 1962 an average of 53 per cent (20—81 per cent). The corresponding figures for spruce logs were: in 1961 56 per cent

(16—83 per cent) and in 1962 12.1 per cent (0.8—23.5 per cent). In pulpwood piles damage very clearly concentrated on the topmost bolts (see Table 1).

2. No clear differences were observed between the openness of a depot and the occurrence of damage. Butt logs were damaged about as commonly as top logs, but the type of deterioration in top logs was worse—mainly due to *Blastophagus minor*. In some cases insects had preferred the upper side of logs, in others the lower side.

3. In pine logs the most common insect was *Blastophagus piniperda*. In 1961, in various depots it had damaged 14—34 per cent. *Blastophagus minor* damaged 0—21 per cent in 1961 and 0—32 per cent in 1962; it was definitely the worst insect to cause blue-stain. It was also found in spruce logs. In 1961 *Ips proximus* had damaged 0—30 per cent of the surface and in 1962 3—21 per cent. As regards other species living under the bark, the most common were *Pityogenes 4-dens*, *Hylurgops palliatus*, *Hylastes ater*, *Acanthocinus aedilis* and *Pissodes pini*. The only species to dig itself in the wood was *Trypodendron lineatun*, which seemed to prefer pulpwood piles to logs. The same species occurred in pine pulpwood.

Definitely the most common species in spruce logs and spruce pulpwood was *Pityogenes chalcographus*, which in 1961 in various depots occupied 7.5—82 per cent of the surface of logs, and correspondingly 0—15 per cent in 1962. The next commonest were *Ips typographus* (1961: +—27 per cent, 1962: 0—5 per cent) and *Hylurgops palliatus*, *Hylastes* spp. and *Dryocoetes hectographus*. *Trypodendron lineatum* was the most common one in pulpwood (Table 3); the largest number of holes in one bolt of 2 m was 1 116.

4. In pulpwood and log piles of pine the exposed pieces were attacked especially by *Ips proximus*, *Pityogenes 4-dens* and also *Blastophagus* spp., in spruce piles *Pityogenes chalcographus* and *Ips typographus*. Also *Trypodendron lineatum* clearly preferred the topmost bolts and end poles of piles, but occasionally it could penetrate into the central parts of bolts in the lower layers of piles (an average of 54 holes were found in top bolts and end poles of spruce piles, 7 at the depth of 0.5 m, 1 at the depth of about 1 m and an average of 2 holes in the foundation timbers). *Hylastes* spp., *Hylurgops palliatus* and *Pissodes pini* characteristically avoided the upper surface.

5. Large crevices on the base of a sawtimber tree enlargen the bark surface, often making it more than twice as large as the surface of a tree of the same diameter with a smooth surface (Table 4, Fig. 9). On the top part of a tree the superficial area comes close to that of a tree with a smooth bark. In spruce, crevices are of lesser significance. If the amount of an insecticide spray were to be increased accordingly, the bases of pines would call for about twice as much and the bases of spruces about 50 per cent more than the smooth surfaces of top logs to ensure as effective poisoning in both cases.

6. Dyes washing off easily were preserved well in the crevices of pine bark throughout the 7-month trial period (Figures 10, 11), also when the bark was thin. Thus, there is apperently no great danger for a spray to be washed off if the time of storing does not exceed one summer. It was observed also in this connection that to spray the thick bark of butt logs as effectively as the thin bark of top logs at least twice as much liquid is required.

7. In 1961 preventive sprayings gave poor results as regards pine logs and pine and spruce pulpwood (Tables 5 and 6), owing mainly to too small amounts of sprays used. In the case of spruce logs damage was controlled more succesfully particularly with Gesarol. In 1962 also Täystuho-T worked well (Table 7) when 8 dl of spray per log was consumed. In this case, too, 4 dl gave uncertain results. When 25 per cent of the water was replaced by heating oil, also 4 dl of Täystuho-T-liquid worked well.

With 8 dl of water solution the result was about as good as when 25 per cent of the water was replaced by oil. Similarly, 8 dl of Täystuho-spray gave almost as good a result as corresponding amounts of liquid Gesarol activ and Malix-Kombi, which are much stronger. By spraying carefully the tops and sides of the log piles, damage was prevented also on the untreated undersides of the logs.

8. By September 20, 1962 blue-stain during that year had penetrated, in pine logs, at the galleries of *Blastophagus minor* into the average depth of 45.1 mm, at the galleries of *Bl. piniperda* 14.8 mm, and the discoloration caused by the air in places where the bark had broken had reached the average depth of 23.9 mm.

MÄÄRÄMITTAISTEN POLTTOHAKERANKOJEN MITTAAMISESTA ROUKKU- JA VARASTO-PINOISSA

S.-E. APPELROTH

ÜBER DIE MESSUNG VON BRENNSCHNITZELSTANGEN BESTIMMTER LÄNGE IN BOCK- UND LAGERSTÖSSEN

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1964

Helsinki 1964. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Viime vuosina on hakkeen käyttöä polttoaineena pyritty tehostamaan. Hakkeen valmistamista varten tehdään polttohakerankoja, joita joudutaan mittaamaan metsässä roukkupinoissa ja ajotien varressa varastopinoissa. Tämän verraten uuden puutavaralajin mittaamisessa on syntynyt epätietoisuutta siitä, mikä olisi tarkoituksenmukaisin mittaustapa. Tämän selvittämiseksi on metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto suorittanut tutkimuksen. Osa tuloksista on julkaistu jo aikaisemmin (T a i p a l e 1 9 6 1). Niiden esittämisestä tässä julkaisussa ei huomauteta erikseen.

Tutkimuksen kaikissa vaiheissa on professori P a a v o A r o antanut arvokkaita neuvoja. Hän on myös lukenut käsikirjoituksen ja tehnyt sen johdosta varteenotettuja huomautuksia. Kaikesta tästä tahdon lausua kunnioittavat kiitokseni. Aloitteen tutkimuksen suorittamiseksi on tehnyt Pienpuualan Toimikunta, joka myönsi tarkoitusta varten määrärahan. Toimikunnan päätutkija tohtori V e i j o H e i s k a n e n on myös lukenut käsikirjoituksen ja antanut auliisti neuvoja. Valtion Polttoainetoimisto on ojentanut auttavan kätensä antamalla kerätä aineistoa työmailtaan sekä palkkaamalla tarvittavat apumiehet. Tutkimusta ovat tukeneet myötämielisyydellään toimitusjohtaja K o s t i R a n t a ja piirimetsänhoitajat A h t i K a r t a m a a ja J u s s i M e t s o l a sekä metsänhoitaja O l l i V a r s t a neuvoillaan. Työnjohtajat T. T u u k k a n e n ja P. M u r a j a ovat nähneet paljon vaivaa kenttätöiden hyväksi. Alustavan tutkimussuunnitelman laati metsänhoitaja T a p i o K o r p e l a ja pääosan laskentatöistä on suorittanut metsätieteen ylioppilas O s s i P u h t i l a. Kaikille näille sekä metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston henkilökunnalle tahdon esittää parhaat kiitokseni.

Helsingissä joulukuussa 1963.

S.-E. Appelroth

Sisältö

	sivu
Alkusanat	3
1. Johdanto	5
2. Aineisto ja tutkimusmenetelmä	6
21. Aineiston laatu	6
22. Aineiston määrä	7
23. Roukkupinojen mittaus	9
24. Varastopinojen mittaus	11
25. Hakkeen mittaus	13
3. Tutkimustulokset	14
31. Roukkupinojen mittaus	14
32. Varastopinojen mittaus	19
321. 4-metriset rangat	19
322. 2-metriset rangat	24
33. Polttohakkeen mittaus	26
4. Tiivistelmä	27
Kirjallisuusviitteet	29
Deutsches Referat	30
Liitetaulukot	33

1. Johdanto

Puutavaran mittauksen tarkoituksena on yleensä joko sen valmistuksessa ja kuljetuksessa suoritetun työn määrän toteaminen palkan maksua varten eli t y ö n m i t t a u s tai luovutettavan puumäärän toteaminen kauppahinnan laskemista varten eli l u o v u t u s m i t t a u s.

P o l t t o h a k e r a n k o j e n t y ö m i t t a u s t a v a n tulisi olla sellainen, että samaa mittayksikköä vastaa aina yhtä suuri työsuoritus. On suotavaa, että se olisi sama kuin luovutusmittayksikkö, joskaan se ei ole aivan välttämätöntä. Kun polttohakerankojen kantohinta on kovin pieni, mikäli sellaista ylipäänsä maksetaan, olisi mittauskustannusten jäätävä erittäin pieniksi. Polttohakerankojen mittausmenetelmän tulisi olla halpa, nopea, yksinkertainen, riittävän tarkka sekä yksiselitteinen.

Kun polttohakerankoja on ruvettu melko yleisesti valmistamaan roukkupinoihin kuormauksen nopeuttamiseksi ja rankojen kuivumisen edistämiseksi, olisi selvitettävä niiden työmittaus roukkupinoissa.

Roukkupinojen mittausta tutkinut M a i j a n e n (1957) selvitti roukkupinon pinomitan vaihtelua puiden keskipituuden mukaan, kun tyvet oli ladottu samaan suuntaan ja roukun poikkipinta kehikon kohdalla oli vakio. Siten olisi tarvinnut mitata vain roukun pituus. Käytäntö osoitti kuitenkin, että roukun poikkipinnan pitäminen vakiona ei ollut mahdollista. Sen vuoksi onkin Oy Kaukas Ab, jonka toimesta tutkimus tehtiin, luopunut ko. mittausmenetelmästä.

Käytännössä on roukkupinojen mittaus jossain määrin summittaista ja kirjavaa. Usein kuulee mainittavan, että joku tietty mittaustapa antaa liian suuren tai liian pienen tilavuuden. Tämä ei kuitenkaan ratkaise mittausmenetelmän käyttökelpoisuutta sinänsä, jos vain tunnetaan mittaustulosta vastaava pinotiheys. Mittausmenetelmä onkin sitä parempi mitä pienempiä vaihteluja se antaa saman suuruista kiintomittaa toistuvasti mitattaessa. Siten voidaan tutkia mittausmenetelmien tarkkuutta vertailemalla vastaavia pinotiheyden vaihteluja edellyttäen, että aineistot ovat muuten täysin vertailukelpoisia.

Työmittaustapojen paremmuutta tutkittaessa tulisi käyttää mittapuuna suoritetun työn määrää ja tarkkailla työn määrän ja mittaustuloksen välisessä suhteessa esiintyvää vaihtelua. Tällöin työntekijälle maksettava palkka olisi suoraan verrannollinen hänen suorittamaansa työn määrään, ja mittaustapa sitä tarkempi mitä pienempi näiden välisen suhteen vaihtelu on. Työhön käytetty aika tai työn fysiologinen rasitus ei kuitenkaan ole aivan suoraan verrannollinen työtulokseen, vaan lisäksi vaikuttaa asiaan myös työn tehokkuus ja ammattitaito. Näin ollen ei roukkupinojen työmittaustapoja tutkittaessa ollut aiheellista käyttää työtutkimusta hyväksi, vaan on voitu tyytyä pinotiheyden vaihtelun selvittämiseen.

Polttorankojen luovutusmittaustavan pitäisi olla sellainen, että samaa mittayksikköä vastaa yhtä suuri lämpöarvo. Tämän selvittämiseksi voidaan käyttää esim. kiintomittaa ja kosteuspitoisuutta tai painoa ja kosteuspitoisuutta. Kiintomitan määrittäminen suoraan mittaamalla on liian kallista. Rankojen pinomitan määrittäminen ja pinotiheyslukujen tai haketilavuuden ja sen tiheyslukujen käyttö sekä rankojen tai hakkeen punnitseminen yhdessä kosteuden määrittämisen tai arvioimisen kanssa (Nisula 1960, Hakenormitoimikunta 1963), ovat ilmeisesti ne mahdollisuudet, joita voidaan ajatella. Punnitsemisen ja haketilavuuden määrittämismenetelmien käyttökelpoisuutta vaikeuttaa se seikka, että metsänomistaja haluaa yleensä luovutusmittauksen tapahtuvan heti sen jälkeen, kun puutavara on kuljetettu kaukokuljetusreitin varteen. Punnitsemiseen on kuitenkin pyrittävä milloin se vain on mahdollista. Jäljelle jää siten vain varastopinossa olevien polttohakerankojen pinomitan määrittäminen ja pinotiheyslukujen selvittäminen luovutusmittausta varten. Näiden asioiden selvittäminen muodostaakin toisen osan tästä tutkimuksesta. Kolmannen osan muodostavat hakesaantoa koskevat selvitykset sekä mittaustapojen vaikutus siihen.

2. Aineisto ja tutkimusmenetelmä

21. Aineiston laatu

Tutkimusaineistoksi valittiin n. 4-metrinen polttohakeranka. Tämän pituisia polttohakerankoja saa rungoista, jotka ovat niin pieniä, että niistä ei kunnolla saa ainespinotavaraa, mutta jotka kuitenkin ovat niin suuria, että polttohakerankojen valmistus on kannattavaa. Tällaisen puutavaran teossa ei ole turhaa katkaisutyötä. Työn helpottamiseksi sallittiin runkojen pituudessa $\pm$ 50 cm vaihtelu, sillä perusteella, että kyseisen puutavaran hinnan ollessa kovin pieni eivät pienet poikkeamat niiden määrässä ole merkitseviä. Hakkuumiehen ei täten tarvinnut käyttää mittakeppiä, vaan

Taulukko 1. Tutkimusaineiston käsittäneet alkuperäiset (1) ja lopulliset (2) polttohakerangat puulajeittain.
Tabelle 1. Das als Untersuchungsmaterial benutzte ursprüngliche (1) und endgültige (2) Brenndünnholz, jede Holzart für sich.

Puulaji — *Holzart*	Roukkujen lukumäärä *Zahl der Bockstösse*	k-m³/roukku *fm/Bockstoss*		Rankoja, kpl/roukku *Stämme, Anzahl /Bockstoss*		Rankojen keskiläpimitta, mm *Mittlere Durchmesser der Stämme, mm*		Rankojen keskipituus, m *Mittlere Länge der Stämme, m*	
		1	2	1	2	1	2	1	2
		Porkkalan aineisto — *Material von Porkkala*							
Koivu — *Birke* .	12	0.574	0.532	45.3	40.1	60.96	61.98	4.05	4.04
Leppä — *Erle* ..	13	0.534	0.515	41.5	38.3	61.55	63.02	3.99	4.02
Mänty — *Kiefer* .	12	0.617	0.461	40.0	32.2	67.22	65.99	4.04	4.05
Kuusi — *Fichte* .	12	0.576	0.415	43.0	31.0	62.91	63.57	4.04	4.04
		Kuopion aineisto — *Material von Kuopio*							
Koivu — *Birke* .	12	0.528	0.505	42.6	40.2	60.90	61.29	4.05	4.05
Leppä — *Erle* ..	12	0.682	0.616	33.8	30.0	76.82	77.43	4.05	4.04
Mänty — *Kiefer* .	13	0.391	0.347	43.5	38.8	52.36	52.22	4.03	4.02
Kuusi — *Fichte* .	12	0.419	0.344	35.1	29.3	60.02	59.75	3.97	3.97
		Koko aineisto — *Gesamtes Material*							
Koivu — *Birke* .	24	0.551	0.507	43.9	40.1	60.93	61.63	4.05	4.04
Leppä — *Erle* ..	25	0.605	0.563	37.8	34.3	68.10	69.06	4.02	4.03
Mänty — *Kiefer* .	25	0.500	0.402	41.8	35.6	59.20	58.19	4.04	4.04
Kuusi — *Fichte* .	24	0.498	0.380	39.1	30.2	61.61	61.71	4.01	4.01
Kaikki — *Alle* ...	98	0.539	0.463	40.6	35.1	62.33	62.61	4.03	4.03

hän sai määrätä katkaisukohdan silmävaraisesti. Hakkuumiehen ei myöskään tarvinnut katkaista rankoja sahalla, vaan oli lupa käyttää siihen vesuria tai kirvestä työn yksinkertaistamiseksi. Rankojen pienin sallittu latvaläpimitta oli 3 cm kuoren päältä. Pienimmät sallitut rangat olivat siten 3.5 m pitkiä ja latvasta 3 cm paksuja. Lehtipuiden osalta ei läpimitassa ollut mitään maksimirajaa. Havupuiden osalta ei sallittu sellaisia rankoja, joista olisi saatu 1-metristä kuusipaperipuuta tai 2-metristä mäntypaperipuuta, jonka minimilatvaläpimitta oli 8 cm kuoren alta. Rangat tehtiin roukkupinoihin, joiden kehikko oli 130 cm:n etäisyydellä rankojen tyvipäästä.

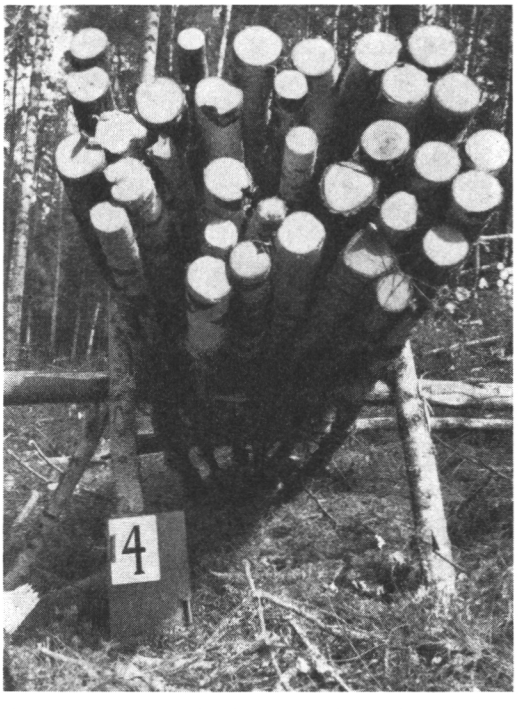
22. Aineiston määrä

Tutkimusaineisto käsitti 98 roukkupinoa, joista puolet oli Porkkalassa ja puolet Tuusniemen ja Riistaveden kunnissa, viimeksi mainittua osaa nimitetään yksinkertaisuuden vuoksi Kuopion aineistoksi. Molemmat erät jakaantuivat melkein tasan koivun, lepän, männyn ja kuusen kesken. Samassa roukkupinossa oli vain yhtä puulajia. Tiedot tutkimusaineiston määrästä ja laadusta on esitetty taulukossa 1.

Roukuissa oli myös sopimuksen vastaisesti tehtyjä rankoja eli liian lyhyitä, pitkiä, ohuita tai paksuja. Tällaisia rankoja oli Porkkalassa noin



Kuva 1. 4-metrisiä kuusirankoja roukkupinossa Porkkalassa.
Abb. 1. 4 m langes Fichtendünnholz im Bockstoss in Porkkala.



Kuva 2. 4-metrisiä koivurankoja roukkupinossa Porkkalassa.
Abb. 2. 4 m langes Birkendünnholz im Bockstoss in Porkkala.

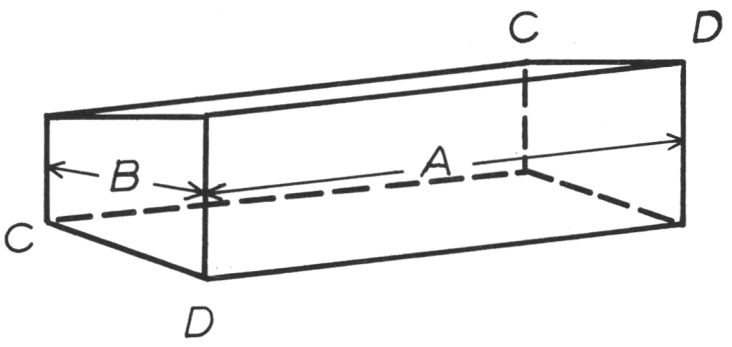


Kuva 3. Koivuhakepolttorankoja Porkkalassa.
Abb. 3. Birkenbrennschnitzelstangen in Porkkala.

kaksi kertaa niin paljon kuin Tuusniemen ja Riistaveden aineistossa. Porkkalan polttohakerankojen teossa oli käytetty sakkovankeja, jotka eivät olleet varsinaisia metsätyömiehiä. Voidaankin katsoa, että sopimuksen vastaisten rankojen valmistus johtui etupäässä ammattitaidon puutteesta ja tottumattomuudesta.

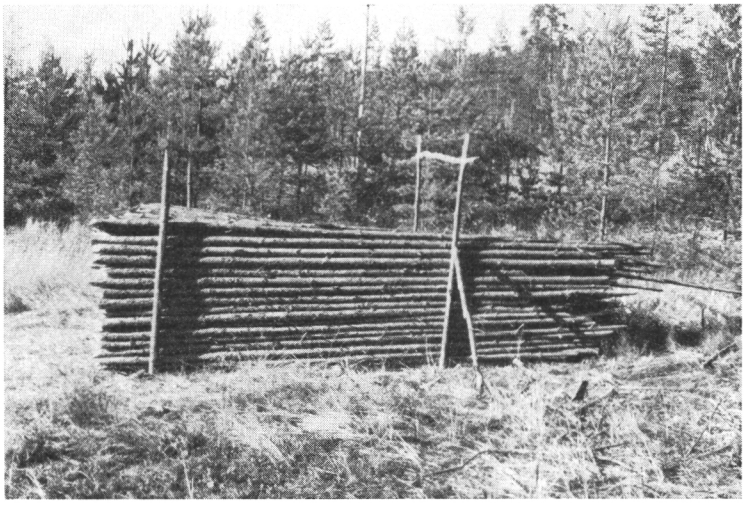
23. Roukkupinojen mittaus

Käytetty tutkimusmenetelmä oli seuraava. Roukkujen pinomitan selvittämiseksi mitattiin roukkupinon leveys ja korkeus 50, 130, 150, 200, 250 ja 350 cm:n etäisyydeltä rankojen tyvileikkauksesta. Leveys mitattiin sekä roukun päältä että alta 1 cm:n tasaavalla luokituksella. Molempien mittojen keskiarvo kirjoitettiin muistiin. Korkeus mitattiin vastaavasti roukun molemmin puolin. Roukkupinojen pituutta ei mitattu, vaan laskutoimituksissa käytettiin rinnakkain 4 m, rankojen aritmeettista keskipituutta ja rankojen latvapoikkipinta-alalla punnittua keskipituutta. Kiintomitan selvittämiseksi purettiin roukkupino ja mitattiin jokaisen rangan läpimitta 1 mm:n luokitusta käyttäen 50, 150, 250 ja 350 cm:n etäisyydeltä rangan tyvipäästä sekä lisäksi tyvestä ja latvasta. Lisäksi mitattiin läpimitta latvan ja viimeisen täyden metrin puolivälistä. Rankojen pituudet mitattiin 1 cm:n tasaavaa luokitusta käyttäen. Näiden mittausten yhteydessä erotettiin



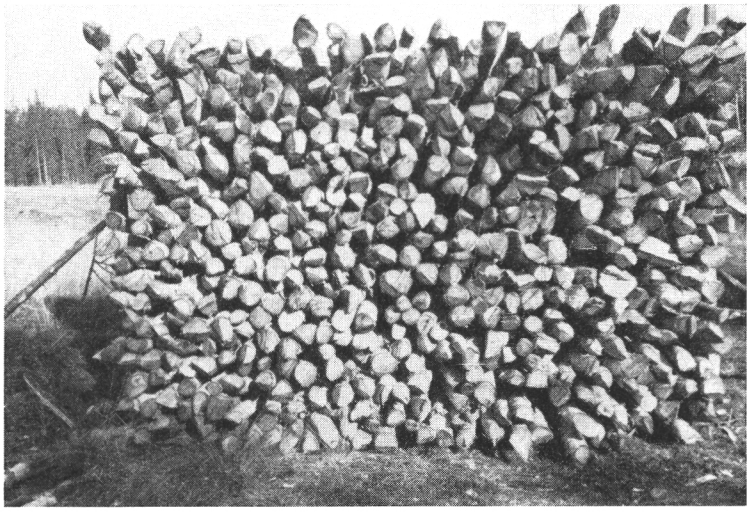
Piirros 1. Kaaviokuva viistopinosta.
Zeichnung 1. Schematische Darstellung eines Schiefstosses.

A. Viistopinon pituus — *Lange des Schiefstosses*
B. Viistopinon leveys — *Breite des Schiefstosses*
C. Rankojen latvapäät — *Zopfenden der Langholzer*
D. Rankojen tyvipäät — *Stammenden der Langholzer*



Kuva 4. 4-metrisiä mäntyrankoja varastopinossa Tuusniemellä.
Abb. 4. 4 m langes Kieferndünnholz im Lagerstoss in Tuusniemi.

kaikki sopimuksen vastaisesti tehdyt rangat. Loput pinottiin takaisin roukkupinoon. Tämän jälkeen mitattiin pinot uudelleen. Ensimmäistä roukkupinoa koskevaa mittausta nimitettiin alkuperäiseksi ja toista mittausta lopulliseksi.



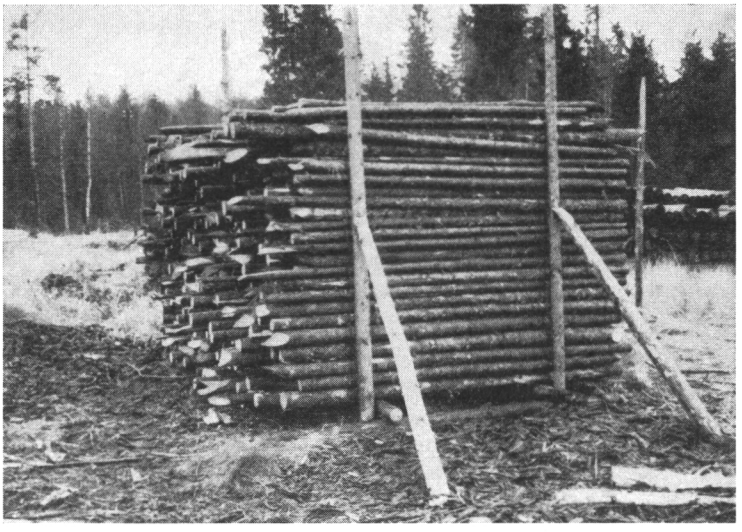
Kuva 5. 4-metrisiä koivurankoja varastopinossa Porkkalassa.
Abb. 5. 4 m langes Birkendünnholz im Lagerstoss in Porkkala.

24. Varastopinojen mittaus

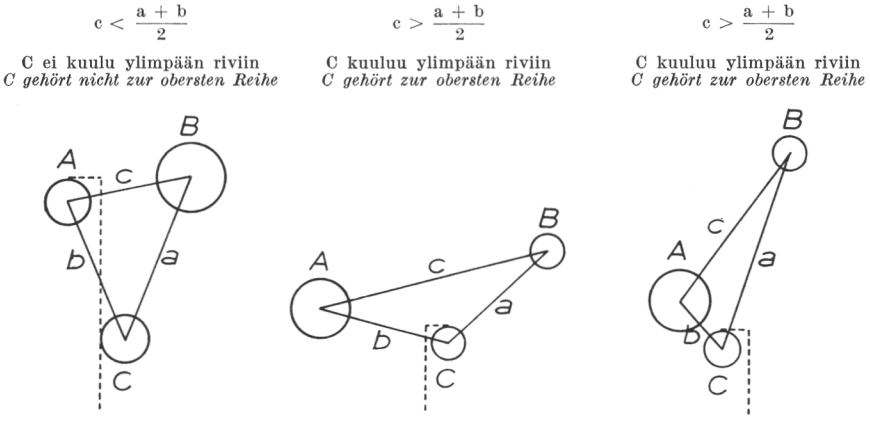
Roukkupinojen mittausten jälkeen ajettiin rangat puulajeittain varastopinoon ns. viistopinoon. Tällaisessa pinossa ovat rankojen tyvipäät samaan suuntaan ja samassa pystysuorassa tasossa. Viistopinoihin ajettiin ensin kaikki sopimuksen mukaisesti valmistetut rangat ja mitattiin niiden pinomitta. Tämän jälkeen lisättiin pinon päälle sopimuksen vastaisesti valmistetut rangat ja mitattiin niiden pinomitta yhdessä edellisten kanssa.

Kun 4-metristen rankojen pinomitta oli määritetty, sahattiin rangat keskeltä poikki ja mitattiin niiden pinomitta myös tällöin, ensin sopimuksen mukaisesti valmistetut rangat yksistään ja sen jälkeen yhdessä sopimuksen vastaisesti valmistettujen rankojen kanssa.

Viistopinon pinomitan määrittämistä varten mitattiin sen pituus (vrt. piirros 1) ylhäältä, korkeuden puolivälistä ja alhaalta sekä rankojen tyvipäiden muodostamalta sivulta. Lisäksi mitattiin pinon pituus myös viistopinon päältä leveyden puolivälistä. Viistopinon korkeus mitattiin 20 cm välein sen molemmilta pituussivuilta kahdella tavalla. Toinen mittaustapa oli pääasiassa puutavaran mittaussäännön sisältävän asetuksen mukainen (Suomen Asetuskokoelma 395/38). Pinon korkeus mitattiin kuitenkin aluspuun päältä ylimmän rankarivin kohdalle sattuvaan tai lähimmän rangan yläreunaan. Mittaus tapahtui samassa pystysuorassa tasossa niin, että jos jokin ranka oli liian lyhyt, mitattiin sen jatkeesta tämän tason kohdasta tai jos ranka oli liian pitkä, niin tämän tason ja rangan leikkauspisteestä.



Kuva 6. 2-metrisiä kuusirankoja varastopinossa Tuusniemellä.
Abb. 6. 2 m langes Fichtendünnholz im Lagerstoss in Tuusniemi.



Piirros 2. Pinon korkeuden mittaaminen mittaustapa A:n mukaan.
Zeichnung 2. Ermittlung der Stosshöhe nach Messverfahren A.

Viistopino oli varsinkin latvapäästä kovin harva polttohakerankojen pituudesta tai mutkaisuudesta johtuen. Siksi sattui jopa niinkin, että korkeuden mittauskohdan muodostama pystysuora viiva ei leikannut yhdenkään rangan päätä. Tällöin mitattiin korkeus pystysuoraa viivaa ylemmässä rivissä lähinnä olevan rangan yläreunasta. Muita alempana oleva ranka luettiin ylimpään riviin kuuluvaksi, jos se oli kahden ylimmän rivin rangan välissä siten, että

näiden kolmen rangan ytimen tai niiden jatkeen muodostaman kolmion ylimpien pölkkyjen välinen jana (c piirroksessa 2) on yhtä suuri tai suurempi kuin puolet molempien muiden summasta $\frac{(a+b)}{2}$ (vrt. piirros 2). Pinon korkeus mitattiin lisäksi vielä pinon molemmista päistä leveyden puolivälistä. Edellä kuvattua korkeuden mittaustapaa nimitetään A:ksi.

Toinen mittaustapa, josta käytämme nimitystä B oli seuraavanlainen. Rankojen päälle poikittain pantiin mittauskohdalle pitkä suora riuku. Mikäli joku ranka oli muita huomattavasti korkeammalla, painettiin riukua alas sen verran, että mainittu ranka oli muiden tasossa. Pinon korkeus mitattiin sitten tämän riu'un alareunan ja aluspuun yläreunan välisenä etäisyytenä. Mittauskohdat olivat samat molempia pinon korkeuden mittaustapoja käytettäessä.

Pinon leveyttä ei mitattu, vaan laskutoimituksissa käytettiin rinnakkain 4 m ja rankojen latvapoikkipinta-alalla punnittua keskipituutta leveytenä.

Varastopinojen tilavuuden laskemisessa käytettiin seuraavia neljää laskentatapaa.

Laskentatapa 1. Tilavuus laskettiin katkaistun pyramidin kaavalla eli $V = \frac{1}{3}h\ (A_1 + \sqrt{A_1 \times A_2} + A_2)$, jossa h = pinon leveys eli rankojen pituus, A_1 = rankojen tyvipäiden muodostaman pinon sivun pinta-ala ja A_2 = rankojen latvapäiden muodostaman pinon sivun pinta-ala.

Laskentatapa 2. Pinon kaikkien korkeushavaintojen keskiarvo kerrottiin pituushavaintojen keskiarvolla ja näiden tulo pinon leveydellä eli rankojen pituudella. Tällöin tulee pinon korkeus punnituksi sivun pituudella, joten tulos on sama kuin pinon etu- ja takasivun pinta-alojen keskiarvo kerrottuna pinon leveydellä eli rankojen pituudella.

Laskentatapa 3. Pinon keskikorkeus laskettiin erikseen pinon edestä ja takaa ja sitten näiden lukujen keskiarvo, jota käytettiin pinon korkeutena. Pinon pituus laskettiin vastaavalla tavalla. Näin saadun pituuden ja korkeuden tulo kerrottiin pinon leveydellä eli rankojen pituudella.

Laskentatapa 4. Pinosta muodostettiin yksinkertaisia särmiöitä, joiden tilavuudet laskettiin. Pinon tilavuus oli siten näiden särmiöiden summa.

25. Hakkeen mittaus

Kun kaikki varastopinojen mittaukset oli suoritettu, lastutettiin rangat hakkeeksi. Porkkalassa käytettiin Lokomo ZH 36 A hakkuria, Tuusniemellä ja Riistavedellä Karhula 1200/2 hakkuria. Hakkurin lietso puhalsi lastut suoraan kuorma-auton korkealaitaiselle lavalle.

Ensin lastutettiin sopimuksen mukaisesti valmistetut rangat. Kun niistä saadun hakkeen määrä oli mitattu, lastutettiin sopimuksen vastaisesti val-



Kuva 7. Rankojen lastutusta Lokomo ZH 36 A hakkurilla.
Abb. 7. Dünnholz wird mit der Hackmaschine Lokomo ZH 36 A zerspant.

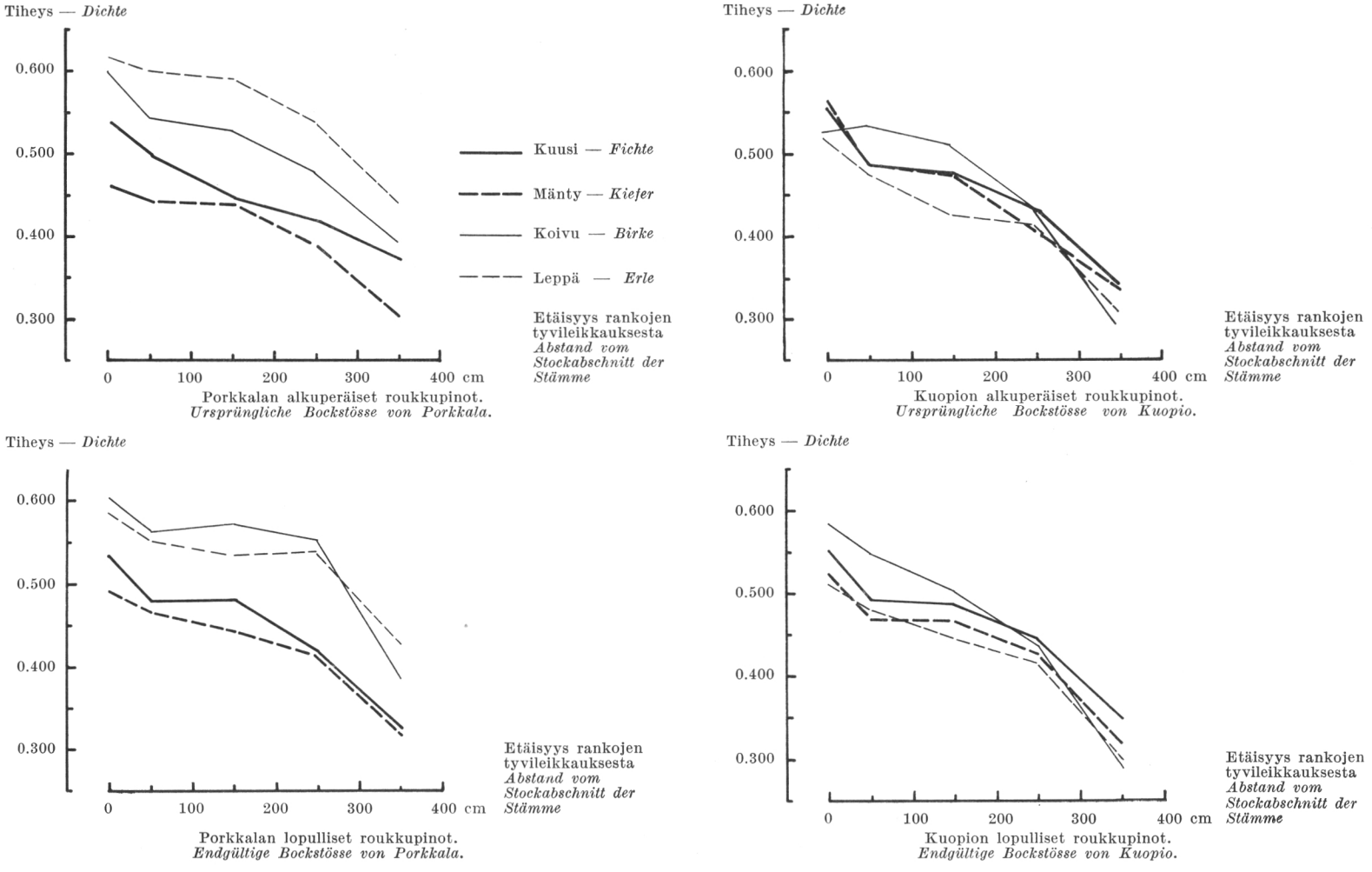
mistetut rangat samaan kuormaan edellisten päälle ja mitattiin näin saadun hakkeen määrä yhteensä.

Mittaus tapahtui siten, että auton lavan pinta-ala mitattiin tyhjänä. Siitä mitattiin sen sisäosan pituus keskeltä ja molemmista laidoista sekä sen leveys 50, 150, 250, 350 ja 450 cm:n päästä sen etureunasta, hakkeen yläpinta tasoitettiin laudalla, jonka jälkeen mitattiin kuorman päältä pituus ja leveys kuten edellä. Lisäksi mitattiin kuorman korkeus molemmista laidoista samoista kohdin kuin leveyskin, jonka lisäksi vielä etulaidan ja takalaidan keskeltä. Kun kuormaan oli vielä lisätty sopimuksen vastaisesti valmistetuista rangoista saatu hake ja sen yläpinta tasoitettu, mitattiin uudelleen kuorman päältä leveys, pituus ja korkeus kuten edellä. Hake kuljetettiin Porkkalasta Helsinkiin (n. 30 km) ja Tuusniemeltä ja Riistavedeltä Kuopioon (30...40 km) kulutuspaikkaan. Kuorman leveys, pituus ja korkeus mitattiin vielä kerran perillä.

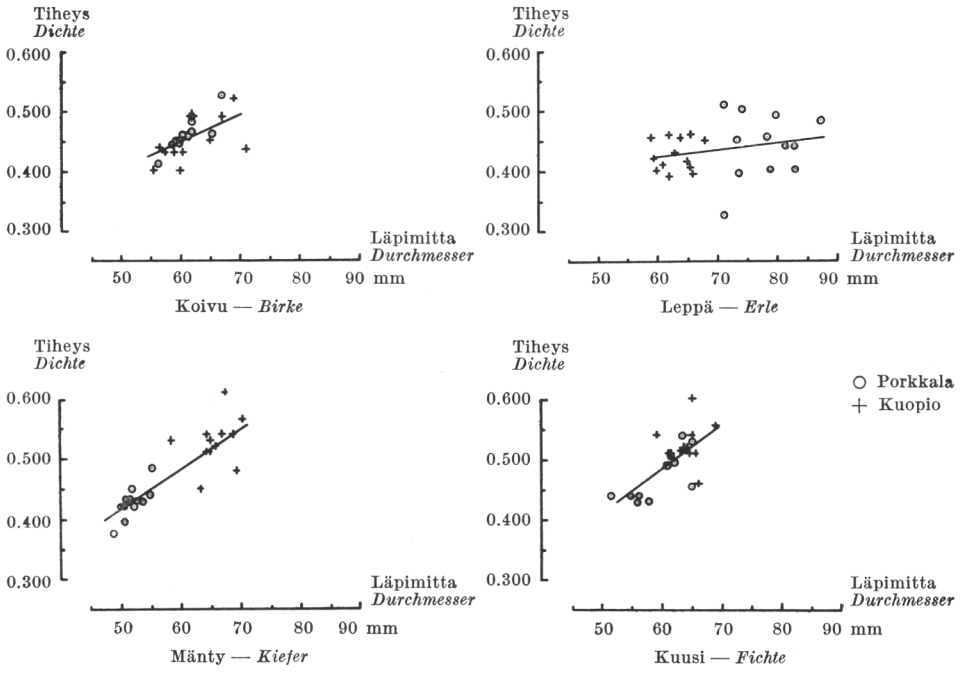
3. Tutkimustulokset

31. Roukkupinojen mittaus

Roukkupinojen pinotiheyttä tarkasteltaessa voidaan todeta, että roukkupinoille on ominaista tiheyden vaihtelu saman pinon eri osissa. Tämä on esitetty piirroksessa 3 ja liitetaulukossa 1. Tiheydet on laskettu samasta



Piirros 3. Tiheyden vaihtelu roukkupinojen eri osissa. — *Zeichnung 3. Wechsel der Dichte in den verschiedenen Teilen der Bockstösse.*



Piirros 4. Roukkujen pinotiheyden ja rankojen keskiläpimittojen korrelaatiodiagrammat puulajeittain.
Zeichnung 4. Korrelationsdiagramme des Festgehalts der Bockstösse und der mittleren Durchmesser der Stämme für jede Holzart.

Taulukko 2. Lopullisten roukkujen pinotiheydet ja niiden standardipoikkeamat.
Tabelle 2. Festgehalte der endgültigen Bockstösse und ihre Normabweichungen.

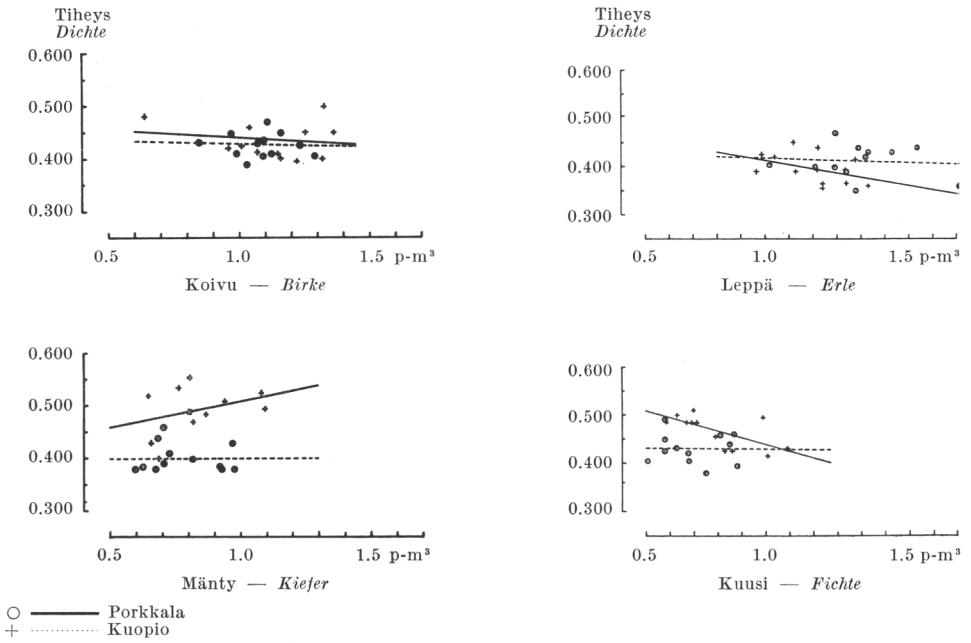
Kuutioimistapa *Kubierungsverfahren*	Porkkala		Kuopio		Porkkala + Kuopio	
	Pinotiheys *Festgehalt*	s	Pinotiheys *Festgehalt*	s	Pinotiheys *Festgehalt*	s
	Roukun pituutena rankojen latvapoikkipinta-alalla punnittu keskipituus — *Länge des Bockstosses = mit Zopfkreisfläche der Stämme gewogene mittlere Länge*					
Kehikosta — *Am Bock* ...	0.446	0.050	0.417	0.030	0.432	0.044
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.503	0.071	0.463	0.047	0.483	0.063
¼-osina — *In Vierteln*	0.460	0.059	0.432	0.038	0.445	0.051
	Roukun pituutena rankojen aritmeettinen keskipituus *Länge des Bosckstosses = arithmetische mittlere Länge der Stämme*					
Kehikosta — *Am Bock*	0.445	0.051	0.419	0.031	0.432	0.044
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.501	0.070	0.465	0.049	0.483	0.062
¼-osina — *In Vierteln*	0.460	0.057	0.433	0.039	0.446	0.050
	Roukun pituutena 4 m — *Länge des Bockstosses = 4 m*					
Kehikosta — *Am Bock*	0.450	0.053	0.422	0.029	0.436	0.044
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.507	0.072	0.467	0.043	0.487	0.062
¼-osina — *In Vierteln*	0.464	0.057	0.435	0.037	0.449	0.050

kohdasta mitatun pinon- ja rankojen poikkileikkauspintojen suhteena. Tiheys ei tällöin ole eri tilavuuksien suhde vaan pinta-alojen suhde. Voidaan todeta, että tiheys pienenee selvästi siirryttäessä rankojen tyvipäästä niiden latvapäähän päin. Sopimuksen vastaisesti valmistettujen rankojen poistaminen roukkupinoista ei ole sanottavasti vaikuttanut tähän.

Eri puulajien pinotiheydet poikkeavat toisistaan enemmän Porkkalan aineistossa kuin Kuopion aineistossa. Koska Porkkalan aineistossa rankojen keskiläpimitat olivat eri puulajeilla likipitäen samat, ovat myös eri puulajien pinotiheydet keskenään paremmin vertailukelpoisia Porkkalan aineistossa kuin Kuopion aineistossa. Pinotiheyden ja rankojen keskusläpimittojen välillä näyttää nimittäin myös polttohakerankojen osalta vallitsevan positiivinen korrelaatio, ainakin havurankojen osalta, kuten piirroksesta 4 käy ilmi. Lepän heikompi korrelaatio selittynee sillä, että mitä paksumpia rangat olivat sitä mutkaisempia ne myöskin olivat. Pinotiheydet samoin kuin rankojen keskiläpimitat on laskettu keskiarvoina roukuttain 0.5, 1.5, 2.5 ja 3.5 metrin päästä rankojen tyvistä. Myös koivurangat olivat verraten mutkaisia, joka selittää lehtipuurankojen suhteellisen pienen pinotiheyden. Roukkupinojen pinotiheys vaihtelee hyvin paljon. Lehtipuurangoilla se oli yleensä 0.400...0.500 ja havupuurungoilla 0.400...0.600.

Eri mittausmenetelmien tarkkuuden selvittämiseksi laskettiin niillä saatujen pinotiheyksien standardipoikkeamat. Nämä sekä pinotiheyden keskiarvot puulajeittain on esitetty taulukossa 2 sekä liitetaulukoissa 2, 3 ja 4. Kaikkia menetelmiä on sovellettu samoihin roukkuihin ja laskutoimituksissa on käytetty samoja kiintomittoja. Eri mittausmenetelmistä johtuen on saatu samoille pinoille erilaisia pinomittoja ja pinotiheyksiä. Laskelmissa on lisäksi käytetty erilaisia roukun pituuksia. Roukun oikea pituus olisi rankojen latvapoikkipinta-alalla punnittu keskipituus. Koska tätä ei kuitenkaan voida laskea käytännön olosuhteissa, on vertailun vuoksi laskettu pinomitat ja pinotiheydet käyttämällä rankojen sekä aritmeettista keskipituutta että 4 metriä roukun pituutena. Tuloksista voidaan päätellä, että roukkupinon poikkipinta-alan mittaaminen kehikon kohdasta antaa luotettavamman pinotiheyden kuin mittaamalla poikkipinta-ala keskeltä. Mittaus neljän 1 m jakson keskikohdista antaa suunnilleen samanarvoisen tuloksen kuin huomattavasti yksinkertaisempi mittaus kehikosta. Tämäkään mittaustapa ei kuitenkaan näytä olevan aivan ihanteellinen, koska pinon suuretessa näyttää pinotiheys pienentyvän jonkin verran, kuten piirroksesta 5 käy ilmi. Tämä johtuu ainakin osittain siitä, että pinotiheys tulee mitatuksi liian suureksi pinon reunaosissa, kuten Appelroth (1962) on todennut.

Porkkalan mäntyroukkujen osalta oli suunta päinvastainen. Tämä on ehkä selitettävissä sillä tosiasialla, että Porkkalassa kahdessa pienimmässä roukkupinossa oli sattumalta myös kaikkein pienimmät rankojen keskiläpimitat.



Piirros 5. Lopullisten roukkujen pinotiheyden ja pinon koon väliset korrelaatiodiagrammat puulajeittain.
Zeichnung 5. Korrelationsdiagramme des Festgehalts der endgültigen Bockstösse und der Stossgrösse für jede Holzart.

Koska rankojen aritmeettinen keskipituus sekä nimellismitta 4 m oli hyvin lähellä roukkujen todellista pituutta, oli tarkkuus kumpaakin pituutta käytettäessä lähes yhtä suuri. Jos käytetään aritmeettista keskipituutta, on se käytännössä jätettävä silmävaraisen arvioinnin varaan ja menetelmän tarkkuus riippuu siten arviomiehen taidosta. Jos taas käytetään pituutena 4 metriä, riippuu menetelmän tarkkuus siitä, miten lähellä nimellismittaa on rankojen todellinen keskipituus. Suoritetut kokeet osoittavat, että jopa tottumattomatkin miehet, kuten sakkovangit Porkkalassa, pystyvät halutessaan silmävaraisesti määräämään katkaisukohdan siten, että keskipituus ei sanottavasti poikkea nimellispituudesta. Tämä edellyttää kuitenkin erittäin hyvää työn valvontaa, jotta työntekijät eivät tahallisesti tee lyhyitä rankoja.

Rankojen oksaisuus pienentää yleensä pinotiheyttä ja lisää karsimistyötä. Kun työmittauksessa ei varsinaisesti ole kysymys puumäärästä vaan suoritetun työn määrästä, on eduksi, että runsasoksaisten rankojen pienempi pinotiheys kompensoi osittain niiden hakkuussa tarvittua suurempaa työmäärää.

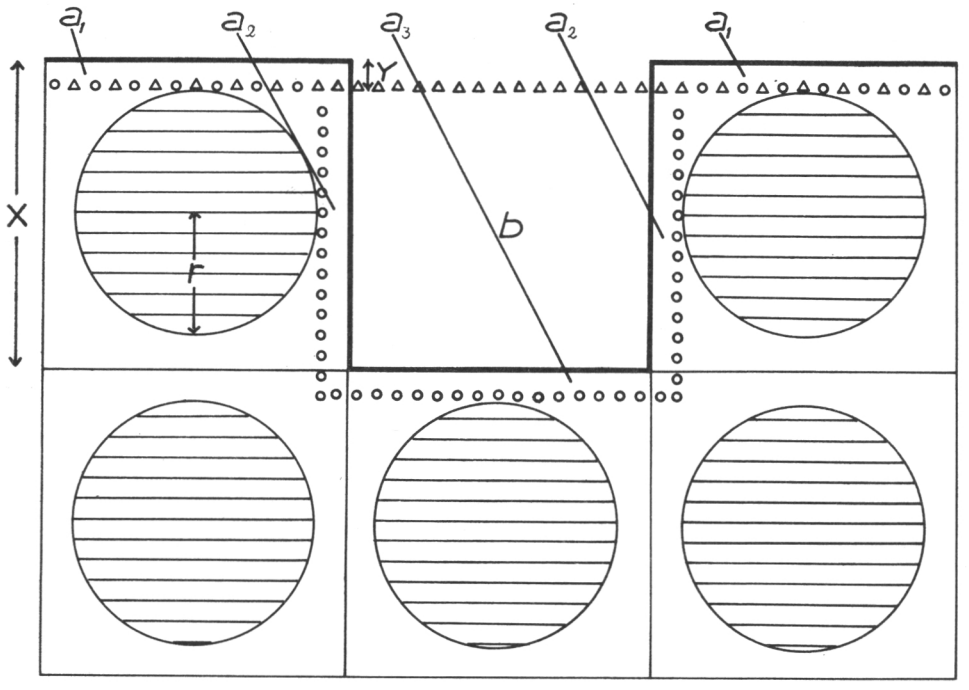
Taulukko 3. Lopullisten 4-metristen polttohakerankojen pinotiheydet varastopinossa.
Tabelle 3. Festgehalte des endgültigen 4 m langen Brennschnitzelholzes im Lagerstoss.

Aineisto — *Material*	Puulaji *Holzart*	Pituutena 4 m — *Länge 4 m*						Pituutena latvapoikkipinta-alalla punnittu keskipituus *Länge = mit Zopfkreisfläche gewogene mittlere Länge*					
		Mittaustapa A *Messverfahren A*			Mittaustapa B *Messverfahren B*			Mittaustapa A *Messverfahren A*			Mittaustapa B *Messverfahren B*		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Porkkala	Koivu — *Birke* ..	0.443	0.441	0.442	0.429	0.429	0.430	0.442	0.439	0.440	0.429	0.427	0.428
	Leppä — *Erle* ...	0.423	0.421	0.423	0.412	0.409	0.412	0.421	0.419	0.421	0.412	0.407	0.410
	Mänty — *Kiefer* .	0.564	0.555	0.568	0.537	0.529	0.541	0.558	0.549	0.562	0.531	0.523	0.535
	Kuusi — *Fichte* .	0.569	0.534	0.567	0.543	0.530	0.542	0.566	0.552	0.565	0.541	0.527	0.540
	Keskiarvo *Mittelwert*	0.500	0.488	0.500	0.480	0.474	0.481	0.497	0.490	0.497	0.478	0.471	0.478
Kuopio	Koivu — *Birke* ..	0.439	0.433	0.434	0.426	0.420	0.421	0.433	0.426	0.427	0.420	0.414	0.415
	Leppä — *Erle* ...	0.429	0.424	0.428	0.416	0.412	0.416	0.424	0.420	0.424	0.412	0.408	0.412
	Mänty — *Kiefer* .	0.468	0.465	0.464	0.446	0.444	0.443	0.464	0.462	0.461	0.443	0.441	0.440
	Kuusi — *Fichte* .	0.487	0.547	0.547	0.511	0.504	0.504	0.557	0.546	0.546	0.509	0.503	0.503
	Keskiarvo *Mittelwert*	0.456	0.467	0.468	0.450	0.445	0.446	0.470	0.464	0.465	0.446	0.442	0.443
Aineistot yhteensä *Materialien insgesamt*	Koivu — *Birke* ..	0.441	0.437	0.438	0.428	0.425	0.426	0.438	0.433	0.434	0.425	0.421	0.422
	Leppä — *Erle* ...	0.426	0.423	0.426	0.414	0.411	0.414	0.423	0.420	0.423	0.412	0.408	0.411
	Mänty — *Kiefer* .	0.516	0.510	0.516	0.492	0.487	0.492	0.511	0.506	0.512	0.487	0.482	0.488
	Kuusi — *Fichte* .	0.528	0.541	0.557	0.527	0.517	0.523	0.562	0.549	0.556	0.525	0.515	0.522
	Kaikkien keskiarvo *Gesamtmittelwert*	0.478	0.478	0.484	0.465	0.460	0.464	0.484	0.477	0.481	0.462	0.457	0.461

32. Varastopinojen mittaus

321. 4-metriset rangat

4-metristen polttohakerankojen mittaus varastopinoissa A ja B mittaustapaa sekä eri tilavuuden laskentatapaa käyttäen osoittaa, että niiden vaikutus pinotiheyteen oli verraten pieni. Tulokset on esitetty taulukossa 3.



Piirros 6. Pinon korkeuden mittaustavat.
Zeichnung 6. Verfahren zum Messen der Stosshöhe.

Mittaustapa B, jossa pinon korkeus mitattiin pinon päälle asetetun riu'un alareunaan, antoi keskimäärin 4.4 % suuremman pinomitan kuin mittaustapa A, joka oli lähinnä puutavaran mittaussäännön sisältävän asetuksen mukainen. Tämä sadannes ei kuitenkaan ollut vakio, vaan se vaihteli ja sen vaihtelurajat olivat 2.2...9.3. Tämä sadannes oli sitä suurempi mitä tasaisempi pinon yläpinta oli, mitä matalampi pino oli sekä mitä pienempi oli sen pinotiheys. Tätä selvittää piirros 6 sekä yksinkertaistettu laskuesimerkki, jossa oletetaan, että rangat olisivat sylinterinmuotoisia, yhtä paksuja ja säännöllisissä riveissä. Jos pinotiheys on esim. 0.50 ja rankojen keskiläpimitta 6 cm eli r = 3 cm, ja lisäksi merkitään rangan pinomittaa kuvaavan neliön sivua x:llä ja rangan päälle ja sivuille jäävän tyhjän tilan paksuutta y:llä, saadaan

$$\frac{\pi \cdot r^2}{x^2} = 0.50, \text{ josta } x \backsim 7.52,$$

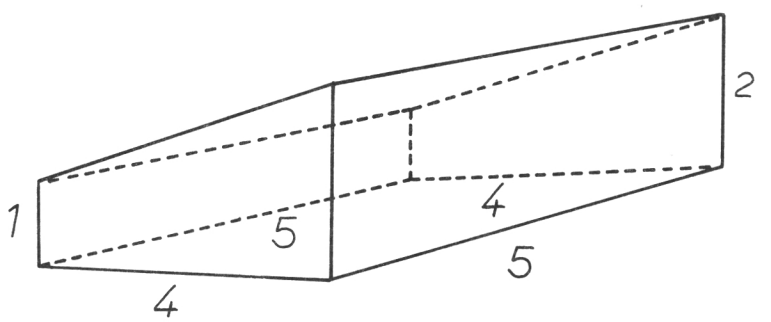
$$y = \frac{x - 2r}{2} \backsim 0.76 \text{ cm}$$

Ihanteellinen mittaustapa olisi siten sellainen, että siinä jätettäisiin y:n vahvuinen tyhjä tila pölkyn päälle (a_1 ja a_3) ja sivuille (a_2). Mittaustapa A ei jättänyt tätä tyhjää tilaa rankojen päälle (a_1 ja a_3) eikä sivuillekaan. Mittaustapa B:ssä oli tämä tyhjä tila mittaamatta ainakin kahden ylimmän rangan päällä (a_1) sekä myös muidenkin, mikäli niiden yläreunat olivat samassa vaakatasossa. Toisaalta mitattiin sillä tavalla liikaa tyhjää tilaa (b) pinon yläreunan syvennyksiin. Mikäli pinon päällimmäisten rankojen yläreunat olisivat täysin samassa tasossa, johtaisivat mittaustavat A ja B samaan tulokseen.

Mittaustapa B:n etuna on, että korkeusmittahavaintoja tarvitaan vähemmän kuin käyttämällä mittaustapaa A. Jos pino on lyhyt ja pinon päällä käytettävä rima on pitkä ja suora, riittää kaksi tai kolme korkeusmittausta. Käytettäessä mittaustapaa A ovat pinon korkeuden mittaushavainnot satunnaisnäytteitä, ja tulosten luotettavuus suurenee siten havaintojen lukumäärän kasvaessa ja niiden hajonnan eli pinon yläpinnan epätasaisuuden pienetessä.

Laskentatapojen vaikutusta erimuotoisten viistopinojen tilavuuteen havainnollistavat seuraavat 3 esimerkkiä.

I. Pinon etu- ja takasivu yhtä pitkät (5 = 5 m)



Piirros 7. Pinon etu- ja takasivu yhtä pitkät (5 m = 5 m).
Zeichnung 7. Vorder- und Hinterseiten des Stosses gleich lang (5 m = 5 m).

1) Katkaistun pyramidin kaavalla:

$$V = \frac{1}{3} \times 4 \ (10 + \sqrt{10 \times 5} + 5) = 29.421 \text{ p-m}^3.$$

2) Kylkien pinta-alojen keskiarvoa käyttäen:

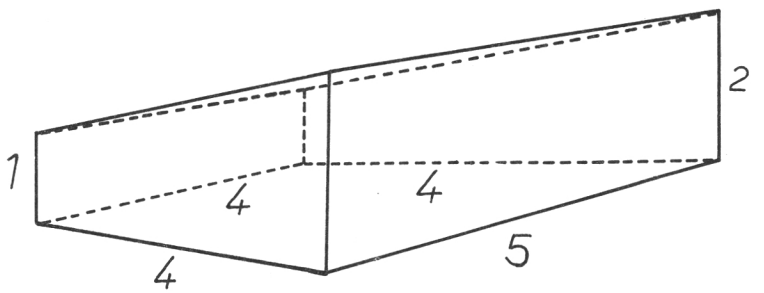
$$V = 4 \times \frac{10 + 5}{2} = 30.000 \text{ p-m}^3.$$

3) Korkeuden ja pituuden keskiarvoja käyttäen:

$V = 4 \times 1.5 \times 5 = 30.000$ p-m^3.

4) Oikea tilavuus 30.000 p-m^3.

II. Pinon takasivu lyhyempi kuin etusivu (4 m < 5 m)



Piirros 8. Pinon takasivu lyhyempi kuin etusivu (4 m < 5 m).
Zeichnung 8. Hinterseite des Stosses kürzer als Vorderseite (4 m < 5 m).

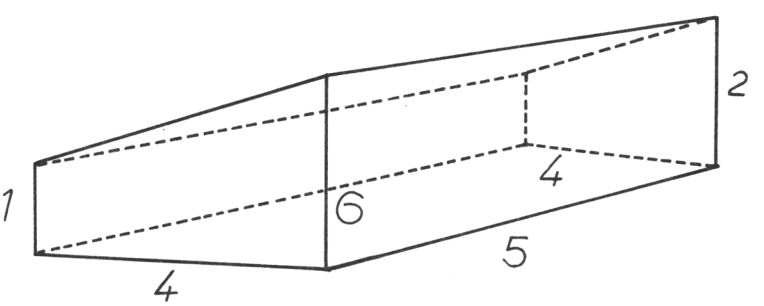
1) $V = \frac{4}{3} \times (10 + \sqrt{10 \times 4} + 4) = 27.093$ p-m^3

2) $V = 4 \times \frac{10 + 4}{2} = 28.000$ p-m^3

3) $V = 4 \times 1.5 \times 4.5 = 27.000$ p-m^3

4) Oikea tilavuus 27.333 p-m^3

III. Pinon takasivu pitempi kuin etusivu (6 m > 5 m)



Piirros 9. Pinon takasivu pitempi kuin etusivu (6 m > 5 m).
Zeichnung 9. Hinterseite des Stosses länger als Vorderseite (6 m > 5 m).

1) $\frac{3}{4} \times (10 + \sqrt{10 \times 6} + 6) = 31.653$ p-m^3

2) $4 \times \frac{10 + 6}{2} = 32.000$ p-m^3

3) $4 \times 1.5 \times 5.5 = 33.000$ p-m^3

4) Oikea tilavuus 32.667 p-m^3

Esimerkeistä voidaan todeta, että jos pinon etu- ja takakyljet ovat yhtä pitkät kuten esimerkissä I, saadaan oikea tilavuus käyttämällä laskentatapaa 2 tai 3. Katkaistun pyramidin kaavalla saadaan liian pieni tilavuus.

Jos pinon takakylki on lyhempi kuin sen etukylki, kuten tavallista, saadaan esimerkissä II tarkin tulos katkaistun pyramidin kaavalla. Jos kaikkien rankojen jatkeet leikkaavat toisensa samassa pisteessä, saadaan tällä kaavalla aivan tarkka tulos. Laskentatapa 2 antaa esimerkissä liian suuren ja tapa 3 taas liian pienen tilavuuden.

Jos pinon takakylki on pitempi kuin sen etukylki saadaan katkaistun pyramidin kaavalla kaikkein huonoin tulos, sillä pinon muoto muistuttaa tällöin vähiten katkaistua pyramidia. Esimerkissä III saadaan laskentatavalla 2, päinvastoin kuin esimerkissä II, liian pieni ja tavalla 3 liian suuri tilavuus.

Taulukossa 4 on esitetty eri laskentatapojen vaikutus pinomittaan. Oikeana pinomittana on pidetty sitä, joka saatiin käyttämällä pinon leveytenä rankojen latvapoikkipinta-alalla punnittua keskipituutta, mittaustapana joko A tai B ja laskentatapana pinosta muodostettujen särmiöiden tilavuuksien yhteenlaskemista.

Taulukosta todetaan, että kun varastopinon koko on sellainen, että siitä saa noin yhden autokuorman haketta, ovat yksinomaan laskentatavasta johtuvat rankojen pinomittojen erotukset alle 2 %. Pinon pituuden suuretessa ovat erotukset vieläkin pienemmät. Ne ovat kuitenkin systemaattisesti samansuuntaisia. Kuopion mäntypino vastasi muodoltaan esimerkkiä III, josta johtuu, että laskentatapa 3 antoi suuremman tilavuuden kuin tapa 2.

Varastopinon leveytenä voidaan käyttää joko rankojen nimellispituutta tai niiden arvioitua keskipituutta. Tutkimusaineistossa poikkesi keskipituus vain hyvin vähän niiden nimellismitasta. Kuten taulukosta 4 käy ilmi, eivät erilaiset pinon leveydet vaikuttaneet mainittavasti mittaustulokseen, sillä poikkeamat olivat kummassakin tapauksessa samaa suuruusluokkaa. Rankojen keskipituuden poikkeaman merkitys on melko pieni, sillä

Taulukko 4. Alkuperäisten 4-metristen polttohakerankojen pinomittojen poikkeamat sadanneksina eri mittaustapoja käyttäen pinosta muodostettujen särmiöiden tilavuuden summasta.

Tabelle 4. Prozentuale Abweichungen des ursprünglichen 4 m langen Brennschnitzelholzes bei Anwendung verschiedener Messverfahren vom zusammengerechneten Rauminhalt der aus dem Stoss gebildeten Prismen.

Puulaji — *Holzart*	Pinon leveys 4 m - *Stossbreite 4 m*						Pinon leveys = rankojen punnittu keskipituus *Stossbreite = gewogene mittlere Länge der Stämme*					
	A			B			A			B		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
						Porkkala						
Koivu - *Birke*	— 0.5	— 0.5	— 0.8	— 1.2	— 0.6	— 0.8	— 0.5	+ 0.2	— 0.1	— 0.4	+ 0.2	— 0.1
Leppä - *Erle*	— 1.0	+ 1.0	+ 1.2	+ 1.2	+ 1.6	+ 1.0	— 2.2	— 0.2	— 0.1	— 0.1	+ 0.3	— 0.2
Mänty - *Kiefer*	— 1.3	— 2.1	— 1.9	— 1.2	+ 0.4	— 2.2	— 0.1	— 0.9	— 0.7	± 0	+ 1.7	— 0.9
Kuusi - *Fichte*	— 1.5	+ 1.2	— 1.6	— 1.4	+ 1.1	— 1.6	— 0.8	+ 1.8	— 1.0	— 0.7	+ 1.8	— 0.9
Keskiarvo *Mittelwert*	— 1.1	— 0.1	— 0.8	— 0.6	+ 0.6	— 0.9	— 0.9	+ 0.2	— 0.5	— 0.3	+ 1.0	— 0.5
						Kuopio						
Koivu - *Birke*	— 2.7	— 1.3	— 1.5	— 2.5	— 1.7	— 1.5	— 1.3	+ 0.1	— 0.1	— 1.1	+ 0.1	— 0.1
Leppä - *Erle*	— 1.5	— 0.4	— 1.4	— 1.4	— 0.5	— 1.4	— 0.5	+ 0.6	— 0.3	— 0.4	+ 0.6	— 0.3
Mänty - *Kiefer*	— 2.0	— 1.4	— 1.0	— 1.8	— 1.4	— 1.0	— 0.9	— 0.2	+ 0.1	— 0.7	— 0.2	+ 0.1
Kuusi - *Fichte*	— 2.2	— 0.4	— 0.5	— 1.9	— 0.4	— 0.6	— 1.7	+ 0.1	— 0.1	— 1.4	± 0	± 0
Keskiarvo *Mittelwert*	— 2.1	— 0.9	— 1.1	— 1.9	— 1.0	— 1.1	— 1.1	+ 0.1	— 0.1	— 0.9	— 0.1	— 0.1
						Porkkala + Kuopio, keskiarvo — *Mittelwert*						
Koivu - *Birke*	— 1.6	— 0.9	— 1.1	— 1.8	— 1.1	— 1.1	+ 0.9	+ 0.1	— 0.1	+ 0.7	+ 0.1	— 0.1
Leppä - *Erle*	— 1.2	+ 0.3	— 0.1	— 0.1	+ 0.5	— 0.1	— 1.3	+ 0.2	— 0.2	— 0.2	+ 0.4	— 0.2
Mänty - *Kiefer*	— 1.6	— 1.7	— 1.4	— 1.5	— 0.5	— 1.6	— 0.5	— 0.5	— 0.3	— 0.3	+ 0.7	— 0.4
Kuusi - *Fichte*	— 1.8	+ 0.4	— 1.0	— 1.6	+ 0.3	— 1.1	— 1.2	+ 0.9	— 0.5	— 1.0	+ 0.9	— 0.4
Keskiarvo *Mittelwert*	— 1.5	— 0.5	— 0.9	— 1.2	— 0.2	— 1.0	— 1.0	+ 0.2	— 0.3	— 0.5	+ 0.5	— 0.3

esimerkiksi 8 cm:n erotus vaikuttaa vain 2 % mittaustulokseen. Nimellismitan käyttö mittauksissa asettaa kuitenkin suuria vaatimuksia työn valvomiselle. Toisaalta rankojen keskipituuden määrittäminen yksiselitteisesti ja nopeasti tuottaa omat hankaluutensa.

322. 2-metriset rangat

Jos polttohakerangat valmistetaan 2-metrisiksi, on varastopinon muoto siinä määrin säännöllinen ja tavallisen halko- tai paperipuupinon tapainen, että sen tilavuus voidaan laskea käyttämällä laskentatapaa 2 tai 3. Pinon yläpinta on nimittäin yleensä samansuuntainen kuin sen alapintakin, ja etu- ja takakyljen pituuden erot pinossa olivat 2-metristen rankojen

Taulukko 5. 4- ja 2-metristen polttohakerankojen pinomittojen poikkeamat sadanneksina 4-metristen A-mitasta eli mittaussäännön mukaisesti mitatusta tilavuudesta. *Tabella 5. Prozentuale Abweichungen der Stossmasse für 4 bzw. 2 m langes Brennschnitzelholz vom A-Mass oder dem gemäss Holzmessanweisung ermittelten Rauminhalt.*

	Porkkala		Kuopio		Keskiarvo—*Mittelwert*	
	Alkuperäinen *Ursprünglich*	Lopullinen *Endgültig*	Alkuperäinen *Ursprünglich*	Lopullinen *Endgültig*	Alkuperäinen *Ursprünglich*	Lopullinen *Endgültig*
			Koivu — *Birke*			
4-metriset rangat *4 m langes Holz* roukkupinoissa—*in Bockstössen*	3.7	1.4	4.7	0.2	4.2	0.8
varastopinossa A — *in Lagerstössen A*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
varastopinossa B — *in Lagerstössen B*	4.3	2.8	3.9	3.0	4.1	2.9
2-metriset rangat — *2 m langes Holz*	— 17.0	— 24.1	— 19.1	— 19.4	— 18.1	— 21.8
			Leppä — *Erle*			
4-metriset rangat *4 m langes Holz* roukkupinoissa—*in Bockstössen*	4.3	6.5	5.8	2.6	5.1	4.6
varastopinossa A — *in Lagerstössen A*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
varastopinossa B — *in Lagerstössen B*	3.2	2.8	3.6	2.9	3.4	2.9
2-metriset rangat — *2 m langes Holz*	— 16.9	— 16.7	— 17.2	— 15.8	— 17.1	— 16.3
			Mänty — *Kiefer*			
4-metriset rangat *4 m langes Holz* roukkupinoissa—*in Bockstössen*	14.0	12.6	19.4	15.1	16.7	13.9
varastopinossa A — *in Lagerstössen A*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
varastopinossa B — *in Lagerstössen B*	4.0	5.0	5.2	4.7	4.6	4.9
2-metriset rangat — *2 m langes Holz*	— 10.0	— 12.9	— 16.3	— 15.9	— 13.2	— 14.4
			Kuusi — *Fichte*			
4-metriset rangat *4 m langes Holz* roukkupinoissa—*in Bockstössen*	18.2	21.0	25.3	26.9	21.8	24.0
varastopinossa A — *in Lagerstössen A*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
varastopinossa B — *in Lagerstössen B*	3.8	4.6	4.2	8.6	4.0	6.6
2-metriset rangat — *2 m langes Holz*	— 10.3	— 6.9	— 10.1	— 5.3	— 10.2	— 6.1
			Keskiarvo — *Mittelwert*			
4-metriset rangat *4 m langes Holz* roukkupinoissa—*in Bockstössen*	10.1	10.4	13.8	11.2	12.0	10.8
varastopinossa A — *in Lagerstössen A*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
varastopinossa B — *in Lagerstössen B*	3.8	3.8	4.2	4.8	4.0	4.3
2-metriset rangat — *2 m langes Holz*	— 13.6	— 15.2	— 15.7	— 14.1	— 14.7	— 14.7

pinossa vain 0 . . . 16 cm, kun vastaavat erot olivat 4-metristen rankojen pinoissa jopa 60 cm.

Pinon yläpinta on huomattavasti tasaisempi, eivätkä rangat ole koskaan niin vaikeasti mitattavissa kuin 4-metristen rankojen latvapäät viistopinossa, josta syystä mittaustapa B ei ole tarpeen, vaan voidaan soveltaa tapaa A ja mitata rangat mittaussäännön mukaisesti.

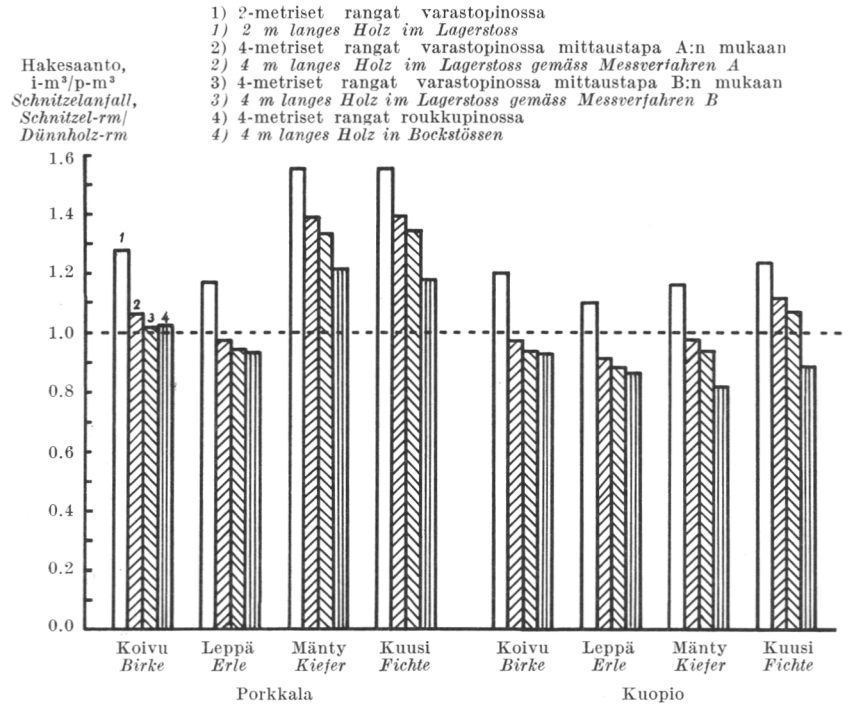
Taulukossa 5 on esitetty 2- ja 4-metristen polttohakerankojen pinomittojen erotukset sadanneksina 4-metristen rankojen A-mitasta. Taulukosta voidaan todeta, että saman rankaerän pinomitta on 2-metrisenä 10. . .20 % pienempi kuin 4-metrisenä. Erot ovat havupuurankojen osalta pienemmät kuin lehtipuurankojen. Tätä erotusta ei kuitenkaan voi käyttää sellaisenaan esim. hintavertailussa, sillä toisaalta on lyhyemmän puutavaran saanto suurempi kuin pitemmän, sitä samasta leimikosta tehtäessä.

Liitetaulukossa 5 on esitetty 2-metristen polttohakerankojen pinotiheydet varastopinossa.

33. Polttohakkeen mittaus

Polttohakerankojen luovutusmittausmenetelmä on täysin käyttökelpoinen vasta sitten, kun tunnetaan sillä saatua tilavuutta vastaava hakemäärä. Hakesaantoon vaikuttavat pääasiassa hakkurityyppi, puutavaralaji, rangan läpimitta, hakkeen kuljetusmatka (Heiskanen 1962) ja myös mittalaatikon suuruus (Heiskanen 1963). Siihen vaikuttaa luonnollisesti myös polttohakerankojen mittaustapa. Piirros 10 sekä liitetaulukot 6, 7 ja 8 esittävät polttohakkeen saantoa 4-metrisistä rangoista roukkupinossa sekä 4- ja 2-metrisistä rangoista varastopinossa. Hakkeen määrä on mitattu kuljetuksen päätyttyä ja se käsittää alkuperäiset rangat. 4-metristen rankojen pinojen tilavuus on laskettu pinosta muodostettujen särmiöiden tilavuuden summana.

Hakesaanto oli luonnollisesti suurin 2-metrisistä rangoista. 4-metristen lehtipuurankojen osalta oli hakesaanto likipitäen yhtä suuri roukkupinomitasta kuin välivaraston B-pinomitasta. Hakesaanto oli Porkkalan havurankojen osalta muita suurempi, mikä johtuu niiden suuresta keskiläpimitasta. Pienempi hakesaanto Kuopiossa johtuu myös hakkurityypistä. Samaakin mittaus- ja laskentatapaa käyttäen on hakesaannon kokonaisvaihtelu niin suuri (30. . .40 %), ettei päästä luotettaviin suhdelukuihin ilman yksityiskohtaisia tietoja ainakaan rankojen laadusta. Tämä kokonaisvaihtelu johtuu myöskin haketiheyden vaihtelusta, joka on esitetty liitetaulukossa 9. Tiheydet ovat hieman suuremmat kuin Heiskasen (1962) saamat luvut. Tässä on syytä todeta, että Heiskanen on pienentänyt lukujaan tietyillä prosenttiluvuilla sen johdosta, että autokuljetuksen aikana lentää



Piirros 10. Hakesaanto alkuperäisistä rangoista perille ajettuna puulajeittain.
Zeichnung 10. Schnitzelanfall aus dem ursprünglichen Dünnholz am Bestimmungsort für jede Holzart.

osa kukkurasta pois, sivulaidat leviävät sekä hukkapätkiä jää lastuttamatta. Tässä tutkimuksessa ei ole näitä vähennyksiä tehty, sillä kuorman päällä käytettiin suojapeittoa, laitojen pullistumat mitattiin ja hukkapätkät kerättiin tarkkaan talteen ja lastutettiin. Kun lisäksi rangan kiintomitta laskettiin neljän läpimitan perusteella, eikä yhden, tuli tyvilaajentuman tilavuus tarkemmin huomioon otetuksi ja saatiin siten suurempi kiintomitta. Toisaalta oli tämän tutkimuksen aineisto varsin pieni H e i s k a s e n aineistoon verrattuna.

4. Tiivistelmä

Polttohakerankojen mittaus on joko työmittausta tai luovutusmittausta. Rankojen mittaus metsässä roukkupinossa on työmittausta. Paras mittaustapa on pinon poikkileikkauspinta-alan mittaaminen kehikon kohdalta, joka on 1.3 metrin etäisyydellä rankojen tyvileikkauksesta. Koska rankojen keskipituuden mittaaminen ei voi tulla kysymykseen, on joko tehtävä määrämittaista polttohakerankaa tai arvioitava niiden keskipituus.

Rankojen mittaus varastopinoissa ajomiehelle on työmittausta, mutta saattaa samalla olla myös luovutusmittausta. Mittauksen kannalta olisi 4-metristen polttohakerankojen varastopinoille asetettava seuraavat vaatimukset: pinon molempien sivujen tulisi olla yhtä pitkät, pinon yläpinta tulisi latoa mahdollisimman tasaiseksi ja pinoilla tulisi olla vakiokorkeus siten, että rankojen tyvipäiden muodostama sivu olisi 150 cm korkea.

Jos viistopino täyttää em. vaatimukset, voidaan käyttää tavanomaista mittaussäännön mukaista pinon mittaus- (A) ja tilavuuden laskentatapaa. Pinon korkeuden mittaus pinon päälle sen pituussuuntaan asetetun rangan alareunaan (B) on kätevämpi varsinkin korkeutta mitattaessa rankojen latvapäässä. Mittaustapa A antaa hieman pienemmän ja B suuremman tilavuuden kuin ihanteellinen mittaustapa. Niillä saatujen tilavuuksien erotus oli koepinoissa 2...9 %. Pinon tilavuuden laskentatavoista johtuen vaihtelivat pinomitat enintään 2 %.

Rankojen nimellispituuden käyttö pinon leveytenä oli tutkimusaineistossa halpa, nopea, yksinkertainen ja yksiselitteinen sekä myös riittävän tarkka. Tämän edellytyksenä oli, että hakkuumies tietoisesti pyrki pitämään kiinni oikeasta keskipituudesta. Käytännössä ei kuitenkaan voida olettaa, että urakkapalkalla työskentelevä hakkuumies näin tekisi. Rankojen nimellispituuden käyttö pinon leveytenä aiheutti koepinoissa enintään 2 % virheen.

Mittaus- ja laskentatapa vaikuttaa myös hakesaantoon (i-m^3/p-m^3). Hakesaanto vaihteli kuitenkin myös samaa mittaus- ja laskentatapaa käyttäen 30...40 %, joten siihen verrattuna mittaus- ja laskentatavan vaikutus on merkityksetön. Myös puulaji vaikuttaa huomattavasti hakesaantoon.

Kirjallisuuusviitteet

Appelroth, S.-E. 1962: Pölkyn pituuden merkityksestä kuorellisen ohutpaperipuun valmistuksessa. Pienpuualan toimikunnan julkaisu 140.

Hakenormitoimikunta 1963: Polttohakkeen määrittely, mittaus ja hinnoittelu. Pienpuualan toimikunnan julkaisu 147.

Heiskanen, Veijo 1962: Tutkimuksia siirrettävillä hakkureilla valmistetun hakkeen ominaisuuksista. Pienpuualan toimikunnan julkaisu 134.

Heiskanen, Veijo 1963: Mittalaatikon suuruuden vaikutus hakkeen irtokuutiometripainoon. Pienpuualan toimikunnan julkaisu 149.

Maijanen, Erkki 1957: Tutkimuksia ohutpuiden mittauksesta rankoina. Työ n:o 17/57. Konekirjoite.

Nisula, Pentti 1960: Paino pinotavaran ja hakkeen mittana. Pienpuualan toimikunnan julkaisu 114.

Suomen Asetuskokoelma 395/38: Asetus puutavaran mittaussäännöstä 1938.

Taipale, Arvo 1961: Polttohakkeen ja polttohakepuun mittauksesta. Pienpuualan toimikunnan tiedotus 54.

S-E. APPELROTH, 1964. ÜBER DIE MESSUNG VON BRENNSCHNITZEL-STANGEN BESTIMMTER LÄNGE IN BOCK- UND LAGERSTÖSSEN

DEUTSCHES REFERAT

Zweck der Untersuchung

Seit zehn Jahren werden in Finnland zunehmende Mengen von Brennschnitzeln aus Dünnholz hergestellt. Die Stämme werden zuerst entästet und anschliessend im Walde zum Ermitteln des Holzhauerlohns in Bockstössen gemessen. Im Lagerstoss muss das Holz in der Regel zum Ermitteln des Kaufpreises erneut gemessen werden. Auf Anregung des staatlichen Kleinholzausschusses nahm sich die forsttechnologische Forschungsabteilung der Forstlichen Forschungsanstalt in Helsinki vor, unter Leitung von Prof. Dr. Paavo Aro zu untersuchen, wie das in Frage stehende Sortiment zweckmässig gemessen werden sollte.

Material und Untersuchungsverfahren

Das Material für die Untersuchung umfasste 98 Bockstösse von etwa 4 m langem Brennschnitzelholz. Das Material zerfiel in vier Teile, so dass jede Holzart, Birke, Erle, Kiefer und Fichte, in annähernd gleicher Menge vertreten war.

In der Untersuchung wurden drei verschiedene Messverfahren miteinander vergleichen. Diese waren die Messung der Querfläche des Stosses, erstens in 50, 150, 250 und 350 cm Abstand vom Wurzelende der Stämme, zweitens in 130 cm Abstand oder am Bock und drittens in 200 cm Abstand oder in der Mitte der Stosslänge. Als Stosslänge wurden alternativ 4 m, arithmetische mittlere Länge der Stämme und drittens mittels der Zopfkreisfläche gewogene mittlere Länge verwendet.

Nachdem die Bockstösse gemessen worden waren, wurde das Holz, jede Holzart für sich, in ein Lagerstoss gefahren und in s.g. Schiefstössen aufgesetzt, in denen die Wurzelenden der Stämme in der gleichen Richtung zeigten und eine senkrechte Ebene bildeten. Im Lagerstoss wurde das Raummass des Holzes erstens dem Messgesetz gemäss und dann derart ermittelt, dass auf die Stämme an der Messtelle eine lange, gerade Stange quergelegt wurde und der Abstand zwischen der unteren Kante dieser Stange und der oberen Kante der Unterlage als Stosshöhe aufgenommen wurde. Die Stossbreite wurde nicht gemessen; stattdessen wurde in den Rechenoperationen die 4-Meter-Länge oder das nominelle Mass und die vermittels der Zopfkreisfläche gewogene mittlere Länge verwendet.

Beim Berechnen des Rauminhalts der Lagerstösse wurden ausserdem folgende vier Ermittlungsverfahren verwendet: Erstens wurde der Rauminhalt nach der Formel

des Prismenkegelstumpfes berechnet. Zweitens wurde der mittlere Wert sämtlicher Höhenbefunde ermittelt und dieser mit dem mittleren Wert der Längenbefunde multipliziert und das Produkt der beiden mit der Stossbreite multipliziert. Drittens wurde die mittlere Stosshöhe erstens auf der vorderen und zweitens auf der hinteren Seite des Stosses berechnet, und dann erst der mittlere Wert dieser Zahlen, der als Stosshöhe galt. Die Stosslänge wurde entsprechend ermittelt. Viertens wurde aus dem Stoss einfache Prismen gebildet und ihr Rauminhalt für jedes einzeln berechnet. Die Summe dieser Prismen ergab somit den Rauminhalt des Stosses. Der hierdurch ermittelte Rauminhalt galt als tatsächlicher Rauminhalt des Stosses (Seiten 22...23).

Die 4 m langen Stämme wurden im Lagerstoss mittendurchgesägt, und der Rauminhalt des so gewonnenen 2 m langen Brennschnitzelstangen wurde erneut gemessen. Hierbei wurde jedoch der Rauminhalt des Holzes nur nach den Bestimmungen der Holzmessanweisung gemessen.

Zuletzt wurde noch die Menge der aus dem Holz bereiteten Schnitzel gemessen.

Zum Ermitteln des Festmasses des Holzes wurden die Durchmesser der Stämme in 50, 150, 250 und 350 cm Abstand vom Wurzelende gemessen. Ausserdem wurde der Durchmesser in der Mitte zwischen dem Zopfende und dem Punkt der höchsten vollen Meterzahl gemessen. Da das Festmass des Holzes sowohl in Bockstössen und Lagerstössen als auch in Schnitzeln ungeändert blieb, sind die nach verschiedenen Messverfahren ermittelten Rauminhalte miteinander vergleichbar.

Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchung ergab, dass es zweckmässig ist, Brennschnitzelstangen in Bockstössen so zu messen, dass die Querfläche des Bochstosses am Bock, d.h. in 1.3 m Entfernung vom Wurzelende der Stämme gemessen wird. Hierbei war die auf dem Messverfahren beruhende Schwankung des Festgehalts am niedrigsten.

Zur Messung von Brennschnitzelholz in Lagerstössen wurde u.a. beobachtet, dass wegen der Messung folgende Eigenschaften der Lagerstösse von 4 m langem Dünnholz erforderlich wären: Beide Seiten der Stösse sollten gleich lang sein; das Holz sollte derart geschichtet werden, dass die Oberfläche möglichst eben wird; die Stösse sollten annähernd gleich hoch sein, so dass die von Wurzelenden der Stämme gebildete Seite etwa 150 cm hoch sein würde.

Erfüllt ein Schiefstoss die vorstehenden Bedingungen, so kann das übliche, im Holzmessanweisung vorgesehene Verfahren zum Messen und zum Ermitteln des Rauminhalts eines Stosses verwendet werden. Sonstigenfalls ergibt sich für den Stoss ein Rauminhalt, der von dem tatsächlichen Rauminhalt sogar erheblich abweichen kann. Beim Messen von kleineren Stössen von ca. 20...30 rm stellt das Messen der Stosshöhe besonders am Zopfende der Stämme schwer. Das beruht erstens auf dem Umstand, dass der Stoss am Zopfende undicht ist, und dann auf dem Wechsel der Holzlänge. Die Höhe solcher kleinen Stösse sollte der oberen Kante der Unterlage zur unteren Kante einer auf den Stoss gelegten Stange gemessen werden. Diese Messweise ergab jedoch einen Rauminhalt, der den nach der Holzmessanweisung ermittelten Rauminhalt um 2...9 % überschritt. Aus diesem Grunde sollte Kaufvertrag das Messverfahren angeben.

Der Anfall an Schnitzeln wechselte indessen je nach Holzart und Stammgrösse, auch bei Verwendung von einunddemselben Mess- und Berechnungsverfahren, 30...40 %, so dass der Einfluss des Mess- und Berechnungsverfahrens im Vergleich damit ohne Bedeutung ist.

Liitetaulukko 1. Keskimääräinen tiheys roukkupinon eri osissa puulajeittain.
Anlagetabelle 1. Mittlere Dichte in den verschiedenen Teilen des Bockstosses bei jeder Holzart.

Puulaji — *Holzart*	Poikkileikkauksen etäisyys tyvipäästä *Abstand des Querschnitts vom Wurzelende*					Keskiarvo *Mittelwert*
	0	0.5	1.5	2.5	3.5	
	Alkuperäiset roukut — *Ursprüngliche Bockstösse*					
	Porkkala					
Koivu — *Birke*	0.537	0.496	0.448	0.434	0.371	0.457
Leppä — *Erle*	0.458	0.442	0.440	0.389	0.302	0.406
Mänty — *Kiefer*	0.615	0.597	0.590	0.538	0.492	0.566
Kuusi — *Fichte*	0.597	0.543	0.530	0.479	0.393	0.508
Keskiarvo — *Mittelwert* ...	0.552	0.520	0.502	0.460	0.390	0.484
	Kuopio					
Koivu — *Birke*	0.554	0.478	0.479	0.431	0.344	0.457
Leppä — *Erle*	0.561	0.481	0.480	0.403	0.336	0.452
Mänty — *Kiefer*	0.518	0.475	0.423	0.416	0.308	0.428
Kuusi — *Fichte*	0.526	0.528	0.511	0.435	0.300	0.460
Keskiarvo — *Mittelwert* ...	0.540	0.491	0.473	0.421	0.322	0.449
	Porkkala + Kuopio					
Keskiarvo — *Mittelwert* ...	0.546	0.506	0.488	0.441	0.356	0.467
	Lopulliset roukut — *Endgültige Bockstösse*					
	Porkkala					
Koivu — *Birke*	0.532	0.480	0.487	0.424	0.331	0.451
Leppä — *Erle*	0.493	0.466	0.444	0.417	0.318	0.428
Mänty — *Kiefer*	0.589	0.554	0.536	0.543	0.428	0.530
Kuusi — *Fichte*	0.602	0.562	0.574	0.553	0.385	0.535
Keskiarvo — *Mittelwert* ...	0.554	0.516	0.510	0.484	0.366	0.486
	Kuopio					
Koivu — *Birke*	0.551	0.491	0.491	0.445	0.350	0.466
Leppä — *Erle*	0.521	0.468	0.469	0.428	0.316	0.440
Mänty — *Kiefer*	0.512	0.472	0.447	0.418	0.295	0.429
Kuusi — *Fichte*	0.583	0.548	0.502	0.436	0.289	0.472
Keskiarvo — *Mittelwert* ...	0.542	0.495	0.477	0.432	0.313	0.452
	Porkkala + Kuopio					
Keskiarvo — *Mittelwert* ...	0.548	0.506	0.494	0.458	0.340	0.469

Liitetaulukko 2. Lopullisten roukkujen pinotiheydet ja niiden standardipoikkeamat puulajeittain.

Anlagetabelle 2. Festgehalte der endgültigen Bockstösse und ihre Normabweichungen bei jeder Holzart.

Roukun pituutena on rankojen latvapoikkipinta-alalla punnittu keskipituus
Länge des Bockstosses = mit der Zopfkreisfläche der Stämme gewogene mittlere Länge

Kuutioimistapa *Kubierungsverfahren*	Porkkala		Kuopio		Porkkala + Kuopio	
	Pinotiheys *Festgehalt*	s	Pinotiheys *Festgehalt*	s	Pinotiheys *Festgehalt*	s
			Koivu — *Birke*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.435	0.034	0.426	0.023	0.431	0.029
Keskeltä — *in der Mitte* ..	0.475	0.040	0.471	0.047	0.473	0.043
¼-osina — *In Vierteln*	0.430	0.041	0.442	0.030	0.436	0.036
			Leppä — *Erle*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.396	0.032	0.412	0.034	0.404	0.033
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.453	0.041	0.436	0.051	0.436	0.045
¼-osina — *In Vierteln*	0.412	0.031	0.421	0.050	0.416	0.041
			Mänty — *Kiefer*			
Kehikosta — *Am Bock* ...	0.943	0.043	0.401	0.026	0.445	0.058
Keskeltä — *in der Mitte* ..	0.558	0.055	0.460	0.023	0.507	0.065
¼-osina — *In Vierteln*	0.511	0.049	0.415	0.023	0.459	0.061
			Kuusi — *Fichte*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.467	0.034	0.432	0.029	0.449	0.037
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.549	0.057	0.484	0.053	0.516	0.064
¼-osina — *In Vierteln*	0.502	0.036	0.450	0.037	0.473	0.044
			Kaikki puulajit — *Sämtliche Holzarten*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.446	0.050	0.417	0.030	0.432	0.044
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.503	0.071	0.463	0.047	0.483	0.063
¼-osina — *In Vierteln*	0.460	0.059	0.432	0.038	0.445	0.051

Liitetaulukko 3. Lopullisten roukkujen pinotiheydet ja niiden standardipoikkeamat puulajeittain.

Anlagetabelle 3. Festgehalte der endgültigen Bockstösse und ihre Normabweichungen bei jeder Holzart.

Roukun pituutena on rankojen aritmeettinen keskipituus — *Länge des Bockstosses = arithmetische mittlere Länge der Stämme*

Kuutioimistapa *Kubierungsverfahren*	Porkkala		Kuopio		Porkkala + Kuopio	
	Pinotiheys *Festgehalt*	s	Pinotiheys *Festgehalt*	s	Pinotiheys *Festgehalt*	s
			Koivu — *Birke*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.431	0.032	0.427	0.024	0.429	0.020
Keskeltä — *in der Mitte* ..	0.471	0.038	0.476	0.049	0.473	0.043
¼-osina — *In Vierteln*	0.433	0.033	0.441	0.032	0.437	0.032
			Leppä — *Erle*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.396	0.035	0.413	0.034	0.404	0.035
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.435	0.040	0.437	0.051	0.436	0.044
¼-osina — *In Vierteln*	0.410	0.029	0.421	0.051	0.416	0.040
			Mänty — *Kiefer*			
Kehikosta — *Am Bock* ...	0.492	0.043	0.402	0.027	0.455	0.058
Keskeltä — *in der Mitte* ..	0.558	0.056	0.461	0.023	0.508	0.064
¼-osina — *In Vierteln*	0.512	0.048	0.416	0.024	0.460	0.060
			Kuusi — *Fichte*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.466	0.033	0.434	0.030	0.500	0.035
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.547	0.055	0.488	0.053	0.518	0.061
¼-osina — *In Vierteln*	0.502	0.034	0.454	0.045	0.475	0.043
			Kaikki puulajit — *Sämtliche Holzarten*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.445	0.051	0.419	0.031	0.432	0.044
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.501	0.070	0.465	0.049	0.483	0.062
¼-osina — *In Vierteln*	0.460	0.057	0.433	0.039	0.446	0.050

Liitetaulukko 4. Lopullisten roukkujen pinotiheydet ja niiden standardipoikkeamat puulajeittain.
Anlagetabelle 4. Festgehalte der endgültigen Bockstösse und ihre Normabweichungen bei jeder Holzart.

Roukun pituutena 4 m — *Länge des Bockstosses 4 m*

Kuutioimistapa *Kubierungsverfahren*	Porkkala		Kuopio		Porkkala + Kuopio	
	Pinotiheys *Festgehalt*	s	Pinotiheys *Festgehalt*	s	Pinotiheys *Festgehalt*	s
			Koivu — *Birke*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.436	0.031	0.433	0.023	0.434	0.027
Keskeltä — *in der Mitte* ..	0.475	0.039	0.477	0.046	0.476	0.042
¼-osina — *In Vierteln*	0.436	0.011	0.448	0.032	0.442	0.033
			Leppä — *Erle*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.398	0.035	0.417	0.035	0.407	0.035
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.437	0.039	0.442	0.049	0.439	0.043
¼-osina — *In Vierteln*	0.413	0.021	0.426	0.050	0.419	0.040
			Mänty — *Kiefer*			
Kehikosta — *Am Bock* ...	0.503	0.038	0.404	0.024	0.451	0.055
Keskeltä — *in der Mitte* ..	0.570	0.051	0.463	0.017	0.514	0.065
¼-osina — *In Vierteln*	0.522	0.046	0.418	0.021	0.466	0.063
			Kuusi — *Fichte*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.469	0.036	0.432	0.026	0.451	0.036
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.551	0.059	0.486	0.046	0.518	0.058
¼-osina — *In Vierteln*	0.504	0.027	0.452	0.031	0.474	0.039
			Kaikki puulajit — *Sämtliche Holzarten*			
Kehikosta — *Am Bock*	0.450	0.053	0.422	0.029	0.436	0.044
Keskeltä — *In der Mitte* ..	0.507	0.072	0.467	0.043	0.487	0.062
¼-osina — *In Vierteln*	0.464	0.057	0.435	0.037	0.449	0.050

Liitetaulukko 5. 2-metristen polttohakerankojen pinotiheydet varastopinossa puulajeittain.
Anlagetabelle 5. Festgehalte des 2 m langen Brennschnitzelholzes im Lagerstoss bei jeder Holzart.

Puulaji — *Holzart*	Porkkala		Kuopio		Keskiarvo — *Mittelwert*	
	Alkuperäiset *Ursprünglich*	Lopulliset *Endgültig*	Alkuperäiset *Ursprünglich*	Lopulliset *Endgültig*	Alkuperäiset *Ursprünglich*	Lopulliset *Endgültig*
Koivu — *Birke*	0.547	0.580	0.530	0.530	0.539	0.555
Leppä — *Erle*	0.508	0.504	0.519	0.502	0.514	0.503
Mänty — *Kiefer*	0.643	0.640	0.553	0.548	0.598	0.594
Kuusi — *Fichte*	0.623	0.602	0.583	0.576	0.603	0.589
Keskiarvo — *Mittelwert* ...	0.580	0.582	0.546	0.539	0.564	0.560

Liitetaulukko 6. Hakesaanto 4-metrisistä polttohakerangoista roukkupinoissa. Roukut on mitattu kehikosta ja pituutena on rankojen latvapoikkipinta-alalla punnittu keskipituus.

Anlagetabelle 6. Schnitzelanfall aus 4 m langem Brennschnitzelstangen in Bockstössen. Die Stösse sind am Bock gemessen, und Länge = mit der Zopfkreisfläche der Stämme gewogene mittlere länge.

Hake-erä — *Schnitzelmenge*	Porkkala	Kuopio
	i-m³/p-m³ *Schnitzel-rm/ Dünnholz-rm*	i-m³/p-m³ *Schnitzel-rm/ Dünnholz-rm*
	Koivu — *Birke*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.054	0.953
perillä — *bei Ankunft*	1.021	0.932
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.050	0.998
	Leppä — *Erle*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.965	0.880
perillä — *bei Ankunft*	0.936	0.864
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.953	0.910
	Mänty — *Kiefer*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.259	0.828
perillä — *bei Ankunft*	1.219	0.819
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.295	0.869
	Kuusi — *Fichte*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.237	0.889
perillä — *bei Ankunft*	1.180	0.889
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.183	0.926
	Keskiarvo — *Mittelwert*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.129	0.888
perillä — *bei Ankunft*	1.089	0.876
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.120	0.926

Liitetaulukko 7. Hakesaanto 4-metrisistä rangoista varastopinoissa. Pinon leveytenä on käytetty rankojen latvaläpimitalla punnittua keskipituutta. Tilavuus on laskettu pinosta muodostettujen särmiöiden tilavuuksien summana.
Anlagetabelle 7. Schnitzelanfall aus 4 m langem Holz in Lagerstössen. Stossbreite = mit der Zopfkreisfläche der Stämme gewogene mittlere Länge. Der Rauminhalt ist der zusammengerechnete Rauminhalt der aus dem Stoss gebildeten Prismen.

Hake-erä — *Schnitzelmenge*	i-m³/p-m³ — *Schnitzel-rm/Dünnholz-rm*			
	Porkkala		Kuopio	
	A	B	A	B
	Koivu — *Birke*			
Alkuperäiset — *Ursprünglich*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.092	1.048	0.997	0.959
perillä — *bei Ankunft*	1.062	1.019	0.975	0.938
Lopulliset — *Endgültig*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.064	1.035	1.000	0.971
	Leppä — *Erle*			
Alkuperäiset — *Ursprünglich*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.007	0.975	0.931	0.899
perillä — *bei Ankunft*	0.976	0.946	0.914	0.883
Lopulliset — *Endgültig*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.015	0.988	0.933	0.903
	Mänty — *Kiefer*			
Alkuperäiset — *Ursprünglich*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.434	1.379	0.989	0.940
perillä — *bei Ankunft*	1.390	1.336	0.979	0.931
Lopulliset — *Endgültig*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.457	1.388	0.999	0.954
	Kuusi — *Fichte*			
Alkuperäiset — *Ursprünglich*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.461	1.410	1.114	1.069
perillä — *bei Ankunft*	1.394	1.345	1.114	1.069
Lopulliset — *Endgültig*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.432	1.369	1.173	1.081
	Keskiarvo — *Mittelwert*			
Alkuperäiset — *Ursprünglich*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.249	1.203	1.008	0.967
perillä — *bei Ankunft*	1.206	1.162	0.996	0.955
Lopulliset — *Endgültig*				
lähtiessä — *beim Abgang*	1.242	1.195	1.026	0.977

Liitetaulukko 8. Hakesaanto 2-metrisistä rangoista varastopinoissa.
Anlagetabelle 8. Schnitzelanfall aus 2 m langem Holz in Lagerstössen.

Hake-erä — *Schnitzelmenge*	Porkkala i-m³/p-m³ *Schnitzel-rm/ Dünnholz-rm*	Kuopio i-m³/p-m³ *Schnitzel-rm/ Dünnholz-rm*
	Koivu — *Birke*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.316	1.233
perillä — *bei Ankunft*	1.279	1.206
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.403	1.240
	Leppä — *Erle*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.213	1.125
perillä — *bei Ankunft*	1.176	1.104
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.219	1.109
	Mänty — *Kiefer*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.594	1.181
perillä — *bei Ankunft*	1.544	1.170
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.673	1.188
	Kuusi — *Fichte*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.630	1.239
perillä — *bei Ankunft*	1.555	1.239
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.537	1.239
	Keskiarvo — *Mittelwert*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.438	1.195
perillä — *bei Ankunft*	1.389	1.180
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	1.458	1.194

Liitetaulukko 9. Polttohakkeen tiheys puulajeittain
Anlagetabelle 9. Dichte der Brennschnitzel für jede Holzart

Hake-erä — *Schnitzelmenge*	Porkkala i-m³/p-m³ *Schnitzel-rm/ Dünnholz-rm*	Kuopio i-m³/p-m³ *Schnitzel-rm/ Dünnholz-rm*
	Koivu — *Birke*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.416	0.430
perillä — *bei Ankunft*	0.429	0.440
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.413	0.427
	Leppä — *Erle*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.420	0.461
perillä — *bei Ankunft*	0.433	0.469
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.413	0.452
	Mänty — *Kiefer*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.403	0.468
perillä — *bei Ankunft*	0.416	0.473
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.381	0.461
	Kuusi — *Fichte*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.382	0.470
perillä — *bei Ankunft*	0.400	0.470
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.391	0.465
	Keskiarvo — *Mittelwert*	
Alkuperäiset — *Ursprünglich*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.405	0.457
perillä — *bei Ankunft*	0.420	0.463
Lopulliset — *Endgültig*		
lähtiessä — *beim Abgang*	0.400	0.451