METSÄTEHO
SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTO
The Forest Work Studies Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries

Julkaisu n:o 29 — Publication No. 29

PAPERIPUIDEN KUIVUMISESTA JA VARASTOIMISVIOISTA METSÄ-VARASTOINNIN AIKANA

Arno Tuovinen

On the Seasoning of Pulpwood and Storage Defects Incurred During Forest Storage

Summary in English

HELSINKI 1952

METSÄTEHO
SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTO
The Forest Work Studies Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries

Julkaisu n:o 29 — Publication No. 29

PAPERIPUIDEN KUIVUMISESTA JA VARASTOIMISVIOISTA METSÄ-VARASTOINNIN AIKANA

Arno Tuovinen

On the Seasoning of Pulpwood and Storage Defects Incurred During Forest Storage

Summary in English

HELSINKI 1952

PRINT Oy Helsinki 1952

A l k u s a n a t

Metsäteollisuusyhtiöidemme paperipuun hankinnoissa on viime aikoina alettu luopua paperipuiden varastoimisesta maalle uittoväylän varteen, koska puiden siirto maalta veteen tulee tarpeettoman kalliiksi ja koska täten vältytään tuoreiden paperipuiden hevosajokustannuksista. Sen sijaan puut pyritään kuljettamaan metsästä suoraan jäälle, jolloin ne ovat ilman lisäsiirtelyitä valmiit keväällä alkavaan uittoon. Uiton onnistuminen edellyttää kuitenkin, että puut ovat sitä ennen ehtineet kuivua riittävästi. Tämä kuivattaminen joudutaan jäälle varastointia käytettäessä suorittamaan jo metsässä, jossa kuivumisolosuhteet eivät aina ole edulliset esim. pystyyn jääneen metsän tiheydestä, ilman ja maaperän kosteudesta ja varastoimismahdollisuuksista johtuen. Toisena tärkeänä, metsävarastoinnin onnistumiseen vaikuttavana tekijänä on erilaisten, laatua alentavien vikojen tavallista suuremman ilmaantumisen mahdollisuus. Koska paperipuiden kuivumista ja varastoimisvikoja koskettelevat tutkimukset ovat olleet meillä varsin niukkoja, on katsottu asialliseksi ryhtyä valaisemaan näiden, metsävarastointia mahdollisesti vaarantavien tekijöiden vaikutuksen suuruutta ja laatua. Tämä tutkimus on katsottu tärkeäksi siinäkin mielessä, että täten saaduista kokemuksista ja tiedoista on ehkä apua ruvettaessa mahdollisesti jo lähitulevaisuudessa selvittelemään puutavaran pilaantumisilmiöitä koko laajuudessa kaiken varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Ei pidetä myöskään mahdottomana, että saavutettuja tuloksia jo sellaisinaan voidaan ehkä käyttää hyödyksi muuallakin kuin tutkimuspaikan lähiseuduilla. Tämä tutkimus kuuluu siihen paperipuiden jäälle varastointia käsittelevään tutkimusryhmään, jonka suoritus aloitettiin v. 1949 jäälle varastoitujen paperipuiden uimiskyvyn osalta (T u o v i n e n 1949).

Tutkimuksen kenttätöiden ja aineiston käsittelyn yhteydessä kirjoittaja apulaisineen on saanut arvokasta ja myötämielistä tukea lukemattomin eri tavoin K a j a a n i O y:ltä. Niinpä metsäneuvos I l m a r i E b e l i n g on antanut paitsi apua tutkimuksen suunnittelussa myös tietoja Kajaani Oy:n paperipuiden hakkuuajoista ja varastoimisajan pituudesta. Metsänhoitajat O l l i P a r v i a i n e n, P a u l i S i m o l a ja U n t o T o i v o l a ovat samoin neuvoillaan monin tavoin helpottaneet tutkimustyötä. Viimeksi mainittu on antanut lisätietoja erityisesti G.A. Serlachius Oy:n varastolahotutkimuksesta, jonka käytännöllisenä toimeenpanijana hän toimi niihin aikoihin (v. 1938). Kajaani Oy:n laboratoriossa suoritetut yli 1 200 tutkimuspölkyn vesipitoisuuden määräykset ovat suuresti vähentäneet Metsätehon tutkimuskustannuksia ja työtä.

Samoin suurta apua kirjoittaja on saanut työssään Y h t y n e e t P a p e r i t e h t a a t O s a k e y h t i ö n Valkeakosken tehtaiden metsänhoitajalta K a l e v i S e p p ä l ä l t ä, joka on antanut vv. 1936-40 suorittamiensa, julkaisemattomien pilaantumistutkimusten tulokset Metsätehon käytettäväksi.

Suureksi hyödyksi ovat olleet myös prof. T h. W e g e l i u k s e n ja M a t t i J a l a v a n antamat neuvot ja kirjallisuustiedot. Fil. tri J. M. A n g e r v o Ilmatieteelliseltä Keskuslaitokselta on antanut hyväntahtoisesti

kirjoittajan käytettäväksi joukon säähavaintoja ja metsässä vallitsevaa ilmastoa koskevia tietoja.

Aineiston kokoamisessa ja käsittelyssä on ollut apuna metsänhoitaja R a i - j a H a r m o v a a r a.

Kaikille edellä mainituille sekä monille mainitsematta jääneille avustajille kirjoittaja esittää täten parhaat kiitoksensa.

Helsingissä maaliskuun 10. p:nä 1951

ARNO TUOVINEN

S i s ä l l y s l u e t t e l o

	Sivu
A l k u s a n a t	3
T u t k i m u k s e n s u o r i t u s	6
K u i v u m i n e n	7
Kuusipaperipuut	9
Hakkuuajan vaikutus	10
Pölkyn koon vaikutus	11
Varastoimistavan vaikutus	12
Hakkuupaikan vaikutus	17
Pintapuun vuosilustojen leveyden vaikutus	17
Mäntypaperipuut	18
V a r a s t o i m i s v i a t	21
Muualla suoritetut tutkimukset	22
Sinistyminen	22
Lahoaminen	23
Tutkimustulokset	31
Kuusipaperipuut	31
Eri vikaluokkien osuudet	31
Sinistyminen	32
Varastolaho	36
Hakkuuajan vaikutus	36
Varastoimistavan vaikutus	39
Pintapuun vuosilustojen leveyden vaikutus	43
Hakkuupaikan vaikutus	46
Vesipitoisuuden vaikutus	46
Lahon leviäminen pölkyssä	48
Mäntypaperipuut	49
Sinistyminen	49
Varastolaho	50
L o p p u t a r k a s t e l u	55
K i r j a l l i s u u s l u e t t e l o	58
S u m m a r y i n E n g l i s h	60

T u t k i m u k s e n s u o r i t u s

Koska kysymyksessä oli tavallaan esitutkimus, katsottiin parhaaksi käyttää tilastotutkimusta, so. suorittaa eräänlainen inventaario paperipuiden kuivumisesta ja pilaantumisesta metsävarastoinnin aikana. Tutkimuksen kenttätöissä, jotka suoritettiin pääosaltaan toukokuussa 1950 Sotkamon kunnassa n. 20 km Kajaanista, kiinnitettiin huomiota seuraaviin tekijöihin:

1) Puulajit kuusi ja mänty. Kuusen kuivumisen ja vikojen selvittely otettiin pääkohteeksi. Kuusipaperipuu oli puolipuhtaaksi kuorittua ja 2 m pituista. Mäntypaperipuun pituus oli 1.83 m.
2) Hakkuuaika. Paikallisista olosuhteista johtuen aineistoa saatiin syksyllä 1948 hakatuista ja kuorituista paperipuista aina syksyllä 1949 hakattuihin asti. Hakkuuaika voitiin määritellä jälkikäteen suhteellisen tarkasti, sillä kaikki ristikot olivat numeroituja ja niiden tekoaika saatiin selville palkkakirjojen perusteella Kajaani Oy:n työnjohdolta.
3) Hakkuupaikka. Tutkimukseen valittiin koeristikot kuusi- ja mäntypaperipuille tyypillisistä hakkuupaikoista, joiden laatu hakkuun voimakkuuden, jäljelle jääneen metsän tiheyden sekä maaperän ym. seikkojen puolesta vaihteli sangen laajoissa rajoissa. Kuusipaperipuut olivat suurimmaksi osaksi peräisin MT:n ja männyt kuivien kankaiden metsiköistä.
4) Pölkkyjen valinta ristikoista. Koska Kajaani Oy:ssä käytettiin varastomuodostelmana melkein poikkeuksetta ristikkoa (useimmiten katettua ja ilmapohjalla varustettua neliöristikkoa), ei tarvinnut kiinnittää sanottua huomiota varastoimistapaan, vaan voitiin keskittyä yksityisten pölkkyjen valintaan. Kustakin ristikosta valittiin tavallisesti 5 pölkkyä, joista yksi sijaitsi ristikon pohjalla aluspuita vasten ja yksi ristikon päällä katossa. Pölkkyjä otettiin vaihdellen eri ilmansuuntien puolelta kiinnittämättä erityistä huomiota pölkkyjen suuruuteen. Leveälustoisia, hyväkasvuisia pölkkyjä otettiin kuitenkin mukaan tavallista enemmän vertailuaineiston saamiseksi. Jo päältä päin runkolahoa sisältävät pölkyt eliminoitiin aineistosta. Yhdelle lomakkeelle koottiin koko ristikkoa ja sen yksityisiä pölkkyjä koskevat tiedot.
5) Pölkkyjen mittaukset. Kustakin pölkystä merkittiin lomakkeelle seuraavat tiedot:
   - pölkyn ristikossa sijaintia koskevat yksityiskohtaiset tiedot,
   - pölkyn läpimitta keskeltä,
   - sydänpuun halkaisija pölkyn keskeltä otetusta kiekosta,
   - kuorinnan laatu,
   - kymmenen, lähinnä pintaa olevan vuosiluston leveys pölkyn keskellä,
   - pölkyn keskeltä sahatun kiekon paino tuoreena,
   - sinistymisen ja erilaisen lahon määrä ja sijainti pölkyn molemmista päistä ja keskeltä sahatuissa kiekoissa; vikaisuuksien sijaintia ja laajuutta koskeville tiedoille oli kutakin kiekkoa varten oma paikkansa,
   - ulospäin näkyvien vikojen sijainti ja laatu.

Aineiston laajuudesta ja jakaantumisesta eri hakkuuaikojen kesken saadaan tiedot taulukosta 1. Kuusipaperipuita on tutkimukseen sisältynyt 160 ristikosta lähes 800 kpl. ja mäntyjä vastaavasti 74 ristikosta n. 350 kpl. Näistä, sinänsä suurilta tuntuvista luvuista huolimatta aineistoa täytyy pitää suhteellisen pienenä, koska se jakaantuu hyvin moniin osiin. Aineistoa käsiteltäessä ei aivan kaikkia pölkkyjä ole voitu ottaa huomioon mittaustietojen osittaisesta puuttumisesta tms. johtuen.

Taulukko 1.
Tutkimusaineiston jakaantuminen.

Hakkuuaika	2 m puolipuhdas kuusi		1.8 m puolipuhdas mänty	
	Ristikoita	Pölkkyjä	Ristikoita	Pölkkyjä
	Kappaletta			
Syksy 1948	40	200	21	84
Helmi-maalisk. 1949	-	-	7	35
Toukok. "	42	210	15	75
Touko-kesäk. "	-	-	16	80
Kesäk. "	21	98	-	-
Heinäk. "	23	110	6	30
Elok. "	14	70	9	45
Syysk. "	16	79	-	-
Jouluk. "	4	20	-	-
Yhteensä	160	787	74	349

K u i v u m i n e n

Paperipuiden kuivumisella on merkitystä erityisesti silloin, kun puut joudutaan uittamaan irtouitossa tai hinaamaan avolautoissa ja kun hankinta-aika pyritään saamaan mahdollisimman lyhyeksi, siis ilman pitkäaikaista metsässä tai rantavarastolla säilytystä. Maakuljetuksissa kuivumisen merkitys on vähäisempi, jos puut ovat saaneet kuivua edes jotensakin tyydyttävästi. Lisäksi kuivumisen nopeus ja määrä vaikuttavat paperipuiden laatuominaisuuksiin, kuten jäljempänä varastoimisvikojen yhteydessä tulee yksityiskohtaisesti esille.

Ennen tutkimustulosten tarkastelua on syytä kiinnittää huomiota aineistossa esiintyviin puutteellisuuksiin, jotka aiheutuvat etupäässä siitä, ettei kuivumisen selvittely ollut tutkimuksen päätehtävänä. Ehkä suurimman vaikeuden tuottaa tässä suhteessa hieman sopimaton mittausten suoritusaika. Mittaukset suoritettiin nimittäin kuusen osalta 12-27.5.1950 ja männyn osalta 30.5.-3.6.1950 välisinä aikoina. Mittausajan pituudesta johtuu, etteivät eri tutkimusyksiköiden vesipitoisuudet ole keskenään täysin verrannollisia. Tätä suurempi haitta aiheutuu kuitenkin siitä, että mittausaika oli liian myöhäinen puiden uittoon panon kannalta. Tänä väliaikana puut olivat ehtineet kuivua lisää, mikä tietys-

ti haittaa vertailujen tekoa. Koska kuitenkin paperipuiden kuivumista yleensä ja metsässä kuivumista erikoisesti koskettelevat tutkimustiedot ovat meillä hyvin puutteellisia ja koska varastoimisvikojen ymmärtäminen edellyttää kuivumisen kulun tuntemista, katsottiin asialliseksi käsitellä tätä puolta suhteellisen yksityiskohtaisesti.

Puutavaran kuivumisessa ja yleensä vesipitoisuuden muutoksissa voidaan havaita kaksi toisistaan selvästi eroavaa vaihetta:

1) Vasta kaadetun tuoreen puun kuivuminen siinä määrin, että ns. kuivumistasapaino saavutetaan.
2) Tasapainon saavuttamisen jälkeen vesipitoisuudessa eri syistä aiheutuvat muutokset.

Tuoreen puun kuivuessa vesi poistuu ensiksi soluonteloista pääasiassa pintapuusta, sillä sydänpuun soluonteloissa oleva vesimäärä on erittäin vähäinen. Soluonteloiden tyhjentyminen tapahtuu siten, että ensin tyhjentyvät suuriontelolset kevätpuun solut ja vasta sen jälkeen kesäpuusolukko ja ydinsäteet. Rajavesipitoisuutena on 45-50 % kuiva-ainepainosta. Veden poistuminen soluonteloista jatkuu niin kauan, kunnes vesipitoisuus on pintapuussa n. 30 % ja sydänpuussa n. 28 %, eli vettä on enää ainoastaan solujen seinämissä. Tätä rajapistettä nimitetään puunsyiden kyllästymispisteeksi, ja sillä on tietty merkityksensä mm. puutavaran pilaantumisessa. Kuivuminen tapahtuu aluksi, kun vesipitoisuus on suuri, erittäin nopeasti, mutta hidastuu sitten ensin vähitellen, mutta kun vesipitoisuus on laskenut alle 40 %, nopeasti. Lopulta päästään siihen pisteeseen, jolloin kuivumista ei voi enää tapahtua, ellei ulkoilman suhteellinen kosteus alene tai lämpötila kohoa. Pölkky on tällöin saavuttanut kuivumistasapainon. Tasapainotilan vallitessa männyn pintapuun vesipitoisuus on ilman lämpötilan ollessa +20°C n. 16 % kuiva-ainepainosta, kun ilman kosteus on 70 %, mutta 30 % kuiva-ainepainosta, kun ilman suhteellinen kosteus nousee 100 %:iin (T u o m o l a 1943). Näin ollen ei ole niinkään yksinkertaista sanoa, milloin puu on täysin kuivumistasapainon saavuttanutta. Sydänpuussa tasapainotila saavutetaan vastaavasti 13.5 ja 25 % vesipitoisuuksissa. Sydänpuun kuivumisnopeus ei jää suinkaan sanottavasti jälkeen pintapuun kuivumisesta. Paljon kesäpuuta sisältävän, painavan puun kuivumisnopeus on pienempi kuin kevyen puun.

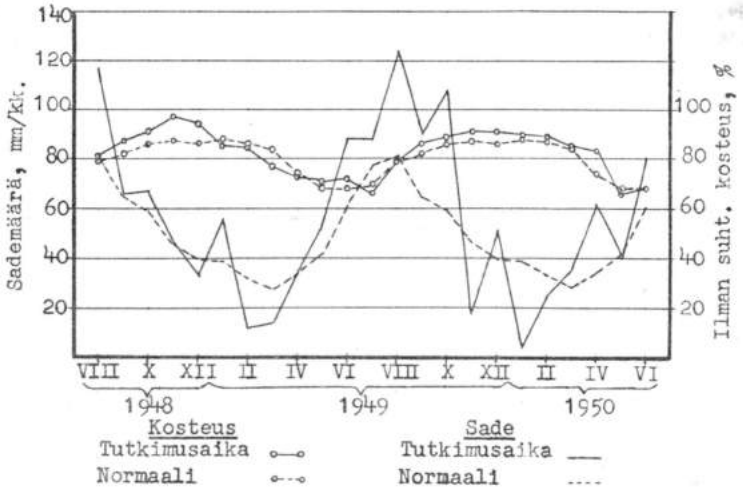
Kun pölkky on saavuttanut kuivumistasapainon, sääolosuhteiden vaihtelut joko lisäävät tai vähentävät vesipitoisuutta. Suurimmillaan vesipitoisuus on loppusyksyn ja talven aikana. On todettu, ettei puun uudestaan vettyessä tasapainotilaa saavuteta samoissa vesipitoisuuksissa kuin tuoreen puun kuivuessa (ns. hysteresis-ilmiö). Niinpä jos ilman lämpötila on +20°C ja suhteellinen kosteus 70 %, tuoreen puun kuivuessa tasapaino saavutetaan 16 % vesipitoisuudessa, mutta puun uudestaan vettyessä jo n. 13 % vesipitoisuudessa (Tuomola). Ero on siis n. 3 %. Jos lämpötila kohoaa, ero pienenee. Niinpä +50°C lämpötilassa ero on vain 2-2.5 %. Tähän soluseinämien vesimäärän vähentymiseen uudestaan kostutuksen aikana ei liene vielä löydetty pätevää selitystä. Jos uudestaan kostunut puu kuivataan toisen kerran, kuivumisnopeus on selvästi pienempi kuin ensimmäisellä kerralla, mikä aiheutunee pääosaltaan pihkan hapettumisesta ja soluseinämien impregnoitumisesta vettä läpäisemättömiksi.

Koska kuivumisen nopeuteen ja vesipitoisuuden vaihteluihin vaikuttavia tekijöitä on paljon, on mahdollista vertailla tutkimusaikana vallinneita kuivumis-

tekijöitä vain eräiltä tärkeimmiltä osiltaan. Ilmatieteellisen Keskuslaitoksen Kajaanin havaintoaseman tietojen mukaan (piirros 1) syksy 1948, jolta ajalta tutkimusaineiston vanhin osa on, on ollut hieman tavallista sateisempi ja kosteampi. Kevät, kesä ja syksy 1949 ovat samoin olleet huomattavasti normaalia sateisempia ja yleensä myös normaalia kosteampia. Voidaan siis sanoa, etteivät tutkimusaineiston pölkkyjen kuivumismahdollisuudet ole olleet mitenkään erikoisen hyvät, pikemminkin päinvastoin. Myös huhtikuu 1950 on ollut Kajaanin seudulla tavallista sateisempi ja kosteampi, joten varhaiskevään kuivuminen on jäänyt heikoksi. Vasta toukokuussa 1950 sääolosuhteet ovat kääntyneet edullisemmiksi, ollen silloinkin silti hyvin lähellä normaaleja olosuhteita. Tämän yleisen tarkastelun lopputuloksena voidaan sanoa, ettei tutkimusaineiston pölkkyjen vesipitoisuus ainakaan toukokuun alussa v. 1950 ole missään tapauksessa voinut olla tavallista pienempi. Toukokuussa 1950 vallinneet edulliset säät ovat auttaneet erityisesti vaillinaisesti kuivuneiden pölkkyjen kuivumista ja sitä enemmän, mitä myöhemmin toukokuussa ja kesäkuun alkupäivinä mittaukset suoritettiin. Teoreettista tietä on kuitenkin jokseenkin mahdotonta laskea, miten suuri tämän edullisen kuivumisajan vaikutus on ollut, koska se olisi edellyttänyt yksityiskohtaisten kosteus- ja lämpötilahavaintojen tekoa.

Piirros 1.

Sademäärä ja ilman suhteellinen kosteus. Ilmatieteellisen Keskuslaitoksen Kajaanin havaintoasema.



Kuusipaperipuut

Ryhdyttäessä varsinaisesti tarkastelemaan tutkimustuloksia otetaan ensimmäisenä esille kuusipaperipuiden keskimääräiset vesipitoisuudet eri hakkuuaikaryhmissä ja sen jälkeen selvitetään, miten luotettavina näitä keskiarvolukuja voidaan pitää ja miten voimakas vaikutus erilaisilla puun ominaisuuksilla ja ulkoi-

silla olosuhteilla on ollut kuivumisen määrään.

Hakkuuajan vaikutus

Hakkuuajan vaikutus kuivumisen määrään ei ole mielenkiintoista ainoastaan teoreettisessa mielessä, vaan sillä on myös tietty käytännöllinen merkitys. Niinpä n. 20 %:lla Kajaani Oy:n uittamista paperipuista on viime sotien jälkeen ollut alle yhden vuoden kuivumisaika takanaan, ja tästäkin määrästä on puolet hakattu edellisen vuoden elokuun jälkeen.

Eri aikoina hakattujen kuusipaperipuiden vesipitoisuuden keskiarvoja (taulukko 2) tarkasteltaessa havaitaan, että aineisto jakaantuu kolmeen eri ryhmään. Parhaiten ovat kuivuneet syksyllä 1948 ja touko-kesäkuussa 1949 hakatut pölkyt, joiden vesipitoisuus on 23···24 % kuiva-ainepainosta ja joita voidaan pitää kuivumistasapainon saavuttaneina. Toisen ryhmän muodostavat heinä-elokuussa 1949 hakatut puut, joiden vesipitoisuus on ollut 27···30 %. Kesä- ja heinäkuussa hakattujen pölkkyjen välillä on siis varsin selvä ero, joka ei voi aiheutua mittausaikojenkaan erilaisuudesta. Elokuussa kuoritut pölkyt ovat sisältäneet enemmän vettä kuin heinäkuussa kuoritut, vaikka edellisten mittaus on suoritettu keskimäärin 10 vrk. myöhemmin. Kolmannen ryhmän muodostavat syys-joulukuussa 1949 hakatut paperipuut, jotka ovat sisältäneet vettä yli 50 % kuiva-ainepainosta. Ne ovat siis olleet aivan vaillinaisesti kuivuneita. Tässä yhteydessä sopinee viitata syksyllä kuorittujen paperipuiden heikkoon kuivumiseen, mikä todettiin paperipuiden keväällä kuivumista koskevan tutkimuksen yhteydessä (Metsätehon tiedoituksia n:o 41) ja mikä aiheutunee pölkyn pinnan pihkottumisesta veden kulkua huonosti läpäiseväksi, tai ehkä myös kuorinnan epätäydellisyydestä nilakuorinta-ajan mentyä ohitse ja kuoren ollessa tiukasti kiinni tai molemmista seikoista samanaikaisesti.

Taulukko 2.

Eri aikoina tehtyjen 2 m puolipuhtaiden kuusipaperipuiden vesipitoisuus toukokuussa 1950.

Hakkuuaika	Mittausaika	Vesipitoisuus, % kuiva-ainepainosta					
		Keskimäärin	-29.9	30-39.9	40-49.9	50+	Yht.
			% kpl.-luvusta				
Syksy 1948	25-27.5.	23.1	92	8	-	-	100
Toukok. 1949	19-23.5.	24.3	96	4	-	-	100
Kesäk. "	13-16.5.	23.4	98	2	-	-	100
Heinäk. "	12-16.5.	27.4	84	9	3	4	100
Elok. "	24.5.	29.5	63	26	6	5	100
Syysk. "	17-20.5.	55.4	15	15	16	54	100
Jouluk. "	17.5.	54.5	5	15	35	45	100
Keskimäärin		28.7					

Paperipuiden kuivumisesta saatu kuva jäisi kuitenkin hyvin vaillinaiseksi, ellei tarkasteltaisi lähemmin pölkkyjen jakaantumista eri vesipitoisuusluokkiin (taulukko 2). Taulukon luvut ilmaisevat havainnollisesti, että edellä suoritettu jako kolmeen ryhmään on ollut oikeutettu. Syksyllä 1948 ja touko-kesäkuussa 1949 hakattujen kuusipölkkyjen joukossa ei ole ollut yhtään pölkkyä, jonka vesipitoisuus olisi ollut 40 % kuiva-ainepainosta, kun taas heinä-elokuussa hakatuista 7···12 % kappaleluvusta on sisältänyt vettä päälle 40 %. Syksyllä 1949 hakatuista tällaisia on ollut 70···80 % koko kappaleluvusta. Nähdään siis, että vaikkapa heinä-elokuussa edellisenä kesänä hakattujen pölkkyjen keskimääräinen vesipitoisuus olikin suhteellisen alhainen, joukossa on kuitenkin huomattava määrä vaillinaisesti kuivuneita. Tarkasteltaessa yksityiskohtaisesti, millaisia nämä pölkyt ovat olleet, todettiin, että puolet niistä oli ristikon aluspölkkyjä ja lopuistakin suuri osa ristikon alaosista, että keskiläpimitta oli poikkeuksellisen suuri (19 cm) ja että yhtä poikkeusta lukuun ottamatta pölkyt olivat harvinaisen hyväkasvuisia. Kaikki nämä ovat ominaisuuksia, jotka eivät suinkaan ole omiaan kuivumista jouduttamaan, kuten jäljempänä tulee yksityiskohtaisesti ilmi.

Pölkyn koon vaikutus

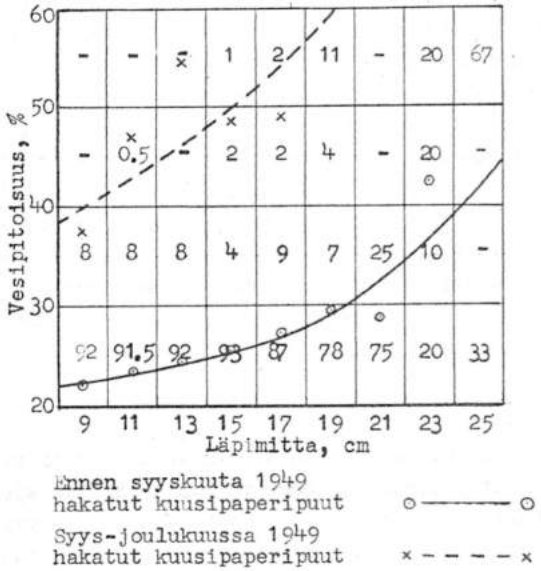
Vesipitoisuuden määrää ei ratkaise ainoastaan kuivumisajan pituus, vaan myös monet muut tekijät, joista eräisiin voidaan vaikuttaa hankintojen yhteydessä ja jotka siten on syytä hakkuita suoritettaessa ottaa mahdollisuuksien mukaan huomioon. Ensimmäisenä otettakoon tässä esille pölkyn koon vaikutus. Kuivumisen voimakkuuden riippuessa kuivumiselle alttiin pölkyn pinta-alan suuruudesta on luonnollista, että pienet pölkyt, joiden ulkopinta kuutiosisältöön verrattuna on suurempi kuin isojen pölkkyjen, kuivuvat nopeammin (piirros 2). Mitä kookkaammista pölkyistä on kysymys, sitä suurempi on niiden keskimääräinen vesipitoisuus ja sitä suurempi osa kappaleluvusta kuuluu vaillinaisesti kuivuneiden luokkaan. Mitä pitempi kuivumisaika pölkyillä on, sitä pienemmiksi erot eri kokoisten pölkkyjen kesken muodostuvat. Jos siis tahdotaan saada kaikki pölkyt yhtä kuiviksi lyhyen ajan kuluessa, on kiinnitettävä erityinen huomio suurimpiin pölkkyihin varaamalla niille tavallista paremmat kuivumisolosuhteet. Kokonaan toinen kysymys on sen sijaan, miten suuri hyöty tästä on puiden uimiskyvylle, sillä isot pölkyt kuutiomäärään nähden pienen ulkopintansa perusteella kelluvat paremmin kuin pienet pölkyt.

Eri aikoina hakattujen puiden vesipitoisuuden vaihteluiden selvittämiseksi esitetään seuraavassa tietoja näiden pölkkyjen suuruudesta:

Hakkuuaika	Vesipitoisuus, %	Keskiläpimitta, cm	16 cm ja sitä vahvempia pölkkyjä, % kpl.-luvusta
Syksy 1948	23.1	12.3	8
Toukok. 1949	24.3	12.8	13
Kesäk. "	23.4	13.1	13
Heinäk. "	27.4	14.5	30
Elok. "	29.5	13.1	15
Syysk. "	55.4	14.3	26
Jouluk. "	54.5	12.9	15

Piirros 2.

Vesipitoisuuden riippuvuus pölkyn koosta toukokuussa 1950. Numerot esittävät ennen syyskuuta 1949 tehtyjen, eri kokoisten pölkkyjen prosenttista jakaantumista suuruusluokittain vesipitoisuutensa perusteella.



Nähdään, että eri tutkimusyksiköt eivät ole täysin yhtäläisiä kooltaan. Huomion ansaitsee heinäkuussa 1949 hakattujen pölkkyjen tavallista suurempi koko, mikä merkitsee sitä, että näiden pölkkyjen keskimääräinen vesipitoisuusprosentti on hieman liian suuri muihin tutkimusyksiköihin verrattuna.

Varastoimistavan vaikutus

Vesipitoisuuden ja varastoimistavan voi ajatella olevan riippuvuussuhteessa keskenään hyvinkin monella eri tavalla. Mitä ensinnä p ö l k y n r i s t i k o s s a s i j a i n n i n merkitykseen tulee, on todettu ilman lämpötilan olevan sitä pienempi, mitä lähempänä maanpintaa mittauspaikka sijaitsee (G e i g e r). Ero on suurimmillaan aamupäivällä ja illalla. Tästä johtuu, että maanpinnan lähellä ilman suhteellinen kosteus nousee suuremmaksi kuin ylempänä maanpinnasta. Samaan suuntaan vaikuttavat myös maaperän ja kasvien veden haihtuminen sekä kasvillisuudesta aiheutuva ilman vaihtumisen vähentyminen. Niinpä Saksassa suoritettujen tutkimusten mukaan maanpinnan ja puiden latvojen kohdalla ilman kosteusprosenttien ero on yöllä keskimäärin 2-3 %, aamulla ja päivällä 5-8 % ja iltapäivällä sekä illalla 8-15 %. Selvimpinä erot näyttäytyvät aivan maanpinnan välittömässä läheisyydessä (Geiger). Koska kuivuminen riippuu kaikista yllä mainituista tekijöistä, on selvää, että ainakin sen alkuvaiheissa eri korkeudella maanpinnasta sijaitsevien pölkkyjen vesipitoisuudessa täytyy olla selvästi havaittavia eroja, kuten mm. ruotsalainen U l l é n (1929) onkin tutkimuksissaan todennut. Kuivuminen alkaa pölkkyjen päistä erityisesti varastomuo-

dostelman niiltä puolilta, jotka ovat etelään ja länteen päin. Alhaalla olevien pölkkyjen kuivuminen tapahtuu yleensä hitaammin kuin varastomuodostelman yläosassa olevien. Kuivumisajan tullessa riittävän pitkäksi erot vähitellen tasoittuvat.

Aineiston käsittelyä suoritettaessa ristikon pölkyt jaettiin kolmeen ryhmään, alus-, keski- ja päällyspölkkyihin. Aluspölkkyihin kuuluvat ainoastaan alinna sijaitsevat, so. aluspuita koskettavat pölkyt. Päällyspölkyillä taas ymmärretään ylimmän kerroksen, so. tavallisimmin ristikon katon pölkkyjä. Keskipölkkyihin luetaan kaikki muut. Kun nyt tarkastellaan näiden eri pölkkyryhmien keskimääräisiä vesipitoisuuksia hakkuuaikaryhmittäin (taulukko 3), voidaan todeta, että aluspölkkyjen vesipitoisuus on ollut yleensä suurempi kuin muiden pölkkyryhmien. Keski- ja päällyspölkkyjen väliset erot ovat muodostuneet tavallisesti hyvin vähäisiksi.

Taulukko 3.

Ristikon alus-, keski- ja päällyspölkkyjen vesipitoisuus, % kuiva-ainepainosta. 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut.

Hakkuuaika	Aluspölkyt		Keskipölkyt		Päällyspölkyt		Kaikki yht.	
	Kpl.	Vesip.,%	Kpl.	Vesip.,%	Kpl.	Vesip.,%	Kpl.	Vesip.,%
Syksy 1948	24	22.5	148	23.1	27	24.4	199	23.1
Toukok. 1949	24	25.8	136	24.2	49	23.9	209	24.3
Kesäk. "	19	25.0	60	22.9	18	23.3	97	23.4
Heinäk. "	23	34.5	54	26.1	32	24.4	109	27.4
Elok. "	6	42.5	46	28.7	17	27.2	69	29.5
Syysk. "	10	64.0	47	56.0	20	49.8	77	55.4
Jouluk. "	2	42.5	12	51.3	6	65.0	20	54.5
Yht.ja keskim.	108	31.6	503	27.8	169	28.9	780	28.7

Asia muuttuu kuitenkin huomattavasti toisenlaiseksi, jos myös pölkkyjen koko otetaan samanaikaisesti huomioon. Edellä olevasta käy ilmi, että näin on syytä tehdä (piirros 2).

Eri pölkkyryhmien keskiläpimitat olivat seuraavat:

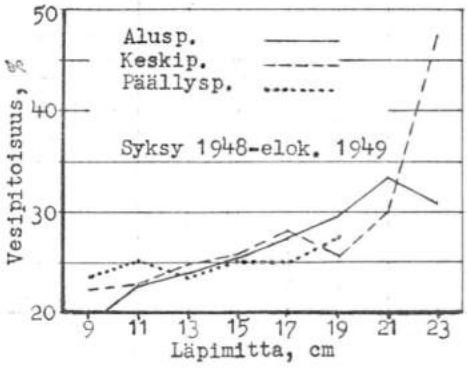
- aluspölkyt 16.3 cm
- keskipölkyt 12.6 "
- päällyspölkyt 11.8 "
- keskimäärin 12.9 "

Näin suurien erojen syntyminen eri pölkkyryhmien pölkkyjen kokojen välille on luonnollinen seuraus ristikoinnissa käytetystä ihmistyövoimasta. Työntekijä sijoittaa suuret pölkyt mieluimmin niin alas kuin mahdollista voimiaan säästääkseen. Koska pölkkyjen vesipitoisuus suurenee läpimitan kasvaessa, on selvää, etteivät erot eri pölkkyryhmien kesken voi muodostua niin suuriksi kuin taulukossa 3. Tämä voidaankin todeta vakuuttavasti, kun alus-, keski- ja päällyspölkkyjen vesipitoisuudet ryhmitetään pölkyn koon mukaan (piirros 3). Erojen havaitaan eri pölkkyryhmien kesken jäävän olemattoman pieniksi. Saatu tulos voitaneen se-

liittää siten, että kuivumisaika on ollut yleensä riittävän pitkä myös heikommissa kuivumisolosuhteissa olleilla pölkyillä (syys-joulukuussa 1949 hakatut pölkythän puuttuivat piirroksesta). Tätä vahvistaa myös se seikka, että syys-joulukuussa 1949 hakattujen aluspölkkyjen vesipitoisuus on ollut yleensä suurempi kuin muiden pölkkyjen. Aluspölkkyjen pienelle vesipitoisuudelle voi olla selityksenä myös sateiden suoranaisen vaikutuksen vähäisyys, sillä nehän ovat paremmin suojassa sateelta kuin muut pölkyt. Tällä linee kuitenkin vähemmän merkitystä, sillä paras kuivumisaika - toukokuu 1950 - oli vähäsateinen. Aluspölkkyjen suhteellisen hyvään kuivumiseen muihin pölkkyryhmiin verrattuna lienee ainakin osittaisena syynä suhteellisen hyvä ilmanvaihto ristikon alaosassa. Suuri osa ristikoista oli näet ns. varastoristikoita, joissa oli ladottu täydet kerrokset ristikkäin toistensa päälle. Luonnollisesti tällaisissa täysissä kerroksissa ilmanvaihto ja kuivuminen jäävät epätyydyttäviksi.

Piirros 3.

Alus-, keski- ja päällyspölkkyjen vesipitoisuus toukokuussa 1950. Syksyn 1948 ja elokuun 1949 välisenä aikana hakatut 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut.



Jotta yo. tiedoille eri paikoissa ristikkoa sijaitsevien pölkkyjen kuivumisesta saataisiin vahvistusta, on lisäksi laskettu eri pölkkyryhmien jakaantuminen pintapuun lustoleveyden mukaan:

Hakkuuaika	Pintapuun 10 vuosiluston leveys 10 mm tai yli, % kpl.-luvusta		
	Aluspölkyt	Keskipölkyt	Päällyspölkyt
Syksy 1948-elok. 1949	52	39	43
Syys-jouluk. 1949	58	49	62

Koska suuri lustoleveys yleensä merkitsee heikkoa kuivumista (sivu 18), lustoleveyden tarkastelu ei osoita aluspölkkyjen tässä suhteessa suinkaan olleen edullisemmassa asemassa, pikemminkin päinvastoin.

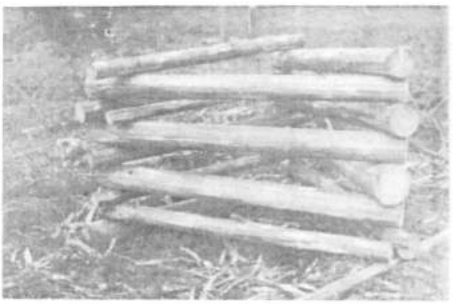
Toiseksi tarkastellaan e r i t a v o i n v a r a s t o i t u j e n a l u s p ö l k k y j e n kuivumista. Tutkimusmuistiinpanojen mukaan n. 1/3 ristikoista syys-jouluk. 1949 tehtyjä lukuun ottamatta oli tehty niin huonojen aluspuiden päälle, että ainakin yhden aluspölkyn jompikumpi pää tai alapinta kosketti

maata. Koska tällaiset pölkyt otettiin poikkeuksetta tutkimusaineistoon, voidaan nyt hyvin vertailla näiden ja kaikkien aluspölkkyjen vesipitoisuutta.

Pölkkyryhmä	Läpimitta, cm 9	11	13	15	17	19	21
	Vesipitoisuus, %						
Maata koskettavat aluspölkyt	17.5	20.0	25.5	25.8	26.3	41.1	72.5
Kaikki aluspölkyt	19.2	22.9	24.3	25.8	27.5	29.6	33.8

Asetelmasta on jätetty pois syys-joulukuussa 1949 hakatut pölkyt, koska niiden vesipitoisuus olisi poikennut liian paljon muusta aineistosta ja koska maata koskettavia pölkkyjä oli niiden joukossa erittäin vähän. Asetelman perusteella voidaan todeta, ettei maahan koskettaminen ole lisännyt vesipitoisuutta (suurimpia läpimittaluokkia koskevat arvot ovat ilmeisesti poikkeuksellisia). Itse asiassa tämä seikka tuntuu luonnolliselta, sillä vaikkapa koko pölkyn alapinta olisi veden peitossa, veden yläpuolella olevan osan vesipitoisuus ei suurestikaan muutu, kuten Ruotsissa suoritetuissa havutukkien uittokokeiluissa on saatettu todeta, jos vain pölkyn yläpinnan kuivumisolosuhteet ovat hyvät (B j ö r k m a n 1946 b, s. 28). Maahan koskettamisen merkitys kuivumisen kannalta rajoittuneekin niihin tapauksiin, jolloin koko pölkky esim. ristikon hajoamisen jälkeen on maanpinnan kanssa kosketuksissa tai kuivumisaika on lyhyt.

Lopuksi tarkastellaan vielä varastoimistavan vaikutusta käytetyn r i s t i k k o m a l l i n kannalta. Ristikot on aineistoa käsiteltäessä jaettu kahteen luokkaan, harvoihin ja tiheisiin. Harvoihin on luettu kolmioristikot, joi-



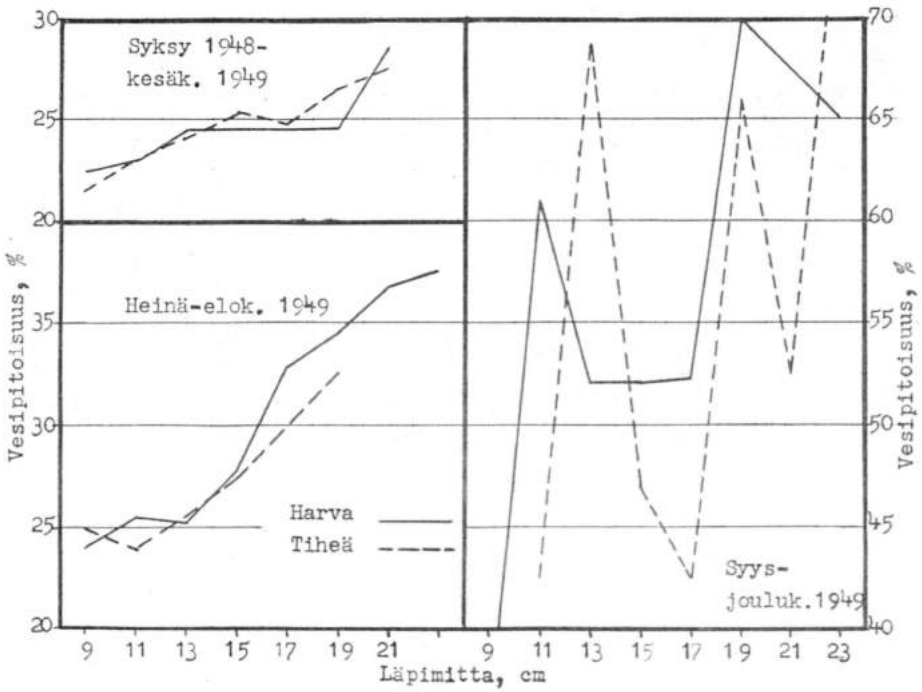
Kuva 1. Harva ristikko. Osa niistä oli kolmiomallisia, kuten kuvassa, mutta pääosa kuitenkin neliömallisia ja tavallisesti katolla varustettuja. Valok. kirj. Kuru, 1949. - Fig.1. Sparse crosswise-stacked pile. Some of the piles were of triangular pattern, as the one in the picture, but the majority were rectangular and usually equipped with a cover. Photo by the author. Kuru, 1949.

Kuva 2. Tiheä ristikko. Kaikki tiheät ristikot olivat neliömallia, mutta täysien kerrosten lukumäärä vaihteli. Ristikko on luettu tiheäksi vasta sitten, kun siinä on vähintään kaksi täyttä kerrosta. Valok. kirj. Sotkamo, 1950. - Fig.2. Dense crosswise-stacked pile. All the dense piles were rectangular in pattern, but the number of full layers varied. The pile is considered as dense only when it has at least two full layers. Photo by the author. Sotkamo, 1950.

ta oli tosin vain muutamia kappaleita, sekä sellaiset neliöristikot, joissa oli ainoastaan yksi täysi kerros (katto). Tiheisiin on taas laskettu sellaiset neliöristikot, joissa on vähintään kaksi, mutta tavallisesti useampia täysiä kerroksia. Tarkempaan luokitteluun ei aineiston liiallisen pirstomisen välttämiseksi ole katsottu voitavan mennä. Verrattaessa näiden kahden ristikkoluokan vesipitoisuuksia (piirros 4) voidaan todeta, ettei selviä eroja ole havaittavissa. Selityksenä tähän, ensi näkemältä hyvinkin oudolta vaikuttavaan seikkaan voidaan mainita ensiksikin, että ero eri ristikkoluokkien kesken ilman kulkumahdollisuuksien kannalta on itse asiassa suhteellisen pieni, toiseksi kuivuminen on kevään 1950 aikana ehtinyt suurimmassa osassa aineistoa jo niin pitkälle, ettei ristikkomallilla voi olettaa olevan mitään erityistä merkitystä. Viitattakoon tässä yhteydessä mm. Metsätehon suorittamaan tutkimukseen paperipuiden kevätkuivumisesta (Metsätehon tiedoituksia n:o 41), mikä osoitti pinossa ja ristikossa olevien paperipuiden kuivumisen eron pienenevän kuivumisajan jatkuessa. Syys-joulukuussa 1949 hakattujen, huonosti kuivuneiden paperipuiden aineisto on liian pieni, että sen perusteella voitaisiin tehdä mitään ratkaisevia päätelmiä. On myös otettava huomioon, että vaikka tiheiden ristikoiden pölkkyjen keskikorkeus maasta lukien onkin pienempi kuin harvoissa ristikoissa, ero jää suhteellisen vaatimattomaksi, koska tiheissäkin ristikoissa oli 4 pölkyn (2 kerrosta) muodostama ilmaristikko maata lähinnä. Ilman kosteuden erot eri korkeuksilla maasta aivan maan pinnan läheisintä osaa lukuun ottamatta eivät myöskään

Piirros 4.

Harvoissa ja tiheissä ristikoissa olevien, eri aikoina hakattujen 2 m puolipuhtaiden kuusipaperipuiden vesipitoisuus toukokuussa 1950.



ole niin suuret, että tämä seikka voisi vaikuttaa kovin voimakkaasti.

Hakkuupaikan vaikutus

Myös hakkuupaikan voi olettaa vaikuttavan kuivumisen määrään, siten että mitä aukeampi, kuivempi ja auringon paahteelle alttiimpi paikka on, sitä paremmin pölkyt kuivuvat. Tutkimusaineisto on kuitenkin peräisin niin erilaisista hakkuupaikoista, että on vaikeahkoa suorittaa täysin asiallista ryhmittelyä, jossa eri tekijät otetaan huomioon niiden ansaitsemassa suhteessa. Siksi on tyydytty erottamaan muusta aineistosta ne ristikot, jotka sijaitsivat mahdollisimman edullisissa ja epäedullisissa olosuhteissa. Keskimääräiset vesipitoisuudet olivat täten saaduissa kolmessa ryhmässä seuraavat (syys-joulukuussa 1949 hakatut pölkyt puuttuvat):

I (aukea, kuiva)	24.5 %
II (keskinkertainen)	24.7 "
III (tiheys 0.6, kostea)	28.1 "

Parhaissa kuivumisolosuhteissa ristikot olivat kuivuneet niin hyvin, ettei läpimitta vaikuttanut sanottavasti vesipitoisuuteen. II luokassa keskimääräinen vesipitoisuus oli tosin hyvin alhainen, mutta suuret pölkyt eivät olleet kuivuneet aivan yhtä hyvin. Pahimmissa paikoissa sijainneet pölkyt olivat kuivuneet kaikissa läpimittaluokissa huonommin kuin toiset. Ero oli erityisen huomattava suurimmissa läpimittaluokissa. Tarkastelu siis osoittaa hakkuupaikalla olevan huomion arvoisen merkityksen kuusipaperipuiden kuivumiselle. Tuntuu todennäköiseltä, että ilman vaihtumismahdollisuuksilla on suurin merkitys, sillä jos tuulen nopeus tulee nelinkertaiseksi, kuivumisnopeus on noin kaksinkertainen (Ullén 1929). Tosin auringon säteiden vaikutus kytkeytyy yleensä ilman vaihtumismahdollisuuksiin, sillä tiheässä metsässä, jossa ilmamassojen liike lähentelee nollaa, ei aurinkokaan pääse lämmittämään metsän sisustaa eikä siellä olevia paperipuuristikoita. On luonnollista, että eniten kuivaamista vaativat pölkyt joutuvat tiheässä metsässä vaikeimpaan asemaan.

Pintapuun vuosilustojen leveyden vaikutus

Edellä suoritetussa vesipitoisuuden tarkastelussa ei ole otettu huomioon, että yksityisten pölkkyjen sisältämä vesimäärä voi vaihdella voimakkaasti lähinnä pintapuun määrästä ja laadusta johtuen. Sydänpuun vesipitoisuushan vaihtelee hyvin pienessä mitassa eikä siihen voida ulkokuivauksella kovin paljoa vaikuttaa. Näin ollen vesipitoisuuden vaihtelut johtuvat suurimmaksi osaksi pintapuusta. Mitä leveälustoisempaa pintapuu on, sitä suuremmat ovat sen soluontelot ja sitä enemmän se sisältää vettä. Näin ollen on luonnollista, että leveälustoiset (hyväkasvuiset) pölkyt sisältävät kapealustoisiin (hidaskasvuisiin) verrattuina sitä enemmän vettä, kuta lyhyempi on kuivumisaika ja kuta huonommat ovat kuivumisolosuhteet. Leveiden vuosilustojen vaikutusta korostaa se seikka, että ne yleensä merkitsevät samalla suurta pintapuuprosenttia. Taulukosta 4 ilmeneekin, että mitä lyhyempi kuivumisaika pölkyillä on takanaan, sitä suurempi on kapea- ja leveälustoisten pölkkyjen vesipitoisuuden ero. Taulukosta havaitaan, että suurin osa heinä-elokuussa 1949 hakatuista pölkyistä on kuivunut riittävästi, mutta että leveälustoisimmat pölkyt olisivat vaatineet

Taulukko 4.

Vesipitoisuuden riippuvuus pintapuun vuosilustojen leveydestä. 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut.

Hakkuuaika		Pintapuun 10 vuosiluston leveys, mm			
		alle 5	5-9	10 - 14	15 ja yli
Syksy 1948	Vesip., %	23.1	22.8	23.7	23.9
	Suhdeluku	101	100	104	105
Toukok. 1949	Vesip., %	24.5	24.3	23.9	25.4
	Suhdeluku	101	100	98	105
Kesäk. "	Vesip., %	22.5	23.2	24.5	23.8
	Suhdeluku	97	100	106	102
Heinäk. "	Vesip., %	25.3	24.7	25.7	31.8
	Suhdeluku	102	100	104	129
Elok. "	Vesip., %	20.0	27.5	29.8	32.5
	Suhdeluku	73	100	108	118
Syysk. "	Vesip., %	32.4	44.5	65.4	75.3
	Suhdeluku	73	100	147	170
Jouluk. "	Vesip., %	35.0	40.5	53.5	68.8
	Suhdeluku	87	100	132	170
Keskimäärin	Vesip., %	25.0	25.5	29.0	39.5
	Suhdeluku	98	100	114	155

lisää kuivumisaikaa. Jos siis keski- ja loppukesällä hakattuja pölkkyjä aiotaan uittaa seuraavana keväänä, kannattaa kiinnittää suuri huomio pintapuun vuosilustojen leveyteen. On luonnollista, ettei tätä seikkaa voida jättää pois laskelmista myöskään pölkkyjen pilaantumista selvitettäessä.

Mäntypaperipuut

Kuusipaperipuiden kuivumista selostettaessa on yritetty aineiston sallimissa rajoissa selvittää kuivumisen määrään ja laatuun vaikuttavien tekijöiden osuus. Koska kuusi- ja mäntypaperipuiden kuivumisessa ei pitäisi olla sanottavia eroja, jos kuivumisolosuhteet ovat samanlaiset, ja koska mäntyaineisto on suhteellisen pieni, selostetaan seuraavassa mäntyjen kuivumista vain pääpiirteittäin ja lähinnä tutkimuksen pääteeman, varastoimisvikojen vaatimusten mukaisesti.

Mäntypaperipuiden vesipitoisuusmääritykset suoritettiin touko-kesäkuun vaihteessa 1950. Mäntypölkkyjen kuivumisaika keväällä 1950 oli siis hieman pitempi kuin kuusten. Juuri mittausaikana sattuneet sateet pääsivät kuitenkin sekoittamaan asiaa, kuten jäljempänä käy ilmi.

E r i h a k k u u a i k o i n a tehtyjen mäntypaperipuiden keskimääräiset vesipitoisuudet kuiva-ainepainosta laskettuina (taulukko 5) ilmaisevat, että kuusen ja männyn kuivuminen on saavuttanut suurin piirtein samat mittasuhteet.

Taulukko 5.

Eri aikoina tehtyjen 1.8 m puolipuhtaiden mäntypaperipuiden vesipitoisuus.

Hakkuuaika	Mittaus-aika	Vesipitoisuus, % kuiva-ainepainosta					
		Keski-määrin	- 30	30.1-40	40.1-50	50.1+	Yht.
			% kpl.-luvusta				
Syksy 1948	31.5.-2.6.	35.5	25	46	23	6	100
Helmi-maalisk.1949	1.6.	23.4	82	18	-	-	100
Toukok. "	30.5.	22.9	96	4	-	-	100
Touko-kesäk. "	31.5.-1.6.	28.6	65	32	3	-	100
Heinäk. "	3.6.	26.5	77	17	6	-	100
Elok. "	3.6.	25.2	86	12	2	-	100
Keskimäärin		28.0					

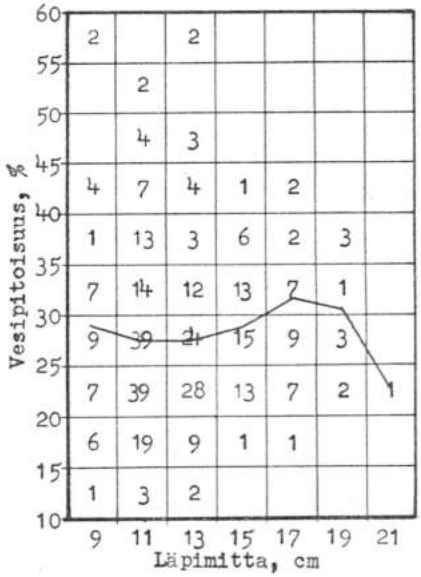
Yksityisistä hakkuuajoista erityisesti s y k s y 1 9 4 8 muodostaa kuitenkin yllättävän poikkeuksen. Silloin hakattujen mäntypölkkyjen suuri vesipitoisuus aiheutuu ainakin osittain tavallisista kuivumistekijöistä, kuten pölkyn koosta, varastoimistavasta, vuosilustojen leveydestä jne., mutta luultavasti myös s i n i s t ä j ä - ja v a r a s t o l a h o s i e n i e n v e d e n k u l k u a e h k ä i s e v ä s t ä t o i m i n n a s t a. Syksyllä 1948 hakattujen mäntypaperipuiden sinistyminen ja lahovikaisuus näet saavuttivat huomattavasti kaikista muista hakkuuaikaryhmistä poikkeavan laajuuden. Sinistäjä- ja lahosienien kuivumista ehkäisevään vaikutukseen ovat kiinnittäneet huomiota monet tutkijat. Niinpä J a l a v a n mukaan (1938) lahovikaiset vanerikoivut kuivuvat rasiin kaadettaessa huonommin kuin terveet. Samoin G r a i g h e a d ja S t. G e o r g e ovat todenneet sinistymisen haittaavan voimakkaasti puiden kemikaalikäsittelyä hyönteistuhoja kestäviksi. Sienten merkitys perustunee ennen kaikkea siihen, että niiden sienirihmat tukkivat soluseinämien huokoset ja estävät siten veden kulkeutumista solusta toiseen. Voimakkaasti lahonneiden mäntypaperipuiden suuri vesipitoisuus aiheutunee myös osittain niistä vesimääristä, joita selluloosan ja ligniinin hajoituksen yhteydessä syntyy. Joka tapauksessa sienituhojen merkitys vesipitoisuuden lisääjänä on sellaista suuruusluokkaa, että siihen kannattaa käytännössäkin kiinnittää täysi huomio.

P ö l k y n k o o n vaikutus vesipitoisuuteen on mäntypaperipuilla saanut hieman erilaisen suunnan kuin kuusipaperipuilla (piirros 5). Vesipitoisuus on näet pysynyt käytännöllisesti katsoen samana pölkyn koosta riippumatta. Jos kuivuminen olisi ehtinyt täysin solujen kyllästymispisteeseen saakka, vesipitoisuuskäyrän suunta olisi aivan luonnollinen. Näin ei kuitenkaan ole asia, kuten piirroksesta 5 havainnollisesti ilmenee, sillä huomattava osa pölkyistähän on epätyydyttävästi kuivuneita. Selitys tähän lienee löydettävissä mittausaikana sattuneista sateista, jotka kostuttivat erityisesti ristikoiden päällyspölkkyjä, joista suurin osa oli pienikokoisia ja siten suuripintaisia.

Suurin osa mäntypaperipuista aijaitsi kuusipaperipuuristikoissa ja yleensä niiden yläosissa, joten eri kerroksissa olevien pölkkyryhmien keskinäinen suhde muodostui hieman poikkeukselliseksi (taulukko 6). Aluspölkkyjä oli siis harvi-

Piirros 5.

Eri kokoisten 2 m puolipuhtaiden mäntypaperipuiden vesipitoisuus (% kuiva-ainepainosta) toukokuussa 1950.



naisen vähän, päällyspölkkyjä vastaavasti tavallista enemmän. Koska pölkyn koko ei ole mäntypaperipuilla sanottavasti vaikuttanut vesipitoisuuden määrään, aluspölkkyjen keskimääräinen vesipitoisuus on huomattavasti pienempi kuin kuusella. Mitä ylempänä ristikossa pölkyt ovat, sitä suuremmaksi vesipitoisuus nousee. Erityisesti päällyspölkkyjen sisältämä vesimäärä on harvinaisen suuri. Tämä seikka on omiaan nostamaan syksyllä 1948 hakattujen mäntypaperipuiden vesipitoisuutta, koska päällyspölkkyjen lukumäärä on juuri tässä ryhmässä varsin suuri.

Taulukko 6.

Ristikon alus-, keski- ja päällyspölkkyjen vesipitoisuus, % kuiva-ainepainosta. 1.8 m puolipuhtaat mäntypaperipuut.

Hakkuuaika	Aluspölkyt		Keskipölkyt		Päällyspölkyt		Kaikki yht.	
	Kpl.	Vesip.,%	Kpl.	Vesip.,%	Kpl.	Vesip.,%	Kpl.	Vesip.,%
Syksy 1948	7	30.4	28	32.9	49	37.7	84	35.5
Helmi-maalisk.1949	3	22.5	30	23.2	1	32.5	34	23.4
Toukok. "	7	21.8	44	22.8	23	23.4	74	22.9
Touko-kesäk. "	7	24.6	49	27.6	24	31.9	80	28.6
Heinäk. "	3	24.2	23	24.7	4	38.8	30	26.5
Elok. "	3	22.5	31	24.3	9	29.2	43	25.2
Yht. ja keskim.	30	24.9	205	25.8	110	32.7	345	28.0

Tulokset osoittavat, miten herkästi paperipuiden vesipitoisuus on riippuvainen kulloinkin vallitsevasta säästä. Kirjallisuudessa esitetään myös tietoja, että mäntypuun vedenimemiskyky olisi kuusen vastaavaa ominaisuutta voimakkaampi, joten sekin voinee ehkä osaltaan vaikuttaa asiaan.

Kuusipaperipuiden kuivumista tarkasteltaessa todettiin pintapuun vuosilustojen leveyden vaikuttavan suhteellisen voimakkaasti silloin, kun pölkyt eivät ole täysin kuivuneita. Mäntyä koskevat vastaavat tulokset (taulukko 7) osoittavat samaa, joskin aineiston pienuus ja yksipuolisuus pääsevät jossakin määrin häiritsemään.

Vesipitoisuuden riippuvuus 10 lähinnä pölkyn pintaa olevan vuosiluston leveydestä. 1.8 m puolipuhtaat mäntypaperipuut.

Hakkuuaika	Vuosilustojen leveys, mm				Keskimäärin
	-4	5-9	10-14	15 +	
	Vesipitoisuus, % kuiva-ainepainosta				
Syksy 1948	43.5	35.9	34.0	37.5	35.5
Helmi-maalisk. 1949	21.5	22.2	26.1	-	23.4
Toukok. "	22.1	22.9	21.5	-	22.9
Touko-kesäk. "	22.5	29.1	28.5	37.5	28.6
Heinäk. "	25.5	26.9	-	-	26.5
Elok. "	25.0	25.0	37.5	-	25.2
Keskimäärin	24.8	27.4	30.6	37.5	28.0

V a r a s t o i m i s v i a t

Paperipuiden metsävarastoinnin aikana syntyville vikaisuuksille on eri tahoilla pantu hyvinkin suuri paino. Niinpä F o r e s t P r o d u c t s L a b o r a t o r y (Madison, Wis., USA) on tutkimuksissaan päätynyt siihen, että paperipuita on varastoitava metsässä niin lyhyt aika kuin mahdollista ja että varastoitaessa on kiinnitettävä erityinen huomio ilmanvaihdon parantamiseen ja ristikoiden sijoitukseen aukeille paikoille (W e g e l i u s). Myös meillä on paperipuiden varastoimisvikoihin jouduttu kiinnittämään huomiota, koska paperipuuvarastot saattavat toisinaan nousta huomattavan suuriksi selluloosan ja paperin ym. puusta saatavien tuotteiden menekin maailman markkinoilla huonotessa. Esim. Kajaani Oy:ssä on viimeksi kuluneiden sotavuosien jälkeen uittoon tuleva paperipuu jakaantunut varastoimisajan pituuden puolesta suunnilleen seuraavasti:

Alle 1 v.	20 %
" 2 "	40 "
" 3 "	20 "
" 4 "	15 "
Yli 4 "	5 "
Yht.	100 %

On luonnollista, ettei pitkäaikainen varastoiminen jo pelkästään korkotappioiden vuoksi tule kysymykseen sellaisina aikoina, jolloin markkinat ovat tyydyttävät.

Puutavaraa varastoitaessa aiheutuvista vioista ovat tärkeimmät halkeilemineen, hyönteistuhot, sinistyminen ja lahoaminen. Paperipuiden kohdalla tulevat tavallisesti kysymykseen ainoastaan kaksi viimeksi mainittua, etenkin kun on kysymys primäärisistä vioittumista.

Muualla suoritetut tutkimukset

Sinistyminen

Sinistyminen aiheutuu erittäin monien sienilajien vaikutuksesta. Ruotsissa suoritettujen tutkimusten mukaan (L a g e r b e r g, L u n d b e r g ja M e l i n, B j ö r k m a n 1946, b) tällaisista sienilajeista mainittakoon mm. Pullularia pullulans, Phialophora fastigiata, Cladosporium herbarum, Ophiostoma pini, Trichosporium heteromorphum, Trichoderma lignorum, Ceratostomella coerulea jne. Suurta osaa sinistäjäsienistä ei edes tunneta. Näiden sienien itiöitä on kaikkialla ja ne leviävät ilmassa tuulen välityksellä, vedessä, kaarnakuoriaisten mukana ja puiden koskettaessa toisiaan. Vaikka sinistymisen aiheuttajia onkin lukematon joukko, niiden elintavat muistuttavat silti varsin suuressa määrässä toisiaan. Niinpä nämä sienet vaativat h a p p e a, mistä johtuen ne eivät voi yleensä tunkeutua kasvavan puun pintapuuhun, jossa happipitoisuus on pieni ja jossa elävät solut kilpailevat hapen saannista. Hapen tarpeesta myös johtuu, että heti puun kaatamisen jälkeen, jolloin soluonteloissa on ilmaa riittämättömästi, sinistäjäsienet eivät saa puussa elinmahdollisuuksia. Vasta kun puu on jonkin verran kuivunut ja soluonteloihin tunkeutunut ilmaa (n. 15 %), sienien kasvu pääsee alkamaan (T r e n d e l e n b u r g). Sienet tarvitsevat myös v e t t ä. Tästä johtuen ne eivät voi värjätä puuta enää sen jälkeen, kun kaikki vesi on poistunut soluonteloista. Sinistäjäsienet tarvitsevat edelleen tietyn määrän l ä m p ö ä. Optimilämpötila on n. 22°C ja alin raja nolla-asteen yläpuolella. On todettu, että eri sinistäjäsienet viihtyvät hyvin eri tavoin uudestaan kostuneessa puussa. Suuri osa sienilajeista ei tee kuitenkaan sanottavaa eroa soluonteloissa alkuperäisesti ja myöhemmin tulleen veden välillä, mikä merkitsee sitä, että jos puu kuivuttuaan kastuu uudestaan, se sinistyy jatkuvasti. Sienet elävät melkein yksinomaan pintapuun (erityisesti ydinsäteiden) parenkymaattisissa soluissa, mutta pienehkössä mitassa myös trakeideissa. Sydänpuukaan ei säästy aina sinistymiseltä. Mänty sinistyy yleensä pahemmin kuin kuusi. Koska puolipuhtaaksi tai vähemmänkin kuoritussa puussa pintapuu aina kuivuu ja soluonteloihin tulee ilmaa ja siten myös happea, kuorittu puu aina sinistyy varsin huomattavassa mitassa. Sen sijaan kuorimaton puu säästyy sinistymiseltä paljon paremmin (esim. Björkman 1946, b). Sinistäjäsienten levinneisyyden on todettu riippuvan hyvin suuressa mitassa siitä, miten paljon on kulloinkin saapuvilla eräitä toisia sienilajeja (Torulopsis- ja Rhodotorula-suvut) ja bakteereita, jotka haittaavat sinistäjäsienten toimintaa (M e l i n ja N a n n f e l d t, R e n n e r f e l t 1937, Björkman 1941). Niinpä jos puu lämmitetään 45-50°C:een, sinistäjäsienten vastustajat kuolevat. Seurauksena on tällöin entistä voimakkaam-

pi sinistyminen, koska sinistäjäsienet tuhoutuvat vasta 60-70° lämpötilassa.

Sinistäjäsienten toiminnasta puuraaka-aineessa on eräitä t u o t a n n o l l i s e n t o i m i n n a n kannalta vahingollisia seurauksia. Vaikkakaan ne eivät käytä ravinnokseen puun rakennusaineita, selluloosaa, hemiselluloosaa tai ligniiniä, niiden sienirihmojen pintaan kerääntyneet pigmentit värjäävät puun enemmän tai vähemmän siniharmaaksi. Tämä vaikuttaa epäedullisesti hiokkeen laatuun, vaikkakin on otettava huomioon, että ehkä suurempi osa sinistymisvahingoista syntyy hiokkeen valmistuksen ja varastoinnin aikana tapahtuneesta tartunnasta (Melin ja Nannfeldt, Rennerfelt 1937). Myös silkkiselluloosan valmistuksessa sinistymisellä on oma merkityksensä. Paitsi että se alentaa puun alfaselluloosapitoisuutta, se vaikeuttaa keittohapon tunkeutumista ja saa siten aikaan epätasaisen keiton. Myös selluloosan väriominaisuudet huononevat (Wegelius).

Näiden epäedullisten tekijäin vastapainona sinistymisen esitetään vähentävän veden imeytymistä puuhun uiton aikana ja siten pienentävän uppoamishukkaa. Niinpä Ö f v e r h o l m i n mukaan eri tavoin sinistyneiden kuusi- ja mäntypaperipuiden uppoaminen (% kpl.-luvusta) muodostui 1 ja 2 kesän uitossa seuraavaksi.

		1 kesän uitto			2 kesän uitto		
		Terveet	Vähän sinist.	Sinist.	Terveet	Vähän sinist.	Sinist.
Kuusi	Kesähakkuu	2	0	0	7	0	0
	Talvi "	1	0	0	4	0	-
Mänty	Kesähakkuu	27	3	3	52	24	39
	Talvi "	9	0	0	54	25	0

Myös sinistyneiden mäntytukkien uppoamisluvut olivat saman tutkimuksen mukaan hieman pienemmät kuin sinistymättömien. Tutkimusselostuksessa ei tosin tehdä yksityiskohtaisesti selkoa eri tavoin sinistyneiden pölkkyjen muista ominaisuuksista, mutta aineisto on poikkeuksellisen suuri ja saman metsäalueen puita koskeva.

Lahoaminen

Lahoaminen voidaan syntytapansa perusteella jakaa kahteen ryhmään:

a) Elävässä puussa syntyneet ns. r u n k o l a h o t, jotka runkoja apteerattaessa yleensä suurimmaksi osaksi joutuvat joko halkopuuhun tai jäävät tyveyksinä metsään. Toistaiseksi on hyvin vaillinaisesti selvitetty, missä määrin runkolaho voi jatkaa kehittymistään eri puutavaralajeiksi tehdyissä pölkyissä varastoimisen aikana. On kuitenkin todettu, että mm. kannoissa ja kuolleissa rungoissa elävä Polyporus pinicola voi käyttää hyväkseen kaadettuja puita (Björkman 1946, a). Myös elävissä rungoissa olevien lahosienten, kuten Polyporus pini, ilmoitetaan elävän varastoiduissa paperipuissa (K r e s s, H u m p h r e y, R i c h a r d s, B r a y & S t a i d l). Todennäköisesti runkolahoa aiheuttavien sienien esiintyminen paperipuissa on kuitenkin hyvin vähäistä.

b) V a r s i n a i s e t v a r a s t o l a h o t, joiden aiheuttajat eivät eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta voi elää elävissä puissa. Seuraavassa lahovioista puhuttaessa tarkoitetaankin yksinomaan tätä lahoryhmää.

Varastolahosienistä on Ruotsissa todettu ylivoimaisesti laajimmalle levinneeksi ja yleisimmäksi S t e r e u m s a n g u i n o l e n t u m (L a g e r-

b e r g 1924, Björkman 1946, a), joka luetaan primäärisiin lahon aiheuttajiin. Sen sienirihmasto kiertää kaikkialla havupuiden pintapuussa, mutta laho muodostuu juovittaiseksi näkyen poikkileikkauksessa punaruskeina läikkinä. Sieni syö alkuaikoina ligniiniä, mutta vähitellen myös selluloosaa (s y ö v y t y s - l a h o). Laho on sitkeää. Vähitellen lahojuovat yhtyvät, jolloin pitemmälle ehtineessä asteessa koko pintapuu lahoaa. Paitsi valmiissa puutavarassa tämä sieni viihtyy myös pystyrungoissa, jos puun latva on katkennut tai jos puu, erityisesti kuusi, saa olla leimattuna pystyssä pitemmän ajan. Toinen samaa lahotyyppiä edustava tärkeä lahosieni on Polyporus abietinus.

Muista havupuuta tuhoavista varastolahosienistä mainittakoon Corticium evolvens, joka aiheuttaa kovaa ja sitkeää v a l k o l a h o a.

Oman ryhmänsä muodostavat ne sienet, jotka syövät alusta pitäen selluloosaa ja joiden aiheuttama laho jakaantuu kuutiomaisiin, hauraisiin kappaleisiin (p u r k a m i s l a h o). Nämä sienet tulevat varastolahon aiheuttajina kysymykseen yleensä vasta toisen ja kolmannen kesän aikana. Niistä mainittakoon mm. Poria vaporaria, Trametes serialis, Trametes trabea ja Lenzites sepiaria.

Lahosienet leviävät pääasiallisesti itiöittensä välityksellä, joita on käytännöllisesti katsoen kaikkialla. Siitä johtuen ei olekaan mahdollista varastoida puutavaraa siten, että se olisi ehdottomasti suojattu tartunnalta. Jotta varastolahon tuhot saataisiin pienemmiksi, on kiinnitettävä päähuomio niihin tekijöihin, jotka ratkaisevat sienien elinmahdollisuudet. Lahosienien kehittymisen on todettu olevan riippuvainen suurin piirtein samoista tekijöistä kuin sinistäjäsienienkin. Niinpä ne tarvitsevat elääkseen happea, mutta on kuitenkin huomattava, että ainakin osa niistä kykenee jonkin aikaa toimimaan myös täysin veden täyttämässä puussa, jos lahoaminen on päässyt alkamaan puun ollessa kuivempaa (Björkman 1946, a). Täysin tuoreella puulla ei sen sijaan ole tartuntavaaraa. Tiedot alimmasta vesipitoisuudesta, mikä on sienille välttämätön, vaihtelevat jonkin verran, mutta suurin piirtein voidaan sanoa, että alarajana on puusyiden kyllästymispiste. Eri sienien välillä on tässä suhteessa jonkin verran eroavaisuuksia. Niinpä on todettu, että erityisesti selluloosaa kuluttavat sienet, kuten Poria vaporaria jne., viihtyvät suhteellisen kosteassa puussa, kykenevätpä ne säännöstelemäänkin puun kosteutta mieleisekseen. Tämä aiheutunee lähinnä selluloosan hajoituksen yhteydessä syntyvästä vedestä. Jos ilman suhteellinen kosteus on pitemmän ajan 85 %, sienet eivät kykene kehittymään. Hyvin haitallisesti niiden kasvunopeuteen vaikuttaa jo ilman kosteuden aleneminen 100 %:sta 95-90 %:iin (Björkman 1946, a).

Lämpötila vaikuttaa myös huomattavasti asiaan. Edullisin lämpötila on yleensä +20-25°C, mutta vasta +5°C kykenee ehkäisemään sienien kasvun. Tällä seikalla on suuri merkitys erityisesti silloin, kun vertaillaan lahoamiselle alttiiden kesäpäivien lukumäärää eri paikoissa ja eri vuosina. Tällä ilmiöllä yhtyneenä ilman vesipitoisuuteen on myös oma vaikutuksensa eri aikoina hakattujen paperipuiden lahoamiseen.

Puun laatu vaikuttaa asiaan siten, että nopeakasvuinen puu lahoaa pikemmin kuin hidaskasvuinen (Lagerberg, Lundberg ja Melin, Björkman 1946, a). Ero voi aiheutua paitsi erilaisesta kuivumisesta myös maaperän ja siitä johtuen puun vaihtelevasta happamuudesta. Niinpä on esim. todettu, että eräät sienilajit lisäävät puun happamuutta päästyään kasvamisen alkuun (Trendelenburg, s. 122).

Syitä voi kuitenkin olla muitakin. Esim. eräät orgaaniset typpiyhdistykset (peptoni ja asparagini), kuten myös pienemmässä mitassa epäorgaaniset aineet pienentävät puun lahokestävyyttä. Myös sienien ravintoaineiden määrä voi vaikuttaa asiaan. Mitä pienempi osa kuoresta on poistettu ja etenkin jos puu pääsee osittain kuivumaan, sitä suuremmat ovat lahovauriot. Samaan suuntaan vaikuttaa myös pölkyn koon suureneminen. Pitkät pölkyt ovat alttiimpia lahovioille kuin lyhyet, koska niiden kuivuminen on hieman heikompaa. Lahon esiintyessä yleensä vain pintapuussa paljon sydänpuuta sisältävien pölkkyjen lahoprosentti on pienempi kuin vähän sydänpuuta sisältävien. Sydänpuun lahokestävyys aiheutuu monista syistä, kuten sydänpuun pienestä vesipitoisuudesta (noin 30 % kuiva-ainepainosta), huokosten tukkeutumisesta, suuresta pihkapitoisuudesta ja erikoisen voimakkaasti eräistä veteen liukenevista aineista, jotka ovat sienille myrkyllisiä. Näistä aineista mainittakoon ennen kaikkea fenoleihin kuuluvat pinosylvini ja pinosylvinmonometyleetteri (Rennerfelt 1943).

Mitä varastoimistapaan tulee, on todettu, että mahdollisimman ilmava varastoiminen antaa yleensä parhaat tulokset lahosuojelun kannalta (Lagerberg, Lundberg ja Melin). Samoin kannattaa kiinnittää huomiota aluspuiden laatuun.

Myös hakkuuajalla on todettu olevan varsin huomattava merkitys. Jos eri aikoina hakattuja puita voitaisiin käsitellä täysin yhtäläisissä ulkoisissa olosuhteissa, so. ilman kosteus ja lämpötila yms. olisivat eri aikoina hakatuille pölkyille samanlaiset, kevät ja kesä olisivat sienille otollisempia kuin syksy ja talvi (Trendelenburg). Tämä johtuu eri tutkijoiden käsitysten mukaan monista eri syistä. Selluloosa ja hemiselluloosa ovat keväällä ja kesällä arempia sienien hyökkäyksille kuin muulloin, kun taas ligniinin suhteen ei ole havaittavissa eroa eri vuodenaikoina. Jälsisolukossa kasvuaikana lukuisasti esiintyvät kasvuaineet (hormoonit) irroittavat selluloosamisellien kiinnityskohtia, ja tällöin sienien toiminta helpottuu. Kasvuaineet ovat myös sienille itselleen välttämättömiä. Samoin lienee solunesteiden happamuuden vaihteluilla oma merkityksensä. Käytännössä hakkuuajan vaikutus saa kuitenkin hyvinkin suuresti edellisestä poikkeavia muotoja, koska eri aikoina hakattujen pölkkyjen kuivumisolosuhteet suuresti vaihtelevat. Ruotsissa suoritettujen tutkimusten mukaan syksy ja talvi ovat edullisimmat hakkuuajat, varsinkin jos puut varastoidaan vain yhden kesän yli (Lagerberg, Lundberg ja Melin). Jos varastoimista jatketaan, syksyllä hakatut kuusipaperipuut lahoavat vähiten, mutta männyt pilaantuvat nopeasti. Suomessa G.A. Serlachius Oy:n toimesta suoritetun tutkimuksen mukaan keväällä tehdyt kuusipaperipuut säilyvät saman vuoden syksyyn mennessä huomattavasti paremmin kuin alkukesällä ja varsinkin keskikesällä tehdyt (K u r t é n).

Kuusi- ja mäntypuun lahoamisesta käytettävissä olevat tutkimustulokset ovat jossakin määrin ristiriitaisia. L a g e r b e r g i n (1924) ja L a g e r b e r g i n, L u n d b e r g i n ja M e l i n i n mukaan mänty lahoaa huomattavasti nopeammin ja voimakkaammin kuin kuusi. B j ö r k m a n i n (1946, a) mukaan taas ei voida havaita mitään eroa näiden puulajien välillä, kun on kysymys laboratoriokokeista.

Yllä mainittujen tutkimustulosten lisäksi kirjoittajalla on ollut tilaisuus saada käytettäväkseen Y h t y n e e t P a p e r i t e h t a a t O s a k e y h t i ö n Valkeakosken tehtaiden metsänhoitajan K a l e v i S e p p ä l ä n vv. 1936-40 suorittamien, kuusipaperipuita koskevien pilaantumistutkimusten tu-

lokset. Koska tuloksia ei ole tähän mennessä julkaistu, niitä käsitellään tässä tavallista yksityiskohtaisemmin.

Taulukko 8.

Eri aikoina vv. 1936-38 hakattujen 2 m puolipuhtaiden kuusipaperipuiden pilaantuminen 15.12.1938. Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Seppälä.

Pino			Kolmioristikko		
Hakkuuaika	Metsä	Vikanaisuus	Hakkuuaika	Metsä	Vikanaisuus
X.10.36	Korpi	Laho voimak.	25.6.37	Mäkimaa, tiheää	Terve
15.10.36	Mäki	Terve?	12.9.37	Mäki	"
10.12.36 (rist.20.5.38)	"	Terve	1.10.37	"	"
10.5.37	Mäkimaa, tiheää	Hieman pintalahoa	8.1.38	"	"
6.6.37	Mäki	Terve			
23.6.37	Mäkimaa, tiheää	Voimakk. sinist. Laho alussa	Neliöristikko		
23.6.37 (rist.X.5.38)	Mäki	Laho voimak.	15.4.37	Korpi	Terve
29.6.37	?	Laho huomatt. alussa	7.5.37	Avoin paikka	"
30.6.37 (rist.X.5.38)	?	Täysin piloille lahonnut	15.5.37	Mäkimaa	"
4.9.37	Mäkimaa	Laho hieman alussa	13.9.37	"	"
25.9.37	Alava maa	Laho voimakk. alussa	17.9.37	"	"
10.10.37	?	Lievää alkavaa lahoa	10.11.37	?	Sinistynyt
15.10.37 (rist.X.5.38)	Alavaa, metsän varjo	Huomatt. lahonnut	6.12.37	Mäkimaa	Terve
"	Mäkimaa	Terve	15.12.37	Korpi	Hieman sinist.
10.11.37	Hidaskasv.	Hieman sinist.	5.1.38	Mäkimaa, tiheää	Terve
12.12.37	Mäkimaa	Lahoa vähän halkeam. kohd.	7.1.38	Mäkimaa	"
18.12.37	"	Hieman sinist.			
7.5.38 (rist.21.5.38)	Avomaasto	Lievää lahoa			
15.6.38	Korpi	Terve			

Ensimmäisessä koesarjassa (taulukko 8) vertailtiin 2 m puolipuhtaaksi kuorittujen kuusipaperipuiden pilaantumista metsävarastoinnin aikana pinossa sekä kolmio- ja neliöristikolla hakkuu- ja varastoimisajan sekä hakkuupaikan vaihdellessa. Kolmio- ja neliöristikolla olleet, 15.4.1937-8.1.1938 välisenä aikana hakatut pölkyt olivat pysyneet käytännöllisesti katsoen terveinä 15.12.1938 saakka. Sen sijaan pinoon varastoitujen pölkkyjen laita oli paljon huonommin. Syk-

syllä 1936 tehdyt pölkyt olivat kahden vuoden varastoinnin jälkeen lahonneet voimakkaasti. Kesällä 1937 tehtyjen paperipuiden pilaantuminen vaihteli suuresti. Erityisen voimakasta oli niiden pölkkyjen lahoaminen, jotka oli ristikoitu vajaa vuosi teon jälkeen, nimittäin toukokuussa 1938. Syksyllä 1937 tehdyt, pinotut kuusipaperipuut olivat yleensä saaneet lievähköä pintalahoa, kuten osittain myös alkukesästä 1938 tehdyt. Tämä koesarja osoitti pinoon teon kiistattomasti epäedulliseksi, mutta jätti hakkuu- ja varastoimisajan vaikutuksen epäselväksi.

Seuraavat koesarjat oli järjestetty kukin omaan paikkaansa, ja varastoimismuodostelmina olivat seuraavat:

1 m kuusi 1 p-m^3 pino,
2 m " 2 " " ,
2 m " kolmioristikko,
2 m " neliöristikko.

Koealalla n:o 1 (taulukko 9) metsä oli hyväkasvuista MT:n kuusikkoa. Pinot ja ristikot sijaitsivat tiheän kuusialikasvoksen reunustamissa aukoissa. Touko- ja kesäkuun loppupuolella 1937 tehdyt pölkyt olivat seuraavan vuoden huhtikuuhun mennessä säilyneet ristikoissa pilaantumattomina, kuten ensimmäisessä koesarjassa, mutta pinoissa pilaantuminen oli ehtinyt suhteellisen pitkälle. Erikoista huomiota herättää, että lahoaminen oli käynnissä erityisesti pinojen keskiosaan kuuluvissa pölkyissä ja näissäkin pääasiallisesti pölkkyjen päissä eikä keskellä. Tämä osoittaa kosteuden pinon sisällä keskiosissa pysyneen liian suurena, joten pilaantuminen ei ollut päässyt vauhtiin. Pölkkyjen päät olivat kuivuneet pikemmin, ja niinpä laho ja sinistyminen olivatkin saaneet niissä jalansijaa erityisesti pinon keskikohdilla. Pinon muissa osissa sijaitsevien pölk-

Taulukko 9.

Touko-kesäkuussa 1938 hakattujen puolipuhtaiden kuusipaperipuiden pilaantuminen 18.4.1939. MT, hyväkasvuinen, tiheän alusmetsän aukoissa. Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Seppälä. Koeala n:o 1.

Pölkyn pituus, m	Varastomuodostelma	Hakkuuaika					
		20.5.1938			21.6.1938		
		Sinistyminen	Laho	Vesip., %	Sinistyminen	Laho	Vesip., %
1	Pino	Pölkkyjen päissä	Keskimmäiset huomattavasti	22	?	Päät enemmän kuin keskiosa	26
2	"	?	Keskimmäiset pölkyt pilalla	25	?	"	31
2	Kolmioristikko	-	-	23	Hieman	-	24
2	Neliöristikko	-	-	25	-	-	25

kyjen kuivuminen oli ilmeisesti ehtinyt niin pitkälle, ettei pilaantumista ollut voinut sanottavasti tapahtua.

Koeala n:o 2 (taulukko 10) sijaitsi taas kitukasvuisessa, kuivapohjaisessa VT:n kuusikossa. Kesällä 1938 tehdyt kuusipaperipuut eivät olleet pilaantuneet sanottavasti missään varastomuodostelmassa saman vuoden syksyyn mennessä. Erityisen selvästi kävi tässä siis ilmi pilaantumisen vähäisyys hidaskasvuisesta metsästä kyseen ollen. Myöskään syksyllä tehdyt paperipuut eivät olleet pilaantuneet seuraavaan kevääseen mennessä.

Taulukko 10.

Hakkuuajan vaikutus puolipuhtaiden kuusipaperipuiden varastoimisvikoihin. VT, kuiva harjanne, kitukasvuinen, 130-vuotias, harva kuusikko. Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Seppälä. Koeala n:o 2.

Hakkuu-aika	Tarkas-tusaika	1 m pino			2 m pino			2 m kolmiorist.			2 m neliörist.		
		Sinis-tymi-nen	La-ho	Ve-sip., %	Sinis-tymi-nen	La-ho	Ve-sip., %	Sinis-tymi-nen	La-ho	Ve-sip., %	Sinis-tymi-nen	La-ho	Ve-sip., %
24.5.38	26.10.38	-	-	34	Hieman. Hometta pinnassa	-	31	Hieman	-	30	-	-	29-32
15.7.38	"	¼ läpim. Paljon hometta	-	80	¼ läpim. Paljon hometta	-	48	-	-	31	Hieman päältä	-	33
16.8.38	"	Hieman	-	84	½ päistä sinist. Hometta	-	127	-	-	?	-	-	33
15.10.38	18.4.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.11.38	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.11.38	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.12.38	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.12.38	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.1.39	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.2.39	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.3.39	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Koeala n:o 3 (taulukko 11) sijaitsi hyväkasvuisessa, tiheässä OMT:n kuusikossa. Ristikolle tehdyt pölkyt olivat säästyneet vahingoilta syksyyn mennessä, kun hakkuuajat olivat kesä- ja elokuussa 1938. Kesäkuussa pinoon tehdyt paperipuut olivat vain vähän lahonneita, kun taas elokuun teko oli pilaantunut voimakkaammin. 1- ja 2-metrisen tavaran välillä ei voitu havaita eroa.

Koeala n:o 4 (taulukko 12) sijaitsi hyväkasvuisessa OMT:n kuusikossa, jonka alla oli tiheä kuusialikasvos. Syyskuun alussa 1938 hakatut paperipuut olivat säilyneet pilaantumattomina seuraavaan kevääseen, mutta varastoimisajan jatkaminen vuodella kevääseen 1940 muutti asioita suuresti. Ristikolla olleet paperipuut olivat lahonneet suhteellisen voimakkaasti, olipa sitten kysymys kolmio- tai neliöristikoista. Pinoissa pilaantuminen oli vieläkin voimakkaampaa, sillä 50 % pölkkyjen kuutiomäärästä arvioitiin lahonneeksi. 1- ja 2-metrisen tavaran välillä ei havaittu tässäkään tapauksessa mitään eroa.

Taulukko 11.

Kesällä 1938 hakattujen puolipuhtaiden kuusipaperipuiden pilaantuminen 26. 10.1938. OMT, hyväkasvuinen, tiheähkö, 70-vuotias kuusikko, länsirinne. Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Seppälä. Koeala n:o 3.

Pölkyn pituus, m	Varastomuodostelma	Hakkuuaika					
		9.6.1938			1.8.1938		
		Sinistyminen	Laho	Vesip., %	Sinistyminen	Laho	Vesip., %
1	Pino	Voimakasta	Vähän	56	Voimakasta. Paljon hometta	Huomattavasti	80
2	Pino	Voimakasta pölkkyjen päissä	Vähän	47	Voimakasta. Paljon hometta	Huomattavasti	77
2	Kolmioristikko	-	-	?	-	-	38
2	Neliöristikko	-	-	29-32	-	-	33

Taulukko 12.

Eri aikoina hakattujen puolipuhtaiden kuusipaperipuiden pilaantuminen varastoimisajan jatkuessa. OMT, hyväkasvuinen kuusikko, jonka alla tiheä kuusialikasvos. Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Seppälä. Koeala n:o 4.

Hakkuuaika	Tarkastusaika	1 m pino			2 m pino			2 m kolmiorist.			2 m neliörist.		
		Sinistyminen	Laho	Vesip., %	Sinistyminen	Laho	Vesip., %	Sinistyminen	Laho	Vesip., %	Sinistyminen	Laho	Vesip., %
2.9. 1938	18.4. 1939	Hieman päissä	-	63	Hieman päissä	-	51	Hieman päissä	-	46	Hieman päissä	-	61
	17.5. 1940	?	50 % kuutiosta lahoa	?	?	50 % kuutiosta lahoa	?	?	Kaikissa voimakk.	?	?	Kaikissa voimakk.	?
15.9. 1938	18.4. 1939	-	-	39	-	-	?	-	-	62	-	-	51
1.10. 1938	"	-	-	55	-	-	61	-	-	70	-	-	74
15.5. 1939	17.5. 1940	?	Lievästi alussa	?	-	-	?	-	-	?	-	-	?

Varastolahon aiheuttamien tuhojen vaikutusta paperipuista valmistettavan s e l l u l o o s a n m ä ä r ä ä n j a l a a t u u n on selvitetty monilla eri tahoilla, mutta useimmissa tapauksissa ei ole otettu huomioon lahon aiheut-

tajaa, varastoimisajan pituutta eikä puun tilavuuspainon vaihteluita eri rungoissa ja samankin rungon eri osissa, jotka vaikuttavat ratkaisevalla tavalla saatuihin tuloksiin. Viime vuosina on Ruotsissa kuitenkin suoritettu joukko arvokkaita tutkimuksia, jotka valaisevat näitä kysymyksiä entistä perusteellisemmin. B j ö r k m a n i n (1946, a) mukaan Stereum sanguinolentumin aiheuttama pintapuun massatuloksen vähennys on ollut kuusi- ja mäntypaperipuita maalla tehtaan varastolla varastoitaessa seuraavan suuruinen:

- 1 vuoden varastointi 1-3 %
- 2 " " 5-10 %
- 3 " " 15-20 %

Puiden pintapuun vuosilustoleveys on tässä tapauksessa ollut suhteellisen suuri, männyllä 1.9 mm ja kuusella 1.6 mm. Tutkimusselostuksesta ei käy ilmi, millä tavalla tutkimuspölkkyjä oli käsitelty ennen tehtaan varastoon tuloa ja kuinka pitkä oli niiden varastoimisaika ennen tehdasvarastoimista.

Saman tutkimuksen mukaan Corticium evolvensin aiheuttama valkolaho ei ollut pienentänyt massatulosta eikä vaikuttanut haitallisesti laatuominaisuuksiin.

Trametes trabean ym. kolmannen lahoryhmän sienten tuhot nousivat sen sijaan jo 2 vuoden varastoinnin jälkeen 16-21 % massatuloksessa.

Sulfiittimassan värin muutokset lahon johdosta olivat myös varsin huomattavat. Valkaisemattoman massan laatu saattoi siksi pudota priimasta sekundaan.

Stereum sanguinolentumin aiheuttama laho 2-3 vuoden varastoinnin jälkeen kohotti O-massaprosentin 1-3 % ja alensi massan lujuusominaisuuksia 5-10 %. Trametes trabean yms. sienten osalta O-massaprosentti oli huomattavasti korkeampi, aina 10 % ja massan lujuusominaisuuksien alentuminen voimakkaampaa kuin edellisessä tapauksessa.

Kuusen maannousemaa koskevassa lahotutkimuksessa (B j ö r k m a n, S a m u e l s o n, R i n g s t r ö m, B e r g e k ja M a l m) on kiinnitetty huomiota myös siihen, miten tietyt lahosekoitukset vaikuttavat sulfiitti-, sulfaatti- ja silkkimassan määrään ja laatuun. Lahot pölkyn osat eroteltiin värin perusteella neljään eri luokkaan: aniliinipuu, vaalea, kova laho, tumma, kova laho ja pehmeä laho. Tällöin todettiin, ettei aniliinilaho niissä sekoitusprosenteissa, jotka käytännössä tulevat kysymykseen (yleensä alle 10 %), vaikuta sanottavasti massan määrään ja laatuun. Vaalea, kova laho pienentää hieman tietystä kilomäärästä saatua massatulosta (lahon puun kuivatilavuuspaino on lisäksi 12 % pienempi kuin vastaavan terveen puun), mutta koska laadun huononeminen ei ole selvästi riippuvainen sekoitusprosentista, ehdotetaan vaalean, kovan lahon sallimista sulfiittipuussa. Tumma, kova laho pienentää massatulosta voimakkaammin kuin edelliset ja huonontaa massan laatua, vaikka sekoitusprosentti olisi vain 10 %. Pehmeä laho on tätäkin vahingollisempi. Jos tutkimuksen tuloksia sovelletaan esim. Stereum sanguinolentumin aiheuttamaan varastolahoon, voidaan sanoa, että se ainakin yhden kesän yli säilytyksen jälkeen vastaa vaaleaa, kovaa lahoa, joten se ei sanottavasti huononna massan laatua. Massan määrää se kuitenkin vähentää jonkin verran (pintapuun mukaan edelliseen tutkimukseen viitaten siis korkeintaan 3 %).

Varastolahon merkitys ei supistu kuitenkaan pelkästään teollisuustuotantoon, vaan siitä on vahinkoa k u l j e t u s v a i h e e s s a k i n. Laho puu, jossa sienirihmat ovat puhkoneet soluseinämiä ja jonka vesipitoisuus on

jo ennen uittoon panoa tavallista suurempi, imee vettä sitä nopeammin, mitä pitemmälle lahosienten hävitystyö on ehtinyt (esim. K i n n m a n). Veden imeytyminen kiihtyy jo niin varhaisessa vaiheessa, jolloin lahoa ei voida havaita puun ulkonäöstä (S u o l a h t i). Luotettavia tietoja uppoamishukan suurenemisesta ei kirjallisuudesta ole kuitenkaan ollut saatavissa.

Suoritetut tutkimukset ovat siis osoittaneet, että varastolahon vaikutukset edustavat varsin huomattavia arvonmenetyksiä, jos puiden varastointi suoritetaan epäedullisesti ja jos varastoimisaika pääsee jatkumaan kohtuuttoman pitkäksi. Edullisissakin olosuhteissa varastolahon merkitykseen kannattaa kiinnittää huomiota.

Tutkimustulokset

Tutkimusaineistoa käsiteltäessä pölkyt jaettiin varastoimisvikojen laadun ja laajuuden perusteella seuraaviin luokkiin:

S i n i s t y m i n e n

0 = leikkauksissa ei mitään vikoja (pintasinistä ei otettu huomioon),

1 = sinistymistä erittäin vähän pikku pilkkuina joko toisessa tai molemmissa päissä, muttei keskellä,

2 = sinistymistä pienehköinä läiskinä pölkyn molemmissa päissä tai myös keskellä,

3 = sinistymistä ainakin molemmissa päissä yhtenäisenä renkaana.

V a r a s t o l a h o

1 = punalahoa pieninä läikkinä jossakin leikkauksessa, muttei läpeensä,

2 = punalahoa läpeensä pieninä läiskinä taikka isoina läiskinä jossakin yksityisessä leikkauksessa,

3 = punalahoa voimakkaasti kaikissa leikkauksissa.

Varastolaholuokissa 1, 2 ja 3 laskettiin joka kuudennen pölkyn lahoprosentti, siten että kenttätöiden aikana tehtyjen mittausten perusteella määritettiin kussakin leikkauksessa lahon osuus koko pölkyn pinta-alasta ja eri leikkausten lahoprosenttien perusteella laskettiin koko pölkyn lahoprosentti merkitsemällä molempien pääleikkausten painoarvoksi 1 ja keskusleikkauksen 2. Laskemalla pölkkyjen lahoprosenttien keskiarvo saatiin kunkin laholuokan lahoprosentti. Tällaista menettelyä käyttäen saadun tuloksen pitäisi antaa tarkka kuva koko pölkyn lahoisuudesta. Sen sijaan pistokokeena saatu luokan lahoprosentti voi jonkin verran vaihdella ja antaa myös jonkin pölkkyryhmän lahoisuudesta jossakin määrin väärän kuvan. Laskutöiden jouduttamiseksi tämä on kuitenkin katsottu tarpeelliseksi.

Kuusipaperipuut

Eri vikaluokkien osuudet

Terveet (luokka 0), vain sinistyneet ja lahot pölkyt jakaantuivat eri hakkuuaikoina taulukossa 13 esitetyn mukaisesti. Nähdään siis, että terveiden pölkkyjen lukumäärä on elo-jouluk. 1949 hakattuja pölkkyjä lukuun ottamatta pysytellyt erittäin vähäisenä (0···5 % kappaleluvusta). Sinistyneiden, lahoa sisältämättömien pölkkyjen osuus on ollut syys-joulukuussa 1949 hakattuja lukuun ottamatta 25-41 %. On kuitenkin otettava huomioon, ettei tämä luku vielä edusta si-

Taulukko 13.

Kuusipaperipuiden jakaantuminen terveisiin, sinistyneisiin ja lahoa sisältäviin pölkkyihin.

Hakkuuaika	Pölkkyryhmä							
	Terveet		Sinistyneet		Lahot		Yhteensä	
	Kpl.	%	Kpl.	%	Kpl.	%	Kpl.	%
Syksy 1948	5	3	82	41	112	56	199	100
Toukok. 1949	-	-	65	31	144	69	209	100
Kesäk. "	2	2	28	29	67	69	97	100
Heinäk. "	2	2	27	25	80	73	109	100
Elok. "	16	23	21	31	32	46	69	100
Syysk. "	49	63	2	3	26	34	77	100
Jouluk. "	13	65	2	10	5	25	20	100
Yht. ja keskim.	87	11	227	29	466	60	780	100

nistyneiden koko lukumäärää, sillä melkein kaikki lahoa sisältävät pölkyt olivat myös sinistyneitä. Lahoa enemmän tai vähemmän sisältäneitä pölkkyjä on ollut eniten touko-heinäkuussa 1949 hakattujen pölkkyjen joukossa (69···73 %), mutta lähes yhtä suuriin lukuihin tullaan myös syksyllä 1948 ja elokuussa 1949 hakattujen pölkkyjen osalta. Syksyllä 1949 hakatut ovat säästyneet laholta parhaiten. Tämän perusteella voidaan vain todeta, ettei sinistäjä- ja lahosienitartuntaa voida ilmeisesti hevin välttää, hakattiinpa puut minä vuodenaikana tahansa, kuten jo edellä selostetuista tutkimuksista yleensä käy ilmi. Täydellisemmän kuvan saamiseksi eri aikoina hakattujen kuusipaperipuiden pilaantumisesta on meidän kuitenkin välttämätöntä tarkastella lähemmin, miten pahanlaatuisia viat ovat kulloinkin olleet ja mitkä tekijät tuloksiin ovat vaikuttaneet.

Sinistyminen

Edellä esitetty terveiden, sinistyneiden ja lahojen pölkkyjen jaoittelu (taulukko 13) jo paljasti, että sinistymistä esiintyy hyvin suuressa mitassa, kun paperipuut ovat kuorittuja. Asian selventämiseksi käsitellään sinistymistä vielä hieman yksityiskohtaisemmin (taulukko 14).

Mitä eri aikoina hakattujen kuusipaperipuiden sinistymiseen tulee, voidaan todeta, että syksyn 1948 ja heinäkuun 1949 välisenä aikana hakatuista pölkyistä on sinistynyt 96-100 %. Elokuussa 1949 hakatut ovat sinistyneet jo selvästi vähemmän (74 % kappaleluvusta). Vähiten ovat kuitenkin sinistyneet syys-joulukuussa 1949 hakatut pölkyt. Keskimäärin on sinistyneitä ollut 85 % koko aineistosta. Nähdään siis, että sinistymistä esiintyy yleensä paljon enemmän kuin varastolahoa, sillä varastolahon saastuttamia pölkkyjä oli vain 60 % kappaleluvusta (taulukko 13). Ainoina poikkeuksina ovat syksyllä 1949 hakatut paperipuut. Pääasiallisena syynä eri aikoina hakattujen pölkkyjen erilaiseen sinistymiseen on, kuten jäljempänä käy yksityiskohtaisesti ilmi, pölkkyjen erilainen kuivuminen.

Sinistymisen voimakkuus ei riipu samalla tavalla hakkuuajasta kuin tartutettujen pölkkyjen osuus, kuten taulukosta 14 voidaan havaita. Syksyllä 1948 hakatut paperipuut ovat näet sinistyneet selvästi vähemmän kuin touko-heinäkuussa

Taulukko 14.

Eri pölkkyryhmien sinistymisen levinneisyys (% kpl.-luvusta) ja voimakkuus toukokuussa 1950. Mukana kaikki pölkyt, joissa sinistymistä todettu. 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut.

Hakkuuaika	Aluspölkyt	Keskipölkyt	Päällyspölkyt	Kaikki pölkyt
	Sinistymisen levinneisyys/voimakkuus			
Syksy 1948	100/2.1	96/1.8	100/1.6	97/1.8
Toukok. 1949	100/2.2	100/2.3	100/2.5	100/2.3
Kesäk. "	95/2.3	98/2.3	100/2.2	98/2.3
Heinäk. "	96/2.2	95/2.0	97/2.1	96/2.1
Elok. "	67/1.8	70/1.5	88/1.6	74/1.6
Syysk. "	0/0	4/1.0	5/1.0	4/1.0
Jouluk. "	0/0	25/1.0	17/1.0	20/1.0
Keskimäärin	85/2.2	85/2.0	84/2.1	85/2.1

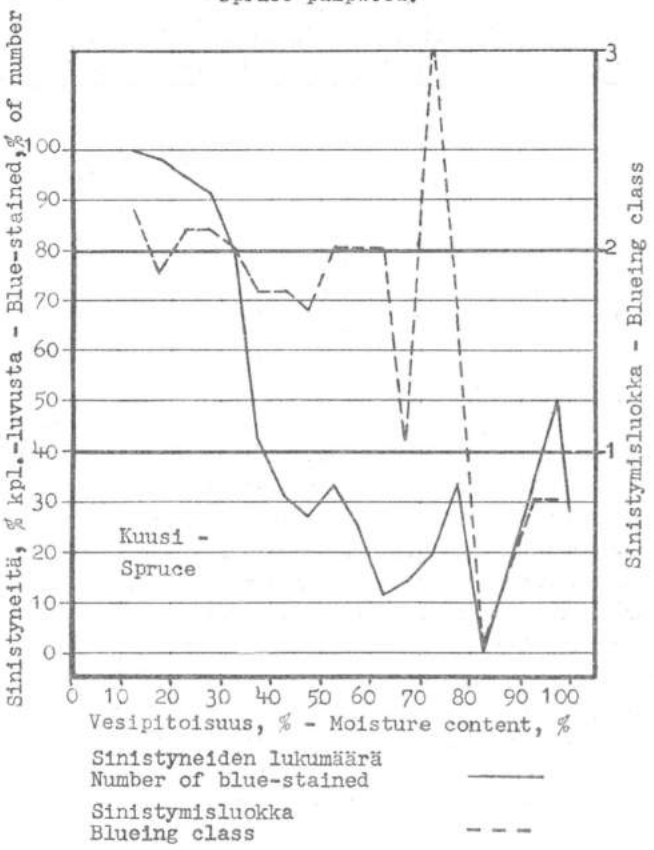
1949 hakatut. L a g e r b e r g i n, L u n d b e r g i n ja M e l i n i n mukaan hakkuuajan ja sinistymisen välillä ei pitäisi olla mitään puun erilaisesta ravintoainepitoisuudesta johtuvaa eroa. Käytännössä esiintyvien erojen pitäisi heidän mukaansa aiheutua eri aikoina tehtyjen paperipuiden erilaisesta kuivumisesta ja happipitoisuudesta. Tuntuu todennäköiseltä, että syksyllä 1948 hakattujen kuusipaperipuiden suhteellisen vähäinen sinistyminen aiheutuu siitä, että kuivuminen on tapahtunut suurelta osalta varhain keväällä, jolloin ilman lämpötila on ainakin osittain sienille liian alhainen ja jolloin sienten itiöitä on vähemmän kuin lämpimänä aikana, kuten B j ö r k m a n (1946, c) on sahojen lautatarhoissa todennut. Syitä voi tosin olla muitakin. Niinpä esim. laboratoriokokeissa on väliin saatu aivan yllättäviä tuloksia, joita ei ole pystytty selittämään. Eroavaisuuksien arvostelemiseksi pitäisi tietää nykyistä enemmän mm. sinistäjäsienten leviämistä ehkäisevien muiden sienten ja bakteerien esiintymisestä ja elinehdoista.

Mitä taas sinistymiseen ristikon eri osissa tulee, havaitaan taulukosta 14, että alus-, keski- ja päällyspölkyt ovat yleensä saaneet yhtäläisen sinistymistartunnan. Ainoastaan elo-joulukuussa 1949 hakattujen pölkkyjen keskuudessa esiintyy huomattavissa olevia eroja. Aluspölkyt ovat tällöin saaneet sinistymistartunnan pienemmässä mitassa kuin muut. Eri pölkkyryhmien sinistymisen voimakkuuserot eivät ole yhtä selviä. Yleensä aluspölkyt ovat kuitenkin sinistyneet voimakkaammin kuin keski- ja päällyspölkyt. Selvimpänä tämä näyttäytyy syksyllä 1948 hakatuissa paperipuissa.

Sinistymisen levinneisyys ja voimakkuus riippuvat kuitenkin eniten pölkyn vesipitoisuudesta, jos kohta myös kuivumisen ajankohta (kevät- tai kesäkuivuminen) vaikuttaa asiaan, kuten edellä havaittiin. Mitä kosteampia paperipuut ovat olleet toukokuussa 1950, sitä pienempi prosentti niiden lukumäärästä on sinistynyt (piirros 6). Erittäin selvä raja on 40 % vesipitoisuuden kohdalla. 90...100 % niistä pölkyistä, joiden vesipitoisuus on ollut 40 % kuiva-ainepainosta tai vähemmän, on kuulunut sinistyneiden ryhmään. Mutta eivät läheskään kaikki vesipitoisemmatkaan pölkyt ole säästyneet sinistymiseltä. Tämä aiheutuu kuitenkin

Piirros 6 - Sketch 6.

Vesipitoisuuden vaikutus sinistyneiden pölkkyjen lukumäärään ja sinistymisen voimakkuuteen toukokuussa 1950. 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut. - Effect of moisture content on the number of blue-stained logs and on the degree of blueing in May 1950. Partly barked 2-metre spruce pulpwood.



suurelta osalta käytetystä vesipitoisuuden mittaustavasta. Kun vesipitoisuus on ollut pölkyn keskellä esim. 70 %, se ei suinkaan tarkoita koko pölkyn vesipitoisuutta, vaan pölkyn päät ovat voineet sisältää vettä esim. 50 %, jolloin ne ovat jo päässeet sinistymään. Samasta seikasta johtuen sinistymisen voimakkuudessa esiintyvät erot jäävät suhteellisen vähäisiksi, sillä sinistyminen voi saada huomattavan suuren vallan pölkyn päissä, vaikka vesipitoisuus pölkyn keskellä olisikin melkoisesti yli 40 %. Että sinistyminen yleensä saa alkunsa pölkyn päistä, saa tukea myös Seppälän havainnoista. L a g e r b e r g i n, L u n d b e r g i n ja M e l i n i n mukaan puolipuhtaiksi kuoritut paperipuut sinistyvät yhtä suuressa määrässä myös keskeltä, kun taas aisatut ja kuorelliset paperipuut sinistyvät enemmän päistään.

Puuttumatta enempää sinistymisen esiintymiseen ja voimakkuuteen vaikuttaviin tekijöihin, koska sinistymistä ei ainakaan kovin suuressa mitassa näytä voitavan käytännössä estää ja koska sen vaikutus hiokkeen ja sulfiitti- ja sulfaattimas-

san tuotannossa on erityisesti lahovikoihin verrattuna suhteellisen vähäinen, käsitellään tässä enää sinistymisen ja varastolahon keskinäisiä suhteita (taulukko 15). Sinistymättömistä pölkyistä (luokka 0) on 29 % sisältänyt varastolahoa, mikä ilmaisee, ettei sinistyminen aina ole ensimmäinen merkki puun alkavasta pilaantumisesta. Laho on tällöin kuitenkin ollut suhteellisen vähäistä (lahoprosentti 1.2). Seuraavasta sinistymisluokassa (luokka 1) lahoa sisältäneiden pölkkyjen osuus on jo huomattavasti suurempi (59 %), mutta lahoprosentti pysyttelee alhaisena (1.0 %). Kesällä 1949 hakatuista pölkyistä on tullut lahoja selvästi enemmän kuin muista. Sinistymisluokassa 2 lahoa sisältäneiden pölkkyjen osuus on jatkuvasti noussut, kuten myös lahoprosentti, joka on 1.5 %. Pisimmälle sinistyneillä pölkyillä (luokka 3) lahojen osuus on edelleen suurentunut, mutta lahoprosentti on hieman laskenut (1.4 %). Mitä pitemmälle sinistyminen on siis ehtinyt, sitä pienemmäksi laholta säästyneiden pölkkyjen lukumäärä on jäänyt. On kuitenkin huomattava, että voimakas sinistyminen (luokka 3) ei läheskään aina (n. 1/3 tapausten lukumäärästä) merkitse, että pölkyssä olisi myös varastolahoa, Tämä koskee erikoisesti syksyllä 1948 hakattuja paperipuita. Selityksenä ehkä lienee, että sinistäjäsienet ainakin osittain ensiksi tulleina ja suhteellisen suurta kosteutta sietävinä ovat vallanneet sienirihmoilleen suuren osan kulkureiteistä solusta soluun. On myös mahdollista, että sinistäjäsienten erittämät aineet haittaavat varastolahosienten itiöiden ja sienirihmojen kasvamista. Ilmeistä joka tapauksessa on, että tässä on kysymys eri sienilajien ja luultavasti myös bakteerien keskinäisestä kilpailusta, mikä olosuhteiden vaihdellessa voi päättyä puolen tai toisen voittoon. Toistaiseksi näitä seikkoja on kuitenkin tutkittu siksi puutteellisesti, että varmojen syy-yhteyksien löytäminen on hyvin vaikeaa.

Taulukko 15.

Varastolahoa sisältävien ja lahottomien pölkkyjen osuus eri sinistymisasteissa. 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut.

Hakkuuaika	Sinistymisaste							
	0		1		2		3	
	Ei lahoa	Lahoa	Ei lahoa	Lahoa	Ei lahoa	Lahoa	Ei lahoa	Lahoa
	% kpl.-luvusta							
Syksy 1948	84	16	44	56	41	59	41	59
Toukok. 1949	-	-	27	73	33	67	28	72
Kesäk. "	100	-	29	71	36	64	24	76
Heinäk. "	40	60	30	70	27	73	20	80
Elok. "	89	11	57	43	28	72	-	-
Syysk. "	66	34	50	50	-	-	-	-
Jouluk. "	80	20	60	40	-	-	-	-
Keskimäärin	71	29	41	59	33	67	29	71
% kpl.-luvusta	15		22		37		26	

Varastolaho

H a k k u u a j a n v a i k u t u s

Hakkuuajan vaikutus varastolahon esiintymiseen on käytännössä voimakkaasti esille tuleva tekijä. Pyrkimyksenähän on saada hakkuut suoritetuiksi sellaisina aikoina, jolloin ne kokonaisuus huomioon ottaen tulevat halvimmiksi. Vuosittaisten hakkuumäärien vaihteluista, työvoiman tarjonnasta yms. johtuen tätä päämäärää ei kuitenkaan aina saavuteta. Terveisiin toimintaperiaatteisiin silti kuuluu, että jatkuvasti pyritään toimimaan tämä päämäärä silmien edessä ja antamaan myöten vasta sitten, kun on pakko. Niinpä lienee mielenkiintoista ottaa esimerkki käytännössä tapahtuvasta hakkuumäärien jakaantumisesta eri vuodenaikojen osalle. Metsäneuvos I l m a r i E b e l i n g i n antamien tietojen mukaan K a j a a n i O y:n paperipuiden hakkuut ovat vuosina 1945-49 jakaantuneet seuraavasti:

- tammikuu	6.6 %		
- helmikuu	7.6 "		
- maaliskuu	8.5 "	talvihakkuut	22.7 %
- huhtikuu	10.6 "		
- toukokuu	9.6 "	keväthakkuut	20.2 "
- kesäkuu	6.2 "		
- heinäkuu	7.4 "		
- elokuu	4.9 "	kesähakkuut	18.5 "
- syyskuu	9.0 "		
- lokakuu	9.0 "		
- marraskuu	9.7 "		
- joulukuu	10.9 "	syyshakkuut	38.6 "
Yht.	100.0 %		100.0 %

Nähdään, että talvihakkuut, joihin itse asiassa myös joulukuun hakkuut kuuluvat, ovat vallanneet huomattavan osan (22.7 %) kokonaismäärästä. Se on suuren työvoimapulan merkki. Keväthakkuut ovat myös huomattavalla sijalla. Ajotyömaiden päätyttyä pinotavaran tekoon on siis ryhdytty varsin tarmokkaasti. Kesähakkuut ovat suhteellisen vähäisiä, erityisesti elokuussa, mikä johtuu hyvin suurelta osalta maatalouden samaan aikaan tarvitsemasta työvoimasta ja muistakin syistä. Syyshakkuut muodostavat kuitenkin suurimman ryhmän.

Varastolahosienten elinmahdollisuuksien ollessa riippuvaisia ilman lämpötilasta, jolloin optimi on yleensä +20-25 C, minimi suunnilleen +5 C tienoilla, sekä soluonteloissa olevan vapaan veden määrästä ja kääntäen soluonteloiden sisältämästä ilmasta ja hapesta, on luonnollista, että eri hakkuuajoista ja sääolosuhteista johtuvat vaihtelut vaikuttavat hyvinkin voimakkaasti sieni-itiöiden tartuntamahdollisuuksiin ja sienirihmojen kasvunopeuteen, joten puun fysiologiasta ja anatomiasta aiheutuva alttius selluloosaa ja hemiselluloosaa käyttävien sienien leviämiselle keväällä ja kesällä (parhaana kasvuaikana) voi käytännössä saada hyvinkin erilaisia muotoja. Lisäksi on otettava huomioon, että ensisijaiset varastolahon aiheuttajat, erityisesti Stereum sanguinolentum, käyttävät ensi vaiheissaan ligniiniä, jonka rakenne pysyy vuodenajoista riippumatta muuttumattomana (Trendelenburg).

Taulukko 16.

2 m puolipuhtaiden kuusipaperipuiden kuutiomäärästä lasketun lahoprosentin riippuvuus hakkuuajasta toukokuussa 1950. Laholuokkia vastaavat lahoprosentit: luokka 1 = 0.6 %, luokka 2 = 2.8 % ja luokka 3 = 9.3 %.

Hakkuuaika	Laholuokka			Lahotartunnan saaneita, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti	
	1	2	3		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt
	% lahopölkyistä					
Syksy 1948	83	11	6	56	1.4	0.8
Toukok. 1949	84	16	-	69	1.0	0.7
Kesäk. "	67	25	8	69	1.9	1.2
Heinäk. "	64	25	11	73	2.1	1.6
Elok. "	88	6	6	46	1.3	0.6
Syysk. "	100	-	-	34	0.6	0.2
Jouluk. "	60	20	20	25	(2.8)	(0.7)
Keskimäärin	79	16	5	60	1.4	0.8

Tarkasteltaessa tämän tutkimuksen tuloksia varastolahon laajuudesta eri hakkuuaikoina (taulukko 16) voidaan todeta ensiksikin, että syksyllä 1949 hakatut paperipuut ovat säästyneet laholta suhteellisen hyvin, esiintyyhän laho silloin hyvin lievänä (joulukuun aineiston suhteellisen suureen lahoprosenttiin ei kannata kiinnittää erityistä huomiota, sillä aineisto oli aivan liian pieni ja poikkeuksellinen). K e s ä - h e i n ä k u u s s a 1 9 4 9 hakatut kuusipaperipuut ovat pilaantuneet kaikkein p a h i m m i n, mutta lahoprosentti on silti suhteellisen pieni, koko aineisto huomioon ottaen 1 . 2 j a 1 . 6 % k u u t i o m ä ä r ä s t ä. Toukokuussa hakattujen lahoprosentti on ollut huomattavasti pienempi, nimittäin 0.7 %. Samaa suuruusluokkaa on myös syksyllä 1948 hakattujen puiden lahoaminen (0.8 % kuutiomäärästä).

Jos tarkastellaan ko. laholukuja kuivumisolosuhteiden valossa, voitaneen sanoa aikaisimmin, so. syksyllä 1948 hakattujen kuusipaperipuiden pysyneen hakkuusyksyn ajan, jolloin sademäärä oli suuri (piirros 1, sivu 9) niin tuoreina, ettei lahosienillä ole ollut sanottavasti mahdollisuuksia. Keväällä 1949 puut ovat alkaneet kuivua ja vaikka syksyllä tehtyjen kuorittujen paperipuiden kuivuminen onkin suhteellisen hidasta, ne ovat kuitenkin ehtineet kuivua siinä määrin ennen lämpimien ilmojen tuloa, että lahosienten mahdollisuudet ovat jääneet melko vähäisiksi. Samoin olisi luultavasti talvella 1948-49 hakattujen paperipuiden laita, mutta ehkä sikäli huonommin, että silloin olisi suurempi mahdollisuus epätyydyttävään kuorintaan, mikä puolestaan hidastaisi kevätkuivumista ja tekisi sienien leviämisen paremmin mahdolliseksi. Jos kevät 1949 olisi ollut sääsuhteiltaan edullisempi, olisi hyvin todennäköistä, että syksyllä 1948 hakatut puut olisivat päässeet vieläkin pienemmillä lahovaurioilla. Tosin on mahdollista, että nopeammasta kuivumisesta aiheutunut runsas halkeileminen olisi voinut tasapainottaa tilanteen. Toukokuussa 1949 kuorittujen puiden kuivuminen ei ole ehtinyt ennen sienten parasta leviämiskautta pitkälle, koska kaikkiaan 69 % koko kappalemäärästä on saanut lahotartunnan, joka kuitenkin esiintyy suhteellisen lievänä. Kesä-heinäkuussa hakattujen pölkkyjen suurehko lahoaminen on luonnollista,

koska kuivuminen on tapahtunut juuri sienten parhaana elinaikana. Kuten edellä olevasta voi päätellä, ei ole mahdollista etukäteen sanoa, miten suuriksi kunakin hakkuuaikana hakattujen paperipuiden lahoviat pääsevät muodostumaan, koska sääsuhteiden vuosittaisia vaihteluita ei pystytä ennustamaan. Sen verran kuitenkin voidaan todeta, että syksyllä, talvella ja erityisesti varhain keväällä hakattujen paperipuiden pitäisi säästyä paremmin lahovioilta kuin kesän aikana hakattujen. Edullisinta lienee hakkuu talven aikana kuorellisena ja kuorinta keväällä varastolla tai metsässä kuoritun paperipuun teko maalis-huhtikuussa kuoren sulana ollessa, vaikkakaan suoraan tutkimusaineiston perusteella ei voida esittää tätä todistavia numeroita.

On ilmeistä, että Etelä-Suomessa hakkuuajan tai paremmin sanottuna kevätkuivumisen merkitys on vielä suurempi kuin tutkimusaineistossa, sillä etelässä päin lämpimien päivien lukumäärä on suurempi. Jos pidämme kriittillisenä lämpötilana +10 C, paperipuiden olisi oltava kuivuneita suunnilleen seuraaviin päivämääriin mennessä:

Oulu, Kajaani, Kuopio: kesäkuun puoliväli,
Helsinki, Kotka, Tampere: kesäkuun alku.

Ehdoton lahosuoja (+5 C) edellyttäisi kuivumista jo suunnilleen toukokuun puoliväliin mennessä tai hieman aikaisemminkin. Joka tapauksessa pölkyt olisi saatava kuivumaan ennen +15 C lämpötilan tuloa, siis viimeistään kesäkuun loppuun mennessä, jotta päästäisiin kohtuullisen pienillä lahovahingoilla. Tarkkoja lukuja nämä lämpötilarajat eivät suinkaan ole, sillä täysin luotettavasti ei tätä asiaa ole selvitetty eikä ilmeisesti ole helppo selvittääkään, sillä jo eri sienilajien vaatimukset lämpötilaan nähden vaihtelevat.

Koska varastolaho ainakin ensi asteissaan leviää ainoastaan pintapuuhun, voisivat edellä esitetyt, hakkuuajan vaikutusta koskevat lahoprosentit osoittautua harhauttaviksi, ellei sydänpuun määrää otettaisi huomioon. Seuraavaan asetelmaan onkin sen vuoksi laskettu keskimääräiset, kaikkia pölkkyjä koskevat p i n t a p u u n l a h o p r o s e n t i t :

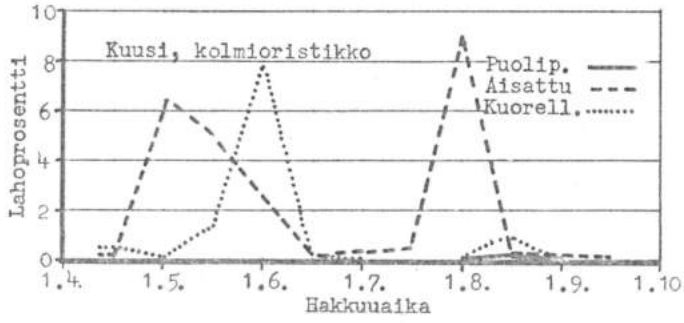
Hakkuuaika	Sydänpuu-prosentti	Pintapuun lahoprosentti
Syksy 1948	42.0	1.4
Toukok. 1949	36.5	1.1
Kesäk. "	39.5	2.0
Heinäk. "	34.9	2.5
Elok. "	35.0	0.9
Syysk. "	32.4	0.3
Jouluk. "	24.0	(0.9)
Keskimäärin	37.2	1.3

Eri hakkuuaikaryhmien pölkkyjen sydänpuuprosentit vaihtelevat siis yleensä suhteellisen vähän, joten pintapuun ja koko pölkyn lahoprosenttien suhteet pysyvät jokseenkin muuttumattomina. Mitä taas sydänpuuprosentin keskimääräiseen suuruuteen tulee, tutkimuspölkyt sisälsivät sydänpuuta tavallista vähemmän, sillä esim. O y K e s k u s l a b o r a t o r i o n tutkimusten mukaan (M u r t o, T i k k a ja I t k o n e n) kuusipaperipuun sydänpuuprosentti on Etelä-Suomessa 40 % ja Pohjois-Suomessa 57 %. Tähän perustuen voitaneen sanoa, että saadut, koko pölkkyä koskevat lahoprosentit eivät suinkaan ole liian pienet.

Hakkuuajan vaikutuksen varmentamiseksi tarkastellaan asiaa vielä muualla suoritettujen tutkimusten perusteella. L a g e r b e r g i n, L u n d b e r g i n ja M e l i n i n (taulukot 39...44) mukaan tehdyssä piirroksessa 7 puolipuhtaiksi kuorituissa kuusipaperipuissa on todettu lokakuuhun mennessä merkittävää lahoa ainoastaan elokuussa hakattujen osalta. Kesä on ollut kuivumisen puolesta niin edullinen, että vielä 15.7. hakatut kuuset ovat kuivuneet oikein hyvin. Aisatut paperipuut ovat keväälläkin kuivuneet huomattavasti heikommin kuin kuoritut, ja niinpä lahoprosentti on huomattavan suuri jo keväästä lähtien. Kuorelliset paperipuut ovat kuivuneet keväällä sen verran, että laho on päässyt hyvään vauhtiin. Loppukesällä kuivuminen on ollut ilman suuresta kosteudesta johtuen vähäistä, ja lahoamista on ilmennyt hyvin rajoitetusti. Tulosten voidaan siis sanoa osaltaan vahvistavan edellä tehtyjä päätelmiä.

Piirros 7.

Eri tavoin kuorittujen ja eri aikoina hakattujen kuusipaperipuiden lahoprosentit keskileikkauksessa saman vuoden lokakuussa. L a g e r b e r g i n, L u n d b e r g i n ja M e l i n i n mukaan.



G. A. S e r l a c h i u s O s a k e y h t i ö n lahotutkimus (Kurtén) osoittaa samansuuntaisia tuloksia (taulukko 17). 2-3 metrinen, avoristikolle sijoitettu kuusipaperipuu säilyi ilman varastolahoa heinä-elokuussa hakattuja lukuun ottamatta. Varastoristikolla olevaan 1 m paperipuuhun ilmaantui lahoa suunnilleen samalla tavalla. Pinottu 1 m paperipuu sai varastolahoa huomattavasti aikaisemmin, osittain jo toukokuun puolivälin hakkuissa, vaikka toukokuu ja kesäkuun alkupuolisko olivat kuivumisen kannalta hyvin edulliset.

Syksyn 1948 hakkuita vastaava tutkimustieto Ruotsista (Lagerberg, Lundberg ja Melin) osoittaa edelleen, että yhden kesän ja kahden talven ylitse metsässä varastoidut kuusipaperipuut säilyvät erittäin hyvin, jos ne on kuorittu puolipuhtaiksi.

V a r a s t o i m i s t a v a n v a i k u t u s

Kuivumista käsittelevän osan yhteydessä kävi ilmi, ettei ristikon eri osissa sijaitsevien pölkkyjen kuivumisessa voitu havaita sanottavia eroja. Onhan kuitenkin selvää, että eroja voi olla vain kuivumisen loppuvaiheissa. Lähellä maan pintaa vallitseva suuri kosteuspitoisuus ja erityisesti ristikon yläosassa olevien pölkkyjen vuorottainen halkeileminen ja kastuminen ovat sellaisia tekijoitä, jotka luovat suotuisat edellytykset lahosienten toimeentulolle. Tämän tutkimuk-

Taulukko 17.

Puolipuhtaiden kuusipaperipuiden pilaantuminen eri hakkuuaikoina saman vuoden marraskuuhun mennessä v. 1938. G.A. Serlachius Oy:n tutkimus (Kurtén). Metsikkö I = kostea, harva, kasvu keskinkertainen, II = kostea, tiheä, kasvu hyvänpuoleinen, III = kuiva, tiheä, kasvu hyvä, IV = kuiva, harva, kasvu keskinkertainen. Vikanaisuusluokat: 1 = vähän pintasinistä tai pieniä sinipilkkuja halkeamien kohdalla, 2 = pintasinistyminen melkein yhtenäistä tai suurempia sinistyneitä laikkuja, 3 = sinistyminen kehittyneempi, mutta myös pieniä ruskeita lahotäpliä, 4 = punainen laho yleisesti havaittavissa, 5 = punalaho levinnyt niin, ettei sinistä juuri näy, 6 = pölkyt täysin punalahon pilaamia.

Hakkuuaika	1-metrinen								2-3-metrinen			
	Pino				Varastoristikko				Avoristikko			
	Metsikkö											
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	Vikanaisuusluokka											
15.4.			0.7				1.0	1.9	1.0	1.0	2.0	1.8
1.5.			1.9	0.8	0.6	0.7	1.0	1.4	1.0	1.0	2.0	1.8
15.5.	3.1		4.4	1.8				1.4	1.0	1.0	1.1	1.3
1.6.	4.2	4.2	5.0	2.8			1.0		1.0		1.1	1.0
15.6.	4.8		5.2	3.9			2.2		1.4			1.0
1.7.	5.1	4.8	5.8	4.6	0.6	1.3	2.1	1.4		1.5	3.2	1.3
15.7.	5.0	4.4	5.6			0.9	2.7			1.0	1.2	1.3
1.8.	4.0	4.3	5.4	4.9		2.0	3.1	3.3	1.0		3.8	1.0
15.8.	4.6	5.2	4.8	4.3	2.0	3.5	4.2	3.1			3.4	1.0
1.9.	4.3	4.7	4.1	3.3	2.8	3.2	2.9				2.7	1.0
15.9.		2.6	2.5			1.8	1.5					

sen tulokset osoittavatkin kiistattomasti, että näillä tekijöillä on oma vaikutuksensa (taulukko 18). Koko aineiston keskiarvoista käy ilmi aluspölkkyjen huomattavan voimakas lahoaminen (1.6 %), kun taas keski- ja päällyspölkyt ovat päässeet paljon vähemmällä (0.7 %). Eri hakkuuaikaryhmissä on varsin mielenkiintoisia eroavaisuuksia. Lähinnä kiintyy tällöin huomio syksyllä 1948 hakattuihin paperipuihin, joiden alus- ja päällyspölkyt ovat lahonneet suurin piirtein yhtä voimakkaasti (1.6 ja 1.5 %). Muissa hakkuuaikaryhmissä vastaavaa ilmiötä ei ole havaittavissa. Tämä aiheutuu juuri edellä mainitusta päällyspölkkyjen vuorottaisesta kuivumisesta johtuvasta halkeilemisesta ja halkeamien vedellä täyttymisestä sateiden sattuessa. Keskipölkkyjen kuivuminen sen sijaan tapahtuu niin tasaisesti, sateen pääsemättä niitä samassa mitassa huuhtelemaan, että lahovauriot jäävät vähäisemmiksi. On oletettavissa, kuten myös käytännöstä saadut kokemukset osoittavat, että v a r a s t o i m i s a j a n j a t k u e s s a t i l a n n e p ä ä l l y s p ö l k k y j e n o s a l t a j a t k u v a s t i p a h e n e e. Milloin pitkäaikainen metsässä varastointi siis tulee kysymykseen, kannattanee pyrkiä käyttämään tiheää varastoimista tai ainakin sateelta suojaavaa kattorakennelmaa.

Aluspölkkyjen huonon ja hyvän sijoituksen vaikutusta lahovikojen suuruuteen korostavat ne luvut, joita on saatu vertailemalla maata koskettavien aluspölkky-

Taulukko 18.

Alus-, keski- ja päällyspölkkyjen varastolaho toukokuussa 1950. 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut.

Hakkuuaika	Aluspölkyt			Keskipölkyt			Päällyspölkyt		
	Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti	
		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt
Syksy 1948	75	2.2	1.6	50	1.0	0.5	74	2.0	1.5
Toukok. 1949	83	0.9	0.8	67	1.0	0.6	67	0.9	0.6
Kesäk. "	63	3.3	2.1	70	1.6	1.1	56	1.4	0.8
Heinäk. "	83	3.4	2.8	76	2.1	1.6	63	1.0	0.7
Elok. "	33	1.7	0.6	52	1.4	0.7	35	0.6	0.2
Syysk. "	30	0.6	0.2	36	0.6	0.2	30	0.6	0.2
Jouluk. "	50	(9.3)	(4.7)	25	1.3	0.3	17	0.6	0.1
Keskimäärin	69	2.3	1.6	58	1.2	0.7	57	1.3	0.7

jen lahoprosentteja kaikkien aluspölkkyjen vastaaviin lukuihin (taulukko 19). Melkein kaikki maata koskettavat pölkyt ovat siis saaneet lahovian, ja laho on levinnyt niissä huomattavasti pitemmälle kuin aluspölkyissä keskimäärin. Kun maata koskettavien pölkkyjen lahoprosentti on ollut 2.4 %, se on ollut hyvin varastoiduilla ainoastaan 0.6 %. Nämä luvut osoittavat havainnollisesti, että kannattaa kiinnittää huomiota myös aluspölkkyihin ja erityisesti niiden tehokkaaseen maasta eristämiseen.

Taulukko 19.

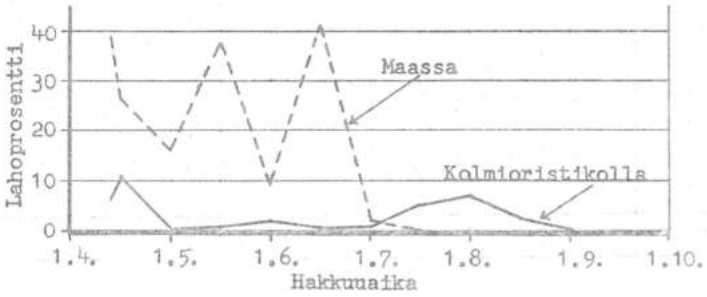
Aluspölkkyjen varastolaho toukokuussa 1950. 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut. Hakkuuaika: syksy 1948-elokuu 1949.

Pintapuun 10 vuosiluston leveys, mm	Pölkkyryhmä	Koskettaa maahan	Kaikki
		Lahoprosentti	
alle 5	Lahot	0	1.2
	Kaikki	0	0.7
5 - 9	Lahot	1.5	1.9
	Kaikki	1.5	1.0
10 - 14	Lahot	4.1	1.5
	Kaikki	4.1	1.2
15 ja yli	Lahot	1.7	3.5
	Kaikki	1.7	2.2
Keskimäärin	Lahot	2.5	1.8
	Kaikki	2.4	1.2

Myös Ruotsissa suoritetut tutkimukset käyvät samaan suuntaan (Lagerberg, Lundberg ja Melin), kuten oheisesta, kuorittua mäntypaperipuuta koskevasta piirroksesta 8 käy esille.

Piirros 8.

Eri aikoina hakattujen ja eri tavoin varastoitujen, puolipuhtaiden mäntypaperipuiden lahoprosentit keskileikkauksessa saman vuoden lokakuussa. L a g e r b e r g i n, L u n d b e r g i n ja M e l i n i n mukaan.



Ristikon teossa on siis syytä painostaa, että a l i m m a t p ö l k y t e i v ä t missään tapauksessa s a a k o s k e t t a a m a a h a n. Tähän on kiinnitettävä aivan erikoinen huomio maaperän ollessa pehmeää tai pitkävarpuista.

Kuten eri pölkkykerrosten välillä ristikossa, ei myöskään eri ristikkomallien kuivumisessa voitu todeta mitään selviä eroja. Koska alus-, keski- ja päällyspölkkyjen lahoprosentit kuitenkin huomattavasti vaihtelivat, on aihetta olettaa, että r i s t i k k o m a l l i k i n vaikuttaa lahon laajuuteen. Siksi ristikot on lahon toteamista varten ryhmitetty siten kuin kuivumista koskevan osan yhteydessä on jo selostettu, siis harvoihin, joissa on ainoastaan yksi täysi kerros (katto) tai jotka ovat kolmiomallia, sekä tiheisiin, joissa on vähintään kaksi täyttä kerrosta. Tulokset (taulukko 20) osoittavat, että aineiston seulominen ei ole mennyt hukkaan. Syys-joulukuussa 1949 tehdyissä ristikoissa ei vielä voida havaita eroavaisuuksia, mutta sen sijaan jo h e i n ä - e l o k u u s s a 1 9 4 9 tehdyissä. T i h e i s s ä r i s t i k o i s s a l a h o p r o s e n t t i on ollut selvästi p i e n e m p i k u i n h a r v o i s s a. Selitys tähän ensi näkemältä outoon ilmiöön lienee siinä, että tiheät ristikot ovat kuivuneet liian hitaasti sienten pääsemättä niihin silloin sanottavasti käsiksi. Koska vesipitoisuuden mittausaikana (toukok. 1950) kuivumisessa ei ollut sanottavaa eroa, on puiden täytynyt kuivua tiheissä ristikoissa keväällä 1950 riittävän nopeasti, jolloin niiden lahovahingot ovat jääneet hyvin vähäisiksi. Kun tarkastellaan touko-kesäkuussa 1949 hakattuja pölkkyjä, nähdään harvojen ristikoiden vuorostaan selvinneen pienemmin vahingoin. Kuivuminen on niissä ollut niin paljon nopeampaa kuin tiheissä ristikoissa, että myös lahoviat ovat jääneet pienemmiksi. Syksyllä 1948 tehdyt ristikot ovat taas asia sinänsä. Yhden talven ylityksen jälkeen keväällä 1949 nämä pölkyt ovat ilmeisesti olleet suurin piirtein samanlaisia niin tiheissä kuin harvoissakin ristikoissa tai ehkä edellisis-

Taulukko 20.

Ristikkomallin vaikutus varastoimisvikojen määrään toukokuussa 1950.
2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut.

Hakkuuaika	Ristikkomalli									
	Harva	Tiheä	Harva	Tiheä	Harva	Tiheä	Harva	Tiheä	Harva	Tiheä
	Terveitä		Vain sinist.		Lahoja		Lahoprosentti			
	% kpl.-luvusta						Lahot	pölkyt	Kaikki	pölkyt
Syksy 1948	2	5	40	43	58	52	1.3	1.6	0.8	0.9
Toukok. 1949	-	-	30	31	70	69	0.9	1.0	0.6	0.7
Kesäk. "	2	-	31	20	67	80	1.7	2.4	1.1	1.9
Heinäk. "	2	-	24	30	74	70	2.3	0.6	1.7	0.4
Elok. "	14	47	34	21	52	32	1.4	0.6	0.7	0.2
Syysk. "	66	61	5	-	29	39	0.6	0.6	0.2	0.2
Jouluk. "	65	-	10	-	25	-	(2.8)	-	(0.7)	-
Keskimäärin	10	14	29	28	61	58	1.5	1.2	0.9	0.7

sä hieman vähemmän lahoa sisältäviä, sillä syksy 1948 oli runsassateinen. Keväällä 1949 tiheät ristikot ovat kuivuneet hitaammin, joten laho on saanut niissä hieman voimakkaamman otteen kuin harvoissa ristikoissa. Mutta aina eivät olosuhteet kuitenkaan ole samanlaisia. Niinpä jos oletamme hakkuuaikana elo-syyskuussa olevan kuivumiselle otolliset ilmat, seuraa siitä, että tiheät ristikot kuivuvat liikaa, toisin sanoen niin paljon, että laho pääsee niissä täyteen vauhtiin. Silloin on paljon mahdollista, että tiheiden ristikoiden lahoprosentti voi nousta yhtä suureksi tai ehkä suuremmaksikin kuin harvojen ristikoiden. Jos taas seuraavana keväänä on poikkeuksellisen sateiset säät, pölkyt eivät kuivukaan riittävän nopeasti tiheässä ristikossa ja joutuvat sienituhojen kohteiksi.

Yhteenvetona voitaneen sanoa, että harvat ristikot antavat yleensä paremmat tulokset lahosuojan suhteen, mutta että eräissä erikoistapauksissa tiheät ristikot ja yleensä tiheät varastomuodostelmat ovat suositeltavampia. Tällaisia erikoistapauksia ovat sateisena loppukesänä suoritetut pinotavaran hakkuut, jos puiden kuivuminen seuraavana kesänä tapahtuu nopeasti. Kuivumisen edistämiseksi on varhain seuraavana keväänä suoritettu tiheän varastomuodostelman harventaminen kaikkein tehokkaimpia toimenpiteitä. Tämä tulee kysymykseen kuitenkin vain siinä tapauksessa, että puut ajetaan talvella metsästä esim. uittoväylän varteen. Jos ristikoiminen jätetään alkukesään, kuten meillä hyvin usein tapahtuu, hyvää kevätkuivumiskautta ei käytetä hyväksi eikä silloin suoritettu ristikoiminenkaan voi tuottaa lahosuojauksen kannalta haluttuja tuloksia. Tiheä varastointi tulee kysymykseen myös silloin, kun varastoimisaika on poikkeuksellisen pitkä.

P i n t a p u u n v u o s i l u s t o j e n l e v e y d e n
v a i k u t u s

Varastolahon leviämiseen ja laajuuteen vaikuttavista monista tekijöistä otettakoon vielä käsiteltäväksi pintapuun vuosilustojen leveys. Taulukosta 21 havaitaan, että m i t ä s u u r e m p i o n l u s t o l e v e y s , s i t ä

Taulukko 21.

Varastolahon riippuvuus 10 lähinnä pölkyn pintaa olevan vuosiluston leveydestä toukokuussa 1950.
2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut.

Hakkuuaika	Vuosilustojen leveys, mm											
	- 4			5 - 9			10 - 14			15 +		
	Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti	
		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt
Syksy 1948	34	0.6	0.2	52	1.1	0.6	85	2.2	1.8	82	2.8	2.3
Toukok. 1949	40	1.0	0.4	64	0.8	0.5	74	1.0	0.7	82	1.3	1.1
Kesäk. "	58	0.8	0.5	66	1.0	0.7	82	3.5	2.9	100	3.3	3.3
Heinäk. "	60	0.6	0.4	76	2.1	1.6	68	2.3	1.6	81	2.6	2.1
Elok. "	-	-	-	36	0.6	0.2	46	0.9	0.4	67	1.0	0.6
Syysk. "	33	0.6	0.2	50	0.6	0.3	16	0.6	0.1	35	0.6	0.2
Jouluk. "	50	0.6	0.3	40	(6.0)	(2.4)	-	-	-	25	0.6	0.2
Keskimäärin	42	0.7	0.3	59	1.2	0.7	65	1.7	1.1	68	1.7	1.1

enemmän lahoa pölkyt sisältävät ja että lustoleveyden vaikutus tulee korostettuna ilmi varastoimisajan jatkuessa. Voidaan sanoa, että jos lustoleveys on alle 1 mm, lahoprosentti pysyttelee yleensä 1 % alapuolella. Jos lustoleveys nousee yli 1.5 mm, hakkuuajat syksystä 1948 heinäkuuhun 1949 antavat lahoprosentille arvot 2-3 %. Pintapuun vuosilustojen leveyden vaikutusta lahoamiseen on pyritty selittämään siten, että sienirihmojen on helpompi tunkeutua suurionteloisesta solusta toiseen (Lagerberg, Lundberg ja Melin). Paljon mahdollista, että näin onkin, mutta ehkä lähempänä tuntuisi olevan kuitenkin vesipitoisuuden vaihteluista johtuva selitys. Kun kuivuminen on alkuvaiheissaan, kapealustoisten pölkkyjen soluontelot sisältävät suhteellisesti enemmän ilmaa ja happea kuin leveälustoisten pölkkyjen soluontelot. Tällöin joko edelliset lahoavat enemmän tai yhtä paljon kuin jälkimmäiset, kuten taulukosta nähdään. Kuivumisen ehtiessä pitemmälle edellisten pienet soluontelot tyhjenevät nopeasti vedestä, joten lahosienten elinmahdollisuudet vastaavasti vaikeutuvat. Veden haihtuminen leveäonteloisista soluista vaatii pitemmän ajan, joten puu ei ehdi kuivua riittävästi ennen liian lämpimien ilmojen tuloa. Jos tämä on suurimpana syynä leveälustoisten pölkkyjen suureen lahoamiseen, niin kuin tuntuu todennäköiseltä, hyväkasvuisten puiden kuivumisolosuhteiden parantamiseen olisi kiinnitettävä erityistä huomiota, varsinkin maamme eteläosissa.

Lustoleveyden vaikutus voi aiheutua tosin muistakin syistä, esim. puun kemiallisessa rakenteessa esiintyvistä vaihteluista, kuten sivulla 24 muita tutkimuksia selostettaessa esitettiin.

Puiden hyväkasvuisuuden merkitys lahoamisen kannalta on havaittu myös G. A. Serlachius Oy:n v. 1938 suorittamassa tutkimuksessa (taulukko 17, sivu 40), jossa metsiköstä III tehdyt hyväkasvuiset pölkyt lahosivat huomattavasti voimakkaammin kuin muut. Samansuuntaisia tuloksia on saanut myös Seppälä (taulukot 10 ja 11).

Koska vuosilustojen leveyden vaikutus on näin tuntuva, on aihetta tarkastella eri aikoina hakattujen kuusipaperipuiden keskimääräistä lahoamista tältä kannalta. Ensinnä kuitenkin muutama sana tutkimusaineiston pölkkyjen jakaantumisesta eri lustoleveysluokkiin, mikä oli seuraavanlainen:

Pintapuun 10 vuosiluston leveys, mm			
Alle 5	5 - 9	10 - 14	15 ja yli
	% kpl.-luvusta		
12	45	29	14

Pintapuun vuosilustojen keskimääräiseksi leveydeksi saadaan täten 9.8 mm, eli yhden vuosiluston leveys on 0.98 mm. Pölkkyjä, joiden keskimääräinen lustoleveys oli 1 mm tai enemmän, oli siis keskimäärin 43 %. Seuraavassa asetelmassa on tarkasteltu eri hakkuuaikaryhmien lustoleveyttä ja esitetty myös lustoleveyden keskiarvon mukaisiksi korjatut lahoprosentit, jotka ovat tietenkin vain suuntaa antavia.

Hakkuuaika	Keskimääräinen lahoprosentti	Pintapuun vuosiluston leveys 1 mm tai yli, % kpl.-luvusta	Korjattu lahoprosentti
Syksy 1948	0.8	22	1.2
Toukok. 1949	0.7	57	0.6
Kesäk. "	1.2	27	2.0

Heinäk. 1949	1.6	45	1.6
Elok. "	0.6	67	0.3
Syysk. "	0.2	51	0.2
Jouluk. "	(0.7)	65	(0.7)

Vuosilustojen leveyden mukaan jakaantuminen ei siis ole ollut niin tasaista, kuin aineiston homogeenisuuden kannalta olisi ollut toivottavaa. Erityistä huomiota ansaitsevat kolmen ensimmäisen ryhmän luvut. S y k s y l l ä 1 9 4 8 tehtyjen pölkkyjen l a h o p r o s e n t t i s i i s s u u r e n e e varsin huomattavasti, mutta jää kuitenkin pienemmäksi kuin kesä-heinäkuussa 1949 hakattujen pölkkyjen. Toukokuun lahoprosentti laskee hieman, mutta k e s ä k u u n n o u s e e s u u r i m m a k s i. Elokuun lahoprosentti laskee huomattavasti. Vaikkakin muutokset ovat siis varsin voimakkaat, ne eivät silti pääse horjuttamaan edellä tehtyjä päätelmiä eri vuodenaikoina hakattujen paperipuiden lahovikojen esiintymisrunsaudesta.

H a k k u u p a i k a n v a i k u t u s

Hakkuupaikan merkitys lahovikojen kannalta johtuu ennen kaikkea siitä, että kuivumismahdollisuudet vaihtelevat huomattavasti jäljelle jääneen metsän tiheydestä, maaperän kosteudesta ja maaston muodostuksesta johtuen. Koska tutkimuksen päätarkoituksena ei ollut tämän seikan selvittäminen, on luonnollista, että koottu aineisto on tässä suhteessa hyvinkin epätasainen. Siksi on katsottu aineiston laatuun nähden riittäväksi suorittaa ainoastaan sellainen suhteellisen epämääräinen ryhmittely, kuin jo kuivumisen yhteydessä on selostettu. Jos olisi menty yksityiskohtaisempaan jaoitteluun, aineisto olisi jakaantunut aivan liian pieniin osiin. Saatuja tuloksia valaisee seuraava asetelma:

	Hakkuupaikka		
	I (aukea, kuiva)	II (keskinkertainen)	III (tiheys 0.6, kostea)
Lahoja, % kpl.-luvusta	56	68	70
Lahojen pölkkyjen lahoprosentti	1.2	1.6	1.3
Kaikkien pölkkyjen lahoprosentti	0.7	1.1	0.9

Kuten jo etukäteen voi odottaa, aineiston hajanaisuus pääsee vaikuttamaan sekoittavasti lopputuloksiin. Asetelman mukaan voidaan tosin jossakin mitassa huomata hakkuupaikan laadun vaikutusta, mutta mitään selviä numeerisia päätelmiä ei voida tehdä.

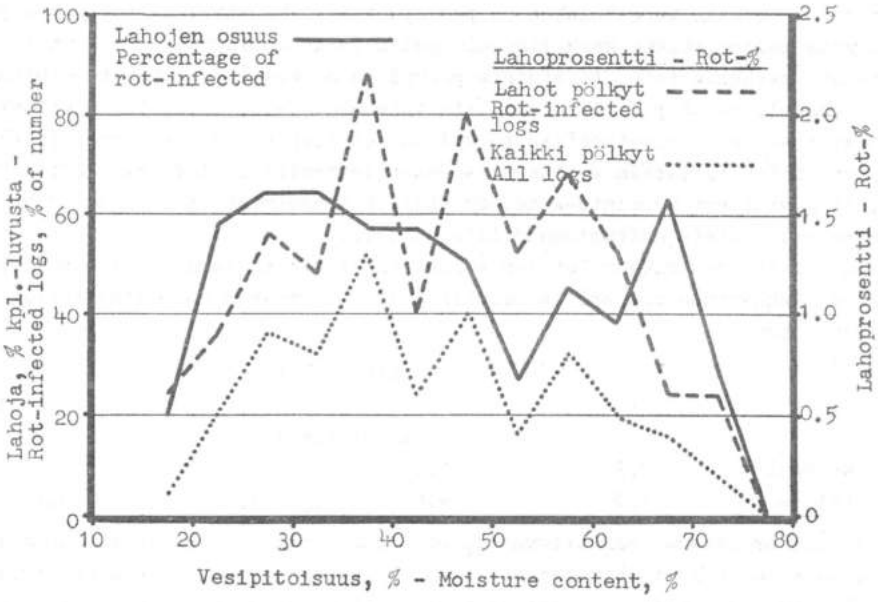
Muualla suoritetuissa tutkimuksissa hakkuupaikan merkitykseen ei ole K u r t é n i a ja S e p p ä l ä ä lukuun ottamatta kiinnitetty sanottavasti huomiota. K u r t é n i n mukaan hakkuupaikan merkitys on joka tapauksessa vähäisempi kuin esim. vuosilustojen leveyden.

V e s i p i t o i s u u d e n v a i k u t u s

Edellä on jo monissa yhteyksissä selvitetty ja korostettu vesipitoisuuden merkitystä lahovikojen syntymiselle ja leviämiselle, mutta ei ole kuitenkaan esitetty selviä lukuja vaihtelevat määrät vettä sisältävien pölkkyjen lahoami-

Piirros 9 - Sketch 9.

Vesipitoisuuden ja lahojen pölkkyjen määrän sekä lahoprosentin välinen riippuvuus. 2 m puolipuhtaat kuusipaperipuut. - Interdependence between moisture content and the number of rot-infected logs and rot percentage. Partly barked 2-metre spruce pulpwood.



sesta. Piirroksessa 9 tarkastellaan nyt tätä seikkaa. Piirros ilmaisee, että vesipitoisuuden ollessa pölkyn keskellä toukokuussa 1950 alle 80 % kuiva-ainepainosta lahovaara on varsin voimakkaasti esillä, sillä lahoa sisältävien pölkkyjen osuus nousee n. 40 % kappaleluvusta. Laho on kuitenkin suhteellisen lievää laadultaan. Vesipitoisuuden laskiessa lahoa sisältävien pölkkyjen lukumäärä jatkuvasti suurenee nousten yli 60 % kappaleluvusta. 25 % vesipitoisuus muodostaa selvän rajakohdan, josta lähtien lahonneiden pölkkyjen lukumäärä voimakkaasti laskee. Tämä merkitsee sitä, että pölkyt ovat kuivuneet niin nopeasti ja ilmeisesti myös sellaisena aikana, että sienitartunta on jäänyt vähäiseksi. Vielä selvemmin nopean kuivumisen merkitys näkyy lahoprosenteista. Lisäksi lahoprosenttien pieneneminen alkaa jo jonkin verran aikaisemmassa vaiheessa, mikä tietää esim. jo 30-35 % vesipitoisuuden vaikuttavan ehkäisevästi sienten kasvuun. Kun näitä tuloksia vertaillaan sinistymistä koskeviin (piirros 6, sivu 34), havaitaan eräitä huomattavia, periaatteellisia eroavaisuuksia. Jo hyvin varhaisessa vaiheessa (n. 80 % vesipitoisuus) sinistyminen esiintyy sangen voimakkaana, mutta sinistyneiden pölkkyjen lukumäärä pysyttelee vaatimattomana. Sinistymisen voimakkuudessa ei voida havaita kovin suuria eroavaisuuksia vesipitoisuuden pienentyessä, mutta sinistyneiden pölkkyjen lukumäärä kasvaa jatkuvasti. Sinistyneiden lukumäärän jyrkkä lisääntyminen alkaa vesipitoisuuden pudotessa n. 40 %:iin.

L a h o n l e v i ä m i n e n p ö l k y s s ä

Edellä on käsitelty varsin monia lahoamiseen vaikuttavia tekijöitä, mutta on vielä jäänyt selvittämättä, mistä kohdista laho saa pölkyissä alkunsa ja miten se pölkyn sisällä leviää. L a g e r b e r g i n, L u n d b e r g i n ja M e l i n i n mukaan varastolahoa on puolipuhtaiksi kuorituissa pölkyissä jokseenkin yhtä paljon pölkyn keskellä kuin yhden jalan etäisyydellä pölkyn paksummasta päästä keskelle päin. Aisatuissa pölkyissä on keskellä selvästi vähemmän lahoa ja kuorellisissa pölkyissä vieläkin vähemmän. Selityksenä tähän esitetään, että aisatuissa ja kuorimattomissa pölkyissä keskiosa pysyttelee kauemmin elävänä ja voi siten pitempään vastustaa sienten leviämistä. Ilmeiseltä kuitenkin tuntuu, että erot eri kuorinta-asteiden välillä aiheutuvat pääasiassa pölkkyjen keskiosien erilaisista kuivumismahdollisuuksista.

Tämän tutkimuksen mukaan lahojen pölkkyjen keskiosan ja molempien päiden (keskiarvo) lahoaminen oli eri laholuokissa ja keskimäärin koko aineistossa seuraavan suuruinen:

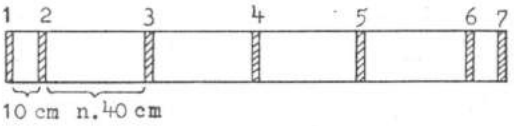
	Laholuokka			
	1	2	3	Keskimäärin
	Lahoprosentti			
Pölkyn keskellä	0.3	1.3	6.8	0.8
" päissä	1.0	4.4	11.7	2.1

Tulokset siis osoittavat vakuuttavasti, että laho on pölkyn keskellä huomattavasti vähäisempää kuin pölkyn päissä. Koska laholuokkaa määrättäessä otettiin sekä pölkyn keskiosa että molemmat päät huomioon, laholuokan mukainen ryhmittely ei anna oikeata kuvaa asiaa koskevista muutoksista lahon ehtiessä pitemmälle. Sen vuoksi tarkastellaankin asiaa vielä seuraavassa asetelmassa:

	Pölkyn päiden lahoprosentti					
	0.0-0.5	0.6-0.9	1.0-4.9	5.0-9.9	10.0-19.9	20.0-29.9
Keskiosan lahoprosentti:	Prosenttia kpl.-luvusta					
yhtä suuri	8	7	12	20	14	0
pienempi	64	73	72	73	86	33

Nähdään siis, että p ö l k y n k e s k i o s a n l a h o p r o s e n t t i o n suurimmassa osassa aineistoa p i e n e m p i kuin p ö l k y n p ä i d e n l a h o p r o s e n t t i. Ainoastaan voimakkaimmin lahonneet pölkyt muodostavat tästä säännöstä poikkeuksen. Kuten edellä jo viitattiin, ero aiheutunee pölkyn eri osien erilaisesta kuivumisesta, jos kohta myös sieni-itiöiden mahdollisuudet päästä puun sisään pölkyn eri osissa saattavat vaihdella. Pölkkyjen päähän kuivuvat nopeammin kuin niiden keskiosat. Tällöin ne joutuvat ensimmäisinä alttiiksi sienitartunnalle. Lahon jatkuva kehitys pölkyn päissä kuivumisen ehdittyä solujen kyllästymispisteeseen lienee seuraus pölkyn päiden halkeilemisesta ja suuresta veden imemiskyvystä (Ullén 1930) sateiden sattuessa. Samalla tavallahan oli itse asiassa myös ristikon päällyspölkkyjen suuren lahoamisen laita varastoimisajan jatkuessa. Veden tunkeutuminen puun sisään aiheutuu silloin kuitenkin suurimmaksi osaksi halkeamien syntymisestä. Että pölkyn päiden vettyminen sateiden sattuessa ei jää merkityksettömäksi, osoittavat K a u k a a n T e h d a s O y:n suorittamat vesipitoisuuden mittaukset joulukuussa

1946 2 m kuusipaperipuupölkkyjen eri osissa (W i g r e n, taulukko 3). Kiekkoja otettiin oheisen piirroksen osoittamalla tavalla:



Eri kiekkojen vesipitoisuus (% kuiva-ainepainosta) oli tällöin seuraavan suuruinen:

Vedestä nostetun	Kiekon n:o						
nipun	1	2	3	4	5	6	7
- yläosa	61.5	42.0	39.7	39.6	41.2	42.5	54.6
- alaosa	58.2	43.7	41.0	41.6	41.6	44.3	62.2

Tulokset siis osoittavat, että niin nipun ylä- kuin alaosassakin vesi tunkeutuu huomattavan voimakkaasti pölkyn päihin. Olihan päistä ja keskeltä leikattujen kiekkojen vesipitoisuuden ero 15-20 %. Ettei suurempi osa pölkystä ime enempää vettä, aiheutunee pääasiassa pölkyn sisällä olevien ilmamassojen vastustuksesta.

Olipa tähän ilmiöön vaikuttavien syiden laita miten tahansa, se auttaa joka tapauksessa lahoamisen kulun ymmärtämistä. Jos esim. vertaillaan eri pituisen paperipuun lahovikoja samanlaisissa kuivumisolosuhteissa, voidaan yllä esitettyyn nojautuen väittää, että koska laho lähtee liikkeelle pölkyn päistä, lahoviat tulevat lyhyissä pölkyissä suuremmiksi kuin pitkissä. Näin asia luultavasti onkin erityisesti silloin, kun varastoimisaika on suhteellisen lyhyt. Valitettavasti kirjallisuudestakaan ei ole saatavissa tietoja, joiden perusteella eri pituisten paperipuiden lahoamiseen voitaisiin saada varma vastaus.

Mäntypaperipuut

Kuivumista käsittelevän osan yhteydessä mäntypaperipuiden tarkastelu jätettiin melko vähälle, koska aineisto oli suhteellisen pieni ja koska samat asiat tulivat esille jo kuusipaperipuiden yhteydessä. Samoin menetellään myös mäntypaperipuiden varastoimisvikojen suhteen. Tarkkaillaan ainoastaan kuusi- ja mäntypaperipuiden välisiä eroavaisuuksia ja koetetaan saada päätulokset esille. Näin ei tehdä suinkaan siksi, että männyn varastoimisvikojen merkitys aliarvioitaisiin, vaan sen vuoksi, ettei pieni aineisto salli kovin pitkälle menevää analysointia.

Sinistyminen

Mäntypaperipuiden sinistyminen on todettu niin tartunnan lukuisuuteen kuin myös voimakkuuteen nähden huomattavasti merkittävämmäksi kuin kuusipaperipuiden (taulukko 22). Huomataan, että k a i k k i p ö l k y t ovat saaneet s i n i s t y m i s t a r t u n n a n, kun taas kuusipaperipuista oli sinistymättömiä 15 % (tosin suurin osa syys-joulukuulta 1949 peräisin). Ero on kuitenkin vielä selvempi sinistymisen voimakkuudessa. Sinistymisluokkien lukuarvojen (1, 2, 3) perusteella laskettu keskimääräinen sinistyminen on nimittäin mäntypaperi-

Taulukko 22.

Eri pölkkyryhmien sinistymisen levinneisyys (% kpl.-luvusta) ja voimakkuus toukokuussa 1950. 1.8 m puolipuhtaat mäntypaperipuut.

Hakkuuaika	Aluspölkyt	Keskipölkyt	Päällyspölkyt	Kaikki pölkyt
	Sinistymisen levinneisyys/voimakkuus			
Syksy 1948	100/3.0	100/2.8	100/3.0	100/2.9
Helmi-maalisk.1949	100/2.7	100/2.0	100/3.0	100/2.1
Toukok. "	100/2.7	100/2.5	100/2.7	100/2.6
Touko-kesäk. "	100/2.9	100/2.9	100/3.0	100/2.9
Heinäk. "	100/2.8	100/2.9	100/3.0	100/2.9
Elok. "	100/2.3	100/2.6	100/2.8	100/2.6
Keskimäärin	100/2.8	100/2.6	100/2.9	100/2.7

puilla 2.7 ja kuusipaperipuilla 2.1. Mitä taas eri aikoina hakattujen paperipuiden sinistymiseen tulee, voidaan todeta, että ainoastaan helmi-maaliskuussa 1949 hakattujen mäntyjen sinistyminen poikkeaa huomattavasti muista. Ei siis voida havaita, että syksyllä 1948 hakatut männyt olisivat sinistyneet vähemmän kuin keväällä ja kesällä 1949 hakatut, kuten kuusipaperipuiden suhteen oli asia.

Mitä taas eri pölkkyryhmiin tulee, erot ovat hyvin vähäiset. Päällyspölkyt ovat sinistyneet pahiten, mutta muutkaan pölkkyryhmät, erityisesti aluspölkyt, eivät jää paljon jälkeen.

Vesipitoisuuden vaikutus sinistymiseen näyttää huomattavasti toisenlaiselta kuin kuusipaperipuilla. Erikoisesti herättää huomiota, että niinkin runsaasti kuin 40-60 % vettä sisältävät pölkyt ovat sinistyneet erittäin voimakkaasti. Tulokset siis osoittavat, että mäntypaperipuut ovat sinistymistä vastaan paljon vastustuskyvyttömämpiä kuin kuuset. Aineiston perusteella on vaikea sanoa, voidaanko sinistymistä saada pienemmäksi millään erikoistoimenpiteillä, siksi varhaisessa kuivumisvaiheessa ja siinä määrin laajalle levinneenä ja voimakkaana se esiintyy. Pääpiirteissään samoihin tuloksiin ovat myös ruotsalaiset tutkijat päätyneet (Lagerberg, Lundberg ja Melin). Tosin heidän tuloksensa männyn sinistymisen riippuvuudesta vesipitoisuudesta poikkeavat tässä tutkimuksessa saaduista.

Varastolaho

Mäntypaperipuiden lahoviatkin muodostuvat jossakin määrin toisenlaisiksi kuin kuusten (taulukko 23). Ensinnäkin lahotartunta on levinnyt useampiin pölkkyihin. Erikoista on tällöin pääasiassa k a u i m m i n v a r a s t o i t u j e n p ö l k k y j e n v o i m a k a s l a h o t a r t u n t a, kuten piirroksesta 10 ilmenee.

Mutta ero ei supistu ainoastaan tartutettujen pölkkyjen lukumäärään, sillä myös lahoprosentit näyttävät samaa suuntaa, vieläpä korostettuina. Onhan s y k s y l l ä 1 9 4 8 hakattujen mäntypaperipuiden lahoprosentti ollut kokonaista 6. 7 %, kun lahoa on niin kuusi- kuin mäntypaperipuillakin yleensä ainoastaan 1-2 %. Samantapaisiin tuloksiin ovat tulleet myös mm. L a g e r b e r g, L u n d b e r g ja M e l i n, joiden mukaan kahden kesän yli metsässä säily-

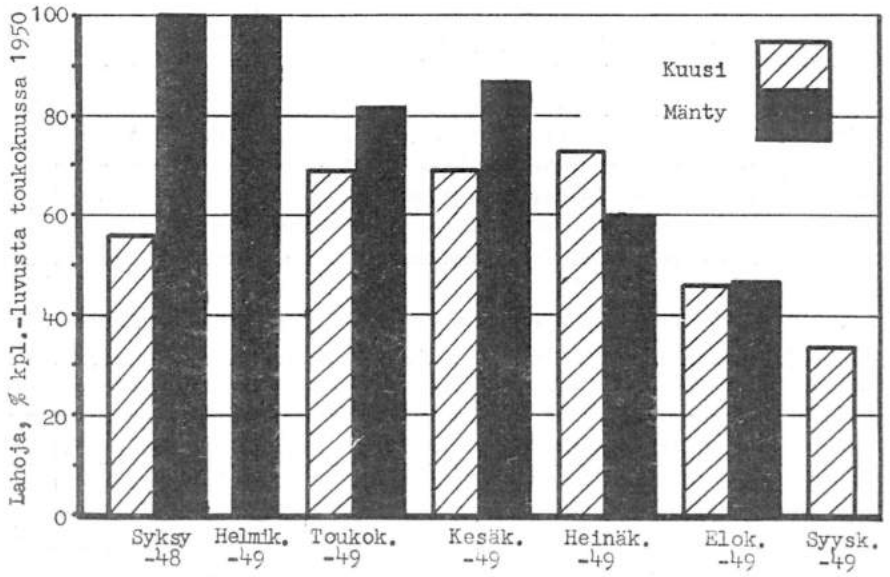
Taulukko 23.

1.8 m puolipuhtaiden mäntypaperipuiden varastolaho toukokuussa 1950. Laholuokkia vastaavat kuutiomäärästä lasketut lahoprosentit: luokka 1 = 0.5 %, luokka 2 = 2.1 % ja luokka 3 = 10.7 %.

Hakkuuaika	Laholuokka			Lahotartunnan saaneita, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti	
	1	2	3		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt
	% lahopölkyistä					
Syksy 1948	12	32	56	100	6.7	6.7
Helmi-maalisk.1949	59	35	6	100	1.7	1.7
Toukok. "	90	10	-	82	0.7	0.5
Touko-kesäk. "	49	47	4	87	1.7	1.5
Heinäk. "	78	17	5	60	1.3	0.8
Elok. "	95	5	-	47	0.6	0.3
Keskimäärin	53	29	18	83	2.8	2.4

Piirros 10.

Eri aikoina hakattujen puolipuhtaiden kuusi- ja mäntypaperipuiden varastolahoa sisältävien pölkkyjen määrä.



tetyt männyt pilaantuvat erittäin voimakkaasti, olipa hakkuuaika mikä tahansa. Kuusista pilaantuvat suunnilleen yhtä paljon ainoastaan keskikesällä hakatut pölkyt.

Selityksiä tähän erittäin vaillinaisesti tutkittuun tosiasiaan löytyy monia. Ensinnä voitaneen mainita mäntypuun voimakkaampi, tangentin suuntainen kutistuminen, josta johtuen halkeileminen saa männyllä suuremman merkityksen kuin kuusella. Jos esim. männyn kuivatilavuuspainona pidetään 484 kg/m^3 ja kuusen vastaavas-

ti 445 kg/m^3 (Jalava 1945, sivu 36), on männyn tangentin suuntainen kutistuminen tuoreesta absoluuttisesti kuivaan tilaan 8.74 %, kun taas kuusen vastaava kutistuminen on 8.36 % (S i i m e s). Syitä täytyy olla muitakin ja luultavasti yllä mainittua tärkeämpiä, vaikka asiaa valaisevat kirjallisuustiedot ovatkin hyvin epävarmoja. Hyvin todennäköiseltä tuntuu, että lahoa estävien, pihkaan sisältyvien aineiden määrä ja ehkä laatukin oleellisesti muuttuvat varastoimisajan jatkuessa. Ei liene myöskään aivan perusteetonta olettaa, että lahosieniä vastustavien sienilajien ja bakteerien elinmahdollisuuksissa syntyy varastoimisajan jatkuessa huomattavia muutoksia.

Edellä taulukossa 23 esitetyt lahoprosentit tarkoittivat koko pölkkyä, mutta kuten jo kuusipaperipuiden yhteydessä oli puhe, on oikeampaa puhua ainoastaan pintapuun lahoprosenteista. Mäntypaperipuita koskevat p i n t a p u u n l a h o p r o s e n t i t olivat aineistossa seuraavat:

Hakkuuaika	Sydänpuuprosentti	Pintapuun lahoprosentti (kaikki pölkyt)
Syksy 1948	26.0	9.1
Helmi-maalisk. 1949	24.0	2.2
Toukok. "	33.1	0.7
Touko-kesäk. "	28.9	2.1
Heinäk. "	34.1	1.2
Elok. "	27.6	0.4
Keskimäärin	28.9	3.4

Eri pölkkyryhmien sydänpuupitoisuuden perusteella tehdyt korjaukset jäävät siis suhteellisen vähäpätöisiksi, koska sydänpuuprosentti tai vastaavasti pintapuun määrä vaihtelee verraten vähän. Mitä itse aineiston edustavuuteen Kainuun olosuhteita silmällä pitäen tulee, mäntyaineistokaan ei täytä tätä vaatimusta erityisesti siitä syystä, että tahdottiin saada mukaan tavallista enemmän vähän sydänpuuta sisältäviä pölkkyjä. Poikkeama ei ole kuitenkaan niin suuri kuin kuusipaperipuilla.

E r i p ö l k k y r y h m i e n lahoamista koskevat tiedot (taulukko 24) poikkeavat jossakin määrin kuusipaperipuiden vastaavista luvuista. Lahon tartuttamien pölkkyjen lukumäärä on koko aineiston keskiarvona, kuten yleensä yksityisissä ryhmissäkin, keskipölkyillä pienin. Samalla tavalla on lahoprosentinkin laita. Huomiota herättävät jossakin määrin alus- ja päällyspölkkyjen lahoprosenttien vaihtelut, joihin on kuitenkin vaikeata yksityiskohtaisesti puuttua, sillä aluspölkkyjen lukumäärä oli useimmissa tutkimusryhmissä aivan liian pieni. Aluspölkkyjen lahoprosenttien tarkastelua vaikeuttaa edelleen se seikka, että lahoaminen on voimakkaasti riippuvainen aluspuiden laadusta, kuten kuusiaineiston yhteydessä kävi ilmi (taulukko 19).

V u o s i l u s t o j e n l e v e y d e n vaikutus (taulukko 25) on osoittautunut suurin piirtein samanlaiseksi kuin kuusipaperipuilla. Aineisto on tosin siinä määrin vajavainen, ettei kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä voida tehdä. Kannattanee kuitenkin mainita, että toukokuussa 1949 hakatut pölkyt muodostavat poikkeuksen yleisestä lahoamisen kulusta. Lustoleveys ei ole näet vaikuttanut tässä ryhmässä lainkaan. Myös kuusipaperipuiden suhteen asia oli hieman samansuuntainen (taulukko 21). Johtuuko tämä ehkä toukokuussa hakattujen pölkky-

jen erikoisen nopeasta kuivumisesta, kuten tuntuu todennäköiseltä, vai joistakin satunnaisista seikoista, jääkön riittävien perusteiden puuttuessa selvittämättä.

Taulukko 24.

Alus-, keski- ja päällyspölkkyjen varastolaho toukokuussa 1950. 2 m puolipuhtaat mäntypaperipuut.

Hakkuuaika	Aluspölkyt			Keskipölkyt			Päällyspölkyt		
	Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti	
		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt
Syksy 1948	100	6.8	6.8	100	6.5	6.5	100	6.9	6.9
Helmi-maalisk. 1949	100	1.0	1.0	100	1.7	1.7	100	2.1	2.1
Toukok. "	86	0.7	0.6	77	0.7	0.5	91	0.6	0.5
Touko-kesäk."	100	1.0	1.0	84	1.8	1.5	92	1.8	1.6
Heinäk. "	67	5.6	3.7	52	0.6	0.3	100	1.3	1.3
Elok. "	67	0.5	0.3	48	0.5	0.2	33	1.0	0.3
Keskimäärin	90	2.7	2.5	78	2.2	1.7	91	4.0	3.6

Taulukko 25.

Varastolahon riippuvuus 10 lähinnä pölkyn pintaa olevan vuosiluston leveydestä toukokuussa 1950.
2 m puolipuhtaat mäntypaperipuut.

Hakkuuaika	Vuosilustojen leveys, mm											
	- 4			5 - 9			10 - 14			15 +		
	Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti		Lahoja, % kpl.-luvusta	Lahoprosentti	
		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt		Lahot pölkyt	Kaikki pölkyt
Syksy 1948	100	6.9	6.9	100	5.6	5.6	100	7.4	7.4	100	10.9	10.9
Helmi-maalisk.1949	100	0.5	0.5	100	1.6	1.6	100	2.0	2.0	-	-	-
Toukok. "	73	0.5	0.4	84	0.8	0.6	60	0.5	0.5	-	-	-
Touko-kesäk. "	-	-	-	89	1.3	1.1	79	2.7	2.1	100	2.1	2.1
Heinäk. "	100	0.5	0.5	56	1.5	0.8	-	-	-	-	-	-
Elok. "	20	0.5	0.1	38	0.6	0.3	50	0.5	0.3	-	-	-
Keskimäärin	74	1.5	1.1	80	2.0	1.6	91	5.1	4.6	100	7.9	7.9

L o p p u t a r k a s t e l u

Yleiskuvan saamiseksi tutkimuksen tuloksista esitetään seuraavassa niiden pääkohdat ja käytäntöön sovellutukset. Mitä erityisesti viime mainittuihin tulee, on syytä tiettyyn varovaisuuteen, koska tutkimusaineisto rajoittui niin paikallisesti kuin ajallisestikin samoin kuin eri varastoimistapojenkin suhteen huomattavan kapealle pohjalle.

1. K u i v u m i n e n

Toukokuussa 1950 suoritetuissa mittauksissa käytännöllisesti katsoen kaikki ne pölkyt olivat täysin kuivuneita, jotka oli hakattu ja kuorittu edellisen vuoden kesäkuussa tai aikaisemmin ja varastoitu metsäristikolle. Heinä-elokuussa hakatut pölkyt olivat riittävästi kuivuneita lukuun ottamatta niitä pölkkyjä, joiden pintapuun vuosilustojen leveys oli 1.5 mm tai enemmän tai joiden vahvuus ylitti suunnilleen 17-18 cm. Mäntypaperipuista olivat huomattavana poikkeuksena kauimmin varastoituina olleet, so. syksyllä 1948 hakatut pölkyt, joiden vesipitoisuus ylitti selvästi kaikkien muiden paitsi syys-joulukuussa hakattujen kuusten vesipitoisuuden. Eron voidaan katsoa aiheutuvan suurimmalta osaltaan näiden pölkkyjen voimakkaasta sienitartunnasta, mikä pysyttää veden soluonteloissa. Asiaan kannattanee käytännössäkin kiinnittää huomiota. Ristikon tiheyden ja pölkyn sijainnin ristikossa ei todettu merkitsevän sanottavasti, mikä aiheutuu siitä, että kuivuminen oli suurimmassa osassa aineistoa saavuttanut tasapainotilan. Tiheimmissä metsiköissä kuivuminen oli vähäisempää kuin muualla.

2. K u u s e n l a h o v i a t

Varastolahotartunta sai yleensä erittäin laajat mittasuhteet (60 % kpl.-luvusta). Lahonneita pölkkyjä oli eniten (69...73 %) touko-heinäkuussa hakattujen paperipuiden joukossa. Elokuussa tai myöhemmin hakatuista oli lahoja seuraavaan kevääseen mennessä ainoastaan 25...46 % kappaleluvusta. Kun syksyllä hakattujen paperipuiden varastoimisaika jatkui seuraavaan kevääseen, lahotartunta pysyi edelleen suhteellisen vähäisenä (56 %).

Kuutiomäärästä laskettu lahoprosentti (koskien kaikkia pölkkyjä) oli kuitenkin erittäin pieni, keskimäärin 0.8 %. Eri aikoina hakattujen pölkkyjen lahoprosentit vaihtelivat suurin piirtein samalla tavalla kuin tartutettujen pölkkyjen lukumäärät. Erikoista huomiota herättää, että syksyllä 1948 hakatut kuuset lahosivat kevääseen 1950 mennessä varsin vähän. Eivät myöskään kesähakkuusta aiheutuvat vahingot nousseet kovin suuriksi (heinäkuu 1.6 %). Näyttää siis siltä, että kuusipaperipuun kesähakkuista ei ole erikoisen suurta lahovaaraa, jos varastoimismuodostelmana käytetään ristikkoa. Etelä-Suomessa vauriot muodostuvat ilmeisesti jonkin verran suuremmiksi, koska lämmin kesä on pitempi kuin Kainuussa, vaikka puiden laatu pysyisikin samana. On todennäköistä ja osittain tulokset sitä osoittavatkin, että edullisin hakkuuaika on varhain keväällä, jolloin joka tapauksessa päästään lyhyemmällä hankinta-ajalla kuin syyshakkuita käytettäessä.

Varastoimistavalla on oma, monivivahteinen vaikutuksensa lahon levinneisyyteen. Mahdollisimman ilmava varastointi puolustaa yleensä paikkaansa. Erityisen käyttökelpoinen se on silloin, kun kysymys on lyhyestä varastoimisajasta ja kun puut on saatava kuivumaan nopeasti ennen lämpimien kesäilmojen tuloa. Se on paikallaan myös silloin, kun pölkyt ovat järeitä ja hyväkasvuisia. Tiheä varastointi voi olla hyvin edullinen eräissä erikoistapauksissa, kuten loppukesän hakkuissa, jos säät ovat sateisia. Tällöin pölkyt saadaan tiheissä varastomuodostelmissa pysymään niin märkinä, etteivät lahosienet saa valtaa. Onnistuminen edellyttää kuitenkin, että seuraavana keväänä kuivumista eivät haittaa liian sateiset säät. Tiheä varastoimistapa on paikallaan erityisesti silloin, kun varastoimisaika muodostuu tavallista pitemmäksi, sillä täten vältytään halkeilemisen ja sadeveden kostutuksen aiheuttamilta, syvälle pintapuuhun ulottuvilta lahovioilta. Tällöin edellytetään kuitenkin, että pölkyt ovat riittävän kosteita ennen kevätkuivumiskautta ja että kevätkuivuminen onnistuu tyydyttävästi.

Aluspölkkyjen suojelemiseen kannattaa kiinnittää huomiota, sillä maata vähänkin koskettavien aluspölkkyjen lahoprosentti on moninkertainen hyvin varastoituihin verrattuna. Siksi pitäisi pyrkiä eristämään aluspölkyt tarkoin maasta ja käyttämään niiksi paljon sydänpuuta sisältäviä, pienikokoisia pölkkyjä, jotka kuivuvat nopeasti.

Leveälustoiset, hyväkasvuiset kuusipaperipuut ovat huomattavasti arempia lahovioille kuin kapealustoiset ja hidaskasvuiset kuivumisen hitaudesta ja mahdollisesti myös puun kemiallisesta rakenteesta johtuen. Niinpä syksyllä 1948 hakattujen kuusten lahoprosentti riippui pintapuun lustoleveydestä seuraavasti:

Pintapuun lustoleveys	Lahoprosentti
Alle 0.5 mm	0.2
0.5-0.9 "	0.6
1.0-1.4 "	1.8
1.5 ja yli"	2.3

Toukokuussa 1949 hakatuilla pölkyillä lustoleveyden vaikutus oli ilmeisesti nopeasta kuivumisesta johtuen selvästi heikompi kuin syksyllä 1948 ja myös kesäheinäkuussa 1949 hakatuilla. Lustoleveydellä ei näytä olevan vaikutusta elo-joulukuussa hakattujen pölkkyjen lahopitoisuuteen seuraavana keväänä. Nämä tulokset kannattaa myös käytännössä ottaa varastoimistapaa valittaessa huomioon, jotta vältyttäisiin tarpeettoman suurilta vahingoilta.

Varastolaho oli suurimmassa osassa aineistoa huomattavasti voimakkaampaa pölkyn päissä (lahot pölkyt 2.1 %) kuin keskellä (0.8 %). Tuntuu tämän perusteella todennäköiseltä, että pitkät paperipuut säilyvät paremmin kuin lyhyet, jos vain edellisten kuivumisesta pidetään riittävästi huolta. Suoranaisia tuloksia eri pituisten paperipuiden lahoamisesta aineisto ei kuitenkaan anna.

3. M ä n n y n l a h o v i a t

Mänty on osoittautunut lahovioittumille suurin piirtein yhtä alttiiksi kuin kuusi, kun on kysymys säilytyksestä metsässä yhden kesän ja talven ylitse. Pitempi säilytys muuttaa männyn kestävyyden aivan oleellisesti huonommaksi. Ero aiheutunee osittain männyn suuremmasta kutistumisesta ja halkeilemisesta, mutta luultavasti kuitenkin etupäässä sen erilaisesta kemiallisesta rakenteesta. Olisi

siis pyrittävä välttämään mäntypaperipuiden pitkää varastoimisaikaa, joka aiheuttaa suuria varastovahinkoja ja heikontaa uimiskelpoisuutta.

4. K u u s e n s i n i s t y m i s v a h i n g o t

Sinistymisen on todettu leviävän vieläkin helpommin kuin varastolahon. Niinpä keskimäärin 85 % kaikista pölkyistä oli enemmän tai vähemmän sinistäjäsienten saastuttamia. Ainoastaan elokuussa tai myöhemmin tehdyt paperipuut olivat säästyneet jossakin määrin sinistymistartunnalta seuraavan vuoden kevääseen mennessä. 40 % vesipitoisuus näytti olevan ratkaiseva raja. Mitä taas sinistymisen voimakkuuteen tulee, syksyllä 1948 hakatut pölkyt olivat sinistyneet selvästi vähemmän kuin muut.

Yleensä sinistyminen näyttää pääsevän valtaan pikemmin kuin varastolaho, mutta poikkeuksiakin kyllä on. Niinpä ainakin syksyllä 1949 hakatut pölkyt olivat varsin suuressa mitassa lahon saastuttamia, kun taas sinistymistä ei voitu silloin todeta.

5. M ä n n y n s i n i s t y m i s v a h i n g o t

Mäntypaperipuut osoittautuivat huomattavasti alttiimmiksi sinistymiselle kuin kuuset. Sinistyminen oli sataprosenttista. Se oli myös voimakkaampaa kuin kuusilla, ja alkoi jo huomattavasti suuremmissa vesipitoisuuksissa. Tulokset osoittavat, että mäntypaperipuiden sinistymisvaurioita ei ilmeisesti kyetä estämään.

Kirjallisuusluettelo

Björkman, Erik. 1941. Något om en i tallvirke förekommande mot blånadssvampar antagonistisk bakterie. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift. Stockholm.

- " - 1946 a. Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 35. Nr 1. Stockholm.

- " - 1946 b. Om uppkomsten av stockblånad och lagringsröta i furusågtimmer i samband med flottning. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 35. Nr 5-6. Stockholm.

- " - 1946 c. Om betingelserna för uppkomsten av brädgårdsblånad samt dennas bekämpande. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 35. Nr 7-8. Stockholm.

- " - Samuelson, Olof, Ringström, Erik, Berge k, Tryggve, Malm, Erik. 1949. Om rötskador i granskog och deras betydelse vid framställning av kemisk pappersmassa och silkemassa. Kungl. Skogshögskolans Skrifter. Nr 4. Stockholm.

Craighead, F.C. and St. George, R.A. 1938. Experimental Work with the Introduction of Chemicals into the Sap Stream of Trees for the Control of Insects. Journal of Forestry. Washington.

Geiger, Rudolf. 1927. Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.

Jalava, Matti. 1938. Vanerikoivujen kaato ja uitto. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r.y. Julkaisu n:o 28. Helsinki.

- " - 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 33.3. Helsinki.

- " - 1950. Puun rakenne ja viat. Metsäteknologia. Helsinki.

Kinnman, Gunno. 1925. Studier rörande flytbarheten hos flottgods. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Kress, O., Humphrey, C.J., Richards, C. Audrey, Bray, M.W. & Staidl, J.A. 1925. Control of decay in pulp and pulp wood. U.S. Departement of agriculture. Bulletin 1298.

Kurtén, Joachim. 1939. Kuusipaperipuun kaatoajan vaikutus lahon syntyyn. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen Vuosikirja XII. Helsinki.

Lagerberg, Torsten. 1923. Rötornas betydelse för granen och dess avkastning. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

- " - 1924. Sulfitvedens behandling och lagringsrötan. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

- " - 1928. Rötskador å barrvirke i vatten. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

- " - Lundberg, G. and Melin, E. 1927. Biological and practical Researches into Blueing in Pine and Spruce. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Melin, Elias and Nannfeldt, J.A. 1934. Researches into the blueing of ground woodpulp. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

Murto, J.O., Tikka, P.S. ja Itkonen, J. 1950. Kuitupuun vikaisuudet. Oy Keskuslaboratorion kirjallisuustutkimus n:o 29. Helsinki.

Rennerfelt, Erik. 1937. Undersökningar över svampinfektionen i slipmassa och dess utveckling däri. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

- " - 1943. Undersökningar över toxiciteten emot rötsvampar hos tallkärnvedens fenoliska beståndsdelar. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt 33. Stockholm.

Ronkanen, A.J. 1950 a. Puutavaran hakkuu. Metsäteknologia. Helsinki.

R o n k a n e n, A.J. 1950 b. Puutavaran varastoiminen ajon jälkeen. Metsäteknologia. Helsinki.

S i i m e s, 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. Helsinki.

S u o l a h t i, O. 1948. Lahon ja terveen puun kastuminen ja kuivuminen. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Tiedoitus 65. Helsinki.

T r e n d e l e n b u r g, Reinhard. 1939. Das Holz als Rohstoff. Seine Entstehung, stoffliche Beschaffenheit und chemische Verwertung. München.

T u o m o l a, Tuomas. 1943. Über die Holztrocknung mit besonderer Berücksichtigung der Beziehungen zwischen der Trocknungsgeschwindigkeit des finnischen Kiefernholzes und den darauf einwirkenden verschiedenen Faktoren. Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos. Julkaisu 1. Helsinki.

T u o v i n e n, Arno. 1949. Jäälle varastoidun paperipuun uppoamisesta Kainuussa. Metsätehon tiedoituksia n:o 27. Helsinki.

- " - 1950. Paperipuiden kuivumisesta keväisin varastoalueilla. Metsätehon tiedoituksia n:o 41. Helsinki.

U l l é n, Gunnar. 1929. Några försök angående rundvirkes torkning och vattenupptagning. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift. Stockholm.

- " - 1930. Barkningsfrågan från virkesbiologisk synpunkt. Svenska Flottledsförbundets Årsbok 4. Stockholm.

W e g e l i u s, Th. 1938. Om röta i sulfitved och dess inverkan på fabrikationsprocessen och massautbytet. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti. Helsinki.

W i g r e n, Gunnar. 1947. Torrhalt hos cellulosaved. Kaukaan Tehdas Oy:n laboratoriossa tehty julkaisematon käsikirjoitus.

Ö f v e r h o l m, A.F. 1923. Om virkets flytbarhet. Utredningar om flytbarhetens beroende av fällningstid, kapningstid, barkning och läggning. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.

On the Seasoning of Pulpwood and Storage Defects Incurred During Forest Storage

(Summary in English)

The purpose of this investigation, carried out by METSÄTEHO, the Forest Work Studies Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries, was to study the seasoning of partly barked, 2-metre spruce and 1.8-metre pine pulpwood, after cutting in the forest, in crosswise-stacked piles such as are shown in Figs. 1 and 2 (p. 15). Another task was to study the same logs to see how far blueing and storage rot had spread.

The investigation was carried out on Kajaani Oy's working sites, and with the Company's assistance, in the commune of Sotkamo (approx. 64° Northern latitude and 3° Eastern longitude), in the neighbourhood of the town of Kajaani, in May 1950, in the form of an inventory. The material comprised logs cut at different times, as follows:

Time of cutting		Spruce	Pine
Autumn 1948		200	84
February-March 1949		-	34
May	"	210	75
May-June	"	-	80
June	"	98	-
July	"	110	30
August	"	70	45
September	"	79	-
December	"	20	-
	Total	787	349

Generally, 5 logs were taken from each crosswise-stacked pile; one was the log closest to the ground on top of the foundation timber, one came from the top part of the crosswise-stacked pile, and the balance were taken from the middle part of the pile. The spruce pulpwood was taken mainly from dry forest lands of Myrtillus type, and the pines from lands of Vaccinium-Calluna type. The density of forests and humidity of soil varied greatly. The heartwood percentage of the spruce pulpwood studied averaged 37.2 and that of the pine pulpwood 28.9.

Moisture content was determined from a section taken at the middle of the log (% of dry matter weight). Both blueing and storage rot were measured separately from three sections of each log, of which two were taken 1.5-2 cm from the end of the log and one at the middle. In the treatment of the material the blueing has been reported in three classes:

1 = very slight blueing in tiny spots either at one end or both but not in the middle (superficial blue stains were disregarded),

2 = smallish blueing stains at both ends of the logs or also in the middle, and

3 = blueing, at least at both ends, in the form of an unbroken ring.

Storage rot, which was usually a slight rot in its initial stages, is expressed as a percentage of the total cubic volume of the whole log. The result was arrived at by taking the simple rot percentage of the end sections and doubling the rot percentage of the middle section, and by calculating their mean value. The heartwood percentage is calculated from the middle section on the basis of its area. The width of the growth rings in the sapwood refers to the total width of the ten outermost growth rings of the log in the middle section. The diameter, given in cm., was measured from the middle section and rounded off to the nearest 1/2 cm.

Regarding the weather conditions prevailing at the meteorological station situated close to the investigation site, it may be mentioned that the Autumn of 1948 was rainier and moister than usual, and the same applies to the following Summer of 1949. April 1950 was also unusually rainy, whereas seasoning conditions in May 1950 were slightly better than normal. The air temperature averaged the following in the different months at the same place:

April	-0.1°C
May	+6.1 "
June	+11.9 "
July	+15.2 "
August	+12.5 "
September	+8.2 "
October	+1.4 "
November	-4.0 "

Deviations in temperature from the above figures have remained very slight.

Seasoning

By May 1950 practically all the logs cut and barked not later than in June 1949 were seasoned. The logs cut in July-August were also seasoned, apart from those in which the width of sapwood growth rings exceeded 15 mm and of which the diameter was at least 17-18 cm irrespective of the ring width. Spruce and pine, generally, had seasoned in the same way. An important expection, however, was made by the pine pulpwood cut in Autumn 1948, of which the moisture content averaged 35.5 %. This is in the first place due to the strong fungal infection of the logs. The density of the crosswise-stacked pile and situation of the logs in the pile was found to have had no effect worth mentioning. On the other hand, the diameter of the log, width of sapwood growth rings and quality of cutting site affected the effectivity of the seasoning to some degree.

Blueing

An average of 85 % of the spruce logs were blue-stained. Of the logs cut in the period Autumn 1948 to July 1949, 96-100 % were blue-stained, as were 74 % of those cut in August 1949, 4 % of those cut in September 1949 and 20 % of those cut in December. The logs cut in May-July 1949 were the most severely blue-stained (blueing class 2.3-2.1), next came those cut in the Autumn of 1948 (1.8), in August 1949 (1.6), and in September-December 1949 (1.0). No differences worth

mentioning were found in the blueing of the different groups of logs. If the moisture content exceeded 40 %, 10-30 % of the number were blued, but with the moisture content declining to 30 % the percentage blued was as high as 85 (Sketch 6, p. 34).

Pine pulpwood proved to be more susceptible still to blueing, as all the logs were blue-stained. The material, it is true, included no logs cut in the Autumn of 1949.

Blueing, as a rule, commences earlier than storage rot, but not without exceptions. In the spruce pulpwood cut in the Autumn of 1949, for instance, the number of logs infected by rot distinctly exceeded those blued.

Blueing usually starts at the ends of the logs which season fastest.

Storage rot

The extent and nature of the rot infection of s p r u c e p u l p w o o d is illustrated by the following figures:

Cutting time	Rot-infected, % of number	Rot-% of entire log		Rot-% of sapwood
		Rot-infected logs	All logs	All logs
Autumn 1948	56	1.4	0.8	1.4
May 1949	69	1.0	0.7	1.1
June "	69	1.9	1.2	2.0
July "	73	2.1	1.6	2.5
August"	46	1.3	0.6	0.9
September 1949	34	0.6	0.2	0.3
December "	25	(2.8)	(0.7)	(0.9)
Average	60	1.4	0.8	1.3

It is seen, therefore, that the number of logs infected by storage rot is quite large, but that the rot in the logs is remarkably limited in the area of its spread. It is particularly noteworthy that the logs cut in mid-Summer 1949 and Autumn 1948 were no more rot-infected.

As regards the effect of the method of storage, the average rot percentages of the different groups of logs was as follows:

	Rot-infected, % of number	Rot-% of entire log	
		Rot-infected logs	All logs
Foundation logs	69	2.3	1.6
Middle logs	58	1.2	0.7
Top logs	57	1.3	0.7

The foundation logs, hence, were infected with rot more than the others, but the difference is mainly due to the fact that a large number of the foundation logs were in contact with the ground. The rotting of foundation logs properly isolated from the ground was of the same extent as that of other logs. The spruce pulpwood cut in the Autumn of 1948 constitutes an exception to the above, as the rot percentage of the top logs was 1.5, that of the middle logs only 0.5, and of the foundation logs 1.6. With extended time of storage, the top logs assume a less favourable position than the others. The difference is likely to be due, mainly to the great amount of splitting and exposure to rain they offer.

In sparse and dense crosswise-stacked piles the rot on spruce pulpwood obtained partly different forms, as is shown by the following figures:

Cutting time	Rot-% of entire log	
	Sparse pile	Dense pile
Autumn 1948	0.8	0.9
May 1949	0.6	0.7
June "	1.1	1.9
July "	1.7	0.4
August"	0.7	0.2
September 1949	0.2	0.2

The sparse pile refers to a crosswise-stacked pile like that shown in Fig. 1, and dense pile to one like that shown in Fig. 2 (p. 15). As a rule, rot-infection has been less in sparse piles. An exception, however, is constituted by the logs cut in July-August 1949, which in a dense pile obviously retained their moisture until Spring 1950 to a sufficient degree to ward off the rot.

The width of the growth rings in the sapwood proved to be quite an important factor, as can be seen from the following:

Cutting time	Width of 10 sapwood growth rings, mm							
	0 - 4		5 - 9		10 - 14		15+	
	No. of rot-infect.	Rot-%	No. of rot-infect.	Rot-%	No. of rot-infect.	Rot-%	No. of rot-infect.	Rot-%
Autumn 1948	34	0.2	52	0.6	85	1.8	82	2.3
May 1949	40	0.4	64	0.5	74	0.7	82	1.1
June "	58	0.5	66	0.7	82	2.9	100	3.3
July "	60	0.4	76	1.6	68	1.6	81	2.1
August "	-	-	36	0.2	46	0.4	67	0.6
Sept. "	33	0.2	50	0.3	16	0.1	35	0.2
Dec. "	50	0.3	40	(2.4)	-	-	25	0.2

On the spruce pulpwood cut in the Autumn of 1949 the growth ring width has had no effect, for the logs have not been fully seasoned. If again the cutting takes place earlier in the year, and the seasoning advances slowly, and particularly in the warmest period in mid-Summer, logs with widely-spaced rings suffer much worse injuries. The logs cut in May 1949 seasoned fastest, and the effect of the width of growth ring is slight. On the other hand, those cut in the Autumn of 1948 seasoned slowly in the following Spring, as their resin had had time to oxidate in part. The difference may be due to, apart from variations occurring in seasoning, the different chemical structure of the wood with close and sparse growth rings.

Storage rot, in the majority of cases, starts at the ends of the logs where the moisture content first declines sufficiently. The continued development of fungi at the ends of the logs is a consequence of their becoming rapidly waterlogged when the rains of the mid- and late Summer start. The matter is illustrated by the following figures:

Rot-% of middle section	Rot-% of log ends					
	0.0-0.5	0.6-0.9	1.0-4.9	5.0-9.9	10.0-19.9	20.0-29.9
	% of number of logs					
Equal to	8	7	12	20	14	0
Lower than	64	73	72	73	86	33

The spreading of the rot through the log ends tends to increase the rot percentage of short-length pulpwood, though short pulpwood seasons more rapidly than long.

The effect of the moisture content of the middle section of spruce logs on the spreading and degree of the rot has been distinctly ascertained (Sketch 9, p. 47). With the moisture content varying within the range of 20-70 %, rot-infected logs have amounted to 40-60 % of the total number. The highest values of rot percentage, however, are concentrated within a considerably more limited range (moisture content 30-50 %), which proves that the favourable area of spread of the rot fungi is relatively limited.

P i n e p u l p w o o d has resisted storage rot in a way partly similar to spruce, but partly to a much smaller extent, as can be seen from the following figures:

Cutting time		Rot-infected, % of number	Rot-% of entire log		Rot-% of sapwood
			Rot-infected, logs	All logs	All logs
Autumn 1948		100	6.7	6.7	9.1
Febr.-March 1949		100	1.7	1.7	2.2
May	"	82	0.7	0.5	0.7
May-June	"	87	1.7	1.5	2.1
July	"	60	1.3	0.8	1.2
August	"	47	0.6	0.3	0.4
Average		83	2.8	2.4	3.4

It is particularly striking that with the period of storage extending, the resistance to rot of pine logs seems to decline radically. The same finding was made by L a g e r b e r g, L u n d b e r g and M e l i n also.

Because of the limited range of the pine material, a detailed analysis had to be abandoned. However, it may be mentioned that top logs rot with continued storage similarly to spruce, that the increase in growth ring width distinctly increases the rot percentage, but that the interdependence between moisture content and rot percentage with pine assumes forms different from that with spruce.

METSÄTEHON, SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTON JULKAISUJA

N:o 1. Metsätyöntutkimukset. Metsätyöntutkimuskursseilla 4. 6.—15. 6. 1945 pidettyjä luentoja. 1945.
» 2. Metsätyöntutkimukset II. Metsätyöntutkimuskursseilla 12. 6.—16. 6. 1946 pidettyjä luentoja. 1947.
» 3. Metsätyöläisten elinkustannuksista talvella 1946. Jaakko Vöry. 1947.
» 4. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta I. Koivupölkkyjen kuutiosuhteista. Kalle Putkisto. 1947.
» 4a. Koivupölkkyjen kuutiosuhdetaulukkoja. Kalle Putkisto. 1947.
» 5. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta II. Aikatutkimuksia vanerikoivujen rasiinkaadosta, karsimisesta ja katkomisesta. Kalle Putkisto. 1947.
» 7. Aikatutkimuksia pinopuutavaran teosta. Olli Makkonen. 1947.
» 8. Aikatutkimuksia paperipuiden varastokuorinnasta ja -katkonnasta. Arno Tuovinen. 1948.
» 9. Leimikon tiheyden vaikutus pinopuutavaran tekoon. Olli Makkonen. 1948.
» 10. Tutkimuksia pinotavaran autokuljetuksesta. Veijo Heiskanen. 1948.
» 11a. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. I Kuorimishukka ja kuutiosuhteet. Arno Tuovinen. 1948.
» 11b. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. II Veteen vieritys. Arno Tuovinen. 1948.
» 12. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. III Eri pituisten kuorellisten paperipuiden ajo. Arno Tuovinen. 1948.
» 13. Metsätyöntutkimukset III. Metsätehon kirjoitukset Metsätaloudellisessa Aikakauslehdessä n:o 5/1948.
» 14. Aikatutkimuksia pinopuutavaran valmistuksesta Pohjois-Suomessa. Arno Tuovinen ja Sakari Leskinen. 1948.
» 15. Hevosvarsiteiden hoitokalustosta ja hoidosta. Putkisto — Arnkil. 1948.
» 16. Suomen metsäteollisuuden raakapuun saanti metsätaseen kannalta tarkasteltuna. I Koko valtakunnan yleisselvittely. Eino Saari. 1948.
» 18. Aikatutkimuksia tukkien ja paperipuiden teosta talvella. Olli Makkonen. 1949.
» 19. Maan routaantumisesta tilapäisten talviautoteiden rakentamisen kannalta. Aulis E. Hakkarainen. 1949.
» 20. Tutkimus maalle nostettujen rampapuiden uitosta Kemijoella. Arno Tuovinen. 1949.
» 21. Moottorisahat ja niiden käyttö Ruotsin metsätaloudessa. Käytännön kokemuksia ja S.D.A:n tutkimusten tuloksia. Greger Carpelan. 1949.
» 22. Metsätöiden tehostaminen. Luentopäivillä v. 1948 pidettyjä esitelmiä. 1949.
» 23. Tutkimuksia sahatukin pituuden, lenkouden ja kapenemisen vaikutuksesta sydäntavaran pituuteen ja leveyteen. A. J. Ronkanen. 1950.
» 24. Puutavaran rantavarastojen talviniputuksesta. Arno Tuovinen. 1950.
» 25. Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön. Olli Makkonen. 1950.
» 26. Juoksumetritaksan käyttö »ylijäreissä» paperipuuleimikoissa. Olli Makkonen. 1950.
» 27. Puutavaralauttojen vetovastuksista ja mahdollisuuksista lauttauksen kehittämiseksi. Risto Eklund. 1952.
» 28. Halkojen ja polttorankojen teko. Olli Makkonen. 1952.
» 29. Paperipuiden kuivumisesta ja varastoimisvioista metsävarastoinnin aikana. Arno Tuovinen. 1952.