METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

44

HELSINKI 1955

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

44

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

44

44, 1 Heiskanen, Veijo, 1954. Tutkimuksia mäntytukkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. *Summary:* Investigations into pine tree grading methods and their accuracy ..... 1—132

44, 2 Saarnijoki, Sakari, 1955. Anatomisch-Morphologische Untersuchungen über die Schlitzblättrigkeit bei einigen Bäumen und Sträuchern. *Suomenkielinen selostus:* Anatomis-morfologisia tutkimuksia eräiden puuvartisten kasvilajien liuskalehtisyydestä ..... 1—118

44, 3 Rummukainen, Ukko, 1954. Über das Auftreten des grossen Birkensplintkäfers, Scolytus Ratzeburgi Jans., in den Schneeschadengebieten des Winters 1947—48 in Nord-Karelien. *Suomenkielinen selostus:* Koivun mantokuoriaisen, Scolytus Ratzeburgi Jans., esiintymisestä talven 1947—48 lumituhoalueilla Pohjois-Karjalassa ..... 1— 41

44, 4 Tikka, P. S., 1954. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. I. Rakenne. *Symmary:* Structure and quality of aspen stands. I. Structure ..... 1— 33

44, 5 Heiskanen, Veijo, 1954. Vuosiluston paksuuden ja sahatukin laadun välisestä riippuvuudesta. *Summary:* On the interdependence of annual ring width and sawlog quality ..... 1— 31

44, 6 Nyyssönen, Aarne, 1954. Metsikön kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. *Summary in English:* Estimation of stand volume by means of the relascope ..... 1— 31

44, 7 Aro, Paavo, 1954. Uusi ehdotus työn ja työajan jaottelun yhdenmukaistamiseksi metsätyön tutkimuksissa. Ett nytt förslag till förenhetligande av arbetets och arbetstidens indelning vid skogliga tidsstudier. Ein neuer Vorschlag zur Vereinheitlichung der Arbeits- und Arbeitszeiteinteilung in forstlichen Zeitstudien. A new scheme for greater uniformity in the classification of work and working time in forestry time studies 1— 38

TUTKIMUKSIA MÄNTYTUKKIPUIDEN LAATULUOKITUSTAVOISTA JA NIIDEN TARKKUUDESTA

VEIJO HEISKANEN

INVESTIGATIONS INTO PINE TREE GRADING METHODS AND THEIR ACCURACY

SUMMARY

HELSINKI 1954

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat.

Sahatukkien laatuluokituskysymys oli metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston ohjelmassa eräänä tärkeimmistä tutkimustöistä jo 1930-luvulla, jolloin työt suoritettiin prof. Ilmari Vuoriston johdolla. Aloitetut tutkimukset jäivät kuitenkin suureksi osaksi aineistoasteelle tutkijoiden vaihduttua, ja allekirjoittanut joutui vv. 1948—49 suorittamaan eräitä 1930-luvulla aloitettuja tutkimuksia loppuun. Kun sekä metsähallitus että puunjalostusteollisuus osoittivat ilmeistä kiinnostusta asiaan, päätettiin tutkimuksia jatkaa. Uudet työt aloitettiin yhteistoiminnassa Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen puuteknillisen laboratorion kanssa v. 1949, ja tämä tutkimus on ensimmäinen metsäntutkimuslaitoksella suoritetuista töistä.

Tutkimusta suoritettaessa ja suunniteltaessa on minulla ollut ilo nauttia esimieheni prof. Paavo Aron jatkuvaa opastusta ja tukea. Hän on myös lukenut käsikirjoituksen ja antanut monia neuvoja ja ohjeita, joista olen hyvin kiitollinen. Professorit M. Jalava ja Th. Wegelius ovat myös tutustuneet käsikirjoitukseen, josta esitän heille parhaat kiitokset. Prof. F. E. Siimeksen kanssa minulla on ollut tilaisuus neuvotella useista periaatteellisista kysymyksistä.

Tutkimusta suorittaessani olen saanut myös apua metsähallitukselta, jonka metsissä useimmat koeleimikoista ja koealoista ovat sijainneet ja jonka henkilökunnalle pitämiltäni kursseilta olen saanut aineistoa. Erikoisesti haluan kiittää metsänmyyntitoimiston johtajaa, metsänh. V. Pöyhöstä hänen osoittamastaan ymmärtämyksestä asiaa kohtaan. Samoin on minun kiittäminen Oy. Tampellan metsäosastoa auliista suhtautumisesta ja avusta.

Kenttätöissä ja aineiston käsittelyssä on apunani ollut metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osaston henkilökunta, jolle haluan lausua parhaat kiitokseni.

Tutkimusta varten olen saanut apurahoja Emil Aaltosen säätiöltä, Suomen Metsätieteelliseltä Seuralta ja Suomen Kulttuurirahastolta, joista esitän parhaat kiitokseni. Myös ASLA-stipendi on ollut avuksi tutkimuksen onnistumiselle, sillä sen turvin pääsin vv. 1951—52 tutustumaan laatuluokituskysymykseen Yhdysvalloissa.

Helsingissä, toukokuun 4 p:nä 1954.

Tekijä.

Sisällysluettelo.

Sivu

1. Johdanto ... 7
2. Katsaus kirjallisuuteen ... 11
3. Tutkimuksen aihe ja käytetty terminologia ... 18
4. Tutkimusmenetelmä ... 20
   41. Laatuluokitusohjeet ... 20
   42. Koeluokitukset ... 24
   43. Mittaukset koeleimikoissa ja koealoilla ... 25
   44. Aineiston käsittely ... 28
5. Tutkimuksen tulokset ... 30
   51. Eri vikojen merkitys ... 30
   52. Laatuluokitusohjeiden tarkoituksenmukaisuus ... 33
      521. Laatuluokitusohjeille asetettavista vaatimuksista ... 33
      522. Eri laatuluokkien sahaustulos ... 34
      523. Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien laadun vaihteluista ... 38
         5231. Suurin oksa tukin oksaisuuden kuvaajana ... 38
         5232. Eri oksaisuusluokkien oksaisuuden riippuvuus tukin asemasta 41
         5233. Eri oksaisuusluokkien oksaisuuden vaihtelut leimikoittain ... 43
   53. Laatuluokitusmenetelmän käyttökelpoisuuteen vaikuttavat tekijät ... 45
   54. Tukeittainen laatuluokitusmenetelmä ... 47
      541. Menetelmän tarkkuus ... 49
      542. Luokitusvirheiden syyt ... 52
         5421. Varsinaiset luokitusvirheet ... 52
         5422. Työnantajan vaikutus ... 56
      543. Tarkkuuden lisäämismahdollisuudet ... 57
   55. Tyvitukin laatuluokkaan perustuva luokitusmenetelmä ... 59
      551. Tyvi-, väli- ja latvatukkien osuus rungon kuutiomäärästä ... 62
      552. Latvatukkien oksaisuuden riippuvuus tyvitukin oksaisuudesta .. 65
         5521. Tyvi- ja latvatukkien suurin oksa ... 65
         5522. Tyvitukin oksaisuusluokan vaikutus latvatukkien eri luokkien suurimpaan oksaan ... 68
         5523. Tyvi- ja latvatukkien oksaisuusluokka ... 70
            55231. Kaksitukkiset rungot ... 70
            55232. Kolmitukkiset rungot ... 74
            55233. Nelitukkiset rungot ... 78
            55234. Yhdistelmä ... 81
      553. Rungon oksaisuusluokkajakaantumisen riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta ... 81
      554. Sahaustuloksen laatujakaantumisen riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta ... 86

Sivu

56. Mittausmenetelmät 88
561. Rungon läpimitan mittaukseen perustuva menetelmä 88
562. Runkomuodon mittaukseen perustuva menetelmä 92
5621. Kapeneminen oksaisuusluokan kuvaajana 92
5622. Solakkuus oksaisuusluokan kuvaajana 95
563. Oksattoman osan pituuden mittaukseen perustuva menetelmä 98
5631. Oksattoman osan pituuteen vaikuttavat tekijät 98
5632. Oksattoman osan pituus oksaisuusluokan kuvaajana 101
57. Yhdistelmä 104
6. Käytännöllisiä sovellutuksia 106
61. Laatuluokitusohjeet 106
62. Tukeittainen laatuluokitusmenetelmä 106
63. Tyvitukkimenetelmä 108
Kirjallisuusluettelo 110
Summary 119

1. Johdanto.

Sahatavaramme laatu on viimeksi kuluneiden parin-kolmenkymmenen vuoden aikana kehittynyt jatkuvasti yhä huonompaan suuntaan. Näin on tapahtunut etenkin mäntysahatavaran kohdalla, jossa kvintatavaran osuus on v:sta 1926 lähtien noussut n. 20 %:lla eli kolminkertaistunut alkuperäisestä 10 %:sta (SVT), eikä ainakaan nykyisten edellytysten vallitessa ole odotettavissa tilanteen paranemista. Jo n. parin vuosikymmenen ajan onkin ammattimiespiireissä varsinkin heikkojen suhdanteiden aikoina valitettu huonon laadun epäedullista vaikutusta jalosteiden markkinoimiseen (Sohlman 1932a s. 64, Jussila 1935 s. 37, Laitakari 1936 s. 269, Petrini 1939 s. 386, Eriksson 1941, Heiskanen 1951c s. 89, Siimes 1951 s. 73). Jotain olisikin ehdottomasti tehtävä tilanteen korjaamiseksi, sillä muutoin sahatavaramme laadun huononeminen jatkuu edelleenkin.

Sahateollisuudessa sahatukin ja sahatavaran välillä vallitsee kiinteä riippuvuussuhde. Siinä jaloste eroaa vain muodoltaan ja kooltaan raaka-aineesta, jossa esiintyvät viat ja epäsäännöllisyydet siirtyvät sellaisinaan jalosteeseen. Jos siis sahatukkien laatu voitaisiin saada tavalla tai toisella paranemaan, olisi siitä seurauksena myös sahatavaran laadun paraneminen, päämäärä, johon pitäisi pyrkiä. Olisi yritettävä tarkoituksenmukaisin metsikön hoito- ja kasvatustoimenpitein parantaa puiden laatua. Yleensä ammattimiehet ovatkin sitä mieltä, että metsänhoidon olisi suuntauduttava, ei ainoastaan mahdollisimman suureen massatuotantoon, vaan tuottamaan mahdollisimman paljon laadultaan metsäteollisuuden käyttöön parhaiten sopivaa laatupuuta (esim. Junack 1921, Paul 1932a, Sohlman 1932a, 1932b, Laitakari 1936 s. 269, Petrini 1939 s. 383, Kjølby 1949, Lehonkoski 1949 s. 19, Streyffert 1949). On tosin esitetty mielipiteitä, joiden mukaan laatupuun tarve tulee jatkuvasti uusien jalostustapojen, esim. kuitulevyteollisuuden ansiosta vähenemään (Cornwall 1937). Lisäksi sanotaan, että tuotantokauden ollessa niin tavattoman pitkän, kuin metsätaloudessa on laita, ei voida tietää metsikköä nuorella iällä kasvatettaessa, millaiset puutavaran laatuvaatimukset ovat satoa korjattaessa. Tuntuu kuitenkin siltä, että laatupuulla tulee aina olemaan menekkiä. Kuitulevy- ja kemiallinen teollisuus pystyy tosin val-

mistamaan huonolaatuisesta puusta rakennuslevyjä, mutta ne eivät voine syrjäyttää varsinaisen rakennussahatavaran, lankkujen ja soirojen, tarvetta. Lisäksi vaikuttaa siltä, että laadullisesti korkeatasoisen tavaran laatuvaatimukset päinvastoin tulevat kuitulevy- ym. vastaavan teollisuuden ansiosta ankarammiksi kuin ennen, joten laatupuun tarve tulee osittain entisestäänkin lisääntymään. Laatupuun kasvatuksen puolesta puhuu sekin, että hyvälaatuinen puu on yleensä käyttökelpoista niihinkin tarkoituksiin, joihin laadullisesti huonoa puuta käytetään.

On siis syytä ryhtyä laatupuun kasvattamiseen päämääränä teollisuuden nykyisiin laatuvaatimuksiin mahdollisimman hyvin sopivan raaka-aineen tuottaminen. Siihen ei olla tähän mennessä tarpeeksi kiinnitetty huomiota ainakaan käytännöllisessä metsänhoidossa, ja syytkin siihen ovat varsin helposti löydettävissä. Nykyisin metsänkasvatus suuntautuu käytännössä yleensä massatuottoon laadun kustannuksella, mikä johtunee etupäässä siitä, että vain kuutiomäärästä maksetaan. Laatua sitävastoin käytetään harvoin puutavaran hinnan perusteena sillä tavoin, että metsänkasvattaja voisi sen kouriintuntuvasti havaita.

Metsänkasvatus on kuitenkin taloudellista toimintaa, jota hallitsee taloudellisesti edullisimpaan tulokseen pyrkiminen. Koska puiden laadun parantaminen vaatii taloudellisia uhrauksia metsänkasvattajalta, ei siihen kannata pyrkiä, ellei näistä uhrauksista ole odotettavissa oikeudenmukaista korvausta. Mikäli laatupuun tuotantoa pidetään toivottavana, olisi hintasuhteet järjestettävä niin, että hyvälaatuisesta puusta maksetaan parempi hinta kuin huonosta puusta sillä tavoin, että metsänomistajat sen selvästi havaitsevat. Vain niin saadaan rakennetuksi laatupuun kasvatukselle kestävä taloudellinen perusta (Sohlman 1932a s. 64, Laitakari 1936 s. 269, Holopainen 1949, Streyffert 1949, Heiskanen 1951 c ss. 87—88).

Puiden laatu vaihtelee kuitenkin hyvin suuressa määrin, joten laadun absoluuttinen mittaaminen tuottaa ylivoimaisia vaikeuksia. Onkin löydettävä sopiva laadun likimääräinen määritystapa, ennenkuin laatumaksutapaa voidaan yrittää käytännössä toteuttaa. Laatuluokitus, jolla tarkoitetaan sahatukkien jakamista ulkoisten, näkyvien tuntomerkkien perusteella niiden arvosuhteita kuvaaviin luokkiin, on ainakin toistaiseksi osoittautunut parhaaksi tällaiseksi laadun mittaustavaksi.

Laatuluokituksen suurin merkitys metsätaloudelle onkin siinä, että sen avulla voidaan saada aikaan laatumaksutapa. Se ei ole kuitenkaan ainoa laatuluokituksen käytöllä saavutettavissa oleva etu. Sahateollisuudelle laatuluokituksesta saattaa olla myös välitöntä hyötyä. Sahattaessa parhaat tukit asetteilla, jotka antavat etupäässä ohuita kokoja ja huonoimmat taas sellaisilla, joilla saadaan paksua sahatavaraa, alenee kvintaprosentti merkit-

tävästi (Vuoristo 1932, Hallberg 1933, Jussila 1935 ss. 29—32. Lindquist 1939 s. 109, vrt. Heiskanen 1951c ss. 89—90). Sahaustuloksen keskimääräinen laatu paranee, ja sahan mahdollisuudet täyttää tilauksensa nopeasti kasvavat. Usein näet sattuu, että tilauksesta puuttuu jotain tiettyä, tavallisesti hyvää laatua. Lajiteltua raaka-ainetta sahattaessa näiden puutteiden korjaaminen on helppoa ja nopeaa, mutta lajittelemattoman raaka-aineen ollessa kyseessä saattavat hyvien laatujen etsimiset aiheuttaa tuntuvia lisäkustannuksia.

Sahateollisuudelle on laatuluokituksesta myös välitöntä hyötyä liikkeenhoidossa. Sen avulla saadaan ennakkolaskenta entistä varmemmalle pohjalle, sillä laatuluokitusta käytettäessä voidaan jo raaka-aineen oston yhteydessä melkoisella, joskus jopa yllättävän suurella tarkkuudella määrittää sahatavaran tuleva laatujakaantuminen (vrt. Bromley 1941, Heiskanen 1951a s. 90). Näin myös hinnan määrittäminen tulee entistä tarkemmaksi. Leimikoiden arvioinnissa laatuluokitusta käytetäänkin nykyisin jo varsin paljon sekä ostajien että myös myyjien, ennen kaikkea metsähallituksen, taholla.

Laatuluokitus tulee kysymykseen myös varsinaisessa metsänhoidossa, leimauksissa, peruspuuston valitsemisessa ja kasvatustoimenpiteiden suunnittelussa (vrt. esim. Anderson 1939, Kjølby 1949 ym.).

Laatuluokituksen käyttö on monista eduistaan huolimatta jäänyt varsin vähäiseksi miltei kaikkialla maailmassa. Hyvinä poikkeuksina ovat sotia edeltänyt Saksa, Ruotsi ja eräät Yhdysvaltain luoteisvaltiot, joissa kaikissa laatuluokitus on kuulunut olennaisena osana sahatukkien mittaukseen hinnanmääräystä silmällä pitäen. Meillä metsähallitus on lähes parin vuosikymmenen ajan luokittanut sahapuuleimikot hintaa laskeakseen, mutta yleistä laatumaksutapaa ei meillä yrityksistä huolimatta ole saatu aikaan. Jo puutavaran mittauskomitea ehdotti mietinnössään (s. 104) laatuluokituksen otettavaksi mittausasetukseen, mutta lakiehdotuksen käsittelyn myöhemmissä vaiheissa se jäi pois lopullisesta mittaussäännöstä. Sodan jälkeen annettiin valtioneuvoston päätöksellä (As. kok. 833/1944) määräys laatumaksutavan käytäntöön ottamisesta sahatukkikaupoissa, mutta tämäkin yritys jäi jokseenkin merkityksettömäksi. Ensinnäkin lain määräämät hinnanerot eri laatuluokkien välillä olivat niin pienet, keskimäärin I ja II luokan välillä 9—15 % sekä II ja III luokan välillä 5—8 %, että ne eivät lainkaan vastanneet todellisia arvoeroja. Vuoriston (1935a s. 236, 1937) mukaan näet I luokan arvo metsässä on edullisimminkin sijaitsevissa leimikoissa aina vähintäin 100 % suurempi kuin III luokan tukkien arvo (vrt. Holopainen 1949, Heiskanen 1951a s. 103). Toiseksi katsottiin käytännössä koko puuerän useimmiten olevan keskimäärin II luokkaa.

Syyt laatuluokituksen ja laatumaksutavan vieroksumiseen ovat olleet monet, mutta eräs tärkeimmistä on varmaankin ollut laatuluokituksen perusteiden puutteellinen tunteminen (vrt. Heiskanen 1951b s. 104). Näitä perusteita on meillä yritetty mäntysahatukkien osalta jo parin vuosikymmenen ajan selvittää, mutta monista eri syistä johtuen ennen sotia aloitetut tutkimukset jäivät kesken. Osittain niiden tulokset on nyttemmin orientoivan luontoisina julkaistu (Heiskanen 1951a ja b), mutta ne eivät voineet ratkaista ko. ongelmia. Sodan jälkeen, v. 1949, metsäntutkimuslaitos ja valtion teknillinen tutkimuslaitos ovatkin ottaneet uudelleen kysymyksen esille tarkoituksenaan luoda mäntysahatukkien laatuluokituksen kaikkinaiselle käytölle oikeudenmukaiset perusteet.

Ensimmäisenä laatuluokituksen käytön perusedellytyksenä on tarkoitustaan vastaavien laatuluokitusohjeiden olemassa olo. Tutkimusten pohjaksi ja käytännön tarpeeksi laadittiinkin aluksi uudet laatuluokitusohjeet (Heiskanen 1950a ja b, Siimes 1951 ss. 74—75, ks. myös Granvik ja Levanto 1952 ss. 13—15). Tarkoitustaan vastaavien laatuluokitusohjeiden olemassa olo ei kuitenkaan yksinään riitä. Lisäksi on tunnettava eri luokkaisista tukeista saatavan sahatavaran laatujakaantuminen, sillä metsäteollisuus ei tietenkään voi maksaa parhaasta laatuluokasta korkeampaa hintaa, ellei sillä ole varmaa tietoa siitä saatavan sahatavaran paremmuudesta (vrt. Jalava 1949). Myös on tiedettävä kuinka eri luokkiin kuuluvien tukkien hankintakustannukset eroavat toisistaan, sillä sekin tieto on tarpeellinen eri luokkien kantohinnan laskemiseksi. Ja lopuksi, on oltava selvillä siitä, kuinka laatuluokitus voidaan suorittaa mahdollisimman vähäisin kustannuksin niin tarkasti, että sen tuloksiin voidaan luottaa.

2. Katsaus kirjallisuuteen.

Sahatukkien laatuluokituskysymyksestä on eniten tutkittu eri laatuluokkiin kuuluvien sahatukkien arvosuhteita. Niiden tunteminen onkin laatuluokituksen käytön tärkein ja ehdottomin perusedellytys. Varsinkin Yhdysvalloissa on suoritettu paljon sahauskokeita eri laatuisten sahatukkien sahaustuloksen laatujakaantumisen selvittämiseksi. Yleisin menetelmä on, että tukit luokitetaan edeltä käsin, teoreettisesti laadittujen laatuluokitusohjeiden avulla tiettyihin luokkiin ja sahauksin selvitetään kunkin luokan tukkien antaman sahatavaran keskimääräinen laatujakaantuminen. Tällaisia tutkimuksia eri havupuista ovat Yhdysvalloissa tehneet mm. seuraavat tutkijat: Garver ja Miller (1928), Brundage (1936, 1939), Brundage ja Orr (1936), Rapraeger (1938), Kellogg (1941), Lodewick (1941, 1943), Reynolds, Bond ja Kirkland (1944 ss. 44 j.s.), Matson (1947, 1948), Darwin ja Cobb (1949), Gregory ja Pearson (1949), Worthington (1949), Krueger (1951) sekä Central Coastal Plains Branch of Southeastern Forest Experiment Station (Tree Grades . . . 1948). Lehtipuutukkien eri laatuluokkien arvosuhteita on myös tutkittu vastaavalla tavalla monella taholla (Bromley 1941, Bratton 1948, Campbell 1951, Fechner 1951, Comparison . . . 1942).

Kaikille näille tutkimuksille on yhteistä, että sahaukset on suoritettu joko vanne- tai sirkkelisahalaitoksilla. Kun tukit lisäksi yleensä ovat olleet varsin kookkaita, jokainen tukki on luokitettu ao. ohjeiden perusteella ja kunkin tukin antama sahatavara on lajiteltu erikseen. Vuoristo on käyttänyt samanlaista menetelmää kehäsahoilla suorittamissaan mäntytukkeja käsittelevissä tutkimuksissa (Heiskanen 1951a) ja Jalava (1938) tutkiessaan vanerikoivujen arvosuhteita. Skogsstyrelsens Expertkommitté (1948) Ruotsissa on suorittanut samantapaisia koesahauksia sirkkelisahoilla. Näiden kokeiden päätarkoitus on kuitenkin ollut parhaiden luokitusohjeiden löytäminen useita eri ohjeita vertailemalla.

Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen suorittamissa kokeissa tutkimusmenetelmä on ollut edellisistä hieman poikkeava (Siimes 1951, Lappalainen 1949, Kauppinen 1951). Niissä kerättiin yhteen suurehko määrä, 100—200 kpl., tietyn laatuluokan ja läpimittaluokan tukkeja, jotka

sahattiin samalla asetteella ja koko tällaisen erän sahatavara lajiteltiin yhdessä.

Forest Products Laboratory (FPL), Madison (Hardwood . . . 1949a) ja Wallace (1948) ovat suorittaneet sahauskokeet eri menetelmää käyttäen. Tarkoin mitatut sahatukit sahattiin ensin ja vasta sahaustuloksen laadullisen jakaantumisen perusteella tukit jaettiin laatuluokkiin. Tätä menetelmää käyttettäessä on eri laatujen arvosuhteiden selvittämisen lisäksi mahdollisuus todistaa ko. laatuluokitusohjeet sahausteknillisesti tarkoituksenmukaisimmiksi. Parks (1952, 1953) on tutkinut samalla tavoin douglas-fir sahatukkeja (vrt. Lindquist 1939, Andersson 1941).

Sahauskokeiden lisäksi on eri laatuisten sahatukkien arvosuhteiden selvittämiseen käytetty myös teoreettisia laskelmia. Yleinen tapa varsinkin Suomessa on ollut, että eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien sahaustuloksen teoreettisen laatujakaantumisen perusteella lasketaan eri luokkien arvosuhteet (Bonsdorff 1933, 1934, Vuoristo 1934, 1935b, Enander 1935, Puutavaran mittauskomitea s. 119, Jalava 1943 s. 131).

Eri laatuisten tukkien arvosuhteisiin vaikuttavat myös hankintakustannuksissa vallitsevat erot, joita ei ole missään tutkimuksin selvitetty, mutta joiden olemassa olo yleisesti myönnetään (Vuoristo 1934, 1935a ss. 235—236, Heiskanen 1950b).

Muut puolet sahatukkien laatuluokituskysymyksessä ovat jääneet tutkimustoiminnassa huomattavasti vähemmälle huomiolle. Laatuluokitusohjeille asetettavia vaatimuksia ovat eräät tutkijat käsitelleet. Vuoristo (1935a s. 239) pitää tärkeänä, että sahatukkien laatuluokitus perustuu sahatavaran lajitteluun ja että se on yksinkertainen ja helppo kenen tahansa käyttää.

Benson (1940, 1941a, 1941b) on myös korostanut, että laatuluokituksen tulee perustua sahatavaran lajitteluohjeisiin.

Lodewick (1939 s. 11) taas asettaa tarkoituksenmukaisille laatuluokitusohjeille seuraavat vaatimukset:

1. Niiden tulee perustua tukkien ulkonäköön.
2. Niiden tulee olla yksinkertaiset.
3. Laatuluokkien tulee erota toisistaan sahatavaran laatujakaantumisen perusteella.

Lockard (1950a s. 4) esittää suunnilleen samat vaatimukset. Hän lisää, että tunnusten, joihin luokitus perustuu, on oltava paitsi nähtävissä myös mitattavissa. Luokituksen tulee myös osoittaa arvoerot mahdollisimman pienissä tukkierissä.

Forest Products Laboratory (FPL), Madison (Hardwood 1949a s. 2) esittää lisäksi seuraavan vaatimuksen: Luokituksen tulee pystyä erottamaan

puusepänpuuksi kelpaavat tukit muista tukeista (vrt. Siimes 1951 s. 70). FPL korostaa vielä, että eri luokkain tukkien tulee erota sahaustuloksen laadun kannalta niin selvästi toisistaan, etteivät huonompaan laatuluokkaan viedyt tukit koskaan anna parempaa sahatavaraa kuin seuraavan parempaan laatuluokkaan hyväksytyt tukit.

Tekijä (Heiskanen 1951d s. 77) on asettanut seuraavat perusvaatimukset tarkoitustaan vastaaville laatuluokitusohjeille.

»1. Koska sahatukin laadun mukainen arvo riippuu siitä saatavan sahatavaran laadusta, on sahatukkien laatuluokittelun perustuttava sahatavaran lajitteluohjeisiin. Sahaustuloksen ja raaka-aineen välillä ei kuitenkaan ole olemassa niin kiinteätä laadullista riippuvaisuutta, että määrätynlaisesta tukista saataisiin yhtä, määrätyn laatuista sahatavaraa. Sahatukkien laatuluokitukseen ei näin ollen voida käyttää sahatavaran lajittelussa esiintyviä luokkia sellaisenaan, vaan siinä on tyydyttävä jonkin verran väljempään ja, niin sanoakseni, likimääräisempään luokitteluun.

2. Jo edellisestä on ilmennyt, että sahatukkien laatuluokittelu on tehtävä tukeittain myös pystypuista laatua arvioitaessa.

3. Sahatukkien laatuluokittelun on oltava mahdollisimman tarkka ja luotettava. Siitä johtuvat seuraavat vaatimukset:

a. Eri luokkien tukeista saatavan sahatavaran laatuerojen on oltava selviä.

b. Luokittelua käytännössä suoritettaessa tulee tulkinnan varan olla mahdollisimman vähäisen.

c. Eri luokkien välisten rajojen tulee olla niin selvät, että rajapuiden siirtoja luokasta toiseen ei pääse helpolla tapahtumaan.

4. Luokittelun on oltava tarkkuusvaatimusta laiminlyömättä niin yksinkertainen, että sen suorittaminen käytännössä on helppoa ja että sen oppiminen on kenelle tahansa mahdollista.»

Brundage (1936 ss. 1—2) esittää, että pystypuille tulisi käyttää erilaisia laatuluokitusohjeita kuin valmiille tukeille, koska kaikkia laatuun vaikuttavia tekijöitä ei voida nähdä ennenkuin puu on kaadettu (vrt. Brundage and Orr 1936 s. 2).

Laatuluokitusohjeiden rakenne ja käyttö ovat olleet varsin vähän tutkimuksen kohteena.

Tekijä (Heiskanen 1951d s. 78) on jakanut laatuluokitustavat niiden rakenteen perusteella seuraaviin ryhmiin:

1. Välittömästi rakennevikoihin perustuvat menetelmät
   11. Ylimalkaiset menetelmät
   12. Sahatavaran lajittelua käyttävät menetelmät
   13. Sahatavaran lajitteluun liittyvät menetelmät
2. Välilliset menetelmät.

Samassa yhteydessä tekijä tarkastelee erilaisten ohjeiden käyttökelpoisuutta ja toteaa sahatavaran lajitteluun liittyvät menetelmät parhaiten tarkoitustaan vastaaviksi. Ne ovat myös yleisimpiä luokitusohjeista. Erilaisten välittömästi rakennevikoihin perustuvien laatuluokitusohjeiden tarkastelu osoittaakin ohjeiden yleisimmät suuntaviivat.

Suurimman oksan läpimitta ja muut tukissa esiintyvät viat, kuten korot, lenkous jne., ovat ainoina luokitusperusteina Bonsdorffin (1933 s. 373, 1934) ja Vuoriston (1934, 1935a ss. 240—241 ym.) luokitusohjeissa. Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen ja metsäntutkimuslaitoksen laatimissa ohjeissa otetaan lisäksi huomioon tukin läpimitta siten, että suurissa tukeissa sallitaan suuremmat oksat kuin pienissä (Heiskanen 1950a ja b, Lappalainen 1949, Siimes 1951 ss. 74—75, Kauppinen 1951, vrt. Hallberg 1933). Useat ruotsalaiset luokitukset ovat rakenteeltaan samanlaisia (Kungl. Skogsstyrelsen 1944, Bergvik och Ala Nya ... 1946, Skogsstyrelsens Expertkommitté 1948 s. 27 ym.).

Yhdysvaltalaisissa havupuiden laatuluokitusohjeissa on parhaille luokille lisäksi useimmiten asetettu tietyt minimiläpimittavaatimukset. Määräviat (ks. s. 38) otetaan niissä yleensä huomioon samanarvoisina oksaisuuden ja muiden laatuvikojen kanssa (Brundage 1936, 1939, Brundage and Orr 1936, Grade Spes ..., Lodewick 1941, 1943, Log Scaling ... 1942, Reynolds, Bond and Kirkland 1944 s. 44—45, Official ... 1947, 1948, Worthington 1949, Crosset ... 1949, Telford 1952). Joskus määräviat käsitellään oksaisuudesta erillisinä, ja niiden johdosta alennetaan oksaisuuden perusteella määritettyä laatuluokkaa yhdellä tai kahdella luokalla (Brundage 1939 ss. 2—4, Orr 1939, Gregory and Pearson 1949 ss. 25—26). Joskus taas määräviat jätetään kokonaan huomioon ottamatta, koska niiden johdosta tehdään vähennys tukin kuutiomäärään (Garver and Miller 1928 s. 54, Ponderosa ... 1939, Region 5 ... Tree Grades ... 1948 ss. 3—4, Krueger 1951a s. 103 ym.).

Laver (1951 s. 162) korostaa myös, että määrävikoja, mikäli ne otetaan huomioon mittauksessa, ei saa sisällyttää laatuluokitusohjeisiin.

Parks (1952, 1953) puolestaan esittää, että douglas fir sahatukkien laatuluokitusohjeissa olisi otettava seuraavat tekijät huomioon: oksattomien neljänneksien lukumäärä (clear quarters), suurimman oksan koko ja puun kasvu.

Ns. oksasummamenetelmät poikkeavat muista luokitustavoista. Ruotsalaisessa menetelmässä tukit jaetaan kahteen luokkaan u/s- ja V-tukkeihin (Skogsstyrelsens Expertkommitté 1948, bil. 2). Jälkimmäisiin luetaan tukit, joissa on yli $2\frac{1}{2}''$ tuore tai yli $2''$ kuiva oksa tai laho-, sisäänkasvanut laho- tai kuorioksa, sekä tukit, joiden oksasumma (5 jalan matkalla) on suurempi

kuin tukin latvatuumaluku kolmella kerrottuna. Oksille on annettu koon perusteella tietyt pistearvot. Suoritetuissa mäntysahatukkien koesahauksissa menetelmä antoi oikean tuloksen 81 %:ssa tapauksista.

Vastaavanlainen on U.S. Forest Servicen Southern Regionin uusi mäntysahatukkien laatuluokitustapa. Siinä on oksien lisäksi myös lenkous otettu huomioon. Jos lenkous on yli viidennen osan läpimitasta, alennetaan tukin luokkaa yhdellä[1]).

Kellogg ja Kuenzel (1945) ovat laatineet luokituksen, jossa tuoreita oksia ja toisaalta kuivia oksia sisältävät tukit on erotettu omiin luokkiinsa.

Yhdysvalloissa käytetyt lehtipuutukkien luokitusmenetelmät eroavat edellä mainituista siinä, että ne eivät perustu vikojen määrään vaan päinvastoin rakenteellisesti virheettömän puun määrään ja suhteelliseen osuuteen tukin pinnasta (Bratton 1948, Wallace 1948, Hardwood ... 1949a ss. 3—4, 1949b, Lockard 1950a s. 5, Benson 1940, 1941a, 1941b, Stone and Stott 1944, Brown 1949 s. 33, vrt. myös Fechner 1951). Tämä eroavaisuus johtuu siitä, että myös lehtipuusahatavaran laatulajittelu perustuu täysin virheettömän tavaran määrään.

Shibalov (1948) on todennut, että samaan laatuluokkaan kuuluvat tyvi-, väli- ja latvatukit eroavat merkittävästi toisistaan sahatavaran laadun kannalta. Tukin asema rungolla olisi siis otettava huomioon laatuluokitusohjeissa (vrt. Hardwood ... 1949a, 1949b).

Vuoristo (1937a, vrt. 1935a ss. 242—243) on tutkinut kunkin laatuluokan tukkien todellista laatua ja todennut sen riippuvan ko. leimikon tai tukkierän keskimääräisestä laadusta. Mitä parempi tukkierä keskimäärin on, sitä parempaa sahatavaraa saadaan kunkin laatuluokan tukeista.

Davis (1940) puolestaan ilmoittaa, että samanlaisilla ulkoisilla tuntomerkeillä varustetut vanhat (old-growth) ja nuoret (second-growth) puut eroavat toisistaan sahatavaran laadun kannalta.

Välillisiä tukkiluokituksia on tutkinut Andersson (1941 ss. 40—41), joka esittää, että tukit voidaan luokittaa vuosilustojen paksuuden ja läpimitan avulla riittävän tarkoin. Hän laskee vuosirenkaiden lukumäärän 4—6 cm etäisyydeltä ytimestä tukin tyvipäästä. Mitä suurempi tällä välillä olevien vuosirenkaiden luku lisättynä tukin latvaläpimitalla, ns. laatuluku, on, sitä parempi tukki on kyseessä. Mayer—Wegelin (1930), Kühn ja Olberg (1930), Sandmo ja Nergaard (1930), Brunn (1932), Klem (1934 ss. 253, 282 j.s.), Wennerholm (1937) sekä Lindquist (1939) ovat myös todistaneet, että vuosirenkaiden paksuus ytimen ympärillä kuvaa hyvin tukin sisäistä oksaisuutta.

[1]) Mr. Charles Lockardin suullinen tiedonanto.

Kauppinen (1951) on osoittanut, että vuosirenkaiden paksuudella ja ulkoisten tuntomerkkien perusteella määritetyllä laatuluokalla on kiinteä yhteys toisiinsa.

Useissa laatuluokitusohjeissa vuosirenkaiden paksuutta käytetäänkin osoittamaan tukin sisäistä oksaisuutta (Hannemann 1932, Kungl. Skogsstyrelsen 1944, Skogsstyrelsens Expertkommitté 1948 s. 47 j.s., Heiskanen 1950a ja b, Siimes 1951 ss. 74—75).

Laatuluokituksen suoritusta on myös käsitelty varsin vähän metsäalan kirjallisuudessa, mutta eräitä mainintoja siitäkin on löydettävissä. Yleensä tämä kirjallisuus koskee pystypuiden luokitusta.

Vuoristo (1935a s. 239, 1934) pitää välttämättömänä, että pystypuiden luokitus suoritetaan tukeittain, koska koko rungon laatu vaihtelee niin paljon. Hän korostaa myös laatuluokituksen suorittajain ammattitaidon ja rehellisyyden tärkeyttä (vrt. Heiskanen 1951d).

Heiskanen (1951b) on julkaissut pystypuiden laatuluokituksen tarkkuutta koskevia tutkimustuloksia. Niiden mukaan Vuoriston ohjeita käytettäessä etenkin tyvitukin luokittelun tarkkuus on hyvin heikko. Pahinta on, että eri luokittajain saamat tulokset eroavat perin paljon toisistaan.

Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station (Ponderosa . . . 1939) korostaa, että pystypuiden laatuluokitus on suoritettava tukeittain ja kunkin tukin laatuluokka on määritettävä yksinomaan ao. tukin ominaisuuksien perusteella, so. alempana ja ylempänä olevien tukkien ominaisuudet eivät saa vaikuttaa siihen.

Forest Products Laboratory (Hardwood . . . 1949b) pitää laatuluokitusta helppona, mutta korostaa puun vikaisuuksien tuntemisen tärkeyttä. Ko. julkaisu tähtääkin tällaisten vikojen tuntemisen opettamiseen.

Lockard (1950a ss. 7—8, 1950b) sensijaan pitää hyvin intensiivistä harjoittelua ja opetusta välttämättömänä työn onnistumiselle. Hänkin korostaa ulkoisten vikaisuuksien, ns. pintavikojen tuntemisen tärkeyttä (vrt. Lockard, Putnam and Carpenter 1950).

Pystypuiden luokitukseen on kehitetty muitakin kuin tukeittaisia menetelmiä.

Diener (1948 s. 405) mainitsee, että Sveitsissä pystypuiden luokituksissa käytetään rungottaista, koko rungon ulkonäköön perustuvaa menetelmää.

Kühn ja Olberg (1930), Bonsdorff (1933, 1934), Enander (1935) ja Sarvas (1944) ovat määrittäneet puiden laadun tyvitukin laatuluokan perusteella.

Goetzen, Parton, Stott ja Stone (1943) ovat laatineet menetelmän lehtipuiden laadun määrittämiseksi tyvitukin laatuluokan

perusteella. Lisäksi heillä on luokitusperusteena puun elinvoima (risk and vigor). Tätä menetelmää on käytetty U.S. Forest Servicen Region 9:n luokituksissa (vrt. Comparison . . . 1942).

Campbell (1951) on kehittänyt samantapaisen tyvitukin laatuun perustuvan menetelmän Etelän lehtipuita varten.

Central Coastal Plain Branch of Southeastern Forest Experiment Station (Tree Grades . . . 1948 s. 2) esittää Etelän männyille seuraavan luokituksen:

1—2. Tyvitukki laatua n:o 1 ja toinen tukki laatua n:o 2 tai parempi
1—3. Tyvitukki laatua n:o 1 ja toinen tukki laatua n:o 3
2. Tyvitukki laatua n:o 2
3. Tyvitukki laatua n:o 3.

Tutkimukset osoittavat näiden puuluokkien hyvin puolustavan paikkaansa.

Prof. Myron E. Krueger on ilmoittanut tämän kirjoittajalle tyvitukin tai ainakin kahden alimmaisen tukin laadun hyvin kuvaavan ponderosa- ja sokerimännyn laatua. Mr. Lockard puolestaan mainitsi tekijälle, että U.S. Forest Servicen Southern Regionilla on myös tekeillä tällainen tyvitukin laatuun perustuva luokitus. Siinä rungot jaetaan kolmeen luokkaan, joissa parhaassa tyvitukin laatu on I-, toisessa II- ja kolmannessa III- tai IV-laatuluokkaa.

Myös Pack Demonstration Forest'issa Warrensburgissa, N.Y, on kehitetty tyvitukin oksaisuuteen ja lenkouteen perustuva pystypuiden laatuluokitusmenetelmä valkomännylle (White Pine . . .).

Välillisiä koko rungon laatuluokitustapoja on Klem (1930, 1934) tutkinut kuusipaperipuun laadun määrittämiseksi. Hänen mittauksensa osoittavat, että on olemassa varsin selvä riippuvuus puun oksaisuuden ja toisaalta vuosirengasvälin, kapenemisen, solakkuuden ja oksattoman osan pituuden välillä. Selvin tämä riippuvuussuhde on solakkuuden ja oksaisuuden välillä.

Tukkipuurungoista on tutkittu vain vuosirengasvälin kelpoisuutta laatuluokituksen perustaksi. Lindquist (1939 s. 91 j.s.) toteaa, että vuosilustojen paksuus yhdessä latvuksen muodon kanssa on sangen hyvä koko rungon laadun tunnus. Etenkin se kuvaa hyvin tyvitukkien sahatavaran laatua (vrt. Andersson 1941).

3. Tutkimuksen aihe ja käytetty terminologia.

Sahatukkien laatuluokitus ei ole, kuten johdannossa selvitettiin, vielä saavuttanut meillä sellaista laajuutta, kuin olisi syytä toivoa. Sen käytölle ei olekaan olemassa riittäviä perustietoja. Tärkeimmät perusteet, joiden olemassa olo ja selville saaminen olisi ensiarvoisen tärkeätä asian jatkuvalle kehittämiselle, ovat seuraavat (vrt. Heiskanen 1951b s. 104):

1. Tarkoitustaan vastaavat laatuluokitusohjeet
2. Eri laatuluokkiin kuuluvien sahatukkien arvosuhteet
3. Laatuluokituksen oikea, tarkka ja yksinkertainen suoritustapa

Kaikki nämä kysymykset ovat mäntysahatukkien osalta olleet metsäntutkimuslaitoksen ja valtion teknillisen tutkimuslaitoksen aloittamien tutkimusten kohteena. Tutkimuksen pohjaksi laadittiin mäntysahatukkien laatuluokitusohjeet (taul. 1), jotka ovat jo usean vuoden olleet käytössä sekä metsähallituksella että monilla puutavarayhtiöillä (Heiskanen 1950a ja b). Näiden laatuluokitusohjeiden käyttö onkin esillä olevan tutkimuksen pääkohteena. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, voidaanko ja kuinka esillä olevien laatuluokitusohjeiden perusteella tukkipuiden laatu määrittää riittävän tarkasti, ja mitä muita menetelmiä kuin tällaisia rakennevikoihin perustuvia laatuluokitusohjeita voitaisiin käyttää sahapuurunkojen laadun määrittämiseksi. Tutkimus kohdistetaan vain Suomen eteläpuoliskon männikköihin, joten tutkimuksen tulokset ovat sovellettavissa vain Oulujoen vesistön eteläpuolella.

Em. pääkysymyksen lisäksi tarkastellaan tutkimuksessa myös eri laatuisten sahatukkien ja sahapuurunkojen yleisiä tuntomerkkejä.

Tutkimuksen päämäärien selville saamiseksi valittiin tutkimuksen pääkohteiksi seuraavat sahapuurunkojen laatuluokitusmenetelmät:

1. Tukeittainen luokitus, jossa jokaisen rungosta saatavaksi arvioidun tukin laatuluokka määritetään laatuluokitusohjeiden avulla.
2. Tyvitukin luokitukseen perustuva menetelmä (tyvitukkimenetelmä), jossa arvioidaan rungosta saatavien tukkien lukumäärä sekä määritetään tyvitukin laatuluokka kuvaamaan koko rungon laatua.

3. Rungon läpimitan mittaukseen perustuva menetelmä.

4. Runkomuodon mittaukseen perustuva menetelmä.

5. Oksattoman osan pituuden mittaukseen perustuva menetelmä.

Kolmea viimeksi mainittua tapaa kutsutaan yhteisellä nimellä mittausmenetelmiksi, joissa mitataan joku tunnus, joko läpimitta, runkomuoto tai oksattoman osan pituus, ja sen katsotaan tietyllä tavalla kuvaavan rungon laadun.

Tukeittaisen menetelmän käyttökelpoisuutta tutkittiin koeluokitusten avulla, joissa useat metsämiesammattiryhmät luokittivat etukäteen mitatut koepuut (vrt. Heiskanen 1950c, 1951b). Muut laatuluokitustavat, joita meillä ei ole vielä kokeiltu käytännössä, taas tutkittiin pääasiallisesti koeleimikoissa, joissa puut luokitettiin sekä tukeittaista että muita em. menetelmiä käyttäen. Näiden mittausten ja luokitusten perusteella on selvitetty rungon tukeittaisen keskim. laatu- tai oksaisuusluokan ja em. mitattujen tunnusten tai tyvitukin laatuluokan välinen riippuvuus.

Vaikka suomalaisessakin kirjallisuudessa laatukysymystä on käsitelty melko paljon, siihen liittyviä käsitteitä ei ole selvästi määritelty (esim. Lassila 1931, Walldén 1933, Vuoristo 1934, 1935a ym.). Etenkin käsite laatu on niin monivivahteinen, että se on tarkoin määriteltävä ennen käyttöä.

Laadulla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa niitä sahatukkien koosta riippumattomia ominaisuuksia, jotka määräävät puun käyttöarvon sahatavaran raaka-aineeksi (vrt. Kinnman 1922 s. 1, Haugberg 1927 s. 122). Laadun funktioina ovat siis sahatukissa esiintyvät käyttöarvoa alentavat viat, kuten laho yms. sekä epäsäännöllisyydet, kuten oksat.

Laatuluokituksella taas tarkoitetaan sahatukkien jakamista ulkoisten, näkyvien tuntomerkkien perusteella niiden laatua osoittaviin luokkiin sekä näiden luokkien ja yleensä tukkien tai tukkipuiden laadun määrittämistä.

Laatuluokitusohjeilla tarkoitetaan eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tuntomerkkien yksityiskohtaista luetteloa.

---

4. Tutkimusmenetelmä.

41. Laatuluokitusohjeet.

Esillä olevan tutkimuksen pohjaksi on otettu metsäntutkimuslaitoksen ja valtion teknillisen tutkimuslaitoksen yhteistoiminnassa suunnittelemat ja kokeilemat ohjeet, jotka on esitetty taulukossa 1 (Heiskanen 1950a, 1950b, Siimes 1951 ss. 74—75, vrt. myös Granvik ja Levanto 1952 ss. 14—15). Valittavana olisivat olleet myös kotimaiset Bonsdorffin (1933) ja Vuoriston (1934, 1935a ss. 240—241, 1949) laatimat luokitusohjeet, mutta niissä havaittujen varjopuolien vuoksi ne katsottiin epätarkoituksenmukaisiksi (Heiskanen 1951d ss. 83—84). Myös Ruotsissa tehdyt mäntysahatukkien laatuluokitusohjeet olisivat olleet meilläkin käyttökelpoisia, sillä siellä sahatavara lajitellaan pääpiirtein samalla tavoin kuin meillä. Kuitenkin sikäläiset ohjeet ovat yleensä joko liian monimutkaiset tai liian ylimalkaiset meikäläisiin olosuhteisiin (Heiskanen 1951d ss. 83—84).

Taulukko 1. Mäntysahatukkien laatuluokitusohjeet.

Mäntytukit lajitellaan kolmeen luokkaan, joista ensimmäisestä saadaan vientilajittelun mukaan pääasiallisesti parempia u/s-laatuja sekä I ja II lujuusluokan tavaroita ynnä puusepän tavaraa. Luokkaan II kuuluvista tukeista saadaan vientilajittelun mukaan pääasiallisesti huonompia u/s-laatuja, lujuuslajitteluun kelpaavaa tavaraa sekä rakennuspuutavaraa. III luokan tukeista saadaan pääasiallisesti vain V:aa, eikä tämä tavara kelpaa korkeampiin lujuusluokkiin.

Lajittelua varten tukit jaetaan kahteen suuruusluokkaan: suuret tukit, latvaläpimitta 9″ tai yli ja pienet tukit, latvaläpimitta pienempi kuin 9″.

Jos jokin ominaisuus ei aivan täytä luokalle asetettuja vaatimuksia, mutta tukki muuten kuuluisi tämän luokan parhaimpiin kappaleisiin, voidaan se lukea tähän luokkaan kuuluvaksi.

Aivan tukin päässä oleva vika arvostellaan lievemmin kuin keskellä oleva.

Oksat mitataan kohtisuoraan rungon pituussuuntaa vastaan, pystypuissa heti kynnäksen yläpuolelta ja valmiissa tukeissa puun pinnassa oksan tummaa aluetta vastaavana. Tuoreiden oksien mitat pyöristetään alaspäin ja kuivien oksien mitat ylöspäin täysille ¼″:lle. I ja II luokassa sallitaan maksimisuuruisten oksien lisäksi joitakin niitä pienempiä hajallaan olevia oksia. III luokassa ei oksien lukumäärä ole rajoitettu.

Vika	Vian maksimimäärä		
	I l.	II l.	III l.
Suurin oksa Suuret tukit (10' kohden) Pienet tukit	2 kpl. 3/4″ » 1/2″	2 kpl. 1 1/2″ » 1″	3″ 3″
Oksakyhmyt	Ei sallita	Pieniä kyhmyjä sallitaan	Sallitaan
Lenkous (koko pituudella)	2 cm	6 cm	10 cm
Korot ja huolemat	Sallitaan pieniä terveitä ja matalia koroja	Sallitaan tukin latvalieriön ulkopuolelle jääviä koroja	Syviä koroja ei sallita
Vuosirengasväli	3 mm	—	—
Laho	Ei sallita	Ei sallita	Sallitaan kovaa lahoa jonkin verran
Mutkat	Ei sallita	Sallitaan pieniä mutkia	Jyrkkiä mutkia ei sallita
Kasvukierteisyys	Ei sallita	Ei sallita	Jyrkkää kasvukierteisyyttä ei sallita
Lyly	Ei sallita	Sallitaan jonkin verran	Sallitaan
Tervasroso	Ei sallita	Sallitaan 1/4 tukin piiristä	Sallitaan 1/2 tukin piiristä
Sydänhalkeama	Ei sallita	Ei sallita	Sallitaan
Rengashalkeama	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita

Lahoja oksia sallitaan rajoitetusti III luokassa, mutta ne eivät saa olla kooltaan suurempia kuin 2″.

Lenkoudella tarkoitetaan tukin tasaista käyristymistä. Sen suuruus saadaan mittaamalla tukin keskiviivan suurin etäisyys latva- ja tyvileikkausten keskipisteiden välisestä suorasta. Jos lenkous mitataan sivuviivasta on otettava huomioon tyvilaajentuman ja kapenemisen aiheuttama sivu- ja keskiviivan välinen suuntaero.

Korolla ja huolemalla tarkoitetaan puun pinnalla havaittavia vioittumia. Tukin tyvipäässä sallitaan syvempi koro tai huolema kuin latvapäässä.

Vuosirengasväli arvioidaan tukin tyvipäästä ytimestä lähtien 3″ matkalla.

Tervasrosolla ymmärretään Cronartium-sienen aiheuttamaa mustaa, pihkoittunutta haavaa puun pinnassa.

Edellä esitettyjä ohjeita tarkasteltaessa havaitaan, että ne ovat suurelta osaltaan melko tulkinnanvaraisia. Niissä esiintyvistä luokitustunnuksista vain suurin oksa, vuosirengasväli, tervasroso ja lenkous on ilmoitettu todella mitattavin suurein. Lisäksi sydän- ja rengashalkeamia koskevat määräykset ovat sellaisia, etteivät ne jätä tulkinnanvaraa. Muiden luokitustunnusten vaikutuksen määrittäminen on sen sijaan melko harkin-

nanvaraista, joten on syytä selostaa yksityiskohtaisesti ohjeiden tulkinta- ja käyttötapa.

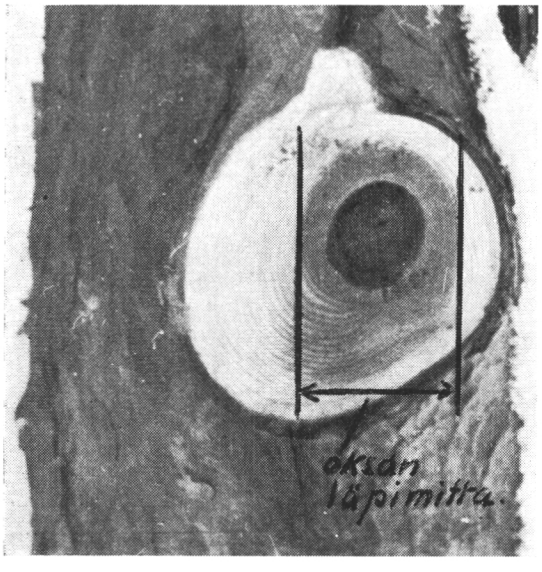
Aluksi otettakoon puheeksi eräät oksia koskevat määräykset. Lisäohjeissa mainitaan: »I ja II luokassa sallitaan maksimisuuruisten oksien lisäksi joitakin niitä pienempiä hajallaan olevia oksia.» Tämä ohje on tutkimuksissa tulkittu seuraavasti:

I ja II luokassa sallitaan maksimisuuruisten oksien lisäksi seuraavat määrät pienempiä oksia tukin 10 jalkaa kohden:

	I	II	III
suuret tukit	3—5 kpl. $^1/_2''$	5—7 kpl. $^3/_4$—$1^1/_4''$	ei rajoitettu
pienet tukit	» » $^1/_4''$	» » $^1/_2$—$^3/_4''$	» »

Näistä »pienistä» oksista ei lähinnä maksimisuuruutta olevia oksia saa esiintyä samassa oksakiehkurassa. Mikäli tukissa ei ole maksimisuuruisia oksia, on sallittu pienempiä oksia enemmän, kuin edellä on esitetty, ilman, että tukin laatuluokkaa on alennettu. Pääohjeena laatuluokkia määritettäessä on pidetty, että I luokan tukista saataisiin tertia-laadun tai parempaa ja II luokan tukista ainakin kvarta-laadun sahatavaraa.

Oksankyhmyjä koskevaa ohjetta on luokituksissa noudatettu hyvin tarkasti. Pienikin, selvästi havaittava kyhmy on vienyt tukin II laatuluokkaan. Suureksi kyhmyksi, joka vie tukin III laatuluokkaan, on luettu kyhmyt, joiden alla on kirveellä kokeillen osoittautunut olevan ylisuuria, s.o. pienissä tukeissa yli 1″ ja suurissa tukeissa yli $1^1/_2''$ oksia.



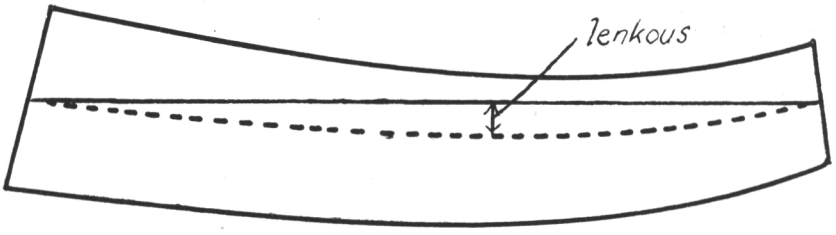
Kuva 1. Oksan läpimitan mittaustapa valmiissa tukeissa. Valok. E. Juvonen.

Fig. 1. The method of measuring knot diameter in finished logs. Photo E. Juvonen.

Oksien mittaussuunnasta, joka ohjeissa on mainittu, on pidetty hyvin tarkoin kiinni, sillä oksat ovat yleensä soikeita. Merkittäessä ohjeiden mukaista läpimittaa suhdeluvulla 100, sitä vastaan kohtisuoran läpimitan suhdeluku on mittausten mukaan n. 120. Ero on siis 20 %. Oksan läpimitan ohjeiden mukainen mittaustapa valmiissa tukeissa selviää kuvasta 1.

Laho-oksiksi on luettu sahatukkeja luokitettaessa sellaiset oksat, joissa laho jatkuu selvästi puun sisään.

Lenkouden mittaustapa on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Lenkouden mittaustapa.
Fig. 2. The method of measuring sweep.

Koroja ja huolemia koskevat kohdat on tutkimuksessa tulkittu seuraavasti:

I luokassa sallittavilla pienillä, terveillä ja matalilla koroilla tarkoitetaan sellaisia vioittumia, jotka eivät ulotu lainkaan tukista saatavaan sahatavaraan, sydäntavaraan, lautoihin eivätkä pintalautoihin. Myös latvalieriön ulkopuolelta voidaan saada sahatavaraa, mutta I laatuluokassa sallittavat korot eivät saisi ulottua siihenkään. II luokassa taas sallitaan vioittumia, jotka eivät ulotu latvalieriöön, ja III luokassa sallittavat korot ja huolemat saavat ulottua latvalieriöönkin, kunhan jättävät pääsahaustulokset terveiksi. Poikkeuksellisesti on kuitenkin tukin tyvipäässä sallittu matalia koroja, jotka rikkovat toisen sydäntavarakappaleista.

Lahoa koskeva kohta on puolestaan tulkittu niin, että tukissa on sallittu 1/10 sen läpimitasta kovaa lahoa vain III luokassa. Jos laho on pehmeää, tukki on hyljätty.

Mutkien kohdalla on käytetty ohjeena lenkouden suurimpia sallittuja määriä, joita on hieman vähennetty mutkien sallittua suuruutta määritettäessä. Mutka on näet pahempi vika kuin lenkous.

Kieroutta ei tutkimuksen luokituksissa ole otettu lainkaan huomioon kahdesta eri syystä. Ensinnäkin se on hyvin yleinen ominaisuus (vrt. Jalava 1952 s. 89), ja toiseksi sen toteaminen kuorellisesta puusta on yleensä ylivoimainen tehtävä.

Sydänhalkeamia koskeva kohta on puolestaan tulkittu siten, että vain molemmissa päissä näkyvä halkeama on katsottu laatuluokkaa alentavaksi viaksi.

Tarkasteltaessa ohjeita kasvavien puiden luokituksen kannalta havaitaan, että osa luokitustunnuksista on jätettävä pois ja huomioon ottamatta pystypuiden luokituksia tehtäessä. Koeluokituksissa ja pystykoealoilla laa-

dun määrittäminen on perustettu vain seuraaviin vikoihin ja epäsäännöllisyyksiin: Oksat, oksankyhmyt, lenkous, korot ja huolemat, mutkat sekä tervasroso. Lisäksi luokitustunnuksena on käytetty kääpiä ja lahokoroja, jotka ovat esiintyessään aiheuttaneet tyveyksiä ja leikkoja.

42. Koeluokitukset.

Tukeittaisen laadunmäärittämismenetelmän käyttökelpoisuutta ja tarkkuutta tutkittiin kahdessa koeleimikossa, joissa laatuluokituksen suoritti keväällä ja kesällä 1950 kaikkiaan viisi metsäammattimiesryhmää. Koeleimikkojen runkoluvut, runkojen keskikuutiot ja laatuluokkajakaantumiset sekä luokituksiin osallistuneiden miesten lukumäärät on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Koeluokituksen suoritusta koskevia tietoja.

Table 2. Data on trial gradings.

Koepuusarja *Sample tree series*	Runkoluku kpl. *Stem number*	Keskikuutio j³/r *Mean volume cu.ft/stem*	Eri laatuluokkien suht. osuudet, % *Proportionate shares of different grades, %*			Luokittelijoita *Number of assessors*
			I	II	III	
Hyytiälä n:o 1	35	13.04	22.8	34.0	43.2	23
» n:o 2	19	15.45	22.8	32.6	44.6	26
» n:o 3	18	11.82	16.7	39.0	44.3	28
Inkeroinen n:o 1	29	11.92	16.0	44.2	39.8	37
» n:o 2	29	11.92	16.0	44.2	39.8	30
Yhteensä — *Total*						144

Taulukosta havaitaan, että kaikkiaan näihin koeluokituksiin osallistui 144 metsäammattimiestä, osaksi metsänhoitajia ja osaksi metsäteknikoita, joista kukin luokitti keskimäärin 26 runkoa.

V. 1953 suoritettiin lisäkokeita harjoittelun merkityksen selvittämiseksi kahdessa 20 runkoa käsittävässä koeleimikossa Tammelan hoitoalueessa. Niissä suoritti luokitukset 22 metsähallituksen metsänhoitajaa. Tammelan koepuusarjojen keskikuutiot ja suhteelliset laatuluokkajakaantumiset olivat mittauksen mukaan seuraavat:

	j³/r	I	II	III
n:o 1 ...	16.9	13.6 %	35.9 %	50.5 %
n:o 2 ...	14.9	9.3 %	29.7 %	61.0 %

Kaikissa kokeissa koerungot mitattiin etukäteen pystyyn tikapuiden avulla. Tässä mittauksessa selvitettiin tarkoin kaikki rungoissa olevat saha-

tukkien laatuun vaikuttavat viat ja jaettiin rungot tukeiksi apteerausohjeita noudattaen (Liuksiala 1945, Ronkanen 1950). Lopuksi määritettiin tukkien laatuluokka näihin mittauksiin perustuen. Rungoista saatavien tukkien laatuluokkien lisäksi määritettiin erikseen myös puun 18-jalkaisen, maalirenkaalla erotetun tyven laatuluokka.

Luokituksiin osallistuneet miehet saivat tietoonsa tarkan läpimitan 18 jalan korkeudelta, ja sen perusteella he arvioivat rungoista saatavien tukkien mitat em. apteerausohjeita noudattaen sekä määrittivät kunkin tukin laatuluokan. Lisäksi he määrittivät, kuten mainittiin, 18-jalkaisen tyvipölkyn laatuluokan. Tämä erillinen luokitus suoritettiin senvuoksi, että voitiin olla varmoja kaikkien miesten määrittävän laadun tarkalleen samoista tukeista. 18-jalkaisten tyvien laatuluokituksen tuloksia voidaan niin ollen käyttää luokituksessa tapahtuvien virheiden syiden selvittämiseen.

Todellisena, oikeana laatuluokkana, johon koeluokituksen tuloksia verrataan, on käytetty mittauksin määritettyä laatuluokkaa. Tätä menetelmää voidaan puolustaa sillä, että kysymys on ulkoisiin tuntomerkkeihin perustuvasta laatuluokituksesta, joka koesahausten mukaan suurissa puitteissa on hyvin osoittautunut sahatukkien todellista laatua kuvaavaksi (vrt. s. 34), eikä tukeista saatavan sahatavaran laadun jakaantumisen arvioinnista, jota ei ilman tukin ominaisuuksiin perustuvia luokitusohjeita kuitenkaan voida tarkoin suorittaa. Ohjeiden on oltava aina laadun määrittämisen pohjana. Lisäksi mittauksessa noudatettiin varsin tarkkoja määräyksiä myös tulkinnanvaraisissa kohdissa, joten tätä oikeaa laatuluokkaa voidaan pitää suurimmalta osaltaan mittauksin määritettynä. Jos tulkintaakin on joskus pitänyt käyttää, voidaan sitä puolustaa sillä, että se on ohjeiden tekijän tulkintatapa, jota on niinmuodoin pidettävä oikeana. Samaa tulkintaa on näet käytetty myös koesahauksissa, joissa on koetettu selvittää eri laatuluokkiin kuuluvien sahatukkien arvosuhteita. Mainittakoon myös, että sekä Hyytiälän että Inkeroisten koepuiden oikean laatuluokan määrittämiseen osallistuivat myös valtion teknillisen tutkimuslaitoksen sahauskokeita suorittaneet tutkijat.

43. Mittaukset koeleimikoissa ja koealoilla.

Tyvitukin laatuluokan, runkomuodon ja rungon oksattoman osan pituuden sekä toisaalta rungon tukkien laatujakaantumisen välisen riippuvuuden selville saamiseksi suoritettiin mittauksia kuudessa eri leimikossa, jotka sijaitsivat Tuusulan, Konginkankaan, Hirvensalmen, Lammin, Ristiinan ja Enon pitäjissä. Tiedot mitatuista puista sekä leimikoista on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Koeleimikkoaineiston suuruus ja jakaantuminen eri laatuluokkien osalle.

Table 3. Size of the material of sample stands and its distribution by log grades.

Leimikko *Stand*	Runkoja *Stems*	Yht. j³ *Total cu.ft.*	j³/r *cu.ft/stem*	Laatuluokkien osuus, % *Percentages of grades, %*		
				I	II	III
Hirvensalmi	796	8847.6	11.1	23.0	26.0	41.0
Kaltimo	693	7508.9	10.8	29.4	33.1	37.5
Ristiina	388	6726.2	17.3	6.9	32.3	60.8
Evo	453	6376.9	14.1	7.8	48.1	44.1
Ruotsinkylä	260	6589.6	25.3	40.6	29.1	30.3
Saarijärvi	803	9530.8	11.8	33.3	30.0	36.7
Yhteensä — *Total*	3393	45580.0		24.2	32.5	43.3

Tyvitukin laatuluokan merkitystä koko rungon laadun osoittajana selvitettiin lisäksi 46 pystykoealalla, joista kullakin arvioitiin ja luokitettiin pystyyn 70—100 ensimmäiseksi vastaanosunutta tukkipuurunkoa. Koealojen jakaantuminen eri ikäluokkiin ja metsätyypeille on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Pystykoeala-aineiston jakaantuminen eri ikäluokkiin ja metsätyypeille.

Table 4. Distribution of the material of sample plots by age classes and forest site types.

Ikäluokka *Age class*	Metsätyyppi — *Forest site type*					
	CT	VT	MT	OMT	Räme *Swamp*	Yht. *Total*
	Koealoja, kpl. — *Number of sample plots*					
< 80	—	5	6	1	—	12
81—120	1	12	4	—	—	17
> 121	3	10	2	—	2	17
Yhteensä — *Total*	4	27	12	1	2	46

Seuraavassa kutsutaan koeleimikoista kerättyä aineistoa koeleimikkoaineistoksi ja pystykoealojen aineistoa koeala-aineistoksi.

Koeleimikoissa tehtiin koerungoista, jotka numeroitiin maalinumerolla, mittauksia seuraavia menetelmiä käyttäen.

Rungon oksattoman osan pituus mitattiin jo ennen kaatoa senvuoksi, että todettiin kaadon jälkeen puun maatessa syvässä lumessa kaikkien oksien havaitsemisen olevan vaikeaa. Kaltimon leimikossa ei näitä mittauksia tehty lainkaan. Mittaus suoritettiin Lönnrothin hypsometrillä yhden jalan tarkkuuteen pyrkien. Sitä varten hypsometriin oli merkitty myös jalkamitat.

Alimmaksi kuivaksi oksaksi katsottiin alin ½″ tai sitä suurempi oksa, joka oli selvästi näkyvissä kuoren ulkopuolella. Jos oksa oli kokonaan kaarnan sisässä tai miltei kokonaan muutoin kylestynyt, se jätettiin huomioon ottamatta, koska sellaisten oksien huomioon ottaminen olisi voinut aiheuttaa aineistoon epätasaisuutta. Joissain tapauksissa tällaiset miltei näkymättömät oksat olisivat näet kuitenkin jääneet mittaajilta huomaamatta. Myös oksankyhmyt jätettiin huomioon ottamatta. Alimmaksi tuoreeksi oksaksi taas laskettiin varsinaisen latvuksen alin oksa. Huomioon ei siis otettu mahdollisesti tavattavia erillisiä, huomattavasti latvuksen alapuolella olevia oksia (vrt. L ö n n r o t h 1925 s. 103).

Kaadon jälkeen mitattiin numeroiduista rungoista, joihin kaatomiehet olivat merkinneet väriliidulla numeron kaatoleikkaukseen, seuraavat mitat:

— Rinnankorkeusläpimitta
— Läpimitta 6 m korkeudelta
— Tukin nimellinen pituus sekä sen tyvi- ja latvaläpimitta
— Rungon pituus
— Tukkien laatuluokka ja oksaisuusluokka.

Rinnankorkeusläpimitta mitattiin mittasaksilla ¼″ tarkkuudella eteentulevalta puolelta. Kannon korkeutena pidettiin puolta rinnankorkeusläpimitasta, sillä tutkimuksin on todettu kannon korkeuden riippuvan läpimitasta (B o r e n i u s 1928, A r o 1935 s. 94). Läpimitta 6 metrin korkeudelta mitattiin samalla tavoin ja samalla tarkkuudella.

Kun runko oli jaettu tukeiksi; sen tekivät ao. työmaan omat jakomiehet työmaalla käytettyjä apteerausohjeita noudattaen; mitattiin kunkin tukin nimellinen pituus sekä läpimitat kuoren alta latvasta ja tyvestä. Läpimitan mittauksessa käytettiin ristimittausta ja ¼″ alenevaa luokitusta. Tyvitukkien tyviläpimitta mitattiin 1½ jalan päästä tyvileikkauksesta tyvipaisuman vaikutuksen eliminoimiseksi (vrt. A l m q v i s t och H a l l m a n s 1946 s. 20, 1947 s. 7, T u o v i n e n 1948 s. 18).

Koko rungon pituus mitattiin yhden jalan tarkkuudella alenevaa luokitusta käyttäen.

Englannin mittoihin turvauduttiin siksi, että tulosten käytännölle mahdollisesti käyttökelpoiset tulokset olisivat suoraan, ilman muuntolukuja käytäntöön sovellettavissa.

Jokaisen tukin laatuluokka määritettiin esitettyjen luokitusohjeiden (taul. 1) perusteella mittaamalla kaikki tukissa esiintyvät viat mahdollisimman tarkoin. Jokaisen tukin suurin oksa mitattiin ¼″ tarkkuudella oksanjäljestä. Tällä tavoin saadut mitat eivät ole aivan samat kuin oksasta mitatut, mutta ne kuvaavat oksan vaikutuksen sahatavaran laatuun paremmin kuin oksasta mitatut läpimitat. Pystypuista oksia mitattaessa

tulisikin sallia suuremmat tuoreet oksat ja pienemmät kuivat oksat kuin valmiissa tukeissa, kuten seuraavasta asetelmasta nähdään. Siinä on esitetty oksan ja oksanjäljen läpimitat toisiinsa verrattuina kahdessa leimikossa suoritettujen mittausten mukaan:

	Oksan jälki, mm										
	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	42.5	47.5	52.5	57.5
	Oksa, mm										
Kuivat	7.1	12.3	16.5	20.8	25.9	30.7	35.0	43.3	45.5	47.5	..
Tuoreet	..	14.6	20.2	25.4	31.7	37.8	42.5	49.0	53.6	58.1	64.5

Kuivia oksia mitattiin kaikkiaan 350 kpl. ja tuoreita oksia 372 kpl.

Tukkien laatuluokka määritettiin paitsi ohjeiden perusteella, myös yksinomaan oksaisuuden perusteella ja tätä luokkaa kutsutaan *oksaisuusluokaksi*. Viimeksi mainitussa tapauksessa otettiin luokituksessa näkyvien oksien lisäksi huomioon myös oksankyhmyt.

Laatuluokitusohjeita koskevia mittauksia tehtiin kahdessa eri leimikossa. Niissä selvitettiin suurimman oksan ja tukin koko oksaisuuden välisiä suhteita. Näissä leimikoissa, Ristiinassa ja Evolla, mitattiin yhteensä 111 tukista kaikkien oksien läpimitat. Tukeista mitattiin lisäksi latvaläpimitta, pituus ja merkittiin muistiin, oliko kyseessä tyvi-, väli- vai latvatukki.

Laatuluokitusohjeiden tarkoituksenmukaisuutta tutkittiin myös koesahauksin. Seuraavat koot ja laatuluokat Hirvensalmen koeleimikon tukeista, jotka numeroitiin metsässä numerovasaralla, sahattiin laatuluokittain Inkeroisissa Oy. Tampellan sahalla:

6 — 6½″ III luokan tukit
7 — 7½″ II » »
9 — 9½″ I, II ja III »

Lisäksi on suoritettu pieni 108 runkoa käsittävä koesahaus Matkun kartanossa Nurmijärvellä.

44. Aineiston käsittely.

Aineistoja käsiteltäessä jouduttiin laskemaan kummastakin aineistosta useita erilaisia tunnuksia rungoille.

Kapeneminen laskettiin 1.3 m ja 6.0 m:n läpimittojen erona (esim. *Ilvessalo* 1947).

Solakkuuden laskemiseksi on kehitetty monia eri menetelmiä, joista tässä tutkimuksessa on käytetty seuraavaa tapaa (*Lappi-Sep-*

pälä 1929 s. 3). Solakkuus on rungon koko pituuden ja rinnankorkeusläpimitan suhde.

Laskelmia varten on määritetty myös rungon keskimääräinen oksaisuusluokka, joka on saatu seuraavasti: Jokaisen tukin oksaisuusluokan itseisarvo on kerrottu sen kuutiojalkamäärällä ja rungon tukkien näin saatujen tulojen summa on jaettu rungon tukkiosan kuutiojalkamäärällä (vrt. Heiskanen 1951b s. 106). Vastaavalla tavalla on laskettu eri oksaisuusluokkiin kuuluvien runkojen väli- ja latvatukkien keskimääräinen oksaisuusluokka sekä eri laatuisista tukeista sahatun tavaran keskim. vientilaatu.

Oksattoman rungon osan pituudet laskettiin prosentteina rungon koko pituudesta (vrt. esim. Tikka 1935 s. 68).

Tilastomatemaattisissa laskelmissa käytettiin seuraavia kaavoja:

Hajonta eli dispersio

$$\sigma = \sqrt{\tfrac{1}{n} \Sigma n\mu \, (x\mu - M)^2}$$

Keskiarvon keskivirhe

$$\varepsilon M = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$$

Erotuksen keskivirhe

$$\varepsilon \, (M_1 - M_2) = \sqrt{\varepsilon M^2{}_1 + \varepsilon M^2{}_2}$$

Suoraviivainen korrelaatiokerroin

$$r = \frac{\frac{1}{n} \Sigma n\mu v \, (x\mu - Mx) \, (yv - My)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

5. Tutkimuksen tulokset.

51. Eri vikojen merkitys.

Sahatukeissa ja kasvavissa puissa esiintyy hyvin monenlaisia teknillisiä vikoja ja epäsäännöllisyyksiä, jotka vaikuttavat puun laatuun sahausteknilliseltä kannalta. Esillä olevissa laatuluokitusohjeissa on luokitustunnuksina kaikkiaan kaksitoista vikaa tai epäsäännöllisyyttä. Luokitusohjeiden käytön kannalta on hyvin tärkeä tietää, mitkä tunnuksista ovat merkityksellisimpiä. Myös on tärkeää tuntea ne rajat, joiden välillä eri vikojen osuudet vaihtelevat leimikoittain, sillä eri viat vaikuttavat eri tavoin tukista saatavan sahatavaran laatuun (vrt. s. 37).

Kaikissa kuudessa koeleimikossa merkittiin, kuten on mainittu, jokaisesta luokitetusta tukista tarkoin muistiin ohjeiden mukaisen laatuluokan lisäksi myös laatuluokka pelkän oksaisuuden perusteella (oksaisuusluokka). Vielä selvitettiin, mikä vika oli kussakin tapauksessa aiheuttanut suurimman oksan perusteella määritetyn laatuluokan mahdollisen alentamisen. Taulukossa 5 on esitetty eri vikojen merkitys näiden mittausten mukaan leimikoittain.

Taulukko 5. Eri laatutunnukset laatua määräävinä tekijöinä leimikoittain.

Table 5. The different grade characteristics as factors determining the log grade by sample stands.

Laatutunnus *Grading characteristic*	Hirvensalmi	Kaltimo	Evo	Ristiina	Ruotsinkylä	Saarijärvi	Keskim. *Average*
	%						
Oksat — *Knots*	85.7	86.8	74.4	84.2	82.2	73.3	81.1
Oksankyhmyt — *Overgrown knots*	3.3	0.5	7.5	3.9	10.9	6.4	5.4
Lenkous ja mutkat — *Sweep and crooks*	7.6	6.8	12.5	9.5	2.6	11.6	8.4
Korot — *Scars*	1.8	4.4	4.3	1.1	2.7	5.8	3.4
Muut — *Others*	1.6	1.5	1.3	1.3	1.6	2.9	1.7
Yhteensä % — *Total* %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
kpl. — *number*	1681	1377	1101	990	743	1442	7334

Taulukosta 5 ilmenee, että oksaisuus on kaikissa leimikoissa ehdottomasti tärkein sahatukkien laatuluokkaa alentava tekijä. Suurimman oksan tai oksaisuuden osuus yleensä on ollut kaikissa leimikoissa yli 70 % ja keskimäärin yli 80 %. Oksankyhmyt, jotka ovat itse asiassa eräs oksaisuuden ilmenemismuoto, ovat määränneet laatuluokan n. 5 %:ssa tapauksista, joten oksaisuuden koko osuus nousee yli 85 %:n. Lenkous on tärkein oksaisuudesta riippumaton tekijä, joka on aiheuttanut koetukkien laatuluokan alentamisen.

Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen v. 1949 suorittamissa koesahauksissa eri laatutunnusten osuudet olivat suunnilleen samanlaiset kuin taulukossa 5 esitetyt. Lappalaisen (1949) mukaan ne olivat seuraavat:

Oksaisuus	85.5 %
Lenkous	6.7 »
Korot	4.3 »
Oksankyhmyt	1.8 »
Muut	1.7 »

Vuoden 1950 koesahauksissa, joissa oksankyhmyjä koskevien määräysten sanamuotoa oli selvennetty ja tiukennettu, oksaisuuden osuus laski 77.2 %:iin (Kauppinen 1951).

Eri leimikoita toisiinsa verrattaessa havaitaan, että kaikissa leimikoissa oksaisuuden merkitys laatuluokkaa alentavana tekijänä on pääpiirtein samanlainen. Suhteelliset erot lenkouden osuuksissa ovat paljon suuremmat. Huomiota herättää myös, että yli-ikäiset leimikot eivät itse asiassa eroa eri

Taulukko 6. Eri laatutunnukset laatua määräävinä tekijöinä eri laatuisissa tukeissa.

Table 6. The different grade characteristics as factors determining the grade of different log grades.

Laatutunnus *Grading characteristic*	Laatuluokka — *Log grade*							
	I		II		III		Yht. — *Total*	
	kpl. *number*	%	kpl. *number*	%	kpl. *number*	%	kpl. *number*	%
Oksat — *Knots*	1307	100.0	1300	59.3	3350	86.7	5957	81.1
Oksankyhmyt — *Overgrown knots*	—	—	287	15.4	71	1.7	358	5.4
Lenkous ja mutkat — *Sweep and crooks*	—	—	360	16.0	280	7.1	640	8.4
Korot — *Scars*	—	—	160	7.1	93	2.5	253	3.4
Muut — *Others*	—	—	48	2.2	78	2.0	126	1.7
Yhteensä — *Total*	1307	100.0	2155	100.0	3872	100.0	7334	100.0

vikojen yleisyyden puolesta lainkaan hakkuuikäisistä. Tämä yhtäläisyys on kuitenkin näennäistä, kuten jäljempänä esitetään.

Eri vikojen merkitys vaihtelee muista olosuhteista riippuen melko selvästi, joten esitetyt luvut kuvaavat vain keskiarvoista jakaantumista. Ensinnäkin on havaittavissa, että eri vikojen merkitys riippuu tukin laatuluokasta, kuten taulukosta 6 ilmenee.

Taulukosta 6 nähdään, että I laatuluokan tukeissa oksaisuus on ollut luokan määränneenä tekijänä 100 %:ssa tapauksista. Niissähän muut tekijät eivät ole voineet alentaa oksaisuuden perusteella määritettyä luokkaa. II laatuluokan tukeissa oksaisuuden osuus on ollut alle 60 % ja III laatuluokan tukeissa taas melko suuri, yli 85 %. Muiden vikojen osuus on puolestaan II luokan tukeissa tietysti huomattavasti suurempi kuin III luokassa. Erot ovat suuret etenkin oksankyhmyjen osuuksissa.

Verrattaessa eri laatuluokkien määräävimpiä vikoja ikäluokittain havaitaan selvimmät erot III ja II laatuluokassa, jossa eri vikojen osuudet ovat ikäluokittain seuraavat:

	Yli-ikäiset metsät	Hakkuuikäiset metsät
Oksaisuus	39.3 %	69.3 %
Oksankyhmyt	31.0 »	7.9 »
Lenkous, korot ym.	29.7 »	22.8 »

Luvuista ilmenee, että yli-ikäisissä (>121 v.) metsissä oksaisuuden merkitys on vähäisempi ja oksankyhmyjen, korojen ja muiden vikojen osuus suurempi kuin hakkuuikäisissä (81—120 v.) metsissä. Oksankyhmyjen osuuksien erot johtuvat ensinnäkin siitä, että vanhat puut ovat ehtineet kylestää tyvitukin osuudelta jo miltei kaikki oksat, joista suurimmat ovat vielä selvien oksankyhmyjen avulla näkyvissä. Lisäksi vanhat metsät ovat yleisesti tunnettuja huonommasta terveydentilastaan ja yleisestä vikaisuusuudesta (esim. Tikka 1935 s. 101). Vanhojen metsien vikaisuus ei kuitenkaan ilmene todellisessa laajuudessaan näistä tutkimustuloksista, sillä vikaiset osat yleensä tyvetään kokonaisuudessaan pois sahatukeista (esim. Liuksiala 1945, Ronkanen 1950, vrt. myös Sahapuiden . . .).

Eri laatutunnusten merkitys riippuu myös tukin asemasta, kuten seuraavat luvut osoittavat. I laatuluokan tyvi-, väli- ja latvatukeissa oksaisuuden osuus on kaikissa sama mutta II ja III luokan tukeissa erot eri asemassa olevien tukkien välillä ovat selvät. II laatuluokan tukeissa oksaisuuden osuus laatua määräävänä tekijänä on: 42.5 %, 66.6 % ja 86.0 %. III luokan tukeissa vastaavat osuudet ovat: 55.1 %, 85.7 % ja 87.8 %. Luvuista nähdään, että II ja III luokan tyvitukeissa oksaisuuden merkitys

on varsin vähäinen, välitukeissa hieman suurempi ja latvatukeissa kaikkein suurin. Latvatukkien laatuluokan saneleekin oksaisuus miltei yksinomaan. Kauppinen (1951) on samoin tullut siihen tulokseen, että tyvitukeissa oksaisuus on harvimmin ja latva- ja välitukeissa taas useimmin laatua määräävänä tekijänä. Oksaisuus oli hänen mukaansa laatuluokan määränneenä tekijänä 57 %:ssa tyvistä ja 93 %:ssa väleistä sekä latvoista. Mainittakoon myös, että Sarvaksen (1944 ss. 89, 156, 221) mukaan lenkous on yleisin harsinnalla käsiteltyjen männikköjen tyvitukkien laatuluokkaa alentavista tekijöistä.

Tarkasteltaessa kaikkia esitettyjä tuloksia, havaitaan, että oksaisuus ja oksankyhmyt ovat kaikkien laatuluokkien tyvi-, väli- ja latvatukeissa ylivoimaisesti tärkeimmät tukkien laatuluokkaan vaikuttavat tekijät. Niiden osuus on II ja III luokan tyvitukkeja lukuunottamatta yli 60 %. Toinen tärkeä havainto on, että II ja III luokan tukkien laatuluokkaa määräävät tekijät vaihtelevat selvästi puiden iästä sekä tukin asemasta johtuen.

52. Laatuluokitusohjeiden tarkoituksenmukaisuus.

521. Laatuluokitusohjeille asetettavista vaatimuksista.

Ennenkuin lähdetään tutkimaan mäntytukkipuiden laatuluokitusta esillä olevien luokitusohjeiden perusteella, on tarkastettava, ovatko ohjeet tarkoituksenmukaiset sahateknilliseltä kannalta. Lähtökohtana tarkastelulle pidetään seuraavia hyvälle laatuluokitukselle asetettavia vaatimuksia (vrt. Vuoristo 1935a ss. 239—240, Lodewick 1939 s. 11, Benson 1940, 1941a, 1941b, Hardwood ... 1949a s. 2, Lockard 1950a, Heiskanen 1951d s. 77, ks. myös ss. 12—13):

1. Perustuminen sahatavaran lajitteluohjeisiin.
2. Eri luokkiin kuuluvien tukkien sahaustulosten selvä laadullinen eroaminen toisistaan tai, mikäli mahdollista, eroaminen käyttötarkoitukseltaan.
3. Päteminen mahdollisimman pienissä tukkierissä.
4. Objektiivisuus, s.o. mahdollisimman vähäinen tulkinnanvara.
5. Yksinkertaisuus ja helppotajuisuus.

Tässä yhteydessä on tarpeen tutkia vain kolmea ensimmäistä vaatimusta, sillä kahden viimeisen kohdan selvitys tapahtuu parhaiten laatuluokitusohjeiden käyttöä käsittelevien tutkimusten avulla. Ne ovatkin itse asiassa sekundäärisiä vaatimuksia, joita voidaan ja on syytäkin tutkia vasta sitten, kun on havaittu luokitusohjeiden täyttävän ensin mainitut primääriset vaatimukset.

522. Eri laatuluokkien sahaustulos.

Jo luokitusohjeiden johdantokappaletta (taul. 1) tarkasteltaessa havaitaan, että ohjeet on laadittu silmällä pitäen erilaisista tukeista saatavan sahatavaran jakaantumista vienti- ja lujuuslajittelun eri laatuihin. Ne siis perustuvat sahatavaran lajitteluohjeisiin. Siimeksen (1951 s. 71) suorittamien sahauskokeiden tuloksista nähdään ohjeiden alussa esitettyjen olettamuksien pitävän paikkansa (vrt. Siimes 1954). Taulukossa 7 nämä tulokset on esitetty erikseen sydän- ja erikseen lautatavarain osalta.

Taulukko 7. Sahatavaran jakautuminen vientilaatuihin

Table 7. Distribution of lumber by export grades in the

Tukkikoko *Log dimension*	Laatuluokka *Log grade*	Vientilaatu — *Export grade*						
		I	II	III	IV	V	VI	H
		%						
		Sydäntavara — *Battens and deals*						
6″ — 6.5″	I	—	3	58	32	7	—	—
	II	—	1	20	65	14	—	—
	III	—	—	3	35	59	1	2
	III	—	—	2	32	60	6	—
7.5″ — 8″	I	1	15	57	22	4	1	—
	II	—	5	51	35	7	—	2
	III	—	1	4	30	62	3	—
8.5″ — 9″	I	—	13	54	31	1	1	—
	II	1	5	27	40	21	6	—
	III	—	1	5	33	60	1	—
9″ — 9.5″	I	2	17	42	20	6	13	—
	II	—	2	12	33	40	12	1
	III	—	—	4	13	72	7	4
11″ — 11.5″	I	7	20	44	23	4	2	—
	II	—	5	25	50	16	4	—
	I	6	19	28	28	11	7	1
	II	—	1	13	34	34	13	5
	III	—	—	1	10	75	13	1
Keskimäärin *Average*	I	3	16	44	25	7	5	—
	II	—	3	21	40	26	8	2
	III	—	—	3	26	65	5	1

Taulukkoa tarkasteltaessa nähdään, että kussakin tuumaluokassa eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien sahaustulokset eroavat laatujakaantumiseltaan selvästi toisistaan. Myös havaitaan I luokan tukkien sahaustuloksen olevan jokaisessa tuumaluokassa laadultaan paremman kuin II luokan tukkien sahaustulos ainoassakaan läpimittaluokassa. III luokan tukkien sahaus-

tulos taas on jokaisessa tuumaluokassa tuntuvasti II luokan tukkien huonointa sahaustulosta huonompaa.

Taulukko osoittaa lisäksi, että I luokan tukeista saadaan valtaosa tertia-vientilaadun, II luokan tukeista eniten kvarta-vientilaadun ja III luokan tukeista pääasiallisesti kvinta-vientilaadun sydäntavaraa. Myös eri luokkien tukkien lautatavarat eroavat selvästi laadultaan toisistaan.

Esitetyt luvut eivät kuitenkaan selvitä kokonaan laatuluokitusohjeiden sopivaisuutta, sillä kussakin erässä oli yleensä tukkeja monesta eri leimikosta, kuten aina sattuu valittaessa puut sahan tukkivarastosta. Senvuoksi

eri koesahauksissa Siimeksen (1951) mukaan.

different trial sawings, according to Siimes (1951).

Tukkikoko *Log dimension*	Laatuluokka *Log grade*	Vientilaatu — *Export grade*						
		I	II	III	IV	V	VI	H
		%						
		Lautatavara — *Boards*						
6″ — 6.5″	I	1	2	10	9	2	76	
	II	—	—	3	11	4	81	
	III	—	—	—	7	23	70	
	III	—	—	1	5	22	72	
7.5″ — 8″	I	3	5	14	20	11	47	
	II	1	2	9	19	22	47	
	III	—	—	1	4	47	48	
8.5″ — 9″	I	3	9	16	15	9	48	
	II	2	7	7	9	28	47	
	III	—	2	1	6	38	53	
9″ — 9.5″	I	6	12	22	22	8	30	
	II	2	3	7	14	39	35	
	III	—	1	3	6	60	30	
11″ — 11.5″	I	12	13	17	21	21	16	
	II	3	3	5	18	54	17	
	I	15	18	23	17	10	17	
	II	5	5	11	21	41	17	
	III	—	2	2	9	72	15	
Keskimäärin *Average*	I	6	10	17	17	10	40	
	II	2	3	7	15	32	41	
	III	—	1	2	6	43	48	

tutkimustuloksista ei ilmenekään, millaisia sahaustuloksia eri leimikoista hakatut eri laatuluokkiin kuuluvat tukit antavat. Tätä puolta valottavat kuitenkin osaltaan Hirvensalmen koeleimikon tuumaluokkien 6″, 7″ ja 9″ koesahaukset, joiden tulokset on esitetty taulukossa 8.

Verrattaessa taulukon 8 lukuja Siimeksen koesahausten taulukossa 7 esitettyihin tuloksiin nähdään, että tässä kokeessa saatu tulos on hyvin

Taulukko 8. Tulokset Hirvensalmen-Inkeroisten koesahauksista v. 1951.

Table 8. Results of trial sawings at Hirvensalmi—Inkeroinen 1951.

Tukkikoko," *Log dimension,in.*	Laatuluokka *Log grade*	Tukkeja kpl. *No. of logs*	Vientilaatu — *Export grade* I	II	III	IV	V	VI	H
			%						
			Sydäntavara — *Battens and deals*						
6 — 6½	III	164	—	—	3.1	18.2	77.4	1.0	0.3
7 — 7½	II	56	—	1.8	15.3	39.9	43.0	—	—
9 — 9½	I	73	5.0	20.5	43.5	23.8	7.2	—	—
9 — 9½	II	130	—	2.8	22.4	43.1	31.7	—	—
9 — 9½	III	60	—	4.1	9.2	27.6	59.1	—	—
			Lautatavara — *Boards*						
6 — 6½	III	164	—	—	1.1	1.8	30.8	65.4	0.9
7 — 7½	II	56	—	0.9	5.9	6.5	30.9	54.9	0.9
9 — 9½	I	73	11.3	11.8	13.9	7.8	16.1	38.3	0.8
9 — 9½	II	130	1.8	5.2	11.4	13.3	26.2	41.7	0.4
9 — 9½	III	60	0.4	1.7	2.9	4.8	49.0	41.0	0.2

sopusoinnussa laajempien koesahausten tuloksiin. Kaikissa tukkikooissa ja laatuluokissa sydän- ja lautatavaran jakaantuminen eri vientilaatuihin on edullisempi kuin Siimeksen sahausten mukaan saman tukkikoon seuraavassa huonommassa tai epäedullisempi kuin seuraavassa paremmassa luokassa. Myös ero ao. laatuluokkaan on yleensä suhteellisen vähäinen ja muutamissa tapauksissa peräti merkityksetön.

Matkussa v. 1953 tehdyt koesahaukset osoittavat myös, että laatuluokitus pätee jo varsin pienissä tukkierissä. Aineistosta valittiin umpimähkäisesti kolme erää, joihin sisältyi 10 tukkia kustakin laatuluokasta. Erien eri laatuluokkien tukkien sahaustuloksen keskim. vientilaadut olivat seuraavat:

Koe-erä	Laatuluokka I	II	III
	Keskim. vientilaatu		
1	2.444	3.980	4.921
2	2.446	3.205	4.801
3	2.460	3.838	5.002

Kuten havaitaan, erot ovat hyvin selvät eri luokkien välillä. Näyttää siis siltä, että esillä olevalla luokituksella saadaan selville laatuluokkien erot jo sangen pienissäkin tukkierissä.

Esitettyjen tulosten perusteella voidaan sanoa, että keskimäärin laatuluokitusohjeet näyttävät täyttävän sahaus-

teknilliset vaatimukset varsin hyvin. Eräisiin yksityiskohtiin on kuitenkin kiinnitettävä huomio. Tällaisia seikkoja, jotka ilmenevät taulukoista 7 ja 8, ovat:

1. Muutamissa tuumaluokissa on II laatuluokan tukeista saatu primavientilaadun lauta- ja eräissä yhtä hyvää sydäntavaraa ja vastaavasti III laatuluokan tukeista on saatu jopa sekunda-vientilaatuun hyväksyttyä tavaraa. Samanlaisia havaintoja voidaan tehdä vielä selvempinä Vuoriston laatuluokituksen eri luokkien sahaustuloksen laadullisesta jakaantumisesta (Heiskanen 1951a ss. 96—98).

2. Päinvastaistakin on nähtävissä. Kaikissa läpimittaluokissa on I laatuluokan tukeista saatu jonkin verran, 1—11 %, kvinta-laadun sydäntavaraa. II luokan tukeista saadut kvinta-laadun osuudet ovat vielä merkittävämmät ja kaikissa läpimittaluokissa suuremmat kuin vastaavat osuudet I laatuluokan tukeista sahatussa sydäntavarassa. Myös hylkytavaraa on saatu jonkin verran I ja II laatuluokkiin kuuluvista tukeista. Samantapaista on havaittavissa myös lautatavaran laatujakaantumisessa, mutta suurin osa kvinta- ja seksta-lautatavarasta on vajaasärmäisyyden eikä varsinaisten rakennevikojen aiheuttamaa.

Myös muiden laatuluokitusohjeiden perusteella suoritetut sahauskokeet osoittavat yleensä vastaavia tuloksia. Huonojenkin laatuluokkien tukeista saadaan joskus hyvää sahatavaraa ja hyvien laatuluokkien tukeista aina jonkin verran huonoa sahatavaraa (Brundage 1936, 1938, Lodewick 1943 s. 22, Heiskanen 1951a s. 96, 98, Krueger 1951 ss. 91—102 ym.). Onkin hyvin käsitettävää, että parhaallakaan ulkoisten vikojen perusteella tapahtuvalla luokituksella ei voida ehdottoman tarkasti päätellä tukin sisällä piileviä vikoja, joten on luonnollista, että hyviltäkin näyttävistä tukeista saadaan poikkeuksellisesti huonolaatuista sahatavaraa. Ihmeelliseltä sensijaan tuntuu, että huonoihin luokkiin viedyt tukit saattavat antaa hyvälaatuista sahatavaraa.

Laatuluokitusohjeita tarkasteltaessa löydetään yksi selitys tälle asiantilalle. Niissähän koko tukki käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Jos siis tukin toisella puolella on pahoja vikoja ja tukki luokitellaan niiden vuoksi huonoon luokkaan, voidaan tukin toiselta puolen kuitenkin saada hyvälaatuista sahatavaraa. Toinen mahdollisuus hyvälaatuisen sahatavaran saamiselle II ja III luokan tukeista on siinä, että esillä olevissa laatuluokitusohjeissa on samanarvoisina kahdenlaisia vikoja (vrt. National Forest Scaling ... 1941 s. 5, Kungl. Skogsstyrelsen 1944, Heikkerö 1948, Silven 1949, Heiskanen 1952a):

1. Laatuviat, joiksi luetaan oksat, laho, halkeamat, lyly jne., siis viat, jotka huonontavat tukista saatavan sahatavaran laatua, mutta eivät vähennä sen määrää.

2. Määräviat, joiksi luetaan korot, lenkous ja mutkat, vaikuttavat pääasiallisesti tukista saatavan sahaustuloksen suuruuteen, mutta saattavat myös alentaa sen laatua.

Jos määrävika on alentanut oksattoman tukin laatuluokan, saatetaan tukista kokonaisuudessaankin ja varsin usein ainakin tukin toiselta puolen saada laadultaan hyviä sahatavarakappaleita. Riippuu yksinomaan siitä, kuinka paljon määrävikojen osuus eri leimikoissa vaihtelee, miten suuria eroja tämä aiheuttaa kunkin laatuluokan sisäiseen rakenteeseen. Yleensä oksaisuudesta riippumattomien määrävikojen merkitys on kuitenkin melko vähäinen (ks. s. 32). Hyvälaatuisen sahatavaran saanti huonojen laatuluokkien tukeista ei riipukaan yksinomaan määrävioista. Myös ensin mainittu tekijä aiheuttaa tällaista, sillä sellaistenkin laatuluokitusohjeiden, joissa määrävikoja ei lainkaan oteta huomioon, huonoista laatuluokista saadaan aina jonkin verran hyvälaatuista sahatavaraa (esim. Krueger 1951 s. 98 ym.).

Näistä laatuluokitusohjeiden vähäisistä varjopuolista huolimatta tutkimusten voidaan katsoa osoittavan, että käsittelyn alaisilla luokitusohjeilla saadaan tukin sahaustuloksen laatujakaantuminen melko tarkoin selville. Kuitenkin olisi ehdottomasti koesahauksin selvitettävä erilaisten vikojen vaikutus sahatavaran laatuun sekä kysymys määrävikojen huomioon ottamisesta laatuluokituksessa.

523. Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien laadun vaihteluista.

5231. *Suurin oksa tukin oksaisuuden kuvaajana.*

Esitetyt koesahausten tulokset osoittavat, että tiettyyn laatuluokkaan kuuluvien tukkien sahaustuloksen laatu vaihtelee eri tukkierissä (vrt. Siimes 1954). Tuloksista ei kuitenkaan selviä, mitkä tekijät aiheuttavat näitä vaihteluja, mutta asiaa voidaan tutkia myös muulla tavoin.

Oksaisuus osoittautui tutkimusten mukaan olevan tärkein mäntysahatukkien laatuun vaikuttavista tekijöistä, joten sahaustuloksen laadun vaihtelut lienevät ensi sijassa oksaisuuden vaihteluiden aiheuttamia. Tutkimalla eri laatuluokkien oksaisuutta voitaneenkin osoittaa myös sahatavaran laadun vaihtelut. Tällainen tarkastelu ei kuitenkaan anna aivan täydellistä kuvaa tukin laadusta, sillä oksaisuudesta riippumattomat laatutekijät sekä sisäinen oksaisuus jäävät huomioon ottamatta. Sahauskokeiden tulokset kuitenkin osoittavat, että ulkoinen oksaisuus kuvaa keskimäärin melko tarkoin myös sisäisen oksaisuuden ja, kuten jo on mainittu, oksaisuudesta riippumattomien vikojen merkitys on hyvin vähäinen.

Koeleimikoissa mitattiin ja merkittiin muistiin tukkien oksaisuutta kuvaavana tekijänä vain tukin suurimman oksan koko. Aluksi on syytä tarkastella kahdessa leimikossa suoritettujen mittausten perusteella, kuinka suurimman oksan koko kuvaa tukin koko oksaisuutta, oksasummaa. Tukin oksasumma osoittaa näet tukin laadun sangen tarkasti, kuten esim. Kungliga Skogsstyrelsenin Ruotsissa suorittamat tutkimukset osoittavat (Skogsstyrelsens Expertkommitté 1948).

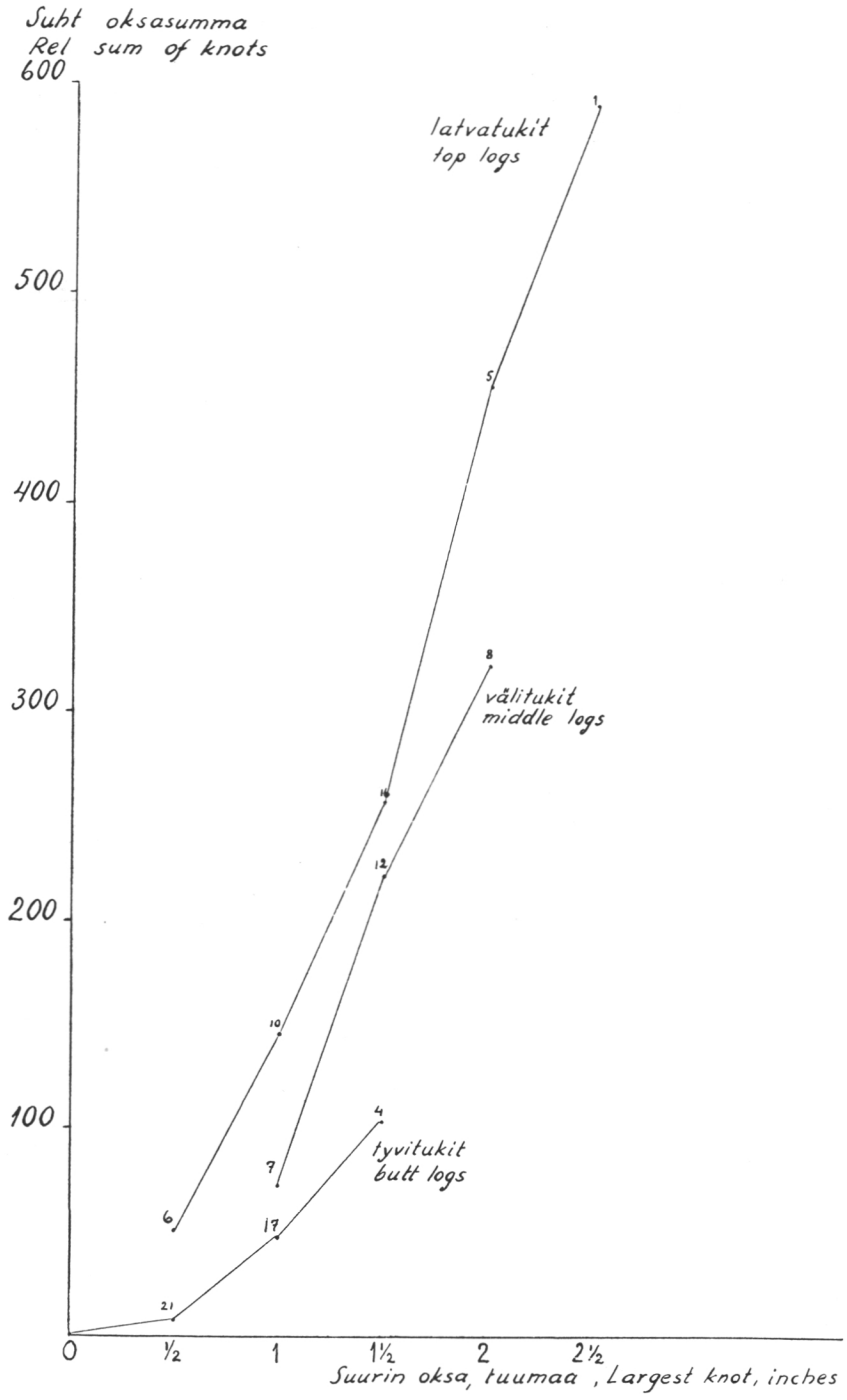
Piirroksessa 1 on esitetty 111 tukin kaikkien oksien mittauksen perusteella tukin oksasumman riippuvuus suurimman oksan koosta tyvi-, väli- ja latvatukeissa.

Piirroksesta ilmenee, että suurimman oksan koon ja oksasumman välinen riippuvuus on hyvin selvä sekä tyvi-, väli- että latvatukeissa, mutta että se on erilainen tukin asemasta riippuen. Tyvitukissa tietyn suuruinen suurin oksa kuvaa jonkin verran pienempää oksaisuutta kuin saman kokoinen oksa välitukeissa, ja välitukeissa puolestaan vähäisempää oksaisuutta kuin latvatukeissa. Tulos vastaakin hyvin odotuksia, sillä tukkipuurungon tyviosissa osa oksista on yleensä jo kylestynyt ja siis näkymättömissä. Lisäksi oksat ovat kuolleita. Yleensä tukin suurin oksa on kuollut viimeksi ja siis kasvanut paksuutta kauimmin, joten se on siis kasvanut myös suhteellisesti paksummaksi kuin muut, näkyvissäkin olevat oksat.

Tulosten perusteella näyttää siis siltä, että suurimman oksan kokoon perustuva laatuluokitus suosii hieman tyvitukkeja väli- ja latvatukkien kustannuksella. Toisin sanoen, tietyn suuruisen oksan sisältävä tyvitukki on todelliselta laadultaan, oksaisuudeltaan, parempi kuin latvatukki, jonka suurin oksa on samansuuruinen. Esillä olevia ohjeita ajatellen tämä ei ole kuitenkaan varsin vakava varjopuoli, sillä ohjeiden mukaan laatuluokkaa määritettäessä on kiinnitettävä huomio myös maksimioksaa pienempien oksien kokoon ja lukumäärään. Lisäksi tyvitukkien oksat ovat monesti kuolleita, kuivia, joiden suhteen on oltava ankarampia kuin tuoreiden oksien suhteen. Niin on laita vientisahatavaran lajitteluohjeissakin (Vientisahatavaran . . .).

Joka tapauksessa erot eri asemassa olevien tukkien välillä ovat niin ilmeiset, että erikoistutkimuksin olisi selvitettävä, onko tällä oksaisuuden erolla vaikutusta sahatavaran laatuun.

Tutkimusmenetelmän kannalta tulokset osoittavat, että suurimman oksan vaihteluja tutkimalla saadaan selville myös koko oksaisuuden vaihtelut kussakin laatuluokassa. Jotta oksaisuudesta riippumattomat tekijät eivät pääse vaikuttamaan vaihteluihin, suoritetaan tarkastelu oksaisuusluokittain.



Piirros 1. Oksasumman riippuvuus suurimmasta oksasta tyvi-, väli- ja latvatukeissa.
Sketch 1. Dependence of the sum of knots on the biggest knot in butt logs, middle logs and top logs.

5232. *Eri oksaisuusluokkien oksaisuuden riippuvuus tukin asemasta.*

Suurimman oksan koon ja oksasumman välisessä riippuvuussuhteessa havaitut erot eri asemassa olevien tukkien välillä eivät vielä selvitä eri oksaisuusluokkien tyvi-, väli- ja latvatukkien oksaisuudessa mahdollisesti piileviä eroja. Jokaiseen luokkaanhan näet kuuluu suurimman oksan koon puolesta hyvin vaihtelevia tukkeja. Esim. suurissa I luokan tukeissa oksien koko voi vaihdella 0:sta ¾″:aan, II luokan tukeissa ¾″:sta 1½″:aan ja III luokan tukeissa 1½″:sta 3″:aan. Pienissä tukeissa vaihtelurajat ovat vastaavasti 0—½″, ½″ — 1″ ja 1″ — 3″. Siksi onkin tutkittava, onko tukin asemasta johtuen havaittavissa eroja tiettyyn luokkaan kuuluvien tukkien todellisessa oksaisuudessa. Tämä tarkastelu suoritetaan käyttämällä suurimman oksan kokoa oksaisuuden kuvaajana.

Taulukossa 9 on esitetty eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tyvi-, väli- ja latvatukkien suurimmat oksat kaksi-, kolmi- ja nelitukkisissa rungoissa koeleimikkoaineiston mukaan.

Taulukko 9. Eri kokoisten ja eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tyvi-, väli- ja latvatukkien suurimmat oksat.

Table 9. Biggest knots of butt logs, middle logs, and top logs of different sizes and different knottiness classes.

Rungon tukkiluku *Number of logs per stem*	I luokka — *Class I*			II luokka — *Class II*			III luokka — *Class III*		
	Tyvet *Butts*	Välit *Middles*	Latvat *Tops*	Tyvet *Butts*	Välit *Middles*	Latvat *Tops*	Tyvet *Butts*	Välit *Middles*	Latvat *Tops*
	Suurin oksa," — *Biggest knot, in.*								
	Pienet tukit — *Small logs*								
2	487	—	11	398	—	292	154	—	1123
	0.22	—	0.30	0.63	—	0.80	0.95	—	1.45
3	80	29	1	45	158	22	17	351	853
	0.18	0.36	0.50	0.62	0.79	0.86	0.84	1.34	1.74
4	..	..	..	..	2	..	..	32	87
	..	..	..	..	1.00	..	..	1.68	2.10
	Suuret tukit — *Large logs*								
2	298	—	1	113	—	6	51	—	41
	0.19	—	0.75	0.81	—	1.17	1.37	—	2.18
3	407	34	..	243	150	1	72	156	35
	0.14	0.23	..	0.76	0.89	1.50	1.07	1.75	2.57
4	49	16	..	32	56	..	10	74	4
	0.15	0.00	..	0.66	0.70	..	1.10	1.99	2.44
	Kaikki tukit — *All logs*								
2	780	—	12	511	—	298	205	—	1164
	0.21	—	0.50	0.67	—	0.81	1.06	—	1.48
3	487	63	1	288	308	23	89	507	888
	0.15	0.29	0.50	0.74	0.84	0.89	1.02	1.46	1.78
4	49	16	..	32	58	..	10	106	91
	0.15	0.00	..	0.66	1.11	..	1.10	1.90	2.12

Taulukosta 9 ilmenee, että tietyn oksaisuusluokan suurin oksa on sekä suurissa ($\geq 9''$) että pienissä ($< 9''$) tyvitukeissa pienin ja latvatukeissa taas suurin. Selvimpänä tämä suuntaus on havaittavissa III luokan tukeissa, joissa oksien kokovaihtelut ovatkin yleensä kaikkein suurimmat.

Taulukosta 10 taas nähdään kaikkien eri asemassa olevien tukkien suurimpien oksien keskiarvot keskivirheineen ja hajontoineen.

Taulukko 10. Eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tyvi-, väli- ja latvatukkien suurimmat oksat.

Table 10. Biggest knots of butt logs, middle logs, and top logs of different knottiness classes.

Oks. luokka *Knottiness class*	Tyvitukit — *Butt logs*			Välitukit — *Middle logs*			Latvatukit — *Top logs*		
	M	σ	εM	M	σ	εM	M	σ	εM
	Suurin oksa, tuumaa — *Largest knot, inches*								
I	0.18	0.26	0.01	0.23	0.35	0.04	0.35	0.25	0.07
II	0.69	0.39	0.01	0.82	0.44	0.02	0.82	0.28	0.02
III	1.05	0.49	0.03	1.54	0.49	0.02	1.63	0.55	0.01

Luvuista havaitaan, että tukin kokoa huomioon ottamattakin tyvitukit etenkin II ja III luokassa ovat pienempioksaisia kuin samanluokkaiset väli- ja latvatukit. Erotuksen keskivirheet eri asemassa olevien tukkien oksien välillä saivat seuraavat arvot:

I l.	$\varepsilon (M_{tyvi} - M_{väli})$	0.041
	$\varepsilon (M_{tyvi} - M_{latva})$	0.071
	$\varepsilon (M_{väli} - M_{latva})$	0.081
II l.	$\varepsilon (M_{tyvi} - M_{väli})$	0.022
	$\varepsilon (M_{tyvi} - M_{latva})$	0.022
	$\varepsilon (M_{väli} - M_{latva})$	0.028
III l.	$\varepsilon (M_{tyvi} - M_{väli})$	0.036
	$\varepsilon (M_{tyvi} - M_{latva})$	0.032
	$\varepsilon (M_{väli} - M_{latva})$	0.022

Keskivirhelaskelmat osoittavat, että I luokassa eroja (0.05″, 0.17″, 0.12″) eri asemassa olevien tukkien suurimpien oksien välillä ei voida pitää merkitsevinä, koska ne ovat pienemmät kuin kolminkertainen keskivirhe. II luokassa sen sijaan suurin oksa on tyvitukeissa selvästi pienempi kuin väli- ja latvatukeissa, joissa se on yhtä suuri. Kokoero II oksaisuusluokan tyvi- ja välitukin suurimman oksan välillä on 0.13″ ja erotuksen keskivirhe kolmin-

kertaisena 0.07″. Vastaavat luvut tyvi- ja latvatukin välillä ovat: 0.13″ ja 0.08″. III luokassa erot tyvi-, väli- ja latvatukkien suurimpain oksain välillä ovat myös merkitseviä. Kokoerot III luokan tukkien suurimpien oksien välillä ovat: tyvi-väli 0.49″, tyvi-latva 0.58″ ja väli-latva 0.09″. Erotuksen keskivirheet kolminkertaisina ovat samassa järjestyksessä 0.11″, 0.10″ ja 0.07″. Voidaan siis sanoa, että II ja III luokan tyvitukit ovat ulkoiselta oksaisuudeltaan selvästi parempia kuin samaan luokkaan kuuluvat väli- ja latvatukit. III luokan välitukit ovat puolestaan parempia kuin samaan luokkaan kuuluvat latvatukit.

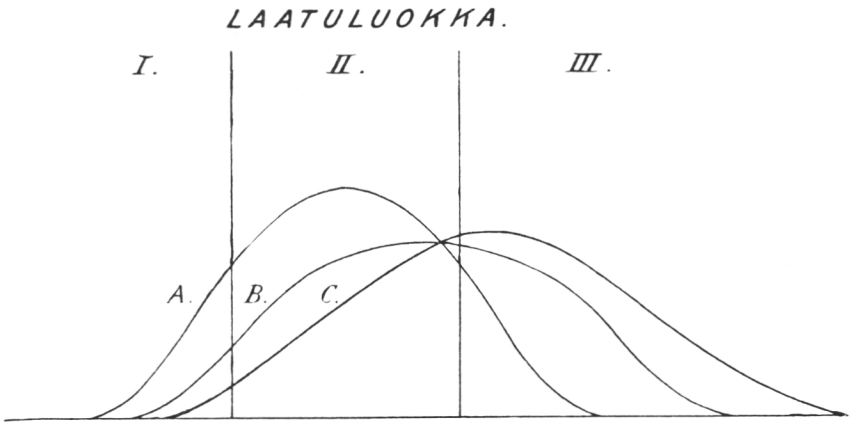
Shibalov (1948) pitääkin välttämättömänä, että sahatukkien laatuluokituksessa otetaan huomioon myös tukin asema. Hän mainitsee, että hänen käyttämänsä kolmijakoisen luokituksen II luokan tyvitukeista saatiin 45 % kahteen parhaaseen laatuun kuuluvaa sahatavaraa, mutta saman luokan välitukeista sahatusta tavarasta näiden parhaiden laatujen osuus oli vain 32 %. Vastaavat osuudet III laatuluokan tukkien sahaustuloksesta olivat: tyvitukeissa 29 %, välitukeissa 13 % ja latvatukeissa 5 %.

Yhdysvalloissa eräissä laatuluokituksissa on asetettu tyvitukeille erilaiset vaatimukset kuin väli- ja latvatukeille (esim. Hardwood ... 1949a, 1949b).

Myös esillä olevan laatuluokituksen käyttöä silmälläpitäen olisi selvitettävä koesahauksin eri asemassa olevien tukkien todelliset oksaisuus- ja laatueroavaisuudet. Tässä esitetyt tiedot koskevat näet, kuten jo on mainittu, vain ulkoista oksaisuutta.

5233. *Eri oksaisuusluokkien oksaisuuden vaihtelut leimikoittain.*

Tässä yhteydessä on syytä tutkia vielä eri oksaisuusluokkien suurimman oksan vaihteluja leimikoittain. Vuoristo (1935a ss. 242—243) mainitsee asiasta seuraavaa: »Kuvassa 1 (piirros 2) olevat käyrät on piirretty siten, että ne ovat normaalikäyrän muotoisia ja että niiden ja vaakasuoran akselin rajoittamasta kuviosta jää luokkarajojen (pystyviivat) määrätyille puolille eri laatuluokkien %-osuuksia vastaavat pinta-alat. Käyrien laajuus, siis pituus vaakasuoran akselin suuntaan, riippuu äärimmäisten luokkien (I ja III) suhteellisista puumääristä. Jos tarkastetaan laatujakautumissarjapinnan pystysuorien viivojen välille jäävää osaa, siis II luokan puuta vastaavaa pintaa huomataan, että se kussakin esitetyssä tapauksessa on erimuotoinen kuvio. Kuvion painopiste osoittaa, millaista luokkaan kuuluva puu laadultaan on. Jos painopiste lähenee I-luokan rajaa, on II-luokankin puiden laatu keskimääräistä parempi, jos taas III-luokan rajaa, niin keskimääräistä huonompi. Sama on asianlaita äärimmäisiin luokkiin nähden.»



Piirros 2. Kaavakuva tukkipuiden laadun vaihtelusta eri suuressa määrin eri laatuluokkien tukkeja sisältävissä metsissä (Vuoristo 1935a s. 243).

Sketch 2. Diagram illustrating the quality variation of sawlogs in forests containing unequal proportions of logs of different grades (Vuoristo 1935a p. 243).

Toisessa tutkimuksessa Vuoristo (1937a ss. 37—40) esittää sahauskokeiden tuloksia edellä esitetyn teoriansa tueksi (vrt. Siimes 1954).

Käsillä olevan tutkimuksen koeleimikkoaineistosta laskettiin eri oksaisuusluokkien keskimääräiset suurimmat oksat kussakin leimikossa. Ne on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien keskimääräinen suurin oksa leimikoittain.

Table 11. Average maximum knot of logs of different knottiness classes by stands.

Leimikko *Stand*	Ikäluokka *Age class*	Oksaisuusluokka — *Knottiness class*											
		I				II				III			
		Suurin oksa, tuumaa — *Biggest knot, inches*											
		kpl. *number*	M	σ	εM	kpl. *number*	M	σ	εM	kpl. *number*	M	σ	εM
Evo	81—120	50	0.19	0.27	0.04	418	0.75	0.35	0.02	551	1.40	0.46	0.02
Hirvensalmi	81—120	412	0.22	0.25	0.01	260	0.81	0.29	0.02	908	1.44	0.38	0.01
Kaltimo	81—120	261	0.20	0.27	0.02	281	0.70	0.27	0.02	445	1.19	0.36	0.02
Ristiina	81—120	65	0.31	0.29	0.04	251	0.88	0.37	0.02	498	1.68	0.49	0.02
Ruotsinkylä	> 121	220	0.05	0.21	0.01	140	0.55	0.59	0.05	281	2.26	0.60	0.04
Saarijärvi	> 121	400	0.07	0.21	0.01	168	0.69	0.50	0.04	377	1.91	0.58	0.03

Taulukosta nähdään, että I ja II luokkien suurimpien oksien koon välillä vallitsee selvä positiivinen riippuvuussuhde. Leimikossa, jossa I luokan suurin oksa on keskimäärin pienin, myös II luokan oksa on pienin. Järjestettäessä koeleimikot I ja II luokan suurimman oksan keskimääräisen koon mukai-

seen järjestykseen, se on miltei samanlainen kummassakin luokassa. Voidaan siis päätellä, että mitä parempia tietyn leimikon I luokan tukit ovat, sitä parempia ovat myös leimikon II luokan tukit.

III luokan ja parempien luokkien tukkien suurimpien oksien koon välillä on hakkuuikäisissä (81—120 v.) metsissä havaittavissa samanlainen riippuvuussuhde kuin I ja II luokkien välillä. Yli-ikäisissä (>121 v.) metsissä, joissa I ja II luokan tukit ovat ulkoiselta oksaisuudeltaan selvästi parempia kuin hakkuuikäisissä metsissä, III luokan tukkien suurin oksa on sensijaan keskimäärin hyvin paljon suurempi kuin hakkuuikäisten metsien III luokan suurin oksa. Tulokset osoittavat siis, että Vuoriston teoria eri laatuluokkien tukkien todellisen laadun riippuvuudesta toisten laatuluokkien todellisesta laadusta ei täydellisesti pidä paikkaansa. Hakkuuikäisissä metsissä esitetyt tulokset osoittavat em. teorian edellyttämän riippuvuuden olevan olemassa, mutta yli-ikäisissä metsissä sitä ei ole III luokan kohdalla.

Tarkasteltaessa vielä taulukkoa 11 havaitaan, että yli-ikäiset leimikot eroavat selvästi hakkuuikäisistä leimikoista. Yli-ikäisissä metsissä I ja II luokan tukkien suurimmat oksat ovat pienempiä ja III luokan tukkien oksat taas suurempia kuin hakkuuikäisissä metsissä. Tämä johtunee etupäässä siitä, että yli-ikäisissä metsissä oksat ovat runkojen tyviosissa kylestyneet miltei kokonaan, joten sekä I että II luokassa on paljon tukkeja, joissa ei ole yhtään oksaa näkyvissä. Latvaosissa oksat ovat sen sijaan vielä eläviä, ja ne ovat pitkän ikänsä aikana ehtineet kasvaa hyvin paksuiksi.

Sahauskokein olisikin vielä selvitettävä, ovatko nämä oksaisuudessa nähtävät erot eri ikäluokkien välillä todellisia, s.o. onko eri ikäluokkiin kuuluvien metsien eri luokkien tukeista saatavat sahatavarat laadultaan erilaisia. Mainittakoon, että Davis (1940) on osoittanut old ja second growth-metsistä hakattujen douglas-fir tukkien eroavan selvästi sahatavaran laadultaan toisistaan.

53. Laatuluokitusmenetelmän käyttökelpoisuuteen vaikuttavat tekijät.

Kuten kirjallisuuskatsauksessa ja tutkimusmenetelmän selostuksessa mainittiin, pystypuiden laatuluokituksessa käytetään useita eri menetelmiä. Käytettävät menetelmät voidaan jakaa seuraaviin pääryhmiin:

1. Tukeittaiset menetelmät, jotka perustuvat tukissa esiintyvät viat ja epäsäännöllisyydet huomioon ottavien laatuluokitusohjeiden käyttöön.

2. Rungoittaiset menetelmät, jotka perustuvat koko rungon viat ja epäsäännöllisyydet huomioon ottaviin laatuluokkiin. Nämä menetelmät jätetään epätarkoituksenmukaisina esillä olevassa tutkimuksessa kokonaan käsittelemättä (Heiskanen 1951d s. 78).

3. Mittausmenetelmät, joissa koko rungon laatu määritetään tiettyjen mitattavissa olevien tunnusten avulla.

Lähdettäessä tutkimaan eri menetelmien käyttökelpoisuutta on ensiksi selvitettävä ne seikat, jotka ovat määräävimpiä laatuluokituksen tarkoituksenmukaisuudelle. Sitä varten on oltava selvillä, miksi pystypuiden laatuluokitusta suoritetaan.

Tukkipuurunkojen laatuluokituksessa pyritään aina loppujen lopuksi selvittämään erilaisten runkojen arvosuhteet mahdollisimman tarkoin. Ainoa varma ja oikea lähtökohta arvosuhteiden laskemiselle on rungosta saatava sahatavaramäärä ja sen jakaantuminen eri laatuihin, sillä sahatukin ja tukkipuun laadullinen arvo perustuu yksinomaan siitä sahattavan tavaran arvoon. Tukkipuurunkojen laatuluokitukseen sopiikin siis parhaiten menetelmä, jonka avulla saadaan selville koko rungon sahaustuloksen jakaantuminen eri laatuihin.

Tietoa runkojen arvosuhteista tarvitaan moneen eri tarkoitukseen. Pystypuiden laatuluokitusta käytetään yleisimmin sahatukkileimikoiden arvioinnissa. Ostaja suorittaa sen kustannuslaskelmiaan varten ja saakin laatuluokituksen avulla laskelmat tuntuvasti varmemmalle pohjalle kuin muutoin (Bromley 1941, Heiskanen 1951c). Myös myyjä suorittaessaan leimikon laatuluokituksen pyrkii sen avulla saamaan pohjan hintalaskelmilleen. Monesti myyjän suorittamalla leimikon laatuluokituksella on tarkoitus päästä laatumaksutapaan. Mainittakoon vain, että esim. Suomen metsähallitus ja Yhdysvaltain Forest Service laskevat perushinnat leimikoilleen laatuluokitustulosten perusteella.

Tukkipuiden laatuluokitusta käytetään myös monissa muissa arvioimistoimituksissa. Sitä voidaan esim. käyttää metsän arvoa määrättäessä metsänmyyntiä (maapohjineen) varten. Myös mainittakoon, että II valtakunnan metsien arvioinnissa ja juuri päättyneessä III arvioinnissa on luokitettu kaikki koealoille sattuvat tukkipuut (Ilvessalo 1943, 1950). Lisäksi pystypuiden laatuluokitus voi palvella välittömästi metsänhoitoakin ja metsätalouden suunnittelua. Silloin luokitellaan puut jo varsin nuorella iällä, ja luokituksen perusteella valitaan peruspuusto, jonka hyväksi metsikön hoito suoritetaan (vrt. Heiskanen 1951c).

Leimikon arvioinnissa etenkin silloin, kun se tapahtuu hinnan määräämistä varten, on tärkeintä, että laatuluokitus on tarkka, s.o. sen avulla saadaan mahdollisimman tarkoin selville tukeista sahattavan

sahatavaran todellinen arvo. Myös on välttämätöntä, että laatuluokitus pystytään suorittamaan mahdollisimman nopeasti ja halvasti, koska muutoin saavutettava hyöty voi olla kyseenalainen. Nopeus on erittäin toivottavaa varsinkin ostajan kannalta, sillä vilkkaan ostokauden aikana sahayhtiöiden kenttämiehillä ei ole paljon aikaa uhrattavana leimikkoa kohden. Yksinkertaisuus on myös eduksi laatuluokitusmenetelmälle, koska siten sen käyttökelpoisuus ja -mahdollisuudet laajenevat. Se palvelee myös tarkkuuden lisäämistä, sillä monimutkaiset ja tulkinnanvaraiset, teoriassa mahdollisesti hyvinkin tarkat menetelmät antavat kouluttamattomien miesten käyttäminä varsin heikkoja ja epäluotettavia tuloksia.

Eri laatuluokitusmenetelmiä tutkittaessa on siis kiinnitettävä päähuomio edellä esitettyihin seikkoihin, joiden avulla voidaan päätellä menetelmän hyvyys ja tarkoituksenmukaisuus. Eri ominaisuuksia punnittaessa on tarkkuudelle pantava päähuomio, riippuen kuitenkin tarkoituksesta, johon menetelmää käytetään. Toisaalta on myös helppotöisyys näkökohta, joka laatuluokitusta käytännössä suoritettaessa painaa hyvin paljon.

54. Tukeittainen laatuluokitusmenetelmä.

Tukeittainen tukkipuiden laatuluokitusmenetelmä perustuu siihen tosiasiaan, että tukki on sahateollisuuden jalostusyksikkö. Tuntuu niin ollen luonnollisimmalta, että koetetaan selvittää erikseen jokaisen tukin laatuluokka, s.o. sahaustuloksen todennäköinen laatujakaantuminen. Vuoristo (1935a s. 239) sanoo asiasta: »Paitsi laatuluokkien lukumäärään täytyy tukkipuiden laatuluokittelua laadittaessa kiinnittää huomio myös siihen seikkaan, että puun laatu rungon eri osissa vaihtelee huomattavasti. Näin etenkin silloin, kun on kysymyksessä mänty. Katkottaessa tukkipuurunkoja käytännössä sahatukeiksi otetaan mainittu puun laadun vaihtelu yleisesti huomioon siten, että katkaisu pyritään suorittamaan sillä tavoin, että kukin tukki tulee laadultaan mahdollisimman tasainen. Puun oksaton ja oksainen osa erotetaan eri pölkkyihin, sikäli kuin se puun pituussuhteitten vuoksi suinkin on mahdollista. Määrätyn sahatukin laadun vaihtelu sen eri osissa on täten pienempi kuin kokonaisen rungon. Puun laatuluokittelun kannalta tarjoutuu täten paljon suuremmat mahdollisuudet määrätä tukista saadun sahaustuloksen laatujakaantuminen kuin kokonaisen rungon vastaava laatujakaantuminen.» (vrt. Heiskanen 1951d s. 77). Lisäksi on huomattava, että tukissa laadun vaihtelut eivät ole niin merkitseviä, sillä kappaleen huonoin osa on sahatavaran lajittelussakin vientisahatavaran lajitteluohjeiden mukaan ratkaisevin.

Tukkipuiden laatuluokitus suoritetaankin käytännössä yleisimmin tukeittain. Pääperiaatteena tässä tukeittaisessa menetelmässä on, että tavalla tai toisella arvioidaan rungosta saatavien tukkien mitat, jonka jälkeen näiden tukkien laatuluokat määritetään käytössä olevien luokitusohjeiden avulla. On olemassa useita periaatteellisesti toisistaan hieman eroavia tapoja, joiden erona on tukkien mittojen määrittämisessä käytettävä menetelmä. Tärkeimmät tukkipuiden kuutiomäärän arvioimismenetelmät voidaan kuitenkin sisällyttää kahteen pääryhmään:

1. Tukit arvioidaan vakiopituisina. Tyypillisimpänä tämä menetelmä on käytössä Yhdysvalloissa, missä arvioidaan rungosta saatavien 8, 16 tai 32 jalkaa pitkien tukkien lukumäärä ja mitataan rinnankorkeusläpimitta sekä eräitä muita tunnuksia, ja näiden tietojen avulla tukkien kuutiomäärät saadaan selville kuutioimistauluista (esim. Chapman and Meyer 1949 s. 160 j.s.).

Tähän ryhmään voidaan lukea myös menetelmä, jossa vain tyvitukki arvioidaan vakiopituisena, 16 tai 18 jalan pituisena ja muut rungosta mahdollisesti saatavat tukit vaihtelevin pituuksin. Menetelmä on paikoin Suomessakin käytössä (Ilvessalo 1930 s. 727).

2. Tukit arvioidaan pituudeltaan sellaisiksi, kuin ne käytännössä olevien apteeraussääntöjen mukaan todennäköisesti tullaan katkomaan (Ilvessalo 1930 s. 727, Heiskanen 1950c s. 5, 1953).

Muitakin menetelmiä on olemassa. Niistä mainittakoon arvioimistavat, joita käytettäessä maastossa mitataan muutamista puista pituus, läpimitta ja muoto. Näitä tietoja hyväksikäyttäen varsinainen apteeraus ja kuutiomäärän laskeminen suoritetaan sisätyönä tiettyjen kuutioimistaulukkojen avulla (esim. Mattsson 1916, Petrini 1937 s. 56 j.s.).

Vertailtaessa eri menetelmiä laatuluokituksen kannalta, on kuutiomäärän arviointia, joka suoritetaan apteeraussäännöt huomioon ottaen, pidettävä ehdottomasti sopivimpana. Sitä käytettäessä koetetaan laatu määrittää juuri sellaisista tukeista, jotka leimikosta aikanaan hakataan ja jotka valmistetaan sahatavaraksi. Teoriassa ei siis synny lainkaan virhettä siitä, että rungot tehdään erilaisiksi tukeiksi kuin ne, joihin luokitus perustuu.

Vakiopituuksia käyttävät menetelmät eivät sen sijaan ota lainkaan huomioon sitä, että rungossa esiintyvien vikaisuuksien ja epäsäännöllisyyksien vuoksi tukit joudutaan usein katkomaan joko keskipituutta lyhyemmiksi tai pitemmiksi (esim. Ronkanen 1950). Kun lisäksi määräys, että I ja II luokan osuus otetaan, mikäli mahdollista, yhteen tukkiin olosuhteista riippuen 10 tai 14—15 jalasta lähtien, on eräs tärkeimmistä tukkipuiden katkomisohjeista (esim. Ronkanen 1950 ss. 31—32), on selvää, että vakiopituuksia käyttävät menetelmät eivät anna aina oikeaa kuvaa parhaiden laatuluokkien osuudesta. Useimmiten niiden avulla saadaan I laatu-

luokan osuus systemaattisesti liian pieneksi. Hyvälaatuisissa, vartevissa leimikoissa parhaan laatuluokan osuus on yleensä yli tukkien keskipituuden ja huonolaatuisissa metsissä taas on paljon runkoja, joista tyvitukki on otettava keskipituutta lyhyempänä. Yhdysvalloissa, jossa myös tukkien maksimipituus on monesti 16 jalkaa, vakiopituusmenetelmän varjopuoli on suhteellisen helposti korjattavissa. Se tapahtuu siten, että laatuluokkaa määritettäessä otetaan huomioon vain tukin 12 alinta jalkaa (Lockard 1950b).

Rungon muodon mittaukseen perustuvia tukkipuiden kuutiomäärän arvioimismenetelmiä ei voida tukeittaisessa laatuluokituksessa sellaisinaan käyttää.

Kaikkiin menetelmiin sisältyy arviomiehen arvioimiskyvystä johtuvia tukkien mitoissa esiintyviä virheitä, jotka voivat joskus vaikuttaa melko paljon laatuluokituksen tarkkuuteen (Vuoristo 1936a, Pöntynen 1944, Heiskanen 1950c). Yleensä näiden virheiden merkitys varsinaisiin laatuluokituksessa syntyviin virheisiin verrattuna on tottuneilla arviomiehillä varsin vähäinen, joten se voidaan sivuuttaa tässä yhteydessä. On kuitenkin korostettava, että kuutiomäärän arvioinnin täydellinen taitaminen on pystypuiden tukeittaisen laatuluokituksen onnistumisen tärkeimpiä edellytyksiä.

541. Menetelmän tarkkuus.

Laatuluokitusta koskevassa kirjallisuudessa todetaan yleensä työn subjektiivisuus, mutta tutkimustuloksia tämän väitteen tueksi ei esitetä (Vuoristo 1934, 1935a s. 245, Diener 1948 s. 405, Hardwood ... 1949b, Lockard 1950a s. 7, 1950b s. 1 ym.). Myös käytännössä saadut kokemukset osoittavat pystypuiden tukeittaisen laatuluokituksen tarkkuuden olevan melko heikon (Mecklin 1937 s. 77, Pöyhönen 1951 s. 59).

Varsinaisia tutkimustuloksia tukeittaisen laatuluokituksen tarkkuudesta on julkaistu vain Vuoriston laatuluokitusohjeiden käytöstä (Heiskanen 1951b), ja tulokset osoittavat menetelmän epätarkaksi. Virheellisyydet, joiden suuruus riippuu luokittelijan henkilökohtaisista kyvyistä, johtuvat kuutiomäärän määrittämisen epätarkkuuden lisäksi seuraavista kolmesta seikasta:

1. Laatutunnusten mittojen virheellinen arviointi.
2. Laatutunnusten huomaamatta jääminen.
3. Luokitusohjeiden virheellinen tulkinta.

Niihin voidaan vielä lisätä tahallinen tai tahaton pyrkimys suuntaan tai toiseen virheelliseen tulokseen, joka on osoittautunut ainakin kuutiomää-

rien arvioinnissa joskus melko merkittäväksi virheiden aiheuttajaksi (v. Weissenberg 1949, Heiskanen 1952b).

Kahden ensimmäisen tekijän aiheuttamien virheiden suuruus riippuu yksinomaan luokittajan kyvystä ja huolellisuudesta. Kolmannen virhelähteen aiheuttamista virheistä on sen sijaan syytettävä suureksi osaksi myös luokitusohjeita.

Lähdettäessä tarkastelemaan luokitusten tuloksia, luodaan aluksi katsaus virheiden suuruuteen ja yleiseen suuntaan. Lopuksi tutkitaan, mitkä ovat olleet virheiden pääasiallisimmat syyt, ja mitä mahdollisuuksia on olemassa tukeittaisen laatuluokituksen tarkkuuden lisäämiseen. Vaikka tutkimukset on yleensä tehty pystypuiden laatuluokituksesta, saadut tulokset sopivat myös valmiiden tukkien luokitukseen.

Koeluokitusten osoittamat keskimääräiset eri laatuluokkien osuudet koeryhmittäin verrattuina mittauksen perusteella saatuihin osuuksiin on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Mitatut ja arvioidut laatuluokkien osuudet koeryhmittäin.
Table 12. Measured and estimated proportions of the grades by experimental groups.

Koeryhmä *Experimental group*	Luokittelijoita *Number of assessors*	I		II		III	
		Mitattu *Measured*	Arvioitu *Estimated*	Mitattu *Measured*	Arvioitu *Estimated*	Mitattu *Measured*	Arvioitu *Estimated*
		%					
Inkeroinen I	37	16.0	20.8 ± 0.7	44.2	39.2 ± 1.1	39.8	39.6 ± 0.8
» II	30	16.0	18.6 ± 1.3	44.2	41.0 ± 1.4	39.8	40.4 ± 1.2
Hyytiälä I	23	22.8	25.2 ± 1.1	34.0	28.7 ± 1.5	43.2	46.3 ± 1.6
» II	26	22.8	27.3 ± 0.9	32.6	27.8 ± 1.1	44.6	45.1 ± 0.9
» III	28	16.7	23.0 ± 1.6	39.0	40.1 ± 1.6	44.3	36.8 ± 1.2

Taulukko osoittaa, että käsillä olevia laatuluokitusohjeita käytettäessä I laatuluokan osuus on saatu kaikissa ryhmissä mitattua, oikeaa suuremmaksi. II luokan osuus on taas yhtä ryhmää lukuunottamatta saatu oikeaa pienemmäksi, kuten odottaa sopiikin, ja III luokan osuus on keskimäärin lähinnä oikeaa. Suuntana on siis selvästi ollut liian hyväksi luokitus, joka ilmenee kouriintuntuvasti myös tarkasteltaessa yksityisten miesten luokitustuloksia. Kokeisiin osallistuneista 144 miehestä 102 eli 70.8 % sai luokittamansa koeleimikon keskimääräisen laadun mitattua paremmaksi ja vain 42 eli 29.2 % sitä huonommaksi.

Verrattaessa saatuja tuloksia Vuoriston luokitusohjeiden käyttöä koskeviin tutkimuksiin havaitaan suunnan olevan täsmälleen saman. Myös

Vuoriston ohjeita käytettäessä koehenkilöt saivat I luokan osuuden oikeaa suuremmaksi ja II luokan osuuden taas vastaavasti oikeaa pienemmäksi . Erot olivat vielä suuremmat kuin tässä tutkimuksessa (Heiskanen 1951b ss. 108—109).

Edellä esitettiin, että eri henkilöiden luokitusten suunta hieman vaihteli. Näiden vaihtelujen kuvaamiseksi on taulukossa 13 esitetty taulukon 12 keskiarvojen hajonnat ja variaatiokertoimet.

Taulukko 13. Laatuluokkien arvioitujen osuuksien hajonnat ja variaatiokertoimet eri koeryhmissä.

Table 13. Dispersions and variation coefficients of the estimated proportions of grades in the different experimental groups.

Koeryhmä *Experimental group*	I		II		III	
	Hajonta *Dispersion*	Var.kertoin *Var. coeff.*	Hajonta *Dispersion*	Var.kertoin *Var. coeff.*	Hajonta *Dispersion*	Var.kertoin *Var. coeff.*
Inkeroinen I	4.51	21.7	6.52	16.6	4.80	12.1
» II	6.89	37.0	7.60	18.5	6.42	15.9
Hyytiälä I	5.15	20.4	7.03	24.5	7.54	16.3
» II	4.60	16.8	5.53	19.9	4.71	10.4
» III	8.26	36.0	8.35	20.8	6.23	16.9

I luokan hajonta on siis 16.8—37.0 % keskiarvosta eri koeryhmissä. II laatuluokan osuudesta se on jonkin verran pienempi, mutta III luokan kohdalla hajonta on selvästi vähäisin vaihdellen eri ryhmissä 10.4 %:sta 16.9 %:iin keskiarvosta. Kun tiedetään, että likipitäen normaaleilla vaihtelusarjoilla 1/3 havainnoista poikkeaa keskiarvosta enemmän kuin hajonnan verran, 5 % havainnoista enemmän kuin kaksinkertaisen hajonnan verran ja 0.3 % yli kolminkertaisen hajonnan verran, voidaan tutkimusten tulosten katsoa osoittavan luokittelun suunnan vaihtelevan eri miehillä sangen paljon (Lindeberg 1927 s. 28). Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että myös huonoimmin luokituksesta selvinneet miehet joutuvat luokituksia käytännössä suorittamaan.

Mainittakoon kuitenkin, että kaikki koehenkilöt käyttivät kokeissa ensimmäistä kertaa ko. laatuluokitusohjeita, joten virheiden suuruus on osittain pantava kokemattomuudenkin tilille (vrt. s. 58 j. s.). Lisäksi on korostettava, että koepuiksi valittiin etupäässä erilaisia erikoistapauksia, joiden luokituksen katsottiin voivan tuottaa vaikeuksia, joten siis niiden luokitus on ollut tavallista vaikeampaa.

Vertailtaessa tuloksia Vuoriston luokituksen käytöstä saatuihin tuloksiin, havaitaan kuitenkin, että uusia luokitusohjeita käytettäessä hajonta on ollut huomattavasti vähäisempi kuin

entisten Vuoriston ohjeiden perusteella luokitettaessa. (vrt. Heiskanen 1951b. ss. 109—110). Tämä voitaneen tulkita niin, että uudet luokitusohjeet ovat helpommat ja yksinkertaisemmat kuin entiset, joten siltäkin kannalta luokitusohjeiden uusiminen on vastannut tarkoitustaan.

542. Laatuluokitusvirheiden syyt.

5421. *Varsinaiset luokitusvirheet.*

Laatuluokituksessa esiintyvien virheiden syiden tutkimiseksi kaikki koeluokitukseen osallistuneet henkilöt luokittivat jokaisesta koerungosta 18 jalkaisen, maalirenkaalla selvästi erotetun tyviosan. Eräs 23 metsänhoitajaa käsittävä ryhmä suoritti myös valmiiden tukkien laatuluokitusta saman kysymyksen selvittämiseksi. Tyviosien ja valmiiden tukkien vikaisuudet mitattiin hyvin tarkoin, jotta niiden avulla voitaisiin tutkia eri tekijöiden vaikutusta virheiden syntymiseen.

Taulukossa 14 on esitetty eri laatuluokkien osuus tyvipölkyistä koehenkilöiden luokitusten keskiarvoina sekä näiden tyvipölkkyjen oikea laatuluokkajakaantuminen.

Taulukko 14. 18 jalkaisten tyvipölkkyjen mitatut ja arvioidut eri laatuluokkien osuudet.

Table 14. Measured and estimated proportions of the different grades of 18-ft butt logs.

Leimikko *Stand*	Luokittelijoita *Number of assessors*	Laatuluokka — *Log grade* I Mitattu *Measured*	I Arvioitu *Estimated*	II Mitattu *Measured*	II Arvioitu *Estimated*	III Mitattu *Measured*	III Arvioitu *Estimated*
		%					
Inkeroinen	67	10.3	21.0	62.1	54.1	27.6	24.9
Hyytiälä	77	11.8	22.1	64.7	55.5	23.5	22.4
Keskimäärin — *Average* .		11.2	21.6	63.4	54.8	25.5	23.6
Suhdeluvut — *Ratios*		100	192	100	86	100	93

Tarkasteltaessa taulukkoa havaitaan, että koehenkilöt ovat saaneet I laatuluokan osuuden kaikkialla suuremmaksi, kuin mitatut tulokset osoittavat sen olevan. Tulos on siis aivan sama kuin koko leimikkojen koeluokituksissa. Kuitenkin havaitaan, että erot tyvipölkkyjen luokituksessa ovat suuremmat kuin koko leimikon luokituksessa. Kokeet osoittavat siis selvästi, että tyvitukkien laadun määrittämisessä tapahtuu eniten virheitä (vrt. Heiskanen 1951b s. 106). Tämä havainto tuntuu vaikeasti käsi-

tettävältä, sillä tyvipölkythän nähdään lähempää kuin muut tukit, joten niiden luokituksessa ei pitäisi syntyä laatutunnusten virheellisen arvioinnin tai niiden huomaamatta jäämisen vuoksi virheitä niin paljon kuin väli- ja latvatukkien luokituksessa. Luokituksen kohteen läheisyys ei kuitenkaan ole se tekijä, joka on vaikuttavin näihin virheisiin. Valmiiden tukkien laatuluokituksessa näet ilmeni, että virheiden osuus, 28.6 %, oli tyvipölkkyjen käsittelyssä selvästi suurempi kuin latvapölkkyjen luokituksessa, jossa se oli vain 9.0 %.

Syyt tyvitukkien luokituksen suuriin virheellisyyksiin onkin etsittävä muista tekijöistä. Ensi sijassa tulevat mieleen ne tyvitukkien ominaisuudet, joiden puolesta ne eroavat väli- ja latvatukeista.

Asian perinpohjaiseksi selvittämiseksi on tarkasteltava virheiden jakaantumista eri laatuluokkiin kuuluvien tyviosien kohdalla, mikä on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Eri laatuluokkiin kuuluvien 18 j tyviosien jakaantuminen virhearvioiden määrän perusteella.

Table 15. Distribution of 18-ft butt parts in different grades by the number of erroneous estimates.

Virhearvioiden osuus, *Error percentage* %	Laatuluokka — *Log grade*			
	I	II	III	Keskim. *Aver.*
	%			
0	—	—	20.0	4.8
< 10	62.5	15.4	33.3	25.4
< 20	87.5	40.5	40.0	44.4
< 30	100.0	71.3	46.7	66.6
< 40	100.0	89.2	66.7	82.5
< 60	100.0	94.4	86.7	92.1
< 80	100.0	100.0	100.0	100.0

Taulukosta havaitaan, että todella I laatuluokkaan kuuluvien tyvipölkkyjen luokituksessa on tapahtunut kaikkein vähiten virheitä. II ja III laatuluokkien tyvipölkyt on sen sijaan luokitettu sangen heikosti. Virheitä on molemmissa tapahtunut suunnilleen yhtä paljon. On kuitenkin syytä korostaa, että III laatuluokan tyvitukit ovat yleensä luokkansa parhaita ja eroavat ominaisuuksiltaan muista, useimmista III laatuluokan tukeista. Suurin osa III laatuluokan tukeista on näet latvatukkeja, jotka suuren oksaisuutensa vuoksi on helppo luokittaa oikein. Valmiiden tukkien laatuluokituskokeet osoittavatkin varsin selvästi, että III laatuluokan tukit luokitetaan yleensä lähes yhtä hyvin kuin I luokankin tukit, kuten seuraavasta asetelmasta selviää. Siinä on esitetty eri luokkiin kuuluvien valmiiden tyvi- ja latvatukkien luokitusten virheprosentit:

Laatuluokka	Tyvet	Latvat virheprosentti	Yhteensä
I	3.9	..	3.9
II	29.9	25.6	27.6
III	42.2	4.8	14.9

Taulukon 15 ja edellä olevan asetelman perusteella voidaan päätellä, että suurin osa virheellisyyksistä sattuu yleensä II laatuluokan tukeissa niiden asemasta riippumatta sekä III laatuluokan tyvitukeissa.

Syyt näihin eroihin on löydettävissä eri laatuluokkiin kuuluvien tyvi-, väli- ja latvatukkien ominaisuuksista. Edellä (taul. 6) havaittiin, että II laatuluokan tukeissa oksaisuus on laatuluokan määränneenä tekijänä harvimmin ja I laatuluokan tukeissa taas useimmin. II laatuluokan tyvi- ja välitukkien välillä ei ole sanottavaa eroa tässä suhteessa, ja latvatukit taas ovat melko harvoin II laatuluokan vaatimukset täyttäviä. III laatuluokassa taas tyvi- ja toisaalta väli- ja latvatukkien välillä on olemassa erittäin selvät erot. Tyvitukeissa oksaisuuteen liittymättömät tekijät ovat tärkeimmät laatuun vaikuttavat viat, mutta väli- ja latvatukeissa oksaisuus on ylivoimaisesti ensimmäinen. Virheluokituksia sattuu siis eniten sellaisten tukkien kohdalla, joissa jokin muu tekijä kuin oksaisuus on ollut laatuluokan määränneenä tekijänä.

Asia selviää myös tarkasteltaessa, kuinka paljon virheitä on tapahtunut eri laatutunnusten ollessa laatuluokan määräävänä tekijänä. Sitä varten kokeissa luokitetut tyviosat onkin jaettu määräävimmän laatutunnuksen mukaan viiteen ryhmään seuraavasti:

1. Oksan koko, s.o. oksan suuruus on jo sellaisenaan sanellut tukin laatuluokan.

2. Oksien lukumäärä tai ryhmittyminen, s.o. tukki on joutunut oksien suuren lukumäärän tai niiden yhteen paikkaan ryhmittymisen vuoksi huonompaan luokkaan, kuin suurin oksa osoittaa.

3. Oksankyhmyt, s.o. tavallisesti oksaton tukki on joutunut vasta kylestyneiden oksan jälkien vuoksi huonompaan luokkaan, kuin oksattomuus sinänsä osoittaa.

4. Lenkous, s.o. tukki on viety lenkoutensa vuoksi alempaan luokkaan, kuin suurin oksa osoittaa.

5. Koroisuus, s.o. tukki on kuulunut siinä olevien korojen vuoksi alempaan luokkaan, kuin suurin oksa osoittaa.

Muita tunnuksia ei ko. koerungoissa esiintynyt laatua määräävinä tekijöinä.

Seuraavasta asetelmasta nähdään virheluokitusten osuus kussakin ryhmässä:

	Virheluokituksia %
Oksien koko	16.6
Oksien lukumäärä	55.0
Oksankyhmyt	52.0
Lenkous	32.9
Koroisuus	31.7

Asetelmasta ilmenee, että tukeissa, joissa suurimman oksan koko on ollut määräävänä laatutunnuksena, on luokitusvirheitä sattunut vähiten. Suurimman oksan koko onkin ainoa helposti myös käytännössä mitattavissa oleva tunnus, joten tulokset osoittavat laatutunnusten mittojen, s.o. oksien koon, arvioinnissa sattuvan suhteellisen vähän virheitä. Myös on muistettava, että oksaisuus muodossa tai toisessa on tärkein laatutunnus, kuten edellä on esitetty.

Oksaisuuteen liittyvää kahta muuta laatutunnusta, oksien lukumäärää ja oksankyhmyjä koskevat määräykset ovat sen sijaan osoittautuneet erittäin vaikeasti tulkittaviksi. Niiden kohdalla virheluokitusten osuus on yli 50 %. Molemmat niistä onkin esitetty luokitusohjeissa perin tulkinnanvaraisesti, joten kysymyksessä on varmasti ohjeiden virheellinen tulkinta. Oksien lukumäärästä on vain mainittu, että »I ja II luokassa sallitaan maksimisuuruisten oksien lisäksi joitakin niitä pienempiä hajallaan olevia oksia.» Tämä määräys onkin vaikeasti oikealla tavalla tulkittavissa ilman sahatavaran lajitteluohjeiden perusteellista tuntemusta.

Oksankyhmyjen suhteen määräykset sen sijaan tuntuvat selvemmiltä, vaikka vaatimuksia ei olekaan voitu ilmoittaa mitattavin suurein. Varsinkin I luokan vaatimus ehdottomuudessaan tuntuu selvältä, mutta siitä huolimatta on havaittavissa oksankyhmyjen johdonmukaista aliarviointia. Aliarvioinnin syy lienee itse luokitusohjeissa, sillä I luokan kohdalla on olemassa tai ainakin näyttää olevan eräitä epäloogillisuuksia. I luokan tukissa sallitaan oksia, mutta ei oksankyhmyjä, jotka kuitenkin ovat ainakin päältäpäin katsellen pienempiä vikoja kuin oksat. Oksankyhmyjen huomiotta jättäminen onkin ollut pääasiallisena syynä I luokan liian suureksi saamiseen (vrt. Heiskanen 1951b s. 108). Kysymyksessä lienee oksankyhmyjen tahallinen aliarvioiminen, siis ohjeiden virheellinen tulkinta. Vaikuttaa siltä kuin arviomiehet eivät jaksaisi uskoa niin vähäpätöiseltä näyttävien vikojen suurta merkitystä. Kuitenkin tiedetään, että oksankyhmy on vakavampi vika kuin pieni oksa.

Muut viat, lenkous ja koroisuus, eivät liity oksaisuuteen, eikä niitä voida helposti mitattavin suurein ilmoittaakaan. Tosin lenkous voidaan valmiista

tukeista mitata, mutta pystypuiden ollessa kyseessä sen mittaus on käytännössä mahdotonta. On myönnettävä, että lenkouden mittaus valmiista tukeistakin on käytännöllisessä laatuluokituksessa vaikea tehtävä. Niinpä onkin havaittavissa, että virheluokitusten osuus sekä lenkojen että koroisten tukkien laatuluokan määrittämisessä on korkea, yli 1/3. Näiden virheiden syynä on sekä ohjeiden virheellinen tulkinta että mittojen virheellinen arviointi. Myös Sarvaksen (1944 ss. 89, 156, 221) saamat lenkouden liian suuret osuudet laatua alentavina tekijöinä osoittavat sen arvioinnin hankaluutta.

Puget Sound Log Scaling and Grading Bureau'ssa, Seattle, Wash. laskemieni 25 tukkierän laatuluokituksen ja sen tarkastuksen välinen ero oli 2.9 (0—15.0) %. Voimassa olleiden laatuluokitusohjeiden mukaan käsiteltiin siellä laatutunnuksina vain tukin koko sekä sen oksat. Mittauksessa, jossa lenkous, korot ym. oksaisuudesta riippumattomat viat otettiin huomioon mittavähennyksinä, ero oli n. 4 %, siis hieman suurempi kuin laatuluokituksessa. Sekin osoittaa oksaisuudesta riippumattomien vikojen vaikutuksen vaikean arvioitavuuden.

Esitetyt tutkimustulokset osoittavat, että eniten sattuu virheellisyyksiä tulkinnanvaraisesti ilmoitettujen luokitustunnusten kohdalla. Laatuluokitusohjeiden väärä tulkinta on siis tärkein virheluokitusten syy.

5422. *Työnantajan vaikutus.*

Lopuksi on vielä tarkasteltava, onko luokittajan saamissa tuloksissa havaittavissa työnantajan vaikutusta. On nimittäin odotettavissa, että myös laatuluokituksessa ostajan edustajat pyrkisivät joko tahallisesti tai tahattomasti huonontamaan ja myyjän edustajat taas parantamaan luokitettavan leimikon tai tukkierän laatua. Näinhän tapahtuu joskus tukkileimikon kuutiomäärän arvioinnissa (esim. v. Weissenberg 1949, Heiskanen 1952b).

Eräässä koeryhmistä osallistui laatuluokitukseen sekä puutavarayhtiöiden että metsähallituksen metsänhoitajia, jotka kaikki suorittivat samat luokitukset. Edellisiä oli seitsemän ja jälkimmäisiä kuusitoista. Heidän suorittamiensa luokitusten tulosten avulla voidaan tarkastella työnantajan vaikutusta laadun määrittämisen tuloksiin. Valmiiden tukkien luokituksessa olivat eri ryhmien saamat keskimääräiset laadut laatuluokittain seuraavat:

	Oikea laatuluokka		
	I	II	III
	Arvioitu laatuluokka		
Myyjät	1.04	1.85	2.83
Ostajat	1.04	1.98	2.91

Havaitaan siis selvästi, että myyjän edustajat ovat saaneet keskimääräisen laadun II ja III laatuluokissa paremmaksi kuin ostajan edustajat. Erot eivät ole varsin suuret, joten tuloksille ei voitanekaan antaa yleispätevää arvoa.

Tarkasteltaessa koeleimikon luokituksen tuloksia havaitaan niissä aivan samanlainen suunta. Puutavarayhtiöiden metsänhoitajat olivat luokittaneet puut huonommiksi kuin metsähallituksen palveluksessa olevat metsänhoitajat. Runkojen 18 jalkaiset tyviosat jakaantuivat oikein, liian hyviksi ja liian huonoiksi luokitettujen kesken seuraavan asetelman osoittamalla tavalla.

		Luokitettu	
	oikein	liian hyväksi	liian huonoksi
Myyjät	68.0 %	19.0 %	13.0 %
Ostajat	72.2 »	13.1 »	14.7 »

Erot myyjien ja ostajien välillä ovat tässä siis vielä pienemmät kuin valmiiden tukkien luokituksessa, mutta kuitenkin samansuuntaiset. Myös koko pystyleimikon laatuluokitustulokset osoittavat samanlaiset erot myyjän ja ostajan edustajien luokitusten välillä. Myyjän edustajain saamat eri laatuluokkien keskim. osuudet olivat I l. 25.7 %, II l. 28.3 %, III l. 46.0 % ja ostajan edustajilla vastaavasti 23.5 %, 28.9 % ja 47.6 %.

Myös pystypuiden luokituksessa ko. puutavarayhtiöiden metsänhoitajat ovat siis saaneet leimikon laadun hieman huonommaksi kuin kokeisiin osallistuneet metsähallituksen miehet. Erot ovat kuitenkin niin vähäiset, että niiden merkitsevyys ei ole varma.

Vuoriston luokitusohjeiden käyttöä koskevissa kokeissa ei sen sijaan havaittu vähäisintäkään työnantajan etuun tähtäävää suuntaa (Heiskanen 1951b s. 110). Tuollainen suuntaus voi kuitenkin esiintyä yleisenäkin, tai ainakin vaara siihen on olemassa lähellä. Vuoristo (1935a s. 245) kirjoittaakin tämän vaaran tuntien: »Tämä (laatuluokituksen siirtäminen hoitoalueiden tehtäväksi) kuitenkin edellyttää, että metsänhoitajat, jotka leimauksen suorittavat, ensinnäkin tuntevat laatuarvioperusteet ja toiseksi toimivat tinkimättä niiden mukaan. Oman hoitoalueen puiden laadun »parantaminen» arvioperusteita muuttamalla on luonnollisesti harhateko, jolla ei saavuteta tarkoitettua tulosta, vaan päinvastoin menettää laatuarvio tarkoituksensa ja asianomainen maineensa pystyvänä ammattimiehenä.»

543. Tarkkuuden lisäämismahdollisuudet.

Kuten edellä esitettiin, tukkipuiden ja sahatukkien tukeittaisen laatuluokituksen tarkkuus esillä olevien ohjeiden perusteella suoritettuna on yleensä

heikohko. Sama havaittiin myös Vuoriston luokitteluohjeiden käyttöä koskevissa kokeissa, joissa virheet olivat vieläkin suuremmat (Heiskanen 1951b). Osittain nämä virheellisyydet ovat luokitusohjeista aiheutuvia, kuten edellä osoitettiin, mutta suureksi osaksi virheet johtuvat luokittajista, sillä kaikki koehenkilöt olivat, kuten on mainittu, ensi kertaa tekemisissä ko. ohjeiden kanssa.

Yleisesti korostetaan, että harjoittelu on tärkeä edellytys laatuluokituksen onnistuneelle suoritukselle (Vuoristo 1935a s. 243, Lockard 1950a s. 4, 1950b, Heiskanen 1951b s. 111 ym.). Sillä tavoin saadaan ohjeiden tulkinta miehille »veriin», ja siten siis voidaan lieventää ohjeiden heikkouksia.

Eräillä laatuluokituskursseilla, jotka pidettiin Tammelan hoitoalueessa keväällä 1953, kurssilaiset (22 metsänhoitajaa) luokittivat kaksi 20 rungon koepuusarjaa. Ensimmäinen niistä luokitettiin teoreettisen opetuksen ja muutaman rungon käytännöllisen harjoittelun jälkeen ja toinen edellisen koepuusarjan yksityiskohtaisen tarkastelun sekä koesahausten jälkeen. Mikäli koepuusarjojen välillä esiintyy luokituksen tarkkuudessa eroja, voitaneen niitä pitää harjoittelusta johtuvina. Toisaalta on tosin huomattava, että leimikot eivät voi olla vaikeusasteeltaan aivan samanlaisia, joten luokituksen tarkkuudessa koepuusarjojen välillä mahdollisesti esiintyvät erot voivat osittain johtua vaikeusasteen eroavaisuuksista.

Taulukossa 16 on esitetty erot oikeiden ja arvioitujen laatuluokkien osuuksien välillä ensimmäisen ja toisen koepuusarjan luokituksessa.

Taulukko 16. Oikeiden ja arvioitujen eri laatuluokkien osuuksien erojen riippuvuus luokittajain kokemuksesta.

Table 16. Dependence of the differences in the correct and estimated proportions of the different grades on the experience of the assessors.

	Ero, % — *Difference, %*								
	0— 3.9	4.0— 7.9	8.0— 11.9	12.0— 15.9	16.0— 19.9	20.0— 23.9	24.0— 27.9	Yht. *Total*	Keskim.ero *Aver. difference* %
	miehiä — *men*								M± εM
Ens. koepuusarja — *1st sample tree series*	1	7	7	2	2	2	1	22	11.3±1.5
Toinen koepuusarja — *2nd sample tree series*	6	10	4	2	—	—	—	22	6.4±0.8

Taulukosta havaitaan selvästi, että toisen koepuusarjan luokituksessa erot oikeisiin eri laatuluokkien osuuksiin ovat tuntuvasti pienemmät kuin ensimmäisen koepuusarjan luokituksessa. Erotuksen keskivirhe on 1.6,

joten leimikkojen luokitusten tarkkuuseroa, 4.9 %, voidaan pitää merkitsevänä, koska se on jonkin verran suurempi kuin kolminkertainen erotuksen keskivirhe 4.8 %. Mainittakoon, että hajonnat olivat vastaavasti 6.6 ja 3.6 eli prosentteina keskiarvosta 58.4 ja 56.3. Tulokset osoittavat siis varsin selvästi, että harjoittelun ansiosta luokituksen tarkkuus on parantunut.

Esitettyihin tuloksiin on kuitenkin voinut vaikuttaa kuutiomäärän arvioinnin tarkkuuden muuttuminen harjoittelun ansiosta. Harjoitteluhan lisää kaiken silmävaraisen arvioinnin tarkkuutta merkittävästi. Sen vuoksi tarkastellaan seuraavassa 18 jalkaisten tyvitukkien luokituksen tuloksia ensimmäisessä ja toisessa koepuusarjassa. Virheluokitusten suhteellinen osuus kummassakin koepuusarjassa nähdään seuraavasta asetelmasta:

	oikein luokitettu	väärin
Ens. koepuusarja	72.9 %	27.1 %
Toinen koepuusarja ..	85.7 %	14.3 %

Asetelma osoittaa, että virheluokitusten osuus on pudonnut puoleen alkuperäisestä toisessa koepuusarjassa. Tarkkuuden lisääntyminen nähdään myös niiden tyvipölkkyjen osuudesta, jotka kaikki kurssilaiset ovat luokittaneet samaan laatuluokkaan. Ensimmäisessä koepuusarjassa tällaisten tyvien osuus oli vain 15 % mutta toisessa peräti 45 %.

Vielä on mielenkiintoista tarkastella eri miesten laatuluokituksen tarkkuuden kehittymistä. Havaitaan, että 17 miestä luokitti toisen koepuusarjan tarkemmin kuin ensimmäisen, joten siis vain viidellä miehellä tarkkuus ei ollut parantunut harjoittelun ansiosta.

Nämä tulokset osoittavat, vaikka otetaankin huomioon, että osa luokituksen tarkkuuden lisääntymisestä on saattanut johtua koepuusarjojen vaikeusasteiden erilaisuudesta, harjoittelun lisäävän laatuluokituksen tarkkuutta. Toisaalta tulokset voidaan tulkita niinkin, että esillä olevat luokitusohjeet eivät ole tarpeeksi yksinkertaiset ja helpot kenen tahansa onnistuneesti käyttää, vaan hyviin tuloksiin pääsemiseksi on niiden käyttö miehille opetettava kokein ja harjoituksin.

55. Tyvitukin laatuluokkaan perustuva luokitusmenetelmä.

Tukeittainen laatuluokitusmenetelmä on teoriassa tarkin kyseeseen tulevista tukkipuurunkojen laadun määrittämistavoista (esim. Vuoristo 1935a s. 239, Heiskanen 1951d). Tutkimustulokset osoittavat, että sekin on käytännössä suhteellisen epätarkka, mutta että sen tarkkuus saadaan

paranemaan harjoittelun avulla. Tukeittaisella menetelmällä on lisäksi muitakin varjopuolia varsinkin käytännön miesten kannalta asiaa tarkasteltaessa.

Ensinnäkin voidaan menetelmää syyttää epätarkoituksenmukaisuudesta, kun sitä käytettäessä on latvatukkienkin laatuluokka määritettävä erikseen, vaikka ne kuuluvatkin monitukkisissa rungoissa aina III laatuluokkaan. Toiseksi tukeittainen menetelmä on työläs, kun jokaisesta rungosta on yleensä tehtävä useita laatuluokan määrityksiä, joiden lukumäärä riippuu rungon tukkiluvusta.

Näiden varjopuolien poistamiseksi on Yhdysvalloissa käytetty jonkin verran laatuluokitusmenetelmää, jossa vain tyvitukin laatuluokka määritetään. Sahauskokein on selvitetty eri kokoisista ja laatuisista rungoista saatavan sahatavaran laatujakaantuminen, jonka avulla lasketaan eri luokkiin kuuluvien runkojen sahaustulos (Comparison . . . 1942, Tree Grades . . . 1948, White Pine . . ., Campbell 1951). Myös Suomessa on menetelmää käytetty ainakin yhden puutavarayhtiön luokituksissa, mutta silloin on ollut kysymys vain hyvin ylimalkaisen kuvan saamisesta leimikoiden puiden laadusta. Kühn ja Olberg (1930), Bonsdorff (1933, 1934), Enander (1936) ja Sarvas (1944) ovat samoin tutkimuksissaan määrittäneet koepuiden laadun tyvitukin laatuluokan perusteella. Hekään eivät kuitenkaan selvittäneet millaista sahatavaraa minkin laatuluokan rungoista saadaan, joten kysymys on ylimalkaisista luokitusmenetelmistä, jotka eivät perustu sahatavaran lajitteluun.

Tyvitukkimenetelmä on siis ennen kaikkea nopeampi ja tarkoituksenmukaisempi kuin tukeittainen laatuluokitusmenetelmä. Sillä on kuitenkin eräitä varjopuolia tukeittaiseen menetelmään verrattuna. Tyvitukkimenetelmää käytettäessä laatuluokkaa ei määritetä kuin osaksi juuri sellaisista tukeista, jotka aikanaan todella valmistetaan sahatukeiksi. Rungon tärkein osa, tyvitukki, voidaan kuitenkin käsitellä menetelmässä apteeraussääntöjen mukaisena.

Menetelmä onkin likimääräinen, koska sen tulee vastatakseen tarkoitustaan perustua taulukoihin, jotka osoittavat tietyn kokoisen ja tyvitukiltaan tietynlaisen rungon arvosuhteet tutkimusten perusteella laskettuina ja jotka suuren aineiston keskiarvoina eivät voi antaa täysin oikeaa tulosta kaikissa yksityistapauksissa. Pystypuiden kuutiomäärän arvioinnissakin on kuitenkin aina kysymys vain likimääräisten tulosten selville saamisesta. Siksi myös laatuluokituksessa voidaan helppotöisyyden eduksi tinkiä tarkkuuden vaatimuksista ja tyytyä likimääräiseen menetelmään. Silti on aina edellytettävä, että menetelmä täyttää tietyt tarkkuusvaatimukset. Tarkkuushan on, kuten jo on mainittu, tiettyyn rajaan asti tärkein laatuluokituksen käyttökelpoisuutta määräävistä tekijöistä. Tyvitukkimenetelmä tekee kui-

tenkin leimikon laatuluokitustyön huomattavasti entistä helpommaksi vasta sitten, kun myös kuutioarvioimismenetelmässä siirrytään nykyistä tukeittaista arvioimismenetelmää yksinkertaisimpiin rungoittaisiin arvioimistapoihin.

Tyvitukkimenetelmän toisena varjopuolena on mainittava subjektiivisuus, joka tukeittaista menetelmää käsittelevien tutkimusten tulosten mukaan esiintyy pahimpana tyvitukkien luokituksessa (ks. s. 52). Näyttää siis siltä, että tyvitukkimenetelmä on vielä tukeittaistakin menetelmää subjektiivisempi. Toisaalta tuntuu siltä, että, kun vain tyvitukki luokitellaan, luokittajalla pitäisi olla aikaa ja mahdollisuuksia tutkia se huomattavasti tarkemmin kuin tukeittaista menetelmää käytettäessä.

Tyvitukkimenetelmää voidaan kuitenkin puolustaa vain siinä tapauksessa, että se liittyy tavalla tai toisella sahatavaran lajitteluun myös väli- ja latvatukkien osalta. Tämä voi tapahtua kahdella tavalla. Teoreettisesti pätevämpi mutta myös kalliimpi tapa on em. amerikkalainen menetelmä, jossa siis rungoittaisin sahauskokein selvitetään eri laatuluokkien arvosuhteet. Toisessa menetelmässä, joka on huomattavasti halvempi, valmistetaan taulukot eri laatuluokkien osuudesta eri kokoisissa ja laatuisissa rungoissa. Selvitetään siis laatuluokitusten avulla tyvitukiltaan I, II ja III luokan runkojen keskimääräinen tukeittainen laatujakaantuminen. Tämä menetelmä puolustaa, huolimatta eri oksaisuusluokkien tyvi-, väli ja latvatukkien havaitusta oksaisuuserosta hyvin paikkaansa sen vuoksi, että nykyisin käytännössä, esim. mittaustilaisuuksissa ja hinnoittelussa käsitellään kaikki saman laatuluokan tukit laadultaan samanarvoisina. Ja niinhän tehdään myös laatuluokitusohjeissa.

Esillä olevassa tutkimuksessa on tarkoitus jälkimmäistä menetelmää käyttäen tutkia mäntypuiden tyvitukin oksaisuusluokan ja koko rungon oksaisuusluokkajakaantumisen välisen korrelaation kiinteyttä ja sen avulla mahdollisuutta käyttää tyvitukkimenetelmää mäntytukkipuiden laatuluokituksessa. Tätä menetelmää käytettäessä on selvitettävä seuraavat kysymykset:

1. Saman rungon eri asemassa olevien tukkien osuus tukkiosan kuutiomäärästä.

2. Tyvitukkien ja muiden tukkien oksaisuuden ja oksaisuusluokan väliset riippuvuussuhteet. Samalla tutkitaan myös koko rungon oksaisuusluokkajakaantumisen riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta. Kaikki laskelmat tehdään vain oksaisuusluokkaa avuksi käyttäen, mutta lopuksi käsitellään lyhyesti oksaisuusluokittaisen tyvitukkimenetelmän antamien tulosten muuntaminen laatuluokiksi.

Käsittelyssä nimitetään runkoja, joiden tyvitukki kuuluu I oksaisuusluokkaan lyhyesti I oksaisuusluokan rungoiksi. Vastaavalla tavalla puhutaan myös II ja III oksaisuusluokan rungoista.

551. Tyvi-, väli- ja latvatukkien osuus rungon kuutiomäärästä.

Tyvitukin laatuluokan määrittämiseen perustuvaa laatuluokitusmenetelmää käytettäessä on tiedettävä, kuinka suuren osan rungon tukkiosan kuutiomäärästä eri asemassa olevat, siis tyvi-, väli- ja latvatukit muodostavat. Näin on laita etenkin silloin, kun rungon laadun mittana käytetään tukkien laatuluokkien kuutiomäärällä punnittua keskiarvoa, kuten esillä olevassa tutkimuksessa tehdään.

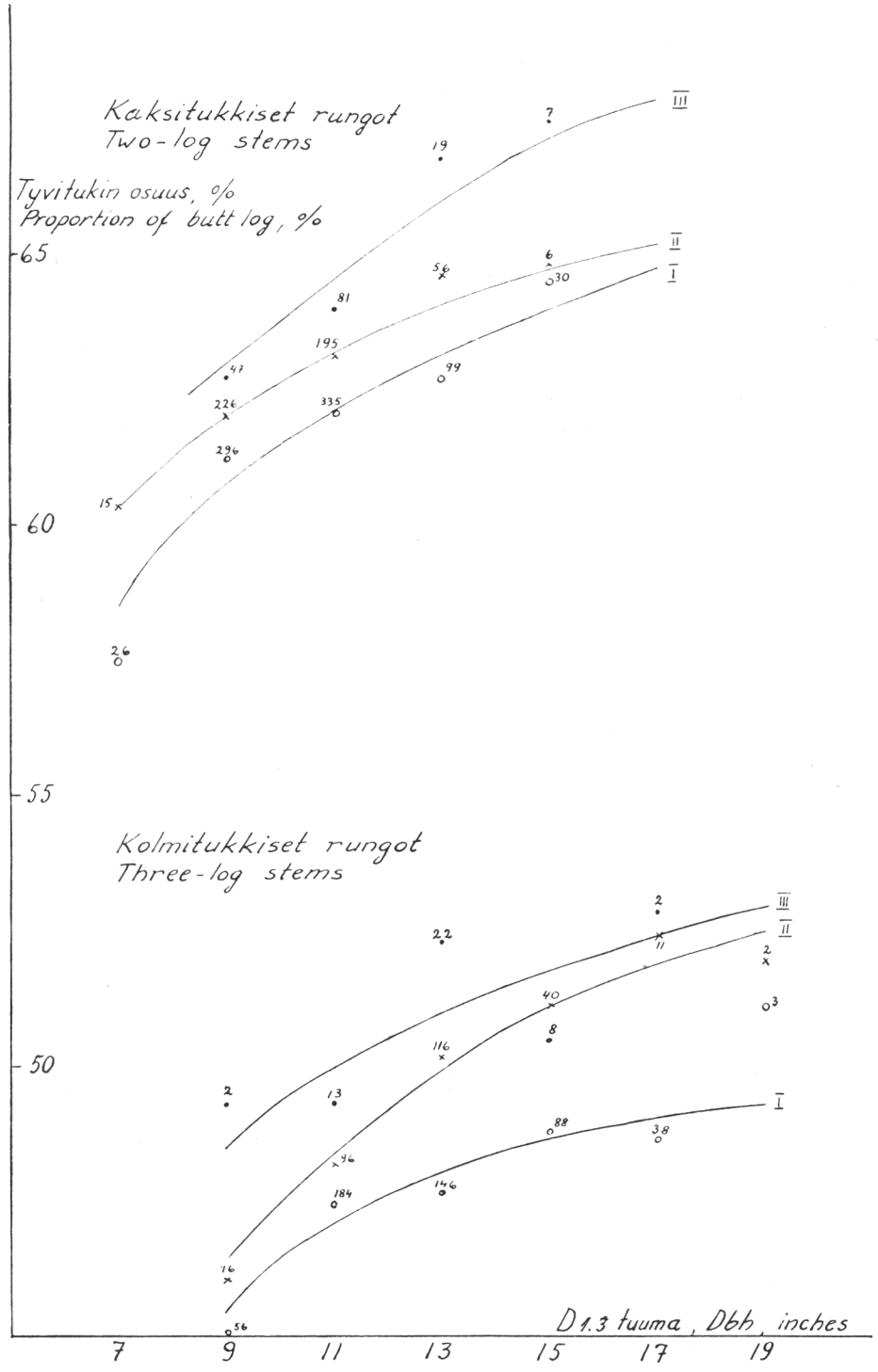
Rungon eri tukkien osuus tukkiosan teknillisestä kuutiomäärästä selvitettiin koeleimikkoaineistosta. Piirroksessa 3 on esitetty tyvitukin suhteellisen kuutio-osuuden riippuvuus tukkiluvusta, tyvitukin oksaisuusluokasta ja rungon järeydestä kaksi- ja kolmitukkisissa rungoissa. Nelitukkisia runkoja sisältyi aineistoon niin vähän, että ne on jätetty pois näistä laskelmista, joissa selvitetään em. riippuvuussuhteita.

Piirros 3 ja jäljempänä esitettävä taulukko 17 on laskettu aineistosta, joissa tukkien keskipituus on n. 16.5 jalkaa ja tukkien minimiläpimitta 5½ tuumaa.

Piirroksesta ilmenee, että tyvitukin oksaisuusluokan vaikutus tyvitukin osuuteen rungon kuutiomäärästä on ilmeinen. Tyvitukin osuus tukkiosan kuutiomäärästä on sitä suurempi, mitä huonompaan oksaisuusluokkaan se kuuluu. Tämä johtunee ensi sijassa siitä, että tyvitukkia joudutaan monesti lyhentämään keskimääräisestä 16—16.5 jalasta, jotta siitä saataisiin I tai II luokkaan kelpaava tukki. Tällainen käytäntö onkin opetettu useimmissa apteerausohjeissa (esim. Mela 1930, Ronkanen 1950 s. 32). Jotta tyvitukkien keskipituus kuitenkin saataisiin pysymään riittävän suurena, tehdään joistakin II ja III luokan tyvistä usein keskipituutta pitempiä tukkeja. Myös on tunnettua, että oksaiset puut ovat usein tyvekkäitä, joten niissä yleensäkin tietyn pituisen tyvitukin osuus kuutiomäärästä on suurempi kuin saman pituisen tukin osuus solakoissa, vähäoksaisissa rungoissa.

Piirroksesta 3 nähdään myös, että tyvitukin osuus tukkiosan kuutiomäärästä kasvaa rinnankorkeusläpimitan suuretessa. Sama suunta on havaittavissa sekä kaksi- että kolmitukkisissa rungoissa. Näihinkin eroihin lienee etupäässä syynä runkomuoto, joka on pienissä rungoissa yleensä parempi kuin suurissa (ks. s. 93, 97). Tietyn pituinen tukki isossa kapenevassa puussa muodostaa niin ollen suhteellisesti suuremman osan koko tukkiosan kuutiomäärästä kuin vähän kapenevassa, solakassa pieniläpimittaisessa rungossa.

Taulukossa 17 on esitetty tasoitetut eri tukkien kuutio-osuudet eri kokoisissa kaksi- ja kolmitukkisissa rungoissa, joiden tyvitukin oksaisuusluokka on I, II tai III. Tasoitus on I ja II oksaisuusluokan runkojen kuvaa-



Piirros 3. Kaksi- ja kolmitukkisten runkojen tyvitukin kuutio-osuuden riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja tyvitukin oksaisuusluokasta.

Sketch 3. Dependence of volume proportion of the butt log of two-log and three-log stems on the diameter at breast height and butt log knottiness class.

jien kohdalla ollut varsin helppo tehtävä, mutta III luokan runkoja on aineistoon sisältynyt niin vähän, että etenkin kolmitukkisten runkojen kuvaajan tasoitus on täytynyt tehdä melko mielivaltaisesti. Sillä ei kuitenkaan ole merkitystä jatkuville laskelmille, koska III luokan rungot jäävät käsittelyn ulkopuolelle oksaisuusluokkataulukkoa eri oksaisuusluokkien rungoille valmistettaessa (ks. s. 70).

Taulukon 17 osoittamia prosenttilukuja käytetään tehtäessä laskelmia eri oksaisuusluokkiin kuuluvien kaksi- ja kolmitukkisten runkojen oksaisuusluokkajakaantumisesta. Nelitukkisille rungoille käytetään koko aineiston keskiarvoja.

Taulukko 17. Rungon eri tukkien osuus tukkiosan teknillisestä kuutiomäärästä eri kokoisissa eri oksaisuusluokkien kaksi- ja kolmitukkisissa rungoissa.

Table 17. The different logs of a stem as a proportion of the volume of log part in two-log and three-log stems of different sizes and grades.

Tukin asema *Position of log*	D1.3-luokka, tuumaa — *Dbh-class, inches*						
	7	9	11	13	15	17	19
	Eri tukkien osuus, % — *Proportion of various logs, %*						
	Kaksitukkiset rungot — *Two-log trees*						
	Tyvitukin oks.l. I — *Butt log knottiness class I*						
tyvi — *butt*	58	61	62	63	64	65	..
latva — *top*	42	39	38	37	36	35	..
	Tyvitukin oks.l. II — *Butt log knottiness class II*						
tyvi — *butt*	60	62	63	64	65	65	..
latva — *top*	40	38	37	36	35	35	..
	Tyvitukin oks.l. III — *Butt log knottiness class III*						
tyvi — *butt*	..	63	65	66	67	68	..
latva — *top*	..	37	35	34	33	32	..
	Kolmitukkiset rungot — *Three-log trees*						
	Tyvitukin oks.l. I — *Butt log knottiness class I*						
tyvi — *butt*	..	45	47	48	49	50	50
väli — *middle*	..	34	34	34	34	34	34
latva — *top*	..	21	19	18	17	16	16
	Tyvitukin oks.l. II — *Butt log knottiness class II*						
tyvi — *butt*	..	46	48	50	51	52	52
väli — *middle*	..	33	33	33	33	33	33
latva — *top*	..	21	19	17	16	15	15
	Tyvitukin oks.l. III — *Butt log knottiness class III*						
tyvi — *butt*	..	48	50	51	52	52	53
väli — *middle*	..	32	32	33	33	33	33
latva — *top*	..	20	18	16	15	15	14

Aineiston mukaan nelitukkisten runkojen tukkien kuutio-osuudet olivat miltei samat sekä I että II oksaisuusluokan rungoissa. Tämä voi johtua aineiston vähäisyydestäkin, mutta toisaalta erot nelitukkisten runkojen eri tukkien osuuksissa rungosta toiseen siirryttäessä ovat varmasti aina vähäisemmät kuin kaksi- ja kolmitukkisissa rungoissa. Nelitukkisten runkojen kohdalla voidaankin tyytyä esittämään vain koko aineiston keskiarvot, joiden mukaan eri tukkien osuus on seuraava: tyvitukki 39 %, 1. välitukki 31 %, 2. välitukki 20 % ja latvatukki 10 %.

Keskimääräiset aineiston osoittamat eri tukkien kuutio-osuudet olivat yksi-, kaksi- ja kolmitukkisissa rungoissa vastaavasti seuraavat:

Rungon tukkiluku	Tukin asema		
	1	2	3
		%	
1	100	—	—
2	63	37	—
3	49	33	18

552. Latvatukkien oksaisuuden riippuvuus tyvitukin oksaisuudesta.

5521. *Tyvi- ja latvatukkien suurin oksa.*

Yritykset käyttää tyvitukin laatuluokkaa koko rungon laadun osoittajana perustuvat, kuten jo mainittiin, siihen olettamukseen, että hyvää tyvitukkia seuraavat väli- ja latvatukit ovat oksaisuudeltaan ja laadultaan parempia kuin huonoa tyvitukkia seuraavat ylemmät tukit. Aluksi onkin tarpeen tarkastella tyvitukin ja rungon muiden tukkien suurimman oksan avulla ilmoitetun oksaisuuden välistä riippuvuutta. Vasta, jos näiden välillä osoittautuu vallitsevan tarpeeksi voimakas korrelaatio, kannattaa lähteä kehittämään kysymystä edelleen.

Kaikissa koeleimikoissa mitattiin jokaisen tukin suurin oksa, ja näiden tietojen avulla on laskettu eri asemassa olevien tukkien suurimman oksan riippuvuus tyvitukin suurimmasta oksasta. Taulukossa 18 on esitetty saadut tulokset erikseen yli-ikäisten (> 121 v.) ja erikseen hakkuuikäisten metsien (81—120 v.) kohdalta. Aineisto, josta taulukko on laskettu, sisälsi hakkuuikäisistä metsistä 1201 kpl. kaksitukkisia, 674 kpl. kolmitukkisia ja 70 kpl. nelitukkisia runkoja. Vastaavat määrät olivat yli-ikäisissä metsissä: 464, 259 ja 43.

Taulukosta 18 havaitaan selvästi, että tyvitukin suurimman oksan koon kasvaessa väli- ja latvatukkien suurin oksa yleensä suurenee. Riippuvuus on selvin kaksitukkisissa rungoissa sekä kolmi- ja nelitukkisten runkojen tyvi- ja välitukkien välillä.

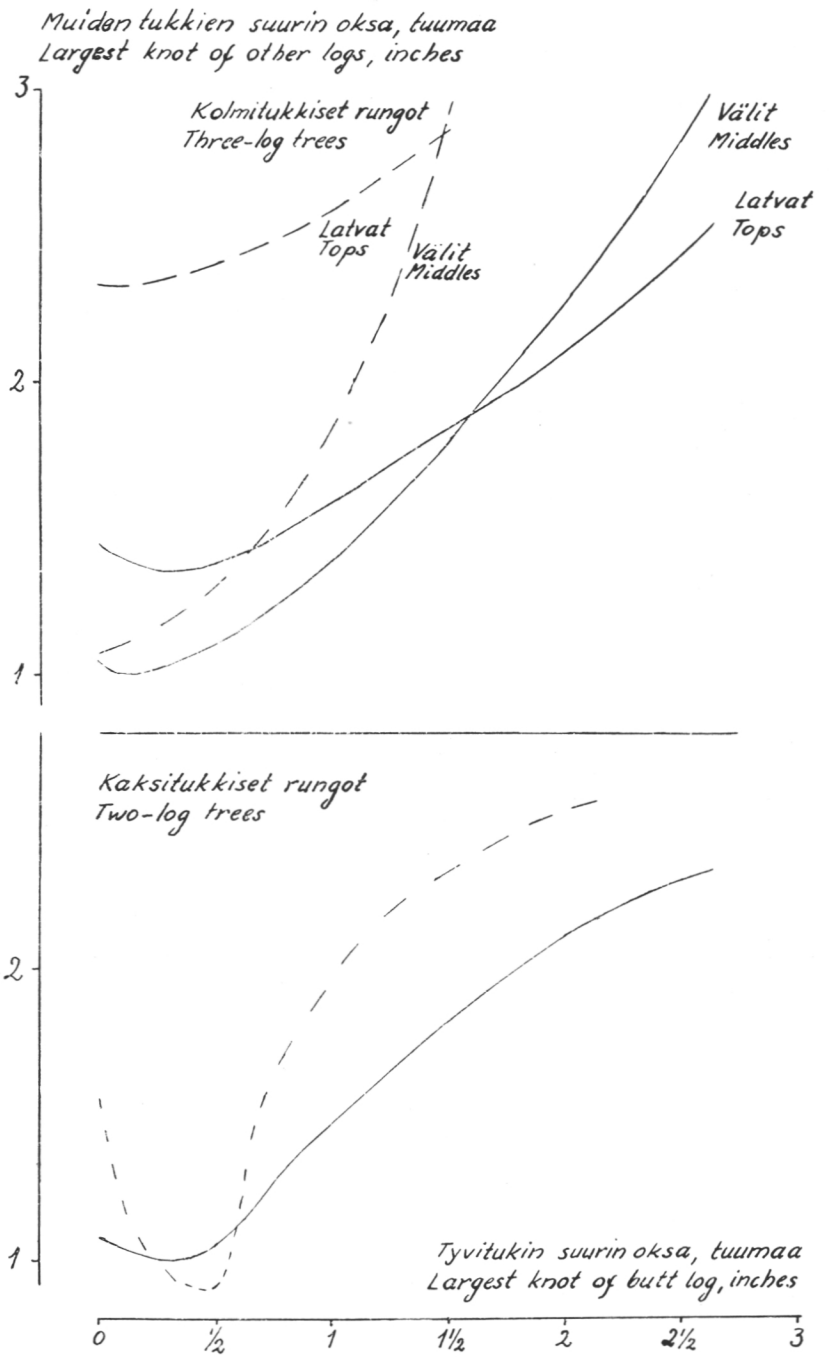
Taulukko 18. Väli- ja latvatukkien suurimpien oksien riippuvuus tyvitukin suurimmasta oksasta.

Table 18. Dependence of the biggest knots of middle and top logs on the biggest knot of the butt log.

Tukin asema *Position of log*	Tyvitukin suurin oksa, " — *Biggest knot of butt log, in.*										
	0	¼	½	¾	1	1¼	1½	1¾	2	2¼	2½+
	Muiden tukkien suurin oksa, " — *Biggest knot of other logs, in.*										
	Ikäluokka > 121 v. — *Age class* > 121 *yrs* 2-tukkiset rungot — *Two-log trees*										
latva — *top*	1.58	1.00	0.91	1.73	2.27	2.20	2.21	..	2.75	..	..
	3-tukkiset rungot — *Three-log trees*										
väli — *middle*	1.06	..	1.50	1.50	1.61	2.50	2.88	..	2.00	..	..
latva — *top*	2.29	..	2.60	2.36	2.29	2.81	2.88	..	2.00	..	..
	4-tukkiset rungot — *Four-log trees*										
1. väli — *1st middle*	0.38	..	..	1.75	..	1.25	.	..	..	..	..
2. väli — *2nd middle*	1.84	..	..	3.00	..	2.00	..	..	..	..	..
latva — *top*	2.38	..	..	2.75	..	3.00	..	..	..	..	..
	Ikäluokka 81—120 v. — *Age class* 81—120 *yrs* 2-tukkiset rungot — *Two-log trees*										
latva — *top*	1.08	0.98	1.04	1.27	1.50	1.62	1.74	2.07	2.07	2.50	2.33
	3-tukkiset rungot — *Three-log trees*										
väli — *middle*	1.05	1.00	1.09	1.23	1.48	1.63	1.83	2.11	2.15	1.25	2.88
latva — *top*	1.45	1.38	1.38	1.53	1.59	1.85	1.80	2.07	1.90	1.50	2.75
	4-tukkiset rungot — *Four-log trees*										
1. väli — *1st middle*	1.38	0.75	1.25	1.29	1.45	1.70	2.00	2.00	3.00	..	..
2. väli — *2nd middle*	1.38	1.50	1.68	1.66	1.64	1.70	1.79	2.00	2.50	..	..
latva — *top*	1.75	1.75	1.86	1.84	1.75	1.65	1.71	2.50	2.50	..	..

Taulukkoa tutkittaessa nähdään myös, että oksatonta tyvitukkia seuraavissa väli- ja latvatukeissa suurin oksa on keskimäärin suurempi kuin väli- ja latvatukeissa, joita edeltävän tyvitukin suurin oksa on ollut ¼—½" paksuinen. Tämä ero on hyvin selvä yli-ikäisten metsien kaksitukkisissa rungoissa (vrt. piirros 4). Se johtuu ensi sijassa siitä, että päältäpäin oksattomiin tukkeihin sisältyy tukkeja, joissa saattaa olla suuriakin kylestyneitä oksia, kun taas tukissa, jossa on pieni oksa näkyvissä, ei yleensä ole suuria oksia kylestyneenä. Mainittakoon myös, että oksankyhmyjä ei ole voitu ottaa huomioon näissä laskelmissa.

Havaitaan, että on olemassa selvä ero hakkuuikäisten ja yli-ikäisten metsien välillä. Hakkuuikäisissä metsissä vastaa tiet-



Piirros 4. Väli- ja latvatukkien suurimman oksan riippuvuus tyvitukin suurimmasta oksasta.
(— — — — yli-ikäiset ———— hakkuuikäiset.)

Sketch 4. Correlation between the biggest knot of the middle and top logs on the biggest knot of butt log.
(— — — — overmature ———— mature.)

tyä tyvitukin suurinta oksaa väli- ja latvatukeissa pienempi suurin oksa kuin yli-ikäisissä metsissä. Syy tällaiseen asiantilaan on sama kuin edellä esitetty eri oksaisuusluokkien suurimpien oksien kokoeroavaisuuksiin vaikuttanut syy (s. 45).

Huolimatta pienistä epäsäännöllisyyksistä tyvitukin ja latvatukkien suurimpien oksien välisessä riippuvuudessa, voidaan tuloksista päätellä, että tyvitukin ja latvatukin oksaisuuden välillä vallitsee selvä positiivinen korrelaatio. Tyvitukin oksaisuuden avulla voidaan siis joltisellakin tarkkuudella arvostella myös väli- ja latvatukkien oksaisuutta. Sahatukkien laatuluokituksessa liikutaan kuitenkin vielä karkeammissa oksaisuusluokissa kuin esitetyissä laskelmissa käytetty ¼"-luokitus. Siksi onkin siirryttävä tarkastelemaan tyvi- ja muiden tukkien laatuluokituksen mukaisten oksaisuusluokkien välistä riippuvuutta. Sitä ennen luodaan katsaus tyvitukin oksaisuusluokan vaikutukseen väli- ja latvatukkien eri oksaisuusluokkien suurimpaan oksaan.

5522. *Tyvitukin oksaisuusluokan vaikutus latvatukkien eri luokkien suurimpaan oksaan.*

Tyvitukkien ja toisaalta väli- ja latvatukkien oksaisuuden välillä vallitsee siis selvä positiivinen korrelaatio. Mitä suurempi tyvitukin suurin oksa on, sitä suurempi oksa on keskimäärin latvatukissakin. On mielenkiintoista tutkia, onko tällainen riippuvuus voimassa myös eri oksaisuusluokkien

Taulukko 19. Kaksitukkisten runkojen eri oksaisuusluokkien latvatukkien suurimman oksan riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Table 19. Dependence of the biggest knot of the top logs of various knottiness classes on the butt log knottiness class in two-log stems.

	Tyvitukin oks. luokka — *Butt log knottiness class*					
	I		II		III	
	kpl. *number*	latvatukin oksa," *Top log knot, in.*	kpl. *number*	latvatukin oksa," *Top log knot, in.*	kpl. *number*	latvatukin oksa," *Top log knot, in.*
	Oksaisuusluokka II — *Knottiness class II*					
Yli-ikäiset metsät — *Overmature forests*	58	0.73	12	0.80	—	..
Hakkuuikäiset metsät — *Mature forests*	167	0.78	71	0.84	—	..
	Oksaisuusluokka III — *Knottiness class III*					
Yli-ikäiset metsät — *Overmature forests*	266	1.81	54	1.85	21	2.35
Hakkuuikäiset metsät — *Mature forests*	353	1.28	427	1.34	109	1.63

sisällä. Senvuoksi on selvitettävä, vaikuttaako tyvitukin oksaisuus latvatukkien eri oksaisuusluokkien todelliseen oksaisuuteen. Kysymystä tarkastellaan koeleimikkoaineiston kaksi- ja kolmitukkisten runkojen mittaustuloksien perusteella.

Taulukoissa 19 ja 20 on esitetty kaksi- ja kolmitukkisten runkojen eri oksaisuusluokkien väli- ja latvatukkien suurimman oksan riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Taulukosta 19 nähdään, että kaksitukkisissa rungoissa sekä II että III luokan latvatukkien suurin oksa on sitä suurempi, mitä huonompaan oksaisuusluokkaan tyvitukki kuuluu. Erot I ja II luokan tyvitukkeja seuraavien latvatukkien oksaisuudessa ovat melko vähäiset, mutta sen sijaan on selvästi nähtävissä, että III oksaisuusluokan runkojen III luokan latvatukkien suurin oksa on suurempi kuin I ja II oksaisuusluokkaan kuuluvien puiden III luokan latvatukkien suurin oksa.

Taulukko 20. Kolmitukkisten runkojen eri oksaisuusluokkien väli- ja latvatukkien suurimman oksan riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Table 20. Dependence of the biggest knot of middle and top logs of different knottiness classes on the butt log knottiness class in three-log stems.

	Tyvitukin oks. luokka — *Butt log knottiness class*					
	I		II		III	
	kpl. *number*	Latvatukkien oksa," *Top log knot, in.*	kpl. *number*	Latvatukkien oksa," *Top log knot, in.*	kpl. *number*	Latvatukkien oksa," *Top log knot, in.*
	Oksaisuusluokka II — *Knottiness class II*					
Yli-ikäiset metsät — *Overmature forests*	105	0.70	14	0.70	—	..
Hakkuuikäiset metsät — *Mature forests*	181	0.83	58	0.90	—	..
	Oksaisuusluokka III — *Knottiness class III*					
Yli-ikäiset metsät — *Overmature forests*	327	2.25	48	2.18	—	..
Hakkuuikäiset metsät — *Mature forests*	515	1.38	466	1.52	132	1.80

Taulukosta 20 taas ilmenee, että yli-ikäisten metsien kolmitukkisissa rungoissa ei ole havaittavissa em. riippuvuutta. Sen sijaan hakkuuikäisten metsien kohdalla riippuvuus on aivan samanlainen kuin kaksitukkisissakin rungoissa.

Voidaan siis sanoa, että tyvitukin oksaisuuden vaikutus ilmenee jonkin verran latvatukkien oksaisuusluokkien todellisessa oksaisuudessakin. Kunkin oksaisuusluokan latvatukkien todellinen oksaisuus on keskimäärin, varsinkin hakkuuikäi-

sissä metsissä sitä vähäisempi, mitä parempaan oksaisuusluokkaan ko. rungon tyvitukki kuuluu.

5523. *Tyvi- ja latvatukkien oksaisuusluokka.*

Tyvitukin ja muiden samasta rungosta saatavien tukkien oksaisuuden välillä vallitsee, kuten edellä esitettiin, melko selvä riippuvuussuhde. Onkin siis syytä tarkastella, onko esillä olevaa laatuluokitusta käytettäessä havaittavissa niin selvää riippuvuutta tyvi- ja toisaalta väli- ja latvatukkien laatuja oksaisuusluokkien välillä, että määrittämällä tyvitukin oksaisuus- tai laatuluokka voitaisiin saada riittävän tarkoin selville koko rungon sahausteknillinen kelpoisuus.

Tarkastelussa, joka suoritetaan, kuten on mainittu, oksaisuusluokkien perusteella, käsitellään kaksi-, kolmi- ja nelitukkiset rungot erikseen. Yksitukkiset rungot eivät kaipaa erikoiskäsittelyä, koska niissä tyvitukki muodostaa koko tukkiosan, joten sen oksaisuusluokka osoittaa samalla koko tukkiosan keskimääräisen oksaisuusluokan.

55231. Kaksitukkiset rungot.

Kaksitukkisten runkojen latvatukkien jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin on esitetty taulukossa 21 koeleimikoittain erikseen I ja II oksaisuusluokan rungoissa. Rungot, joiden tyvitukki kuuluu III oksaisuusluokkaan, on jätetty pois taulukosta, koska aineiston mukaan niiden kaikki latvatukitkin kuuluvat III oksaisuusluokkaan.

Taulukosta ilmenee, että kaikissa koeleimikoissa latvatukkien joukossa on sitä vähemmän hyviin oksaisuusluokkiin kuuluvia tukkeja, mitä huonompi tyvitukin oksaisuusluokka on. Poikkeuksen tekee kuitenkin Ruotsinkylän leimikko, jossa II luokan runkojen latvatukit näyttävät olevan oksaisuudeltaan parempia kuin I luokan runkojen latvat. Siellä aineisto oli kuitenkin sangen pieni, vain 48 kaksitukkista runkoa, joten havaittu epäsäännöllisyys saattaa johtua aineiston vähyydestäkin.

Taulukosta havaitaan myös, että eri leimikoiden tulokset eroavat huomattavasti toisistaan. Osittain nämä erot saattavat johtua leimikon iästä, jonka vaikutus ei kuitenkaan ilmene selvänä tästä koeleimikkoaineistosta. Saarijärven leimikko on näet hieman erikoinen, sillä siellä monet puut rikkoutuivat kaadettaessa. Sen vuoksi kaksitukkisiin runkoihin sisältyy jonkin verran itseasiassa kolmitukkisia puita, joiden latva oli katkennut kaadon yhteydessä ja jonka vuoksi niistä saatiinkin vain kaksi tukkia.

Verrattaessa yli-ikäisen (>121 v.) Ruotsinkylän leimikon tuloksia hakkuuikäisten (81—120 v.) leimikoiden tuloksiin nähdään, että hakkuuikäisissä

Taulukko 21. Kaksitukkisten runkojen tyvitukin ja latvatukin oksaisuusluokkien välinen riippuvuus eri leimikoissa.

Table 21. Correlation between the knottiness classes of the butt log and top log of two-log stems in the different stands.

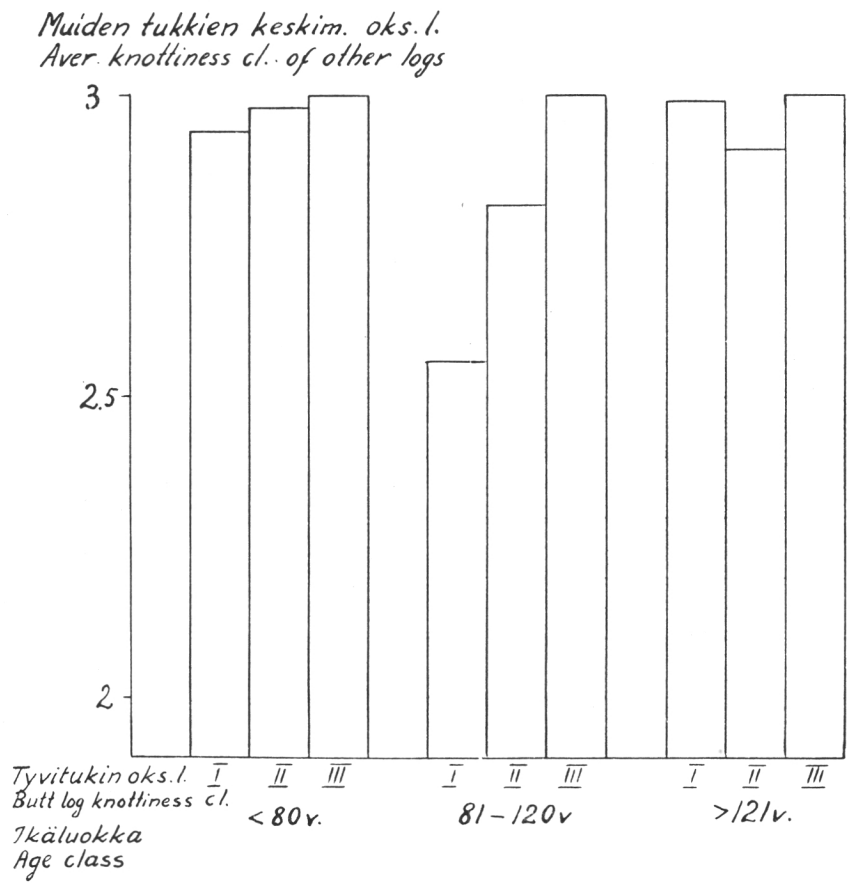
Leimikko *Stand*	Ikäluokka *Age class*	Runkoja kpl. *Number of stems*	Latvatukin oksaisuusluokka *Top log knottiness class* I	II	III
			%		
			Tyvitukin oksaisuusluokka I *Butt log knottiness class I*		
Hirvensalmi	81—120	212	0.3	14.0	85.7
Evo	81—120	71	1.8	72.8	25.4
Kaltimo	81—120	209	0.4	34.8	64.8
Ristiina	81—120	28	—	47.7	52.3
Ruotsinkylä	>121	29	—	7.4	92.6
Saarijärvi	>121	295	1.9	19.1	79.0
Keskim. — *Average*		844	0.7	32.6	66.7
			Tyvitukin oksaisuusluokka II *Butt log knottiness class II*		
Hirvensalmi	81—120	143	—	1.7	98.3
Evo	81—120	111	—	33.3	66.7
Kaltimo	81—120	166	—	10.3	89.7
Ristiina	81—120	78	—	19.6	80.4
Ruotsinkylä	>121	19	—	23.8	76.2
Saarijärvi	>121	47	—	15.8	84.2
Keskim. — *Average*		564	—	17.4	82.6

metsissä sekä I että II luokan tyviä seuraavien latvatukkien keskimääräinen oksaisuusluokka on parempi kuin yli-ikäisissä metsissä, joita edustaa siis vain Ruotsinkylän leimikko. Myös koeala-aineisto tukee tätä käsitystä, kuten piirroksessa 5 esitetyistä I, II ja III oksaisuusluokan runkojen latvatukkien keskimääräisistä oksaisuusluokista ilmenee.

Piirroksesta havaitaan yhtäpitävästi koeleimikkoaineiston kanssa seuraavat säännönmukaisuudet:

1. Ikäluokassa 81—120 v. latvatukit ovat kaikkien oksaisuusluokkien rungoissa parhaita oksaisuutensa kannalta. Myös II oksaisuusluokan runkojen latvatukkien keskimääräinen oksaisuusluokka on parempi kuin muiden ikäluokkien I oksaisuusluokan rungoissa.

2. Nuorien (<80 v.) ja yli-ikäisten (>121 v.) metsien välillä ei ole olemassa sanottavaa eroa. Kummassakin ikäluokassa miltei kaikki I ja II oksaisuusluokan runkojen latvatukit kuuluvat III oksaisuusluokkaan. Nuorissa metsissä kaikki kaksitukkisetkin puut ovat vallitsevien latvuskerrosten paksuoksaisia runkoja, sillä ohutoksaiset, vallitut puut eivät niissä vielä ole ehtineet kasvaa tarpeeksi suuriksi antaakseen kaksi tukkia. Vanhoissa, yli-ikäisissä puissa latvat puolestaan ovat tunnetusti paksuoksaisia, sillä



Piirros 5. Eri oksaisuusluokkien kaksitukkisten runkojen latvatukkien keskim. oksaisuusluokat ikäluokittain.

Sketch 5. Average knottiness classes of the top logs of two-log stems of various butt log knottiness classes by age classes.

oksat ovat pitkänä elinaikanaan ehtineet kasvaa paksummiksi kuin nuoremmissa puissa (ks. s. 45).

Lähdettäessä kehittämään tyvitukin oksaisuusluokkaan pohjautuvaa luokitussysteemiä on siis kaksitukkisten runkojen kohdalla ikäluokka otettava huomioon luokitusperusteena. — Lisäksi aineisto osoittaa, että myös läpimitta on otettava huomioon menetelmää kehitettäessä. Taulukossa 22 on esitetty koeala-aineiston mukaisesti latvatukkien jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin eri läpimittaluokkien kaksitukkisissa rungoissa, joiden tyvitukki kuuluu I ja II luokkaan.

Taulukosta ilmenee, että kaikissa ikä- ja oksaisuusluokissa pienimmät kaksitukkiset rungot ovat parhaita latva-

Taulukko 22. Kaksitukkisten runkojen tyvitukin ja latvatukin oksaisuusluokkien välinen riippuvuus läpimittaluokittain ja ikäluokittain.

Table 22. Dependence of the knottiness classes of top logs on the butt log knottiness class in two-log stems of different sizes and ages.

D1.3-luokka, " *Dbh-class, inches*	Tyvitukin oksaisuusluokka — *Butt log knottiness class*							
	I				II			
	Runkoja kpl. *Number of stems*	Latvatukin oks. l. *Top log knottiness class*			Runkoja kpl. *Number of stems*	Latvatukin oks. l. *Top log knottiness class*		
		I	II	III		I	II	III
		%				%		
		Ikäluokka < 80 v. — *Age class < 80 yrs*						
7	—	..	..	..	—	..	..	..
9	8	—	13	87	136	—	4	96
11	8	—	—	100	123	—	—	100
13	—	—	—	(100)	13	—	—	100
15	1	—	—	100	1	—	—	100
		Ikäluokka 81—120 v. — *Age class 81—120 yrs*						
7	5	—	80	20	2	—	50	50
9	53	8	60	32	93	—	35	65
11	49	—	10	90	135	—	7	93
13	4	—	—	100	20	—	—	100
15	—	—	—	(100)	—	—	—	(100)
		Ikäluokka > 121 v. — *Age class > 121 yrs*						
7	2	—	50	50	—	..	..	..
9	48	—	2	98	70	—	11	89
11	75	—	—	100	92	—	9	91
13	20	—	—	100	9	—	—	100
15	—	—	—	(100)	—	—	—	(100)

tukkiensa oksaisuuden kannalta, ja samoin havaitaan, että 13″ ja sitä suuremmissa rungoissa kaikki latvatukit kuuluvat III oksaisuusluokkaan. Tämä johtuu siitä, että pienet rungot kuuluvat yleensä vallittuun latvuskerrokseen, jossa oksat kuolevat nuoremmalla iällä ja siis ohuempina kuin vallitsevien latvuskerrosten puissa. Elävä latvus, jossa oksat ovat vielä elossa ja kasvavat paksuutta, on vallituissa puissa monesti niin lyhyt, että tukkiosa tuskin ulottuu sinne asti. Sama suunta on havaittavissa myös koeleimikkoaineistosta, kuten hakkuuikäisten leimikkojen kaksitukkisten runkojen keskimääräiset latvatukkien oksaisuusluokat osoittavat:

D1.3-luokka, "	Tyvitukin oksaisuusluokka		
	I	II	III
	Latvatukkien keskim. oksaisuusluokka		
7	2.40	2.49	3.00
9	2.49	2.74	3.00
11	2.81	2.94	3.00
13	2.98	3.00	3.00
15	3.00	3.00	3.00

Tulokset ovat hyvin samanlaiset koeala-aineiston antamien tietojen kanssa, kuten taulukkoon 22 verrattaessa nähdään. Vastaavassa ikäluokassa, 81—120 v., taulukosta 22 lasketut latvatukkien keskim. oksaisuusluokat ovat läpimittaluokittain rungoissa, joiden tyvitukki kuuluu I luokkaan, 2.20, 2.24, 2.90, 3.00 sekä 3.00 ja rungoissa, joiden tyvitukki kuuluu II luokkaan, 2.50, 2.65, 2.93, 3.00 ja 3.00.

55232. Kolmitukkiset rungot.

Kolmitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin tyvitukin oksaisuusluokasta riippuen on esitetty taulukossa 23 koeleimikoittain. Tähänkin taulukkoon on otettu vain I ja II oksaisuusluokan rungot. III luokan rungot on jätetty pois, koska niiden väli- ja latvatukitkin kuuluvat käytännöllisesti katsoen aina III oksaisuusluokkaan. Aineistoon sisältyi näet vain yksi kolmitukkinen runko, jossa välitukki täytti II oksaisuusluokan vaatimukset, vaikka tyvitukki jouduttiin viemään III luokkaan. Sekin oli ilmeinen poikkeustapaus, sillä po. rungossa muutoin II oksaisuusluokan vaatimukset täyttävä tyvitukki joutui III luokkaan pystyoksan vuoksi.

Taulukko 23. Kolmitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien oksaisuusluokan riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta eri leimikoissa.

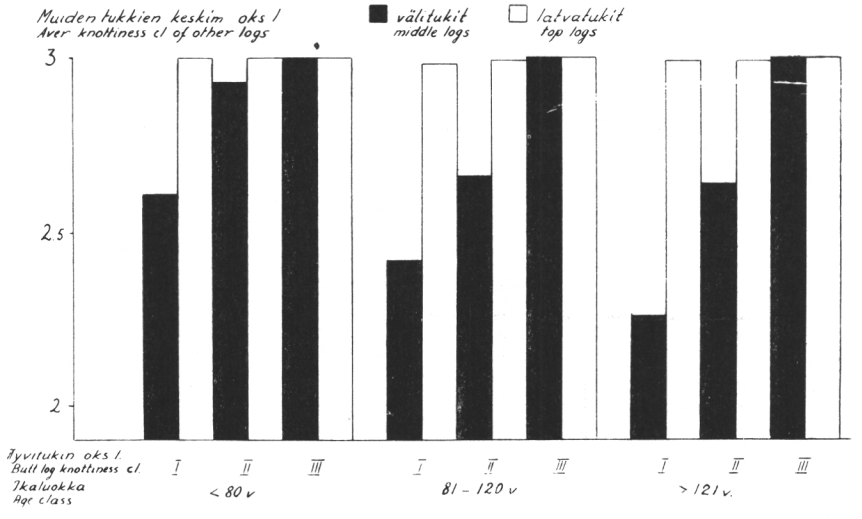
Table 23. Dependence of the knottiness class of middle and top logs on the butt log knottiness class in three-log stems by sample stands.

Leimikko *Stand*	Ikäluokka *Age class*	Runkoja kpl. *Number of stems*	Välitukit — *Middle logs*			Latvatukit — *Top logs*		
			I	II	III	I	II	III
			%					
			Tyvitukin oksaisuusluokka I *Butt log knottiness class I*					
Hirvensalmi	81—120	161	5.3	28.7	66.0	—	1.4	98.6
Evo	81—120	66	1.8	83.7	14.5	—	12.5	87.5
Kaltimo	81—120	77	6.8	45.3	47.9	—	7.4	92.6
Ristiina	81—120	44	—	52.1	47.9	—	13.1	86.9
Ruotsinkylä	>121	127	24.9	45.0	30.1	—	1.8	98.2
Saarijärvi	>121	89	13.2	48.5	38.3	—	3.1	96.9
Keskim. — *Average*		564	10.3	46.0	43.6	—	4.8	95.2
			Tyvitukin oksaisuusluokka II *Butt log knottiness class II*					
Hirvensalmi	81—120	35	—	8.7	91.3	—	—	100.0
Evo	81—120	117	—	28.7	71.3	—	4.0	96.0
Kaltimo	81—120	30	—	16.5	83.5	—	3.2	96.8
Ristiina	81—120	80	—	13.1	86.9	—	0.8	99.2
Ruotsinkylä	>121	25	—	48.3	51.7	—	—	100.0
Saarijärvi	>121	6	—	25.2	74.8	—	—	100.0
Keskim. — *Average*		293	—	22.4	77.6	—	2.1	97.9

Taulukosta 23 ilmenee, että jokaisessa koeleimikossa I ja II oksaisuusluokan osuus kolmitukkisten runkojen väli- ja latvatukeista on I oksaisuusluokan rungoissa suurempi kuin II oksaisuusluokan rungoissa. Kuten edellä mainittiin, kaikki III oksaisuusluokan runkojen väli- ja latvatukit kuuluvat III luokkaan.

Eri leimikkoja toisiinsa verrattaessa nähdään, että ne eroavat melko paljon toisistaan. Osaksi erot johtuvat myös kolmitukkisten runkojen kohdalla leimikon iästä, sillä yli-ikäiset (>121 v.) leimikot, Ruotsinkylä ja Saarijärvi, eroavat selvästi muista, hakkuuikäisistä (81—120 v.) leimikoista. Yli-ikäisten leimikkojen I oksaisuusluokan runkojen välitukeista I luokan osuus on huomattavasti suurempi kuin hakkuuikäisten leimikoiden vastaavista tukeista. I oksaisuusluokan osuus on yli-ikäisten runkojen välitukeista 19.1 %, mutta hakkuuikäisissä vain 3.5 %. Myös II luokan runkojen välitukkien keskuudessa II oksaisuusluokan osuus, 36.8,% on yli-ikäisissä metsissä suurempi kuin hakkuuikäisissä leimikoissa, joissa se on vain 16.8 %. Yli-ikäisten metsien kolmitukkisten runkojen välitukit ovat siis keskimäärin parempia oksaisuudeltaan kuin vastaavanlaiset hakkuuikäisten leimikkojen välitukit.

Latvatukeissa suhde eri ikäluokkien välillä sen sijaan on päinvastainen. Hakkuuikäisissä metsissä II oksaisuusluokan osuus latvatukeista on jonkin verran suurempi kuin yli-ikäisissä metsissä. Kummassakin ikäluokassa II



Piirros 6. Eri oksaisuusluokkien kolmitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien keskimääräiset oksaisuusluokat ikäluokittain.

Sketch 6. Average knottiness classes of the middle and top logs of three-log stems of various butt log knottiness classes, by age classes.

oksaisuusluokan latvatukkeja on huomattavasti vähemmän kuin kaksitukkisissa rungoissa. I luokkaan kuuluvaa latvatukkia ei aineistoon ole sisältynyt yhtään kappaletta. II oksaisuusluokan runkojen miltei kaikki latvatukit kuuluvat jo III oksaisuusluokkaan.

Koeala-aineisto tukee myös edellä esitettyä koeleimikkoaineiston antamaa tulosta eri ikäluokkien välisestä suhteesta, kuten piirroksesta 6, jossa on esitetty eri oksaisuusluokkien runkojen väli- ja latvatukkien keskimääräiset oksaisuusluokat, havaitaan.

Piirroksesta 6 nähdään, että välitukit ovat ikäluokassa >121 v. parhaimmat, ja niiden keskimääräinen oksaisuusluokka huononee nuoremmissa ikäluokissa. Erittäin selvänä tämä eri ikäluokkien välinen ero nähdään I oksaisuusluokan rungoissa. Tällainen riippuvuus iästä onkin varsin helposti käsitettävissä, sillä oksien kuoleminen, karsiutuminen ja kylestyminen alka-

Taulukko 24. Eri kokoisten ja ikäisten kolmitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien oksaisuusluokkien riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Table 24. Dependence of the knottiness classes of the middle and top logs on the butt log knottiness class in three-log stems of different sizes and ages.

D1.3-luokka, " *Dbh. class, in.*	Tyvitukin oksaisuusluokka — *Butt log knottiness class*													
	I						II							
	Runkoja kpl. *no. of stems*	Välitukin oks. luokka *Middle log knottiness class*			Latvatukin oks. luokka *Top log knottiness class*			Runkoja kpl. *no. of stems*	Välitukin oks. luokka *Middle log knottiness class*			Latvatukin oks. luokka *Top log knottiness class*		
		I	II	III	I	II	III		I	II	III	I	II	III
		%							%					
		Ikäluokka < 80 v. — *Age class* < 80 *yrs*												
9	1	—	100	—	—	—	100	—	..	..	..	..	..	..
11	21	5	43	52	—	—	100	8	—	25	75	—	—	100
13	12	—	25	75	—	—	100	91	—	10	90	—	—	100
15	3	—	—	100	—	—	100	56	—	2	98	—	—	100
17	1	—	—	100	—	—	100	15	—	—	100	—	—	100
19	—	—	—	(100)	—	—	(100)	—	—	—	(100)	—	—	(100)
		Ikäluokka 81—120 v. — *Age class* 81—120 *yrs*												
9	30	17	63	20	—	4	96	14	—	79	21	—	—	100
11	113	2	66	32	—	3	97	179	—	34	66	—	1	99
13	86	1	33	66	—	1	99	182	—	14	86	—	1	99
15	15	—	20	80	—	—	100	34	—	3	97	—	—	100
17	—	—	—	(100)	—	—	(100)	4	—	—	100	—	—	100
19	—	—	—	(100)	—	—	(100)	—	—	—	(100)	—	—	(100)
		Ikäluokka > 121 v. — *Age class* 81—120 *yrs*												
9	8	—	100	—	—	13	88	6	—	50	50	—	—	100
11	115	10	70	20	—	3	97	73	—	45	55	—	3	97
13	126	9	55	36	—	—	100	79	—	33	67	—	—	100
15	55	9	50	41	—	—	100	28	—	25	75	—	—	100
17	18	6	37	57	—	—	100	5	—	20	80	—	—	100
19	4	—	25	75	—	—	100	2	—	—	100	—	—	100

vat tyvestä, joten iän kasvaessa oksattoman, hyviin oksaisuusluokkiin kelpaavan osan pituus kasvaa (ks. s. 100).

Latvatukkien oksaisuusluokissa ei ole sanottavaa eroa eri ikäluokkien välillä, vaan kaikissa ikäluokissa tyvitukin oksaisuusluokasta riippumatta miltei jokainen latvatukki kuuluu III oksaisuusluokkaan.

Kolmitukkisissakin rungoissa on siis ikäluokka otettava huomioon tyvitukin perusteella tapahtuvaa luokitusmenetelmää kehitettäessä. Lisäksi molemmat aineistot osoittavat, että myös puiden järeys vaikuttaa väli- ja latvatukkien oksaisuusluokkajakaantumiseen, kuten taulukosta 24 havaitaan. Siinä on esitetty koeala-aineiston mukaisesti väli- ja latvatukkien jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin I ja II oksaisuusluokkien rungoissa. III oksaisuusluokan rungot on jätetty pois edellä jo useaan kertaan mainitusta syystä.

Taulukko osoittaa, että kaikissa ikä- ja oksaisuusluokissa hyviin oksaisuusluokkiin kelpaavien välitukkien osuus vähenee rungon rinnankorkeusläpimitan suuretessa. Erittäin selvänä tämä on nähtävissä ikäluokissa < 80 v. ja 81—120 v., mutta myös vanhimmissa yli 121 vuotisissa metsissä välitukkien keskimääräinen oksaisuusluokka huononee rinnankorkeusläpimitan suuretessa. Latvatukeissakin on havaittavissa vastaava riippuvuus, joka kuitenkin on varsin heikko.

Koeleimikkoaineiston tulokset osoittavat samanlaista riippuvuutta väli- ja latvatukkien oksaisuusluokan sekä rungon rinnankorkeusläpimitan välillä. Se nähdään seuraavasta asetelmasta, jossa on esitetty keskimääräiset väli- ja latvatukkien oksaisuusluokat ikäluokittain I ja II oksaisuusluokkien rungoissa koeleimikkoaineiston mukaan.

Yli-ikäisissä (>121 v.) metsissä keskimääräiset väli- ja latvatukkien oksaisuusluokat ovat eri läpimittaluokissa seuraavat:

D1.3-luokka, cm	Tyvitukin oksaisuusluokka I		II		III	
	Keskim. oksaisuusluokka					
	välit	latvat	välit	latvat	välit	latvat
9	1.75	3.00	..	..	3.00	3.00
11	2.19	2.93	2.74	3.00	3.00	3.00
13	2.13	3.00	2.36	3.00	3.00	3.00
15	2.03	2.99	2.76	3.00	3.00	3.00
17	2.39	2.93	2.63	3.00	3.00	3.00
19	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Hakkuuikäisissä (81—120 v.) metsissä taas keskimääräiset oksaisuusluokat ovat läpimittaluokittain seuraavat:

D1.3-luokka, "	Tyvitukin oksaisuusluokka I		II		III	
	Keskim. oksaisuusluokka					
	välit	latvat	välit	latvat	välit	latvat
9	2.23	2.67	2.63	2.88	3.00	3.00
11	2.33	2.95	2.72	2.98	3.00	3.00
13	2.46	2.94	2.84	3.00	3.00	3.00
15	2.67	3.00	2.89	3.00	3.00	3.00
17	2.62	3.00	2.96	3.00	3.00	3.00
19	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Yli-ikäisissä leimikoissa ei siis ole koeleimikkoaineiston mukaan olemassa selvää riippuvuutta rungon rinnankorkeusläpimitan ja keskim. oksaisuusluokan välillä. Sen sijaan hakkuuikäisten leimikkojen antamat tulokset käyvät varsin hyvin yhteen taulukossa 24 esitettyjen pystykoealaaineistosta ikäluokalle 81—120 v. laskettujen tulosten kanssa.

55233. Nelitukkiset rungot.

Nelitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien suhteellinen jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin tyvitukin oksaisuusluokasta riippuen on esitetty koeleimikoittain taulukossa 25. Hirvensalmen ja Kaltimon leimikoissa ei ollut

Taulukko 25. Nelitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien oksaisuusluokan riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta eri leimikoissa.

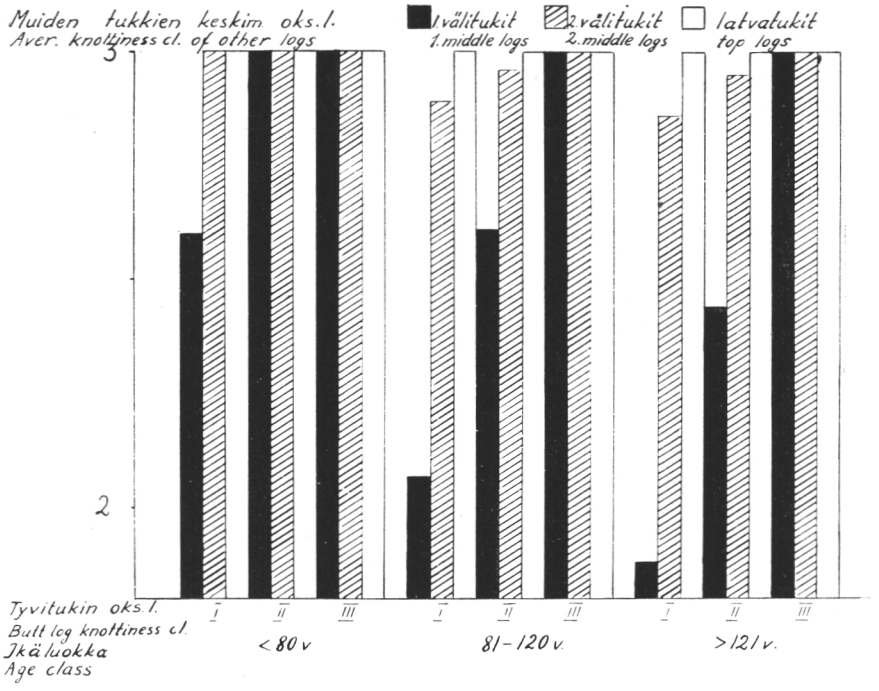
Table 25. Dependence of the knottiness class of middle and top logs on the butt log knottiness class in four-log stems in the different sample stands.

Leimikko *Stand*	Ikäluokka *Age class*	Runkoja kpl. *No. of stems*	1. välitukit *1st. middle logs*			2. välitukit *2nd middle logs*			Latvatukit *Top logs*		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III
			%								
			Tyvitukin oksaisuusluokka I *Butt log knottiness class I*								
Evo	81—120	10	—	71.6	28.4	—	19.7	80.3	—	—	100.0
Ristiina	81—120	9	—	75.7	24.3	—	15.4	84.6	—	—	100.0
Ruotsinkylä	>121	37	37.9	52.4	9.7	—	26.3	73.7	—	—	100.0
Saarijärvi	>121	2	—	100.0	—	—	—	100.0	—	—	100.0
Keskim. — *Average*		58	24.5	60.9	14.6	—	22.7	77.3	—	—	100.0
			Tyvitukin oksaisuusluokka II *Butt log knottiness class II*								
Evo	81—121	20	—	45.1	54.9	—	5.4	94.6	—	—	100.0
Ristiina	81—120	20	—	44.8	55.2	—	—	100.0	—	—	100.0
Ruotsinkylä	>121	4	—	74.5	25.5	—	—	100.0	—	—	100.0
Saarijärvi	>121	1	—	—	100.0	—	—	100.0	—	—	100.0
Keskim. — *Average*		45	—	44.9	55.1	—	1.4	98.2	—	—	100.0

ainoatakaan nelitukkista runkoa, jonka vuoksi mainitut leimikot eivät esiinny taulukossa.

Taulukosta nähdään, että myös nelitukkisissa rungoissa tyvitukin sekä välitukkien oksaisuusluokkien välillä vallitsee selvä riippuvuus. Mitä parempaan oksaisuusluokkaan tyvitukki kuuluu, sitä suurempi on hyvien, I ja II oksaisuusluokkien osuus välitukeista. Kaikki latvatukit kuuluvat sen sijaan III oksaisuusluokkaan riippumatta tyvitukin oksaisuudesta.

Evon ja Ristiinan leimikot, jotka molemmat kuuluivat hakkuuikäisiin metsiin, ovat antaneet keskenään miltei samanlaisen tuloksen, josta toisten leimikkojen tulokset eroavat kumpikin omaan suuntaansa. Saarijärven aineisto on kuitenkin niin pieni, vain kaksi tyvitukiltaan I luokkaan ja yksi II luokkaan kuuluva runko, että ko. leimikko on jätettävä huomioon ottamatta. Ruotsinkylän leimikossa aineistoa on sen sijaan I luokan rungoista riittävästi, joten sen osoittamille tiedoille voidaan antaa täysi arvo. Näyttää siis siltä, että yli-ikäisissä metsissä nelitukkisten runkojen välitukkien



Piirros 7. Eri oksaisuusluokkien nelitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien keskimääräiset oksaisuusluokat ikäluokittain.

Sketch 7. Average knottiness classes of the middle and top logs of four-log stems of various butt log knottiness classes, by age classes.

keskimääräinen oksaisuusluokka on kummassakin esitetyssä tyvitukin oksaisuusluokassa parempi kuin hakkuuikäisissä metsissä.

Tarkasteltaessa koeala-aineiston tuloksia havaitaan niissä sama säännönmukaisuus, joka on esitetty piirroksessa 7.

Piirroksesta 7 ilmenee, että nelitukkisten runkojen välitukkien keskimääräinen oksaisuusluokka paranee selvästi iän kasvaessa sekä I että II oksaisuusluokkien rungoissa. Latvatukit sen sijaan kuuluvat kaikissa rungoissa III oksaisuusluokkaan. Syyt näihin kummankin aineiston osoittamiin säännönmukaisuuksiin ovat samat, jotka esitettiin kolmitukkisten runkojen käsittelyn yhteydessä (ks. ss. 76—77).

Koeala-aineiston tarkastelu osoittaa lisäksi, että myös nelitukkisissa rungoissa läpimitta vaikuttaa välitukkien oksaisuusluokkajakaantumiseen, kuten taulukossa 26 on esitetty. Taulukossa on esitetty ikäluokasta < 80 v. vain keskiarvoiset jakaantumiset, koska niin nuoria nelitukkisia puita sisältyy aineistoon kaikkiaan vain kaksitoista runkoa. Yleensäkin näin nuoret nelitukkiset rungot ovat hyvin harvinaisia poikkeuksia, joita voidaan tavata vain parhailla kasvupaikoilla.

Taulukko 26. Eri kokoisten ja ikäisten nelitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien oksaisuusluokkien riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Table 26. Dependence of the knottiness classes of middle and top logs on the butt log knottiness class in four-log stems in the different sizes and ages.

D1.3-luokka, tuumaa *Dbh class, inches*	Tyvitukin oksaisuusluokka I *Butt log knottiness class I*										Tyvitukin oksaisuusluokka II *Butt log knottiness class II*									
	Runkoja kpl *No. of stems*	1. välitukit *1st middle logs*			2. välitukit *2nd middle logs*			Latvatukit *Top logs*			Runkoja kpl *No. of stems*	1. välitukit *1st middle logs*			2. välitukit *2nd middle logs*			Latvatukit *Top logs*		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III		I	II	III	I	II	III	I	II	III
	%																			
Keskim. *Average*	Ikäluokka < 80 v. — *Age class < 80 yrs*																			
	5	—	40	60	—	—	100	—	—	100	7	—	—	100	—	—	100	—	—	100
	Ikäluokka 81—120 v. — *Age class 81—120 yrs*																			
11	33	24	67	9	—	21	79	—	—	100	14	—	71	29	—	—	100	—	—	100
13	48	15	71	14	—	13	87	—	—	100	86	—	45	55	—	7	93	—	—	100
15	32	3	59	38	—	3	97	—	—	100	64	—	28	72	—	2	98	—	—	100
17	12	—	50	50	—	—	100	—	—	100	17	—	23	77	—	—	100	—	—	100
19	—	—	—	(100)	—	—	(100)	—	—	(100)	2	—	—	100	—	—	100	—	—	100
	Ikäluokka > 121 v. — *Age class > 121 yrs*																			
11	27	41	56	3	—	33	67	—	—	100	15	—	67	33	—	7	93	—	—	100
13	112	30	64	6	—	24	76	—	—	100	62	—	65	35	—	10	90	—	—	100
15	133	23	65	12	—	8	92	—	—	100	67	—	56	44	—	5	95	—	—	100
17	71	21	63	16	—	6	94	—	—	100	38	—	49	51	—	—	100	—	—	100
19	29	20	60	20	—	—	100	—	—	100	9	—	45	55	—	—	100	—	—	100

Tarkasteltaessa taulukkoa havaitaan, että läpimitan vaikutus välitukkien oksaisuusluokkajakaantumiseen on selvä myös nelitukkisissa rungoissa. Selvimpänä se ilmenee ikäluokassa 81—120 v., jossa I ja II oksaisuusluokkien osuus välitukeista on sitä suurempi mitä pienempi rungon rinnankorkeusläpimitta on. Näin on laita sekä rungoissa, joiden tyvitukki kuuluu luokkaan I, että rungoissa, joiden tyvitukin oksaisuusluokka on II. Samanlainen riippuvuus on havaittavissa myös ikäluokassa >121 v., mutta ei aivan niin selvänä kuin hakkuuikäisissä metsissä.

Nelitukkisia runkoja koskevat tutkimukset siis osoittavat, että riippuvuudet tyvitukin ja välitukkien oksaisuusluokkien välillä ovat niissä samantapaiset kuin kaksi- ja kolmitukkisissakin puissa.

55234. Yhdistelmä.

Yhdistelmänä tyvitukin ja rungon muiden tukkien oksaisuusluokkien välistä riippuvuutta koskevista tutkimuksista voidaan siis sanoa:

1. Ylempänä olevan tukin oksaisuusluokka on yleensä joko sama tai huonompi, ja vain hyvin harvinaisissa poikkeustapauksissa parempi kuin sitä edeltävän tukin oksaisuusluokka.

2. Sekä kaksi-, kolmi- että nelitukkisissa rungoissa sisältyy väli- ja latvatukkeihin sitä enemmän hyviin (I ja II) oksaisuusluokkiin kuuluvia tukkeja, mitä parempi tyvitukin oksaisuusluokka on. Kuitenkin miltei kaikki kolmi- ja kaikki nelitukkisten runkojen latvatukit kuuluvat III oksaisuusluokkaan riippumatta tyvitukin oksaisuudesta.

3. Sekä I että II oksaisuusluokan runkojen väli- ja latvatukkien keskimääräinen oksaisuusluokka on sitä parempi, mitä pienempi runko on kyseessä.

4. Kaksitukkisissa rungoissa I ja II oksaisuusluokan runkojen latvatukkien keskimääräinen oksaisuusluokka on paras ikäluokassa 81—120 v., mutta kolmi- ja nelitukkisissa rungoissa sen sijaan yli-ikäisissä, siis yli 121 vuotisissa metsissä.

553. Rungon jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin tyvitukin oksaisuusluokasta riippuen.

Edellä esitetystä on havaittu, että väli- ja latvatukkien oksaisuusluokka on yleensä keskimäärin sitä parempi, mitä parempi tyvitukin oksaisuusluokka on. Lisäksi on nähty, että latvatukkien tietyn oksaisuusluokan todellinen oksaisuus on sitä vähäisempi, mitä parempaan oksaisuusluokkaan niitä edeltävä tyvitukki kuuluu. Sen vuoksi näyttääkin siltä, että tyvitukin oksaisuusluokkaa voidaan melko hyvin käyttää koko rungon oksaisuusluokan kuvaajana.

Koeleimikkoaineiston mukaan ovat eri leimikoissa I ja II oksaisuusluokan eri pituisten runkojen keskimääräiset oksaisuusluokat seuraavat:

	1-tukkiset		2-tukkiset		3-tukkiset		4-tukkiset	
	I	II	I	II	I	II	I	II
				Keskim. oksaisuusluokka				
Hirvensalmi	1.00	2.00	1.75	2.37	1.93	2.49	..	..
Evo	1.00	2.00	1.52	2.26	1.79	2.43	1.97	2.48
Kaltimo	1.00	2.00	1.56	2.30	1.76	2.42	..	..
Ristiina	1.00	2.00	1.62	2.33	1.90	2.48	1.96	2.46
Ruotsinkylä	1.00	2.00	1.67	2.36	1.69	2.32	1.76	2.40
Saarijärvi	1.00	2.00	1.67	2.31	1.76	2.41	1.81	2.52

Rungot, joiden tyvitukin oksaisuusluokka on III, on jätetty pois asetelmasta, koska kaikkien sellaisten runkojen keskimääräinen oksaisuusluokka on, kuten jo on mainittu, 3.00.

Asetelmasta nähdään, että tyvitukin oksaisuusluokka osoittaa näissä leimikoissa sangen hyvin koko rungon keskimääräisen oksaisuusluokan. Jokaisessa leimikossa I oksaisuusluokan runkojen keskimääräinen oksaisuusluokka on huomattavasti parempi kuin II oksaisuusluokan runkojen. III oksaisuusluokan puiden keskimääräinen oksaisuusluokka on puolestaan selvästi huonompi kuin II oksaisuusluokkaan kuuluvien runkojen keskimääräinen oksaisuusluokka. Eri leimikoiden tulokset eroavat jonkin verran toisistaan, mutta kuitenkin kaikissa leimikoissa on I luokan runkojen keskimääräinen oksaisuusluokka huomattavasti parempi kuin II luokan runkojen keskimääräinen oksaisuusluokka missään leimikossa, joka puolestaan on parempi kuin III luokan runkojen keskimääräinen oksaisuusluokka. Sehän on sama kaikissa leimikoissa.

Eri leimikkojen välisiin eroihin vaikuttavina tekijöinä esiintyvät, kuten edellä esitettiin, osaksi ikä ja runkojen järeys. Kun nekin otetaan huomioon, saadaan erot vieläkin pienenemään. Tulosten voidaankin katsoa osoittavan, että tyvitukin oksaisuusluokka sopii hyvin koko rungon oksaisuusluokituksen pohjaksi.

Taulukossa 27 onkin esitetty taulukkojen 17, 22, 24 ja 26 perusteella lasketut eri oksaisuusluokkien suhteelliset osuudet kaksi-, kolmi- ja nelitukkisissa rungoissa eri ikäluokissa ja tyvitukin oksaisuusluokissa. Taulukosta on jätetty edellä jo mainitusta syystä pois puut, joiden tyvitukit kuuluvat III oksaisuusluokkaan sekä yksitukkiset rungot. Tätä taulukkoa voidaan käyttää oksaisuusluokituksen pohjana määritettäessä runkojen

Taulukko 27. Eri kokoisten ja ikäisten runkojen oksaisuusluokkajakaantumisen riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Table 27. Dependence of the knottiness class distribution of stems of different sizes and ages on the butt log knottiness class.

D1.3-luokka, tuumaa *Dbh-class, inches*	Kaksitukkiset rungot *Two-log stems*						Kolmitukkiset rungot *Three-log stems*						Nelitukkiset rungot *Four-log stems*					
	Tyvitukin oksaisuusluokka — *Butt log knottiness class*																	
	I			II			I			II			I			II		
	Eri oksaisuusluokkien osuus, % — *Proportion of different knottiness classes, %*																	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Ikäluokka < 80 v. — *Age class* < 80 *yrs*																	
7	(58)	—	(42)	—	(60)	(40)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
9	61	4	35	—	64	36	45	34	21	—	46	54	..	..	..	..	..	..
11	62	—	38	—	63	37	49	15	36	—	56	44	39	12	49	—	39	61
13	63	—	37	—	64	36	48	11	41	—	53	47	39	12	49	—	39	61
15	64	—	36	—	65	35	49	—	51	—	52	48	39	12	49	—	39	61
17	65	—	35	—	65	35	50	—	50	—	52	48	39	12	49	—	39	61
19	(65)	—	(35)	—	(65)	(35)	50	—	50	—	52	48	39	12	49	—	39	61
	Ikäluokka 81—120 v. — *Age class* 81—120 *yrs*																	
7	58	34	8	—	80	20	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
9	63	24	13	—	75	25	51	23	26	—	72	28	..	..	..	..	..	..
11	62	4	34	—	66	34	48	23	29	—	59	41	46	25	29	—	61	39
13	63	—	37	—	64	36	48	11	41	—	55	45	44	25	31	—	54	46
15	64	—	36	—	65	35	49	7	44	—	52	48	40	19	41	—	48	52
17	(65)	—	(35)	—	(65)	(35)	50	—	50	—	52	48	39	17	44	—	46	54
19	(65)	—	(35)	—	(65)	(35)	50	—	50	—	52	48	39	—	61	—	39	61
	Ikäluokka > 121 v. — *Age class* > 121 *yrs*																	
7	58	21	21	—	60	40	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
9	61	1	38	—	66	34	46	36	18	—	63	37	..	..	..	..	..	..
11	62	—	38	—	65	34	51	22	27	—	63	37	52	24	24	—	61	39
13	63	—	37	—	64	36	53	18	29	—	61	39	48	25	27	—	61	39
15	64	—	36	—	65	35	54	17	29	—	59	41	46	22	32	—	57	43
17	65	—	35	—	65	35	54	12	34	—	58	42	45	21	34	—	54	46
19	65	—	35	—	65	35	52	8	39	—	52	48	44	19	37	—	53	47

jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin tyvitukin oksaisuusluokan perusteella.

Taulukon tarkkuutta tutkittaessa havaitaan olevan kaksi tekijää, jotka aiheuttavat virheitä.

1. Eri leimikoissa tukkien osuus tukkiosan kuutiomäärästä vaihtelee melko paljon muistakin seikoista kuin tyvitukin oksaisuusluokasta ja rungon järeydestä riippuen. Eräs tällainen tekijä on apteeraustapa, joka saattaa vaihdella eri leimikoissa jonkin verran. Yhdessä leimikossa pyritään ottamaan huomioon laadun vaatimukset apteerauksessa, mutta toisessa taas koetetaan tehdä tukkeja, joiden kuutiomäärä on mahdollisimman suuri. Nämä apteerausperiaatteissa vallitsevat erot ilmenevät tukkien kuutio-

osuuksissa melko selvästi ja niiden aiheuttaman virheen poistamiseksi olisi jokaisessa leimikossa käytettävä ko. leimikon todellisia eri tukkien kuutioosuuksia. Niiden määrittäminen voi kuitenkin tapahtua vain pystyarvioinnin perusteella, mikä tapa on melko epävarma ja epätarkka. Sillä tavoin työ tulee myös paljon vaivalloisemmaksi ja kun saavutettu tarkkuuden lisäys on kyseenalainen ja aina varmasti melko pieni, on epätodennäköistä kannattaako tuollaiseen työhön ryhtyä, ellei apteeraustapa poikkea aivan olennaisesti totutuista periaatteista.

2. Eri leimikoissa latvatukkien jakaantuminen oksaisuusluokkiin eroaa jonkin verran keskiarvosta, jotka on esitetty taulukossa 27. Erot eivät ole perin suuret, kuten mm. taulukoista 22, 24 ja 26 voidaan nähdä. Lisäksi osa näiden erojen aiheuttajista, ikäluokka ja rungon läpimitta on jo otettu huomioon taulukossa 27.

Tapauksissa, joissa tarvitaan vain ylimalkainen tieto oksaisuusluokkien osuuksista, riittävät laskelmien perustaksi eri oksaisuusluokkiin kuuluvien eri ikäisten ja eri pituisten runkojen keskimääräiset oksaisuusluokkajakaantumiset, jotka on koeala-aineiston mukaan esitetty taulukossa 28.

Taulukko 28. Eri oksaisuusluokkien keskimääräinen osuus ja sen riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Table 28. Average proportion of the different knottiness classes and its dependence on the butt log knottiness class.

Tyvitukin oks.l. *Butt log knottiness class*	1-tukk.rungot *Single-log stemps*			2-tukk.rungot *Two-log stems*			3-tukk.rungot *Three-log stems*			4-tukk.rungot *Four-log stems*		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Ikäluokka < 80 v. — *Age class* < 80 *yrs*											
I	100	—	—	62	—	—	49	—	—	39	—	—
II	—	100	—	2	62	—	12	51	—	12	39	—
III	—	—	100	36	38	100	39	49	100	49	61	100
	Ikäluokka 81—120 v. — *Age class* 81—120 *yrs*											
I	100	—	—	64	—	—	49	—	—	43	—	—
II	—	100	—	14	70	—	18	60	—	23	52	—
III	—	—	100	22	30	100	33	40	100	34	48	100
	Ikäluokka > 121 v. — *Age class* > 121 *yrs*											
I	100	—	—	62	—	—	51	—	—	47	—	—
II	—	100	—	.	64	—	19	61	—	22	57	—
III	—	—	100	38	36	100	30	39	100	31	43	100

Verrattaessa taulukon 28 lukuja eri koeleimikoiden keskimääräisiin oksaisuusluokkien osuuksiin (asetelma s. 82), havaitaan erojen olevan varsin pienet. Keskimääräiset oksaisuusluokat ovat eri ikä- ja tukkilukuluokissa näet taulukon 28 mukaan seuraavat:

	1-tukkiset		2-tukkiset		3-tukkiset		4-tukkiset	
	I	II	I	II	I	II	I	II
<80 v.	1.00	2.00	1.74	2.38	1.90	2.49	2.10	2.61
81—120 v.	1.00	2.00	1.58	2.30	1.84	2.40	1.91	2.48
>121 v.	1.00	2.00	1.76	2.34	1.79	2.39	1.84	2.43

Yksitukkisten runkojen tulokset ovat tietenkin kummankin aineiston mukaan aivan samat. Muissa tukkilukuluokissa eroaa hakkuuikäisistä leimikoista Hirvensalmi eniten koeala-aineiston vastaavan ikäluokan tuloksista, ja suurin ero 10.8 % esiintyy kaksitukkisissa I oksaisuusluokan rungoissa. Lisäksi havaitaan, että kolmitukkisten II luokan runkojen sekä nelitukkisten I luokan runkojen keskimääräiset oksaisuusluokat ovat kaikissa hakkuuikäisissä leimikoissa suuremmat kuin koeala-aineiston keskiarvot. Erot ovat niissä kuitenkin hyvin pienet, alle 5 %, joten hakkuuikäisten metsien kohdalla voidaan katsoa taulukon 28 antavan melko tarkan tuloksen.

Yli-ikäisissä metsissä erot ovat suhteellisesti vielä pienemmät, mutta I luokan rungoille taulukko 28 antaa yleensä jonkin verran huonomman tuloksen kuin yli-ikäiset leimikot Ruotsinkylä ja Saarijärvi. II luokan rungoissa toisessa leimikoista keskimääräinen oksaisuusluokka on aina suurempi ja toisessa pienempi kuin koela-aineiston edellä esitetyt keskiarvot. Myös yli-ikäisissä metsissä taulukko 28 antaa siis keskimäärin sangen luotettavan tuloksen.

Kun likimääräiselläkin taulukolla päästään näin hyviin tuloksiin, voidaan yksityiskohtaista taulukkoa (n:o 27) pitää riittävän tarkkana käytännöllisen pystypuiden laatuluokituksen pohjaksi. Se ei ole niin tarkka kuin tukeittainen luokitusmenetelmä, mutta, kun otetaan huomioon tukkipuiden kuutioarvioinnin likimääräisyys ja epätarkkuus, voidaan, kuten jo mainittiin, tyvitukkimenetelmää pitää tarkkuudeltaan sopivana. Kun sillä on lisäksi monia etuja tukeittaiseen menetelmään verrattuna, se on useissa tapauksissa tarkoituksenmukaisempi sahapuurunkojen laatuluokitustapa kuin tukeittainen menetelmä.

Käytännössä oksaisuusluokkien tunteminen ei kuitenkaan ole päämäärä, johon pyritään, vaan leimikon laatuluokituksessa koetetaan saada selville eri laatuluokkien osuudet koko leimikon kuutiomäärästä. Taulukko 27 ei annakaan lopullisia laatuluokitustuloksia, vaan suoritettaessa laatuluokitusta tyvitukin perusteella on kiinnitettävä huomio oksaisuusluokkien lisäksi myös laatuluokkiin. Ensin on määritettävä jokaisen tyvitukin oksaisuusluokka ja sitten tarkasteltava aiheuttaako jokin muu vika saadun oksaisuusluokan alentamisen laatuluokituksessa. Samoin on tarkastettava myös muut tukit ja merkittävä muistiin tapaukset, joissa laatuluokka on alempi kuin oksaisuusluokka. Lopulliset laatuluokitustulokset saadaan vähentämällä taulukosta 27 saaduista eri oksaisuusluokkien osuuksista tapaukset, joissa laatuluokka on alennettu, ja siirtämällä ne ao. laatuluokkaan.

554. Sahaustuloksen laatujakaantumisen riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Matkun kartanossa suoritettiin keväällä 1953 koesahauksia, joiden avulla koetettiin mm. selvittää eri oksaisuusluokkiin kuuluvien runkojen sahaustuloksen laadullinen jakaantuminen. Tutkimusmenetelmän hankaluuden ja kalleuden vuoksi aineisto jäi pakosta varsin pieneksi käsittäen vain 52 kaksitukkista ja 12 kolmitukkista runkoa. Näin ollen tuloksia ei voidakaan pitää yleispätevinä, vaan ne osoittavat ainoastaan vallitsevan suunnan.

Aineisto katsottiin voitavan käsitellä rungon läpimittaa huomioon ottamatta, koska kaikista tukeista sahattiin korkeintaan 2″ paksuista sydäntavaraa sekä lisäksi lautoja. Näin ollen tukin läpimitta ei vaikuttanut käytännöllisesti katsoen lainkaan sahatavaran eri laaduissa sallittavien vikojen suuruuteen.

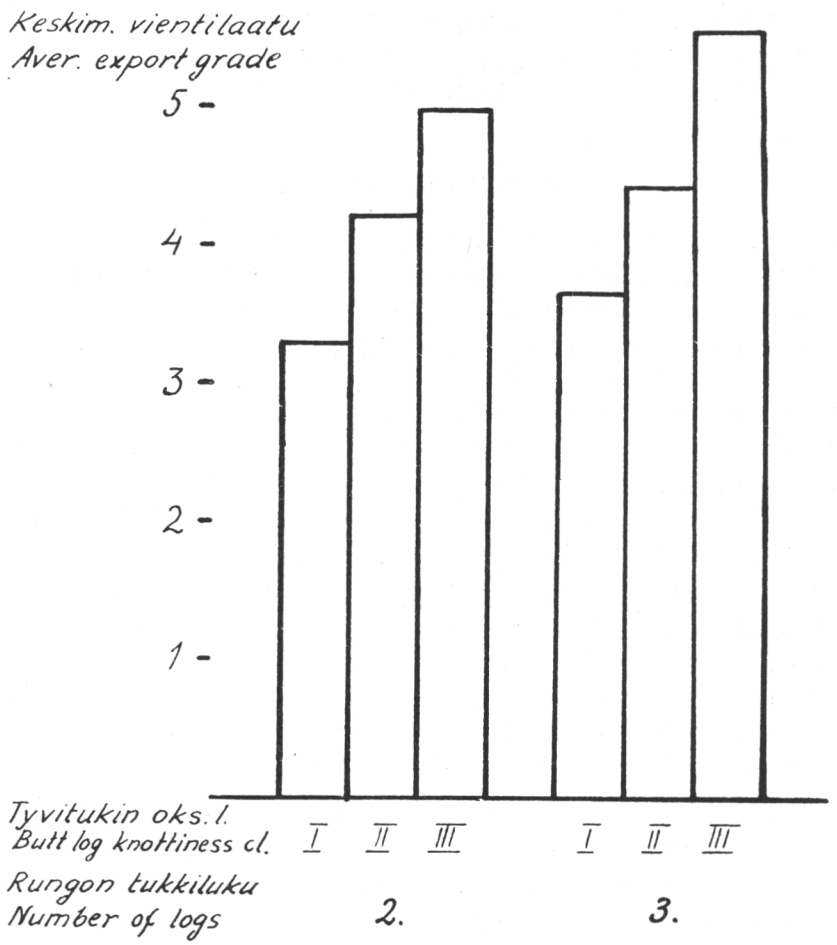
Taulukossa 29 on esitetty sahauskokeiden mukaan erikseen kaksi- ja kolmitukkisten runkojen sahaustuloksen jakaantuminen vientilaatuihin. Huomattakoon kuitenkin, että sahatavaraa lajiteltaessa ei otettu lainkaan huomioon vajaasärmää, joka alentaa V- ja VI-laatuun yhtä suurissa tukeissa aina suunnilleen saman määrän sahatavaraa tukin laatuluokasta riippumatta (vrt. Siimes 1951, Heiskanen 1951a s. 100). Erot eri oksaisuusluokkien välillä olisivat kuitenkin jonkin verran vähäisemmät, jos vajaasärmä otettaisiin huomioon.

Taulukko 29. Sahaustuloksen laatujakaantumisen riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Table 29. Dependence of the grade distribution of lumber yield on the butt log knottiness class.

Tyvitukin oks. luokka *Butt log knottiness class*	Runkoja kpl. *Number of stems*	Vientilaatu — *Export grade*						
		I	II	III	IV	V	VI	Yht. *Total*
		%						
		2-tukkiset rungot — *Two-log stems*						
I	9	17.2	9.8	24.2	25.9	22.9	—	100.0
II	36	3.5	4.2	12.3	29.0	50.5	0.5	100.0
III	7	1.0	0.5	1.6	5.9	76.7	14.3	100.0
		3-tukkiset rungot — *Three-log stems*						
I	6	11.4	8.9	19.8	22.4	37.5	—	100.0
II	5	2.7	4.7	8.3	16.5	67.4	0.4	100.0
III	1	—	—	—	2.8	40.1	57.1	100.0

Taulukkoa tarkasteltaessa havaitaan, että eri oksaisuusluokkien välillä on olemassa selvät erot. Sahaustuloksen laatujakaantuminen on siis sitä edullisempi mitä parempi rungon tyvitukin oksaisuusluokka on. Eri oksaisuusluokkiin kuulu-



Piirros 8. Kaksi- ja kolmitukkisten runkojen sahatavaran keskimääräisen vientilaadun riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta.

Sketch 8. Dependence of the average export grade of lumber from two-log and three-log stems on the butt log knottiness class.

vien runkojen väliset erot ilmenevät myös piirroksessa 8 esitetyistä sahaustulosten keskimääräisistä laaduista.

Piirroksesta 8 nähdään selvästi, että kaksitukkisten runkojen sahaustulos on laadultaan parempi kuin samaan luokkaan kuuluvien kolmitukkisten runkojen sahaustulos. Sama tulos saatiin selville myös oksaisuusluokkien osuuksia selvitettäessä (ks. s. 82). Tämä ero kaksi- ja kolmitukkisten runkojen välillä johtuu yksinomaan siitä, että tyvitukin osuus on kaksitukkisissa suurempi kuin kolmitukkisissa rungoissa (vrt. s. 64).

Sahauskokeiden tulokset osoittavat niin selviä eroja eri oksaisuusluokkiin kuuluvien runkojen välillä, että aineiston pienuudesta huolimatta tulosten voidaan katsoa osoittavan oksaisuusluokkatutkimusten tulosten pitävän paikkansa.

56. Mittausmenetelmät.

Molempien aikaisemmin käsiteltyjen tukkipuurunkojen laatuluokitusmenetelmien varjopuolena on subjektiivisuus. Ohjeisiin ja näkyviin vikoihin perustuvassa laatuluokituksessa esiintyy näet aina tapauksia, jotka jäävät luokittajan harkinnan perusteella ratkaistaviksi. Senvuoksi onkin syytä tutkia, onko tukkipuissa sellaisia mitattavia tunnuksia, jotka riittävän tarkoin osoittavat niistä saatavien sahatukkien oksaisuuden ja sahausteknillisen laadun.

Tällaisina tunnuksina, jotka ennen suoritettujen tutkimusten mukaan osoittavat riippuvuutta rungon oksaisuudesta yleensä, on, kuten edellä mainittiin, otettu tutkimuksen kohteeksi seuraavat:

1. Suhteellinen läpimitta.
2. Runkomuoto, joka on mitattu sekä kapenemisen että solakkuuden avulla.
3. Oksattoman osan pituus, jolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa rungon kokonaan oksatonta osaa, siis ensimmäisen kuivan tai poikkeustapauksessa myös tuoreen oksan korkeutta maasta.

Muidenkin tunnusten, kuten latvuksen leveyden ja vuosilustojen paksuuden on osoitettu kuvaavan rungon oksaisuutta ja sahausteknillistä kelpoisuutta (Brunn 1932, Paul 1932b, Klem 1934, Pechmann 1934 s. 648, Lindquist 1939, Andersson 1941 ym.), mutta nämä tunnukset eivät ole mitattavissa tukkipuurunkoja pystyyn luokitettaessa. Senvuoksi ne onkin jätetty tässä yhteydessä tutkimatta.

Edellä lueteltujen mittausmenetelmien tutkiminen on suoritettu samalla tavalla kuin tyvitukkimenetelmänkin käsittely (ks. s. 61). On siis tutkittu esim. mihin oksaisuusluokkiin kuuluvia tukkeja kukin läpimittaluokka sisältää ja kuinka suuri vaihtelu on oksaisuusluokkajakaantumisessa.

561. Rungon läpimitan mittaukseen perustuva menetelmä.

Ruotsalaiset Almqvist (1945 s. 39) ja Nenzell (1946 ss. 19—21) pitävät mahdollisena oksaisuuden määrittämistä palkkaperusteita varten ns. suhteellisen läpimitan avulla. Sillä tarkoitetaan normaalimetsän (luonnon normaalin) ja todellisen samanikäisen metsän keskiläpimitan suhdetta (vrt. Mattsson-Mårn 1920). On myös yleisesti tunnettua, että

tiheässä kasvaneet puut ovat tavallisesti vähäoksaisempia kuin harvassa asennossa eläneet (Bühler und Flury 1892, Düesberg 1893, Junack 1921, Helander 1922 s. 131, Brunn 1931 s. 565, Paul 1932a, 1932b, 1947a s. 8, Laitakari 1936 s. 265, Koehler 1938, Klem 1942, 1952, Borg 1947, Paul and Smith 1950 s. 6 ym.). Kun sahatukkien laatuluokituksessa on kysymys ensi sijassa luokituksesta oksaisuuden perusteella, on mielenkiintoista tutkia, kuinka läpimitta kuvaa puiden keskimääräisen oksaisuusluokan. Jos on havaittavissa riittävän selvät erot eri läpimittaluokkien välillä, on syytä lähteä kehittämään kysymyksen tarkastelua edelleen.

Taulukossa 30 on esitetty eri rinnankorkeusläpimittaluokkien keskimääräiset oksaisuusluokat leimikoittain.

Taulukko 30. Rungon keskimääräisen oksaisuusluokan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta eri leimikoissa.

Table 30. Dependence of the average knottiness class of stem on the diameter at breast height in the different sample stands.

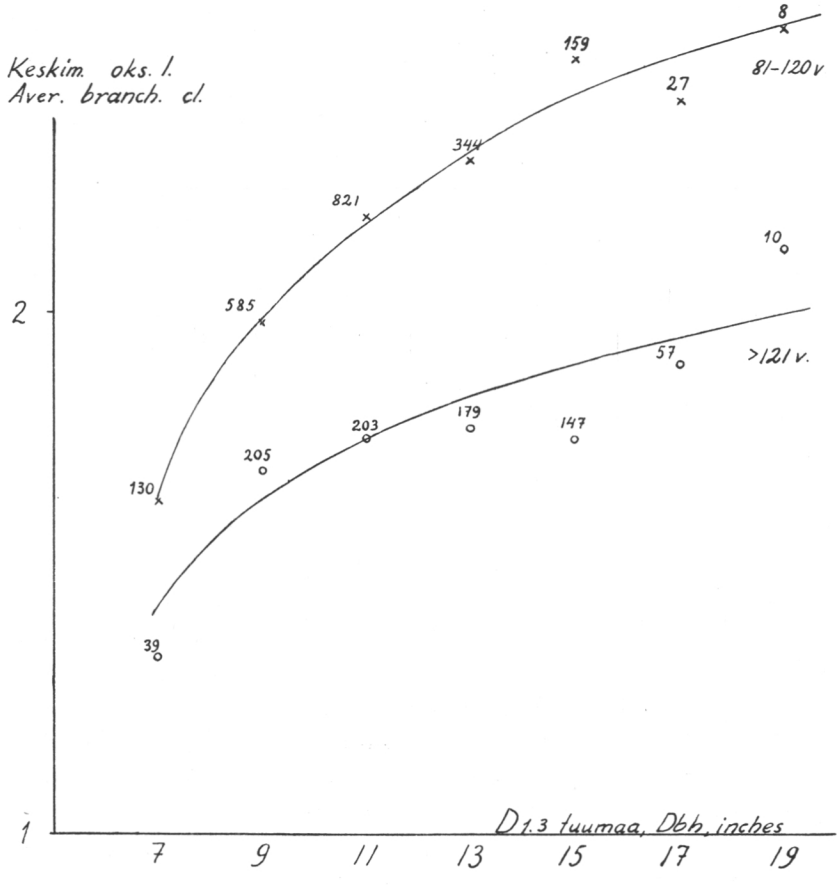
Leimikko *Stand*	Ikäluokka *Age class*	D1.3-luokka, " — *Dbh-class, inches*													
		7		9		11		13		15		17		19	
		kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*
Hirvensalmi ..	81—120	2	1.6	180	2.1	430	2.2	98	2.2	3	2.7	—	..	—	..
Kaltimo	81—120	81	1.6	197	1.9	167	2.0	75	2.2	67	2.0	—	..	—	..
Evo	81—120	25	1.5	120	1.8	130	2.1	88	2.4	39	2.4	8	2.1	1	1.9
Ristiina	81—120	22	1.8	88	2.2	94	2.4	83	2.4	50	2.6	19	2.5	8	2.5
Ruotsinkylä ..	>121	1	1.9	9	2.0	37	1.9	77	1.8	83	1.8	35	1.9	9	2.1
Saarijärvi	>121	138	1.3	196	1.6	166	1.7	102	1.8	64	1.8	22	1.9	1	2.1

Taulukosta havaitaan, että yhdessä ja samassa leimikossa pienet puut ovat yleensä vähemmän oksaisia, s.o. parempilaatuisia kuin suuremmat puut. Suunta on melko selvä useimmissa leimikoissa. Poikkeuksen tekee kuitenkin Ruotsinkylän leimikko, jossa ei ole havaittavissa minkäänlaista riippuvuutta rungon läpimitan ja keskimääräisen oksaisuusluokan välillä. Kysymyksessä oli yli-ikäinen siemenpuuasento, jossa olivat jäljellä vain kaikkien läpimittaluokkien parhaat rungot.

Tarkasteltaessa vielä taulukkoa 30 nähdään, että yli-ikäiset leimikot (ikäluokka >121 v.) eroavat selvästi hakkuuikäisistä leimikoista (ikäluokka 81—120). Yli-ikäisissä leimikoissa näet kaikkien läpimittaluokkien keskimääräinen oksaisuusluokka on parempi (pienempi) kuin vastaavissa luo-

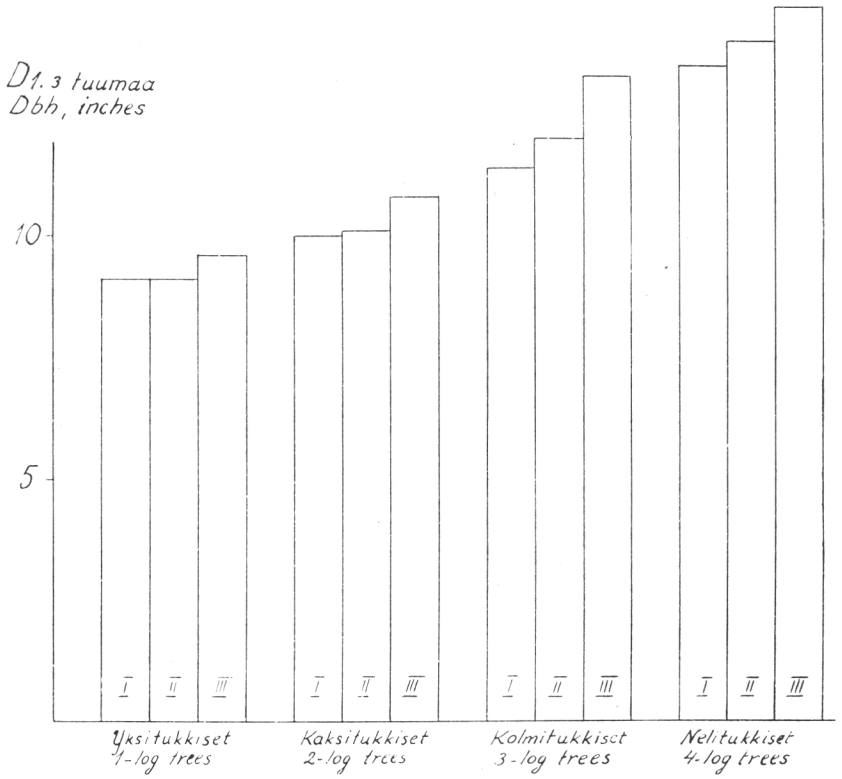
kissa hakkuuikäisissä leimikoissa. Kummassakin ikäluokassa sen sijaan eri leimikoiden erot ovat suhteellisen pieniä, joten keskiarvot voidaan laskea ikäluokittain. Erot tuntuvat kuitenkin liian suurilta, jotta läpimittaa voitaisiin käyttää laatuluokituksen perusteena. Ikäluokittaiset keskiarvot on esitetty myös piirroksessa 9.

Piirroksesta 9 nähdään, että läpimitan ja keskimääräisen oksaisuusluokan riippuvuutta kuvaava viiva on käyrä. Aluksi rungon läpimitan suuretessa keskimääräinen oksaisuusluokka huononee melko nopeasti, mutta sitten huononeminen hidastuu. Sama suunta on havaittavissa sekä yli- että hakkuuikäisissä metsissä. Myös havaitaan, että riippuvuus on hakkuuikäisissä metsissä jonkin verran voimakkaampi kuin yli-ikäisissä metsissä.



Piirros 9. Rungon keskim. oksaisuusluokan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta eri ikäluokissa.

Sketch 9. Dependence of the average knottiness class of the stem on the diameter at breast height in the different age classes.



Piirros 10. Eri oksaisuusluokkien kaksi-, kolmi- ja nelitukkisten runkojen keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat.

Sketch 10. Average diameters at breast height of two-log, three-log and four-log stems of the different knottiness classes.

Koeala-aineistosta lasketut tulokset osoittavat samoin, että oksaisuuden kannalta paraslaatuiset puut ovat yleensä kooltaan pienempiä kuin oksaisuudeltaan huonolaatuiset rungot, kuten piirroksesta 10 havaitaan.

Tulokset osoittavat siis, että sahapuurunkojen oksaisuusluokka riippuu niiden läpimitasta. Kussakin metsikössä ja ikäluokassa suurimmat puut ovat huonolaatuisimpia ja pienimmät puut taas yleensä parhaita. Korrelaatio on kuitenkin, kuten jo mainittiin, niin heikko, että puun läpimittaa ei voida käyttää laatuluokitusperusteena, joten ei ole syytä jatkaa käsittelyä suhteellisen läpimitan laskemiseksi. Tulokset näyttävät kuitenkin todeksi, että hyvälaatuista, s. o. vähäoksaista puuta saadaan eniten metsän pienimmistä puista, siis vallituista latvuskerroksista.

562. Runkomuodon mittaukseen perustuva menetelmä.

Saman puulajinkin eri yksilöiden runkomuoto riippuu monista eri tekijöistä, kuten metsikön tiheydestä, puun iästä, kasvupaikan laadusta ja ilmastosta (vrt. esim. Gayer-Fabritius 1935 s. 40 j.s.). Nämä vaihtelut voidaan kuitenkin kaikki selittää ns. mekaanisen runkomuototeorian avulla seuraavasti: Puun runkomuoto kehittyy sellaiseksi, että runko koko pituudeltaan on tasaluja siihen vaikuttaviin mekaanisiin rasituksiin nähden (Schwendener 1874, Metzger 1893, 1896, 1908, Lappi-Seppälä 1952 s. 3, Ylinen 1952 ym.).

Tuuli on tärkein puuhun kohdistuvista mekaanisista rasituksista. Sen paine kohdistuu suurimpana puun latvukseen, joten latvuksen suuruuden ja puun runkomuodon välillä vallitsee selvä riippuvuussuhde, josta useat tutkijat mainitsevat. Latvuksen pidetessä runkomuoto yleensä huononee (Lakari 1920b s. 20, Laitakari 1929 s. 13, 1935 s. 39, Wegelius 1939 ss. 47—48, Lappi-Seppälä 1952 ss. 17, 21 ym.). Saman riippuvuussuhteen osoittaa myös elävän latvuksen karsimisen runkomuotoa parantava vaikutus (Blomqvist 1897, Lakari 1920a s. 19, Lappi-Seppälä 1937a s. 5, 1937b s. 123, Marts 1949).

Tutkimuksissa on myös havaittu, että oksaisuus vaikuttaa muutoinkin kuin latvuksen pituuden välityksellä selvästi runkomuotoon. Knuchel (1947 s. 19) mainitsee, että oksaiset puut ovat yleensä tyvekkäitä (vrt. Laitakari 1929 s. 13). Kinnman (1927) on vertaillut kahta puuta toisiinsa. Oksaisen puun, oksaprosentti 2.4, muotoluokka oli 0.54 ja vähäoksaisen, 0.7 %, taas 0.68. Klem (1930, 1934 s. 258 j.s., 281) on puolestaan todennut, että kuusen oksaprosentin ja rungon muodon välillä vallitsee selvä positiivinen korrelaatio. Selvin riippuvuus on solakkuuden ja oksaisuuden välillä.

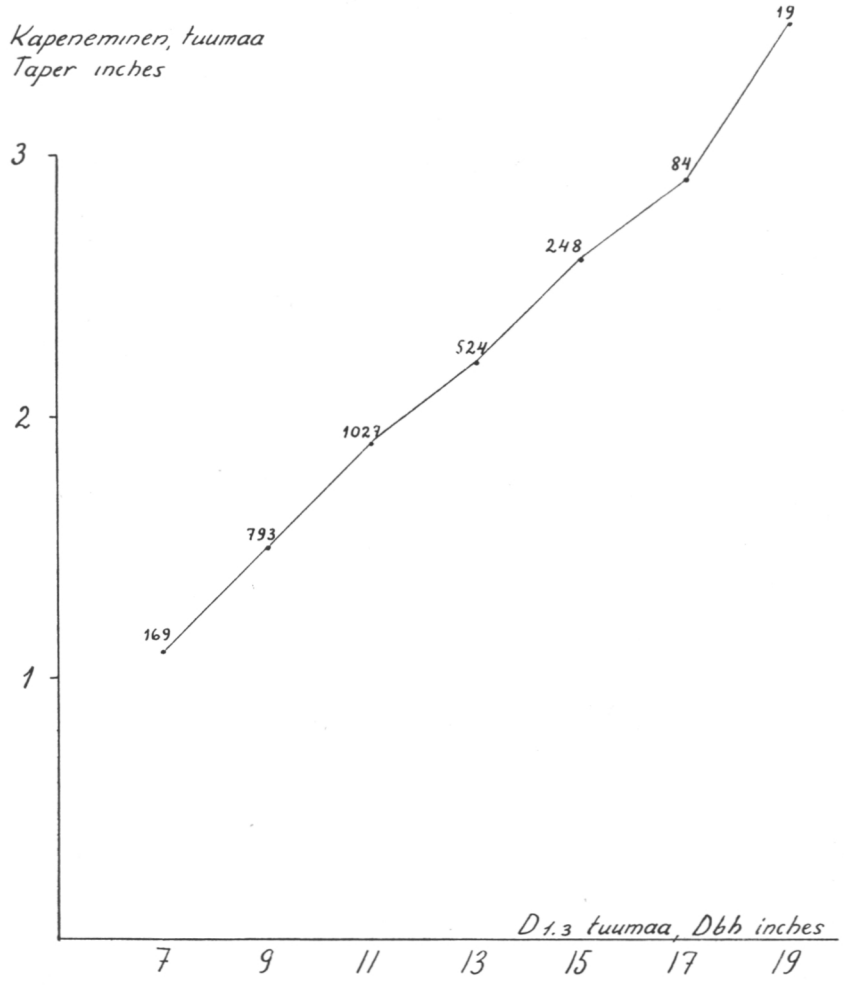
Kun, kuten varsinkin Klemin em. tutkimukset osoittavat, riippuvuus runkomuodon ja rungon oksaisuuden välillä on niin selvä, että runkomuotoa voidaan käyttää paperipuiden oksaisuusluokituksen perustana, on mielenkiintoista tutkia runkomuodon ja tukeittaisen oksaisuusluokituksen välisiä riippuvuussuhteita.

5621. *Kapeneminen oksaisuusluokan kuvaajana.*

Klem (1930, 1934 s. 281) on tutkinut kuusirunkojen oksaisuuden ja kapenemisen välistä riippuvuutta ja todennut, että rungon kapenemisen ja oksaisuuden välillä vallitsee selvä positiivinen korrelaatio. Bonsdorff (1933 s. 376, 1934 s. 232) on puolestaan kosketellut mäntyrunkojen kapenemisen ja tyvitukin laatuluokan välisiä riippuvuussuhteita ja havainnut,

että hyvälaatuisissa rungoissa kapeneminen rinnankorkeuden ja 6 m:n korkeuden välillä on pienempi kuin huonolaatuisissa rungoissa. Esimerkkinä tutkimuksen tuloksista mainittakoon, että 7″ runkojen kapeneminen oli tyven kuuluessa I laatuluokkaan 5.8 cm, sen kuuluessa II luokkaan 6.2 cm ja III luokkaan 7.3 cm. Myös muissa läpimittaluokissa on olemassa yhtä selvät erot.

Lähdettäessä tutkimaan esillä olevan aineiston perusteella rungon kapenemisen ja keskimääräisen oksaisuusluokan välistä riippuvuutta, on aluksi syytä tarkastella kapenemisen vaihteluja eri läpimittaluokissa. Piirroksessa 11 tämä riippuvuus on esitetty koko aineiston keskiarvona.



Piirros 11. Kapenemisen (D1.3 — D6.0) riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.
Sketch 11. Dependence of taper (DBH — D6.0) on the diameter at breast height.

Taulukko 31. Keskimääräisen oksaisuusluokan riippu-
Table 31. Dependence of the average knottiness class

Leimikko *Stand*	Ikäluokka *Age class*	Kapenemisluokka, ½ kpl. *number*	½ oks.l. *class*	1 kpl. *number*	1 oks.l. *class*
Hirvensalmi	81—120	7	1.9	87	2.0
Evo	81—120	1	1.4	17	1.9
Ristiina	81—120	5	2.0	27	2.2
81—120 keskim. — *81—120 average*		1.92±0.09		1.93±0.03	
Ruotsinkylä	>121	—	..	2	1.6
Saarijärvi	>121	4	1.4	21	1.6
> 121 keskim. — > *121 average*		1.58±0.19		1.62±0.08	

Piirroksesta 11 ilmenee, että rungon kapeneminen kasvaa suoraviivaisesti rinnankorkeusläpimitan kasvaessa. Riippuvuus on melko selvä ja vahva, sillä korrelaatiokertoimen arvoksi saatiin +0.61±0.01. Myös muissa tutkimuksissa on tultu samanlaisiin tuloksiin (esim. Aro 1935 s. 34, Ilvessalo 1947 s. 19).

Rungon läpimitan ja keskimääräisen oksaisuusluokan sekä toisaalta läpimitan ja kapenemisen välillä vallitsee siis samansuuntainen positiivinen korrelaatio. Metsikön pienimmät puut ovat sekä vähemmän kapenevia että vähemmän oksaisia kuin suuret puut. Korrelaation kapenemisen ja keskimääräisen oksaisuusluokan välillä pitäisi siis myös olla selvä. Taulukossa 31 onkin esitetty leimikoittain ja ikäluokittain rungon keskimääräinen oksaisuusluokka eri kapenemisluokissa.

Ruotsinkylän leimikossa ei siis ole havaittavissa lainkaan riippuvuutta kapenemisen ja oksaisuuden välillä. Tämä asiantila johtunee siitä, että siellä puut olivat jo pitkän aikaa vapaassa tilassa kasvaneita siemenpuita. Useat tutkijat ovat näet todenneet, että kasvun jakaantuminen rungon eri osille muuttuu hakkuiden johdosta, ja puun runkomuoto huononee sitä enemmän mitä parempimuotoinen puu on ollut ennen hakkuuta (Krauch 1924, Nyblom 1927, Pearson and Folweiler 1927, Meyer 1931, Behre 1932, Hagberg 1942 s. 40, Nyyssönen 1952 s. 12, Sirén 1952). Hakkuut siis muuttavat runkomuotoa siten, että ennen hakkuuta vallinnut tietty tasapainotila kapenemisen ja oksaisuusluokan välillä muuttuu toiseksi. Tämä tosiasia yksinään tekee kapenemisen käyttämisen runkojen oksaisuuden mittana vaikeaksi.

Taulukosta 31 nähdään vielä, että hakkuuikäisissä metsissä em. riippuvuus kapenemisen ja keskimääräi-

vuus rungon kapenemisesta eri leimikoissa.
on stem taper in the different sample stands.

tuumaa — *Taper class, inches*

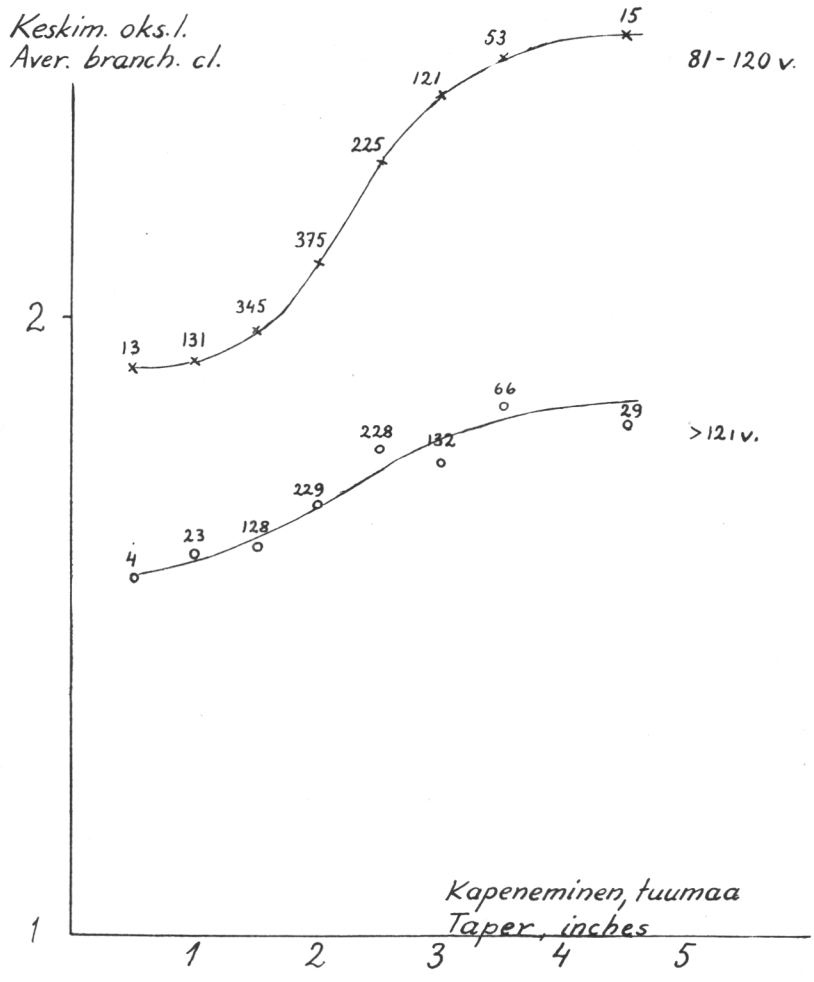
1½		2		2½		3		3½		4 +	
kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*
176	2.1	148	2.1	76	2.2	24	2.4	6	2.6	2	2.4
95	1.9	144	2.0	77	2.2	40	2.2	25	2.4	5	2.2
74	2.2	83	2.3	72	2.5	57	2.5	22	2.5	8	2.6
1.98±0.02		2.09±0.02		2.25±0.02		2.36±0.03		2.42±0.10		2.46±0.10	
14	1.8	49	1.8	76	1.8	58	1.8	35	1.8	16	1.8
114	1.6	180	1.7	152	1.8	74	1.8	31	1.9	13	1.8
1.63±0.03		1.70±0.03		1.79±0.03		1.77±0.03		1.86±0.05		1.83±0.07	

sen oksaisuusluokan välillä on huomattavasti vahvempi kuin yli-ikäisissä metsissä, joissa sitä ei juuri olekaan (ks. piirros 12). Aineiston tarkempi tutkiminen osoitti lisäksi, että eri läpimittaluokissa suhde kapenemisen ja keskimääräisen oksaisuusluokan välillä on erilainen. Varsinkin hakkuuikäisissä metsissä tietty kapeneminen osoittaa suurissa rungoissa tuntuvasti huonompaa keskimääräistä oksaisuusluokkaa kuin pienissä rungoissa. Lisäksi läpimittaluokittainen tarkastelu osoittaa, että riippuvuus eri läpimittaluokissa on vielä heikompi kuin koko aineiston osoittama riippuvuus.

Tutkimuksen tulokset siis näyttävät, että kapenemisen ja rungon keskimääräisen oksaisuusluokan välillä vallitsee riippuvuus, mutta että se on liian heikko sopiakseen käytännöllisen laatuluokitustyön pohjaksi. Yleensä em. riippuvuus tuntuu odottamattoman heikolta, sillä onhan yleisesti tunnettua, että oksaiset tukit ovat kapenevampia kuin vähäoksaiset tukit (esim. Bergestad 1929 s. 264, Sandmo-Nergaard 1930, Klem 1934 s. 239, Wenemark 1944 s. 10). Kuuden metrin pituinen tyviosa käsittää kuitenkin suhteellisesti hyvin lyhyen osan koko rungosta. Myös Klem (1934 s. 281), vaikka hänen mukaansa korrelaatio onkin huomattavasti selvempi kuin tässä tutkimuksessa saatu, pitää kapenemista huonona kuusen koko rungon oksaisuuden osoittajana.

5622. *Solakkuus oksaisuusluokan kuvaajana.*

Klemin (1930, 1934 s. 258 j.s.) mukaan kuusen oksaisuuden, oksasumman, ja puun solakkuuden välillä vallitsee hyvin ilmeinen riippuvuussuhde



Piirros 12. Rungon keskim. oksaisuusluokan riippuvuus kapenemisesta eri ikäluokissa.
Sketch 12. Dependence of the average knottiness class of the stem on taper in the different age classes.

(vrt. Sandmo—Nergaard 1930, Brunn 1931 s. 549 j.s.). Klem (ss. 278—280) onkin sitä mieltä, että solakkuutta, jolla hän tarkoittaa puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan suhdetta, voitaisiin hyvin käyttää paperipuurunkojen käytännöllisen laatuluokituksen pohjana. Myös männyssä lienee havaittavissa samanlainen riippuvuus. Tukkipuiden laadun (oksaisuuden) ja solakkuuden välisiä suhteita, jotka ovat oksaisuuden erilaisen mittauksen vuoksi erilaisia kuin edellä esitetyt oksasumman ja solakkuuden väliset riippuvuudet, ei sen sijaan ole tutkimuksin selvitetty.

Ennen keskimääräisen oksaisuusluokan ja rungon solakkuuden välisen riippuvuuden tutkimista luodaan katsaus solakkuuden vaihteluihin eri läpimittaluokissa, jota koskevat tulokset on esitetty seuraavassa asetelmassa 2829 rungon mittausten perusteella:

D1.3-luokka,"	7	9	11	13	15	17	18 +
Solakkuus	7.52	6.58	5.81	5.31	4.81	4.60	4.43

Asetelmasta havaitaan, että läpimitan suuretessa solakkuuden ilmaisema puun runkomuoto huononee (vrt. Ilvessalo 1920 ss. 58, 63, Lappi-Seppälä 1929 ym.).

Solakkuuden ja rungon läpimitan välinen korrelaatio on siis saman suuntainen kuin oksaisuusluokan ja läpimitan välinen riippuvuus. Myös keskimääräisen oksaisuusluokan ja solakkuuden välillä on siis todennäköisesti olemassa riippuvuussuhde. Niin onkin laita, kuten taulukosta 32, jossa on esitetty keskimääräinen oksaisuusluokka solakkuusluokittain eri leimikoissa, ilmenee.

Taulukko 32. Keskimääräisen oksaisuusluokan riippuvuus rungon solakkuudesta eri leimikoissa.

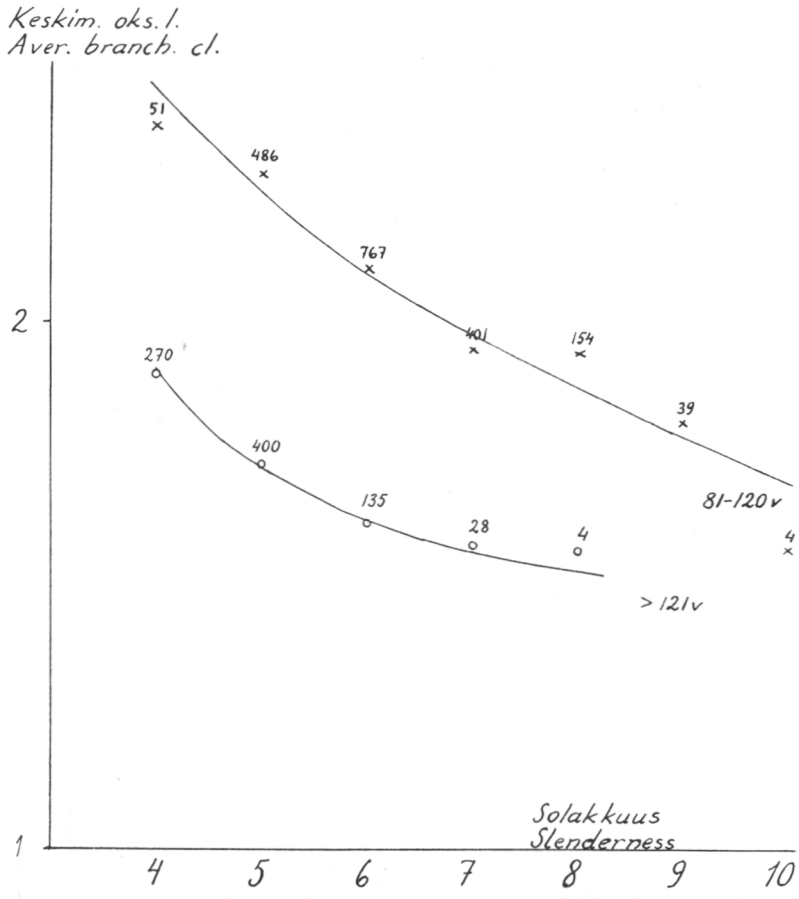
Table 32. Dependence of the average knottiness class on stem slenderness in the different sample stands.

Leimikko *Stand*	Solakkuus (l:D1.3) — *Slenderness (l:dbh)*													
	4.00		5.00		6.00		7.00		8.00		9.00		10.00	
	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*	kpl. *number*	oks.l. *class*
Hirvensalmi	25	2.42	252	2.26	316	2.07	83	1.88	8	1.76	1	1.88	—	..
Evo	4	2.13	64	2.36	151	2.14	108	1.96	51	1.74	6	1.50	1	1.88
Ristiina	14	2.56	43	2.64	95	2.45	78	2.24	55	2.22	26	1.97	3	1.46
Kaltimo	8	2.01	127	2.11	205	1.96	132	1.81	40	1.86	6	1.42	—	..
81—120 keskim. — *81—120 aver.*	51	2.37	486	2.27	767	2.10	401	1.95	154	1.94	39	1.81	4	1.57
Ruotsinkylä	59	2.19	135	1.78	44	1.83	8	1.88	3	1.71	—	..	—	..
Saarijärvi	211	1.82	265	1.70	91	1.52	20	1.46	1	1.13	—	..	1	1.13
> 121 keskim. — *> 121 aver.*	270	1.90	400	1.73	135	1.62	28	1.58	4	1.57	—	..	1	1.13

Taulukosta 32 nähdään, että jokaisessa leimikossa solakimmat rungot ovat oksaisuutensa kannalta parhaita runkoja ja päinvastoin.

Taulukosta 32 havaitaan myös, että keskimäärin solakkuus kuvaa rungon keskimääräisen oksaisuusluokan paremmin kuin läpimitta tai kapeneminen. Tosin tässäkin tapauksessa riippuvuus näyttää melko heikolta. Varsinkin Ruotsinkylän leimikossa se on hyvin vähäinen, käytännöllisesti katsoen olematon.

Lisäksi nähdään taulukosta 32, että eri leimikoissa riippuvuus on erilainen. Varsin selvä ero on olemassa hakkuuikäisten ja toisaalta yli-ikäisten



Piirros 13. Rungon keskim. oksaisuusluokan riippuvuus solakkuudesta eri ikäluokissa.
Sketch 13. Dependence of the average knottiness class of the stem on slenderness in the different age classes.

leimikoiden välillä, vaikka se ei olekaan niin suuri kuin kapenemisen kohdalla. Hakkuuikäisissä metsissä riippuvuus on selvempi kuin yli-ikäisissä metsissä, mutta kummassakin ikäluokassa se on sangen vähäinen (ks. piirros 13).

Myös solakkuuden tarkastelu osoitti, että solakkuuden ja keskimääräisen oksaisuusluokan välinen riippuvuus on erilainen eri läpimittaluokissa. Lisäksi se on hyvin heikko jokaisessa luokassa. Yli-ikäisissä metsissä ei ole havaittavissa juuri lainkaan korrelaatiota. Riippuvuus solakkuuden ja rungon keskimääräisen oksaisuusluokan välillä onkin kaiken kaikkiaan siis niin vähäinen, ettei solakkuutta voida käyttää käytännöllisen laatuluokituksen pohjana.

563. Oksattoman osan pituuden mittaukseen perustuva menetelmä.

Latvuksen pituutta käytetään sangen usein oksaisuutta tai muuten puuta ja sen elinvoimaa kuvaavana tunnuksena. Se onkin selvästi havaittava ja tarkoin mitattavissa oleva tunnus, joka etenkin biologisessa tutkimuksessa käsitetään vain tuoreen, elävän latvuksen pituutena (esim. Lönnroth 1925 s. 103). Teknilliseltä kannalta latvuksen pituutta on myös käytetty oksaisuutta kuvaavana tunnuksena. Näin on tehty esim. määritettäessä työvaikeuden kannalta oksaisuutta. Tällaisissa oksaisuusluokituksissa on käytetty latvuksen pituutta päätunnuksena, ja lisäksi niissä kiinnitetään huomio oksien paksuuteen yms. tekijöihin (Metsätöiden ... 1946 ss. 48—49, Makkonen 1948 s. 123, Hilscher 1949 ss. 4—6). Suoritetut tutkimukset ovat osoittaneet näin määritettyjen oksaisuusluokkien kuvaavan mm. karsimisajan suuruutta (esim. Makkonen 1948).

Oksattoman osan pituus — sahatukkien ja paperipuiden käyttäjä puhuu mieluummin oksattomasta kuin oksaisesta osasta — kuvaa myös melko hyvin puun oksaisuutta, oksasummaa, kuten Klemin (1930, 1934 ss. 281—282) kuusta koskevat tutkimukset ovat osoittaneet. Niiden mukaan korrelaatio on selvä, mutta kuitenkin niin heikko, että oksattoman osan pituus ei sovi paperipuurunkojen käytännöllisen laatuluokituksen pohjaksi.

Sahatukkipuiden teknillisen laadun ja niiden oksattoman osan pituuden välistä riippuvuutta on tutkinut Paul (1932b), joka ilmoittaa latvuksen koon ja rungosta saatavan sahatavaran välillä olevan havaittavissa selvän riippuvuuden. Seuraavassa käsitellään kysymystä koeleimikkoaineiston pohjalta.

5631. *Oksattoman osan pituuteen vaikuttavat tekijät.*

Latvuksen pituus vaihtelee puun iästä, metsikön tiheydestä, kasvupaikasta yms. tekijöistä riippuen sangen paljon, kuten monet tutkimukset ovat osoittaneet (esim. Aaltonen 1919, Lakari 1920b, Lönnroth 1925, Tikka 1940 ym.). Nämä tutkimukset ovat kuitenkin koskeneet vain tuoretta, elävää latvusta, joka onkin biologiselta kannalta tärkein ja mielenkiintoisin osa latvuksesta. Teknilliseltä kannalta on kuitenkin yhtä paljon ja enemmänkin kiinnitettävä huomiota myös kuiviin, kuolleisiin, mutta vielä kylestymättömiin oksiin.

Eri leimikoissa oli alimman kuivan oksan suhteellinen korkeus maasta eli siis oksattoman osan suhteellinen pituus eri latvaläpimittaluokissa taulukon 33 osoittama.

Taulukko 33. Oksattoman osan suhteellinen pituus eri läpimittaluokissa leimikoittain.

Table 33. Relative length of branchless part in the different diameter classes by sample stands

Leimikko *Stand*	Ikäluokka *Age class*	D1.3-luokka, tuumaa — *DBH-class, inches*													
		7		9		11		13		15		17		19	
		kpl. *No.*	%	kpl. *No.*	%	kpl. *No.*	%	kpl. *No.*	%	kpl. *No.*	%	kpl. *No.*	%	kpl. *No.*	%
Hirvensalmi	81—120	4	30.0	170	20.4	407	18.4	87	15.7	1	(7.5)	—	..	—	..
Evo	81—120	10	23.0	99	21.0	105	15.4	72	11.5	26	11.3	8	7.5	1	(17.5)
Ristiina	81—120	15	13.5	581	13.6	60	10.9	46	10.2	27	11.6	13	11.0	5	11.5
Keskim. — *Average*		29	19.1	850	15.8	572	17.1	205	13.0	54	11.4	21	9.7	6	12.5
Ruotsinkylä	>121	1	(42.5)	14	40.0	25	33.3	68	39.3	79	39.0	35	38.5	7	35.4
Saarijärvi	>121	19	47.5	119	44.6	98	44.0	62	41.5	54	39.2	20	35.3	—	..
Keskim. — *Average*		20	47.3	133	44.1	123	41.8	130	40.3	133	39.1	55	37.3	7	35.4

Taulukosta 33 ilmenee ensinnäkin, että oksattoman osan suhteellinen pituus kasvaa rungon läpimitan pienetessä hyvin selvästi. Tälle havainnolle saadaankin luonnollinen selitys siitä tosiasiasta, että pienistä, allejääneistä puista oksat kuolevat aikaisemmin siis ohuempina kuin vallitsevista puista. Siten ne myös voivat kylestyä nopeammin huolimatta allejääneiden puiden melko vähäisestä paksuuskasvusta.

Toinen tärkeä havainto, joka voidaan tehdä taulukon perusteella on, että oksattoman osan suhteellinen pituus vaihtelee eri leimikoissa suuresti. Taulukosta nähdään, että yli-ikäisissä, Ruotsinkylän ja Saarijärven leimikoissa oksattoman osan suhteellinen pituus on kaikissa läpimittaluokissa suurempi kuin hakkuuikäisissä leimikoissa. Tämäkin tulos on odotetunlainen, sillä onhan selvää, että vanhat puut ovat paremmin kuin nuoret ehtineet kylestää suuretkin oksat (vrt. Heikinheimo 1953a ss. 28—30, 1953b, Nyyssönen 1954 ss. 86—88). Lisäksi voidaan havaita, että hakkuuikäisissä metsissä erot eri läpimittaluokkien välillä ovat suhteellisesti suuremmat kuin yli-ikäisissä metsissä.

Vertailtaessa näitä oksattoman osan pituutta kuvaavia lukuja muiden tutkimusten antamiin tuoreen latvuksen pituutta koskeviin lukuihin, havaitaan, että suunta on aivan samanlainen. Tuoreen latvuksen suhteellinen pituus on yleensä pienin vallituissa latvuskerroksissa ja suurin vallitsevissa kerroksissa, mutta erot ovat verrattain pienet (vrt. Lönnroth 1925 ss.

194—195, Tikka 1935 s. 69, 1940 s. 40). Myös on havaittavissa, että vanhoissa ikäluokissa oksattoman osan pituus on suurempi kuin nuoremmissa ikäluokissa (Lakari 1920b s. 16, Lönnroth 1925 ss. 193—194, Tikka 1935 ss. 68—69, 1940 s. 41).

5632. *Oksattoman osan pituus oksaisuusluokan kuvaajana.*

Alimman oksan korkeutta maasta eli oksattoman osan pituutta on, kuten jo mainittiin, käytetty kuvaamaan koko oksaisuutta, oksasummaa (Klem 1930, 1934 ss. 281—282). Mäntytukkipuiden oksattoman osan suhteellisen pituuden ja keskimääräisen oksaisuusluokan välinen riippuvuus on esitetty koeleimikkoaineiston mukaan leimikoittain taulukossa 34.

Taulukko 34. Keskimääräisen oksaisuusluokan riippuvuus rungon oksattoman osan suhteellisesta pituudesta eri leimikoissa.

Table 34. Dependence of the average knottiness class on the relative length of branchless stem part in the different sample stands.

Oksaton osa, *Branchless part*, %	Hirvensalmi				Evo				Ristiina				Ruotsinkylä				Saarijärvi			
	kpl. *No.*	Keskim. oks.l. *Aver. knottiness cl.*			kpl. *No.*	Keskim. oks.l. *Aver. knottiness cl.*			kpl. *No.*	Keskim. oks.l. *Aver. knottiness cl.*			kpl. *No.*	Keskim. oks.l. *Aver. knottiness cl.*			kpl. *No.*	Keskim. oks.l. *Aver. knottiness cl.*		
		M	εM	σ		M	εM	σ		M	εM	σ		M	εM	σ		M	εM	σ
5	105	2.52	0.04	0.41	138	2.22	0.03	0.39	101	2.49	0.03	0.35	5	2.38	0.07	0.16	—	..	—	—
15	336	2.28	0.02	0.43	171	2.10	0.03	0.43	105	2.24	0.04	0.39	13	2.20	0.10	0.37	6	2.04	0.23	0.57
25	181	1.91	0.03	0.35	78	1.85	1.05	0.44	16	1.78	0.08	0.33	51	1.98	0.04	0.30	43	1.99	0.07	0.44
35	65	1.74	0.04	0.30	23	1.81	0.08	0.39	4	1.44	—	—	63	1.88	0.04	0.28	136	1.78	0.03	0.38
45	12	1.60	0.05	0.16	6	1.33	0.04	0.09	—	..	—	—	48	1.69	0.04	0.25	162	1.67	0.03	0.34
55	2	1.38	—	—	6	1.71	0.16	0.40	—	..	—	—	35	1.65	0.06	0.33	72	1.57	0.03	0.27
65	—	..	—	—	—	..	—	—	—	..	—	—	12	1.60	0.08	0.28	22	1.50	0.06	0.29
75	—	..	—	—	—	..	—	—	—	..	—	—	1	1.38	—	—	7	1.41	0.01	0.25

Taulukosta 34 nähdään, että kaikissa leimikoissa oksattoman osan suhteellisen pituuden lisääntyessä keskimääräinen oksaisuusluokka paranee. Korrelaatio onkin melko selvä, kuten seuraavat korrelaatiokertoimien arvot osoittavat:

Ruotsinkylä ..... -0.51 ± 0.05
Hirvensalmi ..... -0.54 ± 0.03
Evo ..... -0.31 ± 0.04
Ristiina ..... -0.51 ± 0.05
Saarijärvi ..... -0.35 ± 0.04

Kuten havaitaan, kertoimen arvo on kaikkialla yli 0.3, jota voidaan jo pitää kohtalaisen riippuvuuden osoittajana. Alimman oksan suhteelli-

nen korkeus eli rungon oksattoman osan suhteellinen pituus kuvaakin paremmin kuin muut käytetyt tunnukset rungon oksaisuusluokan.

Taulukkoa 34 tarkasteltaessa havaitaan lisäksi, että erot eri leimikkojen välillä ovat melko pienet, huomattavasti pienemmät kuin minkään muun tunnuksen ollessa kysymyksessä. Myöskään ei ole havaittavissa selviä, merkitseviä eroja hakkuuikäisten ja yli-ikäisten metsien välillä. Niinpä koko aineistolle voidaankin laskea yhteinen keskiarvo, joka on esitetty taulukossa 35.

Taulukko 35. Keskimääräisen oksaisuusluokan riippuvuus rungon oksattoman osan suhteellisesta pituudesta.

Table 35. Dependence of the average knottiness class on the relative length of the branchless stem part.

Oksaton osa, % *Branchless part, %*	Runkoja kpl. *No of trees*	Keskim. oks.luokka — *Aver. knottiness cl.*			Variaatiokerroin *Variation coefficient*
		M	εM	σ	
5	349	2.39	0.02	0.36	15.1
15	631	2.22	0.02	0.43	19.5
25	369	1.91	0.02	0.38	19.9
35	291	1.79	0.02	0.35	19.4
45	228	1.66	0.02	0.32	19.1
55	115	1.60	0.03	0.30	18.7
65	34	1.54	0.05	0.29	18.9
75	8	1.41	0.08	0.23	16.5

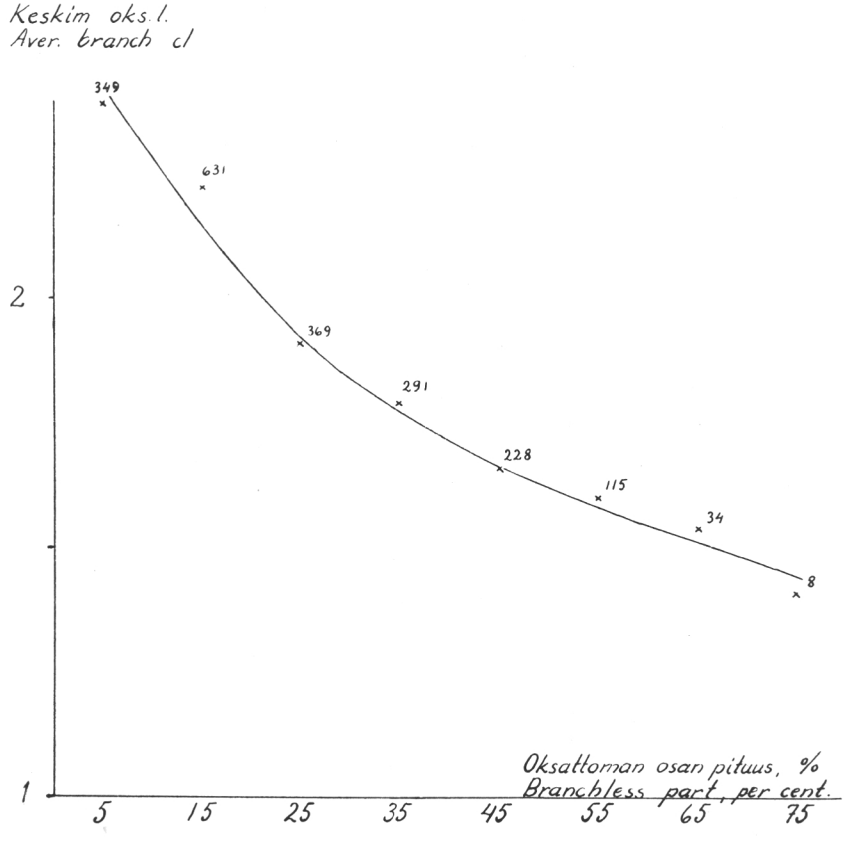
Taulukosta havaitaan, että keskimäärinkin oksattoman osan suht. pituus osoittaa hyvin rungon keskimääräisen oksaisuusluokan. Keskivirhelaskelmat puolestaan näyttävät, että eroja eri oksan korkeusluokkien välillä voidaan luokissa 5 %—45 % pitää merkitsevinä. Oksattoman osan ollessa yli 40 % rungon pituudesta sen piteneminen vaikuttaa vain hyvin vähän rungon keskimääräiseen oksaisuusluokkaan. Hajontaa ja variaatiokerrointa tarkasteltaessa havaitaan niiden itse asiassa olevan melko pieniä. Ne osoittavat, että keskimäärin 1/3 kunkin oksan korkeusluokan rungoista eroaa oksaisuusluokaltaan keskiarvosta n. 15—20 %, n. 5 % rungoista 30—40 % ja n. 0.03 % 45—60 % (Lindeberg 1927 s. 28).

Toisaalta voidaan tällaistakin hajontaa pitää yllättävän suurena. Myös aineiston osoittama riippuvuus saattaa yleensäkin tuntua odottamattoman heikolta. Onkin syytä luoda katsaus niihin tekijöihin, jotka vaikuttavat häiritsevästi oksattoman osan pituuden ja rungon tukeittaisen oksaisuusluokan väliseen riippuvuuteen.

1. Oksattoman osan pituutta arvioitaessa tai mitattaessa on aivan pienet oksat ja oksankyhmyt jätetty aineiston homogeenisuuden saavuttamiseksi pois (ks. s. 29). Etenkin oksankyhmyt ovat kuitenkin teknilliseltä kannalta monesti varsin vakavia vikoja. Niinpä pitkäkin oksaton mutta oksankyhmyinen tyvi voi mennä kokonaan II tai jopa III luokkaan, kun taas suhteellisesti lyhyempi oksaton tyvi, jossa ei esiinny oksankyhmyjä, voi puolestaan olla I luokkaa.

2. Oksattoman osan pituuden arvioinnissa ei ole otettu huomioon latvuksen oksien suuruutta, mikä kuitenkin voi vaikuttaa jonkin verran rungon keskimääräiseen oksaisuusluokkaan. Latvuksen oksien koon merkitys ei silti ole niin suuri kuin tyviosan oksankyhmyjen mahdollinen vaikutus.

Menetelmä olisikin ehdottomasti paljon tarkempi, jos em. tekijät otettaisiin luokituksessa jollain tavalla huomioon. Silloin ei menetelmää



Piirros 14. Rungon keskim. oksaisuusluokan riippuvuus oksattoman osan pituudesta.
Sketch 14. Dependence of the average knottiness class of stem on the length of branchless part.

kuitenkaan voitaisi enää pitää varsinaisena mittausmenetelmänä, koska sitä käytettäessä olisi suoritettava subjektiivisia arviointeja. Osoittautuivathan nimittäin juuri oksankyhmyt laatuluokituksessa erittäin vaikeasti arvioitaviksi vioiksi (ks. s. 55). Sen vuoksi onkin tyydytty pelkän oksattoman osan pituuden vaikutuksen tutkimukseen.

Piirroksessa 14 on esitetty tasoitettuna eri oksattoman osan pituusluokkien keskimääräiset oksaisuusluokat aineiston perusteella tasoitettuna. Tasoitusviiva on käyrä, koska suoritetut laskelmat osoittivat suoraviivaisen tasoituksen käytön oikeutuksen hyvin epätodennäköiseksi. Tosin suhde $\xi : \varepsilon(\xi)$ sai arvon 3.06, jonka mukaan suoraviivainen tasoitus voisi tulla kyseeseen. Onhan arvo vain vähän yli 3, jota pidetään yleensä maksimina suoraviivaiselle tasoitukselle (Lindeberg 1927 ss. 122—139, Yule 1916 s. 352). Kuitenkin näyttää käyräviivainen tasoitus niin paljon paremmin sopivan, että sitä on käytetty.

Havaitusta riippuvuudesta huolimatta on oksattoman osan pituutta pidettävä varsin epävarmana ja liian epätarkkana tunnuksena käytännöllisen sahatukkirunkojen laatuluokituksen pohjaksi. Likimääräisesti oksattoman osan suhteellinen pituus sen sijaan kuvaa joltisellakin tarkkuudella rungon tärkeimmän osan, tyviosan sahausteknillisen kelpoisuuden.

57. Yhdistelmä.

Tutkimuksen päätulokset voidaan esittää seuraavina loppupäätelminä:

1. Oksaisuus on yleisin sahatukkien laatua alentavista tekijöistä, mutta sen osuus vaihtelee eri laatuluokissa ja eri asemassa olevissa tukeissa.

2. Metsäntutkimuslaitoksen ja valtion teknillisen tutkimuslaitoksen laatimat laatuluokitusohjeet vastaavat suurin piirtein sahausteknillisiä vaatimuksia, mutta olisi tehtävä lisätutkimuksia erilaisten vikojen vaikutuksesta sahatavaran laatuun.

3. Suurin oksa osoittaa hyvin tukin koko oksaisuuden, mutta tyvitukissa tietyn suuruinen suurin oksa kuvaa jonkin verran vähäisempää oksaisuutta kuin välitukeissa ja niissä puolestaan vähäisempää oksaisuutta kuin latvatukeissa.

4. Tietyn, etenkin III oksaisuusluokan tyvitukkien suurin oksa on pienempi kuin samaan luokkaan kuuluvien väli- ja latvatukkien suurin oksa. Koesahauksin olisikin selvitettävä eri asemassa olevien tukkien todelliset oksaisuus- ja laatueroavaisuudet.

5. Metsiköittäin vallitsee I ja II oksaisuusluokkien oksaisuuden välillä kaikissa ikäluokissa positiivinen korrelaatio, ja hakkuuikäisissä metsissä

myös III luokan tukkien oksaisuus on sitä vähäisempi, mitä vähäisempi parempien luokkien tukkien oksaisuus on.

6. Koehenkilöistä n. 71 % sai koepuusarjojen keskimääräisen laadun oikeaa paremmaksi ja n. 29 % puolestaan huonommaksi. Aloittelijoilla on siis taipumus tulkita ko. laatuluokitusohjeita liian lievästi.

7. Eniten sattuu virheitä tyvitukkien ja yleensä sellaisten tukkien luokituksessa, joissa muut tekijät kuin suurin oksa ovat määränneet laatuluokan. Kun suurin oksa on ainoa todella mitattavissa oleva laatutunnus, voidaan sanoa, että laatuluokitusohjeiden virheellinen tulkinta on tärkein virheluokitusten syy.

8. Harjoittelun avulla saadaan ohjeiden tulkinta luokittajille »veriin» ja laatuluokituksen tarkkuus siten lisääntymään. Harjoittelu onkin laatuluokituksen onnistumisen ehdoton edellytys.

9. Tyvitukin osuus rungon tukkiosan kuutiomäärästä kasvaa tyvitukin oksaisuusluokan huonotessa, rinnankorkeusläpimitan suuretessa ja varsinkin tukkiluvun pienetessä.

10. Tyvitukin ja rungon muiden tukkien suurimman oksan koon välillä vallitsee selvä positiivinen korrelaatio.

11. Kunkin oksaisuusluokan latvatukkien todellinen oksaisuus on keskimäärin sitä vähäisempi, mitä parempaan oksaisuusluokkaan ko. rungon tyvitukki kuuluu.

12. Sekä kaksi-, kolmi- että nelitukkisten runkojen väli- ja latvatukkien joukossa on sitä enemmän hyviin, I ja II oksaisuusluokkiin kuuluvia tukkeja, mitä parempi tyvitukin oksaisuusluokka on.

13. Tyvitukin oksaisuusluokka kuvaa varsin hyvin koko rungon eri oksaisuusluokkien keskimääräisen osuuden eri läpimitta- ja ikäluokissa. Tyvitukin luokitukseen perustuvaa laatuluokitusmenetelmää voidaankin suositella pystypuiden luokituksessa käytettäväksi.

14. Rungon keskimääräisen oksaisuusluokan ja läpimitan, kapenemisen, solakkuuden ja oksattoman osan pituuden välillä vallitsee melko selvä riippuvuus, joka on kuitenkin niin heikko, ettei mainittuja tunnuksia voida käyttää laatuluokituksen pohjana.

6. Käytännöllisiä sovellutuksia.

Ne tutkimustulokset, jotka edellä on esitetty, osoittavat, että laatuluokituskysymyksessä on vielä paljon kehittämistä. Tutkimuksen tuloksista voidaan tehdä useita käytännöllisiä johtopäätöksiä, joiden yksityiskohdat on otettava lopuksi käsiteltäväksi.

61. Laatuluokitusohjeet.

Sahauskokeiden tulokset osoittavat, että metsäntutkimuslaitoksen ja valtion teknillisen tutkimuslaitoksen yhdessä laatimat laatuluokitusohjeet ylimalkaan vastaavat hyvin tarkoitustaan. Yleensä hyvien laatuluokkien tukeista saadaan selvästi parempaa sahatavaraa kuin huonojen laatuluokkien tukeista. Kuitenkin sahauskokeet ja koeleimikoissa tehdyt mittaukset paljastivat eräitä puutteellisuuksia laatuluokitusohjeissa, joiden korjaamiseen nykyiset tietomme eivät vielä riitä. Olisikin suoritettava sahauskokeita seuraavien kysymysten selvittämiseksi:

— Millä tavoin eri viat, kuten esim. korot, lenkous jne. vaikuttavat tukista saatavan sahatavaran laatuun?

— Onko määräviat ja laatuviat otettava laatuluokituksessa huomioon samanarvoisina?

— Onko tietyn laatuluokan tyvi-, väli- ja latvatukkien välillä todella olemassa niin suuret erot, että tukin asema pitäisi ottaa huomioon laatuluokituksessa?

— Onko eri leimikkojen välillä eroja eri laatuluokkien todellisessa laadussa, kuten oksaisuusmittaukset osoittavat oksaisuudessa olevan?

Vasta näiden kysymysten tultua selvitetyksi voidaan lopullisesti päätellä, ovatko esillä olevat ohjeet parhaat mahdolliset vai onko niitä jollain tavoin tarkistettava. Tällaisessa ohjeiden tarkistuksessa olisi kiinnitettävä huomiota myös tulkinnanvaraisuuden vähentämiseen, johon lienee hyviä mahdollisuuksia.

62. Tukeittainen laatuluokitusmenetelmä.

Tutkimustuloksista ilmeni, että laatuluokan määrittämisen tarkkuus oli aloittelijoilla varsin heikko, mutta toisaalta osoitettiin harjoittelun hyvin

tuntuvasti lisäävän työn tarkkuutta. Voidaankin sanoa, että laatuluokitus on sen käyttäjille erikoisesti käytännöllisten harjoitusten avulla opetettava, ennenkuin voidaan toivoa päästävän riittävän tarkkoihin tuloksiin (vrt. Lockard 1950b, Heiskanen 1951b).

Laatuluokituksen opetuksessa ja harjoittelussa voidaan noudattaa esimerkiksi seuraavaa ohjelmaa, joka on todettu hyväksi useilla metsäntutkimuslaitoksen toimesta vv. 1949—1954 järjestetyillä laatuluokituskursseilla.

1. Teoreettinen opetus, jossa päähuomio kiinnitetään sahatukkien laatuluokitusohjeiden yksityiskohtaiseen analysointiin. Lisäksi käsitellään sahatavaran lajitteluohjeet sekä sahapuurunkojen apteeraus ja kuutioarviointi.

2. Sahatavaran lajitteluharjoitukset, joissa tutustutaan lyhyesti tyypillisiin eri kokojen eri laatuisiin kappaleisiin.

3. Sahatukkien laatuluokitusharjoitukset ja koesahaukset, joiden avulla opetetaan tuntemaan eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien sahaustuloksen laatu. Näitä kokeita varten valitaan huolellisesti vähintään kymmenen kunkin laatuluokan tukkia, jotka luokitetaan, sahataan ja sahatavara lajitellaan. Koesahausten avulla voidaan myös opettaa erilaisten vikojen vaikutus sahatavaran laatuun, joten niitä on pidettävä laatuluokituskurssien tärkeimpinä harjoituksina ja ne on syytä huolellisesti valmistella.

4. Koepuusarjan luokitus, jossa koetetaan soveltaa käytäntöön teoreettisen opetuksen ja em. harjoitusten avulla saatuja tietoja. Harjoitusta varten mitataan pystyyn 20—30 mahdollisimman vaihtelevan laatuista tukkipuuta, jotka jaetaan tukeiksi tiettyjä, kulloinkin voimassa olevia apteerausohjeita noudattaen ja jokaisen tukin laatuluokka määritetään vikojen suuruutta selvittäviin mittauksiin nojautuen. Kurssilaiset suorittavat numeroitujen koepuiden kuutioarvioinnin ja määrittävät jokaisen tekemänsä tukin laatuluokan. Lopuksi käydään koepuusarja uudelleen yksityiskohtaisesti läpi ja esitetään oppilaille oikeat tulokset perusteluineen.

Tällainen opetus ja harjoittelu antaa riittävän pohjan laatuluokituksen suoritukselle, joten se on katsottava peruskoulutukseksi. Mainittakoon myös, että Yhdysvaltain Forest Service opettaa laatuluokitusta suunnilleen samanlaista ohjelmaa noudattaen (Lockard 1950b).

Jatkoharjoittelu on myös tärkeää opitun mielessä pitämiseksi. Siihenkin on olemassa mahdollisuus peruskurssien tapaisilla kursseilla, mutta sitä voidaan myös harrastaa sahoilla. Esim. Puget Sound Scaling and Grading Bureau'n mittamiehet Washingtonin valtiossa USA:ssa joutuvat vähintäin kerran vuodessa seuraamaan sahoilla eri laatuisten tukkien sahausta ja tekemään sekä tukeista että niiden sahaustuloksesta tarkat muistiinpa-

not, jotka toimiston johto tarkastaa[1]). Näin intensiivinen jatkoharjoittelu ei ole kuitenkaan tarpeen sellaisille miehille, jotka vain harvoin joutuvat luokituksia suorittamaan.

Kun tulevaisuudessa meilläkin siirrytään täydelliseen laatumaksutapaan, jota varten tukit luokitetaan mittaustilaisuudessa, on laatuluokituksen tarkkuuden lisäämiseksi siirryttävä erityisten laatuluokittajien käyttöön, kuten Ruotsin ja Yhdysvaltain länsirannikon mittausyhdistyksissäkin on tapana. Tutkimuksen tuloksetkin osoittavat, että eri miesten laatuluokitustulokset voivat erota hyvinkin paljon toisistaan (vrt. Heiskanen 1951b). Mainittakoon myös, että metsähallitus on käyttänyt laatuarviointiryhmiä sekä 1930-luvulla että uudelleen vuodesta 1950 lähtien. Näin eivät henkilökohtaiset eroavaisuudet pääse vaikuttamaan tulosten yhtäpitävyyteen niin paljon kuin, jos luokituksen suorittaminen kuuluu paikallisten metsäammattimiesten tehtäviin. Laatuluokitusryhmiä käytettäessä luokittajien koulutus on helpommin suoritettavissa, kun koulutettavien lukumäärä on suhteellisen pieni. Onkin syytä vielä korostaa, että kouluttamattoman laatuluokittajan saamat tulokset ovat useimmissa tapauksissa niin epäluotettavia ja epätarkkoja, ettei niille saisi antaa täyttä todistusarvoa (vrt. Mecklin 1937, Pöyhönen 1951).

Täydellisen laatumaksutavan käytäntöönotto vaatii muustakin syystä puolueettomien laatuluokittajien käyttämisen. Vaikka tutkimustulokset eivät osoittaneetkaan työnantajan etuun tähtäävän suunnan olevan ehdottoman varman, voidaan uskoa sellaista esiintyvän varsin usein. Puolueeton laatuluokitus olisikin välttämätön turvaamaan laatumaksutavan onnistumisen. Myös tässä suhteessa on syytä viitata Ruotsin ja Yhdysvaltain mittausyhdistyksiin.

63. Tyvitukkimenetelmä.

Tutkimustulokset osoittavat, että tyvitukin oksaisuusluokka kuvaa keskimäärin varsin tarkoin koko rungon oksaisuusluokkajaatumisen. Tosin tyvitukkimenetelmä ei ole teoriassa yhtä tarkka kuin tukeittainen menetelmä, mutta pystypuiden laatuluokituksessa ei koskaan voida käytännössä päästä absoluuttisen oikeisiin tuloksiin. Kun pystypuiden kuutiomääräkin saadaan seville vain likimäärin, voidaan myös laatuluokkien määrittämisessä tyytyä jonkin verran likimääräiseen, mutta nopeaan tyvitukkimenetelmään. Sen etuna on lisäksi se, että sitä käytettäessä tyvitukin, rungon tärkeimmän osan laatuluokan määrittämiseen kiinnitetään enemmän huomiota kuin tukeittaisessa menetelmässä.

[1]) Mr. G. Barrettin, em. toimiston johtajan tekijälle antama tieto.

Tyvitukkimenetelmän käyttö tukkileimikoiden laatuluokituksen yhteydessä vaatii erikoisen kuutioarvioimismenetelmän käyttöä, sillä sitä käytettäessä on myös kuutioarvioinnissa käsiteltävä rungot tukkiluvun mukaan. Helpointa olisi, jos olisi saatavissa tukkipuiden kuutioimistaulukot, jotka perustuisivat rinnankorkeusläpimitan mittaukseen ja tukkiluvun arviointiin. Sellaisten puuttuessa sopii kuutioarvioimismenetelmäksi metsäntutkimuslaitoksella jo jonkin aikaa käytetty tapa hieman muunnettuna (vrt. Ohjeet . . .).

Arvioinnissa mitataan jokainen leimattu tai leimattava sahapuurunko rinnankorkeudelta ja samalla arvioidaan rungosta saatavien sahatukkien lukumäärä huomioon ottaen, että kaksitukkisesta puusta tulee saada tukkipuuta vähintäin 28—30 juoksujalkaa, kolmitukkisesta puusta 42—46 juoksujalkaa ja nelitukkisesta puusta 56—60 juoksujalkaa. Samalla määritetään tyvitukin oksaisuusluokka kustakin rungosta. Puista saatavan sahauskelpoisen puumäärän ja sen laadun lopullinen määrittäminen suoritetaan koepuiden avulla. Koepuiden lukumäärän selvittäminen voi tapahtua esim. tekijän julkaiseman taulukon avulla (H e i s k a n e n 1953).

Koepuista mitataan ja arvioidaan seuraavat tunnukset:

1. Mitataan rungon rinnankorkeusläpimitta ja arvioidaan tukkiluku.
2. Mitataan tyvitukin pituus ja läpimitta ajatellulta katkaisukohdalta sekä arvioidaan silmämäärin muiden rungosta mahdollisesti saatavien tukkien mitat.
3. Määritetään tyvitukkien oksaisuusluokka ja tarkastetaan, onko minkään tukin laatuluokka alempi kuin oksaisuusluokka. Yleensä tämä tarkastelu on tarpeen kohdistaa vain tyvitukkiin ja pitkissä rungoissa myös toiseen tukkiin.

Näiden tietojen perusteella voidaan laskea erilaisten runkojen kuutiomäärät ja taulukon 27 avulla saada selville kokonaiskuutiomäärän jakaantuminen eri oksaisuusluokkien osalle. Koepuiden laatuluokkamäärityksistä voidaan puolestaan laskea niiden erikokoisten tukkien luku- ja kuutiomäärä, joissa laatuluokka on alempi kuin oksaisuusluokka.

Kirjallisuusluettelo.

Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa I. MKJ. 1. Helsinki.

Almqvist. Gösta. 1945. Några synpunkter på tidstudierna och deras användning inom skogsbruket NST. I. ss. 23—46.

Almqvist, G. och Hallmans, G. 1946. Redogörelse för undersökning av olika mätningsmetoders noggrannhet. Stockholm.

—»— 1947. Redogörelse för kompletterande undersökning av olika mätningsmetoders noggrannhet. Stockholm.

Anderson, I. V. 1939. The Northern Rocky Mountain Log Grades. Report on Inter-Experiment Station Log Grading Conference ss. 7—10.

Andersson, Ernst. 1941. Kvalitetsklassificering av grantimmer efter kviststorleken. NST. ss. 16—57.

Aro, Paavo. 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. MTJ. 20. 4. Helsinki.

Barrett, Gordon S. 1949. Log Scalers' Handbook. Everett, Wash.

Behre, Edward. 1932. Change in Form of Red Spruce after Logging and of Northern White Pine after Thinning. J. For. ss. 805—810.

Benson, A. O. 1940. A New Approach to Hardwood Log Grades. Sth. Lumberman ss. 27—28.

—»— 1941a. Grading Hardwood Logs by The Cutting System. Sth. Lumberman ss. 226—228.

—»— 1941b. Something New in Hardwood Log Grades. J. For. ss. 13—15.

Bergestad, Leiv. 1929. Om tømmerets form i Lågen og Farris vassdrag. MNS. Bind IV. hefte 2. Oslo.

Bergvik och Ala Nya Aktiebolag. 1946. Instruktioner för Hugging, Avmätning och Intumning av Virke. Söderhamn.

Blomqvist, A. G. 1897. Om uppqvistning av träd. Finska Forstför. Medd. 1. Bd. Helsingfors.

Bonsdorff, A. J. 1933. Tukkipuiden laatuluokituksesta erinäisillä valtion asutustiloilla Kainuussa. SPPL. ss. 370—378, 412—418.

—»— 1934. Tukkipuiden laatuluokituksesta ja hinnoittelusta erinäisillä valtion asutustiloilla Keski-Pohjanmaalla. SPPL. ss. 232—236.

Borenius, Erik 1928. Virkesförluster. Forstl. Tidskrift ss. 119—121.

Borg, L. E. T. 1947. Laatupuiden kasvatuksesta. MA. ss. 137—138.

Bratton, Allen W. 1948. Hardwood Log Grading and Lumber Value. Northeast. For. Exp. Sta., Station Paper no 14, Upper Darby, Pa.

Bromley, W. S. 1941. The Use of Log Grades in Appraising Lumber Values of Selectively Cut Northern Hardwood Timber. Pap. Mich. Acad. Ser. ss. 135—142.

Brown, Nelson C. 1949. Logging. The Principles and Methods of Harvesting Timber in the United States and Canada. New York—London.

Brundage, M. R. 1936. Comparative Lumber Selling Values of Different Grades and Sizes of Redwood Logs. Calif. F & R Exp. Sta., Res. Note 8. Berkeley, Calif.

—»— 1938. Valuation of Trees and Cutting Systems on Four Sample Plots Blacks Mountain Experimental Forest 1938. Berkeley, Calif.

—»— 1939. A Proposed New Log Grade Classification for California Pine Region Virgin Timber.

Brundage, M. R. and Orr, T. J. jr. 1936. Comparative Yield of Lumber Grades from Three Grades of Redwood Logs Classified on the Basis of Their Superificial Appearance in the Standing Tree. Calif. F & R Exp. Sta. Res. Note no 12. Berkeley. Calif.

Brunn, G. 1931. Untersuchungen über die Astreinigung von Fichtenstanden. Mitt. a. Forstwirtschaft und Forstwissenschaft ss. 537—566. Hannover.

—»— 1932. Jahrringbreite und Ästigkeit der Fichte. Silva ss. 153—155.

Bühler, Anton und Flury, Ph. 1892. Untersuchungen über die Astreinheit der Bestände. MSFV. Bd. II. ss. 205—256. Zürich.

Cajanus, W. 1911. Puun rungon muotoa koskevia tutkimusmetoodeja. SMY:n julk. XXVIII. ss. 363—370. Helsinki.

Campbell, Robert A. 1951. Tree Grades, Yields and Values for Some Appalachian Hardwoods. Southeast. For. Exp. Sta., Station Paper no 9. Asheville, NC.

Comparison of Investment and Earnings of Hardwood Trees in the Northern Lake States. U. S. Forest Service, Region 9. Milwaukee, Wis.

Cornwall, George F. 1937. Should Quality or Quantity Be the Goal of Our Forestry. J. For. ss. 184—187.

Crossett Log Grades 1949.

Darwin, W. N. and Cobb, B. C. 1949. Effect of Log Size and Grade in Shortleaf Pine. TVA. Norris, Tenn.

Davis, E. M. 1940. Lumber from Old-growth versus from Second-growth in Pinus Strobus. J. For. ss. 877—880.

Diener, Hans. 1948. Untersuchungen über die Sortimentslänge von Fichten-Rundholz. MSFV. Band XXV. Heft 2. Zürich.

Düesberg. 1893. Wie erwachsen astreine Kiefern. ZFJ. ss. 601—607.

Enander, M. 1935. Taxering av skog med uppdelning på kvalitetsklasser. Skogen ss. 471—473.

Eriksson, Herm. 1941. Kvantitet och kvalitet i virkesproduktionen. NST ss. 393—403.

Fechner, Gilbert H. 1951. Yellowpoplar Lumber Grade Yield Recovery. J. For. ss. 888—894.

Garver, R. D. and Miller, Ray 1928. Utilization of Shortleaf Pine at Small Mills. U. S. Dept. of Agr., FPL. Madison, Wis.

Gayer, Karl—Fabritius, Ludwig. 1935. Die Forstbenutzung. Dreizehnte Auflage. Berlin.

Grade Specifications for Eastern White Pine and Red Pine Logs.

Granvik, Bror-Anton ja Levanto, Seppo. 1952. Tutkimuksia ratapölkkyjen sahauksesta kenttäsirkkelisahalla. Työtehoseuran julk. n:o 66. Helsinki.

Goetzen, C. B., Parton, W. W., Stott, C. B. and Stone J. H. 1943. Suggested hardwood tree class standards for farm foresters. U. S. Forest Service, Region 9. Milwaukee, Wis.

Gregory, G. R. and Person, H. L. 1949. Lumber Values for East Texas Pine Logs. South. For. Exp. Sta., Occ. Paper no 113. New Orleans, La.
Hagberg, Nils. 1942. Stamformens förändring hos tall och gran under beståndsutvecklingen och efter friställning. SST. ss. 1—46. Stockholm.
Hallberg, A. 1933. Tukkien laatulajittelu. Suomen Puu ss. 86—89.
Hannemann. 1932. Bestandspflege und Wertholzerziehung im Kiefernwald des südlichen Ostpreussens. Der Deutsche Forstwirt ss. 249—250.
Harwood Log Grades for Standard Lumber. Proposal and Results. 1949a. FPL. no D1737. Madison, Wis.
Harwood Log Grades for Standard Lumber and How to Apply Them 1949b. FPL. no D1737 A. Madison, Wis.
Haugberg, Arne. 1927. Kvalitetsproblemet. Tidskrift f. Skogsb. ss. 122—136.
Heikinheimo, Olli. 1953a. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. MTJ. 41. 5. Helsinki.
—»— 1953b. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. MA. ss. 397—399.
Heikkerö, Topi. 1948. Puutavaran mittauksesta Ruotsissa. Metsälehti n:o. 25—26.
Heiskanen, Veijo. 1950a. Mäntysahatukkien uusi laatuluokittelu. Metsälehti n:o 49.
—»— 1950b. Uusi mäntysahatukkien laatuluokittelu. MA. ss. 286—288.
—»— 1950c. Mäntytukkipuiden kuutioarvioinnin tarkkuudesta. MTJ. 38. 6. Helsinki.
—»— 1951a. Mäntysahatukkien laadun mukaisista arvosuhteista. SF. 69. ss. 92—103.
—»— 1951b. Mäntysahatukkien laatuarvioinnin tarkkuudesta. Ibid. ss. 104—112.
—»— 1951c. Sahatukkien laatuluokittelulla saavutettavista eduista. Ibid. ss. 86—91.
—»— 1951d. Sahatukkien laatuluokittelutavat. Ibid. ss. 76—85.
—»— 1952a. Sahatukkien mittaus Yhdysvalloissa. Metsätietoa n:o 4.
—»— 1952b. Ostaja ja myyjä tukkileimikon kuutioarvioinnin suorittajana. (Käsikirjoitus).
—»— 1953. Tukkipuiden kuutioarvioinnin suorittamisesta. MA. ss. 413—415.
Helander, A. Benj. 1922. Metsänkäyttöoppi. Porvoo.
Hilf, H. H. 1942. Die Holzverwertung. Neudammer Forstliches Lehrbuch. Neudamm-Berlin.
Hilscher, Alfred. 1949. Normalleistungstafel für die Waldarbeit. Graz.
Holopainen, Viljo. 1949. Karsimisen vaikutuksesta vanerikoivun kantohintaan. MA. ss. 415—416.
Ilvessalo, Yrjö. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsiköille. AFF. 15. Helsinki.
—»— 1930. Käytännölliset metsänarvioimistavat. Maa ja Metsä IV. ss. 727—751. Porvoo.
—»— 1943. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. MTJ. 30. Helsinki.
—»— 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Ibid. 34. 4. Helsinki.
—»— 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Ibid. 39. 3. Helsinki.
Jalava, Matti. 1938. Vanerikoivujen arvosuhteista. Puutekn. Tutk.laitos. Tiedoitus VT8.
—»— 1943. Vanerikoivujen laatuluokittelusta. MA. ss. 131—136.
—»— 1949. Laatupuiden kasvattamisesta. MA. ss. 35—36.
—»— 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki.

Junack. 1921. Soll man aufasten oder nicht? Silva s. 174.
Jussila, Eino. A. 1935. Raaka-aineen vaikutus sahatavaran laatuun. YMY:n vuosik. VIII ss. 24—38. Helsinki.
Kauppinen, Lassi. 1951. Vuosirengasvälin vaikutuksesta mäntysahatukkien ja mäntysahatavaran laatuun. (Käsikirjoitus).
Kellogg, L. 1941. Log Grades of Timber in Eastern Ohio. I. Eastern Pine on Mohican River Gorge, Holmes County, Ohio. Central For. Exp. Sta., Techn. Note no 38. Columbus, O.
Kellogg, L. F. and Kuenzel, John G. 1945. Lumber Grade Recovery from Shortleaf Pine and Mixed Oak in Northern Arkansas. J. For. ss. 10—15.
Kinnman, Gunno. 1922. Om sågtimmerets kvalité. Skogen ss. 1—14.
—»— 1927. Uppskattning av kvistigheten. Ibid. s. 11.
Kjølby, Vilh. 1949. Kvalitetsbedømmelser av Bevoksninger. DST. ss. 224—228.
Klem, Gustav G. 1930. Kvalitetsundersøkelser i granskog og på grantømmer. MNS. Bind III hefte 4. Oslo.
—»— 1934. Undersøkelser av granvirkets kvalitet. Ibid. Bind V hefte 2 ss. 197—348. Oslo.
—»— 1942. Planteavstandens innflytelse på granvedens og sulfitcellulosens kvalitet. Ibid. Bind VIII hefte 2 ss. 257—296. Oslo.
—»— 1952. Planteavstandens virkning på granvirkets kvalitet. Ibid. Bind XI hefte 3 ss. 473—506. Bergen.
Knuchel, H. 1947. Holzfehler. Zürich.
Koehler, Arthur. 1938. Wood-Quality a Reflection of Growth Environment. J. For. ss. 867—869.
Krauch, Herman. 1924. Acceleration of Growth in Western Yellow Pine Stands After Cutting. J. For. ss. 39—42.
Krueger, Myron E. 1951. Lumber Grade Recovery in a Circular-Saw Mill in California. Hilgardia. Vol. 21. No 3. Berkeley, Calif.
Kungl. Skogsstyrelsen 1944. Mätningsinstruktion för sågtimmer av barrträd. Circ. nr. 4 A.
Kühn und Olberg. 1930. Über den Zusammenhang zwischen der Holzqualität und der Jugendentwicklung der Kiefer. ZFJ. ss. 625—658.
Laitakari, Erkki. 1929. Über die Fähigkeit der Bäume sich gegen Sturmgefahr zu schützen. AFF. 34. 34. Helsinki.
—»— 1935. Tutkimuksia metsikön ja kasvupaikan vaikutuksesta kuusen rungon kelpoisuuteen. Ibid. 41. 4. Helsinki.
—»— 1936. Laatupuun kasvattamisesta. Metsänhoitajien jatkokurssit 1935 ss. 259—270.
Lakari, O. J. 1920a. Tutkimuksia kuusen karsimisesta. MKJ. 2. Helsinki.
—»— 1920b. Tutkimuksia männyn muodosta. Ibid. 3. Helsinki.
Lappalainen, R. 1949. Mäntysahatukkien laatulajittelu ja sen vaikutus sahaustulokseen. (Käsikirjoitus).
Lappi-Seppälä, M. 1929. Untersuchungen über die Schlankheit der Kiefer. AFF, 34. 42. Helsinki.
—»— 1937a. Karsimisesta arvopuun kasvatusta silmällä pitäen. SF. 42. ss. 120—136.
—»— 1937b. Karsimisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. AFF. 40. 25. Helsinki.
—»— 1952. Männyn sydänpuusta ja runkomuodosta. MTJ. 40. 25. Helsinki.

Lassila, I. 1931. Untersuchungen über den Einfluss des Waldtypes auf die Qualität der Kiefer. AFF. 37. 1. Helsinki.
Laver, C. F. 1951. Principles Concerning Log Measurement. London.
Lehonkoski, N. A. 1949. Vanerikoivujemme nykyinen laatu. MA. ss. 16—19.
Lindeberg, J. W. 1927. Todennäköisyyslasku ja sen käytäntö tilastotieteessä. Helsinki.
Lindquist, Bertil. 1939. Virkeskvalitet och rotnettovärde hos smalkronig och bredkronig tall. SST. ss. 1—119.
Liuksiala, A. 1945. Yleiset sahapuiden kaato- ja katkomisohjeet. Helsinki.
Lockard, C. R. 1950a. Hardwood Log Grading — A Phase of Quality Control. Forest Prod. Res. Soc., 1950. Reprint no 122.
—»— 1950b. Hardwood Log and Timber Quality Appraisal Training Program for Foresters. Upper Darby, Pa.
Lockard, C. R., Putman, J. A. and Carpenter, R. D. 1950. Log Defects in Southern Hardwood. U. S. Dept of Agr., Agr. Handbook 4. Washington, D. C.
Lodewick, J. Elton. 1939. The Pacific Northwest Log Grades. Report on Inter Experiment Station Log Grading Conference ss. 10—11.
—»— 1941. West Coast Log Values. 1. Douglas-Fir from the Oregon Cascades. Pac. NWest F. & R. Exp. Sta., Products Paper No 3. Portland, Ore.
—»— 1943. West Coast Log Values. 2. Western Hemlock from the Washington Cascades. Ibid. no 4. Portland, Ore.
Log Scaling and Grading Rules, March 1942. Seattle, Wash.
Lönnroth, Erik. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. AFF. 30. 1. Helsinki.
Makkonen, Olli. 1948. Aikatutkimuksia tukkien ja paperipuiden teosta talvella. Metsätehon julk. n:o 18. Helsinki.
Marts, Ralph O. 1949. Effect of Crown Reduction on Taper and Density in Longleaf Pine. Sth. Lumberman Dec. 15.
Matson, E. E. 1947. Lumber Grade Recovery Study of Oregon Coast Range Type Douglas-Fir Timber. Reprinted from the May, 1947, issue of W. Cst Lumberman.
—»— 1948. Lumber Grade Recovery from Southern Interior Oregon Type Douglas-Fir. Timberman n:o 6.
Mattsson, L. 1916. Hjälpreda vid aptering av ståndskog. SST. ss. 557—562.
Mattsson-Mårn, L. 1920. Slutenhet och slutenhetsfaktorer. SST. ss. 168—194.
Mayer-Wegelin, H. 1930. Zweckmässige Nutzholzaushaltung. Silva ss. 65—68.
Mecklin, Ahti. 1937. Puutavaran kantohinnan arvioimisen perusteista. SF. 42. ss. 74—83.
Mela, Martti. 1930. Sahatukkien apteerauksesta. SP. s. 81.
Metsätöiden palkkaperusteet. 1946. Komitean mietintö. Helsinki.
Metzger, C. 1893. Der Wind als massgebender Faktor für das Wachsthum der Bäume. Münd. Forstl. Hefte III.
—»— 1896. Form und Wachstum der Waldbäume im Lichte der Darwinschen Lehre. AFJ. ss. 224—233.
—»— 1908. Über das Konstruktionsprinzip des sekundären Holzkörpers. NZFL. ss. 249—273.
Meyer, Walter H. 1931. Effect of Release Upon the Form and Volume of WesternYellow Pine. J. For. ss. 1127—1133.

Meyer, Walter H. and Chapman, Herman H. 1949. Forest Mensuration. New York — Toronto — London.

National Forest Scaling Handbook. 1941. U. S. Dept. of Agr., Forest Service. Washington, D. C.

Nenzell, Gustaf. 1946. Några resultat från tidstudier av gagnvirkeshuggning. NST. I. ss. 1—35.

Nyblom, E. 1927. Formförändring hos helt friställda träd. SST. ss. 51—61.

Nyyssönen Aarne. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. MTJ. 40. 4. Helsinki.

—»— 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. AFF. 60. Helsinki.

Official Log Scale and Grading Rules for the Pacific Northwest. 1947. Everett, Wash.

Official Log Scale and Grading Rules for the Pacific Northwest. 1948. Everett, Wash.

Ohjeet sahapuiden arvioimista varten. Metsäntutkimuslaitos. (Konekirjoite).

Orr, T. J. 1939. Comparison of Three Existing Grading Systems. Report on Inter-Experiment Station Log Grading Conference s. 13.

Parks, W. H. 1952. Formation of Quality Classes for Second-growth Douglas-Fir Logs based on Lumber Grade Recovery. J. For. ss. 868—869.

—»— 1953. Second Growth Douglas-Fir Quality Classes. Timberman no 6. ss. 76—80.

Paul, Benson H. 1932a. Improving the Quality of Second Growth Douglas-Fir. J. For. ss. 682—686.

—»— 1932b. The Relation of Certain Forest Conditions of the Quality and Value of Second Growth Loblolly Pine Timber. J. For. ss. 4—21.

—»— 1947a. Knots in Second Growth Douglas-Fir. FPL. no R 1690. Madison, Wis.

—»— 1947b. Lumber Grades vs. Site Quality of Second Growth Douglas-Fir. W. Cst. Lumberman 74 (11).

Paul, Benson H. and Smith, Diana M. 1950. Summary on Growth in Relation to Quality of Southern Yellow Pine. FPL. no R 1751. Madison, Wis.

Pearson, G. A. and Folweiler, A. D. 1927. Acceleration of Growth in Western Yellow Pine after Cutting. J. For. ss. 981—988.

Pechmann, H. v. 1934. Güteansprüche an das Holz als Werkstoff und Wege zu Erfüllung der Güteforderungen im Forstbetrieb. FC. ss. 629—650, 674—695, 707—720, 729—746, 783—803, 812—837.

Petrini, Sven. 1937. Skoguppskattning och skogsekonomi. Stockholm.

—»— 1939. Skogsbrukets mål. SST. ss. 379—387.

Ponderosa Pine Log Grades. 1939.

Puutavaran mittauskomitean mietintö. 1936. Puutekn. tutk. kann. yhd. julk. n:o 24. Helsinki.

Pöntynen, V. 1944. Sahapuiden pystyynarvioinnin tarkkuudesta. MA. ss. 172—175.

Pöyhönen, V. 1951. Teollisuuden raakapuun yleiset laatuvaatimukset. SF. 69. ss. 56—62.

Rapraeger, E. F. 1938. Results and Application of a Logging and Milling Study in the Western White Pine Type of Northern Idaho. Univ. Idaho., Bull. no 16. Vol. 33.

Region 5 Log Grades — Westside San Fransisco, Calif.

Reynolds, R. R., Bond, W. E. and Kirkland, Burt. 1944. Financial Aspects of Selective Cutting in the Management of Second Growth Pine-Hardwood Forests West of the Mississippi River. U. S. Dept. of Agr., Techn. Bull. no 861. Washington, D. C.

Ronkanen, A. J. 1950. Tutkimuksia sahtatukin pituuden, lenkouden ja kapenemisen vaikutuksesta sydäntavaran pituuteen ja leveyteen. Metsätehon julk. n:o 23. Helsinki.

Sahapuiden laatuluokitus. Metsätalous. s. 122. 1938.

Sandmo, J. K. og Nergaard, Kaare. 1930. Bidrag til spörsmålet om grantømmerets kvalitet. Medd. nr 7 fra Pap. Ind. Forskn. kom., Oslo.

Sarvas, Risto. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. MTJ. 33. 1. Helsinki.

Schwendener, S. 1874. Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen, mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen. Leipzig.

Shibalov, V. J. 1948. Sortirovka lesa. Lesnaja Prom. n:o 10. ss. 14—16.

Siimes, F. E. 1951. Sahatukkien laatuluokittelu sahatavarain käytön, lajittelun ja koesahausten valossa. SF. 69. ss. 63—75.

—»— 1954. Esimerkki sahatukkien laatuluokittelun vaikutuksesta. MA. ss. 5—7.

Silvén, F. 1949. Förslag till mätningsregler för sågtimmer av barrträd.

—»— 1953. Enheltlig mätning av sågtimmer. Skogen s. 220.

Sirén, Gustav. 1952. Hakkuun vaikutuksesta kuusipuun rakenteeseen korpimailla. MTJ. 40. 32. Helsinki.

Skogsstyrelsens expertkommitté för virkesmätning 1948. Redogörelse för undersökningar angående mätning av sågtimmer. Stockholm.

Sohlman, S. A. 1932a. Kvaliteten hos vårt inhemska byggnadsvirke. Helsingfors.

—»— 1932b. Virkeskvaliteten i våra skogar. Helsingfors.

Stone, J. H. and Stott, C. B. 1944. How to Grade Hardwood Sawlogs. J. For., ss. 438—440.

Streyffert, Th. 1949. The Effect of Industrial and Chemical Development on Silviculture and Forest Management. Proc. of the III. World For. Congr. no 1. ss. 208—218. Helsinki.

Suomen Virallinen Tilasto. Teollisuustilastoa vuodelta 1939.

Telford, C. J. 1952. Small Sawmill Operator's Manual. Agr. Handbook no 27. U. S. Dept. of. Agr. Washington, D. C.

Tikka, P. S. 1935. Puiden vikanaisuuksista Pohjois-Suomen metsissä. AFF. 41. 1. Helsinki.

—»— 1940. Puiden vikanaisuuksien merkitys ja huomioon ottaminen Perä-Pohjolan mäntymetsien hoidossa. Ibid. 50. 1. Helsinki.

Tree Grades for Loblolly and Shortleaf Pine. 1948. Southeast. For. Exp. Sta., Techn. Note no 69. Asheville, N. C.

Tuovinen, Arno. 1948. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. I. Kuorimishukka ja kuutiosuhteet. Metsätehon julk. n:o 11a. Helsinki.

Wallace, O. P. 1948. A Simple Method for Grading Hardwood Logs and Determining Log Values for New Hampshire. J. For. ss. 377—379.

Wallden, Paul. 1933. Eräs puun laadun tunnus. AFF. 39. 3. Helsinki.

Valtioneuvoston päätös järeän havupuun hinnoituksesta. Suom. As. Kok. n:o 833/1944.

Wegelius, Th. 1939. The Presence and Properties of Knots in Finnish Spruce. AFF. 48. 1. Helsinki.

Weissenberg, G. v. 1949. Lausunto vanerikoivujen kuutioarvioinnista. Koivujen pystyarviointi. MA. ss. 22—25.

Wenemark, E. 1944. Undersökning av sulfatved. Husum.

Wennerholm, Sten. 1937. Furusågtimrets kvalitetssortering i övre Norrland. Skogen ss. 75—80.
White Pine Tree Grading Rules. Käsikirjoitus Pack Demonstration Forest'issa. Warrensburg, N. Y.
Vientisahatavaran lajitteluohjeet 1936. Puutekn. tutk. kann. yhd. julk. n:o 23. Helsinki.
Worthington, Norman P. 1949. Lumber Grade Recovery and Milling Costs. The Timberman no 11.
Vuoristo, Ilmari. 1932. Tukkipuiden laatulajittelu sahausta varten. Tapio ss. 475—479.
—»— 1934. Tukkimetsien laatuarviointi. SP. ss. 214—216.
—»— 1935a. Havupuumetsien laatuarvo ja laadun arviointi. SF. 39. ss. 232—244.
—»— 1935b. Sahatukkien hinnat hankintakaupoissa tukkien koosta ja laadusta riippuvaksi. Metsälehti n:o 35.
—»— 1936. Kuutioarvioinnin tarkkuus tukkipuiden leimauksessa. MA. ss. 158—161.
—»— 1937a. Tukkien hinnoitus laatuarvion perusteella. Metsätalous ss. 37—41.
—»— 1937b. Tukkipuiden hinnoittamisesta. Keskusmetsäseura Tapion ja metsänhoitolautakuntien toiminta v. 1936. 8(29). vuosikirja. ss. 253—267.
—»— 1949. Sahapuiden laatuluokittelu. Tapion taskukirja 12. painos ss. 233—237. Helsinki.
Ylinen, Arvo 1952. Über die mechanische Schaftformtheorie der Bäume. SF. 76. Helsinki.
Yule, G. Udnu. 1916. An Introduction to the Theory of Statistics. 3rd Ed. London.

LYHENNYKSIÄ.

AFF	=	Acta Forestalia Fennica
AFJ	=	Allgemeine Forst- und Jagdzeitgung
DST	=	Dansk Skovforeningens Tidskrift
FPL	=	Forest Products Laboratory
FC	=	Forstwissenschaftliche Centralblatt
J.For	=	Journal of Forestry
MA	=	Metsätaloudellinen Aikakauslehti
MNS	=	Meddelanden fra det Norske Skovforsøksvesen
MKJ	=	Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja
MSFV	=	Mitteilungen der Schweizerische Centralanstalt für forstliche Versuchswesen
MTJ	=	Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja
NST	=	Norrlands Skogsvårdförbunds Tidskrift
NZFL	=	Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirt
SF	=	Silva Fennica
SMY	=	Suomen Metsänhoitoyhdistys
SP	=	Suomen Puu
SPPL	=	Suomen Paperi- ja Puutavaralehti
SST	=	Svenska Skogsvårdföreningens Tidskrift
TVA	=	Tennessee Valley Authority
YMY	=	Yksityismetsänhoitajayhdistys
ZFJ	=	Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen

INVESTIGATIONS INTO PINE TREE GRADING METHODS AND THEIR ACCURACY

Summary

1. Introduction.

The quality of lumber has continued to deteriorate in Finland in recent decades, and particularly during weak commercial trends this has led to marketing problems. As a firm dependence obtains in the sawmill industry between product and raw material it is possible to improve the quality of the product, lumber, by improving the quality of the raw material. This is highly desirable.

Hence efforts must be made to improve the quality of sawlogs. As forest growing is economic activity money cannot be sacrificed on improving tree quality unless a commensurate return is likely. If quality also and not just volume commands a price silviculture will be encouraged to produce quality timber. But tree quality varies so much that its measurement in absolute terms encounters insurmountable difficulties. An approximate method must suffice, so-called grading, which implies classifying on the basis of external, visible characteristics into classes expressing their value relations.

The greatest importance of log grading for forestry lies in the fact that it secures payment for quality. But grading is useful in other respects too. By sawing graded logs the average quality of lumber can be improved, and where grading is employed the future quality distribution of lumber can be determined fairly accurately at the time the raw material is bought even, which naturally adds to the reliability of advance calculations.

In spite of its many advantages log grading has remained a method fairly little employed in Finland. The reasons for the non-acceptance of this method and of payment by quality have been numerous, but one of the most important has no doubt been ignorance of its basic principles. These principles are four:

1. Existence of appropriate grading rules,
2. Knowledge of the quality distribution of lumber from the different grades of logs,
3. Knowledge of the logging costs of the different grades,
4. Knowledge of methods by which log grading can be effected at the lowest possible cost accurately enough to produce reliable results.

2. Survey of the literature.

The most studied aspect of the log grading problem is the value relations of sawlogs of different grades investigated by test sawing, particularly in the United States

(Garver and Miller 1928, Brundage 1936, 1939, Brundage and Orr 1936, Rapraeger 1938, Bromley 1941, Kellogg 1941, Lodewick 1941, 1943, Bratton 1942, Matson 1947, 1948, Darwin and Cobb 1949, Gregory and Pearson 1949, Worthington 1949, Campbell 1951, Fechner 1951, Krueger 1951, etc.). Similar investigations have been carried out in Finland (Heiskanen 1951a, Siimes 1951, 1954) and Sweden (Skogsstyrelsens Expertkomitté 1948).

The other aspects of the problem have been devoted considerably less attention. Many investigators, it is true, have dealt with the requirements to be made of grading rules (e.g. Vuoristo 1935a, Benson 1940, 1941a, 1941b, Lodewick 1939, Lockard 1950a, Hardwood... 1949a, Siimes 1951, Heiskanen 1951d).

The structure and application of tree grading rules have received very little study. Heiskanen (1951d) has classifield the instructions in the following groups:

1. The methods based directly on structural defects:
   11. Summary methods
   12. Methods employing grading of lumber
   13. Methods connected with the grading of lumber
2. Indirect methods

The methods connected with the grading of lumber are the most common and most suitable. Indirect log grading methods have also been studied but are of no practical importance (Andersson 1941).

How the grading is done has also been discussed to some extent and generally found higly subjective (Vuoristo 1935a, Lockard 1950a, 1950b, Heiskanen 1951b).

Standing trees are usually graded by the log, though other methods also have been tried. In Switzerland grading instructions based on the external appearance of the whole stem have been used (Diener 1948). In the United States experiments have been made with a method in which the grade of the butt log is used as the criterion of the quality of the whole stem (Comparison ... 1942, Goetzen, Parton, Stott and Stone 1943, Campbell 1951, Tree Grades ... 1948).

Other aspects too of the grading problem have been studied but they are of less concern to the present investigation.

3. Subject of study and terminology employed.

As pointed out in the introduction, no adequate basic principles for the grading of pine trees exist in Finland. All the principles have been investigated since 1949 by the Forest Research Institute and State Laboratory for Technical Research working in co-operation. The application of the grading rules worked out to serve as the basis of study is the main subject of the present investigation. The purpose is to study whether and how the quality of timber trees can be determined with sufficient accuracy on the basis of these grading rules, and what further methods other than this type of grading based on structural defects could be employed to determine the grade of timber trees.

With these ends in view the following tree grading methods were selected for study:

1. Grading by logs: the grade of each log estimated to be obtainable from the stem is determined by means of the grading rules.

2. The grading of the butt log: an attempt is made to determine the quality of the whole stem by the grade of the butt log.

3. Measuring methods: a characteristic, stem diameter, stem form or length of branchless part, is measured and used to indicate the quality of the stem in a certain way.

4. Method of investigation.

41. Grading rules.

The grading rules drawn up the Forest Research Institute and State Laboratory for Technical Research working in co-operation were selected as the basis of the investigation. They are cited in the following.

Grading rules for pine sawlogs.

Pine logs are graded into three grades, the first of which, according to export grading rules, yields mainly the better u/s grades, lst and 2nd stress grade, and joinery goods. Grade II logs, according to export grading rules, yield mainly the poorer u/s grades, lumber acceptable for stress grading, and construction timber. Grade III logs yield mainly 5th grade only, goods not acceptable for the higher stress grades.

The logs were divided into two size classes for grading: large logs, top diameter 9″ or more, and small logs, top diameter under 9″.

Maximum amount of defect

Defect		Grade I	Grade II	Grade III
Biggest knot (per 10')	Large logs	2—3/4″	2—1½″	3″
	Small logs	2—½″	2—1″	3″
Overgrown knots		not permissible	Small overgrown knots permissible	Permissible
Sweep (throughout length)		2 cm	6 cm	10 cm
Scars		Small, sound and low scars permissible	Scars remaining outside top cylinder of log permissible	No deep scars permissible
Interval of annual rings		3 mm	—	—
Rot		Not permissible	Not permissible	Some hard rot permissible
Crooks		Not permissible	Small crooks permissible	No sharp crooks permissible
Spiral grain		Not permissible	Not permissible	No steep spiral grain permissible
Compression wood		Not permissible	Some permissible	Permissible
Blister rust		Not permissible	¼ of log circumference permissible	½ of log circumf. perm.
Heart check		Not permissible	Not permissible	Permissible
Ring shake		Not permissible	Not permissible	Not permissible

If some characteristic does not quite meet the requirements made of the grade but the log is otherwise among the best pieces of this grade, it may be referred to this grade.

A defect at the very end of a log is judged more leniently than one at the middle.

Knots are measured at right angles to longitudinal direction of the log, in standing trees immediately above the thickening at the base of the branch and in finished logs on the surface across the dark area of the knot. The dimensions of fresh knots are levelled downward, those of dry upward to the nearest ¼ inch. In Grades I and II, in addition to knots of maximum size, some smaller scattered knots are permissible. In Grade III there is no limit to the number of knots.

Decayed knots are permitted to a limited extent in Grade III provided they do not exceed 2″ in size.

The sweep is obtained by measuring the maximum distance of the median line of the log from the straight line connecting the centres of the top and butt cuts. If sweep is measured from the lateral line the difference in the directions of the lateral and median line due to butt thickening and taper must be taken into account.

Scar refers to defects in the wood surface. A deeper scar is permissible in the butt end than in the top end of the log.

The annual ring interval is measured at the butt end of the log for 3″ from the pith.

Blister rust refers to a black, resinous wound in the wood surface, caused by the fungus *Cronartium*.

The most important points in the interpretation of the instructions are shown in Figs. 1 and 2.

42. Experimental gradings.

The serviceability and accuracy of the grading by logs method was studied mainly in two sample stands. The grading was done by five groups of professional foresters (Table 2). Additional experiments, to throw light on the importance of practical training, were carried out in 1953 in two sample stands of 20 stems marked for cutting; the grading was effected by 22 foresters.

The sample stems were measured in advance with the aid of a ladder and defects affecting the grade of the sawlogs were recorded in detail. The intended cross-cutting points of the logs were defined in accordance with the rules for cross-cutting. Finally, the correct log grade with which the experimental results were compared was determined by measurements.

The men participating in the grading work were given the exact diameter at the height of 18 feet. From this they estimated the dimensions of the logs obtainable from the stem in accordance with the bucking rules referred to above, and determined the grade of each log.

43. Measurements in sample stands and on sample plots.

In order to study the dependence between the grade distribution of the logs from a stem and, respectively, the grade of the butt log, diameter, stem form and relative length of the branchless part of the stem, measurements were made in six sample stands (Table 3). The butt log method, in addition, was studied on 46 sample plots. (Table 4).

In the sample stands the following stem characteristics were measured or estimated: length of the branchless part by hypsometer (before felling), diameter at breast height, diameter at 6 m, nominal length and butt and top diameters of the logs, height of stem and the grade and knottiness class of the logs. By knottiness class is meant a »log grade» in which only knots and overgrown knots are taken into consideration.

On the sample plots the log grades of the first 60—100 stems to meet the eye were estimated ocularly.

Experimental sawings were effected at Inkeroinen, where a number of the logs of Hirvensalmi sample stand were sawn, and at Nurmijärvi, where a small experimental sawing of 108 stems was carried out.

44. Treatment of material.

Taper has been taken as the difference between the diameters at 1.3 and 6.0 m. Slenderness, again, refers to the ratio total stem length: diameter at breast height.

The average knottiness class of the stem has been computed by multiplying the knottiness class (1, 2 or 3) of each log by its volume in cubic feet and by dividing the sum of the results for all the logs of the stem, thus obtained, by the cubic feet volume of the stem. Corresponding conceptions are the average knottiness classes of the middle and top logs and the average export grade of lumber, another term employed.

The statistico-mathematical formulas employed are given on p. 29.

5. Results of the investigation.

51. Significance of the various defects.

In the grading rules under review the grading characteristics are a total of 12 defects or irregularities. In applying the rules it is important to know which of the defects are of the greatest importance. It is also important to know the limits within which the percentages of the different defects vary in the different stands.

Table 5 shows that in all stands knottiness is far and away the most important factor deciding the grade of sawlogs. However, the relative significance of the various defects vary fairly widely, depending on numerous factors. Firstly, it will be seen from Table 6 that for Grade I logs knottiness is the factor of greatest significance. It has decided the grade in 100 % of the cases. With Grade II logs knottiness has been the deciding factor in under 60 % and with Grade III logs in over 85 % of the cases. Secondly, differences are observed between the various age classes; they are most distinct in Grade II logs. In overmature (>121 years) forests the part played by knottiness is considerably smaller and the proportion of overgrown knots is greater than in mature (81—120 years) forests.

The significance of the different defects is dependent also on the positon of the log: knottiness matters least in butt logs, is more significant in middle logs and most significant in top logs.

52. The serviceability of grading rules.

521. *On the requirements to be made of grading rules.*

Before embarking on a study of the grading of sawlogs according to the grading rules under review the suitability of the rules will be examined. The test is based on

the following requirements made of grading rules (cf. Vuoristo 1935a, Lodewick 1939, Benson 1940, 1941a, 1941b, Hardwood ... 1949a, Lockard 1950a, Heiskanen 1951d):

1. They must be based on grading rules for lumber,
2. The sawing yields of the logs of the various grades must differ distinctly in quality or, if possible, in their potential use,
3. They must be valid for as small lots of logs as possible,
4. They must be objective, i.e. leave as little as possible open to interpretation,
5. They must be simple and easy to understand.

Only the first three requirements will be studied here as the last two points are best examined in connection with the application of the grading rules.

522. *Lumber yields of the various grades.*

The introductory chapter of the grading rules already reveals that the rules have been worked out for the grade distribution of the lumber obtained from different logs. The results of the experimental sawings by Siimes (1951) in Table 7 show that the assumptions advanced hold good. In each diameter class the lumber yield from the logs of different grades differs distinctly in quality.

The figures quoted, however, do not fully guarantee the suitability of the grading rules as each batch generally included logs from many different stands, as will always be the case when the timber is selected from the log depot of a sawmill. This makes it advisable to devote attention also to the results, in Table 8, of the experimental sawing of logs from Hirvensalmi sample stand. The results of this small experiment comply well with those of more extensive sawings.

The experimental sawings at Nurmijärvi in 1953, on the other hand, show that the differences between the grades are disclosed by the grading under review in very small log batches even. The average lumber grades of three batches, each including 10 logs of each grade, were as follows, by log grades: Grade I 2.444 — 2.460, Grade II 3.205 — 3.980, and Grade III 4.801 — 5.002.

From the results quoted it may concluded that the new grading rules seem on the whole to meet the technical requirements of sawing. Attention must, however, be devoted to certain details:

1. Grade II logs have yielded first grade lumber and Grade III logs even second grade lumber.
2. On the other hand, Grade I and II logs have yielded considerable quantities of battens and deals of the fifth and sixth lumber grade (cf. Brundage 1936, Lodewick 1943, Heiskanen 1951a, Krueger 1951 etc.).

It is comprehensible that apparently good logs may exceptionally yield poor grade lumber, but it seems more difficult to understand that logs referred to poor grades sometimes yield lumber of high grade. This may arise partly from the rules taking the whole log as an entity. Hence, if defects on one side of the log lower its grade, quite good lumber may still be obtained sometimes from the other side. Another reason why high grade lumber can be obtained from logs of low grades is that the rules under review rank two types of defects as equal:

1. Grading defects which lower the quality of lumber,
2. Scaling defects which reduce the quantity of lumber yield.

It is essentied therefore to ascertain, by experimental sawings, the effect of the various defects on the lumber quality and to decide whether or not scaling defects should be taken into consideration in log grading.

523. *On the variations in the quality of logs of different grades.*

The results of the experimental sawings do not disclose the factors that account for quality fluctuations in the different lots of logs. As knottiness proved to be the most important of the defects affecting quality the variations in the quality of sawlogs as a whole can probably be studied through this factor. The first thing to discover is how the biggest knot in the log illustrates total knottiness of the log.

Sketch 1 shows that a knot of given size in the butt log indicates a lower degree of knottiness than the same sized knot in the middle and top logs. The figures do, however, reveal that the size-variations of the biggest knot indicate the variations in total knottiness.

The variations in size of the biggest knot of the different knottiness classes must also be studied. Table 9 shows that the biggest knot of a certain knottiness class is smallest in the butt logs and biggest in the top logs. This is borne out by Table 10. In some grading methods in fact the requirements made of butt logs are different from those made of middle and top logs (Hardwood . . . 1949a, 1949b, Shibalov 1948).

The variations of the biggest knot of the various knottiness classes are given by stands in Table 11. The better the Grade I logs of a certain stand the lower is the knottiness of Grade II logs also in that stand (cf. Vuoristo 1935a, 1937). In mature forests a distinct correlation is observable for Grade III also.

In addition, the table shows that in overmature forests the biggest knots of Grade I and II logs are smaller and those of Grade III again bigger than in mature forests.

53. Factors affecting the serviceability of a grading method.

The methods available for the grading of standing trees can be divided into following main groups:

1. By logs, based on the application of grading methods taking into account the defects and irregularities present in the log.

2. By the stem, based on grading rules which take into account the defects and irregularities of the entire stem. They are not suitable and will be excluded from the present study (Heiskanen 1951d).

3. Measuring, based on determining the quality of the whole stem by means of certain measurable characteristics.

Before examining the serviceability of the different methods it must be ascertained why grading is required on the whole. It may be said that the ultimate aim of log grading is always to discover, with the greatest possible accuracy, the value relations of different stems. The only reliable basis for the calculation of these value relations is a classification by the different qualities of the amount of sawn goods obtained from the stem. Best adapted to log grading is a method that can provide a quality classification of the lumber yield of the entire stem.

Grading is mostly used in connection with the cruising of a stand. As the object of cruising is to determine the price it is important that the grading is accurate. It is also necessary that the determination of quality involves no loss of time and no great expense. Simplicity is another advantage in grading methods as it increases their serviceability and potential uses.

54. Grading by logs method.

The method of grading by logs, the method of determining the quality of timber trees in most general use, is based on the fact that the log is the fabrication unit of the sawmill industry. The main principle is that the dimensions of the logs obtainable from a stem are assessed in one way or another, upon which the grades of the prospective logs are determined according to the grading rules in use. Theoretically the best method of assessing the volume of timber trees is by estimating the logs according to the bucking rules employed. Even this method involves errors in the dimensions of logs, depending on the appraiser's skill at estimation. The significance of these errors, compared with the grading errors proper, is often small, but one of the most important prerequisites for the successful grading of standing trees by the log is still that the appraiser completely masters the volume estimation.

541. *Accuracy of the method.*

Errors in grading by logs arise from the following causes:

1. Erroneous assessment of the dimensions of grade characteristics,
2. Overlooking grade characteristics,
3. Erroneous interpretation of grading rules.

Intentional or unintentional bias in one direction or another may be added to the foregoing.

The extent and general trend of the errors is discussed first. Table 12 reveals that the application of the rules under review has led to a Grade I percentage is higher than the correct one (cf. Heiskanen 1951b). In addition it is seen (Table 13) that the results arrived at by different men differ considerably. The magnitude of the errors, however, can be account for by the fact that all the men involved applied the rules for the first time at the experiment.

542. *Causes of grading errors.*

To ascertain the cause of the errors all the participants in the experimental gradings graded separately the 18-foot butt end of the stems distinguished by a ring of paint. Table 14 gives the results of these gradings. They show that most errors occur in the grading of butt logs. The grading results of finished logs was similarly observed. Errors in butt log grading were made in 28.6 % and in top log grading in only 9.0 % of the gradings.

This finding calls for a study of the characteristics in which butt logs differ from middle and top logs. A review of the proportion of incorrectly graded butt ends in the various grades shows (Table 15) that the fewest errors were made in grading butts of Grade I; Grade II and III butts, by contrast, were very poorly graded. Grading tests with finished logs also show that the majority of errors generally occur in grading Grade II logs and Grade III butt logs. Knowing that knottiness plays the smallest role in these logs it may be concluded that errors are most frequent with logs in which a factor other than knottiness determines the grade.

Closer studies indicate that the most errors have arisen in estimations of the overgrown knots and the permissible number of knots smaller than the maximum knot and of the effect of scars and sweep. Hence misinterpretation of the grading rules is the most important cause of erroneous gradings.

A comparison of the grading results obtained by the representatives of buyers and sellers reveals that sellers' foresters tend on the whole to make the quality better than buyers' foresters. The differences are so small, however, that they cannot be considered of any great significance.

543. *Possibilities of increasing the accuracy.*

It is generally emphasized that practical training is an important condition for successful grading (Vuoristo 1935a, Lockard 1950b, Heiskanen 1951b). During a course, the influence of training was studied by letting some persons grade two series of sample trees, the first without any appreciable advance training or instruction and the second after trial sawings and inspection of the first series. The results showed (Table 16) that accuracy had increased in the second grading. In the first series the percentage of incorrect gradings of 18-foot butts was 27.1 and in the second only 14.3. This may be taken to mean that training increases the accuracy of grading.

55. Grading method based on the butt log grade.

The grading by logs method, in theory the most accurate grading method, has certain inherent weaknesses. Firstly, it is subjective, as is show by the results quoted; secondly, the grade of the top logs must always be defined separately; thirdly, it is laborious.

To counter these disadvantages a method by which the grade of the butt log only is determined has been applied to some extent in the United States. The grade distribution of the lumber yield of the trees of each butt log grade has been studied by sawing experiments (Comparison ... 1942, Tree Grades ... 1948, White Pine ..., Campbell 1951). This so-called butt log method, above all, is quicker and more suitable than the method by logs. Admittedly, it is an approximate method; but as the volume too is estimated approximately only, this is not a serious disadvantage. Another drawback is its subjectivity, most marked in the grading of butt logs. As the butt log alone is graded the assessor is likely to have time to study it more closely than in the method by logs.

The butt log method also must be based on the grading of lumber. Either the lumber yield of trees of various butt log grades can be established by trial sawings or, as in the present investigation, tables can be prepared of the proportions of the different grades yielded by trees of different sizes and butt log grades. Where the latter method, less accurate but cheaper than the former, is applied the proportions of the volume of the logs of different positions in a single tree and the correlation between the grades of butt logs and the other logs must be ascertained. The latter is effected by comparing the knottiness classes.

551. *Proportions of butt, middle and top logs in stem volume.*

The proportion of the various logs in the technical volume of the log part of the stem and its dependence on log number, knottiness class of butt log and size of stem are shown in Sketch 3. It will be seen that the butt log proportion grows in inverse ratio to the log number, its knottiness class and the DBH of the tree.

Table 17 gives the levelled average volume proportions of the various logs in two-log and three-log stems of different sizes. The mean values of the total material were:

	Butt	1st middle	2nd middle	Top
		per cent		
Single-log stems	100	—	—	—
Two-log stems	63	—	—	37
Three-log stems	49	33	—	18
Four-log stems	39	31	20	10

552. *Dependence of the knottiness of top logs on the knottiness of the butt log.*

The correlation between the knottiness, as indicated by the biggest knot, of the butt log and of the other logs is studied first. It is shown in Table 18 and Sketch 4.

As the size of the biggest knot of the butt log increases the biggest knot of the middle and top logs generally also increases. In mature (81—120 years) forests the biggest knot of the middle and top logs corresponding to a certain knot of the butt log is smaller than in over-mature (>121 years) forests. Thus a fairly marked positive correlation obtains between butt and top log knottiness.

It is important to know for the method of investigation whether the knottiness of the middle and top logs of a certain knottiness class depends on that of the butt log. Tables 19 and 20 show that the top logs of knottiness class III are knottier the poorer the knottiness class of the butt log.

As observed, a definite correlation obtains between the knottiness of the butt log and the other logs. In order to compute the tables required for the butt log method the dependence between the knottiness classes of the butt logs and other logs must be studied. Two-log, three-log and four-log stems are discussed separately. Single-log stems need no discussion.

Table 21, which shows the distribution of the top logs of stems of knottiness classes I and II among the different knottiness classes, reveals that in all sample stands the top logs include the fewer logs of good classes the poorer the knottiness class of the butt log. The stems with a Class III butt log have been excluded from the table; their top logs are always of Class III.

In addition, Table 21 and Sketch 5, which show the results of the sample plot material, reveal that the age class affects the knottiness classification of top logs. In the age class 81—120 years the top logs of stems of all knottiness classes are the best as far as knottiness goes.

In addition to age class, stem diameter also must be taken into account in classification. Table 22 reveals that in all age classes and knottiness classes the smallest two-log stems are best from the point of view of the knottiness of top logs. The same trend is evident also from the table on p. 73, computed from the material of sample stands.

The study of three-log stems shows that the proportion of knottiness classes I and II in middle and top logs is higher in stems of butt log knottiness Class I than II (Table 23). All the middle and top logs of butt log Class III stems belong to knottiness class III.

A comparison of the various stands shows that in older age classes the average knottiness class of middle logs is better than in young forests. But in top logs there is no appreciable difference between the age classes: almost all the logs belong to Class III. The same can be seen from Sketch 6.

With three-log stems the proportion of middle logs classifiable in the higher knottiness classes falls with increasing tree size. The same trend is observable in both materials, sample stands and sample plots (Tables 24 and on pp. 77—78).

Four-log stems conform to the same rules as the three-log stems (Tables 25 and 26, Sketch 7).

553. *Classification of stem by knottiness class according to the knottiness class of butt log.*

From the foregoing it can be concluded that the knottiness class of the butt log can be utilized to indicate the knottiness class of the whole stem. The average knottiness classes of stems of butt log knottiness class I and II in the different stands of the material of sample stands are given in the table on p. 93. It reveals that the average knottiness class of butt log Class I stems is considerably better than that of butt log Class II stems in any stand. The average knottiness class of butt log Class III trees, 3.00, is perceptibly poorer than that of butt log Class II stems. Slight differences obtain between the different stands, depending on age and stem size.

Table 27 gives the proportions of the various knottiness classes, computed on the basis of Tables 17, 22, 24 and 26, in two-log, three-log and four-log stems by age class and butt log knottiness class. It may be used as the basis for the knottiness classification of stems according to the knottiness class of the butt log.

As to the reability of the table, it must be pointed out that in the different stands marked for cutting the proportion of the various logs in the volume of log part varies. This proportion depends also on factors other than the butt log knottiness class and stem size, for the bucking method varies perceptibly at different working sites. Different volume proportions for different working sites can be employed to correct this error and from them the proportions of the different knottiness classes can be computed from Tables 22, 24 and 26.

In cases where only summary data on the proportions of the different knottiness classes are required Table 28 can be used. A comparison of the figures of the table with the average knottiness classes of the sample stands (p. 82) shows that the differences are small. The table on p. 85 gives the average knottiness classes in the different age classes and length (height) classes in accordance with Table 28. Since an approximate table produces reliable results, as the above comparison indicates, the butt log method can be considered accurate enough.

The classification of knottiness, however, is not the ultimate aim: in practical grading the proportions of the different grades must be ascertained. For this reason attention must be paid, in applying the butt log method, to grades also and not only to knottiness classes. The cases in which the grade is lower than the knottiness class must be found and recorded. The final grading results are obtained by deducting the cases in which the grade is lower from the knottiness class proportions according to Table 27 and by transferring them to the relevant grade.

554. *Dependence of the quality distribution of the lumber yield on the butt log knottiness class.*

Restricted trial sawings were carried out in an attempt to determine the validity of the results of knottiness class measurements. Table 29 shows that the grade distribution of the lumber yield improves with the grade of the butt log. The same is seen from Sketch 8.

56. Measuring methods.

Subjectivity is an inherent disadvantage of both the grading methods discussed above. Hence a study was made to discover whether timber trees have measurable characteristics that will indicate accurately enough log knottiness and technical sawing quality. The characteristics chosen for the study were relative diameter, stem form and length of branchless part.

561. *The method based on measuring stem diameter.*

Almqvist (1945) and Nenzell (1946) hold it possible to determine the branchiness for wage grounds from the so-called relative diameter. Their term refers to the ratio between the mean diameter of a naturally normal forest and a real forest of the same age. As log grading also involves classification in the first place on the basis of knottiness it is interesting to study how the diameter reflects the knottiness class from the technical sawing point of view.

Table 30 shows that in any given stand the small trees as a rule are less knotty than the big ones. The table and Sketch 9 show, further, that in over-mature (>121 years) stands the average knottiness class of all diameter classes is better than in mature forests. The sample plot material (Sketch 10) also shows that the least knotty trees of a stand usually are the smallest, and vice versa.

So slight is the correlation between diameter and average knottiness class, however, that tree grading cannot be based on diameter.

562. *The method based on measuring stem form.*

Many investigations have shown that a distinct positive correlation obtains between the crown and stem form of tree. Klem (1930, 1934) has shown that taper is a fairly good indicator of the knottiness of the stem.

The study of taper as the indicator of the average knottiness class of timber tree stems calls first for a review of the dependence between taper and diameter. Sketch 11 shows that taper increases rectilinearly with the DBH, i.e. like the average knottiness class. Table 31 shows that a dependence exists between taper and the average knottiness class of the stem (see Sketch 12). The connection is so slight, however, that it cannot warrant the employment of taper as an indicator of the knottiness class.

Slenderness, according to Klem (1930, 1934) is a better indicator of knottiness than taper.

The relationship between slenderness and diameter of stem proved similar to that between taper and diameter (Table 32). It is also observable that in each stand the slenderest stems are the best as regards knottiness, and vice versa. Table 32 shows also that slenderness reflects the average knottiness class of the stem better than diameter or taper (cf. Sketch 13). The correlation is not very strong in this case either. Hence it may be concluded that practical grading cannot be based on slenderness either.

563. *The method based on measuring the length of branchless part.*

In biological investigations crown length is often taken as the characteristic illustrative of a tree or stand. Determination of the branchiness of trees for wage grounds is also based on a classification by crown length (Metsätöiden ... 1946, Hilscher

1949). The length of branchless part also reflects fairly well the knottiness of spruce (K l e m 1930, 1934).

The length of the branchless part of the stem depends on a number of factors. Table 33 shows that the relative length of the branchless part grows with stem diameter decreasing. Similarly, in over-mature forests the relative length of the branchless part is greater in all diameter classes than in mature forests.

Investigations into the correlation between the length of branchless part and average knottiness class of stem indicate (Tables 34 and 35) that with the relative length of branchless part increasing the average knottiness class improves. The values of the correlation coefficients vary in the different stands from —0.31 to —0.54. The branchless part in fact is the measurable characteristic best indicating the knottiness class. In spite of the correlation observed, the length of the branchless part must also be considered a very unreliable and too inaccurate characteristic to serve as a basis for the practical grading of sawlog stems.

57. S u m m a r y.

The main results of the investigation can be summed up in the following conclusions:

1. Knottiness is the most general factor reducing the quality of sawlogs, but the degree of knottiness varies in the different grades and in logs in different positions.

2. The grading rules worked out by the Forest Research Institute and State Laboratory for Technical Research meet, broadly speaking, the technical requirements of sawing. But additional investigations are required into the effect of different defects on the quality of lumber.

3. The biggest knot is a good indicator of the overall knottiness of the log but a knot of given size in the butt log indicates a somewhat slighter knottiness than in middle logs, and in them again a slighter knottiness than in top logs.

4. The biggest butt log knot of a certain knottiness class, particularly Class III, is smaller than the biggest knot of the middle and top logs of the same class. The true differences in knottiness and quality of the logs in different positions should be ascertained by trial sawings.

5. By stands, a positive correlation obtains in all age classes between the knottiness of knottiness classes I and II, and in mature forests the knottiness of Class III logs also improves with the knottiness of the logs of better classes.

6. Some 71 % of the persons making the test assessed the average grade of a sample tree series higher than the correct value, and some 29 % lower. Hence beginners are inclined to interpret the grading rules too leniently.

7. Most errors occur in the grading of butt logs and, generally, of logs in which factors other than the biggest knot determines the grade. As the biggest knot is the most important measurable characteristic it can be said that the misinterpretation of grading rules is the principal reason for incorrect gradings.

8. Through training the assessors learn thoroughly the interpretation of the grading rules, and thus the accuracy of grading increases. Training is an absolute prerequisite for successful log grading.

9. The proportion of the butt log in the total volume of the log part of stem increases with the knottiness class of the butt log deteriorating, with the diameter at breast height increasing and, in particular, with the number of logs per stem declining.

10. A distinct positive correlation obtains between the maximum knot sizes of the butt log and the other logs of the stem.

11. The true knottiness of the top logs of each knottiness class, on an average, improves with the knottiness class to which the butt log of the stem concerned belongs.

12. The proportion of logs of good knottiness classes (I and II) in the middle and top logs of two-log, three-log and four-log stems improves with the butt log knottiness class.

13. The butt log knottiness class is quite a good reflector of the average proportions of the knottiness classes of the entire stem in the diameter and age classes. The grading method based on grading the butt log therefore can be recommended for use in grading standing trees.

14. A fairly definite correlation obtains between the average knottiness class of the stem and diameter, taper, slenderness and length of the branchless part. The correlation is too weak, however, to permit the use of those characteristics as the basis of grading.

6. Practical applications.

61. Grading rules.

The investigations show that the grading rules under review should be revised in certain respects. By trial sawings e.g. the following points should be resolved: How the different defects, e.g. scars and sweep, affect the quality of lumber; whether grading defects and scaling defects deserve equal consideration in grading, etc. Only after these questions have been answered will it be possible to conclude whether the grading rules need amendment. In amending them attention must be focussed on making them less open to intrepretation.

62. Grading by logs method.

The investigations show that beginners are not usually very accurate in determining the grade. Practical training, however, perceptibly increased the accuracy. Grading must in fact be specially taught assessors. In teaching and practical training attention should be devoted to the following points:

1. Theoretical teaching, in which the log grading rules are analysed, and the rules for grading lumber, the bucking of sawlog stems and the assessment of their volume are discussed.
2. Training in lumber grading.
3. Training in log grading and trial sawings.
4. Grading of sample tree series and control of the results.

Additional training, best effected at sawmills, is also necessary to refresh the memory.

63. The butt log method.

The results of the investigation indicate also that determination of the knottiness class of the butt log gives an idea, accurate enough for several purposes, of the distribution of the entire stem into knottiness classes.

When the butt log method is applied the stems must be treated according to their log number in volume assessment also. It would be easiest if volume tables for timber trees, based on measuring the DBH and assessing the number of logs, were available. Where they are not available the following volume assessment method can be used.

Each stem is measured at breast height and a simultaneous estimate made of the log number of each stem. The final determination of the amount and grades of wood suitable for sawing obtainable from the saw logs is effected on sample trees, measuring and estimating the following characteristics:

1. The DBH of the stem is measured and its number of logs assessed.
2. The diameter and length of butt log at the intended bucking point are measured; the dimensions of other logs possibly obtainable from the stem are estimated ocularly.
3. The knottiness class of the butt log is determined, on which a check is made to see whether the grade is indentical with the knottiness class. The distribution of total volume into knottiness classes is found from Table 27. From the grade determinations of sample trees it is possible to calculate the number and volume of logs of different sizes with a grade lower than the knottiness class.

ANATOMISCH-MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE SCHLITZBLÄTTRIGKEIT BEI EINIGEN BÄUMEN UND STRÄUCHERN

von

SAKARI SAARNIJOKI

ANATOMIS-MORFOLOGISIA TUTKIMUKSIA ERÄIDEN PUUVARTISTEN KASVILAJIEN LIUSKALEHTISYYDESTÄ

SELOSTUS

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	5
1. *Corylus avellana* f. *laciniata* Kirchn.	9
2. *Ulmus montana* f. *crispa* (Loud.)	23
3. *Tilia platyphylla* f. *laciniata* (Loud.)	28
4. *Ribes nigrum* f. *aconitifolium* Kirchn.	47
5. *Acer platanoides* f. *laciniatum* Ait.	60
6. *Acer saccharinum* f. *laciniatum* Pax	68
7. *Caragana arborescens* f. *lorbergi* Koehne	73
8. *Sambucus racemosa* f. *plumosa* André	81
9. *Sambucus nigra* f. *laciniata* L.	88
Rückblick und Zusammenfassung	105
Literaturverzeichnis	111
Selostus	117

Einleitung

Bei meinen seit längerer Zeit fortgeführten Untersuchungen über Bauabweichungen bei Bäumen ist es mir oft aufgefallen, dass die vorkommenden Anomalien nicht einzig auf irgendein bestimmtes Organ der Pflanze beschränkt sind, sondern in irgendeiner Form auch ausserhalb desselben, ja so gut wie in der ganzen Pflanze nachgewiesen werden können (Saarnijoki 1946, 1954). Eine solche Anomalie ist auch diejenige, die sich bei den Blättern als eine vom Normalen abweichende verschiedengradige Teilung oder Zerschlitzung der Blattfläche äussert.

Solche Schlitzblattformen sind heute schon bei einer grossen Zahl von Pflanzen, sowohl Bäumen und Sträuchern als auch Stauden, festgestellt und beschrieben worden (siehe z.B. v. Schlechtendal 1844, p. 442—443; Braun 1851, p. 332—333; Masters 1886, p. 86—87; v. Wiedemann 1893; de Vries 1906, p. 376; Baur 1930, p. 324). Sie werden in der taxonomischen Literatur gewöhnlich unter bestimmtartigen, die betreffende Eigenschaft des Blattes zum Ausdruck bringenden Benennungen, wie etwa *asplenifolia, crispa, dissecta, filicifolia, incisa, laciniata, lyrata* u.dgl.m., als Varietäten, Formen, Mutanten oder Lusi aufgeführt. In manchen Beschreibungen wird dabei neben der Schlitzblättrigkeit auch auf Veränderungen in anderen Teilen der Pflanze hingewiesen. Eines der bekanntesten und zugleich ältesten Beispiele in dieser Hinsicht bildet die *laciniata*-Form von *Chelidonium majus*, bei der sich die Aufteilung der Laubblätter auch bei den Kronblättern wiederholt (vgl. z.B. de Vries 1901, p. 134; 1906, p. 90—91, 373). In den meisten Fällen hat man sich aber lediglich oder zur Hauptsache auf eine Beschreibung der abweichenden Blattform beschränkt, obwohl den Forschern bisweilen auch die in anderen Pflanzenteilen vorkommenden Anomalien keineswegs entgangen sind. So erwähnt z.B. Jahn (1932, p. 70), dass bei der schlitzblättrigen *urticifolia*-Form von *Betula pubescens* nicht nur die Blätter, sondern auch die Deckschuppen der weiblichen Infloreszenzen Neigung zur Verschmälerung und Bildung von Einschnitten aufweisen. Ebenso hat Hjelmqvist (1944) bei seinen Untersuchungen an Chimären einiger Bäume und Sträucher festgestellt, dass gerade bei den Vertretern schlitzblättriger Formen, vor allem in deren Infloreszenzen, eine Art von Zerschlitzung oder sonstige Anomalitäten auftreten können, eine Erscheinung, mit der

er sich jedoch in seiner Darstellung nicht näher befasst. Es ist gleichfalls bekannt, dass die Vertreter solcher geschlitztblättrigen wie auch gewisser verschmälertblättrigen Formen oft dazu noch recht schwach fertil sind und sich darum als weniger gut geeignet z.B. für genetische Untersuchungen erwiesen haben. Jedoch haben u.a. Baur (1926) beim genetisch vielseitig erforschten *Antirrhinum* und Lilienfeld (1929) bei *Malva* solche Formen genetisch untersucht. Durch ihre Untersuchungen und insbesondere durch die des Japaners Imai (1930) über die Vererbung der verschiedenen Blattformen bei der Convolvulazee *Pharbitis Nil* ist hervorgegangen, dass die Blattform eine Wirkung auf die Blüte und die Sexualorgane hat. Auch kennt man z.B. nach Elisabeth Schiemann (1932, 1941) bei *Antirrhinum majus* eine *filiforme* benannte und bei *Solanum lycopersicum* eine entsprechendartige Form, bei denen neben der fadenförmigen Aufteilung der Blätter auch Krone und Fruchtknoten getrenntblättrig erscheinen und auch das Fruchtbildungsvermögen sehr schwach ist. Nach der Autorin beruhten diese Veränderungen auf einem pleiotropischen Gen, dessen Hauptwirkung die abgeänderte Morphologie und damit zusammenhängend der abgeänderte Bau der Blätter und Nebenwirkungen u.a. der abnorme unregelmässige Aufbau des Sprosssystems, die Hemmung des primären Vegetationskegels und die stark herabgesetzte Fertilität sind.

Es scheint nun, dass durch eine Untersuchung der Schlitzblättrigkeit ein näherer Einblick auch in das Wesen mancher anderen Variationserscheinungen gewonnen werden kann, denen man gleichzeitig und in verschieden starker Ausbildung auch in den anderen Teilen und Organen der Pflanze begegnet. Darum und aus verschiedenen praktischen Gründen beschloss ich, die Schlitzblättrigkeit sowohl morphologisch als im Lichte von Kreuzungsversuchen einer eingehenderen Untersuchung zu unterziehen. Dazu schien ein um so grösserer Anlass vorzuliegen, als ja viele von den wirtschaftlich wichtigen Eigenschaften, den sog. »Rasseneigenschaften» der Bäume offenbar hierher zu zählen waren.

Ich habe schon früher (Saarnijoki 1937, 1946) die Schlitzblättrigkeit bei Erle und Birke behandelt und u.a. die Frage zu lösen versucht, wie die Schlitzblättrigkeit bei diesen Bäumen anatomisch-morphologisch zustandekommt und sich weiter entwickelt. Einen geeigneten Ausgangspunkt für derartige Erörterungen gerade bei diesen Bäumen erbot der Umstand, dass sich unter den schlitzblättrigen Individuen auch einige solche befanden, bei denen in dem sonst schlitzblättrigen Geäst auch solche Äste vorkamen, die Blätter von ganz anderer, die verschiedensten Zwischenstufen des geschlitzten und des normalen Blattes vertretender Form trugen und ganz offensichtlich als Rückschläge von der schlitzblättrigen zur normalen *typica*-Form zu deuten waren. An einer solchen sukzessiven Um-

wandlungsreihe konnte nun erstens festgestellt werden, dass die besondere und spezifische Formausbildung des geschlitzten Blattes, zumal der eigentümliche, schwach zurückgebogene Verlauf der Seitennerven und mit ihnen der Seitenlappen, demzufolge das Blatt Leierform annimmt, ferner der schmale Blattgrund und die ausgezogene Blattspitze sowie die spärlichere, zugleich aber gröbere und gedehntere Zähnung des Blattrandes das Anzeichen eines gewissen, im Blattgewebe stattfindenden Schrumpfungsprozesses ist. Dieser hat sich schon in der noch ungeöffneten Blattanlage und allem Anschein nach insbesondere senkrecht gegen den Mittelnerv, die in diesem Stadium der Blattentwicklung noch parallel zu diesem liegenden Seitennerven sowie das dazwischengelegene gefaltete Blattgewebe vollzogen. Wenn sich dann ein solches Blatt entfaltet, so kommt es einerseits infolge des normalen Entfaltungsvorgangs und anderseits wiederum infolge der erwähnten Schrumpfungs- und Verschmälerungserscheinung in der Blattspreite zu einem Spannungszustand, dem zufolge das Blattgewebe in seinen schwächsten Teilen, im Rücken der Falten, aufreisst. Der Blattrand dehnt sich also hauptsächlich in die Länge aus, und dadurch werden auch die Zähne breit und niedrig und rücken weit voneinander ab. Anatomische Befunde ergaben ferner, dass mit dieser Aufschlitzung des Blattrandes die Bildung eines sog. Reissgewebes einhergeht, das in seinem Bau dem normalen Blattrand entspricht, der also auf diese Weise auf die Interkostalfelder der Blattspreite übertritt. Und schliesslich konnte festgestellt werden, dass diese Schrumpfungs- und Verschmälerungserscheinung keineswegs einzig auf die Blätter beschränkt ist, sondern jedem beliebigen Teil der Pflanze ihr Gepräge in Form von Veränderungen prinzipiell ähnlichen Charakters aufdrückt. Bei Knospen und den Knospenschuppen, bei den Infloreszenzen und ihren Deckschuppen, ja sogar bei den Antheren, Karpellen und Früchten tritt sie zutage: der Bau dieser Pflanzenteile ist durchgehends zarter als normal. Insbesondere die Verkümmerung des Andrözeums und Gynäzeums verursacht es, dass die Fertilität der Pflanzen mit der wachsenden Schlitzblättrigkeit abnimmt. Äusserlich kommen diese Veränderungen in Fällen extremer Schlitzblättrigkeit sowohl bei der Erle als auch bei der Birke schon in der zarten und hängenden Ausbildung des Geästs zum Ausdruck. Im ganzen sind diese mit der Schlitzblättrigkeit verbundenen Umbildungserscheinungen bei den beiden Holzarten sehr ähnlich.

Indem nun auch bei den schlitzblättrigen Formen anderer Baum- und Straucharten, soweit bekannt, Erscheinungen obenbeschriebener Natur zumal an den Blättern regelmässig in schwächerer oder stärkerer Ausbildung vorzukommen scheinen, schien es wichtig, die Untersuchungen zu erweitern, und zwar der Möglichkeit nach auf Vertreter verschiedener Gattungen und verschiedener Familien, mit besonderer Berücksichtigung des anatomisch-morphologischen Hintergrundes der Schlitzblättrigkeit und ihrer Ent-

wicklung sowie der mit ihr verknüpften Veränderungen auch in den anderen Teilen der Pflanze. Da jedoch eine solche Untersuchung den Zugang zu lebendem und überdies in verschiedenen Stadien der Entwicklung befindlichem Material voraussetzt — gepresstes Herbarmaterial ist in dieser Beziehung weniger ergiebig — war ich gezwungen, mich lediglich auf schlitzblättrige Formen der hauptsächlich zu Zierzwecken in der Stadt Helsinki und ihrer nächsten Umgebung angebauten Bäume und Sträucher zu beschränken. Auch war der Zustand dieser Objekte nicht bestmöglich. Zumal nach den strengen Frostwintern der Vorjahre sind manche von diesen meistens eingeführten und auch sonst schwächlichen und anspruchsvollen Exemplaren eingegangen und aus den Anlagen beseitigt worden, während ein anderer Teil sich nach der Frostbeschädigung bis zum heutigen Tag in einem so schwachen Zustand befunden hat (Bäume niedrig und strauchartig), dass weitaus nicht alle von ihnen Material für eine Untersuchung z.B. eventueller Abweichungen des Blüten- und Fruchtbaus zu liefern vermocht haben.

Es ist mir in diesem Zusammenhang eine angenehme Pflicht, meinen Vorgesetzten an der Forstlichen Forschungsanstalt, Herrn Professor Dr. Olli Heikinheimo und Professor Dr. Viljo Kujala für den Beistand und das wohlwollende Interesse, das sie mir während des Fortschreitens meiner Arbeit erwiesen haben, meinen ehrenden Dank auszusprechen. Bei der praktischen Durchfürung der Untersuchungen in der Forstlichen Forschungsanstalt haben mir Fräulein Hellin Honka und Frau Elli Suniala grosse Hilfe geleistet. Ich benutze die Gelegenheit, ihnen auch hier meinen besten Dank auszusprechen. Herrn H. Edelmann danke ich für die Übertragung des Manuskriptes ins Deutsche. Mit Dank erwähne ich auch die Stiftung Emil Aaltosen Säätiö, die meine Arbeit durch ein Hilfsgeld unterstützt hat.

1. **Corylus avellana** f. **laciniata** Kirchn.

In der *Corylus*-Gruppe des Botanischen Gartens der Universität Helsinki steht u.a. ein in bezug auf seinen Astbau zierlicher, schlitzblättriger Haselstrauch, der sich schon auf Grund dieser Merkmale als *Corylus avellana* f. *laciniata* ansprechen liesse. Schon bei Elfving (1913, p. 23) finden wir einen Strauch dieses Namens erwähnt, der, obwohl trägwüchsig und auch sonst empfindlich, während der vorangegangenen 11 Jahre, die er im dem Garten gestanden hatte, wenigstens einmal die Höhe von beinahe zwei Metern erreicht hatte. Heute ist der Strauch bereits wieder fast 3 m hoch, in mehrere Stämme aufgeteilt, und hat sich ganz offensichtlich vorzüglich von den Folgen der starken Winterfröste der Jahre 1939—42 erholt, als auch er bis zur oberen Grenze der Schneedecke verfror (vgl. Vaarama 1941, p. 18). Seinen zarten und zierlichen Bau hat er aber weiterhin beibehalten und hat in den fünf letztvergangenen Sommern geblüht und auch sogar einige Nüsse getragen.

Hinsichtlich der Blattform, vor allem der »tief lappig eingeschnittenen Blattränder» (Abb. 1) besteht anscheinend eine in mehrere Einzelheiten gehende Identität z.B. mit der von Schneider (1906, p. 146, Abb. 83:*d*) unter dem Namen *urticifolia* DC. erwähnten und abgebildeten Form. Recht wahrscheinlich gehört der Strauch in der Tat ein und demselben, unter solchen Benennungen wie *laciniata* hort., *heterophylla* Lodd., *urticaefolia* hort., *quercifolia*, u.dgl.m. (vgl. Dippel 1892, p. 128; Beissner, Schelle & Zabel 1903, p. 50) allgemein in Parkanlagen gehegten Klon zu. Anderseits findet man auch erwähnt, dass es sich um die Sprösslinge eines schon 1798 in der Umgebung von Rouen gewachsenen Individuums handelte (vgl. Stubbe 1938, p. 22). Wenigstens aus Öster- und Västergötland sowie aus Blekinge in Schweden kennt

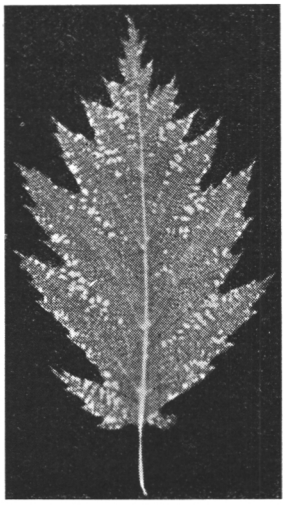


Abb. 1. Typisches Kurztriebblatt von *Corylus avellana* f. *laciniata*, an dem zumal die die schwimmhautähnlichen Gebilde umrandenden Verdickungen der Blattspreite als getrennte hellere, die Mittelpartien der Interkostalfelder bis nahe dem Hauptnerv einnehmende Flecke hervortreten. — Photogramm (direkt auf Papier kopiert), $^1/_1$.

man gleichfalls einige wildwachsende *Corylus avellana* f. *laciniata*-Sträucher (siehe z.B. Schotte 1920, p. 96; Lagerberg 1937, p. 338; 1947, p. 459), und auch im übrigen Europa begegnet man ihnen (siehe Penzig 1922, p. 233), u.a. im naturhistorischen Gebiet Finnlands (Hidén [Hiitonen] 1925 b, p. 44—45; Hiitonen 1933, p. 249; Saarnijoki 1948, p. 39). Ausserdem befindet sich in den Sammlungen des Botanischen Museums der Universität Helsinki (Herbarium Musei Fennici) auch eine von H. Lindberg auf Åland genommene Probe eines in der Natur aufgewachsenen Strauches, der eine jedenfalls im Vergleich zu den obenerwähnten einheimischen Formen schwächer geteilte Blattform vertritt, wie es auch der der Probe beigegebene Name »*sublaciniata*» andeutet.

Vergleicht man nun die Blätter des schlitzblättrigen *laciniata*-Exemplars des Botanischen Gartens mit dem Normalblatt (f. *typica*), so stellt man mehrere besondere Züge fest. Die Blattspreite ist, wie es Abb. 2:A zeigt, deutlich verschmälert, mit typisch keilförmigem Blattgrund. Besonders charakteristisch für ein solches geschlitztes Blatt scheint das Vorkommen eines mehr oder minder getrennten kleinen Blättchens dicht am Blattgrund zu sein (vgl. Abb. 1, desgleichen Schneider l.c. und Saarnijoki l.c.). Der zurückgebogene Verlauf der Seitennerven, zumal der längeren, tritt gleichfalls deutlich zum Vorschein, und die Ausgangswinkel der Seitennerven vom Mittelnerv sind schärfer als beim *typica*-Blatt. Als Betrag der Blattflächenreduktion (»Schrumpfung») haben sich bei der in Frage stehenden *laciniata*-Form 34.2 % ergeben, berechnet als mittlere Flächendifferenz von je 10 einander entsprechenden und auf gleicher Höhe des Sprosses gelegenen Blättern der f. *typica* und f. *laciniata*.

Jedoch tritt bei diesem Strauch des Botanischen Gartens auch eine Art von Heterophyllie zum Vorschein, die sich in einem verschiedenen Teilungsgrad der Blätter der verschiedenen Äste und Astteile äussert. Auf diese Eigenschaft wies seinerzeit schon Koch (1873, p. 8) hin, und die Benennung *heterophylla* deutet gleichfalls darauf hin. Zumal an den Langtrieben nimmt die Blatteilung vom Grunde nach der Sprossspitze hin deutlich ab, eine Eigenschaft, die man auch an einigen anderen, diese selbe *laciniata*-Form darstellenden Abbildungen und Zeichnungen wahrnehmen kann (vgl. z.B. Loudon 1875, p. 922, Abb. 1721). Die Schlitzblättrigkeit geht somit im Laufe der Vegetationsperiode zurück, sie regrediert, ganz im Gegensatz zu den Verhältnissen z.B. bei der Buche (Hesselman 1911; Troll 1939, p. 1681) sowie bei *Betula verrucosa* und *B. pubescens* (Saarnijoki 1946), bei deren entsprechenden schlitzblättrigen Formen die apikalen Blätter des Triebes stets die grössten Umwandlungen aufweisen. Man kann demnach sowohl von einer Regressivität als umgekehrt von einer Progressivität der Schlitzblättrigkeit reden, ganz wie z.B. Küster (1925, p. 28; 1927, p. 30) von einer auf- und

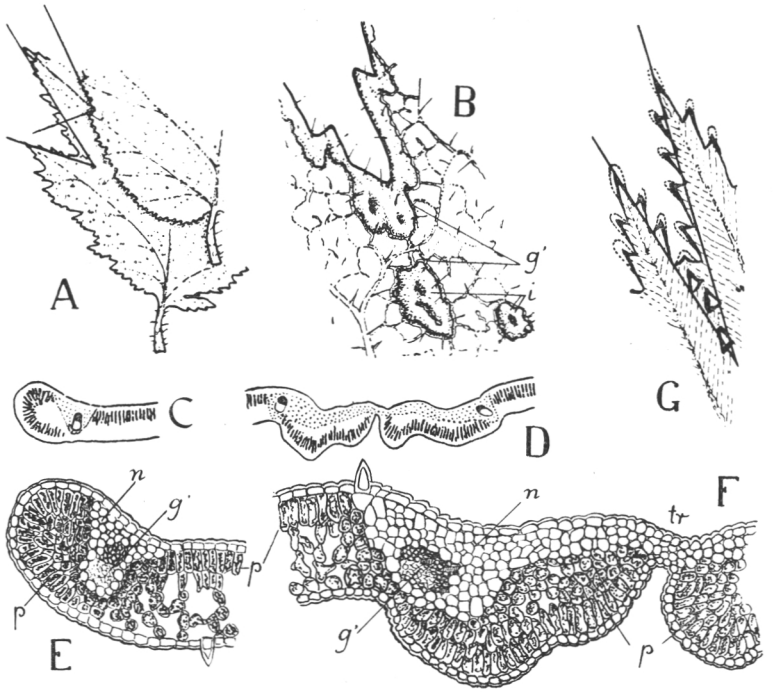


Abb. 2. A: Blattbasis von *Corylus avellana* (oben) und deren *laciniata*-Form (unten), die verschieden grossen Winkel der Blatteinschnitte zeigend. B: Endteil eines Blatteinschnitts der *laciniata*-Form von unten mit den Verdickungen des Blattrandes und der Blattspreite. C und E: Schnitt durch einen normalen Blattrand, schematisch und detailliert. D und F: Desgl. durch eine verdickte Stelle des Blattes. G: Schematische Darstellung des Zerschlitzungsprozesses. *g'*. Seitennerv, *i*. Blattspreitenverdickung, *n*. Nervenparenchym, *p*. Palisadenparenchym, *tr*. »Reissgewebe.» — E und F $^{115}/_{1}$.

absteigenden Panaschierung bei den *albimarginata*-Formen gewisser holziger Gewächse spricht.

Das normale Haselblatt ist doppelt und ziemlich dicht und fein gezähnt. Bei der schlitzblättrigen Form ist die Blattzähnung ohne grössere Einbusse der Gesamtanzahl der Zähne lichter und zugleich gröber geworden (vgl. Abb. 2: A). Die einzelnen Zähne sind weiter voneinander abgerückt und haben damit eine »gedehntere» und gewundene Form angenommen. Das Verhältnis ist also durchaus dem früher (Saarnijoki op. c.) bei den schlitzblättrigen Formen von Birke und Erle festgestellten gleich.

Besonders charakteristisch bei diesem Strauch des Universitätsgartens in Helsinki sind, zumal an den Blättern der Kurztriebe, die in dem weichen Grundgewebe des Blattes zwischen den Seitennerven vorkommenden transparenten schwimmhautähnlichen Gebilde (Magnus 1880; Lilienfeld 1910, p. 715; Lingelsheim 1918, p. 486; Korschelt 1931, p. 109). Diese treten zumal auf der Unterseite des Blattes

(siehe Abb. 1) als deutlich abgegrenzte, wie von einem dickeren, grünen Wall umgebene bräunliche und durchsichtig dünne Gewebsinseln hervor und ordnen sich, wie man sehen kann, zu mehr oder minder deutlichen, vom Blattrand gegen den Mittelnerv vorstossenden und stets ziemlich genau die Mitte eines jeden Interkostalfeldes einnehmenden Reihen an. Einen ähnlichen Verdickungswulst sieht man ferner auch dem Blattrand folgen, und oft stellen sich die erwähnten Inselchen als seine direkte, vorsprungartige Fortsetzung nach der Blattmitte hin heraus (Abb. 2:B). In dieser Hinsicht unterscheidet sich diese *laciniata*-Form z.B. von denjenigen bei uns in der Natur angetroffenen mehr oder minder parallelen Formen, bei denen die fraglichen Gebilde jedenfalls in entsprechender Deutlichkeit zu fehlen scheinen; freilich kann man auch bei ihnen zumal am Grunde der Blatteinschnitte wenigstens eine Tendenz zu der Bildung eines solchen verdickten, auf der Unterseite des Blattes zum Vorschein tretenden Randwulstes feststellen, während die distalen Teile der Seitenlappen weitaus normaler wirken (vgl. Saarnijoki 1948, Abb. 1). Dasselbe gilt auch für die vorhin erwähnte »*sublaciniata*», bei welcher diese Gestaltungen noch schwächer hervortreten.

Diese beim *laciniata*-Strauch des Universitätsgartens vorkommenden, auf die schwächsten Gelenkpunkte der Blattspreite verlegten Gebilde erinnern anderseits auch einigermassen an die von Mayr (1909, p. 311), v. Schwerin (1922 a, p. 84) und Troll (1938, p. 1097) mitgeteilten Fälle, wo die entsprechenden, in dem sich entfaltenden Blatt am höchsten emporragenden Stellen der Blattspreite, indem sie der Frosteinwirkung am stärksten ausgesetzt sind, zerstört werden können und so infolge des Absterbens des betreffenden Blattgewebes eine Durchlöcherung der Blattspreite verursachen, der zufolge das Blatt äusserlich gewissermassen einem Schlitzblatt ähnlich wird (siehe auch Graebner 1924, p. 549—551).

Macht man aber einen Schnitt durch ein solches Inselgebilde des *laciniata*-Blattes (Abb. 2:F), so ergeben sich weiterhin deutliche Anknüpfungspunkte z.B. an die schlitzblättrigen Formen der Buche (Hesselman op. c.; Lingelsheim op. c., p. 488; Küster 1921a, p. 140; Hjelmqvist 1944, p. 27) und Erle (Lingelsheim l.c.; Korschelt l.c.; vgl. auch Abb. 6: A), und zugleich erinnern die gewonnenen Bilder an die schon früher von Lilienfeld (l.c.) und Küster (1925, p. 356) mitgeteilten, auf die schlitzblättrige Hasel bezüglichen Fälle. Ganz wie dies vorhin bei den geschlitzten Blättern der Erle der Fall war (Saarnijoki 1946, p. 25, Abb. 8), so sieht man auch hier beiderseits der farblosen Zellen des im Querschnitt brückenförmig hervortretenden »Reissgewebes» (*tr*) gleichsam zwei einander entgegentretende, kräftig, wie karikierend gestreckte, sonst aber in jeder Hinsicht typisch aufgebaute Blattränder (vgl. Abb.

2: C—F). So findet man auch bei diesem Gebilde die beim normalen Blattrand vertretenen Zellgewebe vor, die bei der Normalform ebenso wie u.a. bei Erle und Birke (vgl. Boubier 1896, p. 376; siehe auch Elo 1941, Taf. I, Fig. 1—3) eine typische »sichel-halbmondförmige» Anordnung zeigen (vgl. Haberlandt 1924, p. 174). Sowohl bei der *typica*- (Abb. 2:E) als auch bei der *laciniata*-Form (Abb. 2:F) sieht man also das Leitbündel (*g'*) und die dasselbe umgebende, aus farblosen Zellen gebildete typische Parenchymscheide (*n*). Ein Unterschied besteht auch in diesem Falle nur darin, dass beim Blatt der *laciniata*-Form diese Scheide wie auch das Leitbündel zumal in der Richtung der Blattspreite stark vermehrt erscheint, während das ganze Gebilde wie schräggestellt hervortritt. Demselben einseitig karikierten Zug begegnet man auch bei den übrigen Geweben des Blattes, wenn man dieses mit dem *typica*-Blatt vergleicht.

Die verdickten Randwülste der ebengeschilderten inselförmigen Gebilde werden bei der *laciniata*-Form von grünen, sich rechtwinklig zur Blattoberfläche einstellenden länglichen Zellen gebildet, die Lingelsheim (l.c.) mit Intumeszenzen verglichen hat (vgl. auch Küster 1921 a, p. 140; 1925, p. 356). Als seine persönliche Auffassung über diese »Wülste mit Palisadenzellen» bringt Lingelsheim hervor, dass es scheint, »als ob die starke Reduktion an assimilierendem Gewebe, welche ihre Ursache in der Entwicklung nur schmaler Blattsäume bei grossen Ausschnitten findet, hier zwangsweise durch Übergreifen des Blattrandes und durch Bildung flächenvergrössernder Intumescenzen ausgeglichen werden sollte» (op.c., p. 488). Hjelmqvist (op.c., p. 28), der gleichfalls jene Intumeszenzgebilde bei schlitzblättrigen Buchen untersucht hat, ist wieder seinerseits zu dem Ergebnis gekommen, dass, weil diese Palisadengewebe sich anatomisch wie in den Blatträndern der *laciniata*-Blätter verhalten, diese Intumeszenzen zu den miteinander verwachsenen bzw. voneinander nicht getrennten Rändern der *laciniata*-Blätter gehören, d.h. Anlagen zu Einschnitten darstellen, die nicht wirklich geworden sind. Es ist also offenbar, dass diese Gebilde bei der in Rede stehenden Form wie auch bei den schlitzblättrigen Erlen nichts anderes sind als die Fortsetzung des Palisadenparenchyms, welches der Blattoberfläche folgend am Blattrand auch auf die Blattunterseite übergreift (Abb. 2:D und F), wie dies regelmässig auch beim *typica*-Blatt (C und E) insbesondere im Endabschnitt der Zähne vorzukommen scheint.

Wie wäre sodann das erwähnte, zwischen den besprochenen Verdickungsleisten sitzende, im Querschnitt als Brücke hervortretende »Reissgewebe» selbst aufzufassen? In dieser Hinsicht sind die Auffassungen stark auseinandergegangen. Man könnte es als ein auf dem Initialzellenstadium stehengebliebenes Blattspreitengewebe deuten, wonach es etwa dem beim Einreissen der Blätter der *Phoenix*- und *Monstera*-Arten entstehenden ent-

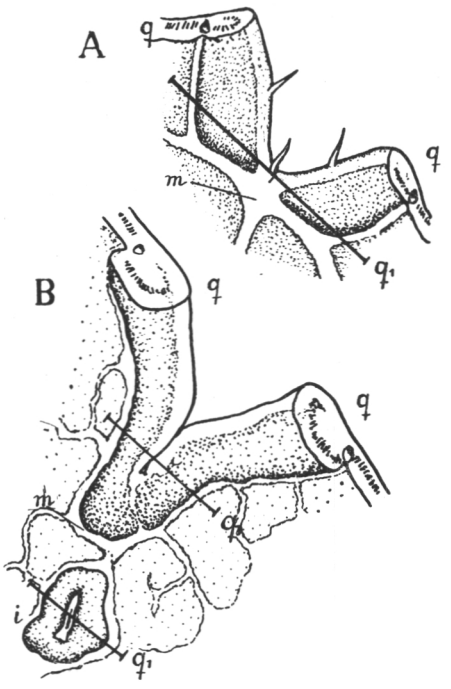


Abb. 3. Detailansicht des Winkelendes eines Blatteinschnitts der *typica*- (A) und der *laciniata*-Form (B) von *Corylus avellana* von unten. *i.* Inselförmige Blattspreitenverdickung, *m.* Mestomanastomose, *q.* durchgeschnittener Blattrand.

sprechendartigen Gewebe gleichzustellen wäre (Hintz 1889, p. 190; Lippitsch 1889; Hirmer 1919; siehe auch Haberlandt op.c., p. 175). Zuletzt wurde es von Korschelt (l.c.) für eine Art Neugebilde, eine Art Kallusbildung, Verwachsungsstelle der Blattzipfel gehalten (siehe auch Küster ll.cc.). Hjelmqvist (l.c.) wiederum hat dieses Gebilde zur Epidermis geführt. Da nun wenigstens bei der *laciniata*-Form von *Corylus* und auch *Alnus* (Abb. 6:A) dieses im Blattquerschnitt als Brücke hervortretende, aus transparenten, toten Zellen gebildete Gewebe aus mehreren Zellschichten zusammengesetzt ist, so erscheint es offenbar, dass neben der Epidermis auch die angrenzenden, erstenhands gerade dem Blattrand zugehörenden Gewebe des Blattinneren an seiner Bildung beteiligt sind. Aber anderseits könnte man in ihm, nach der fortgeschrittneren Zelldifferenzierung zu schliessen, auch Anzeichen von zumal die sog. Vorläuferspitze bildenden Zellgeweben erblicken, die ihrer akropetalen Entstehung gemäss zuerst in den Dauerzustand übergehen (Prantl 1883, p. 283) und die sich gleichfalls zum Teil aus den mehrzelligen Köpfchen der Blattzahndrüse (Reinke 1876, p. 140), also aus Zellen der Epidermis und ihrem subkutikularen Sekret aufbauen (vgl. Abb. 2:G). Bisweilen, zumal in den früheren Entwicklungsstadien des Blattes, kann man bei diesem Gebilde ganz wie in der Vorläuferspitze chlorophyllhaltige Zellgruppen beobachten, eine Erscheinung, die sonst den entsprechenden Gebilden bei *Fagus silvatica* f. *asplenifolia* eigen ist (Küster 1921 a, p. 138).

Betrachtet man jedoch ein normales Haselblatt von unten (Abb. 3:A) und richtet dabei die Aufmerksamkeit z.B. auf den Winkel zwischen zwei Zähnen, insbesondere den noch einmal gezähnten Hauptzähnen, so sieht man, dass die Blattspreite hier, insbesondere bei einem Nerv, einen ähnlichen einseitigen Bau erhalten hat, wie er im allgemeinen bei entsprechend gebuchteten, gekerbten oder gesägten Blatträndern zu finden ist, bei denen Gefahr des Einreissens vorliegt (siehe Haberlandt op.c., p. 176). Ausser dem

gekräftigten Leitbündel (*m*) oder den »Mestomanastomosen, die derart querüber gespannt werden, dass sie die Winkel zwischen den Blattzähnen nahezu tangieren» (H a b e r l a n d t l.c.), stellt man ein halbmondförmig umgebogenes und vom Leitbündel einseitig gegen den Blattrand vorstossendes, aus länglichen Zellen gebildetes Zellgewebe fest. Ein an einer solchen Stelle in der Richtung der Mestomanastomose geführter Schnitt (q_1) würde uns begreiflicherweise ein in hohem Masse ähnliches Bild zeigen, wie es sich aus dem verstärkten Rand oder dem Inselgebilde des *laciniata*-Blattes ergibt (vgl. Abb. 3:B nebst 2:D und F). So findet man beim Betrachten dieses selben transparenten Zellgewebes des *laciniata*-Blattes sowohl von oben als von unten her, dass seine Zellen gleicherweise wie im Blattrand länglich, und zwar gerade in der Richtung des Interkostalfeldes langgestreckt sind. Es ergibt sich hier durchaus dasselbe Verhältnis wie z.B. bei den extrem schlitzblättrigen Formen von *Alnus incana* (vgl. S a a r n i j o k i 1946, p. 25), lediglich mit dem Unterschied, dass dieses »Reissgewebe» bei den letzteren als ein einheitlicher, nur seltener unterbrochener Streifen auftritt, so dass es bei der Erle viel leichter als bei der Hasel als ein zum Blattrand selbst gehöriges Gebilde aufgefasst werden kann. Wörtlich genommen wäre dieses aus zickzackartig angeordneten Inseln zusammengesetzte Gebilde (siehe Abb. 2:G) also nichts anderes als eine Perforation der Blattspreite, in welcher man nicht das Anzeichen einer Verwachsung der Blattrandzipfel (K ü s t e r 1921 a, p. 140; 1925, p. 356; K o r s c h e l t l.c.), sondern eine Stelle zu erblicken hat, längs welcher die Schlitzung der in ihren verschiedenen Teilen schmäler gewordenen Blattspreite erfolgen müsste. Mit anderen Worten, man erblickt auch hier nur zwei einander gegenüberliegende Blattränder, die sich noch nicht durch das transparente parenchymatische »Reissgewebe» losgelöst haben, die aber zusammen mit dieser sie verbindenden Brücke — freilich einseitig karikiert — einem durchaus typischen Blattrand entsprechen. Zugleich markiert es also in sehr anschaulicher Weise die Stellen der Blattspreite, die ihren embryonalen Charakter zuletzt eingebüsst haben. Man kommt auf Grund des eingenartigen anatomischen Baues dieses Gebildes am nächsten zu dem Ergebnis, dass die Gewebe der Unterseite oder wohl besser gesagt der ursprünglichen Aussenseite des Blattes einem stärkeren Schrumpfungsprozess als die der Ober- bzw. Innenseite unterworfen gewesen sind. Die Grenze zwischen Ober- und Unterseite wäre demnach auf die Aussenseite verschoben worden, was wiederum die Ursache zu den mannigfachen Veränderungen gewesen ist, von denen die Elemente des Blattrandes und mit ihnen die Blattrandzähne betroffen worden sind.

Zu beachten ist weiter, dass das fragliche »Reissgewebe» bei den früher und den später zur Bildung gelangenden Blättern nicht gleichartig auftritt. So begegnet man diesem Gebilde bei den erwähnten Formen von *Corylus*

und *Alnus* an den Blättern der Kurztriebe und dazu an den untersten Blättern der Langtriebe, also an denjenigen Blättern, die in der Knospenlage die deutlichste Faltung aufgewiesen haben, während die obersten Blätter der Langtriebe diese Erscheinung nicht zeigen. Dies kann auf der verschiedenen Lokalisierungsweise des zuletzt auf dem Initialzellenstadium verbleibenden Blattspreitengewebes beruhen. Doch ist hierbei auch auf die ungleiche Blattform in diesen verschiedenen Sprossabschnitten Bezug zu nehmen. Es ist möglich, dass sich das Aufreissen der Blattspreite bei den schlankeren Blättern der Sprossspitzen nicht so deutlich wie bei den breiteren unteren Blättern zu äussern braucht, bei denen auch die Interkostalfelder der breiteren Blattform zufolge länger sind. Das Verhältnis wäre also einigermassen demjenigen ähnlich, das uns schon in der verschiedenen Schlitzungsweise der oberen und unteren Blätter bei *Betula* (Saarnijoki op. c.) entgegentrat.

Es wurde schon darauf aufmerksam gemacht, dass das Reissgewebe bei der Hasel unterbrochen, inselförmig, bei der Erle wiederum mehr einheitlich, rissförmig ist. Die Grundursache dazu mag im verschiedenen Schrumpfungswert der Blattspreite (Saarnijoki op. c.) zu suchen sein. Dieser ist bei der Hasel ziemlich niedrig, 38.2 %, und fügt sich gerade zwischen jene »Kardinalpunkte» der Blattspreitenreduktion (30 und 40 %; op.c., p. 46) ein, die bei der Erle und Birke einen beginnenden Schwund der Blattzähnung und das Erscheinen eines Reissgewebes an den dem Faltenrücken entsprechenden Stellen des noch unentfalteten Blattes bewirken. In dasselbe Schlitzblättrigkeitsschema eingetragen, würde das Blatt von *Corylus avellana* f. *laciniata* auch in betreff der »Rissbildung» recht genau dieselben Veränderungen markieren, doch weniger ausgeprägt, etwa wie bei *Betula verrucosa* f. *dalecarlica*, bei welcher das Reissgewebe mitunter in ähnlicher Weise unterbrochen sein kann (vgl. Lingelsheim op. c., p. 487). Vor allem erinnert aber die *laciniata*-Form der Hasel hinsichtlich ihrer Blätter an eine im Universitätsgarten in Helsinki stehende, aus Jaakkima im ehemaligen Südostfinnland stammende schwach schlitzblättrige Form von *Alnus incana* (siehe Grönholm 1906), die auch von Elfving (1913, p. 22), allerdings ohne Namen, erwähnt wird, die aber heute die Etikette »f. *Jakkima*» trägt. Die Blattrandzähnung wie auch die Form des Blattes selbst sind geradezu täuschend ähnlich (vgl. die Abbildung bei Grönholm op.c.), und auf der Blattfläche, zumal auf den Interkostalfeldern der längsten Seitennerven, findet man stellenweise sogar schwache Andeutungen eines unterbrochenen Reissgewebes vor. Mit anderen Worten, wir haben es hier ähnlich der *laciniata*-Form der Hasel gewissermassen mit einem Grenzfall zwischen »reissen oder nicht-reissen» zu tun.

Anderseits könnte sich die verschiedene Ausbildung des Reissgewebes auch von den Unterschieden in der Blattzähnung bei den betreffenden Arten

herleiten. Man könnte sich nämlich denken, dass die kleinen, dafür aber um so zahlreicher vorhandenen Zähne bei der Hasel es bewirkten, dass ein solcher, sich bei der Schlitzung des Blattes verlängernder und von seiner Mestomanastomose begleiteter Blattrand dann (Abb. 2:G) nicht mehr ebenso geradlinig und zumal in bezug auf seine Elemente einheitlich auftreten kann, wie es z.B. bei der Erle der Fall ist, die sich ausser durch eine viel gröbere Zähnung des Blattrandes auch durch einen grösseren Lichtstand der Zähne auszeichnet. Dasselbe scheint auch z.B. für die Buche zuzutreffen, bei welcher der Blattrand gleichfalls dicht gezähnt ist und bei deren schlitzblättriger *asplenifolia*-Form das Reissgewebe entsprechenderweise inselförmig unterbrochen auftritt (Küster 1921 a, p. 138; Hjelmqvist 1944, p. 27). Anderseits fehlen sie, soweit bekannt, bei den schlitzblättrigen Formen einer solchen Art mit dicht und fein gezähnten Blättern, wie der Hainbuche, *Carpinus betulus*, völlig (vgl. Lingelsheim op. c.).

Das Vorkommen der eigenartigen Veränderungen bei der fraglichen *laciniata*-Form der Hasel beschränkt sich keineswegs auf das Obengeschilderte, sondern ganz wie bei den schlitzblättrigen Formen von Erle und Birke (Saarnijoki 1946, p. 30—34) treten uns solche auch sowohl in den männlichen als auch in den weiblichen Infloreszenzen entgegen. Nach Dippel (1892, p. 128) weichen die ersteren schon äusserlich von den normalen ab: sie sind kleiner, wirken »wie verkrüppelt», und blühen deutlich später als die normalen Blütenstände. Dasselbe trifft nun auch für den im Universitätsgarten von Helsinki stehenden schlitzblättrigen Haselstrauch zu. Erstens ist festzustellen, dass die in recht spärlicher Zahl erzeugten männlichen Blütenstände sogar zwei Wochen später als die der unmittelbar nebenan am gleichen Standort stehenden *typica*-Form ausbrechen. Der Unterschied könnte sich teilweise von der verschiedenen Provenienz der beiden Sträucher herleiten — der schlitzblättrige Strauch ist wahrscheinlich eine eingeführte »Kulturform», der normale, wenngleich ebenfalls angepflanzt, so doch höchstwahrscheinlich einheimisch. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass in betreff des Laubausschlages nicht annähernd derselbe Zeitunterschied besteht. Der hauptsächlichste Grund zum trägen Aufbrechen der männlichen Infloreszenzen liegt dennoch in ihrem abweichenden Bau. Ganz wie bei den schlitzblättrigen Formen der Erle und Birke kann auch bei dieser *laciniata*-Form der Hasel ein ausgeprägter Antherenschwund festgestellt werden. Es hat sich ergeben, dass nicht weniger als etwa 90 % der Antherenhälften mehr oder minder rückgebildet sind, wie es nachstehende Zusammenstellung zeigt, die die Menge der normalen, verkümmerten und völlig rückgebildeten Antherenhälften bei zwei untersuchten männlichen Infloreszenzen von *Corylus avellana* f. *laciniata*

angibt. Die Zahlen beziehen sich auf je 100 Staubblätter, 25 aus dem basalen, ebensoviele aus dem Endteil und 50 aus dem Mittelabschnitt jeder Infloreszenz.

	Infloreszenz I		Infloreszenz II		Mittel
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Normal	14	7.0	13	6.5	6.8
Verkümmert ...	57	28.5	72	36.0	32.2
Fehlen	129	64.5	115	57.5	61.0

Der grösste Teil der Staubblätter bei der *laciniata*-Form ist also völlig unentwickelt geblieben, bei einem anderen Teil stellt man, wie es auch Abb. 4 zeigt, eine unzweideutige Grössenabnahme fest, während beim Rest keine nennenswerteren Veränderungen eingetreten sind (*a* und *b*). So lassen sich denn auch die Staubblätter eben auf Grund dieses allmählich zunehmenden Grades der Verkümmerung zu einer zusammenhängenden Reihe anordnen, bei welcher man ausserdem beobachten kann, wie z.B. der Öffnungsriss der Pollensäcke immer unbestimmter wird und schliesslich sogar völlig verschwindet, so dass ein solcher Pollensack dann nicht einmal imstande ist, sich zu öffnen und seinen spärlichen Pollen auszustreuen. Ebenso unterliegen die die Antheren krönenden typischen Haarschöpfe, die Pollenbürsten (B ü s g e n 1914, p. 162), Grad für Grad einer Verminderung. Schon allein diese morphologischen Befunde lassen es klar erscheinen, dass jene Verkümmerung der Staubblätter nicht etwa auf einem Stehenbleiben der Entwicklung dieses Pflanzenteiles z.B. auf dem Initialzellenstadium beruht, sondern es erweist im Gegenteil ihr Miniaturaufbau, der sie extremenfalls morphologisch schon mehr oder minder einem Staminodium nahe bringt, dass diese Störung wohl eher auf die unzureichende Menge der diese Pflanzenteile aufbauenden Zellen zurückzuführen ist.

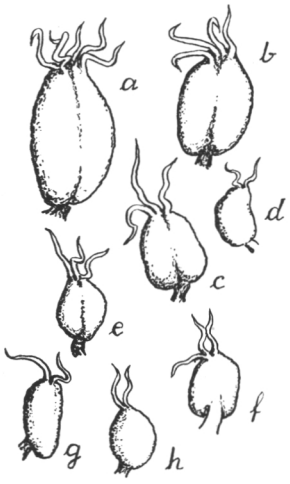


Abb. 4. Antherenhäften von *Corylus avellana* f. *laciniata*. *a* und *b*. normal, *c*—*h*. verschiedengradig gehemmt.

Untersuchen wir, wie sich die Menge der völlig rückgebildeten, der teilweise verkümmerten und der normal gebliebenen Antherenhälften auf die verschiedenen Teile der Infloreszenzen verteilt, so bemerken wir, dass am stärksten der basale Teil der Blütenstände vom besagten Schwund betroffen worden zu sein scheint, während nach der Spitze hin Anzahl und Grösse der Staubblätter deutlich zunehmen. Dies äussert sich schon in der äusseren Gestalt des Blütenstandes, indem nämlich dieser bei der schlitzblättrigen Hasel fast in der Regel keulenförmig erscheint. Auch kann beobachtet werden, dass sich die Blüten des kräftigeren Endteiles rascher und anscheinend

leichter öffnen. Hier ergäbe sich also dieselbe, schon am Langtrieb beobachtete Schwächung der anomalen Eigenschaften von der Basis nach der Spitze hin.

Weil der den Antherenschwund angebende Prozentwert aus einem verhältnismässig bescheidenen Material und dazu noch aus ziemlich engen Bereichen im basalen, mittleren und apikalen Teil der Infloreszenz ermittelt wurde, dürfte er nicht sehr genau sein. Vergleicht man jedoch diesen Wert mit den entsprechenden Zahlen bei der Erle und Birke, so findet man abermals, dass sich diese *laciniata*-Form am nächsten der *dalecarlica*-Form von *Betula verrucosa* anschliesst, bei welcher sich schon ein 100 %iger Antherenschwund eingestellt hat, und bei der die männlichen Infloreszenzen schon im Sommer ihrer Entstehung abfallen, eine Eigenschaft, die auch bei der jetzt besprochenen Hasel partiell in Erscheinung tritt. Man erhält den Eindruck, dass die geringere Blüten- und Antherenzahl im Dichasium sowohl bei der Birke als auch bei der Hasel darauf beruht, dass die mit der Schlitzblättrigkeit verbundene Gewebsschrumpfung bei den Infloreszenzen solcher Arten mit geringerer Anzahl von Staubblättern im Dichasium, wie der Birke und Hasel, viel kräftiger als bei der Erle in Erscheinung tritt, deren Dichasien reicher an Staubblättern sind. So unterscheidet sich die oben bereits erwähnte *Alnus incana* f. *Jakkima*, die sich zugleich offenkundig als selbständige Stufe zwischen die Formen *lobulata* und *sublaciniata* in der Reihe der zunehmenden Blattspreitenreduktion bei *Alnus incana* (siehe Saarnijoki op. c., p. 19) einfügt und deren Blätter ja mit denjenigen der *laciniata*-Form der Hasel weitgehend ähnlich gefunden wurden, von dieser schon erheblich durch den geringeren Reduktionswert der Staubblätter, der nur 30.9 % gegen 93.2 % bei der Hasel betragen hat. Überdies kann in diesem Falle die Anzahl sowohl der Staub- als auch der Perianthblätter bei den männlichen Blüten im Vergleich zu den früher (op.c.) besprochenen Erlenformen insofern variieren, als es in den Infloreszenzen neben den reduzierten Blüten auch solche mit überzähligen Staub- und Perianthblättern gibt. Während jene regelmässig ihren Sitz im Endabschnitt der Infloreszenz haben, sind diese am häufigsten im basalen Teil des Blütenstandes zu finden.

Da die Anzahl der männlichen Blüten im Dichasium bei Birke und Erle 3 beträgt, so ist es wegen des mühsamen Hervorpräparierens der einzelnen Blüten schon aus diesem Grunde schwierig, eine bestimmte Regelmässigkeit in bezug darauf anzugeben, welches von den Staubblättern der einzelnen Blüten zuerst der Reduktion unterliegt. Dagegen hat es bei *Corylus* — wohl infolge des einfacheren Baues der Infloreszenzen — den Anschein, wie wenn in der einzigen medianen Blüte des Dichasiums, die nur aus 4 orthogonal gestellten Staubblättern (Eichler 1878, p. 16), selten aus 2, 5 oder 6 (Büsgen l. c.) besteht, die dabei bis zum Grunde in je zwei monothezische und mehr oder weniger gegeneinander verschobene Hälf-

ten zerspalten sind, von den Antherenhälften am gewöhnlichsten die obersten unverändert geblieben sind, während die seitlichsten und insbesondere die untersten Paare die grösste Modifizierbarkeit an den Tag legen. Auch dieser Umstand liesse sich vorzüglich mit den schon bei Erle und Birke festgestellten Bauabweichungen der Deckschuppen in Einklang bringen, denn auch bei der Hasel findet man die Deckschuppen gerade in ihrem basalen Abschnitt verschmälert, wonach sich also die Wirkung dieser Veränderung hier im einblütigen Dichasium deutlicher und regelmässiger in Form eines Schwundes der am Rande sowie am Grunde der Deckschuppe sitzenden Antherenhälften als in den dreiblütigen Dichasien der vorerwähnten Arten äussert.

Bezüglich der Früchte der *laciniata*-Form erwähnt Dippel (1892, p. 128), dass sie 16—18 mm lang oder also etwas länger als bei der f. *typica* sind, deren Nüsse durchschnittlich 14—15 mm lang werden. Dasselbe kann aber nicht von dem im Universitätsgarten in Helsinki stehenden Strauch gesagt werden, wie es die in nachstehender Zusammenstellung mitgeteilten durchschnittlichen Grössenmasse (mm) der Nüsse (je 13 Stück) bei einigen Sträuchern der *typica*- sowie der *laciniata*-Form von *Corylus avellana* zeigen.

	f. *typica*			f. *laciniata*
	I	II	III	
Länge	15.7	17.5	16.1	15.5
Grösste Breite	13.1	13.0	12.2	12.3
Kleinste »	11.6	11.7	10.3	10.3

Vergleicht man nämlich die Nüsse des *laciniata*-Strauches mit denjenigen der drei hinsichtlich der Fruchtform voneinander abweichenden *typica*-Sträucher I—III, so findet man die ersteren ziemlich kurz, ausserdem aber auch deutlich schmäler und dünner als die gleich langen Nüsse des *typica*-Strauches Nr. I. Sie haben ferner an ihren abgeplatteten Seiten meistens einen recht tiefen Einschnitt gezeigt, während sie an ihrer Basis noch deutlicher keilförmig als die normalen Nüsse sind, was unter anderem auch darin zum Ausdruck kommt, dass das die helle Ansatzfläche am Grunde der aus ihrer Fruchthülle befreiten Nuss kleiner als sonst ist. Man hat sich jedoch bei derartigen Vergleichen stets daran zu erinnern, dass ja die Form der Frucht auch bei f. *typica* in hohem Masse wechselt (vgl. z.B. Goeschke 1887; Winkler 1904, p. 55), indem man allen Übergängen von einer runden zur länglichen Frucht begegnet (siehe auch Hjelt 1902, p. 58—59). Und indem diese Eigenschaft auch bei den extrem schlitzblättrigen Formen der Erle und Birke, bei denen die Blatteilung noch weiter als bei der jetzt in Rede stehenden *laciniata*-Form der Hasel gegangen ist, nur ziemlich gelinde und schwach in Erscheinung tritt, so ersieht man, dass

diese Frage nur auf Grund eines sehr umfangreichen Materials gelöst werden kann. Indem der grösste Teil der Nüsse taub gewesen ist (die Hasel zählt nämlich zu den parthenokarpen Gewächsen, vgl. z.B. Büsgen 1914, p. 164), kann dies vielleicht seinerseits eine Ursache ihrer geringen Grösse sein. Demgegenüber kann festgestellt werden, dass die Fruchthüllen, die bei der normalen Hasel verhältnismässig breit und mit grossen Randzähnen ausgestattet sind, bei der *laciniata*-Form ausser fingerartig gelappt, auch in dem Masse verschmälert sind, dass sie sich nicht mehr zu einem einheitlichen Becher um die Nussbasis herum zusammenzuschliessen vermögen. Hier wiederholt sich also abermals die Neigung zur Zartheit im Bau, die auch bei den Deckschuppen der schlitzblättrigen Erlen- und Birkenformen festgestellt wurde. Es sei hier bemerkt, dass bei der lappig gesägten *serrata*-Form der Hainbuche nach Schneider (1906, p. 140) in ähnlicher Weise die Fruchthülle meist spitz gelappt und ringsum scharf gesägt ist (vgl. auch Petersen 1916, p. 112). Ganz ebenso verhält es sich auch bei der schlitzblättrigen Form der Buche, denn nach Hjelmqvist (1944, p. 26) sind die Fruchtbecher bei dieser ganz wie die Blätter zum grossen Teil abnorm gelappt.

Die durch das verspätete und unregelmässige Blühen hervorgerufenen Störungen in Verbindung mit dem grossen Antherenschwund haben jedoch nicht in höherem Masse die Bestäubungsverhältnisse des Strauches zu beeinträchtigen vermocht, denn *Corylus avellana* f. *laciniata* lässt sich in gewissem Umfang auch durch Samen vermehren. Und indem nach Reuter (1896, p. 219) ein Drittel der Sämlinge vollständig geschlitzte Blätter hat, während nach Beissner (1895, p. 135) unter den Blättern »einzelne charakteristische, auch manche tiefer eingeschnittene als die normalen Blätter, also wiederum Übergänge» vorkommen, und Kache (1929, p. 275) die Menge solcher schlitzblättrigen Pflanzen mit hinauf bis 30 % angibt, so muss wohl dies gleichfalls als ein Anzeichen der Selbstfertilität gedeutet werden, wie es auch die entsprechenden Befunde an der rotblättrigen *atropurpurea*-Form (Wocke 1922, p. 387) besagen. Überdies kann auch das verspätete Blühen insofern von Bedeutung sein, als fremder Pollen dann nicht mehr in erwähnenswerter Menge zur Verfügung steht. Es möge erwähnt werden, dass nur zwei von den im ganzen 15 von mir untersuchten *laciniata*-Nüssen Sämlinge lieferten, die indessen beide die normale Blattform aufwiesen. Ist die Ursache zur herabgesetzten Fertilität in diesem Falle ausschliesslich im verspäteten Blühen und in den dadurch eingeschränkten Bestäubungsmöglichkeiten der weiblichen Blüten zu suchen oder leitet sie sich vielleicht zum Teil ähnlicherweise wie z.B. bei den schlitzblättrigen Formen der Erle von der Verschmälerung der Früchte und der zahlenmässigen Reduktion der Samenanlagen her, hat sich im Rahmen des zur Verfügung stehenden Materials nicht ermitteln lassen.

Zu alledem ist noch in Betracht zu ziehen, dass der Strauch auch durch seine deutlich hängenden, dünnen Äste und seine kleinen Knospen einen zarten Wuchs zur Schau trägt, ähnlich wie die verschiedennamigen schlitzblättrigen Formen der Erle und Birke. Offensichtlich sind alle diese parallelen Erscheinungen auf ein und dieselbe, sämtliche Teile der Pflanze betroffene primäre Schrumpfungserscheinung zurückzuführen. Die auf den Interkostalfeldern der Blattspreite längs den Faltenrücken stattgefundene Zerschlitzung ist davon zwar die sichtbarste, keineswegs aber einzige Folge. Bei der Hasel ist indessen die Schrumpfung nicht so weit wie bei den extrem schlitzblättrigen Formen der Erle und Birke gegangen, sondern vertritt gewissermassen eine schwächere »Potenz» der Störung.

2. Ulmus montana f. crispa (Loud.)

In den Anlagen des Freiluftmuseums von Seurasaari in Helsinki stand vor den Frostwintern 1939—42 eine kleine, anscheinend schon alte und nur träge wachsende, nicht mehr als 2.5 m hohe, dichtästige, strauchförmige Ulme, die, abgesehen davon, dass sie ziemlich reichlich blühte und auch Früchte trug, sich auch noch dadurch auszeichnete, dass ihre vertrockneten und zusammengeschrumpften Blätter jedjährlich noch weit in den Winter hinein an den Zweigen hängen blieben. Hinsichtlich ihrer Merkmale entsprachen diese Blätter der in der Überschrift erwähnten, schon vor 1800 entdeckten und längst kultivierten *crispa*-Form der Bergulme, als deren Synonymen man in den Handbüchern neben diesem allem Anschein nach am häufigsten gebrauchten Namen solche Benennungen wie *adiantifolia* hort., *asplenifolia* hort., *undulata* hort., *urticaefolia* Audib., u.dgl.m., begegnet (siehe Dippel 1892, p. 29; Ascherson & Graebner 1908, p. 563; Stubbe 1938, p. 21; Rehder 1927, p. 186; 1947, p. 177). Die nachstehende Betrachtung gründet sich, im Gegensatz zu den übrigen hier besprochenen Fällen, lediglich auf diejenigen Herbarproben, die von diesem heute schon toten Baum aus früherer Zeit vorliegen[1]).

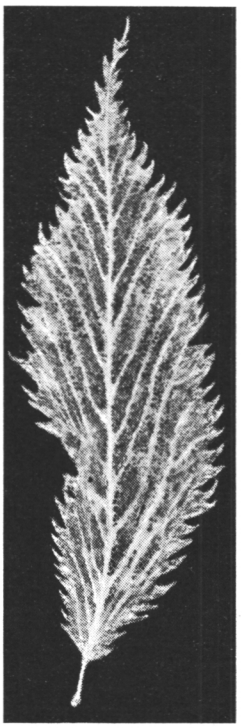


Abb. 5. Blatt von *Ulmus montana* f. *crispa*. Man beachte die schmale Formausbildung sowohl des Blattes im ganzen als auch der einzelnen Interkostalfelder, desgleichen die spitzen Auslaufwinkel der Seitennerven. Photogramm, $^1/_1$.

In Abb. 5, die ein Kurztriebblatt des besagten Baumes zeigt, treten uns beim ersten Blick wieder dieselben, aus dem vorhergehenden schon vertrauten Schlitzblättrigkeitsmerkmale entgegen, von denen auch bei dieser *crispa*-Form in den Handbüchern oft die am Rande gekrümmt-eingeschnitten gezähnten, gekräuselten, mit stark hervortretenden Nerven versehenen ungewöhnlich dicken Blätter angeführt werden (Koch 1872, p. 418; Jäger—Beissner 1884,

[1]) Ausser den von diesem Baum stammenden Proben befindet sich in den Sammlungen der Forstlichen Forschungsanstalt in Helsinki eine Probe, die von Professor V. Kujala einem ehemals in den Anlagen der Insel Korkeasaari bei Helsinki gestandenen 4—5 m hohen Baum entnommen wurde.

p. 403—404; v. St.-Paul 1893, p. 17; vgl. auch Rehder 1915, p. 217). Ausserdem erscheint dieses lederartige Blatt recht unregelmässig bunt, doch so, dass sich die gelben und helleren Felder auf die gefalteten Stellen der Blattspreite häufen. Die ungleichmässige und schmale Form des Blattes, desgleichen die scharfen Ausgangswinkel der Seitennerven, die der Nervatur ein fächerförmiges Aussehen verleihen, sowie der ungleichmässige, gekräuselte Verlauf des Blattrandes deuten geradeswegs an, dass ein solches verschmälertes Blatt nicht in der Lage gewesen ist, sich normal zu öffnen, sondern immerfort Merkmale aufweist, wie sie der noch von den Knospenschuppen umschlossenen Blattanlage eigen sind. Die Übereinstimmungen mit den Schlitzblattformen von Birke, Erle und Hasel in dieser Beziehung sind unleugbar, einen Unterschied vertritt nur die fehlende Blattschlitzung.

Worauf beruht es nun, dass das fragliche Ulmenblatt, trotzdem es auf Grund seiner Schmalheit und auch auf Grund der stark zugespitzten Ausgangswinkel der Seitenrippen ganz offensichtlich einen Fall von bedeutend weiter gediehener Blattschrumpfung als z.B. das Blatt der im vorhergehenden beschriebenen *laciniata*-Form der Hasel vertritt, nicht geschlitzt ist, sondern sich nur unter starker Zähnung gekräuselt hat? Ist vielleicht das Blattgewebe bei dieser Art fester und härter, so dass es nicht so leicht wie bei *Alnus*, *Betula* und *Corylus* der Schrumpfungsspannung nachgibt? Ein Querschnitt durch den mehr oder minder »lederartigen» Teil zwischen Mittel- und Seitennerv eines solchen *crispa*-Blattes (Abb. 6:B) zeigt erstens, dass sich die Blattspreite in den Interkostalfeldern nicht geradegerichtet hat, sondern immer noch wie im unentfalteten Blatt gewölbeartig emporgehoben ist. Auch gewahrt man hier an den hellgelblichen Punkten der Blattspreite farblose Zellen (*tr*). Zu beiden Seiten derselben erscheint die Grenze zwischen Palisaden- und Schwammparenchym undeutlich und verschwommen. Man möchte auch hier eine Art von Blattrand-, d.h. Reissgewebe, wenngleich nur in äusserst schwacher und regelloser Ausbildung, erblicken (vgl. die entsprechenden Stellen z.B. in Abb. 6:A und 2:F). Das Ulmenblatt vertritt indessen in bezug auf den Blattrand schon einen anderen Konstruktionstyp als sowohl Erle, Birke und Hasel, indem hier die Blattspreite nach dem Rande hin zumal infolge der Schwächung des Palisadenparenchyms im Querschnittsbild keilförmig an Dicke abnimmt (vgl. z.B. Hintz 1889, p. 137). Offenbar dieser abweichende Bau des normalen Blattrandes bei der Ulme ist Ursache dazu, dass die auf den Interkostalfeldern des *crispa*-Blattes vorkommenden Gebilde nicht so deutlich wie bei den schlitzblättrigen Formen von Birke, Erle und Hasel als Verdickungen des Blattrandes hervortreten. Seine Folgen — verbunden mit der beträchtlichen Reduktion der Blattfläche, beläuft sich doch der Schrumpfungswert beim *crispa*-Blatt der Ulme

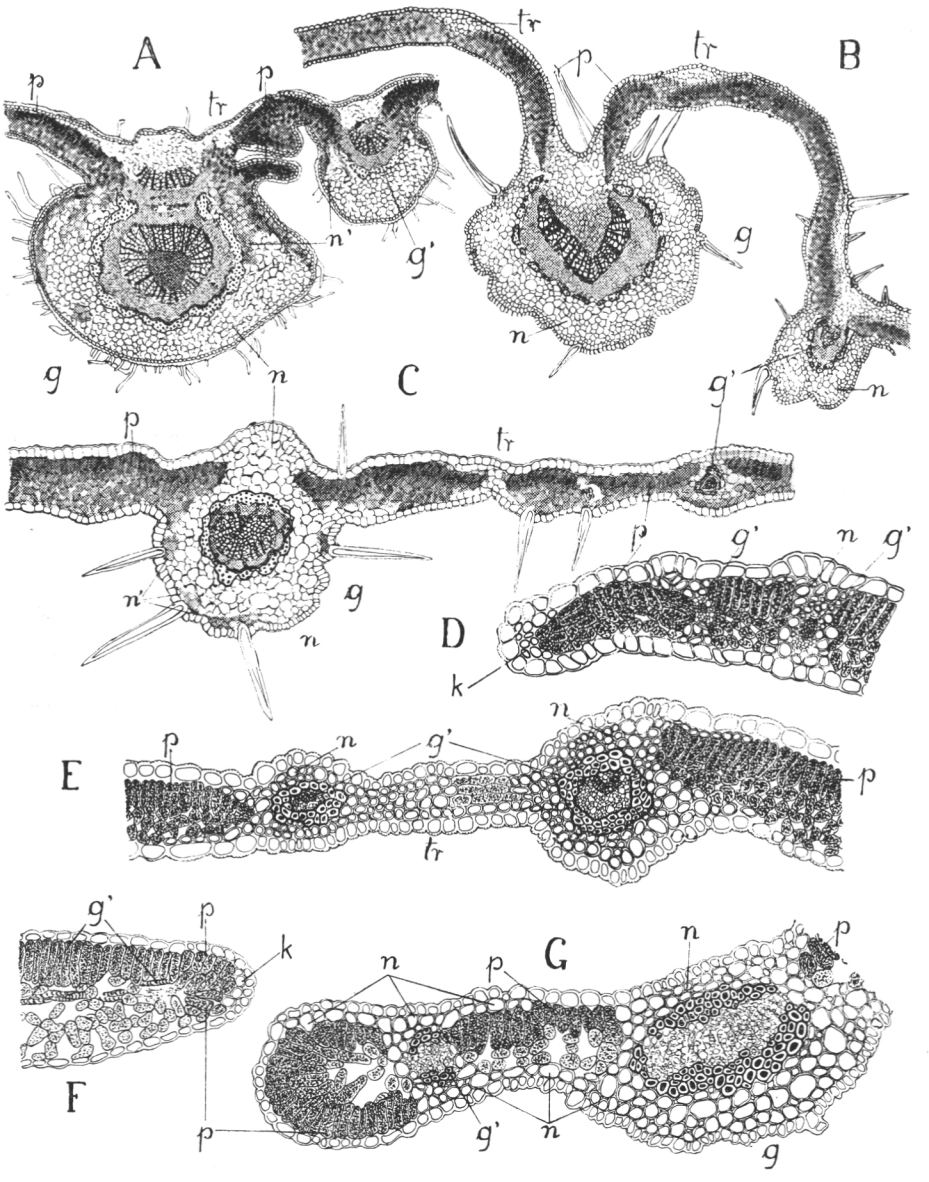


Abb. 6. Blattquerschnitte von *Alnus incana* f. *pinnatipartita* (A), *Ulmus montana* f. *crispa* (B), *Tilia platyphylla* f. *laciniata* (C) nebst f. *typica* (D), *Acer platanoides* f. *laciniatum* (E) sowie *Caragana arborescens* f. *typica* (F) nebst f. *lorbergi* (G). *g*. Mittelnerv, *g'*. Seitennerv, *p*. Palisadenparenchym, *n* und *n'*. Nervenparenchym, *k*. kollenchymatisches Stützgewebe, *tr*. »Reissgewebe». — A und B etwa $^{40}/_{1}$, C etwa $^{65}/_{1}$ und D—G etwa $^{130}/_{1}$.

vollends auf 60 % — sind ferner die schon erwähnte fächerförmige Ausbildung der Nervatur, die im ganzen schmälere Blattform und der anscheinend robuste Bau des Blattes überhaupt, der es bedingt, dass das Blatt von *Ulmus montana* f. *crispa* sich nicht wie die zarteren Blätter von *Alnus*, *Betula* und *Corylus* vollständig auszubreiten vermag, sondern auch bestenfalls einigermassen gefaltet erscheint. Kennzeichnend für die Entfaltung des Ulmenblattes ist nämlich, dass die Entwicklung der interkostalen Blatteile erst im Entfaltungsstadium des Blattes einsetzt, so dass es in dem sich öffnenden Blatt nicht zu der Bildung einer deutlich erkennbaren »Gelenkstelle» und eines einheitlichen Reissgewebes kommen kann (Abb. 7; vgl. auch Troll 1938, p. 1097, Abb.

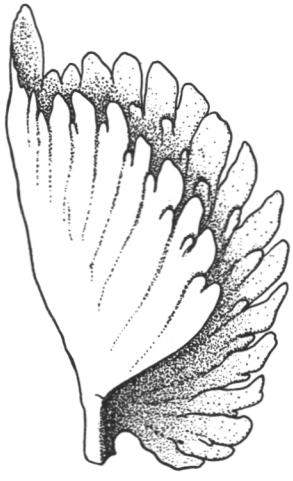




Abb. 7. In Entfaltung begriffenes Blatt und Blattquerschnitt von *Ulmus montana* f. *typica*. Zumal am letzteren erkennt man deutlich die schwache Ausbildung der interkostalen Partien. — Etwa $^{2}/_{1}$.

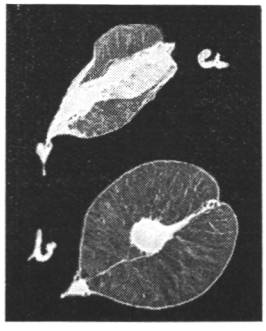


Abb. 8. Frucht von *Ulmus montana* f. *crispa* (*a*) und f. »*typica*» (*b*). — Photogramm, $^{1}/_{1}$.

874). So schiene es denn auch, dass die Verschmälerung der Blattspreite nicht immer zur Zerschlitzung des Blattes zu führen brauchte; jene ist eine primäre, diese lediglich ihre Folgeerscheinung.

Auch an den Blütenständen der krausblättrigen Ulme findet man Berührungspunkte mit den im vorhergehenden erörterten Schlitzblattformen. Abb. 8:*a* zeigt eine Frucht des fraglichen Baumes, die, wie man deutlich erkennt, sich der Normalfrucht (*b*) gegenüber durch ihre Schmalheit kennzeichnet. Ihre Flügelsäume sind überdies, obwohl nur recht schwach, am Rande eingerollt und dazu oft vom Normalen abweichend in der Dreizahl vorhanden, ein Teil der Früchte ist also trikarp, eine Eigenschaft, die

wenigstens in Penzigs Teratologie (1922, p. 210) nicht in Verbindung mit der Ulme erwähnt wird. Der der eigentlichen Nuss entsprechende Teil der Frucht ist ausserdem in dem Masse verschmälert und zusammengefallen, dass man darin von einer Samenanlage oft nicht einmal die Spur mehr erblicken kann. Entsprechende Strukturverhältnisse mit anschliessend herabgesetzter Fertilität haben sich früher zumal bei den Früchten von *Alnus* und *Corylus* ergeben. Betreffs der Antheren dagegen haben wenigstens die vorliegenden Herbarproben keine deutlichen Anzeichen von Reduktion erkennen lassen. Ungeachtet dieser in einer mehr oder minder ausgeprägten Sterilität resultierenden anomalen Bauänderungen, hat der in Rede stehende Baum ziemlich ausgiebig geblüht. Das reichliche Blühen dieses Baumindividuums könnte vielleicht mit seinem trägen Wachstum in Zusammenhang gebracht werden, und dann liesse es sich auch recht wohl denken, dass es sich in erster Hand um eine Art von Frühreife handelte. Dasselbe Verhalten ist nämlich noch ausgeprägter z.B. unter den schlitzblättrigen Kreuzungsnachkommen von *Alnus incana* zu beobachten, indem dort die am stärksten geschlitzten und zugleich im Wachstum meist zurückgebliebenen Individuen zuerst in Blüte getreten sind und auch sogar reichlich gefruchtet haben, während an den gleichaltrigen, aber viel grösseren *typica*-Exemplaren noch keine einzige Blüte aufgetreten ist.

3. **Tilia platyphylla** f. **laciniata** (Loud.)

In einem Privatpark in der Stadt Helsinki steht eine Linde, die ganz offensichtlich die in ihrer Schlitzblättrigkeit bekanntlich eigenartige Form *laciniata* vertritt, die man oft auch *asplenifolia* Dipp. und *filicifolia* hort. (Dippel 1893, p. 61; Rehder 1927, p. 614; 1947, p. 623) benannt findet. Es handelt sich um einen seltsam gut gedeihenden, heute nahezu 10 m hohen Baum, dessen Stamm sich in ungef. 1.5 m Höhe in zwei annähernd gleichstarke und regelmässig gebildete Teilstämme geteilt hat (Abb. 9). Eigenartig bei diesem recht zart- und überdies schwach hängeästigen Individuum sind die im Geäst vorkommenden und schon von weither durch ihre deutlich abweichende Wachstumsweise in die Augen fallenden Partien. Es sind im Hinblick auf ihre Blattform (Abb. 10:A—C) verschiedengradige Rückschläge von der *laciniata*-Form zur Normalform. Der Baum trägt insgesamt fünf solche ungefähr gleich grosse und offenbar auch gleich alte Rückschlagsäste, und zwar kommen diese in allen Teilen des Baumes, sowohl im unteren Geäst als im Wipfel vor.

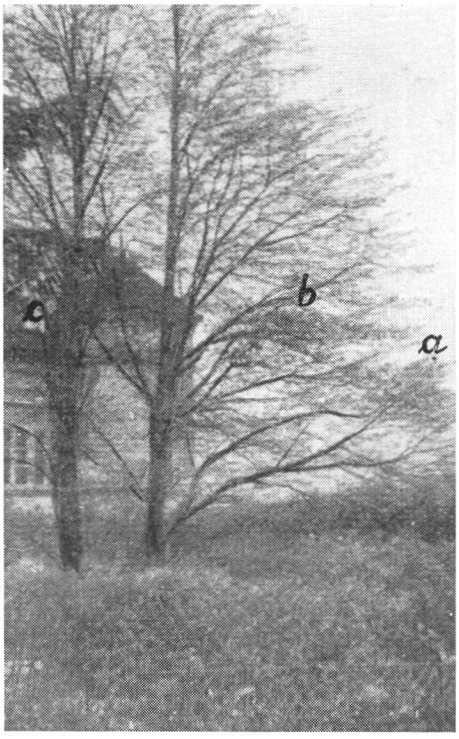


Abb. 9. Krone einer gabelstämmigen *Tilia platyphylla* f. *laciniata* (Helsinki, Kalliolinnantie 16) in Frühlingstracht, mit den drei obersten (*a*—*c*) von den insgesamt fünf Rückschlagsästen sichtbar. 2. VI. 1947.

Ausser diesen schon aus Entfernung erkennbaren Rückschlägen begegnet man hier und da im Geäst verstreut auch einer grossen Anzahl von kleineren, nur einige wenige Blätter umfassenden Rückschlagszweigen, ja es kann die Erscheinung sogar nur auf einzelne Sektoren des Blattes beschränkt sein. Bei diesen dichotypen Blättern wiederum kann die Grenze

der verschiedenen Komponenten auf jede beliebige Stelle der Blattfläche, bald auf die Interkostalfelder, bald wieder, obwohl seltener, längs dem Mittelnerv oder den Seitennerven verlegt sein (Abb. 10:E). Dazu sind auch solche Fälle häufig, wo der durch seinen schwächeren Teilungsgrad gekennzeichnete Rückschlag zu beiden Seiten an eine stärker geteilte Komponente grenzt (Abb.

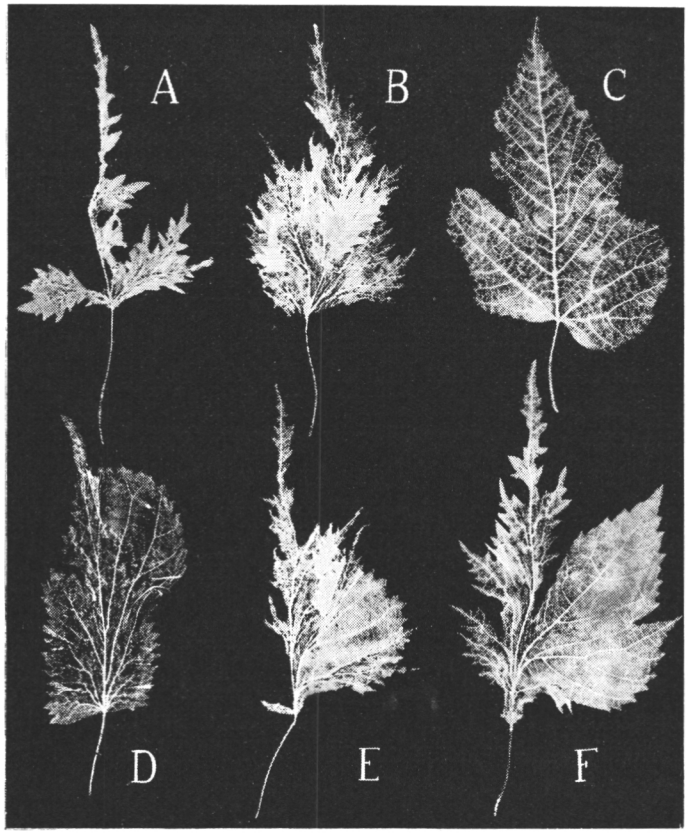


Abb. 10. Verschiedene Blätter derselben schlitzblättrigen Linde. A: f. *laciniata*, B: f. *sublaciniata*, C: f. *lobata*, D—F: aus diesen Formen in verschiedener Weise »zusammengesetzte» dichotype Blätter. — Photogramm, etwa $^1/_2$.

10:D und E); es handelt sich m.a.W. um Rückschläge, die auf den Bereich des einzelnen Blattes begrenzt sind, also um Blattrückschläge. Während sämtliche Astrückschläge und dazu der grösste Teil der Blattrückschläge einfache Rückschläge in der Bedeutung dargestellt haben, dass bei ihnen die *laciniata*-Form direkt, ohne Übergänge, in die schwächer geteilte Form übergetreten ist (vgl. z.B. Abb. 10:E und F), finden sich unter den anderen bisweilen auch Rückschläge, bei denen sich am Platze der Ausgangsform

laciniata jetzt gewissermassen eine zwischen dieser und der *typica* stehende Form befindet (Abb. 10:D). Wir hätten somit in diesem *laciniata*-Exemplar der *Tilia platyphylla* einen hinsichtlich des Rückschlagsphänomens mehr auf das Gebiet der Blattrückschläge übergetretenen Fall zu erblicken. Gleichzeitig aber vermittelt es gewissermassen auch zu den zwei von Hesselman (1911, p. 175) bei der *asplenifolia*-Form der Buche näher beschriebenen Fällen hinüber, wo bei dem einen Baumindividuum nur Astrückschläge vorkommen sollen, während die Rückschläge des anderen Exemplars ausschliesslich auf die Blätter beschränkt sind, wobei ihre Menge, wie Küster (1921 a, p. 139) in anderem Zusammenhang bemerkt, in den verschiedenen Vegetationsperioden überdies noch variieren kann. Es können hier denn auch, in erster Linie gerade auf Grund der grösseren und auch reicher belaubten Astrückschläge, vornehmlich drei betreffs ihrer Blattteilung verschiedene und auch verschieden benennbare Blattformen unterschieden werden, und zwar ausser der schon genannten *laciniata*-Form die *sublaciniata*- und die *lobata*-Form (Abb. 10).

1. Die *laciniata*-Form (Abb. 10:A) vertritt den Ausgangstyp, dem der grösste Teil des Geästs dieses Baumes zufällt. Kennzeichnend für ihn ist zwar im vorliegenden Fall eine ziemlich grosse Formenvariation der Blätter, gemeinsame Züge sind aber die zumal im Spitzenteil des Blattes tief zwischen die Nerven vordringende unregelmässig buchtige, asymmetrische Blatteilung und die grobe Zähnung des Blattrandes. Im basalen Teil der Blattspreite machen sich dagegen diese Auswirkungen nicht so extrem bemerkbar (vgl. z.B. Loudon 1838, p. 21; 1875, p. 66, Abb. 100; Koch 1869, p. 472; Dippel l. c.; Schneider 1912, p. 377, Abb. 253; Teuscher 1920, p. 67; Wagner 1932, p. 319; Krüssmann 1937, p. 320), doch ist der Blattgrund deutlich keilförmig. Recht typisch für das Blatt ist auch die schmale Formausbildung des Endabschnitts der Blattspreite, die zusammen mit der dichtmaschigen Nervatur, wie Jaccard & Frey (1927, p. 10) auch schon bemerkt haben, den Gedanken unwillkürlich auf das Flugorgan des Blütenstandes führen. Die Blätter sind überdies deutlich runzlig und uneben, und auch ihre Farbe ist abweichend, stellenweise rein grün, stellenweise gelblich grün (Jäger — Beissner 1884, p. 396; Dippel l.c.).

2. Bei der *sublaciniata*-Form (Abb. 10:B) ist die Zerschlitzung der Blattspreite schon einigermassen zurückgegangen, die Zähnung des Blattrandes ist deutlicher ausgeprägt, und die Blattform lässt eine gewisse Stabilisierung erkennen. Die Blatthälften sind aber weitaus nicht mehr so uneben, gefaltet und unsymmetrisch geteilt, wie dies bei der *laciniata*-Form selbst der Fall war.

3. Bei der *lobata*-Form (Abb. 10:C) steht das Blatt schon dem Normalblatt nahe, die Blattspreite ist aber hier oft noch in eigenartiger Weise

drei-, bisweilen vierspaltig, indem der dem Endabschnitt des Normalblattes entsprechende Mittellappen nach wie vor merkwürdig verschmälert erscheint (vgl. auch Abb. 11). Dieselbe Asymmetrie der Blatteilung, wie sie bei den vorhergehenden Formen zwischen den beiden Hälften der Blattspreite hervortrat, zeigt sich auch noch hier bei der *lobata*-Form, obschon weit schwächer, und auch die Blattfläche selbst ist lange nicht mehr so stark blasig aufgewölbt. Eine vergleichende Betrachtung der in Abb. 10 dargestellten »formreinen» (A—C) und dichotypen Blätter (D—F) zeigt uns recht deutliche Unterschiede z.B. in bezug auf die Zähnung des Blattrandes. Anscheinend haben wir es hier mit Blattrückschlägen zu tun, die im Vergleich zu *laciniata* schwächer geteilte Übergangsformen darstellen. Leider nur sind diese Komponenten, ihrer grossen Anzahl ungeachtet, flächenmässig so klein — meistens nur auf einzelne Blattsektoren beschränkt — dass auf eine nähere Definition der Blattypen verzichtet werden musste. Höchst wahrscheinlich würde ein umfangreicheres und dem Vergleich leichter zugängliches Material auch bei der jetzt vorliegenden *laciniata*-Form der Linde eine mehr oder minder zusammenhängende und lückenlose Umwandlungsreihe gegen eine immer schwächere Teilung des Blattrandes hin an den Tag fördern.

Indem der Schrumpfungswert der Blattfläche, ähnlich wie vorhin bei *Corylus* berechnet, bei der vorliegenden *Tilia platyphylla* f. *laciniata* schon so hoch wie bis auf 73.6 % gestiegen ist, so ist es begreiflich, wenn in der Rückschlagsreihe einer dermassen weitgehend reduzierten Form auch die Anzahl der Zwischenstufen höher als bei den entsprechenden Serien bei *Alnus incana* und *Betula verrucosa* steigt, bei denen ja die Variationsamplitude wegen des schwächeren Schrumpfungswertes der Ausgangsformen, 57.3 bzw. 33.2 %, notgedrungen kleiner ist (S a a r n i j o k i 1946, p. 19). Den obenerwähnten, durch die geringe Grösse der Blattrückschläge bedingten Nachteilen zum Trotz lassen sich auch wenigstens bei gewissen dichotypen Blättern in manchen Fällen die Schrumpfungswerte der verschiedenen Komponenten annähernd richtig berechnen. Zumal dann, wenn sich der Rückschlagssektor im oberen Teil des Blattes befindet, ist sein direkter Vergleich mit einem entsprechenden Sektor nebenan möglich und leichter als im unteren Teil des Blattes, wo die für das Lindenblatt kennzeichnende asymmetrische Ausbildung der Blattspreite (vgl. z.B. Abb.12: A) Schwierigkeiten bereitet, und ermöglicht so eine Komplettierung dieser Umwandlungsreihe auf Grund der Schrumpfungswerte. So haben sich denn für die hier unbenannten, zur Hauptsache sektorartig an den Blättern auftretenden Rückschläge folgende Schrumpfungsprozente ergeben: 47.2, 32.7, 28.5 und 24.8; für die *sublaciniata*-Form (Abb. 10: B) lautet der entsprechende Wert auf 44.4 % und für die *lobata*-Form (Abb. 10:C) auf 18.3 %.

Indem die Ausgangsform der Rückschlagsreihe bei der Linde im Hinblick auf die Blattschlitzung einen im Vergleich zu *Betula* und *Alnus* stärker reduzierten Fall repräsentiert, zeichnen sich entsprechend auch die Zwischenstufen dieser Rückschlagsreihe durch höhere Schrumpfungswerte aus, als wie sie bei der Birke und Erle gefunden wurden.

Weiterhin beobachtet man auch hier bei der Linde eine unzweideutige Tendenz der Rückschläge, sich am unteren Ende der Umwandlungsreihe, also näher der *typica*- als der *laciniata*-Form zu häufen. So lassen die grösseren Astrückschläge schon deutlich dieses Verhältnis erkennen, indem vier von ihnen der *lobata*-Form entsprechen und nur einer die *sublaciniata*-Form vertritt. Aber ausserdem ist noch zu sehen, dass in der Rückschlagsreihe der Blattschlitzung bei *Tilia* auch die am schwächsten geteilten Blätter immer noch deutlicher geschlitzt erscheinen, als es z.B. bei *Betula* und *Alnus* der Fall war, m.a.W., die Rückschlagsreihe macht auf ihrem Wege gegen die Normalform schon früher als bei der Birke und Erle halt. So wäre denn auch das *lobata*-Blatt bei *Tilia* in bezug auf seinen Schrumpfungswert am nächsten der *subbircalensis*-Form gleichzustellen, und in der entsprechenden Rückschlagsreihe der Erle würde es sich wiederum in die Nähe der *lobulata*-Form einfügen. Nur in dem Falle wie z.B. gerade bei dem in Abb. 10:D wiedergegebenen Blatt, bei dem wir als Ausgangspunkt des Rückschlags statt der *laciniata*-Form eine der *lobata* nahestehende, aber im Vergleich zur ihr etwas stärker geteilte Form erblicken, ist die Umwandlung, wie man sieht, schon weit gegen das Normalblatt gediehen. Unternimmt man aber einen genaueren Vergleich dieses Rückschlagssektors mit dem entsprechenden Abschnitt beim *typica*-Blatt, d.h. mit dem Abschnitt, wo die Blattspreite rasch zu der für die Art charakteristischen Blattspitze abzufallen beginnt, so ergibt es sich, dass anscheinend auch diese Stelle nicht völlig normal beschaffen ist. Die Zähnung ist zu grob und ungleichmässig, und auch die Nervatur entspricht nicht vollends den an betreffender Stelle beim Normalblatt waltenden Verhältnissen. An und für sich erinnert der Blattrand dieser Rückschlagskomponente in hohem Masse an die an den Rändern der Blätter gewisser *albimarginata*-Formen anzutreffenden entsprechendartigen grösseren oder kleineren grünen Rückschlagsteile. Auch bei diesen erscheint nämlich die Zähnung des Blattrandes eingenartig grob und die Nervatur abweichend (vgl. z.B. Küster 1921 b, p. 142; 1923, p. 188). Offenbar ganz ähnlich gestaltet sich das Verhältnis auch bei den entsprechenden Rückschlägen der stark schlitzblättrigen Formen von *Fagus silvatica* und *Carpinus betulus*, denn auch dort finden sich zahlreiche Übergangsformen, von denen die am gelindesten anomalen einen mehr oder minder grobgezähnten Blattrand aufweisen (Beissner 1895, p. 132—133; 1898, p. 37; Hesselman op.c., p. 191; Sylvén 1921, p. 150; Hjelmqvist 1944, p. 25, 30; Nilsson 1951, p. 102).

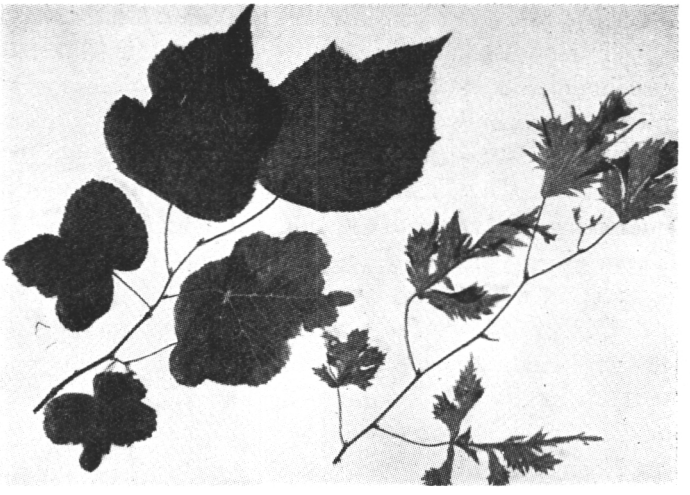


Abb. 11. Langtriebe desselben Baumes, rechts aus dem *laciniata*-Geäst, links von einem bis zur *lobata*-Form zurückgeschlagenen Ast.

Sowohl im *laciniata*-Geäst der besprochenen Linde als auch in seinen grössten Rückschlagsästen variiert jedoch die Blattform (Abb. 11). So befinden sich die *lobata*-Blätter am Langtrieb im Basalteil desselben, während sie nach der Spitze des Triebes hin immer mehr das Aussehen eines Normalblattes annehmen, ohne jedoch dessen Form vollends zu erreichen. Ebenso werden bei der *laciniata*-Form die meistens stark dreilappigen untersten Blätter des Langtriebes nach der Spitze des Triebes hin einfacher, während zugleich der Blattgrund immer deutlichere Keilform annimmt, das Blatt also eine fächerartige Gestaltung erhält. Es scheint also, dass die Blattschlitzung nicht mit gleicher Leichtigkeit im oberen als im unteren Teil des Triebes vonstatten ginge. Die Schlitzblättrigkeit erscheint somit auch bei der Linde wie bei *Corylus* mehr oder minder deutlich regressiv. Ausserdem ist aus diesen ebenso wie aus den in Abb. 10 und 11 wiedergegebenen Blättern deutlich zu ersehen, dass um einen je stärker geteilten Typ es sich handelt, eine desto stärkere Streckungstendenz auch die Blattspreite und mit ihr der Blattstiel an den Tag legen, eine Erscheinung, die, obwohl gemässigter, auch z.B. bei der Blattypenreihe von *Betula* und *Alnus* nachweisbar ist (vgl. S a a r n i j o k i op. c., p. 10, Abb. 1; p. 14, Abb. 4).

Ein solches *lobata*-Blatt der Linde erinnert auch an die oft drei- oder fünflappigen, etwa den Blättern des Weinstocks oder gewisser *Abutilon*-Arten ähnlich sehenden Blätter der Stamm- und Wurzelausschläge der normalen Linde, die man im Schrifttum gleichfalls zahlreich erwähnt findet (P a a s c h 1874; J a c o b a s c h 1892; vgl. P e n z i g 1921, p. 170). Ebenso fällt der Gedanke auf die bekannte, bei der Linde

unterschiedene *vitifolia*-Form, von der sich indessen das *lobata*-Blatt deutlich in der Beziehung unterscheidet, dass die den nächstuntersten Nervenpaaren entsprechenden Teile der Blattspreite nicht verlängert erscheinen und auch nicht ausserhalb des übrigen Blattrandes vorstossen (vgl. Dippel l.c.; Schneider op.c., p. 373, Abb. 251: *h*—*k*; Teuscher op.c., p. 68 und Abb. p. 67), sondern die Veränderungen deutlich in Form einer Verschmälerung der Blattspreite und der einzelnen Blattlappen, desgleichen in Form eines vom Blattrand gebildeten keilförmigen Einschnitts zum Vorschein treten, welch letzterer sich überdies am gewöhnlichsten oberhalb des längsten Nervenpaares befindet.

Betrachten wir wiederum die mit der Schlitzblättrigkeit verbundenen Baueigenschaften des Blattes in der Umwandlungsreihe *laciniata* — *sublaciniata* — *lobata*, so können wir verfolgen, wie diese sich Schritt für Schritt denjenigen des Normalblattes nähern. Das *laciniata*-Blatt zeichnet sich dadurch aus, dass, wie u.a. Penzig (l.c.) erwähnt, die Seitennerven oft in weit kleineren Winkeln als beim Normalblatt vom Hauptnerv abstehen. Der Blattgrund erscheint darum keilförmig verschmälert und das ganze Blatt gleichsam »büschelförmig gedrängt» (Dippel l.c.) und ausnahmsweise spärlich und ungleichmässig grob gezähnt. Das Blatt ist ferner schwächer behaart als das der typischen Form (also *platyphylla*), und zumal die charakteristischen Bärtchen in den Nervenwinkeln sind schwach entwickelt (Teuscher l.c.; Wagner 1932, p. 320). Ausserdem ist die gelblichgrüne Färbung des Blattes (vgl. Dippel l.c.) besonders bei durchfallendem Licht ungleichmässig, indem das Blattgewebe namentlich in den Zwischengebieten der Sekundärnerven bräunlichgelbe Farbe und lederige Konsistenz angenommen hat, eine Eigenschaft, der man in mehr oder minder deutlicher Ausprägung auch bei anderen schlitzblättrigen Pflanzenformen begegnet.

Hand in Hand mit der abnehmenden Zerschlitzung unterlaufen auch die übrigen Markmale des Blattes eine allmähliche Normalisierung. Recht instruktiv tritt uns dies bei solchen Blättern entgegen, die sektorartig aus verschiedenen Komponenten der Umwandlungsreihe zusammengesetzt sind, wie es z.B. die Abbildungen 10:D—F zeigen, und bei denen die schwächer geteilte Rückschlagskomponente zugleich auch insofern normaler erscheint, als sie sich gleichmässiger und glatter geöffnet hat als die Schlitzblattkomponente, die in ihrer unregelmässigen Faltung oft den Eindruck macht, als wäre sie mitten in ihrer Entfaltung stehengeblieben.

Ebenso lässt sich der eigentliche Zerschlitzungsvorgang an Hand der Umwandlungsreihe deutlich verfolgen. Man stellt nämlich fest (vgl. Abb. 10, 11 und 12:A), dass die Blattspreite am liebsten zwischen dem 1. und 2., oft auch zwischen dem 2. und 3. Seitennerv bzw. in den Interkostalfeldern der folgenden Nervenpaare aufreisst und so zu der unregelmässigen Form-

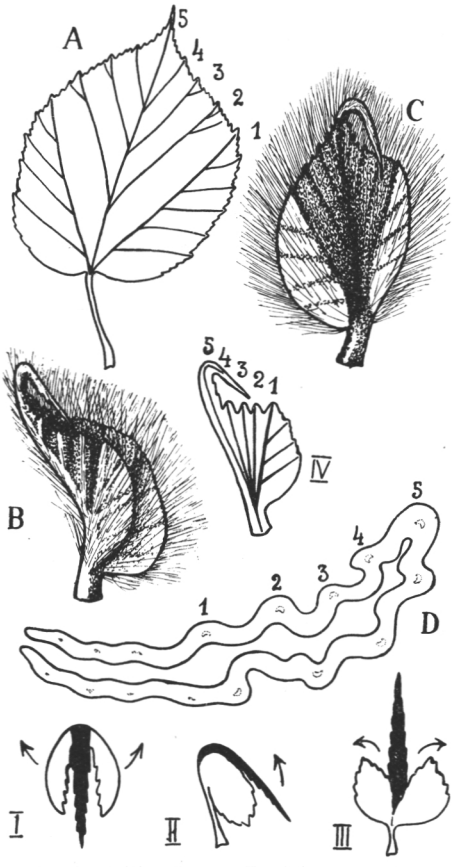


Abb. 12. *Tilia platyphylla*. Blatt (A), Blattanlage (B und C) nebst Querschnitt letzterer (D). I—IV: Schematische Darstellung des Mechanismus der Blattentfaltung. Seitennerven I. Ordnung laufend (1—4) numeriert.

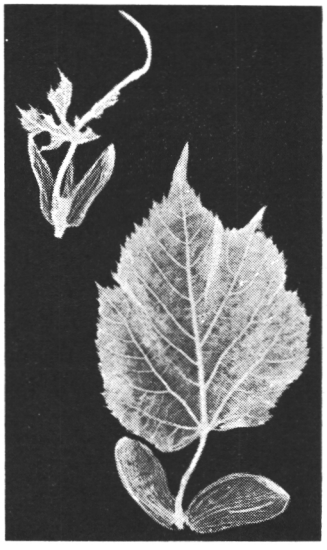


Abb. 13. Ein *laciniata*- (oben) und ein *lobata*-Blatt (unten) der in Abb. 9 sichtbaren schlitzblättrigen Linde. Beide Blätter sind am gleichen Tage (2. VI. 1947) eingesammelt und lassen das verschiedene Tempo der Blattentfaltung erkennen. — Photogramm, $^1/_1$.

ausbildung des Blattes führt, und zwar noch so, dass die am stärksten einreissende Stelle bei der *laciniata*-Form niedriger als bei der *sublaciniata*-Form, bei der *lobata*-Form wiederum am meisten der Blattspitze genähert liegt, wie dies aus den Blättern in Abb. 10 zu ersehen ist. Ausser dass diese Interkostalfelder gerade die längsten des ganzen Blattes sind und demnach am leichtesten den besagten Veränderungen unterliegen (vgl. Saarnijoki op. c., p. 26), wird die Erscheinung noch leichter verständlich, wenn man die Entwicklung der Blattanlagen bei der Linde näher untersucht. Schon Prantl (1883, p. 284) stellte fest, dass bei dem sich akropetal entwickelnden *Tilia*-Blatt zuerst die untersten Seitennerven und dann sukzessiv die folgenden gebildet werden. Die in der Entwicklung nachhinkende Blattspitze ist, wie es die Abbildungen 12:B und C zeigen, nach unten gegen den

Mittelnerv umgebogen und ist zum Teil von den beiden Basalhälften des Blattes eingeschlossen. Ein Querschnitt durch die Blattanlage (D) zeigt, dass der gefaltete Teil der Blattspreite zur Hauptsache eben im Bereich dieser oberen Seitennerven I. Ordnung (1—4) gelegen ist. Wenn sich nun ein solches *laciniata*-Blatt der Linde öffnet, so kommt es gerade bei diesen Falten zu der Bildung von deutlichen Gelenkstellen (vgl. Abb. 12:I—III), bei denen einerseits die seitwärts gerichtete Entfaltungsbewegung der Seitenhälften (I), anderseits wieder die nach vorn und oben erfolgende Geradstreckung der Blattspitze (II) offenbar am kräftigsten zur Auswirkung gelangen (III). Es scheint denn auch, dass gerade jene zwischen dem 1. bis 5. Nerv gelegenen Teile der Blattfläche (Abb. 12:A und IV) auch bei der Linde die schwächsten Stellen der Blattspreite sind, denen entlang das Aufreissen des Blattrandes und die Zerschlitzung des Blattes zur Hauptsache erfolgen. Recht anschaulich tritt uns dieses Einreissen des gefalteten Teiles des Blattrandes z.B. bei dem sich öffnenden *lobata*-Blatt entgegen, welches in der besagten Hinsicht den gelindesten, zugleich aber klarsten Fall repräsentiert (Abb. 13). Man stellt fest, dass die Aufreissstelle in Wirklichkeit gerade dieselbe ist, die sich beim völlig entfalteten Blatt von *Tilia platyphylla* noch fortwährend nach oben gewölbt erhält, so dass das Blatt wellig, furchig erscheint (vgl. auch T e u s c h e r 1920, p. 68). Indem nun Hand in Hand mit der zunehmenden Zerschlitzung auch die Nervatur des ganzen Blattes eine von der normalen bedeutend abweichende Gestalt annimmt (vgl. Abb. 10:C und F), so ist dies ein unzweideutiges Anzeichen dafür, dass man es auch hier nicht im eigentlichen Sinne mit einem Einreissen des Blattrandes zu tun hat, sondern es greifen diese strukturellen Änderungen auch bei der Linde auf ein recht frühes Entwicklungsstadium im Initialgewebe der Blattanlage zurück. Indem aber die Nervatur des Blattes bei der Linde schon deutlich eine andere als bei den im vorhergehenden besprochenen Arten ist, nämlich eine mehr oder minder handförmige, so liesse es sich denken, dass diese eigenartige Aufteilung der Blattspreite zur Hauptsache in drei verschiedene Lappen ihre Erklärung auf die Weise fände, dass jeder von diesen verschieden grossen asymmetrischen Teilen der Blattspreite sich bei der Verschmälerung des Blattes zu gleichfalls asymmetrischen, an der Basis keilförmige Gestalt annehmenden Blattlappen zu trennen beginnt (vgl. z. B. Abb. 10:A—C). Auf diese Weise unterlägen auch bei den Schlitzblattformen der Linde die zuletzt angelegten Teile der Blätter vor den anderen der Reduktion (T r o l l 1938, p. 1028), und zwar noch so, dass auf je früherem Entwicklungs- und Differentationsstadium diese strukturellen Veränderungen in die Wege geleitet werden, desto stärkere Wachstumsstörungen sind die Folge.

Macht man einen Querschnitt durch das Blatt (Abb. 6:C), so findet man erstens, dass das Blattnervengewebe wie bei *Alnus* (Abb. 6:A) und *Ulmus*

(Abb. 6:B) an der Oberfläche uneben und gefurcht ist, und ausserdem haben sich gerade bei jenen erhobenen Stellen der sonst farblosen Parenchymscheide (*n*) oft völlig von der Regel abweichend grüne, assimilierende Zellen (*n'*) in das Gewebe eingesprengt. Indem sie sich überdies noch gewöhnlich dort befinden, wo der Hauptnerv im Querschnittsbild die stärksten Einschnürungen aufweist, nämlich in den Zwischenräumen der bogenförmig angeordneten Gefässbündel, so liessen sie sich etwa als die letzten, zwischen die in scharfen Winkeln vom Hauptnerv auslaufenden Seitennerven eingezwängten Reste des ursprünglichen grünen Interkostalgewebes deuten.

Wo der Schnitt ein Interkostalfeld mit seinem grünlichgelben, lederartigen Blattgewebe getroffen hat, sieht man, dass es ungefähr bei der Mitte desselben zu der Bildung einer Gruppe von verhältnismässig dickwandigen, farblosen Zellen (*tr*) gekommen ist, die eine direkte Fortsetzung des Nervenparenchyms darzustellen scheinen und zu deren beiden Seiten u.a. die gegenseitige Differenzierung des Palisaden- und Schwammparenchyms ziemlich verwischt hervortritt. Ein Vergleich mit dem Blattrand eines *typica*-Blattes (Abb. 6:D) ergibt auch hier mehr oder minder ausgeprägte, bis in die Einzelheiten gehende Übereinstimmungen im anatomischen Bau. Auch jetzt erhält man den Eindruck von zwei einander gegenüberliegenden, keilförmig verschmälerten Blatträndern, die hier nur noch durch Vermittlung des transparenten Zwischengewebes zusammenhängen, die aber das beginnende Auftreten von typischem Blattrandgewebe mit seinen Stützelementen (*k*) und der Parenchymscheide (*n*) ankündigen oder jedenfalls einem solchen entsprechen.

Es scheint denn auch, dass gleichzeitig wie das den Blattrand bildende Gewebe infolge einer derartigen Entwicklungsstörung gezwungen ist, unter keilförmiger Dehnung längs den Interkostalfeldern gegen den Hauptnerv vorzurücken, nun ihrerseits auch die in den Nervenwinkeln befindlichen Elemente der Parenchymscheide gegen den Blattrand hin vorgeschoben werden und dadurch an der Bildung jenes lederartigen Gewebes teilhaftig werden. Der Mittellappen des Blattes, der am stärksten von der Verschmälerung betroffen wird, erhält eine vorläuferspitzenartige Ausgestaltung und beginnt so wegen seines lederigen Baus, wie oben bereits angedeutet wurde, schon in hohem Masse an das Flugblatt der Linde zu erinnern (siehe Jaccard & Frey 1927, p. 10).

Dass diese anatomischen Veränderungen auch in der Anzahl der Spaltöffnungen sowie in der Art ihres Auftretens zur Auswirkung gelangen, ist auf Grund des Obigen durchaus verständlich. So finden wir im *laciniata*-Teil eines dichotypen *lobata* — *laciniata*-Blattes (Abb. 10:F) eine grössere Anzahl Spaltöffnungen auf der Flächeneinheit als an entsprechender Stelle in der Peripherie der *lobata*-Komponente (siehe nachstehende Zusammen-

stellung). Dagegen ist das Verhältnis im Mittelteil des Blattes gerade umgekehrt. Der Umstand, dass die Frequenz der Spaltöffnungen im weniger anomalen Teil des Blattes ganz wie beim Normalblatt nach der Blattmitte hin zu-, im stärker geschlitzten Teil dagegen abnimmt, kann nur die natürliche Folge davon sein, dass das Blattgewebe im Zentrum der *laciniata*-Komponente eine lederige Konsistenz angenommen hat, d.h., dass die Elemente der Parenchymscheide bei ihrer übermässigen Ausbreitung zur entsprechenden Einengung der assimilierenden und transpirierenden Blattfläche geführt haben.

	Anzahl der Spaltöffnungen je 0.16 mm² im	
	lobata-	*laciniata*-
	Teil des Blattes	
Blattmitte	28	40
»	37	48
»	37	43
Blattbasis	32	29

Ausser in bezug auf die Blattform, unterscheiden sich die Rückschlagsäste auch hinsichtlich ihrer Wachstumsweise von dem übrigen zarten Geäst des Baumes. Zumal im Winter ist es leicht festzustellen, dass die erwähnten, der *lobata*-Form zufallenden Rückschlagsäste deutlich steifer und kräftiger ausgewachsen und ihre Astwinkel weniger spitz als im übrigen zarten *laciniata*-Geäst sind. Es hat den Anschein, wie wenn sich die in der Nervatur der Blätter hervortretenden Umwandlungen auf diese Weise auch im Geäst wiederholten! Einigermassen ähnliche Verhältnisse kommen anscheinend auch bei vielen *albimarginata*-Formen vor. So erwähnt z.B. Küster (1921 b, p. 142) solche an einer panaschierten Ulme erschienene Rückschlagszweige mit rein grünen Blättern mit der normal breiten, charakteristisch asymmetrischen Blattform und kräftigen, dicken Internodien, die sich von den drahtdünnen der bunten Äste auffallend unterscheiden.

Ausser im Blattbau und teils auch in der allgemeinen Wachstumsweise, scheinen die Rückschläge, insbesondere die *lobata*-Äste des Baumes, auch in bezug auf den Zeitpunkt der Blattentfaltung vom übrigen, der *laciniata*-Form zufallenden Geäst abzuweichen (siehe Abb. 9). Als die ersten erscheinen nämlich die *lobata*-Blätter, als die letzten die *laciniata*-Blätter. Die *sublaciniata*-Form nimmt in dieser Hinsicht eine intermediäre Stellung ein. Dieser Unterschied beruht indessen nicht so viel darauf, dass sich die Blätter etwa zu verschiedenen Zeitpunkten zur Entfaltung anschickten, sondern es dürfte die Ursache wohl eher in dem ungleichen Entwicklungstempo der verschiedenen Komponenten zu suchen sein (Abb. 13). Abgesehen davon, dass die anomaleren Blätter schmäler und daher kleiner sind, erscheint bei ihnen auch der Entfaltungsvorgang selbst langsamer, gleich-

sam mühevoller. — Was sodann die herbstliche Vergilbung der Blätter betrifft, so scheint dieser Prozess beim *laciniata*-Blatt früher als bei den anderen einzutreten, eine Erscheinung, auf die früher wenigstens schon T e u s c h e r (1920, p. 68) aufmerksam geworden ist, der sie indessen auf die Wirkungen der Spinnenmilbe zurückführte (vgl. jedoch W o c k e 1922, p. 214). Ähnliches scheint nun auch für gewisse andere Rückschlagsfälle zuzutreffen. So scheinen sich bei *Fraxinus excelsior* f. *albimarginata* die unter dem panaschierten Geäst hier und da auftretenden, normale grüne Blätter tragenden Zweige früher zu belauben, während sie entsprechend im Herbst ihre Blätter länger als das übrige Geäst beibehalten (vgl. v. S c h w e r i n 1924, p. 355; 1932, p. 383). Da es sich jedoch bei diesen zu Zierzwecken angepflanzten Formen meistens um südliche, auf eine lange Vegetationsperiode eingestellte Pflanzen handelt, kommen die erwähnten Unterschiede der Belaubungsdauer zumal an dem Teil des Laubfalls im Herbst wegen der nachteilig eingreifenden Herbstfröste bei weitem nicht immer deutlich und ungestört zum Vorschein. Die verlängerte Belaubungsdauer bei den Rückschlagszweigen dürfte eigentlich eine Folge davon sein, dass die Blätter dieser Zweige sowohl in bezug auf ihren anatomischen Bau als ihre physiologische Funktion dem Normalblatt nähergerückt sind. In betreff des Zeitpunktes des Laubfalls dagegen ist eine allgemeine Beobachtung bei vielen schlitzblättrigen Formen die, dass der Laubfall bei ihnen träger und irgendwie mühsamer verläuft, so dass die Blätter, wie wir das vorhin z.B. bei *Ulmus* sahen, oft weit in den Winter hinein und selbst bis zum folgenden Frühjahr an den Zweigen erhalten bleiben. Dieser Umstand braucht wohl nicht einzig auf eine fremde und dem hiesigen Klima weniger angepasste Provenienz hinzudeuten, begegnet man doch derselben Erscheinung auch bei entsprechenden einheimischen Parallelformen, wie z.B. bei *Alnus incana* f. *laciniata* und teils auch bei *Betula verrucosa* f. *bircalensis*. Sie tritt ferner mit äusserster Deutlichkeit nicht nur bei *B. verrucosa* f. *dalecarlica*, sondern vor allem bei *B. pubescens* f. *urticifolia* zum Vorschein. Auch diese Verhältnisse mögen sich einfach von dem sich in den Zellgeweben des Blattes und mithin auch des Blattstiels abspielenden Schrumpfungsprozess herleiten, als dessen eine Folgeerscheinung die normale Bildung des Trennungsgewebes und damit einhergehend auch die Loslösung der Blätter erschwert erscheinen. Untersucht man z.B. die vom abgefallenen Blatt am Spross nachgelassene Narbe, so sieht man hier wie auch bei den anderen im vorhergehenden erörterten schlitzblättrigen Formen, dass die im Normalfall gewöhnlich mehr oder minder hufeisenförmig hervortretende Narbe jetzt ausnahmsweise schmal und in ihren Konturen gebuchtet erscheint und in Verbindung damit auch eine unebene Oberfläche zeigt — ein normales Trennungsgewebe hat hier offensichtlich gefehlt.

Indem sich nun der hier besprochene Vertreter der *Tilia platyphylla* f. *laciniata* durch eine dermassen starke Neigung zur Bildung von Rückschlägen auszeichnet, erhebt sich die Frage, ob dies auch in weiterem Umfang der Fall sein möge. Nach Loewer (1896, p. XXIV) soll nun in der Tat ein dem jetzt besprochenen durchaus entsprechender Fall vorgekommen sein. Bei der »*asplenifolia*»-Form dieser Art wurden nämlich Rückschläge zur Normalform gefunden, und zwar noch so, dass sich an verschiedenen Ästen dieses Baumes verschiedene Formen von Blättern befanden: »Ein Zweig zeigt die gewöhnlichen Blätter unserer *Tilia grandifolia*, auf welche das Reis der americanischen Linde aufgepropft wurde, ein anderer eine Übergangsform zur americanischen insofern, als die Blätter weit schmäler sind als bei ersterer und in langer Spitze zulaufen, so dass die schiefe Herzform der Blätter unserer Linde verschwunden ist, wobei sie noch mehr tief eingekerbt sind, und der dritte Zweig die fahnenförmigen Blätter der exotischen Linde.» Dass es sich dabei um eine »Mischform zwischen dem Blatt der Edel- und der Mutterpflanze» handelte, wie der Fall seinerzeit von Loewer aufgefasst wurde, erscheint weniger wahrscheinlich, wennschon nicht ganz unmöglich, stehen hier doch seit langem angebaute und fortgesetzt hauptsächlich durch verschiedene Pfropfverfahren vermehrte Pflanzenindividuen in Frage (vgl. z.B. Kache 1929, p. 319). Die einfachste Erklärung möchte ich jedoch in einem Zurückmutieren der *laciniata*-Form erblicken, wonach also auch dieser Fall der vorhin bei den schlitzblättrigen Naturformen von Erle und Birke festgestellten Rückschlagserscheinung (vgl. auch Beissner 1900, p. 255; Söderberg 1917; Gunnarsson 1925, p. 92; Sylvén 1926, p. 186) durchaus an die Seite zu stellen wäre, während gleichzeitig Anknüpfungspunkte auch an die entsprechenden Erscheinungen bei den angebauten und durch Impfung vermehrten Schlitzblattformen von Buche (Braun 1851, p. 335; Beissner 1895; Hesselman 1911; Schenck 1916, p. 57; Hjelmqvist 1944, p. 25) und der Hainbuche (Beissner 1907a, p. 18; Schenck l.c.; Fraude 1916, p. 70; Sylvén op. c., p. 187; Hjelmqvist op.c., p. 30) bestünden. Es ist anderseits offenbar, dass es sich auch in diesem Falle nicht um eine schlitzblättrige Form der *Tilia americana*, sondern schlechtweg um die *laciniata*-Form der *T. platyphylla* handelt, denn die dendrologischen Handbücher, sowohl die älteren (Schneider 1912, p. 381) als auch die allerneuesten, ja selbst die amerikanischen (vgl. z.B. Sargent 1921, p. 734; Rehder 1927, p. 616; 1947, p. 623) wissen nichts von einer solchen Form bei *T. americana* zu berichten.

Dass die Rückschlagserscheinung recht wahrscheinlich nicht einzig auf die jetzt besprochenen Fälle beschränkt ist, sondern vielleicht diesen vegetativ vermehrten Klon in seiner Gänze umfasst, das mag dadurch angedeutet sein, dass es im Schrifttum mehrere entsprechende Erwähnungen gerade

in betreff *T. platyphylla* gibt. So erwähnt Schenck (op.c., p. 58) bei einer *T. platyphylla asplenifolia* in Frankfurt a.M. das Vorkommen von ganz vereinzelten kleinen Zweigen mit normalen Blättern im Geäst; über einen ähnlichen Fall berichtet auch v. Schwerin (1923, p. 281). Hjelmqvist (op.c., p. 43—45) erwähnt gleichfalls zwei solche Bäume aus Skåne in Schweden. Nach ihm vertreten die Rückschläge, die er als Periklinalchimären deutet, zwei in bezug auf den Teilungsgrad der Blätter verschiedene Formen. Und z. B. in den Parkanlagen der Universität Uppsala steht eine Linde, die, wie es die mir freundlicherweise von Dr. P. Mikola zugestellten Blattproben erweisen, eben die besagte *laciniata*-Form vertritt und in deren Geäst, im Wipfelteil des Baumes, gleichfalls Astrückschläge vorkommen. Auch aus anderen Teilen Schwedens (Sylvén 1928, p. 105; 1930, p. 108; 1934, p. 100) sowie aus Dänemark (ders. 1938, p. 113) liegen Angaben vor, die sich offensichtlich auf dieselbe Rückschlagserscheinung bei der *laciniata*-Form der *T. platyphylla* beziehen, wenngleich es anderseits auch Individuen dieser Form gibt, bei denen die Schlitzblättrigkeit ausdrücklich als konstant angegeben wird (siehe Beissner 1898, p. 37; 1904 a, p. 136; 1907 a, p. 26; Rensch 1919, p. 301; v. Schwerin 1922 b, p. 22; 1923, p. 284; Sylvén 1939, p. 57; Hjelmqvist op.c., p. 43). — Anderseits sind in dem Namen *Tilia platyphylla* f. *laciniata* allem Anschein nach auch Formen einbegriffen worden, die gleichsam Zwischenstufen der hier besprochenen Umwandlungsreihe repräsentieren. In den Sammlungen des Forstwissenschaftlichen Instituts der Universität Helsinki befindet sich eine von Dr. C. Baenitz i.J. 1900 gesammelte Exsikkatenprobe (Flora Silesiaca, Rubnik, Pfarrei Balk, *Tilia platyphylla* f. *asplenifolia*), die sich hinsichtlich ihrer Blattform ungefähr mittelwegs zwischen f. *sublaciniata* und f. *lobata* einfügt. Auch Hertz (1928, vgl. die Abbildung auf p. 28) hat aus Finnland einen offenbar hierhergehörigen Fall angeführt. Es handelt sich um einen in den Anpflanzungen der Forstschule in Evo stehenden, kränkelnden Baum, dessen Heterophyllie wahrscheinlich auf stattgefunde Rückschläge von der *laciniata*-Form zurückzuführen ist[1]). Schliesslich stehen nach Cajander (1917, p. 532) z.B. auf der Insel Rautsaari bei Heinola vereinzelte Linden, deren Blätter lappig wie beim Ahorn sind, möglicherweise als ein Anzeichen davon, dass es auch bei der einheimischen *T. cordata* zu der Enstehung entsprechender Formen kommen kann — sofern es sich im besagten Fall schliesslich doch nicht nur um anomale Schösslingsblätter intensiv wachsender Individuen handelt, die oft

[1]) Die Form ist bei uns allem Anschein nach auch als Zierbaum selten. Von mir bekannten Anpflanzungsorten mögen erwähnt werden der Park der Zentralirrenanstalt Pitkäniemi in Tampere und der Botanische Garten der Universität Helsinki (in beiden je ein der Rückschläge entbehrender kleiner Baum), und wenigstens vor den letzten Kriegen standen drei ähnliche Bäume im Park von Salakkalahti in Viipuri; eine von A. Sandman genommene Probe vom letztgenannten Ort befindet sich in der Sammlung der Forstlichen Forschungsanstalt in Helsinki.

schon früher zu Wirrnissen sowohl in der Taxonomie als in der Nomenklatur der Gattung geführt haben (vgl. z.B. Georgescu 1926, p. 70). Anderseits kann diese Erwähnung Cajanders auch auf die *vitifolia*-Form der *Tilia cordata* hindeuten. Dieser Form zugehörende Exemplare wurden von Hidén [Hiitonen] (1925a, p. 128) in Sakkula auf der Karelischen Landenge angetroffen.

Da nun wenigstens die hier besprochene Parklinde in Helsinki in bezug auf die besagte Eigenschaft eine ausserordentliche Verworrenheit, Mosaikartigkeit, an den Tag legt, kommt man, um so mehr als auch bei gewissen anderen Vertretern dieser Form eine ähnliche Variation in Erscheinung tritt, unwillkürlich auf den Gedanken, dass dies geradeswegs dazu geführt haben kann, dass sich auch dieser Klon bei seiner vegetativen Vermehrung durch Impfungen nicht mehr einheitlich zu erhalten vermocht hat, sondern in hinsichtlich seines Blattyps verschiedenartige, Zwischenstufen der Rückschlagsreihe repräsentierende Formen, wie sie oben besprochen wurden, aufgespaltet worden ist, bei denen dann die Rückschlagserscheinung mehr oder minder kräftig fortgetragen werden kann. Während die im vorliegenden Zusammenhang untersuchten Herbarbelege der bei uns angepflanzt vorkommenden Vertreter der *laciniata*-Form, mit Ausnahme des von Hertz mitgeteilten Falles, ein ziemlich einheitliches Material zu repräsentieren scheinen, hat man es bei den Uppsalaer Proben schon mit einer einigermassen stärker geteilten Form zu tun, die sich dazu jedenfalls von der hier näher behandelten Linde auch auf Grund von gewissen Anomalien bei den Blütenständen unterscheidet. Statt des gemeinsamen Flugblattes findet man nämlich bei der Uppsala-Linde ein besonderes kleines Flugblättchen am Grunde jeder Einzelblüte. Diese Erscheinung ist gemäss Penzig (1921, p. 171) bei der Normalform keineswegs selten, bei den hiesigen Linden mögen aber derartige Anomalien nicht so häufig vorkommen (vgl. Hintikka 1926; Hilli 1930, p. 228).

Es schiene demnach, wie wenn es auch beim *T. platyphylla* f. *laciniata*-Klon — sofern man es nämlich mit den Gliedern einer und nicht mehrerer Stammformen zu tun hat — bei seiner vegetativen Vermehrung zu einer Differenzierung und Aufspaltung einerseits in mehr oder minder leicht zu Rückschlägen neigende, anderseits in mehr beharrliche Individuen gekommen wäre. In dieser Hinsicht beständen somit Ähnlichkeiten mit der *asplenifolia*-Form von *Fagus silvatica*, denn auch bei dieser kennt man neben zurückschlagenden Individuen auch beständige (siehe Beissner 1904b, p. 269; 1905, p. 364; 1907a, p. 15, 18, 24, 30; 1907 b, p. 57; Schenck 1916, p. 57). Auch bei der *quercifolia*-Form der Hainbuche scheint es sich ähnlich zu verhalten, indem bei einem Teil der Individuen Rückschlagsbildung vorkommt (Beissner 1904 a, p. 140; 1904 b, p. 249, 260; 1907 a, p. 18; Schenck l.c.; Fraude 1916, p. 70; Holzhausen 1923, p. 22; Sylvén

1926, p. 187; Hjelmqvist 1944, p. 30), bei anderen wiederum fehlt (Beissner 1905, p. 347; Rulf 1940, p. 131). In diesem Zusammenhang möge auch der von Schenck (op.c., p. 53) geschilderte Fall bei *Quercus pedunculata* f. *fastigiata* erörtert werden, wo ausser dem Stammbaum auch einige, freilich nur wenige Glieder des Klons Rückschläge aufzuweisen haben. Indem es sich zum Teil um schon längst kultivierte Formen mit öfters unbekannter Herkunft handelt und indem es anscheinend fortdauernd spontan zu der Bildung entsprechender bzw. mehr oder minder paralleler Formen kommt (vgl. z.B. de Vries 1901, p. 136; Maly 1930, p. 132; siehe auch Stubbe 1938, p. 16, 21), bleibt die Frage, ob die Vertreter der betreffenden Formen stets demselben Klon angehören, vielfach offen.

Es ist interessant festzustellen, dass wenigstens früher auch eine bestimmte Ungewissheit darüber bestanden hat, welcher *Tilia*-Art diese *laciniata*-Form in erster Linie zuzuzählen wäre. So meint z.B. Schneider (1912, p. 378), dass er es vorläufig nicht zu sagen wage, ob man es mit der var. *asplenifolia*, var. *laciniata* oder var. *filicifolia* der *T. platyphylla*, *T. europaea* oder *T. grandifolia* zu tun habe, trotzdem doch Dippel (1893, p. 61) schon ein paar Jahrzehnte früher die Form richtig bei *T. platyphylla* eingereiht hatte. Diese Unsicherheit hat sicherlich offenbar zum Teil ihren Grund in der bei der *laciniata*-Form in Verbindung mit der Verschmälerung der Blattspreite stattfindenden Behaarungsschwund gehabt; erscheint es doch natürlich, dass das Auftreten der Haare in den zugespitzten Nervenwinkeln erschwert ist. Man kommt im ganzen unwillkürlich an *Betula pubescens* f. *urticifolia* zu denken, deren taxonomische Erforschung auf eine wechselvolle Geschichte zurückblicken kann. War doch auch diese schon längst kultivierte, ihrer Herkunft (Schweden, Värmland) nach völlig in Vergessenheit geratene Form seinerzeit den verschiedensten taxonomischen Deutungen unterworfen — d.h. man stritt sich darüber, ob man es mit einer Art zu tun habe, wie z.B. Regel (1866, p. 24) und Winkler (1904, p. 80) angenommen haben, oder etwa mit einer »halbmonströsen Form von *pubescens*», wie die Sache von Koehne (1893, p. 109) erklärt wurde — bis schliesslich einige Rückschlagsfälle überzeugend ihre Zugehörigkeit zu *B. pubescens* erwiesen (Beissner 1900, p. 256; siehe auch Schneider 1906, p. 117).

Wie früher (Saarnijoki 1946) bei *Betula* und *Alnus* und oben bei *Corylus* und *Ulmus*, wiederholen sich die mit der Schlitzblättrigkeit verbundenen Eigenschaften auch bei der jetzt in Rede stehenden Linde auch in den übrigen Pflanzenteilen. Abb. 14 zeigt die Blütenstände und die zu Flugorganen umgewandelten Vorblätter der fraglichen Formen mit Ausnahme der f. *lobata*. Zumal hinsichtlich der Vorblätter sind die Unterschiede überzeugend. Hand in Hand mit der zunehmenden Schlitzblättrigkeit wird auch ihr Bau zarter, ihre Basis deutlich zugespitzter und ihr Rand

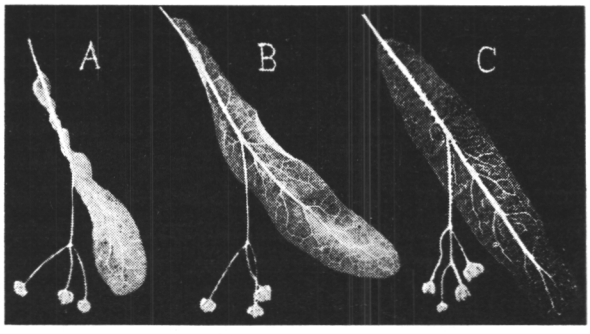


Abb. 14. Blütenstände von *Tilia platyphylla* f. *laciniata* (A), f. *sublaciniata* (B) und f. *lobulata* (C) mit ihren für jede Form kennzeichnenden Tragblättern. — Photogramm, etwa $^1/_2$.

zumal in ihrem mit dem Blütenstandsstiel gemeinsamen Abschnitt gekräuselt; ebenso stehen die Seitennerven in schärferen Winkeln als bei der f. *typica* vom Mittelnerv ab. Eine Zerschlitzung kann bei ihnen jedoch nicht wahrgenommen werden, lediglich eine Verschmälerung. Auch Hjelmqvist (op.c., p. 46) weist darauf hin, dass in den Infloreszenzen dieser *laciniata*-Form die Stützblätter nicht gelappt sind. Da es sich auch in diesem Fall nach allem zu schliessen nur um eine primäre Verschmälerung und Schrumpfung des Stützblattes handelt, so ist es klar, dass sie in einem solchen Pflanzenteil, der bei der *typica*-Form ganzrandig ist, in erster Linie gerade in dieser ihrer primären Ausbildungsform zum Vorschein tritt. Leider nur ist aus den Blüten und den einzelnen Blütenteilen keine völlige Klarheit in betreff des Reduktionsvorgangs zu gewinnen, da gerade die *lobata*-Form, die in dieser Hinsicht wahrscheinlich am aufschlussreichsten gewesen wäre, in den Rückschlägen durchgehends steril aufgetreten ist, so dass es nötig wurde, statt ihrer eine gewöhnliche *platyphylla* zu nehmen, die indessen als Individuum offenbar nicht völlig einwandfrei mit den vorigen vergleichbar gewesen ist. Da aber der *laciniata*-Teil des Baumes ausserordentlich reichlich, der *sublaciniata*-Teil einigermassen schwächer geblüht hat, während die *lobata*-Zweige, wie gesagt, wenigstens vorläufig völlig steril aufgetreten sind, wird man anderseits auch auf den Gedanken geleitet, ob sich denn hier nicht einfach jene selbe mit der Schlitzblättrigkeit verbundene Früh- und Reichblütigkeit wiederholte, wie sie für die oben schon besprochene *crispa*-Form von *Ulmus montana* recht kennzeichnend war. Wenigstens Franke (1920, p. 300) erwähnt, dass bei keiner Linde die Reichblütigkeit so aufgefallen ist, wie eben bei *T. platyphylla* f. *laciniata*. Der wahrscheinliche Grund zu der Sterilität der *lobata*-Zweige hat jedoch im vorliegenden Falle in der vom Standpunkt des Blühens unvorteilhaften Lage dieser vier

Rückschläge im Schatten des übrigen Laubes und dazu noch auf der lichtbedürftigen Seite des Baumes (vgl. Abb. 9), keineswegs dagegen in einem mit dieser Form eventuell verbundenen Fertilitätsschwund bestanden, scheint doch ganz offensichtlich eben diese Rückschlagsform wenigstens in Dänemark geblüht zu haben, wie aus der Abbildung eines solchen, stattliche Rückschläge erzeugenden Baumes bei S y l v é n (1938, p. 112, Abb. 43) hervorgeht. In diesem Zusammenhang möge jedoch erwähnt werden, dass neuerdings ein im Warmhaus aufgewachsener Impfling, dessen Edelreis eben der *lobata*-Komponente des jetzt in Rede stehenden *laciniata*-Baumes entnommen war, geblüht hat. Unter den insgesamt zehn Blütenständen befanden sich auch zwei solche, die ganz wie bei der vorhin (S. 41) erwähnten Uppsala-Linde am Grunde jeder Einzelblüte ein besonderes kleines Flugblättchen trugen, wohl vielleicht als Anzeichen davon, dass die betreffenden Bäume dennoch ein und demselben Klon zufallen.

Auch die Anzahl der Blüten in der Infloreszenz scheint entsprechenden Schwankungen unterworfen zu sein, denn ihre Zahl hat bei f. *laciniata* am gewöhnlichsten 2—4, durchschn. 3.0, bei f. *sublaciniata* 2—6, durchschn. 3.5 und bei dem oben besprochenen, zum Vergleich herangezogenen f. *typica*-Individuum 2—6, durchschn. 3.4 betragen, berechnet an etwa 35 Infloreszenzen jeder dieser Formen. Beim vorerwähnten Impfling wiederum belief sich die Anzahl der Blüten im Blütenstand auf 2—3, durchschn. 2.3. Ebenso zeigt die Zahl der Staubblätter in der Blüte gleichlautende Unterschiede.

	Staubblätter							Durchschn.
Tilia platyphylla								
f. *laciniata* ..	35	36	36	38	39	41	46	38.7
f. *sublaciniata*	39	40	40	42	42	43	43	41.3
f. *lobata*	36	39	39	44	45	46	50	42.7
f. *typica*	34	39	42	43	45	46	49	42.6

Wie man sieht, so sind diese Unterschiede nicht so gross wie bei den anderen, hier und auch schon früher (S a a r n i j o k i 1946) besprochenen schlitzblättrigen Formen. Ferner findet man deutliche Schwankungen in der Grösse der Kelch- und Kronblätter, zumal bei den Formen mit stärker geschlitzten Blättern. Bisweilen kann man bei einer solchen Blüte auch ein kleines borstenförmiges Nebenkronblatt finden, ein andermal wieder ist die Zahl sowohl der Kelch- als der Kronblätter auf vier und sogar drei herabgegangen. Ebenso kommen unter den Staubblättern Anomalien vor. Am häufigsten sind dabei Fälle, wo zwei Staubfäden vom Grunde an oft bis hinauf zu den Antheren verwachsen erscheinen. Desgleichen treten im Bau des Gynäzeums gewisse, wenngleich nur geringfügige Abweichun-

gen zum Vorschein, indem dieses, wohl erstenhands infolge der verschiedenen Grösse der einzelnen Fruchtblätter, asymmetrisch erscheint. Neben Früchten mit normalerweise fünf Rippen, begegnet man bei diesen Formen auch solchen mit vier, drei oder sogar nur zwei Rippen, als offenbares Anzeichen der wechselnden Zahl der Fruchtblätter im Gynäzeum. Die Ausprägung der Bauanomalien bei den Infloreszenzen und insbesondere bei deren apikalen Blüten kann sich aber anderseits auch von derselben Regressivität der Schlitzblättrigkeit herleiten, wie wir sie vorhin zumal bei den Langtrieben feststellten, und die sich also auf diese Weise auch bei den Blütenständen dieser Linde äussert. Als eine Folge jener Abweichungen im Bau des Gynäzeums dürfte dazu wohl auch die grosse Seltenheit der entwicklungsfähigen Früchte zu deuten sein, ist doch ihre Menge in den jetzt in Frage stehenden, offenbar zum Teil sogar günstigen Jahren nur auf wenige Prozente gestiegen, während z.B. die normale *Tilia platyphylla* zu gleicher Zeit bis 23 % fertil gewesen ist. Dieser Umstand zusammen mit der trägen Keimung der dickwandigen Früchte hat es bewirkt, dass vorläufig keine Kunde über die Beschaffenheit der Samenkeimlinge des fraglichen Baumes vorliegt. Auch aus der mir zur Verfügung gestandenen Literatur ist mir nämlich nur eine oberflächliche Angabe begegnet (P e n z i g 1921, p. 170), dass die fragliche *laciniata*-Form erblich sei; über die Eigenschaften der Nachkommen wird indessen nichts Näheres erwähnt.

Ziehen wir schliesslich noch das für eine Linde ganz eigenartige Aussehen der Pflanze in Betracht (» Indessen zeigen gut entwickelte, freistehende Bäume dieser merkwürdigen Form bei der ausserordentlich dichten Verzweigung des rotrindigen, dünnen Holzes einen mit einem Luftballon vergleichbaren Umriss, dem aber durch diese Feinzweigigkeit und Zerschlitzung des Laubes jede Steifheit genommen wird, wodurch ein äusserst zierlicher Gesamteindruck entsteht» W o c k e 1922, p. 214; vgl. auch z.B. R e h d e r 1927, p. 614; 1947, p. 623), so gewahren wir, dass es auch bei der hier beschriebenen schlitzblättrigen Linde keineswegs an gemeinsamen Berührungspunkten mit den im vorhergehenden erörterten Pflanzenformen fehlt — die vorhandenen offenbaren Unterschiede mögen wohl grösstenteils in der Verschiedenheit des Wachstums sowie der Einzelentwicklung dieser auch taxonomisch einander fern stehenden Arten begründet sein.

4. **Ribes nigrum** f. **aconitifolium** Kirchn.

Von der gewöhnlichen Schwarzen Johannisbeere gibt es eine ganze Anzahl mit variierenden Namen, wie *aconitifolium* Kirchn., *apiifolium* Kirchn., *crispum* hort., *dissectum* Nichols., *heterophyllum* Pepin, *laciniatum* Ktze, u.dgl.m., belegte, in verschiedener Weise schlitzblättrige Formen, die hauptsächlich wegen dieser ihrer Besonderheit gern als Ziersträucher angebaut werden (siehe Koch 1869, p. 661; Dippel 1893, p. 291; Rehder 1927, p. 301; 1947, p. 307). In Finnland sind solche zu Zierzwecken angepflanzte Sträucher ziemlich selten (Elfving 1897, p. 76; Hjelt 1911, p. 311; Parvela 1930, p. 221), dagegen sind Individuen mit entsprechendartig geschlitzten Blättern (f. *incisum* Lindb. fil., f. *acutum* Sael.) im ostfennoskandischen Gebiet in der freien Natur angetroffen worden (Hjelt l.c.; Mela—Cajander 1906, p. 327; Hiitonen 1933, p. 429). In der aus verschieden benannten Exemplaren bestehenden *Ribes*-Gruppe des Botanischen Gartens der Universität Helsinki wächst heute gleichfalls ein solcher schlitzblättriger Strauch, den Elfving (1913) jedoch in seinem Verzeichnis noch nicht erwähnt. Er trägt den Namen *aconitifolium* und ist etwa 1.6 m hoch und einigermassen hängeästig mit recht verschiedenartig geschlitzten Blättern. Dort befindet sich auch ein anderer, *laciniatum* benannter, nicht mehr als 0.7 m hoher und vielleicht nur vorübergehend geschwächter Strauch (vgl. Vaarama 1941, p. 24), der indessen an seinen Blättern eigentlich nichts Abweichendes gewahren lässt. Ist es hier zu einer Namenverwechslung gekommen oder haben wir es möglicherweise mit einer Pflanze zu tun, deren ursprünglich aufgepfropfte *laciniatum*-Komponente (vgl. z.B. Kache 1929, p. 307; Krüssmann 1935, p. 101) abgestorben und nur noch die der Unterlage entsprechende normale Komponente erhalten geblieben ist, ist nunmehr schon schwierig zu entscheiden. Beide Sträucher haben in den letztvergangenen Sommern geblüht und auch gefruchtet, so dass es möglich gewesen ist, aus Naturbestäubung hervorgegangenes Samenmaterial für die Erblichkeitsuntersuchungen zu erhalten.

Noch stärker als z.B. bei *Corylus* oder etwa *Tilia* treten wenigstens bei dem jetzt erwähnten *aconitifolium*-Strauch Unterschiede im Zerschlitzungsgrad der einzelnen Blätter hervor, ein Umstand, auf welchen offenbar auch

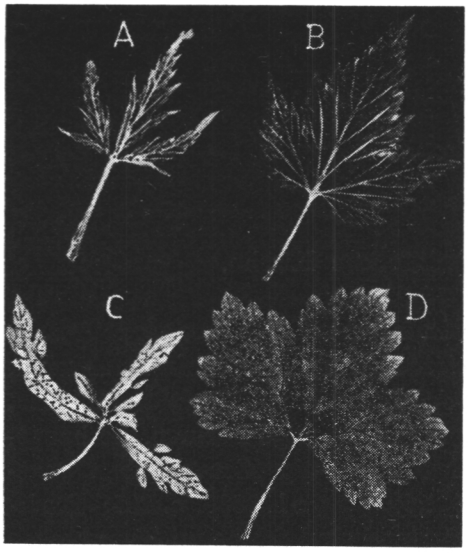


Abb. 15. Frisch entfaltete Lang- (A und B) und Kurztriebblätter (C und D) von *Ribes nigrum* f. *aconitifolium* (A und C) und f. *typicum* (B und D). — Photogramm, $^3/_4$.

die Benennung *heterophyllum* hindeutet. Den grössten Anomalien begegnet man bei den Blättern der Kurztriebe sowie bei den untersten Blättern der Langtriebe (Abb. 15), während die an den letzteren später entstehenden Blätter schon mehr zum normalen Typ neigen. So sind die am Trieb zuerst entstandenen Blätter deutlich drei- oder fünflappig, grob gezähnt und gekräuseltrandig und ähneln, wie es auch der Name *aconitifolium* andeutet, einem *Aconitum*-Blatt, dagegen begegnet man an der Spitze der Langtriebe meistens nur dreilappigen, selten wohl fünflappigen Blättern. Hier nimmt somit die Blattschlitzung im Verlauf der Vegetationsperiode anscheinend Grad für Grad ab, so dass man also auch hier von einer ähnlichen Regressivität der Schlitzblättrigkeit wie vorhin bei *Corylus* und *Tilia* sprechen kann.

Wie es schon die Abb. 15 und 16 zeigen, ist die Zerschlitzung des Blattes auch im vorliegenden Falle längs den Halbierenden der grössten, im Winkel zwischen dem Mittelnerv und den Hauptseitennerven gelegenen Hauptinterkostalfelder (x) erfolgt, die in dem sich öffnenden Blatt die Faltenrücken bilden (siehe auch z.B. Petersen 1916, p. 178, Abb. 96:*b*; Krüssmann 1951, p. 298). Die Nervenwinkel, die bei den schwächer geteilten apikalen Blättern der Langtriebe noch ziemlich scharf sind, erscheinen am Grunde der Langtriebe sowie an den Kurztrieben annähernd normal, offenbar wohl darum, weil sich die Blattlappen nun, nachdem das Einreissen des Blattrandes, m.a.W. die Zerschlitzung des Blattes, vollendes bis zum Grunde der Seitennerven fortgeschritten ist, schon endgültig geöffnet und ihre der normalen entsprechende Lage eingenommen haben. Auf diese Weise kommt die für die Schlitzblattformen sonst so kenn-

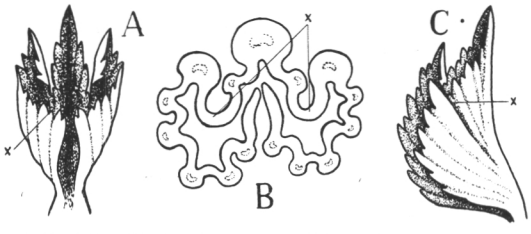


Abb. 16. Blattanlage von *Ribes nigrum* von vorn (A) und von der Seite (C) nebst Querschnitt durch dieselbe an der breitesten Stelle des Blattes (B). x weist auf die Falte zwischen dem Mittel- und den Seitenlappen. — A und C etwa $^5/_1$, B $^{10}/_1$.

zeichnende keilförmige Ausbildung des Blattgrundes bei einem solchen weitgehend geteilten Blatt überhaupt nicht zum Vorschein, sondern es deuten lediglich die verschmälerten und sehr unregelmässig gezähnten »Teilblätter» an, dass man es hier dennoch mit einer Entwicklungsstörung zu tun hat. Weiter ist zu bemerken, dass die Zerschlitzung des Blattes bei der jetzt in Rede stehenden *aconitifolium*-Form anscheinend noch ausgeprägter als bei allen anderen hier und früher besprochenen Schlitzblattformen eine asymmetrische ist, d.h. es sind die verschiedenen Hälften der einzelnen Blattlappen in ungleichem Grade von ihr betroffen worden. Recht charakteristisch für diese Blattlappen ist auch ihre gewölbte oder wohl besser gesagt blasige Oberfläche, indem nämlich die von den kräftigeren Seitennerven eingeschlossenen Teile der Blattfläche aus der Ebene der Nerven blasig aufgewölbt erscheinen.

Ein recht abweichendes Bild bietet auch die Blattnarbe. Diese hat nämlich nicht wie beim normalen Strauch die Form eines regelmässigen Halbmondes, sondern zeigt geschlängelte Umrisse, während gleichzeitig die Hörner des Halbmondes asymmetrisch und verschieden hoch hinauf gekrümmt erscheinen. Da weiter das Trennungsgewebe des Blattstielgrundes an seiner Oberfläche sehr ungleichmässig ist, so versteht man leicht, warum sich das Blatt bei diesem schlitzblättrigen Strauch ganz ähnlich wie bei den im vorhergehenden besprochenen Formen nur mit gewisser Mühe vom Stamm ablöst und man die dürren Blätter daher bis tief in den Winter hinein am Strauch haftend vorfindet.

Besonders erwähnt zu werden verdient auch die im Vergleich zur Normalform kräftigere Furchung der Jahrestriebe, der zusammen mit dem zarten Bau der Triebe offenbar auch die eingangs erwähnte etwas haltlose und hängeästige Wachstumsweise des Strauches zuzuschreiben ist.

Abb. 17 zeigt einige Blüten der »*laciniatum*»- (A) und der *aconitifolium*-Form (B—E) und die auch bei diesen festzustellenden abweichenden Baueigentüm-

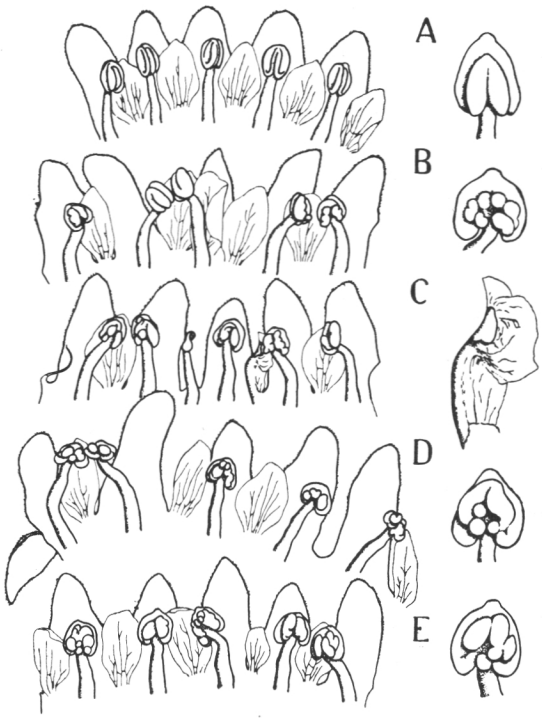


Abb. 17. Links aufgeschnittene und ausgebreitete Blüten von *Ribes nigrum* f. *laciniatum* (A) und f. *aconitifolium* (B—E) mit Staub-, Kron- und Kelchblättern, rechts je ein Staubblatt aus denselben Blüten. — Erstere $^{4}/_{1}$, letztere $^{10}/_{1}$.

lichkeiten. Während sich die Blüten der erstgenannten jedenfalls im Hinblick auf die Zahl der Kelch-, Kron- und Staubblätter als annähernd normal erweisen (vgl. Engler 1891, p. 90, Abb. 52: G—K; Schneider 1906, p. 412, Abb. 264: *m—o*) — nur hin und wieder mag dieses oder jenes Kronblatt etwas kleiner als die übrigen geblieben sein — stellt man bei der *aconitifolium*-Form mannigfache Bildungsänderungen fest. Schon der Kelch lässt sowohl in bezug auf die Grösse der einzelnen Kelchblätter (vgl. z.B. B und C) als hinsichtlich ihrer Zahl (D) Unterschiede erkennen. Noch deutlicher treten diese Verhältnisse in der Krone zum Vorschein, in welcher die Grösse der einzelnen Blätter sogar beträchtlich variieren kann (E). Ebenso kann ihre Zahl herabgehen, so dass eines von ihnen (D) oder sogar mehrere (C) mehr oder minder völlig fehlen. Oft findet man jedoch an ihrer Stelle zwischen den Kelchzipfeln ein schmales, borstenartiges Gebilde, dessen eine Hälfte mitunter ganz unverkennbar die Gestalt eines Staubblatts angenommen hat (C).

Auch das Androzeum, und zwar insbesondere die Lage der einzelnen Staubblätter, kann mannigfachen Schwankungen unterworfen sein. So kann ein fehlendes Kronblatt durch ein Staubblatt ersetzt sein, das dann jedoch meistens kleiner als normal erscheint (C). Betrachtet man noch das einzelne Staubblatt (Abb. 17 rechts), so sieht man, dass bei der *aconitifolium*-Form die zentralsten Teile der Antherenwand oft in kleine, getrennte, halbkugelförmige Teile zerfallen sind, so dass die Anthere im ganzen recht merkwürdig ungleichmässig runzlig erscheinet. Man erhält den Eindruck, wie wenn man es auch hier eben mit derselben Schrumpfungserscheinung zu tun hätte, auf die im vorhergehenden schon mehrfach aufmerksam gemacht wurde und von welcher namentlich die Anthere, möglicherweise aber auch das Staubblatt im ganzen betroffen worden ist, wenngleich sich die Verkümmerung im pollenerzeugenden Teil des Staubblatts mehr einseitig äussert. Die erwähnte Runzligkeit führt es ferner mit sich, dass das Aufspringen der Antherenhälften und damit einhergehend offenbar auch die Ausstreuung des schon an sich nicht reichlich vorhandenen Pollens erschwert wird. Wenigstens in Penzigs Pflanzenteratologie (1921, p. 350) findet man keinen Hinweis auf derartige Anomalien bei *Ribes nigrum*, und v. Schlechtendal (1850, p. 63), der doch verschiedenartige, zum Teil den hier geschilderten ähnliche Blütenabweichungen bei *R. rubrum* beschrieben hat (vgl. auch Schneider op. c., p. 944, Abb. 583: *r*), weiss wenigstens in betreff der Staubblätter nichts über diesbezügliche Fälle zu berichten. Anderseits erinnern jedoch die hier geschilderten Anomalien an einige von Schneider (op. c., p. 947, Abb. 585: *l*, *x*; p. 952, Abb. 586: *k*) erörterte Zahlenabweichungen im Androzeum und teilweise auch im Perianth der Blüten u.a. von *R. Fargesii*, *R. Maximowiczianum* und *R. Giraldii*, Arten, von denen sich wenigstens ein Teil — ob zufällig? — gleichfalls durch gelappte oder sonstwie vom Typ abweichende Blätter auszeichnet.

Die in Kelch, Krone und Androzeum hervortretenden Veränderungen wiederholen sich allem Anschein nach auch beim Gynäzeum, wenngleich sie, wohl wegen der unterständigen und also weniger peripheren Lage des Fruchtknotens, schwächer hervortreten und hier auch wegen der geringen Grösse dieses Organs schwieriger zu ermitteln sind. Während z.B. Reuter (1896, p. 220) angibt, dass die Früchte der *crispum-* (= *aconitifolium-*) Form von *Ribes nigrum* gross sind, wirken die Beeren bei dem jetzt in Frage stehenden Strauch nicht nur im Vergleich zu denjenigen der kultivierten, sondern auch der wildwachsenden *typicum* klein. Sie sind ausserdem im Längenumriss mehr oder minder oval, ein Umstand, der vielleicht ebenfalls als die Folge einer stattgefundenen Verschmälerung der Fruchtblätter zu deuten sein könnte. Und es ist nicht ausgeschlossen, dass hier auch der Grund zu der spärlichen Anzahl der Samen in der Beere liegt, indem man manchmal nur einen oder zwei Samen vorfindet; diese sind jedoch von normaler Grösse, oft sogar grösser.

Diese in der Einzelblüte hervortretenden abweichenden Verhältnisse lassen sich auch auf den Blütenstand im ganzen übertragen, ähnlich wie dies eingangs bei *Corylus* festgestellt wurde. So konzentrieren sich die anomalen Blüten auch hier zur Hauptsache auf den unteren Teil der Infloreszenz, während die Blüten nach deren Spitze hin immer mehr normale Gestalt annehmen. Auf diese Weise tritt uns auch im Blütenstand jene selbe Regressivität der Bildungsabweichung entgegen, der wir schon vorhin bei den Blättern der Jahrestriebe begegneten. Hinzu kommt noch, dass der basale Teil der Blütentraube ziemlich arm an Blüten ist. Der grösste Teil der Blüten hat sich nämlich im Spitzenteil der Traube angehäuft, während die Internodien in dem gewöhnlich zwei bis vier Blüten tragenden unteren Teil der Traube meistens in die Länge gedehnt erscheinen. Auf das Konto derselben Regressivität der Bildungsabweichung möge ferner vielleicht auch der Umstand zu schreiben sein, dass die bei der Schwarzen Johannisbeere am Grunde der Traube regelmässig vorkommenden grossen Beeren bei dem *aconitifolium*-Strauch anscheinend meistens unentwickelt bleiben, so dass die Trauben fast durchgehends aus kleinen »Apikalbeeren» zusammengesetzt erscheinen.

Die Übereinstimmungen mit den bisher besprochenen Schlitzblattformen, vor allem denjenigen von *Alnus* und *Betula* (Saarnijoki 1946), sind indessen auch damit noch nicht zu Ende, sondern sie greifen, wie meine Versuche es zeigen, auch auf die Nachkommen über. Die Zahl der zur Verfügung stehenden, im Jahre 1948 aus Naturbestäubung hervorgegangenen Keimlinge beträgt allerdings nur sechs, denn der Samen keimte trotz vorgenommener Stratifikation schlecht (nur zu 12 %). Da sich die vom Mutterstrauch her bekannte Regressivität der Blattschlitzung nun anscheinend auch bei diesen seinen Nachkommen äussert, kann ein einwandfreies

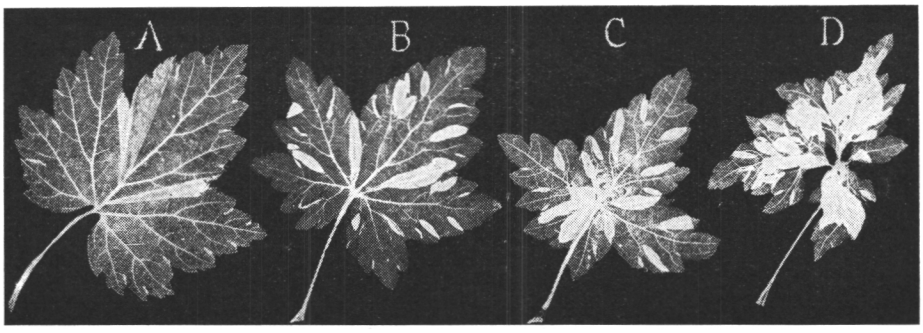


Abb. 18. Verschiedengradig geschlitzte, in bezug auf ihre Lage am Trieb einander entsprechende Langtriebblätter von samenbürtigen Nachkommen des im Botanischen Garten der Universität Helsinki stehenden *Ribes nigrum* f. *aconitifolium*-Strauches; A: f. »*subaconitifolium*», B: f. *aconitifolium*, C: f. »*subapiifolium*» und D: f. *apiifolium*. Man beachte die Faltung und dachziegelartige Anordnung der Blattlappen (schwach belichtete helle Stellen im Bilde). — Photogramm, $^3/_5$.

Vergleichsmaterial nur auf die Weise erhalten werden, dass man ausschliesslich solche Blätter zur genaueren Untersuchung wählt, die sich auf entsprechender Höhe an den verschiedenen Sprossen befunden haben. Abb. 18 zeigt vier solche Langtriebblätter, von denen jedes seine besondere Gruppe unter den sechs untersuchten Keimpflanzen vertritt[1]).

Wie man sieht, so ist das am meisten abweichende Blatt deutlich stärker geschlitzt als die Langtriebblätter des Mutterstrauches. Schon Reuter (l.c.) erwähnt, dass von den *aconitifolium*-Sämlingen ungefähr ein Drittel normal ist, ein weiteres Drittel der Mutterpflanze ähnelt und der Rest ganz feingekräuselte Blätter (*Ribes nigrum apiifolium*) trägt (vgl. auch Beissner 1895, p. 136). Das Verhältnis wäre also demjenigen gleich, das Jahn (1932) bei der *urticifolia*-Form von *Betula pubescens* beschreibt, wo sich unter den verschieden stark geschlitzten Keimlingen auch solche (*asplenifolia*) befanden, bei denen die Blatteilung weiter als bei den Mutterbäumen gegangen war. Anderseits bestehen Anknüpfungspunkte auch an die *lobulata*-Form der Pirkkala-Birke, unter deren Nachkommen sich gleichfalls Individuen mit höherem Teilungsgrad der Blätter befunden haben (Saarnijoki op. c., p. 56).

Die aus den Versuchssaaten hervorgegangene Pflanze mit den am stärksten geteilten Blättern (Abb. 18:D) entspricht nun ganz offenbar der feingekräuselten *apiifolium*-Form, für die sich die Benennung »Petersilien-

[1]) Dasselbe wie oben von den Keimlingen des *aconitifolium*-Strauches kann indessen nicht von den aus Naturbestäubung hervorgegangenen Nachkommen des wahrscheinlich unechten »*laciniatum*»-Strauches des Botanischen Gartens (vgl. oben S. 47) gesagt werden. Bei diesem sind nämlich sämtliche gewonnenen Keimlinge — gleichfalls sechs an der Zahl — wenigstens äusserlich den Normalpflanzen durchaus ähnlich ausgefallen. Bei keinem einzigen wurden auch nur Andeutungen zu solchen Veränderungen gefunden, wie sie die obenbesprochenen *aconitifolium*-Nachkommen aufzuweisen hatten. Dies besagt, dass der Mutterstrauch dennoch der *typicum*-Form entsprechen dürfte.

blättrige Aalbeere» (vgl. Dippel 1893, p. 291) in der Tat ganz ausgezeichnet eignet (siehe auch die Abbildung bei Krüssmann 1937, p. 251). Man stellt denn auch fest, dass sich die zu der starken Zerschlitzung des Blattes führenden Veränderungen bei dieser Pflanze auf die Weise vollzogen haben, dass offenbar die einem jeden Zahn des Blattrandes entsprechenden Teile der Blattspreite sich unter Bildung von langen, lanzettlich schmalen Zipfeln, die eben für die *apiifolium*-Form charakteristisch sind (vgl. z.B. Kammeyer 1932, p. 41) voneinander zu trennen begonnen haben. Sie scheinen dabei nicht einmal in dem sich öffnenden Blatt nebeneinander Platz zu haben, sondern zumal die den Seitenlappen des normalen Blattes entsprechenden Teile der Blattspreite zeigen die Neigung, die dem Mittellappen entsprechenden Blattpartien zu überdecken. Ausser der dachziegelartigen Anordnung beobachtet man bei den Blattzipfeln, dass sie nicht symmetrisch sind und dass sie auch eine unverkennbare Bestrebung zeigen, sich schraubig zu biegen, eine Eigenschaft, auf die wohl gerade die Bezeichnung »petersilienblättrig» hindeuten dürfte.

Zwei von den Keimlingen (B) ähneln der *aconitifolium*-Form, also dem Mutterstrauch. Über sie ist im vorliegenden Zusammenhang nichts weiteres zu berichten. Dagegen ist der vierte Keimling (C) im Vergleich zu den beiden vorhergehenden deutlich schlitzblättriger und nimmt dadurch ungefähr eine Mittelstellung zwischen der *aconitifolium*- und der *apiifolium*-Form ein. Wir könnten ihn etwa als eine »*subapiifolium*»-Form bezeichnen. — Bei jeder von diesen drei Formen, *aconitifolium*, »*subapiifolium*» und *apiifolium*, sind der Mittel- wie auch die Seitenlappen des Blattes, wie man sieht, verschmälert, gleichzeitig wie die Zipfel des Blattrandes einander um so mehr zu überdecken beginnen, um eine je extremer schlitzblättrige Form es sich handelt.

Die zwei letzten Keimlinge endlich (A) gleichen hinsichtlich ihrer Blattform weitgehend sowohl einander als der Normalform. Eine nähere Untersuchung ergibt aber, dass auch diese Pflanzen es nicht vermocht haben, sich vollends bis zur Normalform zu »verändern». So ist die Blattspreite beim vollentfalteten Blatt der Sprossbasis oder der Sprossmitte einigermassen uneben, und zumal der Mittellappen ist etwas schmäler und grober gezähnt als beim Normalblatt. Besondere Beachtung verdient der Umstand, dass gerade das in den Winkeln des Hauptlappens gelegene Gebiet runzlig oder blasig aufgewölbt erscheint. Diese gewölbeartig vorspringenden Teile heben sich zumal später im Laufe der Vegetationsperiode oft durch ihre gelbliche Färbung von der umgebenden grünen Blattfläche ab. Bei manchen, und zwar namentlich den grössten Blättern der Sprossmitte begegnet man ferner ähnlichen Inselgebilden (Abb. 19), wie sie früher bei *Alnus* und eingangs *Corylus* gefunden wurden. Gewissermassen zum Unterschied von den letztgenannten ist indessen dieses

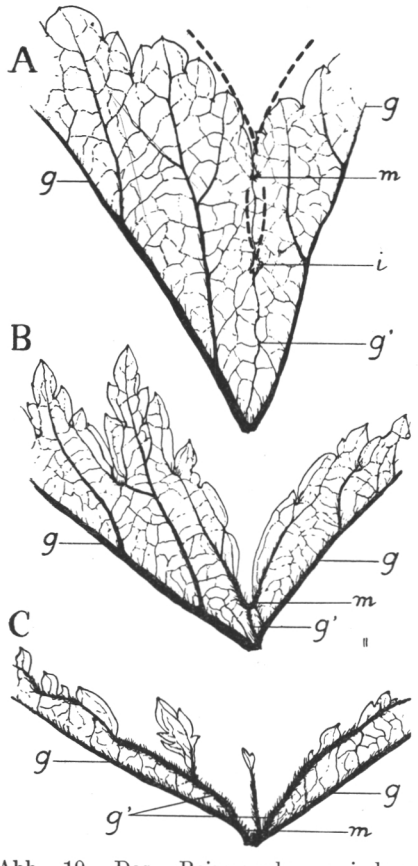


Abb. 19. Das »Reissgewebe» zwischen Mittel- und Seitenlappen des Langtriebblattes von *Ribes nigrum* f. »*subaconitifolium*» (A), f. *aconitifolium* (B) und f. *apiifolium* (C). *g*. Hauptnerv des Lappens, *g'*. Seitennerv, *m*. Mestomanastomose, *i*. aus transparenten Zellen gebildete und von blattrandartigem Gewebe umgebene inselförmige Stelle auf der Blattspreite.

durchscheinende Gewebe hier auch auf der Blattoberseite von einem scharf umrissenen Wallgebilde umgeben.

Das Obige zusammenfassend kann also trotz des spärlichen Materials festgestellt werden, dass es möglich ist, dass auch die Nachkommen des *aconitifolium*-Strauches sich in bezug auf den Grad ihrer Blattschlitzung zu einer zusammenhängenden Umwandlungsreihe anordnen. Dabei findet man unter ihnen Keimlinge, bei denen die Blattschlitzung sogar noch weiter als beim Mutterstrauch gegangen ist. Dabei wandern, wie es das *subaconitifolium*-Blatt in Abb. 19:A zeigt, die dem Blattrand zufallenden Elemente (vgl. Haberlandt 1924, p. 175, Abb. 66:F), am sichtbarsten vor allem die Mestomanastomose (*m*), in der Richtung der Interkostalfelder gegen die Blattmitte hin. Auf diese Weise ergäbe sich für die Verlegung des aus durchscheinenden toten Zellen entstandenen Gebildes (*i*) auf die in der Mitte des Interkostalfeldes gelegenen Winkelhalbierenden der Hauptnerven (*g*) (vgl. die den Verlauf des sich verlängernden Blattrandes bezeichnende gestrichelte Linie) dieselbe Erklärung wie vorhin bei *Corylus*. Der in der Richtung der Mittellinie des Interkostalfeldes verlaufende Nebennerv beginnt also auch in diesem Falle sich zuerst aufzuspalten, und infolgedessen kommt es aus den Elementen der Parenchymscheide der sich trennenden Nervenhälfte eben zu der Bildung einer, im allgemeinen jedoch nur einzigen solchen durchscheinenden Stelle. Beim stärker geteilten *aconitifolium*- und *apiifolium*-Blatt (B und C) finden wir schon zwei den Rand je seines Blattzipfels begleitende und immer kräftiger und deutlicher gewordene Nebennerven (*g'*) vor. Und indem es zu einer entsprechenden Verschmälerung auch zwischen den einzelnen Zähnen der

Hauptlappen kommt, so versteht man leicht, warum hier nach der anomaleren Seite der Blattreihe hin die das *Ribes*-Blatt kennzeichnenden recht stattlichen Zähne Hand in Hand mit der Verlängerung des Blattrandes nicht nur deformiert werden, sondern sich gleichzeitig auch in selbständige, lanzettliche Zipfel trennen, die der Verengung der Interkostalfelder, d.h. der Zuspitzung der Nervenwinkel zufolge eine immer zunehmende Tendenz aufweisen, einander dachziegelartig zu überdecken. Es ergibt sich hier ein in hohem Masse ähnliches Bild wie bei *Tilia platyphylla* f. *laciniata*, jedoch mit dem Unterschied, dass das büschelförmige Blatt in diesem Falle seinem Grundschema nach nicht einfach, sondern dreilappig ist.

Im ganzen erhält man also den Eindruck, dass die Blattentfaltung auch hier bei den verschiedenen Gliedern der *subaconitifolium* — *apiifolium*-Umwandlungsreihe mit gewisser Mühe verbunden gewesen ist. Dies besagt wohl nichts anderes, als dass die Blattspreite von einem Verschmälerungsprozess betroffen worden ist, der sich bei den einzelnen Gliedern der Reihe in verschiedener Stärke äussert.

Anderseits erinnern diese am aller schwächsten geteilten Glieder der in Frage stehenden *subaconitifolium* — *apiifolium*-Keimlingsserie auch an die eingangs genannten Formen, denen man wildwachsend im naturhistorischen Gebiet Ostfennoskandiens begegnet ist. So entspräche die von Th. Saelan i.J. 1888 in Lappee gesammelte und *acutum* benannte Probe in den Sammlungen des Herbarium Musei Fennici (vgl. Hjelt 1911, p. 311) zunächst der *subaconitifolium*-Form, sie zeichnet sich aber im Vergleich zu dieser durch eine noch schwächere Teilung der Blätter aus. Doch zeigen bei ihr sämtliche Blattlappen längliche Form, und der Mittellappen übertrifft die übrigen an Länge (vgl. Hiitonen 1933, p. 429); die gleichfalls ungleichmässige Zähnung lässt aber nicht jene dachziegelartige Anordnung der Zähne erkennen, wie sie für die im vorhergehenden besprochenen Keimlinge kennzeichnend war. Dasselbe kann von der 1904 von Harald Lindberg in Pyhäjärvi auf der Karelischen Landenge einem wildwachsenden Strauch entnommenen und *incisum* benannten Probe gesagt werden, die sehr der vorgenannten, möglicherweise kultivierten Form ähnelt (vgl. Hjelt l.c.), sich von ihr jedoch durch ihre einigermassen tiefer geteilten Blätter unterscheidet (siehe auch Mela — Cajander 1916, p. 327). Da es sich in beiden Fällen um sterile Proben handelt, kann betreffs etwaiger Blütenanomalien nichts ausgesagt werden. Dagegen scheinen bei den Blüten einer dritten, von V. Kujala 1934 auf der Insel Lauttasaari bei Helsinki gleichfalls in der Natur gesammelten und ebenso unter dem Namen *incisum* in den Sammlungen des Botanischen Museums befindlichen Probe, deren Blätter sich durch eine ziemlich deutliche keilförmige Ausbildung des Blattgrundes sowie durch die schmale Form der Blattlappen, abermals insbesondere des Mittellappens, auszeichnen, Abweichun-

gen vor allem in der Anzahl der Kronblätter, aber auch in der der Staubblätter vorzukommen, ohne dass es jedoch bei den letzteren zu derartigen Änderungen im Bau der Staubbeutel gekommen wäre, wie sie bei der vorerwähnten *aconitifolium*-Form der Schwarzen Johannisbeere gefunden wurden.

Doch nicht nur bei *Ribes nigrum*, sondern auch bei einer zweiten einheimischen Art der Gattung, *R. alpinum*, können nach allem zu schliessen entsprechendartige Formen auftreten. Jedenfalls erinnert die von L. Teivainen am 19. V. 1946 in Tuomarila in Espoo bei Helsinki gesammelte blühende ♂-Probe in bezug auf ihre Blätter — vor allem die schmale Form der Blattlappen, die Länge des Mittellappens sowie auch die Unregelmässigkeit der Blattrandzähnung — in hohem Masse an *R. nigrum* f. *incisum*. Auch die Blüten dieser Probe weisen bis zu einem Betrage von 22 % entsprechendartige Anomalien auf, und zwar noch so, dass die Zahlen- und Grössenabweichungen der Kron- und Staubblätter jedesmal am Grunde der Blütentraube am häufigsten, also auch hier regressiv auftreten.

Die oben besprochenen Keimlinge sowohl des *aconitifolium*- als des »*laciniatum*»-Strauches des Botanischen Gartens haben im Alter von einem Jahre Dank den günstigen Wachstumsbedingungen (die Samen wurden im frühen Frühjahr im Gewächshaus ausgesät) bereits beachtenswerte Höhe erreicht, wie es die hier beigefügte Zusammenstellung zeigt, in welcher die Masse der Keimlinge nach abgeschlossenem Wachstum im ersten Herbst angegeben sind.

Ribes nigrum	Höhe der Keimlinge, cm	Schrumpfungs-% der Blattflächen
f. *apiifolium*	28	54.1
f. *subapiifolium*	74	33.4
f. *aconitifolium*	59, 90	16.7
f. *subaconitifolium*	69, 112	7.2

Auch dieses bescheidene Material lässt aber, wenn man die hier mitgeteilten Schrumpfungsprozente der Blattfläche mit den ihnen nebengestellten Höhenleistungen der Keimlinge während einer Vegetationsperiode vergleicht, deutlich erkennen, dass das Wachstum der verschiedenen Formen dem Grade der Schlitzblättrigkeit entgegengesetzt ist. Mit anderen Worten, ganz wie bei den entsprechenden Parallelformen von *Alnus* und *Betula* (Saarnijoki 1946, p. 43) führt die Blattschlitzung auch hier ausser zu einer Einengung der assimilierenden Blattfläche auch zu einer Schwächung sowohl der Photosynthese als der Transpirationstätigkeit nebst anderen Lebenserscheinungen der Pflanze, eine Wirkung, die sich gerade in dem herabgesetzten Wachstumsvermögen der Pflanze äussert. In diesem Zusammenhang möge auch

erwähnt werden, dass der stark schlitzblättrige sog. Petersilienwein (*Vitis vinifera* f. *apiifolia*) gleichfalls für seine Trägwüchsigkeit bekannt ist (Beissner 1898, p. 37).

Die mit der Schlitzblättrigkeit verbundene Schwierigkeit der Blattablösung ist bei diesen im Gewächshaus aufgezogenen Pflanzen noch deutlicher als bei den im Freien stehenden, der Einwirkung von Wind und Regen ausgesetzten Sträuchern zum Vorschein getreten, und zwar hat es den Anschein, wie wenn sich die Abtrennung des Blattes um so schwieriger vollzöge, um einen je stärker gelappten Typ es sich handelt. So kann bei den *apiifolium*- und *subapiifolium*-Keimlingen der grösste Teil der vergilbten und dürren Blätter bis zum Beginn der folgenden Vegetationsperiode am Spross erhalten bleiben.

Der ebenerwähnten, in Anbetracht des jungen Alters beachtenswerten Grössenleistung und auch der späteren günstigen Entwicklung der Keimlinge mag es wohl zuzuschreiben sein, dass einige von ihnen schon im Beginn ihrer dritten Vegetationsperiode (1951) in Blüte getreten sind.

Es ist nun recht interessant festzustellen gewesen, dass die beim *aconitifolium*-Mutterstrauch beschriebenen Anomalien der Blütenstände sowie der einzelnen Blüten in entsprechendartiger Ausbildung auch bei seinen Nachkommen wiederzufinden sind, und nicht nur das, sondern es wechselt ihre Stärke genau ähnlich, wie dies früher z.B. bei den verschieden stark geschlitzten Formen von Birke und Erle festgestellt wurde (Abb. 20). Bei demjenigen von den zwei *aconitifolium*-Keimlingen, die im genannten Jahr (1951) blühten, kehren die beim Mutterstrauch waltenden Verhältnisse in grossen Zügen ähnlich wieder. So tritt uns die verschieden dichte Gruppierung der Blüten im basalen und im apikalen Abschnitt der Traube auch hier ausserordentlich deutlich entgegen (B). Dagegen erscheint in der einzelnen Blüte der Kelch bei diesem Keimling stärker als beim Mutterstrauch reduziert. Beim *apiifolium*-Strauch, der nur einige drei- oder vierblütige Trauben entwikkelte (C), ist die Reduktion bereits so weit gegangen, dass die Kronblätter völlig fehlen und auch die Anzahl der Staubblätter auf drei oder vier vermindert ist. Dazu erscheinen die einzelnen Staubbeutel schwielig und anscheinend sehr arm an Pollen. Demgegenüber wirken sowohl Kelch als Gynäzeum annä-

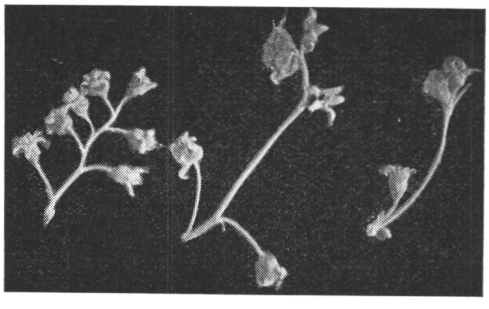


Abb. 20. Blütenstände von Nachkommen des in Abb. 18 erwähnten *Ribes nigrum* f. *aconitifolium*-Strauches; A: f. »*subaconitifolium*», B: f. *aconitifolium*, C: f. *apiifolium*. Man beachte die Unterschiede in Blütenzahl und Internodienlängen. $^1/_1$.

hernd normal. Beim *subapiifolium*-Strauch, bei dem die Anzahl der Blütentrauben schon grösser war, waren die einzelnen Trauben 4—6-blütig. Noch deutlicher als bei der *aconitifolium*-Form erkennt man hier die Trennung der Blüten in eine basale und eine apikale Gruppe. In den einzelnen Blüten beträgt die Anzahl der Kronblätter 1—5, und auch das Androzeum ist im Vergleich zum *apiifolium*-Strauch weniger stark reduziert, mit stark aufgeblähten Antheren. Kelch und Gynäzeum zeigen auch hier von allen Blütenblättern den normalsten Bau. Den geringsten Bildungsabweichungen begegnet man bei den Blütenständen der beiden *subaconitifolium*-Sträucher (A). Dabei wirkt jedoch die Traube selbst recht kurz und im Vergleich zur Normalform ärmer an Blüten, und der Abstand zwischen der untersten bzw. den zwei untersten sowie den apikalen Blüten der Traube ist auch hier grösser als normal. Es war interessant festzustellen, dass sich unter den Staubblättern, zumal denjenigen der untersten Blüten, auch solche mit Anzeichen einer beginnenden Aufwölbung der Oberfläche befanden. — Ausserordentlich deutlich zeigt sich der verschiedene Reduktionsgrad der Blüten auch bei einem Vergleich der Grösse der Beeren bei den beiden extremen Formen der in Rede stehenden Keimlingsreihe. Während beim *subaconitifolium*-Strauch 24 Beeren 0.83—0.91 cm lang und 0.71—1.03 cm breit gefunden wurden, waren die entsprechenden Masse bei den drei Beeren des *apiifolium*-Strauches 0.83—0.91 cm und 0.61—0.68 cm. Anderseits geben sich die Reduktionserscheinungen deutlich schon in den frühen Entwicklungsstadien der Blüte zu erkennen. So erkennt man die Wirkung vor allem der bei den Kelch- und Kronblättern stattgefundenen, sich vornehmlich in einer Verschmälerung dieser Blütenblätter äussernden Veränderungen dadurch, dass in der Blütenknospe zwischen den Kelch- und Kronblättern ein dreieckiger Raum frei bleibt, der die Staubblätter völlig ungeschützt zum Vorschein treten lässt. Dies ist der Fall bei der *subapiifolium*- und insbesondere bei der *apiifolium*-Form.

Es erscheint nun schon im Lichte des obigen spärlichen Materials offenbar, dass sich die Keimlinge nicht scharf den bestimmten, verschieden benannten Formen entsprechend gruppieren, sondern ganz wie bei den schlitzblättrigen Birken und Erlen die Bestrebung zeigen, eine zusammenhängende, den allmählich veränderten Grad der Blattschlitzung veranschaulichende Reihe zu bilden. Wäre das Keimlingsmaterial grösser gewesen, so hätten sich in der genannten Umwandlungsreihe recht wahrscheinlich noch andere Zwischenformen, als die jetzt gewonnenen und beschriebenen, ergeben, denn z.B. auch die im Herbst 1949 eingesammelten, zahlreicheren Beeren des *aconitifolium*-Mutterstrauchs des Universitätsgartens haben eine Reihe von Keimlingen (insges. 17) ergeben, die in bezug auf den Grad ihrer Blattschlitzung eine feinere Einteilung erlauben. Bezeichnen wir den extremsten

Blattyp mit 5, den normalen mit 1 und die zwischen diesen sich eingefügenden Typen mit 2, 3 und 4, und teilen wir diese Grade zum Demonstrieren der Einheitlichkeit der Reihe noch weiter auf, indem wir hinter die Ziffern ein Plus, vor dieselbe ein Minus setzen, so verteilen sich die Keimlinge auf die so erhaltene Skala, wie folgt:

	Blattyp											
	1	+	—	2	+	—	3	+	—	4	+	—	5
Zahl der Keimlinge	—	4	—	4	2	—	2	1	1	1	—	1	1

Wie bei der Birke und Erle, liegt auch hier der Schwerpunkt im unteren, normaleren Abschnitt der Reihe, indem sich unter den Keimlingen jetzt auch solche mit normalerem Blattyp als bei der Saat von 1948 befinden. Weil es sich in beiden Jahren um das Resultat einer unkontrollierten Naturbestäubung gehandelt hat, ist es gut denkbar, dass die Keimlinge teils aus Selbstbestäubung, teils aus einer stattgefundenen Fremdbestäubung hervorgegangen sind. Dass im vorliegenden Falle jedenfalls zum grössten Teil ersteres zutrifft, das zeigt sich ausser in der Gleichartigkeit der aus den zwei Jahren stammenden Serien auch darin, dass das Auftreten einer solchen Serie keineswegs einzig auf den jetzt behandelten Fall beschränkt ist (vgl. Reuter 1896, p. 220).

5. Acer platanoides f. laciniatum Ait.

Zu den zahlreichen und schon längst angebauten, mannigfach benannten mehr oder minder schlitzblättrigen Spitzahornformen gehört auch die in der Überschrift erwähnte *laciniatum*-Form, deren offenbarer Vertreter ein in den Parkanlagen des Freiluftmuseums von Seurasaari in Helsinki stehendes, etwa 8.5 m hohes Exemplar ist, dessen Stamm sich in zwei Teilstämme aufgeteilt hat. Schon durch ihre schlanken, eigenartig bogig aufwärts gerichteten Äste sowie ihre lichte und pyramidenförmige Krone (Koch 1869, p. 530; v. Schwerin 1893, p. 57; 1896, p. 182; Kneiff 1940, p. 178) unterscheidet sich auch diese Form distinkt vom normalen Ahorn. Auch die jüngeren Triebe (vgl. z.B. Loudon 1838, p. 36; 1875, p. 107, Abb. 151) gehen in schärferen Winkeln als bei der Normalform vom Mutterstamm aus. Vor allem aber weisen die Blätter viele abweichende Züge auf (siehe Abb. 21). So sind nach Dippel (1892, p. 451), der als Synonyme der fraglichen Form *Acer crispum*, *laciniatum*, *laciniosum*, *dilaceratum* und *cucullatum* anführt, die »Blätter am Grunde abgestutzt bis mehr oder weniger keilförmig, tief fünfteilig, mit länglichen, nach dem Grunde schmal keilförmigen, tief, oft fast fadenartig (*dilaceratum*) zerschlitzten, am Rande meist gekräuselten Teil-Blättern». Der Blattstiel (vgl. auch Koch l.c.) ist ungewöhnlich lang, und die Seitennerven sind oft in sehr spitzen Winkeln auf dem Hauptnerv inseriert, eine Eigenschaft, auf welcher bauend u.a. v. Schwerin (1893, p. 57) die fragliche *laciniatum*-Form zusammen mit den Formen *argutum* und *plicatum* zu der Gruppe der *Cuneatae* vereinigt, zu deren Erkennungszeichen

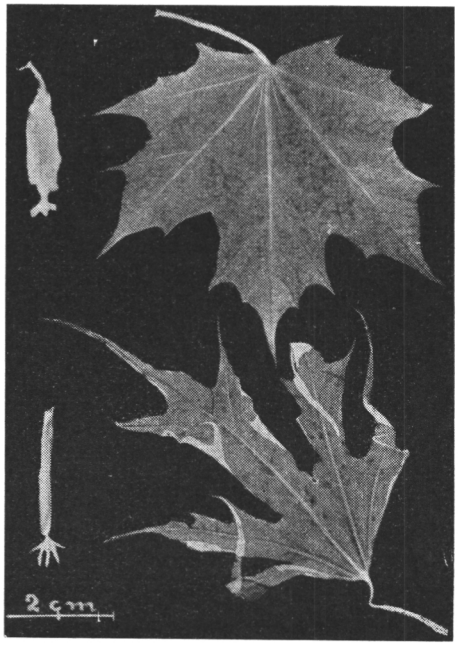


Abb. 21. Rechts sich entfaltendes Blatt von *Acer platanoides* f. »*typicum*» (oben) und f. *laciniatum* (unten), links Knospenschuppen der beiden Formen. — Photogramm.

vor allem der schmale Blattgrund gehört, ein Merkmal, auf welches auch Penzig (1921, p. 224) hinweist. Besonders in dieser Hinsicht unterscheidet sich die Form von einer anderen, wenigstens in Finnland häufiger kultivierten fingerblättrigen Form, f. *palmatifidum*, bei welcher sich, wie auch Jahn (1936, p. 214) bemerkt, offenbar eine ganz andere Art der Blattschlitzung verwirklicht hat (Pax 1886, p. 240).

Betrachten wir die Blätter der jetzt in Frage stehenden *laciniatum*-Form des Ahorns näher, so bemerken wir, dass die am stärksten geteilten Blätter in den Basalteilen der Langtriebe und an den Kurztrieben sitzen; die Blattschlitzung ist also bei dieser Form recht deutlich regressiv (vgl. z.B. die Abbildungen bei Loudon ll. cc.). Weiter bemerken wir (vgl. Abb. 21), dass beide Blatthälften gleichwertig von der Zerschlitzung betroffen worden sind, ganz anders als z.B. bei den im vorhergehenden besprochenen asymmetrisch zerschlitzten fingernervigen Blättern von *Ribes* und *Tilia*. Man könnte demnach ausser von einer asymmetrischen, auch von einer symmetrischen Schlitzung der Blattspreite sprechen. Da bei allen denjenigen Arten, von deren schlitzblättrigen Vertretern im vorhergehenden die Rede gewesen ist, auch die normalen Blätter mehr oder minder asymmetrisch gebaut sind, während sie bei *Acer platanoides* symmetrisch sind, liegt die Annahme nahe, dass die einschlägigen Unterschiede auch in der Blatteilung lediglich durch diese Eigenschaft hervorgerufen wären. Weil nun aber anderseits auch die Blattstellung bei diesen Arten verschieden ist, bei *Acer* gegenständig, bei den anderen wechselständig, kann jener Unterschied in der Zerschlitzung des Blattes auch dadurch bedingt sein. Anderseits vollzieht sich das Aufreissen der Blattspreite in diesem Falle genau in der Richtung der Nervenwinkelhalbierenden, die in dem sich öffnenden Blatt die Faltenrücken bilden (vgl. z.B. das in Entfaltung begriffene *typicum*-Blatt der Abbildung). Als eine offenbare Folge dieses Vorgangs ergibt sich dazu eine gewisse Unbestimmtheit der Blattzähnung. Schon hieraus wäre zu ersehen, dass diese Eigenschaften der Blätter bei der fraglichen Form auch in diesem Falle eine Folge der Verschmälerung nicht nur der Blattspreite im ganzen, sondern auch ihrer einzelnen Teile, vor allem der Hauptlappen, darstellen. Gleicherweise tritt uns diese primäre Verschmälerungserscheinung im zarten Bau der Knospenschuppen entgegen, der seinerseits zu einer Grössenabnahme der ganzen Knospe beiträgt. Die Erscheinung ist also genau dieselbe, wie sie sich z. B. schon bei den schlitzblättrigen Formen von *Alnus* und *Tilia* ergab. Indem bei ersterer die Knospenschuppen den Nebenblättern entsprechen, während sie bei *Acer* aus dem verlängerten und verbreiterten Blattgrund entstanden sind (vgl. z. B. Troll 1939, p. 1336—1344), so sieht man, dass diese in einer Verzartung zum Vorschein tretenden Bauänderungen sich auch bei diesen, ihrer

Entstehung nach verschiedenen Pflanzenteilen völlig gleichartig äussern. Ferner bemerkt man bei der jetzt in Rede stehenden *Acer*-Form mehr oder minder lederige Gewebsstellen, die sich schon durch ihre Farbe vom umgebenden Blattgewebe abheben. Auch diese Elemente treten auf den beiderseits des Mittellappens gelegenen Hauptinterkostalfeldern entweder in Form eines zusammenhängenden oder auch, obwohl seltener, eines unterbrochenen, gewöhnlich sehr schmalen, schnurgeraden durchscheinenden Gebildes zum Vorschein, welches genau die den Nervenwinkel halbierende Linie markiert. An diesen helleren, gelblich durchscheinenden Stellen des Blattes zeigt das Blattgewebe, wie man dies an einem Querschnitt durch das Blatt (Abb. 6:E) bemerkt, recht deutliche Ansätze zur Bildung eines unverkennbaren »Reissgewebes».

Vergleicht man nämlich diesen Bau mit den im vorhergehenden besprochenen Fällen, z.B. bei *Tilia platyphylla* f. *laciniata* (Abb. 6:C), so kommt man auch hier zu dem Schluss, dass das Interkostalgewebe in Verbindung mit der fortschreitenden Blattschlitzung sich in ein Blattrandgewebe umzuwandeln strebt. Es ist in diesem Zusammenhang interessant festzustellen, dass z.B. nach v. Schwerin (l.c.) bei der *laciniatum*-Form der zu derselben Gruppe der *Cuneatae* gehörenden f. *plicatum*, die sich durch einen noch stärkeren Grad der Blattschlitzung auszeichnet, ein offensichtlich entsprechendartiges, aber noch weit deutlicher ausgeprägtes Reissgewebe vorkommt. So erwähnt er, dass bei dieser Form am Grunde des Blattes zwischen den Hauptnerven schon vor dem Austreiben des Blattes meistens kleine nebeneinander liegende Löcher entstehen, die durch die erhaltenen Nerven einem vergitterten Fensterchen gleichen, und die seiner Meinung nach durch Insekten oder sonstige Schädlinge entstehen. In einem späteren Zusammenhang (1922 a, p. 85) erwähnt der Autor, indem er auf das Vorkommen von ähnlichen Bildungen auch bei gewissen anderen *Acer*-Formen mit häutigen Blättern (*foliis membranaceis*) hinweist, dass ihr Auftreten darauf beruhe, dass diese Pflanzen eine anfangs so dünnhäutige Blattform darstellen, dass solche Blattspreiten leichter als konsistere erfrieren, so dass dieser Defekt bei den früher austreibenden Blättern durch Einwirkung der alljährlichen Maifröste entstände (vgl. auch S.12). Der Umstand, dass diese Gebilde wenigstens bei *Acer platanoides* f. *laciniatum* gerade in denjenigen untersten Blättern der Lang- und Kurztriebe auftreten, die in der Knospenlage die deutlichste Faltung aufweisen, mag wohl nur bedeuten, dass es sich auch in diesen Falle um nichts anderes handelt als um die Bestrebung der in den Falten der noch ungeöffneten Blattspreite entstehenden, dem normalen Blattrand zufallenden Elemente, sich voneinander zu trennen, wie wir dies gerade z.B. bei *Alnus*, *Corylus*, *Tilia* und *Ribes* feststellten.

Eine der auffälligsten Folgeerscheinungen davon, dass die Gewebe der Blattunterseite wie bei *Corylus* stärker zusammengeschrumpft als die

der Blattoberseite erscheinen, ist die klauen- oder greifhandartige Form des Blattes, wie sie auch schon durch die für die vorliegende Form gebrauchten volkstümlichen, ausserordentlich bezeichnenden Namen »eagle's claw», »griffes du procureur», »Vogelklauenahorn» (vgl. z.B. v. Schwerin l. c.; Krüssmann 1951, p. 32) angedeutet wird. Ebenso tritt uns die schon von *Tilia* her bekannte büschelige Ausbildung des ganzen Blattes hier abermals deutlich entgegen. Das Vorkommen eines aufgewölbten beulenförmigen Blattes bei der Gattung *Acer* ist nicht einzig auf den jetzt besprochenen Fall beschränkt, begegnet man doch ähnlichen Veränderungen auch bei den mehr oder minder ausgeprägten Schlitz- bzw. Krausblattformen von *A. pseudoplatanus*, *A. negundo* und *A. palmatum* (vgl. z.B. v. Schwerin 1896, p. 185).

Auch bei den Infloreszenzen und den Einzelblüten der jetzt zu besprechenden *laciniatum*-Form können mehrere einschlägige Veränderungen verzeichnet werden. Erstens ist der Blütenstand selbst lockerblütig und unregelmässig — man könnte statt von einer Doldentraube von einer Traube sprechen — zweitens sind die Blüten sehr verschieden gross (vgl. Abb. 22),

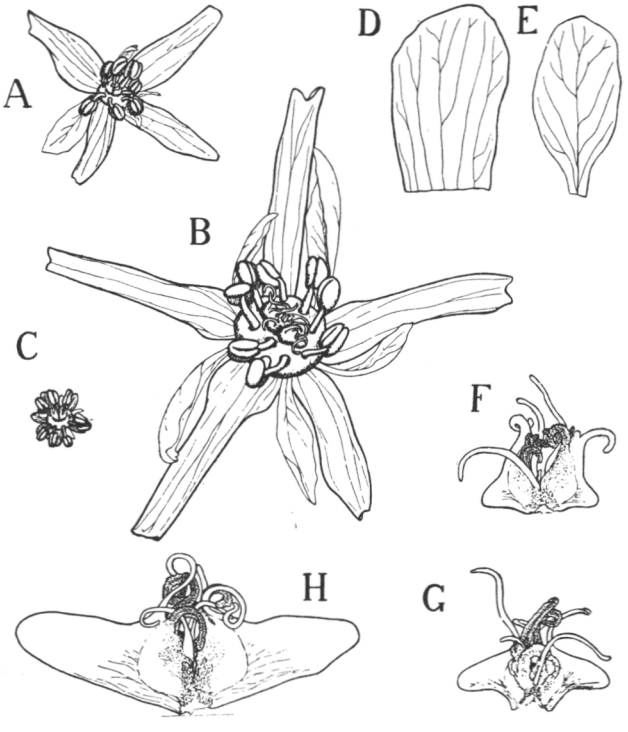


Abb. 22. Verschiedene Blüten von *Acer platanoides* f. *laciniatum* (A—C) und deren Gynäzien (F—H) sowie ein Kelchblatt (D) und Kronblatt (E) der f. *»typicum»*.
A — E $^{4}/_{1}$ und F — H $^{7}/_{1}$.

denn zwischen den grössten Blüten (A und B) begegnet man bedeutend kleineren, gleichsam Zwergblüten (C), bei denen die Perianthblätter fast völlig fehlen und auch die Staubblätter stark verkleinert erscheinen. Die grösseren Blüten wiederum ähneln sonst durchaus der Normalblüte, doch sind bei ihnen die Kelch- und Kronblätter deutlich verschmälert (A—E). Die ersteren zeigen regelmässig einen nach hinten umgekniffenen Rand, so dass sie schwach dütenförmig erscheinen. Mit anderen Worten, genau dieselbe Aufgewölbtheit, wie wir sie bei dem sich zerschlitzenden Laubblatt vorfanden, tritt uns hier auch beim Kelchblatt entgegen. Dazu kommen dann noch unzweideutige Variationen in der Anzahl der einzelnen Glieder der Blüte, sowohl nach der Plus- als besonders nach der Minusseite hin, wie es die nachstehende Zusammenstellung zeigt.

		Zahl der Blütenblätter							
		2	3	4	5	6	7	8	9
Acer platanoides	Kelch				32	3	2		
f. *typicum*	Krone				34	3			
(37 Blüten)	Androzeum							37	
	Gynäzeum	36	1						
Acer platanoides	Kelch		3	15	2				
f. *laciniatum*	Krone		3	17					
(20 Blüten)	Androzeum						3	16	1
	Gynäzeum	?							

Zwar kann die Zahl der Blütenblätter in den Blüten der *typica*-Form auch variieren (vgl. Eichler 1878, p. 350; Penzig 1921, p. 224). Am gewöhnlichsten sind die Blüten nach dem Schema 5+5+8+2 gebaut, neben ihnen kann man aber in derselben Infloreszenz auch Blüten mit 4zähligem Kelch und ebensolcher Krone, 10zähligem Androzeum und 3zähligem Fruchtknoten, in verschiedenen Kombinationen dieser Zahlen, antreffen. Da diese Variation bei der *laciniata*-Form weit unregelmässiger und dazu noch in den verschiedenen Blattkreisen der Blüte voneinander unabhängig in Erscheinung tritt, muss es sich offensichtlich um eine andersartige Variation als bei der f. *typica* handeln. Ausserordentlich charakteristisch sind ferner die im Gynäzeum der Zwitterblüten waltenden Verhältnisse. Die Narben sind im allgemeinen normal entwickelt. Die Fruchtblätter sind dagegen hier nur noch in ihrem unteren Teil verwachsen; das ganze Gebilde erscheint offen, und wie aus Abb. 22:F—H zu ersehen ist, haben die Fruchtblätter zahlreiche bandförmige Fortsätze entwickelt, die zumal im Bereich des Fruchtknotens und des Griffels in mannigfachen Windungen hauptsächlich von den Rändern der Fruchtblätter ausgehen.

Von diesen Gebilden ist ein Teil, gewöhnlich die längsten, randständigen, mehr oder minder stielrund, die anderen, kürzeren wiederum sind unregelmässiger geformt, robuster, und heben sich durch ihre bräunliche Färbung von den anderen helleren ab, auch sind sie auf der Innenfläche des Fruchtblattes inseriert.

Ein Detailschnitt durch ein noch in seiner Entwicklung begriffenes anomales Fruchtblatt (Abb. 23:B) zeigt, dass diesen äusserlichen Verschiedenheiten auch Unterschiede im anatomischen Bau entsprechen. Die erstgenannten langen und schmalen, geschlängelten Fortsätze (*a*) haben eine glatte Oberfläche und erinnern dadurch am nächsten an den glatten Aussenrand der normalen Narbe (A:*ep*). Oft begegnet man in ihrem Inneren auch Anzeichen von leitenden Geweben. Bisweilen findet man auf der Innenseite ihres apikalen Teiles vereinzelte, aus dem übrigen Gewebe papillenartig herausragende Zellen. Demgegenüber sind die kürzeren, bandförmigen Fortsätze (*b*) zum überwiegenden Teil nur aus jenem sehr stark und deutlich papillösen Gewebe gebildet (*p*), welches dazu in den meisten Fällen gegen den offenen basalen Teil des Fruchtblattes gerichtet ist, den es von beiden Seiten her vorstossend gänzlich ausfüllt. Dieser ihr anatomischer Bau erinnert am nächsten an den des Innenrandes der normalen Narbe (A:*p*). Die Fortsätze dürften als Blattrandzipfel des somit zerschlitzten Fruchtblattes aufzufassen sein. In der mehr oder minder ausbleibenden Verwachsung der Fruchtblattränder wiederholen sich offensichtlich dieselben primären Wandlungen, die uns in den verschiedenen Teilen sowohl der jetzt in Rede stehenden Form als der anderen hier und früher behandelten schlitzblättrigen Formen entgegentreten. Weil bei *Acer* die beiden Karpellenanlagen, die anfänglich als ein Ringwall er-

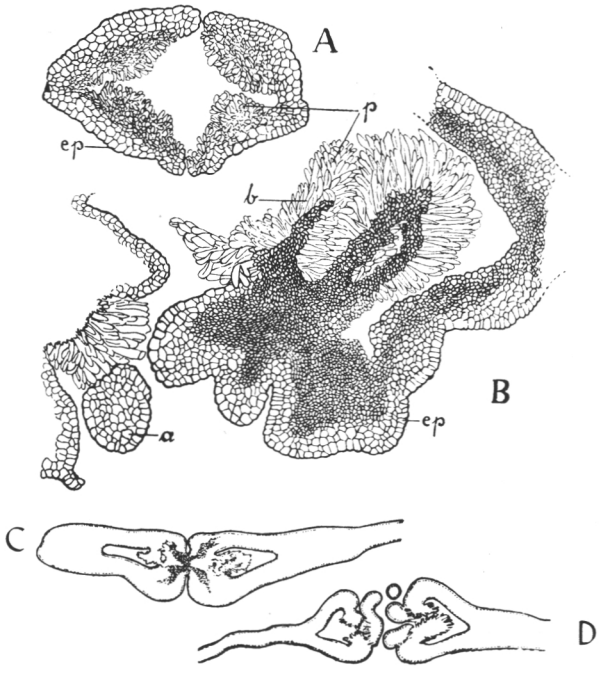


Abb. 23. *Acer platanoides* f. *typicum* (A, C) und f. *laciniatum* (B, D). Querschnitte durch das Gynäzeum ungefähr an der Grenze von Griffel und Fruchtknoten (A, B) bzw. im oberen Teil des letzteren (C, D). — A und B $^{92}/_{1}$, C und D etwa $^{12}/_{1}$.

scheinen, sich erst allmählich zu einer geschlossenen Bildung vereinigen, indem sich die benachbarten Ränder beider Fruchtblätter nach innen biegen und sich gegenseitig vereinigen (vgl. z.B. P a x 1885, p. 309—310), zeigt sich der Einfluss dieser Störung auch jetzt am kräftigsten in den Geweben am Aussenrand des Fruchtblattes, und als eine Folge davon bleibt das Fruchtblatt offen. Gleichzeitig werden die auf seiner Innenseite gelegenen Gewebe gleichsam unter dem Einfluss eines Druckes aus dem Inneren herausgepresst, wobei auch die Randpartien des ungeschlossenen Fruchtblattes selbst an den Veränderungen teilnehmen. Offenbar ist schon P a x (op. c., p. 314) auf diese Anomalien aufmerksam geworden, indem er erwähnt, dass an einer Kulturform von *A. platanoides* die stark vergrösserten und mehrfach gelappten Karpellen, die untereinander nicht verwachsen waren und sich ebenfalls nicht geschlossen hatten, auf ihrer Oberfläche neben den stark reduzierten Ovula Papillenbildungen trugen. Ob es sich auch hierbei um die *laciniatum*-Form gehandelt hat, geht aber weder aus dieser noch aus anderen diesbezüglichen Arbeiten des Autors (1896, 1902) hervor.

Jene anomalen Blüten sind, wie dies ja auch durchaus natürlich erscheint, anscheinend nicht fähig zur weiteren Entwicklung, sondern sie fallen fast gleichzeitig mit den männlichen Blüten ab, so dass an dem betreffenden Baum wenigstens in den letztvergangenen Beobachtungsjahren keine einzige Blüte Gelegenheit zur Weiterentwicklung erhalten hat. Ob die Form stets nicht-fruchtend, »steril» auftritt, hat sich aus der zur Verfügung gestandenen Literatur nicht ermitteln lassen. Eine Stütze für eine solche Auffassung könnte eventuell in dem Umstand zu erblicken sein, dass auf sämtlichen auf die fragliche Form bezüglichen Abbildungen die in der *Acer*-Taxonomie sonst so wichtige und gewöhnlich nicht ausbleibende Darstellung der Früchte fehlt (vgl. L o u d o n 1838, p. 445, Abb. 121; 1875, p. 66, Abb. 128). Anderseits führt jedoch v. S c h w e r i n (1896, p. 191) *Acer platanoides laciniatum* unter denjenigen schlitzblättrigen Ahornformen auf, die in seinen Zuchtversuchen lediglich typische nicht laziniierte Formen ergaben. Dies mag wohl nur so gedeutet werden können, dass wenigstens ein Teil der Blüten dieser Form keimfähigen Samen produziert hat, ein Umstand, der auch schon insofern natürlich erscheint, als die Blüten hinsichtlich ihres diesbezüglichen Anomaliegrades eine weitläufige Variation erkennen lassen. Anderseits liesse sich dieser Widerspruch eventuell auch darauf zurückführen, dass es sich gar nicht immer um Vertreter der *A. platanoides* f. *laciniatum* aus dem gleichen Klon, sondern um solche aus verschiedenen Klonen gehandelt hat, in denen z. B. die Verteilung der verschiedenen Blütenformen (hermaphroditische, männliche oder weibliche) wie bei *A. platanoides* im allgemeinen wechselnd erscheinen kann (vgl. W i t t r o c k 1886).

Anderseits weiss jedoch L o u d o n (1875, p. 84) in erster Hand wohl mit Bezug auf die Entstehung dieser Form zu berichten, dass »it is frequently produced from seed, being found by nurserymen among seedlings of the species» (vgl. auch d e V r i e s 1906, p. 376). Auch v. S c h w e r i n (op.c., p. 190) erwähnt, dass schlitzblättrige Formen im allgemeinen recht selten unter den Sämlingen vorkommen. Es möge erwähnt werden, dass dies in einigem Umfang auch bei uns zutreffen könnte, denn im Sommer 1946 stiess ich beim Hause Torhola in Karkalinniemi, Lohja, Südfinnland, auf ein *Acer platanoides*-Exemplar, dessen Blätter *laciniatum*-artig, aber weniger stark zerschlitzt sind, die Hauptnerven immerhin am Grunde deutlich keilförmig zusammenlaufen.

6. **Acer saccharinum** f. **laciniatum** Pax

Auch vom Silberahorn kennt man eine schlitzblättrige Form, f. *laciniatum*, oft auch f. *Wieri* genannt. Diese Form ist bei der vorliegenden Untersuchung durch einen heute etwa 10 m hohen und 60 cm im Umfang messenden Baum in den dendrologischen Anlagen des verstorbenen Professors Dr. Gust. Komppa, dem Arboretum Tammisto in Karjalohja, Südfinnland (vgl. z.B. Komppa 1926, p. 193), vertreten gewesen.

Über den Ursprung dieser Form weiss man, dass erst nachdem der Silberahorn im Jahre 1725 nach England gekommen war (Loudon 1838), die laziniierten Formen bekannt geworden zu sein scheinen, und zwar erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts. Nach Koch (1869) war die Form um diese Zeit unter den Namen »*Acer laciniatum Wageneri*» und *Acer Pavia* in Frankreich vorhanden (vgl. auch Jäger — Beissner 1884, p. 4; v. Schwerin 1893, p. 4).

Das Blatt der jetzt in Rede stehenden Form repräsentiert indessen, wie aus Abb. 24 leicht zu schliessen ist, weitaus nicht eine so kräftige Reduktion der Blattspreite wie bei der im vorhergehenden besprochenen *laciniatum*-Form des Spitzahorns (vgl. auch v. Schwerin op.c., p. 5, Abb. 21; Krüssmann 1951, p. 30, Abb. 7). Von den vielen Formen des Silberahorns betrachtet v. Schwerin (op.c., p. 2) als meist kennzeichnend für die Art die *genuinum* benannte, bei der die Blätter stets ausgeprägt fünflappig, nicht tief gelappt, am Grunde mehr oder minder herzförmig sind. Da mir kein Vertreter dieser Form bekannt gewesen ist, habe ich als Vergleichsform die hierzulande ziemlich häufig angebaute *palmatum*-Form gewählt, die der *genuinum*-Form offenbar sehr nahe steht, bei der aber die Blätter zu beiden Seiten des Mittellappens tiefer eingeschnitten sind (vgl. v. Schwerin op.c., p.

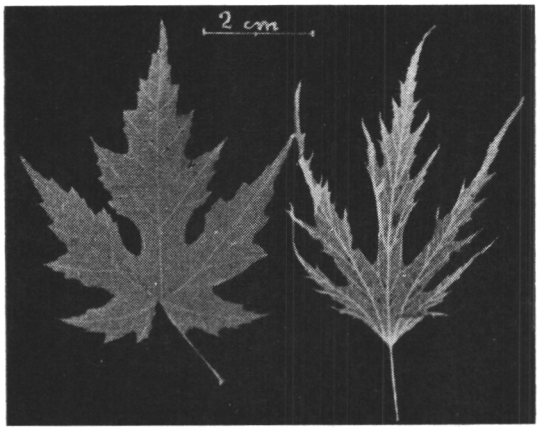


Abb. 24. Blätter von *Acer saccharinum* f. *palmatum* (links) und f. *laciniatum* (rechts). — Photogramm.

5, Abb. 1 und 15; siehe auch Pauley & Johnson 1952, Abb. 1:2). Ein Vergleich mit dem Blatt der f. *palmatum* ergibt jedoch auch hier ganz unzweideutige, für Schlitzblattformen kennzeichnende Züge. Wie bei der vorhergehenden, vollzieht sich das Einreissen der Blattspreite auch bei dieser Ahornart ähnlich in beiden Hälften des Blattes. Die Blattschlitzung ist also auch bei dieser Art mit gegenständiger Blattstellung symmetrisch. Ferner erkennt man auch hier den schmal keilförmig auslaufenden Blattgrund, dem eine unverkennbare Zusammenziehung der Blattnervenwinkel entspricht, desgleichen die schmale Ausformung der ganzen Blattspreite sowie die, im vorliegenden Falle allerdings nur ziemlich schwach hervortretende Leierform der Blattzipfel als ein Anzeichen davon, dass bei dem im Vergleich zu f. *palmatum* um etwa 23 % geschrumpften Blatte in erster Linie gerade die Interkostalfelder von der Verschmälerung betroffen worden sind. Ausserdem erscheint die bei der *palmatum*-Form leuchtend weisse Unterseite des Blattes hier ausser schwächer leuchtend, auch gewissermassen milchblau schimmernd und dazu noch gleichsam blasig uneben. Auch das feine Netzwerk der Nerven ist zumal in den Interkostalfeldern, den Interkostalfalten der Blattanlage, in der Längsrichtung der Hauptnerven gedehnt, so dass es auf der Blattfläche abermals zu deutlichen Anzeichen von kräftigeren akzessorischen Nerven gekommen ist. Damit einhergehend konstatiert man entsprechende Umwandlungen auch im anatomischen Bau. Auch hier findet man an den betreffenden, dünner werdenden Stellen ein dem Blattrand entsprechendes Gewebe vor, bei welchem sowohl das Palisadenparenchym als jegliches andere assimilierende Gewebe, desgleichen die Blattspreitenepidermis schwach vertreten sind. Doch ist dieser Prozess hier noch nicht so weit gediehen, dass das »Reissgewebe» als zusammenhängendes, regelmässiges Gebilde vollends bis zum Nervenwinkel hineinreichte, ein Umstand, auf welchen auch schon das niedrige Schrumpfungsprozent der Blattspreite hindeutet. Auf diese von der normalen abweichenden mosaikartig bunten Färbung des Blattes sind kürzlich auch Pauley & Johnson (op. c.) aufmerksam geworden. Sie führen sie aber sowohl bei *Acer saccharinum* f. *laciniatum* als auch bei anderen, noch extremer schlitzblättrigen Formen der Art auf Virusinfektion zurück.

Besonders charakteristisch für die fragliche Form scheint die Heterophyllie zu sein. So sind namentlich die Spätblätter sehr tief geteilt, bedeutend tiefer als die früher entstandenen. Demnach erscheint die Schlitzblättrigkeit auch beim Silberahorn, zumal an den Langtrieben, deutlich progressiv. Bei jugendlichen Pflanzen ist sie nach Jahn (1933, p. 294), deutlicher als bei alten, bei Schattensprossen und Adventivtrieben auffälliger als bei Sonnenzweigen älterer Bäume. Diese im Gegensatz zu *Acer platanoides* und auch den anderen früher besprochenen Arten, *Corylus*, *Tilia* und *Ribes*, hervortretende Progressivität der Blattschlitzung ist nicht einzig auf die

jetzt in Frage stehende Form beschränkt, sondern auch z.B. bei *A. saccharinum* f. *heterophyllum* soll die Verschiedenheit der Blätter besonders gross sein, indem einige Blätter *palmatum*-ähnlich erscheinen, so dass die Pflanze mit ihren zweierlei Blattformen einen eigentümlichen Eindruck macht (siehe v. Schwerin 1893, p. 6). Schon aus diesem Grunde sind auch bei den Formen dieser Art stets nur gleichwertige Blätter einander gegenüberzustellen, wie dies auch überhaupt bei den *Acer*-Arten notwendig ist, bei denen die Blattform bekanntlich in den verschiedenen Teilen ein und desselben Triebes grossen Schwankungen unterworfen ist (Zabel 1887, p. 434—435; v. Schwerin op.c., p. 1).

In betreff des allgemeinen Aussehens stellt man auch hier eine gewisse Hängeästigkeit fest (vgl. v. Schwerin 1896, p. 181; Rehder 1947, p. 584; Krüssmann 1951, p. 35), die sogar so stark ausgeprägt sein kann, dass die Form in manchen Fällen (z.B. Beissner 1898, p. 33; Silva Tarouca & Schneider 1922, p. 450; Olbrich 1929, p. 225) unter den Hängeformen aufgezählt wird. Es ist gleichfalls zu bemerken, dass sowohl bei der jetzt in Rede stehenden *laciniatum*-Form als bei der vorhin erwähnten f. *heterophyllum* das Laub nach v. Schwerin (1893, p. 4) häufig noch im Februar an der Pflanze haftet, als offenbares Anzeichen wiederum davon, dass die normale Bildung des Trennungsgewebes auch bei diesen schlitzblättrigen Formen verhindert worden ist. Dabei zeigt auch bei diesem Baum die Blattnarbe wellige Konturen, gleichzeitig aber der symmetrischen Blattschlitzung entsprechend eine im ganzen regelmässigere Gestalt als bei den im vorhergehenden besprochenen Formen.

Wie die Blüten und Blütenstände gebaut sind, ist in diesem Zusammenhang unermittelt geblieben, weil der jetzt in Frage stehende Baum bisher noch nicht geblüht hat. Bei einer im Herbst 1951 vorgenommenen Untersuchung der Knospen wurden jedoch in einigen von ihnen Blütenanlagen gefunden. Während die meisten *Acer*-Arten Zwitterblüten besitzen, die durch Insekten bestäubt werden, gehört *A. saccharinum* zu den diözischen und dazu noch windblütigen Arten der Gattung, mit recht verschieden geformten männlichen und weiblichen Blüten (siehe Eichler 1878, p. 353; Goebel 1928, p. 151). *A. saccharinum* f. *laciniatum* kommt meist in rein weiblichen Individuen vor, auch wenn man unter den Vertretern dieser wie auch einiger anderen Formen der Art Bäume findet, die gleichzeitig männliche und weibliche Blüten tragen (vgl. v. Schwerin 1896, p. 188). Letzteres wäre nun nach der ausgeführten Knospenuntersuchung auch bei dem vorliegenden Individuum der Fall. Ein Teil der Blütenanlagen bestand nämlich aus unzweideutigen perianthlosen männlichen Blüten, während es bei den anderen neben den Staubblättern zu der Bildung sowohl eines Gynäzeums als auch eines Perianths gekommen war. Rein weibliche Blüten schienen dagegen in den Knospen völlig zu fehlen. Besondere Beachtung

verdient der Umstand, dass hier ganz wie bei der im vorhergehenden besprochenen schlitzblättrigen Form von *A. platanoides* jedenfalls die Anzahl der Staubblätter Schwankungen unterworfen war. Ebenso waren einige Staubblütenanlagen in ihrer Grössenentwicklung stark zurückgeblieben. Dagegen liessen sich bei den Fruchtblättern jedenfalls keine deutlichen Bauunterschiede im Vergleich zum normalen Fruchtblatt nachweisen, ein Umstand, der angesichts des im Vergleich zu *A. platanoides* f. *laciniatum* bedeutend geringeren Schrumpfungswertes des Blattes auch durchaus verständlich erscheint. Dass die weiblichen Exemplare von *A. saccharinum* f. *laciniatum* in der Tat sowohl zur Frucht- als zur Samenbildung fähig sind, das beweist uns die Erwähnung bei J a h n (op.c.), dass die fragliche Form bereitwillig fruchtet, sowie dass auch den Saatbeeten unendliche Spielarten entnommen werden können. Ebenso weist schon L o u d o n (1875, p. 90) auf jene »endless varieties» in bezug auf die Schlitzblättrigkeit bei den Keimlingen hin. Unter diesen aus Naturbestäubung hervorgegangenen Keimlingen, die J a h n (op.c., p. 295) einer näheren Analyse unterzogen hat, befanden sich auch solche, deren Blätter sogar stärker als die der jetzt zu besprechenden Form geteilt sind (vgl. auch P a u l e y & J o h n s o n 1952). Vornehmlich aus diesem Grunde vermutet denn J a h n auch, dass man in der *laciniatum*-Form gewissermassen einen intermediären Hybriden erstenhands wohl der normalen *genuinum*-Form und der nahezu bandförmig zerschlitzten *dissectum*-Form zu erblicken habe. Die genetische Seite des Schlitzblättrigkeitsproblems werde ich jedoch demnächst in einer besonderen Arbeit zur Behandlung aufnehmen.

In diesem Zusammenhang wirft sich der Gedanke auf, ob nicht vielleicht auch die *palmatum*-Form des Silberahorns gleichfalls eine, wenn auch nur schwach schlitzblättrige Form verträte. Dies wäre u.a. durch ihr Auftreten auch in einer *heterophyllum*-Form angedeutet, und jedenfalls v. S c h w e r i n (1893, p. 4) hat sie in die der *laciniatum*-Gruppe nahestehende *subtrilobatum*-Gruppe verlegt. Vor allem weisen die zwischen dem Mittel- und den Seitenlappen des *palmatum*-Blattes weit gegen den Mittelnerv vorstossenden, in ihren Konturen freilich gerundeten Einschnitte (vgl. Abb. 24) nach dieser Richtung; in dieser Hinsicht hätte man es denn auch vielleicht am nächsten mit einer der *palmatifidum*-Form von *A. platanoides* entsprechenden Parallelform zu tun (vgl. z.B. v. S c h w e r i n op.c., p. 55, Abb. 22; S c h n e i d e r 1912, p. 228, Abb. 155:*c*). Als weitere Stütze der erwähnten Annahme könnte vielleicht gelten, dass auch bei den Blüten dieser Form gewisse Anomalien zum Vorschein treten. So sind zumindest bei vier von mir untersuchten Individuen neben den rein weiblichen auch zwittrige Blüten vorgekommen, die einen eigenartigen Bau aufzuweisen haben. Ausser dass bei ihnen die Blütenstiele oft verlängert erscheinen, findet man auch in der Blüte selbst einige Zipfel des verwachsenblättrigen Kelchs bedeutend länger

als die anderen vor. Mitunter kann die ganze eine Hälfte des Perianths von dieser Veränderung betroffen worden sein, ein andermal wieder hat sich nur ein kleiner Teil des ausgerandeten Perianthblattes in die Länge gedehnt. Gleichzeitig findet man auch die Filamente des anliegenden Staubgefässes oder der Staubgefässe verlängert. Dabei scheint in den Pollensäcken wenigstens in gewissem Umfang Pollenbildung stattzufinden. Offenbar von der geringen Menge und der schlechten Qualität des erzeugten Pollens — dieser scheint überdies sehr ungleich gross zu sein — rührt es her, dass diese bei uns gewöhnlich als Solitärbäume aufgewachsenen Individuen nach meinen Beobachtungen wenigstens in den letztvergangenen Jahren keine Früchte erzeugt haben; nur bei Elfving (1913, p. 43) findet sich eine Erwähnung über einen in einem Privatgarten in Helsinki stehenden Silberahorn, der Früchte getragen hat. Hat es sich hierbei um einen Vertreter der *palmatum*- oder irgendeiner anderen Form gehandelt, ist heute nicht mehr genauer bekannt. Auch Pax (1885, p. 305—306) hat schon früher beim Silberahorn ganz ähnliche Blütenanomalien festgestellt, über derlei schon oben die Rede war, er erwähnt aber nicht, um welche Form es sich dabei gehandelt hat. Zieht man in Betracht, dass die f. *palmatum* offenbar zu den am häufigsten kultivierten Formen des Silberahorns gehört, so erscheint es sehr wahrscheinlich, dass sich die Angabe gerade auf diese Form bezieht. Da Pax (1886, p. 180) die f. *palmatum* dem normalen Silberahorn (»*normalum*») zuzählt, könnte auch die Auslassung des Namens als eine Andeutung dahin ausgefasst werden (vgl. jedoch S. 66).

7. Caragana arborescens f. lorbergi Koehne

Auch beim Erbsenstrauch, *Caragana arborescens* Lam., kennt man zwei Formen: *sophoraefolia* Dipp. und *lorbergi* Koehne, bei denen die Blättchen des paarig gefiederten Blattes im Vergleich zum Normalblatt mehr oder minder verschmälert erscheinen. Bei f. *sophoraefolia* sind sie hautartig (Koch 1869, p. 47), nach Dippel (1893, p. 710) 6—8 mm, nach Koehne (1906, p. 61) 4—5 mm breit, bei der *lorbergi*-Form hinwieder nur 1—2 mm, an einzelnen grösseren Blättern höchstens bis 4 mm breit (Koehne l.c.; Komarov 1909, p. 332). Bei dieser letzteren, in der Lorbergschen Baumschule bei Berlin erst im Beginn dieses Jahrhunderts entstandenen Form (vgl. z.B. Rehder 1947, p. 514) tritt die Verschmälerung der Blätter demnach viel stärker in Erscheinung als bei der schon länger bekannten f. *sophoraefolia*, die später als ein Bastard der Arten *Caragana arborescens* Lam. und *C. microphylla* Lam. gedeutet worden ist (vgl. z.B. Schneider 1912, p. 1016) und uns darum hier weniger interessiert.

Die f. *lorbergi* ist in meinem Material durch drei Sträucher vertreten: einen etwa 40jährigen, 2.4 m hohen Strauch im Botanischen Garten der Universität in Helsinki (siehe Elfving op. c., p. 40) und zwei 1.8 bzw. 1.2 m hohe Sträucher im Arboretum Tammisto in Karjalohja. Schon die Wachstumsweise dieser Sträucher ist bemerkenswert. Sie wachsen nicht so aufrecht wie die normale *C. arborescens* und ihre Äste sind deutlich zarter, dabei einigermassen gedreht, spärlich verzweigt und gertenförmig, so dass der ganze Strauch äusserlich einen zarten und luftigen Eindruck macht. Alle drei Sträucher haben in den Beobachtungsjahren regelmässig und sogar reichlich geblüht; reife Früchte sind indessen in keinem einzigen Falle festgestellt worden, im Gegenteil scheinen die Hülsen durchgehends schon ziemlich früh abzufallen.

Vergleicht man die Blätter der *lorbergi*-Form mit denen des normalen Strauches, so konstatiert man, dass in der Länge des ganzen Blattes, d. h. des Mittelnervs, kein wesentlicher Unterschied besteht (siehe Abb. 25). Die Unterschiede treten uns deutlich erst beim einzelnen Blättchen entgegen. Dieses ist bei der *lorbergi*-Form stark verschmälert, nahezu linealisch, dagegen nicht kürzer als bei der Normalform. Meist ist jedoch das Blättchen gegen sein Ende etwas breiter (vgl. auch Krüssmann 1937, p. 60), eine Eigenschaft, die übrigens auch bei der f. *sophoraefolia* vorzukom-

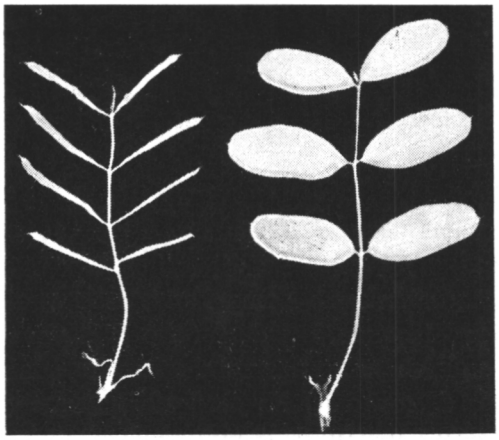


Abb. 25. Kurztriebblätter von *Caragana arborescens* f. *lorbergi* (links) und f. *typica* (rechts). Photogramm, $^1/_1$.

men scheint (vgl. Schneider 1912, p. 96, Abb. 60: *i*). Der Enddorn des Blattes, welcher nichts anderes ist als das zum Rhachisdorn verkümmerte Endblättchen (vgl. Troll 1939, p. 1448, Abb. 1195: II und III), ist bei f. *lorbergi* spitzer und deutlicher ausgeprägt (siehe Abb. 25). Weiter bemerkt man, dass die Blättchen bei der schmalblättrigen *lorbergi*-Form bei weitem nicht immer streng paarweise, sondern zumal im Endabschnitt des Blattes oft alternierend angeordnet sind. Mitunter ist diese Unregelmässigkeit sogar so weit gegangen, dass die Anzahl der Blättchen beiderseits der Mittelrippe ungleich ist. In solchem Falle hat sich das oberste, unpaar gebliebene Blättchen gleichsam an die Stelle des Endblättchens, doch etwas schräg seitlich zum vorerwähnten Rhachisdorn gesetzt (vgl. auch Krüssmann l.c.). Diese abweichende, asymmetrische Anordnung der Blättchen bei der *lorbergi*-Form führt unwillkürlich den Gedanken auf die bei den asymmetrischen Schlitzblattformen von *Ribes nigrum* hervortretende, vom einen Blattrand zum anderen übergreifende, spiralige Verschiebung (vgl. S.53). Da die normalen Blätter bei *Caragana arborescens* symmetrisch gebaut sind, die Blattstellung aber eine schraubige ist, schiene vor allem gerade die Blattstellung massgebend dafür, ob die Blätter bei den Vertretern der fraglichen Formen symmetrisch oder asymmetrisch auftreten. Des weiteren zeigen die Blätter der Langtriebe, ausser einer grösseren Blättchenzahl, auch einigermassen breitere Form als die der Kurztriebe, ohne dass jedoch von einer eigentlichen Progressivität bzw. Regressivität gesprochen werden kann. Auch die Nebenblätter, die bei der Normalform bekanntlich zu kleinen Stacheln verdornt sind (Taubert 1894, p. 283; Troll l.c.), sind bei der *lorbergi*-Form stark verschmälert (vgl. Abb. 25), wonach also die »Verzartung» in Wirklichkeit auch hier dem Blatte in seiner Gesamtheit ihr Gepräge aufdrückt.

Bei näherer Betrachtung des Randes eines solchen verschmälerten Blättchens gewahrt man, dass er unterseits von einem ähnlichen wulstförmigen Gebilde umsäumt ist, wie er bei den meisten im vorhergehenden besprochenen schlitzblättrigen Formen gefunden wurde. Stellenweise nähert sich dieser von oben auf die Unterseite übergreifende Wall mehr dem Mittelnerv des Blättchens. Die Unterseite des Blättchens erscheint infolge der

besagten, den Blattrand wellenförmig begleitenden Wulstbildung auch zweifarbig, indem zwischen dem dunkleren Wulst und dem Mittelnerv ein verhältnismässig breites, deutlich helleres Gebiet eingeschlossen bleibt, das dieselbe Farbe hat wie die Unterseite des Normalblattes.

Ein quer durch die Blättchenbasis geführter Schnitt (Abb. 6:G) zeigt nun, dass dieser Blattrandwulst ein durchaus ähnliches, aus dem hufeisenförmig auf die Blattunterseite übergreifenden Palisadenparenchym (*p*) nebst den Blattrand stützenden Elementen (*n*) aufgebautes Gewebe wie bei den schlitzblättrigen Formen von Erle und Hasel darstellt. In der Mitte dieses umgebogenen Teiles findet man, vom Palisadenparenchym umgeben, oft einige lockerer angeordnete, durch weite Interzellularen voneinander getrennte Zellen, die augenscheinlich nichts anderes sind als Zellen des normalerweise dem Palisadenparenchym untergelagerten Schwammparenchyms. Dieses eingeschlossene Element tritt uns, wenngleich nicht immer mit der gleichen Deutlichkeit, auch in den entsprechenden Teilen der Blätter von *Alnus* (Abb. 6:A), und *Corylus* (Abb. 2:F) entgegen (siehe auch Hjelmqvist 1944, p. 27, Abb. 7: *a* und *c*).

Vergleicht man nun dieses wulstförmige Gebilde mit einem apikalen Querschnitt durch ein *typica*-Blättchen (Abb. 6: F), so stellt es sich heraus, dass ein ähnlicher Randwulst auch bei diesem vorkommt. Bei der schmalblättrigen Form reicht aber der typische halbmondförmige Randwulst auf der Blattunterseite näher zum Mittelnerv und bewirkt es, dass der Blattrand wie »karikiert» wird. Auch der dem Blattrand folgende Nerv, der sich auch bei der *lorbergi*-Form zu einem mehr oder minder zusammenhängenden, den Rand des polsterartigen Wulstes begleitenden und parallel zum Mittelnerv verlaufenden »akzessorischen Nerv» herausgebildet hat, hat sich schräg eingestellt (vgl. Abb. 6:G). Zumal seine Parenchymscheide hat dabei eine solche Lage eingenommen, dass sich die ihr zugehörigen dickwandigen Stützzellen (*n*) auf der Blattoberseite bis zum Blattrand hinan erstrecken, während sie sich auf der Unterseite oft (so z.B. im Falle unserer Abbildung) mit den entsprechenden Elementen des Mittelnervs vereinigen. Die assimilierenden Teile der Blattspreite werden dadurch auch bei dieser Form durch die von der schräggestellten und im Querschnitt S-förmig gebogenen Parenchymscheide gebildeten lederartigen Elemente voneinander getrennt. Ausserdem zeigen auch die Spaltöffnungen eine gewisse Neigung, sich in die Nähe des Mittelnervs zu verlegen. Wir finden somit auch bei *Caragana arborescens* f. *lorbergi* den Grenzsaum zwischen Blattober- und -unterseite auf die Unterseite des Blattes verlegt, als ein offenbares Anzeichen dafür, dass sich der Schrumpfungsprozess bei dieser Form ganz ebenso wie bei den früher besprochenen stärker auf der Unterseite, d.h. auf der der ursprünglichen Aussenseite entsprechenden Seite des Blattes geltend macht. Damit einhergehend breiten

sich die zur Parenchymscheide gehörenden äussersten Elemente des Blättchens auf die eingeengten Interkostalfelder aus.

Man bemerkt ferner, dass auch der Mittelnerv des Blättchens unmässig verbreitert ist. Auch dies mag schlechthin eine Folge davon sein, dass an seiner Bildung in diesem Falle auch die Basalabschnitte der sich nur allmählich vom Hauptnerv trennenden Seitennerven teilgenommen haben. In dieser Hinsicht, wie auch in der furchigen Oberflächenstruktur des ganzen Nervs, erinnert dieses verschmälerte Blättchen am nächsten an die bei der *crispa*-Form von *Ulmus montana* waltenden Verhältnisse; doch lassen sich hier beim eigentlichen Hauptnerv keine Anzeichen einer Vergrünung der Parenchymscheide nachweisen.

Der anatomische Bau des *lorbergi*-Blattes erweist uns also nochmals, dass je nachdem wie sich die Blattspreite verschmälert, auch das den Blattrand zumal an der Basis und an der Spitze des Blättchens bildende Gewebe gleichsam näher zum Mittelnerv gezogen wird, wobei es in seinem ganzen Verlauf unregelmässig wellig verbogen und knorpelig nach unten aufgetrieben wird. Auf diese Weise erhält das ganze *lorbergi*-Blättchen eine Struktur, ähnlich wie es das *typica*-Blättchen an seiner Spitze und Basis zeigt. Das Verhältnis gestaltet sich hier weitgehend ähnlich wie z.B. bei der von Schiemann (1941) sowohl genetisch als anatomisch untersuchten *Antirrhinum majus*-Mutation *filiforme*. Bei dieser Form, bei welcher die Blätter über verschiedene Zwischenformen von normalen bis zu fadenförmigen variieren, kann festgestellt werden, dass Hand in Hand mit der Verschmälerung des Blattes die dem Blattrand entsprechenden Gewebe dem Mittelnerv nähergetragen werden, so dass im äussersten Falle das ganze Blatt lediglich aus dem allseitig von den Geweben des Blattrandes umgebenen Mittelnerv gebildet ist.

Auch bei der Blüte der *lorbergi*-Form von *Caragana arborescens* ist es zu Veränderungen gekommen, die hier wegen der Grösse der Blüten noch deutlicher als bei den bisher behandelten, meistens kleinblütigen Arten zum Vorschein treten (Abb. 26). Dies betrifft zumal die Kronblätter. Schon Koehne (1906, p. 61) erwähnt, dass bei der *lorbergi*-Form die Fahne erheblich schmäler als sonst erscheint und dass sie etwa in der Mitte des Randes zuweilen einen etwa 1 mm langen, spitzen oder zweispitzigen Zahn trägt. Dieser entspricht bei der normalen *typica*-Form derjenigen Stelle, wo die in der Mittellinie dicht gehäuften und am strengsten parallel gestellten Nerven in der Fahnenspitze enden und es bedingen, dass diese Stelle zugleich zu dem festesten und tragkräftigsten Teil des ganzen Blattes geworden ist (*b*). Es ist denn auch offenbar, dass bei diesem verschmälerten und daher nur noch um so ausgeprägter parallelnervigen Kronblatt dieser Teil schon eine dermassen steife Struktur erhält, dass das Blatt sich hier nicht mehr vollständig zu entfalten vermag, sondern mehr oder minder weitgehend die rinnenartige Form beibehält, das es in der Knospenlage hatte.

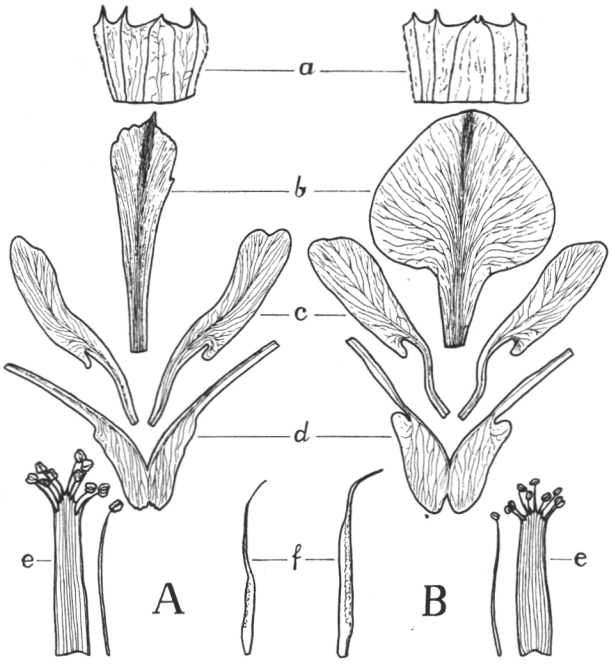


Abb. 26. Blüte von *Caragana arborescens* f. *lorbergi* (A) und f. *typica* (B), in ihre Komponenten zerlegt. *a*. Der becherförmige Kelch, aufgeschnitten und ausgebreitet, *b*. Fahne, *c*. Flügel, *d*. Schiffchen, *e*. Staubblätter, *f*. Gynäzeum. Etwa $^2/_1$.

Mit anderen Worten, dieselbe Falte der Fahne, die bei der *typica*-Form nur ziemlich schwach an der Spitze dieses Kronblattes zum Vorschein tritt (vgl. auch Schneider 1912, p. 94, Abb. 59: *d*), erstreckt sich bei der *lorbergi*-Form weit hinab gegen die Blattbasis (*b*). Ausserdem findet man den erwähnten Endzahn oft noch hakenförmig einwärts umgebogen, als Anzeichen davon, dass sich das Blatt auch in dieser Richtung nicht vollständig zu öffnen vermocht hat. Untersucht man nämlich die noch unentfaltete Blütenknospe bei der *typica*-Form, so findet man, dass die übrigen Teile der Blüte im Schutze des umgebogenen Endabschnitts der Fahne liegen. In keinem einzigen von mir untersuchten Fall ist aber der Endzahn der Fahne bei der *lorbergi*-Form zweispitzig gewesen, wie Koehne (l.c.) erwähnt; vielleicht bewirken es die hakige Form der Spitze und ihr auch sonst spröder Bau, dass sie leicht abbricht und dann den Eindruck eines zweispitzigen Zahns macht. In der Tat tritt uns diese Zuspitzung der Fahne, die sich auch hier in erster Hand gerade auf Kosten des interkostalen Gewebes zu vollziehen scheint, als eine durchaus analoge Erscheinung zu denjenigen Veränderungen entgegen, die sich beim grünen Laub abgespielt haben. In beiden Fällen ist das Blattende zu einer scharfen, mehr

oder minder knorpelig-kerbzähnigen Zahnspitze geworden; auch die Schrumpfungswerte — beim Laubblättchen 77.2 %, bei der Fahne der Blütenkrone 67.7 % — sind von gleicher Grössenordnung.

Dieselbe Verschmälerungstendenz kommt auch bei den übrigen Kronblättern, den Flügeln (*c*) und dem Schiffchen (*d*) zum Vorschein, doch erscheint sie hier wegen der überhaupt schmäleren Formausbildung dieser Blütenteile weniger ausgeprägt. Die Nerven zeigen auf jeden Fall einen dichteren Verlauf als bei der Normalform und machen so das Blatt steif und unnachgiebig.

Zwischen dem im Universitätsgarten in Helsinki aufgewachsenen Individuum einerseits und den im Arboretum Tammisto in Karjalohja stehenden Sträuchern anderseits gibt sich jedoch auch eine individuelle Variation zu erkennen. Beim ersteren sind nämlich die Kronblätter, insbesondere die Fahne (Abb. 26) stärker verschmälert als bei den beiden anderen, bei denen sie sich überdies noch durch einen weniger geraden Verlauf ihrer Ränder auszeichnen. In dieser Hinsicht erinnert der schlitzblättrige Erbsenstrauch an die wohlbekannte, seit 1590 kultivierte *laciniatum*-Form von *Chelidonium majus*, bei der, wie eingangs bereits erwähnt wurde, sich die Aufteilung der Laubblätter auch bei den Kronblättern wiederholt (vgl. z.B. Roze 1895, p. 296; de Vries 1906, p. 90—91, 373), und zwar noch so, dass bei dieser Form eine deutliche Variation im Teilungsgrad der besagten Blattkategorien vorkommt (vgl. z.B. Stubbe 1938, p. 1).

Ähnlicherweise ist es auch beim Andrözeum (*e*) zu Veränderungen gekommen. Zwar erscheint die Anzahl der Staubblätter selbst weder vermindert noch vergrössert, dagegen weisen letztere einen zarteren Bau auf und die von den verwachsenen Staubblättern gebildete Röhre ist enger als bei der Normalform. Die Oberfläche der ungeöffneten Anthere wirkt einigermassen uneben. Besonders deutlich zeigt sich die Wirkung dieser Baueigentümlichkeit beim Betrachten der geöffneten Anthere (Abb. 27:*c* und *d*). Während sich nämlich die Antherenwände bei der Normalform beim Aufspringen rücklings fest zusammenrollen, kommt diese Zusammenrollung bei der *lorbergi*-Form, anscheinend gerade dem obenerwähnten abweichenden Antherenbau zufolge, nur schwach zum Vorschein: die Wände bleiben sperrig herausstehen und bewirken es, dass die Antheren in diesem Stadium äusserlich grösser als bei der Normalform erscheinen (vgl. auch Abb. 26).

Selbst das Gynäzeum ist bei der *lorbergi*-Form nicht von den Veränderungen unberührt geblieben. Es ist deutlich zarter als beim normalen Strauch, und zumal der Fruchtknoten ist recht kurz geblieben, während der Griffel lang, schmal und zart von Bau erscheint (Abb. 26:*f*). Während die Zahl der Samenanlagen bei der Normalform gemäss meinen Zählungen durchschnittlich 20—23 beträgt, ist sie bei der *lorbergi*-Form auf 9—13, mitunter sogar auf nur 3 herabgesunken. Infolge der Verkürzung der Bauchnaht ist

der Fruchtknotenhohlraum an seinem oberen Ende schroff eingeengt und ragt nicht so weit in den Griffel hinein wie bei der Normalform. Weiter ergibt es sich, dass der Griffel auf der plazentalen Seite offen geblieben ist (vgl. *Acer platanoides* f. *laciniata*, S. 64), und oft findet man dazu seine eine Flanke in die andere eingerollt, während die beiden Seitennerven dem Mittelnerv näher gerückt sind (vgl. Abb. 27:*b*). Gerade hierauf beruht wohl offenbar auch die Haltlosigkeit des Griffelteils und seine schon früh einsetzende Verkümmerung. Mit dieser Bauanomalie des Griffels einhergehend hat auch die Narbe eine spitzere Kontur angenommen, und oft erscheint dazu ihr Ende eingebogen. Infolgedessen findet man die Narbenpapillen weniger dicht treppenförmig übereinander auf der Innenseite der Narbenkrümmung gehäuft (Abb. 27:*a*).

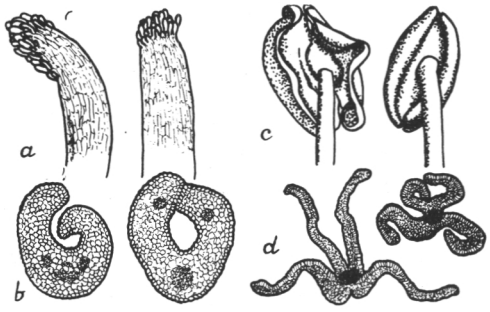


Abb. 27. Detailansicht der Narbe (*a*) und eines Staubblattes (*c*) nebst Querschnitten durch den Griffel (*b*) und ein Staubblatt (*d*) von *Caragana arborescens* f. *lorbergi* (links in jedem Paar) und f. *typica* (rechts). — *b* $^{58}/_{1}$, *d* $^{38}/_{1}$.

Es ist offenbar, dass sich diese Bauänderungen des Gynäzeums notgedrungen auch auf die Bestäubungs- und Befruchtungsverhältnisse bei dieser insektenblütigen Pflanze auswirken müssen. So scheint es, wie wenn die — vielleicht auch ohnehin schwächer konzeptionsfähigen — Papillen auf der Innenseite der Narbenkrümmung nicht annähernd so gut wie die Papillen der stumpfspitzigen und pinselförmigen Narbe der Normalblüte (Abb. 27:*a*; vgl. auch Mönch 1911, p. 101, Abb. 8) imstande wären, den Pollen aufzufangen und ihn zu halten. Und auch die offene Bauchnaht des Griffels dürfte sicherlich nicht ohne nachteilige Wirkung auf die Wachstumsmöglichkeiten der Pollenschläuche und damit auf den Befruchtungsvorgang selbst sein. Beachtet man dazu auch noch die Veränderungen, die sich in den übrigen Teilen der Blüte abgespielt haben: die Verengung der Staubblattröhre, die schwache Ausbildung der Honigdrüsen, die Versteifung der Kronblätter und die dadurch vielleicht bedingte Unnachgiebigkeit der Blütenblätter, so ist es leicht verständlich, dass die zur Hauptsache durch Vermittlung der Insekten stattfindende Bestäubung bei der *lorbergi*-Form schon dermassen erschwert ist, dass die Form trotz reichen Blühens anscheinend völlig steril auftritt. Dazu verdient erwähnt zu werden, dass die bis nach unten offene Lücke zwischen den Kronblättern den Insekten die Möglichkeit bietet, beim Honigsaugen zweckwidrige Richtwege zu benutzen (vgl. *Ribes nigrum* f. *aconitifolium*, S. 58).

Auf grund des Obigen wäre also festzustellen, dass jene im Gynäzeum stattgefundenen Veränderungen: die zugespitzte Form der Narbe, die auf

Kosten des Fruchtknotens erhöhte Länge und der offene Bau des Griffels sowie die schwache Ausbildung der Honigdrüsen, schlechthin als deutliche Anzeichen einer stattgefundenen Verschmälerung des Fruchtblattes aufzufassen sind, deren Wirkung sich am deutlichsten gerade in denjenigen Teilen des Blattes offenbart, die bei der Fruchtknotenbildung zusammenwachsen und die Plazenta bilden, also in den Randteilen des Blattes. Die Veränderungen wären mithin denen bei *Acer platanoides* f. *laciniatum* durchaus analog, und zwar vor allem darin, dass in beiden Fällen die Bauchnaht des Fruchtblattes sich nicht schliessen will, als Anzeichen davon, dass hier gleicherweise wie beim grünen assimilierenden Blatt die fragliche Rückbildungserscheinung gerade auf der Unter- bzw. Aussenseite dieses Blütenblattes sein stärkstes Mass erreicht hat. Eine genau ähnliche Blosslegung der Ovarien ist auch bei der eingangs (S. 6) erwähnten Form von *Solanum lycopersicum* festgestellt worden, die sich durch fadenförmig geteilte Blätter auszeichnet und bei welcher Krone und Fruchtknoten getrenntblättrig erscheinen und auch das Fruchtbildungsvermögen sehr schwach ist (vgl. Schiemann 1932, p. 45). Die *lorbergi*-Form von *Caragana arborescens* entpuppt sich hier also in Wirklichkeit als eine reinste und schlichteste »*laciniata*»-Form, bei welcher sich die für alle einschlägig benannten Formen kennzeichnende, sonst meistenteils zu einer Zerschlitzung der Blattfläche führende Wachstumsstörung lediglich in einer »Verzartung» sämtlicher Teile der Pflanze äussert.

8. **Sambucus racemosa** f. **plumosa** André

In einigen Parkanlagen der Stadt Helsinki, so z. B. im Park des ehemaligen Kinderhospitals sowie in einer Anpflanzung im Vorort Käpylä, stehen auch einige schlitzblättrige Holundersträucher. Ferner sind Exemplare dieser in der Überschrift erwähnten Form seinerzeit auch in dem sog. Kawaleffschen Park von Nackböle in Tuomarinkylä dicht bei der Stadt ausgepflanzt worden (vgl. z.B. E l f v i n g 1913, p. 9), wo sie sich in dem heute fast gänzlich verwahrlosten Parkgebiet während der letzten zwanzig Jahre auch natürlich verjüngt und sich in die nächste Umgebung des Anpflanzungsortes zerstreut haben. Diese Wildsträucher haben sich in bezug auf den Zerschlitzungsgrad ihrer Blätter als höchst mannigfach erwiesen, während sie sich anderseits gerade auf Grund dieses Merkmals zu einer mehr oder minder einheitlichen Umwandlungsreihe anordnen lassen (siehe Abb. 28 und 29).

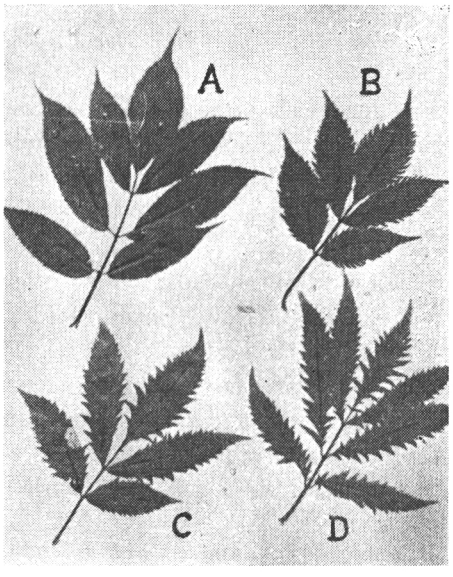


Abb. 28. Blätter von *Sambucus racemosa* f. *typica* (A), f. *dentata* (B) und f. *plumosa* (C und D).



Abb. 29. Fruchttragender »Kurztrieb» von *Sambucus racemosa* f. *plumosa* aus dem Kawaleffschen Park in Nackböle bei Helsinki.

Diese erwähnten Sträucher entsprechen zum überwiegenden Teil ganz offensichtlich den seinerzeit schon von Carrière (1891; nach v. Schwerin 1909, p. 49) unterschiedenen Formen *dentata*, *elegans*, *pteridifolia* u.dgl.m., bei denen die besagte Eigenschaft des Blattes, vor allem der Zähnungsgrad, Schritt für Schritt an Deutlichkeit zunimmt. Von Schwerin (l. c.) fasst in seiner bekannten *Sambucus*-Monographie jene Formen zu einer *incisa*-Gruppe »mit mehr oder weniger stark eingeschnittenen oder zerschlitzten Blättern» zusammen. Nach ihm wären sämtliche diese Formen »Sämlinge einer *S. rac. plumosa*-Pflanze, die 1882 aus Russland in die Späthsche Baumschule kam. Die meisten davon entstanden in der Baumschule von Simon Louis in Plantières bei Metz, wo sie auch noch jetzt kultiviert werden, und wurden von Carrière — — — beschrieben.» Von Schwerin, der die von Carrière unterschiedenen Formen *elegans*, *serratifolia* und *pteridifolia* zu anderen Formen führt, »da die Unterschiede, falls überhaupt vorhanden, so überaus gering und spitzfindig ausgeklügelt sind, dass sie kaum bemerkt werden können», unterscheidet seinerseits folgende Formen:

1) *dentata* Carr. Blättchen nicht geschlitzt, aber bedeutend tiefer und länger gezähnt, als sonst.

2) *plumosa* André (*elegans* Carr.). Blättchen etwa bis zur Mitte eingesägt mit lang und schmal vorgezogenen Zähnen.

3) *plumoso-aurea* Wezelenb. (*serratifolia aurea* Barbier). Genau ebenso geschlitzt wie *plumosa*, aber goldgelbblättrig.

4) *laciniata* W. Koch (*serratifolia* Behnsch). Blättchen tief zerschlitzt, so dass die Blattfläche bandartig verästelt ist.

5) *ornata* Carr. (*pteridifolia* Carr.). An jeder Triebspitze sind die ersten 8—10 Blätter von der Form *plumosa*, die folgenden, also später erscheinenden, von der mehr zerteilten Form *laciniata*.

6) *tenuifolia* Carr. Blättchen fadenförmig zerschlitzt, so fein, dass die Belaubung fast schleierartig wirkt.

Vereinigt man diejenigen Formen, die sich nur durch die violette oder mehr oder minder reingrüne Färbung des ausbrechenden Laubes unterscheiden — eine Variation, die auch bei der *typica*-Form des Holunders hervortritt[1]) und die auch nach v. Schwerin bei den *ornata*- und *pteridifolia*-Formen allzu geringfügig ist, um die Aufstellung besonderer Formen zu rechtfertigen — so sieht man, dass diese *dentata* — *plumosa* (*plumoso-aurea*) — *ornata* — *laciniata* — *tenuifolia*-Reihe ausser in bezug auf die Zähnung des Blattrandes,

[1]) In dem hinter der Reitbahn von Laakso in Helsinki gelegenen *Alnus glutinosa*-Bruch, wo sich *Sambucus racemosa* in grosser Zahl eingefunden hat, belief sich der Anteil der beim Ausbrechen des Laubes (1. V. 1949) rein grünen Sträucher auf etwa 2 %, derjenige der Sträucher mit extrem anthozyanhaltigem Laub gleichfalls auf 2 %, während der überwiegende Hauptteil der Sträucher (etwa 96 % von den ungef. 100 untersuchten Individuen) eine mehr oder minder rötliche Färbung des hervorbrechenden jungen Laubes aufwies.

vor allem in bezug auf die zunehmende Verschmälerung der Blättchen eine recht einheitliche Umwandlungsreihe repräsentiert (Abb. 28 und 29). Dieselben uns schon aus den vorhergehenden Schilderungen bekannten typischen Schlitzblattmerkmale: der schmal zugezogene Blattgrund und die ebensolche Blattspitze, die scharfen Ausgangswinkel der Seitennerven and die immer schrotigere und spärlichere Zähnung des Blattrandes, treten uns auch hier bei jedem Teilblättchen entgegen. Im Gegensatz zu den hier und früher beschriebenen Formen erscheinen jedoch die Zähne hier nicht so viel rückwärts wie eher vornüber gebogen und gekrümmt, eine Erscheinung, die sich am deutlichsten zumal gerade im Spitzenteil des Blättchens äussert. Gleichzeitig stellt man bei den längsten Blattzähnen und Blattlappen beginnende Doppelzähnung fest, abermals nur auf der dem ursprünglichen normalen

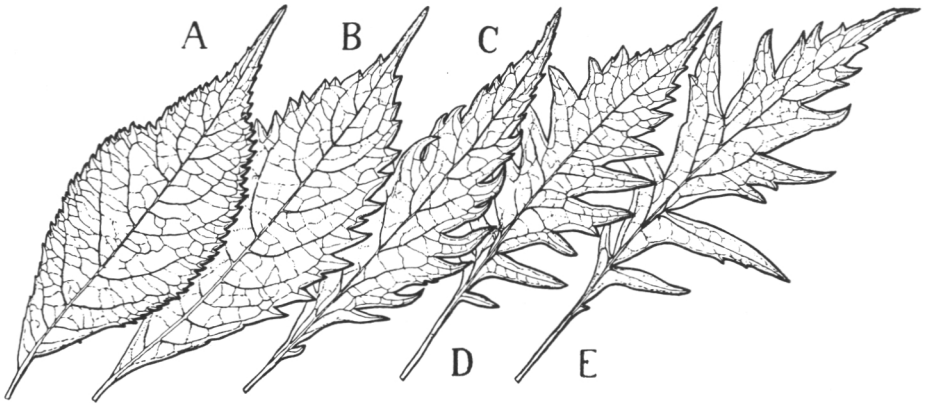


Abb. 30. Endblättchen verschiedener Schlitzblattformen von *Sambucus racemosa*. — Etwa $^1/_1$.

Aussenrand des Blättchens entsprechenden Seite. Und mit der Zerschlitzung einhergehend durchläuft, wie es die Abbildungen 30:A—E zeigen, auch die feinere Nervatur des Blattes wesentlichen Veränderungen. Da aber die Nervatur beim *Sambucus racemosa*-Blättchen mehr oder minder längsnervig ist, d.h. die Nerven, statt in der Blattspreite fiederig vom medianen Bündel abzuzweigen, einen längsgerichteten bogenförmigen Verlauf aufweisen (A; vgl. z. B. H i n t z 1889, p. 117), so sieht man, dass die Blattspreite sich entsprechend längs den ähnlicherweise bogenförmigen Interkostalfeldern zu zerschlitzen bestrebt ist. Gleichzeitig beginnt auch die Nervatur — u.a. die typischen zwischen die Blattzipfel verlegten akzessorischen Nerven (C und D) und die den Rändern der Blattzipfel folgenden Seitennerven — immer deutlicher hervorzutreten. Während aber diese ganz wie nach einem bestimmten Schema stattfindende Zerschlitzung beim Endblättchen annähernd symmetrisch erfolgt, ist sie bei den Seitenblättchen, zumal den basalen, insofern unebenmässig, als die nach aussen gekehrte Hälfte des Blättchens

weit stärker als die innere geteilt ist. Im ganzen ergibt sich aber für das Blatt, wie es die gegenständige Blattstellung auch voraussetzt, ein durchaus symmetrischer Aufbau (vgl. z.B. Abb. 28:C und D), im Gegensatz z.B. zur *lorbergi*-Form von *Caragana arborescens*.

Dazu stellt man auch bei diesen Formen eine ziemlich deutlich ausgeprägte Heterophyllie fest (siehe auch Beissner 1898, p. 37). An den »Kurztrieben», d.h. den mit einem Blütenstand endigenden Trieben (vgl. Abb. 29), sind die Blätter unter sich ziemlich gleich und zugleich auch weniger stark geschlitzt als an den »Langtrieben», und zwar sogar in dem Masse, dass man unwillkürlich an einen Rückschlagsast zu denken kommt. An den Langtrieben wiederum sind die Blätter der Triebspitze bedeutend stärker als die übrigen geteilt, eine Eigenschaft, die, wie wir vorhin sahen, auch bei der Form *ornata* mit grösster Deutlichkeit hervortrat. Entsprechend erwähnt auch Wolf (1923, p. 30) für die Form *incisa*, dass bei ihr die Blätter an den Blütentrieben oft mehr oder minder normale Zähnung aufweisen. Dieselbe Progressivität der Blattschlitzung tritt uns übrigens auch beim Blättchen selbst entgegen, indem das Endblättchen stärker als zumal die untersten Seitenblättchen geteilt ist (vgl. z.B. Abb. 28:C und D; siehe auch die Abbildungen 223:*a* und *b* bei Petersen 1916, p. 446).

Kommen wir sodann auf die eingangs erwähnten verwilderten Sträucher im Park von Nackböle zurück, so ist festzustellen, dass bei ihnen die Blattschlitzung höchstens bis zur *ornata*-Form geht. Das Fehlen der stärker geteilten Formen *laciniata* und *tenuifolia* liesse sich vielleicht ungezwungen so erklären, dass diese im Konkurrenzkampf offenbar stark benachteiligten Extremformen, bei denen die assimilierende Blattfläche schon weitgehend reduziert ist, schon im frühen Keimlingsstadium untergegangen sind, wie dies ja allgemein für die träge wachsenden und auch sonst schwach gedeihenden schlitzblättrigen Formen zuzutreffen scheint. Für eine solche Deutung spricht auch der Umstand, dass die von dem am stärksten zerschlitzten *ornata*-Busch eingesammelten Samen im Saatversuch auch solche Keimlinge ergaben, bei denen die Blatteilung sogar noch weiter als beim Mutterstrauch ging.

Die aus dieser Aussaat hervorgegangenen Pflanzen, die sich bei der Verschulung noch im Keimblattstadium befanden, wurden auf Grund der Form des Keimblatts in drei Blattformklassen eingeteilt, nämlich in solche mit breiten (normalen) (I), schmalen (II) und sehr schmalen (III) Keimblättern. Später konnte festgestellt werden, dass sich die Keimlinge gerne so gruppierten, dass der grösste Teil der Pflanzen mit schmalen Keimblättern der extremsten Schlitzblattform *ornata* zufiel, während bei den mehr normal entwickelten *dentata*-Pflanzen auch das Keimblatt breiter und also offenbar gleichfalls normaler war. Über diese Verhältnisse gibt nachstehende, auf Grund der Ergebnisse des erwähnten Saatversuches aufgestellte Übersicht näheren Aufschluss.

	Blattformklassen I	II	III	Zus. Stück	%
Sambucus racemosa					
f. *dentata*	3	6	2	11	32.4
f. *plumosa*	1	4	2	7	20.6
f. *ornata*		4	4	8	23.5
f. *laciniata*		3	5	8	23.5
	4	17	13	34	100.0
	11.8	50.0	38.2	100.0	%

Trotz der ziemlich schwachen Ausprägung der erwähnten Merkmale bei den Keimblättern, deutet das gewonnene Resultat dahin, dass bei den extrem schlitzblättrigen Formen von *Sambucus racemosa* jene in den verschiedenen Teilen der Pflanze hervortretende Entwicklungsstörung schon im Keimpflanzenstadium als eine Verschmälerung der Keimblätter hervortritt, wie dies auch schon früher z.B. bei den Keimlingen von Erle und Birke festgestellt wurde (S a a r n i j o k i 1946). Obwohl diese Pflanzen, wie aus der Übersicht weiterhin hervorgeht, hinsichtlich des Teilungsgrades ihrer Blätter als Vertreter der verschieden benannten Übergangsformen der *laciniata* — *dentata* -Reihe hingestellt worden sind, so wäre es doch richtiger zu sagen, dass sie sich eher zu einer m e h r o d e r m i n d e r z u s a m m e n h ä n g e n d e n, d i e a l l m ä h l i c h e W a n d l u n g d e r B l a t t s c h l i t z u n g a n g e b e n d e n R e i h e anordnen, innerhalb welcher der zahlenmässige Schwerpunkt abermals bei der gelinderen Blatteilung liegt oder sich jedenfalls dorthin sucht, ein Sachverhalt, zu dem offenbar seinerseits auch der Umstand beiträgt, dass es sich nicht um kontrollierte, sondern um aus Naturbestäubung hervorgegangene Pflanzen handelt.

Unter den *dentata* — *ornata* -Pflanzen befindet sich eine, die sich von den übrigen durch die ganz besondere, abweichende Form ihrer Blätter unterscheidet (Abb. 31). Bei ihr sind nämlich die einzelnen Blättchen des Blattes nicht wie bei den anderen verschieden grob gezähnt, sondern sie erscheinen gleichsam in getrennte Teilblättchen zerfallen, bei welchen die gleiche Aufteilungstendenz weiterhin fortzubestehen scheint, so dass es an der Stelle eines jeden Blättchens zu der Bildung eines mehr oder minder deutlich einem zusammengesetzten Blatte ähnelnden Gebildes kommt.

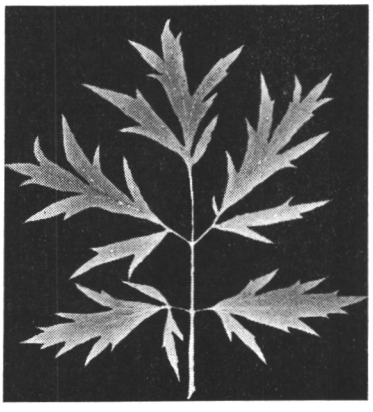


Abb. 31. Blatt eines in den Kulturen ganz unerwartet unter den schlitzblättrigen Pflanzen erschienenen *Sambucus racemosa* - Keimlings mit völlig abweichender Blattform. — Photogramm, etwa $^1/_2$.

Handelt es sich hier um eine bereits früher beschriebene und jetzt also spontan wieder aufgetauchte Form? Eine solche Annahme fände eine Stütze in dem Umstand, dass schon Carrière seinerzeit gerade unter den Nachkommen eines *plumosa*-Strauches u.a. eine von ihm *cannabifolia* benannte Form beschrieb, die ihren Eigenschaften nach offenbar weitgehend der jetzt in Frage stehenden entspricht (vgl. v. Schwerin 1909). Anderseits teilt aber v. Schwerin (op.c., p. 49) mit, dass die fragliche *Sambucus racemosa* f. *cannabifolia* bald als eine *S. nigra* f. *laciniata* erkannt wurde, die versehentlich mit unter das Bestimmungsmaterial gekommen war. Worauf sich dieser Nachweis tatsächlich gründet, hat sich im vorliegenden Zusammenhang nicht ermitteln lassen; berücksichtigt man aber, dass die jetzt von mir gefundene Form vor allem in der Blattform (man vergleiche z.B. die Abbildungen 31 und 34:A) wie auch im Bau der Knospe (diese verbirgt sich wegen ihrer geringen Grösse ganz wie bei *S. nigra* gleichsam in der Blattachsel) tatsächlich gewisse nicht unbedeutende Ähnlichkeiten mit der erwähnten und nachstehend gleichfalls zur Sprache kommenden *S. nigra* f. *laciniata* aufweist, liesse sich die Angabe v. Schwerins recht gut auch als ein blosser Irrtum deuten. Unter solchen Umständen dürfte wohl kein Hindernis dafür bestehen können, die Form in der Tat nach Carrière *cannabifolia* zu benennen, auch wenn dieser Name keineswegs als der geeignetste zu betrachten ist.

Geht man sodann zu den übrigen Teilen der Pflanze über, so findet man, dass die Äste einen zarten, gewundenen und leicht zur Hängeästigkeit neigenden Wuchs aufweisen, auch macht die Infloreszenz zumal bei den am gröbsten gezähnten extrem schlitzblättrigen Formen den Eindruck einer recht schmalen, wenigblütigen Doldentraube (vgl. Abb. 29). Auch die einzelnen Blüten haben mehrerlei Anomalien aufzuweisen (Abb. 32); diese äussern sich indessen nicht so viel in Form von Störungen im Bau, wie es bei den entsprechenden Formen der meisten der im vorhergehenden besprochenen Arten der Fall war, als eher in einem eigenartigen Wechsel der Anzahl der verschiedenen Blütenblätter. Die nachstehende Zusammenstellung zeigt die Anzahl der im Frühjahr gezählten Staubblätter sowie die der im Herbst gezählten Fruchtfächer einerseits bei der *typica*- und anderseits bei der *ornata*-Form.

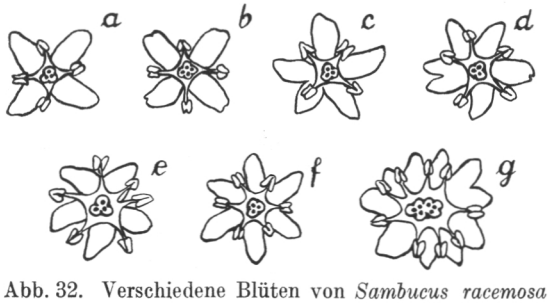


Abb. 32. Verschiedene Blüten von *Sambucus racemosa* f. *plumosa*. $^4/_1$.

Indem man weiss, dass z.B. die Anzahl der Fruchtfächer bei den *Sambucus*-Arten verschieden ist, und indem sie auch im Kreise ein und derselben

Sambucus racemosa	Untersuchte Blüten, Stück	Prozentische Verteilung der verschiedenen Blütenblattzahlen					Anomalitätsprozent
		2	3	4	5	6	
Andrözeum							
f. *typica*	801			6.6	*93.4*		6.6
f. *ornata*	266			4.1	*92.1*	3.8	7.9
Gynäzeum							
f. *typica*	382	9.7	*90.3*				9.7
f. *ornata*	352	6.2	*93.5*	0.3			6.5

Art innerhalb bestimmter Grenzen variieren kann (vgl. Eichler 1875, p. 267; v. Schwerin op.c., p. 7; Penzig 1921, p. 439), erscheinen die Unterschiede bei den fraglichen *Sambucus racemosa*-Formen beim ersten Hinsehen nicht besonders gross. Während aber bei der *typica*-Form die Abweichungen der Staub- und Fruchtblattzahl stets nach unten hin erfolgen, findet man bei der *ornata*-Form oft erhöhte Zahlen vor. Ein noch wesentlicherer Unterschied zwischen der *typica*- und der *ornata*-Form besteht jedoch darin, dass, während die Zahlenvariation der Blütenblätter bei der *typica*-Form die ganze Blüte gleichzeitig betrifft, indem die Staub-, Kron- und Kelchblattkreise, statt pentamer, tetramer auftreten können, erfolgt sie bei der *ornata*-Form in den verschiedenen Blütenkreisen völlig unabhängig voneinander (Abb. 32). So können sich z.B. in einer hinsichtlich ihrer Kron- und Staubblätter tetrameren Blüte abweichend ebenso viele Fruchtfächer (*b*), in einer sonst normalen Blüte vier (*c*) oder sechs (*e*) Staubblätter oder auch sechs Kronblätter (*d*) befinden. Mitunter kann bei irgendeinem Blütenblatt eine Spaltung eingetreten sein (*d*, *e*), wiederum in anderen Fällen (*g*) kann man es entweder mit einer Verdoppelung der ganzen Blüte oder auch mit einer Verwachsung zweier Blüten zu tun haben. Diese abweichenden Verhältnisse wären also auch bei dieser Pflanze als eine Art von Reduktionserscheinung aufzufassen, die sich auch hier in Form einer unregelmässigen Verteilung der Gewebe äusserte, deren Folge die Schwankungen der Blütenblattzahl also wären. Diese Reduktion der Blüten ist jedoch offenbar auch bei den extremsten Schlitzblattformen der *Sambucus racemosa* nicht bis zur völligen Einbusse der Fertilität gegangen, denn z.B. die *tenuifolia*-Form, bei welcher die Blättchen schon fadenförmig zerschlitzt sind, wird in der Literatur (siehe z.B. v. St.-Paul 1898, p. 401) mit Fruchttrauben erwähnt.

9. Sambucus nigra f. laciniata L.

In mehreren öffentlichen Parkanlagen der Stadt Helsinki begegnet man auch einer schlitzblättrigen, eigenartig dekorativen Form von *Sambucus nigra*, die trotz des auf Ähnlichkeit hindeutenden Namens *laciniata* von den vorhergehend besprochenen einigermassen abweichend wirkt. So unterscheidet sie sich z.B. von den zuletzt erörterten Formen *dentata* und *ornata* der *S. racemosa* darin, dass man bei ihr an der Stelle eines jeden Blättchens gleichsam ein gefiedertes Blatt mit kleinen Einzelblättchen erblickt (Abb. 34:A; siehe auch Schneider 1912, p. 634, Abb. 408:*a*; Baur 1930, p. 323, Abb. 147; Stubbe 1938, p. 20, Abb. 8:*b*). Diese Teilblättchen erscheinen indessen bei dieser Form nicht streng paarig, sondern alternierend und ausserdem noch unter sich asymmetrisch, doch so, dass die Asymmetrie beim Endblättchen am schwächsten ausgebildet ist. Im ganzen betrachtet ergibt aber das Blatt gleichwie bei den eben besprochenen Schlitzblattformen der *S. racemosa* ein in bezug auf seine Medianachse symmetrisches Bild; in dieser Hinsicht besteht auch eine Übereinstimmung mit den symmetrisch geteilten Blättern und der dekussierten Blattstellung der im vorhergehenden besprochenen schlitzblättrigen Formen.

Dieser Strauch, indem wohl einigermassen empfindlicher gegen äussere Einflüsse als die entsprechende Normalform, ist wenigstens in den letztvergangenen Wintern oft bis hinab zur oberen Grenze der Schneedecke abgefroren, hat sich aber immer rasch erholt und ist stets schon im ersten Sommer zu einem dekorativen Busch herangewachsen und hat sogar auch geblüht.

Auch diese Form hat sich nun durch die Besonderheit ausgezeichnet, dass es bei manchen von den Sträuchern gleichfalls zu der Entwicklung von Trieben gekommen ist, deren Blätter durch ihre fast normale Form vom *laciniata*-Blatt abweichen. Schon de Vries (1901, p. 489) zählt *Sambucus nigra* f. *laciniata* unter denjenigen Formen auf, bei denen Rückschläge erwähnter Art vorkommen (vgl. Stubbe op. c., p. 21). Ob es sich nun bei dieser schon im Mittelalter bekannten Form um eine häufige oder seltene Erscheinung handelt, hat aus der zur Verfügung stehenden Literatur nicht eindeutig ermittelt werden können. Jedenfalls bei Penzig (1921, p. 438) findet man keine diesbezüglichen Angaben, ebenso fehlen solche bei v. Schwerin (1909), obwohl letzterer (op.c., p. 8)

mitteilt, dass solche »Rückschläge» wohl bei den *variegata*-Formen dieser Gattung — und auch der vorliegenden Art — vorkämen. Dieses Fehlen von Angaben verdient um so mehr beachtet zu werden, als neben v. Schwerin auch Beissner (vgl. z.B. 1907 a, p. 25) bei dieser Form nicht auf Ähnliches hinweist, trotzdem doch beide Autoren in Verbindung mit anderen Schlitzblattformen des öfteren Rückschläge erwähnen.

Gewöhnlich sind diese Rückschlage der *Sambucus nigra* Stockausschläge des frostbeschädigten Strauches, doch können solche Äste mit normalähnlichen Blättern auch in den oberen Teilen des Geästs entstehen. Von den insgesamt 86 *laciniata*-Sträuchern der städtischen Anpflanzungen in Helsinki konnten in den letztvergangenen Sommern bei etwa 10—12 % solche an Rückschläge erinnernden Geästpartien festgestellt werden. Indem aber jene ausgesprochen weniger dekorativen Äste und Zweige nach üblicher Gärtnerpraxis alljährlich systematisch entfernt werden (vgl. z.B. v. Schwerin l.c.), hat sich ihre Menge dauernd innerhalb bescheidener Grenzen gehalten.

Die ausgesprochen überwiegende Mehrzahl dieser Rückschläge hat aus Astrückschlägen bestanden, denn im gesamten Material ist nur ein einziger Blattrückschlag vorgekommen, auch dieser lediglich einen solchen symmetrisch-dichotypen Fall repräsentierend, wo die eine Hälfte des Endblättchens die andere Blattform vertritt (Abb. 33). Und ferner sind diese Astrückschläge von *Sambucus nigra* f. *laciniata* auch in der Hinsicht eigentümlich, dass nur bei einem Rückschlagszweig dichotype Blätter, und auch bei diesem nicht mehr als zwei an der Zahl (Abb. 34), gefunden worden sind,

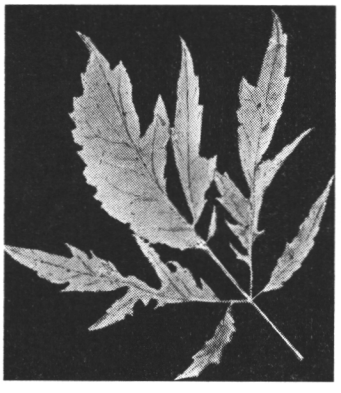


Abb. 33. Spitzenteil eines Blattes von *Sambucus nigra* f. *laciniata*, bei dem die eine Hälfte des »Endblättchens» die Rückschlagskomponente vertritt. — Photogramm, etwa $^2/_3$.

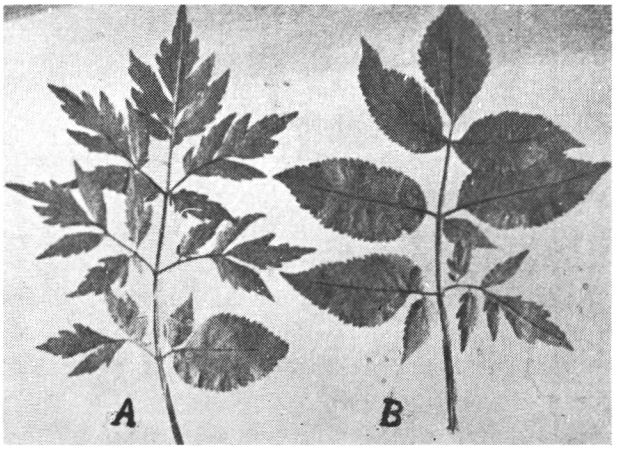


Abb. 34. Zwei dichotype, aus den Komponenten *laciniata* und »*subdecussata*» zusammengesetzte Blätter, entgegengesetzte Spiegelbilder zueinander, von zwei aufeinanderfolgenden Stengelknoten eines Langtriebes von *Sambucus nigra*, dessen rückschlagenden Teil sie zusammen bildeten. — $^1/_4$.

während bei den übrigen, in bezug auf ihren Blattyp abweichenden Ästen sämtliche Blätter durchgehends einen einheitlichen Typ aufgewiesen haben.

Schon beim Laubausschlag im Frühling heben sich diese Rückschläge deutlich vom übrigen, schlitzblättrigen Geäst des Strauches ab. Obwohl es beim ersten Hinsehen wirkt, wie wenn bei ihnen auch die Entwicklung früher als beim *laciniata*-Teil einsetzte, ist dies auch bei dieser Form nur scheinbar der Fall und rührt von der an sich beträchtlicheren Grösse der die normalen Blattanlagen enthaltenden Knospen her (vgl. oben bei *Tilia*, S. 38). Hinzu kommt noch der Umstand, dass die letzteren weniger anthozyanhaltig sind als die des *laciniata*-Teiles, der wohl eben durch seinen Anthozyangehalt zumal im späteren Verlauf der Vegetationsperiode jenen charakteristischen dunkelglänzenden Farbton annimmt, der die *atropurpurea*-Formen vieler Bäume und Sträucher kennzeichnet (vgl. v. Schwerin 1925). Weiter scheint jenen Rückschlägen die Neigung eigen zu sein, von Jahr zu Jahr wiederholt an denselben Sträuchern aufzutreten. So hat es sich wenigstens in den drei letztvergangenen Sommern verhalten, und sogar noch so, dass diese Neigung bei manchen Sträuchern kräftiger als bei den anderen zutagegetreten ist. Es scheint demnach, dass es auch bei dem jetzt in Frage stehenden *laciniata*-Klon der *Sambucus nigra* zu einer Art Differenzierung einerseits in leicht zu Rückschlägen neigende, anderseits wiederum in hinsichtlich ihrer Blattform beständigere Glieder gekommen wäre. Das Verhältnis schiene auch in diesem Falle (vgl. auch *Tilia*) dem z.B. bei einigen zurückmutierenden Formen von *Antirrhinum* bekannten ähnlich. So kann man nach Baur (op.c., p. 327) durch Selektion innerhalb der vegetativen Nachkommenschaft eines solchen durch Stecklinge stark vermehrten rückschlagenden Individuums zu ganz schwach zurückmutierten und anderseits zu ganz stark zurückmutierten Klonen kommen. Vergleicht man dazu die Blätter der jetzt von mir untersuchten *laciniata*-Form z.B. mit den von Schneider (l.c.), Baur (op.c.) oder Stubbe (l.c.) wiedergegebenen Bildern, so erscheinen zumal in den photographischen Abbildungen der zwei letztgenannten Autoren die Blättchen viel stärker geteilt, mit schon fast linealischer Form der einzelnen Blattzipfel. Indem es sich im vorliegenden Falle um eine auf vegetativem Wege verhältnismässig leicht vermehrbare Art handelt (vgl. z.B. Kache 1929, p. 313), ergibt sich hier die Möglichkeit für eingehendere Untersuchungen betreffs des Anteils der Milieufaktoren an der Schlitzblättrigkeit und am Zustandekommen der Rückschläge.

Was nun die Blattformen der rückschlagenden Teile betrifft, so kann festgestellt werden, dass sie oft auch bei ein und demselben Strauch variieren (Abb. 35), jedoch so, dass die Rückschläge ganz wie bei Erle, Birke und Linde ihrer Blattform nach mehr der *typica* als der *laciniata* nahestehende Zwischenformen repräsentieren und es auf diese Weise bedingen, dass der

Schwerpunkt in der so entstehenden Rückschlagsreihe der weniger anomalen Seite zustrebt.

Von den Schlitzblattformen der Rückschläge wiederum nähern sich die extremsten (Abb. 35:D) der bei *Sambucus nigra* schon früher bekannten Form *decussata* (Gillot), bei welcher, wie z.B. v. Schwerin (1909, p. 30) erwähnt, alle Blättchenpaare mit Ausnahme des Spitzenblättchens gefiedert sind und die »Drittblättchen», wie der Autor sie nennt, sich schräg mit den Drittblättchen des benachbarten Blättchens kreuzen.

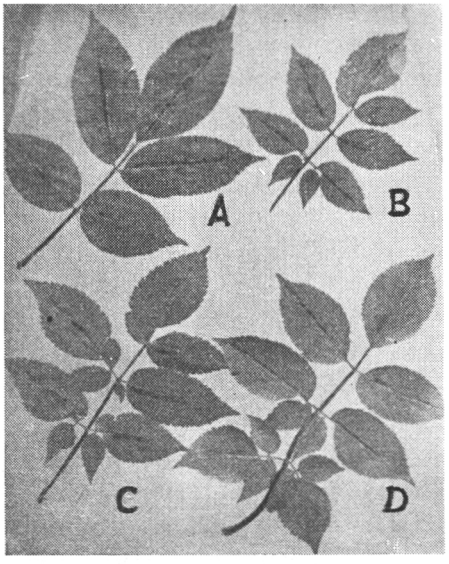


Abb. 35. *Sambucus nigra*. A: Blatt der f. *typica*, B—D: verschiedene Blattformen der an *laciniata*-Sträuchern auftretenden Rückschläge (B und C: f. »*subdecussata*», D: f. »*decussata*»).

Die hinsichtlich ihrer Blatteilung gelinder anomalen Formen wiederum liessen sich etwa als »*subdecussata*»-Formen bezeichnen (Abb. 35:B und C). Auch sie entsprechen noch nicht vollends der f. *typica* (A), sondern es neigt bei ihnen zumal das unterste Blättchenpaar und oft, obwohl nur schwach, auch das Endblättchen zu sekundärer Teilblättchenbildung. Auch bei diesen Rückschlägen befinden sich die am stärksten geteilten Blattypen wiederholt von Jahr zu Jahr im basalen Teil der Triebe, es äussert sich also die Schlitzblättrigkeit auch bei *Sambucus nigra* regressiv.

An Hand dieser sich immer mehr den normalen nähernden und also den verschiedenen Sukzessionsstadien einer solchen Umwandlungsreihe entsprechenden Blättern (Abb. 35:A—D) lässt sich denn auch deutlicher als z.B. mittels eines direkten Vergleichs der Extremformen die Entstehung des geschlitzten Blattes ableiten. In ihrer Anschaulichkeit aufschlussreich sind dabei auch bei dieser Art die aus verschieden stark geteilten Komponenten zusammengesetzten dichotypen Blätter (siehe oben). Das unpaarig geteilte Blatt von *Sambucus nigra* wird bekanntlich normalerweise von zwei Fiederblättchenpaaren und dem Endblättchen gebildet (Abb. 35:A). Nur selten, am meisten bei in üppigen Verhältnissen wachsenden Exemplaren, sind, statt fünf, sieben Blättchen vorhanden (Penzig 1921, p. 438); es ist also in solchen Fällen zu der Grundzahl ein Blättchenpaar hinzugetreten. Betrachtet man nun das den schwächsten Teilungsgrad repräsentierende »*subdecussata*»-Blatt (B), so findet man beim untersten Blättchenpaar je ein akzessorisches, deutlich kleineres und schmäleres, gestieltes Blättchen, welches überdies nach unten, dem Blattgrund entgegen gerichtet ist. Beson-

ders zu bemerken ist hierbei, dass diesen akzessorischen Teilblättchen beim ursprünglichen Blättchen eine deutliche Einbuchtung entspricht. Weiter bemerkt man, dass auch beim Endblättchen eine ähnliche Abgliederung mit entsprechender Einbuchtung des alten Endblättchens stattgefunden hat. Damit einhergehend ist, wie man sieht, auch die Zähnung jener voneinander abgetrennten Teile, der akzessorischen Blättchen, insofern absonderlich, als der der Einbuchtung zugekehrte Teil eine grössere Unregelmässigkeit der Zähnung als die dem Aussenrand entsprechende Seite an den Tag legt.

Im Falle C tritt uns die Störung schon bei sämtlichen Blättchen des »*subdecussata*»-Blattes entgegen. Jedes von ihnen ist gewissermassen im Begriff, sich in ein kleines zusammengesetztes, von einem Blättchenpaar und einem Endblättchen gebildetes Blatt zu verwandeln, doch so, dass dieser beiderseitige Abgliederungsprozess bei weitem noch nicht ein symmetrischer ist. Zumal am Endblättchen ist deutlich zu ersehen, wie sich zu dem schon gebildeten ein zweites, einstweilen noch ganz kleines Teilblättchen zur Abgliederung anschickt. Während beim vorhergehenden, erstenhands wohl noch der »*subdecussata*»-Form zuzuzählenden Blatt (B) die Anzahl der Teilblättchen auf diese Weise auf 8 gestiegen ist, finden wir hier (C) schon 10 verschieden grosse und dazu 3 noch nicht abgegliederte Blättchen, und zwar ohne dass dabei eine nennenswerte Einbusse der assimilierenden Blattfläche eingetreten wäre.

Das in Abb. 35:D dargestellte Blatt entspricht schon der *decussata*-Form. Das unterste Blättchenpaar ist hier zu einem typischen zusammengesetzten »Drittblättchen»-Gebilde geworden. Beim folgenden Blättchenpaar ist die Entwicklung noch nicht so weit gegangen, befindet sich aber schon deutlich im Beginn, dagegen wirken das dritte, also gewissermassen »zusätzliche» Blättchenpaar und das Endblättchen schon durchaus normal. Dieser Umstand, dass am Blatte in der Tat ein oberes, drittes, ungeteiltes Blättchenpaar erschienen ist, mag sich denn auch lediglich davon herleiten, dass es beim primären Endblättchen als Folge des geschilderten Entwicklungsgangs eben zur »Drittblättchen»-Bildung gekommen ist. Dass es sich so verhält, das erweisen neben dem Vorkommen von Übergängen auch die Grössenunterschiede der Blättchen.

In dieser Aufteilung des Einzelblättchens sehen wir ganz wie eine Wiederholung der Metamorphose, die die Primordialblätter bei dieser Art im Verlauf der Keimlingsentwicklung regelmässig durchlaufen (vgl. das mittlere Blatt in Abb. 36). Auch bei ihnen gliedert sich am Grunde des einfachen primären Blattes ein kleineres, schmäleres Blättchen ab oder haben sich solche schon beiderseits abgegliedert. Auf dieselbe Weise läuft dann die Entwicklung von dem so ent-

standenen dreifiedrigen Blatt zum fünffiedrigen weiter.

Prinzipiell ähnlich gestaltet sich der Entwicklungsgang auch beim normalen zusammengesetzten Laubblatt. Der Unterschied dem Schlitzblatt gegenüber besteht darin, dass beim letzteren die Fiederung auch auf die Seitenblättchen übergreift. Die Zerschlitzung liefe demnach nicht mehr so viel in der Richtung der Hauptachse des zusammengesetzten Blattes, wie eher in dessen Seitenbahnen fort.

Anderseits erinnern die am wenigsten vom Normalen abweichenden Glieder der jetzt in Rede stehenden Blattreihe von *Sambucus nigra* in gewisser Beziehung an diejenigen Blätter, die auch bei dieser Art an den kräftig hervorspriessenden Ausschlägen entstehen. Bei diesen Blättern kommt es z.B. nach Gerresheim (1913, p. 17) in der Basalhälfte zu einer wiederholten Fiederung, die aber nur beim untersten Fiederpaar auftritt. Von Schwerin (l.c.) seinerseits erwähnt, dass die besagte Drittblättchen-Eigenschaft beim untersten, selten bei den zwei oder drei untersten Blättchenpaaren vorkommt. Goebel (1928, p. 446) hinwieder erklärt die Entstehung dieser an den »Erneuerungssprossen» vorkommenden Blätter bei *Sambucus nigra* so (vgl. auch Troll 1939, p. 1563), dass die scheinbaren Nebenblätter, die sonst meist verkümmern, in diesem Falle reichlich entwickelt sind und die Blattfläche weiter geteilt ist als sonst, eine Deutung, die seinerzeit schon von Tyler (1898, p. 40; vgl. auch Fritsch 1889, p. 217) gegeben wurde und die dann auch zur Erklärung der jetzt in Frage stehenden *laciniata*-Form herangezogen worden ist. Indem man nun aber bei der »*subdecussata*»-, wie auch bei der *laciniata*-Form selbst, der Stipellenbildung oft in mehr oder minder deutlicher Ausprägung begegnet, ohne dass ihr der geringste Anteil bei der Verwandlung des primären einfachen Blättchens in ein zusammengesetztes zukäme, erscheint diese Erklärung nicht überzeugend. Auch wenn man auf diesem Wege tatsächlich zu einer Art von Drittblättchenbildung käme, ist schon die weitere Aufgliederung des Blättchens in ein »Fünftblättchen»-Gebilde, worum es sich bei der *laciniata*-Form bereits handeln dürfte, schwieriger zu verstehen. Indem jedoch die vermittelnden Formen zwischen *decussata* und *laciniata* fehlen, bleibt die Entwicklungsreihe gewissermassen gerade an diesem ihrem kritischsten Punkt offen. Obwohl zugegeben werden muss, dass sich die Zerschlitzung des Blattrandes bei den jetzt in Rede stehenden Schlitzblattformen von *Sambucus racemosa* und *S. nigra* auf wesentlich verschiedene Weise vollzieht, beginnen sich jedoch anderseits bei den Blättchen der stärker geteilten *ornata*- (vgl. z.B. Abb. 30:E) und insbesondere bei der *laciniata*-Form von *S. racemosa* gemeinsame Züge mit *S. nigra* f. *laciniata* einzustellen. Bei der fadenförmig zerschlitzten *tenuifolia*-Form der *Sambucus racemosa* scheint diese Erscheinung, also dass in der Basalhälfte der Blättchenpaare ein

akzessorisches Blättchen auftritt, noch häufiger vorzukommen (vgl. z.B. Petersen 1916, p. 446, Abb. 223: *c*). Um grosse Verschiedenheiten mag es sich unter solchen Umständen gar nicht handeln — sie mögen lediglich auf die Richtung der stattfindenden Blatteilung beschränkt sein — wäre dies doch auch daraus zu ersehen, dass sich z.B. im Keimungsversuch unter den Keimlingen von *S. racemosa* f. *ornata*, wie wir sahen (Abb. 31), eine der *S. nigra* f. *laciniata* geradezu täuschend ähnliche Parallelform eingefunden hat.

Eine Erklärung zu der abweichenden, mehr medianen Richtungseinstellung der Blattschlitzung der *Sambucus*-Arten den im vorhergehenden besprochenen Arten gegenüber ergäbe sich vielleicht in der verschiedenen Vernation der Blätter. Während diese bei den letzteren mehr oder minder deutlich eine gefaltete ist, zeichnet sich das Blatt von *Sambucus* durch eine gerollte, involutive Knospenlage aus (Troll 1938, p. 1096, 1100). Weiter ist zu bemerken, dass die Nervatur des Blattes bei den *Sambucus*-Arten nicht eine besonders offene, fiedernervige, sondern eine mehr oder minder geschlossene ist, bei welcher die Interkostalfelder, längs welchen die Blattspreite aufzureissen beginnt, entsprechend bogenförmig einwärts gekrümmt auftreten. Es hat also bei einem solchen sich aufrollenden Blatt überhaupt nicht zu einer örtlich fixierten Gelenkstelle kommen können, sondern diese befindet sich gleichsam unablässig in Bewegung, so dass die Richtung, in welcher die Zerschlitzung erfolgt, sich mehr parallel zur Medianachse eines jeden Einzelblättchens einzustellen strebt.

Untersucht man aber, wie diese Richtungsbahnen der Zerschlitzung in dem noch in seinen Knospenschuppen eingebetteten *laciniata*-Blatt verlaufen (vgl. auch Troll 1939, p. 1516, Abb. 1266), so sieht man, dass die Zerschlitzung dennoch das ganze Blatt, d.h. die gesamte zusammengesetzte Blattspreite in der gleichen, der Medianachse entsprechenden Richtung getroffen hat, und zwar weil die Seitenblättchen des Blattes in der Blattknospe parallel zueinander gelegen sind und erst später, wenn sich das Blatt entfaltet, ihre endgültigen Stellungen einnehmen. Aus demselben Grunde fände man es auch verständlich, warum die Zerschlitzung beim Endblättchen, das im Verlauf der Blattentwicklung nicht zu einer Lagenveränderung veranlasst wird, weit symmetrischer als bei den Seitenblättchen auftritt.

In diesem Zusammenhang möge darauf hingewiesen werden, dass gerade bei denjenigen Pflanzenarten, deren Blattvernation den gerollten, in- oder revolutiven Typ repräsentiert, die *laciniata*-Form ausserordentlich selten vorkommt. So fehlt sie z.B. in den Gattungen *Salix* und *Populus* so gut wie völlig. Wo man ihr aber begegnet, wie etwa bei Vertretern der Gattungen *Malus* und *Sorbus*, ergibt sich ungefähr dasselbe Bild wie bei *Sambucus nigra*. Es sei hier auch erwähnt, dass man z.B. bei *Populus canadensis*

eine *crispa* benannte Form mit am Rande welligen oder gekräuselten Blättern und bei *Salix babylonica* ebenso eine Form gleichen Namens kennt, die sich durch ihre eigentümlich spiralig oder ringförmig aufgerollten Blätter auszeichnet (siehe Dippel 1893, p. 200, 222). Es mag sich in diesen beiden Fällen wohl um als »schlitzblättrig» bzw. verzartet zu deutende Formen handeln.

Beruht es denn nur schlechtweg auf einem Zufall, dass die Art der Blattschlitzung bei der *laciniata*-Form von *Sambucus nigra* dermassen weitgehende Übereinstimmungen mit der Entwicklung der Primordialblätter der jungen Sämlinge aufweist? Ist, wie es scheint, diese Entwicklung eine notwendige Folge der Vergrösserung der assimilierenden Blattfläche, so spräche dies geradeswegs dagegen, dass die Schlitzblättrigkeit auch bei den *Sambucus*-Arten durch jene früher schon mehrfach berührte Schrumpfungs- oder Verschmälerungserscheinung zuwegegebracht wäre. Vergleicht man jedoch die untersten, einfachsten Blätter der jungen Normalpflanze mit den höher sitzenden, zusammengesetzten (Abb. 36), so bemerkt man, dass die Vergrösserung der grünen, assimilierenden Blattfläche jedenfalls nicht in demselben Verhältnis wie die Verlängerung der Längsachse des Blattes erfolgt ist. Im Gegenteil, es scheint, dass die Verlängerung der Längsachse hier gewissermassen auf Kosten der Blattfläche geschieht, so dass diese mit der Längenentwicklung überhaupt nur auf die Weise Schritt zu halten vermag, dass sie sich in der angegebenen Weise zerschlitzt, was ja, wie oben schon angedeutet wurde, im Grunde genommen als gleichbedeutend mit einer Verschmälerung des Blattes gelten kann. Die Erscheinung ist genau dieselbe, der man auch überall sonst im Kreise derjenigen Pflanzengattungen begegnet, die sowohl Arten mit geteilten als solche mit ungeteilten Blättern umfassen, z.B. *Sorbus*, *Acer*, *Fraxinus* usw.

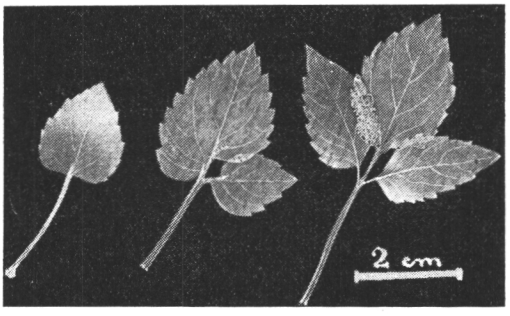


Abb. 36. Entwicklung des Primordialblattes zum einfach geteilten Laubblatt bei *Sambucus nigra*. — Photogramm.

Dass es sich auch bei der *laciniata*-Form von *Sambucus nigra* in der Tat um einen für Schlitzblätter charakteristischen Eliminierungsprozess der Blattflächenbestandteile handelt, erweisen am überzeugendsten und am deutlichsten die aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzten Blätter, bei denen die die Komponenten trennende Grenze längs dem Mittelnerv des Blattes oder des einzelnen Blättchens verläuft (Abb. 33 und 34). Wie man z.B. aus Abb. 33 ersieht, ist der der *laciniata*-Form entsprechende Teil

bei diesem dichotypen Blatt deutlich kleiner als der zum Normalblatt neigende Teil, welcher letztere, ausser breiter, auch verlängert erscheint, wie dies auch durch den schiefen Verlauf des Mittelnervs beim Endblättchen angedeutet ist. Die Verkleinerung der Blattfläche beläuft sich beim *laciniata*-Teil, verglichen mit der anderen Hälfte, auf etwa 16 %. Ferner ergibt sich ein deutlicher Unterschied in der Zähnung. In völligem Einklang mit den vorhergehenden Blattschlitzungsfällen kann nämlich festgestellt werden, dass die Zähnung der sich trennenden Blattzipfel immer unregelmässiger und spärlicher wird, und dazu noch so, dass die dem ursprünglichen Aussenrand des Blättchens entsprechende Seite abermals deutlicher als der dem Innenrand entsprechende Teil gezähnt ist. Ebenso weisen die Verlaufsrichtungen der vom Mittelnerv ausgehenden Seitennerven dieselben, uns schon von den anderen Schlitzblattformen her bekannten Unterschiede auf. Zumal im Spitzenteil des Blättchens, wo die Zerschlitzung noch nicht so weit gegen den Mittelnerv wie in seinem basalen Teil gediehen ist, ist dies deutlich zu sehen. Dennoch treten die in die Länge gedehnten, am Grunde keilförmigen Blattzipfel oft noch leierförmig auf, gleichzeitig wie es bei ihnen schon zu der Bildung eines besonderen Stielchens gekommen ist, wodurch sie wiederum an die Blätter der extremsten Schlitzblattformen von *Ribes nigrum* erinnern (Abb. 19:C).

Entsprechende Verhältnisse treten uns auch im anatomischen Bau des Blattes entgegen. So sieht man z.B. an einem Querschnitt durch den Blattstiel der in Abb. 33 dargestellten dichotypen Blätter (Abb. 37:C), ganz wie früher z.B. bei der Erle (S a a r n i j o k i 1946, p. 29), den »*laciniata*»-Teil (im Bilde rechts) im Verhältnis zum »*subdecussata*»-Teil (links) deutlich geschrumpft und runzlig. Auch sind die beiden Komponenten in bezug auf die Grössenausbildung ihrer Gewebe verschieden; die sie trennende Grenze verläuft vertikal durch die Mitte des Schnittes. Zumal an den im Querschnitt bogenförmig angeordneten Leitbündeln kann festgestellt werden, dass sie im *subdecussata*-Teil des Blattstiels sich deutlicher als im *laciniata*-Teil voneinander getrennt haben; hier im letzteren erscheinen sie auch kleiner als im *subdecussata*-Teil. Als eine Besonderheit ergibt sich noch auf der *subdecussata*-Seite im peripheren Teil des Querschnittsbildes ein aus chlorophyllführenden Zellen gebildeter, seinem Bau nach einem typischen Blattrand entsprechender Wulst, der längs dem Blattstiel nach oben hin immer breiter wird und sich schliesslich mit der Blattspreite vereinigt. Indem nun dieser Wulst im *laciniata*-Teil völlig fehlt, mag dies so aufzufassen sein, dass sich die Blattspreite bei der *subdecussata*-Form in Wirklichkeit weiter herab erstreckt, als beim ersten Blick, z.B. aus Abb. 33, geschlossen werden kann.

Die in den allgemeinen Grössenverhältnissen der den verschiedenen Komponenten zufallenden Zellgewebe hervortretenden Unterschiede erhellen

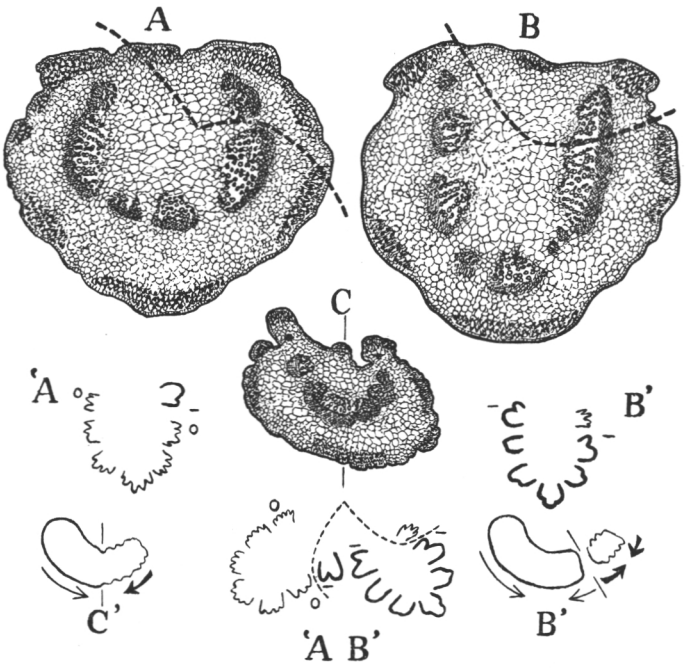


Abb. 37. Querschnitte durch die Stiele dichotyper Blätter von *Sambucus nigra* f. *laciniata*, A und B durch die Blätter der Abb. 34, C durch das Blatt der Abb. 33, nebst entsprechenden erklärenden Schemata. — A—C etwa $^{8}/_{1}$.

weiter aus den Querschnitten in Abb. 37:A und B, die durch den Stiel der in Abb. 34 dargestellten asymmetrisch dichotypen Blätter unterhalb des untersten Blättchenpaares geführt sind. Bei *Sambucus nigra*, gleicherweise wie bei zahlreichen anderen Pflanzenarten, innervieren die äussersten, also zuoberst gelegenen Teile der im Querschnittsbild des Blattstiels bogenförmig erscheinenden Leitbündelrinne die untersten Seitenblättchen, während die mittleren ihrerseits die Innervation der oberen Seitenblättchen besorgen (vgl. z.B. Gerresheim 1913, p. 18). Dementsprechend findet man in den Stielen der dichotypen Blätter die betreffenden Leitbündelteile sowohl in bezug auf Grösse als Form verschieden vor. Gleichzeitig zeigen die den beiden Komponenten, insbesondere aber *laciniata*, entsprechenden Teile des Blattstiels in ihren äusseren Konturen einen unregelmässig geschlängelten Verlauf (vgl. die schematischen Abbildungen 37:'A und B'), ganz wie wir dies vorhin (S. 49) schon bei den Blattnarben der Schlitzblattformen von *Ribes nigrum* sahen. Während nun die Zahl der Leitbündel im Blattstiel von *Sambucus nigra* f. *typica* fünf beträgt (vgl. auch v. Schwerin 1909, p. 29; Gerresheim op. c.), d.h., die leitenden und stützenden Elemente jedes einzelnen Teilblättchens auch schon im Blattstiel getrennt auftreten, so hat sie

bei der *subdecussata*-Form (siehe Abb. 37:B) der erhöhten Zahl der Teilblättchen entsprechend zugenommen, so dass in solchen Fällen, wo es beim Blättchen schon zu der Abgliederung eines akzessorischen Teilblättchens gekommen ist, auch das entsprechende Leitbündel sich in Teilbündel aufgelöst hat, deren Grössenverhältnisse mehr oder minder denjenigen der betreffenden Blättchenteile entsprechen. Bei der *laciniata*-Komponente (Abb. 37:A) findet man die Anzahl der Leitbündel noch grösser. Hier entspricht einem jeden getrennten Teilblättchen offenbar schon ein besonderes Leitbündel. Anderseits aber erscheinen die im Querschnitt bogenförmig angeordneten leitenden und stützenden Elemente jetzt einander genähert, und zwar in dem Masse, dass die Unterscheidung der den ursprünglichen Blättchen entsprechenden Teile schon recht schwierig zu sein beginnt. Indem also die Leitbündel des *subdecussata*-Teiles noch getrennt und entfernt voneinander gelegen sind, sich dagegen beim *laciniata*-Teil einander nähernd zu einer mehr oder minder einheitlichen Gruppe zusammendrängen (siehe die Abbildungen), könnte man auch hierin gleichsam eine Verschmälerung der »Interkostalfelder» erblicken, wie sie das Schlitzblatt charakterisiert. Es hat sich jedoch nicht nur bei den intervaskularen Elementen eine Verminderung vollzogen, sondern es sind auch die leitenden Elemente selbst von ihr betroffen worden. Zusammenfassend können wir also sagen, dass es auch beim Blattstiel zu einer um so stärkeren Eliminierung bestimmter Elemente gekommen ist, um eine je extremer schlitzblättrige Form es sich handelt. Anderseits hätten wir in der vorerwähnten Unregelmässigkeit und Furchigkeit der Blattstieloberfläche in Wirklichkeit nichts anderes zu erblicken, als eben jene selbe Zerschlitzung der peripheren Pflanzenteile, wie sie das geschlitzte Blatt aufwies.

Weiter kann aber bei einer Untersuchung der in Abb. 34 dargestellten dichotypen *Sambucus nigra*-Blätter festgestellt werden, dass sich bei beiden zwischen die verschiedenen Komponenten gleichsam eine Zone einschaltet, in welcher die Blattschlitzung offenbaren Störungen unterworfen ist, so dass hier die Grenze zwischen den Komponenten nicht so scharf wie beim dichotypen Endblättchen (Abb. 33) in Erscheinung tritt. So findet man bei der »*subdecussata*»-Komponente ein akzessorisches Teilblättchen, das kleiner, vor allem schmäler als sonst erscheint. Ausserdem befindet es sich z.B. beim A-Blatt auf der entgegengesetzten Seite als gewöhnlich beim untersten Blättchen der *subdecussata*-Form (vgl. Abb. 35:B und C). Ebenso ist zu bemerken, dass auch die *laciniata*-Komponente in dieser Hinsicht nicht der Veränderungen unteilhaftig geblieben ist, denn beim A-Blatt fehlen jetzt ihrerseits die beim B-Blatt sichtbaren sekundären Teil-

blättchen der *subdecussata*-Komponente völlig. Es liesse sich zwar denken, dass die die verschiedenen Komponenten trennende Grenze gar nicht genau zwischen den einzelnen Blättchen verläuft, sondern dass zunächst gerade jene schmäleren akzessorischen *subdecussata*-Blättchen in Wirklichkeit noch der *laciniata*-Komponente zugehören. Ihre vermittelnde Form, gleichwie der Umstand, dass auf der *laciniata*-Seite ein noch grösserer Schwund der Elemente herrscht, sprechen indessen gegen eine solche Annahme.

Eine Untersuchung der im Grenzgebiet der *laciniata*- und *subdecussata*-Komponente gelegenen Gewebe führt uns denn auch zu der Feststellung, dass diese Kontaktfläche, die im Endblättchen einer vertikalgestellten geraden Linie zu folgen schien, hier einen bogigen Verlauf hat, der es bewirkt, dass die den beiden Komponenten zufallenden Elemente in diesem Grenzgebiet einander überdecken. Zwar ist eine genaue Bestimmung der die Komponenten trennenden Grenze wegen der geringen Form- und Grössenunterschiede der betreffenden Gewebsteile nicht möglich. Auch Hjelmqvist (1944) erwähnt, dass vor allem gerade in den Rückschlägen schlitzblättriger Bäume und Sträucher sich die verschiedenen Gewebe nicht so leicht identifizieren lassen. Beachtet man aber vor allem die in den äusseren Konturen der Schnitte ebensowie in der Form der Markzellen hervortretenden Unterschiede, desgleichen die verschiedene Einstellung der Elemente auf diesen Schnitten, Merkmale, die eventuell gleichfalls als Kriterien herangezogen werden könnten, so liesse sich der Verlauf dieser Grenzlinien etwa so skizzieren, wie es die gestrichelte Linie auf unseren Abbildungen (37: A und B) zeigt. Ziehen wir die Grenzlinie so, so bemerken wir, dass sich die in bezug auf ihren anatomischen Bau mehr dem Normalblatt nähernde *subdecussata*-Komponente gleichsam aus der übrigen Blattfläche erhebt und die anomaler und runzliger gebliebene *laciniata*-Komponente überdeckt, wodurch die Grenzlinie in Wirklichkeit als eine geschwungene Linie auftritt. Wir hätten es also anscheinend mit einem ähnlichen Verhältnis wie bei den eigentlichen Blattrückschlägen zu tun, wo sich die normaler gebaute Komponente als fächerförmiger Sektor über die anomalere Komponente ausbreitet (vgl. z.B. das asymmetrische, dichotype Lindenblatt in Abb. 10:D). Es ist klar, dass einer solchen zwischen die beiden Komponenten eingeschalteten Übergangszone gewissermassen ein periklinal-chimärer Charakter zukommt, insbesondere da die verschiedenen Elemente im Blatt und im Blättchen nicht gerade, sondern in mannigfacher Weise sich schlängelnd und ineinander verflechtend verlaufen. So fehlt es z.B. nach Gerresheim (1913, p. 18) auch bei *Sambucus nigra* innerhalb des Blattstiels zwischen den Einzelbündeln der Leitbündelrinne nicht völlig an feinsten Bündelverbindungen, auch wenn zwar hinsichtlich ihres Auftretens keinerlei Regelmässigkeit festzustellen ist. Anderseits vermag uns jedoch dieser periklinal-chimäre Charakter des Über-

gangsgebietes nicht zu erklären, warum der besagte Schwund bei der *laciniata*-Komponente ein dermassen starker ist, dass in der Grenzzone die akzessorischen Teilblättchen schon völlig fehlen.

Placieren wir die Elemente der in Rede stehenden dichotypen Blattstiele in ihrem richtigen Verhältnis zur Sprossachse so, wie dies etwa in den schematischen Abbildungen 37: 'A und B' geschehen ist, so ergibt es sich, dass diese Zeichnungen recht wohl die beiden sich kreuzweise zueinander verhaltenden *laciniata—subdecussata*-Blätter der Abb. 34 repräsentieren könnten; ihre Spitzen sind jetzt nur nach unten gerichtet, und wir haben die Unterseiten der Blätter vor uns. Auf diesem Grunde liesse sich denn auch behaupten, dass die besagte Grenzzone zwischen den beiden Komponenten einen Riss darstellt, in dessen Bereich gewisse Elemente einen völligen Schwund aufweisen (0) oder wider Erwarten dezimiert erscheinen (—). Zumal beim untersten dichotypen Blatt des Sprosses verhält es sich so. Der verschiedene Teilungsgrad und die damit verbundene verschiedene Ausformung der Blattspitze und des Blattgrundes, d.h. die verschiedene Schärfe der ersteren und verschiedengradige Keilförmigkeit des letzteren beim *subdecussata*- und *laciniata*-Blatt, kommen auf diese Weise auch schon im Blattstiel zum Vorschein, und zwar so, dass sich die Wirkung des Materialverlustes am deutlichsten in den peripheren Teilen des Blattstiels sowie auch des Blattes selbst geltend macht, sowie dass dieser Unterschied an und für sich nur an solchen Stellen zum Vorschein gelangen kann, wo sich die bei den verschiedenen Komponenten zutagetretenden Veränderungen in verschiedener Richtung abspielen (vgl. Abb. 37: C' und B'). Mit anderen Worten, während in einem symmetrisch dichotypen Blättchen und Blattstiel die Elemente der verschiedenen Komponenten sich gegen die Medianachse des Blattes zusammenziehen (C'), erfolgt die entsprechende Schrumpfungsbewegung in den beiden Komponenten eines asymmetrisch dichotypen Blattes in entgegengesetzten Richtungen, und demzufolge wird die Berührungsfläche der beiden Komponenten hier gezwungen, aufzureissen (B'). Indem diese Schrumpfung der Elemente deutlicher im Bereich des stärker anomalen *laciniata*-Teiles als in dem des schwächer geteilten *subdecussata*-Teiles verspürbar ist, erhält die sich zwischen den beiden Komponenten bildende Lücke insofern einen asymmetrischen Charakter, als die *laciniata*-Komponente im Vergleich zur *subdecussata*-Komponente stärker zusammenschrumpft ('A B').

Ein Schnitt durch die grüne, noch unverholzte Sprossachse der *subdecussata*- und der *laciniata*-Form zeigt folgendes. Während beim *typica*-Spross im Bündelrohr die 8 primären Leitbündel sich durch ihre bedeutendere Grösse und ihr tieferes Eindringen in das Mark herausheben (Gerresheim op. c., p. 17), findet man ihre Anzahl bei der *subdecussata*-Form auf 10 und bei der *laciniata*-Form auf 12 vermehrt, auch sind sie kleiner und wegen

der Zusammenziehung der »Interkostalfelder», d.h. der primären Markstrahlen, zusammengedrängter und in ihren Umrissen unbestimmter. Es handelt sich offensichtlich auch hier um »akzessorische Nerven», die sich zwischen den normalen Bündeln bei *subdecussata* in der Zahl von einem, bei *laciniata* schon von zwei, möglicherweise jetzt schon verzweigten neuen Paaren eingefunden haben.

Wir sehen also aus alledem, dass wir es am Ende gar nicht mit einer die blosse Blattfläche getroffenen Entwicklungsstörung zu tun haben, sondern es erstreckt sich ihre Wirkung auch ausserhalb derselben auf den Blattstiel und selbst auf den Spross. Mit anderen Worten also: indem ja das Blatt und der Blattstiel zusammen nichts anderes sind, als lediglich ein seitwärts abgebogener Sprosssektor mit begrenztem Wachstum, kämen wir auf diese Weise leicht auch an die Veränderungen heran, die sich bei den in Rede stehenden schlitzblättrigen Formen wenigstens beim einjährigen Spross und in dessen Vegetationspunkt vollzogen haben und als deren wohl deutlichstes Anzeichen sich, ausser der Zartheit dieses Pflanzenteiles, auch die Runzligkeit und Furchung seiner Oberfläche ergäbe. Indem nämlich bei der *laciniata*- und der *subdecussata*-Form auch die Anzahl der ausserhalb eines jeden Leitbündels als Vorwölbung der Sprossoberfläche auftretenden kollenchymatischen Zellanhäufungen (vgl. Linsbauer 1895, p. 44) der Leitbündelzahl entsprechend zunimmt, so führt dies natürlich dazu, dass dann auch der Spross furchiger als normal erscheint. Zugleich beginnen diese kollenchymatischen Gewebe Hand in Hand mit dem eintretenden Schwund der übrigen Elemente und der allgemeinen Schrumpfung des Sprosses sich seitwärts in die vertiefenden Furchen auszubreiten und sich zu einer mehr oder minder einheitlichen Kollenchymscheide zu vereinigen, den Vorgängen entsprechend, denen die Parenchymscheiden der Leitbündel im Schlitzblatt bei der Zusammenziehung der Interkostalfelder unterworfen sind.

Doch nicht nur bei den Primordialen des einjährigen Sprosses — auch bei den älteren Sprossen, bei denen das sekundäre Dickenwachstum bereits eingesetzt hat, bestehen jene abweichenden Verhältnisse anscheinend fort. So hat z.B. schon Hesselman (1911, p. 182) darauf hingewiesen, dass bei der schlitzblättrigen Buche der Holzteil schwächer entwickelt, die Gefässe weniger zahlreich und überhaupt der Spross zarter gebaut ist, als beim normalblättrigen Baum. Ebenso erwähnt Hjelmqvist (1944, p. 42), dass im Stamm und in den Zweigen der schlitzblättrigen *Betula pubescens* f. *urticifolia* die Grenzlinien der verschiedenen Jahresringe teilweise stark gekrümmt erscheinen. Dieser offenbare Schrumpfungsprozess hat natürlich mannigfache physiologische Störungen im Gefolge, die dann wieder ihrerseits zur allgemeinen Verzartung des Sprosses beitragen. Auf diese Umstände kann jedoch nicht näher eingegangen werden.

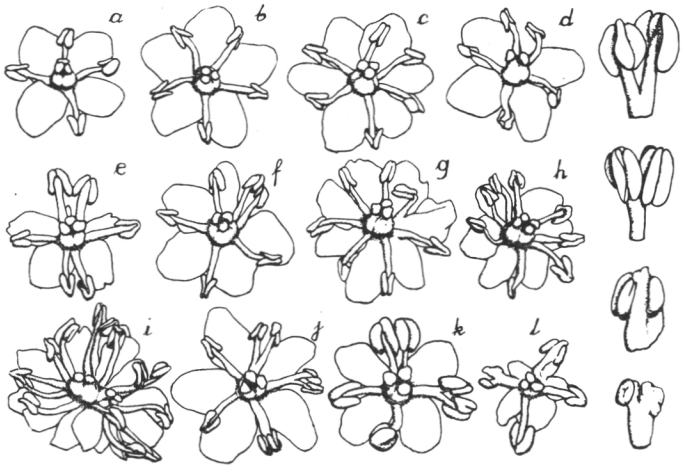


Abb. 38. Verschiedene Blüten von *Sambucus nigra* f. *laciniata* (*a*—*l*) und rechts davon vier anomale Staubblätter. — Erstere $^{3}/_{1}$, letztere $^{5}/_{1}$.

Auch bei den Blüten und Infloreszenzen der *Sambucus nigra* f. *laciniata* fehlen die uns schon bekannten Bauabweichungen keineswegs, wie es die hier beigefügte Abbildung 38 zeigt. Man findet neben normalen 5+5+5+3-Blüten (*b*) z.B. 6- (*c*), also vielzählige Blüten, derlei auch bei der Normalform keineswegs selten vorkommen (vgl. z.B. Penzig 1921, p. 438), ausserdem aber auch solche, die nur 4zählig sind (*a*). Daneben findet man, und zwar ganz wie bei *S. racemosa* f. *plumosa*, in relativ noch grösserer Anzahl Blüten, bei denen die Anzahl der Glieder in den einzelnen Blütenkreisen ganz unabhängig voneinander variiert. Am gewöhnlichsten begegnet man einer Vermehrung der Staubblattzahl (*e*, *f*, *j*). In anderen Fällen wiederum treten sämtliche Blütenkreise in abweichenden, vermehrten Zahlenverhältnissen, bis anscheinend zu einer regelrechten Doppelblüte, auf (*g*, *h*, *i*). Ausser der Zahl, ist auch die Grösse der Blütenblätter beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Dabei wirkt sich die Grössenreduktion (*e*) oder etwa völlige Rückbildung eines Kronblatts (*l*) oft nicht auf die Mengenverhältnisse der Staubblätter aus. Diese letzteren ihrerseits können, ausser dass sie eine verschiedene Grössenentwicklung aufweisen, auch entweder in ihrem oberen oder unteren Teil gespaltet sein (*j*, *k*; man vergleiche die einzelnen Staubblätter in der rechten Reihe der Abbildung). Dieselben Erscheinungen wiederholen sich, wenngleich nicht so zahlreich, zugleich auch in gelinderer Form, auch bei den der *subdecussata*-Form entsprechenden Rückschlagsästen des *laciniata*-Strauches (siehe die nachstehende Zusammenstellung). Während sich von 434 untersuchten *typica*-Blüten 54 (12.4 %) als unnormal erwiesen, war die entsprechende Zahl bei der *decus-*

sata-Form 50 von 132, oder also 37.9 %, und bei der *laciniata*-Form 58 von 136, oder also schon 42.6 %.

	Prozentische Verteilung der verschiedenen Blütenblattzahlen									Anomalitäts-prozent
	2	3	4	5	6	7	8	13	14	
Sambucus nigra										
Krone										
f. *typica*			9.5	*89.6*	0.9					10.4
f. »*subdecussata*»			3.8	*76.5*	18.9	0.8				23.5
f. *laciniata*			7.4	*75.0*	16.2	0.7		0.7		25.0
Andrözeum										
f. *typica*			8.8	*90.3*	0.9					9.7
f. »*subdecussata*»			2.3	*70.5*	25.7	1.5				29.5
f. *laciniata*			4.4	*68.4*	24.3	1.5	0.7		0.7	31.6
Gynäzeum										
f. *typica*	2.3	*97.2*	0.5							2.8
f. »*subdecussata*»	5.3	*87.1*	7.6							12.9
f. *laciniata*	6.6	*89.7*	3.0	0.7						10.3

Die grössten Schwankungen beiderseits der Grundzahl weisen sowohl bei der *subdecussata*- als auch bei der *laciniata*-Form die Staubblätter auf. An zweiter Stelle stehen die Kronblätter, während das Gynäzeum, das ja normalenfalls nur aus drei Fruchtblättern besteht, am wenigsten von den Störungen betroffen wird. Vielleicht wohl wegen der Spärlichkeit des Materials liegt die Prozentzahl der beim Gynäzeum festgestellten Abweichungen bei der *subdecussata*-Form höher als bei der *laciniata*-Form. Anderseits bildet auch der Kelch keineswegs eine Ausnahme in dem von den Blütenanomalien gelieferten Bild, doch ist er wegen der Kleinheit der Kelchblätter und der sich dadurch ergebenden Schwierigkeit der Observation aus der Übersicht weggelassen worden.

Aus dem Obigen geht also hervor, dass auch bei *Sambucus nigra* die Blüten mannigfachen Bauanomalien unterworfen sind. Am deutlichsten treten diese bei der *laciniata*-Form in Erscheinung, wie man dies bei einer Form mit kräftigster Blattschlitzung am nächsten auch zu erwarten hat, während sich die *subdecussata*-Form zwischen diese und die *typica*-Form, jedoch näher der ersteren, einfügt. Ferner ist festzustellen, dass sich diese Anomalien nicht in einer Aufteilung, Zerschlitzung der verschiedenen Pflanzenteile, sondern eher in einer Unregelmässigkeit, einer ungleichmässigen Teilungserscheinung der Zellgewebe äussern, die sich am nächsten wohl von der in Verbindung mit sämtlichen im vorhergehenden besprochenen

schlitzblättrigen Formen auftretenden Reduktionserscheinung der Gewebe herleiten liesse, von welcher die gesamte Pflanze betroffen worden ist.

Da es sich um eine sehr alte und schon längst kultivierte Form handelt, könnte es wohl denkbar sein, dass die Rückschlagserscheinung bei *Sambucus nigra* f. *laciniata* davon herrührte, dass die hier besprochenen Sträucher ihrem Ursprung nach in Wirklichkeit eine Art von »Pfropfbastarden» darstellten, d.h. solche bei Pfropfung oder Okulieren entstandene Formen, unter denen *Laburnocytisus* und *Crataegomespilus* wohl die bekanntesten sind (vgl. z.B. Baur 1930, p. 287—301). Eine solche Möglichkeit möge vielleicht dadurch angedeutet sein, dass bei der vegetativen Vermehrung verschiedener *Sambucus*-Formen z.B. nach Kache (1929, p. 313) neben der Stecklingsvermehrung, obschon nur ziemlich selten, auch Impfung in Frage kommen kann. Auch wenn also eine solche Vermutung als Möglichkeit in Betracht zu ziehen ist, schiene auch die in vielen Beziehungen bemerkbare Ähnlichkeit dieser Erscheinung mit den im vorhergehenden erörterten, sowohl bei wildwachsenden als auch bei kultivierten Exemplaren hervortretenden Rückschlagsfälle darauf hinzudeuten, dass man es dennoch mit einer somatischen Rückmutation zu tun hätte. Für diese letztere Alternative sprächen ferner z.B. die vorhandenen, wenngleich oft einander widersprechenden Angaben über die Eigenschaften der Sämlinge der *Sambucus nigra* f. *laciniata*. Zwar sind z.B. nach Reuter (1896, p. 220) die Blätter dieser Pflanzen von der gewöhnlichen *typica*-Form, anderseits gibt aber de Vries (1906, p. 382) an, dass »*Sambucus nigra laciniata* Übergangsformen mit stark eingeschnittenen, grobgezähnten Blättern lieferte» (siehe auch v. Schwerin 1909, p. 31). Die in Verbindung mit den vorliegenden Untersuchungen und gleichzeitig mit der vorhergehenden Art ausgesäten, von einem *Sambucus nigra* f. *laciniata*-Strauch eingesammelten Samen ergaben 23 ausschliesslich normalblättrige Keimlinge. Da der Samen aus solchen Parkanlagen stammte, wo neben und zwischen den *laciniata*-Sträuchern auch normalblättrige Individuen wuchsen, liegt die Möglichkeit nahe, dass es zu einer Kreuzung des schlitzblättrigen und vielleicht selbststerilen Klons mit der normalblättrigen und wahrscheinlich dominanten Form gekommen wäre. Da ein späterer Saatversuch (1948 und 1949) mit Samen von einem Ort, wo nur *laciniata*- und überhaupt keine *typica*-Sträucher standen, aus diesem oder jenem Grunde bisher noch keinen einzigen Keimling geliefert hat, muss die Frage an diesem Punkte einstweilen offen gelassen werden.

Rückblick und Zusammenfassung

Auf Grund der obigen Ausführungen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass sämtliche hier besprochenen Formen verschiedener dikotyler Bäume und Sträucher durch ein und dieselbe Bildungsabweichung gekennzeichnet sind, die sich ganz wie bei den schlitzblättrigen Formen von Birke und Erle (S a a r n i j o k i 1946) als eine über die ganze Pflanze verbreitete und sämtliche Pflanzenteile betreffende eigentümliche Verschmälerung und Schrumpfung äussert, so dass man eigentlich statt von Schlitzblättrigkeit mit viel besseren Gründen von einer Reduktionserscheinung zu sprechen hätte, von der die ganze Pflanze betroffen worden ist. Bei Vertretern naheverwandter Gattungen, wie etwa *Alnus*, *Betula* und *Corylus*, tritt sie überraschend ähnlich zum Vorschein, mit abnehmender Verwandtschaft vergrössern sich auch die Unterschiede.

Ihre klarsten Ausdrucksformen findet diese Erscheinung in solchen spezifischen Pflanzenteilen, wie den Blättern, wie man u.a. daraus ersieht, dass die betreffenden Formen grösstenteils gerade auf Grund ihrer Blätter benannt worden sind. Beim einfachen Blatt äussert sie sich einigermassen anders als beim zusammengesetzten, gemeinsam für alle ist aber eine Verschmälerung der ganzen Blattspreite wie auch ihrer einzelnen Teile, desgleichen eine Zuspitzung sowohl des Blattgrundes als auch der Blattspitze und eine Verschärfung der Nervenwinkel. Bei ganzrandigen Blättern mit mehr oder minder geschlossener Nervatur und gerollter Vernation konstatiert man diese Veränderung in ihrer primitivsten Form, während bei gezähntrandigen Blättern mit offener Nervatur und gefalteter Vernation ihre sichtbarste Folge eine sekundäre Teilung, eine Zerschlitzung der Blattspreite ist. In beiden Fällen ist für die Blätter kennzeichnend, dass Hand in Hand mit der Reduktion der assimilierenden Teile Elemente des eigentlichen Blattrandes sowie der Blattspitze und des Blattgrundes auf der eigentlichen Blattspreite erscheinen. Dies zeigt sich dann entweder in Form eines deutlich ausgebildeten Reissgewebes oder lediglich in einer ungleichmässigen lederartigen Färbung der Blattfläche. Was speziell die Blatteilung betrifft, so kann festgestellt werden, dass sich die Blätter bei den Arten mit wechselständiger Blattstellung asymmetrisch, bei denjenigen mit gegenständiger Blattstellung symmetrisch teilen, weiter, dass die Teilung beim Endblättchen eines zusammengesetzten Blattes symmetrisch, in den beiden Hälften

der Seitenblättchen wiederum asymmetrisch erscheint. Es ist natürlich, dass die in allen diesen Fällen hervorgerufene Reduktion der Blattspreite, vor allem ihrer assimilierenden grünen Teile, entsprechend auch eine Reihe von physiologischen Veränderungen hervorruft, die auf herabgesetzte Vitalität deuten.

Bei den Blattstielen und einjährigen Trieben äussert sich diese Verschmälerungs- und Schrumpfungserscheinung als eine Art von Verzartung und Furchung der betreffenden Teile, demzufolge solche Individuen einen hängeästigen oder sonst vom normalen abweichenden Wuchs aufweisen. Die erwähnte Furchung — im Prinzip durchaus vergleichbar mit der Zerschlitzung des Blattes — wirkt sich unter anderem auch auf eine so leicht kontrollierbare Eigenschaft wie den Laubfall aus. Bei den meisten im vorliegenden Zusammenhang besprochenen Formen verläuft der Laubfall träger und irgendwie mühsamer, indem die Blätter weit in den Winter hinein, ja bis zum folgenden Frühjahr, an den Zweigen erhalten bleiben.

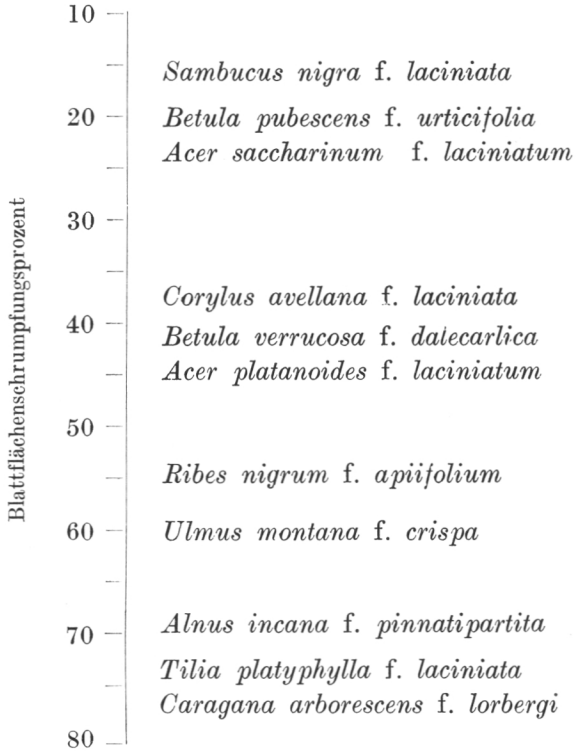
Auch bei den Infloreszenzen, Blüten und einzelnen Blütenteilen wiederholen sich dieselben Veränderungen in Form einer Verschmälerung und eines Zarterwerdens des betreffenden Pflanzenteiles oder in Form einer sonstigen Gewebsreduktion. Damit einhergehend tritt auch bald beim Andrözeum, bald wieder beim Gynäzeum eine mehr oder minder deutliche Fertilitätseinbusse ein; diese äussert sich im allgemeinen stärker in den weiblichen Geschlechtsteilen. Überdies sind bei Arten mit geringerer Zahl von Fruchtblättern in der Blüte, wie etwa *Corylus*, *Ulmus*, *Caragana* und *Acer*, diese Pflanzenteile öfter steril als z.B. bei *Ribes*, *Tilia* und *Sambucus*, bei denen die Anzahl der Fruchtblätter und die Menge der Samen grösser sind.

Die hier besprochene Bildungsstörung äussert sich aber bei ein und demselben Baum- oder Strauchindividuum nicht jederzeit völlig gleichartig. Zumal an den Langtrieben und an reichblütigen Infloreszenzen kann festgestellt werden, dass der Grad der Störung gegen Ende der Vegetationsperiode oder also gegen die Spitze des betreffenden Pflanzenteiles in einigen Fällen zu-, in anderen wieder abnimmt, sie ist also im ersteren Falle progressiv, im letzteren regressiv. Ähnliches kann auch bei den verschiedenen Teilblättchen eines zusammengesetzten Blattes beobachtet werden. Ein systematischer Unterschied hat sich diesbezüglich nicht nachweisen lassen, sondern es können sich die Arten sogar ein und derselben Gattung in dieser Hinsicht verschieden verhalten (z.B. *Acer*).

Noch wechselvoller tritt die in Rede stehende Eigenschaft innerhalb einer bestimmten Art in Erscheinung. Zumal unter den Nachkommen der schlitzblättrigen Bäume und Sträucher können alle denkbaren Zwischenformen vom extremen Schlitzblatt bis zum *typica*-Blatt vertreten sein, ganz wie früher bei der Birke und Erle festgestellt wurde. Freilich kann der Anteil der schlitzblättrigen Pflanzen unter den aus Naturbestäu-

bung hervorgegangenen Keimlingen mitunter recht gering bleiben, und zwar weil sich diese Eigenschaft auch in diesen Fällen als rezessiv erwiesen hat, wobei es auf den Bestäubungsverhältnissen und vor allem auf der Selbststerilität der betreffenden Art beruhen bleibt, ob auch Vertreter der Schlitzblattformen unter die Saat geraten.

Geht man sodann zu den Gattungen und Familien über, so äussert sich die Schlitzblättrigkeit bei ihnen insofern verschieden, als der Grad der maximalen Reduktion der Blattfläche bei ihnen verschieden ist. Dies geht anschaulich aus der beiliegenden Übersicht hervor, die ausser den hier behandelten Arten auch die Birke und Erle enthält.



Aus ihr ergibt sich erstens, dass eine gleiche Benennung lange nicht immer zugleich auch denselben Grad der Schlitzblättrigkeit angibt. Zweitens findet man, dass unter denjenigen Arten, bei deren schlitzblättrigen Formen die Reduktion der Blattspreite am weitesten gegangen ist, sich solche Schattenbäume wie *Alnus*, *Ulmus*, *Tilia* und *Acer* befinden, während bei einem solchen lichtbedürftigen Baum, wie der Birke, der entsprechende Schrumpfungswert weit geringer ist. Weil bei den schlitzblättrigen Bäumen die Assimilationstätigkeit der Blattspreitenreduktion zufolge

herabgesetzt sein muss, solche Bäume also sozusagen im ewigen Schatten wachsen, könnte wohl zu verstehen sein, warum die hier in Rede stehende Anomalität gerade bei den Schattenbäumen stärker als bei den Lichtbäumen in Erscheinung tritt: es würden sich die Lichtbäume bei noch weiter getriebener, den Schattenbäumen entsprechender Reduktion der Blattspreite offenbar überhaupt nicht mehr am Leben erhalten können. Es herrscht hier weitgehend dasselbe Verhältnis wie z.B. in bezug auf die Formenvariation von Fichte und Kiefer. Die Fichte vermag als biologisch überlegenerer Schattenbaum eine Vielfalt von Formen, auch anomalen, zu entwickeln, während diese Fähigkeit bei der Kiefer, einem typischen Lichtbaum, anscheinend nicht zur Geltung kommen kann und solche Formen bei ihr folglich seltener sind.

Mit der Schlitzblättrigkeit ist aber oft deutlich auch eine andersartige Variation verknüpft. Bei den untersuchten Bäumen und Sträuchern sind nämlich in verschieden hoher Anzahl sog. Rückschläge aufgetreten: Blätter, Triebe und selbst umfangreichere Zweigpartien, die sich durch ihre schwächere Blatteilung schroff von ihrer Umgebung abheben. Diesen Rückschlägen scheint, ganz wie denjenigen der Birke und Erle, eigen zu sein, dass sie alle denkbaren Zwischenformen von der vorherrschenden Blattform des Baumes bis nahe zum *typica*-Blatt repräsentieren.

Vor allem auf Grund von anatomischen und morphologischen Befunden an dichotypen, also aus zwei in bezug auf den Grad der sie betroffenen Störung verschiedenen Komponenten zusammengesetzten Pflanzenteilen, lassen sich die festgestellten anomalen Veränderungen als die Folge einer entwicklungsmechanischen, vorwiegend im Tempo der jährlichen Entwicklung zum Vorschein tretenden Störung deuten, die sich bei der Pflanze auf die Weise äussert, dass die betreffenden Pflanzenteile nicht zu ihrer normalen Breite auszuwachsen vermögen, sondern in dieser Richtung schmäler bleiben (Abb. 39). Da nun bei den Phanerogamen, wie man schon längst weiss, die in schalenförmigen Schichten angeordneten Initialzellen des Vegetationspunktes eine Art von Parabelsystem bilden, bei welchem man eine antiklinale und eine periklinale Richtung unterscheiden kann, könnte anzunehmen sein, dass es sich um eine gerade in diesen entgegengesetzten Richtungen eingetretene Wachstums- und Entwicklungsstörung handelt, der zufolge das Zellwachstum des Vegetationspunktes gerade in der Richtung der Antikline gehemmt ist und der Pflanzenteil daher nicht zu seiner vollen Breite auszuwachsen vermag (D). Eine Folge davon ist die, dass die Zellgewebe in der genannten Richtung nicht ihre normale Lage einzunehmen vermögen, und so kommt es im Zusammenspiel der teilweise dehnenden, teilweise schrumpfenden Kräfte schliesslich dazu, dass der ganze Pflanzenteil karikaturmässig verändert erscheint, wie es die Abb. 39 A, B und C zeigt. Von dieser Verlangsamung des Entwicklungstempos scheinen am stärksten die-

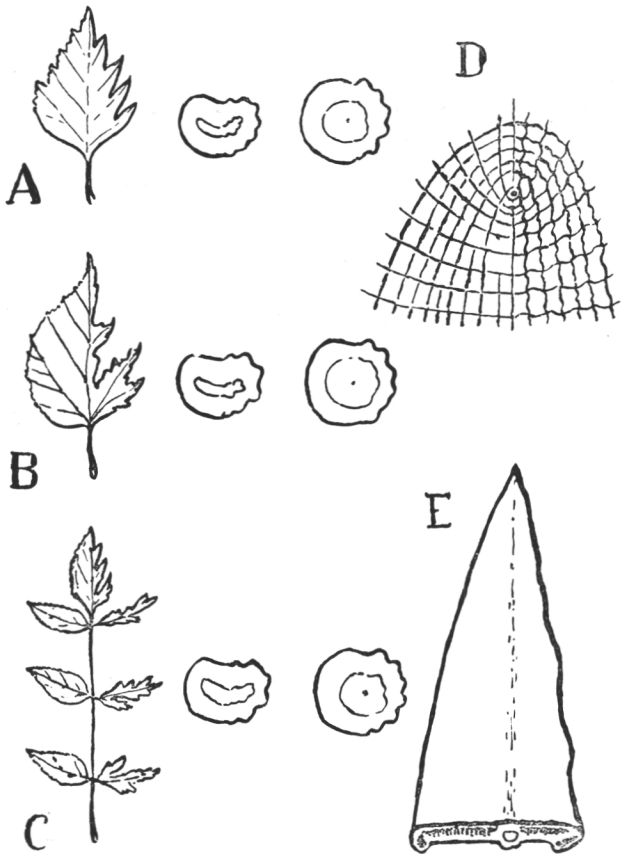


Abb. 39. Dichotypes Blatt von *Betula* (A), *Tilia* (B) und *Sambucus* (C), entsprechende Querschnitte durch den Blattstiel und die Sprossachse, Längsschnitt durch den Vegetationspunkt (D) und Spitzenteil des Blattes (E) in schematischer Darstellung.

jenigen Zellgewebe betroffen zu werden, die in dem sich entwickelnden Pflanzenteil bis zuletzt auf dem Initialstadium verharren, und darum weisen solche Pflanzenteile auch im ausgewachsenen Zustand immer noch Merkmale auf, wie sie der noch von der Knospenschuppe umschlossenen Anlage eigen sind. Es ist denn auch offenbar, dass das Auftreten dieser Störung gar nicht auf eine bestimmte, akropetale, basipetale oder interkalare Phase des Wachstums beschränkt ist, sondern sie betrifft die Entwicklung des Vegetationspunktes im ganzen, obschon die zuletzt zur Anlegung gelangenden Teile diejenigen sind, die am sichtbarsten von ihr in Mitleidenschaft gezogen werden.

Da hier also nach allem zu schliessen eine entwicklungsmechanische Störung vorliegt, dürfte es sich wohl auch in diesen Fällen am nächsten um

Faktormutationen handeln, die sich wie im allgemeinen rezessiv gegenüber den Ausgangsformen verhalten und die zu pathologischen Anomalien, oft selbst zur Entstehung von Letalfaktoren führen, die aber auch in diesen Fällen dermassen schwach in Erscheinung treten, dass sie auf somatischem sowohl wie auf generativem Wege zum Normalen zurückmutieren können (vgl. z.B. B a u r 1930). Es ist weiterhin offenbar, dass dieses funktionell erkrankte Gen pleiotropisch ist, weil sich ja seine Wirkung durch die ganze Pflanze äussert. Ausserdem muss es seiner Eigenschaft nach auch ziemlich »primär» sein, ist es doch gemeinsam selbst für systematisch weit voneinander entfernte Arten.

Neben der Schlitzblättrigkeit kennt man bei den Pflanzen auch eine Reihe anderer entsprechendartiger paralleler, durch das ganze System der höheren Pflanzen vorkommender Bildungsabweichungen, die sich gleichfalls in mehreren verschiedenen Teilen der Pflanze geltend machen, ihrem Grade nach variieren, vererbbar sind, aber ebenfalls leicht zurückmutieren. Hierher gehören die bei den krautigen sowohl wie den Holzgewächsen vorkommenden rot- (*atropurpurea*) und buntblättrigen (*variegata*) Formen, desgleichen die verschiedenen Formspielarten der Bäume und Sträucher: Pyramiden- (*fastigiata*), Kugel- (*globosa*) und Hängewuchs (*pendula*), u.a.m. Weiter scheint z.B. auch einer solchen wirtschaftlich bedeutungsvollen Eigenschaft, wie dem Maserwuchs der Nadel- und Laubbäme, eine ähnliche Labilität eigen zu sein. Die eingehende Klärung dieser Erscheinungen erfordert indessen auch genetische Untersuchungen, die aber zeitraubend sind, indem es sich ja um ausdauernde, verhältnismässig spät blühreife Objekte handelt. Vor allem gerade das genetische Studium der Rückschlagserscheinung kann weiteres Licht in die Entstehung und das Wesen jener anomalen Formen bringen. Dabei bieten die Holzgewächse einen weitaus vorteilhafteren Ausgangspunkt für die Untersuchungen, weil bei ihnen infolge der langen Lebensdauer der Pflanze die Möglichkeiten zum Auftreten von Rückschlägen viel grösser als bei den krautigen Pflanzen sind.

Literaturverzeichnis

Ascherson, P. & Graebner, P. 1908. Synopsis der mitteleuropäischen Flora. IV. — Leipzig.

Baur, E. 1926. Untersuchungen über Faktormutationen. I. Antirrhinum majus mut. phantastica. — Zschr. Indukt. Abst.- u. Vererbungsl. 41, p. 47—53.

—»— 1930. Einführung in die Vererbungslehre. 7.—11. Aufl. — Berlin.

Beissner, L. 1895. Knospenvariation. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 4, 2. Aufl. (1909), p. 132—138.

—»— 1898. Durch Knospenvariation entstandene Pflanzenformen. — Sitz.ber. Niederrhein. Ges. f. Nat. u. Heilk. Bonn, 1898, p. 30—42.

—»— 1900. Reiseerinnerungen. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 9, 2. Aufl. (1910), p. 238—262.

—»— 1904 a. Jahresversammlung. — Ibid. 13, 2. Aufl. (1913), p. 127—143.

—»— 1904 b. Reiseerinnerungen. — Ibid. 13, 2. Aufl. (1913), p. 248—271.

—»— 1905. Jahresversammlung. — Ibid. 14, 2. Aufl. (1913), p. 340—366.

—»— 1907 a. Jahres-Versammlung. — Ibid. 16, p. 9—40.

—»— 1907 b. Reiseerinnerungen. — Ibid. 16, p. 41—61.

Beissner, L., Schelle, E. & Zabel, H. 1903. Handbuch der Laubholz-Benennung. — Berlin.

Boubier, A. M. 1896. Recherches sur l'anatomie systématique des Bétulacées — Corylacées. — Malpighia 10, p. 349—436.

Braun, A. 1851. Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. — Leipzig.

Büsgen, M. 1914. Cupuliferae. — Kirchner — Loew — Schröter, Lebensgesch. Blütenpfl. Mitteleuropas 2: 1, p. 1—253. Stuttgart.

Cajander, A. K. 1917. Metsänhoidon perusteet. II. Suomen dendrologian pääpiirteet. — Porvoo.

Dippel, L. 1892, 1893. Handbuch der Laubholzkunde. II & III. — Berlin.

Eichler, A. W. 1875, 1878. Blüthendiagramme. I & II. — Leipzig.

Elfving, Fr. 1897. Anteckningar om kulturväxterna i Finland. Mit einem deutschen Auszug. — Acta Soc. F. Fl. Fenn. 14: 2, p. 1—116.

—»— 1913. Vedväxterna i Universitetets i Helsingfors Botaniska trädgård. — Inbjudningskrift, Helsingfors.

Elo, J. E. 1941. Folium Betulae. Vergleichende anatomisch—pharmakognostische Untersuchung. — Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 16: 3, p. 1—20.

Engler, A. 1891. Saxifragaceae. — Engler — Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien III: 2 a, p. 41—93. Leipzig.

Franke, Wilhelm. 1920. Reichblütigkeit der Tilia platyphyllos asplenifolia und Ilex Aquifolium. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 29, p. 300.

Fraude. 1916. Park und Gärten der Herrschaft Putbus. — Ibid. 25, p. 67—83.

Fritsch, K. 1889. Über die Eigenthümlichkeiten ausserordentlich üppig entwickelter Schösslinge des schwarzen Hollunders. — Österr. Bot. Zschr. 39, p. 214—217.

Georgescu, C. 1926. Das Auftreten einiger Missbildungen an Ersatzsprossen, Schösslingen, Wurzelausschlägen usw. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 37, II, p. 65—71.

Gerresheim, Ed. 1913. Über den anatomischen Bau und die damit zusammenhängende Wirkungsweise der Wasserbahnen in Fiederblättern der Dicotyledonen. — Bibl. Bot. 19, p. 1—67.

Goebel, K. 1928. Organographie der Pflanzen. 3. Aufl., I. — Jena.

Goeschke, F. 1887. Die Haselnuss, ihre Arten und ihre Kultur. — Berlin.

Graebner, Paul. 1924. Die nichtparasitären Krankheiten. — Sorauer, Handb. der Pflanzenkrankheiten. I. Berlin.

Grönholm, U. J. 1906. Ett exemplar af flikbladig gråal i Jaakimvaara socken. — Finska Forstfören. Medd. 23, p. 45—46.

Gunnarson, J. G. 1925. Monografi över Skandinaviens Betulae. — Arlöv.

Haberlandt, G. 1924. Physiologische Pflanzenanatomie. 6. Aufl. — Leipzig.

Hertz, M. 1928. Heterofylliaa Tilia grandifoliassa. — Luonnon Ystävä 32, p. 28.

Hesselman, H. 1911. Über sektorial geteilte Sprosse bei Fagus silvatica l. asplenifolia Lodd. und ihre Entwicklung. — Svensk Bot. Tidskr. 5, p. 174—196.

Hidén (Hiitonen), I. 1925 a. Tietoja Sakkulan pitäjän kasvistosta. — Medd. Soc. F. Fl. Fenn. 49, p. 124—131.

—»— 1925 b. Muutamia Suomen kasvistolle uusia muotoja. — Ibid. 50, p. 44—46.

Hiitonen, I. 1933. Suomen kasvio. — Vanamon kirjoja 32. Helsinki.

Hilli, A. 1930. Kasviepämuodostumia. — Luonnon Ystävä 34, p. 227—228.

Hintikka, T. J. 1926. Kasviteratologiset tiedonannot Suomen kasvitieteellisessä kirjallisuudessa vuoteen 1922 asti. (*Deutsches Referat:* Die pflanzenteratologischen Notizen in der botanischen Literatur Finnlands bis zum Jahre 1922.) — Ann. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 3: 4, p. 128—165.

Hintz, R. 1889. Über den mechanischen Bau des Blattrandes mit Berücksichtigung einiger Anpassungserscheinungen zur Verminderung der localen Verdunstung. — Nova Acta Leopoldina 54, p. 93—216.

Hirmer, M. 1919. Beiträge zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Blätter einiger Palmen und Cyclanthaceen. — Flora 113, p. 178—189.

Hjelmqvist, H. 1944. Studien über Pflanzenchimären. — Lunds Univ. Årsskr., N. F., Avd. 2, Bd. 40: 7, p. 1—69.

Hjelt, Hj. 1902, 1911. Conspectus Florae Fennicae. II & IV. — Acta Soc. F. Fl. Fenn. 21: 1, p. 1—261; 35: 1, p. 1—411.

Holzhausen, Axel. 1923. Göteborgs Trädgårdsförening. — Lustgården 4, p. 17—24.

Imai, Y. 1930. A genetic monograph on the leaf of Pharbitis Nil. — Zschr. Indukt. Abst.- u. Vererbungsl. 55, p. 1—107.

Jaccard, P. & Frey, A. 1927. Tiliaceae. — Kirchner — Loew — Schröter, Lebensgesch. Blütenpfl. Mitteleuropas 3: 4, p. 1—62. Stuttgart.

Jacobasch, E. 1892. Teratologisches. 1. Tilia platyphyllos Scop. mit weinbaumähnlichen Blättern. — Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 33, p. 51.

Jäger, H. — Beissner, L. 1884. Die Ziergehölze der Gärten und Parkanlagen. 2. Aufl. — Weimar.

Jahn, E. 1932, 1933, 1936. Bemerkenswerte Gehölze im Botanischen Forstgarten der Forstlichen Hochschule in Hann. Münden. 4. Betula urticifolia Regel. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 44, p. 69—72; Id. 6. Über das genetische Verhalten eines schlitzblättrigen Silberahorns. — Ibid. 45, p. 293 — 298; Id. 11. Die Vererbung der Fingerblättrigkeit beim Spitzahorn. — Ibid. 48, p. 214—219.

Kache, P. 1929. Die Praxis des Baumschulbetriebes. — Berlin.

Kammeyer, H. F. 1932. Wertvolle Zier-Ribes. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 42, p. 37—42.

Kneiff, Fritz. 1940. Erinnerungen und Erfahrungen meiner 60jährigen dendrologischen Aera. — Ibid. 53, p. 167—182.

Koch, K. 1869, 1872, 1873. Dendrologie. I—III. — Erlangen.

Koehne, E. 1893. Deutsche Dendrologie. — Stuttgart.

—»— 1906. Über neue oder interessante Holzgewächse. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 15, p. 51—69.

Komarov, V. L. 1909. Generis Caraganae monographia. — Acta Horti Petrop. 29: 2, p. 1—388.

Komppa, G. 1926. Dendrologische Erfahrungen in Finnland. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 36, I, p. 192—194.

Korschelt, E. 1931. Regeneration und Transplantation. II. Transplantation. — Berlin.

Krüssmann, Gerd. 1935. Die Vermehrung der Gehölze. Art, Zeit und Technik. — Berlin.

—»— 1937, 1951. Die Laubgehölze. 1. & 2. Aufl. — Berlin.

Küster, E. 1921 a. Über Fagus silvatica var. asplenifolia. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 31, p. 137—140.

—»— 1921 b, 1923. Zur Kenntnis der panaschierten Gehölze. III. — Ibid. 31, p. 141—143; Id. V & VI. — Ibid. 33, p. 183—188.

—»— 1925. Pathologische Pflanzenanatomie. 2. und 3. Aufl. — Jena.

—»— 1927. Anatomie des panaschierten Blattes. — Linsbauer, Handb. der Pflanzenanatomie. II: 7, p. 1—68. Berlin.

Lagerberg, T. 1937, 1947. Vilda växter i Norden. 1. Aufl., I; 2. Aufl., II. — Stockholm.

Lilienfeld, F. 1910. Über eine Anomalie des Blattgewebes bei Nicotiana Tabacum und Corylus Avellana v. laciniata. — Anz. K. Akad. Wiss. Krakau, 1910, p. 714—719.

Lilienfeld, F. A. 1929. Vererbungsversuche mit schlitzblättrigen Sippen von Malva parviflora. I. Die laciniata-Sippe. — Biblioth. genet. 13, p. 1—214.

Lingelsheim, A. 1918. Über das Auftreten von Palisadenparenchym an der Unterseite bifacialer Blätter. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. 36, p. 485—491.

Linsbauer, L. 1895. Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Caprifoliaceen. — Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 45, p. 43—68.

Lippitsch, C. 1889. Über das Einreissen der Laubblätter der Musaceen und einiger verwandter Pflanzen. — Österr. Bot. Zschr. 39, p. 206—210, 259—263.

Loewer, E. 1896. Tilia americana asplenifolia. — Abhandl. u. Ber. Ver. Naturk. Kassel 41, p. XXIV—XXV.

Loudon, J. C. 1838, 1875. Arboretum et fruticetum Britannicum. 1. & 2. Aufl., I—VI. — London.

Magnus, P. 1880. Über den histologischen Vorgang bei der Verwachsung schon nicht mehr ganz junger Partien zweier Organe. — Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg 22, p. 100—103.

Maly, K. 1930. Dendrologisches aus Illyrien. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 42, p. 127—136.

Masters, T. M. 1886. Pflanzen-Teratologie. Ins Deutsche von U. Dammer übertragen. — Leipzig.

Mayr, H. 1909. Eine eigenartige Spätfrostwirkung. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 18, p. 311.

Mela, A. J. — Cajander, A. K. 1906. Suomen kasvio. 5. Aufl. — Helsinki.

Mönch, C. 1911. Über Griffel und Narbe einiger Papilionaceae. — Beih. Bot. Centralbl. 27: 1, p. 83—126.

Nilsson, A. 1951. Carpinus betulus f. lennwalliana n.f. — Lustgården 31/32, p. 95—105.

Olbrich, St. 1929. Richtlinien für Baumpflanzungen an Strassen. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 41, p. 216—231.

Paasch. 1874. Über Abutilonförmige Lindenblätter. — Sitz.ber. Ges. Naturf. Freunde zu Berlin, 1874, p. 92.

Parvela, A. A. 1930. Oulun läänin viljelyskasvit, niiden historia ja nykyinen levinneisyys. (*Deutsches Referat*: Über die Kulturpflanzen im Län Oulu (Uleåborg), ihre Geschichte und Verbreitung.) — Ann. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 13: 1, p. 1—354.

Pauley, S. S. & Johnson, A. 1952. Aberrant Silver Maples. — Journ. Arnold Arboretum 33, p. 296—298.

Pax, F. 1885, 1886. Monographie der Gattung Acer. — Englers Bot. Jahrb. 6, p. 287—374; 7, p. 177—263.

—»— 1896. Aceraceae. — Engler — Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien III: 5, p. 263—272. Leipzig.

—»— 1902. Aceraceae. — Engler, Das Pflanzenreich IV: 163, p. 1—89. Leipzig.

Penzig, O. 1921, 1922. Pflanzen-Teratologie. 2. Aufl., II & III. — Berlin.

Petersen, O. G. 1916. Traeer og Buske. — Kjøbenhavn.

Prantl, K. 1883. Studien über Wachstum, Verzweigung und Nervatur der Laubblätter, insbesondere der Dicotylen. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. 1, p. 280—288.

Regel, E. 1866. Bemerkungen über die Gattungen Betula und Alnus nebst Beschreibung einiger neuer Arten. — Moskau.

Rehder, A. 1915. Neue oder kritische Gehölze. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 24, p. 213—228.

—»— 1927, 1947. Manual of cultivated trees and shrubs. 1. & 2. Aufl. — New York.

Reinke, J. 1876. Beiträge zur Anatomie der an Laubblättern, besonders an den Zähnen derselben vorkommenden Secretionsorgane. — Jahrb. Wiss. Bot. 10, p. 117—178.

Rensch, C. 1919. Dendrologisches aus Rudolstadt. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 28, p. 300—302.

Reuter, A. 1896. Resultate der Samenvermehrung verschiedener Gehölz-Varietäten. — Ibid. 5, 2. Aufl. (1909), p. 218—221.

Roze, M. 1895. Le »Chelidonium laciniatum» Miller. — Journ. Bot. 9, p. 296 — 307, 338—342.

Rulf. 1940. Die Gehölze in Aschaffenburg und Umgebung. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 53, p. 122—135.

Saarnijoki, S. 1937. Einiges über die »Pirkkala-Birken» von heute. — Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 9: 7, p. 27—38.

—»— 1946. Die Schlitzblättrigkeit der Erlen und Birken im Lichte von Rückschlägen und einigen Kreuzungen. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 34: 2, p. 1—68.

—»— 1948. Liuskalehtinen pähkinäpensas, Corylus avellana f. laciniata (Doell), Karjalohjalla (V). (*English summary:* Corylus avellana f. laciniata (Doell), new in Finland.) — Arch. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 1, p. 38—39.

—»— 1954. Über ein Gruppenvorkommen von Trauerfichten, Picea Abies (L.) H. Karst. f. pendula Jacq. & Hérincq. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 42: 2, p. 1—42.

Sargent, C h. 1921. Manual of the trees of North America. 2 Aufl. — London.

Schenck, H. 1916. Die Pyramideneiche bei Harreshausen. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 25, p. 52—60.

Schiemann, Elisabeth. 1932. Zur Genetik einer fadenblättrigen Tomatenmutante. — Zschr. Indukt. Abst.- u. Vererbungsl. 63, p. 43—93.

—»— 1941. Antirrhinum majus mut. filiforme, zugleich ein Beitrag zur Chimärenfrage. — Ibid. 79, p. 50—82.

Schlechtendal, D. v. 1844. Über einige Blattmissbildungen. — Bot. Ztg 2, p. 441—444, 457—459.

—»— 1850. Blumenmissbildung an Ribes rubrum. — Ibid. 8, p. 63—64.

Schneider, C. K. 1906, 1912. Illustriertes Handbuch der Laubholzkunde. I & II. — Jena.

Schotte, Gunnar. 1920. En ny form av flikbladig gråal. — Lustgården 1, p. 96—101.

Schwerin, F r. v. 1893. Die Varietäten der Gattung Acer. — Gartenflora 42. (Privater Neudruck 1919 unter dem Sammeltitel: Acht Beiträge zur Gattung Acer. — Wendisch-Wilmersdorf.)

—»— 1896. Über Variation beim Ahorn. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 5, 2. Aufl. (1909), p. 178—194.

—»— 1909. Monographie der Gattung Sambucus. — Ibid. 18, p. 1—56.

—»— 1922 a, 1924. Dendrologische Notizen. XIII. Frostschlitzige Laubblätter. — Ibid. 32, p. 84—85; Id. XIV. Früherer Blattabwurf panaschierter Baumteile. — Ibid. 34, p. 355—356.

—»— 1922 b. Jahresversammlung. — Ibid. 32, p. 1—52.

—»— 1923. Jahresversammlung. — Ibid. 33, p. 263—289.

—»— 1925. Über rotblättrige Pflanzen. — Ibid. 35, p. 156—163.

—»— 1932. Veredelte Eschen, deren Kronen ein Sport der Unterlage sind. — Ibid. 44, p. 383.

Silva Tarouca, E. & Schneider, C. 1922. Unsere Freiland-Laubgehölze. — Wien—Leipzig.

Söderberg, E. 1917. En knoppvariation hos Alnus glutinosa Gaertn. — Svensk Bot. Tidskr. 11, p. 401—402.

St. - Paul, U. v. 1893. Brauchbare Bäume und Gehölze. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 2, 2. Aufl. (1909), p. 9—18.

—»— 1898. Neuere oder wenig verbreitete Gehölze. — Ibid. 7, 2. Aufl. (1909), p. 395—402.

Stubbe, Hans. 1938. Genmutation. I. — Handb. Vererbungswiss. II F. Berlin.

Sylvén, N. 1921. Genom Sörmland och Östergötland. — Lustgården 2, p. 128—164.
—»— 1926. På lustgårdsturné i sydöstra Skåne. Lunds botaniska trädgård. — Ibid. 7, p. 184—187.
—»— 1928. På dendrologfärd i Norra Västergötland. — Ibid. 9, p. 77—117.
—»— 1930. Från Österlen till Blekingebygd. — Ibid. 11, p. 81—138.
—»— 1934. Tre minnesvärda Gotlandsdagar. D. B. V:s trädgård. — Ibid. 15, p. 96—102.
—»— 1938. På andra sidan Sundet. — Ibid. 18/19, p. 77—134.
—»— 1939. Till Värmland och Dal. Föreningens för Dendrologi och Parkvård 19:de exkursion. — Ibid. 20, p. 53—100.
Taubert, P. 1894. Leguminosae. — Engler — Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien III: 3, p. 70—385. Leipzig.
Teuscher, H. 1920. Die sechs europäischen Arten der Gattung Tilia. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 29, p. 63—69.
Troll, W. 1938, 1939. Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. I. — Berlin.
Tyler, A. A. 1898. The nature and origin of stipules. — Ann. New York Acad. Sc. 10, p. 1—49.
Vaarama, A. 1941. Helsingin Yliopiston kasvitieteellisessä puutarhassa talven 1939—40 aikana puille ja pensaille aiheutuneet pakkasvauriot. (*Deutsches Referat:* Die Winterschäden im botanischen Garten der Universität Helsinki im Frostwinter 1939—40.) — Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 16: 4, p. 1—48.
Vries, H. de. 1901, 1903. Die Mutationstheorie. I & II. — Leipzig.
—»— 1906. Arten und Varietäten und ihre Entstehung durch Mutation. Ins Deutsche von H. Klebahn übertragen. — Berlin.
Wagner, J. 1932. Die Linden des historischen Ungarns. I. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 44, p. 316—345.
Wiedemann, A. v. 1893. Über geschlitzte (laciniate) Blattformen. — Jahresh. Ver. vaterl. Naturk. in Württemberg, 1893, p. LV—LX. — Zit. nach Bot. Centralbl. 54, p. 247.
Winkler, H. 1904. Betulaceae. — Engler, Das Pflanzenreich IV: 61, p. 1—149. Leipzig.
Wittrock, V. B. 1886. Über die Geschlechterverteilung bei Acer platanoides L. und einigen anderen Acer-Arten. — Bot. Centralbl. 25, p. 55—68.
Wocke, E. 1922. Gehölzbuch für Gartenfreunde und Gärtner. — Frankfurt a.O.
Wolf, E. 1923. Sambucus racemosa Linné. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 33, p. 24—31.
Zabel, H. 1887. Acer platanoides L. var. integrilobum Zbl. (nicht Tausch). — Gartenflora 36, p. 431—437.

ANATOMIS-MORFOLOGISIA TUTKIMUKSIA ERÄITTEN PUUVARTISTEN KASVILAJIEN LIUSKALEHTISYYDESTÄ

Selostus

Esillä olevassa, eräitten puuvartisten kasvilajien erilaisia liuskalehtisiä muotoja käsittelevässä anatomis-morfologisessa selvittelyssä on todettu, että:

1. Liuskalehtisyys tarkastelun kohteena olleitten *Corylus-*, *Ulmus-*, *Tilia-*, *Ribes-*, *Acer-*, *Caragana-* ja *Sambucus*-lajien mainituilla edustajilla näyttäytyy varsin samanlaatuisena, kuitenkin niin, että niiden kesken on olemassa myös ilmeistä lajien systemaattisesta asemasta johtuvaa vaihtelua. Lehtien muoto, ennen kaikkea sivusuonien ja -liuskojen taaksepäin kaartuva kulku, lehtilavan mutka- tai käherälaitaisuus, hammastuksen epäsäännöllisyys samoin kuin suonikulmien terävyys ovat näilläkin muodoilla selviä merkkejä samanlaisesta lehtilavan kaventuneisuudesta, kuin minkä jo koivulla ja lepällä on aikaisemmin todettu aiheuttavan liuskalehtisyyttä. Anatomisesti lehtiä tutkittaessa on nähty, että tähän lehtilavan kaventuneisuuteen liittyy myös erikoinen, läpikuultavien, suhteellisen aikaisin kuolevien solujen muodostama solukko, joka rakenteensa puolesta on varsin tyypillistä lehtilaidan solukkoa, joka liuskottuvaa, pitenevää lehtilaitaa vastaavasti pyrkii sijoittumaan eräänlaiseksi joko yhtenäiseksi tai katkeilevaksi repeytymissolukoksi suonien välisille lehtilavan osille.

2. Kukinnoissa, kukissa ja yksityisissä kukkalehdissäkin kaikilla näitten tutkittujen muotojen edustajilla on olemassa niin ikään monenlaisia anomaalisuuksia ja lisäksi ne esiintyvät sitä selvempinä mitä ekstreemisemmistä liuskalehtisyystapauksista on kysymys. Nekin kaiken todennäköisyyden mukaan johtuvat samanlaisesta primäärisestä kasvinosien kapenemisesta ja hentoutumisesta kuin muutokset lehdissäkin. Samalla nämä ennen kaikkea lehden yhteyttävän osan redusoitumisena ilmenevät muutokset saavat aikaan myös enemmän taikka vähemmän selvää fertilisyyden heikkenemistä, milloin hede-, milloin taas emilehdissä.

3. Sama primäärinen kaventuneisuusilmiö näyttäytyy edelleen myös verson rakenteen hentoutumisena, sillä tällaiset puu- ja pensasyksilöt ovat kasvutavaltaan monasti riippaoksaisia tai muulla tavoin normaalista poikkeavia. Ilmeisesti lehtilavan yhteyttävän osan pieneneminen, so. valon niukkuus, saattaa myös johtaa kasvua tähän samaan »etioloituneeseen» suuntaan.

4. Myös näitten muotojen edustajien siementaimien ominaisuudet, ne kun osoittavat »loputonta variaatiokykyä», muistuttavat lepän ja koivun vastaavien parallellimuotojen välisistä risteytyksistä saatuja tuloksia.

5. Kaikissa tarkasteltavina olleissa tapauksissa on ilmeisesti kysymys suuressa määrin samanlaatuisesta faktorimutaatiosta. Kaikesta päättäen tämä toiminnaltaan muuttunut »sairas» geeni on resessiivinen ja sitä paitsi myös pleiotropinen, koska sen vaikutus näyttäytyy kasvin kaikissa osissa samanlaisena kapenemis-kutistumisilmiönä. Näin ollen liuskalehtisyysominaisuuden sijasta voitaisiinkin paljoa paremmalla syyllä puhua kaikkien kasvinosien, so. koko kasvin hentoutumisesta. — Lisäksi eräissä näihin tutkittuihin muotoihin kuuluvissa puu- tai pensasyksilöissä esiintyy niin ikään lehti-

muodoltaan muusta oksistosta selvästi erottuvia, lievemmin liuskaisia tai jopa melkein normaalisia palautumisosia. Tämä liuskalehtisyyttä aiheuttavan ominaisuuden heikkous, takaisinmuteerautumiskyky, joka säännöllisesti vielä näyttää pysähtyvän liuskalehtisen ja normaalin, so. *typica*-muodon erilaisiksi väliasteiksi, esiintyy yllättävän samanlaisena kaikissa niissä muodoissa, joissa tämä palautumisilmiö on päässyt puhkeamaan esiin.

Edellisen perusteella herää kysymys siitä, onko tällä tavoin liuskalehtistä kasvia pidettävä formana, siis vain yhteen ominaisuuteen nähden itse lajista eroavana, vai variationa, siis monessa suhteessa päämuodosta poikkeavana tai eikö olisi sittenkin oikeampaa lukea se monstrositeetiksi, luusukseksi, jollaisena sitä varsinkin aikaisemmin on pidetty.

ÜBER DAS AUFTRETEN DES GROSSEN BIRKENSPLINT-KÄFERS, SCOLYTUS RATZEBURGI JANS., IN DEN SCHNEESCHADENGEBIETEN DES WINTERS 1947—48 IN NORD-KARELIEN

UKKO RUMMUKAINEN

KOIVUN MANTOKUORIAISEN, SCOLYTUS RATZEBURGI JANS., ESIINTYMISESTÄ TALVEN 1947—48 LUMITUHOALUEILLA POHJOIS-KARJALASSA

HELSINKI 1954

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Inhalt

Seite

1. Vorwort 5
2. Einleitung 6
3. Untersuchungsplätze 8
4. Die Untersuchungsverfahren 9
   - Klasseneinteilung der Bäume 9
   - Beobachtungen 11
   - Versuche 13
5. Untersuchungsbefunde 13
   - Das Schwärmen 13
   - Neigung 14
   - Der Muttergang 18
   - Die Eiablage 20
   - Die Entwickelung der Larven 21
   - Vom Ausfliegen 22
   - Mortalität 25
   - Von den Feinden 26
   - Von den Baumbeschädigungen durch den Birkensplintkäfer 28
   - Beobachtungen im Zusammenhang mit Linienabschätzungen 29
   - Beobachtungen im Zusammenhang mit vorgenommenen Schneeschadenabschätzungen 29
   - Über das Verhüten von Verheerungen 31
   - Zusammenfassung 34
6. Literatur 36
7. Suomenkielinen selostus 38

1. Vorwort

Die vorliegende Untersuchung stellt einen Teil der Arbeiten dar, die während der Jahre 1947—48 in den nordkarelischen Schneeschädengebieten vorgenommen wurden. Sie war in dem Arbeitsplan der Forstlichen Forschungsanstalt in Helsinki vorgesehen.

Professor Dr. Esko Kangas hat an der Planung der Arbeit mitgewirkt und ihre Ausführung geleitet. Auch hat er das Manuskript durchgesehen und sich gemeinschaftlich mit mir um die letzte Handlegung bemüht. Ihm, meinem ehemaligen Vorgesetzten, spreche ich an dieser Stelle meinen besonderen Dank aus.

Das Manuskript wurde geprüft durch Professor Dr. V. Kujala. Dr. Anton Jansson (Schweden) hat einige Schlupfwespenproben bestimmt. Mitarbeiter bei den Felduntersuchungen waren die Forstmeister, Kandidaten der Forstwissenschaft, Herren P. Juutinen und M. Nuorteva. Des Auftrags der Verdeutschung hat sich mit viel Sorgfalt der vereid. Übersetzer, Herr V. Steinbock, beim Übersetzungsbüro Teijo Havu, Helsinki, angenommen.

Allen Obengenannten bin ich für Ihre freundliche Hilfeleistung zu grossem Dank verpflichtet.

Helsinki, im Juli 1954.

Der Verfasser.

2. Einleitung

Im Winter 1947—48 wurden die Wälder in Nordkarelien, im Kainuu-Gebiet in Mittelfinnland (Umgegend von Jyväskylä) und in Nord-Savo von einer Schädigung selten auftretender Art betroffen. In diesen Gegenden richtete nämlich der Schneedruck damals auf einem Gebiete von über 200 000 ha Wald (vgl. Metsälehti 1948, Nr. 13—14, und Kangas 1948) schwere Verheerungen an. Forstmeister S. Huovinen berichtet über das Entstehen der Beschädigungen in Nordkarelien folgendermassen: »Unter dem Volk erinnert sich niemand, dass solch ein aussergewöhnlicher Winter je früher vorgekommen wäre. Die eigentliche Bildung des Schneeanhangs setzte während der Regenfälle vom 4.—5. Dezember (1947) ein. Der Niederschlag war offensichtlich unterkühlt, und indem er mit den Baumästen und -kronen in Berührung kam, sogleich an ihnen festgefroren. Z. B. an dünnen Birkenästen haftete eine rd. 1/2—1 cm starke Schicht Eis, welche den Ast als ein durchsichtiger Mantel umgab. Das Eis machte die Äste und Baumkronen so schwer und starr, dass der Wind sie nur kaum merklich in eine schaukelnde Bewegung zu bringen vermochte. Da ferner der im Verlauf des Winters gefallene Schnee zum grössten Teil feucht ankam, waren die Verhältnisse einer Bildung schwerer Schneemassen an Ästen und Kronen eben förderlich, Während der Tauwetterperioden konnten die Bäume sich nur an tiefgelegenen Orten vom Schnee freihalten. Den ganzen Winter, während der Schnee zunahm, zerbrachen immer wieder Baumäste und Bäume, aber am heftigsten wütete die Erscheinung während der Tauwetterperiode um die Wende des Januars und Februars und gleich nach dieser. — An den am übelsten beschädigten Stellen erinnert das Gebliebene an einen von schwerem Granatenfeuer verheerten Wald. Die Bäume sind bald in dieser, bald in jener Höhe abgebrochen, und nicht einmal Stämme vom Mass eines Sägeblocks haben sich erhalten können. Es hat den Anschein, als hätten die alten, schlechtwüchsigen Bäume den Schneedruck am besten vertragen. Ein sehr wesentlicher Grund für die Machtstellung der jungen Fichten an diesen recht mageren Standorten mag ihre Widerstandsfähigkeit gegen Schneebrüche sein. —»

Von den Paalasmaa—Inseln im Kirchspiel Juuka wurde erzählt, dass dort sogar die Stämme der Bäume mit einer zolldicken Eisschicht bedeckt

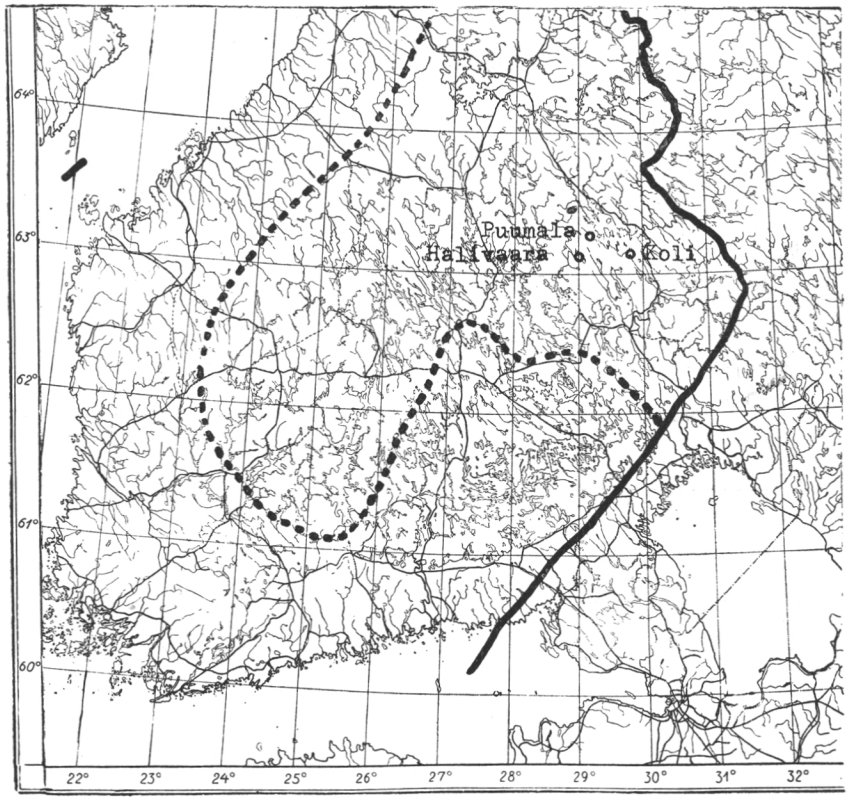


Bild 1. Die Untersuchungsplätze. Die gepunktete Linie begrenzt das Gebiet, innerhalb dessen während des Winters 1947—48 Verheerungen durch Schnee angerichtet wurden.

waren, und von mehreren Seiten wird weiterhin von einem Abbrechen von Baumkronen und Ästen während einiger Tage berichtet, so ausgiebig, dass die Leute wegen der damit verbundenen Lebensgefahr nicht zur Waldarbeit hatten gehen können.

Wie bereits aus dem Obengesagten erhellte, waren die Verheerungen nicht eigentlich das Werk des Schneeanhangs, sondern sie entstanden dadurch, dass ein unterkühlter Niederschlag gefallen und an den Bäumen festgefroren war. In Kuhmo soll sich in den Nächten zwischen dem 4.—5. und dem 5.—6. Januar eine Eiskruste so rasch gebildet haben, dass kleine Vögel an den Ästen festfroren und eingingen. Ein Anfrieren von Wasser an Bäumen erfolgte bis auf die Höhe etwa der Hyrynsalmi-Gegend im Norden. Höher hinauf waren die Beschädigungen die normalen von Schneeanhang verursachten, wie sie in diesen Gegenden so ziemlich jedes Jahr wieder auftreten (H e i k i n h e i m o 1920).

Die Verheerungen kamen hauptsächlich in Bergwäldern vor, wo während des Winters keine genügend kräftigen Tauwetter eintrafen, welche die

Wälder hätten vom Schnee reinigen können. Je länger nördlich es ging, desto höher stieg die untere Verheerungsgrenze über den Meeresspiegel. Auf dem Koli, an den Plätzen, wo diese Untersuchung vorgenommen wurde, lag sie rd. 170 m über dem Meeresspiegel.

Keine Baumart wurde von den Verheerungen verschont, mit Ausnahme vielleicht des Wacholders, obschon die Fichte gelinder davonkam. Die Fichte knickte gewöhnlich nur ein wenig an der Krone ein, wogegen die Kiefer und die Birke an verschiedenen Teilen des Stammes losbrachen (s. über die Verheerungen an Birken S. 10). Beim Aufstieg zu den Schadengebieten wurden im allgemeinen zu unterst an den Halden zersplitterte Erlen angetroffen, dann Espen, Birken und Kiefern und zuletzt Fichten, wo immer alle diese Holzarten zusammen auftraten.

Die zersplitterten Wälder boten verschiedenen schädlichen Insekten vorzügliche Vermehrungsmöglichkeiten. In Nordkarelien, wo der Hauptteil — etwa 2/3 — der Verheerungen durch Schnee angerichtet wurde, gibt es, Andenken an die erst vor kurzem zu Ende gegangene Schwendwirtschaftsperiode, noch zahlreiche recht ausgedehnte Birkenbestände und Birken in reichlicher Menge enthaltende Mischwälder. Die Beschädigungen an diesen gewährten den Feinden der Birke grössere Lebensmöglichkeiten.

Während des Sommers nach dem ersten Verheerungswinter, d. h. des Sommers 1948, zeigte sich an den Birken hauptsächlich nur der grosse Birkensplintkäfer, *Scolytus Ratzeburgi* JANS. Ausserdem, obschon in geringerer Zahl, wurden auch der linierte Laubholzbohrer, *Xyloterus signatum* F. und der Werftkäfer, *Hylecoetus dermestoides* L. angetroffen, welch letztere jedoch erst während des Sommers 1949 in grösseren Scharen auftraten.

Der Zweck dieser Untersuchung ist, das Auftreten des grossen Birkensplintkäfers an durch Schneedruck zersplitterten Birken in Nordkarelien während der Jahre 1948—49 zu beleuchten. Einige der Beobachtungen stammen auch aus dem Jahre 1950. Dem Auftreten und der Biologie dieses wichtigsten Birkenschädlings ist bei uns vor den Untersuchungen auf den Schneeschadengebieten nur wenig Aufmerksamkeit zugewendet worden (Saalas 1919 und 1931). Bei den jetzt vorgenommenen Untersuchungen stellte es sich heraus, dass das Auftreten des Insekts in gewissen wichtigen Punkten von früher anderwärtig (Pauly 1892, Tredl 1915, Trägårdh 1919) festgestellten Zügen abwich.

3. Die Untersuchungsplätze

Die Untersuchungen wurden hauptsächlich im Kirchspiel Pielisjärvi auf dem Versuchsgebiet der Forstlichen Forschungsanstalt auf dem Koli 63°5′ n.Br. und 29°50′ ö.L. ist. Hier wurde auf einer Höhe von 200—280 m über dem Meeresspiegel auf den waldbewachsenen Anhöhen Mäkrä- und

Ipattivaara gearbeitet, welche auf rd. 4 km Abstand von einander gelegen sind und auf deren Abhängen der Schnee den Birkenbeständen böse Schäden zugefügt hatte. Im ganzen umfasste das Schneeschadengebiet des Koli rd. 600 ha, wovon ein Teil Privatbesitz ist.

Während des Sommers 1949 wurde das Auftreten des Birkensplintkäfers auch auf dem Gebiet des an das Kirchspiel Pielisjärvi grenzenden Kirchspiels Juuka an zwei verschiedenen Stellen, auf dem Halivaara und in Puumala, klargestellt (s. Bild 1). Das Schadengebiet des Halivaara lag 40 km westlich vom Koli und umfasste einen Flächeninhalt von 3 800 ha mit Wäldern wechselnder Art. Das untersuchte Gebiet bestand aus Fichten—Birken—Mischwald auf einer Höhe von rd. 190—200 m über dem Meeresspiegel.

Das Untersuchungsgebiet Puumala gehörte zu einem Schadengebietkomplex von 8 250 ha, gelegen 45 km nordwestlich vom Koli und rd. 25 km nordöstlich vom Schadengebiet Halivaara. Der untersuchte Bestand war aus Kiefern—Birken—Mischwald zusammengesetzt, und den Unterstand bildeten Fichten. Höhe über dem Meeresspiegel rd.200 m.

Auch im Zusammenhang mit Abschätzungen der Verheerungen durch Schnee, vorgenommen im Sommer 1948, wurden gewisse Beobachtungen hinsichtlich des Auftretens des Birkensplintkäfers in verschiedenen Gegenden Nordkareliens gemacht. Da ich diese Beobachtungen nicht selbst gemacht habe und da sie von dem bei anderen Untersuchungen betreffend den Birkensplintkäfer Ermittelten abweichen, halte ich es für das Beste, über sie gesondert Bericht zu erstatten. (S. 29).

4. Die Untersuchungsverfahren

Klasseneinteilung der Bäume

Die Grundlage aller auf dem Schneeschadengebiete angestellten Untersuchungen bildete die von Professor Dr. E. Kangas entworfene Klasseneinteilung der Bäume. Bei dieser Klasseneinteilung wurden die Bäume nach Umfang und Art der erlittenen Beschädigungen gruppiert. Die schliessliche Klasseneinteilung, welche während des Sommers 1949 im Gebrauch war, sah folgendermassen aus:

I Kl. Von den Verheerungen durch Schnee verschonte Bäume.
II » Vom Schnee gebeugte Bäume.
III » Von der Assimilationsfläche 1/3 oder mehr vernichtet.
IV » » » » 1/3—2/3 vernichtet.
V » » » » mehr als 2/3 vernichtet, aber wenigstens ein lebender Zweig noch übrig.
K_1 » Zweigloses, über 5 m langes stockendes Wurzelende.
K_2 » » unter » » » »
Vk » Mit den Wurzeln gefallen.



Bild 2. Vom Schadengebiet auf dem Koli im Spätwinter 1948. Aufnahme: E. Kangas.

Als ein Beispiel namentlich für die von Birken auf dem Schadengebiet erlittenen Beschädigungen stehe hier eine Zusammenfassung, welche zeige, wie sich die Bäume auf einer Probefläche innerhalb des Koli-Bereichs auf die verschiedenen Schadenklassen verteilten:

Schadenklasse	%
I	30.8
II	18.4
III	6.7
IV	7.8
V	21.8
$K_1 + K_2$	4.3
Vk	10.2

Die Klasse mit den wenigsten Bäumen, stockende zweiglose Stümpfe, umfasste rd. 50 Stämme aufs Hektar.

Beobachtungen

Beim Beobachten bildeten den Rückgrad der Forschungsarbeit die Stammanalysen, welche an solchen Birken vorgenommen wurden, an welchen ein Auftreten des Birkensplintkäfers festgestellt war.

Mittels der Stammanalysen wurde der grösste Teil von den Ergebnissen zustandegebracht, die in dieser Studie dargestellt sind. Eine Klarstellung z. B. der Insektenhäufigkeit in dem von der Verheerung berührten Bestand mit Hilfe von solchen war jedoch nicht angängig. Hierzu waren die Probeflächen notwendig, innerhalb deren die Holzartenzusammensetzung des Bestands und die Häufigkeit der *Scolytus-Birken* sowie das Auftreten des Kerbtiers an diesen Bäumen ersichtlich waren. Sowohl auf den Schadengebieten von Ipatti als auf denen von Mäkrä wurden Dauerprobeflächen von 1/4 ha abgemessen und besichtigt, zwecks näherer Beobachtung des Erholens bzw. Zugrundegehens von Bäumen nach den erlittenen Verheerungen durch Schnee.

Im allgemeinen wurden die Schädlingshäufigkeiten in den Beständen jedoch nicht auf die hier dargestellte Weise, durch Abgrenzen einer Probefläche und durch Untersuchen der Bäume innerhalb dieser, abgeschätzt, sondern durch Ziehen von Abschätzungslinien. Die Linienführung wurde durch 3 Mann folgendermassen bewerkstelligt:

Der erste Mann mass ein Stück Abstand mit Schrittpaaren ab, setzte die Linienrichtung fest, und zeigte dem Nachkommenden die Breite der Linie mit einem 2 m langen Stock. So wurde die Linie also 4 m breit. Nach dem Richtungsmann kam der zweite Mann, der mit einer Messkluppe die Stärke der in die Linie gefallenen Bäume mass, bei Bedarf die Längen der Bäume abschätzte, und für die Untersuchungen des dritten Mannes mit einem Puukko (finnisches Arbeitsmesser) etwas Borke von den Oberflächen der Bäume abschälte. Zuletzt ging der Listenführer. Er erledigte alle Aufzeichnungen, besorgte die eigentlichen Untersuchungen an den zugrundegegangenen Bäumen, dabei Feststellungen machend über die Insekten, die Gebiete ihres Auftretens, sowie über andere wichtige Umstände. Linienaufnahmen wurden in den Jahren 1949 und 1950 ausgeführt, im Sommer des ersterwähnten Jahres an 7 und in dem des letzterwähnten an 4 Orten. Im folgenden wird eine Probe aus der bei einer solchen Linienabschätzung entstandenen Buchführung gegeben.

Linie Nr. 4
18. 8. 1949. Juuka, Puumala, Wald Leskelä
Linienlänge 400 m
» breite 4 »
Waldtyp: schlechter VT

Mittelhöhe: 14 und 5 m (2 Schichten)
Alter: 115 und 35 J.
Dichte: 0.6

Baumart	Schad. kl.	$D_{1.3}$ m cm	Zugrundegegangen			Heilgeblieben			
			Länge m	J. d. Zugr. g.		$D_{1.3}$ m cm	Fi	Ki	Bi
Ki	K_1	19.8	8	—49	Bp—49 0(25.4)—3(18.6)	3	—		
Ki	Vk	9.3			Rein, frisch, Wv = 35 %	5		X	..
Bi	IV	17.0							
Ki	Vk	25.8	13	—48	Ia—48 3.5(22.6)—13 (6),hier abgebrochen, Wv = 25 %	7	X		—
Fi	IV	5.0							
Bi	K_2	15.0	2	—48	Sc—48 0(21)—2(14)				
Bi	K_2	15.0	4	—48—49	Nur morsch	9		X	..
Bi	Vk	23.0			Rein, Krone grün, Wv = 70 %			—	

Erklärungen:
Ki = Kiefer, Bi = Birke, Fi = Fichte,
Wv = Wurzelverbindung
Bp -49 0(25.4) —3(18.6) = am Baum trat im Sommer 1949 *Blastophagus piniperda*, der grosse Kiefernmarkkäfer, auf, vom unteren Stammende bis zu 3 m. Höhe, und die Stärke des Baumes beträgt am Wurzelende 25.4 cm und an der oberen Grenze des Gebietes, wo er auftritt, 18.6 cm.
Ia = *Ips acuminatus* (scharfgezähnter Kiefernborkenkäfer)
Sc = *Scolytus Ratzeburgi*.

Wie man sieht, durch die Linien ist von dem Insektenauftreten an den zugrundegegangenen Bäumen nichts weiter klargestellt als das Jahr des Auftretens, das Gebiet des Auftretens an den Stämmen, die Anzahl der von den Insekten befallenen Bäume und die Insektenarten. Um den Wechsel des Kerbtierbestands in Erfahrung zu bringen, wurden Sonderuntersuchungen vorgenommen — u.a. auf allen Linien — und die bei diesen erhaltenen Mittelwerte (Anzahl der Eier-, der Ausfliege- und der Muttergänge) wurden zur Klarstellung des betr. Punktes in den Beständen gebraucht, wo dieser Seite der Sache Aufmerksamkeit zugewendet wurde. Obschon zum Beispiel die Frassbilddichte an den verschiedenen Orten ein

wenig wechseln konnte, erhielt der Gebrauch solcher gemeinsamer Mittelwerte, die das Drohen von Folgeverheerungen andeuten sollten, immerhin keine so annähernd gehaltene Form, dass er irgendwo ein falsches Bild von der Richtung der Entwickelung gegeben hätte.

Der Gebrauch von Abschätzungslinien stellte sich ungleich weniger zeitraubend als das Durchforschen begrenzter Probegebiete. Dieser Umstand war auch sehr wichtig, da die Untersuchungszeit knapp war, während welcher jedoch noch beizeiten von möglichst vielen Orten und möglichst vielen Beständen eine Vorstellung von den Folgeverheerungen und der fortgesetzten Gefahr ihrerseits bekommen werden musste.

Versuche

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen wurden sowohl im Sommer 1948 als auch im Sommer 1949 Versuche angestellt.

Im Sommer 1948 wurden auf dem Koli, sowohl auf dem Ipatti — als auf dem Mäkrävaara, von Mitte Juni bis Mitte August mit Pausen von je zwei Wochen Birken im Laub gefällt, um die Wirkung der Fällzeit auf die Entwicklung des Splintkäfers untersuchen zu können (vgl. Rummukainen 1952).

Im Sommer 1949 wurden auf dem Mäkrävaara Fangversuche ausgeführt, durch welche man zunächst die Bedeutung der Art der Birkstammfläche für den Befall des Splintkäfers klarzulegen suchte (Rummukainen 1952).

5. Die Untersuchungsbefunde

Das Schwärmen

Die Hauptschwärmzeit des Birkensplintkäfers fiel im Sommer 1948 gerade in die Wende zum Juni. Das erste Mal wurde am 30. 6. auf dem Mäkrävaara das Auftreten einer stattlichen Zahl von Kerfen auf umgestürzten Birkenstämmen festgestellt. Der Tag war sonnig und warm. Mit besonderer Vorliebe schienen die Kerfe sich an windgeschützten Plätzen in glühender Sonnenhitze aufzuhalten.

Die erste einzelne Imago wurde schon am 17. 6. am Abhang des Ipattivaara angetroffen.

1949 zeigte sich der Splintkäfer auf dem Mäkrävaara etwas später. Die ersten Anzeichnungen über Massenauftreten sind am 4. und 5. 7. gemacht. Die Verzögerung des Schwärmens gegenüber dem im Vorjahr dürfte seinen Grund wenigstens zum Teil in der aussergewöhnlich kalten und regnerischen

Witterung zur Wende des Juni und Juli haben. Z.B. die Zeit um Johanni herum war laut den Meldungen des Ilmatieteellinen keskuslaitos (Wetterkundliche Zentralanstalt) die kälteste der letzten 25 Jahre. (Auf einem Gehöft in Kuusivaara, in Juuka, gingen die Jungen von etwa 30 Schwalbennestern während der kalten Zeit an dem viele Wochen andauernden Futtermangel zugrunde.) Auch in diesem Jahr schwärmte der Birkensplintkäfer bei sonnigem Wetter. In diesem Zusammenhang ist es angebracht, auch eine Beobachtung von 1947 aus Evo im Kirchspiel Lammi zu erwähnen, da sie mit dem Schwärmen des Splintkäfers verknüpft ist. Als dort am 2. 7. die erste zwecks Fäulnisuntersuchungen analysierte Birke gefällt wurde, flogen den gestürzten Stamm unmittelbar nach der Absägung etwa zehn Splintkäfer an. Offenbar war bei den Kerfe augenblicklich das Schwärmen in vollem Gang, und es fiel also ganz auf den nämlichen Zeitpunkt wie ein Jahr später auf dem Koli.

Bei den von Pauly (1892) während mehrerer Jahre wiederholten Versuchen traf das hauptsächliche Schwärmen in Oberbayern während der ersten Hälfte des Juni ein, je nach der Witterung sich auf früher oder später verschiebend. Auch Tredl (1915) stellte fest, dass das Schwärmen 1905 in Kroatien um die Mitte Juni eingetroffen war, wonach es in Mitteleuropa offenbar dem auf finnischen Breitengraden um ein paar Wochen vorausgeht.

Obgleich das Hauptschwärmen auffallend genau auf einige wenige Tage fiel, dauerte es in geringerem Mass noch wochenlang weiter fort, und es setzte auch kurz vor dem Hauptschwärmen ein. Die gleiche Beobachtung wurde auch anderswo gemacht (Tredl 1915, Escherich 1923).

Neigung

»Jeder lebendige Schadenstifter hat seine eigenen Ansprüche inbezug auf sein Auftreten und Auskommen am Baum . . . Das für die jeweilige Art kennzeichnendste und vorteilhafteste — ihren Otpimalansprüchen genügendste — Auftreten, wobei sie also die für sie im Optimalstand befindlichen Bäume aufsucht, nennt man ihre Neigung (Inklination)» (Kangas 1949).

Zu einem Klarlegen der Neigung des Birkensplintkäfers bot sich auf den Schneeschadengebieten ausgezeichnete Gelegenheit, denn auf verschiedene Weise abgebrochene, umgefallene oder sonst beschädigte Birken gab es bei weitem mehr als was für den Schädlingsbestand unbedingt notwendig gewesen wäre. Von einem Teil der Beobachtungen über die Neigung ist schon früher Bericht abgestattet worden (Kangas 1950, Rummukainen 1952), weshalb wir uns nur mit einer kurzen Feststellung begnügen:

1. Eine umgestürzte Birke war ein genehmerer Befallgegenstand als selbst ein zweigloser stehender Baum oder eine abgebrochene Krone (von den untersuchten *Scolytus*-Bäumen 91.8 % gefällt oder gefallen);

2. Die rauhflächige (Rauh-)Birke war ein genehmerer Befallgegenstand als die glattflächige (Moor-)Birke;

3. Bei Bäumen, die eben während der Schwärmzeit gefällt worden waren, schien der Befall in reichlicherem Masse zu erfolgen, als bei den zu anderen Zeiten gefällten.

An letztgenanntem Fall haben anscheinend Geruchseindrücke einen wichtigen Anteil. Bricht man etwas an einer Birke ab, so scheidet von der Bruchstelle ein »Birkengeruch» aus, welcher die Kerfe anlockt. Dies erklärt auch den in Evo festgestellten Vorfall auf Seite 14, wo am 2. 7. 1947 unmittelbar nach dem Fällen um die zehn Splintkäfer den Stamm der Birke anflogen. Womöglich sogar noch zugespitzter äusserte sich die Wirkung des Geruches als Lockmittel bei einem 1948 auf dem Koli festgestellten Vorfall, wobei Splintkäfer sich am Rand eines vermorschten Risses an einer im übrigen gesunden Birke festgesetzt hatten, obgleich die Larven doch ohne weiteres dazu verurteilt waren dort einzugehen, und obgleich es in der unmittelbaren Umgebung Birken gab, die Voraussetzungen für ein Auskommen boten. Offenbar hatte der Wind dauernd an dem Baum gerüttelt und an dem Riss gezerrt, dabei frische Geruchseindrücke hervorbringend, welchen die Kerbtiere nicht widerstehen konnten. Auch mochte vielleicht ein verlockender Geruch als das Ergebnis des von Pilz und Baum geführten Kampfes abgehen. Auch die guten Ergebnisse der Fangbaumversuche im Sommer 1949 dürften sich teilweise dem »Birkengeruch» zuschreiben lassen. Wurden die Fangbäume doch eben zur Zeit des Schwärmens um die Juni—Juliwende gefällt und eben an diesen setzte sich eine aussergewöhnlich grosse Zahl von Kerfen fest (R u m m u k a i n e n 1952). Eine vielleicht noch wichtigere Rolle spielte bei den Fangbäumen jedoch die Rauheit der Baumoberfläche.

Nach T r e d l (1915) geht der Birkensplintkäfer in Mitteleuropa an gefallene Bäume deshalb nicht, weil sie durch Austrocknung in einen solchen Zustand geraten, dass das Insekt in ihnen kein Auskommen mehr finden kann. Fürs zweite sieht er die Ursache darin, dass das Mutterinsekt beim Graben des Ganges in gefallenen Birken nicht imstande ist, die entstandenen Nagespäne aus dem Gang hinauszudrängen. Da der Gang an stehenden Bäumen von unten nach oben hin gebohrt wird, rieseln die Nagespäne von selbst ab. Nach ihm ist die Form des Hinterleibs beim Birkensplintkäfer der Beseitigung der Nagespänen hinderlich. Auf den Schneeschadengebieten schien die Verrichtung jedoch keine Schwierigkeiten zu bereiten. Der hintere Teil des Leibs war beim Ausstossen der entstandenen Nagespäne



Bild 3. Schematische Abbildungen einiger Borkenkäfertypen, links grosser Birkensplintkäfer, Mitte Markbohrer *(Blastophagus)* und rechts Buchdrucker *(Ips typographus)*. Bem. die Form des Unterleibs'.
Nach Trägårdh (1927).

und dem Säubern des Mutterganges nicht hinderlich. Zweifellos wirkt die im Vergleich zu den übrigen Borkenkäfern andersartige Form des Hinterleibs jedoch verändernd auf die Technik der Verrichtung (Bild 3), was immerhin bloss zum Nutzen sein mag, da die Mutter dadurch in Stand gesetzt wird, die Nagespäne an die Mündung des Gangs zu führen und sich keine an den Rändern der »Luftlöcher» ansammeln, von wo es durch die Mitwirkung des Windes zu einem neuerlichen Hinabrieseln in den Gang kommen könnte. Bei den anderen Borkenkäfern ist eine solche Vorsichtsmassnahme nicht notwendig, da ihre Muttergänge nicht mehr als ein Loch, das Mündungsloch des Ganges, besitzen.

Die untersuchten Splintkäferbirken waren in Brusthöhe 10—27 cm dick. Beim überwiegenden Teil der analysierten, mehr oder weniger ausgesonderten Bäume war die Dicke 14—17 cm. Einen unter rd. 10 cm dünnen Stamm befiel das Insekt nicht mehr. Ausserdem vermied es in vielen Fällen ein Festsetzen an Stellen, wo die Borke am allerdicksten war. Nicht selten waren die unteren Stammteile entweder ganz frei (Tab. 1) von Insekten oder doch spärlicher besiedelt als die ein wenig höhergelegenen Punkte des Stammes.

Die Ausdehnung des Gebietes, innerhalb welches der Birkensplintkäfer an den Birken auftritt, wechselte je nachdem ab, in wie grosser Zahl die Kerfe sich an den Bäumen festgesetzt hatten. An dem Punkt, wo sich bei dem Gebiet dieses Auftretens die untere Grenze befindet, schwankte die Dicke des Stammes zwischen 11—25 cm, bei einem Durchschnitt von

Tafel 1. Die Lage der unteren Grenze bei dem Gebiet am Stamm, wo der Birkensplintkäfer auftritt.

Untere Grenze beim Gebiet des Auftretens	
M vom untern Stammende	Stämme St.
0—0.5	20
0.6—1.0	7
1.1—1.5	6
1.6—2.0	5
2.1—2.5	1
2.6—3.0	1
3.2	1
5.2	1

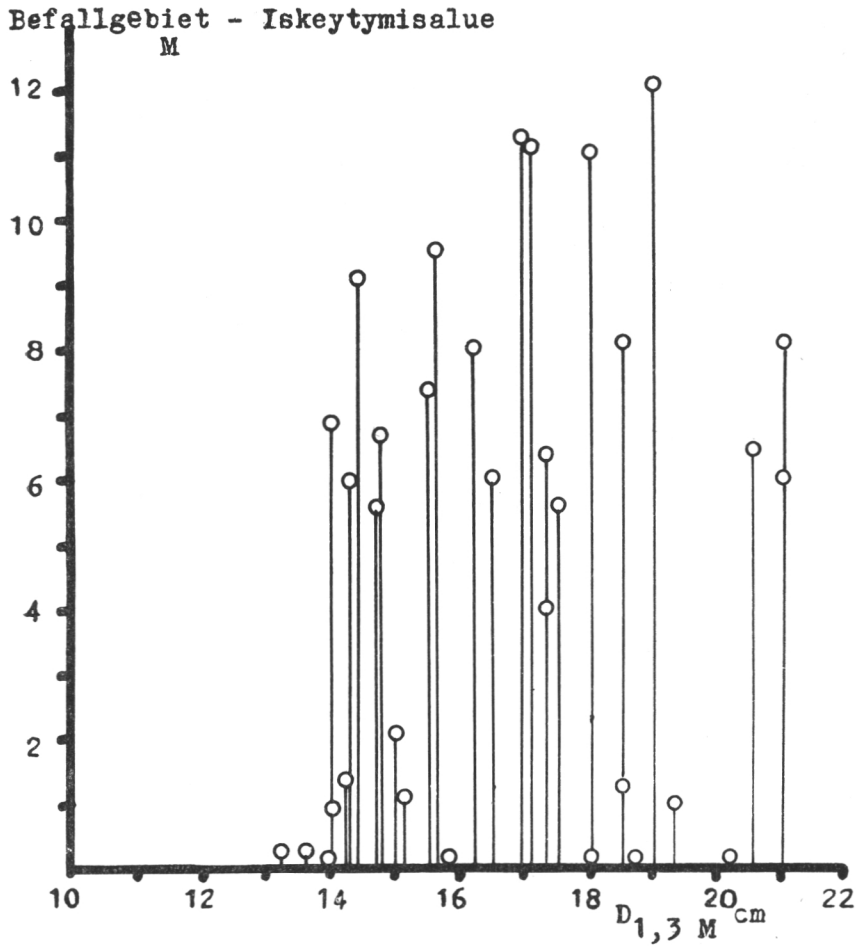


Bild 4. Länge des Befallgebiets bei Birken von verschiedener Grösse (Dicke).

16.8 cm. Die obere Grenze schwankte zwischen 6—19 cm, bei einer durchschnittlichen Dicke von 12.7 cm. In den 5 Fällen, wo sich bei den gefallenen Birken nur ein Frassbild zeigte, war dies 1.9—3.2 m vom unteren Stammende entfernt und die Dicke des Stammes dort, wo die Bilder standen, war 13.7—18.7 cm.

Die Länge schwankte bei dem Gebiet des Auftretens an den besiedelten Birken beträchtlich (Bild 4), und irgendein völlig deutliches Abhängigkeitsverhältnis, das zwischen ihr und der Grösse (Dicke) des Stammes bestanden hätte, liess sich nicht erkennen. Ohne Zweifel hatte dies zum grossen Teil seinen Grund in der geringen Anzahl der Kerfe auf den Schadengebieten im Vergleich zu der Menge des befalltauglichen Materials und dient auf diese Weise als einer von mehreren guten Beweisen dafür, welche vor-

treffliche Verhältnisse sich auf dem Koli für ein Ausforschen des Splintkäferbefalls boten. Hätte es Kerfe in reichlicher und Befallbäume in knapper Zahl gegeben, so wäre das Erfolgen eines Befalls an einem längeren Teil des Stammes etwas Natürliches gewesen, je grösser die in Frage stehende Birke gewesen wäre, da jeder taugliche Baum ganz »voller» Insekten geworden wäre. Jetzt war das nicht der Fall. Selbst an einer dicken Birke konnte es vorkommen, dass die Kerfe sich auf einem nur kleinen Gebiet fanden, und an einer dünneren auf einem um ein beträchtliches längeren Teil des Stammes, wobei so ziemlich alle Stämme mehr oder weniger unvollständig besiedelt blieben.

Das Fällen von Birken im Laub, zu welcher Zeit des Sommers es auch erfolgt war, tat der Entwickelung des Splintkäfers in den abgebrochenen Bäumen keinen Einhalt. Umgekehrt wurden durch diese Massnahmen die Entwicklungsmöglichkeiten geradezu verbessert, und — wenn das Fällen um die Juni—Juliwende verrichtet wurde — die Kerfe an die Bäume gelockt.

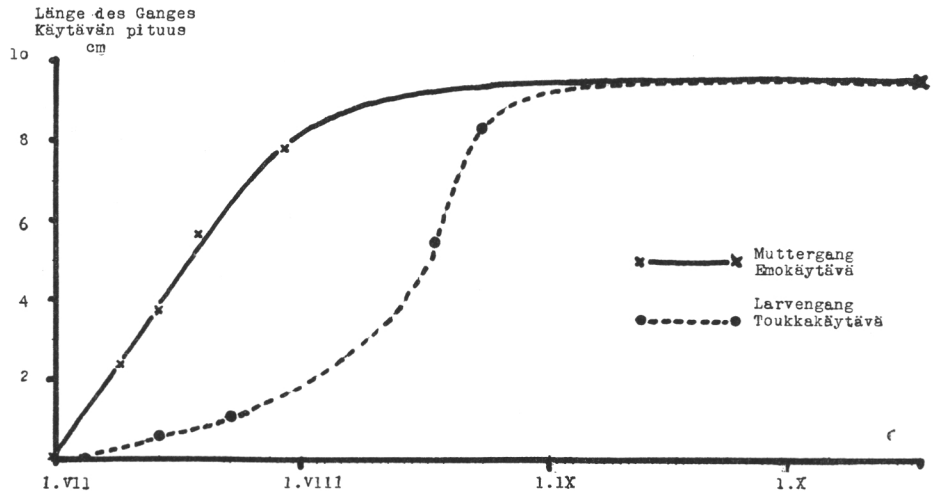
Der Muttergang

Als der Birkensplintkäfer im Verlauf des Schwärmens einen passenden Platz für einen Muttergang am Stamm einer Birke gefunden hatte, begann er sich geradeswegs in die Rinde einzubohren. Anfangs erfolgte ein Eingraben winkelrecht zum Stamm, aber sobald das Insekt bei der Oberfläche des Baumes angelangt war, wandte es sich die Längsrichtung des Stammes entlang. Die beim Graben entstandenen Nagespäne wurden durch das Eindringungsloch hinausgedrängt, sodass man trotz des Beginnens unter dem Rauhen den Standort des Frassbildes sehr bald an den Häufchen von Nagespänen erkennen konnte, die sich auf der Oberfläche des Stammes gebildet hatten.

Ein Bild von der Längenentwicklung der Muttergänge gewähren die folgenden Messergebnisse (s. auch Bild 5):

Datum	Länge des Gangs, cm
30. 6.— 1. 7.	0.6
9. 7.	2.4
14. 7.	3.7
19. 7.	5.7
30. 7.	7.8
18.10.	9.5

Aus den Zahlen erhellt, dass die Längenentwicklung der Muttergänge hauptsächlich während des Julis vor sich ging, wo sie mit gleichmässiger Geschwindigkeit anwuchsen.



5. Längenentwicklung der Mutter- und Larvengänge während des Sommers.

Die grösste Muttergänglänge betrug genau 25 cm. In den meisten Fällen blieb die Länge jedoch zwischen 7—15 cm. Der Mittelwert für die Gänge, die ihre volle Länge erreicht hatten, betrug 9.5 cm. Nach Schwerdtfeger (1944) ist die entsprechende Zahl in Mitteleuropa rd. 10 cm, sodass also in dieser Hinsicht kein Unterschied zwischen den verschiedenen Breitengraden zu erkennen ist.

Bei der Herstellung des Muttergangs sticht das Insekt hie und da am Gang entlang runde Löcher durch die Rinde. Der Zweck dieser Löcher ist noch nicht endgültig klargelegt. Nach meinen eigenen Beobachtungen wurden durch die Löcher nicht die bei der Herstellung der Gänge entstandenen Nagespäne aus dem Baum hinausgedrängt, welche regelmässig an der Mündung des Eindringungsloches angesammelt wurden. Somit dienten sie allenfalls nicht als Erleichterer und Beschleuniger bei der Beseitigung der Nagespäne. Auch habe ich keinen Gebrauch der Löcher für die Kopulationsverrichtung feststellen können, was natürlich nicht das bedeutet, dass sie etwa nicht diesem Zweck dienen könnten (vgl. Tredl 1915). Da die Löcher auch an solchen Gängen vorkommen, in welchen keine Eier gelegt waren (in den Ernährungsgängen der Männchen), hat es den Anschein, als fänden die Löcher auf jeden Fall auch anderweitig Verwendung. Auf dieselbe Weise wie Altum (1881) habe ich festgestellt, dass als Eierräuber lebende Kurzflügler dann und wann durch die Löcher in die Gänge und von dort heraus schlüpfen.

Der Teil des Muttergangs, in dem die Eiablage erfolgte, wie auch die Larvengänge, verliefen an der Oberfläche des Splintholzes entlang, ein wenig an diese angeschmiegt. Auf diese Weise dienten diese Gangteile als Austrockner des Baumes. Dagegen erhoben sich der nach Beendung der

Eiablage gegrabene Teil des Mutterganges sowie gewöhnlich auch die Ernährungsgänge der Männchen über der Oberfläche des Baumes in die Rinde und Borke. Hie und da durchkreuzten die letztgenannten sogar die Borke oberhalb der eigentlichen Muttergänge, indem sie quer über diese liefen. Offenbar ist, dass die Insektenimagos zum Leben nicht unbedingt des lebenden Zellgewebes, des Basts und des Kambiums im Baum bedürfen. Für die Larven hingegen sind diese notwendig.

Die Eiablage

Die Anzahl der auf jeden Muttergang-Zentimeter kommenden Eier wurde errechnet. Es waren 9—10 Stück, m.a.W. rd. 5 Eier an beiden Rändern des Gangs.

Eine Eiablage erfolgte auf einem höchstens 6—8 cm langen Teil des

Tafel 2. Anzahl der Eier des Splintkäfers

Gezählte Frassbilder St.	Eier		
	Durchschn. i. Muttergang, St.	Maximum	Minimum
64	73.4	124	40

Ganges. War der Muttergang länger, wurden im allgemeinen in dem Fortsetzungsteil keine Eier gelegt, sondern er blieb zum Nachfrass für die Mutter.

Wie aus Bild 5 hervorgeht, erreichte der Muttergang gegen das Ende des Juli die Länge, bei welcher die Eiablage erfolgte. Auf Grund dessen lässt sich schliessen, dass der Splintkäfer seine Eier hauptsächlich im Laufe des Juli legt.

Nach S a a l a s (1919) gehen die Mütter unmittelbar nach Beendung der Eiablage ein. P a u l y (1892) stellte fest, dass auch das letzte Weibchen vor dem 15. 9. eingegangen war. Auf dem Koli gruben die Mütter an dem Gang vielfach noch recht lange nach der Eiablage. Da dieser Anteil des Nachfrasses am Gang sich über die Oberfläche des Baums in die Borke hinein erhob, liess sein Vorhandensein sich nicht feststellen, wenn man die Rinde von dem Baum entfernte und die Gänge lediglich auf Grund der an der Oberfläche des Baumes erkennbaren Spuren besichtigte. Einer Beobachtungsreihe (30 Messungen) nach betrug die gesamte Länge der Muttergänge i. Durchschn. 10.5 cm, wovon i. Durchschn. 6.6 cm auf den eibelegten Gangteil kamen. Nach der Eiablage wurde auf diese Weise noch reichlich ein Drittel, 3.9 cm, von der Länge des ganzen Gangs gegraben, was ungefähr einer Zeitspanne von zwei Wochen entsprach. Die Schwankungen waren jedoch gross. In einigen Gängen war der Abstand zwischen dem letzten

Ei und dem Ende des Gangs nur 0.5 cm, in anderen wiederum gar 10—12 cm, also viel länger als der eibelegte Teil.

Die Muttergangdichte an den Stämmen der besetzten Birken betrug i. Durchschn. 6.7 St. je m^2 vom Gebiet des Auftretens. Das Ergebnis ist aus einer Untersuchung von 43 Splintkäferbäumen erhalten.

Die Entwickelung der Larven

Nach einer Eizeit von etwa einer Woche flogen die Larven aus und begannen ihre Gänge in der Oberfläche des Stamms zu wühlen. Ein Bild von der Längenentwickelung der Gänge geben die folgenden Zahlen (Bild 5).

Datum	Länge des Gangs, cm
14. 7.	0.6
23. 7.	1.1
18. 8.	5.5
24. 8.	8.3
18.10.	9.5

Die Gänge verlängerten sich zuerst sehr langsam, was ganz natürlich ist, weil auch die Larven klein waren. Erst während der Endhälfte des August erfolgte ihr hauptsächliches Anwachsen.

Nach Beobachtungen vom Sommer 1948 frassen die Larven unausgesetzt und bewegten sich in ihren Gängen mit den Köpfen in der Gehrichtung. Schon am 24. 8. desselben Jahres aber hatte ein beträchtlicher Teil von ihnen sich einen Überwinterungsplatz bereitet. Sie hatten in den Gang eine niedrige Zelle, ein wenig niedriger als dessen übriger Teil, gefressen, wo sie dalagen, ohne zu fressen, der Kopf bei jeder in einer anderen Richtung. Derartige Überwinterungsvorbereitungen hatten in den verschiedenen Frassbildern 25—50 % der Larven gemacht. Die Länge der in eine Zelle mündenden Gänge war im Durchschnitt 9.5 (3—13.7) cm (123 Messungen).

Nicht alle diese Larven verfertigten eine Zelle, sondern manche durchwinterten in ihrem Gang in Frasstellung. Das taten die kleinen, mitten in ihrer Entwicklung zum Überwintern gezwungenen Larven.

Im nächsten Sommer frassen diejenigen Larven, die eine Zelle angefertigt hatten, nicht mehr, wohl aber die kleinen Larven. Demnach entspricht die Länge der im Herbst 1948 in eine Zelle mündenden Gänge der endgültigen Länge der Larvengänge. Im Frühjahr 1950 wurde eine Anzahl von weiteren Messungen vorgenommen an solchen Gängen, aus welchen die Kerfe bereits ausgeflogen waren, und das Endergebnis konnte sich in der Grösse mit dem Obigen messen, d.h. es war 10.0 (5.5—16.0) cm. Besonders im letztgenannten Falle sassen die Bilder spärlich und waren die Larvengänge der benachbarten Bilder einer Entwicklung von Gängen

auf keinerlei Weise hinderlich. Nach Tredl (1915) werden die Larvengänge in Mitteleuropa 15—25 cm lang. So zeigt sich die verschiedene Länge der Anwuchsperiode zwischen ihren Breitengraden und dem Koli offenbar auch eben an der Länge der Larvengänge, denn in beiden Gegenden hat das Insekt eine nur einjährige Generationsentwicklung und die Längen der Muttergänge (S. 19) sind die gleichen. Da die Larvengänge im Stamm quergerichtet verlaufen und so den Hauptteil der Austrocknung zustandebringen, die vom Splintkäfer bei der Birke verursacht wird, erfolgt von der Austrocknung in Mitteleuropa offenbar ein beträchtlich grösserer Teil während der Anwuchszeit. Die Austrocknung, die nach den den Ganglängen zu urteilen auf dem Koli vorsichgeht, beträgt kaum die Hälfte der in Mitteleuropa vorsichgehenden.

Vom Ausfliegen

Das Ausfliegen des Birkensplintkäfers ging wenigstens in dem kalten Sommer 1949 während einer langen Zeitspanne vor sich. Wie aus Tafel 3 erhellt, konnte es vorkommen, dass ein Teil des Insektenbestandes bereits in der ersten Hälfte des Juni ausgewachsen war, während ein Teil sich bis tief in den Juli verzögerte. Selbst am gleichen Baum fanden sich zwischen den verschiedenen Frassbildern grosse Zeitunterschiede.

Tafel 3. Im Sommer 1949 gemachte Beobachtungen, die Entwicklungsstufen von Birkensplintkäfern in Frassbildern betreffend.

	Mäkrävaara				Halivaara
	13.—14. 6.	30. 6.	4. 7.	12. 7.	7.7
	%				
Ausgeflogene	91.6	71.2	10.5	100	44.1
Puppen	8.4	20.4	79.0	0	11.8
Larven	0	8.4	10.5	0	44.1

Auch im Sommer 1950 hatte ich Anfang Juni auf dem Mäkrävaara im Koli-Bereich Gelegenheit einige Beobachtungen zu machen. Diese ergaben hinsichtlich des Ausfliegens des Bestands von 1949 folgenden Befund:

	Datum		
	2. 6.	8. 6.	15. 6.
		%	
Ausgeflogene	0	0	0
Puppen	5	30	50
Larven	95	70	50

Sowohl am 8. als am 15. 6. wurden unter den eigentlichen Puppen bereits so gut wie voll ausgebildete Insekten festgestellt. Um die Wende Juni—Juli herum ist auch 1950 bereits ein sehr erheblicher Teil der Splintkäfer ausgewachsen gewesen.

1950 machte man die Beobachtung, dass Puppen zuerst an der dünnen Borke auf dem Gebiet des Auftretens und an den zur Sonne gewendeten Teilen des Stammes vorkamen. Die Verpuppung unter der dicken Rinde und auf der Schattenseite erfolgte später. Dieser Umstand wird an sich nicht das zu bedeuten brauchen, dass die Entwicklung des Kerbtiers an einem warmen Orte geschwinder vor sich gehe, sondern er kann wenigstens zum Teil auch darauf beruhen, dass die Ausgewachsenen sich gerne in der Sonne aufhalten und vielfach die dickste Rinde meiden (S. 13 und 16). So werden die genehmen Aufenthaltspunkte zuerst besiedelt und die Insektengeneration der an ihnen angelegten Frassbilder gelangt auch als erste zum Beginnen ihrer Entwicklung, wobei sie demnach einen Vorsprung gewinnt gegenüber den Insektenindividuen, die ihre Entwicklung später beginnen.

Überall auf dem Gebiet, wo der Birkensplintkäfer vorkommt, wurde eine Generationszeit von einem Jahr festgestellt (Pfeffer 1943). So verhält es sich in Südrussland (vgl. Cholodkowsky 1892), in Italien (Tredl 1915), in Mitteleuropa (Pauly 1892, Tredl 1915) und in Nordeuropa (Trägårdh 1939 und Saalas 1919, 1949). Da die Lage die nämliche ist bei so sehr verschiedenen Klimaverhältnissen, lag der Gedanke nahe, dass das Insekt möglicherweise doch, um es bis zum ausgewachsenen Stand zu bringen, irgendeiner Art kühlerer Ruheperiode bedürfe. Da der grosse Birkensplintkäfer als Larve überwintert, fiele diese Ruheperiode in die Larvenstufe. Um die Sache ins reine zu bringen, überführte man am 18. 9. 1949 vom Koli einen Block nach Helsinki, abgenommen von einer splintkäferbesetzten Birke, an welchem Block sich 5 St. *Scolytus*-Frassbilder von 1949 befanden. Der Block wurde in Zimmerwärme aufbewahrt und das eine Ende in Wasser gehalten, zwecks Bewahrung der Feuchte, als einem der Entwicklung des Insekts günstigen Umstand.

Am 3. Januar 1950 wurden die ersten ausgeflogenen Imagos festgestellt (2 ♂♂ und 2 ♀♀). Im Laufe des Monats flog noch eine Anzahl der Insekten aus. Als der Block am 14. 2. 1950 einer endgültigen Untersuchung unterzogen wurde, fand man an ihm 2 ♂♂ und 1 ♀, 6 tote und 18 kleine lebende Larven (vom 1950er Bestand) sowie 2 Schmarotzerlarven. Auf diese Weise entwickelte sich der Birkensplintkäfer in günstigen Verhältnissen ohne irgendeine eigentliche Ruheperiode. Die Sache ist jedoch nicht als endgültig geklärt zu betrachten, denn es ist möglich, dass das Wetter schon bevor der Block hereingeholt wurde angefangen hatte so kühl zu sein, dass das genügte, um eine Ruheperiode »auszulösen».

Einige Forscher haben beobachtet, dass die Splintkäferarten im Ausflugaugenblick noch nicht geschlechtsreif sind. Aus diesem Grunde müssen sie, bevor sie zur Anfertigung der Muttergänge schreiten, noch einige Zeit fressen, d.h. den sog. Ernährungsfrass ausüben. Spessiwtseff (1921) erklärt, die Art *Scolytus laevis* grabe sich zum Ernährungsfrass kleine Gänge in die Oberfläche des letzten oder vorletzten Jahrestriebs (das Insekt lebt in der Ulme) oder aber höhle sie die Triebe aus, wie es die Markbohrer mit den Kieferntrieben tun. Ausserdem können sich die Ernährungsfrasse in der Art der eigentlichen Muttergänge in der dicken Borke des Stamms befinden. Die Ernährungsfrasszeit währte bei dieser Art, solange das Wetter schön war, 4—5 Tage und Nächte. Der Holländer Roepke (vgl. Trägårdh 1939) dagegen erklärt in seiner Beschreibung des Ernährungsfrasses beim Birkensplintkäfer, er trete in der Form von kurzen Gängen in den unteren Enden der Triebe und Astgabeln auf (vgl. auch Palm 1952). Früher berichtet Pauly (1892) von einem Ausfliegen bei einem seiner Versuche, dass dieses 10.—11. 6. erfolgt war, und dass bereits am 13. 6. die neuen Muttergänge so weit ausgearbeitet waren, dass mehrere Luftlöcher sichtbar an ihnen hervortraten. Im letztgenannten Falle war offenbar kein Ernährungsfrass ausgeübt worden.

Auch auf dem Koli fanden sich, ebensowenig an den Gabelstellen der Birken wie an den Trieben, keine der Roepkeschen Schilderung entsprechende Gänge. Diese Beobachtung konnte im Zusammenhang mit dem oben dargestellten Ausfliegeversuch bestätigt werden. Als die ersten Imagos am 3. 1. 1950 mit dem Ausfliegen begannen, wurden in ein Wassergefäss, neben den Versuchsblock, Birkenzweige gebracht, von welchen ein Teil den Klotz berührte. Beim Erfolgen des hauptsächlichen Ausfliegens Ende Januar war das Laub an den Zweigen rd. ½ von der Grösse des ausgewachsenen Laubes. Wie die Kerfe aus dem Block hervorkamen, begannen sie an ihm entlang zu laufen und gerieten binnen kurzem in Berührung mit den Zweigen (ein Teil der Imagos wurde in das Zweigwerk gehoben). Solchermassen waren sie in der Lage, zwischen den Zweigen und dem Block zu wählen.

Kein einziges von den Insekten, die sich im Zweigwerk aufgehalten hatten, hinterliess irgendwelche Spuren, ebensowenig an den Gabel- wie an anderen Stellen der Zweige. Einige befielen wieder den Block, von welchem sie ausgeflogen waren, und ein Teil ging ein, ohne sich irgendwo eingegraben zu haben. Nur ein neues Frassbild wurde an dem Block festgestellt, obschon an drei Stellen die Grabung eines Gangs in Angriff genommen worden war. Die zwei anderen, wie liegen gelassenen Gänge waren entweder Ernährungsfrassgänge oder aber hatte der Block, nicht wenig vertrocknet und einmal Befallgegenstand gewesen, wie er war, den Kerfen nicht mehr zugesagt, sondern sie hatten sich, nach einem kurzen Stück Eingrabens, aus dem Baum zurückgezogen.

Mortalität

Während des Entwickelungsgangs des Splintkäfers ging der grösste Teil des Bestands zugrunde. Auf ein Frassbild kamen im Durchschnitt 6.7 ausgewachsene Ausfliegende. Der Sterblichkeitsprozent betrug 90.9.

Von den inbezug auf das Ausfliegen untersuchten Probeflächen waren 42.1 % solche, auf denen alle Bemühungen des Insekts fehlgeschlagen waren und wo keine Larve den ausgewachsenen Stand erreicht hatte. Ein solches Masseneingehen schien vor allem durch Lebensfähigkeit bei den Bäumen verursacht (vgl. T r ä g å r d h 1919 und 1921), die selbst bei mit den Wurzeln gefallenen Bäumen vielfach hinreichend gross war, um eine Entwicklung des Splintkäfers zu verhindern. Der Entwicklungsgang brach in der Regel auf der Larvenstufe ab, als die Larvengänge rd. 1—2 cm lang waren.

Die fehlgeschlagenen Frassbilder hatten an ihren Oberflächen eine schwarze Färbung angenommen. An ihnen liess sich ein Jahr später (1949) bereits die überwallende Einwirkung des Holzes erkennen

Ausser der Lebensfähigkeit des Baumes mochten vielleicht auch verschiedenartige Mikroorganismen, wie Bakterien u.dgl., in solcherlei Fällen ein Absterben von Larven veranlassen. Diese Möglichkeit sollte vornehmlich bei den Fällen in Betracht zu ziehen sein, wo Larven auch an abgesplitterten Birken eingegangen waren. Bei den abgesplitterten Birken hingegen war ein Zugrundegehen ganzer Nachwüchse am allgemeinsten da, wo nur einige wenige Kerfe den Baum befallen hatten. Fanden sich nur 2—3 Frassbilder, so waren sie so gut wie regelmässig missglückt.

Selbst bei solchen Bäumen, bei welchen die Kerbtierbesiedlung erheblich war und die Bäume sich in einem schwachen Zustand (abgebrochen, mit den Wurzeln gefallen, usf.) befanden, erfolgte ein Absterben von halbausgewachsenen Larven, ohne irgendeinen von aussen sichtbaren Grund. So beispielsweise bei Fangbäumen. Im Herbst 1949 wurde eine kleine Berechnung angestellt über das an den Fangbäumen in Mäkrä während des Sommers 1949 ohne sichtbaren Grund erfolgte Eingehen von Larven. Eine Probe ist in Tafel 4 angeführt. Aus den Zahlen erhellt, dass selbst an solchen Birken, an denen doch irgendein durch Kräftigkeit der im Baum vorsichgehenden Lebensverrichtungen bewirktes Zugrundegehen nicht in Frage kommen konnte, im Laufe des Sommers rd. ⅓ von den Larven zugrundegingen, die sich im Anfang ihrer Entwickelung befunden hatten. Dieses Zugrundegehen ist jedoch ziemlich geringfügig im Vergleich mit der Sterblichkeit während einer entsprechenden Zeit z.B. beim Markbohrer an der Kiefer. Bei diesen war die Gesamtsterblichkeit die nämliche wie bei dem Birkensplintkäfer (rd. 80—90 % der Eimenge), das Zugrundegehen aber erfolgte in vollem Umfang bereits vor Ende August. Der Unterschied

Tafel 4. Das Zugrundegehen von Birkensplintkäferlarven an den Fangbäumen in Mäkrävaara während des Sommers 1949.

Larvengänge begonnen im 1/2-Frassbild St.	Larven am Leben 17. 10.	Zugrundegehen - %	
		im Frassbild	durchschn.
57	26	45.6	
62	42	32.3	
55	44	20.0	
21	15	28.6	
30	19	36.7	30.9
32	26	18.8	
73	43	41.1	
51	37	27.4	
43	31	27.1	

beruhte offenbar in der Hauptsache auf der geringen Anzahl der Splintkäferfeinde. Jedoch ist zu bedenken, dass der Sterblichkeitsprozent so gering lediglich an den Birken war, an denen das Insekt die besten Möglichkeiten zu einem Abschluss seiner Entwickelung hatte. Alle die vom Splintkäfer besetzten Birken glichen, in Anbetracht der Lebenskraft, der Mikroorganismen usf. dieser der Fortpflanzung dienenden Bäume, dies in so beträchtlichem Masse aus, dass von dem ursprünglichen *Scolytus*-Bestand nicht mehr es zu einem Überwintern brachten als bei den anderen Borkenkäferbeständen und die Gesamtsterblichkeit auf dasselbe anstieg wie bei jenen. Der Unterschied bestand mithin lediglich in der Art und Weise, auf welche das Lichterwerden des Bestands während des Sommers vorsichging.

Die Verbreitung des grossen Birkensplintkäfers berührt ein ausgedehntes Gebiet von Kaukasien bis Sibirien (B u t o v i t s c h 1929). An den Nordgrenzen dieses Gebiets wird er jedoch immer seltener (S a a l a s 1931) und auch mehr südwärts endigt sein Vorkommen auf einer gewissen Höhe, z.B. in polnischen Gebirgsgegenden auf einer Höhe von 600 m über dem Meeresspiegel (N u n b e r g 1928). Durch das im Norden und an höhergelegenen Orten karger werdende Klima wird von dem Insektenbestand ein grösserer Teil ausgemustert als in den warmen Gegenden. Da Finnland sich am nördlichsten Rand des Gebietes befindet, auf welchem das Insekt auftritt, wird diesem Umstand eine ziemliche Bedeutung zuzuschreiben sein.

Von den Feinden

Im Sommer 1948 wurden nur wenige Arten von Tieren vorgefunden, welche den Birkensplintkäfer und seine Larven bedrängt hätten.

Von Vögeln trat der grosse Buntspecht (*Dryobates maior*) auf dem Koli in reichlicher Menge auf, doch blieb seine Bedeutung als Vertilger des Birkensplintkäfers gering. Die Spechte gaben sich oft einfach nicht mit

solchen Bäumen ab, an welchen sich eine knappere Zahl von Kerfen festgesetzt hatte. Der grösste Teil der besetzten Birken war jedoch nur spärlich besiedelt. An den Birken dagegen, wo es Birkensplintkäfer in reichlicher Menge gab, hatten sie hin und wieder sehr reinen Tisch gemacht. So hatten die Spechte z.B. von den im Laub gefällten Bäumen des Mäkrävaara nur die reichlichstbesiedelten, um die Juni—Juliwende gefällten Stämme gesäubert, während die zu anderen Zeiten gefällten und spärlich besiedelten Bäume ihrer Musterung entgangen waren.

Im Sommer 1948 zeigte sich an den Stämmen der *Scolytus*-Birken des öfteren eine gewisse kleine Lausart. Sie war beinahe jeden Tag anzutreffen, wenn man nur auf sie achtgab. In der Regel liefen über den Stamm nur eine oder vielleicht zwei, drei Läuse. Kein einziges Mal aber wurden sie bei einem Anfall auf Birkensplintkäfer oder deren Larven oder Eier betreten. Einmal stellte man einer solchen Laus eine Larve in den Weg. Die Laus hakte sich mit dem Rüssel an sie fest und machte sich nicht das geringste daraus, dass man sie mit den Fingern berührte, sie zwischen den Baum und die Larve drückte, usf. Offenbar ist diese Laus zu den Feinden des Birkensplintkäfers zu zählen. Eine Bestimmung der Laus liess sich bedauerlicherweise nicht ausführen, da die Glasröhre mit der Probe zerbrochen und die Probe verloren gegangen war. Auf Grund des Erinnerungsbildes, das man von der Laus hatte, lässt sich zunächst auf *Piezostethus cursitans* F a l k, schliessen. Die Laus dürfte von keiner grösseren Bedeutung für die Variationen des Splintkäferbestands sein.

Von Käfern wurde der Ameisenkäfer, *Thanasimus formicarius* L., mitunter an Stämmen von Birken, die der Splintkäfer besetzt hatte, beobachtet. Ganz vereinzelt auftretend fand sich in *Scolytus*-Gängen der Kurzflügler *Placusa atrata* S a h l b.

Auch von Schmarotzern zeigte sich 1948 eine recht knappe Zahl. Den Bestand des nächsten Jahres (1949) hingegen besteuerten die Schmarotzer allem Anschein nach schon ärger. Folgende Schmarotzerwespen sind festgestellt worden (die Bestimmungen ausgeführt von Dr. A n t o n J a n s s o n aus Schweden): *Dinotus bidentulus* T h., sowie *Entedon leucogramma* R a t z. Über den ersteren weiss J a n s s o n, dass er an *Hylesinus fraxini* aus Polen und Russland wie auch an *Scolytus rugulosus* aus Polen gefunden wurde. Auch an *Sc. multistriatus* ist er als Schmarotzer angetroffen worden. Selbst hatte der Bestimmer ihn in Schweden an einer Birke entdeckt, die in bösem Ausmass von *Sc. ratzeburgi* besiedelt war.

Entedon leucogramma ist nicht früher als in Fennoskandien und Dänemark an Birken vorkommend beschrieben. Jansson hatte es massenhaft an Eichenzweigen auf Öland vorgefunden, welche von *Sc. intricatus* besetzt worden waren, sowie ebenfalls auf Gotland an der Schlehe (*Prunus spinosa*),

die wahrscheinlich früher als Fortpflanzungsbaum für *Scolytus rugulosus* gedient hatte. Ferner ist es in der Tschechoslowakei als Schmarotzer an *Scolytus intricatus* und *Sc. multistriatus* angetroffen worden. Desgleichen konnte man es zum Ausfliegen aus *Sc. scolytus* bringen.

Insbesondere fiel die geringe Zahl der Schmarotzerwespen auf. Vermutlich wäre eine Vermehrung ihrerseits mit der Zeit zu erwarten gewesen, denn mehrere Forscher (Tredl 1915, Charitonow, vgl. Butovitsch 1927) haben festgestellt, dass sie den Birkensplintkäfer arg bedrängen. Auch Kleine (1909), Saalas (1919) und Thompson (1943) zählen eine Reihe von solchen Splintkäferfeinden auf, die während der Jahre der Untersuchung auf den Schneeschadengebieten nicht beobachtet wurden, die aber auch auf diesen Breitengraden vorkommen können.

Von den Baumbeschädigungen durch den Birkensplintkäfer

Die Mutter- und Larvengänge des Birkensplintkäfers bilden 1—2 mm tiefe Einschnitte im Splint. Entfernt man die Rinde einer von dem Insekt besetzten Birke, erscheint die Oberfläche des Stamms wie mit niedrigen Reliefs verziert. Auf diese Weise bewirkt das Insekt eine Zerstörung an Bast und Kambium sowie an der Oberfläche des Splintes, und damit auch das Austrocknen des Baumes. Eine technische Beschädigung des Baumes hingegen bringt es eigentlich, praktisch genommen, nicht zustande. Wird aus einer Birke z.B. Sperrholz gedrechselt, so muss vom Splint auf jeden Fall so viel wegen Unbrauchbarkeit entfernt werden, dass damit auch die *Scolytus*-Bilder und der durch sie hervorgerufene Übelstand verschwinden. In den Puppenwiegen des 1949er Birkensplintkäferbestands wuchs zwar vom Vorsommer 1950 ab eine erhebliche Anzahl von dunkelgrauen Blaufäulepilzen, welche die Frassbilder an den betroffenen Teilen gefleckt erscheinen liessen, doch schien sich der Einfluss des Pilzes nicht über die Oberfläche des Baumes zu erstrecken.

Namentlich an gefallenen Birken konnten zu regnerischer Zeit mittelbare Beschädigungen am Splint auftreten. Das Mündungsloch bei den Muttergängen vermittelte die Beschädiger zum Splint. Ein solcher Farbfehler hätte jedoch von jedem beliebigen sich bis zur Oberfläche des Baumes erstreckenden Schaden an der Rinde verursacht sein können. Auch diese Beschädigung war in der Regel ganz oberflächlich und reichte nur 1—2 mm tief hinein. Auch dies bräuchte mithin beim Sperrholzdrechseln keine Ungelegenheit zu bedeuten. Bliebe ein Stamm mit solchen Beschädigungstüpfeln längere Zeit im Freien liegen, so würden sich die Farbfehler natürlich erweitern und der Stamm würde allmählich unbrauchbar.

Auf Seite 25 wurde bereits erwähnt, dass die Oberflächen der Birkensplintkäferbilder, wo die Entwicklung von Nachwüchsen durch die Lebens-

verrichtungen des Baumes o.dgl. gehemmt war, eine schwarze Färbung annahmen. Diese Tupfen blieben dauernd in dem Stamm. Obgleich sie nur wenige Millimeter tief sind, müssen sie zweifellos hässliche Spuren im Stamm hinterlassen und dabei seinen technischen Wert vermindern, insbesondere da, wo die Tüpfel sich so tief am Stamm befinden, dass dieser sich zum Drechseln von Sperrholz gebrauchen lässt.

Beobachtungen im Zusammenhang mit Linienabschätzungen

Linienabschätzungen zwecks Ermittelung der durch Schädlingsinsekten drohenden Folgeverheerungen wurden an 7 Orten in verschiedenen Teilen Nordkareliens im Sommer 1949 vorgenommen. Auf zwei Linien zeigten sich auch Birkensplintkäfer. Beide befanden sich im Kirchspiel Juuka, die eine auf dem Halivaara und die andere in Puumala. Auf keinem von den beiden Schadengebieten waren die Wälder nach den Verheerungen durch Schnee nicht berührt worden.

Das Verfahren bei der Linienuntersuchung ist auf S. 11—13 erklärt.

In Tafel Nr. 5 sind die Ergebnisse der an den Abschätzungslinien gemachten Untersuchungen vereinigt.

Auf dem Halivaara wie auch in Puumala war der Insektenbestand der Zahl nach gering, sogar so gering, dass noch im Sommer 1949 auf beiden Gebieten nicht einmal alle von den gefallenen Birken besetzt waren. Gefallene Birken spielten an diesen Orten wie auch auf dem Koli die Rolle der beliebtesten für die Vermehrung gewählten Bäume. 1949 erfolgte ein Befall in der Hauptsache an denselben Birken wie in dem vergangenen Sommer (1948), wo sich nur an den Stämmen Raum fand. Kein Befall erfolgte an abgebrochenen und ausgetrockneten Kronen. Obgleich der Insektenbestand sich allem Anschein nach innerhalb der Zeit vor Jahreseingang 1949 ein wenig vermehrt hatte, war er doch immer noch so klein und die Anzahl der gefallenen Birken so gross, dass sich von einer gesteigerten Aktivität — einem Befall der lebenskräftigeren Bäume — nichts erkennen liess. In dem Masse wie die gefallenen Birken im Laufe des Winters 1949—1950 aus dem Wald fortgebracht wurden, folgten ihnen die Splintkäfer.

Beobachtungen im Zusammenhang mit vorgenommenen Schneeschadenabschätzungen

Im Zusammenhang mit Abschätzungen über den Umfang der Schneeschadengebiete und den Schweregrad der Verheerungen wurden Beobachtungen auch über das Auftreten verschiedener Kerbtierarten auf diesen Gebieten während des Sommers 1948 gemacht. Die Abschätzungen wurden im Laufe des Juni gemäss dem ursprünglichen Plan vorgenommen, unter Gebrauch von Abschätzungslinien, wobei jedes Schadengebiet in seinem vollen Umfang äusserst genau durchgemustert wurde. Es zeigte sich

jedoch, dass die verheerten und beschädigten Waldbestände bei weitem umfassender an Zahl und Grösse waren, als man es sich vorgestellt hatte. Aus diesem Grunde sah man sich genötigt, die Abschätzungsverfahren annähernder zu machen, um im Laufe des Sommers wenigstens irgendein Bild vom Umfang der Katastrophe zu gewinnen. So kam es, dass die Abschätzer dann während der Zeit vom Juni—September, auf dem Schadengebiet eingetroffen, garnicht mehr das genaue, aber zeitraubende Linien-Abschätzungsverfahren anwendeten, sondern sich damit begnügten, hier und da am Gebiet entlang einzelne Augenmass-Probeflächen zu untersuchen und die Grenzen des Gebietes klarzustellen. Solchermassen blieben auch die Insektenbeobachtungen später im Sommer annähernder und spärlicher als zu Beginn des Sommers. Unter diesem Annäherndermachen litten insbesondere die Arten, die in verhältnismässig knapper Zahl vorkamen. Die vielleicht nur an einzelnen Punkten verzeichenbaren Fälle, wo diese Arten vorkamen, mochten begreiflicherweise leichter der Aufmerksamkeit entgehen als die in reichlicher Menge auftretenden Insekten (z.B. die Markbohrer), welche in gleichmässiger Verteilung allenthalben auf den Schadengebieten angetroffen wurden. Unter diese verhältnismässig seltenen Kerfe gehörte auch der Birkensplintkäfer, obschon er an sich der wichtigste von den an der Birke auftretenden Borkenkäfern ist.

Tafel 5. Das Auftreten des *Scolytus ratzeburgi* auf dem Halivaara und in Puumala, in Juuka, 1948—1949.

Jahr	Ort	Scol.-Birken	Frassb. St./ha	Eier St./ha	Ausgefl. St./ha	Schad. geb. ha	Waldtyp	Herrsch. Baum	Alter J.	Mittl. Länge m
1948	Halivaara	2.5	67.3	4945	452	rd. 100	MT	Fi	65—115	10
	Puumala	6.2	46.0	3380	309	rd. 5—10	VT schlecht	Ki	115—und 35	14 und 5
1949	Halivaara	2.5	91.5	6721	615					
	Puumala	6.2	93.1	6839	626					

Da die Linienabschätzungen ungefähr mit Ende Juni schlossen, zeigte sich der Birkensplintkäfer, infolge des bei dem Insekt so spät einfallenden Schwärmens und Eindringens in die Bäume nicht in einer einzigen von den solchermassen vorgenommenen genauen Untersuchungen. Da ferner der Splintkäfer sich anfangs unter Flechten und rauhen Stellen eingräbt, lässt sein Vorhandensein sich, falls man keine nähere Besichtigung unternimmt, in der Regel erst ziemlich tief im Juni wahrnehmen, wenn die »Luftlöcher» in grösserer Zahl sichtbar werden. Spülen doch Regenfälle nur zu leicht auch die beim Graben der Muttergänge entstandenen Sägespanhäufchen aus den Stämmen heraus.

Als ein Beispiel dessen, wie die Splintkäferbeobachtungen unter der annähernder gemachten Art und Weise des Untersuchens von Schadengebieten leiden, sei erwähnt, dass im Sommer 1949 bei Linienabschätzungen betreffend die Folgeschäden auf dem Halivaara und in Puumala, in Juuka der 1948er Birkensplintkäferbestand nachweislich angetroffen wurde, obschon man bei einem Überschlag über die Verheerungen durch Schnee im vorigen Sommer das Insekt nicht beobachtet hatte, als man das Gebiet in aller Eile besuchte. Solchermassen braucht der Umstand, dass bei Schneeschädenveranschlagungen sich selbst in arg zersplitterten Birkengehölzen kein Birkensplintkäfer zeigte, offensichtlich wenigstens nicht in allen Fällen zu bedeuten, dass in jenen Beständen etwa keines dieser Insekten hätte sein können, sondern nur, dass es von ihnen wenig gab oder aber, dass der Zeitpunkt für die Walduntersuchung im Hinblick darauf verfrüht war.

Nur auf zwei Gebieten (Juuka: Äykkyri—Petrolampi und Pielisjärvi: Louhivaara) ist das Auftreten so umfassend gewesen, dass dafür in den Aufzeichnungen eine eigens vereinbarte Bezeichnung (○) gebraucht wurde, was bedeutet, dass das Insekt auf der genannten Probefläche sich nur in spärlicher Zahl fand. Von den drei untersuchten Probeflächen des grossen (8 250 ha) Schadengebietes in Juuka waren nur zwei solche, wo es Birkensplintkäfer gab, wonach sie auf diesem Gebiet ganz offensichtlich innerhalb eines einigermassen ausgedehnten Flächenraums vorhanden waren.

Nimmt man in Betracht, dass die Zahl der untersuchten Schadengebiete rd. 200 (Fichten- und Kiefernwälder mit einberechnet) war, und an sieben von diesen Birkensplintkäfer festgestellt wurden, ist es ungeachtet aller der oben angeführten Mängel der Untersuchungen sicher, dass sich auf den Schneeschadengebieten wenig von den Insekten zeigte, ungleich weniger als Markbohrer an der Kiefer.

Über das Verhüten von Verheerungen

Eine Verhütung von Verheerungen durch den Birkensplintkäfer lässt sich nach A l t u m (1881) nicht auf dieselbe Weise durch Aufstellen von Fangbäumen zuwegebringen wie beim Verhüten der Verheerungen durch die vielen anderen Borkenkäfer, da das Insekt seinen Wahrnehmungen nach Fangbäume nicht befalle. T r e d l (1915) hingegen hält sachgerecht aufgestellte Fangbäume für eine Verhütung durchaus geeignet. Nach ihm dürfe man die Fangbäume nicht fällen, da — wie bereits aus S. 15 erhellte — die Bäume dann durch rasches Austrocknen unbrauchbar für das Insekt würden, und da das Insekt an den gefallenen Bäumen nicht seine Gänge bohren könne. Er rät, die Fangbäume stehend zu belassen und in ihnen je eine 10—15 cm breite und sich bis zu einer Tiefe von 3—4 cm in den Splint erstreckende Kerbe auf rd. 50 cm Höhe vom Boden einzuhauen.

Im März auf solche Weise hergerichtete Bäume sammelten im zweiten und dritten Sommer Insekten ein, wonach sie zugrundegingen. Der Schreiber vermutet die Möglichkeit, dass im September zubereitete Bäume als Fangbäume schon im ersten Sommer nach dem Herbst dienen, in welchem sie zubereitet wurden. Für grosse Schadengebiete empfiehlt er 5—12 Fangbäume aufs Hektar, welche, um das Auffinden zu erleichtern, auf einer und derselben geraden Linie aufzustellen seien. Die Bäume werden im Winter gefällt, wobei man gleichzeitig die Larven aus dem Wald fortbekommt.

Auch nach den jetzt vorgenommenen Untersuchungen auf Schneeschadengebieten erscheint ein Einfangen möglich, doch ist es ganz offenbar auf eine von der vorerwähnten abweichende Art anzustellen. Da der überwältigende Hauptteil (über 90 %) des Befalls durch das Insekt an gefallenen Bäumen erfolgte, ist es deutlich, dass das Austrocknen der Bäume auf nördlichen Breitengraden kein Hindernis bedeutet. Das Insekt brachte seine Entwicklung offenbar am besten zu ihrem Abschluss eben bei abgebrochenen Stämmen und die Nachwüchse gingen zum grossen Teil sofort ein, wo die geringste Wurzelverbindung mit dem gefallenen Stamm bestand. Alle diese Umstände sprachen für einen Gebrauch von gefällten Fangbäumen. Ferner wurde bei den Fangbaumversuchen ein so bedeutender Unterschied zwischen dem Befall von rauhen und wenig rauhen Birken festgestellt — während sich an einem wenig rauhen Baum 5—47 Frassbilder fanden, gab es an einem sehr rauhen Baum von gleicher Grösse 124—140 Frassbilder (Rummukainen 1952) —, dass es schon angebracht ist, rauhe und flechtige Birken als Fangbäume zu verwerten. Da auf die Häufigkeit des Befalls auch die Verlockung des »Birkengeruchs» einen Einfluss zu haben scheint, sollte man versuchen, die Fangbäume eben zu Beginn des hauptsächlichen Schwärmens um die Juni—Juli-Wende zu fällen. Den besten Erfolg hat man, wenn die Fangbäume sich an einem möglichst windgeschützten, sonnigen Punkt des Geländes fällen lassen. Da die Kerfe am meisten solche befielen, aber auch ihre Entwicklung an so hergerichteten Bäumen am besten zum Abschluss führten, darf man das Forträumen der Fangbäume während des darauffolgenden Winters nicht vergessen. Für ein Verwerten solcher spricht auch der Umstand, dass die Bäume als Fangbäume garnicht viel von ihrem Gebrauchswert einbüssen. Auch erhält man von ihnen viel Holz, da die Bäume recht stark zu sein haben, rd. 15—25 cm dick in Brusthöhe. — Nach dieser Art aufgestellte Fangbäume lockten die Birkensplintkäfer am besten gleich während des ersten Sommers, wogegen die Wirkung der Tredl'schen Bäume sich erst im zweiten und dritten Sommer bemerkbar machte, wie aus dem Obigen hervorging.

Die Verheerungen durch den Birkensplintkäfer lassen sich jedoch im allgemeinen durch rein waldbauliche Massnahmen verhindern und verhüten.

Hat man auch zuweilen festgestellt, dass das Insekt offenbar gesunde Birken befiel (vgl. z.B. Escherich 1923, Koch 1951, Köppen 1880, Saalas 1919 und 1949, Tredl 1915, Trägårdh 1919, 1921, 1939), so waren die Verheerungen jedoch am gewöhnlichsten bei kranken, altersschwachen oder durch Waldbrand geschädigten Bäumen (Boas 1923, Köppen 1880, Lekander 1951, Palm 1952, Saalas 1919, 1949, Schøyen 1922, 1926, 1931, usw.) Trägårdh (1939) erwähnt über Splintkäferverheerungen, dass solche mitunter nach einer Laubverheerung an dem betreffenden Baume begannen. Palm (1952) erklärt, das Insekt zeige sich mit besonderer Vorliebe an solchen alten Birken, welche bei Fällungen plötzlich in einen offenen Wuchsraum geraten. Ein nach Möglichkeiten besorgtes Freihalten des Waldes von überjährigen und kümmernden Birken verhindert in den meisten Fällen ein Auftreten von Verheerungen. Kommen nichtsdestoweniger Verheerungen vor, so bringt man sie durch Abhauen der geschädigten Bäume im Lauf des Winters zum Aufhören. Da man aus natürlichen Gründen auf den Schneeschadengebieten als erstes die im Walde gefallenen Bäume fortzuschaffen wünschte, verschwanden gleichzeitig die Birkensplintkäfer, obschon man ja eigentlich nicht das im Auge gehabt hatte. Erst wenn dies zu keinem Ergebnis führt oder wenn die Kerfe in einem Bestand von übergewöhnlichem Wert auftreten, ist es am Platz, den Gebrauch von Fangbäumen in Erwägung zu ziehen.

Mehr als was üblich ist, könnte man dem Schutz von Anlagebirken Mühewaltung angedeihen lassen. Auch in diesem Zusammenhang haben einen vorbeugenden Einfluss auf die Verheerungen alle die Massnahmen, welche den Zustand der Birken heben und ihm erhalten. Nach Reh (1916) ist das Düngen des Bodens eine solche stärkende Massnahme, bei welcher man eine Nachwirkung in Form des Verhütens von Splintkäferbefall festgestellt hat.

In Anbetracht der Bedeutung des Flechtenwuchses sollten Verheerungen sich in gewissem Umfang selbst bei alten Birken dadurch, vermeiden lassen, dass man die Oberfläche der Stämme von diesem Pflanzenbestand säubert. Ein Entfernen der Rauheiten dürfte unmöglich sein.

Da die Schwärmzeit des grossen Birkensplintkäfers genau bekannt ist und da die Insektenmütter mehrere zehn Minuten vor ihrem Einbohren gewöhnlich auf der Oberfläche des Stammes hin- und her laufen, könnte ein chemisches Vergiften der zu schützenden Bäume z.B. mit DDT oder entsprechenden Stoffen sehr wohl eine nachhaltige Wirkung haben. Die Vergiftung sollte in der Woche gegen Ende des Juni vorgenommen werden, vor dem Hauptschwärmen. Kommen die Mütter noch dazu sich unter der Rinde einzubohren, so ist der Erfolg nicht mehr derselbe. Das Gift muss sich besonders über die Stämme und in der Gegend der Rauheiten an den Astgabeln verbreiten, da die Kerfe sich am liebsten an diesen Orten

aufhalten. Aus der Beweglichkeit des Insekts folgt, dass sich schon durch eine teilweise Behandlung des Stammes Vergiftungen wenigstens in einem gewissen Mass hervorrufen lassen. Da der Befall gewöhnlich zuerst an einem ziemlich dünnen Punkt der Rinde erfolgt, hat die Vergiftung sich recht hoch hinauf zu erstrecken, auf jeden Fall bis in die Krone.

Trägårdh (1921) hat über den Birkensplintkäfer festgestellt, dass er manchmal aus einem nahgelegenen Brennholzlager an die Birken eines Parkes gegangen war. Dies ist jedoch nur möglich für den Fall, dass sich an Brennholzscheiten, die im Winter gehauen und in das Lager gebraucht wurden, schon von früher her Larven des Birkensplintkäfers zu entwickeln begonnen hatten. Werden in einem Lager Brennholzscheite über den Sommer verwahrt, so fliegen aus diesen Insekten aus, welche mangels anderen Vermehrungsmaterials gesunde Birken befallen. Daher ist ein Lagern solcher Brennholz- und Birkenlangholzstämme über den Sommer in der Nachbarschaft von Parkanlagen zu vermeiden.

Zusammenfassung

Zusammenfassend können wir nach den Untersuchungen feststellen:

1. Das hauptsächliche Schwärmen des Birkensplintkäfers erfolgte während der Jahre der Untersuchung um die Wende vom Juni zum Juli und zu Beginn des Juni, m.a.W. rd. 2 Wochen später als in Mitteleuropa.

2. Das Insekt befiel mit besonderer Vorliebe gefallene oder gefällte Birken während es nur vereinzelt gelegentlich an stehende heranging. Eben um die Zeit des Schwärmens herum gefällte Birken lockten die Insekten am meisten an, weshalb man eine Bedeutung des »Birkengeruches» für den Befall vermutet. Birken mit rauher oder flechtenbedeckter Oberfläche übten eine stärkere Verlockung aus als solche mit glatter Oberfläche.

3. Das Insekt vermied ein Befallen der dicksten Punkte an der Rinde, ebenso befiel es nicht einen weniger als 10 cm dünnen Teil des Stamms.

4. Der Muttergang begann in der Regel unter einer Rauhstelle oder einer Flechte. Seine Längenentwickelung ging in der Hauptsache im Laufe des Juli vor sich, ebenso die Eiablage. Am Muttergang wurde noch i. Durchschn. 2 Wochen nach Beendigung der Eiablage gebohrt. Die mittlere Länge des Ganges betrug rd. 9.5—10 cm, m.a.W. dasselbe wie in Mitteleuropa. Der nach dem Eierlegen gebohrte Teil des Ganges erhob sich über die Baumoberfläche bis in die Rinde. Die Muttergangdichte innerhalb des Gebietes, wo der Birkensplintkäfer auftritt, betrug i. Durchschn. 6—7 St. zu einem m^2 des Gebietes seines Auftretens.

5. Es wurden 40—124 St. Eier von den Müttern gelegt.

6. Die Larven bohrten ihre Gänge hauptsächlich im August und diese wurden i. Durchschn. 9.5—10 cm lang. Solchermassen blieben sie um ein

beträchtliches kürzer als in Mitteleuropa. Offensichtlich vollzieht sich auch das Austrocknen der Birke infolge der Einwirkung des Birkensplintkäfers in Finnland langsamer.

7. Schon gegen Ende August konnten 25—50 % der Larven als vollausgebildet zum Überwintern bereit sein. Ein grosser Teil der Larven überwinterte halbausgewachsen und frass noch im folgenden Frühjahr weiter. Auf diese Weise ging eine lange Zeit während des Sommers ein Schwärmen in geringerem Umfang vor sich, obschon das hauptsächliche Schwärmen in die Juni—Juliwende fiel.

8. Weder bei den Feld- noch bei den Innenversuchen liess sich ein Anfertigen von Nahrungsfrassgängen in den Astgabeln seitens des Insektes feststellen.

9. Von dem Birkensplintkäferbestand ging im Laufe der Entwickelung 90.9 % ein. Die wichtigste Ursache war Lebenskräftigkeit bei dem Baum, der Befallgegenstand gewesen war, welche 42.1 % der Nachwüchse auf den untersuchten Probeflächen völlig vernichtete. Schon geringe Wurzelverbindung bei gefallenen Birken war imstande eine Entwickelung der Larven zu verhindern. Auch bei abgebrochenen Birken gingen 30.9 % der Larven ohne sichtbare Ursache zugrunde, möglicherweise durch Einwirken von Mikro-organismen. Von den Vögeln gehörten die Spechte zu denen, die Birkensplintkäfer vertilgten.

10. Misslang ein Befall des Birkensplintkäfers, so blieb am Birkenstamm eine schwarze Spur zurück, welche durch ihre Überwallung am Baum einen Farbfehler verursacht, der den technischen Wert des Stammes herabsetzt. Als Erreger von Blaufäulen scheint der Birkensplintkäfer keine Bedeutung zu haben.

11. Obgleich der Birkensplintkäferbestand von 1948 bis 1949 auf den verschiedenen Schneeschadengebieten ein leichtes Anwachsen zeigte, schien ein Entstehen eigentlicher Waldverheerungen jedoch nicht zu befürchten zu sein, da die Insektendichte nur geringfügig war.

12. Zum Zweck einer Vorbeugung von Verheerungen ist es im Bedarfsfall das beste, solche Ende Juni gefällte Fangbäume zu gebrauchen, die möglichst rauh und flechtig sind. Ein solches Einfangmittel erwies sich in Nordkarelien als ein wirkungsvoller Einsammler von Insekten. Schält man die Fangbäume dann im Winter, so werden gleichzeitig die Insekten vernichtet. Auch das Säubern der Stämme von Anlagebirken kann zur Vorbeugung von Verheerungen gebraucht werden. Desgleichen sollten sich aufgrund der grossen Beweglichkeit der Mutterinsekten vor ihrem Eindringen in den Baum durch Vergiftung von Stämmen mit DDT oder entsprechenden Stoffen Erfolge erzielen lassen.

Literatur

Altum, B. 1881. Forstzoologie. III. Insecten. Berlin.

Boas, J. E. V. 1923. Dansk Forstzoologi. København.

Butovitsch, V. 1927. Neuere russische forstentomologische Literatur (1924). Zeitschr. f. wissensch. Insektenbiol., 22, S. 261—265.

—»— 1929. Studien über die Morphologie und Systematik der paläarktischen Splintkäfer. Stettiner Entom. Zeitung, 90, S. 1—72.

Cholodkowsky, N. 1893. Bericht über einige neuere russische Arbeiten aus dem Gebiete der Forstentomologie. Forstl. naturwissensch. Zeitschr., 2, S. 387—392.

Escherich, K. 1923. Die Forstinsekten Mitteleuropas. II. Berlin.

Heikinheimo, O. 1920. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. *Ref.:* Die Schneeschadengebiete in Finnland und ihre Wälder. Metsätiet. koelait. julk. 3.

Huovinen, S. 1948. Lumituhoista Enso-Gutzeit Osakeyhtiön mailla Joensuun metsänparannuspiirin alueella. Konekirjoite.

Kangas, E. 1948. Lumituhoalueiden metsistä n. ¼ täydellisesti pilalla. Metsälehti N:o 39, S. 1 ja 7.

—»— 1949. Metsätuhot. Suuri metsäkirja, S. 487—532. Porvoo—Helsinki.

—»— 1950. Über die Objektwahl des Schadenurhebers bei einigen Waldschäden. Ann. Ent. Fenn., 16, S. 145—177.

Kleine, R. 1909. Die europäischen Borkenkäfer und ihre Feinde aus den Ordnungen der Coleopteren und Hymenopteren. Entom. Blätter, V, S. 41—49.

Koch, W. 1951. Grosser Birkensplintkäfer. Allgem. Forstzeitschr., 6, S. 149.

Köppen, F. T. 1880. Die schädlichen Insekten Russlands. St. Petersburg.

Lekander, M. 1951. Skogsinsekternas uppträdande i Sverige under tiden 1741—1945. Medd. fr. stat. skogsforskningsinst., Bd. 39, Nr 5.

Metsälehti N:o 13—14 1948. Lumivahingot koetelleet Kainuun metsiä. Vahingot valtavia Pohjois-Karjalassa. S. 13.

Nunberg, M. 1928. Roziedlenie geograficzne Scolytoidea na ziemiach Polski. *Ref.:* Die geographische Verbreitung der Scolytoidea in Polen. Osobne odbicie ze Komisji fizjograficznej Polskiej Akademji umie jetnosci, Tom. LXIII, S. 83—123.

Palm, Th. 1952. Die Holz- und Rinden-Käfer der nordschwedischen Laubbäume. Medd. fr. stat. skogsforskningsinst., Bd 40, Nr 2.

Pauly, A. 1892. Über die Generation des grossen Birkensplintkäfers. Forstl. -naturwissensch. Zeitschr., 1, S. 193—204, 233—238.

Pfeffer, A. 1943. O prubehu pokoleni evropských kurovcu. *Ref.:* Über Generationsverhältnisse der europäischen Borkenkäfer. Zvlastni otisk z casopisu »Lesnicka prace», r. 22, S. 1—13.

Ratzeburg, I. T. C. 1839. Die Forst-Insecten. Berlin.
Reh, L. 1916, Düngung und Insektenbefall. Zeitschr. f. angew. Ent. 3, S. 127—133.
Rummukainen, U. 1952. Koivun mantokuoriaisen, *Scolytus ratzeburgi* JANS, luontumuksesta. — *Summ.:* On the inclination of birch sapwood borer, *Scolytus ratzeburgi* JANS. Metsät. tutkim.lait. julk. 40. s.
Saalas, U. 1919. Kaarnakuoriaisista ja niiden aiheuttamista vahingoista Suomen metsissä. — *Ref.:* Über die Borkenkäfer und den durch sie verursachten Schaden in den Wäldern Finnlands. Acta Forest. fenn. 10.
—»— 1931. Über die Verbreitung der Borkenkäfer *(Ipidae)* in Finnland. Verh. d. Deutschen Ges. f. angew. Ent. e. V. auf d. 8. Mittgl. Versamml. zu Rostock, S. 65—71.
—»— 1949. Suomen metsähyönteiset sekä muut metsälle vahingolliset ja hyödylliset eläimet. Suomen tiedettä 5. Porvoo—Helsinki.
Schøyen, T. H. 1922. Om skadeinsekter på skogtraerne i 1920 og 1921. Skogdir. innber. f. kalend. året 1921, S. 131—133.
—»— 1926. Innberetning fra Statsentomolog T. H. Schøyen om skadeinsekter på skogtraerne i 1922—1925, S. 76—84.
—»— 1931. Innberetning fra Statsentomolog T. H. Schøyen om skadeinsekter på skogtraerne i 1926—1930, S. 69—77.
Schwerdtfeger, F. 1944. Die Waldkrankheiten. Berlin.
Spessiwtseff, P. 1921. Bidrag till kännedom om splintborrarnas näringsgnag. Medd. fr. stat. skogsförs. anst., Hft 18, Nr 6—9, S. 315—329.
Thompson, W. R. 1943. A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Sect. 1, Pt. 1. Arachnida & Coleoptera. Belleville, Ont., Can.
Tredl, R. 1915. Aus dem Leben des Birkensplintkäfers, *Scolytus ratzeburgi* JANS. Entom. Blätt. 11, S. 97—102, 146—154.
Trägårdh, I. 1919. Skogsinsekternas skadegörelse under år 1917. Medd. fr. stat. skogsförs. anst., Hft 16, S. 67—114.
—»— 1921. Björksplintborren och trädödaren, två fiender till våra björkdungar. Lustgården, Årg. 2, S. 119—127
—»— 1924. Skogsinsekternas skadegörelse under åren 1919—1921. Medd. fr. stat. skogsförs. anst. 21, Nr 6, S. 259—294.
—»— 1927. Våra vanligaste skogsinsekter. Stockholm.
—»— 1939. Sveriges skogsinsekter. II uppl. Stockholm.

KOIVUN MANTOKUORIAISEN, *SCOLYTUS RATZEBURGI* JANS. ESIINTYMISESTÄ TALVEN 1947—48 LUMITUHOALUEILLA POHJOIS-KARJALASSA.

Selostus

Johdanto

Talven 1947—48 poikkeuksellisen suuret lumituhot koettelivat raskaasti Pohjois-Karjalassa kaskiviljelykauden jäljiltä vielä kasvavia lukuisia koivikoita ja koivun sekaisia metsiä. Vaurioituneet koivut tarjosivat hyvät lisääntymiskohteet tämän puulajin tuhohyönteisille, joista tärkeimmäksi osoittautui koivun mantokuoriainen, *Scolytus ratzeburgi* JANS. Kun Metsäntutkimuslaitoksen toimesta ryhdyttiin tutkimaan seuraustuhojen uhkaa lumen särkemissä metsissä, jouduttiin siinä yhteydessä kiinnittämään huomiota myös tämän hyönteislajin esiintymiseen ja biologiaan. Tämän tutkielman tarkoituksena on esitellä näitä tutkimustuloksia.

Tutkimuspaikat

Pääosa tutkimuksista suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen Kolin kokeilualueessa Pielisjärven kunnassa. Lisäksi työskenneltiin viereisen Juuan kunnan alueella Halivaaralla ja Puumalassa (kuva 1). Myös lumituhojen suuruutta ja ankaruutta koskevien arviointien yhteydessä tehtiin havaintoja hyönteisen esiintymisestä eri puolilla Pohjois-Karjalaa.

Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksissa luokiteltiin puut niiden kärsimien vaurioiden mukaan. Tämä Kankaan kehittämä luokitus oli lopullisessa muodossa seuraava:

I lk, lumen tuhoilta säästyneet puut,
II » lumen taivuttamat puut,
III » assimilatiopinnasta tuhoutunut 1/3 tai vähemmän,
IV » » » 1/3—2/3,
V » » » enemmän kuin 2/3, mutta ainakin yksi elävä oksa jäänyt jäljelle,
K_1 » oksaton, yli 5 m pitkä pysty tyvi,
K_2 » » alle 5 m » » »
Vk » juurineen kaatuneet.

Sivulla 10 on esitetty, miten koivut jakaantuivat eri luokkiin Kolin kokeilualueessa pahasti vahingoittuneissa metsikön kohdissa.

Tuholaisrunsautta ja seuraustuhojen uhkaa selvitettiin eräänlaisin linja-arvioinnein. Arviointi suoritettiin kolmen miehen toimesta seuraavasti: Ensimmäinen mies mittasi matkan askelpareilla, huolehti linjan suunnasta ja kahden metrin pituisella kepillä näytti seuraavana tulevalle linjan leveyden. Täten linjasta tuli 4 m leveä. Toinen mies mittasi kaulaimella linjalle osuneiden puiden paksuudet, arvioi niiden pituuksia ja kaivoi hyönteisten valtaamista puista valmiiksi kaarnaa irti. Kolmas mies oli varsinainen hyönteisesiintymien tutkija todeten lajit, niiden esiintymisalueet rungossa ja muut tarpeelliset seikat. Hän myös teki kaikki muistiinpanot. — Linja-arviointeja suoritettiin v. 1949 seitsemällä ja 1950 neljällä paikkakunnalla. Sivuilla 11—12 on näyte tällaisella arviointilinjalla tehdystä kirjanpidosta.

Mantokuoriaisen biologiaa tutkittiin pitkin kesää 1948 sekä 1949 ja 1950 alkukesästä tehdyin runkoanalyysein. Analyysejä tehtiin Kolilla, Halivaaralla ja Puumalassa.

V. 1948 kaadettiin Kolilla pitkin kesää kahden viikon välein koivuja rasiin tarkoituksena selvittää kaatoajan vaikutusta mantokuoriaisen kehitykseen.

Kesällä 1949 tehtiin Kolilla pyyntipuukokeita hyönteisen torjunnan edellytysten selvittämiseksi.

Tutkimuksen tulokset

Parveilua todettiin v. 1948 suurin joukoin ensimmäisen kerran 30. 6. aurinkoisena päivänä. V. 1949 joukkoesiintyminen kesäkuun lopun huonoista säistä johtuen alkoi 4. 7. vuonna 1947 oli parveilua Evon valtionpuistossa todettu 1. 7. Havainnot viittaavat siihen, että pääparveilu meillä sattuu n. kaksi viikkoa myöhempään kuin keski-Euroopassa. Hyönteiset näyttivät hakeutuvan parveilemaan aurinkoisiin ja tuulelta suojaisiin paikkoihin.

Luontumus (ks. määrit. s. 12 t. Kangas 1949). Viitataan osaksi aikaisemmin julkaistuihin tuloksiin (Kangas 1950, Rummukainen 1952). Kaatuneet tai kaadetut koivut olivat selvästi mieluisammat iskeytymiskohteet kuin pahastikin vaurioituneet pystyt. Roso- ja jäkäläpintainen koivu oli mieluisampi iskeytymiskohde kuin sileä- ja puhdaspintainen, samoin juuri pääparveilun aikoihin kaadettu koivu mieluisampi kuin muuhun aikaan kesästä kaadettu. Viimemainittu seikka viittaa »koivun hajun» houkuttelevaan vaikutukseen. Hajun vaikutuksesta lienee ollut kyse eräässä toisessakin tapauksessa, jossa hyönteisiä oli iskeytynyt muuten terveen koivun tyvessä olleen lahoisen halkeaman reunaan, jossa jälkeisöllä ei ollut kehittymisen edellytyksiä. Läheisyydessä oli runsaasti kaatuneita koivuja, joissa kehitys olisi ollut mahdollista.

Keskieurooppalaiset havainnot, joiden mukaan kaadetut koivut kuivuvat niin nopeasti, että hyönteispolven kehittyminen niissä katkeaa, eivät olleet sovellettavissa lumituhoalueiden olosuhteisiin, missä kehitys varmimmin tapahtui juuri kaadetuissa ja kaatuneissa koivuissa.

Tutkittujen koivujen paksuus rinnankorkeudelta oli 10—27 cm, valtaosan 14—17 cm. 10 cm ohuempaan rungon kohtaan ei hyönteinen olosuhteissa, joissa iskeytymismateriaalia oli paljon enemmän kuin mitä paikalliselle tuholaiskannalle olisi ollut välttämätöntä, käynyt käsiksi. Myös aivan rungon tyvimmäiset osat olivat usein puhtaat hyönteisistä tai tavallista harvempaan kansoitetut (taul. 1).

Emokäytävän pituuskehitys tapahtui pääasiassa heinäkuun aikana (ks. s. 18 ja kuva 5). Pisimmän käytävän pituus oli 25 cm, useimmiten kuitenkin 7—15 cm. Täyspitkien käytävien keskipituus oli 9.5 cm eli sama kuin Keski-Euroopassakin. Se emokäytävän osa, johon muninta tapahtui, uurtui pintapuuhun, muninnan jälkeen

kaivettu sekä ns. ravintosyömäkäytävät sitävastoin yleensä kohosivat kaarnan sisään. Mantokuoriaisen valtaamissa rungon osissa oli emokäytävätiheys keskim. 6.7 kpl/esiintymisalueen m².

Muninta tapahtui korkeintaan 6—8 cm:n pituiseen emokäytävän osaan. Keskim. laskivat emot munia 73.4 (40—124) kpl., pääasiassa heinäkuun aikana. Havaintojen mukaan emot elivät keskim. n. kaksi viikkoa munanlaskun jälkeen.

Toukkien kehittyminen oli nopeinta elokuun aikana, mihin viittaa toukkakäytävän pituuskehityksestä tehdyt havainnot (s. 21, kuva 5). Jo elokuun loppupuolella saattoi 25—50 % syömäkuvioiden toukista olla valmiina talvehtimaan erityisissä talvehtimiskammioissa. Osa toukista talvehti keskenkasvuisina ja varsinaista kammiota laittamatta. Toukkakäytävien lopullinen pituus oli keskim. 9.5—10 (3—16.0) cm sen ollessa Keski-Euroopassa Tredlin (1915) mukaan 15—25 cm. Kun toukkakäytävät rungon pinnan poikki suuntautuessaan aikaansaavat pääosan mantokuoriaisen aiheuttamasta koivun kuivumisesta, on ilmeistä, että kuivumisprosessi Kolin olosuhteissa tapahtuu huomattavasti hitaammin kuin Keski-Euroopassa.

Kuoriutuminen näyttää enimmältä osaltaan tapahtuvan kesäkuun loppupuolella jos kohta kylmä alkukesä saattaakin osaa hyönteiskannasta viivyttää pitkälle heinäkuuhun. Paksuimman kuoren alla ja varjoisissa rungon osissa kuoriutuminen yleensä viivästyi, osittain ehkä siitä syystä, että näihin kohtiin iskeytyminen edellisenä vuonna useinkin oli tapahtunut myöhemmin kuin auringossa oleviin kohtiin ja vähän ohuempaan kaarnaan.

Vaikka hyönteisellä koko laajalla esiintymisalueellaan on 1-vuotinen sukupolviaika, ei se kuitenkaan näytä tarvitsevan suoranaisen pakkasen vaikutusta kehittyäkseen. Tämä todettiin syksyllä 1949 laboratoriokokeissa. Niin ikään Kolilla enempää kuin kasvatuskokeessakaan ei hyönteisten kuoriutumisensa jälkeen, ennen emokäytävän tekoon ryhtymistä, havaittu tekevän ns. ravintosyömäjälkiä kasvaimiin tai oksanhankoihin, kuten eräät tutkijat ovat todenneet.

Kuolleisuus-% oli 90.9. Syömäkuviosta (keskim. 73.4 munasta) kehittyi keskimäärin 6.7 uutta hyönteistä. Tärkein kannan tuhooja oli iskeytymispuiden elinvoimaisuus. 42.1 % tutkituista iskeytymistapauksista oli epäonnistunut niin tyystin, että ainoatakaan hyönteistä ei ollut kuoriutunut. Jos mantokuoriaisia oli iskeytynyt runkoon vain muutama yksilö, oli jälkeisö tuhoutunut kaatuneissakin puissa, joiden juuristoyhteys arvioitiin enintään 5—10 %:ksi alkuperäisestä. Tuhoutuminen tapahtui yleensä toukkakäytävien ehdittyä n. 1—2 cm:n mittaisiksi. Myös mikro-organismit, bakteerit, ilmasto jms. saattoivat ehkä aiheuttaa tuhoa, sillä katkaistuissakin koivuissa kuoli kesän mittaan toukista ilman näkyväistä syytä keskim. 30.9 %.

Eläinvihollisista oli tärkein käpytikka *(Dryobates maior)*. Tikkojen merkitys oli kuitenkin rajoitettu syystä, että ne puhdistivat hyönteisistä ainoastaan runsaasti kansoitetut koivut jättäen koskematta harvaan kansoitetut. Muita vihollisia todettiin eräs lude, todennäköisesti *Piezostethus cursitans* FALK, kovakuoriaiset *Thanasimus formicarius* L. ja *Placusa atrata* SAHLB. Loispistiäisiä esiintyi tutkimusvuosina vielä varsin niukasti. Seuraavat kaksi lajia todettiin (määrittänyt toht. A. Jansson Ruotsista): *Dinotus bidentulus* TH. ja *Entedon leucogramma* RATZ. Edellistä on määrittäjä aikaisemmin saanut mantokuoriaisen valtaamasta koivusta Ruotsista, mutta jälkimmäistä ei hänen mukaan ole aikaisemmin saatu koivusta Fennoskandian ja Tanskan alueelta eikä muualtakaan *Scolytus ratzeburgin* loisena.

Mantokuoriaisen aiheuttamasta puun teknillisestä pilaantumisesta on mainittava se haitta, mikä koituu, kun epäonnistuneet

iskeytymisyritykset kyljestyvät. Mustaksi värjäytynyt syömäkuvio jää tällöin rungon sisään. Varsinainen sinistäjähyönteinen ei mantokuoriainen ole. V. 1950 havaittiin sen kotelokehtojen kohdalla kyllä jonkin verran sinistymistä, mutta se oli aivan paikallista ja pinnallista. — Niinikään avoimet emokäytävät johtavat rungon pintaan vettä ja edistävät siten puun lahotartuntaa, mutta myös täten syntyneet pilaantumisläikät näyttävät ainakin ensimmäisinä vuosina pysyvän hyvin rajoitettuina ja aivan pinnallisina, joten suurta haittaa niistä ilmeisestikään ei ole.

Linja-arviointien ja lumituhojen suuruusarviointien yhteydessä mantokuoriaisesta tehdyt havainnot osoittivat hyönteiskannan kaikkialla vähäiseksi. Ainakin eräillä tuhoalueilla oli vielä v:n 1949 iskeytymisen jälkeen jäljellä kaatuneita koivuja, joihin hyönteisiä ei ollut riittänyt, vaikka kannan lisääntymistendenssi olikin havaittavissa (taul. 5).

Mantokuoriaisen torjunta. Eräiden tutkijoiden mukaan (Altum 1881) mantokuoriainen ei mene pyyntipuihin. Tredlin (1915) mukaan pyyntipuiden käyttö Keski-Euroopassa tuholaisen torjunnassa on mahdollista, mutta ne on kaulattava pystyyn kuivumaan, koska kaadetut puut eivät ole tarkoitukseen soveliaita. Täten kevättalvella valmistetut puut keräsivät hyönteisiä toisena ja kolmantena kesänä. — Nyt suoritettujen tutkimusten tuloksena pyyntipuiden käyttö myös meillä näyttää olevan mahdollista. Meidän ilmastossamme se ilmeisesti kuitenkin on järjestettävä toisin kuin etelämpänä. Pyyntipuiksi on valittava mahdollisimman rosoisia ja jäkäläisiä, rinnankorkeudelta ainakin 15 cm paksuja koivuja. Ne kaadetaan suojaisiin, aurinkoisiin kohtiin juhannuksen tienoilla tai viimeistäänkin kesä—heinäkuun vaihteessa. Näin asetetuilla pyyntipuilla saadaan tuloksia heti. Puut on kuorittava seuraavaan kevääseen mennessä. Myös pyyntipuiden myrkyttäminen DDT-, tai ehkä mieluummin nopeammin vaikuttavilla Heksa- tai tiofosforimyrkyillä on mahdollista syystä, että mantokuoriaiset ennen kaarnaan kaivautumistaan juoksentelevat jopa useita kymmeniä minuutteja rungon pinnalla. Samasta syystä saattanee puistokoivujen suojelu myrkkyjä käyttäen ainakin jossain mittakaavassa olla mahdollista. Puistokoivujen suojelussa saattanee joskus tulla kysymykseen myös puiden runkojen puhdistaminen jäkäläpeitteestä, samoin lannoitustoimenpiteet, joiden on todettu (Reh 1916) lisäävän koivujen kestävyyttä mantokuoriaista vastaan. Erityisesti on syytä varoa tuomasta koivupuiston läheisyyteen ja kesän yli siellä säilyttämästä talvella hakattuja koivuhalkoja tai tukkeja, joissa on talvehtivia mantokuoriaisia, koska niistä kuoriutuvat hyönteiset paremman lisääntymiskohteen puutteessa ovat pakotetut iskeytymään puiston puihin. Yleensä kuitenkin torjuntatoimenpiteenä meikäläisissä olosuhteissa riittää, kun talven aikana hakataan metsästä pois mantokuoriaisen valtaamat koivut, jolloin myös hyönteiskanta saadaan tuhotuksi.

HAAPAMETSIKÖIDEN RAKENTEESTA JA LAADUSTA

I. RAKENNE

P. S. TIKKA

STRUCTURE AND QUALITY OF ASPEN STANDS
I. STRUCTURE

SUMMARY

HELSINKI 1954

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Kesällä vuonna 1947 maamme tulitikkutehtaat myönsivät metsäntutkimuslaitokselle käyttövaroja haapatutkimuksia varten ja esittivät samalla toivomuksinaan vastauksen saamisen useihin teollisuutta kiinnostaviin kysymyksiin. Allekirjoittaneelle uskottiin erityisesti laatukysymysten selvittäminen. Aineiston keruu suoritettiin mainitun vuoden jälkipuoliskon aikana ja se jatkui tutkimusluontoisena kiertokäyntinä eri tulitikkutehtaissa seuraavan vuoden tammi-helmikuussa. Aineiston muokkaaminen on tapahtunut tutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastossa ja sen suomin voimin.

Sekä tutkimuslaitoksen että omasta puolestani kiitän maamme tulitikkutehtaita niiden myöntämistä käyttövaroista. Erityisesti on minun kiittäminen mainittujen tehtaiden johtohenkilöitä arvokkaista neuvoista ja viitteistä. Silloista esimiestäni, professori Matti Jalavaa, joka vaivojaan säästämättä oli toiminut yhteyden ottamiseksi tulitikkutehtaiden johtohenkilöihin, ja johon tutkimukseni ulkotyövaiheessa olin ollut erittäin rohkaisevassa neuvonpitoyhteydessä, kiitän parhaiten.

Erittäin suuriarvoista apua olen niin ikään saanut metsähallinnon, metsänhoitolautakuntien ja puutavarayhtiöiden virka- ja toimihenkilöiltä. Antamalla auliisti luvan tutkimusten suorittamiseen ja koepuiden korvauksettomaan kaatamiseen metsissään ovat yksityiset metsänomistajat suuresti myötävaikuttaneet työni kulkuun. Ulkotöissä työskennelleet apulaiseni ovat ahkeruudella ja tunnollisuudella suorittaneet tehtävänsä. Kaikille edellä nimetyille esitän kiitokseni.

Työni viimeistelyvaiheessa olen saanut erittäin arvokkaita neuvoja, viitteitä ja apua esimieheltäni professori Paavo Arolta, maatalous- ja metsätieteiden kandidaatti Veijo Heiskaselta sekä professori Risto Sarvaalta. Saamastani avusta olen heille kaikille suuressa kiitollisuuden velassa.

Ulko- ja sisätöissä minua avustaneelle virkatoverilleni Evert Saviolalle lausun huolellisesta työstään kiitollisen tunnustukseni.

Helsingissä, tammikuussa 1954.

P. S. Tikka

Sisällysluettelo

	Sivu
Alkusanat	3
Johdanto	5
Tutkimusaluetta ja -aineistoa koskevia tietoja	7
Tutkimuksen esivalmistelut ja rajoittaminen	7
Aineiston keräys	8
Aineiston käsittely	8
Koealametsiköt	9
Tutkimuksen tulokset	11
Yleistä	11
Runkoluku	13
Keskiläpimitta	19
Keskipituus	21
Kuutiomäärä	22
Kasvu	26
Yhteenveto	28
Kirjallisuusluettelo	30
Summary	32

Johdanto

Ennen haapapuuta jalostavan teollisuuden syntymistä olivat haapavarastot suhteellisen runsaat, mutta niiden käyttö rajoittui pääasiallisesti kotitarvepuun ottoon. Vasta tulitikkuteollisuus ja myöhemmin eräät muut teollisuuslajit kohottivat haapapuun arvon ja hinnan vähintäin muiden Suomen pääpuulajien tasolle. Rinnan tämän edullisen kehityksen kanssa on kuitenkin ilmennyt monia kielteisiä puolia haapametsiköiden ja -puustojen käsittelyssä, minkä seurauksena on ollut mm. järeän laatupuun kasvualan ja varaston väheneminen ja laadun huononeminen. Tätä ja monia muita kielteisiä puolia ovat erityisesti valaisseet valtakunnan metsien arviointi- ja käyttötutkimukset, erikoistutkielmat ja artikkelit.

Haapa-alan, puuvaraston ja kasvun määrissä tapahtuneita muutoksia osoittaa seuraava asetelma (I l v e s s a l o 1948):

	Haapavaltaisten metsien ala		Puuvarasto milj. m³		Kasvu milj. m³
	1000 ha	%	kuorineen	%	kuoretta
1922	50	0.2	21	1.3	0.7
38	43	0.2	29	1.9	0.9
48 [1])	31	0.1	26	1.9	0.8

Edellä esitettyyn kasvualaan on lisättävä myös se ala, jolla haapa kasvaa sekapuuna muiden puulajien vallitsemissa metsissä. Jos oletetaan tämän kasvualan muutokset vuodesta 1922 vuoteen 1948 samansuhteisiksi

	Haapavaltaiset		Haapasekapuu	
	1 000 hehtaaria			
	1922	1948	1922	1948
Lehdot, lehtomaiset	9	9	41	41
Mustikkatyyppi	22	18	152	124
Puolukka »	15	2	76	1
Kanerva-jäkälä tyyppi	—	—	5	—
Kasvull. korvet ja rämeet	4	2	36	18
	50	31	310	184

[1]) Huomioitu myös alueluovutusten aiheuttamat muutokset. V. 1951 aloitetun III valtakunnan metsien arvioinnin uusimpia tuloksia ei vielä toistaiseksi ole käytettävissä.

kuin haapavaltaisten metsien, saadaan erinäisten laskelmien perusteella esitetty todennäköinen asetelma, jossa myös on huomioitu erilaiset kasvupaikat (vrt. Ilvessalo 1927, taul. 56, Blumenthal 1942, taul. 2, Ilvessalo 1942). Haavalle soveltuvia kasvupaikkoja ovat yleensä vain lehdot, lehtomaiset maat, parhaat mustikkatyypin kankaat ja kasvulliset (ojitetut) korvet. Niillä se varttuu tyydyttävän terveeksi ja järeäksi puuksi. Tämä huomioon ottaen on haavan kasvattamista muilla mailla pidettävä epätarkoituksenmukaisena.

Haapapuun käyttö osaltaan kuvastaa haavikoiden ja haapapuun laatua. Joskin käytön jakaantumisen yleensä sanelee tarve, on silti erittäin silmään pistävää sen polttopuuvaltaisuus (61 %). Pienpuuta jalostavan teollisuuden osuus on 11 %. Jos edelleen otetaan huomioon muu (paitsi järeän teollisuuspuun) käyttö sekä hakkuutähteet yms. (26 %), jää järeää puuta jalostavan teollisuuden osalle vain 2 %. (Osara — Pöntynen — Erkkilä 1948).

On kuitenkin huomioon otettava, että järeää puuta jalostavien tehatiden tuotantokyky on verraten pieni ja lisäksi yhä alentunut. Niinpä tulitikkutehtaiden lukumäärä on vähentynyt, niiden koneisto ja jalostuksen kulku kaipaavat uudistamista ja tehtaat ovat käynnissä vain päivävuoroin. Käytön määrä, joka vuonna 1930 oli saavuttanut huippunsa, oli vuoteen 1938 mennessä vähentynyt puoleen ja senkin jälkeen osoittanut vähitellen alenevaa suuntaa. Sen sijaan on pinohaapaa joustavasti jalostavan teollisuuden osalle merkittävä työpaikkojen nelin-, raaka-aineen käytön vähintäin kuuden- ja raaka-aineen arvon vähintäin nelinkertaiset luvut verrattuina tulitikkuteollisuuden arvoihin. (Vrt. Pöntynen 1936 ja S. V. teoll. til. 1938, Kallio 1945).

Ainoa valoisampi seikka järeän teollisuuspuun kohdalla on sen hinta. Vuonna 1938 merkittiin seuraavat hintasuhteet: tulitikkupuu 100, vaneripuu 98, lastuvillapuu 90, hiomopuu 77, sulfiittipuu 70 ja sulfaattipuu 62. Aiemmin olivat hintasuhteet kuitenkin tulitikkupuulle edullisemmat. Paitsi tulitikkuhaavan yksikköhinnoissa havaittavissa olevaa alenevaa suuntaa on niiden suhteellisesta korkeudesta aiheutuva tasoittava vaikutuskin heikentynyt. On todennäköistä, että järeän haapapuun laadun huonontumisella on tähän osaa. (Vrt. Pöntynen 1936).

Yhtenä tekijänä järeän haapapuun suhteellisen korkeaan hintatasoon lienee mainittava sen harvinaisuus. Haavalle kelvollisiksi katsottavilla mailla järeiden haaparunkojen osuus on 10—20 % ja 1—3 kpl metsähehtaaria kohden. Haapa»tukkeja» saadaan vain 0—1 kpl hehtaarilta ja 0—0.6 kpl järeästä rungosta. Niukkuutta lisää tuntuvasti se seikka, että hakkuissa on runkoja tyvettävä, leikottava tai jätettävä kokonaan raakeiksi. (Pöntynen 1936, Ilvessalo 1947). Edellä on jo mainittu, että haapavaltaisten metsien ala on vain 0.1 % ja puuvarasto 1.9 % niitä vastaa-

vista kokonaismääristä. Metsämaita, joilla haapa kasvaa kunnolliseksi järeäksi puuksi, lienee koko maassa tuskin 200 000 ha. Olosuhteet ovat pakottaneet teollisuutta laajentamaan hankinta-alueita paitsi keskinkertaisille ja huonoille maille, myös sellaisille ennen koskemattomien haapavarastojen seuduille, jotka sijaitsevat keskisten vesistöalueiden pohjois- ja pohjoisten vesistöalueiden eteläosissa. Aarniometsät, jotka epäsuotuisemmissa oloissa kasvaneina ovat yleensä yli-ikäisiä ja lahovikaisia, ovat omiaan tarjoamaan enimmäkseen keskinkertaista ja huononpuoleista raakapuuta. Tehtaiden on näin ollen kerättävä järeä puunsa laajoilta alueilta. (Vrt. Laitakari 1938, Osara — Pöntynen — Erkkilä 1948, Seppänen 1948). Sen sijaan pienpuun (hioke-, selluloosa- ja insuliittipuun, kotitarvepuun, halkojen ym.) käyttäjillä on haapaa tarjolla kaikkialla, missä sitä kasvaa. Koska lisäksi pienpuun käyttö on määrältään verrattomasti suurempaa kuin järeän puun, on nimenomaan tulitikkuteollisuus ollut huolissaan raaka-aineensa saannin vaikeutumisesta ja pelännyt pienpuun käytön jarruttavan järeän puun varastojen määrän ja hyvän laadun muodostumista. Toisaalta on jo pyritty varaamaan järeä terve haapapuu sitä jalostavalle teollisuudelle, mm. VAPON halonhakkuissa. (Vrt. myös Arffman 1928, Lehto 1950, Jalkanen 1951).

Huolimatta haavikoiden vähyydestä, pyöreää haapapuuta viedään jatkuvasti kilpailevien maiden tulitikkuteollisuuden raaka-aineeksi. (Vrt. Vesterinen 1925).

Missä määrin kokonaisia metsiköitä vielä nykyäänkin hävittämistarkoituksessa kaulattaneen pystyyn, ei ole tiedossa. (Vrt. Blumenthal 1936).

Edellä esitetty kuva haavikoittemme ja haapapuun laadusta viittaa haavikoiden epätyydyttävään metsänhoidolliseen tilaan ja näin ollen metsänhoidon laiminlyönteihin. Tärkeimmistä kirjallisuusviittauksista ilmenee myöskin, ettei maassamme ole suoritettu varsinaisia tutkimuksia haapametsiköittemme rakenteesta ja laadusta.

Käsillä oleva tutkimus kuuluu edeltävänä osana varsinaisiin haapapuun laatua koskeviin tutkimuksiin, jotka vaativat perustakseen haapapuustojen rakenteen kuvaamisen.

Tutkimusaluetta ja -aineistoa koskevia tietoja

Tutkimuksen esivalmistelut ja rajoittaminen

Tutkimus rajoitettiin Suomen eteläpuoliskon haapaesiintymiin. Koska ennakolta oli erittäin vaikea tietää niiden sijaintia, lähetettiin tutkimusalueella sijaitseville metsänhoitolautakunnille ja valtion aluemetsänhoitajille tiedustelulomakkeet pyytäen vastauksia kymmenkuntaan kysymykseen,

jotka koskivat sijainnin ja alan lisäksi myös metsikkölajeja, metsätyyppiä yms. Vastausten perusteella tehtiin alustava matkasuunnitelma, jonka toteuttamisen kulusta on aiemmin mainittu.

Aineiston keräys

Metsäntutkimuksia varten otettiin tasaisesti eri osista Suomen eteläpuoliskoa 31 koealaa: 11 kpl puhtaista haavikoista, 7 kpl haapavaltaisista ja saman verran sekametsistä. Lähempiä tietoja niistä on ss. 9—11.

Koealan paikan tultua katsotuksi rajoitettiin siitä tavanomaisin menetelmin mahdollisimman suuri, metsikkökokonaisuutta ja tutkimuksen tarkoitusta kaikin puolin vastaava koeala. Laadittiin yleiskuvaus tietoineen metsätyypistä, metsikkölajista, puulajisekoituksesta, maastosuhteista, puuston tähänastisesta käsittelystä ym. Toimitettiin puiden lukeminen rinnankorkeus-, latvuskerros- ja puuluokittain sekä hypsometriä käyttäen joukko pituusmittauksia eri paksuisista rungoista. Vielä luettiin taimi-asteella olevat yksilöt.

Koepuita kaadettiin kultakin koealalta 8—12 kpl edustaen ne runkojakaantumissarjan eri paksuisia ja -pituisia puita. Koepuita oli kaikkiaan 219 kpl. Tyvestä latvaan vedettiin piirto osoittamaan rungon samanpuolisuutta. Rungon koko pituus mitattiin. Sitten katkottiin runko 1 m:n pituisiksi pölkyiksi. Kussakin pölkyssä mitattiin kuorelliset ja kuorettomat läpimitat pölkyn tyvestä ja latvasta ja sitten muiden pölkkyjen latvasta. Samalla mitattiin myös kaikki ulkoiset ja sisäiset vikaisuudet, niiden asema ja mittasuhteet. Merkinnät jokaisesta koepuusta tehtiin tarkoitusta varten kaavoitetulle millimetrilomakkeelle.

Aineiston käsittely

Koska eri asiayhteyksissä aineiston käsittely esitetään lähemmin, tyydytään seuraavassa sen pääpiirteittäiseen selostamiseen.

Aineiston muokkaus aloitettiin täydentämällä laskutoimituksin ja piirroksin metsälomakkeet.

Runkopuulle piirrettiin kuorellinen ja kuoreton runkokäyrä. Pituus- ja läpimittalukuja käyttäen laskettiin rungon kuorellinen ja kuoreton kuutio 1 m:n pätkinä.

Runkomuodon laskelmalliseen kuvaamiseen käytettiin kapenemista (d 1.3 — d 6.0, cm) sekä solakkuutta (d 1.3: pituus, m) $\times$ 100.

Seuraavana työvaiheena oli perusaineiston käsitteleminen koealoittain, metsikkölajeittain, ikä-, rinnankorkeus-, pituus-, kapenemis- ym. luokittain

ja monien muiden näkökohtien mukaan. Menemättä tässäkään selostuksessa yksityiskohtaisuuksiin mainittakoon vain, että ensinnä on pyritty luomaan kokonaiskuva haapapuustojen rakenteesta, sen jälkeen selvittämään eri tekijöiden vaikutusta haapapuun käyttöarvoon.

Koealametsiköt

Seuraavissa asetelmissa on esitetty tietoja koealametsiköiden sijainnista, kasvupaikoista, maastosuhteista, metsiköistä ym.

Tutkimuspaikat, joita kaikkiaan on 13, sijoitettiin, kuten on mainittu, verraten tasaisesti eri puolille Suomen eteläpuoliskoa, kaakkoista ja luoteista osaa lukuun ottamatta. Kultakin tutkimuspaikalta otettiin 1—6 koealaa, yhteensä 31 kpl, joista 6 taimistosta. Varsinaiset tutkimukset kohdistuivat yli 20 vuotisiin metsikköihin.

Seuraava asetelma aloittaa lähemmän tarkastelun ikäluokittain.

Ikäluokat, v. *Age classes, years*	Yhteensä — *Total*	Yksityiset — *Private*	Valtio — *State*	Yhtiöt — *Companies*	Seurakunnat — *Parishes*	Puhtaat haavikot — *Pure aspen*	Haapavaltaiset — *Aspen dominated*	Sekametsät — *Mixed stands*	OMT — MT	MT	MT — VT	VT	CT	»Normaalit» — *»Normal»*	Kiviset — *Stony*	Soistuneet — *Swampy*
Taimisto — *Seedling stand*	6	3	3	—	—	6	—	—	—	4	1	—	1	4	1	1
< 40 v.—*years*	10	6	1	2	1	6	3	1	2	6	1	1	—	7	3	—
≥ 40 v.—*years*	15	3	10	1	1	5	4	6	7	5	2	1	—	6	8	1
Yhteensä—*Total*	31	12	14	3	2	17	7	7	9	15	4	2	1	17	12	2

Nuorempia metsiköitä on enemmän yksityis- ja vanhempia taasen valtionmetsissä. Metsikkömuodon suhteen on poikkeuksena vain sekametsät, jotka sijoittuivat vanhempaan ikäluokkaan. Eniten saatiin koealoja mustikkatyypin mailta. Niitä paremmista metsätyypeistä keräytyi koealoja enemmän kuin niitä huonommista sekä vanhemmista ikäluokista enemmän kuin nuoremmista. Maan laatuun nähden ovat »normaalitapaukset» enemmistönä, mutta huomattakoon kuitenkin kiviperäisten maiden suhteellisen suuri osuus. Maasto oli useimmilla koealoilla tasaista tai heikosti viettävää tai kumpuista. Milloin maa oli enemmän tai vähemmän viettävää, näyttivät pohjois-, koillis- tai itä-ilmansuunnat suosituimmilta.

Koealoja koskevia seikkoja metsikkölajeittain esittää seuraava asetelma:

Metsikkö Stand	Keski-ikä, v. *Mean age yrs*	Haapa kpl/ha *Aspen no/ha*	Haapa *Aspen* m³/ha *cu.m/ha*	%	Kuusi *Spruce* m³/ha *cu.m/ha*	%	Koivu *Birch* m³/ha *cu.m/ha*	%	Mänty *Pine* m³/ha *cu.m/ha*	%
»Puhtaat» haavikot										
Pure aspen	45	2 387	182	*84*	18	*8*	16	*7*	2	*1*
Haapavaltaiset										
Aspen dominated	58	1 239	187	*69*	20	*7*	57	*21*	7	*3*
Sekametsät										
Mixed	62	614	104	*50*	29	*14*	68	*32*	9	*4*

Koealametsikköjen keski-ikä nousee puhtaista sekametsiin päin. Sen sijaan runkoluku ja kuutiomäärä osoittavat päinvastaista suuntaa. Käsite »puhdas» haavikko on otettu verraten väljästi. Tämä johtuu siitä, että vanhemmissa haavikoissa kasvaa useissa tapauksissa runsaasti alikasvosluontoista kuusta ja nuoremmissa taasen haapa ei vielä ole kyennyt tukahduttamaan koivua metsikön kehityksen ilmeisesti käydessä puhtaaseen tai ainakin voimakkaasti haapavaltaiseen suuntaan. »Täysin» puhtaita koealametsiköitä (esiintymiä) olisi voinut saada runsaamminkin, mutta metsikkökokonaisuuden rikkoutumisen uhalla. Haapavaltaisissa ja sekametsissä on koivun osuus puolta suurempi kuin kuusen. Männyn osuus kaikissa koealametsiköissä on vähäinen.

Ryhmiteltäessä koealametsiköt metsätyypeittäin saadaan seuraava asetelma:

Metsätyyppi *Forest site type*	Keski-ikä, v. *Mean age yrs*	Haapa *Aspen* kpl/ha no/ha	Haapa *Aspen* m³/ha *cu.m/ha*	%	Kuusi *Spruce* m³/ha *cu.m/ha*	%	Koivu *Birch* m³/ha *cu.m/ha*	%	Mänty *Pine* m³/ha *cu.m/ha*	%
OMT—MT ...	61	1 399	184	*73*	25	*10*	40	*16*	2	*1*
MT	46	1 952	155	*67*	20	*9*	45	*19*	12	*5*
MT-VT	58	1 171	134	*68*	19	*10*	39	*20*	4	*2*
VT	50	822	137	*75*	2	*1*	37	*20*	6	*4*
CT	3	5 600	△	*100*	—	—	—	—	—	—

Eri tyypeillä on koealametsiköiden keski-ikä 50—60 v. tienoilla. Samalla iällä runkoluku ja kuutiomäärä vähenevät huonompiin metsätyyppeihin päin. Puulajisuhteet eri metsätyypeillä ovat verraten yhdenmukaisia lukuun ottamatta VT:n kuusta. Metsätyypeistä on huomautettava, että puhtaasti lehtomaisia ja lehtokangasmaita haapapuustoineen ei onnistuttu löytämään

ja että mustikkatyyppikään ei aina ollut tyypillinen, vaan sitä huonommin kivisyys tai puolukkatyyppiin vivahtava kuivahkoisuus. Mainitunlaisia koealoja oli 50 %.

Maantieteellisen sijaintinsa puolesta jakaantuivat koealametsiköt seuraavasti:

		Taimisto *Seedling stand*	< 40 v.	≥ 40 v.	Yhteensä *Total*
Itä-Suomi	Sonkajärvi	1	—	3	
»	Karttula	2	—	4	
»	Savonranta	—	—	2	
»	Tohmajärvi	1	—	2	15
Keski-Suomi	Viitasaari	—	1	1	
»	Hartola	—	2	1	
»	Tuulos	1	1	1	8
Länsi-Etelä-Suomi	Viljakkala	1	1	—	
»	Kankaanpää	—	1	—	
»	Yläne	—	—	1	
»	Pöytyä	—	1	—	
»	Halikko	—	2	—	
»	Helsingin pit.	—	1	—	8

Vanhempien koealametsiköiden lukumäärä lisääntyy pohjoiseen ja koilliseen päin siirryttäessä. Tämä johtuu paitsi omistussuhteista eli valtion metsien lisääntymisestä yllä mainittuun suuntaan yleensä myös hankinta-alueiden laajentumisesta ennen koskemattomiin aarniometsiin. Tähän viittaa myös se seikka, että (vesa)taimistokoealoja on saatu runsaimmin hakkuukypsien haapapuustojen hakkuualoilta. Rintamaiden vanhempien hakkuiden jäljiltä on taasen ollut suhteellisen helppoa löytää nuoria kasvuisia haapametsiköitä.

Tutkimuksen tulokset

Yleistä

Ennen haapametsiköiden rakenteen kuvaamista on syytä mainita tutkimusaineiston kokoonpanosta. Koealat edustavat haavan yleisimmin valtaamia metsämaita, mustikkatyyppiä, vähemmässä määrin sitä parempia. Aineiston käsittelyssä ei ole metsätyyppiä erotettu. Koemetsiköt ovat yleensä luonnontilaisia, mutta eivät ns. luonnon normaaleja. Yleensä siis aineisto edustanee nykytilannetta ja olosuhteita, joiden puitteissa hakkuutkin tapahtuvat.

Haapametsiköiden ja haapapuun laadun selvittäminen vaatii perustaksi ja taustaksi haapapuustojen rakenteen kuvaamisen. Sen luonnehtijoita vat mm. runkoluku, runkojen keskiläpimitta, keskipituus, kuutiomäärä ja kasvu. Ne voidaan käsitellä ikäluokittain, metsikkölajeittain, latvuskerroksittain, puuluokittain jne. Paitsi perustaa antavat useat mainituista luonnehtijoista alustavan käsityksen myös metsiköiden laadusta.

Metsikön tai puuston määrällinen, rakenteellinen ja laadullinen kehitys alkaa tavalla tai toisella tapahtuneesta alan uudistumisesta. Erittäin tärkeänä on pidetty kysymystä siitä, ovatko nykyiset haavikot uudistuneet siemenistä vaiko juurivesoista. Valaistusta siihen antavat useat tutkimukset, kokeilut ja havainnot. Niiden mukaan juurivesoista ovat syntyneet Itä-Preussin laajat haapametsät (Liese 1933), Liettuan optimialueen haavikot (Graumann 1933), ylivoimaisesti Norjan haapametsiköt (Barth 1942) ja todennäköisesti myös Eestin ja Suomen haapapuustot (Reim 1930, Hagman 1950, 1951). Tavallisin toteamus on, että hakkuiden jälkeen juurivesakkoja nousee yleisesti ja voimakkaasti (mm. Reim 1930). Kaskiahoilla tavataan suunnilleen samanikäisiä juurivesoja, jotka oikeastaan kuuluvat kolmeenkin perättäiseen sukupolveen (Heikinheimo 1915). Edellä esitettyjä toteamuksia vahvistavat osaltaan ne, joiden mukaan haavan siemenestä uudistuminen ja uudistaminen kohtaavat vaikeuksia (vrt. mm. Petrini 1928). Monesti on tuotu esiin kaskeamisen ja kulovalkean suotuisa vaikutus haavikoiden siemenestä uudistumiseen. Toistuvista kaskeamisista kärsii kuitenkin siemenmuodostus (Heikinheimo 1915). Ilmeistä taasen on, että kulojen jälkeen pitkiksi ajoiksi rauhaan jäävä ala sallii runsaammassa määrin haavan siemenestä uudistumisen. Monista muista mahdollisuuksista tai vastuksista mainitaan usein kirjallisuudessa. — Haavan kasvatus siemenestä voi eräin edellytyksin onnistua hyvinkin (Hagman 1951). Toisena tärkeänä kysymyksenä on pidetty sitä seikkaa, minkälaista taimistoa saadaan siemen- ja juurivesauudistamisesta (uudistumisesta). Painavana tekijänä on pidetty eri tavoin alkunsa saaneiden taimistojen ja metsiköiden lahovikaisuutta ja sen torjumista. (Lagerberg 1922, 1933, Petrini 1928, Weltstein 1937, Barth 1942, Ahola 1946a, Hagman 1951 ym.). — Tärkeänä asiana haavikoiden uudistamiskysymyksiä selviteltäessä on pidettävä maassamme aloitettua metsäpuiden rodunjalostustyötä (Sarvas 1950, Mustonen 1951).

Tyytyen toistaiseksi edellä esitettyihin kirjallisuuspoimintoihin voidaan päätellä, että nykyiset haapapuustomme ovat pääasiallisesti uudistuneet juurivesoista. Kysymystä ei ole kuitenkaan täysin ratkaistu. Avoimeksi on niin ikään jäänyt kysymys eri uudistumis(uudistamis)tapojen ja -muotojen vaikutuksesta haavikoiden pahimman vitsauksen, lahovikaisuuden, alkuun pääsyyn. Selvittämättömiä kysymyksiä on muitakin.

Runkoluku

Seuraava asetelma osoittaa taimiluvun.

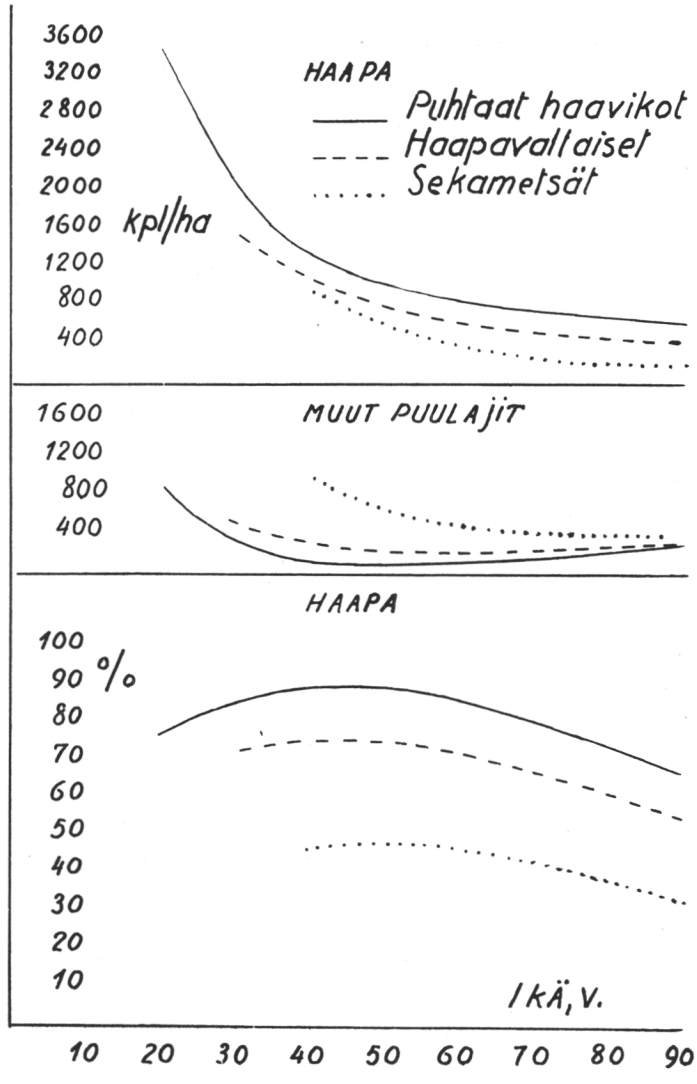
	Taimen pituus, m — *Height of seedlings, m*				
	0.1—0.5	0.5—1.0	1.0—1.3	1.3—2.0	Yhteensä
	Taimia kpl/ha — *Number of seedlings per ha*				*Total*
Taimikoealat (6 kpl)	0—51 900	0—16 400	0—6 700	0—2 100	5 150—56 400
Sample plots of seedlings	12 000	4 700	2 700	750	20 150
Muut koealat (5 kpl)	10—192	20—233	0—116	0—14	53—423
Other sample plots	70	80	50	7	207

Taimikoealojen taimet olivat suurimmaksi osaksi hakkuun jälkeen nousseita juurivesoja, joiden ikä vaihteli 1—5 vuoteen. Aukkoihin ilmaantuneet taimet olivat verraten elinvoimaisia, kun sen sijaan niitä juurivesoja, jotka hakattujen emopuiden laajalle levinneistä juuristoista olivat nousseet pystypuiden latvuston varjoon, oli joukottain kuollut. Kuuset olivat pahimpia varjostajia. Erään männikön uudistusalalle, jossa ei ensinkään kasvanut haapaa, oli juurivesaikko noussut harvanlaisen männyntaimiston sekaan melko etäisessä reunametsässä kasvaneiden haapayksilöjen juurista. Hyvin elinvoimaisia juurivesoja oli ilmaantunut haavansekaisen korpikuusikon ja mustikkakankaan väliselle hakkuualalle. Juurivesoja oli ilmestynyt myös koskemattomien metsiköiden aukkoihin tai harveikkoihin. Vain kyllin suuret luontaiset aukot näyttivät tarjoavan juurivesoille kehittymisen mahdollisuudet. Pikku aukoissa ja harvan päällyspuuston alla oli niukasti kituvia tai kuolleita juurivesoja.

Taimien syntytavan selville saamiseksi suoritetuissa pistokokeissa, jotka varmuuden lisäämiseksi edellyttivät kaivuutöitä, osoittautuivat juurivesat täysin todettujen tapausten perusteella voimakkaaksi enemmistöksi. Epävarmatkin tapaukset lienee luettava suureksi osaksi edellä mainittuun ryhmään. Silti on mahdollista, että suotuisissa olosuhteissa on myös siementaimia päässyt varttumaan.

Haapapuuston runkoluvun määrä ja kehitys ikäluokasta toiseen on esitetty kuvassa 1 ja taulukossa 1, jossa on myös muiden tutkijain tuloksia.

Kiinnitettäköön huomio ensin metsikön kasvualan laajuuteen. Tutkimusaineistoa kerättäessä tultiin siihen kokemukseen, että oli vaikea löytää edes 1/4 ha:n suuruista alaa. C a j a n d e r (1917) mainitsee, että varsinaiset haavikot meillä ovat useimmiten varsin pieniä. B a r t h (1942) toteaa haavan Norjan pikkualojen puulajiksi. Omien havaintojeni mukaan haavan pikkumetsiköt kasvavat usein maaston kivisimmillä kohdilla, joilla se run-



Kuva 1. Haavan ja muiden puulajien runkoluvun sekä haavan osuuden riippuvuus metsikön iästä.

Fig. 1. Development of number of stems of aspen and other species and depedence of aspen on age of stand.

Puhtaat haavikot — *Pure aspen stands.*
Haapavaltaiset — *Aspen dominated stands.*
Sekametsät — *Mixed stands.*
Haapa — *Aspen.*
Muut puulajit — *Other species.*
Ikä, v. — *Age in years.*

Taulukko 1. Metsikön runkoluvun kehitys.

Table 1. Development of number of trees in the stand.

Metsikkö — *Stand*		Ikä, v. — *Age in years*							
		20	30	40	50	60	70	80	90
		Runkoluku kpl/ha — *Number of stems per ha*							
Puhtaat haavikot — *Pure aspen*		3 600	2 110	1 390	1 110	960	850	760	680
Haapavaltaiset — *Aspen dominated*		·	1 620	1 160	830	700	590	520	450
Sekametsät — *Mixed*		·	·	1 000	670	450	330	270	220
Eklund — Wennmark 1925	Bon. II	2 600	1 370	890	620	510	400	320	
Kurdiani 1934	Bon. III (keskink.)	4 130	2 780	1 930	1 350	1 000	800	700	
Mathiesen 1949	Bon. I	1 200	740	480	360	280	240	210	190

saalla juurivesoittumisellaan on karkoittanut muut puulajit. — Edellä sanottu koskee suurin piirtein myös haapavaltaisia metsikköjä. Laajimmalle alalle levittäytyy sekametsien haapa, milloin pieninä ryhminä, milloin yksinäisinä puina. Monasti tulee ajatelleeksi, millä tavoin viimeksi mainitut ovat saaneet jalansijan. Ahola (1946a, b) mainitsee, että haapa kykenee sitkeästi säilyttämään jo kerran valtaamansa alan, jopa kilometrimäärin sitä lisäämään. Mahdollisesti on kysymyksessä haavan siementen kaukolennon seuraukset tai hyvin pitkäaikainen alan valtaaminen juurivesoittumisen avulla.

Nuorissa puhtaissa haavikoissa lienee vieraan puulajin vähäinen osuus selitettävissä siten, että juurivesaikko aikanaan on täysin vallannut alan tai että siementaimisto on nopeasti noussut kulon tai kaskeamisen paljastamalle (kivennäis)maalle. Useimmiten kuitenkin koivua kasvaa runsaassa määrin sekapuuna. Koska sekä haapa että koivu ovat jotenkin samankokoisia ja -ikäisiä ja lisäksi valopuita, on lähellä ajatus, että kummatkin puulajit ovat vallanneet alan samanaikaisesti ja viihtyvät toistensa seurassa. Iän mukana on koivun kuitenkin annettava perään, sillä nähtävästi haavalla on näissä oloissa suuremmat mahdollisuudet voittaa kamppailu kasvutilasta. Keskiikäisissä ja vanhoissa puhtaissa haavikoissa näkee yhä harvemmin koivua haavan seassa. Sen sijaan kuusi, jota jo nuorissa puhtaissa haavikoissa tavataan sekä hajallaan että pikkuryhminä, käyttää hyväkseen varjon kestävyyttään (sekä juuristokilpailua) ja säilyttää sitkeästi saamansa elintilan ja jopa kartuttaa sitä sitämukaa kuin koivunsekainen haavikko iän mukana harvenee ja aukottuu. Siten alkuaan »puhtaissa» haavikoissa näkee runsaasti isokokoista alikasvoskuusta.

Haapavaltaisissa metsiköissä puulajisuhteiden kehitys iän mukana tapahtunee suurinpiirtein edellä kerrotulla tavalla. Vieraista puulajeista koivun on kuitenkin jo alusta alkaen täytynyt saada vahvanlainen ote omaan osuu-

teensa, jonka se säilyttää melko voimakkaana metsikön vanhaan ikään saakka. Kuusi suhtautuu haapavaltaiseen metsikköön yleensä kuten puhtaaseenkin. Kaikki kuuset eivät ole saaneet alkuansa alikasvoksena, vaan voidaan niitä tavata koivun ja haavan kanssa tasaikäisinä yksilöinä.

Sekametsinä tai sekapuuna muiden puulajien vallitsemissa metsissä kasvavan haavan esiintymisen eräänlaiseen arvoituksellisuuteen on jo aiemmin kiinnitetty huomiota. Paitsi siementen kaukolennon tai vähitellen tapahtuvan juurivesaleviämisen tarjoamaa selitystä, voi niitä olla muitakin. Kuusi on vallannut haapaharveikon vapautuneen tilan tai on haapa tavalla tai toisella saanut jalansijan aukkopaikoissa ja nopealla kasvullaan saavuttanut

Taulukko 2. Runkoluvun jakaantuminen eri latvuskerrosten osalle.
Table 2. Stem distribution between different crown layers.

Metsikkö — *Stand*	Ikäluokka, v. *Age class, years*	Latvuskerros [1] *Crown layer* [1]	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Breast height diameter, cm*								
			1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	
			Runkoluku, kpl/ha — *Number of stems per ha*								
Puhtaat haavikot *Pure aspen*	20—40	I—II	—	253	471	266	37	4	—	—	1 031
		III—IV	634	494	110	—	—	—	—	—	1 238
		Yht. — *Total*	634	747	581	266	37	4	—	—	2 269
		%	*28.0*	*32.9*	*25.6*	*11.7*	*1.6*	*0.2*	—	—	*100*
	41—80	I—II	—	—	5	148	228	52	9	2	444
		III—IV	—	50	140	123	12	—	—	—	325
		Yht. — *Total*	—	50	145	271	240	52	9	2	769
		%		*6.5*	*18.9*	*35.2*	*31.2*	*6.8*	*1.2*	*0.2*	*100*
Haapavaltaiset — *Aspen dominated*	20—40	I—II	—	329	529	133	37	—	—	—	1 028
		III—IV	479	566	25	—	—	—	—	—	1 070
		Yht. — *Total*	479	895	554	133	37	—	—	—	2 098
		%	*22.8*	*42.7*	*26.4*	*6.4*	*1.7*	—	—	—	*100*
	41—80	I—II	—	—	4	118	111	60	20	30	343
		III—IV	—	7	82	33	11	9	—	—	142
		Yht. — *Total*	—	7	86	151	122	69	20	30	485
		%	—	*1.5*	*17.7*	*31.1*	*25.2*	*14.2*	*4.1*	*6.2*	*100*
Sekametsät — *Mixed* .	41—80	I—II	—	—	16	127	80	25	3	—	251
		III—IV	8	96	133	20	—	—	—	—	257
		Yht. — *Total*	8	96	149	147	80	25	3	—	508
		%	*1.6*	*18.9*	*29.3*	*28.9*	*15.8*	*4.9*	*0.6*	—	*100*

[1]) I—II latvuskerrokseen on luettu päävaltapuut ja lisävaltapuut ja niiden joukossa mahdollisesti kasvavat ylispuut; III—IV latvuskerrokseen välipuut, aluspuut ja mahdollisesti tavattava alikasvos. (Vrt. Lauri Ilvessalo 1929).

[1]) *I and II:crown layer comprises predominant and co-dominant trees, among them possible growing reserve trees; III and IV: crown layer intermediate trees, suppressed trees and possibly some undergrowth (cf. Lauri Ilvessalo 1929)*

alalla kasvavan puuston latvuskaton ja säilyttänyt itselleen jatkuvan elintilan.

Haapapuuston runkoluvun mukaisia rakenteellisia piirteitä voidaan selventää rinnankorkeusläpimittaluokittain, latvuskerroksittain ja puuluokittain.

Runkojen jakaantuminen rinnankorkeusläpimittaluokkiin osoittaa, että jo alle 40 v. ikäisissä metsiköissä tavataan jonkin verran järeää (20+ cm) puuta. Sen osuus kasvaa melkoisesti iän mukana. Kokonaisuuteen katsoen odottaisi taasen vanhempien metsiköiden järeyssuhteiden kallistuvan todettavaa voimakkaammin järeiden paksuusluokkien osalle. Latvuskerroksittainen tarkastelu osoittaa, että pieni puu sekä paksuudeltaan että pituudeltaan kuuluu alempaan (III—IV) latvuskerrokseen. Paitsi tiheyssuhteista johtuu tämä luonnollisesti metsiköiden koskemattomuudesta, mikä johtaa hakkuukypsien puustojen epätaloudelliseen runkojakaantumiseen nimenomaan järeän puun kohdalta. Tätä tukevat myöhemmin luvussa »Keskiläpimitta» annetut tiedot.

Latvuskerroksittaisessakaan selvittelyssä ei ole unohdettava vieraita puulajeja, joilla on merkittävä vaikutus haapapuuston rakenteeseen.

Puhtaissa haavikoissa on kuusisekapuu iän mukana hyvin säilyttänyt asemansa, jopa sitä vahvistanutkin. Huolimatta siirtymisistä paksumpiin läpimittaluokkiin on alimpain paksuusluokkien runkoluku vahvistunut osaksi heikon itseharvenemisen osaksi uusien yksilöiden alalle ilmaantumisen johdosta. Eniten on iän mukana lisääntynyt 11—15 cm:n rinnankorkeusläpimittaluokka ja sitä paksummat, joten haavikon vanhemmalla iällä suuri osa kuusista on paperipuurunkojen luokassa. Koivu, jota nuorempien metsiköiden alemmissa läpimittaluokissa on runsaasti ja runsaamminkin kuin kuusta, itseharvenee iän mukana niin, että vanhemmissa haavikoissa sen runkoluvusta on vain murto-osa jäljellä. Mäntyä on vain nimeksi.

Haapavaltaisissa metsiköissä on tilanne suurin piirtein samankaltainen kuin puhtaissa. Iän mukana ovat kuitenkin kuusi, koivu ja mänty voimakkaammin kuin haapa siirtyneet järeisiin luokkiin.

Sekametsissä, joissa milloin mikin puulaji muodostaa enemmistön, tasaverran tai vähemmistön, yhteisen runkoluvun enemmistönä ovat »pienen» puun paksummat ja järeiden puiden ohuemmat luokat.

Lopuksi on tarkasteltu metsikkölajeittain ja ikäluokittain puiden jakaantumista puuluokkiin (taulukko 3, s. 18). Käytetyn L. Ilvessalon puuluokituksen mukaan tarkoittavat merkit seuraavaa: n = normaaleja, b_2 = mutkaisia, b_3 = haaraisia, c = sairaita ja † = kuolleita puita ja kaikissa + merkki luokan ominaisuutta vahvasti edustettuna ja — vastaavasti heikosti edustettuna. Kaikki ne puut, joissa vikaisuus ei vaikuta rungon käyttöarvoa alentavasti, on luettu n- merkkisiin puihin. Puuluokkien määritteleminen on suoritettu pystyynarviointia käyttäen.

Taulukko 3. Runkoluvun jakaantuminen puuluokkiin.

Table 3. Distribution of number of stems according to tree classes.

Metsikkö *Stand*	Ikäluokka, v. *Age class, years*	Rinnankorkeusläpimitta, cm *Dbh, cm*	Eri puuluokkien puiden osuus runkoluvusta, % — *Number of stems in different tree classes per cent*														Kaikkiaan *Total*	
			n +	n —	†	Yhteensä *Total*	b_2+	b_3+	c+	b_2+ b_3+	b_2+ c+	b_3+ c+	b_2+ b_3+ c+	b†	c†	bc†	Yhteensä *Total*	kpl/ha *Number of stems per ha*	%
Puhtaat haavikot *Pure aspen*	21—40	≥ 20	34.1	17.1	—	51.2	—	4.9	39.0	—	—	4.9	—	—	—	—	48.8	41	100.0
		< 20	60.4	3.3	12.1	75.8	2.3	—	14.9	0.1	2.7	0.2	—	0.1	3.9	—	24.2	2 228	100.0
			60.0	3.5	11.8	75.3	2.2	0.1	15.3	0.1	2.7	0.3	—	0.1	3.9	—	24.7	2 269	100.0
	41—80	≥ 20	8.3	4.6	—	12.9	2.3	1.6	63.4	—	9.6	9.5	—	0.7	—	—	87.1	303	100.0
		< 20	7.4	6.4	1.9	15.7	5.1	1.9	57.7	1.1	11.4	4.1	—	—	1.5	1.5	84.3	466	100.0
			7.7	5.7	1.2	14.6	4.0	1.8	59.9	0.7	10.7	6.2	—	0.3	0.9	0.9	85.4	769	100.0
Haapavaltaiset *Aspen dominated*	21—40	≥ 20	56.8	—	—	56.8	—	10.8	32.4	—	—	—	—	—	—	—	43.2	37	100.0
		< 20	52.2	8.5	8.2	68.9	6.3	0.4	16.2	—	3.6	0.4	—	0.8	3.0	0.4	31.1	2 061	100.0
			52.3	8.3	8.1	68.7	6.2	0.6	16.5	—	3.6	0.3	—	0.8	2.9	0.4	31.3	2 098	100.0
	41—80	≥ 20	18.7	9.5	—	28.2	0.8	2.5	57.3	0.8	5.4	2.9	2.1	—	—	—	71.8	241	100.0
		< 20	19.3	9.4	0.8	29.5	9.0	0.8	39.8	0.8	10.2	—	0.8	—	7.4	1.7	70.5	244	100.0
			19.0	9.5	0.4	28.9	5.0	1.7	48.4	0.8	7.8	1.5	1.4	—	3.7	0.8	71.1	485	100.0
Sekametsät *Mixed*	41—80	≥ 20	25.0	10.2	—	35.2	2.8	1.9	39.8	1.9	4.6	5.5	7.4	—	0.9	—	64.8	108	100.0
		< 20	15.5	8.3	2.0	25.8	6.2	2.5	41.5	0.5	14.5	2.8	3.5	0.2	2.5	—	74.2	400	100.0
			17.5	8.7	1.6	27.8	5.5	2.4	41.1	0.8	12.4	3.4	4.3	0.1	2.2	—	72.2	508	100.0

Haapapuustojen laadusta saatava kuva ei ole tyydyttävä. Jo nuorehkoissa metsiköissä on vikaisia puita suhteellisen runsaasti. Silti »normaaliset» ja lievästi vikaiset muodostavat tuntuvan enemmistön. Pahinta kuitenkin on, että jo nuoriakin metsiä vaivaa, tosin vielä alkuasteella, mutta ajan pitkään nopeasti kehittyvä lahovikaisuus (suurin osa c+ merkkisiä runkoja). Metsikön vanhetessa puista osaksi häviävät esim. mutkaisuuden jäljet, mutta uusia vikoja tulee lisää ja varsinkin lahovikaisuus saa huolestuttavan laajuuden. Vanhoissa metsissä onkin käyttöarvoa tuntuvasti alentavat viat ja niiden valtaamat rungot tulleet enemmistöksi. Niitä on kaikissa latvuskerroksissa ja kaikissa paksuusluokissa, siis myös valtapuissa, jotka kasvultaan, kehitykseltään ja kooltaan muuten ovat puuston parhaimpia.

Keskiläpimitta

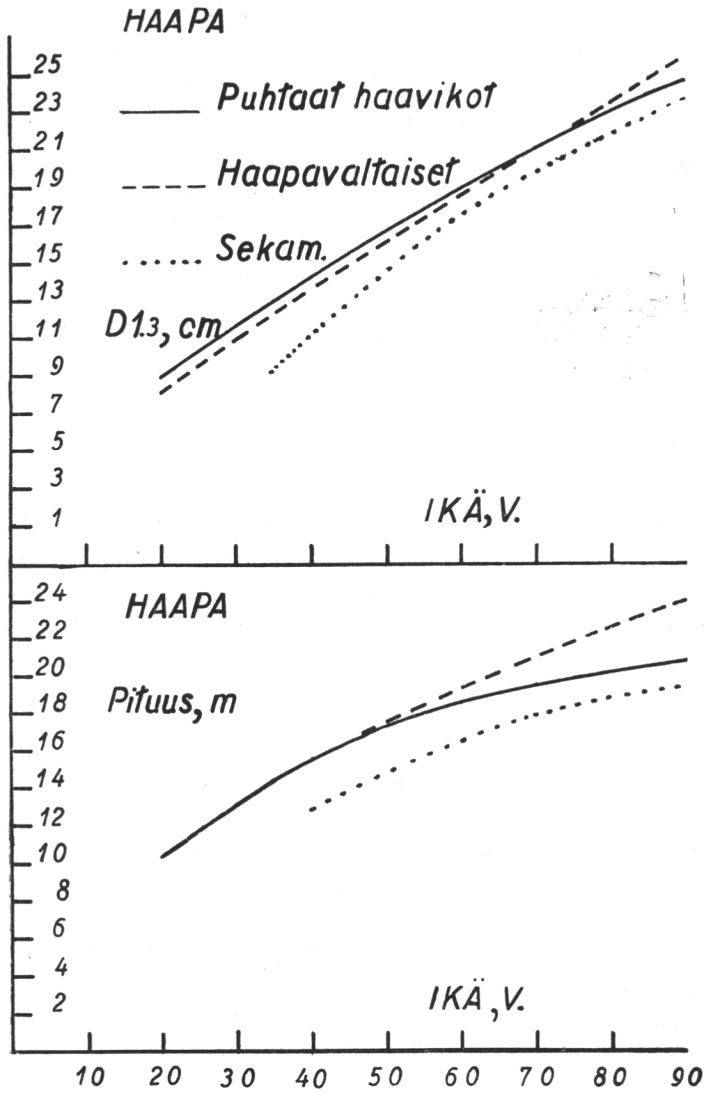
Edellisessä luvussa on jo esitetty runkoluvun jakaantuminen rinnankorkeusläpimittaluokkiin. Läpimittaluonnehtijan merkityksen lisäkuvaamiseksi on pyritty selvittämään myös metsikön tai puuston paksuussuhteiden kehitystä iän mukana. Aiemmin selitettyjen perusmittausten ja tavanomaisten menetelmien mukaan on saatu graafinen piirros (kuva 2) ja taulukko 4. Viimeksi mainittuun on lisäksi merkitty muualla saatuja tietoja.

Taulukko 4. Metsikön keskiläpimitan kehitys.

Table 4. Development of mean diameter (Dbh, cm) of stand.

Metsikkö — *Stand*		Metsikön ikä, v. — *Age of stand, years*							
		20	30	40	50	60	70	80	90
		Keskiläpimitta, cm — *Mean diameter (dbh, cm) of stand*							
Puhtaat haavikot — *Pure aspen* ...		8.8	11.6	14.2	16.5	18.7	20.8	22.7	24.5
Haapavaltaiset — *Aspen dominated* .		8.2	11.2	13.5	15.4	18.3	20.8	23.1	25.5
Sekametsät — *Mixed*		·	·	11.1	14.5	17.3	19.6	21.6	23.5
Eklund — Wennmark 1925	Bon. II	8.7	12.8	16.5	20.3	23.0	26.7	30.8	
Kurdiani 1934	Bon. III (keskink.)	7.4	10.0	13.0	16.5	20.0	22.0	24.5	
Mathiesen 1949 ...	Bon. I	13.8	20.9	27.8	34.0	39.2	43.7	47.6	50.3

Eri metsikkölajien välillä ei paksuuden kehityksessä ole mainittavia eroja. Erityisesti huomattakoon, että vasta vanhalla iällä puustojen keskipaksuus saavuttaa tukkipuun järeyden. Kuten aiemmin on mainittu, on koskemattomissa vanhoissa metsiköissä yhäkin runsaanlaisesti alamittaista ainesta, joka painaa keskipaksuuden määrää alaspäin.



Kuva 2. Haavan keskiläpimitan ja keskipituuden riippuvuus metsikön iästä.

Fig. 2. Correlation between mean diameter and mean height of aspen, and age of stand.

Pituus, m — *Height, m.*

(For other details, see Fig. 1, p. 14).

Taulukko 2 (s. 16) osoittaa runkoluvun mukaisen keskiläpimitan.

Vertauksen vuoksi esitettäköön seuraavassa asetelmassa luonnon normaalien mänty-, kuusi- ja koivumetsiköiden keskiläpimitan kehitys mustikkatyypissä (Ilvessalo 1920):

	Ikä v. — *Age in years* 20	40	60	80	
Mäntymetsiköt — *Pine stands*	4.8	10.4	16.0	21.6	cm
Kuusi » — *Spruce* »	2.4	5.9	9.8	13.6	»
Koivu » — *Birch* »	1.9	6.8	11.8	16.1	»
Puhtaat haavikot — *Pure aspen stands*	8.2	14.2	18.7	22.7	»

Haapa ei suinkaan jää alakynteen, pikemminkin voittaa sekä keskipaksuuden että järeiden (20+ cm) puiden osuuden suhteen. Esim. 60 v. iällä on mäntymetsiköissä järeän puun osuus 23 %, kuusikoissa n. 1 % ja koivikoissa n. 7 % (Ilvessalo 1920), kun se ripeäkasvuisissa haavikoissa on n. 40 %. (Vrt. s. 16).

Keskipituus

Aiemmin selitettyjen perusmittausten sekä tavanomaisten menetelmien perusteella on saatu graafinen piirros (kuva 2) ja taulukko 5, jotka esittävät metsiköiden keskipituuden kehitystä iän mukana. Taulukkoon on merkitty myös muualla saatuja tuloksia.

Taulukko 5. Metsikön keskipituuden kehitys.

Table 5. Development of mean height of stand.

Metsikkö — *Stand*		Metsikön ikä, v. — *Age of stand, years* 20	30	40	50	60	70	80	90
		Metsikön keskipituus, m — *Mean height (m) of stand*							
Puhtaat haavikot — *Pure aspen* ...		10.3	13.2	15.6	17.3	18.5	19.8	20.2	20.8
Haapavaltaiset — *Aspen dominated* .		10.3	13.2	15.6	17.6	19.4	21.0	22.6	24.0
Sekametsät — *Mixed*		·	·	12.8	14.8	16.5	17.9	18.8	19.5
Eklund — Wennmark 1925	Bon. II		12.3	14.8	17.0	18.6	19.7	20.4	
Kurdiani 1934	Bon. III (keskink.)	8.5	12.0	15.0	18.5	20.6	23.0	23.5	
Mathiesen 1949	Bon. I	11.0	14.9	18.5	21.5	24.0	26.2	28.0	29.2

Keski-iälle saakka puhtaiden haavikoiden ja haapavaltaisten metsiköiden keskipituuden kehitys on sama, senjälkeen haapavaltaiset metsiköt pituuskehityksessään tuntuvasti ylittävät ensiksi mainitut. On todennäköistä, että tasaikäisessä puhtaassa haavikossa samapuulajisuus taannuttaa puheena olevaa kehitystä, kun sen sijaan haapavaltaisissa metsiköissä vieras puulaji, samanikäinen, hitaampikasvuinen koivu sekä eri-ikäinen ja -kokoinen alikasvokseksi lyöttäytynyt kuusi sitä kiihottavat. Sen sijaan sekametsien haapa on elintilansa puolesta enemmän tai vähemmän toisten

puulajien armoilla. Myöhemmällä iällä, mikäli tilaisuuksia tarjoutuu, se nopealla pituuskasvullaan kuitenkin korvaa tappion.

Pituuskehityksessään haapa ei suinkaan jää muista puulajeista jälkeen, kuten seuraava vertailu luonnon normaalien mänty-, kuusi- ja koivumetsiköiden kanssa mustikkatyypissä osoittaa (vrt. Ilvessalo 1920):

	Ikä, v. — *Age in years*				
	20	40	60	80	
Mäntymetsiköt — *Pine stands*	4.7	10.9	17.8	22.7	m
Kuusi » — *Spruce* »		6.6	10.5	14.2	»
Koivu » — *Birch* »	13.5	9.2	15.1	19.9	»
Puhtaat haavikot — *Pure aspen stands*	0.3	15.6	18.5	20.2	»

Erityisesti huomioitakoon haavan nopea pituuskasvu nuorella ja keskiiällä. Senjälkeen muut puulajit, joiden terveydentila ja elinvoimaisuus yhä ovat hyvät ja voimakkaat, varsinkin mänty, saavuttavat haavan, lukuun ottamatta kuusta.

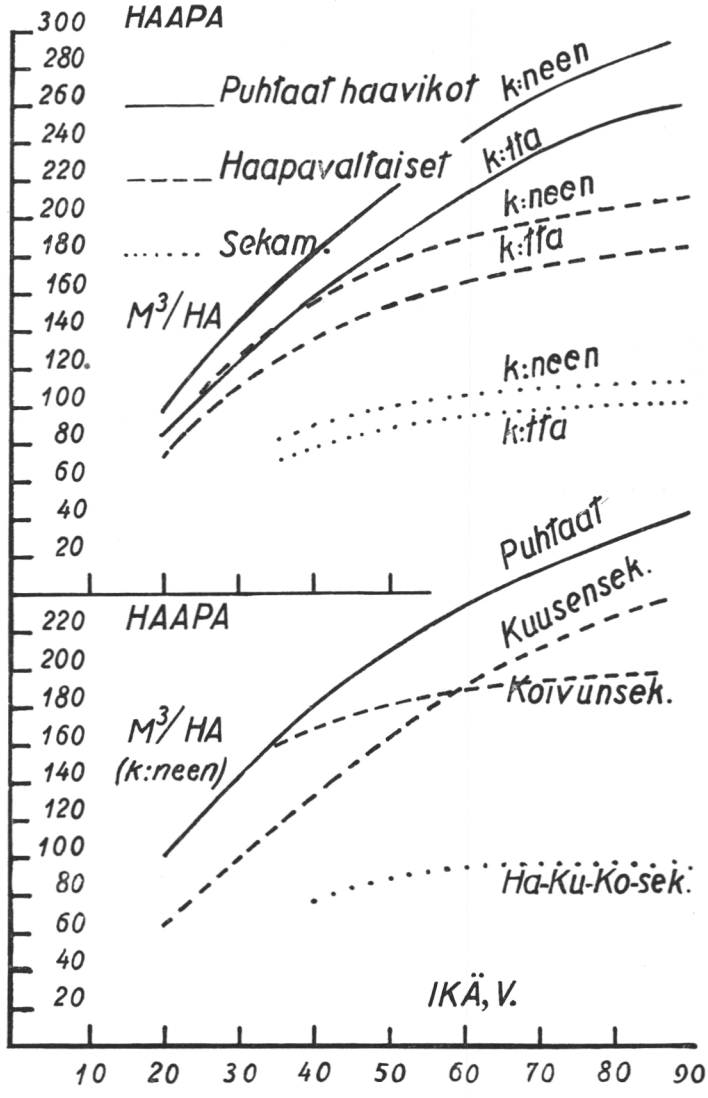
Kuutiomäärä

Perusmittauksia ja tavanomaisia kuutioimismenetelmiä käyttäen on saatu graafinen piirros (kuva 3) ja taulukko 6, jotka osoittavat haapapuustojen iän mukaisen kehityksen. Vertailu muiden tutkijain saamiin tuloksiin on aikaisempien tapainen.

Taulukko 6. Metsikön kuutiomäärän kehitys.

Table 6. Development of volume of stand.

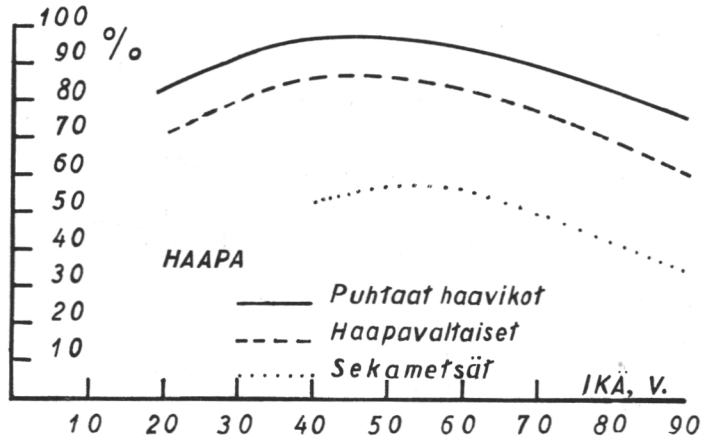
Metsikkö — *Stand*		Metsikön ikä, v. — *Age of stand, years*							
		20	30	40	50	60	70	80	90
		Metsikön kuutiomäärä/ha — *Volume of stand per ha*							
Puhtaat haavikot *Pure aspen*	k:neen - *With bark*	100	148	181	210	240	262	280	294
	k:tta - *Without bark*	84	127	160	188	213	233	250	264
Haapavaltaiset *Aspen dominated*	k:neen - *With bark*	82	128	156	174	190	200	208	210
	k:tta - *Without bark*	66	112	138	155	167	175	178	183
Sekametsät *Mixed*	k:neen - *With bark*	·	·	90	100	104	106	110	112
	k:tta - *Without bark*	·	·	80	90	94	97	100	101
Eklund — Wennmark 1925	Bon. II	84	113	144	171	193	212	232	
Kurdiani 1934	Bon. III (keskink.)	75	131	193	249	293	318	330	
Mathiesen 1949	Bon. I	110	165	249	313	371	420	464	496



Kuva 3. Haavan kuutiomäärän riippuvuus metsikön iästä.
Fig. 3. Correlation between volume of aspen and age of stand.

K:neen — *With bark.*
K:tta — *Without bark.*
Kuusensek. — *Aspen dominated stand mixed with spruce.*
Koivunsek. — » » » » » *birch.*
Ha — Ku — Ko — sek. — *Aspen — Spruce — Birch stands.*
(For other details, see Fig. 1, p. 14).

Kuten tunnettua, on kuutiomäärä runkoluvun, läpimitan, pituuden ja kasvun voimakkuuden yhteistulos. Huolimatta siitä, että haapavaltaisten metsiköiden läpimitan ja pituuden kehitys vanhemmalla iällä on voimak-



Kuva 4. Haavan kuutiomäärä sadanneksena metsikön kokonaiskuutiomäärästä.
Fig. 4. Aspen volume in per cent of the total volume of stand. (For other details, see Fig. 1. p. 14).

kaampi kuin puhtaiden haavikoiden, kykenevät viimeksi mainitut kuitenkin runkoluvun enemmyyden ansiosta olemaan myös hakkuukypsinä kuutiomäärältään (ja -kasvultaan) suurimmat. Puhtaissa haavikoissa ei suhteellisen vähäinen vieraan puulajin aines sanottavasti vaikuta kuutiokehitykseen, kun taas haapavaltaisissa metsiköissä mainittu aines toisaalta on vallannut elintilaa, toisaalta toiminut haavan kasvun kiihottajana. Eroa on myös sillä, onko kysymyksessä voimakkaampi koivun vai kuusen sekoitus. Edellisen tapaisissa metsiköissä on haapapuuston kuutiomäärä aina hakkuukypsyyteen saakka suurempi kuin jälkimmäisissä, mutta sen jälkeen osat vaihtuvat. Myös kuutiomäärän iän mukaisessa kehityksessä todetaan eroavaisuuksia. Koivunsekaisessa metsikössä se taantuu vanhalla iällä, kuusensekaisessa se jatkuu melko ripeänä. Tilanne selittyy sillä, että koivunsekaisen haapavaltaisen metsikön haapa vahvan luontaisen itseharvenemisen, lahovikaisuuden aiheuttaman puukadon sekä elinvoiman heikkenemisen johdosta ei jaksa kasvullaan kyllin voimakkaasti kartuttaa kuutiomääräänsä, jota paitsi vanhemmalla iällä biologisesti voimakkaampi koivu (ja kuusi) vähentää sen elintilan edellyttämiä kasvun mahdollisuuksia. Sekametsien kuutiomäärän kehitystä on voitu seurata vain keski-iältä lähtien. Merkittävä on sen hitaus. Koska puuston keskipituus ja -paksuus iän mukana lisäytyvät verraten ripeästi, on syy etsittävissä jotensakin voimakkaasta itseharvenemisesta. Hyvin vanhalla iällä vain jokunen yksilö ja parhaassa tapauksessa parisataa haapaa kasvaa harvassa tai pikkuryhmissä muiden puulajien joukossa.

Seuraava asetelma esittää haavikoiden kuutiomäärän kehityksen verrattuna luonnon normaaleihin mänty-, kuusi- ja koivumetsiköihin mustikkatyypissä (Ilvessalo 1920).

	Ikä, v. — *Age in years* 20	40	60	80	
Mäntymetsiköt — *Pine stands*	60	200	313	407	m^3
Kuusi » — *Spruce* »	21	114	249	366	»
Koivu » — *Birch* »	31	115	191	248	»
Puhtaat haavikot — *Pure aspen stands*	100	181	240	280	»

Ottaen huomioon, että koeaineiston haavikot eivät ole luonnon normaaleja ja että mustikkatyyppi on haavalle vähemmän sovelias kuin muille pääpuulajeillemme, kiinnittää huomiota haavikon ylivoimaisuus nuorella iällä.

Taulukko 7. Kuutiomäärän jakaantuminen eri latvuskerrosten ja paksuusluokkien osalle.

Table 7. Distribution of volume between different crown layers and diameter classes.

Metsikkö *Stand*	Ikäluokka, v. *Age class, years*	Latvuskerros *Crown layer*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter (dbh, cm) of stems* 1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	
			Kuutiomäärä/ha — *Volume of stand per ha*								
Puhtaat haavikot *Pure aspen*	20—40	I—II	—	8	44	49	11	1	—	—	113
		III—IV	5	15	10	—	—	—	—	—	30
		Yht. — *Total*	5	23	54	49	11	1	—	—	143
		%	*3.5*	*16.0*	*37.8*	*34.3*	*7.7*	*0.7*	—	—	*100.0*
	41—80	I—II	—	—	1	34	90	30	7	2	164
		III—IV	—	1	15	29	5	—	—	—	50
		Yht. — *Total*	—	1	16	63	95	30	7	2	214
		%	—	*0.5*	*7.5*	*29.4*	*44.4*	*14.0*	*3.3*	*0.9*	*100.0*
Haapavaltaiset *Aspen dominated* .	20—40	I—II	—	10	51	28	13	—	—	—	102
		III—IV	2	16	3	—	—	—	—	—	21
		Yht. — *Total*	2	26	54	28	13	—	—	—	123
		%	*1.6*	*21.1*	*43.9*	*22.8*	*10.6*	—	—	—	*100.0*
	41—80	I—II	—	—	1	32	49	38	18	33	171
		III—IV	—	△	11	9	5	6	—	—	31
		Yht. — *Total*	—	△	12	41	54	44	18	33	202
		%	—	△	*6.0*	*20.3*	*26.7*	*21.8*	*8.9*	*16.3*	*100.0*
Sekametsät — *Mixed*	41—80	I—II	—	—	2	27	29	15	2	—	75
		III—IV	△	3	13	4	—	—	—	—	20
		Yht. — *Total*	△	3	15	31	29	15	2	—	95
		%	△	*3.2*	*15.8*	*32.6*	*30.5*	*15.8*	*2.1*	—	*100.0*

ylivoimaisuuden jatkuminen kuusen ja koivuun nähden keski-iällä ja tasavertaisuus viimeksi mainittujen kanssa haavan kypsyysiällä. Vain mänty, sen nuoruusikää lukuunottamatta, on ylivoimainen ja kuusi ylittää vain yli-ikäisen haavikon.

Taulukossa 7 pyritään osoittamaan kuutiomääräpainolukujen merkitys latvuskerroksittain ja rinnankorkeusläpimittaluokittain (vrt. taul s. 16). Tällöin todetaan eri latvuskerrosten välisten suhteiden oleellisesti muuttuvan. Runkoluvussa esiintynyt ylempien latvuskerrosten (I ja II) hienoinen vähemmistö on kuutiomäärässä käynyt 3—5 kertaiseksi enemmistöksi ja samalla järeiden runkojen kuutiomäärän osuus on huomattavasti lisääntynyt sekä vanhemmissa että nuoremmissa metsiköissä.

Kiinnitettäessä huomio kuusi-, koivu- ja mäntysekapuihin, on mainittava, että niiden yhteinen kuutiomäärä puhtaiden ja haapavaltaisten nuoremmissa metsiköissä lähentelee ja vanhemmissa metsiköissä tuntuvasti ylittää haapapuuston alemman latvuskerroksen (III—IV) kuutiomäärän. Kun näin on laita myös runkoluvun suhteen, on haavan kehitykseltään heikommalla osalla jotensakin ankara kamppailu elinehtojensa puolesta myös vieraiden puulajien kanssa. Tämä osaltaan selittää verraten suuren kuutiomäärän eron haapapuuston ylempien ja alempien latvuskerrosten välillä.

Kasvu

Edellisistä selostuksista on käynyt ilmi runkoluvun, keskipituuden, keskiläpimitan ja kuutiomäärän kehitys ja muutokset ikävuodesta toiseen 10 vuosittain tai ikäluokittain (20—40 ja 41—80 v.). Kasvututkimuksissa on ollut tapana myös seurata kehityksen kulkua laskemalla kasvun määrä-

Taulukko 8. Metsikön kasvu.

Table 8. Growth of stand.

Ikä, v. *Age in years*	Vuotuinen keskimääräinen kasvu — *Annual mean increment*									Eklund—Wennmark 1925	Kurdiani 1934	Mathiesen 1949
	Keskipituus, cm *Mean height, cm*			Keskiläpimitta, mm *Mean diameter (dbh, cm)*			Kuutiomäärä (k:tta) *Volume (without bark)*					
	Puht. haavikot *Pure aspen*	Haapavaltaiset *Aspen dominated*	Sekametsät *Mixed*	Puht. haavikot *Pure aspen*	Haapavaltaiset *Aspen dominated*	Sekametsät *Mixed*	Puht. haavikot *Pure aspen*	Haapavaltaiset *Aspen dominated*	Sekametsät *Mixed*	Bon. II	Bon. III keskink.	Bon. I
										Kuutiokasvu *Volume growth*		
20	52	52	·	4.4	4.1	·	4.2	4.1	·	4.1	3.7	5.5
30	44	44	·	3.9	3.7	·	4.2	3.7	·	3.8	4.3	5.5
40	39	39	32	3.6	3.4	2.8	4.0	3.5	2.0	3.6	4.8	6.2
50	35	35	30	3.3	3.2	2.9	3.8	3.1	1.8	3.4	4.9	6.3
60	31	32	28	3.1	3.1	2.9	3.6	2.8	1.6	3.2	4.8	6.3
70	28	30	26	3.0	3.0	2.8	3.3	2.5	1.4	3.0	4.5	6.0
80	25	28	24	2.8	2.9	2.7	3.1	2.2	1.3	2.9	4.1	5.8
90	23	27	22	2.7	2.8	2.6	2.9	2.0	1.1			

luvut vuotta kohden joko juoksevana tai keskimääräisenä. Seuraavassa taulukossa on esitetty keskipituuden, keskiläpimitan ja kuutiomäärän vuotuiset keskimääräiset kasvut.

Pituuskasvu on haapametsikön nuorella iällä suhteellisen voimakasta, jopa poikkeuksellista laatua, mikä on luonteenomaista jo taimistoiällä varsinkin huomioiden vesasyntyneisyyden. Vuotuinen keskimääräinen kasvu iän mukana alenee: alussa jyrkemmin, sitten tasaantuen. Vanhalla iällä se on n. puolet siitä mitä se oli nuorella iällä.

Keskiläpimitan vuotuinen keskimääräinen kasvu on nuorella iällä suhteellisesti heikompi kuin vastaavasti pituuskasvu. Iän mukana ensiksi mainittu alenee verraten hitaasti. Edellä mainitusta johtuen ovat haaparungot solakimpia juuri nuorella iällä. Tämä ilmenee myös seuraavasta taulukosta, jossa rungon kapeneminen on ilmaistu rinnan ja kuuden metrin korkeudelta mitattujen läpimittojen erotuksena ja solakkuus rinnankorkeusläpimitan ja puun koko pituuden suhteena. Iän mukana rungot käyvät tyvekkäämmiksi, toisin sanoen pituuskasvu heikentyy nopeammin kuin läpimittakasvu.

Taulukko 9. Runkojen kapeneminen ja solakkuus.

Table 9. Taper and slenderness of trees.

Metsikkö — *Stand*	Ikä, v. — *Age in years*							
	20	30	40	50	60	70	80	90
	Kapeneminen D1.3 — D6.0, cm — *Taper Dbh — D6.0, cm*							
Kaikki metsikkölajit keskimäärin — *Average for all kinds of stands*	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	4.1
	Solakkuus (D1.3 : Pituus, m) x 100 — *Slenderness (Dbh : height, m) x 100*							
	0.83	0.86	0.88	0.94	1.00	1.05	1.10	1.14

Keskimääräisen vuotuisen kuutiokasvun muutokset iän mukana ovat vieläkin hitaammat kuin läpimitan. Nuorella iällä se on korkein, mutta alenee suhteellisen hitaasti.

Verrattaessa haapametsikön kuutiokasvua mustikkatyypin luonnon normaalien männikön ja koivun kasvuun mustikkatyypissä (Ilvessalo 1920) saadaan seuraava asetelma:

	Ikä, v. — *Age in years*								
	20	30	40	50	60	70	80	90	
Mäntymetsiköt — *Pine stands* .	2.2	3.4	4.1	4.4	4.5	4.5	4.5	4.4	m^3
Koivu » — *Birch* »	1.2	1.9	2.4	2.7	2.8	2.8	2.7	2.5	»
Puhtaat haavikot — *Pure aspen stands*	4.2	4.2	4.0	3.8	3.6	3.3	3.1	2.9	»

Nuorella iällä haapa on nopeakasvuisin puulaji mustikkatyypilläkin. Lähes keski-ikään saakka on haapa kilpailukykyinen männyn kanssa, mutta sen jälkeen haapa jää jälkeen. Kuusikko saavuttaa haapametsikön kasvun vieläkin myöhemmällä iällä ja koivikko ehkä vasta yli 100 vuotisena. Vain harmaalepikkö kykenee nuorella iällä kilpailemaan haavan kanssa (vrt. Miettinen 1932, s. 63), mutta mustikkatyypillä sekin jäänee kasvussaan jälkeen haapametsiköistä.

Yhteenveto

Koeaineisto edustaa Suomen eteläpuoliskon haavan yleisimmin valtaamia metsämaita, mustikkatyyppiä, vähemmässä määrin sitä parempia tai huonompia. Metsiköt ovat yleensä luonnontilaisia, mutta eivät ns. luonnon normaaleja. Näissä puitteissa tapahtuvat enimmät hakkuutkin. Metsikkölajeja on erotettu puhtaat, haapavaltaiset ja sekametsät. Metsikkötiheys samalla iällä alenee huonompiin metsätyyppeihin, vanhempiin ikäluokkiin ja sekametsiin päin. Suoraa vastausta kysymykseen, ovatko metsiköt saaneet alkunsa siemenistä vaiko juurivesoista, ei tutkimus anna, viitattakoon kuitenkin koealataimistojen vesasyntyisyyteen. — Tutkitut metsiköt ovat, kuten yleensäkin, pienenlaisia, mitä kuvaa mm. se, että oli vaikea löytää edes neljänneshehtaarin suuruista yhtenäistä haavikkoa. Paikallisesti laajimmalle levittäytyy sekametsien haapa, milloin pieninä ryhminä milloin yksittäisinä puina. Näissä metsiköissä vieraan puulajin vaikutus on luonnollista syistä voimakkain.

Haapapuuston itseharveneminen (runkoluvun väheneminen) tapahtuu eri metsikkölajeissa jotensakin samansuhteisesti. Puhtaissa haavikoissa se on tosin nopeaa, mutta ei kyllin voimakasta, jotta puuston järeyssuhteet hakkuukypsyyteen mennessä muodostuisivat riittäviksi. Samanlajisuuden aiheuttama kamppailu kasvutilasta johtaa tosin järeiden runkojen tyydyttävään ulkoiseen moitteettomuuteen, mutta sen sijaan lahovikaisuus saa suuren vallan. Vanhoissa metsissä onkin käyttöarvoa tuntuvasti alentavat viat ja niiden valtaamat rungot tulleet enemmistöksi. Edellä sanottu soveltuu myös haapavaltaisiin metsiin. Poikkeuksena lienee vain järeän puuston voimakkaampi muodostuminen ja metsikön terveydentilan paremmuus. Osuutensa tähän lienee vierailla puulajeilla, varsinkin kuusella. Tässä mielessä odottaisi sekametsien haapapuustolta vieläkin enemmän, mutta sen järeyssuhteet ja terveydentila eivät ole merkittävässä määrin edellisten metsikkölajien puustoista eroavia.

Eri metsikkölajien välillä ei keskiläpimitan kehityksessä ole mainittavia eroja. Kiinnitettäköön huomio siihen, että vasta vanhalla iällä puustojen keskipaksuus saavuttaa tukkipuun järeyden. Runsas alamittainen aines painaa keskipaksuuden määrää alaspäin. — Verrattaessa keski-

läpimitan kehitystä luonnon normaalien mänty-, kuusi- ja koivumetsiköiden vastaavanlaiseen kehitykseen, haapa on nuorella iällä aivan ylivoimainen, keski-iälläkin voimakkaasti, mutta vanhalla iällä ainoastaan mänty kykenee kilpailemaan sen kanssa siihen saakka kunnes haapa sortuu vanhuuteen ja lahovikaisuuteen.

Keski-iälle saakka puhtaiden haavikoiden ja haapavaltaisten metsiköiden k e s k i p i t u u d e n kehitys on sama, sen jälkeen haapavaltaiset metsiköt pituuskehityksessään tuntuvasti ylittävät ensiksi mainitut, mihin seikkaan samanikäisellä, mutta hitaampikasvuisella koivulla ja (alikasvos)-kuusella on osuutta. Sekametsissä haapa vasta hyvin myöhäisellä iällä alkaa saavuttaa ensiksi mainittujen metsiköiden keskipituutta. — Verrattaessa keskipituuden kehitystä luonnon normaalien mänty-, kuusi- ja koivumetsien kehitykseen, haapa on nuorella iällä vallan ylivoimainen ja vasta hakkuukypsyyteen päästyään jää se jälkeen männystä ja osin koivustakin.

Puhtaiden haavikoiden k u u t i o m ä ä r ä on kaikkina ikäkausina suurempi kuin haapavaltaisten ja sekametsien haapapuuston kuutiomäärä, ja haapavaltaistenkin verrattomasti suurempi kuin sekametsien haapapuuston kuutiomäärä. Kuutiomäärän kehitys on ikävuodesta toiseen suurin piirtein samantapainen, joskin puhtaissa haavikoissa ripein aina vanhalle iälle saakka. Sama on asian laita kuusensekaisissa haapavaltaisissa metsiköissä. — Verrattaessa kuutiomäärän kehitystä luonnon normaalien mänty-, kuusi- ja koivumetsiköiden kehitykseen, haapa on nuorella iällä hyvin ylivoimainen, keski-iälläkin se vielä voittaa kuusen ja koivun, mutta vanhalla iällä ainoastaan koivun, kumpaisenkin tällöin ollessa pikemminkin samanvertaisia.

K a s v u s s a a n eivät eri metsikkölajien haapapuustot eroa toisistaan, joskin poikkeuksellisista syistä kasvu on alhaisin sekametsikössä. Vuotuinen keskimääräinen kasvu puuston iän lisääntyessä alenee: alussa jyrkemmin, sitten tasaantuen. Vanhalla iällä se on vajaa puolet siitä mitä se oli nuorella iällä. — Verrattaessa kasvun kehitystä luonnon normaalien mänty- ja kuusimetsiköiden kehitykseen, haapa on nuorella iällä aivan ylivoimainen, ja myöhemmälläkin iällä ainoastaan mänty ja (koivu) voittaa sen.

Kirjallisuusluettelo

Ahola, V. K. 1946 a. Haapametsien perustaminen juurivesoista. Metsämies, s. 142—

—»— 1946 b. Haapametsistä ja niiden hoidosta. Metsämies, s. 223—226.

Arffman, K. H. 1928. Haapahalkopinoista paperipuita. Metsämies, s. 238—240.

Barth, Agnar. 1942. Aspen, dens kultur og behandling for kvalitetsproduksjon. Oslo.

Blumenthal, Bo-Erik. 1936. Tändsticksvirkets avverkning och kvalitetsfordringarna på detsamma. Skogsbruket, s. 47—51.

—»— 1942. Studier angående aspens förekomst och egenskaper i Finland. Silva fennica 56.

Cajander, A. K. 1917. Metsänhoidon perusteet II. Porvoo.

Eklund, S., Wennmark, G. 1925. Några undersökningar av aspskog. Sv. skogsvårdsför. tidskr.

Graumann. 1933. Beobachtungen und Erfahrungen bei Aspensaaten. D. deutsche Forstwirt, s. 9—11.

Hagman, Max. 1950. Metsäpuiden kasvullinen monistaminen. Metsät. aikak., s. 240—244.

—»— 1951. Haavan kasvattaminen siemenestä. Metsätietoa n:o 3.

Heikinheimo, Olli. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Acta forest. fenn. 4.

Ilvessalo, Lauri. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Acta forest. fenn. 34.

Ilvessalo, Yrjö. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. S. Mhy. Tapio.

—»— 1927. Suomen metsät. Metsät. koelait. (tutkimuslait.) julk. 11. 1.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. Ibid. 30.

—»— 1947. Haavan esiintyminen ja haapapuuvarasto kasvullisilla metsämailla. (Kirjelmä tulitikkutehtaille. Konekirjoite.).

—»— 1948. Nyky-Suomen metsät. Metsät. tutkimuslait. julk. 35. 5.

Jalkanen, Esko. 1951. Roskahaavasta selluloosaa. Metsälehti n:o 10.

Kallio, Kustaa. 1945. Haapa, sen kasvatus ja tuoton lisääminen. S. Mhy. valistustoim. julk.

Kallio, V. J. 1916. Tulitikkuteollisuudesta. Ylip. Kauppal.

Kurdiani, S. E. 1934. Dendrologia. Tiflis.

Lagerberg, Torsten. 1922. Om uppdragning av aspfröplantor. Sv. skogsvårdsför. tidskr.

Laitakari, Erkki. 1938. Haavasta ja sen kasvattamisesta. Metsät. aikakausl., s. 119—123.

Lehto, Jaakko. 1950. Haapa oikeaan arvoonsa. Metsälehti n:o 46—47.

Liese, J. 1933. Anzucht gesunder Pappeln- und Aspenpflanzen. Forstarchiv, s. 109—115.

Mathiesen, Anders. 1949. Aspen Stands. Soc. Letter. Estonia in Svecia. Stockholm.
Miettinen, Leevi. 1932. Harmaalepiköiden kasvusta. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 18. 1.
Mustonen, Martti. 1951. SOK ryhtynyt kokeilemaan haavan viljelyä. Hels. San. 28/7.
Osara, N. A., Pöntynen, V., Erkkilä, E. E. 1948. Suomen puun käyttö ja metsätase. Metsät. tutkimuslait. julk. 36. 4.
Petrini, Sven. 1928. Aspen. Skogen, s. 328—330.
Pöntynen, V. 1936. Suomen puunjalostusteollisuus raaka-aineen käyttäjänä vuosina 1925—1935. Acta forest. fenn. 45.
Reim, Paul. 1928. Haava paljunemis-bioloogia. Tartu.
—»— 1930. Piirteitä haavan lisääntymisbiologiasta. Esitelmä. Acta forest. fenn. 36. 4.
Sarvas, Risto. 1950. Kolme vuotta metsäpuiden rodunjalostustyötä Suomessa. Metsät. aikakl. s. 229—232.
Seppänen, O. 1948. Metsäteollisuuden raakapuun kaukokuljetus. S. Pap.- ja Puut.lehti.
Suomen virallinen teollisuustilasto. 1938.
Tikka, P. S. 1944. Haapa arvokkaimpia metsäpuitamme. Maa, s. 449—450, 499—501.
—»— 44. Haapametsiä kasvattamaan. Metsälehti.
Vesterinen, Emil. 1925. Tulitikkuteollisuus ja haapametsämme. Tapio, s. 284—286.
Weltstein, W. von. 1937. Individuelle Unterschieden bei Aspensämlingen. Forstarchiv, s. 159—151.

STRUCTURE AND QUALITY OF ASPEN STANDS
I. STRUCTURE

Summary

Introduction

Before the aspen-working industry came into existence, the stock of aspen was comparatively abundant, but its use was confined mainly to taking out wood for household use. It was the match industry and later on some other industrial lines which increased the value of aspen and its price and gradually brought it to the level of other dominant Finnish species. Parallel with this favourable development, however, several negative points in the handling of aspen stands came to light, a consequence of which was e.g. the decrease in the growing area and stock of large timber trees, and deterioration of quality. This and numerous other drawbacks have been particularly elucidated by investigations on forest survey and utilisation (e.g. Ilvessalo 1948, Osara-Pöntynen-Erkkilä 1948), by special studies and articles.

The present investigation is the first part of a general study concerning the quality of aspen, which requires as its basis a description of the structure of aspen stands.

Material

The material for this study was collected from different parts in the Southern half of Finland comprising 31 sample plots, 11 of which were taken from pure aspen stands, 7 were aspen-dominated and 7 were mixed stands (see Tables pp. 9—11). In regard to the site they represented in their main portion the average Myrtillus type. As a rule, the sample plots were virgin forest but not, in the critical sense, so-called naturally normal ones. The material was in general representative of the actual position and circumstances, within the frame of which logging had been performed as well.

On each sample plot a great number of determinations was performed, on the basis of which the problem under discussion could be elucidated in every respect. Particular mention should be made of the fact that a total of about 219 sample trees was cut which represented trees of different length and thickness in the stem distribution series. Each stem was cut into bolts 1 m long, and each bolt was carefully analysed as to its size and quality. Taking this basic material as a point of departure, the various aspects of structure of the stands could be exposed in the light of different combinations of the material.

Results

The tables, figures and illustrations on pages 13—27 serve to throw light on the characteristics of the aspen stand structure, according to age class, kind of stand, crown layer etc.

Number of Stems

The natural thinning of aspen stands in different types of stands more or less in the same proportion. Indeed, it is rapid in pure aspen stands but not strong enough for the large-size ratio to develop sufficiently before exploitability. The struggle for

growing space due to uniformity of the species leads in fact to a satisfactory external faultlessness, but rottennes develops to a great extent. Therefore the defects which greatly reduce the utilisation value and the stems conquered by them have become predominant in old forests. The above is also applicable to forests in which aspen is the dominant species. It would appear that a stronger formation of large-size trees and the improved condition of the stand constitute an exception. Other species, particularly spruce, seem to play some part. In this sense one would be prepared to expect still more from the aspen in mixed stands, but its size and condition do not significantly diverge from the former kinds of stands.

Mean Diameter (dbh, cm)

There are no noteworthy differences in the development of thickness between different kinds of stands. Consideration should be given to the circumstance that it is only in old age the mean thickness of a stand attains the size of timber trees. Abundant undersized material presses the mean diameter figure downwards. — It should be mentioned that only pine, and even it not before an advanced age is attained, can compete with aspen, until this latter succumbs to old age and rottenness (exposition on p. 21).

Mean Height (m)

Up to middle age the mean height of pure aspen and aspen dominated stands is similar, thereafter the stands in wich aspen dominates considerably exceed the former in height, a circumstance in which birch of the same age but of slower growth and spruce undergrowth play their part. In mixed stands aspen only attains in later age the mean height of stands mentioned in the first place. — It is noteworthy that not before aspen attains exploitability does it give way to pine, and partly also to birch (exposition on p. 22).

Volume

The volume of pure aspen stands is larger at any age than the volume of aspe-in aspen dominated and mixed stands. Furthermore, the volume of aspen is incomn parably larger in aspen dominated than in mixed stands. The development of volume from one age period to another shows more or less the same ratio, even if it is more rapid in pure aspen stands, up to the attainment of old age. — When young, aspen is greatly dominating, in middle age it still defeats spruce and birch, but not pine (exposition on p. 25).

Growth

In regard to growth aspen stands of different kinds do not greatly differ from each other, only for exceptional reasons. The growth is lowest in mixed stands. The annual mean increment decreases with the advancing age of the stand: at first the fall is abrupt, but becomes more regular later. In old age it is less than half of what it was in a young tree. — In more advanced age it is only pine which is able to surpass in growth the aspen, until this latter succumbs to old age and decay (exposition on p. 27).

VUOSILUSTON PAKSUUDEN JA SAHATUKIN LAADUN VÄLISESTÄ RIIPPUVUUDESTA

VEIJO HEISKANEN

ON THE INTERDEPENDENCE OF ANNUAL RING WIDTH AND SAWLOG QUALITY

SUMMARY

HELSINKI 1954

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston eräänä päätutkimuskohteena on ollut jo jonkin aikaa mäntysahatukkien laatuluokituskysymyksen kaikkinainen selvittäminen. Esillä oleva tutkimus kuuluu osana tähän laajempaan tutkimussarjaan.

Tutkimus on suoritettu osittain Työtehoseura ry:n hallinnassa olevassa Matkun kartanossa ja osittain Kajaani OY:n, Nurmeksen Saha OY:n ja OY. Wilh. Schauman AB:n sahalaitoksilla. Kiitän kaikkia näitä yhtiöitä ja laitoksia siitä auliudesta, jolla niiden ao. henkilökunnan taholta on tutkimukseen suhtauduttu.

Tutkimusta tehtäessä on minulla ollut apunani metsäteknologian tutkimusosaston henkilökunta. Erikoisesti haluan kiittää metsät. yliopp. Esko Juvosta, joka on suorittanut suurimman osan kenttätöistä.

Käsikirjoituksen ovat hyväntahtoisesti tarkastaneet professorit Paavo Aro ja Risto Sarvas, joiden antamista neuvoista olen hyvin kiitollinen.

Työ kuuluu osana tutkimuksiin, joita varten olen saanut Suomen Kulttuurirahastolta apurahan v. 1952.

Helsinki, 22. 10. 1954.

Veijo Heiskanen

Sisällysluettelo

Sivu

1. Johdanto 5
2. Aikaisempia tutkimuksia 6
3. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto 9
4. Tutkimuksen tulokset 10
   41. Vuosilustojen paksuus ja tukin laatuluokka 10
   42. Vuosilustojen paksuus ja sahaustuloksen laatu 12
      421. Yleistä 12
      422. Vuosilustojen paksuuden mittaustapa 13
      423. Koesahausten tulokset 15
      424. Sahatavaranmittausten tulokset 17
   43. Vuosilustojen paksuus ja suurin oksa 20
   44. Vuosilustojen paksuus ja rungon sahaustuloksen laatu 23
   45. Yhdistelmä 24
5. Käytännöllisiä näkökohtia 25

Kirjallisuusluettelo 27

Summary 29

1. Johdanto

Yleensä pidetään ulkoisiin tuntomerkkeihin perustuvan sahatukkien laatuluokituksen suurimpana vikana, että sen avulla saadaan selville vain, miltä tukki näyttää. Sisäiset viat, ennen kaikkea oksaisuus, voivat kauniinkin pinnan alla olla suuria ja alentaa tuntuvasti tukista saatavan sahatavaran laatua. Tosin koesahaukset ovat osoittaneet, että suurissa puitteissa voidaan ulkoisten tuntomerkkien perusteella melko tarkoin päätellä, millaista sahatavaraa tukista saadaan (esim. Heiskanen 1951, Siimes 1951, 1954 ym.).[1]) Poikkeustapauksissa saattaa kuitenkin hyvältäkin näyttävästä tukista tulla huonoa sahatavaraa, ja tällaiset, tosin harvinaiset poikkeustapaukset tuodaan usein esille laatuluokituksen ja laatumaksutavan mahdollisuuksista keskusteltaessa. Jalava (1949) mm. mainitsee vanerikoivuista ja laatumaksutavasta kirjoittaessaan, että ostaja voi maksaa hyvän hinnan puutavarasta vain siinä tapauksessa, että hän on ehdottoman varma rungon virheettömyydestä. Sama pätee myös havutukkien laatumaksutavan suhteen.

Tukkien laatuluokituksen vaikeimpia pulmia onkin todistaa oksattomilta näyttävät tukit myös todella vähä- ja pienioksaisiksi. Sisäisen oksaisuuden lisäksi on olemassa myös muita laatuvikoja, joita ei pystytä havaitsemaan tukin päältä, mutta niiden merkitys oksaisuuteen verrattuna on yleensä hyvin vähäinen. Siksi ne jätetäänkin tässä yhteydessä käsittelemättä.

Sisäistä oksaisuutta on oikeastaan kahta lajia. Vasta kylestyneet oksat ovat havaittavissa puun pinnallakin ns. oksankyhmyjen avulla, mutta jo pitemmän aikaa kylestyneinä olleista oksista on harvoin nähtävissä minkäänlaisia merkkejä puun pinnalla. Viimeksi mainittuihin oksiin, varsinaiseen sisäiseen oksaisuuteen ja sen havaitsemiseen on tässä tutkielmassa tarkoitus syventyä.

Monet tutkijat ovat osoittaneet, että vuosilustojen paksuus ytimen ympärillä antaa parhaan kuvan puun oksien suuruudesta. Siksi esillä olevassa tutkimuksessa onkin tarkoitus tutkia luston paksuuden sekä mäntysahatukkien oksaisuuden ja niistä saatavan sahatavaran laadun välisiä riippuvuussuhteita. Erikoisesti tutkimus kohdistetaan metsäntutkimuslaitoksen

[1]) Ks. kirjallisuutta Heiskanen 1954.

ja valtion teknillisen tutkimuslaitoksen laatimien mäntysahatukkien laatuluokitusohjeiden vuosiluston paksuutta koskevan kohdan tarkistukseen. Näissä ohjeissa sanotaan luston paksuudesta seuraavaa:

I laatuluokan tukeissa luston paksuus ei saa ylittää 3 mm. Luston paksuus mitataan tukin tyvipäästä kolmen tuuman matkalta ytimestä lukien.

Tämä määräys on otettu ohjeisiin kuvaamaan täysin oksattomalta näyttävien tukkien sisäistä oksaisuutta. Lisäksi sillä on po. laatuluokitusohjeissa toinenkin merkitys. Se on välitön sahatavaran laadun tunnus lujuuslajittelun kannalta. Sahatavarain lujuuslajitteluohjeiden mukaan ei I lujuuslaatuun hyväksytä kappaleita, joiden keskimääräinen vuosirengasväli (luston paksuus) on yli 3 mm (Kotimaisen rakenne ..... 1952). Juuri lujuuslajittelun vuoksi rajaksi valittiin 3 mm, jonka sopivuutta sisäisen oksaisuuden osoittajaksi tässä tutkielmassa on siis tarkoitus tarkastella.

2. Aikaisempia tutkimuksia

Useissa metsänhoidollisissa tutkimuksissa ja kirjoituksissa korostetaan metsikön tiheänä kasvattamisen tärkeyttä vähäoksaisen laatupuun kasvatukselle. Laitakari (1936) korostaa metsikön syntytavan perustavaa laatua olevaa merkitystä seuraavasti: »Niistä olosuhteista nim., joissa taimiston kehitys tapahtuu, riippuu lähinnä, miten vahvoiksi puuyksilöiden oksat muodostuvat.» Helander (1922) taas mainitsee: »Puiden oksaisuuden pienentäminen riippuu pääasiallisesti metsänhoidollisista toimenpiteistä; kuta tiheämmässä puita jo alkuiästään kasvatetaan, sitä vähemmän oksia jää runkoon, sitä pienemmät oksat ovat, ja kuta harvemmassa niitä kasvatetaan, sitä paksummat ovat oksat ja sitä huonompaa on puu sahatavaraksi ja useimmiksi muiksi tavaralaaduiksi.» Samanlaisia mielipiteitä ovat esittäneet mm. Borg (1947), Laitakari (1935), Koehler (1938), Paul (1932 a, 1947 s. 8), Paul ja Smith (1950 s. 6), Almqvist (1945), Brunn (1931, 1932), Bühler ja Flury (1892), Düesberg (1893), Junäck (1921) ja Klem (1942, 1952).

Tutkimuksin onkin osoitettu, että vuosiluston paksuuden ja oksaisuuden välillä vallitsee selvä riippuvuussuhde. Klemin (1934) mukaan kuusipaperipuiden keskimääräisen luston paksuuden ja oksaisuuden välinen korrelaatiokerroin oli $+0.410 \pm 0.33$. Toisaalta Klem mainitsee, että luston paksuus ei sellaisenaan sovi pölkyn oksaisuuden absoluuttiseksi kuvaajaksi, sillä kasvupaikan laatu vaikuttaa riippuvuussuhteeseen melko selvästi. Hyvällä kasvupaikalla tietty vuosiluston paksuus kuvastaa vähemmän oksaista puuta kuin huonolla. Sama ero on vielä selvempi laakso-

ja tunturimetsien välillä (vrt. Sandmo ja Nergaard 1930). Mainittakoon, että Paul (1932 b) on todennut tiheässä kasvaneista douglaskuusista sahatussa tavarassa olevan vähemmän ja pienempiä kuivia oksia kuin harvassa asennossa kasvaneista metsistä hakatuista puista saadussa sahatavarassa. Myöhemmissä tutkimuksissaan (1947) hän havaitsi, että samassa metsikössä suuremmat, nopeasti kasvaneet puut antavat laadultaan huomattavasti huonompaa sahatavaraa kuin pienet, hitaasti kasvaneet puut (vrt. Heiskanen 1954).

Nenzell (1946) pitää mahdollisena oksaisuuden määrittämistä palkkaperusteita varten ns. suhteellisen läpimitan avulla. Suhteellisella läpimitalla tarkoitetaan normaalimetsän (luonnon normaalin) ja todellisen samanikäisen metsän keskiläpimitan suhdetta (vrt. Almqvist 1945).

Sisäisen oksaisuuden kuvaajana vuosilustojen paksuus on osoittautunut sangen hyväksi tunnukseksi havupuilla (Mayer-Wegelin 1930, Pechmann 1934). Kühnin ja Olbergin (1930) mukaan 10—12 sisimmän cm:n vuosilustot ratkaisevat mäntytukin laadun. Hyvälaatuisessa puussa luston paksuus ei saa tällä välillä ylittää 3 mm, ja sen keskiarvon tulee olla alle 2.7 mm. Brunn (1932) on taas tullut kuusta tutkiessaan siihen tulokseen, että myös kuusella on olemassa selvä riippuvuussuhde sisäisen oksaisuuden ja luston paksuuden välillä. Hänen mukaansa 20 ensi vuoden kasvu on ratkaiseva puun tulevalle oksaisuudelle.

Wennerholm (1937) on tullut siihen tulokseen, että 5 sisimmän sentin vuosilustojen keskiarvo kuvaa parhaiten mäntytukkien sisäisen oksaisuuden. Ei kuitenkaan riitä, että vuosilustot ovat keskimäärin ohuita, lustorakenteen tulee lisäksi olla tasainen. Wennerholm mainitsee vielä, että luston paksuuden ja oksaisuuden välinen korrelaatio vaihtelee riippuen rodusta ja kasvupaikan boniteetista.

Lindquist (1939) korostaa, että tyvitukkien laatuluokituksessa olisi näkyvien vikojen lisäksi kiinnitettävä huomio myös puiden nuoruuden kehitykseen. Tutkimuksissaan hän toteaa, että tyvitukeissa 5 sisimmän senttimetrin vuosirenkaiden lukumäärä on hyvä sisäisen oksaisuuden tunnus. Vuosirenkaiden luvun lisääntyessä laatu paranee.

Lindquist otti lisätunnukseksi vielä puun latvuksen leveyden jakamalla rungot kahteen luokkaan, kapea- ja leveälatvuksisiin. Kapealatvuksisten puiden tyvitukeista saatiin vain V-laadun tai huonompaa tavaraa, silloin kun keskim. luston paksuus oli ytimen ympärillä enemmän kuin 5.0 mm. Tukeissa, joissa luston paksuus oli alle 2 mm, sahatavaran laatu oli keskimäärin IV tai parempi ja jos lustojen paksuus oli alle 1 mm, tukista sahatun tavaran keskimääräinen laatu oli III tai parempi. Kapealatvuksisissa rungoissa samat rajat olivat vastaavasti 2.5 mm, 1.25 mm ja 0.6 mm.

Andersson (1941) on puolestaan tutkinut kuusta. Hänen tutkimustensa päätulokset ovat seuraavat: Tyvitukin oksat sen latvapäässä, 4—6 m korkeudella maasta, ovat määräviä tukin laadulle. Ne vuosirenkaat, jotka osoittavat metsän tiheyden ja puun kasvunopeuden näiden oksien kehittyessä, osoittavat myös tukin oksaisuuden, sekä sisäisen että ulkoisen. Ko. vuosilustot ovat ytimestä 4—6 cm päässä. Anderssonin laatuluokitus perustuukin vain luston paksuuteen ja on seuraava: Laatuluku on: latvaläpimitta + vuosilustojen lukumäärä 4—6 cm:n välillä ytimestä lukien. Jos se on suurempi kuin 19, tukki on vähä- ja pienioksainen (vrt. Bergvik och Ala . . . .).

Skogsstyrelsens Expertkommitté (1948) on myös tutkinut vuosilustojen paksuutta ja tullut siihen tulokseen, että vuosirenkaiden luku 3—5 cm tai 4—6 cm välillä ytimestä lukien on paras tukin sisäisen oksaisuuden osoitin, muttä myös 0—5 cm:n vuosirenkaiden luku osoittaa positiivisen korrelaation tukista saatavan sahatavaran laatuun.

Useissa laatuluokituksissa onkin parhaan laatuluokan tukeille asetettu vaatimuksia myös luston paksuuden suhteen. Ensiksi mainittakoon sveitsiläinen luokittelu, jossa parhaalle, ns. erikoislaadulle on asetettu vaatimukseksi tasainen alle 2 mm lustorakenne (Diener 1948). Samanlainen vaatimus on ruotsalaisessa viisiluokkaisessa luokituksessa parhaalle laadulle (esim. Bergvik och Ala . . . . .). Bonsdorff (1933) mainitsee julkaisemissaan laatuluokitusohjeissa I luokan vaatimuksena tiivissyisyyden. Hannemannin (1932) mukaan eräillä Itä-Preussin liikkeillä oli »Schneidewarelle» vaatimuksena korkeintaan 2 ½ mm keskim. vuosilustojen paksuus ytimen ympärillä. Samantapaisia vaatimuksia ovat monet ruotsalaiset mittausyhdistykset asettaneet lautasahaukseen käytettäville tukeille (Bredsågningstimmer) ankarien oksavaatimusten lisäksi (Skogsstyrelsens Expertkommitté . . 1948).

Norrbottenin mittausyhdistyksessä lautasahaukseen kelpaavissa tukeissa täytyy vuosilustoja olla ytimestä lähtien 5 cm säteellä vähintäin 35 (30) kpl. Missään paksuus ei saa olla yli 1 ½ mm. Umeån mittausyhdistyksessä taas on määräyksenä, että 7 cm:n matkalla ytimestä ei ole yhtään yli 2 mm vuosilustoa. Dal-jokien yhdistyksessä vaatimus on suunnilleen sama, siis vuosilustojen maksimipaksuutena on 2 mm.

Käsillä olevien laatuluokitusohjeiden luston paksuudelle asettamat vaatimukset ovat siis melko lievät. Kauppinen (1951) on kuitenkin osoittanut, että tukin ulkoisten tuntomerkkien mukaan määritetyllä laatuluokalla ja luston paksuudella on kiinteä yhteys. Eri laatuluokissa oli keskim. luston paksuus 6″, 7 ½″, 9″ ja 11″ tyvitukeissa:

I	1.34—1.54—1.81—2.21	mm
II	1.94—1.89—2.77—3.15	»
III	2.86—3.06—3.93—3.98	»

Kun tiedetään, että sisäisellä ja ulkoisella oksaisuudella on yleensä melko kiinteä yhteys, nämä tulokset osoittavat, että vuosilustojen paksuus kuvaa hyvin tukin oksaisuuden.

3. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

Tutkimuksessa käytettiin kahta eri tutkimusmenetelmää rinnakkain.

1. Mitattiin tyvitukkien lustojen paksuudet ja niiden muut tunnukset ja tukit sahattiin sirkkelisahassa, jonka jälkeen jokaisen tukista sahatun sahatavarakappaleen vientilaatu määritettiin puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistyksen julkaisemien vientisahatavaran lajitteluohjeiden perusteella. Laskemalla tukista saadun tavaran kuutiomäärällä punnittu keskim. laatu, saatiin tukin laatua kuvaava arvoluku. Sen avulla voitiin selvittää luston paksuuden ja sahatukin laadun välinen riippuvuus (vrt. Lindquist 1939).

Tutkimuksia tätä menetelmää käyttäen suoritettiin Työtehoseura r.y:n hallinnassa olevassa Matkun kartanossa Nurmijärvellä. Siellä mitattiin ja sahattiin 77 mäntyrunkoa ja lisäksi 24 tyvitukkia. Vain tyvitukeista mitattiin vuosilustojen paksuudet, koska yleensä ainoastaan niiden joukossa on täysin oksattomalta näyttäviä tukkeja, joiden todellisen oksaisuuden selvittämiseksi joudutaan turvautumaan vuosilustojen mittaukseen. Sahaus suoritettiin kenttäsirkkelisahalla, ja tukeista sahattiin yleensä korkeintaan 2″ paksuista tavaraa. Useista pölkyistä otettiin vain lautoja. Senvuoksi tässä sahauksessa tukin suuruudella ei olekaan ollut sanottavaa vaikutusta sahatavaran laatuun.

Vuosirenkaat mitattiin tukkien tyvipäästä sellaiselta säteeltä, joka oli pituudeltaan suunnilleen keskimääräinen. Vuosilustojen lukumäärä laskettiin ytimestä alkaen seuraavilta väleiltä 0—2, 2—4, 4—6, 6—8, 8—10 cm sekä loppuosasta. Tyvitukeista määritettiin lisäksi laatuluokka metsäntutkimuslaitoksen ja valtion teknillisen tutkimuslaitoksen yhteistoiminnassa laatimien laatuluokitusohjeiden perusteella. Lisäksi mitattiin tukin latva- ja tyviläpimitat, pituus ja kaikki laatuun vaikuttavat viat.

Koerungot olivat keskimäärin n. 100 vuoden ikäisiä, ja ne jakaantuivat eri rinnankorkeusläpimittaluokkiin seuraavasti:

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16 tuumaa
1	14	11	15	12	14	23	7	1	1 kpl.

Sahatavaran lajittelussa otettiin huomioon vain ns. rakenneviat, jotka siis esiintyivät jo kasvavissa puissa, mutta jätettiin valmistusviat, ennenkaikkea vajaasärmä huomioon ottamatta. Tällä tavoin on sahatavaran keskimääräinen laatu saatu jonkin verran liian hyväksi. Teoreettisesti

puun laadun tutkimuksen kannalta menetelmä on kuitenkin parempi kuin ottaa myös vajaasärmä huomioon laatua alentavana tekijänä. Sitä näet esiintyy kaikissa tukeissa niiden oksaisuudesta ja laadusta riippumatta, joten vajaasärmän huomioon ottaminen esillä olevanlaisessa tutkimuksessa vaikeuttaisi työtä.

2. Edellä kuvattu ns. koesahausmenetelmä on kuitenkin niin kallis, että sitä käyttäen ei ole voitu hankkia riittävän suuria aineistoja. Lisätutkimuksia tehtiinkin siten, että sahalaitoksilla mitattiin 3 × 8″ ja 3 × 9″ mäntylankkujen tyvipäiden vuosilustojen lukumäärät ja määritettiin niiden vientilaadut.

Mittauksia suoritettiin OY. Wilh. Schauman AB:n Jyväskylän sahalla, Nurmeksen Saha OY:n Nurmeksen sahalla ja Kajaani OY:n sahalla Kajaanissa. Aineistoa kertyi eri tutkimuspaikoilta:

Jyväskylä	299	lankkua
Nurmes	296	»
Kajaani	104	»
Yhteensä	699	lankkua

Tämä aineisto vastaa siis vähintäin 350 tukin mittausta ja sahausta.

Vuosilustojen paksuus mitattiin lankusta sen tyvipäästä ytimestä vastakkaiseen särmään piirretyltä viivalta. Lustojen lukumäärä laskettiin niiden paksuuden selvittämiseksi ytimestä lukien seuraavilta väleiltä: 0—2, 2—4, 4—6, 6—8 ja 8—10 cm sekä lisäksi 0—3″.

Laatua määritettäessä ei myöskään näissä tutkimuksissa otettu huomioon vajaasärmän aiheuttamia laadun alennuksia.

4. Tutkimuksen tulokset

41. Vuosilustojen paksuus ja tukin laatuluokka

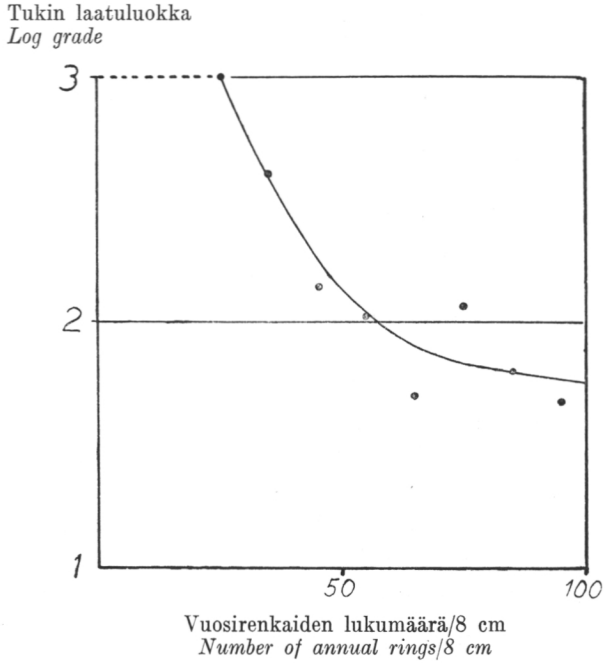
Matkun kartanon koesahausaineistosta laskettiin aluksi riippuvuus tyvitukkien laatuluokan ja 0—8 cm (⁓3″) matkalta laskettujen keskimääräisten luston paksuuksien kesken. 101 tyvitukin mittauksiin perustuen saatiin eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien keskimääräisiksi luston paksuuksiksi seuraavat:

Laatuluokka	Vuosiluston paksuus mm
I	1.26
II	1.30
III	1.55

On siis havaittavissa, että luston paksuus on sitä suurempi mitä huonompaan laatuluokkaan tukki kuuluu. Erot eri laatuluokkien luston paksuuksien välillä ovat kuitenkin odottamattoman pienet. Varsinkaan I ja II luokan välistä eroa ei voitane pitää merkitsevänä.

K a u p p i s e n (1951) suorittamissa mittauksissa erot eri luokkien välillä olivat huomattavasti suuremmat. Hänen mukaansa 6″ ja 7 ½″ tukeissa I ja II luokan välinen ero oli, kuten esillä olevakin aineisto osoittaa, pienempi kuin ero II ja III luokkien välillä, mutta suuremmissa tukeissa suhde oli päinvastainen. Syynä tämän aineiston osoittamaan heikkoon riippuvuuteen voitaneen pitää ensi sijassa sitä, että kaikki tukit olivat samasta metsiköstä. K a u p p i s e n aineistoon sen sijaan sisältyi tukkeja monista eri metsistä ja maan eri puolilta.

Selvempänä ilmenee riippuvuus vuosilustojen lukumäärän ja sahatukin keskim. laatuluokan välillä, kuten piirroksesta 1 nähdään.



Piirros 1. Sahatukin laatuluokan riippuvuus vuosilustojen lukumäärästä.
Drawing 1. The dependence of the log grade on the number of annual rings.

Vuosilustojen lukumäärän lisääntyessä 20:stä n. 50:een tapahtuu siis sangen selvä laatuluokan paraneminen, mutta senjälkeen vuosilustojen lisääntyminen ei enää osoita niin selvää ja nopeaa tukin laatuluokan paranemista. Piirroksesta voidaan myös laskea, että vuosilustojen lukumäärän po. 8 cm matkalla ollessa alle 25 kpl tukki kuuluu III laatuluokkaan.

Luston paksuudeksi muunnettuna tämä raja on 3.2 mm. Kun vuosilustojen lukumäärä on yli 56 kpl tukkien keskim. laatuluokka on parempi kuin II. Rajana on siis n. 1.4 mm luston paksuus.

Tyvitukeissa, joita selostetussa tutkimuksessa vain käsiteltiin, tukin todellinen ja ulkoinen oksaisuus, jonka perusteella laatuluokan määrittäminen tapahtuu, voivat kuitenkin joissakin tapauksissa erota melko paljon toisistaan. Niin voi olla asianlaita varsinkin yli-ikäisissä järeissä puissa, jotka ovat hyvillä kasvupaikoilla saattaneet kylestää hyvinkin vahvat oksat jo kokonaan näkymättömiin. Vanhat sahamiehet vetoavatkin monesti laatuluokitusta ja laatumaksutapaa vastaan polemisoidessaan »omiin kokemuksiinsa» jostain tietystä yli-ikäisestä leimikosta, josta »aivan oksattomalta näyttävistä tukeista saatiin yksinomaan V-laadun sydäntavaraa». Senvuoksi ja kun lisäksi luston paksuutta käytetään juuri ulkoapäin näkymättömän ns. sisäisen oksaisuuden osoittajana, nämä tukin laatuluokan ja luston paksuuden keskinäisen riippuvuuden tarkastelut eivät paljoakaan selvitä asiaa.

42. Vuosilustojen paksuus ja sahaustuloksen laatu

421. Yleistä

Lähdettäessä tarkastelemaan luston paksuuden ja sahatavaran keskimääräisen laadun sekä oksaisuuden keskinäistä riippuvuutta laatuluokitusohjeiden kannalta, on aluksi selvitettävä millaista sahaustulosta on pidettävä rajana I ja II laatuluokkiin kuuluvien tukkien välillä. Tehtävä ei ole helppo, sillä kuhunkin laatuluokkaan sisältyy sekä hyviä että huonoja tukkeja. Lähtökohta tämän rajan löytämiseksi on etsittävä laatuluokitusohjeista ja sahauskokeiden tuloksista.

Laatuluokitusohjeiden johdantokappaleessa sanotaan: »Mäntytukit lajitellaan kolmeen luokkaan, joista ensimmäisestä saadaan vientilajittelun mukaan pääasiallisesti parempia u/s-laatuja . . .» Parempina u/s-laatuina lienee pidettävä primaa, sekundaa ja osittain tertiaa.

Siimeksen (1951) suorittamat sahauskokeet osoittavat puolestaan I laatuluokan tukkien sydäntavaran jakaantuvan eri laatujen osalle seuraavasti:

I 3 % II 16 % III 44 % IV 25 % V 7 % VI 5 %

II laatuluokan tukkien sydäntavaran jakaantuminen vientilaatuihin oli vastaavasti seuraava:

I — II 3 % III 21 % IV 40 % V 26 % VI 10 % (8 %)

Näitä lukusarjoja vertaamalla päädytään toteamukseen, että IV-vientilaatu on oleva oikea raja I ja II laatuluokan tukkien sahaustulosten välillä.

Vielä on kuitenkin selvitettävä, onko tukki katsottava II luokkaan kuuluvaksi, kun sen sydäntavaran keskim. laatu on huonompi kuin 3.00 vai vasta sitten, kun sen laatu on 4.00 tai sitä huonompi:

Siimeksen lukujen perusteella saadaan eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien sydäntavaroiden keskim. laaduksi seuraavat:

Tukin laatuluokka	Sydäntavaran keskim. laatu
I	3.3
II	4.2
III	4.7

Näitä lukuja laskettaessa on otettu huomioon myös oksaisuudesta riippumattomat laatua alentavat viat, kuten vajaasärmä ja laho. Ne ovat vieneet osan oksaisuudeltaan u/s-laatuihin kelpaavista kappaleista kvintaan ja sekstaan. Siten nuo tulokset eivät olekaan verrannollisia tämän tutkimuksen sahatavaralaatuihin, joissa, kuten on mainittu, vajaasärmä ja laho on jätetty huomioon ottamatta.

Siimeksen tutkimuksen tuloksista ei kuitenkaan saada selville niiden kappaleiden osuutta, jotka em. vikojen vuoksi ovat joutuneet V-laatuun. Tulosten korjaus onkin tehtävä vähentämällä vain VI-laadun osuus ja olettamalla sen oksaisuutensa puolesta vastaavan koko ao. tukkiluokan keskiarvoa. Siten saadaan seuraavat keskim. vientilaadut:

Laatuluokka	Sydäntavaran keskim. laatu
I	3.2
II	4.0
III	4.7

Tästä havaitaan, että I laatuluokkaan on hyväksyttävä myös tukkeja, joiden keskimääräinen laatu on huonompi kuin 3.00. Sen sijaan keskim. laadun on oltava parempi kuin 4.00. Juuri keskim. laatua 4.00 voidaankin hyvin pitää rajana, sillä silloin huonompienkin I luokkaan kuuluvien tukkien sahatavaran laatu on parempi kuin II luokan tukkien sahaustuloksen keskim. laatu.

Tulevassa tarkastelussa pidetäänkin I ja II laatuluokan tukkien sahaustuloksen laadun välisenä rajana 4.00. Lisäksi tarkastellaan, mikä on raja, joka sulkee pois kaikki IV-laadun ja sitä huonommat sahatavarat.

422. Vuosiluston paksuuden mittaustapa

Laatuluokitusohjeissa vuosilustojen paksuus on määrätty mitattavaksi 3″ matkalta ytimestä lukien tukin tyvipäästä. Ei voida kuitenkaan olla varmoja, onko tuolla tavalla mitattu lustojen paksuus parhain sisäisen

oksaisuuden kuvaaja, sillä useissa muissa tutkimuksissa ja mittausyhdistysten säännöissä vuosilustot mitataan joltain muulta väliltä. Varsin tavallinen on 5 cm:n vuosilustojen keskim. leveys oksaisuuden osoittajana (Lindquist 1939, Wennerholm 1937), Andersson (1941) on puolestaan todennut 4—6 cm:n matkalta mitattujen vuosilustojen lukumäärän parhaiten osoittavan tukin laadun.

Aluksi onkin tarpeen tarkastella, millä tavoin mitattu luston paksuus esillä olevan aineiston perusteella kuvaa parhaiten puun laatua. Tarkastelu suoritetaan lankkujen mittaustuloksiin perustuen ja esille otetaan seuraavilla tavoilla mitatut luston paksuudet:

1. Väliltä 0—3″ ytimestä lukien
2. » 2—8 cm » »
3. » 4—6 » » »
4. » 0—4 » » »
5. » 0—6 » » »

Taulukosta 1 nähdään eri vientilaatuihin kuuluvien lankkujen tyvipäiden keskim. luston paksuudet eri väleiltä mitattuina.

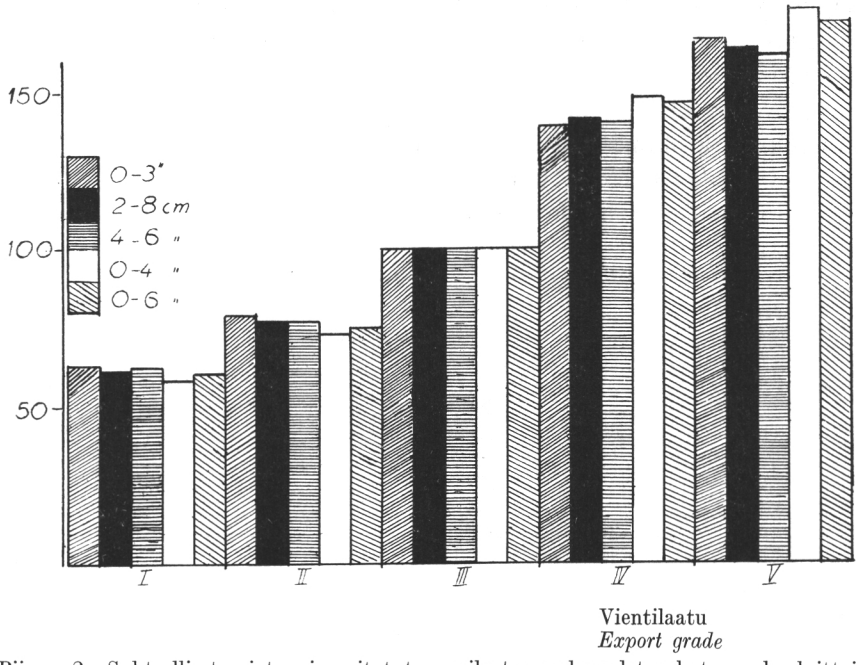
Taulukko 1. Eri tavalla mitatut keskim. vuosiluston paksuudet sahatavaran vientilaaduittain.

Table 1. Annual ring widths measured in different ways, by the export grades of lumber.

Mittausväli *Measuring interspace*	Vientilaatu — *Export grade*				
	I	II	III	IV	V
	Luston paksuus, mm *Width of annual rings, mm*				
0—3″	1.12	1.39	1.78	2.48	2.95
2—8 cm	1.13	1.43	1.86	2.62	3.03
4—6 »	1.17	1.44	1.88	2.63	3.03
0—4 »	1.04	1.31	1.79	2.65	3.13
0—6 »	1.08	1.35	1.81	2.64	3.09

Luvuista ilmenee, että kaikki eri tavoilla mitatut luston paksuudet osoittavat hyvin selvää riippuvuutta sahatavarakappaleen vientilaadusta. Erot eri tavoilla mitattujen luston paksuuksien välillä ovat myös pienet.

Piirroksessa 2 esitetyistä suhdeluvuista (III laadun luston paksuus = 100) havaitaan myös selvästi erojen vähäisyys. Kuitenkin voidaan 0—4 cm matkalta mitatun luston paksuuden katsoa olevan ehdottomasti parhaan sahatukkien laadun osoittajan. Eri sahatavaralaatujen lustojen paksuuden suhteelliset erot ovat siinä jonkin verran suuremmat kuin muissa, joita kaikkia onkin pidettävä aivan samanarvoisina laadun kuvaajina.



Piirros 2. Suhteelliset eri tavoin mitatut vuosiluston paksuudet sahatavaralaaduittain.
Drawing 2. The relative annual ring widths measured in different ways, by lumber grades.

Yleensä on kuitenkin todettu, että vuosilustoja juuri ytimen ympärillä puun tyvessä on melko vaikea laskea männyissäkin. Jos vuosilustot laatua määritettäessä laskettaisiin 0—4 cm:n väliltä, suuri osa niistä tulisi varsin epävarmasti lasketuiksi, sillä käytännössä ei yleensä ole paljon aikaa uhrattavana tällaisiin töihin. Kun lisäksi muut tavat antavat miltei yhtä tarkan tuloksen, voidaan edelleenkin tyytyä käyttämään 0—3″ matkalta laskettujen vuosilustojen paksuutta puun sisäisen oksaisuuden osoittajana. Tähän ratkaisuun vaikuttaa sekin, että, kuten mainittiin, vuosilustojen paksuus on tukkien laatuluokitusohjeissa osittain myös välittömänä laatutunnuksena.

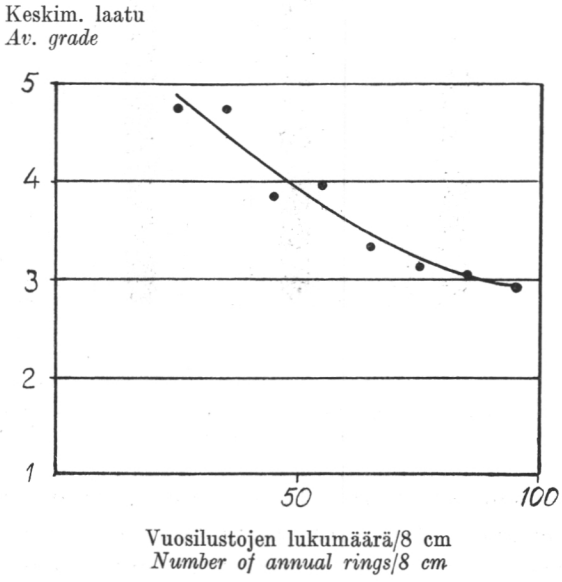
423. Koesahausten tulokset

Koesahausten tulosten perusteella laskettiin aluksi sahaustuloksen keskim. laadun ja vuosilustojen paksuuden keskinäinen riippuvuus, joka on esitetty seuraavassa asetelmassa:

Sahatavaran keskim. laatu	Vuosiluston paksuus, mm
1.00—1.99	1.10
2.00—2.99	1.25
3.00—3.99	1.28
4.00—4.99	1.48
5.00—5.99	1.71

Luston paksuus siis suurenee selvästi sahaustuloksen keskimääräisen laadun huonotessa. Riippuvuus ei ole kuitenkaan varsin vahva, mutta selvästi nähtävissä.

Tutkittavana olevan ongelman kannalta on tärkeämpää tutkia kuinka sahaustuloksen keskim. laatu vaihtelee vuosiluston paksuudesta riippuen. Piirroksessa 3 onkin esitetty sahaustuloksen keskim. laadun riippuvuus vuosilustojen paksuudesta koesahausaineiston mukaisena.



Piirros 3. Vuosilustojen lukumäärän ja sahaustuloksen keskim. laadun välinen riippuvuus koesahausaineiston mukaan.

Drawing 3. The interdependence of the number of annual rings and of the average grade of the sawing yield, by the trial sawing material.

Piirroksesta nähdään ensinnäkin, että vuosilustojen lukumäärän avulla saatetaan tehdä eräitä päätelmiä tukin todellisesta laadusta. Laatuluokitusohjeiden kannalta on tärkeä löytää raja, joka osoittaa sahaustuloksen keskim. laadun laskevan alle 4.00. Piirroksen mukaan tuo raja on 49 vuosirengasta/8 cm eli siis 1.6 mm:n luston paksuus. Toisin sanoen, tämän aineiston mukaan I laatuluokkaan saisi hyväksyä vain tukkeja, joiden vuosiluston paksuus on alle 1.6 mm. Sen mukaisesti laatuluokitusohjeiden vuosiluston paksuutta koskeva määräys on aivan liian lievä. Siihen viittaa myös se, että ruotsalaisissa mittausyhdistyksissä on lautatukeille vaatimuksena yleensä 1.5—2.0 mm tai pienempi keskim. vuosilustojen paksuus ytimen ympäristössä (Skogsstyrelsens Expertkommitté 1948). Myös Lindquistin (1939) mukaan vasta 1.25—2.00 mm:n luston paksuus takaa sen, että sahaustuloksen laatu on IV tai sitä parempi.

Toisaalta on tutkimuksin todettu, että kasvupaikan laatu, puun rotu ja latvuksen leveys vaikuttavat melko paljon luston paksuuden ja puun oksaisuuden väliseen riippuvuussuhteeseen (Sandmo og Nergaard 1930, Klem 1930, 1934, Wennerholm 1937, Lindquist 1939). Senvuoksi ei yhdestä metsiköstä otettujen koepuiden todistukselle voidakaan antaa täyttä arvoa ilman, että tulos tarkistetaan laajemman aineiston avulla.

424. Sahatavaramittausten tulokset

Kun yksittäisten tukkien tarpeeksi laajat koesahaukset ovat perin kalliita suorittaa, tutkittiin lustonpaksuuden ja sahatavaran laadun välistä riippuvuutta myös 3 × 8″ ja 3 × 9″ lankkujen tyvipään vuosilustojen mittausten avulla. Näitä mittauksia tehtiin kolmella eri sahalaitoksella, kuten tutkimusmenetelmää kuvattaessa jo selostettiin.

Aluksi on tarkasteltava eri sahoilta saatujen tulosten välisiä eroavaisuuksia, jotta tiedetään, voidaanko jatkuvat laskelmat tehdä yhdistämällä koko aineisto.

Taulukko 2. Vuosilustojen lukumäärän ja sahatavaran keskimääräisen laadun välinen riippuvuus eri mittauspaikoilla.

Table 2. The correlation of the number of annual rings and of the average grade of the lumber in the different sawmills.

Vuosilustojen lukumäärä *Number of annual rings*	Kajaani		Nurmes		Jyväskylä		Yhteensä — *Total*	
	Kpl *Number*	Laatu *Grade*	Kpl *Number*	Laatu *Grade*	Kpl *Number*	Laatu *Grade*	Kpl *Number*	Laatu *Grade*
0— 9	—	..	—	..	—	..	—	..
10— 19	3	4.3	25	4.8	44	4.8	72	4.74
20— 29	30	4.3	127	4.4	100	4.1	257	4.29
30— 39	33	3.6	78	4.0	62	3.6	173	3.79
40— 49	16	3.4	37	3.5	47	3.0	100	3.28
50— 59	9	2.4	18	3.5	24	2.6	51	2.88
60— 69	6	2.7	1	2.0	12	3.0	19	2.84
70— 79	3	3.0	3	1.7	6	2.5	12	2.42
80— 89	2	1.5	5	1.8	3	2.0	10	1.80
90— 99	2	1.5	2	1.5	—	..	4	1.50
100—109	—	..	—	..	1	1.0	1	1.00

Taulukosta 2 nähdään, että erot eri sahojen välillä lustonpaksuudessa ja sahatavaran laadun keskinäisessä riippuvuudessa ovat sangen vähäiset. Kaikissa on havaittavissa, että lustonpaksuuden suuretessa, s.o. vuosilustojen lukumäärän pienetessä, sahatavarakappaleiden keskimääräinen laatu huononee. Pieniä eroja on tietenkin olemassa, mutta niillä ei ole merkitystä. Tarkastelun perusteella voidaankin katsoa aineiston olevan niin homogeenisen, että se voidaan käsitellä yhdessä.

Korrelaatiotaulukossa 3 on esitetty eri laatuihin kuuluvien sahatavarakappaleiden jakaantuminen vuosilustojen lukumäärän mukaan.

Taulukko 3. Korrelaatiotaulukko, joka osoittaa lankun vientilaadun riippuvuuden vuosilustojen lukumäärästä.

Table 3. Correlation table demonstrating the dependence of export grade of battens on the number of annual rings.

Vientilaatu *Export grade*												
Yht. *Total*		72	257	173	100	51	19	12	10	4	1	699
V		53	104	35	10	5						207
IV		19	124	78	24	8	4					257
III			29	50	52	21	10	7	2			171
II				9	12	10	3	3	4	2		43
I				1	2	7	2	2	4	2	1	21
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	Yht. *Total*

Vuosilustojen lukumäärä/3″
Number of annual rings/3 in.

Kuten jo taulukon 2 yhteensä-sarakkeen keskiarvoista ilmenee, voidaan tutkittavana olevaa riippuvuutta aineistossa esiintyvien vuosilustojen lukumäärien ollessa kysymyksessä pitää suoraviivaisena, joten laskelmat voidaan tehdä siihen perustuen. Korrelaatiotaulukosta onkin laskettu P e a r s o n-B r a v a i s'i n korrelaatiokerroin vuosirenkaiden ja sahatavarakappaleen laadun välistä riippuvuutta kuvaamaan. Se sai arvon

$$r = -0.617 \pm 0.10$$

Korrelaatiota voidaan pitää hyvin selvänä, kun kertoimen arvo on niinkin suuri kuin yli 0.60. Kertoimen merkitsevyys on myös varma, sillä keskivirheen arvo on varsin pieni.

Ensimmäisen regressiosuoran yhtälö sai seuraavan muodon:

$$y = -0.04\,x + 5.28, \text{ jossa}$$

y = sahatavaran vientilaatu

x = vuosirenkaiden lukumäärä 3″ matkalla ytimestä lukien.

Tästä regressioyhtälöstä voidaan laskea ne sahatukkien laatuluokituksen kannalta tärkeimmät rajat, joista edellä on ollut puhetta.

Aluksi tutkitaan, mikä vuosirenkaiden lukumäärä eliminoi pois kaikki IV- ja V-laatuun kuuluvat sahatavarat. Korrelaatiotaulukosta nähdään, että tämä raja on 70 rengasta/3″ eli siis 1.09 mm vuosiluston paksuus. Jos siis I laatuluokkaan ei hyväksyttäisi lainkaan puita, joista edes

poikkeustapauksessakin voitaisiin saada IV-laadun sydäntavaraa, pitäisi I luokan tukkien keskim. luston paksuuden maksimina olla 1.1 mm. Tällainen vaatimus olisi kuitenkin liian ankara, sillä sitä käytettäessä olisi korrelaatiotaulukon mukaan 48 % prima-, 72 % sekunda- ja 89 % tertialankuista joutunut pois I laatuluokasta. Tämä asiantila ei tietenkään voi vastata todellisuutta.

Paras tapa em. rajan määräämiseksi on, kuten edellä mainittiin, laskea ne luston paksuudet, joiden kohdalla sahatavaran keskim. laatu muuttuu huonommaksi kuin 4.00. Tämä raja on regressioyhtälön mukaan 32 vuosirengasta/3″ eli 2.4 mm:n vuosilusto. Voidaan siis sanoa, että I laatuluokan tukkien maksimivuosirengasväli saa olla korkeintaan 2.4 mm. Luokitusohjeisiin sijoitettaessa se on syytä tasoittaa 2.5 mm:ksi. Tämäkään raja ei ole vielä ankara, sillä korrelaatiotaulukosta nähdään, että lankuista, joiden vuosilustojen lukumäärä on yli 30 kpl/3″ n. 13 % kuuluu vielä V:aan ja n. 30 % IV:aan. Osa IV- ja V-tavaraa antavista tukeista, joiden luston paksuus on alle 2.5 mm, voidaan kuitenkin poistaa I luokasta jo ulkoisen oksaisuuden perusteella.

Tämä keskim. vuosiluston paksuus sopii aineiston mukaan ainakin 10—11″ ja sitä suuremmille tukeille, koska 3 × 8″ ja 3 × 9″ lankkuja sahataan vain tällaisista suurista tukeista. Lisäksi tiedetään, että tietyssä sahatavaralaadussa sallittujen oksien suuruus riippuu jonkin verran kappaleen koosta. Suurimmat IV-laadussa kappaleen lappeella ja syrjällä sallitut terveet oksat ovat yleisimmissä sydäntavaradimensioissa seuraavat:

Tavara	Suurin oksa	
	ape	syrjä
3 × 9″	2″	1 ¼″
2½ × 7″	2″	1 ¼″
2 × 6″	1 ¾″	1 ⅛″
2 × 4″	1 ¾″	1 ⅛″

Tukkikoot, joista näitä sydäntavaroita tavallisesti sahataan, ovat vastaavasti 11″, 9″, 7 ½″ ja 6″.

Lukusarja osoittaa, että kaikkiin yli 9″ tukkeihin sopii sama vuosilustojen paksuus osoittamaan I ja II laatuluokkien välistä rajaa, sillä niissähän sallitaan yhtä suuret oksat IV-laadussa. Tämä luston paksuus on em. 2.4—2.5 mm. Alle 9″ tukeista sahattavissa kappaleissa sallitaan sen sijaan pienemmät oksat kuin suuremmissa dimensioissa. Siis myös vuosiluston paksuuden, joka osoittaa I ja II laatuluokkien välisen rajan, tulee olla pienempi.

Kuten on mainittu, luston paksuutta käytetään osoittamaan sisäistä oksaisuutta tukeissa, joissa ei ole näkyvissä mitään jälkiä oksista. Suuret

oksat, jotka vievät sydäntavaran huonoihin vientilaatuihin, vaativat kuitenkin niin kauan kylestyäkseen, että vuosilustojen mittaus laadun tarkistuksessa tulee kyseeseen vain melko järeissä tukeissa. Pienikokoisissa puissa tällaiset suuret oksat voidaan vielä havaita oksankyhmyjen avulla, jolloin laatuluokan määrittäminen on helppoa. Suurissa, s.o. yli 9″, tukeissa taas 2.5 mm luston paksuutta on pidettävä rajana I ja II luokan tukkien välillä.

On myös havaittu, että vuosiluston paksuuden käyttö laatuluokitusperusteena on sangen harvinaista, sillä yleensä muut seikat jo osoittavat oksattomalta näyttävän tukin huonon laadun. Kauppinen (1951) mainitsee, että 2 204 tukin luokituksessa vain 1.2 % tukeista jouduttiin vuosilustojen paksuuden vuoksi siirtämään I luokasta II laatuluokkaan.

43. Vuosiluston paksuus ja suurin oksa

Vuosiluston paksuuden ja sahatavaran laadun välistä riippuvuutta tarkasteltaessa on syytä myös tutkia asiaa yleensä tukin laadun ja oksaisuuden määrittämisen kannalta. Ruotsalaisissa mittausyhdistyksissähän käytetään luston paksuutta osoittamaan pienioksaisia, lautasahaukseen sopivia tukkeja (Skogsstyrelsens Expertkommitté 1948, vrt. myös Hannemann 1932).

Oksan suuruuden ja luston paksuuden keskinäistä riippuvuutta ei voida tarkastella sahatavaralaatujen perusteella. Vaikka oksan suuruus on tärkein sahatavarankin laatua määräävistä tekijöistä, laatu ei sinänsä osoita oksan kokoa, sillä, kuten tunnettua, tietyn suuruisen oksan vaikutus riippuu siitä, sattuuko se kappaleen syrjälle vai lappeelle sekä siitä, onko se terve vai kuollut. Senvuoksi mitattiin jokaisesta lankusta lisäksi suurin oksa. Sen mittauksessa ei voitu käyttää sahatavaran lajitteluohjeissa mainittua tapaa, siis mitata oksa sen suurimman ja pienimmän läpimitan keskiarvona, koska sillä tavoin olisi laaka-oksille saatu kerrassaan »tähtitieteellisiä» suuruuksia. Oksan suuruus määritettiin tukkien laatuluokitusohjeiden edellyttämällä tavalla, sitä kuvaamaan valittiin siis oksan pienin läpimitta. Sillä tavoin katsottiin saatavan parhaiten toisiinsa verrattavissa olevia arvoja erilaisille oksille.

Piirroksessa 4 on esitetty vuosilustojen lukumäärän ja lankun suurimman oksan välinen riippuvuus. Korrelaatiotaulukkoon on myös piirretty tasoitusviiva, joka on tässä tapauksessa käyrä.

Havaitaan, että on olemassa hyvin selvä riippuvuus luston paksuuden ja lankun suurimman oksan välillä. Vuosilustojen lukumäärän lisääntyessä suurin oksa keskimäärin pienenee. Sama riippuvuus ilmenee myös seuraavassa asetelmassa esitetyistä eri kokoisia oksia vastaavista keskim. vuosiluston paksuuksista:

Suurin oksa, tuumaa — *Biggest knot, inches*

Yht. Total		72	257	173	100	51	19	12	10	4	1	699
4		1										1
3¾												
3½												
3¼												
3		3	3	2	1							9
2¾		3	2	1								6
2½		2	9	2	1	1						15
2¼		5	6	7		1						19
2		12	35	13	6	1						67
1¾		17	41	19	2	2						81
1½		17	59	29	9	6	1	1				122
1¼		11	47	32	17	4	4					115
1		1	49	42	31	12	4	5	2			146
¾			5	21	30	14	8	2	1	2		83
½				4	2	7	2	4	7	2		28
¼			1	1	1	3					1	7
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	Yht. Total

Vuosilustojen lukumäärä/3″ — *Number of annual rings/3 in.*

Piirros 4. Lankun suurimman oksan riippuvuus vuosilustojen lukumäärästä.
Drawing 4. The dependence of the biggest knot in a batten on the number of annual rings.

Suurin oksa, ″	Vuosiluston paksuus, mm
< 1/4	1.42
1/2—3/4	1.47
1—1 1/4	2.15
1 1/2—1 3/4	2.68
2—2 1/4	2.78
2 1/2—2 3/4	2.89
> 3	3.05

Asetelmasta havaitaan myös, että oksan suuruuden ollessa yli 1 ½″, vuosiluston paksuus suurenee enää sangen hitaasti.

Kaikista esitetyistä tuloksista nähdään, että luston paksuutta voidaan hyvin käyttää tukin oksaisuuden osoittajana. Tulosten avulla onkin tehtävissä laskelmia lautasahaukseen sopivien tukkien suurimmista sallittavista lustojen paksuuksista.

Vientisahatavaran lajitteluohjeiden mukaan ovat 1 × 4″ ja 1 × 6″ lautojen suurimmat IV-laadussa sallitut terveet oksat seuraavat:

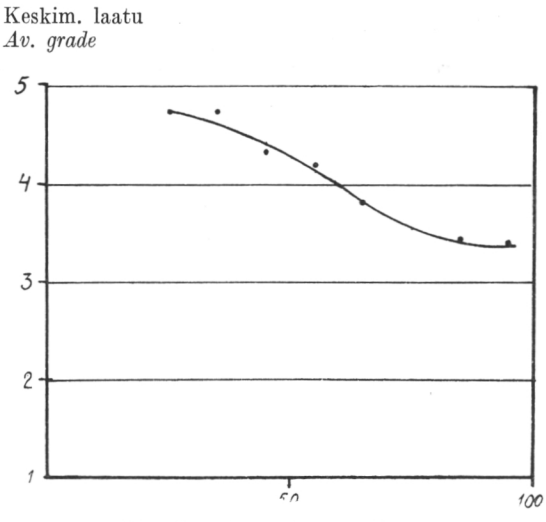
	Lape	Syrjä
1 × 4″	1 1/4″	7/8″
1 × 6″	1 1/4″	7/8″

Kuivien oksien suurin sallittu suuruus on 2/3 edellä esitetyistä eli siis lappeella n. 7/8″ ja syrjällä n. 5/8″.

Kun lautatukkina on pidettävä tukkia, josta saadaan myös sydämestä u/s-tavaraa, voidaan sellaiseksi hyväksyä pölkyt, joissa oksat vaihtelevat 5/8″—1 1/4″:aan. Lappeelle on annettava pääpaino, koska 1 × 4″ kappaleessa lappeiden osuus pinnasta on 80 % ja 1 × 6″ kappaleessa peräti 85.7 %. Lisäksi on oletettava, että terveiden ja kuivien oksien merkitys on samanlainen, jolloin lautatukin suurimmaksi sallituksi oksaksi saadaan n. 1″.

Piirroksen 3 mukaan vuosilustojen lukumäärän ollessa 55 lustoa/3″, joka vastaa 1.4 mm luston paksuutta, suurin oksa on keskimäärin 1″. Piirroksessa esitetystä korrelaatiotaulukosta voidaan myös laskea, että vuosilustojen lukumäärän ollessa suurempi kuin mainittu 55 kpl, oksa on vain 16.5 %:ssa tapauksista yli 1″ ja vain 9 %:ssa tapauksista yli 1 ¼″, jolloin siis jo miltei varmasti saadaan V-lautoja. On kuitenkin huomattava, että tällaisissakin tapauksissa vain osa laudoista menee V:aan, joten V:n osuutta koko sahaustuloksesta kuvaavat luvut ovat huomattavasti edellä esitettyjä pienemmät. 1.4 mm:n vuosiluston paksuutta 3″ matkalla voidaan siis pitää sopivana rajana tukkeja lautasahaukseen valittaessa. V-tavaraa osittain antavien tukkien osuus kasvaa n. 16.2 %:iin, jos rajana pidetään 1.5 mm:n luston paksuutta.

Lopuksi on syytä korostaa vielä kerran, että luston paksuuden käyttöön tukin oksaisuuden määrittämisessä joudutaan turvautumaan vain tapauksissa, joissa oksia ei nähdä puun pinnalle. Usein isot oksat näkyvät ulospäinkin, joten osa tukeista, joissa on yli 1″ oksia, vaikka luston paksuus onkin alle 1.4—1.5 mm, voidaan helposti eliminoida pois lautatukkien joukosta. Osittainkin V-tavaraa antavien tukkien osuus oksattomalta näyttävistä pölkyistä, joiden luston paksuus on keskimäärin 1.4—1.5 mm, onkin varmasti tuntuvasti pienempi kuin 9 % ja 16 %, jotka edellä on esitetty.



Piirros 5. Koko rungon sahaustuloksen laadun riippuvuus vuosilustojen lukumäärästä.
Drawing 5. The dependence of the quality of the lumber yield of the entire stem on the number of annual rings.

44. Vuosiluston paksuus ja rungon sahaustuloksen laatu

Metsänhoidolliselta kannalta on mielenkiintoista tarkastella myös tyvitukin vuosiluston paksuuden ja koko rungon sahaustuloksen välistä riippuvuutta. Asiaa käsitelläänkin seuraavassa Matkun koesahausten tulosten perusteella.

Piirroksessa 5 nähdään rungon sahaustuloksen riippuvuus vuosilustojen lukumäärästä 0—8 cm:n (~3") matkalla.

Vuosilustojen lukumäärän lisääntyessä siis koko rungonkin sahaustuloksen laatu paranee. Riippuvuus ei kuitenkaan ole yhtä vahva kuin tyvitukin sahaustuloksen riippuvuus luston paksuudesta (ks. s. 16). Se onkin helposti ymmärrettävissä, sillä latvatukkien laadun ei tarvitse riippua puun nuoruuden kehityksestä, vaan kasvutilasta ja -olosuhteista latvan oksien syntyessä ja kasvaessa. Lisäksi nähdään piirroksesta, että tiettyä vuosilustojen lukumäärää vastaa keskimäärin huomattavasti huonompi sahatavaran laatu kuin vain tyvitukkien ollessa kyseessä. Tämä puolestaan johtuu siitä, että latvatukkien laatuluokka ja myös sahaustuloksen laatu on aina huonompi kuin tyvitukkien (vrt. Heiskanen 1954).

Laatupuun kasvattamiseen nämä ja muut tutkimuksen tulokset antavat eräitä viitteitä. Jos puut kasvatetaan nuoruudessaan tiheässä saadaan niistä hakkuuiässä pienioksaisia tukkeja, joiden sahaustuloksen laatu on hyvä. Saman periaatteen ovat useat tutkijat esittäneet (ks. s. 6). Laatupuun kasvatuksen kannalta on kuitenkin hyvin tärkeä tietää, millaiset

vaikutukset nuoruuden kehityksellä on mäntyjen myöhemmälle kasvulle ja niiden koolle hakkuuvaiheessa. Siksi on laskettu Matkun aineistosta 0—8 cm ja 0—4 cm vuosilustojen lukumäärän ja puun rinnankorkeusläpimitan välinen riippuvuus, joka nähdään taulukosta 4. Puut olivat hakkuun tapahtuessa, kuten on mainittu, n. 100 vuoden ikäisiä.

Taulukosta ilmenee, että kummaltakin väliltä mitattujen vuosilustojen lukumäärän ja puun rinnankorkeusläpimitan välillä vallitsee selvä riippuvuus. Mainittakoon lisäksi, että puiden keskim. ikä oli niiden ollessa tyvestään 8 cm 27 vuotta ja tyviläpimitan ollessa 16 cm 58 vuotta.

Taulukko 4. Puun koon riippuvuus nuoruuden kehityksestä.

Table 4. The dependence of tree size on the growth rate when young.

Vuosilust. mittausväli, cm *Interspace rings measured, cm*	Vuosilustojen lukumäärä [2]) *Number of annual rings*									
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
	D1.3, tuumaa — *Dbh, inches*									
0—4	..	12.8	11.9	9.5	8.5	..	..	..	..	..
0—8	..	..	14.0	13.3	12.5	11.6	10.2	9.0	9.0	8.3

Tulokset siis osoittavat, että nuorena hitaasti kasvanut puu yhdessä metsikössäkin pysyy aina pienempänä kuin nuorena nopeasti kasvanut puuyksilö. Tämä johtuu tietenkin siitä, että hitaasti kasvaneet puut ovat allejääneitä, vallittujen latvuskerrosten puita, joiden kasvuolosuhteet pysyvät jatkuvasti heikkoina, ellei niitä erikoisesti vapauteta yläharvennuksen avulla. Tutkimusmetsikkö oli jo n. 35 vuotta sitten hakattu jonkinlaiseen siemenpuuasentoon, joten miltei kaikki puut oli silloin vapautettu lähimpien naapuripuiden varjostuksesta. Hitaasti kasvaneillakin puilla olisi siis pitänyt olla mahdollisuus kehittyä senjälkeen vapaassa tilassa ja kasvaa nopeasti. Ne eivät kuitenkaan ole pystyneet ottamaan kiinni nuorena nopeasti kasvaneiden puiden etumatkaa.

Tutkittu metsikkö ei kuitenkaan ole ollut varsinainen hoidettu metsikkö, joten tuloksille ei voida antaa täyttä todistusarvoa. Ne viittaavat kuitenkin selvästi siihen suuntaan, että yritettäessä kasvattaa mäntyä laatupuuksi menetetään silloin kuutiomäärässä. Asia olisi kuitenkin syytä selvittää erikoistutkimuksin, koska sillä on erityisen suuri merkitys tutkittaessa laatupuun kasvatuksen kannattavuutta.

45. Yhdistelmä

Yhdistelmänä tutkimuksen tuloksien pääkohdat voidaan esittää seuraavina päätelminä:

1. Ytimestä lähtien 3″ matkalta mitatun keskim. vuosiluston paksuuden ja tukin laatuluokan välillä vallitsee positiivinen riippuvuus.

2. 0—3″, 2—8 cm, 4—6 cm, 0—4 cm ja 0—6 cm matkalta mitatuista vuosiluston paksuuksista on 0—4 cm:n keskim. luston paksuus paras laadun osoittaja.

3. Myös 3″ matkalta mitatut vuosilustot kuvaavat laadun niin hyvin, ettei ole syytä muuttaa laatuluokitusohjeiden edellyttämää mittausväliä.

4. Koesahausten mukaan tukista saatavan sahatavaran laatu on sitä parempi mitä pienempi on keskim. luston paksuus. Sen ollessa alle 1.6 mm on sahaustuloksen keskim. laatu parempi kuin 4.00.

5. Sahatavarakappaleiden vuosilustomittausten mukaan on havaittavissa yhtä selvä riippuvuus. Luston paksuuden ollessa 2.4—2.5 mm tai pienempi sahatavaran keskim. laatu on parempi kuin 4.00.

6. Sahatavarakappaleiden suurin oksa on sitä suurempi, mitä leveämmät vuosilustot ovat kappaleen tyvipäässä.

7. Kun vuosiluston paksuus on kolmen tuuman matkalla alle 1.4 mm, tukkia voidaan pitää erittäin sopivana lautasahaukseen.

8. Luston paksuuden ja koko rungon sahaustuloksen välillä vallitsee riippuvuus, vaikka se on heikohko.

9. Nuorena hitaasti kasvaneet rungot ovat myös hakkuuiän saavuttaessaan tuntuvasti pienempiä kuin nuorena nopeasti kasvaneet puut.

5. Käytännöllisiä sovellutuksia

Tutkimusten tulosten perusteella voidaan tehdä myös eräitä käytännöllisiä johtopäätöksiä, jotka on lopuksi otettava puheeksi.

Ensinnäkin tutkimuksen tulosten perusteella on valtion teknillisen tutkimuslaitoksen ja metsäntutkimuslaitoksen laatimiin laatuluokitusohjeisiin tehtävä muutos luston paksuutta koskevaan määräykseen. Sen mittaustapa, siis 3″ matkalta ytimestä lukien voidaan pitää ennallaan, vaikka 4 cm:n matkalta laskettu vuosiluston paksuus osoittaakin parhaiten sahatavaran laadun. Sensijaan ohjeissa mainittu 3 mm:n keskim. luston paksuus on liian suuri I luokan tukeille, ja se on pienennettävä 2.5 mm:ksi. Silloin voidaan olla vakuuttuneita, ettei I luokan tukkien joukkoon pääse liian monia todelliselta laadultaan liian huonoja tukkeja.

Vuosiluston paksuutta voidaan muullakin tavoin käyttää tukkien laadun määrittämiseen. Oksattomalta näyttävien tukkien todellinen laatu ja oksaisuus voidaan hyvin suurella todennäköisyydellä selvittää mittaamalla vuosilustojen keskim. paksuus 3″ matkalta. Lautasahaukseen sopivat tukit esim., kuten edellä on kerrottu, ovat sellaisia, joiden keskim. luston paksuus on alle 1.4 mm. Tärkein päätelmä on kuitenkin se, että luston paksuuden avulla voidaan myös oksattomalta näyttävien tukkien laatu määrittää niin tarkoin, että laatuluokituksen tuloksiin voidaan siltäkin kohdalta luottaa. Kääntäen tämä on sanottava, että pyrittäessä jonkin tukkierän laatuluo-

kituksessa todella luotettaviin tuloksiin on ehdottomasti kiinnitettävä huomio myös oksattomilta näyttävien, ainakin järeiden, tukkien nuoruuden kehitykseen, koska vain sillä tavoin saatetaan varmistua tukin todellisesta laadusta.

Käytännössä tällainen tarkkuustyö voi tuntua ylivoimaiselta ja miltei mahdottomalta suorittaa. Onkin löydettävä jokin oikotie, sillä vuosilustojen tarkka laskeminen ei voi käytännön laatuluokituksissa tulla kysymykseen, vaan on tyydyttävä niiden paksuuden silmävaraiseen arviointiin. Siinä voidaankin päästä varsin tarkkoihin tuloksiin kuten Siimes (1938) on osoittanut. Hän on tutkimuksissaan käyttänyt apuna eräänlaista mallikappalekokoelmaa, johon vertaamalla koepuiden kesäpuuprosentti on määritetty. Samaa tapaa voitaneen käyttää myös vuosilustojen paksuuden määrittämiseen. Lisäksi sahatukkien laatuluokituksessa luston paksuuden arviointi on helpompaa, kuin kesäpuuprosentin määritys Siimeksen tutkimuksessa, kun siinä on kysymys vain yhden tietyn rajan selvittämisestä. On vain arvioitava, onko vuosilustojen paksuus yli vai alle 2.5 mm. Se lienee vähäisen harjoituksen avulla opittavissa arvioimaan myös ilman vertailumalliakin.

Tutkimustuloksista voidaan tehdä myös eräitä johtopäätöksiä pienioksaisen laatupuun kasvatuksesta ja siihen liittyvistä kysymyksistä. Pääperiaatteena on siinä pidettävä metsikön kasvattamista 8—10 cm:n (tyvi) läpimittaan saakka mahdollisimman tiheänä. Tulokset viittaavat siihen, että näin menetetään kuutiomäärässä melko paljon laadun kastannuksella. Se siis osoittaa, että hyvälaatuisen puun kasvatus vaatii metsänomistajalta uhrauksia. Kiinnostus laatupuun kasvatukseen voitaneenkin niin ollen saada viriämään vain laatumaksutavan avulla, siis maksamalla hyvälaatuisesta puusta korkeampi hinta kuin iso-oksaisesta, huonolaatuisesta puusta. Metsänomistajallahan ei voi olla lainkaan innostusta tuottaa hyvää puuta, ellei uhrauksia korvattaisi.

Kirjallisuutta

Almqvist, Gösta. 1945. Några synpunkter på tidsstudierna och deras användning inom skogsbruket. Norrl. Skogsvårdsf. Tidskrift I, ss. 23—46.

Andersson, Ernst. 1941. Kvalitetsklassificering av grantimmer efter kviststorleken. Norrlands Skogsvårdsf. Tidskrift, ss. 16—57.

Bergvik och Ala Nya Aktiebolag. 1946. Instruktioner för Huggning, Avmätning och Intumning av Virke. Söderhamn.

Bonsdorff, A. J. 1933. Tukkipuiden laatuluokituksesta erinäisillä valtion asutustiloilla Kainuussa. Suomen Paperi- ja Puutav.l., ss. 370—378, 410—418.

Borg, L. E. T. 1947. Laatupuiden kasvatuksesta. Metsät. Aik.l., ss. 137—138.

Brunn, G. 1931. Untersuchungen über die Astreinigung von Fichtenbestanden. Mitt. a. Forstwirtschaft u. Forstwissenschaft, ss. 537—566. Hannover.

—»— 1932. Jahrringbreite und Ästigkeit der Fichte. Silva, ss. 153—155.

Bühler, Anton und Flury, Ph. 1892. Untersuchungen über die Astreinheit der Bestände. Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen. Bd. II, ss. 205—256. Zürich.

Düesberg. 1893. Wie erwachsen astreine Kiefern. Zeitschrift f. Forst- u. Jagdw., ss. 601—607.

Hannemann. 1932. Bestandspflege und Wertholzerziehung im Kiefernwald des südlichen Ostpreussens. Der Deutsche Forstwirt, ss. 249—250.

Heiskanen, Veijo. 1951. Mäntysahatukkien laadun mukaisista arvosuhteista. Silva Fennica 69, ss. 92—103.

—»— 1954. Mäntytukkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. Metsäntutk.l. julk. 44. 1. Helsinki.

Helander, A. Benj. 1922. Metsänkäyttöoppi. Porvoo.

Junack. 1921. Soll man aufasten oder nicht? Silva, s. 174.

Kauppinen, Lassi. 1951. Vuosirengasvälin vaikutuksesta mäntysahatukkien ja mäntysahatavaran laatuun. Käsikirjoitus.

Klem, Gustav G. 1934. Undersökelser av granvirkets kvalitet. Medd. f.d. Norske Skovforsoksvesen. Bind V. hefte 17, ss. 197—348. Oslo.

—»— 1942. Planteavstandens inflytelse på granvedens og sulfitcellulosens kvalitet. Ibid. Bind VIII. hefte 2, ss. 257—296. Oslo.

—»— 1952. Planteavstandens virkning på granvirkets kvalitet. Ibid. Bind XI. hefte 3, ss. 473—506. Bergen.

Koehler, Arthur. 1938. Wood-Quality a Reflection of Growth Environment. Journ. of Forestry, ss. 867—869.

Kotimaisen rakennesahatavaran lujuusluokitteluohjeet. 1952. Valtion tekn. tutk.l. Tiedoitus 93. Helsinki.

Laitakari, Erkki. 1935. Tutkimuksia metsikön ja kasvupaikan vaikutuksesta kuusen rungon kelpoisuuteen. Acta Forestalia Fennica 41. 4. Helsinki.

—»— 1936. Laatupuun kasvattamisesta. Metsänhoitajien jatkokurssit 1935, ss. 259—270.

Lindquist, Bertil. 1939. Virkeskvalitet och rotnettovärde hos smalkronig och bredkronig tall. Svenska Skogsvårdf. Tidskrift, ss. 1—119.

Kühn und Olberg. 1930. Über den Zusammenhang zwischen der Holzqualität und der Jugendentwicklung der Kiefer. Zeitschrift f. Forst- u. Jagdw., ss. 626—658.

Mayer-Wegelin, H. 1930. Zweckmässige Nutzholzaushaltung. Silva, ss. 65—68.

Nenzell, Gustaf. 1946. Några resultat från tidstudier av gagnvirkeshuggning. Norrl. Skogsvårdsf. Tidskrift I, ss. 1—35.

Paul, Benson H. 1932 a. The Relation of Certain Forest Conditions of the Quality and Value of Second Growth Loblolly Pine Timber. Journ. of Forestry, ss. 4—21.

—»— 1932 b. Improving the Quality of Second Growth Douglas-Fir. Ibid., ss. 682—686.

—»— 1947. Knots in Second-Growth Douglas-Fir. For. Prod. Lab. no R. 1690. Madison, Wis.

Paul, Benson H. and Smith, Diana M. 1950. Summary on Growth in Relation to Quality of Southern Yellow Pine. Ibid. no R. 1751. Madison, Wis.

Pechmann, H. v. 1934. Güteansprüche an das Holz als Werkstoff und Wege zur Erfüllung der Güteforderungen im Forstbetrieb. Forstwissenschaftl. Centralbl., ss. 629—650, 674—695, 707—720, 729—746, 783—803, 812—837.

Sandmo, J.K. og Nergaard, Kaare. 1930. Bidrag til spörsmålet om grantømmerets kvalitet. Medd. nr. 7 fra Papir Industriens Forskn. kom. Oslo.

Siimes, F. E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista erikoisesti kutistumis- ja laajenemisilmiöistä puun vesipitoisuuden vaihdellessa. Helsinki.

—»— 1945. Sahatavaran lajittelu sen käyttövaatimuksia silmälläpitäen. Helsinki.

—»— 1951. Sahatukkien laatuluokittelu sahatavarain käytön, lajittelun ja koesahausten valossa. Silva Fennica 69, ss. 63—75.

—»— 1954. Esimerkki sahatukkien laatuluokittelun vaikutuksesta. Metsät. Aik. 1., ss. 5—7.

Skogsstyrelsens Expertkommitté för virkesmätning. 1948. Redogörelse för undersökningar angående mätning av sågtimmer. Stockholm.

Wennerholm, Sten. 1937. Furusågtimmerets kvalitetsortering i övre Norrland. Skogen, ss. 75—80.

On the Interdependence of Annual Ring Width and Sawlog Quality

Summary

1. Introduction

As the most serious drawback to log grading is considered, in general, that it does not enable us to prove in a fully satisfactory way whether a log appearing to be free from knots is only small and sparsely knotted in reality, too. Sawing trials have shown that, taken as a whole, the very exterior of a log will give a correct idea of its grade, but in some exceptional cases, it is true, logs appearing to be free from knots have had even big overgrown knots to them. It is these cases that are conducive to the diminishing of public confidence in log grading and a handicap to its coming into general use.

The present essay has a its object to investigate the means of drawing conclusions from outside as to the extent of the inside knottiness of logs. Attention is principally turned to the interdependence of the annual ring width and the knottiness of logs and, again, the quality of the lumber obtained out of these. Furthermore, the essay examines whether the annual ring width of 3 mms. that is mentioned in the grading rules for pine sawlogs is the right limit by which to separate off all such logs as will yield poor lumber from those of the Grade I.

2. Previous investigations

Much stress has been laid, in several silvicultural investigations and essays, upon the fact that in order to obtain sparsely and small knotted high-standard timber the stands should be kept growing closely when young (e.g. Koehler 1938, Paul 1932 a, 1932 b, 1947, Paul and Smith 1950, Laitakari 1935, 1936, Brunn 1931, 1932, etc.).

By examinations it has been clearly proved that the width of the annual rings and the knottiness are correlative factors, in the Norway spruce (Brunn 1931, 1932, Klem 1934, Andersson 1941), the Douglas fir (Paul 1932 b) as well as in several pine species (Mayer-Wegelin 1930, Pechmann 1934, Kühn und Olberg 1930, Wennerholm 1937, Lindquist 1939, Paul and Smith 1950).

Several grading rules mention close-grainedness as a prerequisite for best grade in logs (Skogsstyrelsens Expertkommitté 1948, Diener 1948, Hannemann 1932, Andersson 1941, Heiskanen 1954, etc.).

3. Method of investigation and the material

In the investigation work two methods have been followed side by side.

1. Trial sawed were 101 butt logs the number of whose annual rings was counted, and the lumber was graded, according to the rules for export lumber grading.

2. In three different sawmills were measured the annual ring widths of 699 3 × 8″ and 3 × 9″ battens, and their export grades were determined on the basis of the above-mentioned rules.

4. The results of the investigation

First we view the correlation of an annual ring width measured for 8 cms. (⌣ 3″) from the pith and of the log grade. The average annual ring width of the Grade I logs was 1.26 mms., that of the Grade II logs, 1.30 mms., and that of the Grade III logs, 1.55 mms. The interdependence, thus, is a rather slight one. More distinctly the dependence of the log grade on the number of annual rings measured for a distance of 8 cms. is brought out in Drawing 1.

From this drawing it becomes apparent that a log where, for a distance of the length referred to above, the number of annual rings falls short of 25, belongs to Grade III; the average log grade being better than II when the annual rings amount to over 56 pcs./8 cms.

This done, we have to find out what export grade, out of those included in the lumber yield, should be regarded as the limit to the log grades I and II. This scrutiny issues, on the basis of the results of trial sawings, in the discovery that the most suitable limit will be an average grade of 4.00.

The following step is to ascertain for what distance was measured the annual ring width to give the best possible idea of the grade of the lumber. From Table 1 it is clearly apparent that all of the annual ring widths, for whichever of the examined interspaces they were measured, are dependent on the grade of the lumber pieces. Whereas the relative annual ring widths in Drawing 2 show that an annual ring width measured at a distance of 4 cms. from the pith will prove to correlate to a somewhat more palpable extent with the grade of the lumber than do those annual ring widths measured for other interspaces. The difference, however, is a rather slight one, which makes it possible to still count the annual ring width at a distance of 3″, as prescribed in the grading rules. The use of average annual ring widths for longer distances will imply an advantage, too, because it is rather toilsome a business to count those annual rings lying nearest to the pith.

Results of trial sawing hitherto performed show that the average annual ring width will increase as the quality of the lumber yield is falling off. From Drawing 3 it appears, too, that it is possible to conclude from the annual ring width to the quality of the lumber yield. In addition, we find that as boundary between Grade I and Grade II should be regarded 49 annual rings/8 cms., in other words, an annual ring width of 1.6 mms. In fact it is here that the average grade of the lumber yield will decrease below 4.00.

The prescription in the grading rules as to annual ring widths of 3 mms. thus seems too light. Yet as by examinations it has been established that the correlation of the annual ring widths and the knottiness of the tree in point are pretty much influenced by quality of site, the race of the tree in question and by the breadth of its crown, we may not rely on results of investigations carried out in one stand only without having checked them.

According to what the above-mentioned measurements of battens go to prove number of the annual rings and the grade of the lumber pieces correlated with each other much alike in all three of the sawmills, as is evident from Table 2. Thus, it is possible to combine the whole material.

From Correlation Table 3 it appears that the average grade of lumber pieces is dependent on, rectilinearly, the number of the annual rings. The value of the correlation coefficient has proved to be

$r = -0.617 \pm 0.10$, and the equation of the first regression line

$y = -0.04\, x + 5.28$ where

y = export grade of the lumber

x = number of annual rings for 3″ from the pith

Out of the equation we receive as boundary between Grade I and Grade II logs, 32 annual rings/3″, in other words an annual ring width of 2.4 mms. This width will be suitable for big logs of over 9″, but in logs of below 9″ the annual ring width indicating that the log in point belongs to Grade I is somewhat smaller. However, it is but when it is the question of grading large logs that we have to go by annual ring widths for determinations of knottiness and log grade, as in smaller logs big overgrown knots are discernible right up to the surface of the tree, in the form of knot bumps.

Likewise, an interdependence of the annual ring width and the biggest of the knots in a log is to be established, as will appear from the Correlation Table in Drawing 4. By the regression line we read that the biggest knot in a batten is below 1″, when its annual ring width is below 1.4 mms. Such logs should be considered as particularly suitable for board sawing.

Finally we take a view of the correlation of the annual ring width and the lumber yield of the entire stem which is reproduced in Drawing 5. It is obvious that the quality of the lumber yield of the entire stem, too, will improve as the number of the annual rings increases; though more slowly than the quality of the lumber yield of butt logs.

The results arrived at thus indicate that a tree intended to become a high-quality tree has to be kept growing closely when young. In this manner small-knotted wood is obtained although, as is evident from Table 5, trees growing slowly when young are of smaller size than those individuals growing rapidly.

MÄETSIKÖN KUUTIOMÄÄRÄN ARVIOIMINEN RELASKOOPIN AVULLA

AARNE NYYSSÖNEN

ESTIMATION OF STAND VOLUME BY MEANS OF THE RELASCOPE

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1954

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällys

Sivu

Johdanto 5
Pohjapinta-alan määrittäminen relaskoopilla 7
Periaate ja kojeet 7
Käytännöllinen määrittäminen ja siihen liittyvät virhemahdollisuudet 8
Siirtyminen pohjapinta-alasta kuutiomäärään 14
Pituus 14
Muotoluku 17
Kuutioimistaulukot 20
Mittauksiin kuluva aika 25
Loppukatsaus 26
Kirjallisuutta 28

Summary in English 29

Johdanto

Metsikön pohjapinta-alaa on etenkin Keski-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa sekä jossain määrin myös Skandinavian maissa käytetty metsikön tunnuksena, usein tietyllä tavalla joko metsikön tiheysluvun tai kuutiomäärän sijasta. Suomessa ei pohjapinta-ala varsinkaan käytännön metsänarvioimisessa ole saavuttanut mainittavaa merkitystä, vaikka kyseisen tunnuksen kehitystä luonnonnormaaleissa metsiköissä on eräissä tärkeissä tutkimuksissa selvitetty (Ilvessalo 1920; Lönnroth 1925). Kasvun laskennassa puiden poikkileikkauspinnan alaa kuitenkin on käytetty eri muodoissa (esim. Ilvessalo 1948). Uutta huomiota pohjapinta-alaan ovat olleet omiaan kiinnittämään äskettäin ilmestyneet Kuuselan (1953) ja Nyyssösen (1954) tutkimukset. Viimeksi mainitussa tätä tunnusta on käytetty mm. apuna tutkimusaineistoa luokitettaessa. Tutkimukseen sisältyy myös viittaus tunnuksen käytön mahdollisuudesta harvennuskokeissa (mt., s. 71).

Ilmeisesti eräänä esteenä pohjapinta-alan käytölle on ollut, että sen laskenta on ollut suuritöistä. Kun pohjapinta-alasta sitä paitsi ei ole näyttänyt olevan niin välitöntä hyötyä kuin esim. kuutiomäärästä, on yleensä pidetty tarkoituksen mukaisena rajoittua käyttämään vain viimeksi mainittua, milloin puuston määrää tavalla tai toisella on täytynyt kuvata. Pohjapinta-alan määrittämisen osalta tilanne kuitenkin muuttui olennaisesti muutamia vuosia sitten, kun itävaltalainen Bitterlich (1948; 1952) keksi hämmästyttävän yksinkertaisen ja nopean menetelmän tämän tunnuksen arvioimiseksi käyttämättä tavanmukaisesti rajoitettua koealaa. Kun menetelmää sovellettaessa tarvittavalle kojeelle on ominaista tietyn suhteen hyväksikäyttö, on kojetta ryhdytty sanomaan relaskoopiksi.

Vaikka mainittu menetelmä on herättänyt huomiota eri maissa, mistä todisteena ovat monet asiaa koskevat kirjoitukset, ei menetelmää ole ulkomailla tähän mennessä kehitetty sillä tavalla, että sitä ilman muuta voitaisiin meillä käyttää tehokkaasti hyödyksi. Sen vuoksi on nyt pidetty tarpeellisena tutkia relaskoopin käyttökelpoisuutta pohjapinta-alan arvioi-

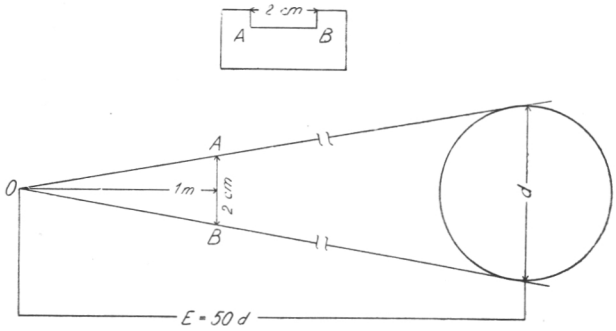
misessa sekä kojeella saatujen tulosten luotettavuutta. Mutta erityisesti on tahdottu tutkia, mitä mahdollisuuksia on edellä mainitun meikäläiselle metsänarvioimiselle keskeisen tunnuksen, metsikön kuutiomäärän, selvittämiseen relaskoopin avulla. Yleisesti näet kaivataan objektiivista menetelmää kuutiomäärän nopeaksi arvioimiseksi, sillä läheskään aina ei ole mahdollisuutta tavanomaisten koealojen mittaukseen ja laskentaan.

Tutkimus on suoritettu Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosastossa ja sen alkuunpano on tapahtunut kirjoittajan esimiehen, Suomen Akatemian jäsenen, professori Yrjö Ilvessalon kehoituksesta.

Pohjapinta-alan määrittäminen relaskoopilla

Periaate ja kojeet

Oletetaan, että ollaan metsikössä, jonka kaikkien puiden läpimitta rinnankorkeudelta (d kuvassa 1) on yhtä suuri. Käyttämällä 2 cm:n levyisellä aukolla (AB) varustettua laattaa, jota pidetään 1 m:n päässä havainnontekijän silmästä (O), luetaan tietystä pisteestä käsin niiden puiden luku-



Kuva 1. Relaskoopin periaate.
Fig. 1. The principle of the relascope.

määrä (N), jotka rinnankorkeudelle tähdättäessä vähintään täyttävät aukon. Näin syntyvän ympyräkoealan säde E (= etäisyys keskipisteestä rajapuuhun) saadaan yhtälöstä

$$\frac{E}{d} = \frac{100}{2}$$

joten $E = 50\ d$. Kun metsikön pohjapinta-ala neliömetreinä hehtaaria kohden merkitään G/ha, voidaan kirjoittaa yhtälö

$$\frac{N \cdot \frac{\pi}{4} d^2}{\pi (50\,d)^2} = \frac{G/ha}{10\,000}$$

josta G/ha = N. Kun sama pätee myös kullekin muulle d:n arvolle, voidaan alussa mainittu yhtä suurta läpimittaa koskeva rajoitus jättää pois, ja metsikön pohjapinta-ala hehtaaria kohden saadaan siis lukemalla aukon vähintään täyttävien puiden lukumäärä.

Myös muiden suhteiden kuin 1 : 50 käyttö on mahdollista sikäli kuin luettavien puiden määrää halutaan lisätä tai vähentää. Tällöin on kuitenkin käytettävä kertoimia, jotta pohjapinta-ala saataisiin neliömetreinä. Jos laatan etäisyys havainnontekijän silmästä on 1 m, voidaan käyttää esim. seuraavia aukkoja ja kertoimia:

aukko	1	cm,	kerroin	1/4
»	1.41	»	»	1/2
»	2.83	»	»	2
»	4	»	»	4

Edellä selostetulla pohjalla valmistettava relaskooppi voi olla hyvin yksinkertainen, esim. peltilaatasta ja 1 m:n pituisesta kepistä tehty. Bitterlich on konstruoinut myös ns. peilirelaskoopin (vrt. esim. Eklund 1954), jossa useiden eri suhteiden hyväksikäyttö on mahdollista. Koje soveltuu lisäksi myös pituuden mittaukseen. Yksinkertaisimpana keinona saattaa tulla kysymykseen puiden luku ojennetun käden peukaloa tai muita sormia apuna käyttäen, jolloin tulos kuitenkin pakosta saadaan vain »peukalotuntumalla».

Käytännöllinen määrittäminen ja siihen liittyvät virhemahdollisuudet

Relaskoopilla suoritettavaan metsikön pohjapinta-alan määrittämiseen liittyy useita virhemahdollisuuksia, joita seuraavassa tarkastellaan kutakin erikseen sekä — tehtyihin havaintoihin suureksi osaksi nojaten — pyritään saamaan käsitys kojeen antaman tuloksen luotettavuudesta.

1) Aluksi ansainnee mainita, että kojeella puuta tähdättäessä ei nähdä poikkileikkausympyrän halkaisijaa, vaan jänne; havainnontekijän silmästä puun kylkiin ajatellut tangentit eivät näet ole yhdensuuntaiset. Näin syntyvällä virheellä on kuitenkin vain teoreettinen merkitys, koska virhe esim. käytettäessä hyvin tavallista suhdetta 1 : 50 on vain 0.01 % saadusta pohjapinta-alasta (vrt. Keen 1950, s. 260).

2) Virhemahdollisuus, joka liittyy puun rinnankorkeuden arvioimiseen, voitaneen sopivalla harjoittelulla niin eliminoida, ettei sillä ole mainittavaa käytännöllistä merkitystä. Vähäiset erot mittauskorkeudessa eivät yleensä aiheuta tuntuvia eroja tuloksiin (vrt. Vuokila 1952).

3) Kaltevassa maastossa ei voida tähdätä vaakasuoraan. Siitä aiheutuva virhe korjautuu automaattisesti, jos aiemmin mainittu peilirelas-

kooppi on käytettävissä. Sen sijaan yksinkertaisella »laatta»kojeella tulee kaltevassa maastossa vino etäisyys rajapuuhun suuremmaksi kuin vastaava vaakasuora etäisyys, jolloin relaskoopilla saadaan todellista pienempi pohjapinta-ala. Tulos voidaan korjata kertomalla korjaustekijällä 1 : cos v, missä v on maaston kaltevuuskulma (vrt. esim. Seip 1952, s. 23). Seuraavasta asetelmasta käy ilmi korjaustekijän suuruus eri kaltevuusasteille; myös vastaava maaston pystysuora nousu 10 m:n vaakasuoralla matkalla on asetettu näkyviin.

Maaston kaltevuus-kulma	Nousu 10 m:n matkalla	Korjaus-tekijä
0°	0 m	1.000
5°	0.87 »	1.004
10°	1.76 »	1.015
15°	2.68 »	1.035
20°	3.64 »	1.064
25°	4.66 »	1.103
30°	5.77 »	1.155

Vain jonkin verran kaltevassa maastossa korjaus on vailla olennaista merkitystä. Kaltevuuskulman noustessa 15°:een, mikä merkitsee jo huomattavan kaltevaa maastoa, korjaustekijä on 3.5 % ja sitä suuruusluokkaa, että ainakin sellainen on käytännössä huomioon otettava.

4) Kun havainnot tehdään tietystä pisteestä käsin, jää puita osittain tai ehkä kokonaankin toistensa taakse. Mahdollisuus siihen kasvaa mukaan tulevien puiden lukumäärän suuretessa. Keskieurooppalaisissa oloissa, missä runkoluku ha:ia kohden on yleensä huomattavasti suurempi kuin vastaavissa meikäläisissä metsiköissä, mainitaan tästä syystä aiheutuvan virheen keskimääräiseksi suuruudeksi ± 2 % (Prodan 1953). Tämän kirjoittajan mainitusta asiasta tekemät havainnot koskevat erilaisia metsiköitä, joissa kaikissa on käytetty relaskoopin suhdetta 1 : 50. Niiden perusteella on todettu, että haitta puiden sijaitsemisesta toistensa takana on yleensä jotakuinkin vähäinen. Silloin tällöin puu jää — tavallisesti osittain — toisen taakse, mutta menetelmän laatuun katsoen riittävän tarkka tulos näyttää yleensä olevan saavutettavissa siten, että havainnontekijä siirtyy tähtäyshetkeksi keskipisteestä sivuun pyrkien säilyttämään etäisyyden epävarmaan puuhun mahdollisimman muuttumattomana. Joissakin tapauksissa saattavat esim. kuusten alaoksat tai alikasvoskuuset olla pahasti haittaavana tekijänä, jopa kokonaan estää luotettavan puidenluvun, mutta kokonaisuutena tällaiset tapaukset lienee katsottava poikkeuksiksi.

5) Havaintovirheitä voi syntyä lähinnä rajapuiden lukemisessa; niiden yhteydessä on huomioon otettava myös esim. valaistussuhteiden vaikutus. Bitterlich (1952, s. 222) kirjoittaa asiasta seuraavaan tapaan: Itse

puiden lukemisessa ovat usein vaarana yksipuolisesti vaikuttavat havaintovirheet, osaksi pienten kojevirheiden, osaksi yksilöstä riippuvaisen erilaisen näkö- tai arvioimiskyvyn vuoksi. Suurin osa kaikista kysymykseen tulevista läpimitoista on vertausmittaa epäilemättä leveämpinä tai kapeampina helposti erotettavissa. Noin 10 % luettavista puista sitä vastoin on rajavyöhykkeessä, joka useimmiten tarvitsee erittäin tarkkaa silmää, ja vihdoin muutamat läpimitat kaikesta huolimatta tuntuvat epävarmoilta. Varmasti esiintyy myös tapauksia, jotka todella ovat rajalla; niistä olisi joka toinen luettava mukaan. Enimmissä epävarmoissa tapauksissa ei kuitenkaan ole kysymys todellisista, vaan näennäisistä rajapuista. Sen vuoksi olisi havainnontekijän tarkkailtava itseään sekä käyttämiään kojeita yhä uudelleen ja uudelleen. Tämä käy parhaiten siten, että epävarman rajapuun läpimitta mitataan ja kerrotaan 50:llä (milloin relaskoopissa käytetään suhdetta 1 : 50), mikä antaa puun ns. rajaympyrän säteen. Mittanauhalla selvitetään nyt todellinen havaintoetäisyys. Jos se osoittautuu pienemmäksi kuin laskettu rajaympyrä, on puu luettava mukaan, mutta päinvastaisessa tapauksessa jätettävä pois. Tällä pistokokeen luonteisella tarkistustavalla saavutetaan sangen varma tunne rajapuiden oikeasta arvioimisesta.

Kuitenkin rajapuiden lukemisessa syntyvä virhe nousee Bitterlichin mukaan keskimäärin n. ± 4 %:een (Prodan 1953). Løvengreen (1950, s. 524) puolestaan mainitsee, että ko. suhteessa esiintyy sellaisia yksilöllisiä eroja, joiden on katsottava johtuvan harjoituksen puutteesta. Arviolta hän mainitsee keskivirheen olevan etäisyyden määrittämisessä n. ± ½—1 %. Nyt suoritettujen havaintojen perusteella on voitu verrata keskenään eri henkilöiden saamia tuloksia ja tällöin todeta, ettei joltisenkin tottumuksen jälkeen pohjapinta-alan määrittämisessä näytä syntyvän eri henkilöiden välille keskimäärin ainakaan 5 % suurempia eroja.

6) Relaskoopin käytön yhteydessä on kiinnitettävä erityistä huomiota metsikön epähomogenisuudesta johtuvaan virhemahdollisuuteen. Bitterlichin menetelmää voidaan varauksitta käyttää vain homogenisissa metsiköissä. Tämä merkitsee esim. sitä, että jos metsiköstä ajatellaan otettavaksi samakeskisiä ympyräkoealoja, on eri renkaisiin jäävien puiden oltava keskiläpimitaltaan samanlaisia ja niitä tulee olla pinta-alayksikköä kohden yhtä paljon (vrt. Prodan 1953). Nyt saattaa kuitenkin harsituissa tai muuten epätasaisissa, mutta myös verraten tasaisilta näyttävissä metsiköissä esiintyä ryhmittäisyyttä varsin huomattavasti. Sen vuoksi on relaskooppia apuna käytettäessä oltava perehtynyt sekä kyseisen menetelmän että metsien luonteeseen puheena olevassa mielessä; muuten ei ole mahdollista päästä tyydyttäviin tuloksiin. Epähomogenisuudesta johdutaan edelleen edustavuuskysymykseen. Kukin koeala näet voi vain tiettyyn määrään saakka ilmaista edustamaansa metsikköä — sama koskee

sekä tavallisia kaulaimella mitattuja koealoja että relaskoopilla tehtyjä havaintoja. Yksityisen koealan luotettavuus metsikön edustajana riippuu koealan suuruudesta ja metsikön tasaisuudesta.

Näihin tärkeihin ja mielenkiintoisiin kysymyksiin saadaan seuraavassa valaistusta, kun tarkastellaan suoritettujen koemittausten tuloksia.

Erästä toista tutkimusta varten mitattiin Suomen eteläosan männiköistä kesäkautena 1954 sen kokoisia ympyräkoealoja, että niille tuli keskimäärin n. 30 puuta. Koealojen suuruus oli 0.01—0.10 ha, säteen pituus siis 5.64—17.84 m. Jokaisen koealan keskipisteestä käsin suoritettiin myös metsikön pohjapinta-alan määrittäminen yksinkertaisella relaskoopilla, jonka 2 cm:n aukolla varustettu laatta oli 1 m:n päässä havainnontekijän silmästä. Seuraava asetelma osoittaa, miten relaskoopilla määritetyt ja ympyräkoealoilta saadut pohjapinta-alat suhtautuvat toisiinsa. Kahden vierekkäisen sadanneslukusarjan tarkoitus asetelmassa käy ilmi mainitsemalla esimerkkinä, että relaskoopilla saatu tulos on ollut 20—30 % ympyräkoealan antamaa suurempi 5.2 %:ssa yhteensä 115 mitatusta metsiköstä.

Poikkeus	yli + 30 %	3.5 %	havainnoista
»	+ 20—30 »	5.2 »	»
»	+ 10—20 »	9.6 »	»
»	+ 0—10 »	20.0 »	»
»	— 0—10 »	29.6 »	»
»	— 10—20 »	22.6 »	»
»	— 20—30 »	7.8 »	»
»	yli — 30 »	1.7 »	»

Asetelmasta voidaan nähdä, että suunnilleen puolet eli 49.6 % kaikista havainnoista on ollut sellaisia, joissa relaskooppia käyttäen saatu tulos on poikennut ympyräkoealan tuloksesta enintään 10 %. Alle 20 % poikkeavia havaintoja on 81.8 % niiden kokonaismäärästä ja yli 30 %:n poikkeuksia esiintyy vain satunnaisesti. 38.3 %:ssa havainnoista on relaskoopin antama tulos ympyräkoealan osoittamaa pienempi; päinvastaisia tapauksia on siis 61.7 %. Keskimäärin relaskoopin käyttö on johtanut 3—4 % liian pieneen tulokseen, jos vertauskohteena käytetään ympyräkoealoja.

Edellä esitettyjen lukujen valossa saattavat erot, joihin kyseessä olevat kaksi menetelmää ovat johtaneet, näyttää huomattavan suurilta. Eroja ei kuitenkaan ole käsitettävä yksinomaan relaskooppimenetelmän käytöstä aiheutuviksi virheiksi. Aiemmin on jo viitattu myös tavanmukaisen koealan heikkouteen ilmaista edustamaansa metsikköä, ja on sanottava, etteivät nyt mitatut ympyräkoealat suinkaan ole mitään absoluuttisia vertauskohteita, joiden perusteella relaskooppihavaintoja varauksitta voitaisiin

arvostella. Ympyräkoealat on mitattu toista tarkoitusta varten, ja niiden paikkaa haettaessa ei ole kiinnitetty mitään huomiota siihen, millainen metsikkö on ollut relaskooppimittausten kannalta.

Relaskoopilla saatujen tulosten poikkeamiseen ympyräkoealojen tuloksista vaikuttavat epäilemättä kaikki edellä luetellut virhemahdollisuudet, mutta ainakin kohdissa 1—3 mainittujen seikkojen merkitys lienee kovin vähäinen. Kun myös kohdissa 4 ja 5 mainittujen virhemahdollisuuksien vaikutus näyttää verraten rajoitetulta, jää metsikön epähomogenisuus ko. suhteessa tärkeimmäksi tekijäksi. Huomattava on myös, että metsikkö ei ole aina jatkunut samanlaisena sillä alueella ympyräkoealan ulkopuolella, jolta relaskooppimittauksessa olisi vielä pitänyt tulla suuria puita mukaan. Mittauskohta ei siis ole täyttänyt esim. sitä vaatimusta, että yhtäläisenä jatkuvan metsikön laita ei saa olla lähempänä kuin 50 kertaa suurimman mukaan tulevan puun läpimitan etäisyydellä keskipisteestä (vrt. L ø v e n g r e e n 1950, s. 526). Suureksi osaksi juuri tämän seikan tilille lienee pantava se, että relaskoopilla on metsikön pohjapinta-ala saatu ympyräkoealan osoittamaa pienemmäksi. Siihen viittaavat niiden tarkistusmittausten tulokset, joita voitiin suorittaa 5 sellaisessa havaintokohdassa, missä relaskooppi edellä esitetyn asetelman mukaan oli antanut suhteellisesti pienimpiä tuloksia. Kun kaikissa näissä tapauksissa ympyräkoealan säde oli pienempi kuin 50 × suurimman mukaan tulleen puun läpimitta, luettiin nyt ne puut, jotka jäivät vm. säteellä rajoitetun ympyräkoealan sisään mutta alkuperäisen ympyräkoealan ulkopuolelle. Kun tehtyjä mittauksia hyväksikäyttäen laskettiin, millainen olisi relaskoopilla saadun tuloksen oltava — kuitenkin edellyttämällä puiden jakaantuminen alkuperäisellä ympyräkoealalla homogeniseksi —, saatiin taulukossa 1 näkyvät tulokset.

Taulukko 1. Tarkistusmittausten tuloksia eräistä koealametsiköistä.

Table 1. Results of control measurements in some sample stands.

1	2	3	4	5	6
Koealan N:o *Number of sample plot*	Relaskooppi *The relascope*	Ympyräkoeala *Circular sample plot*	Erotus 3—2 *Difference 3—2*	Ympyräkoeala »korjattuna» *Circular sample plot, »revised»*	Erotus 5—2 *Difference 5—2*
	Pohjapinta-ala, m²/ha — *Basal area, sq.m. per ha*				
62	23	27.9	4.9	26.5	3.5
67	24	31.4	7.4	28.9	4.9
68	22	33.2	11.2	26.9	4.9
103	17	21.4	4.4	19.9	2.9
104	20	27.2	7.2	26.1	6.1

Vertaamalla keskenään esim. taulukon sarakkeita 4 ja 6 havaitaan, että ympyräkoealan ja relaskoopin antamien tulosten välinen erotus on tullut

pienemmäksi, kun on otettu huomioon, millaisena metsikkö on jatkunut alkuperäisen ympyräkoealan ulkopuolella. Mutta relaskoopilla saadut lukemat ovat vielä pienempiä kuin ympyräkoealan »korjatut» arvot. Tämä johtunee lähinnä siitä, etteivät erikokoiset puut ole jakaantuneet tasaisesti alkuperäisellä ympyräkoealalla, mitä kuitenkin taulukon 5. sarakkeen lukuarvo edellyttää. Niinpä esim. 0.10 ha:n suuruisen koealan N:o 62 keskellä 0.05 ha:n ympyrässä (säde = 12.62 m) osoittautui tarkistettaessa olevan $d_{1.3}$-luokan 26 cm ja sitä suurempien puiden pohjapinta-ala 31.9 m^2/ha, kun vastaava luku koealan ulommassa 0.05 ha:n osassa oli 20.7 m^2/ha. Näin siis kyseessä olevien kahden menetelmän antamien tulosten välisiin eroihin näyttää metsikön epähomogenisuudella olevan huomattava osuus.

Lisävalaistusta metsissämme nyt ko. suhteessa esiintyvään vaihteluun saadaan niistä relaskooppimittauksista, joita suoritettiin 11 metsikössä — osaksi männiköissä, osaksi kuusikoissa — sijaitsevan neliön tai suorakaiteen muotoisen, yleensä ¼ ha:n suuruisen koealan eri osissa. Mittauksia tehtiin kullakin koealalla 3—8 kpl objektiivisesti määritetyistä kohdista, jolloin kertyi yhteensä 49 havaintoa. Nyt laskettiin yksityisten havaintojen suhteellinen poikkeus niiden keskiarvosta kullakin koealalla, minkä jälkeen selvitettiin poikkeusten hajonta. Tulokseksi saatiin 16 %. Tasaisissa metsiköissä poikkeukset olivat pienempiä, keskimäärin vain 5 %:n vaiheilla, mutta epätasaisissa suurempia. Huomio kiintyi myös siihen, että eräissä harvoissa metsiköissä poikkeukset olivat suurempia kuin tiheissä. Harvoissa metsiköissä näyttäisi siis relaskoopissa suhteen 1 : 50 pienentäminen esim. suhteeksi 1 : 100 olevan paikallaan paremman edustavuuden saavuttamiseksi (vrt. Keen 1950, s. 253—254; Løvengreen 1950, s. 526).

Suuresti edellisten kaltaisia ovat myös ne tulokset, joihin Seip (1952, ss. 24—25) sekä Smith ja Bondeson (1954) ovat tulleet mainitessaan ko. hajonnan keskimääräiseksi suuruudeksi 15 % (vrt. myös Keen mt., ss. 254—255, s. 258; Prodan 1953). Smithin ja Bondesonin kirjoituksessa on lisäksi mielenkiintoinen vertailu siitä, millaisia tuloksia 14 koealametsikössä on saatu toisaalta kolmen objektiivisesti sijoitetun relaskooppihavainnon keskiarvona sekä toisaalta yhden subjektiivisesti valitun havaintokohdan avulla. Molemmissa tapauksissa ovat poikkeukset todellisesta pohjapinta-alasta jokseenkin samanlaisia. Näyttää siis siltä, että tottuneet toimitusmiehet kykenevät verraten tyydyttävästi arvioimaan, mistä kohdasta on saavutettavissa keskimääräinen tulos koko metsikölle.

Vaikka näin on saatu käsitys eräistä relaskoopin käyttöä pohjapinta-alan määrittämisessä koskevista kysymyksistä, jää niitä myös vastaisten selvitysten varaan. Perinpohjaisesta näiden kysymysten tutkimisesta täytyy tämän yhteydessä luopua, koska maastotöiden suorittamisen ollessa rajoi-

tettua on tässä vaiheessa pidetty tärkeimpänä ongelmana sitä, millä tavalla voitaisiin relaskoopin avulla selvitettyä pohjapinta-alaa käyttää hyväksi kuutiomäärän arvioimisessa.

Siirtyminen pohjapinta-alasta kuutiomäärään

Palautettakoon mieleen vanha peruskaava

$$V = GHF$$

missä V = kuutiomäärä, G = pohjapinta-ala, H = pituus ja F = muotoluku. Kun tavoitteena on metsikön kuutiomäärän selvittäminen ja edellä on kiinnitetty huomiota pohjapinta-alaan, on vielä tarkasteltava pituutta sekä muotolukua.

Pituus

Pituuden osalta on ensiksi tehtävä ratkaisu siitä, kumpi pituusluku, valta- vai keskipituus, on sopivampi lähtökohdaksi. Edellinen on metsikön tunnuksena saanut meillä laajan käytön, kun taas keskipituus on jäänyt sivummalle. Sen johdosta olisi hyvä, jos valtapituus osoittautuisi parhaaksi myös nyt kysymyksessä olevassa mielessä. Kaikissa tapauksissa ei kuitenkaan näin ole, mikä johtuu lähinnä siitä, että valtapituus edustaa vain tiettyä, joskin yleensä merkitsevintä osaa metsikön puista. Sen laskennan ulkopuolelle jää vaihtelevin määrin esiintyvää, metsikön kuutiomäärään joskus voimakkaasti, joskus vain vähän vaikuttavaa puustoa. Kuitenkin olisi pyrittävä siihen, että koko metsikkö tulisi huomioon otetuksi. Kun valtapituuden käyttöä metsikön tunnuksena aivan oikein perustellaan esim. sillä, ettei valtapituus ole pienikokoisiin ja samalla yleensä toisarvoisiin puihin kohdistuvista toimenpiteistä riippuvainen, voi kuutiomäärää laskettaessa olla merkitystä myös tällä puuston osalla. Erityisesti tulee valtapituuden heikkous tässä suhteessa näkyviin verrattaessa keskenään toisaalta mahdollisimman tasaisia sekä toisaalta esim. harsintojen johdosta epätasaisiksi tulleita metsiköitä, joissa viimeksi mainituissa on suuria metsikön sisäisiä pituuseroja. Sen ovat selvästi myös eräät nyt kokeeksi suoritetut vertailut osoittaneet. Pituusluvun valinnassa on niin ollen päädytty metsikön keskipituuteen.

Toinen eteen tuleva kysymys on, mitä keskipituuden laskentatapaa on pidettävä tarkoituksen mukaisimpana. Kun tehtävänä on metsikön kuutiomäärän arvioimiseen tähtäävän tunnuksen hakeminen, ei runkoluvulla punnittua keskipituutta voida pitää onnistuneena (vrt. esim. L ö n n r o t h 1926). Sen sijaan hyvin perusteltua näyttää olevan lähteä sen puun pituudesta, joka on läpimitaltaan medianipuu pohjapinta-alan suhteen, ts. joka jakaa metsikön pohjapinta-alan kahteen yhtä suureen osaan, jos puut ajatel-

laan sijoitettaviksi läpimittansa mukaiseen järjestykseen. Kirjoittaja on aiemmin käyttänyt mainittua läpimittaa ja silloin tarkastellut sitä (N y y s s ö n e n 1954, ss. 64—66). Laskentatapaa valaisee seuraava esimerkki.

$d_{1.3}$ cm	n	ng	Σ ng
7	10	0.0390	0.0390
9	20	0.1280	0.1670
11	17	0.1615	0.3285
13	18	0.2394	0.5679
15	17	0.3009	0.8688
17	12	0.2724	1.1412
19	5	0.1420	1.2832
21	4	0.1384	1.4216
23	2	0.0832	1.5048
Σ	105	1.5048	

$G = 1.5048$

$$\frac{G}{2} = 0.7524$$
$$-0.5679$$
$$0.1845$$

$$d_m = 14 + \frac{0.1845}{0.3009} \cdot 2$$
$$= 15.2 \text{ cm}$$

Metsikköä edustavaksi keskipituudeksi voidaan ottaa se näin selvitetyn puun pituus, joka saadaan piirretyksi ajatellusta pituuskäyrästä ko. läpimitan kohdalta. Tämä pituus on yleensä hyvin lähellä pohjapinta-alalla punnittua keskipituutta — tavallisesti kuitenkin vähän viimeksi mainittua suurempi — ja sen erityinen ansio on, että se kutakuinkin moitteettomasti näyttää soveltuvan metsikköä edustavan muotoluvun yhteydessä käytettäväksi. Mutta merkittävä lisäansio tällä keskipituudella on sen johdosta, että ko. medianipuun hakeminen on relaskooppia käytettäessä verraten selväpiirteistä. Niin kuin B u r k a r t (1948) huomauttaa, tarvitsee vain pelkän puiden luvun lisäksi relaskooppihavaintoja tehtäessä mitata mukaan tulevien puiden läpimitat; silloin on läpimittaluokittain selvitetyn runkoluvun mukainen medianipuu mediani myös pohjapinta-alan suhteen. Se johtuu välittömästi relaskooppimenetelmän luonteesta, koska jokainen puu edustaa samaa määrää metsikön pohjapinta-alasta. Tämän muunnoksen avulla, joka tosin vaatii enemmän aikaa mutta käy kuitenkin verraten nopeasti silloin kun apulainen on käytettävissä, saadaan sitä paitsi selville pohjapinta-alan jakaantuminen läpimittaluokkiin ja sitä tietä selvyyttä puuston rakenteesta.

Viimeksi puheena ollut menetelmä tullee kuitenkin kysymykseen vain joissakin tapauksissa, ehkä pääasiallisesti vain tarkistuksia suoritettaessa. Milloin näet apulaisia on käytettävissä, sovellettaneen usein tavanomaisia koealamenetelmiä, jolloin saavutetaan tiettyjä etuja tulosten tarkkuuteen yms. nähden. Sen takia on vielä tarkasteltava nyt kyseessä olevaa keski-

pituutta siinä mielessä, että saataisiin ohjeita keskipituuden käytännölliseksi määrittämiseksi. Erityisen hyödylliseltä näyttäisi esim. tietää, minkä verran keskipituus on pienempi kuin metsikön pisimmät puut. Tätä seikkaa on jäljempänä kuvattavan, muotolukujen laskennassa käytetyn aineiston perusteella tarkasteltu. Jokaisesta mainittuun aineistoon kuuluvasta metsiköstä oli maastossa otettu keskimäärin 30 koepuuta ja silloin mitattu niiden pituudet. Nyt tutkittiin, minkä verran pienempi keskipituus on lähinnä pisimmän koepuun pituutta; pisin puu mainituista 30:stä jätettiin laitavarianttina pois. Tulokset olivat seuraavat.

Maan eteläpuoliskossa ainakin likimain tasaisissa männiköissä mainittu erotus, joka on läheisessä yhteydessä metsikön pituusjakaantumiseen ja runkolukusarjoihin, on keskimäärin jokseenkin tasan 2 m; noin 2/3:ssa 140 metsikön aineistosta erotus oli tässä suuruusluokassa sekä muulloin 1 tai 3 m:n luokassa. Alle 1 m:n erotuksia ei esiintynyt ensinkään. Vastaavissa kuusikoissa erotus on keskipituudeltaan alle 20 m:n metsiköissä keskimäärin 3 m vaihdellen n. 1.5—5.0 m. Keskipituuden ollessa suurempi on erotus keskimäärin runsaasti 2.5 m ja vaihtelualue 1—5 m. Koivikot muistuttavat suuresti männiköitä: keskimääräinen erotus ei nouse ainakaan yli 2 m:n ja vaihtelualue on vähän suppeampi.

Tarkasteltaessa epätasaisia, ts. lähinnä harsintojen johdosta epätyydyttäviksi ja pilatuiksi arvioituja metsiköitä, todetaan erotuksen olevan keskimäärin 0.5—1.0 m suuremman kuin edellä selostetut luvut osoittavat. Luonnollisesti vaihtelu näissä metsiköissä on tuntuvampaa kuin tasaisissa metsiköissä.

Maan pohjoispuoliskossa näyttävät kyseiset erotukset olevan monesti samanlaisia kuin eteläpuoliskossa. Kuitenkin siellä yleensä esiintyy sikäläisiin oloihin katsoen tasaisissakin metsiköissä tuntuvaa vaihtelua sen johdosta, että metsikön pituusjakaantumisen alue on suhteellisen laaja, ja erotukset ovat usein rinnastettavissa maan eteläpuoliskon epätasaisten metsiköiden lukuihin.

Huomattakoon, että milloin metsikön sisäiset pituuserot näyttävät hyvin suurilta, voi keskipituuden arvioiminen käydä kovin vaikeaksi. Silloin ehkä voidaan metsikössä havaita kaksi eri jaksoa ja ottaa näille eri keskipituudet. Myös jaksojen pohjapinta-alat on siinä tapauksessa erikseen selvitettävä.

Täsmällistä käsitystä siitä, miten tarkkoja tuloksia keskipituuden arvioinnissa yleensä voidaan saavuttaa käyttämällä apuna jotakin pituudenmittauskojetta, ei asiaa varta vasten tutkimatta voida esittää. Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että tulokset muodostuvat tyydyttäviksi silmällä pitäen nyt kysymyksessä olevan menetelmän luonnetta ja luotettavuutta muilta osiltaan. Joltisenkin harjaannuksen jälkeen arvioinnissa osuttaneen näet yleensä oikeaan tai viereiseen metriluokkaan. Kun jäljempänä

tarkasteltava muotoluku yleensä pienenee keskipituuden suuretessa, tämä jossain määrin kompensoi pituuden arvioinnissa mahdollisesti syntyvän virheen vaikutusta haettuun kuutiomäärään. Niinpä männikön keskipituuden ollessa esim. n. 20 m merkitsee 1 m:n virhe pituudessa alle 4 %:n virhettä kuutiomäärään. Jäljempänä esitettävistä tuloksista näkyy edelleen, että jo melko vähän harjaantunut henkilö on ilmeisesti onnistunut varsin hyvin keskipituuden määrittämisessä käyttämällä hyväksi edellä selostettuja erotuksia. Kuitenkin tällä henkilöllä on ollut käytettävissään tiedot kaikkien puiden pituuksista koealalla, kun sen sijaan käytännössä on tyydyttävä muutamiin, ehkä vain yhteen mitattuun havaintoon.

Pituushavaintojen teon voi suorittaa millä sopivalla menetelmällä tahansa. Hyvin käytännölliseksi on osoittautunut esim. Blume-Leissin koje, joka sopii samoin kuin peilirelaskooppiin yhdistetty pituusmittarikin mainiosti käytettäväksi ilman apuria. Blume-Leissin kojeella voidaan lisäksi määrittää maaston kaltevuus ja sen nojalla tarvittaessa suorittaa aiemmin (s. 9) puheena ollut korjaus relaskoopilla saatuun pohjapinta-alaan.

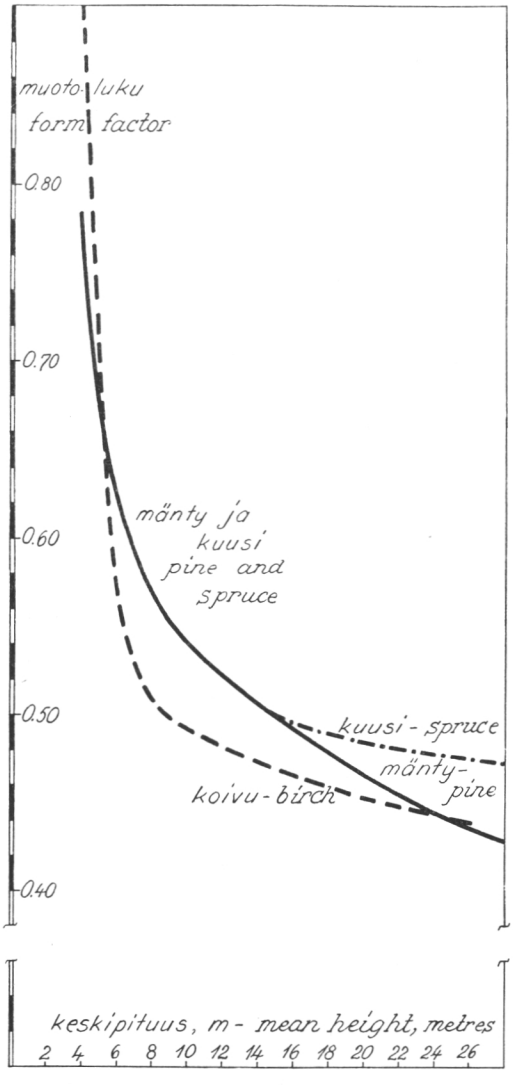
Lienee vielä syytä huomauttaa, että keskipituuden arvioimiseksi on jokaisen, varsinkin milloin kysymyksessä on laajahkon työn suorittaminen, tehtävä myös omia vertailevia kokeita aivan vastaavasti kuin edellä (ss. 9—10) kehoitettiin esim. rajapuiden tarkistamiseen relaskooppia käytettäessä.

Muotoluku

Varhemmin on yleisesti sovellettu rinnankorkeusmuotoluvun likiarvona lukua 0.5 (vrt. esim. Eklund 1954). Nyt käytettävissä olleen aineiston perusteella tahdottiin asiaa lähemmin tutkia ja laskettiin aluksi kuorellisesta kuutiomäärästä lähtien muotoluku kullekin metsikölle. Sen jälkeen pyrittiin erityisesti selvittämään, mistä tekijöistä muotoluku mahdollisesti on riippuvainen. Esim. jo aiemmat Lönnrothin (1925, kuv. 50) tutkimukset olivat osoittaneet, että luonnonnormaalissa männikössä muotoluku pienenee iän lisääntyessä.

Tarkasteltaessa ensiksi korrelaatiota toisaalta muotoluvun ja toisaalta edellä puheena olleiden pohjapinta-alan tai keskipituuden välillä näytti muotoluvun riippuvaisuus pohjapinta-alasta olevan epävarmaa mutta sen sijaan keskipituudesta verraten kiinteätä. Muista mahdollisesti kysymykseen tulevista tekijöistä tarkasteltiin lähinnä metsikön keskiläpimitan ja -pituuden suhdetta sekä vielä keskikapenemista ($d_{1.3}$—$d_{6.0}$; vrt. Ilvessalo 1948) ensiksi mainittujen kahden tunnuksen yhteydessä. Mitään selvää, ilmaisukelpoista säännönmukaisuutta ei nyt käsitellyssä aineistossa kuitenkaan todettu. Osoittautui kyllä, että muotoluku hyvällä metsä-

tyypillä pyrki usein olemaan suurempi kuin huonolla, suuri keskikapeneminen merkitsi monesti keskimääräistä pienempää muotolukua, jne., mutta käytettävissä olleen suhteellisen laajan aineiston perusteella ei katsottu ainakaan tässä vaiheessa olevan aihetta muuhun jakoon kuin Etelä- ja Pohjois-Suomen sekä käsittelytavaltaan toisistaan selvästi poikkeavien metsiköiden erilliseen tarkasteluun. Kun toiselta puolen on hyvin aiheellista pyrkiä välttämään esim. läpimittajakaantumisen kytkemistä sellaisen menetelmän käytön yhteyteen, joka luonnostaan ei edellytä läpimitan arvioimista tai mittaamista, tarkastellaan muotolukua jäljempänä vain keskipituuden funktiona.



Kuva 2. Muotoluku puulajeittain.
Fig. 2. Form factor by tree species.

Mainittakoon tämän yhteydessä, että esim. Prodanin (1953) esittämät, kuutiomäärän arvioimista varten laaditut muotokorkeusluvut, jotka edellyttävät keskiläpimitan tuntemista, lienevät vaikeahkoja soveltaa käytäntöön. Samoin syntynee vaikeuksia lähdettäessä Jonsonin muotoluokkien pohjalta, niin kuin Smith ja Bondeson (1954) ovat tehneet. Muotoluokkien käyttö toisi mukaan uuden arvioitavan tekijän ja samalla uusia virhemahdollisuuksia, minkä lisäksi muotoluokkien soveltaminen on vierasta meikäläiselle metsänarvioimiselle.

Nyt suoritettu muotolukujen laskenta perustuu kaikkiaan 631 koealametsikköön. Tuloksia on voitu lisäksi verrata edellä (s. 11) puheena olleiden 115 männikön tuloksiin, joten yhteensä voidaan katsoa olevan kysymyksessä 746 metsikön aineiston. Pääosa koealoista on mitattu vv. 1948—1954 hakkauksilla käsiteltyjä metsiä koskeviin tutkimuksiin, mutta osaksi on käytetty kestokoealoja, III valtakunnan metsien arvioinnin koealoja sekä ilmakuvien tutkimus-

metsiköitä. Koealojen joukossa ovat eri kasvupaikat edustettuina. Kuutiomäärän laskenta perustuu melkein kaikissa tapauksissa Ilvessalon (1948) taulukkoihin.

Kuvassa 2 esitetään silmävaraisesti piirretyt tasoituskäyrät tärkeimmille metsikkölajeille, nimittäin metsänhoidolliselta tilaltaan hyviksi tai tyydyttäviksi (vrt. Ilvessalo 1942, s. 19) arvioiduille, ainakin likimain puhtaille ja tasaikäisille Suomen eteläpuoliskon männiköille, kuusikoille ja koivikoille. Käyrien pohjana on em. järjestyksessä puulajeittain 152, 102 ja 100 metsikköä. Yksityisten koealojen hajaantumista käyrien kahden puolen voidaan kuvata laskemalla neliökeskiarvo niistä sadannesluvuista, jotka ordinaatan suunnassa lukien osoittavat, kuinka paljon koealametsikön muotoluku on keskimääräistä suurempi tai pienempi. Näin laskettu hajonta keskivirheineen on seuraava:

Männiköt	4.6 ± 0.37 %
Kuusikot	3.8 ± 0.37 »
Koivikot	4.9 ± 0.50 »

Kun hajonta on näin kohtuullisissa rajoissa, näyttää käyrien osoittamia muotolukuja käyttäen tapahtuva kuutiomäärän arvioiminen olevan kestävällä pohjalla. Käytännön arviointeja varten lienee käyrien osoittama muotoluvun suuruus syytä pitää mielessä jonkinlaisena karkeana muistisääntönä. Taulukossa 2 esitetään vielä pituusluokittain, miten suuri on tunnus keskipituus × muotoluku eli ns. muotokorkeus. Viitattakoon myös jäljempänä esitettäviin kuutioimistaulukkoihin.

Taulukko 2. Muotokorkeus puulajeittain.

Table 2. Form height by tree species.

Keskipituus, m *Mean height, m.*	Puulaji — *Tree species*			Keskipituus, m *Mean height, m.*	Puulaji — *Tree species*		
	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*		Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*
	Muotokorkeus, m — *Form height, m.*				Muotokorkeus, m — *Form height, m.*		
4	3.12	3.12	3.60	17	8.25	8.36	7.85
5	3.42	3.42	3.50	18	8.60	8.79	8.26
6	3.75	3.75	3.48	19	8.95	9.23	8.66
7	4.14	4.14	3.70	20	9.30	9.68	9.06
8	4.56	4.56	4.06	21	9.64	10.12	9.45
9	4.98	4.98	4.47	22	9.97	10.56	9.83
10	5.40	5.40	4.90	23	10.30	11.00	10.23
11	5.82	5.82	5.33	24	10.63	11.44	10.63
12	6.24	6.24	5.76	25	10.97	11.88	11.03
13	6.66	6.66	6.19	26	11.31	12.32	11.44
14	7.08	7.08	6.61	27	11.66	12.77	—
15	7.50	7.50	7.02	28	12.01	13.22	—
16	7.89	7.93	7.44	—	—	—	—

Käsityksen saamiseksi muotoluvusta Suomen eteläpuoliskon epätasaisissa, lähinnä harsituissa metsiköissä, laskettiin näiden metsiköiden keskimääräinen poikkeaminen kuvassa 2 esitetyistä käyristä, jolloin myös poikkeusten suunta otettiin huomioon. Saadulle keskiarvolle laskettiin myös keskivirhe. Vastaava laskenta suoritettiin maan pohjoispuoliskon metsiköille käsittelemällä tilaltaan erilaisia metsiköitä yhdessä. Käytettävissä oli 50 harsittua männikköä maan eteläpuoliskosta ja 86 männikköä Inarista ja Sodankylästä, kuusikoita vastaavasti 46 ja 35 (vm:t Pellon—Kittilän—Sodankylän korkeudelta) sekä koivikoita 20 ja 40 (vm:t eri tahoilta, kuitenkaan ei varsinaisia tunturikoivikoita). Kun maan eteläpuoliskon harsituille männiköille saatiin edellä selostetulla tavalla luku -2.5 ± 0.67 % ja Pohjois-Suomen männiköille -2.1 ± 0.67 %, soveltuvat kuvasta 2 ilmi käyvät muotoluvut verraten tyydyttävästi kaikille männiköille. Kuusen osalta vastaavat luvut ovat -4.4 ± 0.54 % ja -11.8 ± 1.01 %, joten sekä maan eteläpuoliskon harsittujen metsiköiden että varsinkin Pohjois-Suomen kuusikoiden kohdalla kuvan 2 osoittamat luvut ovat liian suuria. Kun Etelä-Suomen harsituille koivikoille on saatu -0.3 ± 1.04 % ja maan pohjoispuoliskon koivikoille -5.0 ± 1.41 %, ovat kuvasta 2 saatavat muotoluvut vain viimeksi mainituille keskimäärin liian suuria.

Kuutioimistaulukot

Edellä suoritettujen selvitysten perusteella voidaan metsikön pohjapinta-alan ja keskipituuden avulla tulla kuutiomäärään. Käytännössä se tapahtuu helpoimmin, jos voidaan turvautua valmiiksi laadittuihin kuutioimistaulukkoihin. Sellaiset esitetään sekä männiköille, kuusikoille että koivikoille taulukoissa 3 ja 4.

Taulukoiden soveltuvuus erilaisille metsiköille on oikeastaan käynyt ilmi jo edellä muotokorkeuden yhteydessä. Kerrattakoon kuitenkin seuraavassa pääpiirteet taulukoiden käytöstä.

Taulukot, jotka on laadittu mm. taulukosta 2 ilmi käyviä muotokorkeuksia hyväksi käyttäen, soveltuvat männylle koko maassa. Kuitenkin kuutiomäärä hyvien metsätyyppien tiheissä metsiköissä voi olla keskimäärin vähän taulukoiden osoittamaa suurempi ja vastaavasti karuilla kasvupaikoilla, maan pohjoisosassa sekä yleensä harsituissa metsiköissä hiukan pienempi. Kuusen osalta taulukot sopivat parhaiten ainakin likimain tasaisille maan eteläpuoliskon metsiköille. Esim. epätasaiseksi harsitun kuusikon kuutiomäärään tullaan vähentämällä taulukkoarvosta keskimäärin n. 5 %, kun taas vähennys on Pohjois-Suomen kuusikoille oleva n. 10 %. Koivun taulukkoa voidaan käyttää kaikille metsiköille maan eteläpuoliskossa, mutta pohjoispuoliskossa on vähennettävä taulukon 4 osoittamista luvuista

Taulukko 3. Männikön ja kuusikon kuutioimistaulukko.

Table 3. Stand volume table for Scots pine and Norway spruce.

Pohjapinta-ala, m²/ha *Basal area, sq.m. per ha.*	Mänty ja kuusi *Pine and spruce*							Mänty — *Pine*						Kuusi — *Spruce*						Pohjapinta-ala, m²/ha *Basal area, sq.m. per ha*
	Keskipituus, m — *Mean height, m.*																			
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	18	20	22	24	26	28	
	Kuutiomäärä kuorineen, m³/ha *Volume incl. bark, cu.m. per ha*																			
6	19	23	27	32	37	42	47	52	56	60	64	68	72	53	58	63	69	74	79	6
8	25	30	36	43	50	57	63	69	74	80	85	90	96	70	77	84	92	99	106	8
10	31	38	46	54	62	71	79	86	93	100	106	113	120	88	97	106	114	123	132	10
12	37	45	55	65	75	85	94	103	112	120	128	136	144	105	116	127	137	148	159	12
14	44	53	64	76	87	99	110	120	130	140	149	158	168	123	136	148	160	172	185	14
16	50	60	73	86	100	113	126	138	149	160	170	181	192	140	155	169	183	197	212	16
18	56	68	82	97	112	127	142	155	167	179	191	204	216	158	174	190	206	222	238	18
20	62	75	91	108	125	142	158	172	186	199	213	226	240	176	194	211	229	246	264	20
22	69	83	100	119	137	156	174	189	204	219	234	249	264	193	213	232	252	271	291	22
24	—	90	109	130	150	170	189	206	223	239	255	271	288	211	232	253	275	296	317	24
26	—	—	118	140	162	184	205	224	242	259	276	294	312	229	252	275	297	320	344	26
28	—	—	—	151	175	198	221	241	260	279	298	317	336	246	271	296	320	345	370	28
30	—	—	—	162	187	212	237	258	279	299	319	339	360	264	290	317	343	370	397	30
32	—	—	—	—	200	227	252	275	298	319	340	362	384	281	310	338	366	394	423	32
34	—	—	—	—	—	241	268	292	316	339	361	385	408	298	329	359	389	419	449	34
36	—	—	—	—	—	255	284	310	335	359	383	407	432	316	348	380	412	444	476	36
38	—	—	—	—	—	—	300	327	353	379	404	430	456	334	368	401	435	468	502	38
40	—	—	—	—	—	—	316	344	372	399	425	452	480	352	387	422	458	493	529	40
50	—	—	—	—	—	—	—	430	465	498	531	565	600	440	484	528	572	616	661	50

Taulukko 4. Koivikon kuutioimistaulukko.

Table 4. Stand volume table for birch.

Pohjapinta-ala, m²/ha *Basal area, sq.m. per ha*	Koivu — *Birch*												Pohjapinta-ala, m²/ha *Basal area, sq.m. per ha*
	Keskipituus, m — *Mean height, m.*												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	
	Kuutiomäärä kuorineen, m³/ha *Volume incl. bark, cu.m. per ha*												
6	22	21	24	29	35	40	45	50	54	59	64	69	6
8	29	28	32	39	46	53	60	66	72	79	85	92	8
10	36	35	41	49	58	66	74	83	91	98	106	114	10
12	43	42	49	59	69	79	89	99	109	118	128	137	12
14	50	49	57	69	81	93	104	116	127	138	149	160	14
16	58	56	65	78	92	106	119	132	145	157	170	183	16
18	65	63	73	88	104	119	134	149	163	177	191	206	18
20	72	70	81	98	115	132	149	165	181	197	213	229	20
22	—	77	89	108	127	145	164	182	199	216	234	252	22
24	—	—	97	118	138	159	179	198	217	236	255	275	24
26	—	—	106	128	150	172	193	215	236	256	276	297	26
28	—	—	—	137	161	185	208	231	254	276	298	320	28
30	—	—	—	—	173	198	223	248	272	295	319	343	30
40	—	—	—	—	—	264	297	330	362	393	425	458	40

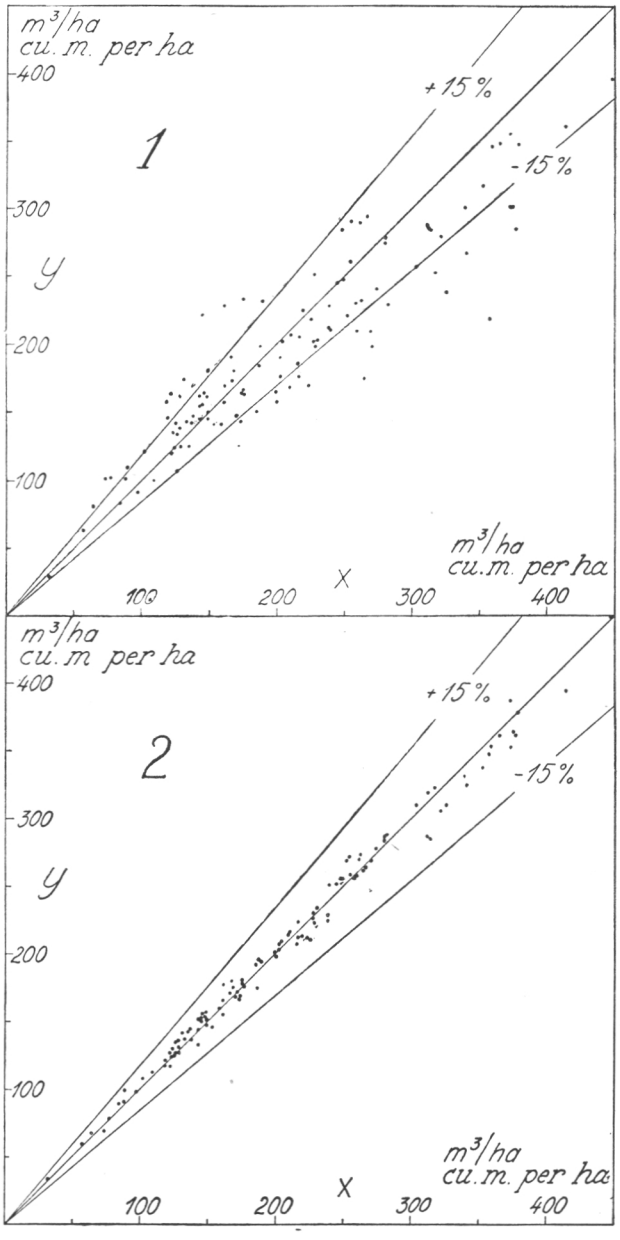
keskimäärin 5 %. Raudus- ja hieskoivu on käsitelty yhdessä. Taulukoiden soveltumista tunturikoivikkoihin ei ole selvitetty.

Taulukkoihin on tilan säästämiseksi täytynyt sekä pohjapinta-ala että keskipituus ottaa vain parillisina lukuina, joten väliarvot on interpoloitava joko vaaka- tai pystysuoraan taikka vinoonkin esim. vasemmalta alhaalta oikealle ylös, milloin havaintoa tehtäessä molemmat tarvittavat lukemat ovat parittomia.

Käytettäessä taulukoita sekametsiköissä voidaan eri puulajit kuutioida erikseen. Milloin sekapuulajien osuus on vähäinen, voitaneen se metsikön kuutiomäärää haettaessa ottaa taulukosta yhdessä pääpuulajin kanssa; siitä huolimatta saadaan tarvittaessa eri puulajien osuudet kuutiomäärästä selville tarkastelemalla pohjapinta-alan jakaantumista. Jos taas metsikössä on eri puujaksoja, on yleensä tarkoituksen mukaista kuutioida kukin jakso erikseen.

Arvioitaessa menetelmän antamien tulosten luotettavuutta metsikön kuutiomäärän selvittämisessä voidaan käyttää hyväksi eri tunnusten yhteydessä tässä tutkimuksessa esitettyjä tietoja. Ensiksikin pohjapinta-alan määrittämisessä relaskoopilla on tarjolla useita virhemahdollisuuksia, mutta keskivirheen voitaneen arvioida olevan $\pm$ 4—5 %:n tienoilla ilman metsikön epähomogenisuuteen kytkeytyvää edustavuusvirhettä. Viimeksi mainitun arvioiminen on vaikeaa, mutta esim. toistoilla tai mahdollisesti myös havaintokohtien taitavalla valinnalla (vrt. s. 13) voitaneen keskivirhe ilman suurta rasitusta painaa tältä osaltaan $\pm$ 5 %:n tienoille, joten pohjapinta-alan selvittämisessä voitaneen puhua jostakin $\pm$ 7 %:n keskivirheestä. Keskipituutta arvioitaessa syntyy erisuuria virheitä erilaisissa metsiköissä, mutta lopputulokseksi saatavaan kuutiomäärään vaikuttavan keskivirheen suuruudeksi voitaneen kuitenkin arvioida $\pm$ 3—4 %. Muotoluvun osalta taas voitaneen puhua $\pm$ 4—5 %:n keskivirheestä. Näin tulisi menetelmän luotettavuutta osoittavan keskivirheen suuruudeksi $\pm \sqrt{7^2 + 4^2 + 5^2}$ % $\approx \pm$ 9—10 %.

Edelleen voidaan menetelmän luotettavuutta arvioida niiden kokeiden perusteella, joita pohjapinta-alan osalta jo aiemmin (ss. 11—13) on selostettu ja joissa henkilö, jolla ei ollut mainittavaa käsitystä esim. metsikön kuutiomäärän silmävaraisesta arvioinnista, joutui selvittämään nyt kyseessä olevien taulukoiden avulla kuutiomäärän 115 männikössä, miltei kaikissa tapauksissa itsenäisesti. Hänen saamiansa tuloksia valaistaan kuvassa 3. Sekä numerolla 1 että numerolla 2 merkityssä tapauksessa nähdään x-akselilla ympyräkoealan perusteella laskettu metsikön kuutiomäärä. Tapauksessa 1 on y-akselilla relaskooppia ja nyt esitettyjä kuutioimistaulukoita hyväksi käyttäen saatu kuutiomäärä. Korrelaatiokertoimen (r) arvoksi saadaan 0.916 $\pm$ 0.015 sekä keskiarvoksi x-akselin suunnassa 207.9 m^3/ha



Kuva 3. Kuutioimistaulukoilla saatujen tulosten luotettavuus (selitys tekstissä).

Fig. 3. Reliability of results obtained by means of stand volume tables (explanation on page 30).

ja y-akselin suunnassa 199.4 m³/ha. Esim. II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa on kuutiomäärän arviointiin erityistä valmennusta saaneiden metsänhoitajien suorittamissa töissä korrelaatio ollut arvioitujen ja laskettujen kuutiomäärien välillä keskimäärin 0.927 ± 0.008 metsiköissä, joiden keskikuutiomäärä oli vain n. 65 m³/ha (Ilvessalo 1942, s. 261). Näin siis relaskoopin avulla on henkilö, jolta aiempi kokemus on puuttunut, saavuttanut jokseenkin yhtä hyviä tuloksia kuin kuutiomäärän silmävaraiseen arvioimiseen harjaantuneet ammattimiehet, jotka ovat suorittaneet arvioimisensa käyttämällä tukenaan metsikön tiheyteen perustuvia aputaulukoita.

Edellä on kuitenkin relaskoopilla saavutettujen tulosten vertauskohteeksi otettu sellaisten ympyräkoealojen tulokset, joiden käytön suhteen on äsken viitatussa yhteydessä (ss. 11—13) esitetty tiettyjä varauksia. Relaskoopilla saatujen ja ympyräkoealojen antamien kuutiomäärien väliset erot selittyvät suurimmaksi osaksi tutkimusmetsiköiden epähomogenisuudesta pohjapinta-alaan aiheutuneiden erojen avulla. Viimeksi mainitun tunnuksen osalta päästään varmasti parempiin tuloksiin, kun taitavasti käytetään hyväksi esim. toistoja. Ilmeisesti saadaan relaskoopin avulla arvioitujen sekä todellisten kuutiomäärien välinen korrelaatio samalla huomattavasti paranemaan edellä esitetystä. Siihen viittaavat nekin 11 metsikössä suoritetut mittaukset, joista jo aiemmin (s. 13) on mainittu. Kirjoittaja suoritti näissä metsiköissä, joiden kuutiomäärä oli vaihdellen 85—395 m³/ha, relaskooppihavainnot tietyn järjestelmän mukaan muulloin 4:stä, mutta kahdessa metsikössä 3:sta eri kohdasta. Lisäksi tehtiin keskipituuden määrittämiseksi kussakin metsikössä pituusmittaukset 1—2 puusta. Keskimäärin johtivat relaskooppihavaintoihin pohjautuvat kuutiomäärän arvioinnit vain 1.3 % liian pieneen tulokseen. Kun arvioitujen kuutiomäärien keskimääräinen poikkeaminen todellisina pidetyistä kuutiomääristä oli samalla 7.0 %, tukevat nämä tulokset varsin hyvin aiemmin suoritettua nyt kysymyksessä olevan menetelmän luotettavuuden arviointia.

Se että esitetyt kuutioimistaulukot ja samalla kuutiomäärän arvioiminen relaskooppia apuna käyttäen ovat terveellä pohjalla, käy ehkä parhaiten ilmi kuvan 3 numerolla 2 merkitystä tapauksesta, missä y-akselille on otettu taulukoista saatu kuutiomäärä käytettäessä ympyräkoealojen osoittamia »todellisia» pohjapinta-aloja; kuitenkin keskipituus on otettu maastossa arvioituna. Tulokset ovat nyt erinomaiset, sillä poikkeukset ovat yleensä varsin vähäisiä nousten vain satunnaisesti n. 10 %:een. Suhteellisesti suurimpia ovat taulukoilla saadut tulokset esim. parin hakamaamännikön kohdalla ja pienimpiä eräissä tiheissä mustikkatyypin metsiköissä. Huomattakoon myös, että suuret kuutiomäärät on saatu suhteellisesti ainakin yhtä luotettavasti kuin pienet.

Mittauksiin kuluva aika

Koska relaskoopin käyttökelpoisuutta arvioitaessa on mittauksiin kuluvalla ajalla oma tärkeä merkityksensä, suoritettiin jonkin verran havaintoja myös tässä mielessä. Näitä havaintoja tehtäessä pyrittiin työnopeus säilyttämään samanlaisena kuin tavallisesti.

Mittauksiin kuluva aika on suuressa määrin metsikön laadusta riippuvainen. Niinpä tiheä metsikkö vie enemmän aikaa kuin harva, siellä missä on näkyvyyttä estävää alikasvoskuusta tai muuta puiden oksistoa käy mittaus hitaammin kuin hyvän näkyvyyden vallitessa, jne. Yhteensä 20 havainnon perusteella voidaan sanoa, että kun relaskoopissa on käytetty suhdetta 1 : 50, on pohjapinta-alan selvittäminen vienyt keskimäärin 1 minuutin männikössä, jossa mainitun tunnuksen suuruus on 10 m^2/ha. Pohjapinta-alaltaan 20 m^2/ha käsittävä männikkö on vienyt aikaa niukasti 1 ½ min, kun taas melko vaikeassa 30 m^2/ha sisältävässä kuusikossa on kulunut aikaa keskimäärin 2 min 20 sek. Milloin taas pohjapinta-alaa koskevia havaintoja metsikössä on tehty n. 40 m:n etäisyyksin toisistaan yhteensä 4 kpl ja lisäksi 2 pituusmittausta B l u m e - L e i s s i n kojeella, on niihin perustuva kuutiomäärän selvittäminen vienyt aikaa 10—15 min metsikköä kohden. Jos taas yhdestä havaintokohdasta on kysymys, näyttää kuutiomäärän arvioimiseen 5 min riittävän.

Niin kuin tiedetään, on ajan menekki olennaisesti suurempi, milloin kuutioiminen suoritetaan mittaamalla tavanomainen koeala ja käyttämällä apuna kuutioimistaulukkoja. Korkeintaan on esim. tavallinen ympyräkoeala silloin kahden miehen toimesta rajoitettu, kun relaskooppia käyttäen yksi mies on ehtinyt selvittää pohjapinta-alan ja vain pituusluku puuttuu. Ympyräkoealalla on vielä suoritettava puiden luku läpimittaluokittain sekä tehtävä pituus- ja kapenemishavainnot, minkä jälkeen seuraavat aikansa vaativat laskentatyöt. Menetelmien vertailussa on kuitenkin tulosten laatu ja tarkkuus erikseen punnittava.

K e e n (1950, s. 255) toteaa ajan säästön metsikön pohjapinta-alan määrityksessä olevan relaskooppia käytettäessä 60—64 % tavalliseen koealamenetelmään verrattuna, jos vaatimukseksi asetetaan saman tarkkuuden saavuttaminen. L ø v e n g r e e n i n (1950, ss. 524—525) luvut relaskooppimittausten vaatimasta ajasta pohjapinta-alaa yksityisten havaintokohtien perusteella selvitettäessä sopivat hyvin yhteen edellä esitettyjen, tämän kirjoittajan tekemien havaintojen kanssa.

Loppukatsaus

Tutkimuksessa on aluksi tarkasteltu metsikön pohjapinta-alan määrittämistä relaskoopilla ja siihen liittyviä virhemahdollisuuksia, jolloin huomiota on kiinnitetty mm. rajapuiden lukemisessa syntyviin sekä niihin virheisiin, jotka aiheutuvat maaston kaltevuudesta, mittauskorkeuden arvioimisesta ja puiden sijaitsemisesta toistensa takana jouduttaessa havainnot tekemään samasta paikasta käsin. Suurimpia poikkeuksia tuloksiin näyttävät kuitenkin aiheuttavan metsikön epähomogenisuudesta johtuvat virhemahdollisuudet. Näiden kysymysten valaisu lähinnä nyt suoritettujen koemittausten avulla opettaa ymmärtämään puheena olevan menetelmän luonnetta ja tarjoaa siten edellytykset tyydyttävien tulosten saavuttamiseen.

Keskeisenä tutkimustehtävänä on ollut kehittää menetelmä, jossa relaskoopin avulla määritettyä pohjapinta-alaa käytetään hyväksi metsikön kuutiomäärän arvioimiseksi. Siinä mielessä on tutkittu tarkoitukseen soveltuvaa metsikön keskipituutta ja sen käytännöllistä määrittämistä sekä edelleen muotolukua keskipituuden funktiona. Sen perusteella on voitu laatia männiköille, kuusikoille ja koivikoille kuutioimistaulukot, joissa tekijöinä ovat pohjapinta-ala ja keskipituus ja jotka tietyissä metsikkölajeissa huomioon otettavin korjauksin soveltunevat käytettäviksi koko maassa. Laadintatapansa puolesta taulukot ovat terveellä pohjalla ja näyttää siltä, että niitä sekä relaskooppia käyttäen keskivirhe metsikön kuutiomäärän nopeassa arvioimisessa jää $\pm$ 9—10 %:n tienoille.

Luonteeltaan menetelmä soveltuu käytettäväksi varsinkin silloin, kun lähinnä käytännön tarpeita varten pyritään saamaan selville kuutiomäärä ja sen jakaantuminen eri puulajien kesken. Täydennettynä läpimittojen mittauksella menetelmä saattaa nopeuttaa myös puuston rakenteen selvittämistä. Erityisesti tuntuisi esim. metsätaloussuunnitelmien pohjaksi tarvittavissa maastotöissä monesti soveliaalta käyttää relaskooppia apuna, koska pääasiallisesti kustannussyistä joudutaan usein luopumaan tavanomaisiin koealoihin pohjautuvista arvioinneista. Silloin relaskoopin käyttö merkitsee, että ei tarvita jättäytyä silmävaraisen arvioinnin varaan; milloin taas silmävaraista arviointia käytetään, sopinee relaskooppi myös silmävaraisen arvioinnin tarkistukseen. Relaskoopin erityinen ansio on, että

tuntuvat systemaattiset virheet voidaan välttää ja suuretkin kuutiomäärät kyetään selvittämään suhteellisesti yhtä luotettavasti kuin pienet. Sen sijaan varsinkin juuri mainitut virhemahdollisuudet voivat heikentää myös kokeneiden arviomiesten silmävaraisesti saavuttamia tuloksia. Relaskooppimenetelmää voidaan niin ollen tietyllä tavalla pitää tähänastisten arvioimismenetelmiemme tervetulleena välimuotona.

Huomattakoon muuten, että metsikön tiheys — sinänsä varsin harkinnanvarainen tunnus — on yleisesti jouduttu ottamaan yhdeksi tekijäksi tähän saakka käytettyihin kuutiomäärän silmävaraisen arvioinnin aputaulukkoihin. Toisaalta on varsinkin viime vuosina voimakkaasti korostettu, että tiheyttä arvioitaessa on mm. kasvupaikan ja hakkausten laatu otettava huomioon. Tälle linjalle ei kuitenkaan voida lähteä mainittuja aputaulukoita käytettäessä. Niinpä esim. biologisesti katsoen täysitiheä rämemännikkö voi taksatorisesti edustaa varsin heikkoa tiheyttä, joten kuutiomäärä on haettava ehkä tiheysluvun 0.4 kohdalta aputaulukosta. Kun sekä varsinaisen tiheyden arvioiminen että kuutiomäärän arvioimiseksi tarvittavan tiheysluvun määrittäminen on käytännössä yleensä suoritettava samalla kuviolla perätysten, joudutaan varsin helposti kompromisseihin ja sekavuuteen. Olisi sen takia koetettava päästä tästä kiusallisesta ilmiöstä.

Relaskoopin käyttö tarjoaa tilaisuuden biologisen ja taksatorisen tiheyden erottamiseen. Jo verraten lyhytaikaisten relaskooppimittausten jälkeen näet alkaa tiheysluvun arvioiminen taksatorisessa mielessä tuntua kokonaan tarpeettomalta. Toimitusmies alkaa sen sijaan tarvittaessa arvioida, montako puuta tietystä metsiköstä tulisi mukaan relaskooppia käytettäessä, ts. mikä on metsikön pohjapinta-ala. Tällöin on paremmat edellytykset myös biologisen tiheysluvun riippumattomaan arvioimiseen. Näin siis relaskoopin käyttö on omiansa johtamaan kyseisessä suhteessa entistä selvemmille linjoille samalla kun se muutenkin merkitsee, niin kuin edellisestä on käynyt ilmi, metsänarvioimismenetelmiemme monipuolistumista ja rikastumista.

Kirjallisuutta

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

—»— 1952. Die Winkelzählprobe. — Forstwiss. Centralbl.

Bondeson, Vilhelm. 1954. Katso Nils Smith ja Vilhelm Bondeson 1954.

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

Eklund, Bo. 1954. Spegelrelaskopet. — Svenska Skogsvårdsför. Tidskr.

Ilvessalo, Yrjö. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. — Acta forest. fenn. 15.

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

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

Keen, E. A. 1950. The Relascope. — T. Emp. Forest. Rev., Vol. 29.

Kuusela, Kullervo. 1953. Zur Theorie der forstlichen Zuwachsberechnung auf Grund der periodischen Messung. — Acta forest. fenn. 60.

Lönnroth, Erik. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. — Acta forest. fenn. 30.

—»— 1926. Der stereometrische Bestandesmittelstamm. — Acta forest. fenn. 30.

Løvengreen, J. A. 1950. Taksationsspejl til afsaetning af cirkulaere prøveflader samt grundfladetaelling afprøvet af Statens forstlige Forsøgsvaesen. — Dansk Skovfor. Tidsskr.

Nyyssönen, Aarne. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the Structure and Development of Finnish Pine Stands Treated with Different Cuttings. — Acta forest. fenn. 60.

Prodan, M. 1953. Genauigkeit der Winkelzählprobe nach Bitterlich. — Allg. Forstztg.

Seip, Hans Kristian. 1952. Relaskopet. — Tidskr. for Skogbruk.

Smith, Nils — Bondeson, Vilhelm. 1954. Bestämning av virkesförråd med tillhjälp av relaskop. — Skogen.

Vuokila, Yrjö. 1952. Havaintoja puiden luvussa syntyvistä virheellisyyksistä. Summary: Observations on Inaccuracies in the Callipering of Trees. — Metsätal. Aikakausl.

ESTIMATION OF STAND VOLUME BY MEANS OF THE RELASCOPE

Summary

The surprisingly simple and time-saving method for the determination of the basal area of a stand by relascope, discovered a few years ago by Bitterlich (1948; 1952), has aroused interest in various countries, as is evidenced by the numerous articles on the subject. At the Forest Research Institute of Finland it was also found necessary to study the serviceability of the relascope and the reliability of measurements with this apparatus. It was of particular interest, however, to study the possibility of measuring that essential characteristic of forest mensuration, stand volume, with the relascope.

The present investigation first considered the determination of the basal area of a stand by relascope and the potential errors connected with it. Attention was devoted e.g. to errors arising in counting the border trees, from the slope of the ground, estimation of breast height and trees hidden from view when the observations must be carried out from a fixed position. The greatest deviations in the results, however, seemed to be due to potential errors arising from the lack of homogeneity of the stand. It was found in the trial measurements that e.g. when several relascope observations were made from different positions in the stand the standard deviation of individual observations from their mean was 16 per cent. Hence, reliable results require e.g. repeated observations.

In addition to the basal area height and form factor were considered in establishing the stand volume. Height estimation was based on the mean height of the stand. For this purpose that tree, which was median in diameter for the basal area, was first computed; its height, as taken from the height curve, was considered the mean height of the stand. Searching for this tree by relascope is relatively simple (cf. Burkart 1948) and an idea can also be obtained in the process of the structure of the growing stock. In order to facilitate the practical determination of mean height a study was made of the difference between the mean height and the highest trees of the stand, excluding a few marginal variants. The average difference in at least approximately even Scots pine stands and birch stands was some 2 m and in Norway spruce stands 2.5—3.0 m, but in uneven stands 0.5—1.0 m greater on an average.

The previously accepted approximate value for breast height form factor was 0.5 (cf. e.g. Eklund 1954). It was desired to study the matter in detail on the basis of the material now available, a total 746 sample stands. To start with, the form factor for each stand was computed from the volume including bark. In subsequent efforts to find out the factors on which the form factor may depend it was discovered that the form factor generally decreased as the mean height grew. But its correlation with other factors seemed weak. The stands of the southern and northern half of Finland were treated separately. Fig. 2 (p. 18) illustrates the size of the form factor

in at least approximately even stands in the southern half of Finland, and Table 2 (p. 19) shows the so-called form height, i.e. form factor × mean height.

Consequently, the volume can be arrived at from the basal area and mean height of the stand. In practice it is easiest to refer to volume tables prepared in advance. Such volume tables for pine stands, spruce stands and birch stands are shown in Tables 3 and 4. The tables are applicable to Scots pine throughout the country. However, the volume in dense stands on good forest site types may on an average slightly exceed that given in the tables; on barren sites, in the northern parts of the country and generally in selectively cut stands it may be slightly lower. For Norway spruce, the tables are most accurate for at least approximately even stands in the southern half of Finland. For instance, the volume of a spruce stand selectively cut to unevenness is arrived at by subtracting an average of 5 per cent from the table value; for North Finnish spruce stands the subtraction must be 10 per cent. The birch table can be applied to all stands in the southern half of the country, but in the northern half an average of 5 per cent must be subtracted from the figures given in Table 4.

In appraising the reliability of the tables against individual observations it may be mentioned that a person with no previous experience of the task attained practically equally good results using the relascope and tables as professional men trained in ocular estimation of the volume who effected their estimation with the aid of auxiliary tables based on stand density. Case 1 of Fig. 3 (p. 23) shows along the y axis the volume obtained by relascope and the volume tables, along the x axis the volume obtained from a concentric, ordinary circular sample plot. The differences in the volumes obtained by the various methods arise primarily from the differences in basal areas. This is shown by Case 2, where the x axis shows the same as above but in computing the volume on the y axis the basal area has been taken from the ordinary circular sample plot to which the volume tables were applied. Hence the tables have a sound basis. By using replications or possibly by skilful selection of the individual observation points (cf. Smith and Bondeson 1954), better results obviously can be attained by relascope and the tables than are achieved by ocular estimation. The standard error in stand volume assessments by the method now in question can be said to amount to ± 9—10 per cent. A special merit of the relascope is that perceptible systematic errors can be avoided, and even big volumes can be estimated relatively as accurately as small. These are the potential errors that may detract from the results attained ocularly by even experienced appraisers.

The time required for the measurements depends greatly on the type of stand. But it has been found that through a total of 4 basal area observations in the stand from points 40 m apart and, in addition, 2 height measurements by Bitterlich-Leiss's apparatus, the volume can be determined in 10—15 min. per stand. If only one observation point is used 5 min. seems to suffice for the volume estimation. The time expenditure is essentially greater when the customary sample plots are used, but the quality and accuracy of results must be weighed separately in comparing the methods.

It should be noted that stand density — a very arbitrary characteristic — has generally had to be included as one factor in the auxiliary tables for ocular estimation of volume employed in Finland to date. On the other hand it has been strongly emphasized that density estimation must take into account e. g. the quality of the site and cuttings. Yet this cannot be done if the auxiliary tables are employed. For instance, a pine stand on a wet peat moor, biologically fully stocked (density 1.0), may mensurationally represent a very low density, and hence the volume must be

looked up perhaps against density value 0.4 in the auxiliary table. As both the biological density and that required for volume estimation must usually be decided in the same stand successively, compromise and confusion often ensue. This makes it important to try to get rid of this embarrassing phenomenon.

The relascope provides an opportunity of distinguishing between biological and mensurational density. Even after relatively short relascopic measurements the estimation of density value in the mensurational sense begins to seem completely unnecessary. The appraiser begins instead to estimate, where necessary, how many trees of a certain stand would be included if a relascope was used, i. e. to estimate the basal area of the stand. This provides better conditions for the independent estimation of the biological density value too. Thus the relascope tends to bring increased clarity in this respect at the same time as it lends added versatility to and enriches our forest mensuration methods.

UUSI EHDOTUS TYÖN JA TYÖAJAN JAOTTELUN YHDENMUKAISTAMISEKSI METSÄTYÖN TUTKIMUKSISSA

PAAVO ARO

ETT NYTT FÖRSLAG TILL FÖRENHETLIGANDE AV ARBETETS OCH ARBETSTIDENS INDELNING VID SKOGLIGA TIDSSTUDIER

EIN NEUER VORSCHLAG ZUR VEREINHEITLICHUNG DER ARBEITS- UND ARBEITSZEITEINTEILUNG IN FORSTLICHEN ZEITSTUDIEN

A NEV SCHEME FOR GREATER UNIFORMITY IN THE CLASSIFICATION OF WORK AND WORKING TIME IN FORESTRY TIME STUDIES

HELSINKI 1954

Helsinki 1954. Valtioneuvoston kirjapaino

Kansainvälisen metsätieteellisten tutkimuslaitosten liiton töiden tehostamista käsittelevä osasto 32 on ottanut tehtäväkseen metsätöiden tutkimuksissa käytettyjen menetelmien ja terminologian yhtenäistämisen. Myöskin pohjoismainen metsätyöntutkimusten neuvosto on ottanut tämän kysymyksen ohjelmaansa. Kun työn ja työajan jaottelu muodostaa yhden tärkeimmistä yhtenäistämiskohteista on kirjoittaja, joka jo aikaisemmin on tehnyt asiasta ehdotuksia, laatinut uuden ehdotuksen suomen, ruotsin, saksan ja englannin kielellä mainituissa kansainvälisissä elimissä käytävän keskustelun pohjaksi.

Helsingissä marraskuun 5 päivänä 1954.

Paavo Aro.

Uusi ehdotus työn ja työajan jaottelun yhdenmukaistamiseksi metsätyön tutkimuksissa.

Professori Paavo Aro.
Metsäntutkimuslaitos, Helsinki, Suomi.

Suunniteltaessa kansainvälisesti käyttökelpoista työn ja työajan jaottelua metsätöiden aikatutkimuksia varten on pidettävä silmällä, että jaottelu on mahdollisimman yksinkertainen ja että jaottelussa esiintyvät työn ja ajan osat ovat kaikissa maissa käsitteellisesti samanlaisia. Tällöin täytyy ensimmäiseksi tehdä selväksi käsitteet »työ» ja »työaika». Ei voida tyytyä esim. mekaniikan määritelmään, jonka mukaan työ on voiman ja matkan tulo, koska tällöin jäävät mm. kaikki staattiset liikkeet työkäsitteen ulkopuolelle. Tästä jo huomataan, että työtä määritettäessä on otettava huomioon, mitä oikein tapahtuu työtä tehtäessä ja mitkä tapahtumat ovat sellaisia, että kaikkien maiden aikatutkijat voivat ne samanlaisina havaita ja ajalla mitata. Lehmannin (1953) mukaan työntutkijan silmissä työtä on kaikki inhimillinen toiminta, jota suoritetaan jotakin ammattia harjoitettaessa ja jolla hankitaan elämisen edellytykset inhimillisen yhteiskunnan piirissä. Lisäksi työ on arvoja tuottavaa toimintaa, joka tämän kansantalouteen pohjautuvan määritelmän mukaan, huolimatta ihmisruumiin toimintojen yhtäläisyydestä, muodostaa vastakohdan urheilulle, leikille ja harrastuksille olkootpa ne henkisesti miten arvokkaita tahansa. Mattsson Mårnin (1953) määritelmän mukaan (Sundberg 1954, s. 1) työ on aktiivista toimintaa, jonka tarkoituksena on muuttaa toiminnan kohde muodoltaan, asemaltaan tai olemukseltaan toiseksi. Koska tämä määritelmä sulkee vielä sisäänsä myöskin mm. sellaisen toiminnan kuin urheilu, leikki, tanssi

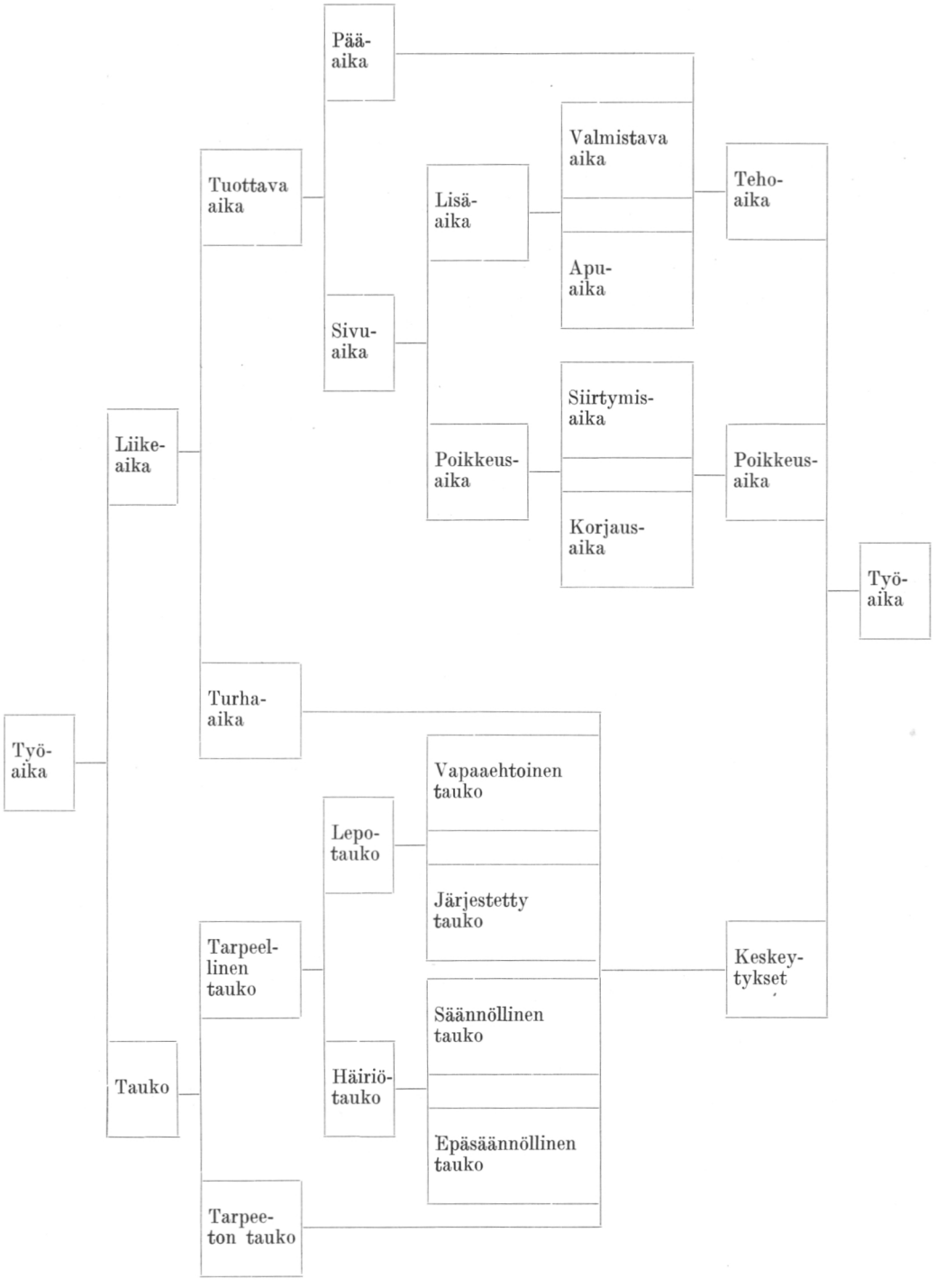
8535—54/2, 61

jne., on tähän määritelmään lisättävä vielä lause: ja saavuttaa jokin taloudellinen päämäärä. Tällöin työtä tarkoittavalle toiminnalle annetaan sama taloudellinen merkitys, kuin Lehmanninkin määritelmässä. Työajalla tarkoitetaan tällöin tähän aktiiviseen toimintaan kulunutta aikaa.

Ryhdyttäessä sitten analysoimaan tällaista, näiden määritelmien mukaista taloudelliseen päämäärään pyrkivää toimintaa, voidaan siinä erottaa kahdenlaisia, toisistaan selvästi poikkeavia fysiologisia tapahtumia, nim. työmiehen ruumiinsa lihaksilla tai lihasryhmillä suorittamia liikkeitä ja liikejaksoja sekä taukoja, joista työntutkijalla on mahdollisuus tehdä havaintoja ja suorittaa mittauksia. Jo Taylor aikoinaan lähti aikatutkimuksissaan tältä samalta pohjalta. Hänhän erotti kaikessa työssä perusliikkeet tai -liikejaksot ja mittasi näiden suoritukseen kuluneen ajan. Näiden perusliikeaikojen avulla oli mahdollista sitten vertailla hyvinkin eriläisiä töitä keskenään (Vrt. Walther 1950, s. 16, 134).

Lähdettäessä edellä esitetyllä pohjalla laatimaan loogillista työn ja työajan jaottelujärjestelmää on pidettävä kiinni siitä periaatteesta, että järjestelmän osat muodostavat kiinteän kokonaisuuden ja että osien nimitykset vastaavat kaikissa maissa samanlaisina pidettyjä käsitteitä. Näitä periaatteita noudattaen päädytään kuvan (s. 3) mukaiseen työpaikalla työnteon yhteydessä esiintyvien fysiologisten tapahtumien pohjalle rakennettuun työajan jaotteluun (Vrt. myös liitteeseen).

Edellä esitetyn *työn* analyysin nojalla työaika muodostuu *työliikkeisiin* kuluneesta liikeajasta ja tauoista. Tarkasteltaessa työssä suoritettavia liikkeitä huomataan, että suurin osa on sellaisia, jotka edistävät työnkohteen muuttamista ja siten taloudellisen päämäärän saavuttamista. Näitä liikkeitä nimitetään *tuottaviksi liikkeiksi* ja niihin kulunutta aikaa tuottavaksi ajaksi. — Osa työliikkeistä suoritetaan työnkohteen muuttamista ajatellen turhaan, ja päinvastoin kuin tuottavat liikkeet ne hidastavat päämäärään pääsemistä. Näiden *turhien liikkeiden* tekemiseen kulunutta aikaa nimitetään turha-ajaksi. Pääosa tuottavista liikkeistä on tavallisesti sellaisia, jotka välittömästi edistävät työnkohteen muuttamista. Koska näiden liikkeiden mukaan usein annetaan koko työlle nimi, kutsutaan näitä tuottavia liikkeitä *pääliikkeiksi* ja vastaavaa aikaa pääajaksi. Välittömien pääliikkeiden ohella suoritetaan useasti moniakin *sivuliikkeiksi* kutsuttavia tuottavia liikkeitä, jotka vain välillisesti edistävät työlle asetetun päämäärän saavuttamista ja joiden suorittamiseen kulunutta aikaa nimitetään sivuajaksi. Näitä sivuliikkeitä on kahdenlaisia, lisäliikkeitä ja poikkeusliikkeitä. *Lisäliikkeillä* tarkoitetaan sellaisia liikkeitä, joita tarvitaan pääliikkeiden lisänä työnkohdetta muutettaessa ja joihin kulunutta aikaa kutsutaan lisäajaksi. Toiset näistä


Työ-
aika
Liike-
aika
Tuottava
aika
Pää-
aika
Sivu-
aika
Lisä-
aika
Valmistava
aika
Apu-
aika
Poikkeus-
aika
Siirtymis-
aika
Korjaus-
aika
Turha-
aika
Tauko
Tarpeel-
linen
tauko
Tarpee-
ton tauko
Lepo-
tauko
Häiriö-
tauko
Vapaaehtoinen
tauko
Järjestetty
tauko
Säännöllinen
tauko
Epäsäännöllinen
tauko
Teho-
aika
Poikkeus-
aika
Keskey-
tykset
Työ-
aika

lisäliikkeistä suoritetaan joko ennen pääliikkeitä, jolloin niitä kutsutaan *valmistaviksi liikkeiksi* ja vastaavaa aikaa valmistavaksi ajaksi tai sitten päätyöliikkeiden ohella *apuliikkeinä*, jolloin aikaa nimitetään apuajaksi. Lisätyöliikkeet ovat eräiltä ominaisuuksiltaan pääliikkeiden kaltaisia. Ne molemmat kohdistuvat nimittäin samaan tai samoihin työnkohteisiin ja suoritetaan yleensä samoilla lihaksilla tai lihasryhmillä. Lisäliikkeiden ohella tekee työmies myöskin sellaisia sivuliikkeitä, jotka kohdistuvat aivan toisiin työnkohteisiin ja jotka suoritetaan usein kokonaan toisilla lihaksilla tai lihasryhmillä kuin pää- ja lisäliikkeet ja jotka keskeyttävät usein pitkäksikin aikaa muiden liikkeiden suorituksen. Tämän poikkeavuutensa vuoksi nimitetään näitä sivuliikkeitä *poikkeusliikkeiksi* ja vastaavaa aikaa poikkeusajaksi. Metsätöissä tärkeimpiä tällaisia poikkeusliikkeitä ovat työnkohteelta ja suorituspaikalta toiselle siirtymisessä kysymykseen tulevat *siirtymisliikkeet*, joihin kulunut siirtymisaika on tuiki tarpeellista tietää, sekä työkalujen, koneiden ym. kunnostamiseen ja korjaukseen käytetyt *korjausliikkeet*, joihin kuluneen korjausajan tunteminen on myöskin erittäin välttämätöntä.

Työssä esiintyvät tauot ovat joko tarpeellisia eli sellaisia, joita ei voida välttää, vaan jotka kuuluvat säännölliseen työn kulkuun, tai sitten tarpeettomia, joita voidaan ja joita tulisi välttää. Tarpeellisista tauoista osa käytetään työmiehen elintoiminnalle tärkeiden tarpeitten syömisen, juomisen, levon ym. tai eräiden nautintojen kuten tupakoimisen tyydyttämiseen. Näistä lepotauoista voi osa olla työmiehen itsensä pitämiä vapaaehtoisia taukoja ja osa taas työnjohdon taholta määräaikoina pidettäviksi säädettyjä, järjestettyjä taukoja. Osa tarpeellisista tauoista taas on sellaisia, joita syntyy työn kuluessa ilman työntekijän tai työnjohdon tahtoa työn ulkopuolisten tekijäin, kuten sään, työn järjestelyn, työhön liittyvien toisten töiden yms. aiheuttamina ja jotka häiritsevät työn säännöllistä kulkua. Tällaisia häiriötaukoja esiintyy työssä sekä säännöllisesti että epäsäännöllisesti. — Säännöllisiin taukoihin kuuluvat mm. kaikki odottamiset, jotka varsinkin ryhmätyössä kuuluvat työn luonteeseen. Epäsäännöllisiä taukoja ovat kaikki odottamattomat häiriöt työn kuluessa, mitkä saattavat aiheutua työnjohtajan käynnistä, työkalujen tai työkoneiden vioittumisesta jne. ja mitkä pakottavat työmiehen keskeyttämään työliikkeensä. Tarpeettomia taukoja aiheutuu enimmäkseen huonosta työn järjestelystä tai työmiehen ammattitaidon puutteesta. Ne ovat kaikki oikealla työläisten valinnalla ja työn järjestelyllä vältettävissä. — Tauko muodostaa siis sen olotilan työaikana, jolloin ollaan kokonaan suorittamatta varsinaisia työliikkeitä.

Edellä olevassa kuvassa esitetty ja yllä selostettu työajan jaottelu pohjautuu niihin fysiologisiin tapahtumiin, mitä työssä tulee esille, samalla kun se ryhmittelee nämä tapahtumat sellaisiin ryhmiin, jotka kaikissa maissa voidaan yhdistää samoihin käsitteisiin. Vaikka jaottelu sellaisenaankin soveltuu aikatutkimuksissa käytettäväksi jaotteluksi, on se rakennettu myöskin niin, että siitä saadaan eri ryhmiä yhdistelemällä vielä sellainenkin aikatutkimuksissa hyvin usein käytetty ja tarpeellisena pidetty pääjaottelu, jossa varsinaiseen työnkohteeseen kohdistuvat työliikeajat ja muut tarpeelliset työliikkeet sekä työssä sattuviin keskeytyksiin kuluneet ajat saadaan erilleen. Kuvan oikeassa sivussa nähdään tämä aikaryhmittely. Koko työaika on siinä jaettu kolmeen ryhmään: tehoaikaan, poikkeusaikaan ja keskeytyksiin. T e h o a i k a a n luetaan kaikkien niiden tuottavien *teholiikkeiden*, pää- ja lisäliikkeiden, suorittamiseen kulunut aika, jotka kohdistuvat varsinaiseen työnkohteeseen. P o i k k e u s a i k a a n taas kuuluvat ne tuottavien *poikkeusliikkeiden* suoritusajat, jolloin työnkohteet ovat toisia kuin tehoaikana. Tuottava aika on siis jaettu kahteen osaan siten, että pääaika kokonaan ja sivuajasta lisäaika alaryhmineen on yhdistetty yhteen tehoajaksi ja poikkeusaika sivuajasta on otettu toiseksi pääaikaryhmäksi. Yhdistämällä liikeaikaan kuuluva turha-aika taukoihin, koska sinä aikana suoritetut liikkeet samoinkuin tauotkin keskeyttävät päämäärään pääsemistä edistävät työliikkeet, on saatu kolmas aikaryhmä, k e s k e y t y k s e t.

Monella muullakin tavalla voidaan aikajaottelun aikaryhmiä yhdistellä. Niinpä voidaan tässä esittää kaksi yhdistelmämahdollisuutta, joita silloin tällöin näkee käytettävän. Sellaiset tauon lajit kuin järjestetty tauko ja säännöllinen tauko, joista edellinen kuuluu lepotaukoihin ja jälkimmäinen häiriötaukoihin, voidaan yhdistää yhdeksi taukoryhmäksi, p a k k o t a u k o, jolla tarkoitetaan sellaisia taukoja, jotka joko työn järjestelyn tai työn laadun vuoksi on pidettävä ilman, että ne työläisen kannalta ovat tarpeellisia (vrt. L e h m a n n 1953, s. 55). Tällöin tarpeellisten taukojen alaryhmiksi tulevat vapaaehtoinen tauko, pakkotauko ja epäsäännöllinen tauko.

Useissa tutkimuksissa on erotettu myöskin erillisenä aikaryhmänä h u k k a - a i k a. Tämä saadaan esitetyssä jaottelussa omaksi ryhmäkseen yhdistämällä häiriötauot ja tarpeettomat tauot aikaryhmäksi: hukka-aika. Tähän ryhmään voidaan vielä lukea, mikäli halutaan, myöskin liikeajoista turhat ajat.

Useimpien tällaisten eri yhdistelymahdollisuuksien esittäminen tässä yhteydessä ei ole tarpeellista, koska loogillisesti kokoonpantu aikajaottelu luo pohjan kaikille mahdollisille aikaryhmittelyille.

Kirjoittaja on aikaisemmin parissakin yhteydessä (A r o 1952, 1953) esittänyt kansainvälisen aikajaottelun pohjaksi kehittämänsä, Suomessa

metsätöiden aikatutkimuksissa käytetyn jaottelun. Saattaa näyttää siltä, että nyt esitetty jaottelu on aikaisemmasta poikkeava. Näin ei kuitenkaan ole asian laita. Uudessa jaotteluehdotuksessa on vain aikaisemman jaottelun aikaryhmien loogillinen perusta selvitetty ja täsmennetty eri työ- ja aikaryhmien asema työssä ja työajassa. Jaottelun oikeanpuoleisesta osasta on löydettävissä täsmälleen samat aikaryhmät, mitkä ovat olleet aikaisemmassakin jaottelussa. Uudessa jaottelussa on kuitenkin luovuttu työmaa-aika-nimityksestä, koska se ei ole tarpeellista, jos kerran työ määritellään siten kuin esityksen alussa on mainittu ja voidaan sopia siitä, että aikatutkimukset kohdistuvat aina siihen toimintaan, jossa suoritetaan varsinaisia työliikkeitä taukojen ohella. Tutkittavan työn ammattinimitys ilman muuta sanoo, minkä työn tutkimisesta kulloinkin on kysymys.

Työmiehen työ ja työaika voidaan jaotella monella muullakin tavoin. Hyvin yleisesti jaotellaan työ osatöihin yhdistämällä suurempi tai pienempi määrä työliikkeitä tai liikesarjoja ja saadaan työeriä, työn alavaiheita ja työvaiheita. Näille osatöille annetaan sitten nimityksiä sen mukaan, mitkä liikkeet asianomaisessa työn osassa ovat pääliikkeitä. Näin muodostetut osatyöt ovat keskenään heterogeenisiä, sillä pienimmät osaset sisältävät vain samanlaisia työliikkeitä, kun taas suuremmat sisältävät ensinnäkin erilaisia työliikkeitä ja toiseksi vielä taukojakin. Useasti on sitäpaitsi hyvin vaikea tietää, mitä kaikkea toimintaa kuhunkin tällaiseen osatyöhön on sisällytetty. Kun metsätöitä on olemassa sangen monia ja uusia työlajeja kehittyy mm. sitä mukaa kuin koneellistuminen edistyy sekä mahdollisuuksia niiden jakamiseen osatöihin esim. pääliikkeiden perusteella on valtavan paljon, on tällaisen osatyöjaottelun aikaansaaminen kansainväliseen käyttöön perin vaivaloinen tehtävä. Ensinnäkin tulisi määritellä kaikki metsätyölajit ja sitten sopia tarkoin siitä, minkälaisiin osatöihin kukin työ on jaettava ja minkälaiset liikkeet kuhunkin osatyöhön on vietävä. Tämä saattaisi tuottaa ylivoimaisia vaikeuksia, sillä eri maissa saattaa olla erilainen työskentelyjärjestys ja osatöiden muodostuminen erilainen. Erilaiset koneet mm. saattavat aiheuttaa aivan erilaisia osatyölajeja. Tämän vuoksi ei tällaiseen pääliikkeiden pohjalla tapahtuvaan työn ja työajan jaotteluun olekaan syytä lähteä, vaan parasta on tyytyä siihen yksinkertaiseen jaotteluun, joka perustuu fysiologisten tapahtumien, liikkeiden ja taukojen havainnoimiseen. Jokaisella tutkijalla on mahdollisuus käyttää sellaista jaottelua kuin hän haluaa, kun hän vain halutessaan saattaa omat tutkimuksensa toisten kanssa verrannollisiksi, käyttää ylläesitettyä puhtaasti fysiologisiin tapahtumiin perustuvaa jaottelua omien jaotteluidensa ohella. Sillä liikkeisiin ja taukoihin kuluneen ajan muistiin merkitseminen hänen joka tapauksessa on suoritettava, käyttäköön hän mitä jaottelua tahansa. Kussakin osatyössäkin on tärkeätä tietää, ovatko liikkeet tarpeellisia tai

tarpeettomia, ovatko liikkeet pääliikkeitä vai sivuliikkeitä ja kohdistuvatko ne samaan tai useampaan työkohteeseen. Lisäksi on eri osatöissäkin tärkeätä tietää, minkälaisia keskeytyksiä tai taukoja niissä tapahtuu. Näin ollen osatyöajan jaotteleminen fysiologisiin tapahtuma-aikoihin on yhtä tärkeätä kuin koko työajan jaotteleminen, sillä tapahtuma-ajat kuvaavat osatyön rakenteen paremmin kuin pelkkä osatyöaika. Lisäksi voidaan aina silloin, kun ei mitattua aikaa ole sidottu määrättyyn osatyöhön vaan liike- tai taukoilmiöihin, mitä tahansa työtä tai osatyötä verrata toiseen, josta myöskin on mitattu näihin ilmiöihin kulunut aika.

Työn merkityksen kannalta on paljon hyödyllisempää verrata jostakin osatyöstä, esim. kuorimisesta, saatuja aikoja tarkastelemalla, paljonko aikaa on kulunut tarpeellisiin ja tarpeettomiin liikkeisiin sekä hyödyllisiin ja tarpeettomiin taukoihin tai teholiikkeisiin, poikkeusliikkeisiin ja keskeytyksiin kuin verrata vain kokonaiskuorimisaikoja, jotka eivät sano kuorimistyön rakenteesta yhtään mitään. Ja jos mennään vielä tarkempaan edellä esitetyn suuntaiseen jaotteluun, joka paljastaa vielä pää-, lisä- ja poikkeusliikkeisiin sekä lepo- ja häiriötaukoihin kuluneet ajat, voidaan tehdä jo monia johtopäätöksiä työolosuhteista, jotka samalla saattavat selvittää mahdolliset eroavuudet ja erikoisuudet tutkimuksien tuloksissa. Jos tällaisen aikajaottelun mukaiset tulokset olisivat olleet käytettävissä, kun tehtiin äskettäin FAO:n toimesta julkaistu hakkuutöiden vertailu eri maiden kesken, olisi monet kummallisuudet tuloksissa voitu ainakin paremmin selittää kuin mitä oli asian laita (Hilf 1954, Hilf—Eckert und Strehlke 1954).

Tähän asti eri maissa käytetyt työn ja työajan jaottelut aikatutkimuksissa ovat yleensä olleet rakennettuja työtapahtumien pohjalle. Näiden tapahtumien ryhmittely aikaryhmiin on vain ollut ja on edelleen eri maissa erilainen. Aina voidaankin luonnollisesti olla eri mieltä siitä, minkälaisia ryhmiä työtapahtumista olisi muodostettava. Mutta jos tahdotaan saada todellista hyötyä aikatutkimustulosten vertailusta, olisi välttämättä sovittava yhteisestä jaottelusta.

Tämän vuoksi kirjoittaja uskaltaa esittää kehittämänsä työn- ja työajan jaottelun, joka perustuu työilmiöiden loogilliseen ryhmittelyyn, asiasta käytävän keskustelun pohjaksi.

Kirjallisuutta — Litteratur — Literatur — Literature.

Aro, Paavo. 1936. Aikatutkimuksia koivuhalkojen teosta (Zeitstudien in der Hauung von Birkenbrennholz), — Metsätiet. tutkimusl. julk. 23, 4.

—»— 1945. Työajan jaottelu metsätöissä. — Metsätyöntutkimukset. Metsätehon julk. n:o 1.

—»— 1952. Vereinheitlichung der Zeitstudien in den forstlichen Zeitstudien. — Zeitschr. für Weltforstwirtsch. 15 (3) S. 100—101.

—»— 1953. Vorschlag zur Vereinheitlichung der Zeitverteilung in den forstlichen Zeitstudien. — Esitelmä Kansainvälisen metsätieteellisten tutkimuslaitosten liiton kongressissa 1953.

Hilf, H. H. 1954. International performance comparison in the field of logging. — FAO/EFC/LOG/31, TIM/LOG/10, Geneva.

Hilf, H. H. — Eckert, K.-H. und Strehlke, B. 1954. Internationaler Leistungsvergleich im Hauungsbetrieb. — Forstarchiv H 7. S. 153—160.

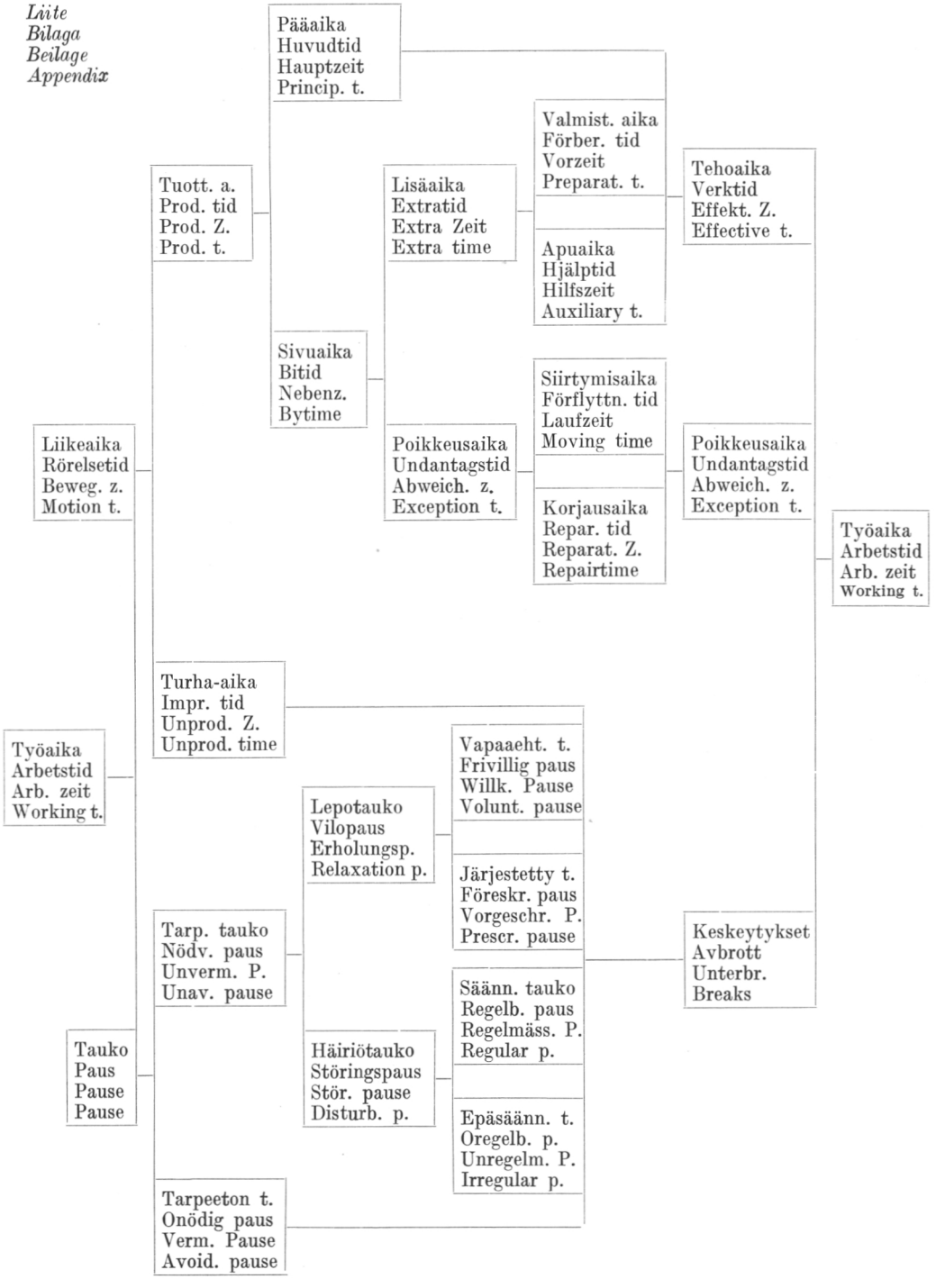
Lehmann, Günther. 1953. Praktische Arbeitsphysiologie. Stuttgart.

Mattsson Mårn, L. 1953. Some basic definitions regarding work and time moments in job study technique. — Esitelmä Kansainvälisen metsätieteellisten tutkimuslaitosten liiton kongressissa 1953.

Sundberg, Ulf. 1954. Terminology and Research Methods in Work Studies. — IUFRO Section 32, Paper No 1, Project: Terminology.

Walther, Leon. 1950. Arbeitspsychologie. Luzern.

Liite
Bilaga
Beilage
Appendix



Ett nytt förslag till förenhetligande av arbetets och arbetstidens indelning vid skogliga tidsstudier.

Av professor Paavo Aro.
Forstliga forskningsanstalten, Helsingfors, Finland.

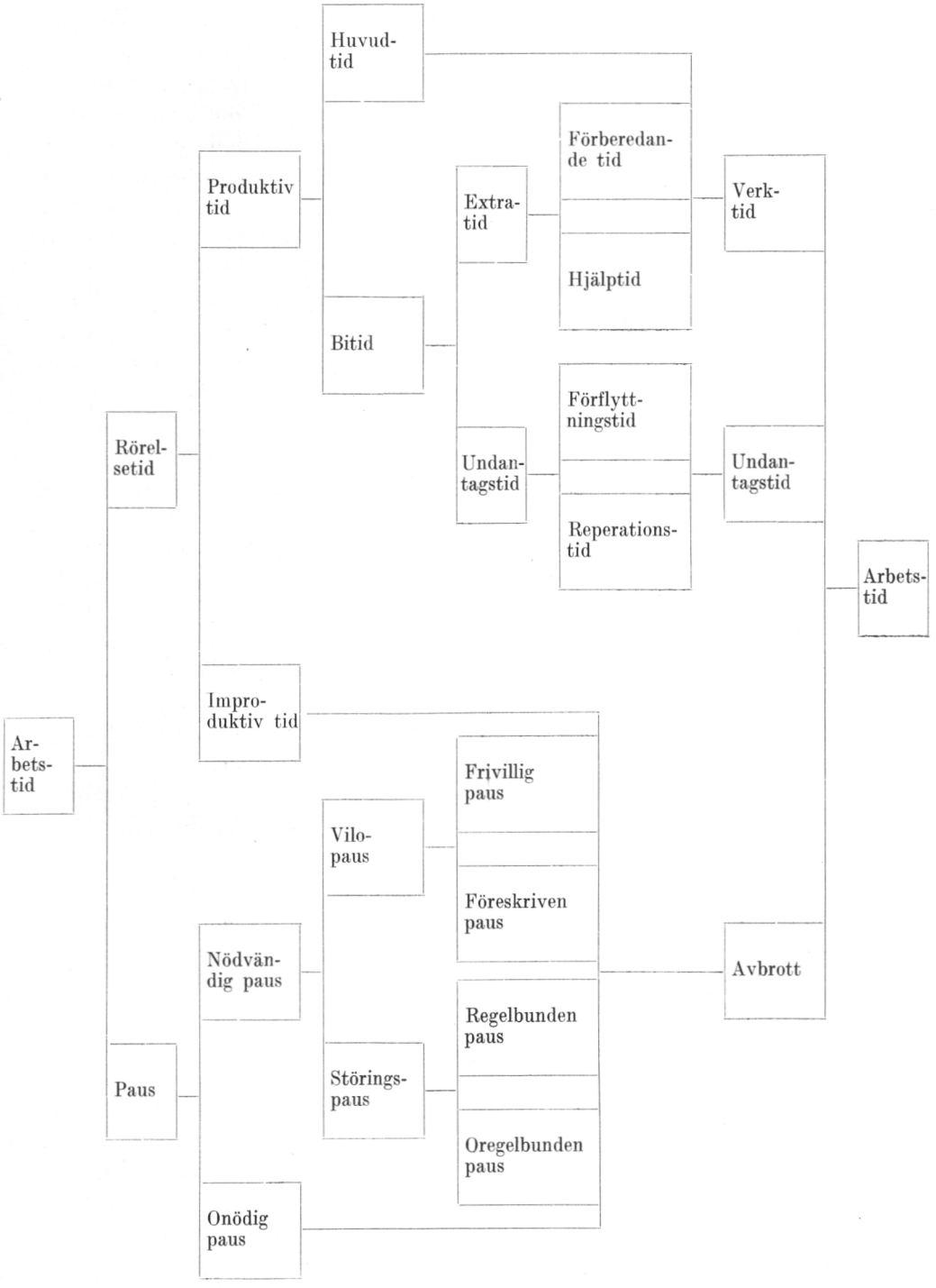
Vid utarbetandet av en internationell brukbar indelning av arbetet och arbetstiden för undersökningar rörande skogsarbete, gäller det att se till att denna indelning blir så enkel som möjligt och att arbets- och tidselementen i indelningen utgörs av i alla länder begreppsligt lika använda enheter. Härvid blir det vår första uppgift att klarlägga begreppen »arbete» och »arbetstid». Vi kan inte nöja oss t. ex. med den definition från mekaniken, enligt vilken arbetet är en resultant av kraften och avståndet, då i så fall bl. a. alla de statiska rörelserna bleve lämnade utanför arbetsbegreppet. Redan detta säger oss att man, då man försöker definiera begreppet arbete, bör ta i betraktande vad som egentligen sker då arbete utförs och vilka skeenden är av sådan art att de av tidsstudiemän i alla länder kan i samma form varseblivas och till tiden mätas. Enligt Lehmann (1953) är arbete för arbetsstudiemannen varje sådan mänsklig verksamhet som försiggår vid utövandet av något yrke och som skapar en grund för existens inom ramen för det mänskliga samhället. Arbete är tillika värdeskapande verksamhet, som enligt denna nationalekonomiskt orienterade definition, oavsett att många människokroppens funktioner har samma förlopp i idrott, lek och hobbyarbeten, bildar en motsats till dessa, vare sig de är av intellektuellt sett högre eller lägre art. Enligt Mattson Mårns (1953) (Sundberg 1954, s. 1) definition är arbete aktiv verksamhet inriktad på att förändra ett arbetsstycke till form, läge eller tillstånd. Då denna definition vidare inne-

sluter även bl. a. sådan verksamhet som idrott, lek, dans osv. bör till denna definition ännu fogas satsen: och uppnår något ekonomiskt mål. Härvid ges den med arbete menade verksamheten samma ekonomiska innebörd, som den fått i definitionen av Lehmann. Med arbetstid förstås här den tid, som åtgått till denna aktiva verksamhet.

Skrider man sedan till en analys av en sådan i enlighet med dessa definitioner mot ett ekonomiskt mål riktad verksamhet, kan man i den urskilja två från varandra skarpt skilda slag av fysiologiska skeenden, som arbetsstudiemannen har möjligheter att iakttaga och mäta, nämligen de rörelser och rörelseserier, som arbetaren med sina muskler och muskelgrupper åstadkommer, samt pauser. Redan Taylor utgick på sin tid vid sina tidsstudier från just denna ståndpunkt. Han särskilde nämligen i varje arbete de olika grundrörelserna eller -rörelseserierna och uppmätte den tid, som åtgick til deras utförande. Med tillhjälp av dessa grundrörelsetider gick det för sig att sedan jämföra även mycket olikartade arbeten med varandra (Jfr. Walther 1950, S. 16, 134).

När man, med det ovan framställda som bas, skall utarbeta ett indelningssystem för arbetet och arbetstiden, bör man hålla sig till grundsatsen att beståndsdelarna i detta system bildar en fast helhet och att benämningarna på delarna återgår till i alla länder på samma sätt uppfattande begrepp. Rättar man sig efter denna grundsats, så kommer man till på bildsidan 3 framställd indelning av arbetstiden som bygger på de fysiologiska skeendena vid arbetets utförande på arbetsplatsen (Jfr. också bilagan).

Med stöd av den ovan framställda analysen av *arbetet* fattas arbetstiden såsom sammansatt av en rörelsetid, som har åtgått till *arbetsrörelserna* och av pauser. Betraktar vi de rörelser som kommer till vid arbetets utförande, finner vi att största delen av dem är sådana, som bidrar till arbetsobjektets förändring och på så sätt till uppnåendet av det ekonomiska slutmålet. Dessa rörelser kallas *produktiva rörelser* och den tid som åtgått till dem kallas produktiv tid. En del arbetsrörelser utförs vad på arbetsobjektets förändring ankommer, helt i onödan och inverkar i motsats till de produktiva rörelserna hämmande på strävan mot målet. Den tid som åtgår till utförandet av dessa, de *improduktiva rörelserna*, kallar vi improduktiv tid. Huvuddelen av de produktiva rörelserna är vanligen sådana som omedelbart bidrar till arbetsobjektets förändring. Då det är rätt brukligt att uppkalla hela arbetet efter dessa rörelser, kallar vi dessa produktiva rörelser *huvudrörelser* och den motsvarande tiden huvudtid. Vid sidan av de omedelbara huvudrörelserna utförs ofta även en hel del produktiva rörelser, som vi kan ge benämningen


Arbetstid
Rörelsetid
Paus
Produktiv tid
Improduktiv tid
Nödvändig paus
Onödig paus
Huvudtid
Bitid
Vilopaus
Störingspaus
Extratid
Undantagstid
Förberedande tid
Hjälptid
Förflyttningstid
Reperationstid
Frivillig paus
Föreskriven paus
Regelbunden paus
Oregelbunden paus
Verktid
Undantagstid
Avbrott
Arbetstid

birörelser och som endast medelbart bidrar till uppnåendet av det mål arbetet går ut på, och den tid som åtgår till deras utförande kallar vi b i t i d. Av dessa birörelser finns det åter två slag: extrarörelser och undantagsrörelser. Med *extrarörelser* menas sådana rörelser som behövs jämte huvudrörelserna då arbetsobjektet skall förändras, och den tid som åtgår till dem kan kallas e x t r a t i d. En del av dessa extrarörelser utförs antingen före huvudrörelserna och kallas då *förberedande rörelser* och den motsvarande tiden f ö r b e r e d a n d e t i d, eller ock sker de vid sidan om huvudrörelserna, såsom *hjälprörelser*, varvid tiden kallas h j ä l p t i d Extra-arbetsrörelserna liknar ifråga om vissa egenskaper huvudrörelserna. Bägge riktar sig nämligen mot samma arbetsobjekt, ett eller flere, och utförs i allmänhet med samma muskler eller muskelgrupper. Vid sidan om sina extrarörelser utför den arbetande även sådana birörelser som riktar sig mot alldeles andra arbetsobjekt och som ofta åstadkommes med tillhjälp av alldeles andra muskler eller muskelgrupper än huvud- och extrarörelserna och mången gång t. o. m. för en längre tid kan avbryta utförandet av andra rörelser. På grund av denna sin undantagsställning kallas dessa birörelser *undantagsrörelser* och den motsvarande tiden u n d a n t a g s t i d. De viktigaste av sådana undantagsrörelser i skogsarbetet är de som kommer i fråga när det gäller att förflytta sig från ett arbetsobjekt till ett annat och från en plats av arbetets utförande till en annan: *förflyttningsrörelserna*, varvid det är av yttersta vikt att hålla reda på den till dem åtgångna f ö r f l y t t n i n g s t i d e n; och vidare *reparationsrörelserna*, dvs. de som behövs vid iståndsättning och reparering av verktyg, maskiner m. m. Kännedom om den tid, r e p a r a t i o n s t i d e n, som åtgår til dem, är likaså absolut oundgänglig.

De p a u s e r, som förekommer i arbetet, är antingen nödvändiga, varmed menas sådana som inte kan undvikas utan hör till det regelrätta arbetsförloppet, eller ock onödiga, vilka kan och borde undvikas. Av de n ö d v ä n d i g a p a u s e r n a begagnas en del till fyllande av vissa för den arbetande livsviktiga behov, m. a. o. till ätning, drickning, vila m. m. eller till njutande av stimulantia s. s. tobak. Av dessa v i l o p a u s e r kan en del bestå av f r i v i l l i g a p a u s e r, hållna av den arbetande efter fritt val och en del åter är enligt arbetsledningens förordnande, under bestämda tider hållna f ö r e s k r i v n a p a u s e r. En del av de nödvändiga pauserna åter är sådana, som under arbetets gång inträder utan något åtgörande från den arbetandes eller arbetsledningens sida, föranledda av yttre fantorer, såsom väderleken, arbetets organisation, andra anslutna sysslor, m. m. dyl., och som är störande för arbetets regelmässiga förlopp. Dylika s t ö r n i n g s p a u s e r framträder i arbetet både regelbundet och oregelbundet. Till de r e g e l b u n d n a p a u s e r n a hör bl. a. allt vän-

tande, vilket är ett utmärkande drag isynnerhet för grupparbete. O r e g e l b u n d n a p a u s e r är alla oväntade störingar under arbetets gång, som förorsakas av arbetsledarens besök, av någon skada hos verktyg eller arbetsmaskiner osv. och som tvingar den arbetande att upphöra med sina arbetsrörelser. De o n ö d i g a p a u s e r n a uppkommer mestadels på grund av att arbetet är illa organiserat eller av bristande yrkesskicklighet hos den arbetande. De kan allesammans undvikas genom ett förståndigt val av arbetskraft och genom god organisation av arbetet. — Pausen är således ett läge under arbetstiden då inga egentliga arbetsrörelser förekommer.

Den indelning av arbetstiden, som framställes på förestående bildsida och för vilken här redogjorts, grundar sig på iakttagelser rörande de fysiologiska förlopp vilka förekommer vid arbetet, på samma gång som den försöker indela dessa förlopp i sådana grupper som i alla länder kan hänföras till samma begrepp. Om också indelningen redan, sådan den är, ägnar sig för användning i tidsstudier, är den dock dessutom så uppbyggd, att man ur den kan erhålla olika grupper genom att sammanställa även en sådan i tidsstudier mycket ofta begagnad och för värdefull hållen huvudindelning, där arbetsrörelsetiderna med sin inriktning på det egentliga arbetsobjektet och de övriga nödvändiga arbetsrörelserna samt de tider som åtgått till under arbetet inträffande avbrott kan hållas åtskilda. På avbildningens högra sida ser man denna tidsgruppering. Här är hela arbetstiden indelad i tre grupper: verktiden, undantagstiden och avbrotten. Till v e r k t i d e n räknas den tid som åtgår till alla de produktiva s. k. *verkrörelserna*, huvud- och birörelserna, vilka riktar sig mot det egentliga arbetsobjektet. Till u n d a n t a g s t i d e n åter hör tiden för utförandet av sådana produktiva arbetsrörelser, där arbetsohjekten är andra än under verktiden. Den produktiva tiden är således indelad i två grupper så att huvudtiden i sin helhet och av bitiden extratiden med sina undergrupper har sammanslagits till verktiden, medan undantagstiden från bitiden har tagits till andra huvudtidsgruppen. Genom att förbinda den improduktiva tid som hör till rörelsetiden med pauserna — då de rörelser som utförs under denna tid liksom även pauserna själva utgör avbrott i de arbetsrörelser som bidrar till målets uppnående — har man erhållit en tredje tidsgrupp, a v b r o t t e n.

Tidsgrupperna i tidsindelningen kan sammanföras även på många andra sätt. Så skall här framläggas två sammanföringsmöjligheter, som man ser använda här och där. Sådana arter av pauser som den föreskrivna pausen och den regelbundna pausen, av vilka den förra hör till vilopauserna och den senare till störingspauserna, kan sammanföras till en enda pausgrupp, t v å n g s p a u s e n, varmed förstås en paus som måste hållas antingen på grund av arbetets organisation eller arbetets art utan att ändock vara nöd-

vändig från den arbetandes ståndpunkt (Jfr. Lehmann 1953, s. 55). Undergrupper till de nödvändiga pauserna blir härvid den frivilliga pausen, tvångspausen och den oregelbundna pausen.

I flera tidsstudier har man också som en särskild tidsgrupp behandlat något som kan kallas förlusttiden. Denna kan uttas som en egen grupp inom den redan framställda indelningen, genom att man sammanför störingspauserna och de onödiga pauserna till en tidsgrupp: »förlusttiden.» Till denna grupp kan man om man så önskar ännu räkna de improduktiva tiderna från gruppen rörelsetid.

Det är onödigt att här ge en framställning av ännu flere dylika sammanföringsmöjligheter, då en logisk utarbetad tidsindelning ger en bas för alla överhuvud tänkbara tidsgrupperingar.

Författaren har tidigare i några sammanhang (Aro 1952, 1953) såsom bas för en internationell tidsindelning föreslagit en av honom utarbetad indelning, som har begagnats vid skogliga tidsstudier i Finland. Det kan förefalla som om den indelning här framlägges skilde sig från den tidigare. Så är emellertid icke fallet. I detta nya indelningsförslag är bara den logiska grundvalen för tidsgrupperna i den tidigare indelningen klarlagd och de olika arbets- och tidsgruppernas ställning inom arbetet och arbetstiden preciserad. I den högra delen av indelningschemat återfinner man precis samma tidsgrupper som redan fanns i den tidigare indelningen. I den nya indelningen har benämningen »arbetsplats-tid» likväl uppgivits, då den blir överflödig så snart begreppet arbete definieras så som det gjordes i början av denna framställning och man tar för givet att tidsstudierna alltid riktar sig på en verksamhet, i vilken det förutom pauser ingår egentliga arbetsrörelser. Benämningen på det yrkesområde det f. t. undersökta arbetet hänför sig till, säger genast vilket arbete undersökningen ifråga gäller.

Den arbetandes arbete och arbetstid kan ännu indelas på många andra sätt. Mycket allmänt har man indelat arbetet i delarbeten genom att sammanföra ett större eller mindre antal arbetsrörelser eller rörelseserier, varigenom man kommer till arbetstempon, deloperationer i arbetet och arbetsoperationer o. s. v. Dessa delarbeten får sedan sina benämningar efter de rörelser som utgör huvudrörelser i vederbörande del av arbetet. De så åstadkomna delarbetena är sinsemellan heterogena, då de minsta beståndsdelarna innefattar blott likadana arbetsrörelser, medan de större innefattar för det första olika arbetsrörelser och därtill ännu pauser. Ofta är det dessutom mycket svårt att veta vad för slags verksamhet det överhuvudtaget ingår i varje sådant delarbete. Då det finns rätt så många slag av skogsarbete och nya arbetsarter kommer till bl. a. allteftersom mekaniseringen framskrider och man har möjligheter i mängd att t. ex. på basen av huvudrörelserna avskilja olika delarbeten, ter sig försöket att åstadkomma en

sådan delarbetsindelning för internationellt bruk som en högeligen vansklig uppgift. Först och främst skulle det gälla att fastslå vilka arter av skogsarbete det ges och sedan noga komma överens om de delarbeten i vilka varje arbete skall indelas, samt om vilka rörelser som skall hänföras till varje delarbete. Detta kunde dock tänkas medföra oöverkomliga svårigheter, då själva arbetsordningen i olika länder kan vara mycket olika och delarbetena olika till sin utformning. Dessutom kan olika slags maskiner betinga alldeles olika arter av delarbete. Fördenskull är det inte heller skäl att företa en sådan indelning av arbetet och arbetstiden som grundar sig på huvudrörelserna, utan det är bäst att nöja sig med en enkel indelning som bygger på iakttagelser rörande fysiologiska skeenden, rörelser och pauser. Varje forskare är i tillfälle att begagna den indelning han föredrar, blott han — för att hans undersökningar skall kunna jämföras med andras — kommer ihåg att vid sidan om sina egna indelningar hålla sig till ovan framställda på rent fysiologiska förlopp byggande indelning. Ty anteckna den tid som åtgår till rörelser och pauser får han i varje fall, vilken indelning han än för till sin. Och det är viktigt att även vid varje delarbete veta huruvida rörelserna i det är produktiva eller improduktiva, är huvud- eller birörelser, samt huruvida de riktar sig på ett och samma eller på flere arbetsobjekt. Vidare är det också vid de olika delarbetena viktigt att känna till, av vad slag de avbrott eller pauser är som förekommer i dem. Sålunda är det av lika stor vikt att indela delarbetstiden i tider bestämda efter fysiologiska förlopp som att indela hela arbetstiden, ty förloppstiderna ger en klarare bild av delarbetets inre byggnad än den blotta delarbetstiden. Dessutom går det för sig att alltid när den uppmätta tiden inte är bunden vid något bestämt delarbete, utan vid rörelse- eller pausföreteelser jämföra vilket arbete eller delarbete som helst med ett annat, om den till dess företeelser åtgångna tiden även har uppmätts.

Utgår man från arbetets betydelse, så är det vid en jämförelse mellan de tider som fås för något delarbete, såsom t. ex. avbarkning, mycket nyttigare att ta reda på hur mycket tid som gått åt till produktiva och improduktiva rörelser, till nödvändiga och onödiga pauser eller verk- och undantagsrörelser samt till avbrott, än att jämföra enbart totalavbarkningstider som inte säger oss någonting alls om hur avbarkningsarbetet är uppbyggt. Och går man ännu längre i den uppdelning vars grundlinjer redogjorts härovan och får fram även de tider som åtgår till huvud-, bi- och undantagsrörelserna samt de till vilo- och störingspauserna åtgångna, så kan man redan dra en hel del slutsatser beträffande arbetsförhållandena, vilka på samma gång kan bidra till att eventuella skiljaktigheter och egendomligheter i undersökningsresultatet blir klarlagda. Hade man haft till sitt förfogande resultat behandlade enligt en sådan tidsindelning, då den jämfö-

relse mellan avverkningsarbeten i olika länder anställdes som nyligen blev tryckt och utgiven genom FAO:s försorg, så hade man åtminstone kunnat få egendomligheterna i resultatet bättre förklarade än vad nu var fallet (Hilf 1954, Hilf—Eckert och Strehlke 1954).

Ända hittills har de indelningar, som använts i de olika länderna, i allmänhet varit byggda på arbetsförloppen. Endast grupperingen i tidsgrupper har tillgått och tillgår alltfortfarande olika i olika länder. Det är klart att man kan hysa skilda åsikter om hur en grupp skall sammanställas av olika arbetsförlopp. Men om man vill dra verklig nytta av jämförande tidsstudier, borde man allra först komma överens om en gemensam indelning.

Det är med tanke härpå författaren vågar framlägga en indelning av arbetet och arbetstiden, som han har utarbetat och som grundar sig på en logisk gruppering av arbetsfenomenen, i hopp om, att den kunde tjäna som underlag vid den förestående diskussionen i dessa frågor.

Ein neuer Vorschlag zur Vereinheitlichung der Arbeits- und Arbeitszeiteinteilung in forstlichen Zeitstudien.

Von Professor Dr. Paavo Aro.
Forstliche Forschungsanstalt, Helsinki, Finnland.

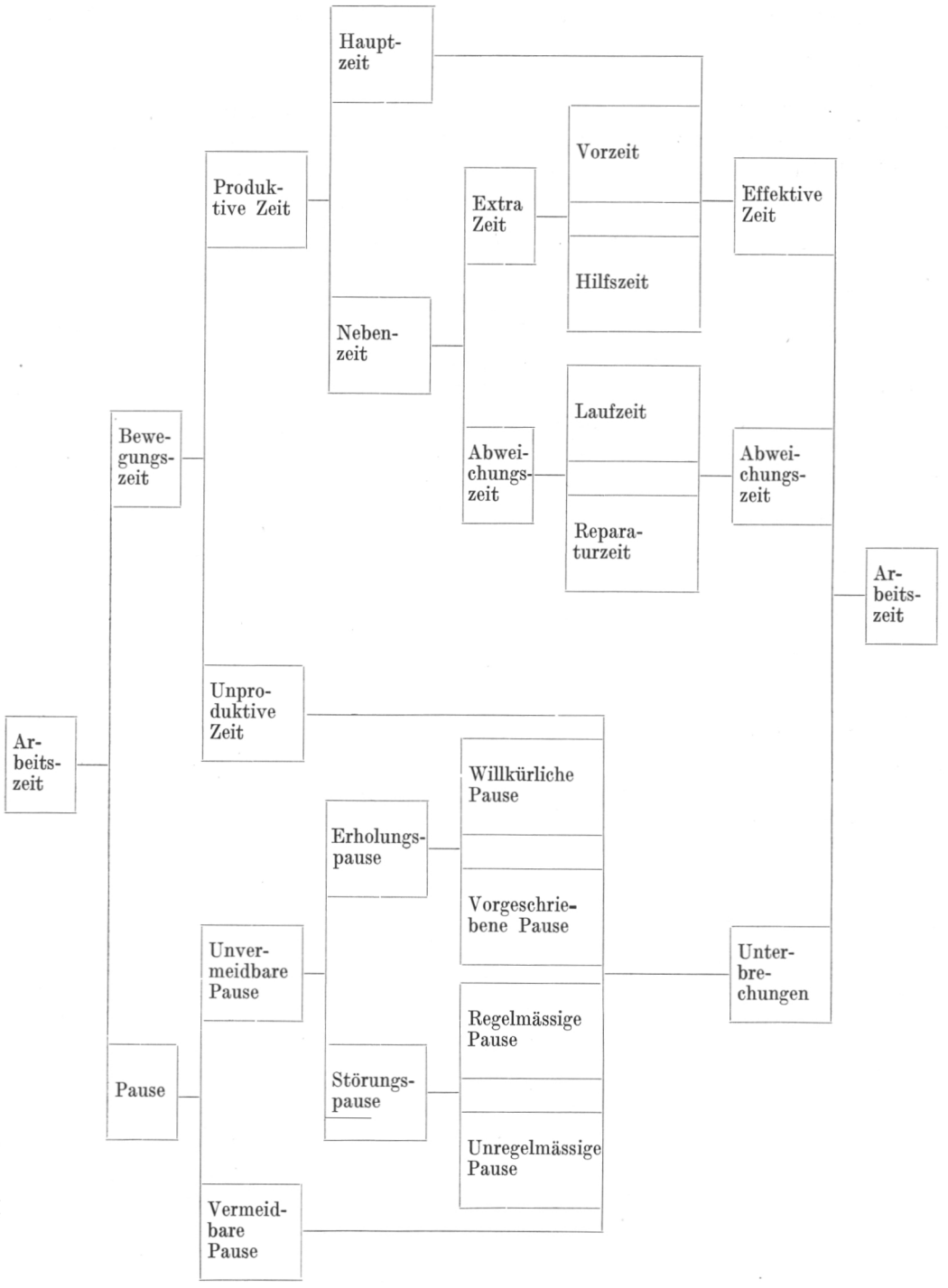
Bei der Bearbeitung einer international brauchbaren Arbeits- und Arbeitszeiteinteilung für forstliche Zeitstudien ist zu berücksichtigen, dass die Einteilung möglichst einfach ist und die in der Einteilung vorkommenden Arbeits- und Zeitelemente in allen Ländern ihrem Begriff nach gleich sind. Dabei müssen zuerst die Begriffe »Arbeit» und »Arbeitszeit» genau bestimmt werden. Man kann sich z. B. nicht mit der Definition der Mechanik begnügen, nach der die Arbeit = Kraft × Weg, weil dabei u. a. alle statischen Bewegungen ausserhalb des Begriffs »Arbeit» bleiben. Hieraus erkennen wir schon, dass bei der Begriffsbestimmung die Aufmerksamkeit darauf zu richten ist, was eigentlich bei der Arbeit vorgeht und welche Vorgänge die Zeitnehmer aller Ländern gleichbeschaffen wahrnehmen und in Zeit messen können. Nach Lehmann (1953) »Für den Arbeitswissenschaftler ist Arbeit jede menschliche Tätigkeit, die in Ausübung irgendeines Berufes ausgeführt wird und damit eine Existenzgrundlage im Rahmen der menschlichen Gesellschaft liefert. Arbeit ist werteschaffende Tätigkeit, die nach dieser volkswirtschaftlich orientierten Definition trotz der Gleichheit vieler Funktionsabläufe im menschlichen Körper einen Gegensatz bildet zu Sport, Spiel und Liebhabereien, mögen sie geistig hoch oder tief stehen.» Nach der Definition von Mattsson Mårn (1953), (Sundberg 1954, S. 1) ist Arbeit aktive Tätigkeit, deren Zweck es ist das Arbeitsobjekt mit Rücksicht auf die Form, auf die Lage und auf das Wesen zu verändern. Da diese Definition noch u. a. solche Tätigkeit wie Sport, Spiel, Tanz u. s. w. einschliesst, muss dieser Definition noch folgender Satz beigefügt werden: und irgendein wirtschaftliches Ziel zu erreichen. Damit wird der unter Arbeit verstandenen Tätigkeit die in der Definition von Lehmann vor-

kommende wirtschaftliche Bedeutung gegeben. Unter dem Ausdruck »Arbeitszeit» wird gleichwertig die zu dieser aktiven Tätigkeit verbrauchte Zeit verstanden.

Geht man sodann an die Analyse solcher, diesen Definitionen gemäss ein wirtschaftliches Ziel verfolgenden Tätigkeit, so kann man darin zweierlei, deutlich voneinander abweichende, physiologische Vorgänge unterscheiden; nämlich: die von dem Arbeiter mit seinen Muskeln oder Muskelgruppen ausgeführten Bewegungen, Bewegungsserien und Pausen, welche das Beobachten und Zeitmessen der Arbeitsforscher ermöglichen. Schon Taylor ging seinerzeit von eben demselben Standpunkt aus. Teilte er doch die Arbeit in Grundbewegungen ein und führte Zeitmessungen an diesen durch. Mit Hilfe der Zeitmessungsergebnisse hatte er dann die Möglichkeit, die sehr verschiedenartigen Arbeiten miteinander zu vergleichen (Vgl. Walther 1950, S. 16, 134).

Will man auf der oberwähnten Grundlage ein logisches Arbeits- und Arbeitszeiteinteilungssystem ausarbeiten, so muss man sich zum Prinzip machen, dass die Elemente des Systems eine feste Gesamtheit bilden und die Namen der Elemente in allen Ländern für gleich gehaltenen Begriffen entsprechen. Unter Berücksichtigung dieser Prinzipien kommt man zu der in der Abbildung vorgestellten, auf die am Arbeitsplatz bei der Arbeit vorkommenden physiologischen Vorgänge bauenden Arbeitszeiteinteilung (Vgl. auch Beilage).

Nach der obenerwähnten Arbeitsanalyse schliesst die Arbeitszeit in sich die zu den *Arbeitsbewegungen* verbrauchte Bewegungszeit und die Pausen. Bei Beobachtung der bei der Arbeit geleisteten Bewegungen findet man, dass der grösste Teil von ihnen die Veränderung des Arbeitsobjekts und damit das Erreichen des wirtschaftlichen Ziels fördern. Diese Bewegungen werden *produktive Bewegungen* und die zu ihnen verbrauchte Zeit produktive Zeit genannt. Ein Teil von den Arbeitsbewegungen wird hinsichtlich der Veränderung des Arbeitsobjekts völlig unnötig geleistet und im Gegensatz zu den produktiven Bewegungen verzögern sie das Gelangen zum Ziel. Die zu diesen *unproduktiven Bewegungen* verbrauchte Zeit wird unproduktive Zeit genannt. Der Hauptteil der produktiven Bewegungen fördert gewöhnlich unmittelbar die Veränderung des Arbeitsobjekts. Weil der ganzen Arbeit der Name oft nach diesen Bewegungen gegeben wird, werden diese produktiven Bewegungen als *Hauptbewegungen* und die entsprechende Zeit als Hauptzeit bezeichnet. Neben den unmittelbaren Hauptbewegungen werden oft viele verschiedene, *Nebenbewegungen* genannte, produktive Bewegungen ausgeführt, die nur mittelbar das Erreichen des Ziels fördern. Die auf die Ausführung dieser Bewegungen verbrauchte Zeit wird als Nebenzeit be-


Arbeitszeit
Bewegungszeit
Produktive Zeit
Hauptzeit
Nebenzeit
Extra Zeit
Vorzeit
Hilfszeit
Effektive Zeit
Abweichungszeit
Laufzeit
Reparaturzeit
Abweichungszeit
Arbeitszeit
Unproduktive Zeit
Pause
Unvermeidbare Pause
Erholungspause
Störungspause
Willkürliche Pause
Vorgeschriebene Pause
Regelmässige Pause
Unregelmässige Pause
Unterbrechungen
Vermeidbare Pause

zeichnet. Die Nebenbewegungen sind zweierlei, Extrabewegungen und abweichende Bewegungen. Unter den *Extrabewegungen* werden die Bewegungen verstanden, die als Zusatz zu den Hauptbewegungen bei Veränderung des Arbeitsobjekts nötig sind. Die dazu verbrauchte Zeit wird Extrazeit genannt. Einige von diesen Extrabewegungen werden vor den Hauptbewegungen gemacht und als *Vorbewegungen* sowie die entsprechende Zeit als Vorzeit bezeichnet. Einige anderen Extrabewegungen wieder werden neben den Hauptbewegungen als *Hilfsbewegungen* gemacht. Die entsprechende Zeit wird Hilfszeit genannt. Die Extrabewegungen sind hinsichtlich einiger ihrer Eigenschaften den Hauptbewegungen ähnlich. Beide beziehen sich auf dasselbe oder dieselben Arbeitsobjekte und werden meistens mit denselben Muskeln oder Muskelgruppen ausgeführt. Neben den Extrabewegungen vollführt der Arbeiter auch solche Nebenbewegungen, die ganz andere Arbeitsobjekte betreffen und mit ganz anderen Muskeln oder Muskelgruppen ausgeführt werden als die Haupt- und Extrabewegungen. Diese Bewegungen, die oft für lange Zeit die Ausführung der anderen Bewegungen unterbrechen, werden *Abweichungsbewegungen* und die verbrauchte Zeit Abweichungszeit bezeichnet. Zu den wichtigsten in der Waldarbeit vorkommenden Abweichungsbewegungen gehört das Laufen von einem Arbeitsobjekt oder Arbeitsplatz zu dem anderen. Die Kenntnis der zu diesen *Laufbewegungen* verbrauchten Laufzeit in der Waldarbeit ist sehr wichtig, wie auch die Reparaturzeit, die zu den beim Instandsetzen und bei der Reparatur von Werkzeugen und Maschinen ausgeführten *Reparaturbewegungen* verbraucht wird.

Die in der Arbeit vorkommenden Pausen sind entweder unvermeidbar, d. i. zum regelmässigen Arbeitsablauf gehörend, oder vermeidbar, d. i. nicht nur zu vermeiden möglich, sondern stets zu vermeiden nötig. Ein Teil von den unvermeidbaren Pausen erfolgen zur Befriedigung von den für die Lebensfunktion des Arbeiters wichtigen Bedürfnissen (z. B. Essen, Trinken, Ausruhen u. s. w.) oder zur Befriedigung einer Genusssucht (z. B. Rauchen). Diese Pausen werden Erholungspausen genannt und in zwei Gruppen eingeteilt. Willkürliche Pausen machen die Arbeiter je nach eigenem Bedarf und die vorgeschriebenen Pausen werden von der Arbeitsleitung in Bezug auf Länge und Zeitpunkt festgelegt. Äussere Faktoren, wie Wetter, Arbeitsregelung, angeschlossene Arbeiten u. s. w. verursachen manchmal auch Pausen, die gegen den Willen der Arbeiter und der Arbeitsleitung den regelmässigen Arbeitsablauf stören. Solche Störungspausen treten in der Arbeit entweder regelmässig oder unregelmässig auf. Zu den regelmässigen Pausen gehört u. a. alles Abwarten, das besonders für die Gruppenarbeit kennzeichnend ist. Unregelmässige Pausen sind alle in der Arbeit vorkom-

mende unerwartete Störungen, verursacht etwa durch den Besuch von Arbeitsleitern, Beschädigungen an Werkzeugen oder Maschinen, das Wetter u. s. w., und die den Arbeiter zur Unterbrechung seiner Arbeitsbewegungen zwingen. V e r m e i d b a r e P a u s e n entstehen zumeist infolge mangelhafter Berufsgeschicklichkeit unter den Arbeitern und fehlerhafter Arbeitsregelung. Alle solche Pausen lassen sich durch eine vernünftiger Arbeiterauslese sowie durch planmässiger Arbeitsregelung vermeiden. — Die Pause ist also ein solcher Zustand während der Arbeitszeit, während dessen die eigentlichen Arbeitsbewegungen völlig eingestellt sind.

Die in Abbildung vorgelegte und oben beschriebene Arbeitszeiteinteilung gründet sich auf die physiologischen Vorgänge, die bei der Arbeit vorkommen, und gleichzeitig verlegt sie diese Vorgänge in solche Gruppen, die in allen Ländern mit denselben Begriffen verknüft werden können. Obwohl die Einteilung schon an sich für Zeitstudien geeignet ist, ist sie zugleich so beschaffen, dass man durch Zusammenstellen verschiedener Zeitgruppen auch zu einer anderen, in Zeitstudien oft vorwendeten und als wichtig angesehenen Haupteinteilung gelangen kann, in der die auf das eigentliche Arbeitsobjekt bezogenen sowie die anderen notwendigen Bewegungszeiten und die zu den bei der Arbeit vorkommenden Unterbrechungen verbrauchten Zeiten, auseinandergehalten werden können. Auf der rechten Seite in der Abbildung ist diese Zeitgruppierung zu sehen. Die Arbeitszeit ist da in drei Gruppen verteilt: effektive Zeit, Abweichungszeit und Unterbrechungen. Zur e f f e k t i v e n Z e i t wird die zur Ausführung aller auf das eigentliche Arbeitsobjekt bezogenen produktiven Haupt- und Extrabewegungen, *effektiven Bewegungen* verbrauchte Zeit gerechnet. Die A b w e i c h u n g s z e i t dagegen umfasst die Ausführungszeiten der produktiven *Abweichungsbewegungen*, wobei es sich um andere Arbeitsobjekte handelt als bei der effektiven Zeit. Die produktive Zeit der ersten Zeitverteilung ist somit in zwei Gruppen so eingeteilt worden, dass die ganze Hauptzeit und von der Nebenzeit die Extrazeit mit ihren Untergruppen zur effektiven Zeit zusammengestellt und die Abweichungszeit von der Nebenzeit als zweiten Hauptzeitgruppe aufgenommen ist. Durch Zusammenstellung der zur Bewegungszeit gehörenden unproduktiven Zeit mit den Pausen, weil die unproduktiven Bewegungen gleicherweise wie die Pausen die das Erreichen des bezweckten Zieles fördernden Bewegungen unterbrechen, ist die dritte Hauptzeitgruppe, die U n t e r b r e c h u n g e n, gebildet worden.

Es gibt noch viele andere Möglichkeiten, die Zeitgruppen der Zeiteinteilung zusammenzustellen. Hier seien zwei weitere Möglichkeiten erwähnt, die ab und zu im Gebrauch gesehen worden sind: nämlich die vorgeschriebene Pause und die regelmässige Pause, von denen die erstere zu den Er-

holungspausen und die letztere zu den Störungspausen gehört, können zu einer besonderen Pausengruppe zusammengestellt werden. Unter dieser, der Zwangspause, wird eine solche Pause verstanden, die entweder aus Gründen der Arbeitsregelung oder wegen der Art der Arbeit einzuschalten ist, ohne dass sie vom Standpunkt der Arbeiter aus nötig wäre. (Vgl. Lehmann 1953 S. 55). Die Untergruppierung der unvermeidbaren Pausen gestaltet sich dann folgendermassen: willkürliche Pause, Zwangspause und unregelmässige Pause.

In manchen Zeitstudien wird auch als eine besondere Zeitgruppe die Verlustzeit abgetrennt. Diese Zeitgruppe wird in der Zeiteinteilung dadurch zustandegebracht, dass man die Störungspausen und die vermeidbaren Pausen miteinander verbindet. Zu dieser Gruppe können nach Belieben noch die unproduktiven von den Bewegungszeiten gerechnet werden.

Das Anführen weiterer Gruppierungsmöglichkeiten ist hier nicht nötig, weil die logisch ausgearbeitete Zeiteinteilung alle beliebigen Zeitgruppierungen ermöglicht.

Der Verfasser hat schon früher ein paarmal (Aro 1952, 1953) als Grund einer internationalen Zeiteinteilung die von ihm ausgearbeitete und bei forstlichen Zeitstudien in Finnland verwertete Einteilung vorgeschlagen. Es mag den Anschein haben, als weiche die hier vorgelegte Einteilung von der früheren ab. Das ist nicht der Fall. In der neuen Einteilung ist lediglich die logische Grundlage der Zeitgruppen in der früheren Einteilung klargelegt und die Stellung der verschiedenen Arbeits- und Zeitgruppen innerhalb der Arbeit und der Arbeitszeit genau bestimmt. Auf der rechten Seite der Einteilung finden sich genau dieselben Zeitgruppen, die in der früheren Einteilung vorkamen, wieder. In der neuen Einteilung ist jedoch die Benennung »Arbeitsplatzzeit» aufgegeben worden, weil sie nicht mehr nötig ist, wenn die Arbeit in der obengenannten Weise bestimmt wird, und man vereinbart, dass die Zeitstudien sich auf die Tätigkeit richten, die ausser Pausen auch eigentliche Arbeitsbewegungen umfasst. Die fachliche Bezeichnung der zu untersuchenden Arbeit besagt ohne weiteres, um was für eine Arbeit es sich bei der Untersuchung jeweils handelt.

Die Arbeit und die Arbeitszeit des Arbeitenden kann auf verschiedene andere Art eingeteilt werden. Sehr häufig teilt man die Arbeit in der Weise ein, dass eine grössere oder kleinere Menge von Arbeitsbewegungen oder Bewegungsserien miteinander verbunden, und so Arbeitsphasen, -unterphasen u. s. w. zustandegebracht werden. Diesen Teilarbeiten werden dann Bezeichungen nach den in der betreffenden Teilarbeit vorkommenden Hauptbewegungen zugelegt. In dieser Weise zustandegebrachte Teilarbeiten sind sehr heterogen, da hier die kleinsten Teile immer nur dieselben Bewegungen umfassen, die grössten hinwieder einmal verschiedenartige Bewegungen und

dann noch die Pausen. Oft ist es ausserdem sehr schwer zu wissen, aus welcher Tätigkeit solche Teilarbeit sich eigentlich zusammensetzt. Da die Anzahl der Waldarbeitarten sehr gross ist, immer neue Arten u. a. mit der weitergehenden Mechanisierung der Arbeit entstehen, und es ungeheuer viele Möglichkeiten zur Einteilung derselben z. B. aufgrund der Hauptbewegungen gibt, erweist sich das Zustandebringen einer solcher Arbeitseinteilung für den internationalen Gebrauch als eine sehr umständliche Aufgabe. Das Erste wäre, alle Waldarbeitarten aufzuzählen und dann genau übereinzukommen, in welche Teilarbeiten jede Arbeit einzuteilen ist und welche Bewegungen der jeweiligen Teilarbeit zuzurechnen sind. Das könnte auf übermächtige Schwierigkeiten stossen, da in den verschiedenen Ländern der Arbeitsablauf und die Gestaltung der Teilarbeiten verschieden sein können. Auch die Verschiedenheit der Maschinen kann zu einer ganz andersartigen Teilarbeitsbildung führen. Es hat mithin keinen Sinn, von einer auf die Hauptbewegungen gegründeten Arbeits- und Arbeitszeiteinteilung auszugehen, sondern man begnügt sich am besten mit der einfachen Einteilung, die sich auf die Beobachtung der physiologischen Vorgänge, Bewegungen und Pausen aufbauen lässt. Jeder Forscher hat ja die Möglichkeit die Einteilung zu benutzen, die ihm geeignet scheint, wenn er nur, zur Vergleichbarmachung seiner Untersuchungsergebnisse mit den Anderer die oben beschriebene, auf die physiologischen Vorgänge fussende Einteilung neben seinen eigenen Einteilung verwendet. Denn auf jeden Fall hat er, welche Einteilung er auch wähle, die zu Bewegungen und Pausen gebrauchte Zeit aufzunehmen. Auch bei jeder Teilarbeit ist es notwendig zu wissen, ob die Bewegungen produktiv oder unproduktiv, Haupt- oder Nebenbewegungen sind, und ob sie sich auf dasselbe oder mehrere Arbeitsobjekte beziehen. Weiterhin ist es auch bei jeder Teilarbeit wichtig zu wissen, welcher Art die vorkommenden Unterbrechungen und Pausen sind. Was bedeutet, dass eine Einteilung der Teilarbeitszeiten in den Zeiten der physiologischen Vorgänge ebenso wichtig ist wie die der ganzen Arbeitszeit, denn an den Vorgangszeiten ist die Struktur der Teilarbeit besser abzulesen als an der blossen Teilarbeitszeit. Ist die aufgenommene Zeit nicht an eine bestimmte Teilarbeit, sondern an Bewegungs- und Pausenvorgänge gebunden, so kann jede beliebige Arbeit deren Vorgangszeiten aufgenommen worden sind, mit einander verglichen werden.

In Hinblick auf die Bedeutung der Arbeit ist es beim Vergleichen der von einer Teilarbeit, z. B dem Entrinden, in verschiedenen Untersuchungen aufgenommenen Zeiten, viel nützlicher zu untersuchen, wieviel Zeit die produktiven oder unproduktiven Bewegungen sowie die unvermeidbaren und vermeidbaren Pausen oder die effektiven und abweichenden Bewegungen sowie die Unterbrechungen nahmen, als lediglich die Gesamtentrindungs-

zeiten zu vergleichen, die über die innere Struktur der Arbeit nichts besagen. Und gebraucht man noch beim Vergleich kleinere Zeitgruppen der oben dargestellten Zeitinteilung, die die Haupt-, Extra- und Abweichungszeiten sowie die Erholungs- und Störungspausen anzeigen, so werden sich viele Schlüsse inbezug auf die Arbeitsverhältnisse ergeben und daraus wieder die etwaigen Unterschiedene und Besonderheiten in den Untersuchungsergebnissen zu erklären sein. Hätte man mit solcher Zeiteinteilung übereinstimmende Ergebnisse zur Verfügung gehabt, als der von FAO veröffentlichte, internationale Leistungsvergleich im Hauungsbetrieb angestellt wurde, so hätten sich wenigstens die vielen Befremlichkeiten in den Ergebnissen besser beurteilen und klarlegen lassen als was der Fall war (Hilf 1954, Hilf—Eckert und Strehlke 1954).

Die in den verschiedenen Ländern bisher gebrauchten Arbeits- und Arbeitszeiteinteilungen bei forstlichen Zeitstudien sind im allgemeinen auf den Arbeitsvorgängen aufgebaut. Die Einteilung dieser Vorgänge auf Zeitgruppen aber war und ist heute noch überall verschieden. Jeder kann natürlich seine Meinung haben darüber, was für Gruppen aus den Arbeitsvorgängen zu bilden wären. Will man jedoch einen Vergleich der Zeitstudienergebnisse erzielen, der wirklich von Nutzen wird, so müsste man sich über eine einheitliche Einteilung verständigen.

In diesem Sinne sei es dem Verfasser gestattet, die von ihm ausgearbeitete, auf einer logischen Gruppierung der Arbeitsvorgänge fussende Arbeits- und Arbeitszeiteinteilung als Unterlage für eine Erörterung darzubieten.

A New Scheme for Greater Uniformity in the Classification of Work and Working Time in Forestry Time Studies.

by

Dr. Paavo Aro.

Professor of Forest Technology

Forest Research Institute, Helsinki, Finland.

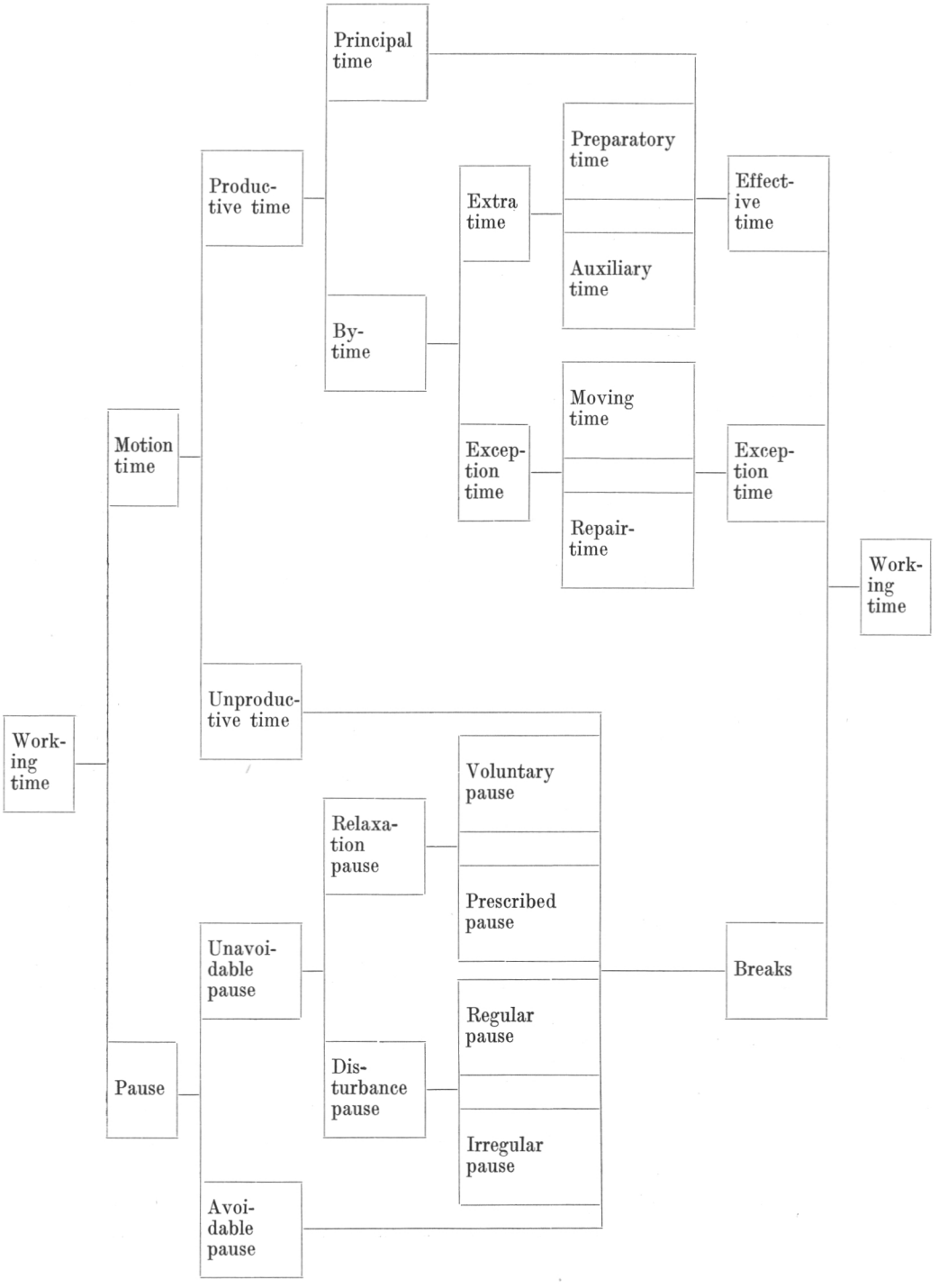
When planning an internationally suitable classification of work and working time for forest work researches, it should be borne in mind that the classification is to be as simple as possible, and that the work and time items appearing in it are conceptionally similar in all countries. In the first instance, the concepts »work» and »working time» must be clearly defined. For instance, it would not do to confine oneself to the definition of the mechanics, according to which work is the result of force and distance, because in that case all static motions for example will remain outside of the concept of work. We can note already that in the definition of work one should take into account what happens in the course of it and which happenings are of such nature that time investigators of all countries can interpret them as similar phenomena to be measured in terms of time. According to Lehmann (1953) work in the eyes of the investigator is all human activity performed in the exercise of a certain profession, by which one acquires the prerequisites of living within the limits of human society. In addition, work is activity producing value, which, according to this definition based on political economy, forms in spite of similarity of action performed by the human body, the opposite of sport, games and pursuits, whatever, their spiritual value. By the definition of Mattsson Mårn (1953), (Sundberg 1954, p. 1), work is an »activity intended to change an object in regard to its form, position or state.» Since this definition also comprises such activity as sport, games, dancing etc., the follow-

ing sentence should be added: and attains some economic objective. In that case activity meaning work is given the same economic significance as in the definition of L e h m a n n. Working time will then mean the time consumed by this activity.

In the subsequent analysis of such activity directed towards the achievement of economic objectives in accordance with these definitions, one can distinguish two physiological happenings of dissimilar nature, clearly differing from each other, i. e. motions and motion series performed by muscles or groups of muscles of the worker, and pauses which the investigator may observe and measure. In earlier times T a y l o r took this as a starting point in his time studies. In fact he distinguished in every work basic motions or motion-series, and measured the time consumed by them. With the aid of these time periods for basic motion it was possible to compare work of most dissimilar nature (cf. W a l t h e r 1950, p. 16, 134).

When attempting to evolve a logical classification of work and working time on the basis described above, the principle should be adhered to that different parts of the classification form a solid entity and that the nomenclature of the parts correspond to concepts adopted in all countries. In observance of these principles the working time classification illustrated by the figure is achieved, based on the physiological actions occurring at the working-places in connection with the performance of the work (cf. also appendix).

On the basis of the foregoing analysis of *work*, the w o r k i n g t i m e consists both of m o t i o n t i m e consumed by motions necessary to the task and of p a u s e s. A study of the motions performed while working shows that most of them consist of those which promote changes in the object of the work and thereby help to achieve the economic objective. These motions are called *productive motions* and the time necessary for them p r o d u c t i v e t i m e. Part of the motions, from the standpoint of changing the object of work, is performed uselessly, and contrary to productive motions delays the achievement of the objective. The time consumed by these *useless motions* is called u n p r o d u c t i v e t i m e. The majority of productive motions are as a rule such as immediately promote changes in the object of work. Since the whole work is often named according to these motions, such productive motion is called *principal motion* and the corresponding time p r i n c i p a l t i m e. In addition to the direct principal motions, many productive motions called *by-motions* are frequently made, and as they promote the objective set for the work in an indirect manner only, the time consumed by them is called b y - t i m e. These by-motions are of two kinds, extra motions and exception motions. By *extra motions* we mean those which are necessary to aid the principal motions in the mo-


Working time
Motion time
Pause
Productive time
Unproductive time
Unavoidable pause
Avoidable pause
Principal time
By-time
Relaxation pause
Disturbance pause
Extra time
Exception time
Preparatory time
Auxiliary time
Moving time
Repair-time
Voluntary pause
Prescribed pause
Regular pause
Irregular pause
Effective time
Exception time
Working time
Breaks

dification of the object of work, and the time needed for them is called extra time. Some of these motions are made either prior to the principal motions, in which case they are called *preparatory motions* and the corresponding time preparatory time, or they are made simultaneously with the principal motions as *auxiliary motions*, the time then being called auxiliary time. The extra motions have some properties similar to those of the principal motions. In fact both of them are directed towards the same objective or objectives, and are usually performed by the same muscles or groups of muscles. In addition to extra motions the workman also makes by-motions which concern quite different objectives of work and which are frequently performed by entirely different muscles or groups of muscles than the principal and extra motions, and which often interrupt the performance of other motions even for a considerable time. On account of this deviation these by-motions are termed *exception motions* and the corresponding time exception time. In forest work among the most important exception motions are those connected with *moving* from one work object and place of work to another and *repair motions* connected with repair of and reconditioning of tools, machines etc. The moving time and repair time consumed by these motions are both very important to know.

Pauses occurring in the work are either necessary or such which cannot be avoided since they belong to the normal course of the work, or again unnecessary pauses, which can and should be avoided. Unavoidable pauses are partly used to satisfy the necessary bodily needs of the workmen, eating, drinking, resting etc., or to provide relaxation, as for instance smoking. Part of these relaxation pauses can be made by the workmen themselves, i. e. voluntary pauses, whereas part are pauses prescribed by the management, i. e. prescribed pauses. Some of the unavoidable pauses, again, are such which occur in the process of work without worker's or management's volition, produced by a factor outside of the work itself, i. e. as a result of weather, organisation of the work, other tasks associated with it etc., and which upset the regular course of the work. Such disturbance pauses occur in the work both regularly and irregularly. Regular pauses cover for example all waiting which, particularly in team work, is an essential feature. Irregular pauses are all unexpected interruptions, due to visits of the foreman, damage to tools and machines etc., which force the worker to interrupt his working motions. Avoidable pauses are due in the first place to poor organisation of the work or lack of professional skill on the part of the worker. They can all be avoided by proper selection of workers and organisation

of the work. — A pause therefore constitutes a situation during working time, in which the working motions proper is not performed at all.

The classification of working time explained above and illustrated by the figure is based on those physiological events which occur in the course of work, and at the same time it classifies these events into groups which can be associated with identical concepts in all countries. Although the classification as such is adapted for use in time studies, it is also constructed in such a way that, by combining various groups, a main classification, frequently used in time studies and regarded as necessary can be achieved. Within this main classification it is possible to differentiate working motion time concerned with the work object proper and other necessary working motions, as well as the time consumed by the breaks in the course of the work. This time grouping will be seen on the right side of the figure. The total working time is divided into three groups: effective time, exception time and breaks. E f f e c t i v e t i m e covers time elapsed during all those productive *effective motions*, principal and extra, which are concerned with the work object proper. E x c e p t i o n t i m e on the other hand comprises time necessary for productive *exception motions* during which the objectives are different than during the effective time. The productive time is accordingly divided into two parts in such a manner that the whole principal time and part of the by-time, i. e. extra time with its sub-groups, have been combined to form the effective time, and the exception time component of by-time has been made into a second main time group. By adding the unproductive component of motion time to the pauses, on the ground that motions performed during it as well as pauses interrupt work motions promoting the achievement of the objective, a third time group is obtained, the b r e a k s.

The time groups of the classification can be combined in numerous other ways. For instance, two possible combinations, which are sometimes used, can be described here. Such pauses as prescribed and regular pause, the former belonging to relaxation pauses and the second to disturbance pauses, can be formed into one pause group, c o m p u l s o r y p a u s e, by which are meant such pauses as have to be made either on account of the organisation or character of the work, without being necessary from the worker's point of view (cf. L e h m a n n 1953, p. 55). In that case unavoidable pauses will have three sub-groups, i. e. voluntary pause, compulsory pause and irregular pause.

In some investigations w a s t e t i m e is distinguished as a separate time group. This can form a group of its own on the basis of the classification presented by combining disturbance pauses and avoidable pauses into

the time group of waste time. If desired, one can also include in this group the unproductive periods of motion time.

It is unnecessary to describe here various additional possibilities of combination, since a logically composed time classification presents a basis for any kind of time grouping.

The writer has on two earlier occasions presented (Aro 1952, 1953) a time classification as a basis for international time classification developed by him, and used in forest work time studies in Finland. It may appear that the system now described differs from the previous one. Such is not the case. The new scheme of classification only explains the logical basis for the time grouping of the earlier one, and gives a more accurate determination of the position of various work and time groups in regard to the work and working time. The right-hand part of the classification presents exactly the same time groups which were included in the previous classification. However, the new scheme has abandoned the term »working place time», because it is unnecessary, provided that work is defined in the manner described at the beginning of this paper, and that one can agree that time studies invariably concern the activity during which the working motions proper are performed in addition to the pauses. The professional designation of the work under investigation makes it clear at once what kind of work is the object of this or that study.

The workman's work and working time can be classified in several other ways as well. The work is very frequently divided into sections by combining a greater or smaller amount of working motions or motion series, thus obtaining work divisions, sub-phases and phases of work. These work sections are given their names according to which motions are the principal ones in the work in question. The sections thus formed are heterogenious as compared to each other, since the smallest sections only contain the same kind of working motions, whereas the larger ones comprise firstly different kinds of motions and secondly pauses as well. Besides, it is frequently very difficult to find out what kinds of activity are included in this or that section. Since forest work is of a most variegated nature, with new forms of work developing according to the progress of mechanisation, and possibilities of dividing it into sections, for instance on the basis of the principal motions, are countless, it would be a most complicated task to get such a division into sections of work internationally adopted. First one would have to work out an exact determination of all kinds of forest work, and then to agree in every particular as to which sections each task is to be divided into, and which motions are to be included in which sections. This would doubtless meet with insurmountable difficulties, since different countries may have different systems of work, and a dissimilar

formation of sections. E. g. different machines may produce completely diverging subdivisions of work. Consequently there is no reason to adopt such a classification of work and working time on the basis of the principal motions, but rather it is best to confine oneself to the simple classification which is based on observations of physiological actions, motions and pauses. Each investigator has the possibility of using classification which he considers most suitable, provided he can, if need arises, correlate his own studies with others, by using, in addition to his own, the foregoing classification based upon purely physiological actions. He must make entries of the time consumed by motion and pauses in any event, whatever system he is using. In each section of the work it is also important to know whether the motions are productive or unproductive, whether they are principal or by-motions, and whether they concern one and the same or several working objectives. In addition, it is also important to know in the different sections of work what breaks or pauses occur in them. Thus the division of the section work time into the times of the physiological actions is as important as the classification of the hole work time, because the action time describes the structure of the section work better than the section work time alone. Moreover, it will be always possible, if the time measured is not linked up with a certain work section but with phenomena of motions or pauses, to compare any work or section of work with others, in which a determination of the time consumed by these phenomena has also been performed.

From the point of view of significance of the work it is of much greater use to make a comparison of the time obtained in some work section, for instance barking, by determining how much time was consumed by productive and unproductive motions and by unavoidable and avoidable pauses or by effective and exception motions and breaks, than make a correlation of the total barking time, which will not in any way elucidate the structure of the barking work. And if a still more accurate application of the classification in the sense described above is made, which also reveals the time consumed by principal, by- and exception motions as well as by relaxation pauses and disturbance pauses, numerous conclusions can be drawn concerning working conditions, which may simultaneously serve to make clear any possible divergencies and special features in the results of the investigations. If results based on such a time classification had been available when the comparison between logging in different countries was published by the FAO, several peculiarities in the results might at least have been explained better than was the case (Hilf 1954, Hilf—Eckert and Strehlke 1954).

Classifications of work and working time in time studies of different countries have so far been generally constructed on the foundation of events

during the working process. It is only that the division of these events into time groups has been and still is different in different countries. Naturally, there can always be a divergence of opinion as to what groups should be formed of these occurrences. But if one wishes to achieve real usefulness in the comparison of time studies results, it is absolutely necessary to agree upon a uniform classification.

Therefore the writer ventures to submit the classification developed by him and founded on a logical grouping of work phenomena as a basis for discussion of this problem.