METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

63

HELSINKI 1968

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

63

HELSINKI 1968

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

63

63.1 Nisula, Pentti. 1967. Tutkimuksia vaneritukkien ja sorvipölkkyjen kuutio- ja painosuhteista. *Summary:* Studies on the relationships between the volume and weight in veneer logs and bolts for rotary cutting ..... 1— 87

63.2 Vuokila, Yrjö. 1967. Eriasteisin kasvatushakkuin käsiteltyjen männiköiden kasvu- ja tuotostaulukot maan eteläistä sisäosaa varten. *Summary:* Growth and yield tables for pine stands treated with intermediate cuttings of varying degree for southern Central-Finland ..... 1—123

63.3 Makkonen, Olli. 1967. Minimiläpimitan vaikutus havupaperipuiden valmistusaikaan. *Summary:* Effect of minimum diameter on pulpwood preparation time ..... 1— 34

63.4 Paarlahti, Kimmo. 1967. Lannoitusajankohdan vaikutus rämemännikön kasvureaktioihin. *Summary:* Influence of the time of fertilization on the growth reactions in a pine stand on peat soil 1— 20

63.5 Juutinen, Paavo. 1967. Zur Bionomie und zum Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe *(Neodiprion sertifer* Geoffr.) in Finnland in den Jahren 1959—65. *Seloste:* Ruskean mäntypistiäisen *(Neodiprion sertifer* Geoffr.) bionomiasta ja esiintymisestä Suomessa vuosina 1959—65 ..... 1—129

63.6 Paavilainen, Eero. 1967. Männyn juuriston suhteesta turpeen ilmatilaan. *Summary:* Relationships between the root system of Scots pine and the air content of peat ..... 1— 21

TUTKIMUKSIA VANERITUKKIEN JA SORVIPÖLKKYJEN KUUTIO- JA PAINOSUHTEISTA

PENTTI NISULA

STUDIES ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE VOLUME AND WEIGHT IN VENEER LOGS AND BOLTS FOR ROTARY CUTTING

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1967

Helsinki 1968. Valtion painatuskeskus

Sisällysluettelo

Sivu

1. osa Vaneritukkien kuutio- ja painosuhteet
1. Johdanto 9
2. Tutkimusmenetelmä 11
21. Yleisiä suuntaviivoja 11
22. Valinta 13
221. Valinnan yleiset puitteet 13
222. Näyte-erien valinta yhtiöissä 14
23. Aineiston mittaus 15
231. Stereometriset mittaukset 15
232. Painomittaukset 16
233. Mittaajat 16
234. Mittaustarkkuus 17
24. Aineiston käsittely 18
25. Käsitteet ja tunnukset 19
3. Aineisto 23
4. Tutkimustulokset 24
41. Vaneritukkien ominaisuudet 24
411. Koko ja muoto 24
412. Soikeus 32
413. Kuori 33
414. Tasausvara 34
415. Kuutio ja paino 35
42. Arviomenetelmät 38
421. Kuutioimistaulukkomenetelmä 38
422. Muotolukumenetelmä 39
423. Pituusluokittainen muuntomenetelmä 42
424. Nomogrammimenetelmä 44
425. Punnitsemismenetelmä 50
426. Muut muuntomenetelmät 52
4261. Juoksujalan kuutioon (j^3/jj) perustuvat yhtälöt 52
4262. Poikkileikkauspinta-alan painottamattomaan keskiarvoon (j^2) perustuvat yhtälöt 53
43. Eri tutkijain arviomenetelmien vertailu 55
44. Arviomenetelmien käyttösovellutukset 58
Kirjallisuusluettelo 59
Summary in English 63
2. osa Halonhakkuun yhteydestä saatujen savipölkkyjen kuutio- ja paino suhteet
1. Johdanto 69
2. Tutkimuksen tarkoitus 70
3. Aineisto 71

Sivu

4. Aineiston mittaus ... 72
5. Käsitteet ... 73
6. Tutkimuksen tulokset ... 74
   61. Yleisiä tietoja sorvipölkyistä ... 74
   62. Sorvipölkkyjen soikeus ja muoto ... 74
   63. Sorvipölkkyjen käyttötilavuus ja käyttöpaino ... 80
   64. Sorvipölkkyjen pinotiheys ja kuutiometrin käyttötilavuuspaino ... 82
7. Tutkimustulosten tiivistelmä ... 84
8. Esimerkkejä tutkimustulosten soveltamisesta käytäntöön ... 85
Kirjallisuusluettelo ... 86
Summary in English ... 87

Alkusanat

Vuonna 1962 Suomen Metsätieteellinen Seura myönsi useille tutkijoille apurahoja koivututkimusten suorittamista varten, mm. allekirjoittaneelle myönnettiin apuraha, jonka avulla minun on ollut mahdollista suorittaa oheinen tutkimus vaneritukkien ja halonhakkuun yhteydessä korjattavien sorvipölkkyjen kuutio- ja painosuhteista. Tästä apurahasta olen seuralle kiitollinen.

Tutkimuksessa lähemmin mainituilta vaneriyhtiöiltä sain kenttätöiden aikana runsaasti apua, josta haluan esittää parhaat kiitokseni.

Siirryttyäni syksyllä 1964 Metsäntutkimuslaitoksen palvelukseen, on minulla ollut mahdollisuus viimeistellä käsikirjoitus ja saattaa se painatuskuntoon. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Paavo Aro, Veijo Heiskanen sekä Kullervo Kuusela ja dosentti Olli Makkonen, joille kaikille haluan lausua parhaat kiitokseni saaduista neuvoista, jotka olen ottanut huomioon.

Helsingissä syyskuussa 1965

Pentti Nisula

1 OSA—PART 1

VANERITUKKIEN KUUTIO- JA PAINOSUHTEET

PENTTI NISULA

THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE VOLUME AND WEIGHT OF VENEER LOGS

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1967

1. JOHDANTO

Puun rungon eri osien kuutio riippuu puun muodosta, jota on runsaasti ja perusteellisesti selvitelty monissa tutkimuksissa.

Puiden kuutioimistehtävissä on alunperin otettu käytäntöön jo aikaisemmin matematiikasta tunnetuiksi tulleitten mittausopillisten kappaleiden kuutioimiskaavat, joiden muotoa ja käyttöä on sovellettu puun rungon erikoisten ominaisuuksien mukaan.

Puun käytön kasvaessa ovat myös kuutioimis-menetelmien vaatimukset kasvaneet, ja niitä on pyritty kehittämään yksinkertaisemmiksi ja käytännöllisemmiksi. Näiden tarkoitusperien saavuttaminen on myöhemmin tavallisesti ratkaistu eri perusteille laadittujen kuutioimistaulukoiden avulla.

Tällaisia kuutioimistaulukoita ovat meillä esim. Osaran (Hilden 1926) Pohjois-Karjalan koivulle tarkoittamat kuutioimistaulukot ja Ilvessalon (1947) koko maata varten laatimat pystypuiden kuutioimistaulukot pääpuulajeillemme.

Vastaavanlaisia kuutioimistaulukoita puutavaralajeiksi valmistettuja rungonosia varten on meillä laatinut Pöntynen (1929 ja 1933) havupuu- ja koivutukkien todellisen kuutiomäärän laskemiseksi ja Putkisto (1947) vanerikoivujen latvasta, 18 jalan päästä ja keskeltä mittaamalla saatujen kuutioiden välisistä suhteista Päijänteen ja Saimaan vesistöalueilla sekä Pohjois-Karjalassa.

Vaikka kuutioimistaulukot tavallisimmin on tarkoitettu suurehkojen puumäärien kuutioimista varten, tapahtuu kuutioiminen niitä käyttäen siten, että samoihin mittaluokkiin sattuvat puut tai pölkyt kuutioidaan eriksen ryhminä, joiden tulokset sitten lasketaan yhteen. Kuutioimistaulukot eivät kuitenkaan ole yleensä tarkoitettu yksittäisten puiden tai samoihin mittaluokkiin kuuluvien puuryhmien kuutioimiseen, vaan ne muodostavat vasta suurehkoihin puumääriin sovellettuna järjestelmän, jota käyttäen kuutioiminen on mahdollista tyydyttävin tuloksin.

Eräät tutkijat, mm. Eide (1923) ja Vuoristo (1935) ovat puiden kuutioimisongelmia ratkaistessaan lähteneet siltä pohjalta, että kokonainen metsikkö tai koko pölkkyerä kuutioidaan tai muunnetaan toisen mittaiseksi lähtemällä ao. metsikön tai erän määrätyistä keskimääräistunnuksista.

Vuoriston (1935) mielestä tällaiset »muuntoluvut ovat tarpeellisia eri tavalla suoritettujen puiden mittaustulosten yhdenmukaistamiseen. Samoin ovat muuntoluvut tarpeen määrättyyn argumenttiin perustuvien tutkimus- ja toimintatulosten muuntamiseen jostain toisesta argumentista riippuviksi. Sekä tutkimustyössä että käytännössä toiminnan laatu määrää sen argumentin tai toiminnan kohteen, jonka vaihtelun vaikutusta tuloksiin halutaan tarkkailla. Haluttaessa saavuttaa lopullinen yhteistulos useammista, eri argumentteihin perustuvien tutkimusten tai toimintasarjojen tuloksista, täytyy yksityistulokset yhdistämistä varten muuntaa samasta argumentista riippuviksi. Tätä varten tulee tuntea eri argumenttien väliset suhteet».

Nämä Vuoriston näkökannat liittyvät varsin läheisesti nyt käsillä olevan tutkimuksen tarkoitusperiin. Vaneriteollisuudessa nimittäin joudutaan tarkkailemaan toiminnan tuloksia siinä riippuvuusketjussa, joka muodostuu metsässä kasvavan vanerikoivun, vaneritukin ja valmiin vanerin välille.

Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä keskitytään kuitenkin yksinomaan niihin kysymyksiin, jotka liittyvät vaneritukkien kuutioimiseen ja kuutioiden muuntokysymyksiin tai vaneritukkien painoon sekä painon ja tilavuuden väliseen riippuvuuteen.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ

21. Yleisiä suuntaviivoja

Käytännössä vain harvoin tulee esille kysymys siitä, mikä on yksittäisten pölkkyjen tai määrätyn mittaisten pölkkyryhmien kuutio. Tavallisesti riittää tieto siitä, mikä on esim. tukkierän kokonaiskuutio.

Yksittäisen erän kokonaiskuutio, joka saadaan esim. kuutioimistaulukoita käyttäen, on erän todellisen kuution arvio eli estimaatti, joka poikkeaa erän todellisesta kuutiosta tavalla, joka riippuu lähinnä taulukoiden laatimisen perustana olleen primäärimateriaalin laadusta.

Käytännön kannalta katsottuna on saman tekevää, millä tavoin erän kuution arvio saavutetaan, jos menetelmä on tarpeeksi yksinkertainen ja jos haluttujen kuutioiden arvio saavutetaan tyydyttävällä tarkkuudella.

Kuutioimistaulukoiden laadinnassa ovat tutkijat käyttäneet jonkun verran toisistaan poikkeavia menetelmiä. Meillä on aikaisemmin Pöntynen (1929 ja 1933) laatinut tukkien kuutioimistaulukoita siten, että kussakin pituusluokassa on eri paksuisten pölkkyjen latvamuotoluvut tasoitettu graafisesti. Näin saatujen arvojen perusteella on sitten määrätty lopulliset kunkin kokoiselle pölkylle kuuluvat kuutiot. Putkisto (1947) sekä Aro ja Nisula (1958) ovat käyttäneet kuutioimistaulukoita laatiessaan laskennallisia tasoitusmenetelmiä. Näin on menetelty myös eräissä vastaavanlaisissa ulkolaisissa tapauksissa, kuten esim. Nilsen ja Sleppen (1940), Näslund (1940,) Eklund (1950,) Brantseg (1951), Bauger (1952) ja Børset (1952).

Kuutioimistaulukoiden käyttöön perustuva muuntomenetelmä toimii käytännössä siten, että samanmittaisten eli samaan mittaluokkaan kuuluvien tukkien kuutio oletetaan primääriaineistosta johdetun keskitukin suuruiseksi.

Erän kuutio saadaan tämän jälkeen siten, että kuutioimistaulukoiden mittaluokittaiset kuutiot kerrotaan mittaluokkaan kuuluvien tukkien lukumäärällä. Koska tukkierässä on aina monia mittaluokkia, on kuutioimistaulukoiden käyttäminen laskennallisessa mielessä verrattain työlästä.

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, ovat mm. Eide (1923) ja Vuoristo (1935) soveltaneet kuutioiden muuntotoimituksissa toisenlaista

menetelmää. Tällöin on nimittäin selvitetty erä- tai metsikkökohtaisten keskimääräistunnusten välillä vallitsevat riippuvuussuhteet ja käytetty saatuja yhtälöitä muuntotoimituksissa.

Koska vaneritukkierien kuutioimisessa on kysymys selvästä joukkokuutioinnista, jolloin tiedolla yksittäisten tukkien kuutiosta ei ole merkitystä, on käsillä olevassa tutkimuksessa pyritty ratkaisemaan vaneritukkien kuutioiminen ja kuutioiden muuntokysymykset juurimainittujen tutkijoiden esittämiä periaatteita noudattaen.

Kokeiden jälkeen päädyttiin tässä tutkimuksessa käyttämään vaneritukkierien tunnuksena mm. juoksujalkaa kohden laskettua kuutiota (j^3/jj), joka saatiin siten, että erän kokonaiskuutio jaettiin erän tukkien kokonaispituudella. Tätä tunnusta on käytetty selviteltäessä eri kohdista, kuten tukin latvasta, keskeltä, tyvestä jne., mittaamalla saatujen tai eri tavoin yhdistettyjen mittaustulosten riippuvuussuhteita, joita useimmissa tapauksissa on voitu kuvata yhtälömuotoa $y = a + bx$ soveltaen.

Tukkierän keskitukin kuution määrittelee seuraava yhtälö:

(1) $v = g\,l$

missä g = keskitukin poikkileikkauspinta-ala, j^2
l = keskitukin pituus, j
v = keskitukin kuutio, j^3

Kertomalla yhtälön (1) kummatkin puolet tukkien lukumäärällä, voidaan yhtälö esittää myös seuraavassa muodossa:

(2) $g = \frac{V,}{L}$ missä

V = erän kokonaiskuutio, j^3
L = erän tukkien kokonaispituus, j

Kaavaa (2) tarkastettaessa voidaan havaita, että poikkileikkauspinta-alan keskiarvo (g) vastaa sitä pinta-alaa, joka saadaan, kun lasketaan tukkien pituudella painotettujen poikkileikkauspinta-alojen keskiarvo.

Poikkileikkauspinta-alojen pituudella painoitetut keskiarvot poikkeavat eri vaneriyhtiöiden hankinta-alueilla jonkun verran painottamattomista eli yksinkertaisista aritmeettisista keskiarvoistaan. Tämä asia selviää lähemmin alla olevasta asetelmasta, jossa esitetään kuinka monta prosenttia vaneritukkien painotetut poikkileikkauspinta-alat ovat painottamattomista.

Mittauskohta	Painotettu poikkileikkauspinta-ala	
	Keskimäärin, %	Vaihteluväli, %
Latvasta	98.3	97.5—100.0
Keskeltä	99.3	98.9—100.0
Tyvestä	100.0	99.5—100.7

Vaneritukkien pituudella painotettu poikkileikkauspinta-ala näytti olevan säännöllisesti tukkien latvasta ja keskeltä mitattuna pienempi kuin painottamaton keskiarvo, lukuunottamatta sitä tapausta, jossa yhtiön tukkien keskipituus oli pieni (15.4'). Sen sijaan tyven poikkileikkauspinta-alan keskiarvon suuruuteen ei painottamisella näyttänyt olevan määräsuuntaista vaikutusta.

Kun yllä esitetyn kaavan (2) mukainen poikkileikkauspinta-ala (g) kerrotaan tukkien kokonaispituudella, saadaan erän kokonaiskuutio. Jos se taas kerrotaan tukkien keskipituudella, saadaan erän tukkien keskikuutio.

Poikkileikkauspinta-alan arvo (g) voidaan siis käsittää kahdella tavalla, nimittäin tukkien keskimääräisenä poikkileikkauspinta-alana (j^2) tai, kuten tässä tutkimuksessa on tehty, yhden pituusyksikön eli juoksujalan kuutiona (j^3/jj).

22. Valinta

221. *Valinnan yleiset puitteet*

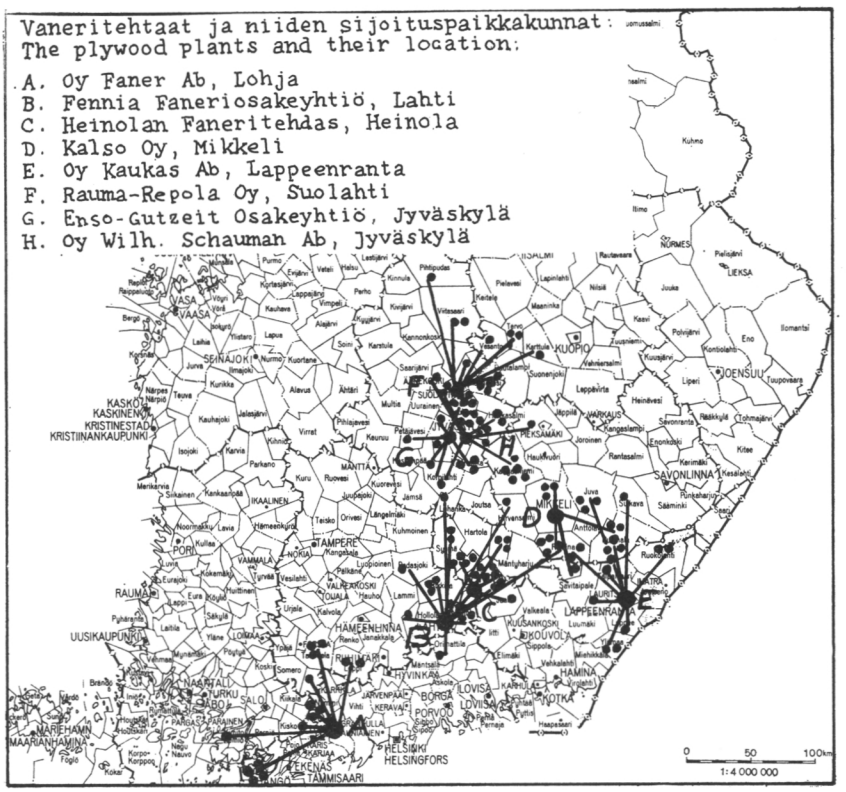
Jos suunnitellaan tukkien kuutioimistaulukoita määrätyt metsikkötunnukset omaavalla metsikölle, ts. metsikölle, jonka puulaji, ikä, metsätyyppi, maantieteellinen sijainti ja tiheyssuhteet yms. ovat määrätyt, niin kaiken mittaisista pölkyistä on otettava näytteitä, jotta mittaluokkien keskikuutioiden likiarvot edustaisivat tyydyttävästi odotusarvojaan. Jos kuutioimistaulukot halutaan lisäksi rakentaa laajempien alueiden käyttöä varten, on tukittavaksi otettava puutavaraeriä, jotka ovat lähtöisin alueen erilaisista metsiköistä.

On ilmeistä, että tukkierän kunkin mittaluokan sisällä tukkien kuutioiden vaihtelu lähentelee normaalia jakaantumaa, jonka perusteella määräytyy mittaluokan kuution odotusarvon suuruus. On ilmeistä, että useiden erien samojen mittaluokkien kuutioiden odotusarvot myös lähentelevät normaalia jakaantumaa, jonka perusteella sitten määräytyy kaikkien mittaluokkien kuutioiden odotusarvot.

Kuutioimistaulukoita tehtäessä ei saada tarpeeksi hyvää aineistoa keräämällä runsaasti erikoisia pölkkyjä, vaan on pyrittävä myös siihen, että erilaiset metsiköt tulevat riittävästi ja esiintymisrunsauttaan vastaavin määrin huomioon otetuiksi.

Nämä seikat on yhtä tärkeinä otettava huomioon riippumatta siitä, onko tarkoituksena tehdä kuutioimistaulukoita vaiko pyrkiä johonkin toisenlaiseen kuutioiden arviointimenetelmään.

Tämän takia kuutioimistaulukoiden aineistot tulisi kerätä umpimähkäistä otantaa noudattaen. Käytännössä lienee kuitenkin tällainen menettely harvoin mahdollista, minkä takia aineiston myöhemmän analysoinnin



Kuva 1. Vaneritehtaat (iso ympyrä), joiden hankinta-alueilta aineisto kerättiin. Pienet ympyrät tarkoittavat yksittäisiä vaneritukkieriä.

Fig. 1. The plywood plants (large circles) from the timberacquisition areas of which the material was collected. The small circles indicate separate veneer log lots.

yhteydessä on tehtävä päätelmiä siitä, missä määrin saadut tulokset soveltuvat käytettäväksi alueella jo olevien ja sieltä lähitulevaisuudessa hakattavien pölkkyerien kuutioiden arvioimiseen.

Näin on menetelty käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä.

222. *Näyte-erien valinta yhtiöissä*

Tutkimussuunnitelman mukaisesti annettiin aineiston keräys kahdeksan vaneriyhtiön suoritettavaksi. Yhtiöt määräsivät tehtävää suorittamaan luotettavaksi katsomansa metsäteknikon tai mittaustoimintaan hyvin perehtyneen työnjohtajan. Yhtiöiden nimiluettelo ja niiden pääasiallinen hankinta-alue nähdään kuvasta 1.

Kustakin yhtiöstä yritettiin saada 15 tutkimusnäytettä. Jos vaneritukit voitiin punnita, ajettiin ne mittauspaikalle, tavallisesti tehtaalle, autokuor-

man suuruisina erinä. Kuormassa oli silloin tavallisesti 50—60 tukkia. Mikäli punnitsemista ei voitu suorittaa, saatettiin erät mitata varastopaikalla kuljetusreitin varrella, jolloin ne voivat sisältää jopa 80 tukkia.

Annettujen ohjeiden mukaan oli näyte-erät otettava tehtaan hankinta-alueen eri puolilta sattumanvaraisesti. Tällainen yleisohje on saattanut käytännössä antaa mittaajille varsin suuren toimintavapauden mitattavien vaneritukkien valinnassa. Valintaan ovat kuitenkin osallistuneet hyvin monet eri henkilöt, kuten mittaajat itse, piirityönjohtajat, metsäkonttoreiden henkilökunta jne. siten, että käytännössä tuskin on ollut mahdollista kerätä määrätyllä tavalla systemaattista aineistoa. Lisäksi oli erien valitsijain tiedossa, että mittauksia tullaan jatkuvin kontrollimittauksin valvomaan.

Mittausten aikana tehtiinkin useita tarkastusmatkoja tutkimuskohteisiin, eikä silloin, ainakaan silmävaraisesti tarkasteltaessa, havaittu määräsuuntaisia pyrkimyksiä mittauseriä valittaessa. Myöhemmin on myös aineistoja käsiteltäessä pidetty tätä seikkaa silmällä.

Eriä, joissa tyvi- ja latvatukit oli eroteltu omiin kasoihinsa, ei saanut mitata. Samalta mittauspaikalta ei saanut ottaa myöskään useampia eriä. Tutkittavat tukit otettiin näytteeseen järjestään siitä kohdasta lähtien, mistä kerran oli mittaaminen tai autokuorman lastaaminen aloitettu.

Mittaukset suoritettiin vuoden 1962 keväällä huhti-toukokuun vaihteessa, jolloin pölkkyjen pinnassa ollut lumi ja jää olivat jo sulaneet.

23. Aineiston mittaus

231. *Stereometriset mittaukset*

Kaikki vaneritukit mitattiin sellaisinaan mitään mittavähennyksiä tekemättä.

Tukkien läpimitat mitattiin millimetrin tarkkuudella tasaavaa luokitusta käyttäen siten, että läpimitat otettiin kahdessa suunnassa, nimittäin ensin ohuimmalta puolen ja sitten tätä vastaan kohtisuorassa suunnassa.

Kaikkien tukkien paksuus mitattiin latvasta, tyvestä ja keskeltä. Lisäksi kaikki tukit, joiden pituus oli tasan neljällä jaollinen, mitattiin vielä pätkittäin neljän jalan pituisina palasina, jolloin mittauskohta oli tällaisen pätkän keskellä.

Tukin latvan läpimitan mittauskohta määritettiin siten, että tukin pituudesta vähennettiin ensin puolen tasausvaran eli kahden tuuman pituinen pätkä. Todellisuudessa tasausvaran pituus vaihteli, mutta tässä mittausvaiheessa otettiin tasausvaran pituudeksi sen nimellinen pituus.

Mikäli mittauskohdalla latvassa oli oksaryhmittymä, mitattiin paksuus ensin ohuimmasta kohdasta, missä läpimitta oli pienin. Sen jälkeen suoritet-

tiin tätä mittausta vastaan kohtisuora mittaus kohdasta, jossa läpimitta oli tyveen päin mennessä pienin.

Mikäli latvan paksuus pieneni tyveen päin, niin mittauskohtaa siirrettiin siihen saakka, missä paksuus tyveen mentäessä oli pienin.

Tukin tyven paksuudet mitattiin kahden jalan päästä tyvileikkauksesta. Tällä tavalla voitiin luonnollisesti eliminoida vain osa juurenniskojen vaikutuksesta. Mittauskohtaa ei kuitenkaan voitu siirtää pitemmälle tyvestä, koska sellainen mittaus ei todennäköisesti enää voisi tulla kysymykseen vaneritukkeja käytännössä mitattaessa. Tyvi- ja latvatukit mitattiin samalla tavalla, koska niidenkin erotteleminen käytännössä voi tuottaa vaikeuksia.

Vaneritukkien keskikohta määritettiin tukin nimellisen pituuden puoliväliin siten, että mittaus aloitettiin kahden tuuman päästä latvaleikkauksesta.

Jos keskellä olevalle mittauskohdalle sattui oksapaisuma tai muu paksunnos, läpimitat mitattiin välittömästi paksunnoksen ulkopuolelta kahden yhtä kaukana mittauskohdasta olevan läpimitan keskiarvona. Vaneritukkeja pätkittäin mitattaessa sovelletettiin samaa sääntöä.

Kuoren paksuus mitattiin latvasta, tyvestä ja keskeltä kuorimittarilla tasaavaa mm:n luokitusta käyttäen.

Vaneritukkien pituudet mitattiin tukin selästä poikkileikkauksesta toiseen alenevaa jalan luokitusta käyttäen. Tasausvaran pituus mitattiin tuumissa tasaavaa luokitusta soveltaen.

232. *Painomittaukset*

Kuten aikaisemmin jo mainittiin tutkimukseen ei ole otettu mukaan lumisia tai jäisiä kuormia.

Vaneritukkien punnitsemiset on suoritettu autokuormittain autovaa'alla ja auto on ajettu joka kerta vaa'alle erikseen kuorman brutto- ja taarapainon määrittämistä varten.

Mikäli punnitseminen on suoritettu kahdessa osassa, kuten on saattanut tapahtua esim. rekka-autojen kohdalla, niin silloin on huolehdittu siitä, että vaakasilta on sijainnut ajoradan tasossa.

Rasiinkaadetut ja talvella kaadetut vaneritukit on pidetty eri ryhminä.

233. *Mittaajat*

Tämän tutkimuksen aineisto mitattiin, kuten aikaisemmin jo mainittiin siten, että kukin yhtiö varasi alueelleen metsäteknikon tai vaneritukkien mittauksiin hyvin perehtyneen työnjohtajan mittausryhmän esimieheksi, jolla oli tavallisesti kaksi apulaista.

Tieteellisluonteisissa mittauksissa olisi yleensä pyrittävä siihen, että koko aineisto mitattaisiin saman tutkimusryhmän toimesta. Tällöin voitaisiin esim. alueittaisia tutkimustuloksia luotettavimmin vertailla keskenään. Näin on asianlaita varsinkin silloin, kun on kysymys määrällisistä luvuista. Tämän tutkimuksen pääpaino on kuitenkin ollut suhteellisissa lukuarvoissa, esim. siinä, kuinka paljon vaneritukkien latvasta mitattu kuutio on keskeltä mitattuna kuutiota pienempi. Kun mittausryhmät ovat koko ajan käyttäneet samaa henkilöä ryhmän osalle lankeavien mittausten suorittamiseen, ei mittaajasta joutuvalla systemaattisella virheellä liene kuitenkaan sanottavaa merkitystä, koska määrälliset arvot ovat tällöin samaan suuntaan tai suunnilleen saman verran virheellisiä, minkä takia niiden suhdeluku on systemaattisesta virheestä lähipitäen vapaa.

Periaatteessa ei olisi myös pitänyt käyttää yhtiöiden omia miehiä mittausryhmissä, koska voidaan väittää, että he valitsevat aineiston ja mittaavat sen yhtiönsä etuja tavoitellen. Mittausten aikana tehtiin useita tarkastusmatkoja tutkimuskohteisiin, mutta tällaista määräsuuntaista pyrkimystä ei ollut havaittavissa. Tähän seikkaan on kiinnitetty huomiota myös aineistoa analysoitaessa.

Usean mittausryhmän käyttämisestä on toisaalta etua käytäntöä palvelemaan tähtäävissä mittauksissa. Tällöin mittaustulokset ovat lähempänä käytäntöä ja siihen helpommin sovellettavissa. Mikäli mittaajista johtuvia virhelähteitä on jäänyt aineistoon,virhelähteiden vaikutus kokonaisaineistoon lienee huomattavasti vaimentunut, sillä systemaattiset virheet yleensä sattuvat eri mittaajilla eri suuntiin (T i r e n 1929).

234. Mittaustarkkuus

Ennen mittauksien aloittamista pidettiin päivän kestävä neuvonta- ja opastustilaisuus niille henkilöille, jotka myöhemmin joutuivat suorittamaan tutkimuksen kenttämittaukset. Tässä tilaisuudessa käytiin läpi tutkimusohjeet ja niiden tulkinnat.

Annettujen ohjeitten tulkitseminen kontrolloitiin siten, että kukin tuleva mittaaja sai tehtäväkseen mitata sen saman vaneritukkierän, jonka myös muut joutuivat mittaamaan. Eri mittaajien saamia tuloksia vertailtiin sitten keskenään.

Koska eräs yhtiö ei ollut lähettänyt edustajaa mainittuun tilaisuuteen ja erään toisen yhtiön edustajan mittaustuloksia ei saatu käytettäväksi, tapahtui analyysi kuuden yhtiön edustajan aineiston perusteella.

Mitattu erä sisälsi 31 tukkia, josta aineistosta on tarkemman esittelyn kohteeksi otettu jokaisen mittaajan suorittamat 62 ristiinmittausta tukkien

Taulukko 1. Henkilökohtaisten mittaustulosten vertailu
Table 1. Comparison of the results obtained by different persons

Mittaajan edustama yhtiö *Company represented by measurer*	Poikkileikkauspinta-alan mittaustulokset *The results of measuring the cross-sectional area*		
	Ohuimmalta puoleta *in direction of the smallest diameter*	Paksulta puolelta *in direction of the larger diameter*	Ristiinmittaamalla *by grosswise diameter*
	Suhdeluku — *Ratio*		
A	100.2	99.8	100.2
B	100.7	101.1	100.9
C	100.7	100.6	100.6
E	99.5	100.1	100.2
F	99.0	98.7	98.8
G	99.2	99.2	99.1
Keskimäärin — *on an average*	100.0	100.0	100.0

keskeltä. Kukin mittaaja käytti niitä mittasaksia, jotka sittemmin annettiin hänen käyttöönsä varsinaisia tutkimuksiakin suoritettaessa.

Tulokset nähdään taulukossa 1. Perusmitaksi on otettu kaikkien mittaajien keskimääräinen tulos, jota on merkitty sadalla (100). Taulukosta nähdään se suhteellinen tulos, jonka kukin mittaaja on saavuttanut. Mitan yksikkönä on ollut poikkileikkauspinta-alan arvo neliömetreinä. Ristiinmittaamalla saadut arvot on laskettu ohuimman puolen ja paksun puolen mittaustulosten geometrisena keskiarvona (vrt. T i r e n 1929).

Kuten taulukosta 1 havaitaan, poikkeavat eri mittaajien suhteelliset arvot vain vähän kaikkien mittaajien keskiarvosta (100). Suurin poikkeama on 1.3 %. Koska T i r e n'in (1929) mukaan tieteellisissä töissä systemaattisen virheen suuruus on mitoitettava 1.5—2.0 % suuruiseksi, niin voidaan saavutettuja tuloksia pitää tyydyttävinä.

Saavutetut tulokset viittaavat siihen, että mittaajilla oli hyvät edellytykset suorittaa läpimittojen mittaukset tutkimustehtävää tyydyttävällä tarkkuudella.

24. Aineiston käsittely

Tutkimuksen aineisto siirrettiin esitarkastuksen jälkeen reikäkorteille ja aineiston laajimmat laskuvaiheet suoritettiin IBM-1620 tietokoneella Yliopiston laskentakeskuksessa. Hyvin huomattava määrä laskuista on myös suoritettu tavallisia laskukoneita käyttäen.

Tilastomatemaattiset kaavat, joita on käytetty ongelmien ratkaisuissa, on saatu L i n d e r 'in (1951) julkaisusta.

25. Käsitteet ja tunnukset

Vaneritukilla ymmärretään tässä tutkimuksessa sellaista koivutukkia, joka on tarkoitettu vaneriteollisuuden raaka-aineeksi ja joka on tullut luovutusmittauksissa tähän tarkoitukseen hyväksytyksi ja mitatuksi.

Kyseessä olevassa tapauksessa hyväksyminen on tapahtunut Maataloustuottajain Keskusliiton Metsävaltuuskunnan ja Koivukeskuksen 17. 7. 1961 sopimien ja Keskusmetsäseura Tapion suosittelemien yleisten vanerikoivujen mittaus- ja laatumääritelmien perusteella. Vanerikoivuja mitattaessa ei tässä tutkimuksessa ole otettu huomioon laadun tai jonkin muun sellaisen seikan johdosta tehtyä mittavähennystä, vaan tukit on mitattu vaneritukiksi sellaisinaan.

Tukin tai tukkien kuutiolle on annettu oma nimityksensä sen perusteella, minkä periaatteen mukaisesti kuutioiminen on suoritettu. L i e r i ö k u u t i o l l a tarkoitetaan sitä kuutiota, joka on saatu, kun tukin kuutio on laskettu suorana ympyrälieriönä. Sen mukaisesti onko tämän lieriön poikkileikkauspinta-ala mitattu latvasta, keskeltä vai tyvestä, on lieriöstä käytetty nimityksiä l a t v a-, k e s k u s- ja t y v i l i e r i ö. Tutkimuksessa saattaa siis tulla esille esim. sellainen nimitys kuin t u k i n l a t v a l i e r i ö tai kokonaisesta erästä puhuttaessa sellainen nimitys kuin e r ä n l a t v a l i e r i ö jne. Smalianin kaavaa[1]) käyttämällä saatua kuutiota on nimitetty S m a l i a n i n k u u t i o k s i ja Newtonin kaavan [2]) mukaan saatua kuutiota vastaavasti N e w t o n i n k u u t i o k s i. Vastaavalla tavalla on kuutioimistapaan viitaten käytetty nimityksiä t a u l u k k o k u u t i o, n o m o g r a m m i k u u t i o tai y h t ä l ö k u u t i o.

Kun tukit mitataan mittasaksia käyttämällä, kuten tavallisesti tehdään, saadaan varsinkin kaarnakuoristen tyviosien poikkileikkauspinta-alat todellista suuremmiksi, sillä mittasaksia käyttäen tulee poikkileikkauspinta-alaan kuuluvaksi luettua myös esim. kaarnarosojen väliset tyhjät tilat ja poikkileikkauspinta-alaa rajaavan kehän painumat. Jos siis tukit mitataan hyvin lyhyinä pätkinä mittasaksilla, saadaan ns. pätkittäinen kuutio, joka on tukkien todellista kuutiota jonkin verran suurempi. Mittasaksia käyttäen ja lyhyinä pätkinä kuutioiden saatua tukin kuutiota on tässä tutkimuksessa

---

[1]) $v = l \frac{g_1 + g_t}{2}$ ja

[2]) $v = l \frac{g_1 + g_{1/2} + g_t}{6}$, joissa

v = tukin tilavuus
l = tukin pituus
g_1 = tukin latvan poikkileikkauspinta-ala
$g_{1/2}$ = tukin keskikohdan poikkileikkauspinta-ala
g_t = tukin tyven poikkileikkauspinta-ala

nimitetty stereometriseksi kuutioksi, joka on esim. samojen tukkien ksylometrikuutiota suurempi.

Sen mukaan, mistä kohtaa tukin paksuus on mitattu kuutioimista silmällä pitäen, on tässä tutkimuksessa käytetty seuraavia nimityksiä:

— latvastamittaus
— keskeltämittaus
— tyvestämittaus
— latvatyvimittaus
— Smalianinmittaus
— Newtoninmittaus
— pätkittäinmittaus.

Käytetyt nimitykset viittaavat vain tukin paksuuden mittauskohtaan, mutta eivät ilmoita mitään siitä, millä tavalla itse kuutioiminen on suoritettu.

Esim. latvasta mittaamalla voidaan kuutioiminen suorittaa soveltamalla suoran ympyrälieriön kaavaa, yhtä hyvin kuutioiminen voidaan suorittaa myös käyttämällä kuutioimistaulukoita tai soveltamalla kuutioimisyhtälöitä jne.

Tukin tai tukkien kuutio voidaan saada suoraan mittausten perusteella soveltamalla mittausopillisten kappaleiden kuutioimiskaavoja. Näin saatua kuutiota on nimetetty mitatuksi kuutioksi.

Mikäli tukkien kuutio tai paino on saavutettu jotain tilastollista kuutioimismenetelmää, esim. kuutioimistaulukoita tai yhtälörakennelmia tms .käyttäen, on tällaista kuutiota tai painoa nimitetty tukkien arviokuutioksi tai arviopainoksi ja sovellettua menetelmää arviomenetelmäksi.

Peruskuutiolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sitä kuutiota, johon jotain toista kuutiota — vertauskuutiota — verrataan. Vertauskuution prosenttista osuutta peruskuutiosta on nimitetty suhteelliseksi kuutioksi.

Käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä vaneritukit on mitattu useasta eri kohdasta useammalla eri tavalla, minkätakia muuntojärjestelmä on paisunut laajaksi. Jotta kaikki mitat ja mittauskohdat ja eri tavoin saadut kuutiot pysyisivät selvästi erossa toisistaan, on katsottu aiheelliseksi antaa määrätyille mitoille, mittaustavoille yms. tunnuksensa, symbolinsa.

Seuraavia tunnusmerkkejä on käytetty ja ne on luettava ja ymmärrettävä seuraavalla tavalla:

LTV = tukin latvasta; tarkoittaa mittauskohtaa, joka on puolen tasausvaran eli kahden tuuman etäisyydellä tukin latvasta — *at the top end of logs: refers to a point of measurement*

located at a distance from the top end of the lops which equals one half of the allowance for trimming, or, 2 in.

KES = tukin keskeltä; tarkoittaa tukin puolenvälin kohdalla olevaa mittauskohtaa — *at the middle of logs: refers to a point of measurement located at the middle of the log length*

TYV = tukin tyvestä; tarkoittaa kahden jalan päässä tyvestä sijaitsevaa mittauskohtaa — *at the butt end of logs: refers to a point of measurement of logs located at a distance of 2 ft from the butt end*

NEWTON = Newtonin kaavan mukaan; soveltaen yllä mainittuja mittaustapoja LTV, KES ja TYV — *according to Newton's formula and employing measurement in the places mentioned previously: LTV, KES, and TYV*

SMALIAN = Smalianin kaavan mukaan; soveltaen yllä mainittuja mittaustapoja KES ja TYV — *according to Smalian's formula and employing measurement in accordance with KES and TYV*

OHT = ohuimmalta puolelta; tarkoittaa, että tukin läpimitta on mitattu poikkileikkauspinnan pienimmän läpimitan kohdalta — *in the direction of the smallest diameter: refers to diameter measurements taken in the direction which gives the smallest diameter at each point of measurement*

PAKS = paksulta puolelta; tarkoittaa sitä läpimittaa, joka on saatu mittaamalla tukin läpimitta kohtisuoraan edellä mainittua OHT:tä vastaan — *in the direction of the larger diameter: refers to the diameter measurement taken at right angles to OHT*

SATT = sattuvalta puolelta; tarkoittaa ohuelta puolelta (OHT) ja paksulta puolelta (PAKS) saatujen mittaustulosten geometristä keskiarvoa. Tulos on siis saatu primäärimateriaalista laskennallisesti, mutta vastaa käytännössä sattuvalta puolelta suoritettavaa mittausta — *in a direction determined at random: refers to the geometrical mean of the measurements taken in direction of the smallest (OHT) and the larger (PAKS) diameters. The result it thus obtained from the primary material on the basis of calculation, however in practice it corresponds to measurement in a direction determined at random*

KP = kuoren päältä eli kuorineen — *on bark, or, bark included*

KTT = kuoren alta eli kuoretta — *under bark, or, bark excluded*
mm = millimetreinä tasaavaa luokitusta käyttäen — *in millimetres, rouding off to the class middle*
½″ = puolen tuuman alenevaa luokitusta käyttäen — *using ½-in. classes, rounding off downnwards*

Esimerkiksi tutkimuksessa esiintyvä merkintä: OHT LTV KP mm, on luettava seuraavalla tavalla: ohuimmalta puolelta tukin latvasta kuoren päältä tasaavaa millimetriluokitusta käyttäen.

Tukkien paksuus mitataan käytännössä tavallisesti tuumina ja niiden pituus mitataan jalkoina. Muistiin merkitsemisen ja laskemisen helpottamiseksi käytetään tavallisesti sopivan suuruista luokitusta. Paksuus voidaan mitata esim. puolen tuuman tarkkuudella ja pituus esim. jalan tarkkuudella. Käytännössä tukit jakaantuvat näin ollen tuuma- ja jalkaluokkiin. Tällaisista tukin paksuus- ja pituusluokan yhdessä määrittelemistä luokista, on tässä tutkimuksessa käytetty nimitystä m i t t a l u o k k a. Lomakkeella, johon tukit merkitään muistiin, on tavallisesti jokaisella mittaluokalla oma ruutunsa, johon kaikki saman paksuiset ja saman pituiset tukit merkitään muistiin. Määrätty mittaluokka edustaa näin ollen paksuudeltaan ja pituudeltaan ja usein myös kuutioltaankin määrätyn kokoista tukkia.

M u o t o l u v u l l a tarkoitetaan yleensä puun todellisen kuution suhdetta jostain kohdasta mittaamalla saatuun lieriökuutioon. Tukkien kohdalla mainitaan usein latvamuotoluku, jolla tarkoitetaan tukkien todellisen kuution suhdetta tukkien latvalieriön kuutioon. Usein nimitetään l a t v a m u o t o l u v u k s i myös tukkien keskuslieriön suhdetta niiden latvalieriöön. Näin on menetellyt esim. P u t k i s t o (1947) ja samalla tavalla on menetelty myös käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä. T y v i m u o t o l u v u k s i on nimitetty tukkien keskuslieriön ja tyvilieriön suhdetta.

T a s a u s v a r a l l a tarkoitetaan yleensä sitä tukissa olevaa ylimääräistä pituutta, joka ylittää tukin nimellisen pituuden ja jota ei oteta mitattaessa huomioon. P u u t a v a r a n m i t t a u s s ä ä n n ö n (As.kok. n:o 395/38) mukaan ostaja saa vaatia tasausvaraa enintään 4 tuumaa ja se on mitattava silloin pölkyn latvasta. Koska tasausvaran tehtävänä käytännössä on kuitenkin muodostaa eräänlainen suojatulppa tukin kummankin pään vaurioitumisen estämiseksi, tuntuisi luonnolliselta, että tasausvarasta laskettaisiin puolet tukin kumpaankin päähän. Valtioneuvoston asettama puutavaran mittauskomitea, on tulkinnut tasausvaran tällä tavalla. Näin on menetelty myös tämän tutkimuksen yhteydessä.

3. AINEISTO

Vaneritukkien mittausaineisto kerättiin kahdeksan vaneriyhtiön hankinta-alueelta. Kuvasta 1 nähdään aineiston likimääräinen maantieteellinen jakaantuminen.

Aineistoa kertyi vaneriyhtiöistä seuraavat määrät:

Yhtiö *Company*	Eriä, kpl *Number of lots*	Tukkeja *Number of logs*
A.	15	815
B.	15	867
C.	15	772
D.	10	787
E.	16	951
F.	13	1 026
G.	15	891
H.	15	812
Yhteensä *In total*	114	6 921

Sellaisia tukkeja, joiden pituus oli neljällä jaollinen ja jotka mitattiin neljän jalan pituisina pätkinä kertyi kaikkiaan 1 900 kappaletta.

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Vaneritukkien ominaisuudet

411. Koko ja muoto

Koska eri vaneriyhtiöt toimittavat tukkinsa tehtaalle eri pituisina, poikkeavat tukkierien keskipituudet toisistaan.

Taulukossa 2 esitetään yhtiöittäin vaneritukkien keskipituudet, keskeltämitattujen läpimittojen keskiarvot, niiden hajonnat ja variaatiokertoimet. Läpimitat näyttävät olevan melkoisesti samansuuruisia kaikissa yhtiöissä. Lukuja vertailtaessa on otettava huomioon keskipituuden vaikutus, sillä mitä pitempiä tukit ovat, sitä kauemmaksi tyvestä siirtyy myös keskikohta ja seurauksena siitä on keskiläpimitan pieneneminen.

Taulukon 3 perusteella voidaan tarkastella eri kohdista mittaamalla saatujen vaneritukkien kuutioita. Taulukon luvut ovat juoksujalkaa kohden laskettuja lieriökuutioita (j^3/jj), mutta ne voidaan myös käsittää ao. mittauskohdan neliöjalkoina ilmaistuina poikkileikkauspinta-aloina (j^2).

Taulukon alaosassa nähdään määrälliset arvot suhteellisina kuutioina. Peruskuutioiksi on valittu ohuimmalta puolelta tukin keskeltä kuoren päältä millimetereissä (OHT KES KP mm) mitatun lieriökuution suuruus.

Taulukko 2. Vaneritukkien järeys yhtiöissä
Table 2. The dimensions of veneer logs by companies

Yhtiö *Company*	Tukkien — *Log*		Hajonta, mm *Standard* deviation, mm	Variaatiokerroin, % *Variation coefficient, per cent*
	Pituus, j *Length, ft*	Läpimitta, *Diameter* OHT KES KP mm		
A.	15.37	227	32.1	14.1
B.	19.09	224	29.5	13.2
C.	21.47	225	31.4	14.0
D.	21.30	231	28.4	12.3
E.	21.53	233	33.4	14.3
F.	27.62	219	25.3	11.6
G.	23.16	220	27.4	12.5
H.	22.71	229	27.6	12.1
Kaikkiaan — *In total*	21.72	226	29.8	13.2

Taulukon perusteella voidaan tehdä vertailuja eri tavoin mitattujen kuutioiden välillä. Vertailuja suoritettaessa on kuitenkin muistettava, että myös suhteellisten kuutioiden suuruuteen vaikuttaa tukkien keskipituus.

Seurattaessa eri yhtiöiden tukkien suhteellisia kuutioita ja verrattaessa niitä koko aineiston keskiarvoihin, huomataan vain pieniä eroja. Tämä havainto tukee sitä mielikuvaa, että koko vaneritukkiaineisto on tukkien kuutioon vaikuttavien tekijöiden puolesta varsin yhtenäinen.

Vaneritukkien keskimääräinen muoto näyttää poikkeavan paraboloidin muodosta. Tähän tulokseen päädytään tarkastelemalla Smalianin kaavalla saatua suhteellista kuutiota esittävää lukusarjaa (toiseksi viimeinen sarake). Jos vaneritukit olisivat esim. paraboloidin muotoisia, saataisiin mainitun lukukusarjan suhteelliseksi kuutioksi 100, koska keskeltämittaus (Huberin kaava [1])) ja Smalianin mittaus antavat saman kuution paraboloidin muotoisille tukeille.

Tähän kysymykseen saadaan lisää selvyyttä tarkastelemalla alla olevassa asetelmassa esitettyjä aineiston keskimääräisiä kapenemislukuja.

Vaneritukkien kapeneminen, mm/metri

Keskeltä latvaan	Tyvestä latvaan	Tyvestä keskelle
7.6	9.2	10.9

Asetelman mukaisesti kapeneminen keskeltä latvaan näyttää siis olevan vähäisempää kuin tyvestä latvaan ja se on edelleen huomattavasti pienempää kuin kapeneminen tyvestä keskelle. Tämä havainto viittaa siihen, että vaneritukkien kapeneminen kasvaa latvasta tyveen päin siirryttäessä. Jos vaneritukit olisivat koko pituudeltaan paraboloidin muotoisia, täytyisi kapenemisen päinvastoin koko ajan pienetä latvasta tyveen päin. Sen sijaan tyveä kohden lisääntyvä kapeneminen on ominaista mm. neiloidin muotoiselle kappaleelle (vrt. N i s u l a 1963).

Kysymys siitä, missä määrin vaneritukit ovat muodoltaan neiloidimaisia, on siis syytä käsitellä edelleen. Äsken esitetyt kapenemissarjat on saatu mittaamalla tukit kolmesta kohdasta, nimittäin latvasta, keskeltä ja tyvestä, eivätkä ne näin ollen voi tarjota mahdollisuuksia vaneritukkien muodon tarkempaa analysointia varten. Tämän takia on kolmesta pätkittäin mitatusta tukkien pituusluokasta, nim. 16-, 24- ja 32-jalkaisista tehty yksityiskohtaisempi selvittely. Näiden tukkien kohdalla laskettiin prosenttisarjat, jotka muodostuivat siten, että määriteltiin, kuinka monta prosenttia tukin latvan puoleisen neljän jalan pätkän kuutio (vertailukuutio) oli sitä lähinnä

[1]) v = $g_{1/2}$. l, missä
v = tukin tilavuus
$g_{1/2}$ = tukin keskeltä mitattu poikkileikkauspinta-ala
l = tukin pituus

Taulukko 3. Eri mittaustapoja käyttäen
Table 3. The volume of veneer logs obtained on

Yhtiö *Company*	SATT	OHT	OHT	SATT	OHT	OHT	OHT
	TYV			KES			
	KP	KP	KTT	KP	KP	KTT	KP
	mm,			mm,			½″
	j³/jj — *cu.ft/ft*			j³/jj — *cu. ft/ft*			
A.	0.608	0.579	0.483	0.465	0.443	0.389	0.418
B.	.589	.558	.477	.451	.430	.378	.405
C.	.601	.569	.478	.450	.429	.372	.404
D.	.653	.616	.519	.477	.453	.401	.428
E.	.669	.630	.523	.486	.462	.406	.436
F.	.589	.558	.466	.423	.406	.346	.383
G.	.569	.545	.460	.426	.410	.358	.386
H.	.625	.593	.506	.468	.447	.393	.422
Kaikkiaan — *In total*	.612	.580	.488	.453	.433	.378	.408
						Suhteellinen kuutio %	
A.	137.3	130.6	109.0	105.0	100.0	87.9	94.3
B.	137.1	129.8	111.0	105.0	100.0	88.0	94.3
C.	140.3	132.7	111.6	105.0	100.0	86.9	94.4
D.	144.1	135.8	114.5	105.2	100.0	88.4	94.5
E.	145.0	136.4	113.4	105.4	100.0	88.0	94.5
F.	145.2	137.6	114.7	104.2	100.0	85.4	94.4
G.	138.8	133.0	112.2	104.0	100.0	87.2	94.1
H.	139.8	132.6	113.1	104.6	100.0	87.9	94.4
Kaikkiaan — *In total*	141.4	134.0	112.7	104.7	100.0	87.3	94.3

tyvipuolella olevan saman pituisen pätkän kuutiosta (peruskuutio). Näin saatu prosenttisarja ilmoittaa peräkkäisten pätkien suhteelliset kuutiot eli myös pätkien keskeltämitattujen poikkileikkauspinta-alojen suhteet prosentteina. Näin ollen se antaa kuvan kysymyksessä olevien tukkien kapenemisesta siirryttäessä neljän jalan pätkinä tukin tyvestä latvaan tai päinvastoin. Tulokset nähdään kuvasta 2.

Jos peräkkäisten pätkien suhteellinen kuutio on pieni, merkitsee se suurempaa kapenemista kuin päinvastaisessa tapauksessa. Tarkasteltaessa kuvaa 2 havaitaan, että tyvestä lähdettäessä vaneritukkien kapeneminen ensin nopeasti pienenee ja saavuttaa sitten minimiarvonsa noin 10—14 jalan vaiheilla tyvestä. Tämän jälkeen alkaa kapeneminen jälleen kasvaa latvaan päin, mutta hitaammin kuin tyveen mentäessä. Ilmiö on samantapainen kaikissa kolmessa tarkastelun kohteena olevassa pituusluokassa ja tuskin lienee aihetta epäillä, etteikö se olisi samanlainen muunkin pituisten vaneritukkien kohdalla.

Vaneritukeissa näyttää siis olevan tyvestä 10—14 jalan päässä erikoinen taitekohta, josta lähtien kapeneminen kasvaa sekä tyveen että latvaan päin. Tämän tutkimuksen yhteydessä on havaittu, että vaneritukkien eri korkeuk-

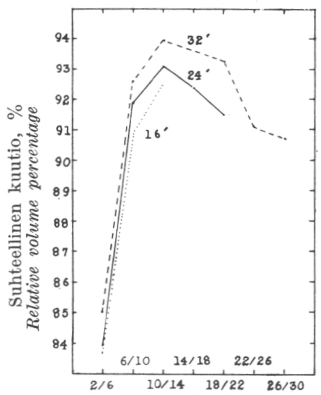
saadut vaneritukkien kuutiot
the basis of different methods of measurement

SATT	OHT	OHT	SATT	OHT	OHT	SATT	OHT	OHT
LTV			NEWTON			SMALIAN		
KP	KP	KTT	KP	KP	KTT	KP	KP	KTT
mm,			mm,			mm,		
j³/jj — *cu. ft/ft*			j³/jj — *cu. ft/ft*			j³/jj — *cu. ft/ft*		
0.398	0.380	0.335	0.478	0.455	0.396	0.503	0.480	0.409
.367	.347	.306	.460	.438	.383	.478	.453	.392
.351	.334	.289	.459	.437	.376	.476	.452	.384
.378	.360	.320	.490	.465	.407	.516	.488	.420
.393	.373	.328	.501	.475	.413	.531	.502	.426
.311	.297	.252	.432	.413	.350	.450	.428	.359
.336	.322	.281	.435	.418	.362	.453	.434	.371
.371	.355	.311	.478	.456	.398	.498	.474	.409
.358	.341	.298	.464	.442	.383	.485	.461	.393
Relative volume percentage								
89.8	85.8	75.6	107.8	102.7	89.3	113.5	108.4	92.3
85.3	80.9	71.2	107.0	101.7	89.0	111.2	105.3	91.2
82.0	77.8	67.5	106.9	101.7	87.6	111.0	105.4	89.5
83.4	79.5	70.7	108.1	102.5	89.9	113.9	107.7	92.7
85.2	80.9	71.0	108.4	102.9	89.3	114.9	108.7	92.2
76.6	73.1	62.0	106.4	101.8	86.2	110.8	105.4	88.4
81.9	78.5	68.5	106.1	101.9	88.3	110.5	105.9	90.5
82.9	79.4	69.6	106.9	102.0	89.1	111.4	106.0	91.5
82.8	78.9	68.9	107.1	102.1	88.5	112.0	106.5	90.8

silta mitattujen läpimittojen vaihtelua kuvaava variaatiokerroin on myös pienimmillään juuri tällä kohdalla. On mielenkiintoista lisäksi todeta, että Osara (Hilden 1926) myös havaitsi mainitulta korkeudelta mitatun perusläpimitan soveliaimmaksi koivikoiden kuutioimiseen.

Kuvan 3 perusteella voidaan edelleen tarkastella vanerikoivujen muotokysymystä. Kuvaan on piirretty diagrammit, jotka osoittavat edellä puheena olleitten pituusluokkien läpimitat eri korkeudella tyvestä. Mielenkiintoisin osa käyrästä on tukkien tyvipuolella, jossa läpimitta pienenee hyvin nopeasti kahden ensimmäisen mittauskohdan (2′—6′) välillä. Ensimmäisen pätkän paksuus poikkeaa huomattavasti tukin muiden pätkien läpimitan kuvaajan yleisestä kulusta. Tämän ilmiö lienee selitettävissä pääasiassa juurenniskojen vaikutuksesta johtuvaksi.

Kun tukit ovat paraboloidin muotoisia, niin sekä Smalianin että Huberin kaavaa käyttäen saadaan sama kuutio, joka vastaa tukin todellista kuutiota. Newtonin kaava kuutioi puolestaan oikein sekä paraboloidin että neiloidin muotoiset tukit. Mikäli tunnetaan tukkien todellinen kuutio, niin voidaan edellä mainittuja kaavoja soveltamalla tehdä huomioita vaneritukkien muodosta.



Vertailtujen pätkäparien asema tyvestä laskettuna, jalkaa
Location of the sections compared from the butt end of logs, ft

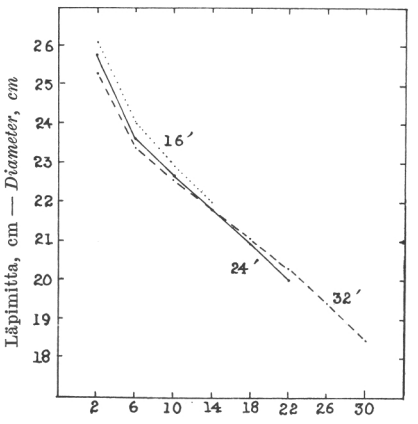
Kuva 2. Eri pituisten vaneritukkien peräkkäisten pätkien suhteelliset kuutiot.
Fig. 2. Relative volume of successive sections of veneer logs of varying length.

Vaneritukkien todellista kuutiota on vaikea mitata. Melko hyvä kuva todellisesta kuutiosta saadaan kuitenkin pätkittäin mittaamalla. Tässä tutkimuksessa mitattiin ja kuutioitiin 1 900 vaneritukkia neljän jalan pätkinä. Pätkien keskeltä mitatut poikkileikkauspinta-alat määritettiin ristiinmittaamalla ja läpimittojen geometriseen keskiarvoon perustuen. Tukit kuutioitiin samanaikaisesti myös Newtonin kaavalla. Alla olevasta asetelmasta nähdään tulokset pituusluokittain suhteellisina kuutioina. Peruskuutiona on ollut pätkittäinen kuutio ja vertailukuutiona Newtonin kuutio.

Tukkien pituus jalkaa *Log length, ft*	Suhteellinen kuutio *Relative volume*
12	99.1
16	99.9
20	101.3
24	100.4
28	100.3
32	100.8
Keskimäärin — *On an average*	100.4

Asetelma viittaa siihen, että Newtonin kaavaa käyttäen saatu vaneritukkien kuutio vastaa suunnilleen pätkittäisen kuutioimisen tulosta. Tällöin Newtonin kuutio on ilmeisesti tyvilaajeneman ja juurenniksojen vaikutuksesta johtuen hieman pätkittäistä kuutiota suurempi.

Newtonin kaavaa käyttäen saadaan siis suunnilleen saman suuruinen kuutio kuin pätkittäin mittaamallakin. Päällisin puolin asiaa tarkasteltaessa tulos näyttää viittaavan siihen, että vaneritukit ovat lähimain neiloidin muotoisia, mutta asiaa on syytä tarkastella yksityiskohtaisemmin.



Kuva 3. Vaneritukkien läpimitta eri korkeuksilla tyvestä.
Fig. 3. Diameter of veneer logs at varying heights from the butt

Mm. M ü l l e r (1902) on esittänyt kaavan neiloidin ja kartion muotoisen pölkyn kuutioimista varten siinä tapauksessa, että kappaleen pituus ja sen päiden pinta-alat tunnetaan. Nämä kaavat ovat seuraavia:

$$(3)\quad v_{\text{neiloidi}} = \frac{1}{4} l \left[g_t + \sqrt[3]{g_t\, g_1}\left(\sqrt[3]{g_t} + \sqrt[3]{g_1}\right) + g_1\right] \text{ ja}$$

$$(4)\quad v_{\text{kartio}} = \frac{1}{3} l \left(g_t + \sqrt{g_t\, g_1} + g_1\right),$$

missä

v_{neiloidi} = neiloidin muotoisen pölkyn kuutio,
v_{kartio} = kartion muotoisen pölkyn kuutio,
l = pölkyn pituus,
g_t = pölkyn tyvileikkauksen pinta-ala ja
g_1 = pölkyn latvaleikkauksen pinta-ala.

Kuten tiedetään Newtonin kaava kuutioi aivan tarkasti paraboloidin, kartion ja neiloidin muotoiset kappaleet. Jos siis pölkkyjen kuutio lasketaan juuri mainittujen Müllerin kaavojen (3 ja 4) perusteella, täytyy pölkkyjen kuutioiden olla saman suuruisia Newtonin kaavalla saadun kuution kanssa siinä tapauksessa, että pölkyt ovat täsmälleen joko neiloidin tai kartion muotoisia.

Kun sovellettiin Müllerin kaavoja (3 ja 4), saatiin aineiston keskitukille alla olevasta asetelmasta selviävät kuutiot. Asetelmaan on lisäksi merkitty taulukosta 4 saatu keskeltämitattu eli Huberin kuutio ja Smalianin kaavaa käyttäen saatu kuutio.

Kuutioimistapa *Method of cubing*	j^3/jj	Suhteellinen kuutio *Relative volume*
OHT HUBER KP mm ...	0.433	100.0
OHT SMALIAN KP mm ..	0.461	106.5
OHT NEWTON KP mm ..	0.442	102.1
OHT MÜLLER (3) KP mm	0.453	104.6
OHT MÜLLER (4) KP mm	0.455	105.0

Merkitsemällä Müllerin kaavat (3 ja 4) vuoron perään yhtä suuriksi Newtonin kaavan kanssa, voidaan laskea, mikä on sen neiloidin tai kartion muotoisen vaneritukin keskuskuutio, jolla on tässä tutkimuksessa saadun keskipölkyn suuruiset latva- ja tyvileikkauspinta-alat. Laskettaessa saatiin neiloidin muotoiselle tukille keskuskuutioiksi 0.449 j^3/jj, ja kartion muotoiesllе tukille 0.452 j^3/jj. Tämän tuloksen perusteella voidaan päätellä, koska keskuskuutio oli mittauksien mukaan 0.433 j^3/jj, että vaneritukit poikkeavat muotonsa puolesta matemaattisen neiloidin ja kartion muodosta. Tämä johtunee pääasiassa tyvilaajeneman ja juurenniskojen vaikutuksesta. Saadun tuloksen perusteella voidaan myös päätellä, että Newtonin kaavaa käyttämällä päädytään vaneritukkeja kuutioitaessa systemaattiseen positiiviseen virheeseen.

Jo aikaisemmin kiinnitettiin huomiota siihen seikkaan, etteivät vaneritukit ole myöskään paraboloidin muotoisia. Yllä olevan asetelman mukaisesti saatiin aineiston mitattujen arvojen perusteella Newtonin kuutioksi 0.442 j^3/jj. Sivulla 28 esitetyn asetelman perusteella näyttää tämä kuutio taas puolestaan olevan noin 0.4 % pätkittäistä kuutiota suurempi. Näiden tietojen perusteella voidaan päättelemällä laskea pätkittäin kuutioimalla saadun keskipölkyn kuutio, jonka arvoksi saadaan 0.440 j^3/jj. Tällöin huomataan, että neiloidin muotoisen pölkyn kuutio, 0.449 j^3/jj, on prosentteina laskettuna saman verran pätkittäin kuutioidun pölkyn kuutiosta (0.440 j^3/jj) kuin Newtonin kuutio (0.442 j^3/jj) on mitatusta keskuskuutiosta (0.433 j^3/jj) eli noin 102 prosenttia.

Tämän tuloksen perusteella Newtonin kuutio on noin 2 prosenttia keskuskuutiota eli Hubertin kuutiota suurempi, mutta vain noin 0.4 prosenttia pätkittäistä kuutiota eli stereometristä kuutiota suurempi. Tuloksen perusteella vaneritukkeja keskeltä mitattessa päädytään noin 1.6 prosenttia stereometristä kuutiota liian pieneen kuutioon.

Etelä-suomalaisten 2.2-metristen koivupaperipuiden kuutiosuhteita tarkastellessani (N i s u l a 1967, taulukko 1) päädyin suunnilleen saman tapaiseen tulokseen, jolloin huomasin, että Newtonin kuutio oli 1.96 prosenttia keskuskuutiota suurempi eli saman verran kuin nyt kyseessä olevassa tapauksessa vaneritukkien kohdalla. Samalla kertaa havaitsin, että pölkkyjen ns. stereometrinen kuutio, jolla tarkoitetaan mittasaksilla mitattuna ja hyvin lyhyinä pätkinä kuutioiden saatua kuutiotulosta, oli 1.4 % keskuskuutiota

Taulukko 4. Latvastaan samanpaksuisten tukkien suhteelliset kuutiot eri yhtiöissä

Tabel 4. The relative volume of logs of equal top diameter by companies

Yhtiö *Company*	Tukkien *Relative volume percentage of the*			Newtonin kuution suhteellinen tilavuus, % *Relative volume percentage of the volume obtained by Newton's formula*
	Latvalieriön *top cylinder*	Keskuslieriön *middle cylinder*	Tyvilieriön *butt cylinder*	
	suhteellinen tilavuus, % *of logs*			
A.	100.0	99.1	107.7	101.1
B.	100.0	100.8	100.5	100.6
C.	100.0	100.8	100.0	100.5
D.	100.0	101.1	103.5	101.5
E.	100.0	99.1	102.1	99.9
F.	100.0	100.0	95.5	99.0
G.	100.0	98.5	96.0	98.1
H.	100.0	98.8	97.5	98.6
Keskimäärin — *On an average*	100.0	100.0	100.0	100.0

suurempi, mikä vastaa jälleen suunnilleen nyt vaneritukkien kohdalla saatua tulosta, jonka mukaan pätkittäinen kuutio jäi 1.6 % keskeltämitattua kuutiota suuremmaksi.

Koivupaperipuiden kohdalla huomasin edelleen, että ksylometrikuutio sen sijaan oli saman suuruinen keskeltämitatun kuution kanssa. Tämä voitiin selittää ainoastaan siten, että mittasaksilla mitattessa kuutioon tulee mukaan myös kaarnakuoressa olevien rosojen väliset ilmatilat ja mahdollisesti myös poikkileikkauspintaa rajaavan kehän painumat, joita mittasaksilla ei voida mitata, minkä takia läpimitat saadaan vähän liian suurina, mistä johtuen myös näin mitattu kuutio saadaan todellista kuutiota suuremmaksi. Lisäksi läpimittoja ristiinmittaamalla saadaan kaikki poikkileikkauspinta-alat Tirenin (1929) mukaan hieman liian suurina, keskimäärin kuitenkin alle yhden prosentin verran liian suurina. Nämä mainitut seikat yhdessä vaikuttavat siihen, että koivupaperipuiden keskeltämitattu kuutio on saman suuruinen kuin ksylometrikuutiokin, jota on pidettävä todellisen kuution erittäin hyvänä likiarvona (Nisula 1967).

Mainittujen seikkojen perusteella voidaan olettaa, että myös vaneritukkien kohdalla keskeltämitattu kuutio lienee verrattain lähellä ja ehkä lähempänäkin tukkien todellista kuutiota kuin esim. Newtonin kaavalla saatu kuutio. Sen sijaan jos tavoitteena on stereometrinen kuutio, joka saadaan pätkittäin mittaamalla mittasaksia käyttäen, antaa Newtonin kaava oikeampia kuutiotuloksia kuin esim. Huberin kaava.

Koska tämän tutkimuksen yhteydessä ei ole ollut mahdollista suorittaa vaneritukkien ksylometrimittauksia, on tukkien oikeana kuutiona pidetty pätkittäin mittaamalla saatua stereometristä kuutiota. Koska tukkien ksylo-

metrikuutio on käytännön kannalta katsottuna varsin teoreettisluonteinen kuutio — sitähän ei voida käytännön olosuhteissa mitata — tuntuu luonnollisimmalta pitää tämänkin takia vaneritukkien oikeana kuutiona pätkittäin mittaamalla saatua stereometrista kuutiota, joka voidaan saavutta niillä välineillä, mittasaksilla, joilla käytännössäkin mitataan. Mittasaksia käyttäen saatu kuutio on lisäksi vertauskelpoisempi esim. pystypuuston arvioinnissa saatujen kuutioiden kanssa, koska nämäkin kuutiot perustuvat mittasaksilla suoritettuihin mittauksiin.

Varsin hyvä likiarvo vaneritukkien stereometrisestä kuutiosta saadaan myös Newtonin kaavaa käyttäen, edellyttäen, että tyven läpimitat mitataan kahden jalan päästä tyvestä, jolloin osa juurenniskojen oikukkaasta vaikutuksesta tyven läpimittaan tulee eliminoiduksi.

Taulukosta 3 voidaan havaita, että vaneritukit ovat muototekijöittensä puolesta yhtiöstä toiseen suunnilleen samanlaisia. Taulukon sisältämien määrällisten ja suhteellisten lukuarvojen lähempi tarkastelu on kuitenkin hankalaa, esim. erilaisten keskipituuksien takia. Tämän johdosta on laadittu taulukko 4, jonka perusteella voidaan helpommin tarkastella eri yhtiöissä saatuja tuloksia.

Taulukon laatimisessa on menetelty siten, että lähtökohdaksi on otettu koko aineiston keskitukki, joka on pituudeltaan 21.72 j ja latvalieriöltään 0.341 j^3/jj. Tästä tukista lähtien on sitten kapenemislukujen perusteella laskettu kussakin yhtiössä, yhtiön omaa kapenemislukua käyttäen saadut, keskus- ja tyvilieriöt, joiden kuutiota on sitten verrattu koko aineiston keskiarvoon. Tällöin on saatu taulukossa 4 yhtiöittäin esitetyt keskuslieriön ja tyvilieriön suhteelliset tilavuudet.

Kun taulukon 4 perusteella keskuslieriön suhteelllisia kuutioita verrataan toisiinsa, havaitaan niiden vaihtelevan yhtiöstä toiseen melko vähän. Tyvilieriöiden suhteelliset kuutiot poikkeilevat toisistaan vähän enemmän.

Taulukkoon 4 on lisäksi laskettu tukkien suhteelliset Newtonin kuutiot, jolloin voidaan havaita, että nämäkin kuutiot ovat yhtiöstä toiseen melkein samansuuruisia.

Nämä havainnot tukevat sitä käsitystä, että tutkimusalueen vaneritukit ovat muototekijöittensä puolesta keskimäärin muuten samanlaisia, paitsi tukkien tyviosan kohdalla, jossa näyttää olevan enemmän eroja yhtiöstä toiseen.

412. Soikeus

Vaneritukkeja käytännössä mitattaessa läpimitan mittaus tapahtuu tavallisesti ohuimmalta puolelta. Poikkileikkauspinta-ala tulee siis lasketuksi sellaisen ympyrän pinta-alana, jonka halkaisijana on poikkileikkauspinnan

pienin läpimitta. Käytännössä se osa puun poikkileikkauspinta-alasta, joka jää tämän ympyrän ulkopuolelle, jää siis kuutioimatta.

Useissa tutkimuksissa on tultu siihen tulokseen, että puun poikkileikkauspinta-ala on lähimain ellipsin muotoinen (esim. Schmidt-Born 1863, Renvall 1923, Tischendorff 1927). Puun poikkileikkauksessa voidaan siis erottaa pienin ja suurin läpimitta, minkä takia poikkileikkauspinta-ala voidaan sopivimmin laskea toisiaan vastaan kohtisuoraan ristiin mitattujen läpimittojen geometrista keskiarvoa vastaavana pinta-alana (Tiren 1929). Näin on menetelty tässäkin tutkimuksessa.

Käytännön kannalta on mielenkiintoista tietää, missä määrin ohuimmalta puolelta suoritettu mittaus johtaa todellista pienempään kuutioon ja missä määrin tässä suhteessa on eroja eri kohdista tukkia mitattujen tulosten välillä.

Valmiiksi laskettua materiaalia tämän seikan selvittämiseksi sisältyy taulukkoon 3. Peruskuutioksi on valittu ohuelta (OHT) puolelta mittaamalla saatu kuutio ja vertailukuutioksi sattuvalta puolelta (SATT) mitaten saatu kuutio. Tällä perusteella saatujen suhteellisten kuutioiden keskiarvot muodostuivat seuraaviksi:

tyvestä mitaten	105.5 %
keskeltämitaten	104.6 %
latvasta mitaten	105.0 %
Newtonin kaavan	105.0 %

Yhtiöstä toiseen soikeus näyttää vain vähän vaihtelevan.

Jos vaneritukkien paksuus mitataan ohummalta puolelta, mutta halutaan kuitenkin saada arvio todellisesta kuutiosta, voidaan muuntaminen suorittaa esitettyjen prosenttilukujen perusteella. Vastaavat kertoimet havutukkien kohdalla näyttävät olevan pienempiä, sillä Pöntysen (1929) mukaan minimiläpimitan aiheuttama korjauskerroin latvastamitatuille erottelemattomille havutukeille on Etelä-Suomessa 1.027. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan (Praktisk Skogshandbok 1955) vastaava kerroin on sikäläisille havutukeille 1.045. Meikäläiset vaneritukit lienevät siis vähän soikeampia kuin havutukit.

413. Kuori

Vaneritukkien läpimitat ja kuoren paksuus mitattiin tyvestä, keskeltä ja latvasta. Tämän perusteella voitiin määritellä tukkien kuorelliset ja kuorettomat lieriökuutiot ja Newtonin kuutio, jotka nähdään taulukosta 3 ja joiden perusteella on myös saatu alla olevasta asetelmasta tarkemmin selviävät kuoriprosentit:

Tyvestämittaus	15.9 %
Keskeltämittaus	12.7 %
Latvastamittaus	12.6 %
Newtonin mittaus	13.3 %

Vaneritukkien tyvessä näyttää siis olevan kuorta noin 3 %enemmän kuin muualla. Tukkien latva- ja keskikohdan kuoriprosentit sen sijaan ovat samansuuruisia ja vastaavat suunnilleen Tapion Taskukirjassa (1959) etelä-suomalaiselle koivutukille suositeltua kuoriprosenttia, 13 %.

Todellisuudessa vaneritukkien tyven kuoriprosentti on nyt ilmoitettua arvoa pienempi ja saattaa olla todellisuudessa esim. 14 prosentin vaiheilla. Tämä johtuu siitä, että kuorimittaria käytettäessä tulevat tyvipölkyissä myös kaarnarosojen väliset tilat lasketuksi kuoreksi, minkä takia kuoriprosentti saadaan liian suureksi. Nyt saatu tyven kuoriprosentti soveltuu lähinnä käytettäväksi niissä mittauksissa, jossa kuorellinen kuutio saadaan mittasaksilla tehtyjen mittausten perusteella, kuten esim. tässä tutkimuksessa. Näin ollen voidaan katsoa, että Newtonin mittauksessa saatu kuoriprosentti 13.3 %, ilmoittaa lähinnä oikean vaneritukkien keskimääräisen kuoriprosentin siinä tapauksessa, että tukkien kuutiot perustuvat mittasaksilla suoritettuihin mittauksiin.

Yhtiöstä toiseen kuoren osuus näytti edustavan suunnilleen mainittua suuruusluokkaa.

414. Tasausvara

Huolimatta siitä, että jokaisessa vaneritukissa tulisi kauppaehtojen mukaisesti olla tasausvaraa vähintäin 4 tuumaa, tavataan käytännössä runsaasti tukkeja, joissa tasausvara on tätä lyhyempi. Tutkitussa aineistossa tasausvaran pituus on melko säännöllisesti vaihdellut — lähimain normaalia jakaantumaa seuraillen — 0—11 tuumaan. Keskimäärin sen pituus oli 5.8 tuumaa.

Käytännössä päädyttäisiin siis lähimain samansuuruiseen tasausvaran keskipituuteen, jos tukit katkottaisiin sattumanvaraisista kohdista, ilman minkäänlaista pituuden mittausta, sillä silloin tasausvaran pituus olisi keskimäärin 6 tuumaa.

Taulukosta 5 nähdään tasausvaran keskimääräinen suuruus, sen absoluuttinen pituus ja sen osuus vaneritukkien kuutiosta, eri yhtiöissä ja vaihtelu vaneritukkierästä toiseen. Keskimäärin tasausvara näyttää merkitsevän 2.3 prosentin suuruista osuutta tukkien Newtonin kaavalla lasketusta nimellistä pituutta vastaavasta kuutiosta ja vaihtelu yhtiöstä toiseen näyttää olevan keskimäärin vähäistä.

Taulukko 5. Vaneritukkien tasausvaran keskimääräinen suuruus
Tabel 5. Average size of the allowance for trimming in vaneer logs

Yhtiö *Company*	Keskipituus, jalkaa *Average length, ft*	Tasausvaran *Allowance for trimming*	
		pituus, tuumaa *length, in.*	suhteellinen kuutio, % *relative volume per cent*
A.	15.37	4.8 (3.5—7.1)	2.6 (1.9—4.1)
B.	19.09	6.1 (4.6—7.2)	2.7 (1.9—3.3)
C.	21.47	5.5 (4.1—7.2)	2.2 (1.5—2.7)
D.	21.30	4.1 (3.4—4.6)	1.6 (1.5—1.8)
E.	21.53	6.5 (4.4—8.1)	2.6 (1.8—3.8)
F.	27.62	6.4 (5.0—7.7)	2.0 (1.4—2.4)
G.	23.16	6.3 (4.3—7.6)	2.3 (1.6—2.9)
H.	22.71	6.6 (3.5—9.0)	2.4 (1.5—3.0)
Keskimäärin — *On an average*	21.72	5.8	2.3

415. Kuutio ja paino

Käytännössä vaneritukit tavallisesti mitataan ohuimmalta puolelta tukin keskeltä kuoren päältä. Näin mittaamalla saatu kuutio on merkitty oheisessa taulukossa 6 peruskuutioksi, johon muulla tavalla mittaamalla saatuja kuutioita on verrattu. Näin saadut suhteelliset kuutiot nähtiin jo aikaisemmin taulukossa 3, joskin hieman eri suuruisina kuin nyt, koska laskelman lähtökohtana silloin olivat yksittäiset tukit. Nyt saatujen suhteellisten kuutioiden suuruudet on saatu laskemalla vaneritukkierien keskiarvoista. Taulukossa 6 esitetyt variaatiokertoimet antavat kuvan siitä, missä määrin vertailukuutioiden arvot poikkeavat peruskuutioista.

On mielenkiintoista havaita, että esim. OHT KES KTT mm saatu kuutio voidaan arvioida OHT KES KP mm saadun kuution perusteella, käyttämällä prosenttilukua 87.5, verrattain tyydyttävästi, sillä variaatiokerroin on tässä tapauksessa 1.99 %. Sen sijaan havaitaan tarkkuus melko tavalla

Taulukko 6. Vaneritukkierien lieriökuutioiden vertailu.
Table 6. Comparison of different cylindrical volumes of veneer log lots

Peruskuutio, j/jj *Bacis volume, cu ft/ft*	Vertailukuutio, j³/jj *Volume for comparison, cu ft/ft*	Suhteellinen kuutio % *Relative volume percentage*	Variaatiokerroin % *Variation coefficient, per cent*
1. OHT KES KP mm	SATT KES KP mm	104.8	1.05
2. »	OHT KES KP ½"	94.3	0.75
3. »	OHT KES KTT mm	87.5	1.99
4. »	SATT LTV KP mm	83.6	5.43
5. »	OHT LTV KP mm	79.7	5.31
6. »	OHT LTV KTT mm	69.7	6.27
7. »	SATT TYV KP mm	140.6	4.42
8. »	OHT TYV KP mm	133.3	4.20
9. »	OHT TYV KTT mm	112.3	3.85

epävarmemmaksi, jos samalla tavalla arvioidaan esim. latvastamitattuja kuutioita. Tällöin nim. variaatiokertoimet ovat suuria, vaihdellen tapauksittain 5.43—6.27 %.

Taulukon 6 perusteella näyttää siltä, että mittaamalla vaneritukkeja tyvestä päästäisiin parempiin tuloksiin kuin latvastamittaamalla. Näin onkin asianlaita, jos huomioon ei oteta tukkien pituuksia. Keskipituus vaikuttaa kuitenkin huomattavasti keskeltä ja latvasta, samoin kuin keskeltä ja tyvestä mitattujen suhteellisten lieriökuutioiden lukuarvoon. Kun keskipituuden vaikutus huomioidaan, pienenee variaatiokerroin sillä tavalla, että vaneritukkien latvastamittaus osoittautuukin tyvestämittausta paremmaksi. Tähän seikkaan palataan myöhemmin sivuilla 42 ja 48.

Kuten aikaisemmin sivulla 31 osoitettiin, antaa Newtonin kaava vaneritukeille melkein saman kuution kuin mittasaksia käyttäen saatu pätkittäinen kuutioiminenkin, jota edellä on nimitetty stereometriseksi kuutioksi. Näin ollen on mielenkiintoista verrata, missä suhteessa muulla tavalla mitatut lieriökuutiot ovat Newtonin kuutioon. Näitä seikkoja selvitellään taulukossa 7.

Taulukon 7 perusteella on merkille pantavaa, että silloin, kun keskeltämittaus ja Newtonin mittaus on suoritettu samantapaisesti, mitä tulee poikkileikkauspinta-alan mittaamiseen, niin suhteellinen kuutio vaihtelee erästä toiseen aika vähän, kuten huomataan riveillä 1—3 olevista variaatiokertoimista (0.83—0.88).

Mikäli keskeltämittaus suoritetaan ohuelta puolelta mittaamalla, mutta Newtonin mittaus sattuvalta puolelta, kasvaa suhteellisten kuutioiden variaatiokerroin, kuten nähdään riveiltä 4—6.

Silloin kun peruskuutiona on kuorelliset kuutiot ja vertailukuutioina kuorettomat kuutiot, kasvaa suhteellisten kuutioiden variaatiokertoimet edelleen, kuten nähdään riveiltä 7 ja 8.

Taulukko 7. Vaneritukkierien kuutioiden vertailu
Tabel 7. Comparison of the volumes of veneer log lots

Peruskuutio, j³/jj *Basic volume, cu ft/ft*	Vertailukuutio j³/jj *Volume for comparison, cu ft/ft*	Suhteellinen kuutio, % *Relative volume percentage*	Variaatiokerroin, % *Variation coefficient, per cent*
1. SATT NEWTON KP mm	SATT KES KP mm	97.7	0.88
2. OHT NEWTON KP mm	OHT KES KP mm	97.9	0.88
3. OHT NEWTON KTT mm ...	OHT KES KTT mm	98.6	0.83
4. SATT NEWTON KP mm	OHT KES KP mm	93.2	1.39
5. »	OHT KES KP ½"	88.0	1.36
6. » + tasausvara	»	86.0	1.32
7. »	OHT NEWTON KTT mm	82.7	2.20
8. OHT KES KP ½"	OHT NEWTON KTT mm	94.0	2.22

Taulukkojen 6 ja 7 perusteella voidaan huomata, että käytännössä sovellettu vaneritukkien mittaustapa OHT KES KP ½" aliarvioi samanverran OHT KES KP mm saatua kuutiota (taul. 6, rivi 2) kuin se yliarvioi OHT NEWTON KTT mm saatua kuutiota (taul. 7, rivi 8).

Vanerikoivujen painokysymykseen saadaan valaistusta taulukosta 8. Siinä tukit on ryhmitelty yhtiöittäin talvella kaadettuihin ja rasiinkaadettuihin vaneritukkeihin. Tuoreiden tukkien painoksi on saatu keskimäärin

Taulukko 8. Vaneritukkien paino
Table 8. The weight of veneer logs

Yhtiö *Company*	Eriä, kpl *Number of lots*	Paino *Weight*	
		kg/jj *kg/ft*	kg/j³ *kg/cu. ft*
Talvella kaadetut *Felled in winter*			
A.	14	13.2	27.5
B.	6	12.4	27.2
C.	5	12.4	26.4
H.	3	12.8	27.1
Kaikkiaan — *In total*	28	12.8	27.2
Variaatiokerroin, % — *Variation coefficient, per cent*			5.50
Rasiinkaadetut — *Leaf-felled*			
B.	5	10.4	22.7
C.	10	10.6	22.6
G.	3	11.1	21.8
H.	11	10.9	22.7
Kaikkiaan — *In total*	29	10.7	22.5
Variaatiokerroin, % — *Variation coefficient, per cent*			3.40

27.2 kg/j³ ja rasitukkien painoksi 22.5/j³. Tukkien tilavuus on laskettu niiden nimellisen pituuden osalta SATT NEWTON KP mm, mihin tilavuuteen on lisätty tasausvaran kuutio. Edellä mainittujen lukujen perusteella saadaan talvella kaadetun koivun kuutiometripainoksi 961 kg/k-m³ ja rasiinkaadetun koivun painoksi 795 kg/k-m³. Koska Newtonin kuutio yliarvioi vaneritukkien pätkittäin saatua stereometristä kuutiota noin 0.4 prosenttia, saadaan korjauksen jälkeen tukkien stereometrisen kuution painoksi talvella kaadetuille vaneritukeille 964 kg/k-m³ ja rasiinkaadetuille tukeille 798 kg/k-m³. Tuoreen koivun painoksi ilmoittaa P r a k t i s k S k o g s h a n d b o k (1955) 950 kg/k-m³, jolloin paino vaihteli 800—1 100 kg/k-m³.

Taulukosta 8 havaitaan rasiinkaadettujen vaneritukkien olevan 4.7 kg/j³ kevyempiä kuin talvellakaadettujen. Rasiinkaadettujen vanerikoivujen paino on keskimäärin 82.7 prosenttia talvellakaadettujen tukkien painosta. Variaatiokerroin huomataan talvella kaadetuissa vaneritukeissa olevan huomattavasti suuremman (5.50 %) kuin rasiinkaadetuissa tukeissa (3.40 %). Kun otetaan huomioon variaatiokertoimen suuruudet, on eri yhtiöiden tukkeja käsillä olevan aineiston mukaan pidettävä keskimäärin saman painoisina.

42. Arviomenetelmät

421. Kuutioimistaulukkomenetelmä

Aikaisemmin on mainittu, että kuutioimistaulukoita voidaan laatia monen periaatteen mukaisesti. Oleellista tukkien kuutioimistaulukoille on se, että kunkin kokoiselle eli kunkin mittaluokan tukille on esitetty oma kuutiolukunsa.

Kuutioimistaulukoiden tarkkuutta määritettäessä on kukin tukkierä kuutioitava taulukkojensa perusteella ja selvitettävä, miten paljon erien mitatut kuutiot poikkeavat arviokuutiostaan.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty, missä määrin vaneritukkien keskeltämittaukseen perustuvien kuutioimistaulukoiden avulla voidaan arvioida latvastamittaamalla saatavaa kuutiota, tarkemmin sanottuna sitä seikkaa missä määrin OHT KES KP mm mittauksen perusteella on mahdollista arvioida OHT LTV KP mm mitattua kuutiota.

Aineiston tukit jaettiin ensin mittaluokkiin tukin pituuden ja keskeltämitatun läpimitan perusteella sekä laskettiin kussakin mittaluokassa OHT LTV KP mm määrättyjen lieriökuutioiden keskiarvo. Tätä keskiarvoa voidaan pitää yksittäisen mittaluokan kuutioimistaulukkoarvona ja kaikkien mittaluokkien arvot yhdessä muodostavat tukkien kuutioimistaulukon.

Näin saatujen kuutioimistaulukkojen perusteella on sitten kuutioitu jokainen vaneritukkierä ja saatua t a u l u k k o k u u t i o t a on verrattu

jokaisen erän OHT KES KP mm mitaten saatuun kuutioon laskemalla paljonko taulukkokuutio on prosentteina tästä kuutiosta. Saatu tulos on kuutioimistaulukoiden perusteella arvioitu muotosuhde. Toinen eli mitattu muotosuhde saadaan määrittelemällä montako prosenttia OHT LTV KP mm mitattu lieriökuutio on OHT KES KP mm saadusta lieriökuutiosta. Määrittelemällä jälkimmäisellä tavalla lasketun muotosuhteen poikkeamat edellisellä tavalla lasketusta muotosuhteesta, saadaan selvyys laadittujen kuutioimistaulukoiden kuutioimistarkkuudesta.

Tätä poikkeilua kuvaavan variaatiokertoimen suuruudeksi saatiin 2.65 %. Variaatiokertoimen yleisen merkityksen perusteella voidaan tämän takia käytännön mittauksissa odottaa sitä, että ⅓:ssa kaikista kysymykseentulevista vaneeritukkieristä kuutioimisvirhe kuutioimistaulukoita käytettäessä jää vaneritukeilla 2.65 % pienemmäksi ja vain 5:ssä erässä sadasta saattaa sattua kaksi kertaa suurempia kuutioimisvirheitä.

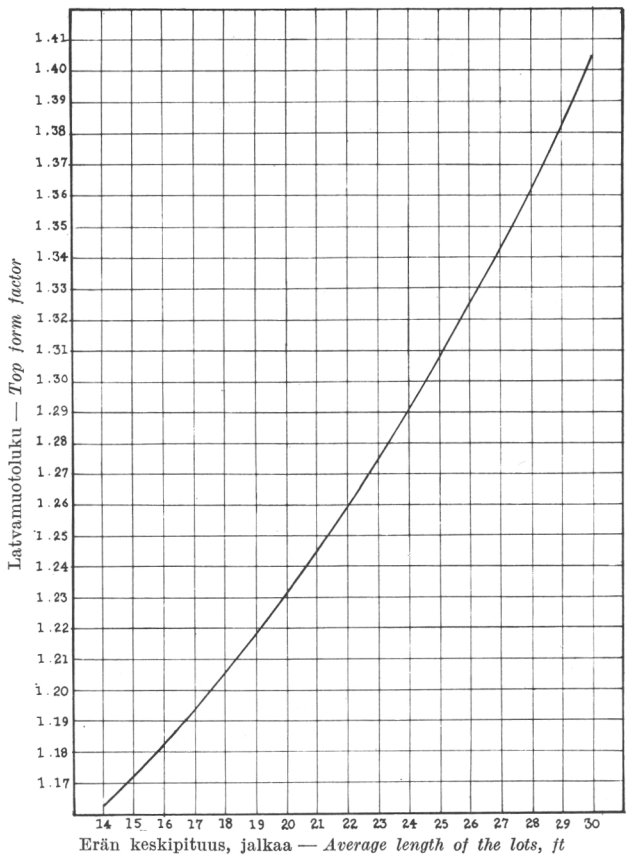
Koska kuutioimistaulukoiden soveltaminen käytännössä on lukuisten mittaluokittaisesti tapahtuvien muuntotoimitusten takia verrattain hankalaa ja paljon työtä vaativaa ja koska lisäksi myöhemmin tullaan esittämään muuntomenetelmiä, joilla päästään samaa suuruusluokkaa olevaan tarkkuuteen, ei tässä yhteydessä ole katsottu olevan aihetta esittää vaneritukeille yksityiskohtaisia kuutioimistaulukoita.

422. Muotolukumenetelmä

Tukkien pituuden kasvaessa keskeltämittauksen ja latvastamittauksen mittauskohdat etääntyvät toisistaan ja poikkileikkauspinta-alojen määrällinen ero kasvaa sitä suuremmaksi, mitä pitemmästä tukista on kysymys. Aivan samalla tavalla on asianlaita kokonaisten tukkierien suhteen, sillä keskipituuden kasvaessa keskeltämittauksen ja latvastamittauksen määrällinen ero on sitä suurempi, mitä pitemmästä erästä on kysymys. Tämän takia erän latvamuotoluku suurenee erän keskipituuden kasvaessa. Tätä seikkaa voidaan tarkastella havainnollisemmin kuvasta 4.

Siitä havaitaan, että vaneritukkierien latvamuotoluvun ja keskipituuden välillä vallitsee lievästi käyräviivainen riippuvuus. Erän keskipituuden lisääntyessä latvamuotoluku kasvaa kiihtyvällä nopeudella.

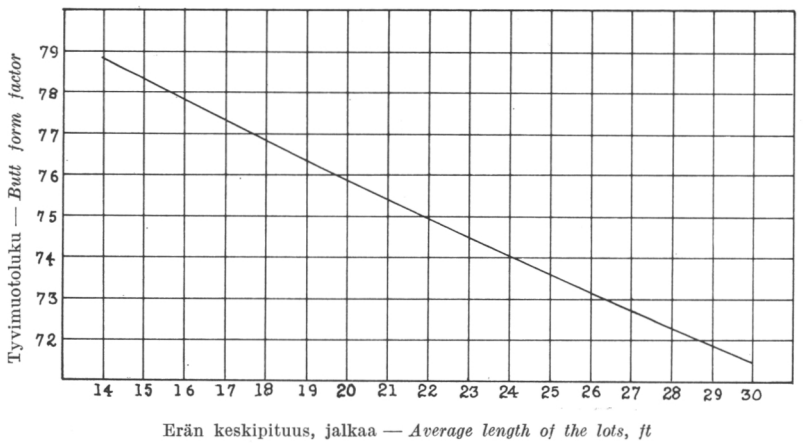
On mielenkiintoista seurata, missä määrin nyt saavutettua tulosta voidaan soveltaa vaneritukkierien kuutioita arvioitaessa eli ts. esim. missä määrin on mahdollista käyttää keskimääräistä latvamuotolukua vaneritukkierän latvastamitatun kuution muuntamiseen keskeltämitatuksi kuutioksi ja päinvastoin.



Kuva 4. Vaneritukkien keskipituuden ja latvamuotoluvun välinen riippuvuus.
Fig. 4. Dependence between the average length and the top form factor of veneer logs.

Koska tukkien mittaus käytännössä tavallisesti tapahtuu siten, että mitataan niiden pituus ja läpimitta, tulee kuvaa 4 tarkasteltaessa mieleen, mikä vaikutus tukkien paksuudella on vaneritukkierien latvamuotolukuun. Tätä seikkaa on yritetty selvittää ja on havaittu, että vaneritukkierien keskipituus ja latvastamittaamalla saatu keskipaksuus ovat toisistaan jossain määrin riippuvia, mikä voidaan havaita mm. seuraavasta asetelmasta.

Erän keskipituus, jalkaa — *Average length of the lots, ft*	15	18	21	24	27	30
Erän latvastamitattu keskiläpimitta, mm — *Average diameter at the top end, mm*	216	211	205	199	192	185



Kuva 5. Vaneritukkien keskipituuden ja tyvimuotoluvun välinen riippuvuus.
Fig. 5. Dependence between the average length and the butt form factor of veneer logs.

Yleensä näyttää siis olevan siten, että kun erän latvamuotoluku kasvaa, niin samanaikaisesti myös erän keskipituus kasvaa ja latvastamitattu keskipaksuus pienenee. Tämän takia erän latvamuotoluku on arvioitavissa sekä tukkien pituuden että latvaläpimitan perusteella. Havaintojeni mukaan on kuitenkin ko. tapauksessa määräävin tunnus keskipituus ja se soveltuu käsillä olevaan tehtävään paremmin kuin keskipaksuus.

Keskipaksuuden tarkastelun yhteydessä on havaittu, että ne erät, joiden latvamuotoluku sijoittuu kuvassa 4 olevan graafisen kuvaajan alapuolelle, ovat keskimäärin latvastamitattuna hieman paksumpia kuin ne erät, joiden latvamuotoluku sijaitsee kuvaajan yläpuolella. Tämä viittaa siihen, että tukkien latvaläpimitalla on keskipituuden ohella vaikutuksensa latvamuotoluvun suuruuteen. Tämä vaikutus on kuitenkin niin pieni, ettei käytettävissä olevan aineiston perusteella ole mahdollisuutta analysoida tapausta tarkemmin.

Mielenkiintoisena seikkana todettakoon, että O s a r a (Hilden 1926) tutkiessaan kasvavien koivujen 3 metrin korkeudelta laskettuja muotolukuja, havaitsi selvän riippuvuuden muotoluvun ja puun pituuden välillä, mutta ei saanut selville sitä, mikä oli puun läpimitan vaikutus muotolukuun ja perusti massataulukoiden laatimisen sille olettamukselle, ettei puun läpimitalla olekaan mitään vaikutusta muotolukuun.

Selviteltäessä tässä yhteydessä sitä tarkkuutta, mihin päästään arvioitaessa vaneritukkierien kuutiota muotoluvun perusteella, jätetään ottamatta huomioon latvastamitatun läpimitan vaikutus ja arvio suoritetaan pelkästään kuvassa 4 esitetyn kuvaajan avulla, tarkkuutta selviteltäessä on tutkittu, miten paljon erien todelliset latvamuotoluvut poikkeavat kuvaajan

perusteella saaduista muotoluvuista. Tätä vaihtelua kuvaavan variaatiokertoimen suuruudeksi saatiin 2.99 %.

Erän keskipituuden ja latvamuotoluvun riippuvuuteen perustuva arviomenetelmä näyttää siis olevan kokolailla kelvollinen moniin käytännön tarkoituksiin, varsinkin koska sen käyttäminen on yksinkertaista. Jos erän keskipituus ja sen latvastamitatun lieriökuution tilavuus tunnetaan, niin keskeltämitatun kuution arvio saadaan yksinkertaisesti sillä tavoin, että latvastamitattu lieriökuutio kerrotaan kuvasta 4 saadulla latvamuotoluvulla.

Vielä on selvitetty, mitä mahdollisuuksia on soveltaa muotolukumenetelmää tukkien kuutioimiseen tyvestämittausta käytettäessä. Tyvimuotoluku muodostettiin siten, että erän OHT KES KP mm saatu lieriökuutio jaettiin OHT TYV KP mm saadulla lieriökuutiolla ja selvitettiin erän keskipituuden ja tyvimuotoluvun välinen riippuvuus, joka on graafisesti esitettynä kuvassa 5.

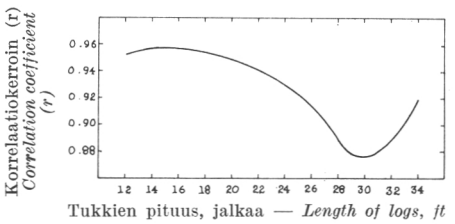
Kun vastaavalla tavalla kuin edellä latvamuotoluvun yhteydessä, tutkittiin sitä tarkkuutta, johon päästään käytettäessä tyvimuotolukua tukkien keskeltämitatun kuution arvioimiseen, saatiin variaatiokertoimeksi 3.73 %. Tulos osoittaa, että tyvestämittaus johtaa muotolukumenetelmää käytettäessä huonompaan tulokseen kuin latvastamittaus (vrt. siv. 36).

423. Pituusluokittainen muuntomenetelmä

Pituusluokittaisella muuntomenetelmällä tarkoitetaan tässä tapauksessa sellaista tukkierien kuutioiden arvioimismenetelmää, jonka mukaan erän kuutioiminen tapahtuu kussakin pituusluokassa pituusluokittaisten keskiarvojen perusteella. Menetelmän koostamisen helpottamiseksi on kaikki kuutiot laskettu pituusyksikköä kohden (j^3/jj).

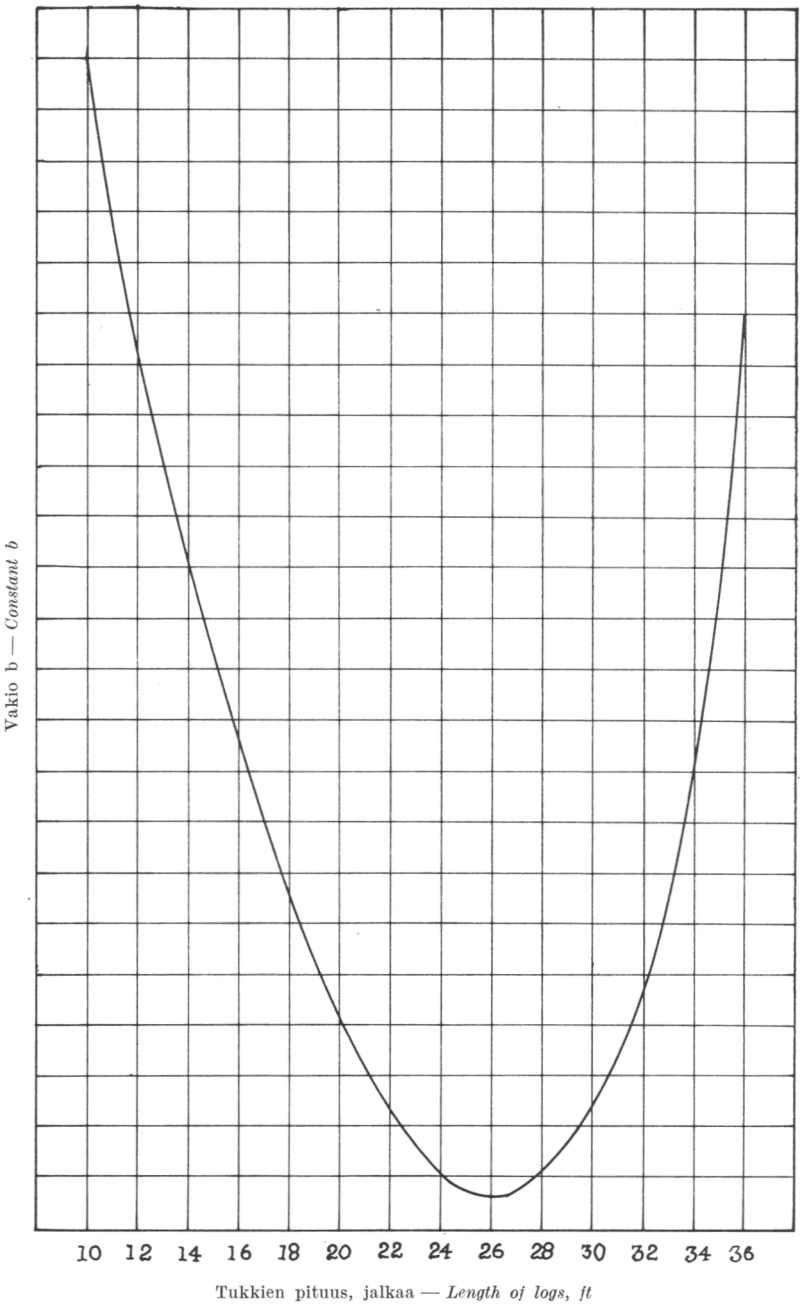
Selvittelyn kohteena on ollut OHT KES KP mm saadun lieriökuution arvioiminen OHT LTV KP mm saadun lieriökuution avulla.

Kuvasta 6 nähdään mainittua riippuvuutta kuvaavan korrelaatiokertoimen suuruus jalkaluokittain. Tasoituskäyrä on saatu primäärimateriaalista liukuvan keskiarvon 5:n pisteen tasoitusta käyttäen. Kuvan perusteella on pääteltävissä, että aina 19 jalan pituuteen saakka noin 90% havain-



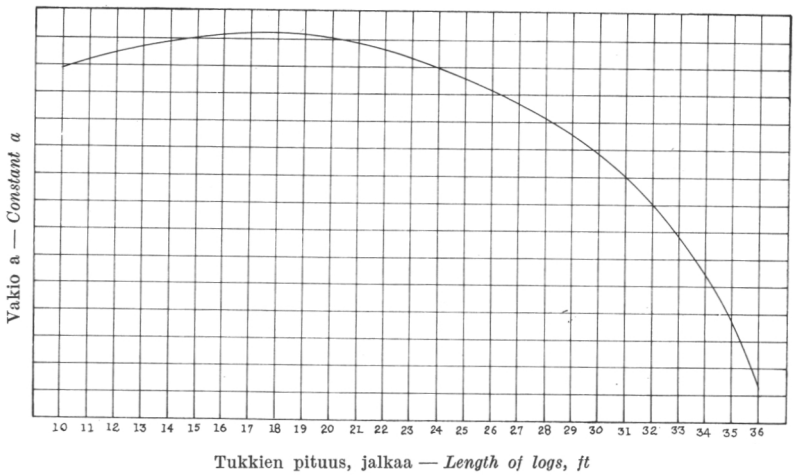
Kuva 6. Vaneritukkien OHT KES KP mm saadun kuution ja OHT LTV KP mm saadun kuution välinen korrelaatiokerroin (r) eri pituusluokissa.

Fig. 6. The correlation coefficient (r) in varying length classes of the volume of veneer logs obtained by measuring OHT KES KP mm and OHT LTV KP mm



Kuva 7. Vaneritukkien pituusluokittaisten muuntoyhtälöiden vakion a:n kuvaaja.

Fig. 7. Graph indicating the constant a of conversion equations for veneer logs by length classes.



Kuva 8. Vaneritukkien pituusluokittaisten muuntoyhtälöiden vakion b:n kuvaaja.
Fig. 8. Graph indicating the constant b of conversion equations for veneer logs by length classes.

noista voidaan selittää suoraviivaisen riippuvuuden perusteella. Pitemmissä jalkaluokissa suoraviivainen riippuvuus on heikompaa ja se on pienimillään 30 jalkaa pitkien tukkien kohdalla, jossa siinäkin 77 % havainnoista vielä voidaan selittää suoraviivaisen riippuvuuden avulla. Korrelaatiokerrointa on kaikissa pituusluokissa, kuten havaitaan, pidettävä korkeana. Tämän perusteella on laskettu kullekin pituusluokalle oma yhtälönsä $y = a + bx$, missä y = OHT KES KP mm (j^3/jj) ja x = OHT LTV KP mm (j^3/jj). Näiden yhtälöiden a:n ja b:n arvot on tasoitettu graafisesti, mikä nähdään kuvista 7 ja 8.

Näiden tulosten perusteella on mahdollista esittää lopulliset pituusluokittaiset kuutioimisyhtälöt, joiden yksityiskohtainen esittäminen on kuitenkin tässä yhteydessä jätetty tekemättä, koska yhtälöiden käyttäminen tavanomaisissa muuntotoimituksissa lienee verrattain hankalaa, sillä kuutioiminen on suoritettava jokaisessa jalkaluokassa erikseen ja tavallisessa vaneritukkierässäkin on eri pituusluokkia sentään verrattain runsaasti.

Edellä saavutettujen tulosten perusteella on kuitenkin mahdollista jatkaa muuntomenetelmän edelleen muokkaamista, kuten on tapahtunut seuraavassa luvussa käsiteltäessä nomogrammimenetelmää.

424. Nomogrammimenetelmä

Edellisessä luvussa todettiin yksittäisten vaneritukkien latvasta- ja keskeltämitattujen kuutioiden olevan pituusluokittain riippuvaisia toisistaan siten, että tätä riippuvuutta voitiin kuvata suoran yhtälöllä. Myöhemmin on

voitu havaita samojen kuutioiden pituusluokittaisten keskiarvojen myös noudattavan suoraviivaista riippuvuutta, jonka kuvaaja leikkaa pituusluokittaisia kuvaajasuoria. Tällä perusteella voidaan laatia kuutioiden arviointimenetelmä, joka perustuu erien juoksujalkaa kohden laskettujen kuutioiden suoraviivaiseen riippuvuussuhteeseen.

Arviointimenetelmää muokatessa on menetelty siten, että on laskettu samaa keskipituutta olevissa erissä SATT KES KP mm saatujen kuutioden ja SATT LTV KP mm saatujen kuutioiden riippuvuutta osoittavat kuvaajat, muotoa $y = a + bx$ ja sen jälkeen on saatujen yhtälöiden vakioiden a:n ja b:n arvot tasoitettu. Tähän toimenpiteeseen on havaittu suoraviivainen tasoitusmenettely soveliaaksi ja a:n ja b:n määrittämiseksi on saatu seuraavat yhtälöt:

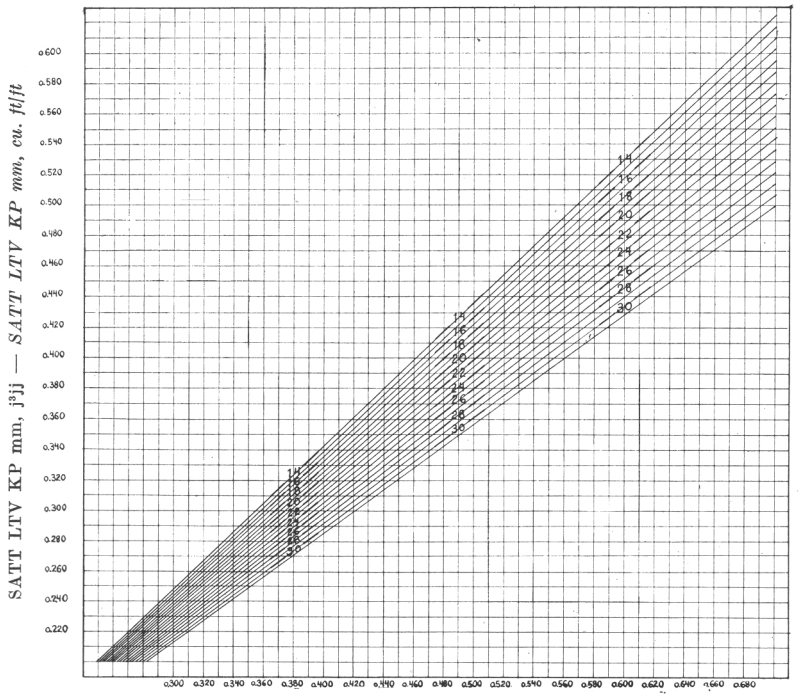
(5) $a = 0.00188\ x - 0.0607$
(6) $b = 1.1253 - 0.01318\ x$
missä x = erän keskipituus, j
in which x = the average length of lots in feet

Yhtälöitä (5) ja (6) käyttämällä on sitten laskettu kullekin täydelle jalalle sattuvalle keskipituudelle oma kuutioimisyhtälö. Nämä yhtälöt esitetään graafisesti kuvassa 9, jossa SATT KES KP mm saadut kuutiot esitetään x-akselilla ja SATT LTV KP mm saadut kuutiot y-akselilla. Kuvan perusteella voidaan arvioida kumpi tahansa kuutio, jos toinen niistä tunnetaan. Käytännön sovellutusten kannalta on katsottu edulliseksi esittää tulokset graafisesti nomogrammina, jonka mukaan koko muuntomenetelmääkin on nimitetty n o m o g r a m m i m e n e t e l m ä k s i.

Kun nomogrammimenetelmää sovellettiin tutkimusmateriaalin aineistoon siten, että SATT LTV KP mm saadut erittäiset lieriökuutiot arvioitiin sen avulla SATT KES KP mm mitattuina kuutioina ja laskettiin näin saatujen arviokuutioiden ja mitattujen SATT KES KP mm saatujen kuutioiden välistä vaihtelua kuvaava variaatiokerroin, saatiin siksi 2.53 %. Tämän mukaisesti nomogrammimenetelmällä saadun kuution arvio poikkeaa mittaamalla saadusta arvostaan korkeintaan variaatiokertoimen kolmenkertaisen määrän, eli 7.59 prosentti.a

Kuten voidaan todeta, näyttää nomogrammimenetelmä ja kuutioimistaulukkomenetelmä johtavan suurin piirtein saman arvoiseen lopputulokseen (kts. siv. 39) ja kumpikin menetelmä ilmeisesti antaa vähän tarkempia tuloksia kuin muotolukumenetelmä (kts. siv. 42)

Nomogrammimenetelmä on laadittu sattuvalta puolelta suoritettuihin mittauksiin perustuen, mutta kuvassa 9 esiintyvää nomogrammia voidaan käyttää myös arvioitaessa esim. OHT LTV KP mm saadun kuution perusteella OHT KES KP mm mitattua kuutiota. Mitatut kuutiot ovat poiken-



Kuva 9. Nomogrammi keskipituudeltaan erilaisten vaneritukkierien latvastamitatun lieriökuution (j³/jj) muuntamiseksi keskeltämitatuksi lieriökuutioksi. *Fig. 9. Nomogram for conversion of the cylinder volume based upon top measurement (cu.ft/ft) into that based on measurement at the log middle in veneer log lots of different average length.*

neet tällöin arviokuutioistaan siten, että variaatiokertoimen arvoksi on saatu 2.62 %, mitä tulosta on pidettävä samanarvoisena sattuvalta puolelta mittaamalla saadun variaatiokertoimen, 2.53 %, kanssa.

Tarkasteltaessa OHT LVT KP mm saatujen mitattujen kuutioiden riippuvuutta toiselta puolen kuutioimistaulukoiden perusteella arvioidusta kuutiosta ja toiselta puolen nomogrammimenetelmän mukaan saadusta kuutiosta, saatiin edellisessä tapauksessa korrelaatiokertoimen suuruudeksi $r = +0.98123$ ja jälkimmäisessä tapauksessa $r = +0.98100$. Tulokset olivat siis samanarvoisia ja viittaavat siihen, että nomogrammimenetelmää voidaan soveltaa vaneritukkien kuutioimiseen yhtä hyvällä menestyksellä kuin kuutioimistaulukkomenetelmääkin.

Määritettäessä kuutioimistaulukoilla saatujen ja nomogrammimenetelmällä saatujen kuutioiden välistä riippuvuutta osoittava yhtälö, saatiin tulokseksi:

(7) $y = 0.9653\ x + 0.01196$
missä y = kuutioimistaulukoiden perusteella saatu kuutio, j^3/jj
in which y = The volume obtained from volume tabless, cu ft/ft
x = nomogrammimenetelmällä saatu kuutio, j^3/jj.
x = *volume obtained by the nomogram method, cu ft/ft*

Yhtälön (7) perusteella näyttää siltä, että taulukkokuutio jää sitä pienemmäksi nomogrammikuutioon verrattuna, mitä järeimmistä vaneritukeista on kysymys. Tämä ero on kuitenkin ääritapauksissakin pieni, alle 1.5 %, minkä takia saavutettu tulos viittaa siihen, että kuutioimistaulukkoja nomogrammimenetelmää on pidettävä saman arvoisena vaneritukkeja kuutioitaessa, mikäli on kysymys menetelmien käyttötarkkuudesta.

Nomogrammimenetelmän mahdollisia virhekasautumia selvitellessä on aineisto ryhmitelty erän latvastamitattujen lieriökuutioiden ja keskipituuksien perusteella, jolloin on saatu seuraavista asetelmista selviävät tulokset:

SATT LTV KP mm, j^3/jj *SATT LTV KP mm, cu. ft/ft*	Eriä, kpl *Number of lots*	Arvioitu kuutio (SATT KES KP mm) prosentteina mitatusta kuutiosta *Estimated volume (SATT KES KP mm) in per cent of that measured*
0.350	6	98.0
.400	27	99.4
.450	40	100.3
.500	27	100.6
.550	13	99.8
.600	1	102.0

Erän keskipituus, j *Average length of lots, ft*	Eriä, kpl *Number of lots*	Arvioitu kuutio (SATT KES KP mm) prosentteina mitatusta kuutiosta *Estimated volume (SATT KES KP mm) in per cent of that measured*
14.9	10	99.6
16.5	10	100.2
18.3	10	99.6
19.5	10	100.0
20.5	10	98.5
21.5	10	100.3
22.3	10	99.0
22.9	10	99.6
23.6	10	101.3
24.9	10	102.3
28.1	14	99.5

Nomogrammimenetelmän soveltamisesta ei siis johdu systemaattisia virheitä eri paksuus- tai pituusluokkiin.

Eri yhtiöitten kohdalla ei myöskään ole havaittavissa niin suuria eroja, etteikö niitä voitaisi selittää pelkästään sattumasta johtuviksi. Eri yhtiöissä saavutetut tulokset nähdään alla olevasta asetelmasta:

Yhtiö *Company*	Arvioitu kuutio (SATT KES KP mm) prosentteina mitatusta kuutiosta *Estimated volume (SATT KES KP mm) in per cent of that measured*
A	100.1
B	99.6
C	97.8
D	98.6
E	101.0
F	99.5
G	101.1
H	101.1

Nomogrammimenetelmää sovellettaessa on otettu huomioon myös vaneritukkien tyvestämittauksen mahdollisuus. Tällöin on menetelty vastaavalla tavalla. Ensin tehtiin siten, että samaa keskipituutta olevissa erissä laskettiin SATT KES KP mm saatujen kuutioiden ja SATT TYV KP mm saatujen kuutioiden suoraviivaista riippuvuutta osoittavat kuvaajat ja tasoitettiin sen jälkeen saatujen yhtälöiden vakiot a ja b suoraviivaista menetelmää käyttäen. Tällöin saatiin seuraavat tulokset:

(8) $a = 0.0019\ x - 0.1161$

(9) $b = 0.0061\ x + 1.3766$

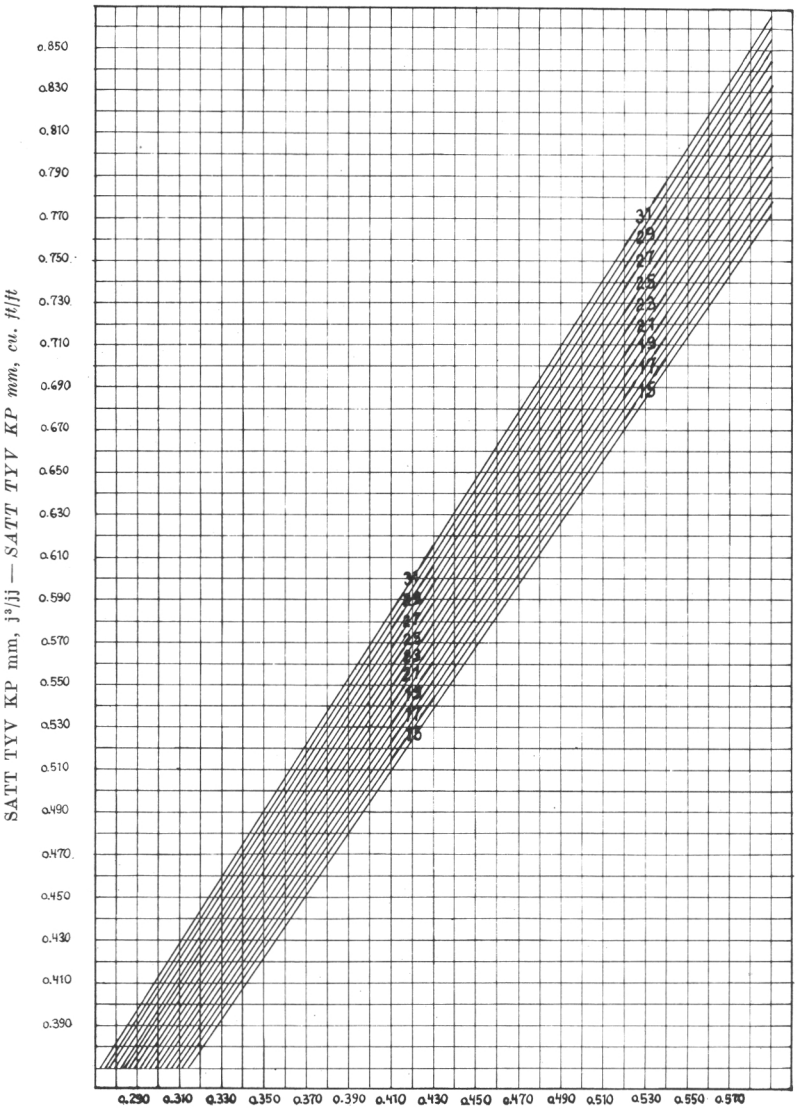
missä x = erän keskipituus jaloissa.

in which x = *the average length of lots in feet*

Yhtälöitä (8) ja (9) käyttäen on sitten kokoonpantu kuvassa 10 näkyvä nomogrammi, jonka perusteella voidaan arvioida erän SATT KES KP mm tai SATT TYV KP mm saatu kuutio, jos jomman kumman mitattu lieriökuutio tunnetaan.

Nomogrammimenetelmän mittaustarkkuutta osoittavaksi variaatiokertoimeksi saatiin tyvestä mitattessa 3.12 %, mikä merkitsee sitä, että suurin menetelmän perusteella tehtävä kuutiomisvirhe pysyttelee yleensä 9.36 % pienempänä. Voidaan siis havaita, että latvastamittaus soveltuu vaneritukkien keskeltämitatun kuution ennustamiseen paremmin kuin tyvestämittaus.

Kuitenkin on todettava, ettei tyvestämittauksen kuutioimistarkkuus ole niin paljon huonompi, etteikö sitä myös voitaisi käyttää eräissä tapauk-



Kuva 10. Nomogrammi keskipituudeltaan erilaisten vaneritukkierien kahden jalan päästä tyvestä mitatun lieriökuution (j³/jj) muuntamiseksi keskeltämitatuksi lieriökuutioksi.

Fig. 10. Nomogram for conversion of the cylinder volume (cu. ft/ft) based upon butt measurement into that based on measurement at the log middle in veneer log lots of different average length.

sissa vaneritukkien kuutioimiseen. Tällainen tapaus sattuu esim. silloin kun tukit on varastoitu niin, että keskeltämittaus tai latvastamittaus aiheuttaisi joidenkin tukkien takia huomattavia lisätyökustannuksia.

Tarkastelemalla tyvestä mittaamalla saatujen nomogrammikuutioiden virhekasautumia päädyttiin samanlaisiin tuloksiin kuin latvastamittaamalla saatujen nomogrammikuutioiden perusteellakin, ts. systemaattista kuutioimisvirhettä ei voitu todeta sen enempää tyvestään eri paksuisten kuin eri pituisten erien kohdallakaan. Eri yhtiöiden tulokset ovat myös samankaltaisia tarkkuutensa nähden.

Nomogrammimenetelmän yhteydessä on tarkasteltu, minkälaiseen tulokseen päästäisiin, jos vaneritukit latvastatyvimittaukseen perustuen kuutioitaisiin esitettyjen nomogrammien (kuva 9 ja 10) perusteella siten, että määritettäisiin arviokuutio latvasta ja tyvestä mittaamalla saatujen nomogrammikuutioiden keskiarvona. Näin menetellen havaittiin kuutioimistarkkuuden parantuvan, sillä variaatiokertoimen suuruudeksi saatiin 1.73 %.

Vastakuvattu menetelmä on vaneritukkien muodon tarkastelun kannalta mielenkiintoinen sen takia, että keskeltämitattu kuutio voidaan arvioida sekä latvasta että tyvestä mittaamalla. Mikäli kummastakin päästä lähtien saadaan sama tulos, se osoittaa, että ollaan tekemisissä sellaisen tukkierän kanssa, jonka muoto suunnilleen on keskimääräinen. Mikäli tukin kummastakin päästä mittaamalla saavutetaan huomattavasti erilaisia tuloksia, viittaa tämä siihen, että ollaan tekemisissä keskimääräistä huonompi- tai parempimuotoisen erän kanssa. Viimeksi mainittu ominaisuus voidaan päätellä saatujen arviokuutioiden määrällisen suuruuden perusteella.

425. Punnitsemismenetelmä

Tutkimuksen tässä osassa tarkastellaan vaneritukkien kuution ja painon välistä riippuvuutta. Kuutio on laskettu Newtonin kaavan avulla tukin nimellisen pituuden osalta, mihin on lisätty tasausvaran kuutio.

Tarkastelun jälkeen havaittiin, että tasausvaralla lisätyn Newtonin kuution (j^3/jj) ja tukkien juoksujalan painon (kg/jj) riippuvuus oli esitettävissä suoraviivaiseen tasoitusmenettelyyn perustuen.

Talvellakaadetut ja rasiinkaadetut vaneritukit käsiteltiin eri ryhminä ja tällöin saatiin seuraavat tulokset:

(10) $y = 0.02798\ x + 0.1131$ ja

(11) $y = 0.04158\ z + 0.0308$

missä y = SATT NEWTON KP mm saatu kuutio (j^3/jj) tasausvaroineen
in which y = the volume obtained on the basis of SATT NEWTON KP mm including the allowance for trimming (cu ft/ft)
x = talvella kaadetun vaneritukkierän paino (kg/jj)
x = *weight of the veneer log lot felled in the winter (kg/ft)*
z = rasiinkaadetun vaneritukkierän paino (kg/jj)
z= *weight of the leaf-felled veneer log lot (kg/ft)*

Mikäli pyritään pätkittäin mitattuun stereometriseen kuutioon on saatua kuutiotulosta pienennettävä noin 0.4 prosentilla (vrt. asetelmaa sivulla 28).

Talvellakaadettujen vaneritukkien yhtälössä (10) voidaan havaita vakion 0.1131 vaikuttavan siten, että mitä kevyemmästä puusta (kg/jj) on kysymys, sitä suurempi suhteellisesti on vastaavan puumäärän tilavuus eli sitä pienempi on tämän puumäärän yksikkökuutiota kohden laskettu paino. Tämä merkitsee sitä, että järeät vaneritukkierät painavat tuoreena suhteellisesti enemmän kuin ohuita tukkeja sisältävät erät. Rasiinkaadettujen vaneritukkien kohdalla vastaava vakio on pienempi 0.0308, mistä johtuu, että rasiinkaadettujen vaneritukkien kuutiojalan painot vaihtelevat vähemmän kuin talvellakaadettujen tukkien painot. Tämä seikka tuli havaituksi jo aikaisemminkin (kts. siv. 38).

Kun edellä saatujen yhtälöiden (10) ja (11) perusteella kuutioitiin talvellakaadetut ja rasiinkaadetut vaneritukit ja määrättiin saatujen kuutioiden variaatiokerroin mitattua kuutiota vertailukohtana käyttäen, saatiin seuraavat tulokset:

	Variaatiokerroin, % *Variation coefficient, per cent*
Talvellakaadetut vaneritukit — *Veneer logs felled in the winter*	3.57
Rasiinkaadetut vaneritukit — *Leaft-felled veneer logs*	3.20

Yhtälöitä (10) ja (11) käyttämällä näyttää talvellakaadettujen vaneritukkien arviokuutio vaihtelevan jonkin verran enemmän kuin rasiinkaadettujen tukkien vastaavalla tavalla saatu arviokuutio. Variaatiokertoimien välillä havaittu ero on tutkituissa tapauksissa kuitenkin niin pieni, ettei sitä voida tilastollisessa mielessä pitää merkitsevänä.

Sekä talvellakaadettujen että rasiinkaadettujen vaneritukkien kuutioiminen painomittausta käyttäen näyttää siis olevan mahdollista lähes samansuuruisella tarkkuudella kuin mihin päästään silloin, kun tyvestämittausta käytetään tukkien kuutioimiseen.

Kun edellä esitetyt yhtälöt (10 ja 11) merkitään samansuuruisiksi, saadaan uusi yhtälö, joka ilmoittaa talvellakaadettujen ja rasiinkaadettujen vaneritukkien juoksujalkojen painon välisen riippuvuuden:

(12) $$z = 0.673\ x + 1.980$$

Tämän yhtälön (12) perusteella voidaan päätellä, että mitä pienempi on vaneritukkien tuorepaino (x) sitä suurempi suhteellisesti on niiden rasiinkaadettu paino (z). Tämä viittaa siihen, että ohuet vaneritukit kuivuvat rasissa melkoisesti vähemmän kuin järeät vanerikoivut. Koska järeät koivut alunperin ovat suhteellisesti raskaampia kuin pienemmät koivut, merkitsee rasissa kuivuminen koivutukkien painon vaihtelun pienentymistä (vrt. ed. taul. 8).

426. Muut muuntomenetelmät

4261. Juoksujalan kuutioon (j^3/jj) perustuvat yhtälöt

Edellisissä luvuissa on käsitelty pääasiassa kysymystä siitä, millä tavalla vaneritukkien latvasta- ja tyvestämitatut kuutiot olisi muunnettavissa keskeltämitatuiksi kuutioiksi. Vaneritukkien mittauksessa tulee kuitenkin usein esille myös kysymys siitä, missä määrin määrätyllä tavalla mitattu poikkileikkauspinta-ala on muunnettavissa toisella tavalla mitatuksi pohjapinta-alaksi.

Sovellettaessa läpimitan mittauksissa alenevaa puolen tuuman luokitusta, kuten käytännössä tavallisesti on asianlaita, joudutaan kysymään, miten paljon suurempi poikkileikkauksen pinta-ala olisi, jos se mitattaisiin tarkasti. Selvittelyn kohteeksi tässä tapauksessa on otettu OHT KES KP mm ja OHT KES KP ½" mitattujen kuutioiden väliset suhteet.

Monissa tutkimuksissa on tultu siihen käsitykseen, että jos alenevaa luokitusta käytettäessä sovelletaan pientä luokkaväliä, niin todellinen luokkakeskus asettuu luokkavälin keskikohdalle. Näin on havaittu olevan asianlaidan tämänkin tutkimuksen yhteydessä. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että mitä järeämmästä poikkileikkauspinta-alasta on kysymys, niin suhteellisesti sitä vähemmän alenevalla puolen tuuman luokituksella saatu pohjapinta-ala poikkeaa oikeasta arvosta.

Selviteltäessä OHT KES KP ½" ja OHT KES KP mm saatujen lieriökuutioiden riippuvuutta havaittiin, että suhteelliset kuutiot, jotka ilmoittavat montako prosenttia OHT KES KP mm saatu kuutio on OHT KES KP ½" saadusta kuutiosta, tasoittuivat suoraviivaisesti, minkä perusteella voitiin muodostaa seuraava yhtälö:

$$(13) \qquad y = 1.0934\ x - 0.081\ x^2$$

missä y = OHT KES KP mm, j^3/jj

x = OHT KES KP ½", j^3/jj.

Yhtälön (13) perusteella saadun arviokuution ja mitatun kuution (OHT KES KP mm) vaihtelua kuvaavaksi variaatiokertoimeksi saatiin 0.52 %, mikä on määrällisesti hieman pienempi kuin vastaava variaatiokerroin käytettäessä arvioitaessa hyväksi keskimääräistä tietoa OHT KES KP mm saadun ja OHT KES KP ½" saadun kuution välisestä suhteesta (kts. taul. 6 rivi 2).

Taulukossa 9 nähdään suoraviivaisen tasoituksen perusteella saatuja yhtälöitä, jotka kuvaavat erilaisten mittaustapojen välistä riippuvuutta. Vakion a lukuarvo näyttää näissä tapauksissa yleensä olevan pienehkö, minkä takia se ei huomattavasti pääse vaikuttamaan mainitun kuution ja arviokuution väliseen suhteeseen siitä huolimatta, vaikka erän järeys vaih-

Taulukko 9. Muuntoyhtälöitä
Tabel 9. Conversion equations

Arviokuutio, j³/jj *Estimated volume, cu. ft/ft*	Kerroin b Coefficient b	Mitattu kuutio, j³/jj *Measured volume, cu. ft/ft*	Vakio a *Constant a*	Variaatiokerroin % *Variation coefficient, per cent*
(14) SATT KES KP mm	1.088	OHT KES KP mm	—0.0174	0.91
(15) OHT KES KTT mm	0.873	OHT KES KP mm	+0.0008	1.93
(16) SATT LTV KP mm	1.065	OHT LTV KP mm	—0.0053	0.94
(17) OHT LTV KTT mm	0.889	OHT LTV KP mm	—0.0051	2.18
(18) SATT TYV KP mm	1.087	OHT TYV KP mm	—0.0180	0.52
(19) OHT TYV KTT mm	0.795	OHT TYV KP mm	+0.0277	2.43
(20) SATT Newton KP mm	1.058	SATT KES KP mm	—0.0154	0.86
(21) OHT Newton KTT mm	0.831	SATT KES KP mm	+0.0071	2.28
(22) OHT Newton KTT mm	0.908	OHT KES KP mm	—0.0093	2.09

telisikin. Tämä seikka nähdään selvimmin yhtälöstä (15), jossa esitetään ohuelta puolelta mitatun kuorellisen ja kuorettoman kuution välistä riippuvuutta. Vakion a = + 0.0008 merkitys on käytännössä mitätön, joten tässä tapauksessa kuoreton kuutio voidaan arvioida myös yhtälöllä:

OHT KES KTT mm, j³/jj = 0.873 (OHT KES KP mm) j³/jj.

Yleensä näyttää siltä, että taulukon 9 yhtälöiden käyttäminen ei sanottavasti paranna poikkileikkauspinta-alojen muuntotarkkuutta keskimääräisiin muuntolukuihin verrattuna, kuten voidaan huomata tutkittaessa taulukkojen 6—7 ja taulukon 9 antamia tuloksia.

Tarkasteltaessa taulukkoon 9 sisältyvien yhtälöiden antamien tulosten mahdollisia systemaatisia virhekasautumia, voitiin havaita, ettei aineistossa niitä ollut silloin, kun se luokiteltiin järeytensä ja keskipituutensa perusteella useampaan eri kokoisia vaneritukkeja edustavaan ryhmään.

Kun Smalianin kaavaa sovellettiin siten, että tukkierälle laskettiin erikseen latvasta- (SATT LTV KP mm) ja tyvestämitattujen (SATT TYV KP mm) lieriökuutioiden (j³/jj) keskiarvo, voitiin keskeltämitatun (SATT KES KP mm) kuution arvioimiseksi soveltaa sen jälkeen seuraavaa yhtälöä:

(23) (SATT KES KP mm) j³/jj = 0.446 (SATT LTV KP mm + SATT TYV KP mm) j³/jj + 0.031

Variaatiokertoimeksi saatiin 1.46 %.

4262. Poikkileikkauspinta-alan painottamattomaan keskiarvoon (j²) perustuvat yhtälöt

Kuten aikaisemmin mainittiin, poikkesivat tukkien pituudella painotetut ja painottamattomat eli yksinkertaiset poikkileikkauspinta-alojen artimeettiset keskiarvot toisistaan verraten vähän ja silloinkin systemaattisesti määräsuuntaisesti. Tämä viittaa siihen, että poikkileikkauspinta-alojen

painottamattoman keskiarvon perusteella voidaan ehkä suorittaa samoja arviotoimituksia kuin tukkien pituuksilla painotetuilla poikkileikkauspinta -aloillakin. Tätä menetelmää on kokeiltu parissa tapauksessa ,nim. vaneritukkeja keskeltämitattaessa ja latvatyvimittausta käytettäessä. Keskeltämittausta varten saatiin seuraava yhtälö:

(24) OHT KES KP mm $j^3/jj = 0.958$ (OHT KES KP mm) $j^2 + 0.01489$.

Yhtälön kuutioimistarkkuutta kuvaavan variaatiokertoimen suuruudeksi saatiin 1.10 %.

Tämä tulos merkitsee käytännössä sitä, että vaneritukit voidaan mitattaessa merkitä muistiin esim. seuraavanlaiselle lomakkeelle, jolloin jokaisesta tukista on kuitenkin tehtävä kaksi erillistä muistiinpanoa, nim. paksuudesta ja pituudesta, kummastakin erikseen.

Tukkien pituus, j *Log length, ft*	14	15	16	17	18
Tukkeja kpl *Number of logs*					
Tukkien läpimitta, tuumaa *Diameter of logs, in.*	6	6½	7	7½	8
Tukkeja kpl *Number of logs*					

Vaneritukkierää kuutioitaessa voidaan tämän jälkeen menetellä seuraavalla tavalla:

1. lasketaan tukkien kokonaispituus (jj),
2. lasketaan tukkien poikkileikkauspinta-alojen keskiarvo (j^2),
3. lasketaan OHT KES KP mm (j^3/jj) saatu arviokuutio yhtälöstä (24) ja kerrotaan näin saatu tulos tukkien kokonaispituudella.

Latvatyvimittausta sovellettaessa on pyritty samantapaiseen muistiinmerkitsemislomakkeeseen, joka juuri esitettiin. Tätä tapausta varten on lomakkeessa rivinsä myös tyvestämitattuja läpimittoja varten. Jokaisesta tukista on siis tehtävä kolme erillistä muistiinpanoa, nim. pituudesta, latva- ja tyviläpimitasta, kustakin erikseen. Erän kuutioimiseen tarvittavat tiedot saadaan sitten lomakkeelta laskemalla tukkien kokonaispituus sekä niiden latva- ja tyvileikkausten poikkileikkauspinta-alojen keskiarvot.

Muuntoyhtälö on laadituu kolmen tekijän — OHT KES KP mm, OHT LTV KP mm ja OHT TYV KP mm — välisten riippuvuussuhteiden perusteella seuraavaan muotoon:

(25) OHT KES KP mm $j^3/jj = 0.06132 + 0.557$ (OHT LTV KP mm) $j^2 + 0.305$ (OHT TYV KP mm) j^2

Yhtälön (25) perusteella saatu arviokuutio poikkeaa mitatusta kuutiosta siten, että vaihtelua kuvaavan variaatiokertoimen suuruudeksi on saatu 1.89 %.

Yhtälöä analysoitaessa on todettu, että noin 97 % sen perusteella saaduista arvoista voidaan selittää OHT LTV KP mm ja OHT TYV KP mm saatujen mittaustulosten perusteella. Samalla on voitu tehdä jälleen se havainto, että OHT LTV KP mm saatu mittatulos soveltuu jossain määrin paremmin OHT KES KP mm saadun kuution arvioimiseen kuin OHT TYV KP mm saatu mittatulos.

Kun tukit mitattiin latvasta ja tyvestä, mutta läpimitat merkittiin muistiin samalle riville pitämättä latva- ja tyviläpimittoja erillään ja laskettiin poikkileikkauspinta-alojen keskiarvo, saatiin seuraava yhtälö:

(26) OHT KES KP mm $j^3/jj = 0.810$ (OHT LTV KP mm + OHT TYV KP mm) $j^2 + 0.057$

Variaatiokerroin V % = 2.16 %.

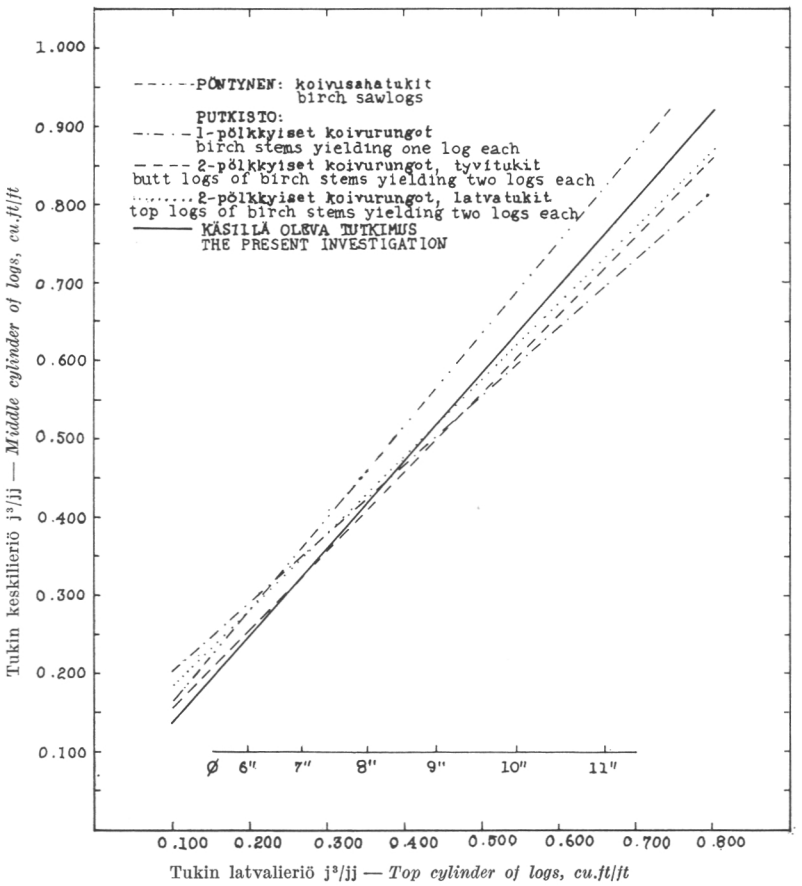
Yhtälö (26) soveltuu siis jonkin verran huonommin vaneritukkien latvatyvimittaukseen kuin edellä saatu laajempi yhtälö (25). Menetelmät ovat kuitenkin arviointitarkkuuteensa nähden käytännöllisesti katsottuna melkein samanarvoisia.

43. Eri tutkijain arviomenetelmien vertailu

Kuten aikaisemmin on mainittu, on meillä Pöntynen (1933) suorittanut tutkimuksia koivusahatukkien kuutiosuhteista, ja vaneritukkien kuutioita on selvitellyt Putkisto (1947). On mielenkiintoista verrata näiden tutkimusten tuloksia nyt saavutettuihin.

Selviteltäväksi on otettu se seikka, missä määrin ko. tutkimusten tulokset poikkeavat toisistaan siinä osassa aineistoa, joka on kaikille yhteistä, ts. aineistojen siinä osassa, johon sisältyy 13—20 jalkaa pitkistä tukeista täydelle tuumalle sattuvat paksuusluokat 6—11″.

Kuvassa 11 nähdään tulokset graafisena esityksenä. Kussakin aineistossa on laskettu läpimittaluokkien keskikuutio (j^3/jj). Tämä lukuarvo on eräs aineistojen keskimääräinen tunnusluku, joka on kaikissa aineistoissa saatu samanlaista laskentamenettelyä käyttäen ja joka vastaa suunnilleen 16.5 jalkaa pitkien tukkien kuutiota (j^3/jj).



Kuva 11. Eri tutkijain laatimien koivutukkien arviomenetelmien vertailu.
Fig. 11. Comparison of the methods of estimation of birch logs presented by various investigators.

Kuvassa 11 on x-akselilla latvalieriön mukainen kuutio (j³/jj) ja y-akselilla ao. tutkimuksen perusteella saatu arviokuutio (j³/jj). Pöntysen tutkimuksessa koivutukkien kuutio on saatu pätkittäin mittaamalla ja muissa tutkimuksissa sitä edustaa keskeltämitattu kuutio. Pöntysen tutkimustulokset ovat näin ollen sen verran muita tuloksia suurempia kuin tukkien pätkittäinen kuutio on tukkien keskeltä mittaamalla saatua kuutiota suurempi. Tämä ero lienee tässä tapauksessa vajaa kahden prosentin suuruusluokkaa.

Pöntysen ja Putkiston tutkimusten osalta tulokset on laskettu kuutioimistaulukkojen perusteella ja käsillä olevan tutkimuksen osalta nomogrammimenetelmää käyttäen.

Kuvasta 11 voidaan ensinnäkin havaita se seikka, että kaikkien kolmen tutkimuksen osalta tukkien kuutiot tasoittuvat suoraviivaisesti. Tämä viittaa siihen, että kuutioiden (j³/jj) suoraviivainen tasoittaminen soveltuu käyttöön laajemminkin kuin ainoastaan tämän tutkimuksen tarpeisiin.

P u t k i s t o n tutkimuksessa vanerikoivut on jaettu 1- ja 2-pölkkyisiin runkoihin, joista saaduille tukeille on laadittu omat kuutioimistaulukot, jakamalla 2-pölkkyiset rungot vielä tyvi- ja latvapölkkyihin. Kaikkien näiden kolmen pölkkyryhmän kuvaajat nähdään kuvasta 11. Kaksitukkisissa rungoissa näyttävät tyvitukit olevan paremmanmuotoisia kuin latvatukit eli tarkemmin sanoen tyvitukkien latvapuolisko on yleensä paremman muotoinen kuin latvatukkien latvapuolisko, mikä vastaa käytännöstä saatua mielikuvaa. Voidaan kuitenkin todeta, että ero näyttää olevan suurempi ja merkityksellinen nimenomaan vain pienissä läpimittaluokissa. Latvastaan ohuet, 1-tukkisista rungoista saadut vaneritukit, näyttävät olevan suunnilleen samanmuotoisia 2-pölkkyisistä rungoista saatujen latvatukkien kanssa. Sen sijaan 1-pölkkyisistä rungoista saadut paksummat tukit ovat huomattavasti paremmanmuotoisia kuin vastaavan suuruiset latvatukit ja myös paremmanmuotoisia kuin vastaavan kokoiset tyvitukit.

Käsillä olevan tutkimuksen aineisto, samoin kuin P ö n t y s e n aineistokin, käsittävät erottelemattomia tukkeja. On mielenkiintoista havaita, että kuvassa 11 näitä aineistoja kuvaavat suorat ovat keskenään melkein samansuuntaisia, suorien kulmakertoimien ollessa jonkun verran yli yhden. Esityksen perusteella saatetaan päätellä, että P ö n t y s e n koivusahatukit ovat muodoltaan huonompia kuin käsillä olevan tutkimuksen vanerikoivut. Tämä tulos vastaa käytännön mielikuvaa tästä asiasta. Latvamuotoluku näyttää kummassakin tapauksessa hieman pienenevän latvaläpimitan kasvaessa.

Siihen, että P u t k i s t o n aineiston kuvaajien suunta on koko lailla toisista vertailuaineistoista poikkeava, vaikuttanee nimenomaan se seikka, että tulokset ovat määrättyihin ryhmiin jaoteltujen vaneritukkien kuutioiden kuvaajia.

Selviteltäessä sitä, minkälaisiin keskimääräisiin tuloksiin päästiin käyttämällä em. tutkimuksissa saatujen kuutioiden (j³/jj) painolukuina käsillä olevasta tutkimuksesta otettuja tukkien lukumääriä, tultiin seuraaviin tuloksiin:

Tutkimus *The investigation*	Keskikuutio j³/jj *Mean volume, cu. ft/ft*	Suhteellinen kuutio, *Relative volume*
P ö n t y s e n (1933) ..... koivusahatukit..... *P ö n t y n e n' s birch sawlogs*	0.471	109.3

Tutkimus *The investigation*	Keskikuutio j³/jj *Mean volume, cu ft/ft*	Suhteellinen kuutio, *Relative volume*
Putkiston (1947) vaneritukit: *Putkisto's veneer logs:*		
1-pölkkyiset koivurungot ..... *birch stems yielding one log each*	0.433	100.5
2-pölkkyiset koivurungot: *birch stems yielding two logs each:*		
a) tyvitukit ..... *a) butt logs*	0.421	97.7
b) latvatukit ..... *b) top logs*	0.438	101.6
Käsillä olevan tutkimuksen vaneritukit ..... *Veneer logs of the present study*	0.431	100.0

Tämän vertailun perusteella voidaan havaita, että käsillä olevan tutkimuksen tuloksia soveltamalla päästäneen lähimain samanlaiseen lopputulokseen kuin Putkiston laatimia kuutioimistaulukoitakin käyttäen. Tämä puolestaan viittaa siihen, että vaneritukkien keskimääräinen muoto lienee Päijänteen ja Saimaan vesistöalueilla, näiden vesistöjen välisellä alueella sekä Pohjois-Karjalassa, miltä alueilta Putkiston aineisto on kerätty, keskimäärin suunnilleen samanlainen kuin käsillä olevan tutkimuksen aineiston keräilyalueella ts. tämä viittaa siihen, että vaneritukkien muoto koko Etelä-Suomessa lienee varsin samanlainen ja käsillä olevan tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa koko Etelä-Suomen alueella.

44. Arviomenetelmien käyttösovellutukset

Arviomenetelmiä laadittaessa on päähuomio kiinnitetty siihen, miten vaneritukkien latvasta- ja tyvestä mittaamalla saatu kuutio voidaan muuntaa keskeltämitatuksi kuutioksi.

Tässä yhteydessä palutetaan mieliin vain ne arviomenetelmät, jotka käytännön kannalta katsottuna ovat mielenkiintoisimpia.

Muotolukumenetelmää (siv. 39) sovellettaessa tulee tuntea erän keskipituuden lisäksi latvasta- tai tyvestämitatun lieriökuution suuruus, jolloin kuutioitaessa voidaan käyttää hyväksi kuvissa 4 ja 5 esitettyjä tuloksia.

Esimerkki 1: Vaneritukkierän keskipituus on 21 jalkaa ja SATT LTV KP mm saatu kuutio on 230 j^3. Mikä on SATT KES KP mm saatu arviokuutio?

Vastaus: $1.246 \times 230\ j^3 = 286.58\ j^3$.

N o m o g r a m m i m e n e t e l m ä perustuu siihen tosiseikkaan, että vaneritukkierien latvasta- tai tyvestämitattujen ja keskeltämitattujen kuutioiden (j^3/jj) riippuvuus on suoraviivainen. Tämä riippuvuus esitetään kuvissa 9 ja 10 näkyvien suoraparvien avulla.

Esimerkki 2: Vaneritukkierän keskipituus on 21 jalkaa ja sen SATT LTV KP mm saatu kuutio 230 j^3. Erän tukkien yhteenlaskettu pituus on 597 jalkaa. Kuinka suuri on erän SATT KES KP mm saatu arviokuutio?
Tehtävän ratkaisu:

— lasketaan juoksujalan kuutio: $230\ j^3 : 597\ j = 0.3853\ j^3$/jj (SATT LTV KP mm),

— etsitään nomogrammista tätä tulosta vastaava keskeltämitattu arviokuutio 21 jalkaa suoralta: $0.4794\ j^3$/jj (SATT KES KP mm),

— kerrotaan saatu tulos tukkien kokonaispituudella:

$597 \times 0.4794\ j^3/jj = 286.2\ j^3$.

Vastaus: $286.2\ j^3$.

Vaneritukkieriä voidaan myös kuutioida lähtemällä mittauskohtien poikkileikkauspinta-alojen painottamattomasta keskiarvosta, jolloin sovelletaan yhtälöitä (24), (25) ja (26). Näiden yhtälöiden käytännöllinen merkitys perustuu siihen, että mitattavia tukkeja ei tarvitse, jos jostain syystä niin halutaan, jakaa mittaluokkiin ja mittaustulosten muistiinmerkitsemisessä voidaan käyttää esim. sivulla 54 esitettyä ylösottolomaketta.

Taulukoissa 6—7 ja 9 esitettyjä tuloksia voidaan käyttää hyväksi siirryttäessä eräällä tavalla mitatusta vaneritukkien kuutiosta jollain toisella tavalla mitatun kuution arvioon.

Esimerkki 3: Kuinka monta prosenttia OHT KES KTT mm saatu kuutio on OHT KES KP ½″ saadaan kuutiosta?

Tehtävän ratkaisu:

— taulukon 6 perusteella muodostetaan seuraavat verrannot:

$$\frac{\text{OHT KES KTT mm}}{\text{OHT KES KP mm}} = 87.5\ \% \text{ ja } \frac{\text{OHT KES KP ½″}}{\text{OHT KES KP mm}} = 94.3\ \%,$$

minkä jälkeen edellinen yhtälö jaetaan jälkimmäisellä, jolloin saadaan:

$$\frac{\text{OHT KES KTT mm}}{\text{OHT KES KP ½″}} = 92.8\ \%$$

Vastaus: 92.8 %

Esimerkki 4: Kuinka suuri on esimerkissä 2 esitetyn erän arviokuutio mitattuna OHT KES KP ½″?

Tehtävän ratkaisu:

— yhtälöstä (14) ratkaisemalla saadaan OHT KES KP mm saatu arviokuutio: 0.4566 j³/jj,

— edelleen soveltamalla saadun arviokuution kohdalla yhtälöä (13) saadaan OHT KES KP ½″ saatu kuutio : 0.4313 j³/jj,

— saatu tulos kerrotaan erän juoksujalkojen lukumäärällä:

597 jj × 0.4313 j³/jj = 257.5 j³.

Vastaus: 257.5 j³.

Tehtävä voidaan ratkaista myös toisella tavalla keskimääräisten lukujen avulla:

— muunnetaan sattuvalta puolelta saatu mittaustulos ohuelta puolen mitatuksi arviokuutioksi käyttämällä sivulta 33 saatua muuntolukua: 1.00 : 1.046 × 286.2 j³ = 273.61 j³,

— tämä tulos muunnetaan edelleen alenevaa puolen tuuman luokitusta käyttäen saaduksi kuutioksi taulukon 6 riviltä 2 saadun suhteellisen kuution lukuarvon perusteella:

$$\frac{94 \cdot 3}{100} \times 273.61 = 258.01 \text{ j}^3.$$

Vastaus: 258.0 j³.

Jos punnitsemalla halutaan määrittää vaneritukkierän kuutio, voidaan arvioitaessa soveltaa yhtälöitä (8 ja 9) tai taulukossa 8 esitettyjä tietoja.

Esimerkki 5: Rasiinkuivaneessa vaneritukkierässä havaittiin olevan 597 jalkaa tukkeja, joiden kokonaispaino oli 6 670 kg. Kuinka suureksi voidaan arvioida erän todellinen kuutio?

Tehtävän ratkaisu:

— arvioidaan tasausvaran osuuden olevan 2.3 % tukkien pituudesta. Tällä edellytyksellä erässä on tukkeja kaikkiaan:

$$597 \text{ jj} + \frac{2.3}{100} 597 \text{ jj} = 610.7 \text{ jj},$$

—lasketaan juoksujalan keskipaino: 6 670 kg : 610.7 jj = 10.92 kg/jj,

— sovelletaan yhtälöä (5): 0.04158 × 10.92 + 0.0308 = 0.4849 (j³/jj),

— määrätään erän kokonaiskuutio: 597 × 0.4849 j³/jj = 289.49 j³.

Vastaus: 289.5 j³.

Tehtävä voidaan ratkaista myös taulukon 8 esittämien tietojen perusteella:

— erän kokonaispaino jaetaan rasiinkaadettujen vanerikoivujen kuutiojalan keskipainolla: 6.670 kg : 22.5 j³ = 296.44 j³.

Vastaus: 296.4 j³.

Kirjallisuusluettelo

Asetus sisältävä puutavaran mittaussäännön 16. 12. 1938 (395/38). Suomen Asetuskokoelma.

Aro, Paavo ja Nisula, Pentti. 1958. Kuusi- ja mäntypaperipuurankojen kuutio- ja mittaustaulukoita. Referat. Kubik- und Aufnahmetabellen für Fichten- und Kiefern-Faserlangholz. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 49. 8.

Bauger, Eivind. 1952. Kubiktabeller for stående furuskog på Vestlandet. Meddelelse fra Vestlandets Forstlige Forsøksstation. Nr 29.

Brantseg, Alf. 1951. Kubikk- og produksjonundersøkelser i vest-norske granplantninger. Meddelelse fra Vestlandets Forstlige Forsøksstation. Nr 28.

Børset, Ola. 1952. Undersøkelser over ospentømmer. — Summary. Investigations on Aspen Logs. Meddelser fra Det Norske Skogsforsøksvæsen. Bind. XI.

Eide, Erling. 1923. Om kubering av staaende skog. I Furuskog. Meddelelser fra Det Norske Skogsforsøksvæsen. Hefte 3.

Eklund, Bo. 1950. Relationstal för transformering av toppmätt volym sågtimmer av tall och gran till verklig kubikmassa. -Summary: On the Relation between Solid Volume and the Volume by Top Measurement in Saw Logs of Pine and Spruce. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut 38:2.

Hilden, N. A. 1926. Koivun kuutioimisesta massataulukoiden avulla. Referat. Über die Kubierung der Birke mittels Massentafeln. Acta Forestalia Fennica 32.2

Ilvessalo, Yrjö. 1947. Pystypuiden kuutioimistalukot. — Summary: Volume Tables for Standing Trees. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 34.

Jalava, Matti. 1941. Puun mekaanis-teknillisistä ominaisuuksista. Tapion taskukirja. Yhdeksäs painos. Helsinki.

Linder, A. 1951. Statistische Methoden. Basel.

Müller, Udo. 1902. Lehrbuch der Holzmesskunde. Berlin.

Nilsen, Jonas og Sleppen, Johan. 1940. Prøveskur materialutbyte av furu. — Zusammenfassung: Untersuchungen über die Schnittmaterialausbeute der Kiefer. Meddelse fra Vestlandets Forstlige Forsøksstation. Nr. 24.

Nisula, Pentti. 1961. Havaintoja koivupaperipuun ja havuohutpuun todellisen puumäärän määrittämisestä punnitsemalla.
Pienpuualan toimikunnan tiedotus N:o 51.

—»— 1963. Pinotiheystutkimuksia. — Summary: Pile density studies. Pienpuualan toimikunnan tiedotus N:o 97.

—»— 1967. Koivupaperipuun pinotiheydestä ja kuutiosuhteista. — Summary: On the pile density and volume of birch puplwood. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 62. 7.

Näslund, Manfred. 1940. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. — Zusammenfassung: Funktionen und Tabellen zur Kubierung stehender Bäume, Kiefer, Fichte und Birke in Nordschweden. Meddelander från Statens skogsforskningsinstitut 32.

Praktisk Skogshandbok. 1955. Sjätte upplagan. Stockholm.

Putkisto, Kalle. 1947. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta 1: koivupölkkyjen kuutiosuhteista. — Metsätehon julkaisuja N:o 4.

Pöntynen, V. 1929. Tukkien ym. kappaleittain mitattavien puutavarain todellisen kuutiomäärän laskeminen. Keskusmetsäseura Tapion julkaisu. Kiintomittaustaulukkoja.

—»— 1933. Koivutukkien todelliset kuutiomäärät ja latvamuotoluvut. — Summary: The Actual Volume and Form Factors of Birch Logs. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 14. 1. Liite 4.

Renvall, August 1923. Beobachtung über die Exzentrizität des lappländischen Kiefernstammes. Acta Forestalia Fennica 26.

Schmidt-Born. 1863. Soll man die Stärke (Ouerfläche) der Modellstämme nach dem Durchmesser oder nach dem Umfang ermitteln? Allg. Forst und Jagdzeitung.

Tapion Taskukirja. 1959. Neljästoista painos. Helsinki.

Tischendorf, Wilhelm. 1927. Lehrbuch der Holzmassenermittlung. Berlin.

Tiren, Lars. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. Meddelander från Statens Skogsförsöksanstalt 25. 5.

Vuoristo, Ilmari. 1935. Tutkimuksia tukkipuurunkojen ja sahatukkien välisestä kuutiosuhteesta. — Summary: Investigations of the regression between the cubic content of trunks and that of logs. Acta Forestalia Fennica 42.6.

Yleiset vanerikoivujen mittaus- ja laatumääritelmät. Maatalouskeskuksen 17. 7. 1961 sopimat ja Keskusmetsäseuran Tapion suosittelemat.

Part 1

STUDIES ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE VOLUME AND WEIGHT OF VENEER LOGS

Summary in English

In Finland, Ilvessalo's (1947) volume tables for standing birch timber, Pöntynen's (1933) tables for sawlogs, and Putkisto's (1947) volume tables for veneer birch are all in use at present. The aim of the present study was to obtain additional information on questions concerning the volume determination of veneer birch.

The material of the investigation was collected at random in the logging areas of eight plywood plants in southern Finland. Fig. 1 shows the location of the study areas. In total, the material consisted of 6 921 veneer logs from 114 different lots. Thus, the average number of logs in each lot was 60.

The veneer birch logs studied were measured for the diameter at a distance from the top end equalling the allowance for trim, at the middle, and at a distance of two feet from the butt end. At each of these places of measurement two measurings were done: namely, one for the minimum diameter and one at right angles to the former. The measurements were taken with an accuracy of one millimetre. Furthermore, the bark thickness was measured in the same places. Partly the material of the study was cubed by 4-ft. sections, and whenever possible, the loads were weighed on a truck-weighing scale.

A list of the abbreviations used in the present work is found on p. 21.

The results of measurement

As can be seen from table 2, the average log length varies for different plywood companies.

The taper of the logs was 7.6 mm/m from the middle to the top end, 9.2 mm/m from the butt to the top end, and 10.9 mm/m from the butt end to the middle. The taper of the top half was almost equal in logs belonging to all the various companies.

The logs studied here approached the shape of neiloids for 10—12 ft beginning at the butt end, while the remaining part was paraboloid-shaped (cf. Fig. 2).

For the part of the logs cubed by sections, it was observed that the volume obtained by Newton's formula was about 0.4 per cent greater than that measured and calculated by sections. This difference is mainly due to butt swelling (cf. Fig. 3).

Because of the elliptical shape of the cross section of veneer logs, the following conversion coefficients have to be used when transforming volumes obtained on the basis of diameter measurement in the direction of the smallest diameter into volumes based upon diameter measurement in a direction determined at random:

Point of measurement	Conversion coefficient
butt	1.055
middle	1.046
top	1.050

The percentage of bark does not seem to vary much in different parts of the logs. The following bark percentages were obtained on the basis of measuring:

butt	15.9
middle	12.7
top	12.6

In practice an allowance for trim of 4 in. is aimed at. However, it seems to vary from 0 to 11 in., the average being 5.8 in.

In the lots of veneer logs studied here, the allowance for trim varied from 3.4 to 9.0 in., which corresponds to 1.4—4.1 per cent of the log length. On an average, the share of the allowance for trim was 2.3 per cent (cf. Table 5).

Table 3 shows the quantitative (cu. ft/ft) and the relative volumes of the cylinders obtained when the diameter is measured in varying places of the logs.

Methods of estimation

In connection with the present study, different methods for the estimation of the volume of veneer logs were developed. Hereby, special attention was given to the problem of conversion of the volume obtained on the basis of measurement at the top and/or the butt end into that based on measurement at the middle of the logs.

Application of the form factor method presupposes knowledge of the volume of the cylinder, the diameter of which equals the top or butt diameter of the log in addition to the average length of logs of the lot in question. Under such conditions, the volume based on measuring at the middle of the logs can be obtained from the form factor curves presented in Figs. 4 and 5. If a volume determined by measurement at the top end is used as the basis for estimation of the volume determined by measurement at the middle of the log, the error of estimation is usually smaller than 2.99 per cent, reaching the double in only five cases out of one hundred. Measurement at the butt end, on the other hand, leads to results of smaller accuracy, the corresponding variation coefficient being 3.73 per cent.

The nomogram method is based upon the circumstance that the interdependence between the volumes (cu. ft/ft) based on measurement at the top or butt end or at the middle of logs can be indicated by straight lines in a graph. The graphs in Figs. 9 and 10 are the results of such a method.

When using the volume obtained by measuring the top end as a basis, the accuracy was slightly greater than when starting from the volume based upon measurement at the butt end. This can be seen from the variation coefficient, 2.53 per cent, which is slightly smaller than that in the latter case. This method has been proved to lead to approximately the same accuracy as the volume table method. In addition, it is simpler to use and requires a smaller amount of work.

The variation coefficient obtained when employing measurement at the butt end of logs and the nomogram method was 3.12 per cent. When the volume based on measurement at the middle of logs is estimated on the dual basis of measuring for

volume at the butt end and the top end, the mean of the volumes (cu. ft/ft) obtained then being calculated, the accuracy of estimation is increased, and the variation coefficient is 1.73 per cent.

Veneer log lots can also be cubed starting from the unweighted mean of the cross-sectional areas at the points of measurement. Thereby, equations (24), (25), and (26) have to be used. The practical significance of these equations is based upon the fact that logs to be measured must not necessarily be divided into classes of dimensions. When using the formulae, the veneer logs can be recorded, for example, on the form presented on p. 54.

The variation coefficients indicating the accuracy of cubing when using equations (24)—(26) are as follows: (24), 1.10 per cent; (25), 1.89 per cent; and (26), 2.16 per cent. This means that application of equation (25), for instance, offers an accuracy approximately equalling that of conversion by means of the nomogram method.

The results presented in Tables 6, 7, and 9 can be utilized when converting the volume obtained on the basis of measurement of a certain kind into that based on measurement of another kind.

The investigations carried out on the dependence between the real volume and the weight of veneer birch logs revealed a rectilinear correlation between the volume and the weight per running metre (cu. ft/ft) of the logs. The real volume for the part of the nominal length of the logs was obtained by Newton's formula and that for the entire logs by adding the volume of the allowance for trimming to it.

Veneer birch logs cut in the winter as well as leaf-felled logs were dealt with separately. This examination resulted in equations (10) and (11).

Examination of the accuracy of predicting the real volume of veneer birch logs by means of weighing resulted in the following coefficients of variation: 3.57 per cent for logs felled in the winter and 3.30 per cent for leaf-felled logs. Leaf-felled veneer logs can also be cubed on the basis of their weight per cubic foot (see Table 8), because the average weight of leaf-felled birch wood is 22.5 kg/cu. ft. When using this average weight for prediction of the volume of certain lots of veneer logs, the variation coefficient is 3.40 per cent. Thus, equation (11) cannot improve the exactness of cubing leaf-felled birch wood. Such improvement is obtained, however, when using equation (10) for birch logs felled in the winter.

2 OSA—PART 2

HALONHAKKUUN YHTEYDESSÄ SAATUJEN SORVIPÖLKKYJEN KUUTIO- JA PAINOSUHTEET

PENTTI NISULA

THE VOLUME AND WEIHGT RELATIONSHIPS OF BOLTS FOR ROTARY CUTTING YIELDED IN CONNECTION WITH FUELWOOD CUTTING

SUMMARY IN ENGLISCH

HELSINKI 1967

1. JOHDANTO

Vanerin raaka-aine hankitaan tehtaalle tavallisesti pitkinä tukkeina ja vasta siellä tukit katkotaan sorveihin sopivan mittaisiksi kappaleiksi, ns. sorvipölkyiksi.

Viime vuosina ovat eräät yhtiöt kokeilleet sorvipölkkyjen valmistamista metsässä, mm. halonhakkuiden yhteydessä. Tällöin halkokoivikot on voitu käyttää taloudellisimmin, erottamalla kaadetuista rungoista vanerin jalostukseen kelvolliset kohdat sorvipölkyiksi. Tällaiset sorvipölkyt ovat lyhyttä tavaraa, minkä takia ne tavallisesti joutuvat pinottaviksi, ja useimmiten myös mitataankin pinossa.

2. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoitus on ollut lähinnä orientoivassa mielessä selvittää halonhakkuiden yhteydessä valmistettujen sorvipölkkyjen kuutioon ja painoon vaikuttavia tekijöitä. Samalla on selvitetty sorvipölkkyjen pino- ja painomitan välisiä kysymyksiä.

3. AINEISTO

Tutkimuksen aineisto käsittää 17 autokuormallista sorvipölkkyjä eri varastopaikoilta Tuusniemeltä, Muuruvedeltä, Riistavedeltä, Kaavilta, Iisalmen maalaiskunnasta, Maaningalta ja Kuopion maalaiskunnasta. Näytepölkkyjä otettiin kuormista kaikkiaan 500 kappaletta. Tutkimus suoritettiin Osakeyhtiö Savon vaneritehtaalla Kuopiossa 16. 4 — 18. 4. 1962.

4. AINEISTON MITTAUS

Ennen tehtaalle tuloa autot punnittiin kuormineen. Jokaisen purkauksen jälkeen määritettiin lisäksi autojen taarapaino.

Tehtaalla mitattiin kuorman pinokuutiosisältö soveltaen voimassa olevan mittaussäännön (As. kok. n:o 395/38) määräyksiä. Jokaisesta kuormasta otettiin arpomalla 30 sorvipölkkyä tarkempien mittausten kohteeksi. Näistä pölkyistä mitattiin pituus (cm), kuoren paksuus (mm) ja läpimitat ristiin pölkyn keskeltä ja kummastakin päästä (mm). Lisäksi pölkyt punnittiin 0.1 kg:n tarkkuudella. Läpimittojen ristiinmittaaminen tapahtui ensin kapeimmalta puolelta ja sitten tätä mittaa vastaan kohtisuorassa suunnassa.

5. KÄSITTEET

T y v i p ö l k y i k s i nimitetään tutkimuksen yhteydessä niitä pölkkyjä, jotka on rungosta katkottu välittömästi kaatoleikkauksen jälkeen. Näissä pölkyistä oli selvästi havaittavissa tyvilaajeneman ja juurenniskojen vaikutus.

K ä y t t ö p a i n o l l a , k ä y t t ö t i l a v u u d e l l a j a k ä y t t ö t i l a v u u s p a i n o l l a tarkoitetaan tässä yhteydessä puutavaran painoa, tilavuutta ja tilavuuspainoa käytön tai käsittelyn eri vaiheissa. Mainitut puutavaran tunnukset ovat tavallisesti suuruudeltaan erilaisia sen mukaan, missä puutavaran käyttö- tai käsittelyvaiheessa ne on määritetty. Varastoimisajasta riippuva puun kuivuminen ja kostuminen sekä lahoaminen yms. vaikuttavat esim. käyttötilavuuspainon suuruuteen. Tässä tutkimuksessa sorvipölkkyjen käyttötilavuuspaino vastaa mittaushetken painon ja tilavuuden välistä suhdetta (kg/k-m^3).

Muut käsitteet on määritetty tämän tutkimuksen ensimmäisessä osassa sivuilla 19—22.

6. TUTKIMUKSEN TULOKSET

61. Yleisiä tietoja sorvipölkyistä

Sorvipölkyt ovat olleet valtaosaltaan nimellisen pituutensa puolesta 64 tuumaisia, mutta kuormissa on saattanut olla erilleen ladottuna jonkun verran 54 tuumaisiakin pölkkyjä. Tästä johtuen erien tasausvarallinen keskipituus on vaihdellut 158—169 cm, ollen keskimäärin 164.9 cm.

Pölkkyjen keskipaksuus, OHT KES KP mm [1]), on vaihdellut erästä toiseen 19.3—25.1 cm ja oli keskimäärin 21.8 cm.

Tyvipölkkyjen suhteellinen osuus näytepölkkyjen kokonaiskuutiosta oli 32.8 % ja vaihteli erästä toiseen 16.2—48.9 %. Tyvipölkkyjen osuus kussakin erässä on siis suuri ja oikukkaasti vaihteleva. Tämä johtuu siitä, että pölkyt saatiin halonhakkuun yhteydessä pääasiassa rungon järeimmistä osista, jotka sijaitsevat tyvileikkauksen lähettyvillä.

62. Sorvipölkkyjen soikeus ja muoto

Sorvipölkkyjen soikeuden tunnus on määritelty samalla tavoin kuin tämän tutkimuksen ensimmäisessä osassa (vrt. siv. 33), eli siten, että sattuvalta puolelta (SATT) mitattu kuutio on jaettu ohuelta puolelta (OHT) mitatulla kuutiolla. Tällöin on saatu seuraavat prosentteina lausutut suhteelliset kuutiot:

tyvestä mitaten 105.5 %,
keskeltä mitaten 105.6 % ja
latvasta mitaten 104.9 %.

Tulos osoittaa, että vaneritukit ja halonhakkuun yhteydessä hakatut sorvipölkyt ovat soikeutensa puolesta suunnilleen samanlaisia (vrt. I osa siv. 33).

Tavallisesti puutavarapölkkyjen muodolla tarkoitetaan pölkkyjen kapenemissuhteita, jotka määrittelevät mm. sen seikan, missä määrin pölkkyjen

---

[1]) Tämän mittauskohtaa osoittavan tunnuksen, kuten muidenkin myöhemmin esitettävien vastaavien symbolien merkitykset on selitetty tutkimuksen I osassa siv. 20—22.

latvan poikkileikkauspinta-ala suurenee pölkyn tyveen päin mentäessä. Usein pölkkyjen muotoa kuvataan ns. *latvamuotoluvun* avulla, joka ilmoittaa keskeltämitatun ja latvastamitatun poikkileikkauspinta-alan prosenttisen suhteen.

Sorvipölkkyjen kohdalla havaittiin näin määritetyn latvamuotoluvun (100 × OHT KES KP mm/OHT LTV KP mm) olevan keskimäärin 106.1 % ja vaihtelevan erästä toiseen 104.6—107.4 %.

Määrällisen kapenemisen suuruudeksi pölkyn keskeltä latvaan saatiin 7.7 mm/m ja tyvestä keskelle 24.4 mm/m. Sorvipölkkyjen kapeneminen keskeltä latvaan näyttää siis olevan suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin vaneritukkien vastaavalla tavalla laskettu kapeneminen. Sen sijaan kapeneminen pölkyn tyvestä keskelle on niin suuri, että on aiheellista tarkastella tätä kysymystä laajemmalti.

Newtonin kaava, joka perustuu pölkyn latvasta, keskeltä ja tyvestä suoritettuihin mittauksiin, antaa oikean kuution pölkylle, joka on katkaistun kartion, paraboloidin tai neiloidin muotoinen. Neiloidisen pölkyn kuutio voidaan laskea myös latvasta ja tyvestä suoritettujen mittauksien perusteella, jos sovelletaan esim. M ü l l e r i n (1902) esittämää kaavaa, jota nimitetään tässä yhteydessä M ü l l e r i n k a a v a k s i. Näin ollen voidaan neiloidista muotoa osoittavan pölkyn kohdalla ratkaista yksi tuntematon poikkileikkaus pinta-ala, jos Newtonin ja Müllerin kaavat merkitään saman suuruisiksi. Tällöin voidaan kirjoittaa seuraava yhtälö:

$$(1)\quad \frac{g_1 + 4\,g_{1/2} + g_t}{6} = \frac{1}{4}\left[g_t + \sqrt{g_t\,g_1}\,(\sqrt[3]{g_t} + \sqrt[3]{g_1}) + g_1\right]$$

Kun pölkyn tyvileikkauksen pinta-ala (g_t) merkittiin tuntemattomaksi ja ratkaistiin yhtälö g:tn suhteen, saatiin tyven läpimitaksi 22.6 cm. Tässä teoreettisessa, neiloidin muotoisessa pölkyssä havaitaan kapeneminen tyvestä keskelle olevan 8.0 mm/m eli aivan toisenlaiseksi kuin edellä suoritettujen mittauksien perusteella (24.4 mm/m). Tämä ero voidaan selittää ainoastaan siten, että sorvipölkkyjen keskimääräinen muoto poikkeaa huomattavasti neiloidin muodosta.

Tämä voidaan käytännössä selittää ainoastaan sillä tavoin, että sorvipölkyissä on huomattavasti tyvipölkkyjä, joissa tavataan runsaasti tyvilaajeman ja juurenniskojen vaikutusta.

Aikaisemmin olen todennut (N i s u l a 1967), että paraboloidin muotoisissa pölkyissä on mistä tahansa kohdasta mitatun poikkileikkauspinta-alan ja vastaavalle kohdalle latvasta mitatun pituuden välillä suoraviivainen riippuvuus, jota voidaan kuvata seuraavan yhtälön avulla:

$$(2)\quad g_a = \frac{a}{l}\,(g_t - g_1) + g_1,$$

missä

g_t = pölkyn tyven poikkileikkauspinta-ala
g_l = pölkyn latva poikkileikkauspinta-ala
g_a = a:n etäisyydellä tyvestä mitattu poikkileikkauspinta-ala
a = poikkileikkauspinta-alan g_a:n etäisyys pölkyn latvasta
l = pölkyn pituus.

Mikäli näiden tunnusten välillä käytännössä ei ole juuri mainittua riippuvuutta, on se merkkinä siitä, että pölkyn muoto on paraboloidista poikkeava. Neiloidin muotoiselle kappaleelle saadaan esim. g_a:n arvo tämän yhtälön (2) perusteella aina suuremmaksi kuin mitä se on todellisuudessa. Käsillä olevaan sorvipölkkyaineistoon sovellettuna todettiin, että keskeltämitatun ($g_a = g_{1/2}$) poikkileikkauspinta-alan arvoksi saatiin yhtälöä (2) käyttäen 6.2 % mitattua arvoa suurempi tulos.

Tämä merkitsee sitä, että sorvipölkkyjen Smalianin kuutio on 106.2 prosenttia Huberin kuutiosta.

Sorvipölkyt siis poikkeavat keskimäärin melko paljon paraboloidin muodosta. Tämän takia on katsottu aiheelliseksi tarkastella sorvipölkkyjen muotokysymystä vielä yksityiskohtaisemmin.

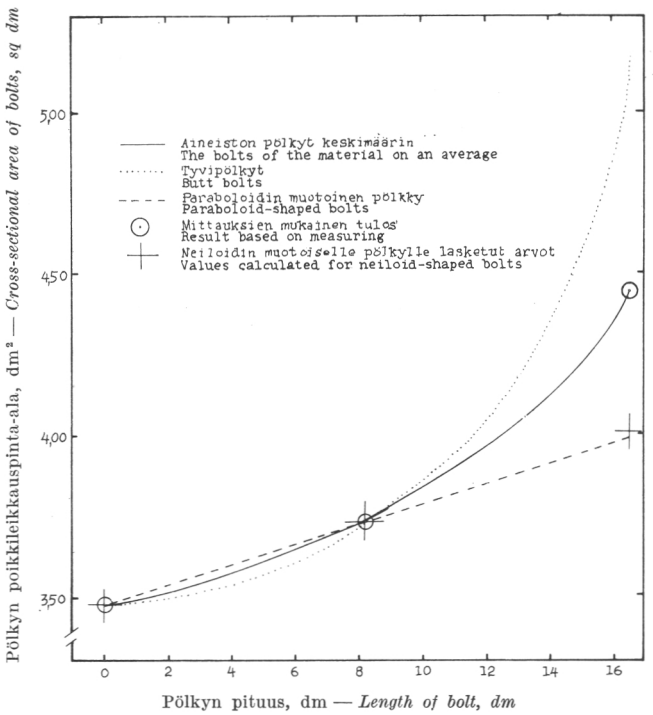
Kuvassa 1 nähdään katkoviivalla merkittynä se suora, joka esittää sorvipölkkyjen keskipölkyn poikkileikkauspinta-alojen kehitystä latvasta tyveen siinä tapauksessa, että pölkky olisi paraboloidin muotoinen. Suora on saatu yllä mainittua yhtälöä (2) ja pölkyn latvasta ja keskeltä saatuja poikkileikkauspinta-alan mitattuja arvoja hyväksi käyttäen.

Mitatut arvot on piirrokseen 1 merkitty pyöreillä ympyröillä. Piirroksesta havaitaan, että tyvestä mitatun pinta-alan arvo poikkeaa huomattavasti paraboloidisen pölkyn tyvileikkausalan arvosta ja on sitä suurempi. Selitystä tähän on etsittävä.

Jos käsillä oleva keskimääräinen sorvipölkky olisi neiloidin muotoinen, asettuisivat pölkyn latvasta, keskeltä ja tyvestä mitatut poikkileikkauspinta-alan arvot kuviossa 1 suunnilleen niille paikoille, jotka on merkitty risteillä. Tämän perusteella on pääteltävissä, että paraboloidisen ja neiloidisen sorvipölkyn poikkileikkauspinta-alat eivät kovin paljon poikkea toisistaan, joten tämän muotoisten pölkkyjen kuutiotkin ovat suurin piirtein saman suuruisia. Tämän seikan olen jo tuonut esille myös toisissa yhteyksissä (Nisula 1963 ja 1967).

Sorvipölkkyjen todellinen muoto näyttää siis poikkeavan sekä paraboloidin että neiloidin muodosta.

Toisessa yhteydessä (Nisula 1967) olen selvitellyt 2.2-metrisen eteläsuomalaisen koivupaperipuun muotoa yksityiskohtaisemmin suorittamalla pölkyistä läpimitan mittauksia useista umpimähkäisistä kohdista, jolloin on



Kuva 1. Sorvipölkkyjen poikkileikkauspinta-alojen muutokset pölkyn latvasta tyveen.
Fig. 1. Changes in the cross-sectional areas of bolts for rotary cutting.

saatu aikaan kuvaaja, joka ilmoittaa pölkkyjen poikkileikkauspinta-alojen muuttumisen edetessämme pölkyn latvasta sen tyveen.

Nyt käsillä oleva sorvipölkkyaineisto ja mainittu koivupaperipuuaineisto voidaan kumpikin katsoa Etelä-Suomesta kerätyksi aineistoksi, ja jossain määrin muutenkin toisiaan vastaavaksi, sillä koivupaperipuusta, joka sekin on tavallaan saatu halonhakkuiden yhteydessä, olisi varmaan parhaat kappaleet voitu erotella sorvipölkyiksi, jos tehtaalla olisi ollut niillä käyttöä tai jos niiden erottaminen muuten olisi ollut kannattavaa.

Tämän perusteella on kuvaan 1 piirretty sorvipölkkyjen poikkileikkauspinta-alojen kuvaaja yhdistämällä pölkkyjen latvasta, keskeltä ja tyvestä mitatut pinta-alan arvot toisiinsa käyrällä viivalla, jonka piirtämisessä on käytetty tukena mainitussa koivupaperipuututkimuksessa saatuja tietoja koivupaperipuupölkkyjen muodosta.

Kuvan 1 perusteella voidaan sorvipölkyt kuutioida pätkittäin. Tässä tapauksessa kuutioiminen suoritettiin 2 dm:n paloina. Tällöin huomattiin, että sorvipölkkyjen keskimääräinen kuutio, joka voitiin laskea

kuvassa näkyvän täysviivan perusteella, oli 2.3 prosenttia keskeltämittaamalla saatua eli paraboloidista kuutiota suurempi. Tämä ero on niin suuri, että senkin perusteella on pääteltävissä, että sorvipölkyt poikkeavat keskimääräisesti melko tavalla katkaistun kartion, paraboloidin ja neiloidin muodosta (vrt. Nisula 1963 ja 1967).

Kuvaan 1 piirretyn täysviivan voidaan katsoa kuvaavan melko hyvin sorvipölkkyjen keskimääräistä muotoa. Voidaan nimittäin olettaa, että todellinen tasoitusviiva ei missään kysymykseen tulevassa tapauksessa voi kovin paljon poiketa nyt esitetystä tasoituskäyrästä.

Kuvassa 1 saatu poikkileikkaus pinta-alojen tasoituskäyrä edustaa mittasaksilla suoritetun mittauksen tulosta. Aikaisemmin (Nisula 1967) olen tuonut esille sen seikan, että mittasaksilla suoritetussa mittauksessa saadaan hieman todellista kuutiota suurempi tulos, koska mittasakset mittaavat puuksi myös kaarnarosojen välisen tilan ja poikkileikkaus pinta-alaa rajaavan kehän painumat. Jos kyseessä olevien pölkkyjen tilavuus olisi mitattu ksylometrillä, niin olisi pölkkyjen tilavuus kaiken todennäköisyyden mukaisesti saatu vähän, ehkä noin puolitoista prosenttia pienemmäksi, kuin nyt. Tällöin myös ksylometrikuution ja paraboloidikuution ero olisi pienempi kuin edellä saatu pätkittäisen kuution ja paraboloidikuution ero, 2.3 prosenttia.

Silloin kun pölkyt ovat paraboloidin muotoisia, saadaan Huberin kaavan mukaisesti keskeltämittaamalla ja Smalianin kaavan perusteella latvatyvimittausta käyttäen sama kuutio (vrt. Nisula 1963). Mitä enemmän pölkkyjen muoto poikkeaa paraboloidista, sitä enemmän myös Huberin kaavalla saatu tulos poikkeaa Smalianin kaavalla lasketusta tuloksesta.

Jos r:llä merkitään sitä kerrointa, jolla Huberin kaavan antama kuutio on kerrottava, jotta saataisiin Smalianin kaavan mukainen tulos, voidaan kirjoittaa r:n yhtälö:

$$(3)\quad r = \frac{g_1 + g_t}{2g_{1/2}},$$

missä muut tekijät ovat seuraavat:

g_1 = pölkyn latvan poikkileikkauspinta-ala
g_t = pölkyn tyven poikkkleikkauspinta-ala ja
$g_{1/2}$ = pölkyn keskikohdan poikkileikkauspinta-ala.

Kertoimen r perusteella voidaan siis tehdä havaintoja pölkkyjen muodosta. Tällä kertoimella on kuitenkin käytännöllisempikin merkitys, joka liittyy kysymykseen pinon kylki- ja pinotiheyden välisestä suhteesta. Kun »pinon kylkitiheydellä tarkoitetaan pölkynpäiden yhteispinta-alan suhdetta pinon kyljen pinta-alaan» (Keltikangas 1961) ja kun pinotiheydellä tarkoitetaan pinossa olevien pölkkyjen keskeltämitaten saadun kuution

suhdetta pinon tilavuuteen, on kylkitiheyden suhde pinotiheyteen sama kuin pinon pölkkyjen Smalianin kaavalla saadun kuution suhde Huberin kaavalla laskettuun tilavuuteen (N i s u l a 1963) eli toisin sanoen kylkitiheyden suhde pinotiheyteen on edellä mainitun kertoimen r suuruinen.

Kertoimen r avulla voidaan siis mitata sen systemaattisen virheen suuruus, joka tehdään, kun kylkitiheyden perusteella yritetään arvioida pinon keskeltämittaamalla saadun pinotiheyden suuruutta.

Tarkastelemalla r:n määrällisen suuruuden vaihtelua yksittäisten pölkkyjen kohdalla, voidaan saada selvyys siitä, kuinka monta näytepölkkyä on mitattava, jotta kylkitiheyden ja pinotiheyden välistä riippuvuutta osoittava suhdeluku (r) saataisiin halutulla tarkkuudella. Sorvipölkyissä r:n keskiarvoksi saatiin 1.062, hajonnaksi 0.0897 ja variaatiokertoimeksi 8.28 %. Yksittäisestä pölkystä toiseen r:n suuruuden vaihtelu on siis verrattain laajaa ja sorvipölkkypinosta on otettava runsaasti näytteitä, jos halutaan r arvioida suurella tarkkuudella. Jos halutaan varmistua siitä, ettei r:n keskiarvo missään tapauksessa poikkea ± 1 % enempää oikeasta keskiarvostaan, niin tulee näytepölkkyjä mitata yli kuusisataa kappaletta.

Myös r:n pinoittainen keskiarvo vaihtelee erästä toiseen, riippuen pääasiassa siitä, kuinka suuri osa pinosta on tyvipölkkyjä. Sorvipölkkyerästä toiseen saatiin hajonnaksi 0.024 ja variaatiokertoimeksi 2.26 %. Tämän perusteella r saattaa erästä toiseen vaihdella 0.99—1.13. Käytännössä kokonaisvaihtelu sorvipölkkyerässä lienee kuitenkin hieman suppeampi, koska r:n arvo on käsillä olevassa tapauksessa saatu kussakin erässä vain 30 näytepölkyn perusteella, minkä takia kokonaisvaihtelua osoittavat lukuarvot on saatu jonkun verran liian suuriksi.

Kun tarkasteltiin r:n suuruutta lähemmin rungon eri osista saaduissa pölkyissä, voitiin huomata seuraavat tulokset:

	Pölkkyjä, kpl	r
Tyvipölkyt	158	1.156
Muut pölkyt	342	1.019

Tämä asetelma osoittaa selvästi, miten r:n suuruus on kaikista muista rungon osista saaduissa pölkyissä suunnilleen samanlainen, paitsi tyvikappaleissa, joissa r on noin 13 prosenttia suurempi kuin muista rungon osista mitatuissa kappaleissa. Tyvikappaleiden kohdalla yksittäisten pölkkyjen r:n mitattu arvo on vaihdellut keskiarvostaan (1.156) laskettuna välillä 95—151 %, kun taas muiden pölkkyjen kohdalla vastaavasti laskettu r:n vaihtelu sijoittuu välille 83—114 prosenttia.

Yllä esitetyn asetelman mukaisesti näyttävät muutkin pölkyt kuin vain yksistään tyvipölkyt poikkeavan jonkun verran katkaistun paraboloidin muodosta. Tämä poikkeama on kuitenkin vähäistä siihen verrattuna, mitä havaittiin tyvipölkkyjen kohdalla. Jos sorvipölkkyerissä ei olisi ollenkaan

tyvipölkkyjä, niin kylkitiheys ja pinotiheys poikkeaisivat toisistaan tällaisissa erissä verrattain vähän.

Mitä enemmän pölkyissä on tyvilaajenemaa ja juurenniskoja, sitä suuremman tilan pölkyt ottavat pinossa ja sitä enemmän ne vaikuttavat alentavasti erän pinotiheyteen. Koska juurenniskoja sisältävien pölkkyjen muotosuhteet ja esiintymisrunsaus vaihtelevat erästä toiseen huomattavassa määrin ja oikukkaasti, vaikeuttaa tämä seikka sorvipölkkyjen keskimääräisen pinotiheyden määrittämistä lähinnä siinä suhteessa, että tutkimusaineistot, joiden perusteella keskimääräinen pinotiheys on laskettava, paisuvat oleellisesti laajemmiksi kuin siinä tapauksessa, jotta erät sisältäisivät vain rungon muista osista saatujen sorvipölkkyjä.

63. Sorvipölkkyjen käyttötilavuus ja käyttöpaino

Tutkimusaineistoon kuuluvat sorvipölkyt oli hakattu pääasiassa talvella tammi—maaliskuussa. Pölkkyjen mittaus suoritettiin ajon yhteydessä, joka tapahtui huhtikuun puolivälissä 1962. Mainitun vuoden kevät oli Kuopion seudulla kaunis, ja esim. aukeilta paikoilta lumi oli tuolloin jo melkein kokonaan hävinnyt tai häviämässä. Tämän takia on syytä olettaa, että sorvipölkyt olivat mahdollisesti jo jonkun verran kuivahtaneet, joten niiden mittaushetkellä havaittu käyttöpaino lienee vähän pienempi kuin kaatohetkellä ollut paino. Pölkkyjen päissä ei kuitenkaan vielä havaittu kuivumishalkeamia.

Sorvipölkkyjen kuoren paksuus mitattiin kuorimittarilla pölkyn keskeltä kapealta puolen. Tällöin saatiin kuoriprosentiksi 14.3 prosenttia, mikä merkitsee sitä, että sorvipölkkyjen kuoreton kuutio on keskeltä mitatusta kuorellisesta kuutiosta 85.7 prosenttia, hajonta 1.88 % ja variaatiokerroin 2.19 %.

Todellisuudessa saatu kuoriprosentti lienee jonkun verran liian suuri, koska tyvipölkkyjen keskikohdalle, josta kuoren paksuus on mitattu, sattuu usein rosokaarnaa ja kuorimittaria käytäen tulee rosojen välinen ilmatilakin mitattua kuoreksi (vrt. Nisula 1967). Tämän perusteella lienee oikein, että sorvipölkkyjen kuoriprosentti arvioidaan nyt mitattua pienemmäksi.

Jos rosojen välisen ilmatilan suuruus arvioidaan olevan vajaan yhden prosentin verran keskeltämitatusta kuutiosta, niin silloin sorvipölkkyjen todellinen kuoriprosentti on katsottava olevan lähimain 13 prosenttia eli samanverran kuin esim. etelä-suomalaisissa koivutukeissa keskimäärin (vrt. Tapion Taskukirja 1965). Tämä tulos vastaa myös suunnilleen vaneritukkien kuoriprosenttia, joksi olen tämän tutkimuksen ensimmäisessä osassa saanut 12.7 %.

Vaneria jalostavaa tehdasta kiinnostaa sorvipölkyissä eniten kysymys siitä kuutiomäärästä, joka antaa täyslevyistä viilua. Tämä kuutio vastaa

suunnilleen pölkyn latvasta kuoren alta kapeimmalta puolen saadun lieriökuution tilavuutta. Aineiston perusteella havaittiin tämän kuution olevan keskimäärin 76.6 % keskeltämitatusta kuorellisesta kuutiosta. Erästä toiseen oli hajonta 2.41 % ja variaatiokerroin 3.14 %.

Kaikkien aineiston yksittäisten pölkkyjen käyttöpainoksi saatiin 903.82 kg/k-m³, hajonnaksi 59.37 kg/k-m³ ja variaatiokertoimeksi 6.57 %. Pölkkyjen kuutio mitattiin tällöin keskeltä kuoren päältä ristiin mittaamalla. Saadun variaatiokertoimen perusteella voidaan määritellä näytepölkkyjen lukumäärä silloin, kun jostain pinosta halutaan määrittää pölkkyjen keskimääräinen käyttötilavuuspaino.

Yksittäisten sorvipölkkyjen käyttötilavuuspainon ja niiden keskeltämittaukseen perustuvan käyttötilavuuden välillä havaittiin vallitsevan kiinteä riippuvuus. Korrelaatiokertoimeksi saatiin +0.977. Riippuvuutta voitiin tämän takia kuvata suoran yhtälöllä, joka saatiin seuraavaan muotoon:

$$y = 0.8455\,x + 3.51, \tag{4}$$

missä

y = yksittäisten vaneripölkkyjen käyttöpaino, kg
x = yksittäisten vaneripölkkyjen käyttötilavuus keskeltä kuoren päältä ristiinmitattuna, dm³.

Rungon eri osista saatujen pölkkyjen käyttötilavuuspainot olivat pölkyn keskeltä mittaamalla saatua käyttötilavuutta kohden seuraavat:

Pölkkyjen laatu *Quality of bolts*	Pölkkyjä, kp *Number of bolts*	Käyttötilavuuspaino, kg/k-m³ *Handling volume weight, kg/cu. m*
Tyvipölkyt *Butt bolts*	158	907.09
Sileät pölkyt *Smooth bolts*	91	894.95
Kyhmyoksaiset pölkyt *Bolts with knot bumps*	83	907.35
Kuivaoksaiset pölkyt *Bolts with dry knots*	91	906.42
Tuoreoksaiset pölkyt *Bolts with fresh knots*	77	904.42

Asetelmassa kiinnittyy huomio ensi kädessä tyvipölkkyjen ja sileiden pölkkyjen painoihin, jotka muiden pölkkyjen kohdalla ovat keskenään melkein saman suuruisia. Tyvipölkkyjen suuri käyttöpaino on kuitenkin näennäistä, koska pölkyt on mitattu keskeltä, jolloin niiden kuutio on jäänyt lähinnä tyvilaajenemasta ja juurenniskoista johtuen todellista kuutiota pienemmäksi ja käyttötilavuuspaino on näin ollen saatu vähän liian suureksi.

Koivupaperipuututkimuksen Nisula (1967) kohdalla havaittiin ksylometrikuution olevan tyvipölkkyjen kohdalla 1.8 prosenttia keskeltämitattua kuutiota suuremman, kun taas muiden pölkkyjen kohdalla ksylometrikuutio oli 0.4 prosenttia keskeltämitattua kuutiota pienempi. Tämän perusteella voidaan päätellä, että nyt kyseessä olevien sorvipölkkyjen tyvipölkkyjen kuutionkin täytyy olla jonkun verran näiden pölkkyjen keskeltämitattua kuutiota suurempi, joten tyvipölkkyjen todellisen käyttötilavuuspainonkin täytyy olla nyt saatua 907.09 kg/k-m³ pienempi. Tekemättä suurehkoa virhettä voidaan tämän perusteella olettaa, että sorvipölkyissä tyvipölkyt ja sileät pölkyt ovat käyttöpainoltaan suunnilleen saman suuruisia. Tällä perusteella on tyvipölkkyjen käyttötilavuuspainoksi otettu tässä tutkimuksessa 894.95 kg, jolloin kappalemäärillä punnituksi sorvipölkkyjen keskipainoksi saatiin 900.6 kg/k-m³.

Kaiken todennäköisyyden mukaisesti tämä käyttötilavuuspaino on taas puolestaan hieman sorvipölkkyjen todellista käyttötilavuuspainoa pienempi, koska muut pölkyt kuin tyvipölkyt tulevat keskeltämitaten kuutioitua liian suurina ja lisäksi mittasaksilla mitaten saadaan aina vähän liian suuri kuutio (vrt. Tiren 1929 ja Nisula 1967). Sorvipölkkyjen kohdalla lienee siis asianlaita suunnilleen samalla tavalla kuin koivupaperipuiden kohdallakin (Nisula 1967) eli sillä tavalla, että kaikkien pölkkyjen keskimääräinen keskeltämitattu kuutio on saman suuruinen kuin pölkkyjen ksylometrikuutio. Tämän perusteella edellä saatu keskeltämittausta vastaava käyttötilavuuspaino lienee sorvipölkkyjen kohdalla suunnilleen saman suuruinen kuin se käyttötilavuuspaino, joka olisi saatu ksylometrimittauksen perusteella. Tekemättä suurehkoa virhettä voidaan näin ollen hyväksyä sorvipölkkyjen todellisen käyttötilavuuspainon likiarvoksi edellä saatu paino 903.82 kg/k-m³, eli pyöristäen 904 kg/k-m³.

64. Sorvipölkkyjen pinotiheys ja kuutiometrin käyttötilavuuspaino

Kuormien pinotiheys on määritetty aikaisemmin esittämääni (Nisula 1961) menetelmää käyttäen määrittelemällä ensin kuorman pinokuutiosisältö ja kuormasta näytteeksi otettujen 30 sorvipölkyn käyttötilavuuspaino (kg/k-m³). Jakamalla kuorman nettopaino näytepölkkyjen tilavuuspainolla saatiin kuorman kuutiosisältö, minkä jälkeen pinotiheyden laskeminen voitiin suorittaa. Koska näytepölkkyjen perusteella saadaan selville vain kuorman käyttötilavuuspainon likiarvo, on luonnollista, että käyttötilavuuspainon avulla silloin saavutetaan yksittäisistä kuormista myös pinotiheyden suuruus, joka on likimääräinen. Tällöin on kuitenkin huomattava, että menetelmää käytettäessä se suhteellinen virhe, joka tehdään kuorman

käyttötilavuuspainoa näytepölkkyjen perusteella arvioitaessa, siirtyy saman suuruisena, mutta vastakkaismerkkisenä, pinotiheyden lukuarvon rasitukseksi. Näin ollen menetelmän perusteella voidaan jo pienehköjen aineistojenkin avulla tehdä johtopäätöksiä esim. siitä, missä määrin painomittaus soveltuu korvaamaan tradiotionaalista pinomittausta.

Käsillä olevaan aineistoon sisältyvien kuormien kokonaispaino oli 197 835 kg ja pinokuutio 298.6 p-m³. Kun käyttötilavuuspainoksi otetaan edellä hyväksytty 903.82 kg/k-m³, voidaan laskea kuormien kuutiosisällön olevan 218.89 k-m³. Tästä päästään sorvipölkkyjen pinotiheyteen, jolloin saadaan tulokseksi 0.733 eli pyöristettynä 0.73 .

Kun laskettiin sorvipölkkyerien käyttötilavuuspainon perusteella saatujen pinotiheyksien keskiarvo, tuli tulokseksi 0.735. Hajonnaksi saatiin 0.029 ja variaatiokertoimeksi 3.97 %.

Kuormien käyttötilavuuspainojen keskiarvoksi saatiin 903.6 kg/k-m³, hajonnaksi 30.4 ja variaatiokertoimeksi 3.45 %.

Saadun tuloksen perusteella näyttää siltä, että pinotiheyden variaatiokerroin lienee vähän suurempi kuin käyttötilavuuspainon variaatiokerroin. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon, että nyt saatu käyttötilavuuspainon variaatiokerroin on vähän liian suuri, koska pölkkyjen keskeltämitattu kuutio aina jonkun verran poikkeilee erästä toiseen todellisesta kuutiostaan, aiheuttaen sen, että käyttötilavuuspainon variaatiokerroin on tässä tapauksessa suurempi kuin se olisi silloin kun variaatiokerroin laskettaisiin todelliseen kuutioon perustuen. Tästä johtuen joudutaan tässä tutkimuksessa siihen loppupäätelmään, että sorvipölkkyjen mittaaminen pinossa tapahtuu todennäköisesti epätarkemmin kuin niiden mittaaminen painon mukaan eli punnitsemalla. Tässä yhteydessä on kuitenkin muistettava, että nyt mitatut sorvipölkyt olivat kaikki ns. saman talven hakkuuta, ja ne ajettiin tehtaalle huhtikuun puolivälissä, jolloin kaikki mahdollinen lumi ja jää oli sulanut pois pölkkyjen pinnasta. On luultavaa, että silloin, kun pölkyt ovat päässeet kuivahtamaan, käyttötilavuuspainon variaatiokerroin vähän kasvaa. Tämä mahdollisuus on kuitenkin sorvipölkkyjen kohdalla varsin pieni, koska nämä pölkyt on hakattava ja kuljetettava tehtaalle nimenomaan talven aikana, sillä muuten pölkkyihin kuivumisen johdosta ilmestyy liikaa halkeamia, jotka tekevät pölkyt sorvaukseen kelvottomaksi.

7. TUTKIMUSTULOSTEN TIIVISTELMÄ

Tässä yhteydessä rajoitutaan kertaamaan lähinnä vain niitä tutkimustuloksia, joilla sorvipölkkyjen mittauksen kannalta katsottuna on käytännöllistä merkitystä.

Rungon eri osista saatujen sorvipölkkyjen muoto poikkeaa jonkun verran paraboloidin muodosta, ja siten, että poikkeama on vähäisempää muiden paitsi tyvipölkkyjen kohdalla, jossa poikkeama on suuri. Tämä johtunee pääasiassa tyvipölkyissä havaittavasta tyvilaajenemasta ja juurenniskoista.

Jos täyslevyistä viilua lasketaan saatavan kaikesta siitä pölkyn sylinterimäisestä osasta, jolla on pölkyn pituus ja latvasta kuoren alta kapeimmalta puolen mitattu läpimitta, niin tämän sylinterin tilavuus on keskimäärin 76.6 prosenttia pölkyn keskeltä mittaamalla saadusta kuutiosta. Sorvipölkkyjen todellinen kuutio lienee likimäärin sama kuin keskeltä ristiinmittaamalla saatu kuutiokin.

Sorvipölkkyjen pinotiheydeksi saatiin 0.73 ja pölkkyjen käyttötilavuuspainoksi 904 kg/k-m^3. Pinotiheyden vaihtelua kuormasta toiseen kuvaavan variaatiokertoimen suuruus oli 3.97 % ja vastaava käyttötilavuuspainon variaatiokerroin 3.45 %. Lähinnä näiden variaatiokertoimien suuruuksien perusteella on voitu päätellä, että sorvipölkkyjen mittaaminen punnitsemalla voidaan suorittaa ainakin samalla ellei paremmalla tarkkuudella kuin pinossa mittausta käytettäessä.

Koska tutkimusaineisto on ollut verraten suppea, käsittäen vain 17 autokuormaa sorvipölkkyjä Pohjois-Savosta, niin tuloksia on pidettävä lähinnä orientoivan luonteisina.

8. ESIMERKKEJÄ TUTKIMUSTULOSTEN SOVELTAMISESTA KÄYTÄNTÖÖN

Sorvipölkyistä suoritetulla tutkimuksella on ollut lähinnä käytännöllinen päämäärä, minkä takia lienee paikallaan parilla esimerkillä valaista sitä seikkaa, miten tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa käytännössä.

Esimerkki 1: Kuinka monta pinokuutiometriä halonhakkuun yhteydessä saatuja sorvipölkkyjä vastaa tilavuudeltaan 289.5 j^3:n suuruista erää vaneritukkeja?

Tehtävän ratkaisu:

— muunnetaan 289.5 j^3 kuutiometreiksi:

$$\frac{289.5}{35.31} = 8.20 \text{ k-m}^3$$

— koska sorvipölkkyjen pinotiheys on 0.73 saadaan pölkkyjen pinokuutio: $\frac{8.20}{x} = 0.73$ $\qquad x = 11.23$ p-m^3

Vastaus: 11.23 p-m^3.

Esimerkki 2: Kuinka paljon a) painaa 11.23 p-m^3 halonhakkuun yhteydessä valmistettuja sorvipölkkyjä ja b) kuinka monta prosenttia pinomitasta saadaan täyslevyistä viilua?

Tehtävien ratkaisu:

a) — muunnetaan pinokuutio kiintokuutioksi: $0.73 \times 11.23 = 8.20$ ja
— kerrotaan tämä kiintomitta käyttötilavuuspainolla:
$904 \times 8.20 = 7\,413$.

Vastaus 7 413 kg.

b) — täyslevyisen viilun määrä saadaan:

$$\frac{76.6}{100} \times 8.20 = 6.28 \text{ sekä}$$

— määritetään tuloksen osuus prosentteina pinomitasta:

$$\frac{100 \times 6.28}{11.23} = 55.92\ \%$$

Vastaus: 56 %.

Kirjallisuusluettelo

Keltikangas, Valter. 1961. Pinon tiheyden ja pinon kylkitiheyden mittaamisesta. — Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 4.

Müller, Udo. 1902. Lehrbuch der Holzmesskunde. Berlin.

Nisula, Pentti. 1961. Havaintoja koivupaperipuun ja havuohutpuun todellisen puumäärän määrittämisestä punnitsemalla. — Pienpuualan toimikunnan tiedotus N:o 51.

—»— 1963. Pinotiheystutkimuksia. — Summary: Pile density studies. Pienpuualan toimikunnan tiedotus n:o 97.

—»— 1967. Koivupaperipuun pinotiheydestä ja kuutiosuhteista. — Summary: On the pile density and volume of birch puplwood. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja. 62. 7.

Tapion Taskukirja. 1965. Viidestoista painos. Helsinki.

Tiren, Lars. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. Meddelander från Statens Skogsförsöksanstalt. 25. 5.

Part 2

THE VOLUME RELATIONSHIPS OF BOLTS FOR ROTARY CUTTING YIELDED IN CONNECTION WITH FUELWOOD CUTTING

Summary in English

The purpose of the study was to obtain a preliminary conception of the factors influencing the volume and weight of bolts which in connection with fuelwood cutting, were made having been yielded for rotary cutting.

The material studied consists of 17 truck loads of bolts intended for rotary cutting. It was collected in northern Savo. The volume of each load was determined in terms of piled measure, and the corresponding weights, on a truck-weighing scale. From each load 30 sample bolts were chosen for closer examination.

Concerning the results of the study, the following is worth mentioning:

The bolts intended for rotary cutting included about 13 per cent bark. If the entire cylindrical part of the bolts, which in length equals the bolt length and has a diameter equalling that of the top end of the bolts when measured in the direction of its minimum, is assumed to yield veneer of full width the volume of the cylinder in question averages 76.6 per cent of the bolt volume including bark, which is based on measurement at the middle of the bolts. The real volume of the bolts for rotary cutting is approximately the same as that obtained by crosswise measuring at the middle of bolts.

The pile density obtained for the bolts intended for rotary cutting was 0.73 and the handling volume weight, 904 kg/cu. m. The variation coefficient indicating the variation in pile density of various loads was 3.97 per cent, the corresponding variation coefficient of the handling volume weight being 3.45 per cent.

ERIASTEISIN KASVATUSHAKKUIN KÄSITELTYJEN MÄNNIKÖIDEN KASVU- JA TUOTOSTAULUKOT MAAN ETELÄISTÄ SISÄOSAA VARTEN

YRJÖ VUOKILA

SUMMARY IN ENGLISH

GROWTH AND YIELD TABLES FOR PINE STANDS TREATED WITH INTERMEDIATE CUTTINGS OF VARYING DEGREE FOR SOUTHERN CENTRAL-FINLAND

HELSINKI 1967

Helsinki 1968. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Nyt julkaistavat hoidettujen männiköiden kasvu- ja tuotostaulukot ovat syntyneet monivaiheisen tutkimusketjun seurauksena. Vuonna 1960 myönsi Yhdysvaltain maatalousministeriö (U.S. Department of Agriculture) Metsäntutkimuslaitokselle apurahan käytettäväksi allekirjoittaneen suunnittelemaan ja johtamaan tutkimukseen, jonka avulla pyrittiin selvittämään tilapäiskoealojen sovellutusmahdollisuuksia hoidettujen metsiköiden kasvu- ja tuotostaulukoiden laadinnassa. Tämän menetelmätutkimuksen tulokset ilmestyivät v. 1965 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuna 60.4.

Monelta kannalta paras vaihtoehto olisi ehkä ollut pyrkiä tämän jälkeen menetelmätutkimuksen luomalta pohjalta koko maan käsittäviin hoidettujen metsiköiden kasvu- ja tuotostaulukkoihin. Valtakunnan peittävän aineiston hankintaan ei ollut kuitenkaan mahdollisuuksia etenkään sen jälkeen, kun allekirjoittanut siirtyi v. 1962 Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitokseen, missä edellä mainittu menetelmätutkimuskin saatettiin loppuun. Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiön myöntämän apurahan turvin oli toisaalta kuitenkin mahdollista suorittaa ne laskentatyöt, jotka olivat välttämättömiä kasvu- ja tuotostaulukoiden koostamiseksi sille maantieteellisesti suppealle mutta metsätaloudellisesti keskeiselle alueelle, maan eteläiselle sisäosalle, jolta menetelmätutkimuksen maastoaineisto oli kerätty.

Taulukoiden laadinnassa on koko ajan avustanut metsätieteen ylioppilas Jouko Laasasenaho, jonka tehtävänä on ollut laskentatöiden ohjelmointi ja käytännöllinen suoritus tietokoneella. Helsingin yliopiston laskentakeskuksen tietokone, IBM 1620, on ollut korvauksetta käytettävissä taulukoita laskettaessa, mikä on tehnyt mahdolliseksi laajamittaisten laskelmien suorituksen suhteellisen vaatimattomien käyttövarojen turvin.

Rouva Irma Nylander on piirtänyt julkaisuun liittyvät kuvat. Englanninkielisen tekstin on tarkastanut Mr. Fred A. Fewster. Lukuisat muut henkilöt ovat avustaneet tutkimuksen eri vaiheissa.

Kaikille edellä mainituille lausun tässä parhaat kiitokset.

Helsingissä marraskuussa 1966.

Yrjö Vuokila

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto 7
2. Taulukoiden sovellutusalue 10
21. Metsällinen sovellutusalue 10
22. Maantieteellinen sovellutusalue 11
3. Taulukoiden laadinnan periaatteet 13
31. Perusmenetelmä 13
32. Kasvupaikkaluokat 14
33. Käsittelyasteet 16
34. Yhtälöt 19
341. Yhtälöissä käytetyt merkinnät 20
342. Puiden kasvuyhtälöt 21
343. Puiden kuutioimisyhtälöt 21
344. Metsiköiden kasvuyhtälöt 22
35. Lähtöpuusto 22
351. Lähtöpuuston eräät perustunnusmerkit 23
352. Runkolukusarja 25
353. Pituuskäyrä 25
354. Laskennan eteneminen 27
4. Kasvu- ja tuotostaulukoiden rakenne 29
5. Kasvu- ja tuotostaulukoiden luotettavuus 30
6. Tulosten tarkastelua 35
61. Pohjapinta-ala 35
62. Kiintokuutiomäärä 38
63. Puutavaralajit 43
631. Tukkipuu 43
632. Paperipuu 47
633. Ohutpuu 48
64. Runkolukusarja 48
Kirjallisuusluettelo 51
Summary in English 53
Kasvu- ja tuotostaulukot — *Growth and yield tables* 59
Päätaulukot — *Main tables* 59
Puutavarataulukot — *Timber tables* 81
Runkolukusarjat — *Stem distribution series* 103

1. JOHDANTO

Hakkuin käsiteltyjen metsiköiden kasvu- ja tuotostutkimuksia on maassamme suoritettu kahta periaatteellisesti täysin erilaista menetelmää käyttäen. Heti Metsäntutkimuslaitoksen perustamisen jälkeen ryhdyttiin, etenkin metsänarvioimisen tutkimusosastossa professori Yrjö Ilvessalon johdolla, suunnittelemaan ja mittaamaan suurin määrin ns. pysyviä koealoja, joita on sittemmin alettu kutsua kestokoealoiksi. Nykyisin ylläpitävät tällaisia koealoja ja koealasarjoja useimmat mainitun laitoksen tutkimusosastot.

Kun kestokoealoin saatavat tutkimustulokset kertyvät menetelmän luonteesta johtuen parhaassakin tapauksessa vuosikymmenien kuluttua, pyrittiin kestokoealamenetelmän rinnalla alusta alkaen käyttämään nopeampaa vaihtoehtoa, joka nojautui kertamittauksin tutkittuihin tilapäiskoealoihin. Tähän oli enenevää aihetta etenkin sen jälkeen, kun havaittiin, että vuosikymmenien mittaan kestokoeala-aineisto — ainakin kasvu- ja tuotostaulukoiden kannalta katsottuna — suuresti väheni ja sen menetelmät ja tarkoitusperät tietyllä tavalla vanhentuivat. Aivan 1950-luvun lopussa alulle pantu kestokoealamenetelmän modernisointi uusimpien tilastomatemaattisten käsittelymenetelmien vaatimalle pohjalle ei ole vielä saavuttanut merkittävää laajuutta ja on toisaalta ollut omiaan siirtämään tulosten muodostumista tältä osin pitkälle tulevaisuuteen.

Kestokoealamenetelmän tietynlainen tehottomuus pantiin Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastossa merkille jo 1940-luvulla, kun lisääntyvää tarvetta hakkuin käsiteltyjen metsiköiden kehityksen suuntaviivojen tuntemiseksi alkoi esiintyä käytännön metsätalouden piirissä. Tästä syystä aloitettiin tutkimussarja, jonka tarkoituksena oli hankkia tietoja hakkuin käsiteltyjen metsiköiden kehityksestä. Mitattiin suuri määrä tilapäiskoealoja pääpuulajien muodostamissa metsiköissä puuston eri kehitysvaiheissa maan eteläisessä sisäosassa. Graafisin tasoituksin, mitattujen koealojen puustojen keskimäärinä, saatiin ne puuston kehitystä koskevat tiedot, joita 1950-luvulla julkaistiin ja jotka kohdistuivat pääosaltaan alaharvennuksin käsiteltyihin metsikköihin (Nyyssönen 1954, Vuokila 1956, Koivisto 1958).

Sittemmin suoritti Koivisto (1959) laajan kokoelmatyön keräten siihenastisten kasvu- ja tuotostutkimusten tulokset, jotka olivat kaikki tilapäiskoealoin suoritettujen tutkimusten satoa, yhdeksi taulukkojulkaisuksi sisällyttäen siihen kuitenkin eräitä uusia lukusarjoja, jotka oli saatu III:ssa valtakunnan metsien inventoinnissa metsänhoidolliselta tilaltaan ns. hyvissä ja tyydyttävissä metsiköissä mitattujen inventointikoealojen perusteella. Tilapäiskoealamenetelmää käytti Vuokila (1960 a) myös siperialaisten lehtikuusikoiden kehitystä selvittävässä tutkimuksessaan ja Kallio (1957, 1960) omissa kasvututkimuksissaan. Sitä vastoin kasvatushakkuiden eräitä osavaikutuksia koskevat selvittelyt (Vuokila 1960 b, 1960 c, 1962 a) perustuivat kestokoealojen antamiin mittaustuloksiin.

Mainitut 1950-luvulla ilmestyneet tutkimukset olivat tarkoitetut alustaviksi ja poistamaan se kiireisin tietojen tarve, mikä ripeästi kehittyvän metsätalouden piirissä oli havaittavissa. Tutkimusten riittämättömyys pitkällä tähtäyksellä tiedettiin jo niiden suoritushetkellä. Pääpuute oli se, että tutkimusaineistoista ei silloisin käsittelymenetelmin — mm. tietokoneiden tarjoamien mahdollisuuksien puuttuessa — voitu päätellä, millä tavalla eriasteiset kasvatushakkuut vaikuttavat puuston kehitykseen, vaan puuston muodostumista iän lisääntyessä kyettiin kuvaamaan vain tietynlaisen keskimääräisen käsittelyasteen mukaisena. Käsitystä siitä, onko tämä loppujen lopuksi suositeltava tapa käsitellä kasvatusvaiheessa olevia puustoja, ei ollut kuitenkaan mahdollista muodostaa.

Elektronisten tietojenkäsittelykoneiden kehitys on myös kasvu- ja tuotostutkimusten alalla merkinnyt keinojen ja mahdollisuuksien suurta lisääntymistä yhtä hyvin kesto- kuin tilapäiskoealoinkin suoritettavissa selvittelyissä. Tietokonein voidaan tehdä mitä monipuolisimpia analyysejä esim. niistä tekijöistä, jotka vaikuttavat yksittäisen puun tai metsikön puuston kehitykseen. Tietokoneiden laskentakapasiteetti on tehnyt mahdolliseksi myös laajojen rutiinilaskelmien suorittamisen nopeasti ja luotettavasti. Kasvu- ja tuotostutkimuksissa on mm. tästä syystä voitu luopua graafisesta tasoituksesta ja siirtyä aineiston numeerisiin analyyseihin vaihtelevin tilastomatemaattisin ohjelmin. Tilapäiskoealamenetelmä nopeasti tulokseen pyrkivänä on ehkä voinut hyötyä tietokoneista enemmän kuin hitaammin etenevä kestokoealamenetelmä.

Aineiston analyyttinen käsittely, joka ottaa kaikki tutkimusyksiköt samanaikaisesti tarkastelun kohteeksi, on vähentänyt sitä tilapäiskoealamenetelmän heikkoutta, mikä liittyy havaintojen irrallisuuteen ja tutkimusjakson lyhyyteen. Tilapäiskoealamenetelmän aineisto tosin edelleen koostuu eräänlaisesta »palapelistä», jonka yksittäiset koealat muodostavat. Monipuolisten analyysien avulla on kuitenkin tietokonein mahdollista tutkia sellaisia riippuvuussuhteita, joihin graafinen aineiston käsittely ei anna mahdollisuutta ja joihin kasvu- ja tuotostaulukoiden laatiminen voidaan nyt

perustaa. Tilapäiskoealamenetelmän vaikeimmaksi ongelmaksi jää tämän jälkeen sellaisen metsikköaineiston löytäminen, missä tunnettu käsittely on toteutettu koko eliniän tai tulosten luotettavuuden kannalta riittävän pitkään ennen mittauksen suorittamista. Sitä mukaa kuin metsänhoidolliset kasvatusmenetelmät yleistyvät tämänkin vaikeuden merkitys vähenee.

Kesto- ja tilapäiskoealamenetelmien etuja ja varjopuolia on selostettu erillisen menetelmätutkimuksen (V u o k i l a 1965 a) yhteydessä. Samassa julkaisussa on myös kuvattu esitettävien kasvu- ja tuotostaulukoiden tutkimusaineistoa sekä käytetyn tilapäiskoealamenetelmän yksityiskohtia, joista monia ei jäljempänä katsota aiheelliseksi enää toistaa. Seuraavassa otetaan tarkastelun kohteeksi vain sellaiset aineiston ja menetelmän piirteet, jotka ovat tarpeellisia taulukoiden ymmärtämiseksi, niiden luotettavuuden arvostelemiseksi ja sovellutusmahdollisuuksien toteamiseksi.

2. TAULUKOIDEN SOVELLUTUSALUE

Kasvu- ja tuotostaulukoita voidaan varauksetta soveltaa vain samankaltaisissa metsiköissä, joista tutkimusaineisto on kerätty. Myös taulukoiden käyttö sen maantieteellisen alueen ulkopuolella, jolta maastoaineisto on mitattu, voi olla harhaan johtavaa. Tästä syystä on tarpeellista esitellä julkaistavien taulukoiden sekä metsällinen että maantieteellinen sovellutusalue.

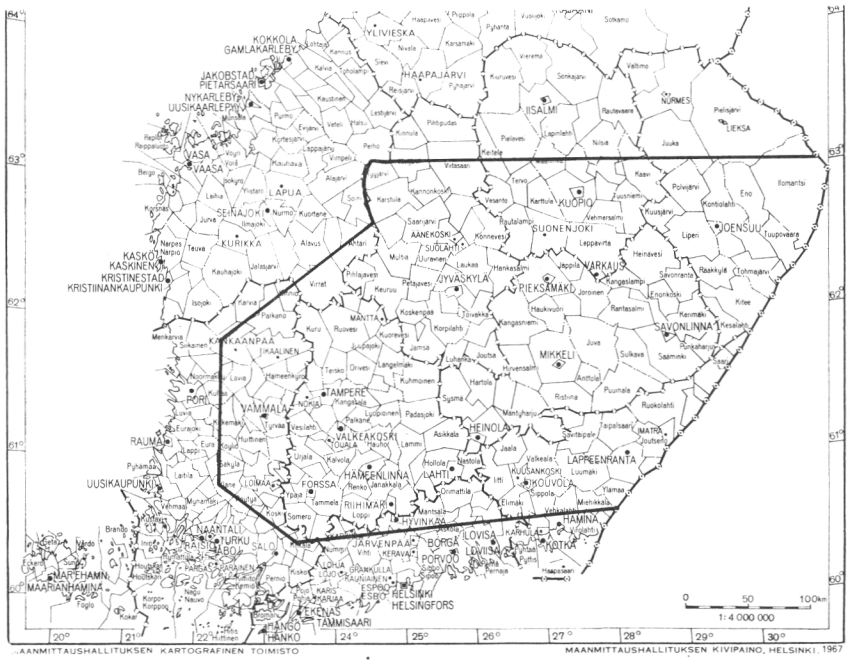
21. Metsällinen sovellutusalue

Julkaistavat kasvu- ja tuotostaulukot nojautuvat metsikköaineistoon, jossa sovellettua käsittelytapaa on totuttu kutsumaan alaharvennukseksi. Nyt kysymyksessä olevan alaharvennusmenetelmän laadusta antavat parhaan kuvan liitteinä esitettävät runkolukusarjat sekä esim. kokonaispuuston ja poistopuuston keskiläpimittojen vertailu ns. päätaulukoissa.

Taulukot kuvaavat luontaisesti syntyneiden männiköiden kehitystä. Merkittävin ero luontaisesti ja keinollisesti syntyneiden metsiköiden kehityksessä ilmenee puuston nuoruusvaiheessa, jolloin esitettävissä taulukoissakin on kaikissa käsittelyasteissa suurempi runkoluku kuin esim. istuttaen perustetuissa männyn taimistoissa. Tutkimukset (esim. Kallio 1960) viittovat kuitenkin siihen suuntaan, ettei ero luontaisesti ja keinollisesti syntyneiden männiköiden kehityskulussa ole yleisesti ottaen kovin suuri. Tietyin varauksin voitaneen julkaistavia taulukoita soveltaa ainakin kylvömänniköissä, joissa nuoruusvaiheen runkoluku on tavallisesti huomattavan korkea.

Taulukot tarkoittavat alusta alkaen hoidettuja puustoja ja edellyttävät tässä mielessä intensiivistä metsätaloutta, missä taimistoista huolehditaan niin, ettei puustossa esiinny hoitamattomuudesta aiheutuvia vaikutuksia. Itse toimenpiteille taulukot eivät aseta kuitenkaan tavallisesta poikkeavia vaatimuksia, sillä maastoaineisto on kerätty metsälöistä, jotka toimivat normaalien talousperiaatteiden mukaan.

Taulukot kuvastavat puhtaiden ja tasaisten metsiköiden kehitystä. Huomattava aukkoisuus metsikössä aiheuttaa etenkin järeyssuhteiden kehityksessä piirteitä, jotka taulukoissa eivät tule näkyviin. Tasai-



MAANMITTAUSHALLITUKSEN KARTOGRAFINEN TOIMISTO — MAANMITTAUSHALLITUKSEN KIVIPAINO, HELSINKI 1967

Kuva 1. Aineiston keräilyalue.
Fig. 1. Geographical area of the material.

suudella tarkoitetaan sekä puuston tasa-asentoisuutta että eri paksuusluokkien yhtäläistä jakaantumista metsikön kaikkiin osiin.

Taulukoiden taustana oleva metsikköaineisto on mitattu sellaisilta kasvupaikoilta, joilla ei ole havaittu kivisyyttä tai soistuneisuutta siinä määrin, että sillä olisi todettu olevan vaikutusta puuston kasvuun. Mikäli taulukoita pyritään soveltamaan tapauksiin, joissa kasvupaikka ei täytä näitä vaatimuksia, ei taulukkoarvoja voida käyttää sellaisinaan. Kysymykseen saattaa tulla esim. valtapituuden ja iän perusteella tapahtuva todellisen kasvupaikkaluokan arviointi metsätyypin määrityksestä irrallisena.

22. Maantieteellinen sovellutusalue

Maan eteläisellä sisäosalla ymmärretään tässä julkaisussa n. 63. leveysasteen eteläpuolella olevaa osaa, rannikkoalueet poisluettuina. Alueesta on usein käytetty myös nimitystä Järvi-Suomi. Taulukoiden maantieteellinen sovellutusalue on siis likimain sama kuin varhemmissa hakkuin käsiteltyjä metsiköitä koskevissa kasvu- ja tuotostutkimuksissa (Nyyssönen 1954, Vuokila 1956, Koivisto 1958).

Oheinen kartake (Kuva 1) osoittaa yksityiskohdin taulukoiden maantieteellisen sovellutusalueen. Taulukkolaskelmissa on käytetty tämän alueen

keskimääräistä ilmastotunnusta (vrt. s. 21), josta syystä kenttäaineiston keräysvuosien mahdollisesti poikkeukselliset sääsuhteet eivät ole vaikuttaneet taulukoiden lukuarvoihin. Kasvukauden pituutta kuvastava tunnus (+6°C lämpimämpien päivien lukumäärä toukokuussa) on nyt kysymyksessä olevalla maantieteellisellä alueella Ilmatieteen laitoksen pitkäaikaisten tilastojen perusteella keskimäärin 22 päivää.

Käytännössä taulukoita voitaneen kuitenkin soveltaa jonkin verran esitettyä laajemmalti, esim. merenrannikkometsiä lukuun ottamatta kartan osoittamaa aluetta etelämpänä ja ehkä Iisalmen korkeudelle asti pohjoisessa. Virhemahdollisuus lienee suurempi, jos taulukoita sovelletaan Pohjanmaan rannikkovyöhykkeellä tai maan lounaisimmassa osassa ja etenkin saaristossa (vrt. Högnäs 1966). Taulukoista johdetut yleiset tulokset, sellaiset kuin esim. eriasteisten kasvatushakkuiden vaikutus puuston kehitykseen, pitänevät kuitenkin paikkansa laajoissa puitteissa.

3. TAULUKOIDEN LAADINNAN PERIAATTEET

31. Perusmenetelmä

Kasvu- ja tuotostaulukot on laadittu teoreettisten metsikkömallien avulla. Laskelmien perustana ovat olleet regressioyhtälöt, jotka on johdettu kokemusperäisesti maastossa mitattujen koepuiden ja koealojen avulla.

Laskelmien lähtökohtana on ollut runkolukusarja ja sitä vastaava pituuskäyrä puuston valtapituuden ollessa 5 m. Valtapituudella on tällöin ymmärretty suomalaisen käytännön mukaisesti hehtaaria kohden 100 paksuimman puun keskipituutta.

Lähtöpuuston jokaisen yksilön rinnankorkeusläpimitan, pituuden ja kuutiomäärän sekä sitä kautta vastaavien kasvutunnusten kehitystä on seurattu teoreettisena laskelmana siihen hetkeen saakka, jolloin puu on poistettu kasvatushakkuussa. Nämä kehityslaskelmat ovat tapahtuneet p u i d e n k a s v u y h t ä l ö i d e n avulla, jotka antavat puuyksilön kasvuprosentin, kun tietyt itse puuta, sen välitöntä elinympäristöä ja metsikkökokonaisuutta koskevat numeeriset tiedot ovat käytettävissä laskentajakson alussa.

Laskennan kohteena olevat metsikkötunnukset ovat muodostuneet, aivan kuten tavallisessa metsikkömittauksessa, puukohtaisten tietojen yhdistelminä. Kun jokaisen laskelmaan sisältyvän puun kasvutila on edellytetty samansuuruiseksi, saadut metsikkötiedot tarkoittavat, kuten edellä jo todettiin, ehdottoman tasa-asentoisia metsiköitä. Aukkoisuutta ei siis sovelletuissa metsikkömalleissa esiinny lainkaan. Tätä voitaneen pitää pikemminkin etuna kuin puutteena, sillä muussa tapauksessa olisi aukkoisuus ja sen vaikutus tuloksiin kyettävä yksityiskohdin kuvaamaan.

Myös aika ajoin tapahtuneet runkolukusarjan h a r v e n n u k s e t ovat olleet teoreettisia. Niitä suoritettaessa on kuitenkin otettu huomioon ja käytetty hyväksi kaikki se tieto, mikä on olemassa alaharvennuksissa poistettavan puuston rakenteesta.

Teoreettisin metsikkömallein laadittuja kasvu- ja tuotostaulukoita arvosteltaneen juuri niiden teoreettisuuden vuoksi. Tietynlainen kaavamaisuus on kuitenkin kasvu- ja tuotostaulukoille yleisesti ominaista, sillä metsiköiden välisen suuren vaihtelun vuoksi taulukot voivat parhaassakin tapauk-

sessa antaa vain mallin, joka ei sovellu aivan tarkasti ehkä yhteenkään maastossa tavattavaan metsikköön. Teoreettisuudella on nyt kysymyksessä olevassa tapauksessa kielteistä merkitystä tästä syystä vain siinä tapauksessa, että metsikkömallein etäännytään systemaattisesti luonnossa todella esiintyvistä tapauksista. Teoreettisten metsikkömallien ja niiden antamien tulosten tarkka kontrolli on tästä syystä mitä tärkein tutkimuksen vaihe.

Tietynlainen maastokontrolli on nyt julkaistavien kasvu- ja tuotostaulukoiden laskennassa saatu m e t s i k ö i d e n k a s v u y h t ä l ö i d e n avulla. Nämä yhtälöt, jotka on koostettu samasta maastoaineistosta kuin puuyhtälötkin, antavat puuston eri tunnusten kasvuprosentit, kun tunnetaan tietyt tekijät laskentajakson alussa. Teoreettisten metsikkömallien tunnusten laskeminen paitsi yksinpuin myös metsikköyhtälöiden avulla on antanut sitä tukea, mikä on ollut välttämätöntä tulosten luotettavuuden tarkastelussa ja lukujen soveltuvuutta käytännön tapauksiin arvosteltaessa.

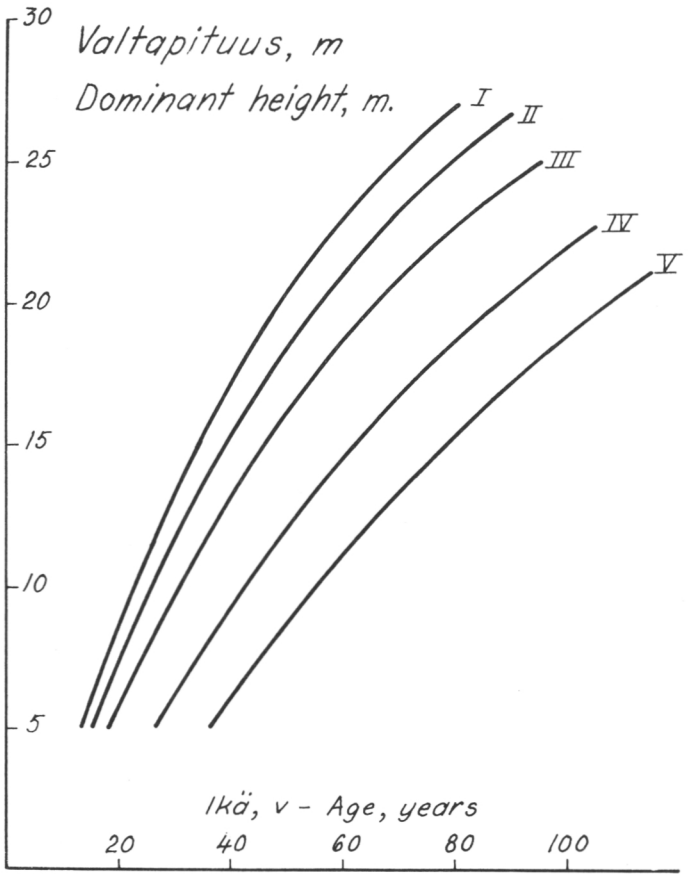
Etenkin puutavaralaskelmissa on tullut kysymykseen kuutiomäärän määritys p u i d e n k u u t i o i m i s y h t ä l ö i d e n avulla.

32. Kasvupaikkaluokat

Metsätyyppikäsitettä ei ole oheisissa kasvu- ja tuotostaulukoissa voitu soveltaa yhtä mutkattomasti kuin varhemmissa tilapäiskoealoihin perustuvissa kasvu- ja tuotostutkimuksissa, joissa graafinen tasoitus on voitu tehdä kullekin metsätyypille erikseen. Aineiston laskennallisessa analyysissä on kaikki koealat jouduttu yhdistämään, eikä metsätyypeistä ole ollut mahdollista muodostaa — ainakaan tähänastisen tietämyksen perusteella — yksinkertaista numeerista asteikkoa, joka olisi ollut yksikäsitteisesti käyttökelpoinen monipuolisissa regressioanalyyttisissä selvittelyissä.

Kasvupaikan hyvyyden ilmaisijana on käytetty sekä puu- että metsikköyhtälöissä iän ja valtapituuden tuloa. Varhempiin kasvu- ja tuotostutkimuksiin vertaillen on tätä kautta ollut mahdollista pyrkiä suorittamaan laskelmat niin, että ne mahdollisimman tarkoin vastaisivat sitä puuston kehityskuvaa, mikä eri metsätyypeistä on valtapituuden perusteella arvostellen olemassa. Tämä on kuitenkin kohdannut vaikeuksia siitä syystä, että suoritettujen laskelmien mukainen puuston valtapituuden kehitys taimistoista varttuneiksi puustoiksi ei ole ollut aina sama, mihin varhemmissa tutkimuksissa on päädytty tilapäiskoeala-aineiston graafisen tasoituksen nojalla. Suurin ristiriita on syntynyt karuimmilla kasvupaikoilla, joilla julkaistavat uudet taulukot edustavat ripeämpää kehitystä kuin aikaisemmat tutkimukset puuston myöhäisiällä.

Taulukoita laadittaessa on katsottu aiheelliseksi ottaa askel tähänastista kasvupaikkaluokitusta täydentävään suuntaan. Metsätyypeittäin esitettyjen



Kuva 2. Valtapituuden kehitys eri kasvupaikkaluokissa.
Fig. 2. Development of dominant height in different site classes.

puuston kehityssarjojen tarkastelu näet osoittaa, että metsätyyppien muodostama kasvupaikka-asteikko ei ole tasavälinen, mikä monia tarkoituksia varten voisi olla kasvupaikkaluokitukselle hyvä ominaisuus. Parhaimpien metsätyyppien (OMT:n ja MT:n) valtapituuden ja myös muiden puuston tunnusten kehitys on varsin lähellä toisiaan, kun taas karuin käytännössä merkittävässä määrin esiintyvä kasvupaikkaluokka (CT) peittää käytännöllisesti katsoen puolet vaihtelualueesta. Tämä tekee luokituksen karkeaksi ja moniin tehtäviin epätarkoituksenmukaiseksi, sitä enemmän mitä pitemmälle metsänkasvatuksen intensiivisyys kehittyy ja mitä yksityiskohtaisempia vaikutuksia on kasvupaikkaluokituksen avulla pyrittävä kuvaamaan.

Kasvupaikkaluokka I (vrt. kuva 2) vastaa esitettävissä taulukoissa lähes tarkoin käenkaali—mustikkatyyppiä sen varhemmin kuvatussa muodossa. Myös kasvupaikkaluokka II on mustikkatyypin männiköistä aikaisemmin

esitetyn puuston kehityskulun mukainen, kun kriteerinä käytetään valtapituutta. Sitä vastoin kasvupaikkaluokka III:n osalta on puuston myöhäisiällä havaittavissa tiettyä eroa varhempien tutkimusten puolukkatyyppiin verrattuna. Tässä on kysymys kuitenkin lähinnä eri tutkimusten ristiriidasta, joka koskee puuston myöhäiskehitystä puolukkatyypillä. Varsinainen ero varhempiin tutkimuksiin verrattuna koskee kasvupaikkaluokkia IV ja V, jotka molemmat edustavat kanervatyyppiä, edellinen sen rehevämpää varianttia puolukkatyypin suuntaan ja jälkimmäinen saman tyypin karua laidetta, kuitenkin niin, että kasvupaikkaluokassa V puuston valtapituus ylittää jossain määrin varhempien tutkimusten kuvaaman kanervatyypin puuston vastaavan tunnuksen puuston myöhäisiällä. Pituuden kehitys on näissä kasvupaikkaluokissa siis ripeämpää kuin mitä varhemmin on esitetty kanervatyyppiä koskevana.

Kuvassa 2 esitetyt valtapituuden kehityskäyrät vastaavat siis kasvupaikkaluokkien I—III osalta suoranaisesti tiettyjä metsätyyppejä, mutta kasvupaikkaluokat IV ja V ovat erään metsätyypin kaksi alaboniteettia. Kehityskäyrät käsittävät vain sen kauden puuston elämästä, johon laskelmat ovat kohdistuneet.

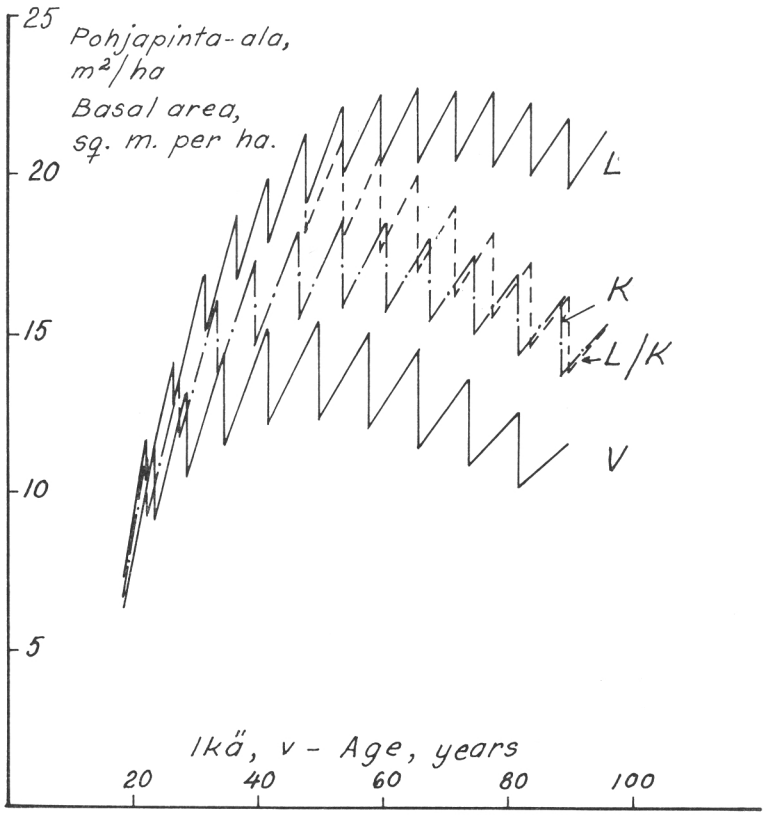
33. Käsittelyasteet

Lähtökohtana laskelmille on ollut alusta alkaen hoidettu taimisto. Kaikissa käsittelyasteissa on oletettu alkutoimenpiteet, ts. ennen 5 m:n valtapituuden saavuttamista tapahtuneet käsittelyt, samoiksi. Käsittelyn erilaistuminen on tapahtunut vasta mainitun valtapituusarvon saavuttamisiällä. Ennen sitä poistettu puusto ei sisälly taulukoiden lukuarvoihin.

Varsinaisia käsittelyasteita on taulukoissa kolme: lievä, keskivahva ja voimakas käsittely. Näiden lisäksi on, osittain tutkimusmielessä, sovellettu yhdistelmäkäsittelyä, joka puuston nuoruusvaiheessa edellyttää lieviä kasvatushakkuita ja jatkossa siirtymistä keskivahvaa tyyppiä olevaan käsittelyyn. Kysymys on erityisesti nyt julkaistavia taulukoita varten suunnitelluista käsittelyasteista, joita tuskin voidaan täysin samaistaa minkään aikaisemman julkaisun vastaavien käsitteiden kanssa nimitysten mahdollisesta samankaltaisuudesta huolimatta.

Kaikki käsittelyasteet kuuluvat alaharvennusten ryhmään. Niiden yksityiskohtainen luonne käy parhaiten ilmi liitteenä olevista kasvu- ja tuotostaulukoista. Seuraavassa on tarkoitus tuoda esille vain eräitä pääpiirteitä sovelletuista käsittelyasteista.

Eräänä käsittelyasteen kriteerinä on käytetty hakkuun jälkeen jäänyttä pohjapinta-alaa hehtaaria kohden. Tutki-



Kuva 3. Pohjapinta-alan kehitys eri käsittelyasteiden mukaisena kasvupaikkaluokassa III.
Fig. 3. Development of basal area according to different degrees of treatment in site class III.

muksen alkuvaiheessa oli tarkoituksena, että eri käsittelyasteet saatettaisiin kiinteään riippuvuussuhteeseen luonnonnormaalien metsiköiden puuston pohjapinta-alan kanssa siten, että koko metsikön iän hoidetun metsikön pohjapinta-ala palautettaisiin kasvatushakkuiden avulla aina tietylle prosentuaalisesti vakiona pidettävälle tasolle hakkuin käsittelemättömiin metsikköihin verrattuna. Tästä periaatteesta oli laskentavaiheessa kuitenkin pakko luopua, vaikka se säilytettiinkin loppuun asti eräänlaisena taustanäkökohtana, johon pyrittiin. Syynä periaatteesta luopumiseen oli ensiksikin se edellä todettu seikka, että kasvupaikkaluokitusta ei ole taulukoissa sovellettu niin, että se takaisi täyden vertailukelpoisuuden varhempiin tutkimuksiin. Toisaalta esim. mustikkatyypillä I l v e s s a l o n (1920) taulukoiden pohjapinta-alan arvot osoittautuivat nyt suoritetuissa laskelmissa siinä mielessä korkeiksi, että ne vertailutasona sovellettuna olisivat pakottaneet yli-

pitkien hakkuuvälien käyttöön. Vielä on todettava, että etenkin voimakkaassa asteessa laskelmat johtavat lopulta harvahkoon asentoon, mikä ei olisi ollut mahdollista, jos mainitusta alkuperäisperiaatteesta olisi pidetty kiinni.

Pohjapinta-alatavoitteet on tästä syystä jouduttu perustamaan jossain määrin subjektiiviseen harkintaan. Harkinta on johtanut mm. siihen, että taimistovaiheessa kaikkien käsittelyasteiden puustot ovat verraten tiheitä. Ero kasvaa käsittelyasteiden välillä kuitenkin nopeasti ja niin, että voimakas aste johtaa lopulta uudistamista edeltäviin väljiin asentoihin ja keskivahva käsittelykin loppuvaiheessaan alenevaan pohjapinta-alaan, kuten käsittelyasteita havainnollistava kuva 3 osoittaa. Lievä aste on tarkoitettu eräänlaiseksi vertailuasteeksi, joka oletettavasti tuo esille elävän puuston maksimaalin kokonaiskasvun ja -tuotoksen. Keskivahva aste on likimain verrattavissa siihen käsittelyn voimakkuuteen, jota taulukoiden julkaisuhetkellä suositellaan käytännön metsätaloudessa sovellettavaksi. Voimakas aste on omalla laiteellaan ekstreemi tapaus, jossa käsittelyn voimakkuus on saavuttanut ääriarvonsa.

Yhdistelmäasteessa lievä/keskivahva hakataan puustoa tiettyyn iänkohtaan asti lievän käsittelyn pohjapinta-alatavoittein ja siirrytään sitten keskivahvaan käsittelyyn, jonka avulla päädytään laskelmien loppuvaiheessa varsinaisen keskivahvan käsittelyn pohjapinta-aloihin. Tämä käsittelyaste on sikäli tutkimuksellinen, että voimistunut käsittely aloitetaan eri kasvupaikkaluokissa eri kehitysvaiheissa. Kasvupaikkaluokassa I puusto on osittain tukkipuukokoa käsittelyn muuttuessa, kun taas luokassa V keskivahvat hakkuut alkavat puuston ollessa kokonaisuudessaan alle tukkipuun mittojen. Näin menetellen on mahdollista tehdä eräitä mielenkiintoisia päätelmiä. Toisaalta käsittelyn vaihtumiskohdan erilaisuuteen eri kasvupaikkaluokissa ovat omalta osaltaan vaikuttaneet liiketaloudelliset näkökohdat kasvatushakkuiden kertautumisessa.

Toisena kriteerinä käsittelyasteiden määrittelyssä on käytetty p o i s t o p r o s e n t t i a. Kasvatushakkuut on metsikkömalleissa suoritettu sellaisina iänkohtina, jolloin on voitu edellä esitettyyn pohjapinta-alaan pääsemiseksi poistaa

lievässä	asteessa	.....	10 %	puuston	pohjapinta-alasta
keskivahvassa	»	.....	15 »	»	»
voimakkaassa	»	.....	20 »	»	»

Poistoprosenttienkin valinnassa on jouduttu käyttämään harkintaa. Valinnassa on ollut rajoittavana näkökohtana maastoaineistossa esiintynyt hakkuuvälin pituus. Poistoprosentit on valittu sellaisiksi, että kasvatushakkuiden välinen ajanjakso on sopinut yhteen maastoaineiston kanssa.

Näin on vältetty se epävarmuus ja virhemahdollisuus, mikä voisi aiheutua, jos aineistosta johdettuja yhtälöitä sovellettaisiin sen käsittämän vaihtelualueen ulkopuolella.

Vaikein käsittelyasteeseen liittyvä ongelma on ollut kulloinkin kysymykseen tuleva poistuman rakenne, jolla tässä tarkoitetaan jakaantumista läpimittaluokkiin. Ilman Mäkisen (1965) julkaisemia tietoja poistopuuston keskiläpimitan suhteesta ennen eriasteisia alaharvennuksia laskettuun puuston keskiläpimittaan Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston kestokoealoilla olisi tehtävä ollut vielä koettuakin vaikeampi. Parasta tukea poistopuuston rakenteen määrittämiseen on saatu kuitenkin Pettersonin (1955) tätä ongelmaa syvällisesti selvittelevästä taulukkojulkaisusta. Merkittävää apua ovat tuoneet myös mitatuilla tilapäiskoealoilla suoritetut kantotutkimukset, joista on voitu johtaa edellisessä kasvatushakkuussa poistetun puuston koostumus.

Käytettävissä olevien tietojen avulla on voitu tyydyttävästi ratkaista poistopuuston läpimittaluokittainen jakautuma. Yksityiskohtainen käsitys poistopuustosta saadaan tältä osin oheisista runkolukusarjoista. Sitä vastoin ei ole ollut mahdollista soveltaa teoreettisessa metsikkömallissa biologista puunluokitusta esim. siten, että poistopuuston jakautuminen latvuskerroksiin olisi pyritty saamaan tietynlaiseksi. Puiden erilaistuminen biologisiin latvuskerroksiin on tunnus, jota ei esitettyjen yhtälöiden avulla voida seurata. Tästä syystä on kaikki tietyn läpimittaluokan puut oletettu tasapitkiksi ja asemaltaan samankaltaisiksi. Yhtälöiden avulla on kyetty siis seuraamaan tietynkokoisten puiden keskimääräistä käyttäytymistä maastoaineiston suuntaviivojen mukaisena.

Koska kysymyksessä on ollut suurimittainen tietokonein tapahtuva laskentatehtävä, on ollut pakko varsin pitkälle standardisoida metsikkömalleissa suoritettuja teoreettisia kasvatushakkuita. Tämä tarkoittaa lähinnä sitä, että tietyn käsittelyasteen mukaista poistuman rakennetta on sovellettu samankaltaisena kaikissa kasvupaikkaluokissa niin, että ne ovat sattuneet puuston vastaaviin kehitysvaiheisiin. Tämä on aiheuttanut runkoluvun kehityksessä eri kasvupaikkaluokissa samankaltaisuutta, jota tässä määrin olisi tuskin muuten esiintynyt.

34. Yhtälöt

Kasvu- ja tuotostaulukoiden laadinnassa käytetyt yhtälöt on pääosaltaan julkaistu varhemmassa menetelmätutkimuksessa (Vuokila 1965 a). Taulukoiden ymmärtämisen helpottamiseksi ne esitetään tässä julkaisussa uudelleen. Lisäksi on mukana puutavaralaskelmissa käytettyjä kuutioimisyhtälöitä, joita ei ole varhemmin julkaistu.

341. Yhtälöissä käytetyt merkinnät

Puumerkinnät:

p_d = puun kuorettoman rinnankorkeusläpimitan keskimääräinen vuotuinen kasvusadannes korkoakorolleperiaatteella kahden perättäisen harvennuksen välisenä aikana.

p_h = puun pituuden keskimääräinen vuotuinen kasvusadannes korkoakorolleperiaatteella kahden perättäisen harvennuksen välisenä aikana.

p_v = puun kuorettoman kuutiomäärän keskimääräinen vuotuinen kasvusadannes korkoakorolleperiaatteella kahden perättäisen harvennuksen välisenä aikana.

d = puun rinnankorkeusläpimitta, cm.

h = puun pituus, m.

t = puun ikä, v.

$t_{1.3}$ = rinnankorkeuden saavuttamiseen kulunut aika, v.

c = harvennusväli: kahden perättäisen harvennuksen välinen aika, v.

v = puun kuutiomäärä, ilman asianomaista alaviittaa esiintyessään tarkoittaen koko rungosta saatavaa kuutiomäärää.

m = tukin minimilatvaläpimitta kuoren alta vaihdellen 4″—7″.

Puun ympäristömerkinnät:

s = puun keskimääräinen etäisyys viidestä lähimmästä naapuripuusta, m.

Metsikkömerkinnät:

P_G = metsikön kuorettoman pohjapinta-alan (m^2/ha) keskimääräinen vuotuinen kasvusadannes korkoakorolleperiaatteella kahden perättäisen harvennuksen välisenä aikana.

P_{Hdom} = metsikön valtapituuden keskimääräinen vuotuinen kasvusadannes korkoakorolleperiaatteella kahden perättäisen harvennuksen välisenä aikana.

P_V = Metsikön kuorettoman kuutiomäärän (k-m^3/ha) keskimääräinen vuotuinen kasvusadannes korkoakorolleperiaatteella kahden perättäisen harvennuksen välisenä aikana.

T = metsikön ikä, v.

D = metsikön puiden keskipohjapinta-alaa vastaava keskiläpimitta, cm.

H_{dom} = metsikön valtapituus (hehtaaria kohden 100 paksuimman puun keskipituus), m.

G = metsikön pohjapinta-ala, m^2/ha.

V = metsikön kuutiomäärä, k-m^3/ha.

R_G = harvennuksen osuus metsikön pohjapinta-alasta ennen harvennusta, %.

Ilmastolliset merkinnät:

L = kasvukauden pituus: toukokuussa esiintyvien +6°C lämpimämpien päivien lukumäärä, kpl.

Alamerkinnät:

u = kuoren alta, kuoretta.
b = kuoren päältä, kuorineen.
i = ennustejakson alussa, ts. välittömästi harvennushakkuun jälkeen.
k = kiintomittaa, puukohtaisena k-dm³, metsikkökohtaisena k-m³/ha.
j = tukkipuustoon kuuluva, kuutiomäärä teknillisiä kuutiojalkoja, j³, jolloin kuutioimisen perusteena on tukin latvasta kuoren alta mitattu läpimitta.
p = paperipuuna mitattu kuutiomäärä joko koko rungosta tai tukkipuun latvaosasta, p-dm³ puolipuhtaana, minimilatvaläpimitan ollessa 8 cm kuoren alta.
o = ohutpuuna mitattu kuutiomäärä joko koko rungosta tai puun latvaosasta, p-dm³ kuorineen, minimilatvaläpimitan ollessa 5 cm kuoren alta.
r = rungon tyviosasta saatava kuutiomäärä.
y = tukkirungon latvaosasta kertyvä kuutiomäärä.

342. Puiden kasvuyhtälöt

$$p_d = \frac{383.0093}{T_i \cdot H_{domi}} + \frac{15.2639\sqrt{s_i}}{d_{ui} \cdot D_{ui}} + \frac{2.5429\sqrt{s_i}}{d_{ui}} + \frac{0.1227\ R_G}{c} + 19.0714\sqrt{L} - 2.0250\ L - 44.9094$$

$$p_h = \frac{3.7287}{D_{ui}} + \frac{10.4635\ d_{ui}}{h_i^2} - \frac{9.3203}{h_i} + \frac{48.0173}{t_i} + \frac{585.8407}{t_i^2} + \frac{2.7522\ t_{1.3}}{t_i} - 0.5614$$

$$p_v = 1.3695\ p_d + \frac{170.3758}{t_i} + \frac{5.0517\ t_{1.3}}{t_i} - \frac{5.7101\ h_i}{d_{ui}^2} - \frac{9.5959\ d_{ui}}{h_i^2} + \frac{17.7147\sqrt{s_i}}{h_{domi}} - 2.7475$$

343. Puiden kuutioimisyhtälöt

Kiintomittayksikköinä koko rungosta:

$$v_{bk} = 0.05782\ d_b^2 \cdot h + 0.11632\ d_b \cdot h - 0.01092\ d_b^3 - 0.01317\ d_b \cdot h^2$$

$$v_{uk} = 0.06275\ d_u^2 \cdot h + 0.11601\ d_u \cdot h - 0.01273\ d_u^3 - 0.01241\ d_u \cdot h^2$$

Puutavaralajeina rungon tyviosasta:

$$v_{rj} = 2.807 - 0.889\ m + 0.0012027\ d_u^2 \cdot h$$

$$v_{rp} = 0.0504054\ d_u^2 \cdot h + 0.31084\ d_u \cdot h - 44.508$$

$$v_{ro} = 26.806 - 4.6495\ d_u - 2.4450\ h + 0.12247\ d_u^2 \cdot h$$

Tukkipuiden latvaosista saatava pinotavara:

$$v_{yp} = 5.91322\ d_u - 2.27444\ h + \frac{5769.91}{d_u} - \frac{25978.2}{d_u \cdot h} - 251.551$$

$$v_{yo} = \text{vakio} = 17\ \text{p-dm}^3 = 0.017\ \text{p-m}^3$$

Tyviosaltaan paperipuun mitat täyttävän rungon latvaosista tuleva ohutpuumäärä on vakio, 20 p-dm^3 = 0.02 p-m^3.

344. Metsiköiden kasvuyhtälöt

Puukohtaisten kehityslaskelmien kontrollitarkoituksessa sovelletut metsikköyhtälöt ovat seuraavat.

$$\log P_G = 2.4549 - 0.6461 \log (T_i \cdot H_{domi}) - 0.3464 \log G_{ui} + 0.1175 \log \frac{R_G}{c} + 0.1990 \log D_{ui}$$

$$P_{Hdom} = \frac{16.2403}{\sqrt{H_{domi}}} + \frac{53.6247}{T_i} + \frac{0.3953\ H_{domi}}{G_{ui}} + 0.0624\ G_{ui} - 4.9478$$

$$\log P_V = 3.0162 - 0.5426 \log (T_i \cdot H_{domi}) + 0.1040 \log \frac{R_G}{c} - 0.2421 \log V_{kui} - 0.2424 \frac{\log (T_i \cdot H_{domi})}{\log V_{kui}}$$

35. Lähtöpuusto

Lähtöpuustolla tarkoitetaan sitä puustoa, joka on paikalla käsittelyn jälkeen laskelmien aloitushetkellä valtapituuden ollessa 5 m.

Tiedot taimistojen kehityksestä ovat maassamme puutteelliset. Menetelmätutkimuksen yhteydessä suoritetut omat taimistotutkimukset osoittautuivat niin ikään riittämättömiksi lähtöpuuston konstruointiin. Nämä mittaukset olivat kuitenkin hyödyllisiä siinä mielessä, että niiden avulla kyettiin kontrolloimaan ulkomaisista lähteistä saatujen tietojen sovellutuskelpoisuus Suomen olosuhteissa.

Luotettavien kotimaisten tietojen puuttuessa on lähtöpuusto jouduttu koostamaan ruotsalaisten tutkimusten nojalla. Kasvu- ja tuotostaulukoiden

laadinnalle on ollut korvaamattoman arvokasta, että on ollut käytettävissä niin monipuolista ja samalla Suomen oloihin hyvin soveltuvia tutkimustuloksia taimistojen puuston kehityksestä ja rakenteesta kuin mitä Pettersonin (1955) ja Anderssonin (1963) julkaisut esittävät.

Lähtöpuuston eräät piirteet on kuitenkin jouduttu ratkaisemaan subjektiivisesti. Tämä koskee etenkin lähtöpuuston runkolukua eri käsittelyasteissa.

351. Lähtöpuuston eräät perustunnusmerkit

Lähtöpuusto on ollut täsmälleen sama kaikille kasvupaikkaluokille. Käytettävissä oleva tietous ei ole ollut riittävä niiden pikku erojen huomioon ottamiseen, mitä mahdollisesti on olemassa erilaisilla kasvupaikoilla kehittyneiden taimistojen välillä 5 m:n valtapituuden saavuttamishetkellä.

Käsittelyn erilaistuminen on oletettu tapahtuvaksi laskelmien aloitushetkellä, ts. ensimmäisen laskentajakson alussa. Tämä merkitsee sitä, että nyt ei ole kysymys johdonmukaisesti taimikon ensivaiheista alkaen sovelletuista asteista, vaan että puuston käsittelyssä tapahtuu vaihtelevan suuruinen muutos sillä hetkellä, jolloin kehityslaskelmat aloitetaan.

Lähtöpuuston runkoluku hehtaaria kohden on eri käsittelyasteissa ollut seuraava:

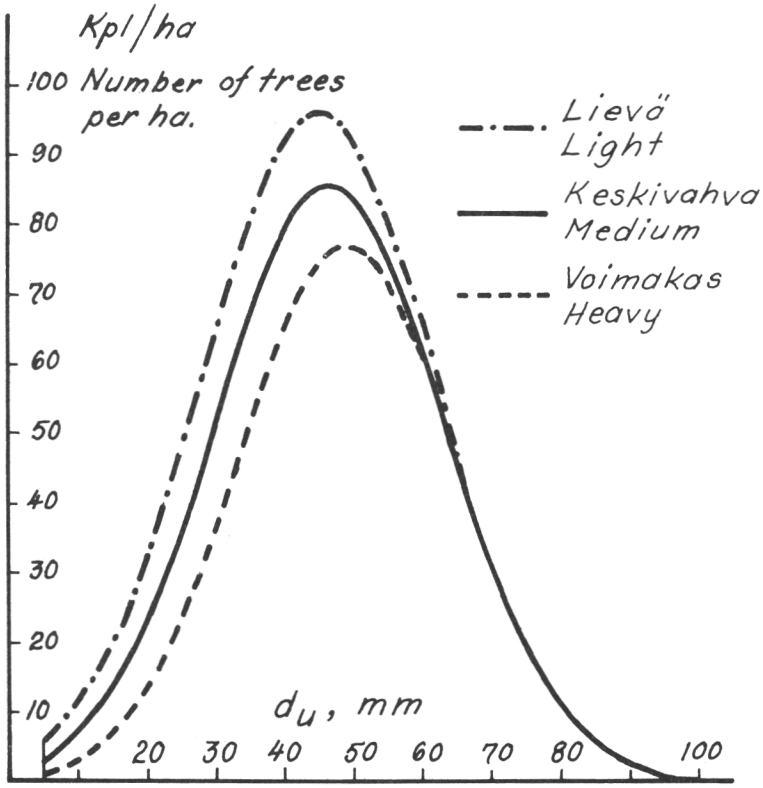
lievä	4 000
keskivahva	3 500
voimakas	3 000

Lähtöpuusto merkitsee siis kaikissa käsittelyasteissa verraten tiheää asentoa, joka on käytännössä mahdollista tavallisesti vain luontaisesti syntyneissä metsiköissä, joista nyt onkin kysymys. Näin tiheän lähtöpuuston omaksumiseen on osaltaan vaikuttanut neuvottelu eräiden metsänhoidon asiantuntijoiden kanssa.

Harkintaan on ratkaisevasti vaikuttanut myös se tärkeä näkökohta, että tiettyjä ennusteyhtälöitä ei voida luotettavasti soveltaa niiden taustana olevan maastoaineiston määrittämien rajojen ulkopuolella. Mitatut koealat eivät ole sisältäneet sellaisia tapauksia, joissa luontaisesti syntyneen taimiston äärimmäisen voimakas käsittely olisi suoritettu varhaisessa vaiheessa.

Kaiken kaikkiaan ei lähtöpuuston kokonaisrunkoluku ole kuitenkaan erityisen tärkeä lopullisten tulosten kannalta. Mikäli olisi käytetty esitettyjä määriä pienempiä runkolukuja, ero olisi näkynyt joka tapauksessa etupäässä kaikkein ohuimmissa läpimittaluokissa, joiden puusto poistetaan hakkuissa suhteellisen pian. Lähtöpuuston kokonaisrunkoluvun melkoinenkaan vaihtelu ei tästä syystä näy puuston kokonaiskehitystä hehtaaria kohden koskevissa laskelmissa niin paljon kuin ehkä odottaisi.

Lähtöpuustolle on ollut ominaista ehdoton puuston asennon ja rakenteen tasaisuus. Lähtöpuuston ei ole kuitenkaan oletettu olevan ehdottoman



Kuva 4. Lähtöpuuston runkolukusarja 1 mm:n läpimittaluokin eri käsittelyasteissa.
Fig. 4. Stem distribution series by 1-mm. dbh.classes of the initial growing stock for different degrees of treatment.

tasaikäistä, sillä maastoaineistoon nojautuen on eri kasvupaikkaluokissa sovellettu seuraavan asetelman osoittamaa eri-ikäisyyslaajuutta, missä suurimmat luvut tarkoittavat runkolukusarjan kookkaimpia ja pienimmät ohuimpia yksilöitä 5 m:n valtapituuden saavuttamishetkellä:

Kasvupaikkaluokka *Site class*	Puuston ikävaihtelu, kun H_{dom} = 5 m, v *Variation in age at* H_{dom} = *5 m., years*
I	12—14
II	13—16
III	15—20
IV	21—28
V	29—38

Rinnankorkeuden saavuttaminen on lähtöpuustossa tapahtunut seuraavan asetelman osoittamina ikävuosina, joista pienimmät tarkoittavat nyt kookkaimpia yksilöitä ja suurimmat pienimpiä puita:

Kasvupaikkaluokka *Site class*	Rinnankorkeuden saavuttamiseen kulunut aika, v *Number of years required to reach breast height*
I	7—11
II	8—12
III	9—14
IV	13—20
V	17—28

352. Runkolukusarja

Lähtöpuuston tärkein ja samalla vaikeimmin määritettävissä oleva ominaisuus on sen jakautuminen rinnankorkeudelta mitattuihin läpimittaluokkiin, nyt kysymyksessä olevassa tapauksessa kuorettomin mitoin ja soveltaen 1 mm:n tasaavaa luokitusta.

Tältä osin on nojauduttu P e t t e r s o n i n (1955) tutkimustuloksiin. Niiden mukaan taimiston runkolukusarja on typistetyn normaalijakautuman muotoinen siihen tapaan kuin kuva 4 osoittaa. Kuvassa näkyvät erot käsittelyasteiden välillä ovat osoituksena ensimmäisestä käsittelyasteiden erilaistumiseen tähtäävästä toimenpiteestä, jonka on oletettu tapahtuvan välittömästi ennen lähtöpuuston muodostumista.

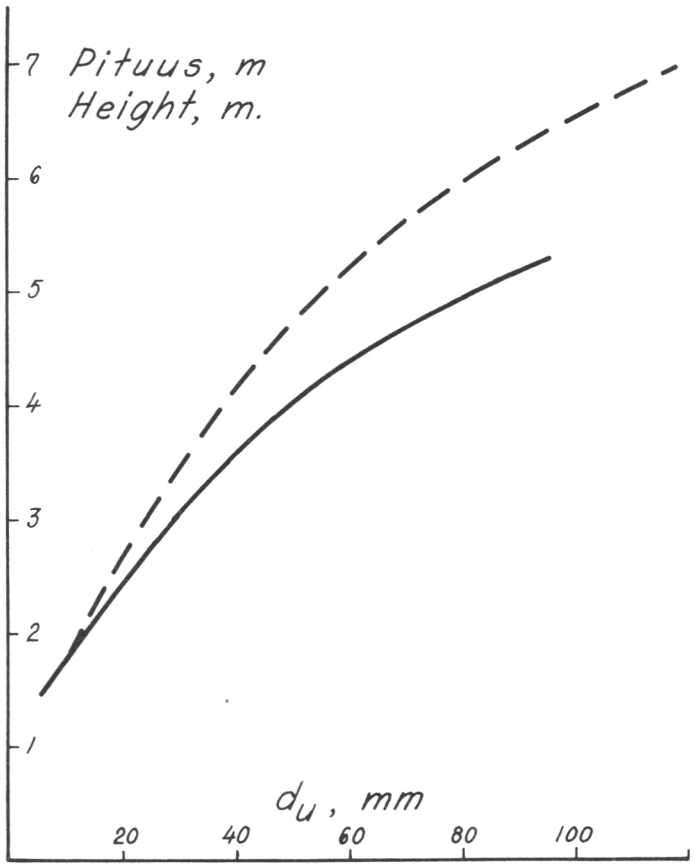
Runkolukusarjan ylärajan ja kuoren paksuuden osalta on käytetty Pohjois- ja Etelä-Ruotsin keskiarvoja, koska niiden on katsottu parhaiten vastaavan tämän tutkimuksen maantieteellistä sovellutusaluetta.

Seuraava asetelma osoittaa lähtöpuuston jakaantumisen 2 cm:n läpimittaluokkiin eri käsittelyasteissa:

d_u	Käsittelyaste — *Degree of treatment*		
	Lievä *Light*	Keskivahva *Medium*	Voimakas *Heavy*
	Puita, kpl/ha — *Number of trees per ha.*		
1	236	153	79
3	1 259	994	734
5	1 742	1 597	1 438
7	690	683	676
9	73	73	73

353. Pituuskäyrä

Lähtöpuuston pituuskäyrän konstruoinnissa on käytetty hyväksi ruotsalaisia kokemuksia (P e t t e r s o n 1955). Kun ruotsalainen valtapituuden käsite on suomalaisesta poikkeava, on yhtälön sovellutuksessa kuitenkin



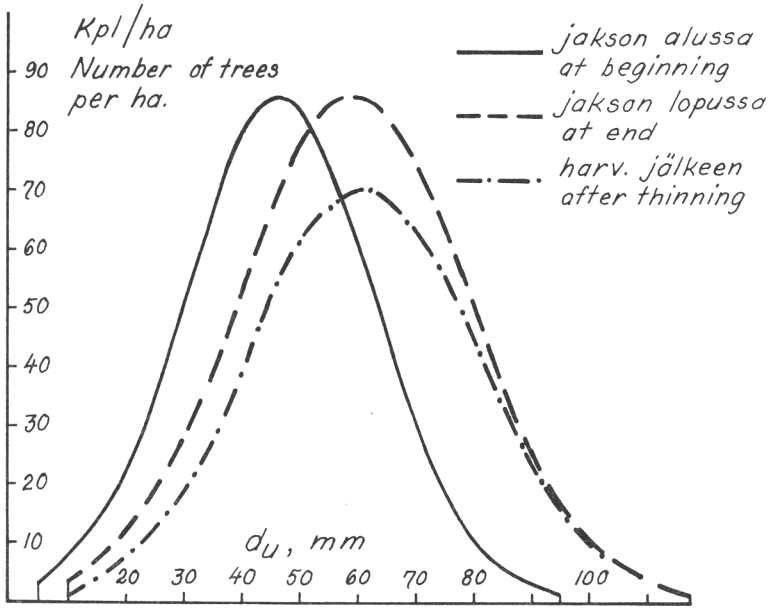
Kuva 5. Lähtöpuuston pituuskäyrä ja sen kehitys ensimmäisen laskentajakson aikana kasvupaikkaluokan III keskivahvassa käsittelyasteessa.

Fig. 5. Height curve of initial growing stock and its development according to medium degree of treatment during the first period of calculation in site class III.

tarvittu tietynlaista kokeilua ennen kuin on päädytty sellaiseen pituuskäyrään, joka on antanut 100 paksuimman puun keskiarvona 5 m:n valtapituuden.

Kuvassa 5 on esitetty lähtöpuuston pituuskäyrä sellaisena kuin sitä on sovellettu kaikkien kasvupaikkaluokkien ja käsittelyasteiden lähtöpuustolle.

Kuvaan on lisäksi merkitty esimerkin luonteisena pituuskäyrä III kasvupaikkaluokan keskivahvassa käsittelyasteessa ensimmäisen laskentajakson päätyttyä, ts. sen jälkeen kun on suoritettu kehityslaskelma 1 mm:n läpimittaluokkiin ryhmitetylle lähtöpuustolle pituuden kasvuyhtälön avulla. Kuva osoittaa, että pituuden kasvuyhtälö toteuttaa tässä kuten yleisestikin



Kuva 6. Esimerkki runkolukusarjan kehityksestä laskentajakson aikana ja harvennuksen vaikutuksesta sen muotoon. (Kasvupaikkaluokka III, ensimmäinen laskentajakso keskivahvassa käsittelyasteessa, ensimmäinen harvennus.)
Fig. 6. An example of the development of stem distribution series during a period of calculation, and the effect of treatment on its form. (Site class III, medium treatment, first calculation period, first thinning.)

kasvu- ja tuotostaulukoiden taustana olevissa laskelmissa sen tunnetun periaatteen, että tietyn läpimitan omaavat puut tulevat iän lisääntyessä yhä pitemmiksi.

Lähtöpuuston pituuskäyrästä voidaan ääriarvoina todeta, että lyhimmät puut ovat sen mukaan 1.4 m:n ja pisimmät puut 5.3 m:n pituisia.

354. Laskennan eteneminen

Edellä on eri yhteyksissä tehty selkoa kehityslaskelman menetelmästä. Niinpä juuri edellä on kuvan 5 avulla osoitettu pituuskäyrän kehittymisen periaatteet puiden pituuskasvuyhtälöä (p_h) sovellettaessa. Täydentävästi on todettava, ettei metsikkömallissa suoritettu kasvatushakkuu ole muuttanut pituuskäyrää millään tavalla, vaan laskelmissa on oletettu poistopuiden olevan pituussuhteiltaan kunkin läpimittaluokan keskimääräisiä. Tämä ei ehkä täysin pidä paikkaansa, vaan pituuskäyrä saattaa käytännössä alapäästään kohota hakkuun jälkeen, koska alaharvennuksissa voi esiintyä taipumusta kohdistaa hakkuut läpimittaluokan keskimääräistä lyhempiin puuyksilöihin. Koska ei ole ollut täsmällistä tietoa tämän mahdollisen

suuntauksen asteesta, on ollut pakko soveltaa yllä mainittua pituuskäyrän muuttumattomuuden periaatetta.

Kuva 6 esittää esimerkin muodossa runkolukusarjan kehityksen ensimmäisen laskentajakson aikana III kasvupaikkaluokan keskivahvassa käsittelyasteessa.

Puiden läpimittojen kehitys on laskettu läpimitan kasvuyhtälön (p_d) avulla olettaen, että alunperin 1 mm:n luokkiin ryhmitellyt puut kasvavat luokan puitteissa samalla nopeudella. Kasvua luokasta pois tai luokkaan ei siis tapahdu koko kiertoajan kuluessa. Teoreettisesti olisi tosin ollut mahdollista ottaa kasvunopeuden hajonta jollakin tavalla huomioon, mutta se olisi monimutkaistanut laskelmia liiallisesti.

Kuvasta 6 näkyy myös ensimmäisen laskentajakson lopulla suoritetun teoreettisen hakkuun vaikutus runkolukusarjan muotoon. Hakkuun jälkeen jääneeseen runkolukusarjaan on sovellettu jälleen läpimitan kasvuyhtälöä seuraavan ennustejakson ajan, jonka päätyttyä on jälleen suoritettu hakkuu. Näin on kehityslaskelma edennyt kiertoajan loppua kohden. Iän lisääntyessä alunperin 1 mm:n välein sijaitsevat läpimittaluokat ovat etääntyneet toisistaan ja runkolukusarjan eri osissa luokkien välit ovat muodostuneet jossain määrin vaihteleviksi.

Kiintokuutiomäärän kehityksen ennustamiseen on käytetty samanaikaisesti pituus- ja läpimittakasvun yhtälöiden kanssa kuutiokasvun yhtälöä (p_v). Nämä yhtälöt ovat kiinteässä riippuvuussuhteessa toisiinsa.

Kussakin vaiheessa tapahtunut puutavaramäärien laskenta ei ole ollut kasvuyhtälöihin vaan kuutioimisyhtälöihin perustuva. Runkolukusarjan ja siihen liittyvän pituusinformaation avulla on suoritettu puutavaralajimäärien laskenta sekä ennen harvennusta että sen jälkeen olevalle puustolle ja erikseen poistopuustolle.

4. KASVU- JA TUOTOSTAULUKOIDEN RAKENNE

Liitteenä olevat kasvu- ja tuotostaulukot sisältävät kolmentyyppisiä taulukoita.

P ä ä t a u l u k o t käsittävät kasvu- ja tuotostutkimusten perustavan ja keskeisen osan. Ne kuvaavat metsikkötunnusten kehitystä metrijärjestelmän ja kuutiomäärän osalta ns. kiintomittasysteemin mukaisena poikkeuksetta kuorettomin mitoin. Nämä taulukot muodostavat pohjan myös toisille liitteenä oleville taulukoille.

P u u t a v a r a t a u l u k o t ilmaisevat puuston tunnusten kehityksen kaupallisina kuutioyksikköinä, teknillisinä kuutiojalkoina ja pinokuutiometreinä. Taulukot perustuvat tukkipuun osalta 5″:n, paperipuun osalta 8 cm:n ja ohutpuun osalta 5 cm:n kuorettomaan minimilatvaläpimittaan. Kuutiomäärä on ilmaistu käytännössä sovellettuun tapaan tukkipuun osalta kuorettomana. Pienin tyvitukki on kuutioimisyhtälöitä laadittaessa ollut 18′ × 5″. Tietokoneohjelma, jossa tukkipuurunkojen alaraja on annettu pituuden ja läpimitan summana, on kuitenkin tuloksia tarkasteltaessa osoittautunut sellaiseksi, että se on jättänyt kaikkein pienimmät tukkipuut pois. Todellinen tukkipuurungon minimivaatimus on tästä syystä noussut hieman yli 5″:n, ehkä n. 5¼″:aan. Tämä on vaikuttanut jossain määrin tukkirunkojen lukumäärää ja kuutiomäärää pienentävästi sekä keskikuutiota suurentavasti etenkin siinä vaiheessa, jolloin tukkipuustoa alkaa metsikössä syntyä. Muissa kehitysvaiheissa tämän minimivaatimuksen muutoksen vaikutus on merkityksetön. Myöskin kokonaistuotoksen osalta vaikutus on olematon.

R u n k o l u k u s a r j a t voivat olla tarpeellisia eräissä liiketaloudellisissa laskelmissa, mistä syystä ne on liitetty mukaan. Runkoluvut on esitetty 2 cm:n tasaavissa luokissa, jolloin läpimitalla tarkoitetaan rinnankorkeusläpimittaa kuoren alta, ts. rungon läpimittaa 1.3 m:n korkeudella ylimmästä katkaisua haittaavasta juurenhaaran niskasta I l v e s s a l o n (1948) kuutioimistaulukoiden mukaisena.

Kutakin taulukkotyyppiä on 20 kpl, yksi jokaista käsittelyastetta kohden kussakin kasvupaikkaluokassa. Kasvu- ja tuotostaulukot käsittävät siten kaikkiaan 60 taulukkoa.

Taulukoiden otsikoinnin yksinkertaistamiseksi on käytetty symboleja, joiden sisältö on esitetty kunkin taulukkotyypin ensimmäisen taulukon edellä.

5. KASVU- JA TUOTOSTAULUKOIDEN LUOTETTAVUUS

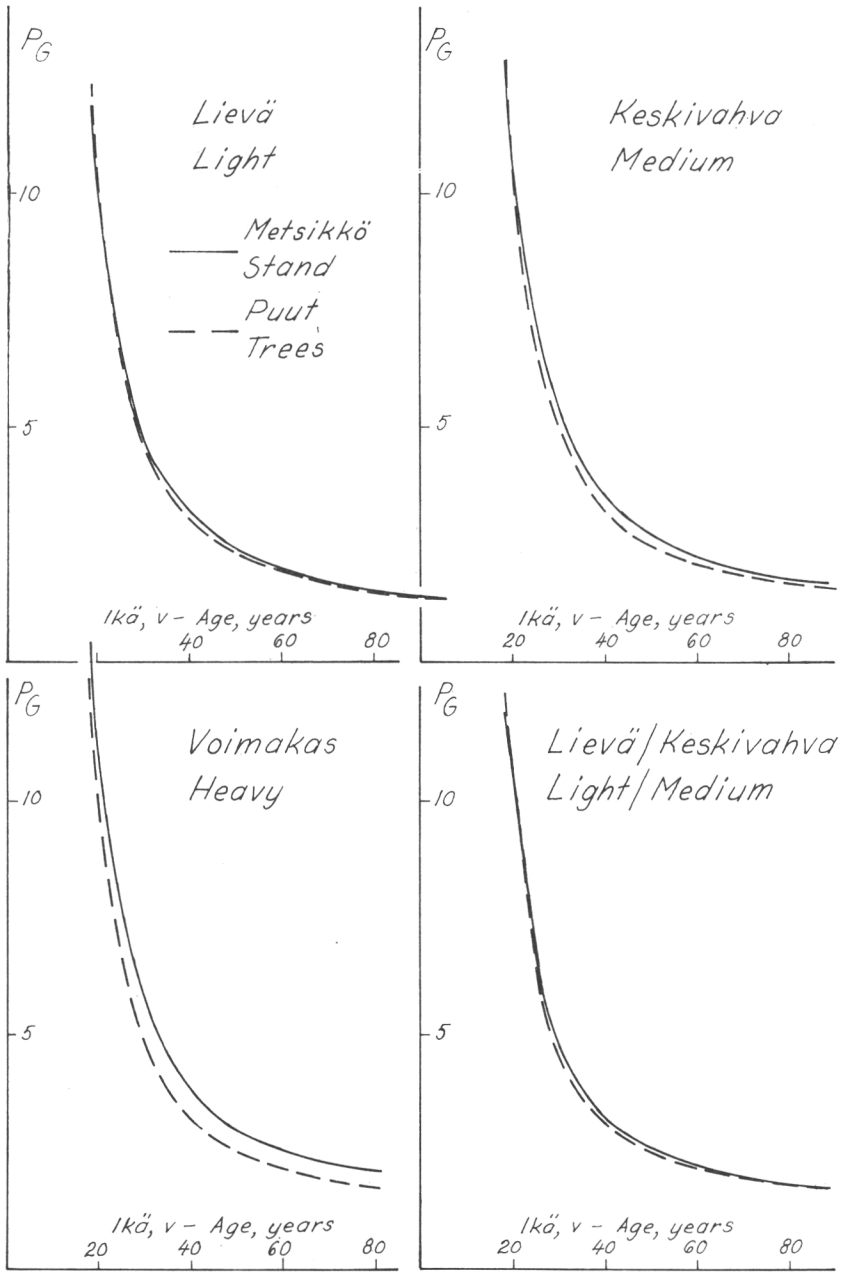
Laskelmissa käytettyjen puu- ja metsikköyhtälöiden eri muuttujien merkitystä ja yhtälöiden systemaattisen virheen mahdollisuutta on varhemmin yksityiskohdin selvitelty menetelmätutkimuksen yhteydessä (V u o k i l a 1965 a), joten tähän puoleen laskelmien luotettavuudesta ei ole syytä palata.

Koska kaikkien kontrollilaskelmien esittäminen olisi varsin mittava julkaisuteknillinen asia, on taulukoiden luotettavuustarkastelu rajoitettu seuraavassa koskemaan vain kasvupaikkaluokkaa III, joka luokista keskimäisenä antanee keskimääräiskuvan kaikista kasvupaikkaluokista. Muut kasvupaikkaluokat ovat tarkastelussa osoittaneet samaa trendiä kuin kasvupaikkaluokka III, joskin aste-eroa on ollut havaittavissa.

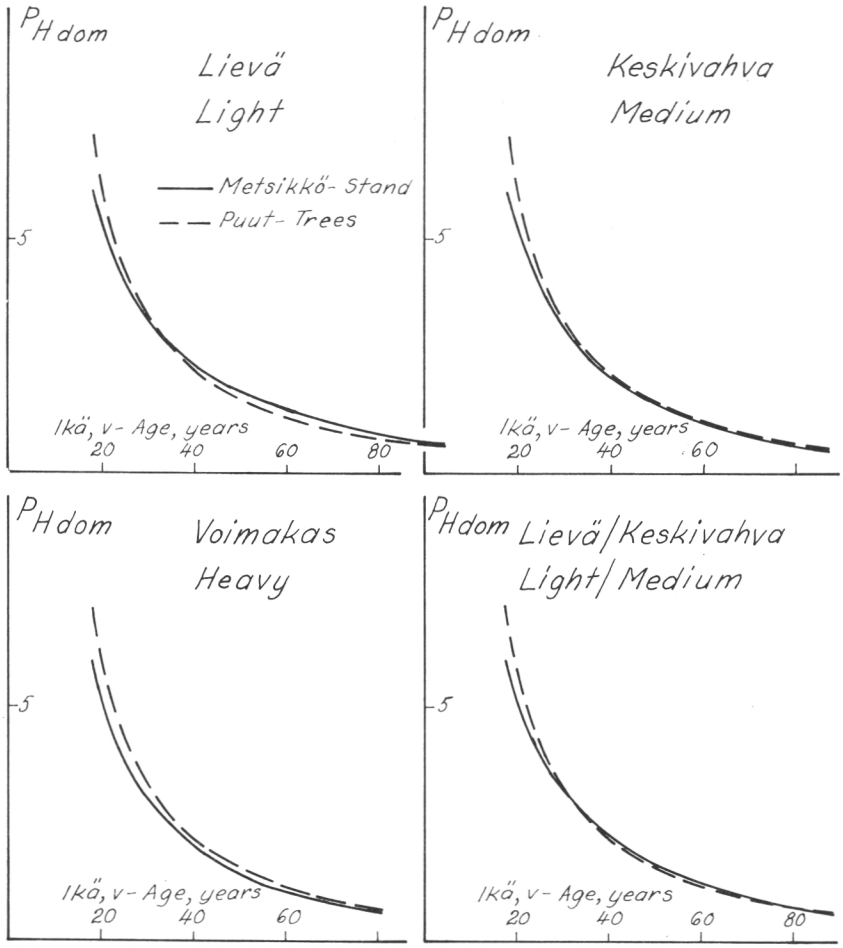
Kuten edellä on jo tuotu esille, taulukoiden luotettavuutta on pyritty kontrolloimaan maastoaineistosta johdettujen metsikköyhtälöiden avulla. Nämä metsikköyhtälöt antavat maastossa mitattuun metsikköaineistoon nojautuen todellisten metsiköiden mittaustunnusten kasvuprosentit. Mikäli puukohtaisin kehityslaskelmin saadut metsikkötunnusten kasvuprosentit ovat pitäneet yhtä metsikköyhtälöillä saatujen lukujen kanssa, tämän on katsottu osoittavan, että teoreettisesti koostettu malli on kyennyt luotettavasti kuvastamaan todellisia maastossa esiintyviä metsikkötapauksia.

Kontrolliyhtälöinä käytetyt metsikköfunktiot antavat metsikön p o h j a p i n t a-a l a n (kuva 7), v a l t a p i t u u d e n (kuva 8) ja k u u t i o m ä ä r ä n (kuva 9) kasvuprosentit korkoakorolleperiaatteella. Luotettavuustarkastelu on kohdistunut näin ollen vain päätaulukkoihin ja runkolukusarjoihin, kun taas puutavarataulukoiden osalta loppukuutiointi puutavarayhtälöin on jäänyt tarkastelun ulkopuolelle. Todettakoon kuitenkin tässä yhteydessä, että puutavarayhtälöissä ei ole havaittu luotettavuustarkastelun yhteydessä systemaattista virhettä.

Kuviin 7—9 on piirretty kasvuprosenttien kehitys toisaalta puu- ja toisaalta metsikköennusteiden perusteella. P o h j a p i n t a-a l a n osalta voidaan todeta, että kahdessa käsittelyasteessa (lievä ja lievä/keskivahva) yhtäpitävyys puu- ja metsikkölaskelmien välillä on erittäin hyvä, joten tältä osin ei liene epäilystä puukohtaisten laskelmien luotettavuudesta, mikäli arvosteluperusteeksi otetaan vertailu metsikköyhtälöiden antamiin tulok-



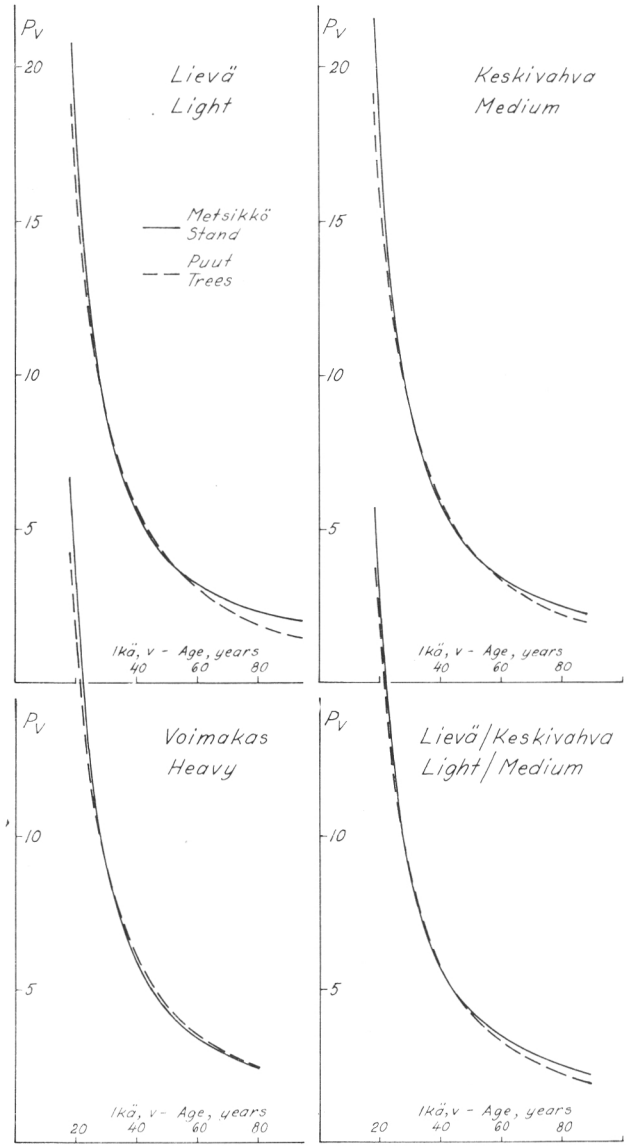
Kuva 7. Puu- ja metsikkölaskelmien vertailu pohjapinta-alan kasvun osalta kasvupaikkaluokassa III.
Fig. 7. Comparison of tree and stand calculations in respect of basal area increment in site class III.



Kuva 8. Puu- ja metsikkölaskelmien vertailu valtapituuden lisääntymisen osalta kasvupaikkaluokassa III.
Fig. 8. Comparison of tree and stand calculations in respect of increase in dominant height in site class III.

siin. Sitä vastoin keskivahvassa käsittelyasteessa on havaittavissa eroa niin, että puukohtaisin laskelmin saatu pohjapinta-alan kasvuprosentti on jossain määrin alhaisempi kuin metsikkölaskelmin todettu. Voimakkaassa käsittelyasteessa ero on verraten suuri.

Kun tämä vertailu ei ole aiheuttanut kuitenkaan puukohtaisten laskelmien korjaamista metsikköyhtälöiden säätelemälle tasolle, ovat siihen vaikuttaneet seuraavat näkökohdat. Ensiksikin molemmat prosenttikäyrät ovat samanmuotoisia, mikä merkitsee sitä, ettei puuyhtälöiden antamien tulosten luonne muutu puuston varttuessa. Toisaalta on voitu maasto-



Kuva 9. Puu- ja metsikkölaskelmien vertailu kuutiokasvun osalta kasvupaikkaluokassa III.
Fig. 9. Comparison of tree and stand calculations in respect of volume increment in site class III.

aineistoa tarkasteltaessa todeta, että meikäläisissä hoidetuissakin metsiköissä esiintyy rungoittaista eri-ikäisyyttä ja pienpuuainesta, mitkä ovat omiaan vaikuttamaan kohottavasti metsikköyhtälön antamaan pohjapinta-alan kasvuprosenttiin. Samaan suuntaan vaikuttaa talousmetsissä yleinen

aukkoisuus, jota on esiintynyt myös tämän tutkimuksen taustana olevassa metsikköaineistossa.

Ero puu- ja metsikkölaskelmien välillä voi siis johtua pääosaltaan puuston rakenne-eroista toisaalta etenkin voimakkaimmin käsitellyn metsikkömallin ja toisaalta maastoaineiston välillä. Onhan voimakkain käsittelyaste tarkoitettu äärimmäistapaukseksi, joka hipoo maastoaineiston sovellutusrajoja ja joka on tästä syystä vaikeimmin kontrolloitavissa metsikköyhtälöiden avulla.

Yhtäpitävyys toisaalta puukohtaisin laskelmin saadun puuston v a l t a p i t u u d e n ja sitä vastaavan metsikkölaskelman tuloksen välillä on kuvan 8 mukaan varsin kiinteä, eikä olennaista virhetekijää tämän mukaisesti ole puukohtaisissa laskelmissa olemassa. Tästä huolimatta on todettava, että puuston varttuneella iällä on saatu vähäisiä eroja valtapituuden kehityksessä eri käsittelyasteiden välillä. Koska näitä eroja ei ole voitu pitää merkitsevinä, on kaikkien käsittelyasteiden taulukkoihin merkitty valtapituuden kohdalle keskivahvan käsittelyasteen mukaiset arvot. Tähän on antanut aihetta epäilys, että havaitut erot ovat olleet pikemminkin laskentateknillisiä kuin todellisia.

Varhemman menetelmätutkimuksen yhteydessä todettiin, että puun k u u t i o k a s v u n yhtälöön sisältyy systemaattisen virheen mahdollisuus. Silloisen tarkastelun valossa tämä mahdollisuus näytti ilmenevän kuitenkin vasta 100 vuoden ikäisissä ja sitä vanhemmissa puustoissa. Myöhemmin suoritetut vertailevat puu- ja metsikkölaskelmat antoivat kuitenkin aihetta epäillä, että systemaattinen aliarviointi alkaisi kyseisellä puuyhtälöllä etenkin lievästi käsitellyissä metsiköissä aikaisemmin. Entistä yksityiskohtaisempi maastoaineiston analysointi osoitti tämän sittemmin todeksi. Systemaattista aliarviointia alkoi ilmetä puun kuutiokasvuyhtälön avulla suoritetuissa laskelmissa siinä vaiheessa, jolloin yhtälön antama prosentti oli 2.5 tai pienempi. Tästä syystä kuvassa 9 esitetyt puukohtaisten laskelmien prosenttikäyrät eivät osoita todella sovellettuja prosentteja puuston myöhäisiällä, sillä aineistosta johdettu korjaustekijä on nostanut laskelmissa todella käytetyn prosentin tässäkin vaiheessa metsikköyhtälöiden osoittamalle tasolle.

Metsikköyhtälöin suoritettu luotettavuuden tarkastelu ei ole, kuten edellä olevasta käy ilmi, täysin aukoton. Kuitenkin on todettava, että metsikköyhtälöin suoritetut laskelmat ovat tarjonneet suurta tukea puukohtaisille laskelmille ja paljastaneet systemaattisten virheiden lähteitä, jotka on sittemmin voitu poistaa. Tällainen kontrolli on — edelleen kehitettynä — epäilemättä välttämätön tulevissakin vastaavissa tehtävissä.

Suoritetut laskelmat ovat antaneet arvokkaita viitteitä myös siihen suuntaan, millä tavalla nyt sovellettua menetelmää olisi kehitettävä eteenpäin yhä suurempaa luotettavuutta ja monipuolisuutta kohden.

6. TULOSTEN TARKASTELUA

Kasvu- ja tuotostaulukoiden tarkastelu antaa aihetta päätelmiin, jotka ovat sekä teoreettiselta että käytännölliseltä kannalta kiintoisia. Seuraavassa otetaan eräitä näistä esille havainnollistavin piirroksin sekä eri kasvupaikkaluokkia ja käsittelyasteita vertailevin asetelmin.

Kaikille käsittelyasteille on yksinkertaisuuden vuoksi käytetty samoja kiertoaikoja, mikä seikka suosinee lieviä käsittelyjä voimakkaampiin verrattuina. Sovelletut kiertoajat, jotka poikkeuksellisesti käsittävät nyt vain kasvatusvaiheen, ovat seuraavat:

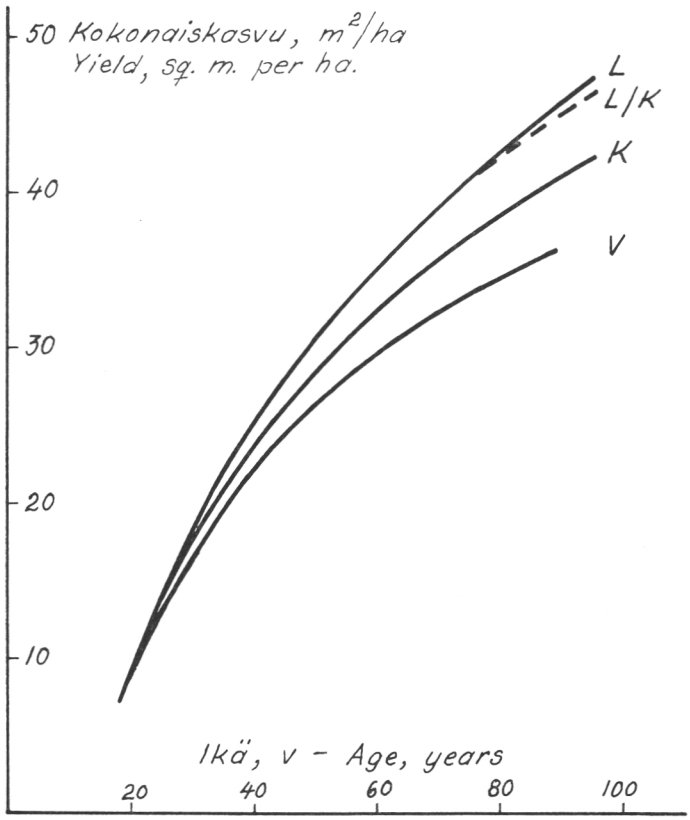
Kasvupaikkaluokka *Site class*	Kiertoaika, v *Rotation, years*
I	75
II	85
III	95
IV	105
V	115

Kun laskentajaksot eivät aina ole päättyneet mainittuina ikävuosina, on tarvittaessa sovellettu interpolointia. Eräissä tapauksissa on jouduttu käyttämään myös vähäistä ekstrapolointia.

61. Pohjapinta-ala

Pohjapinta-alan kokonaiskasvulla, jota kasvupaikkaluokka III:n osalta on havainnollistettu kuvalla 10, tarkoitetaan tiettyyn iänkohtaan mennessä tuotettua pohjapinta-alan määrää rinnankorkeudella hehtaaria kohden kuoren alta mitattuna.

Kuvasta nähdään, että kasvatushakkuiden voimakkuuden lisääntyessä pohjapinta-alan kokonaiskasvu vähenee ja että ero kasvaa voimakkaasti iän lisääntyessä. Kasvatushakkuin aiheutetaan siis pohjapinta-alan kokonaiskasvun osalta selvää tappiota. On kuitenkin merkille pantavaa, että siirtyminen tietyssä vaiheessa lievistä käsittelyistä keskivahvoihin vaikuttaa taulukoiden mukaan varsin vähän pohjapinta-alan kokonaiskasvuun.



Kuva 10. Puuston pohjapinta-alan kokonaiskasvun kehitys III kasvupaikkaluokan eri käsittelyasteissa.
Fig. 10. Development of yield in basal area per ha. in different treatment classes, site class III.

Seuraava asetelma antaa käsityksen pohjapinta-alan kasvutappion suhteellisesta suuruudesta edellä mainittujen kiertoaikojen kuluessa, kun lievän käsittelyasteen tuottama kokonaispohjapinta-ala otetaan vertailukohteeksi.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Pohjapinta-alan kasvutappio lievään käsittelyyn verrattuna, % — *Loss in basal area increment compared with light treatment, %*				
Keskivahva — *Medium*	8	9	11	10	11
Voimakas — *Heavy*	15	19	21	18	19
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	1	2	3	3	3

Esitetyn asetelman arvostelun helpottamiseksi esitetään seuraavassa asetelmassa, kuinka monta prosenttia pohjapinta-alan kokonaiskasvusta on poistettu kasvatushakkuissa eri käsittelyasteissa ko. kiertoaikojen kuluessa.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Poistettu kasvatushakkuissa pohjapinta-alasta, % — *Removed in intermediate cuttings, % of basal area*				
Lievä — *Light*	53	56	55	59	55
Keskivahva — *Medium*	62	65	64	64	64
Vahva — *Heavy*	70	68	67	67	68
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	64	69	67	66	66

Vertailu Ilvessalon (1920) kasvu- ja tuotostaulukkoihin on omiaan osoittamaan, että julkaistavien taulukoiden lievä käsittelyaste edustaa pohjapinta-alan kokonaiskasvun osalta täysin tai ainakin likimain maksimaalia tasoa siitä huolimatta, että sitäkin sovellettaessa poistetaan kasvatushakkuissa enemmän kuin puolet kiertoajan kuluessa kasvatetusta pohjapinta-alasta. Tämä edellyttää kasvatushakkuissa jäljelle jäävien puiden voimakasta reaktiota rinnankorkeudella kasvutilan avartumisen seurauksena. Tätä taustaa vasten ovat ensimmäisessä asetelmassa esiintyvät kasvutappioprosentit sittenkin ehkä alhaisia, sillä keskivahvassa ja voimakkaassa käsittelyasteessa poistetaan kasvatusvaiheessa n. 2/3 pohjapinta-alan kokonaiskasvusta.

Erittäin mielenkiintoinen on havainto, että metsikössä, jota aluksi käsitellään lievästi mutta jossa kiertoajan keskivaiheilla siirrytään keskivahvan käsittelyn soveltamiseen, saavutetaan lähes sama pohjapinta-alan kokonaiskasvu kuin lievässä asteessa. Tämä on sitäkin merkittävämpää, kun todetaan, että tässä yhdistelmäkäsittelyssä poistetaan loppujen lopuksi suhteellisesti ottaen sama osuus kokonaiskasvusta kasvatushakkuissa kuin kaikkein voimakkaimmassa asteessa.

Tavallaan yllättävä on eri käsittelyasteiden suhteiden osalta seuraava asetelma, jossa on esitetty kasvatushakkuissa poistetut pohjapinta-alamäärät.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Kasvatushakkuissa poistettu kaikkiaan, m^2/ha *Removed in intermediate cuttings, sq.m. per ha.*				
Lievä — *Light*	23.7	26.2	26.2	24.6	20.4
Keskivahva — *Medium*	25.5	27.5	27.2	24.2	21.6
Voimakas — *Heavy*	26.9	25.5	24.9	23.0	20.4
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	28.5	31.2	31.2	26.9	24.0

Käsittelyasteessa lievä/keskivahva on kaikilla kasvupaikoilla poistettu kasvatushakkuissa enimmän pohjapinta-alaa, kun taas muiden käsittelyasteiden väliset erot ovat vähäiset. Päinvastoin kuin ehkä odottaisi, tiheänä alkuvaiheensa kehittynyt mutta sitten keskivahvoiksi voimistunein ja verraten usein toistuvin kasvatushakkuin käsitelty metsikkö antaa jo kasvatusvaiheessa enemmän kuin voimakkain hakkuin koko ikänsä käsitelty met-

sikkö pohjapinta-alan perusteella arvostellen, ja päätehakkuussa on jäljellä merkittävästi enemmän puuta edellisessä kuin jälkimmäisessä.

Keskimääräinen vuotuinen pohjapinta-alan kasvu kiertoajan kuluessa käy ilmi seuraavasta asetelmasta.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Keskim. vuotuinen pohjapinta-alan kasvu, m²/ha *Mean annual basal area increment, sq.m. per ha.*				
Lievä — *Light*	0.597	0.546	0.500	0.398	0.325
Keskivahva — *Medium*	0.548	0.494	0.445	0.360	0.293
Voimakas — *Heavy*	0.505	0.440	0.394	0.326	0.263
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	0.593	0.534	0.487	0.387	0.314

Jos asetelmasta otetaan keskivahvan käsittelyasteen keskikasvuluvut, saadaan eri kasvupaikkaluokkien suhteellisiksi kasvuindekseiksi pohjapinta-alan osalta seuraavat arvot.

Kasvupaikkaluokka — *Site class*	I	II	III	IV	V
Pohjapinta-alan kasvuindeksi — *Basal area increment index*	100	90	81	67	53

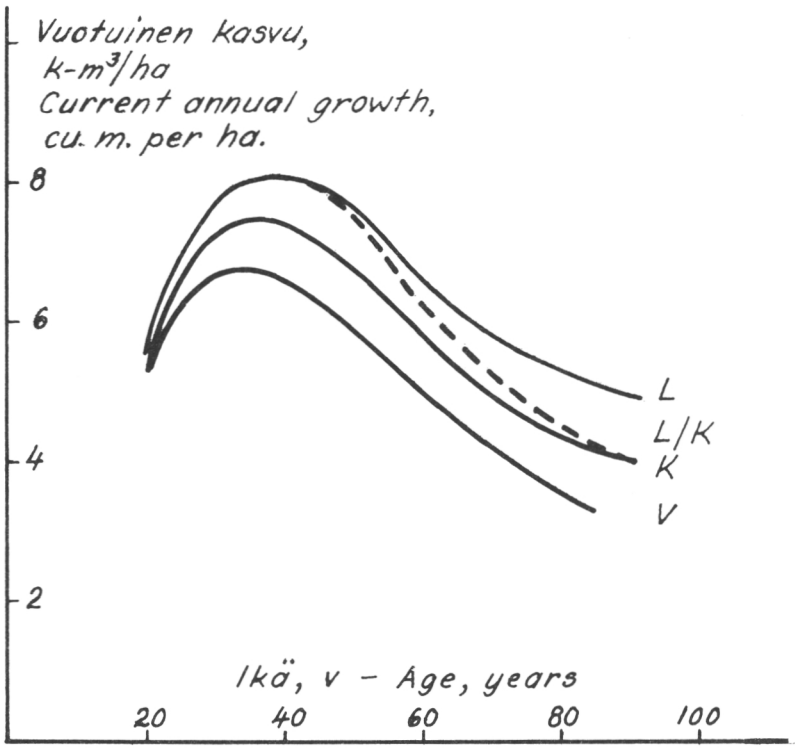
Voidaan todeta, että metsätyyppiluokituksen mukainen kasvupaikkojen jako on varsin tiheä yläosaltaan, sillä kolme luokkaa, käenkaali—mustikkatyypistä puolukkatyyppiin (luokat I—III), peittävät varsin suppean alueen kasvupaikkavaihtelusta. Lisäboniteetin mukaan ottaminen esitettäviin kasvu- ja tuotostaulukkoihin on perustunut juuri tähän havaintoon.

62. Kiintokuutiomäärä

Käsittelyn vaikutus puuston kiintokuutiometreinä ilmaistuun vuotuiseen kasvuun hehtaaria kohden III kasvupaikkaluokassa käy ilmi kuvasta 11. Muiden kasvupaikkaluokkien osalta on vertailun tulos samanlainen.

Kuvasta todetaan se jo varhemmin esitetty ilmiö (vrt. Vuokila 1962 b, 1965 b), että puuston vuotuinen kuutiokasvu on sitä pienempi, mitä voimakkaampia kasvatushakkuita sovelletaan. Kasvatushakkuista on siis seurauksena hehtaaria kohden ilmaistun kuutiokasvun menetystä. Kuvasta nähdään edelleen, että yhdistelmäkäsittely, jossa siirrytään lievän alkukäsittelyn jälkeen keskivahvoihin kasvatushakkuisiin, johtaa pohjapinta-alan pienennyttyä lopulta kuutiokasvun alenemiseen keskivahvan käsittelyasteen tasolle.

Seurauksena vuotuisista kasvutappioista on kiertoajan kokonaiskasvun aleneminen maksimiarvoista. Tätä havainnollistaa kuva 12, joka perustuu III kasvupaikkaluokan kokonaiskasvulukuihin. Seuraava asetelma puolestaan osoittaa, kuinka suurista prosentuaalisista kasvutappioista on kysymys, kun

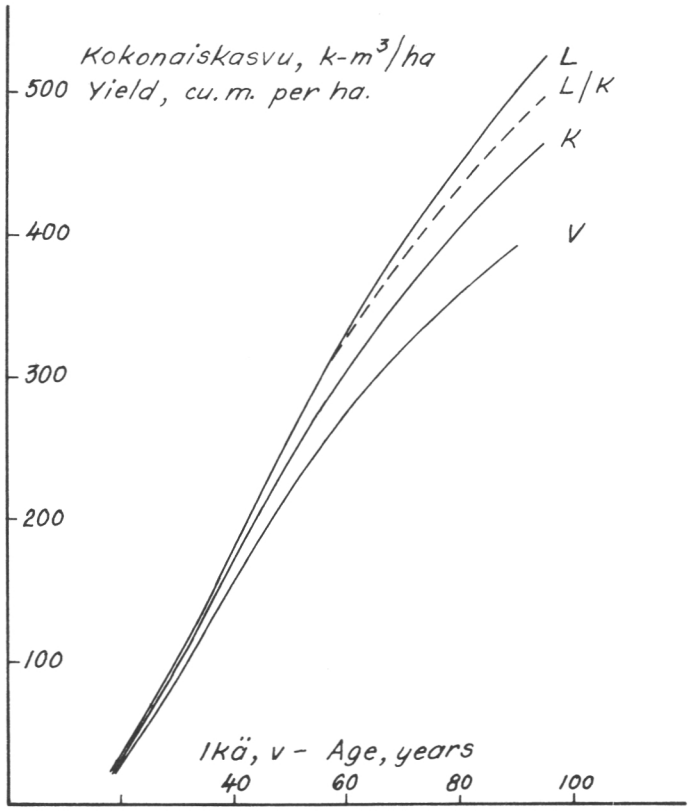


Kuva 11. Vuotuisen kuutiokasvun kehitys III kasvupaikkaluokan eri käsittelyasteissa.
Fig. 11. Development of current annual volume increment in different treatment classes, site class III.

voimakkaampia käsittelymenetelmiä verrataan lievään käsittelyyn edellä (s. 35) esitettyjen kiertoaikojen kuluessa. Lievää käsittelyastetta voidaan hyvällä syyllä pitää sellaisena, joka antaa maksimaalin elävän puuston kokonaiskasvun.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Kuutiokasvutappio lievään käsittelyyn verrattuna, % — *Loss in volume increment compared with light treatment, %*				
Keskivahva — *Medium*	8	10	11	10	11
Voimakas — *Heavy*	15	19	23	18	19
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	3	5	6	6	6

Asetelman luvut ovat keskivahvan ja voimakkaan käsittelyn osalta miltei täsmälleen samat kuin ne edellä esitetyt prosentit (s. 36), jotka havainnollistavat pohjapinta-alan kasvutappiota. Yhdistelmäkäsittelyn (lievä/keskivahva) kuutiokasvutappiota osoittavat prosentit ovat kuitenkin pohja-



Kuva 12. Puuston kokonaiskuutiokasvun kehitys III kasvupaikkaluokan eri käsittelyasteissa.
Fig. 12. Development of yield in cubic volume per ha. in different treatment classes, site class III.

pinta-alan prosentteihin verrattuina kaksinkertaiset. Kaiken kaikkiaan kuutiokasvunkin osalta viimeksi mainitun käsittelymenetelmän aiheuttama tappio on kuitenkin varsin vähäinen, 3—6 %.

Verrattuna pohjapinta-alan poistumalukuihin on käsittely kuutioluvuin arvosteltaessa selvästi »lievempi» kaikissa käsittelyasteissa, kuten seuraava asetelma osoittaa.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Poistettu kasvatushakkuissa kuutiomäärästä, % *Removed in intermediate cuttings, % of volume*				
Lievä — *Light*	43	47	45	49	43
Keskivahva — *Medium*	52	56	54	53	53
Voimakas — *Heavy*	61	57	55	56	55
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	56	61	59	57	57

Kokonaiskuutiopoistuman prosenttiosuuksien pienuus pohjapinta-alan poistuman vastaaviin lukuihin verrattuna toisaalta ja kasvutappioprosenttien samankaltaisuus toisaalta tukevat sitä kirjoittajan varhemmin esittämää päätelmää (V u o k i l a 1960 b, 1965 c), että kasvatushakkuut johtavat runkomuodon huononemiseen. Puun kohdalla tämä merkitsee, että kasvun reaktio on voimakkaampaa rungon tyviosissa kuin ylemmillä korkeuksilla.

Merkille pantavaa on asetelmassa myös se, että lievää käsittelyä lukuun ottamatta muissa menetelmissä poistetaan suuri piirtein sama prosenttinen osuus kuutiomäärästä kasvatusvaiheessa. Tämä vertailu on sitä paitsi voimakkainta käsittelyä suosiva, koska sitä sovellettaessa päädytään loppuvaiheessa välittömästi uudistamiseen johtavaan harvahkoon asentoon. Käsittelyn voimakkuus ei siis merkitse kiertoajan mittaisena aikana sitä, että poistettaisiin suhteellisesti enemmän kuutiomäärää kasvatusvaiheessa lievempiin käsittelyihin verrattuna. Kun hakkuut ovat voimakkaampia, ne voivat vastaavasti toistua sitä harvemmin, minkä lisäksi vähäinen pääoma ja kasvutappio aiheuttavat hakkuumäärän vähentymistä.

Seuraava asetelma, jossa on esitetty kasvatushakkuissa poistetut kuutiomäärät, tuo esille saman piirteen toisesta näkökulmasta, absoluuttisina arvoina.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Poistettu kasvatushakkuissa kaikkiaan, k-m³/ha *Removed in intermediate cuttings, cu.m. per ha.*				
Light — *Lievä*	229	255	239	198	140
Keskivahva — *Medium*	258	272	253	193	152
Voimakas — *Heavy*	277	250	224	183	143
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	289	313	291	215	171

Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta on asetelmassa yleisenä piirteenä että voimakkaassa käsittelyasteessa poistetaan kasvatushakkuissa vähimmän kuutiomäärää. Useammin toistuvat lievät tai keskivahvat kasvatushakkuut johtavat siis pitkän ajan kuluessa suurempaan kokonaispoistumaan. Enimmän voidaan kasvatusvaiheessa poistaa, jos aluksi sovelletaan lievää käsittelyä ja siirrytään kiertoajan puolivälissä keskivahvoihin käsittelyihin. Todettakoon vielä, että esitettyihin kokonaispoistuman arvoihin eivät sisälly taimiston varhaiset käsittelyt, jotka ovat kaikissa käsittelyasteissa samat. Ne olisi voitu lisätä kokonaispoistuman määriin arviolukuina, mutta niiden merkityksettömyyden vuoksi ei tätä arviota ole suoritettu.

Taimiston varhaisissa hoitotoimenpiteissä poistetut puumäärät ovat poissa myös seuraavan asetelman luvuista, jotka tuovat ilmi kiertoajan keskimääräisen vuotuisen kasvun sekä s. 35 ilmoitettujen kiertoaikojen että ns. suurimman keskimääräisen kasvun kiertoajan kuluessa sekä kolmantena lukusarjana viimeksi mainitun kiertoajan pituuden eri kasvupaikkaluokkien vaihtelevissa käsittelyasteissa.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Keskim. vuotuinen kuutiokasvu s. 35 annettujen kiertoaikojen kuluessa, k-m³/ha — *Mean annual volume increment during rotations specified on p. 35, cu.m. per ha.*				
Lievä — *Light*	7.14	6.37	5.53	3.83	2.80
Keskivahva — *Medium*	6.60	5.73	4.92	3.44	2.50
Voimakas — *Heavy*	6.07	5.15	4.29	3.12	2.26
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	6.93	6.07	5.21	3.60	2.63
	Keskim. vuotuinen kuutiokasvu suurimman keskimääräisen kasvun kiertoajan kuluessa, k-m³/ha — *Mean annual volume increment during rotations of maximum volume increment, cu.m. per ha.*				
Lievä — *Light*	7.37	6.57	5.62	3.83	2.85
Keskivahva — *Medium*	6.95	6.06	5.13	3.46	2.55
Voimakas — *Heavy*	6.50	5.56	4.60	3.20	2.27
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	7.32	6.48	5.51	3.65	2.65
	Suurimman keskimääräisen kasvun kiertoaika, v *Rotation of maximum volume increment, years*				
Lievä — *Light*	57	62	73	108	115 +
Keskivahva — *Medium*	54	59	67	91	115 +
Voimakas — *Heavy*	51	56	65	84	115 +
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	54	59	67	89	115 +

Suurimman keskimääräisen kasvun kiertoaika on parhailla kasvupaikoilla lyhyt ja sitä lyhempi, mitä voimakkaammin puustoa käsitellään. Näin lyhyen kiertoajan soveltaminen on nykyoloissa tuskin liiketaloudelliselta kannalta suositeltava. Sitä vastoin karuimmilla kasvupaikoilla nykyisin sovelletut kiertoajat ovat lähellä suurimman kasvun saavuttamiseksi tarvittavaa kiertoaikaa. Kasvupaikkaluokassa V on suurimman keskimääräisen kasvun kiertoaika niin pitkä, että se on jäänyt laskelmien käsittämän ikäjakson ulkopuolelle.

Toisaalta asetelma osoittaa, että kiertoajan jatkaminen ei loppujen lopuksi vaikuta paljon kiertoajan keskikasvuun. Jos esim. kasvupaikkaluokassa I lievässä käsittelyssä kiertoaikaa pidennetään 57 v:sta 75 v:een, pienenee kiertoajan keskimääräinen kuutiokasvu 7.37 k-m³:stä 7.14 k-m³:iin, ts. vain n. 3 %. Tämä merkitsee sitä, ettei kiertoajan pituutta määritettäessä liene syytä ottaa ratkaisevana tekijänä huomioon tuotettua kiintokuutiomäärää, vaan ratkaisu voidaan tehdä muilla perusteilla.

Eri kasvupaikkaluokkien suhteelliset kasvuluvut kiintokuutiomäärin laskettuina keskivahvassa käsittelyasteessa käyvät ilmi seuraavasta asetelmasta.

Kasvupaikkaluokka — *Site class*	I	II	III	IV	V
Kuutiokasvuindeksi — *Volume increment index*	100	87	75	52	38

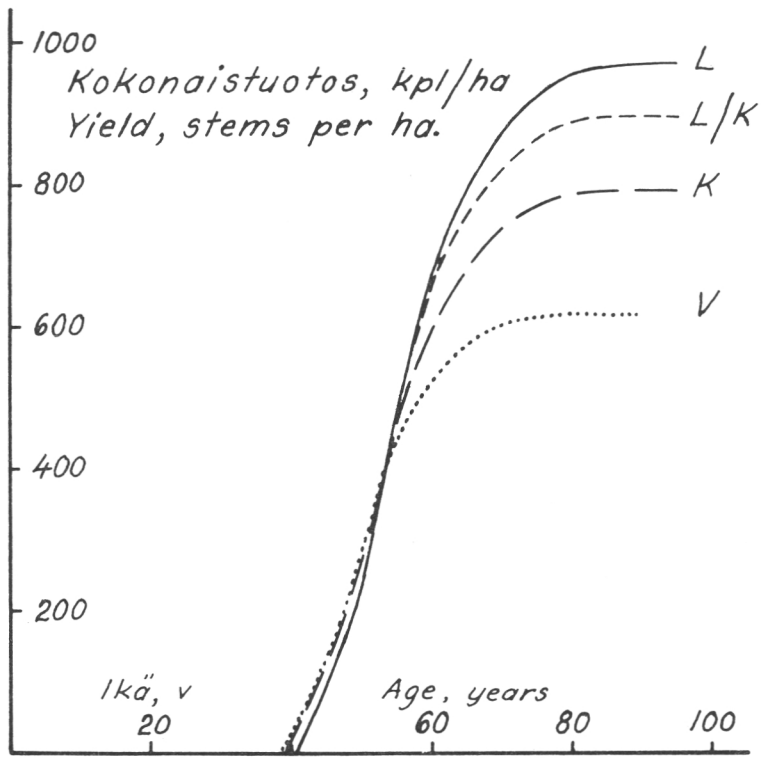
Eri kasvupaikkaluokkien välinen porrastus laajenee, kun kasvukykyä tarkastellaan pohjapinta-alan asemesta kuutiomitoin. Luokituksessa on havaittavissa myös merkittävää välien tasoittumista.

63. Puutavaralajit

631. Tukkipuu

Tuotettujen tukkipuurunkojen lukumäärä s. 35 esitettyjen kiertoaikojen kuluessa eri käsittelyastein hakatuissa metsiköissä käy ilmi seuraavasta asetelmasta (vrt. myös kuva 13).

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Tuotettujen tukkipuurunkojen lukumäärä, kpl/ha *Number of saw-timber trees produced per ha.*				
Lievä — *Light*	991	985	974	826	706
Keskivahva — *Medium*	842	822	796	657	544
Voimakas — *Heavy*	707	654	618	524	411
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	968	928	897	702	565
	Tappio lievään käsittelyyn verrattuna, % *Loss in comparison with light treatment, %*				
Keskivahva — *Medium*	15	17	18	20	23
Voimakas — *Heavy*	29	34	37	37	42
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	2	6	8	15	20



Kuva 13. Tukkipuurunkojen kokonaistuotoksen kehitys III kasvupaikkaluokan eri käsittelyasteissa.
Fig. 13. Yield in the number of saw-timber stems in different treatment classes, site class III.

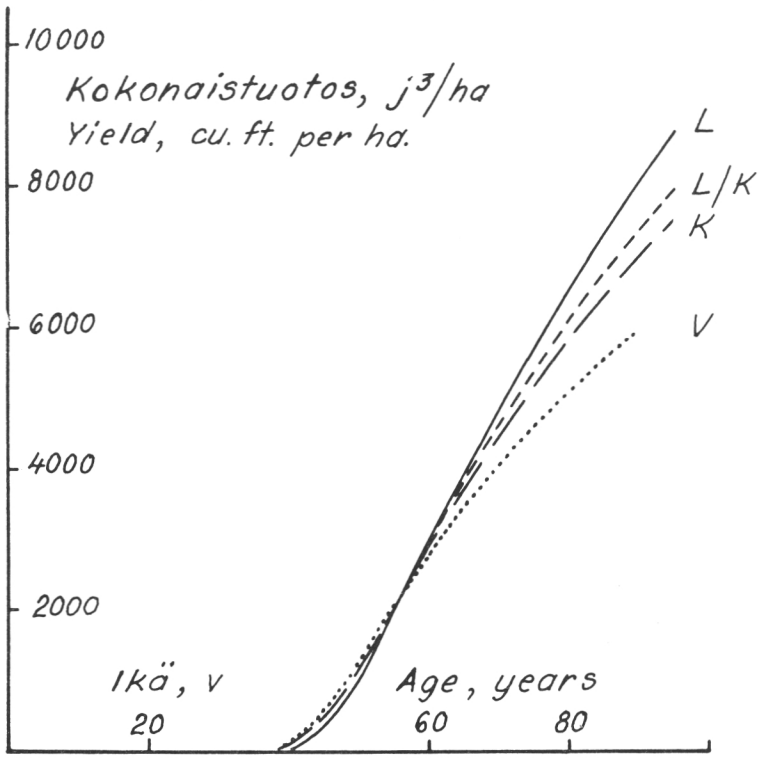
Asetelman tappioprosentit ovat merkittävästi korkeampia kuin mitä varhemmin pohjapinta-alan ja kiintokuutiomäärän kohdalla esitettiin. Etenkin voimakas käsittely aiheuttaa erittäin suuren tappion tuotettujen tukkipuurunkojen lukumäärässä. Tappio lisääntyy 29 %:sta 42 %:iin parhaasta kasvupaikkaluokasta heikoimpaan siirryttäessä. Tämä on oletettavasti seurausta alaharvennusten perusideasta, joka etenkin voimakkaassa muodossa sovellettuna merkitsee »tukkipuualokkaiden» poistamista suurin määrin ennen niiden varttumista tukkipuukokoon. Nuorissa metsiköissä suoritetut alaharvennuksen luonteiset paperipuuhakkuut kohdistuvat voimakkaina juuri siihen osaan puustoa, josta voi nousta uutta ainesta tukkipuun kokoluokkaan. Ennen pitkää näin ehtyy se »varasto», josta myöhemmissä voimakkaissa hakkuissa poistettujen tukkipuiden tilalle voisi nousta uusia tukkipuuyksilöitä.

Tätä päätelmää tukee asetelmassa lievän ja keskivahvan käsittelyn yhdistelmäasteen aiheuttaman tappioprosentin taskastelu kasvupaikkaluokittain. Varhemmin on todettu, että mm. tutkimuksellisista syistä on keskivahva käsittely aloitettu kasvupaikkaluokassa I ajankohtana, jolloin metsikössä on jo merkittävä tukkipuuaines, kun taas kasvupaikkaluokassa V puuston käsittely on voimistunut puuston ollessa kokonaisuudessaan selvästi alle tukkipuumittojen. Muissa kasvupaikkaluokissa käsittely on vaihtunut näiden ääritapausten välillä.

Kuten asetelmasta havaitaan, kymmenkertaistuu tappioprosentti siirryttäessä kasvupaikkaluokasta I luokkaan V. Kasvupaikkaluokassa I ei käsittelyn voimistaminen ole ehtinyt vaikuttaa samalla tavoin siirtymään kuin kasvupaikkaluokassa V, missä käsittelyn voimistaminen on merkinnyt lukuisien sellaisten puiden poistamista, jotka olisivat voineet nousta tukkipuiden luokkaan. Ainakin ko. asetelman lukujen tarkastelu tuo painavana näkökohtana esille ns. siirtymäilmiön tärkeyden tukkipuiden kasvattamisessa ja ne merkittävät tappiot, mitkä voivat aiheutua ns. tukkipuualokkaiden ennenaikaisen poistamisen kautta.

Valaistusta eri käsittelyasteita sovellettaessa tuotettujen tukkipuumäärien keskinäisiin suhteisiin tuo myös kuva 14, jossa on esitetty tukkipuun kokonaistuotokset kasvupaikkaluokassa III iän funktiona. Nähdään, että tässä kasvupaikkaluokassa tukkipuun kokonaistuotos on n. 55—60 ikävuoteen asti sitä suurempi mitä voimakkaammasta käsittelystä on kysymys. Tämän iänkohdan jälkeen suhde kuitenkin muuttuu päinvastaiseksi, ja kiertoajan lopussa tuotosluvut poikkeavat merkittävästi toisistaan lievien käsittelyiden eduksi. Muissa kasvupaikkaluokissa ilmiö on samankaltainen.

Mikäli voimakkaista käsittelyistä halutaan täysmääräinen hyöty, olisi siis sovellettava lyhyitä kiertoaikoja. Kiertoajan pitkittäminen merkitsee



Kuva 14. Tukkipuun kokonaiskuutiotuotoksen kehitys III kasvupaikkaluokan eri käsittelyasteissa.
Fig. 14. Yield in saw-timber volume in different treatment classes, site class III.

joka tapauksessa tukkipuun kokonaistuotoksen merkittävää alenemista suhteessa lieviin käsittelyihin.

Kun on kysymys alaharvennuksista, on luonnollista, että voimakkaista kasvatushakkuista aiheutuva, tuotettujen tukkipuurunkojen lukumäärään liittyvä tappio kohdistuu huomattavalta osalta pienikokoisiin runkoihin. Tämän vahvistaa seuraava asetelma, jossa on esitetty s. 35 annettujen kiertoaikojen kuluessa keskimäärin vuotta kohden tuotetut tukkipuumäärät eri käsittelyasteissa ja suoritettu käsittelyasteiden vertailu.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Keskim. vuotuinen tukkipuun tuotos, j³ *Mean annual yield in saw-timber, cu.ft.*				
Lievä — *Light*	112.4	104.7	92.6	61.1	41.8
Keskivahva — *Medium*	102.3	91.8	79.5	52.3	35.3
Voimakas — *Heavy*	93.2	80.4	67.9	46.2	30.7
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	106.9	95.6	83.3	53.3	35.6

	Tappio lievään käsittelyyn verrattuna, % *Loss in comparison with light treatment, %*				
Keskivahva — *Medium*	9	12	14	14	16
Voimakas — *Heavy*	17	23	27	24	27
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	5	9	10	13	15

Nämäkin tappioprosentit ovat selvästi korkeammat kuin esim. kiintokuutiomäärän kohdalla esitetyt. Syynä täytyy olla siirtymäilmiö, jota voimakkaat alaharvennukset eivät voi käyttää täysimääräisesti hyväkseen.

Seuraava asetelma esittää kasvatushakkuissa poistetut kuutiojalkamäärät ja niiden osuudet kokonaistuotoksesta s. 35 mainittujen kiertoaikojen kuluessa.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Poistettu kasvatushakkuissa, j³ *Removed in intermediate cuttings, cu.ft.*				
Lievä — *Light*	1 771	2 340	2 082	1 584	596
Keskivahva — *Medium*	2 461	2 846	2 515	1 503	877
Voimakas — *Heavy*	2 994	2 524	2 084	1 391	778
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	2 856	3 339	2 972	1 648	951
	Poistuma, % tukkipuun kokonaistuotoksesta *Removal, % of yield in saw- timber*				
Lievä — *Light*	21	26	24	25	12
Keskivahva — *Medium*	32	36	33	27	22
Voimakas — *Heavy*	43	37	32	29	22
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	36	41	38	29	23

Asetelma on omiaan horjuttamaan sitä käsitystä, että voimakkaissa kasvatushakkuissa poistettaisiin enemmän tukkipuuta kuin lievemmissä. Tukkipuun kokonaispoistuma on asetelman mukaan voimakkaassa asteessa jopa pienempi kuin keskivahvassa tai lievän ja keskivahvan asteen yhdistelmässä. Voimakkaan käsittelyn eduksi jää kuitenkin se, että arvokkainta puutavaralajia saadaan mahdollisimman varhaisena ajankohtana. Mikä merkitys tällä on rahamääräisissä tuottovertailuissa, jää myöhemmin suoritettavien laskelmien varaan.

Mikäli puuston nuoruusvaiheessa maltetaan lievin toimenpitein odottaa puupääoman kohoamista, voidaan varttuneella iällä siirtyä voimakkaampiin käsittelyihin, jotka kiertoajan mittaisena aikana johtavat korkeisiin kokonaispoistuman arvoihin.

Tukkipuun tuotoksen näkökulmasta olisi varttuneita puustoja pyrittävä kasvattamaan niin, että siirtymäilmiö paperipuun mitat täyttävistä puista tukkipuihin tulisi täysin hyväksikäytetyksi. Hakkuissa ei tulisi ennenaikaisesti poistaa sellaisia puuyksilöitä, jotka voivat varttua tukkipuun kokoon. Tämä näkökohta on tietenkin merkityksellinen vain niissä menekkiolosuhteissa, joissa tukkipuusta saadaan parempi kantohinta kuin paperipuusta. Yleensäkin kasvatushakkuita koskevat päätelmät olisi perustettava entistä enemmän liiketaloudellisiin näkökohtiin. Liiketaloudellisille

laskelmille taas esitettävät taulukot tarjoavat monipuolisen materiaalin.

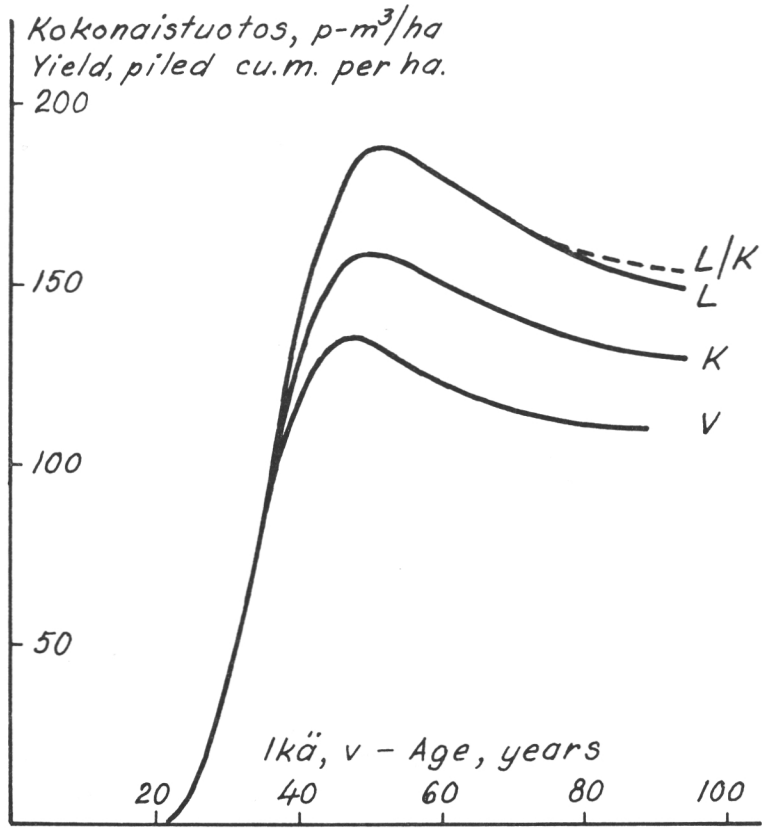
Eri kasvupaikkaluokkien suhteelliset arvot on esitetty tukkipuun kokonaistuotoksen perusteella ja keskivahvan käsittelyn osalta seuraavassa asetelmassa.

Kasvupaikkaluokka — *Site class*	I	II	III	IV	V
Tukkipuun tuotosindeksi *Saw-timber index*	100	90	78	51	35

Asetelman indeksit ovat varsin lähellä niitä lukuja, jotka esitettiin kiintokuutiomäärän perusteella. Jossain määrin on nyt kuitenkin havaittavissa luokkaerojen laajenemista. Karuin kasvupaikkaluokka saavuttaa nyt alhaisimman arvonsa: 35.

632. Paperipuu

Myös paperipuun kokonaistuotoksen osalta on eri käsittelyasteiden välillä havaittavissa selvää eroa, kuten oheinen graafinen esitys, kuva 15,



Kuva 15. Paperipuun kokonaistuotoksen kehitys III kasvupaikkaluokan eri käsittelyasteissa.

Fig. 15. Yield in pulpwood in different treatment classes, site class III.

tuo havainnollisesti esille yhden kasvupaikkaluokan osalta. Prosentuaaliset erot käsittelyasteiden välillä eri kasvupaikkaluokissa käyvät ilmi seuraavasta asetelmasta.

Käsittelyaste *Degree of treatment*	Kasvupaikkaluokka — *Site class* I	II	III	IV	V
	Paperipuun kokonaistuotoksen ero lievään käsittelyyn verrattuna, % — *Difference in pulpwood yield compared with light treatment, %*				
Keskivahva — *Medium*	—11	—13	—13	—10	—12
Voimakas — *Heavy*	—20	—25	—26	—20	—22
Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*	+ 1	+ 3	+ 4	+ 6	+ 4

Voimakas käsittely merkitsee keskivahvaan verrattuna kaksinkertaista tappiota. Sitä vastoin yhdistelmäkäsittely lievä/keskivahva johtaa jossain määrin korkeampaan paperipuun kokonaistuotokseen kuin lievä käsittely. Viimeksi mainittu ilmiö on seurausta siitä, että keskivahvoihin käsittelyihin siirryttäessä lievän alkuvaiheen jälkeen poistetaan verraten runsaasti paperipuita, mitkä lievää käsittelyä jatkettaessa siirtyvät tukkipuun luokkaan.

633. Ohutpuu

Myöskin ohutpuun kokonaistuotoksessa on havaittavissa eroja eri käsittelyasteiden välillä lievien käsittelyiden eduksi. Nämä erot ovat kuitenkin absoluuttisesti niin vähäisiä ja ohutpuun merkitys puutavarain kokonaistuotoksessa yleensäkin niin pieni, ettei taloudellisia päätelmiä tehtäessä tarvitse ajatella ohutpuun osuutta.

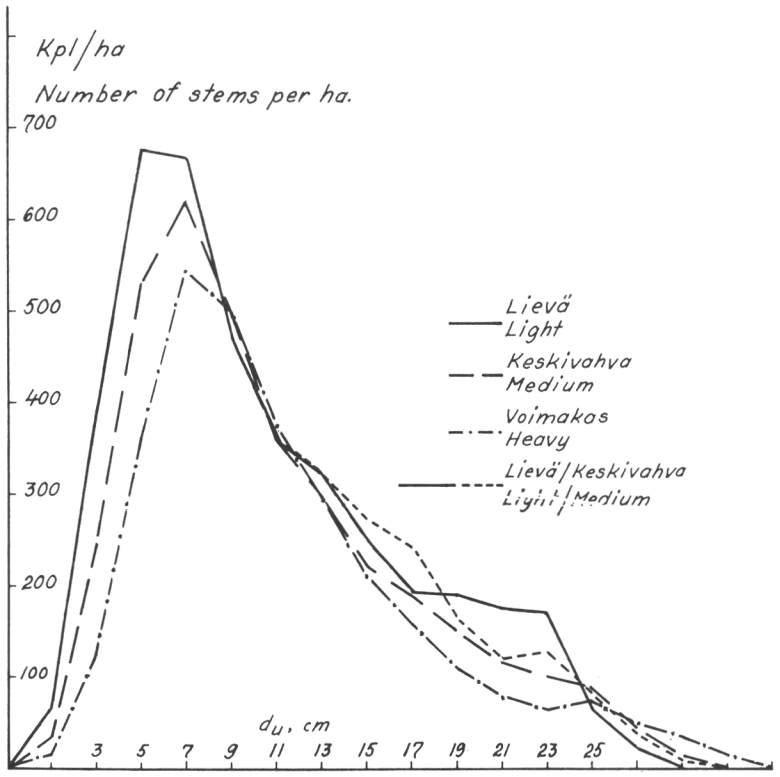
64. Runkolukusarja

Runkolukusarjalla tarkoitetaan puuston jakaantumista rinnankorkeudelta mitattuihin läpimittaluokkiin.

Tätä nykyä on yleinen käsitys, ettei hakkuin voida lisätä kaikkein järeimpien puiden tuottoa kiertoajan kuluessa. Tämän käsityksen selityksenä on se, että erot eri tavoin käsiteltyjen puustojen välillä on tutkimuksissa havaittu niin vähäisiksi, ettei niitä ole voitu pitää merkitsevinä.

Kun nyt on laskelmin seurattu runkolukusarjan kehitystä taimistovaiheesta kiertoajan loppuun saakka, on mahdollista tarkastella yksityiskohtaisesti niitä runkolukusarjoja, jotka ovat seurauksena erilaisista käsittelyistä. Esimerkin luonteisesti on kuvassa 16 esitetty I kasvupaikkaluokan eri käsittelyasteiden mukaiset runkolukusarjat 80 vuoden kiertoajan kuluessa. Muiden kasvupaikkaluokkien osalta on tulos ollut kaikilta olennaisilta kohdiltaan sama.

Kuvasta nähdään, että järeimpien läpimittaluokkien puita on kiertoajan kuluessa tuotettu sitä enemmän mitä voimakkaammasta käsittelystä on ollut



Kuva 16. 80-vuotisen kiertoajan kuluessa tuotettu runkolukusarja I kasvupaikkaluokassa.
Fig. 16. Stem distribution series produced during a 80-year rotation in site class I.

kysymys. Ero ei runkolukuina tarkasteltuna näytä ehkä suurelta etenkään piirroksen mittakaavan vuoksi, mutta tosiasiassa kysymys on merkittävästä erosta käsittelyasteiden välillä. Tulos on seurausta voimakkaiden käsittelyiden puiden kasvua kiihdyttävästä vaikutuksesta, mikä alaharvennuksissa koituu osaksi myös järeimpien puuyksilöiden hyväksi, jotka säilyvät kiertoajan loppuun saakka.

Voimakkaiden kasvatushakkuiden edullinen vaikutus näkyy kuitenkin vain järeimmissä läpimittaluokissa. Näitä jonkin verran ohuemmissa läpimittaluokissa, jotka muodostavat loppujen lopuksi tukkipuuston valtaosan, suhde eri käsittelytapojen välillä on edelliseen verrattuna päinvastainen. Pääosassa tukkipuuston runkolukusarjaa tuotettu runkolukumäärä on sitä pienempi mitä voimakkaammasta käsittelystä on kysymys. Se, että voimakkain toimenpitein suositaan metsikön järeimpiä puuyksilöitä, »kostautuu» siis muissa paksuusluokissa. Voimakkaimmissa käsittelyissä joudutaan sitä paitsi varhaisessa vaiheessa vähentämään huomattavasti runkolukua, josta

syystä ei jää jäljelle riittävästi niitä yksilöitä, jotka nousisivat järeisiin luokkiin.

Eroa voidaan havainnollistaa myös sanomalla, että voimakkaan käsittelyn positiiviset vaikutukset näkyvät lähinnä siinä puustossa, joka on jäljellä uudistamishakkuiden aloitushetkellä. Kiertoajan kuluessa tuotetun runkolukusarjan osalta voimakas käsittely ei ole yhtä tuloksekas.

Kuvan mukaan kaikkein ohuimpia puita tuotetaan sitä vähemmän, mitä voimakkaammasta käsittelystä on kysymys. Nyt suoritettujen laskelmien perusteella ei voida kuitenkaan tältä osin tehdä varsinaisia päätelmiä, sillä tarkastelussa on mukana vain se osa tuotetusta runkomäärästä, joka muodostaa ns. lähtöpuuston, missä eri käsittelyasteet eroavat toisistaan juuri mainittujen ohuimpien läpimittaluokkien osalta.

Kiertoaikojen kuluessa tuotettujen runkolukusarjojen vertailu esim. Ilvessalon (1920) taulukkoihin osoittaa, että viimeksi mainituissa runkolukusarjan yläraja on korkeammalla kuin nyt julkaistavissa taulukoissa. Eräänä selityksenä voisi kuvitella olevan eri-ikäisyyden, joka luonnonnormaaleissa metsiköissä lienee suurempi kuin nyt sovelletuissa metsikkömalleissa. Ratkaisevimmin on eroon vaikuttanut kuitenkin se ehdoton tasaisuus, jota metsikkömallit edustavat. Aukkoisuus aiheuttaa runkolukusarjan kehityksessä epäilemättä ilmiöitä, jotka ehdottoman tasaisissa metsiköissä eivät tule näkyviin.

KIRJALLISUUSLUETTELO

Andersson, S-O. 1963. Produktionstabeller för norrländska tallplanteringar. Summary: Yield tables for plantations of Scots pine in Northern Sweden. Medd. från Statens Skogsforskningsinstitut (MSS), Band 51: 3.

Cajander, A. K. 1909. Ueber Waldtypen. Acta Forestalia Fennica (AFF) 1.

Högnäs, B. 1966. Undersökning av skogstyper och beståndsutveckling på Åland. Summary: Investigations on forest sites and stand development in Åland. AFF 78.2

Ilvessalo, Y. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. AFF 15.

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

Kallio, K. 1957. Käenkaali—mustikkatyypin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa. Summary: On the development of spruce forests of the Oxalis—Myrtillus site type in the South-West of Finland. AFF 66.3.

—»— 1960. Etelä-Suomen kylvömänniköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of pine stands established by sowing in the South of Finland. AFF 71.3.

Koivisto, P. 1958. Koivikon kasvatuksesta ja tuotoksesta. Summary: On the thinning and yield of birch stands. Metsätaloudellinen Aikakauslehti (MA), n:o 3.

—»— (koonnut — collected). 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and yield tables. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja (MTJ) 51.8.

Mäkinen, V. O. 1965. Hakatun puuston ja kokonaispuuston keskiläpimittojen suhde metsikössä. Summary: On the relationship between the mean diameters of the removed stock and the stock before cutting in a stand. Folia Forestalia 10.

Nyyssönen. A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. AFF 60.4.

Petterson, H. 1955. Barrskogens volymproduktion. MSS, Band 45: 1.

Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in Southern Finland. — MTJ 48.1.

—»— 1960 a. Siperialaisten lehtikuusikoiden kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. Summary: On the development of Siberian larch stands and their importance to forestry in Finland. — MTJ 52.5.

—»— 1960 b. Männyn kasvusta ja sen vaihteluista harventaen käsitellyissä ja luonnontilaisissa metsiköissä. Summary: On growth and its development in thinned and unthinned Scots pine stands. — MTJ 52.7.

—»— 1960 c. Ala- ja yläharvennuksesta sekä niiden vaikutuksesta puuston kehitykseen Rautio istutuskuusikossa. Summary: On low thinning and crown thinning and their effect on development of growing stock in planted spruce stand in Rautio. MTJ 52.8.

Vuokila Y. 1962 a. The effect of thinnings on the yield of pine and birch stands. MTJ 55.12.

—»— 1962 b. Voidaanko kasvatushakkuin parantaa puuston kokonaiskehitystä? Summary: Can the yield of forest stands be improved by thinnings? MA, n:o 12.

—»— 1965 a. Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots. Lyhennelmä: Tilapäiskoealoihin perustuvat yhtälöt männyn kasvu- ja tuottotaulukoita varten. MTJ 60.4.

—»— 1965 b. Kasvatushakkuista ja niiden vaikutuksesta kuutiotuottoon. Summary: On intermediate cuttings and their effect on volume yield. MA, n:o 1.

—»— 1965 c. Puiden paksuuskasvun reaktioista harvennushakkuiden seurauksena. Summary: On growth reactions of trees to intermediate cuttings. MA, n:o 5.

GROWTH AND YIELD TABLES FOR PINE STANDS TREATED WITH INTERMEDIATE CUTTINGS OF VARYING DEGREE FOR SOUTHERN CENTRAL-FINLAND

Summary in English

Introduction

In Finland, the compilation of information on growth and yield has proceeded along two ways which are basically different. During the half century since establishment of The Forest Research Institute of Finland, permanent sample plots have been maintained and mearured for this purpose. No growth and yield tables have resulted from these experiments, nor are they to be expected in the near future, for reasons dealt with in a previous publication by the author (Vuokila 1965 a, p. 24—30).

The main studies concerned with growth and yield have related to temporary sample plots, for the natural reason that these produce information within the shortest conceivable time. However, the scope of the results has necessarily been narrow for as long as the method of graphic fitting was the only alternative for treatment of the research material.

Electronic computers have been of especial benefit in the temporary sample plot approach, for which rapidity of action is a characteristic feature. Morover, multiple analytical treatment by the aid of electronic computers has enabled the investigator to assemble his »piecemeal» information obtainable from the temporary sample plot material in a composite analysis and rotation-long forecast of stand development, based upon either tree or stand data.

The growth and yield tables included in this publication are the result of such a modern application of the temporary sample plot techniques described in the previous report on methods (Vuokila 1965 a).

Applicability of tables

The field material comprises pine stands of natural origin, treated by intermediate cuttings from below. The tables further refer to pure, evenly spaced growing stocks given intensive care from the very time of origin of the stand. It is assumed that the stands grow on sites which are not reduced in their productive capacity by stoniness or paludification.

The geographical applicability of tables is indicated by Fig. 1 (p. 11), which indicates the area in which the temporary sample plots were measured. Within this area, on the

average, 22 days in May are warmer than + 6°C, information which is necessary in view of certain functions applied (cf. p. 21).

Even though in the growth and yield tables the figures proper have fairly limited geographical applicability, the main trends indicated by the results are of a more general nature.

Main features of the tables and their construction

The basic unit in the calculations was a tree. The development of each tree has been followed by means of tree increment functions (cf. p. 21—22), until the moment of its removal in an intermediate cutting.

The information acquired on growth and yield from tree calculations has been combined to provide stand data. The reliability of such stand models has been checked by stand increment functions (cf. p. 21—22) derived from the field material. Thus the theoretical stand models constructed from single trees had a field control.

Intermediate cuttings have also been of theoretical nature, although supported by information obtained from the present field material, from permanent experiments made by The Forest Research Institute, and from Swedish sources (Petterson 1955). In certain phases tree volume functions (cf. p. 21—22) have also been useful.

Five site classes have been used (cf. Fig. 2, p. 15). Site classes I—III correspond to forest site types in the system of Cajander (1909), i.e. site types OMT, MT and VT. Site classes IV—V are two variants of the CT-type in this system.

Two criteria were adopted in determination of the degree of treatment, i.e. the basal area left after treatment, and the percentage of basal area removed. In the light treatment, 10 % of the basal area was removed at each cutting; the corresponding percentages for medium and heavy treatments were 15 and 20 %, respectively. The fourth treatment applied was a combination of these basic treatments, presupposing a light initial treatment followed by the medium one at a later phase of stand development. The degrees of treatment are further illustrated by Fig. 3 (p. 17).

The functions applied in the calculations are to be found in the Finnish part of the publication (p. 21—22). The symbols used in the functions are as follows.

Tree symbols

p_d = mean annual increment percentage of tree diameter breast high, under bark, during a period between two successive thinnings, at compound interest.

p_h = mean annual increment percentage of tree height during a period between two successive thinnings, at compound interest.

p_v = mean annual increment percentage of tree volume during a period between two successive thinnings, at compound interest, referring to solid cubic volume excl. bark of total stem above stump.

d = diameter breast high (= 1.3 metres above stump) of a tree, centimetres (cm.).

h = height of a tree above stump, metres (m.).

t = age of a tree, years.

$t_{1.3}$ = breast height age of a tree: number of years needed to reach breast height.

c = interval of thinnings: number of years between two successive thinnings (both tree and stand symbol).

v = cubic volume of a tree, with no subsymbol referring to total stem.

m = minimum top diameter under bark of logs (varying from 4 to 7 in.).

Symbols of tree environment

s = average distance from a tree to 5 neighbouring trees, metres (m.).

Stand symbols

P_G = mean annual increment percentage of basal area excl. bark per hectare during a period between two successive thinnings, at compound interest.

P_{Hdom} = mean annual increment percentage of dominant height during a period between two successive thinnings, at compound interest.

P_V = mean annual increment percentage of cubic volume per hectare during a period between two successive thinnings, at compound interest, referring to solid stem volume excl. bark above stump.

T = stand age, years.

D = mean diameter breast high corresponding to mean arithmetical basal area of trees in a stand, centimetres (cm.).

H_{dom} = dominant height of a stand calculated as mean height of the 100 largest (in diameter) trees per hectare, metres (m.).

G = basal area per hectare of a stand measured at breast height, square metres (sq.m.).

V = cubic volume per hectare of a stand, referring to solid stem wood above stump, cubic metres (cu.m.).

R_G = percentage of basal area per hectare removed in a thinning.

Climatic symbols

L = length of growing season: number of days in May warmer than +6°C.

Subsymbols

u = under bark (=excl. bark).

b = over bark (=incl. bark).

i = initial value: at the beginning of a calculation period, or immediately after thinning.

k = solid measure, for trees in cubic decimetres (cu.dm.) and for stands in cubic metres (cu.m.).

j = saw-timber trees, cubic volume in cubic feet (cu.ft.) based on the top diameter under bark of logs.

p = volume measured as pulpwood, referring either to total stem or to top section of saw-timber trees, stacked cubic decimetres, half-barked, minimum top diameter 8 cm. under bark.

o = volume measured as smallwood, referring either to total stem or to top section of trees, stacked cubic decimetres, minimum top diameter 5 cm. under bark.

r = cubic volume obtainable from butt section of a tree.

y = cubic volume obtainable from top section of a tree.

The seedling phase, that is, the stand development up to the dominant height of 5 metres, has been the same for all degrees of treatment. It is assumed that the differentiation of treatment takes place at this moment; the calculations were begun at the

corresponding age, assuming the number of stems per ha after cutting to be 4000 for light, 3 500 for medium and 3 000 for heavy treatment. The division of stems into dbh. classes, based partly on domestic, and partly on Swedish experience (Petterson 1955, Andersson 1963) is given in the set-up on p. 25. The age variation in the initial stem distribution series is indicated by the set-up on p. 24. The numbers of years required to reach breast height in varying site classes is indicated by the set-up on p. 25. A further illustration of the form of the initial stem distribution series is provided by Fig. 4 (p. 24). The calculation procedure by means of tree increment functions is illustrated by Figs. 5 and 6 (p. 26, 27).

Structure of growth and yield tables

Three different types of tables are published. The symbols employed in the tables are given on the first page of each table type.

The main tables relate to the stand development in metric units, and the cubic volume in solid cubic units.

The timber tables indicate the yield in commercial timber units, i.e. as saw-timber, pulpwood and smallwood.

The stem distribution series give the structural development of the stands, as illustrated by dbh. classes.

Reliablility of tables

The testing of the reliablility of growth and yield tables is divisible into different sections, viz. the testing of the various functions, and that of the theoretical stand models.

The testing of the functions was effected in the earlier publication reporting on the methods to be applied in the construction of growth and yield tables (Vuokila 1965 a).

The stand models were tested during the course of the calculations by application of the stand increment functions derived from the field material. Theoretically, the results so obtained should resemble those calculated from tree data. It is impracticable to publish all these checks here. Figs. 7—9 (p. 31—33) provide an idea of the nature of the check in respect of site class III.

In general, it can be said that the tree and stand calculations correspond rather well; this can be interpreted as proving that the theoretical stand models have been constructed successfully. The most marked deviations are detectable in regard to the basal area increment in the models subjected to heavy treatment. However, here also the curvature of growth percentage curves is similar, which seems to indicate that the difference is attributable to the field material, which does not include an adequate number of stands subjected to heavy treatment in the sense understood in this study. Nevertheless, the check with stand increment functions has revealed a source of systematic error in the tree volume increment function as indicated by Fig. 9. At greater age, tree increment functions substantially underestimated the stand development. This error, noticeable in Fig. 9, has been corrected to the level indicated by the stand increment function.

The method of testing the reliability has proved to be of value; it provides a field test for calculations based upon theoretical models.

Discussion of results

Growth and yield tables lead to some general conclusions which are worthy of discussion. The growth and yield figures considered have as basis the rotations given on p. 35.

It has been found that medium and heavy treatments result in losses in increment when compared with light treatment, as regards both basal area and cubic volume, amounting to 8—11 % and 15—23 %, respectively (cf. p. 35—42, and Figs 10—12). Against this, combination treatment, in which medium treatment follows a light initial treatment, involves a rather small loss in increment amouting to 1—3 % for basal area and 3—6 % for volume. It is particularly interesting that such a combination of treatments, which allows for the accumulation of growing capital at an early age, leads to the largest total removal in intermediate cuttings during the rotation. The heavy treatment is apt to result in intermediate cuttings of lowest total removal, by reason of increment losses and a low level of growing capital.

As regards the yield in saw-timber, the losses owing to medium and heavy treatments are even more pronounced. The number of saw-timber trees produced during the rotation is 15—23 % less in the medium, and 29—42 % less in the heavy treatment than in the light one. The losses in saw-timber volume yield are 9—16 and 17—27 % respectively (cf. p. 43—47, also Figs. 13—14). This is mainly attributable to the nature of intermediate cuttings, i.e. to cuttings from below. In low thinnings, there occurs premature removal of a large number of such trees which could reach saw-timber size. This is further illustrated by the loss induced by the combination treatment light/medium. In site class I, medium treatment is begun at such a phase that the growing stock has already reached saw-timber size; the resultant loss is accordingly small. In site class V, on the other hand, the growing stock is still of pulpwood size when a start is made on medium thinnings; the premature removal of saw-timber »recruits» leads to major losses in saw-timber production. However, during short rotations of less than 55 to 60 years heavier treatments result in a higher saw-timber yield. Reference is made to the set-up on p. 48 and to Fig. 15 (p. 47) as regards the yield in pulpwood.

A major problem confronted in many investigations has been that of studying the effect of treatment on the stem distribution series, i.e. the distribution of stems into dbh.classes during a rotation. The findings in the present study with respect to this problem are illustrated by Fig. 16 (p. 49). It is rather natural that the growing stock removed in the regeneration cuttings is of larger dimensions if the stand is subjected to heavy treatment instead of light. This, in turn, brings about the phenomenon, also noticeable in Fig. 16, that heavy treatment leads to the largest dimensions during the rotation. However, this superiority of heavier treatment manifests itself only in the very largest diameter classes, whereas in classes somewhat smaller, but still falling in the saw-timber size category the number of stems produced during the rotation is greatest in the light treatment.

These conclusions are all of major importance in formulation of the principles to be applied in intermediate cuttings with a view to securing the maximum economic profit from intermediate cuttings themselves, and that from rotation-long timber production.

KASVU- JA TUOTOSTAULUKOT
GROWTH AND YIELD TABLES

PÄÄTAULUKOT
MAIN TABLES

Päätaulukoissa käytetyt merkinnät (vrt. myös s. 20—21).
Symbols used in main tables (cf. also p. 54—55).

T = Metsikön ikä, v. — *Stand age, years.*
H_{dom} = Valtapituus, m. — *Dominant height, m.*
N = Kokonaisrunkoluku hehtaarilla. — *Total number of trees per hectare.*
D_u = Keskiläpimitta kuoretta, cm, aritmeettisena keskiarvona. (Kuorellisen läpimitan arvioimiseksi katso Tapion taskukirja, 14. p., s. 172 tai Ilvessalon Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot, s. 110—124.) — *Mean diameter under bark, cm., calculated as an arithmetical mean.*
H = Keskipituus, m, aritmeettisena keskiarvona. — *Mean height, m., calculated as an arithmetical mean.*
G_u = Pohjapinta-ala hehtaarilla, m^2 kuoretta. (Kuorellinen pohjapinta-ala saadaan kertoimella 1.27.) — *Basal area per ha., sq.m. excl. bark. (For basal area incl. bark, multiply by 1.27.)*
V_{uk} = Kuutiomäärä hehtaarilla, k-m^3 kuoretta. (Kuorellinen kuutiomäärä saadaan keskimäärin kertoimella 1.2. Tarkempia laskelmia varten katso Tapion taskukirja, 15. p., s. 179—180.) — *Cubic volume per ha., cu.m., solid measure, excl. bark. (For cubic volume incl. bark, multiply by 1.2, on an average.)*
I_V = Keskim. vuotuinen kuutiokasvu hehtaarilla edellisen hakkuun jälkeisenä aikana, k-m^3 kuoretta. — *Mean annual volume growth per ha. during the period succeeding the last cutting, cu.m., solid measure, excl. bark.*
p_v = I_v-arvoa vastaava yksinkertainen kasvuprosentti vertailupääomana jakson keskiarvo. — *Simple increment percentage corresponding to I_v, the mean of the calculation period as the capital value.*
Y_G = Iänkohtaan mennessä kertynyt pohjapinta-alan kokonaiskasvu hehtaarilla, m^2 kuoretta. — *Yield in basal area per ha. up to the age in question, sq.m. under bark.*
Y_V = Iänkohtaan mennessä kertynyt kuutiomäärän kokonaiskasvu hehtaarilla, k-m^3 kuoretta. — *Yield in cubic volume per ha. up to the age in question, cu.m., solid measure excl. bark.*

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
13	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
16	6.6	4 000	5.7	4.9	11.2	42.6	6.8	21.0	646	4.5	4.3	1.1	4.2	3 354	5.9	5.1	10.1	38.4	11.2	42.6
19	8.2	3 354	6.8	6.2	13.6	63.0	8.2	16.2	522	5.4	5.5	1.4	6.2	2 832	7.1	6.4	12.2	56.8	14.7	67.2
23	10.2	2 832	8.2	7.9	16.2	94.8	9.5	12.5	439	6.5	6.9	1.6	9.0	2 393	8.5	8.1	14.6	85.8	18.7	105.2
27	12.0	2 393	9.5	9.6	18.0	125.8	10.0	9.5	366	7.6	8.4	1.8	12.0	2 027	9.8	9.8	16.2	113.8	22.1	145.2
32	14.2	2 027	10.9	11.5	19.8	165.3	10.3	7.4	284	9.1	10.3	2.0	15.7	1 743	11.1	11.7	17.8	149.6	25.7	196.7
37	16.2	1 743	12.1	13.2	21.0	199.6	10.0	5.7	226	10.6	12.2	2.1	19.0	1 517	12.3	13.4	18.9	180.6	28.9	246.7
43	18.3	1 517	13.4	15.1	22.1	238.2	9.6	4.6	204	11.5	13.8	2.2	22.6	1 313	13.6	15.3	19.9	215.6	32.1	304.3
49	20.2	1 313	14.6	16.9	22.8	268.4	8.8	3.6	176	12.6	15.5	2.3	25.5	1 137	14.9	17.1	20.5	242.9	35.0	357.1
55	22.0	1 137	15.9	18.5	23.1	290.9	8.0	5.0	152	13.8	17.1	2.3	27.6	985	16.2	18.7	20.8	263.3	37.6	405.1
61	23.4	985	17.1	20.0	23.2	306.5	7.2	2.5	135	14.5	18.2	2.3	28.2	850	17.5	20.3	20.9	278.3	40.0	448.3
67	24.8	850	18.4	21.4	23.1	316.7	6.4	2.2	117	15.6	19.5	2.3	28.8	733	18.8	21.7	20.8	287.9	42.2	486.7
73	25.9	733	19.7	22.8	22.8	325.1	6.2	2.0	102	16.8	20.8	2.3	30.2	631	20.2	23.1	20.5	294.9	44.2	523.9
80	27.1	631	21.2	24.2	22.7	336.2	5.9	1.9											46.4	565.2

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
13	5.0													3 500	4.7	3.8	6.7	20.8	6.7	20.8
16	6.6	3 500	5.9	5.1	10.6	40.3	6.5	21.3	670	5.2	4.7	1.6	5.9	2 830	6.1	5.1	9.0	34.4	10.6	40.3
20	8.7	2 830	7.4	6.8	13.4	66.8	8.1	16.0	547	6.5	6.3	2.0	9.8	2 283	7.7	6.9	11.4	57.0	15.0	72.7
25	11.1	2 283	9.1	8.9	15.9	103.5	9.3	11.6	446	7.9	8.2	2.4	15.1	1 837	9.3	9.0	13.5	88.4	19.5	119.2
31	13.8	1 837	10.8	11.2	17.8	147.8	9.9	8.4	359	9.4	10.3	2.7	21.4	1 478	11.1	11.4	15.1	126.4	23.8	178.6
38	16.6	1 478	12.5	13.8	19.1	194.3	9.7	6.0	281	11.1	12.8	2.9	28.2	1 197	12.8	14.0	16.2	166.1	27.8	246.5
45	19.0	1 197	14.1	16.0	19.6	227.0	8.7	4.4	222	12.6	15.0	2.9	32.2	975	14.4	16.3	16.7	194.8	31.2	307.4
52	21.1	975	15.7	18.1	19.5	248.7	7.7	3.5	180	14.1	16.9	2.9	35.6	795	16.0	18.4	16.6	213.1	34.0	361.3
59	22.9	795	17.2	20.0	19.1	260.0	6.7	2.8	154	15.0	18.4	2.8	36.1	641	17.7	20.3	16.3	223.9	36.5	408.2
66	24.5	641	18.9	21.8	18.5	264.5	5.8	2.4	123	16.6	20.2	2.7	36.8	518	19.4	22.1	15.8	227.7	38.7	448.8
73	25.9	518	20.6	23.4	17.7	264.1	5.2	2.1	101	18.0	21.7	2.6	36.7	417	21.3	23.8	15.1	227.4	40.6	485.2
80	27.1	417	22.5	24.9	16.9	261.0	4.8	2.0											42.4	518.8

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
13	5.0													3 000	4.9	3.9	6.2	19.2	6.2	19.2
17	7.1	3 000	6.7	5.7	11.4	45.2	6.5	20.2	729	6.0	5.4	2.3	9.0	2 271	6.9	5.8	9.1	36.2	11.4	45.2
22	9.6	2 271	8.6	8.0	14.2	77.2	8.2	14.5	529	7.9	7.6	2.8	15.0	1 742	8.8	8.1	11.4	62.2	16.5	86.2
28	12.5	1 742	10.5	10.5	16.0	119.2	9.5	10.5	419	9.5	9.9	3.2	23.2	1 323	10.8	10.6	12.8	96.0	21.1	143.2
35	15.4	1 323	12.4	13.2	16.9	161.8	9.4	7.3	318	11.3	12.5	3.4	31.4	1 005	12.8	13.4	13.5	130.4	25.2	209.0
42	18.0	1 005	14.2	15.6	16.7	188.5	8.3	5.2	238	13.0	14.8	3.3	36.2	767	14.6	15.8	13.4	152.3	28.4	267.1
50	20.5	767	16.2	18.1	16.4	210.7	7.3	4.0	185	14.6	17.1	3.2	40.0	582	16.6	18.4	13.2	170.7	31.4	325.5
58	22.7	582	18.2	20.4	15.6	219.5	6.1	3.1	146	16.1	19.1	3.1	41.3	436	18.8	20.9	12.5	178.2	33.8	374.3
66	24.5	436	20.4	22.6	14.6	219.8	5.2	2.6	112	17.8	20.9	2.9	40.4	324	21.2	23.2	11.7	179.4	35.9	415.9
74	26.1	324	22.8	24.7	13.5	214.6	4.4	2.2	85	19.8	22.8	2.7	40.0	239	23.9	25.3	10.8	174.6	37.7	451.1
80	27.1	239	25.2	26.3	12.1	198.0	3.9	2.1											39.0	474.5

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
13	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
16	6.6	4 000	5.7	4.9	11.2	42.6	6.8	21.0	646	4.5	4.3	1.1	4.2	3 354	5.9	5.1	10.1	38.4	11.2	42.6
19	8.2	3 354	6.8	6.2	13.6	63.0	8.2	16.2	522	5.4	5.5	1.4	6.2	2 832	7.1	6.4	12.2	56.8	14.7	67.2
23	10.2	2 832	8.2	7.9	16.2	94.8	9.5	12.5	439	6.5	6.9	1.6	9.0	2 393	8.5	8.1	14.6	85.8	18.7	105.2
27	12.0	2 393	9.5	9.6	18.0	125.8	10.0	9.5	366	7.6	8.4	1.8	12.0	2 027	9.8	9.8	16.2	113.8	22.1	145.2
32	14.2	2 027	10.9	11.5	19.8	165.3	10.3	7.4	284	9.1	10.3	2.0	15.7	1 743	11.1	11.7	17.8	149.6	25.7	196.7
37	16.2	1 743	12.1	13.2	21.0	199.6	10.0	5.7	226	10.6	12.2	2.1	19.0	1 517	12.3	13.4	18.9	180.6	28.9	246.7
43	18.3	1 517	13.4	15.1	22.1	238.2	9.6	4.6	272	12.3	14.4	3.3	35.0	1 245	13.6	15.3	18.8	203.2	32.1	304.3
49	20.2	1 245	14.7	16.8	21.8	255.4	8.7	3.8	222	13.5	16.0	3.3	37.3	1 023	14.9	17.0	18.5	218.1	35.1	356.5
55	22.0	1 023	16.0	18.4	21.2	264.3	7.7	3.2	182	14.6	17.5	3.2	38.1	841	16.2	18.6	18.0	226.2	37.8	402.7
61	23.4	841	17.3	19.9	20.3	266.4	6.7	2.7	162	15.3	18.5	3.0	38.1	679	17.8	20.2	17.3	228.3	40.1	442.9
67	24.8	679	18.8	21.3	19.4	263.7	5.9	2.4	133	16.5	19.8	2.9	37.4	546	19.4	21.7	16.5	226.3	42.2	478.3
73	25.9	546	20.4	22.8	18.3	258.1	5.3	2.2	107	18.0	21.3	2.8	36.7	439	21.0	23.1	15.5	221.4	44.0	510.1
80	27.1	439	22.3	24.2	17.4	255.7	4.9	2.1											45.9	544.4

9 9417—67

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen—*After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
15	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
18	6.4	4 000	5.5	4.8	10.8	40.2	6.0	19.2	648	4.4	4.2	1.1	4.1	3 352	5.8	4.9	9.7	36.1	10.8	40.2
22	8.3	3 352	6.9	6.4	13.9	66.1	7.5	14.7	522	5.6	5.6	1.4	6.4	2 830	7.2	6.5	12.5	59.7	15.0	70.2
26	10.0	2 830	8.2	7.9	16.2	93.7	8.5	11.1	443	6.5	6.9	1.6	8.9	2 387	8.5	8.0	14.6	84.8	18.7	104.2
31	12.1	2 387	9.6	9.7	18.5	130.8	9.2	8.5	367	7.8	8.6	1.9	12.6	2 020	9.9	9.9	16.6	118.2	22.6	150.2
36	14.0	2 020	10.9	11.4	19.9	164.7	9.3	6.6	290	9.3	10.3	2.0	16.1	1 730	11.2	11.6	17.9	148.6	25.9	196.7
42	16.1	1 730	12.3	13.3	21.4	203.8	9.2	5.2	227	10.7	12.3	2.2	19.6	1 503	12.5	13.4	19.2	184.2	29.4	251.9
48	18.0	1 503	13.5	15.0	22.3	235.8	8.6	4.1	202	11.7	13.7	2.2	22.4	1 301	13.8	15.2	20.1	213.4	32.5	303.5
54	19.7	1 301	14.7	16.6	22.8	260.8	7.9	3.3	172	12.7	15.2	2.3	24.5	1 129	15.0	16.8	20.5	236.3	35.2	350.9
60	21.2	1 129	15.9	18.1	23.1	279.5	7.2	2.8	150	15.9	16.7	2.3	26.6	979	16.2	18.3	20.8	252.9	37.8	394.1
66	22.6	979	17.1	19.5	23.1	291.9	6.5	2.4	136	14.5	17.6	2.3	26.6	843	17.5	19.8	20.8	265.3	40.1	433.1
72	23.8	843	18.4	20.9	22.9	301.3	6.0	2.1	115	15.8	19.0	2.3	28.0	728	18.8	21.1	20.6	273.3	42.2	469.1
78	25.0	728	19.7	22.1	22.6	307.5	5.7	2.0	102	16.9	20.1	2.3	29.2	626	20.2	22.4	20.3	278.3	44.2	503.3
84	26.0	626	21.1	23.3	22.2	311.3	5.5	1.9	86	18.3	21.4	2.3	29.9	540	21.5	23.6	19.9	281.4	46.1	536.3
90	26.8	540	22.4	24.4	21.6	313.2	5.3	1.8											47.8	568.1

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
15	5.0													3 500	4.7	3.8	6.7	20.8	6.7	20.8
19	7.0	3 500	6.2	5.3	11.5	45.6	6.2	18.7	670	5.5	5.0	1.7	6.7	2 830	6.3	5.4	9.8	38.9	11.5	45.6
23	8.8	2 830	7.5	6.9	13.7	68.9	7.5	13.9	547	6.6	6.4	2.0	10.1	2 283	7.8	7.0	11.7	58.8	15.4	75.6
28	10.9	2 283	9.0	8.7	15.7	100.3	8.3	10.4	446	7.9	8.1	2.4	14.6	1 837	9.3	8.9	13.3	85.7	19.4	117.1
34	13.3	1 837	10.6	10.8	17.4	137.9	8.7	7.8	359	9.3	10.0	2.6	20.1	1 478	11.0	11.0	14.8	117.8	23.5	169.3
41	15.8	1 478	12.3	13.2	18.6	177.3	8.5	5.8	281	11.0	12.3	2.8	25.7	1 197	12.6	13.4	15.8	151.6	27.3	228.8
48	18.0	1 197	13.9	15.3	19.0	206.2	7.8	4.4	222	12.4	14.2	2.8	29.5	975	14.2	15.5	16.2	176.7	30.5	283.4
55	20.0	975	15.4	17.2	18.9	225.7	7.0	3.5	180	13.9	16.1	2.8	32.5	795	15.8	17.4	16.1	193.2	33.2	332.4
62	21.7	795	17.0	18.9	18.6	236.6	6.2	2.9	154	14.9	17.5	2.8	33.1	641	17.5	19.3	15.8	203.5	35.7	375.8
69	23.2	641	18.6	20.6	18.0	241.3	5.4	2.4	123	16.4	19.1	2.7	33.8	518	19.2	21.0	15.3	207.5	37.9	413.6
76	24.6	518	20.3	22.2	17.2	241.1	4.8	2.1	101	17.8	20.5	2.5	33.5	417	21.0	22.6	14.7	207.6	39.8	447.2
83	25.8	417	22.2	23.7	16.4	239.1	4.5	2.0	83	19.1	21.7	2.4	32.8	334	22.9	24.2	14.0	206.3	41.5	478.7
90	26.8	334	24.2	25.2	15.6	235.7	4.2	1.9											43.1	508.1

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
15	5.0													3 000	4.9	3.9	6.2	19.2	6.2	19.2
19	7.0	3 000	6.5	5.5	10.8	43.2	6.0	19.2	738	6.0	5.3	2.2	8.6	2 262	6.7	5.5	8.6	34.6	10.8	43.2
24	9.2	2 262	8.3	7.5	13.2	71.1	7.3	13.8	530	7.7	7.2	2.6	14.0	1 732	8.5	7.6	10.6	57.1	15.4	79.7
30	11.7	1 732	10.1	9.7	14.8	105.1	8.0	9.9	419	9.2	9.2	3.0	20.7	1 313	10.4	9.9	11.8	84.4	19.6	127.7
37	14.4	1 313	12.0	12.2	15.7	140.4	8.0	7.1	320	10.9	11.5	3.1	27.0	993	12.4	12.4	12.6	113.4	23.5	183.7
45	17.0	993	14.0	14.8	16.0	172.6	7.4	5.2	237	12.8	14.1	3.2	33.5	756	14.4	15.0	12.8	139.1	26.9	242.9
53	19.4	756	15.9	17.1	15.7	191.1	6.5	3.9	183	14.4	16.2	3.1	36.3	573	16.4	17.4	12.6	154.8	29.8	294.9
61	21.5	573	17.9	19.3	14.9	198.8	5.5	3.1	145	15.8	17.9	2.9	37.0	428	18.6	19.7	12.0	161.8	32.1	338.9
69	23.2	428	20.1	21.4	14.0	199.4	4.7	2.6	112	17.5	19.7	2.8	36.9	316	21.1	22.0	11.2	162.5	34.1	376.5
77	24.8	316	22.7	23.5	13.0	195.3	4.1	2.3	83	19.7	21.6	2.6	36.5	233	23.7	24.1	10.4	158.8	35.9	409.3
85	26.1	233	25.4	25.4	11.9	187.6	3.6	2.1											37.4	438.1

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_v
15	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
18	6.4	4 000	5.5	4.8	10.8	40.2	6.0	19.2	648	4.4	4.2	1.1	4.1	3 352	5.8	4.9	9.7	36.1	10.8	40.2
22	8.3	3 352	6.9	6.4	13.9	66.1	7.5	14.7	522	5.6	5.6	1.4	6.4	2 830	7.2	6.5	12.5	59.7	15.0	70.2
26	10.0	2 830	8.2	7.9	16.2	93.7	8.5	11.1	443	6.5	6.9	1.6	8.9	2 387	8.5	8.0	14.6	84.8	18.7	104.2
31	12.1	2 387	9.6	9.7	18.5	130.8	9.2	8.5	367	7.8	8.6	1.9	12.6	2 020	9.9	9.9	16.6	118.2	22.6	150.2
36	14.0	2 020	10.9	11.4	19.9	164.7	9.3	6.6	290	9.3	10.3	2.0	16.1	1 730	11.2	11.6	17.9	148.6	25.9	196.7
42	16.1	1 730	12.3	13.3	21.4	203.8	9.2	5.2	312	11.2	12.6	3.2	29.6	1 418	12.5	13.5	18.2	174.2	29.4	251.9
48	18.0	1 418	13.6	15.0	21.4	225.2	8.5	4.3	247	12.6	14.4	3.2	33.1	1 171	13.8	15.1	18.2	192.1	32.6	302.9
54	19.7	1 171	14.8	16.5	20.9	237.7	7.6	3.5	205	13.7	15.8	3.1	34.2	966	15.1	16.7	17.8	203.5	35.3	348.5
60	21.2	966	16.1	18.0	20.3	243.7	6.7	3.0	173	14.7	17.0	3.0	35.1	793	16.4	18.2	17.3	208.6	37.8	388.7
66	22.6	793	17.4	19.3	19.4	244.0	5.9	2.6	154	15.3	17.9	2.9	34.4	639	17.9	19.7	16.5	209.6	39.9	424.1
72	23.8	639	18.9	20.8	18.5	241.4	5.3	2.4	124	16.6	19.2	2.8	33.8	515	19.5	21.1	15.7	207.6	41.9	455.9
78	25.0	515	20.6	22.1	17.5	236.4	4.8	2.2	104	17.8	20.3	2.6	33.1	411	21.3	22.6	14.9	203.3	43.7	484.7
84	26.0	411	22.4	23.5	16.4	230.3	4.5	2.1	81	19.4	21.6	2.4	31.8	330	23.1	24.0	14.0	198.5	45.2	511.7
90	26.8	330	24.2	24.8	15.4	224.3	4.3	2.0											46.6	537.5

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
18	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
22	6.6	4 000	5.7	5.0	11.5	44.2	5.5	16.6	646	4.5	4.4	1.2	4.4	3 354	6.0	5.1	10.3	39.8	11.5	44.2
26	8.2	3 354	7.0	6.3	14.0	66.2	6.6	12.5	522	5.6	5.6	1.4	6.4	2 832	7.2	6.5	12.6	59.8	15.2	70.6
31	10.1	2 832	8.4	8.0	16.7	97.8	7.6	9.6	439	6.7	7.0	1.7	9.4	2 393	8.7	8.2	15.0	88.4	19.3	108.6
36	11.9	2 393	9.6	9.6	18.6	128.4	8.0	7.4	366	7.9	8.5	1.9	12.5	2 027	10.0	9.8	16.7	115.9	22.9	148.6
41	13.6	2 027	10.9	11.1	19.8	156.4	8.1	6.0	284	9.2	10.1	2.0	15.0	1 743	11.2	11.3	17.8	141.4	26.0	189.1
47	15.4	1 743	12.2	12.8	21.1	189.4	8.0	4.8	226	10.7	11.9	2.1	18.2	1 517	12.4	12.9	19.0	171.2	29.3	237.1
53	17.0	1 517	13.3	14.3	22.0	216.8	7.6	3.9	204	11.5	13.2	2.2	20.8	1 313	13.6	14.5	19.8	196.0	32.3	282.7
59	18.5	1 313	14.5	15.8	22.5	238.0	7.0	3.2	176	12.6	14.6	2.3	22.8	1 137	14.8	16.0	20.2	215.2	35.0	324.7
65	19.8	1 137	15.7	17.2	22.6	254.2	6.5	2.8	152	13.7	15.9	2.3	24.7	985	16.0	17.4	20.3	229.5	37.4	363.7
71	21.1	985	16.9	18.5	22.6	264.9	5.9	2.4	135	14.5	16.9	2.3	24.9	850	17.3	18.8	20.3	240.0	39.7	399.1
77	22.3	850	18.2	19.8	22.5	273.6	5.6	2.2	117	15.5	18.1	2.3	25.4	733	18.6	20.0	20.2	248.2	41.9	432.7
83	23.3	733	19.5	21.0	22.2	280.6	5.4	2.0	102	16.7	19.3	2.3	26.7	631	19.9	21.3	19.9	253.9	43.9	465.1
89	24.3	631	20.8	22.1	21.7	285.1	5.2	1.9	86	18.1	20.5	2.2	27.4	545	21.2	22.4	19.5	257.7	45.7	496.3
95	25.1	545	22.2	23.2	21.3	287.1	4.9	1.8											47.5	525.7

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_V	p_V	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
18	5.0													3 500	4.7	3.8	6.7	20.8	6.7	20.8
22	6.6	3 500	6.0	5.1	10.8	42.0	5.3	16.9	670	5.3	4.8	1.6	6.3	2 830	6.1	5.2	9.2	35.7	10.8	42.0
27	8.6	2 830	7.5	6.8	13.6	68.2	6.5	12.5	547	6.6	6.3	2.0	10.0	2 283	7.7	6.9	11.6	58.2	15.2	74.5
33	10.8	2 283	9.1	8.7	16.0	102.0	7.3	9.1	446	8.0	8.1	2.4	15.0	1 837	9.4	8.9	13.6	87.0	19.6	118.3
39	12.9	1 837	10.6	10.6	17.2	132.0	7.5	6.8	359	9.3	9.8	2.6	19.4	1 478	10.9	10.8	14.6	112.6	23.2	163.3
46	15.1	1 478	12.2	12.7	18.2	163.7	7.3	5.3	281	10.9	11.8	2.8	23.9	1 197	12.5	12.8	15.4	139.8	26.8	214.4
53	17.0	1 197	13.7	14.5	18.5	187.4	6.8	4.2	222	12.3	13.6	2.8	27.0	975	14.1	14.8	15.7	160.4	29.9	262.0
60	18.7	975	15.2	16.3	18.4	203.8	6.2	3.4	180	13.7	15.3	2.8	29.6	795	15.6	16.5	15.6	174.2	32.6	305.4
67	20.3	795	16.7	17.9	18.0	212.7	5.5	2.8	154	14.7	16.6	2.7	30.0	641	17.2	18.2	15.3	182.7	35.0	343.9
74	21.7	641	18.4	19.5	17.5	217.0	4.9	2.5	123	16.3	18.2	2.6	30.8	518	18.9	19.8	14.9	186.2	37.2	378.2
81	23.0	518	20.1	21.0	16.8	217.7	4.5	2.2	101	17.6	19.6	2.5	30.9	417	20.7	21.4	14.3	186.8	39.1	409.7
88	24.1	417	21.9	22.4	16.0	216.2	4.2	2.1	83	18.9	20.7	2.4	30.3	334	22.6	22.8	13.6	185.9	40.8	439.1
95	25.1	334	23.9	23.8	15.1	213 9	4.0	2.0											42.3	467.1

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
18	5.0													3 000	4.9	3.9	6.2	19.2	6.2	19.2
23	7.0	3 000	6.6	5.6	11.3	45.7	5.3	16.3	729	6.0	5.3	2.3	9.1	2 271	6.8	5.7	9.0	36.6	11.3	45.7
28	9.0	2 271	8.3	7.3	13.0	68.1	6.3	12.0	529	7.6	7.0	2.6	13.3	1 742	8.5	7.4	10.4	54.8	15.3	77.2
34	11.2	1 742	9.9	9.3	14.3	95.0	6.7	8.9	419	9.1	8.8	2.9	18.6	1 323	10.2	9.4	11.4	76.4	19.2	117.4
41	13.6	1 323	11.7	11.5	15.1	123.3	6.7	6.7	318	10.7	10.9	3.0	24.0	1 005	12.1	11.6	12.1	99.3	22.9	164.3
49	16.0	1 005	13.6	13.8	15.4	149.7	6.3	5.1	238	12.5	13.1	5.1	29.0	767	14.0	14.0	12.3	120.7	26.2	214.7
57	18.0	767	15.5	15.9	15.0	165.5	5.6	3.9	185	14.1	15.1	3.0	31.8	582	16.0	16.2	12.0	133.7	28.9	259.5
65	19.8	582	17.4	17.9	14.4	172.9	4.9	3.2	146	15.6	16.8	2.9	33.0	436	18.1	18.3	11.5	139.9	31.3	298.7
73	21.5	436	19.6	19.9	13.5	174.3	4.3	2.7	112	17.2	18.5	2.7	33.1	324	20.4	20.3	10.8	141.2	33.3	333.1
81	23.0	324	22.0	21.8	12.5	170.8	3.7	2.4	84	19.1	20.2	2.4	31.6	240	23.0	22.3	10.1	139.2	35.0	362.7
89	24.3	240	24.6	23.6	11.5	165.6	3.3	2.2											36.4	389.1

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_v
18	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
22	6.6	4 000	5.7	5.0	11.5	44.2	5.5	16.6	646	4.5	4.4	1.2	4.4	3 354	6.0	5.1	10.3	39.8	11.5	44.2
26	8.2	3 354	7.0	6.3	14.0	66.2	6.6	12.5	522	5.6	5.6	1.4	6.4	2 832	7.2	6.5	12.6	59.8	15.2	70.6
31	10.1	2 832	8.4	8.0	16.7	97.8	7.6	9.6	439	6.7	7.0	1.7	9.4	2 393	8.7	8.2	15.0	88.4	19.3	108.6
36	11.9	2 393	9.6	9.6	18.6	128.4	8.0	7.4	366	7.9	8.5	1.9	12.5	2 027	10.0	9.8	16.7	115.9	22.9	148.6
41	13.6	2 027	10.9	11.1	19.8	156.4	8.1	6.0	284	9.2	10.1	2.0	15.0	1 743	11.2	11.3	17.8	141.4	26.0	189.1
47	15.4	1 743	12.2	12.8	21.1	189.4	8.0	4.8	312	11.1	12.1	3.1	27.5	1 431	12.4	13.0	18.0	161.9	29.3	237.1
53	17.0	1 431	13.4	14.4	21.1	206.9	7.5	4.1	253	12.4	13.8	3.2	30.4	1 178	13.6	14.5	17.9	176.5	32.4	282.1
59	18.5	1 178	14.7	15.8	20.6	216.7	6.7	5.4	211	13.4	15.0	3.1	31.6	967	14.9	15.9	17.5	185.1	35.1	322.3
65	19.8	967	15.9	17.1	19.9	221.1	6.0	3.0	174	14.6	16.3	3.0	32.3	793	16.2	17.3	16.9	188.8	37.5	358.3
71	21.1	793	17.2	18.4	19.0	221.2	5.4	2.6	153	15.2	17.2	2.9	31.6	640	17.7	18.7	16.1	189.6	39.6	390.7
77	22.3	640	18.7	19.7	18.1	218.4	4.8	2.4	125	16.4	18.4	2.7	31.0	515	19.3	20.1	15.4	187.4	41.6	419.5
83	23.3	515	20.4	21.0	17.1	214.4	4.5	2.2	102	17.7	19.6	2.6	30.2	413	21.0	21.4	14.5	184.2	43.3	446.5
89	24.3	413	22.1	22.3	16.1	209.4	4.2	2.1	81	19.2	20.7	2.4	29.1	332	22.8	22.7	13.7	180.3	44.9	471.7
95	25.1	332	24.0	23.5	15.1	203.7	3.9	2.0											46.3	495.1

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
26 ..	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
30 ..	6.3	4 000	5.4	4.7	10.4	37.8	3.9	13.0	646	4.3	4.1	1.1	3.8	3 354	5.7	4.8	9.3	34.0	10.4	37.8
34 ..	7.6	3 354	6.5	5.7	12.2	52.0	4.5	10.5	522	5.2	5.0	1.2	5.0	2 832	6.8	5.8	11.0	47.0	13.3	55.8
39 ..	9.1	2 832	7.7	7.0	14.2	72.5	5.1	8.5	439	6.2	6.1	1.4	7.0	2 393	8.0	7.2	12.8	65.5	16.5	81.3
44 ..	10.5	2 393	8.9	8.3	15.7	92.5	5.4	6.8	366	7.3	7.3	1.6	9.0	2 027	9.2	8.5	14.1	83.5	19.4	108.3
49 ..	11.9	2 027	10.0	9.6	16.8	111.5	5.6	5.7	284	8.5	8.7	1.7	10.7	1 743	10.3	9.8	15.1	100.8	22.1	136.3
55 ..	13.4	1 743	11.2	11.1	18.0	134.4	5.6	4.8	226	9.9	10.2	1.8	12.9	1 517	11.4	11.2	16.2	121.5	25.0	169.9
61 ..	14.9	1 517	12.3	12.4	18.8	154.5	5.5	4.0	204	10.7	11.4	1.9	14.8	1 313	12.6	12.6	16.9	139.7	27.6	202.9
67 ..	16.2	1 313	13.5	13.7	19.3	171.5	5.3	3.4	176	11.8	12.6	2.0	16.6	1 137	13.7	13.9	17.3	154.9	30.0	234.7
73 ..	17.5	1 137	14.6	15.0	19.5	184.9	5.0	2.9	152	12.8	13.8	2.0	17.9	985	14.9	15.1	17.5	167.0	32.2	264.7
79 ..	18.6	985	15.7	16.2	19.6	195.2	4.7	2.6	135	13.5	14.7	2.0	18.5	850	16.1	16.4	17.6	176.7	34.3	292.9
85 ..	19.7	850	16.9	17.3	19.5	203.7	4.5	2.4	117	14.5	15.8	2.0	19.1	733	17.3	17.6	17.5	184.6	36.2	319.9
91 ..	20.8	733	18.2	18.5	19.3	210.4	4.3	2.2	102	15.7	16.9	2.0	20.0	631	18.6	18.8	17.3	190.4	38.0	345.7
97 ..	21.7	631	19.5	19.6	19.0	215.0	4.1	2.0	86	17.0	18.0	2.0	20.9	545	19.9	19.8	17.0	194.1	39.7	370.3
103 ..	22.6	545	20.8	20.6	18.6	218.1	4.0	1.9	74	18.2	19.1	1.9	21.4	471	21.2	20.9	16.7	196.7	41.3	394.3
110 ..	23.3	471	22.2	21.7	18.4	224.0	3.9	1.8											43.0	421.6

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
26 ..	5.0													3 500	4.7	3.8	6.7	20.8	6.7	20.8
31 ..	6.6	3 500	5.9	5.0	10.6	40.3	3.9	12.8	670	5.3	4.7	1.6	6.0	2 830	6.1	5.1	9.0	34.3	10.6	40.3
36 ..	8.2	2 830	7.2	6.3	12.5	57.3	4.6	10.0	547	6.3	5.8	1.9	8.4	2 283	7.4	6.4	10.6	48.9	14.1	63.3
42 ..	10.0	2 283	8.6	7.9	14.2	79.5	5.1	7.9	446	7.6	7.3	2.2	11.7	1 837	8.8	8.0	12.0	67.8	17.7	93.9
48 ..	11.6	1 837	9.9	9.4	15.1	99.0	5.2	6.2	359	8.7	8.7	2.3	13.9	1 478	10.2	9.6	12.8	85.1	20.8	125.1
55 ..	13.4	1 478	11.4	11.1	15.8	121.5	5.2	5.0	281	10.2	10.4	2.4	17.9	1 197	11.7	11.3	13.4	103.6	23.8	161.5
62 ..	15.1	1 197	12.8	12.8	16.1	138.6	5.0	4.1	222	11.6	11.9	2.4	20.0	975	13.1	12.9	13.7	118.6	26.5	196.5
69 ..	16.7	975	14.3	14.3	16.1	150.8	4.6	3.4	180	12.9	13.4	2.4	22.0	795	14.6	14.5	13.7	128.8	28.9	228.7
76 ..	18.1	795	15.7	15.8	15.8	158.9	4.3	3.0	154	13.9	14.6	2.4	22.6	641	16.1	16.1	13.4	136.3	31.0	258.8
83 ..	19.4	641	17.3	17.2	15.4	163.6	3.9	2.6	123	15.3	16.0	2.3	23.4	518	17.7	17.5	13.1	140.2	33.0	286.1
90 ..	20.6	518	18.9	18.6	14.8	165.4	3.6	2.4	101	16.6	17.3	2.2	23.5	417	19.4	19.0	12.6	141.9	34.7	311.3
97 ..	21.7	417	20.6	20.0	14.1	165.7	3.4	2.2	83	17.9	18.3	2.1	23.4	334	21.3	20.4	12.0	142.3	36.2	335.1
104 ..	22.7	334	22.5	21.3	13.4	165.4	3.3	2.1											37.6	358.2

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
26 ..	5.0													3 000	4.9	3.9	6.2	19.2	6.2	19.2
32 ..	7.0	3 000	6.5	5.5	10.9	45.2	4.0	12.8	729	5.9	5.2	2.2	8.7	2 271	6.7	5.6	8.7	34.5	10.9	43.2
38 ..	8.8	2 271	8.1	7.1	12.5	62.7	4.7	9.7	529	7.5	6.8	2.5	12.3	1 742	8.3	7.2	10.0	50.4	14.7	71.4
45 ..	10.8	1 742	9.7	8.9	13.7	85.4	5.0	7.4	419	8.9	8.4	2.8	16.8	1 323	10.0	9.0	10.9	68.6	18.4	106.4
52 ..	12.7	1 323	11.3	10.7	13.9	102.9	4.9	5.7	318	10.4	10.1	2.8	20.2	1 005	11.6	10.8	11.1	82.7	21.4	140.7
60 ..	14.6	1 005	13.1	12.6	14.0	119.5	4.6	4.5	238	12.0	12.0	2.8	23.3	767	13.4	12.8	11.2	96.2	24.3	177.5
68 ..	16.5	767	14.8	14.4	13.6	129.8	4.2	3.7	185	13.5	13.6	2.7	25.1	582	15.2	14.7	10.9	104.7	26.7	211.1
76 ..	18.1	582	16.6	16.2	13.0	135.1	3.8	3.2	146	14.9	15.2	2.6	25.9	436	17.2	16.5	10.4	109.2	28.8	241.5
84 ..	19.5	436	18.6	17.9	12.2	136.4	3.4	2.8	112	16.5	16.6	2.4	25.9	324	19.4	18.4	9.8	110.5	30.6	268.7
92 ..	20.9	324	20.9	19.7	11.3	134.5	3.0	2.4	84	18.3	18.2	2.2	25.2	240	21.8	20.2	9.1	109.3	32.1	292.7
100 ..	22.2	240	23.4	21.4	10.4	131.7	2.8	2.3											33.4	315.1

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
26 ..	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
30 ..	6.3	4 000	5.4	4.7	10.4	37.8	3.9	13.0	646	4.3	4.1	1.1	3.8	3 354	5.7	4.8	9.3	34.0	10.4	37.8
34 ..	7.6	3 354	6.5	5.7	12.2	52.0	4.5	10.5	522	5.2	5.0	1.2	5.0	2 832	6.8	5.8	11.0	47.0	13.3	55.8
39 ..	9.1	2 832	7.7	7.0	14.2	72.5	5.1	8.5	439	6.2	6.1	1.4	7.0	2 393	8.0	7.2	12.8	65.5	16.5	81.3
44 ..	10.5	2 393	8.9	8.3	15.7	92.5	5.4	6.8	366	7.3	7.3	1.6	9.0	2 027	9.2	8.5	14.1	83.5	19.4	108.3
49 ..	11.9	2 027	10.0	9.6	16.8	111.5	5.6	5.7	284	8.5	8.7	1.7	10.7	1 743	10.3	9.8	15.1	100.8	22.1	136.3
55 ..	13.4	1 743	11.2	11.1	18.0	134.4	5.6	4.8	312	10.3	10.5	2.7	19.5	1 431	11.4	11.2	15.3	114.9	25.0	169.9
61 ..	14.9	1 431	12.4	12.4	18.0	147.3	5.4	4.1	253	11.5	11.8	2.7	21.7	1 178	12.6	12.5	15.3	125.6	27.7	202.3
67 ..	16.2	1 178	13.6	13.7	17.7	155.6	5.0	3.6	211	12.5	13.0	2.7	22.7	967	13.8	13.8	15.0	132.9	30.1	232.3
73 ..	17.5	967	14.8	14.9	17.1	160.5	4.6	3.1	174	13.6	14.1	2.6	23.6	793	15.1	15.1	14.5	136.9	32.2	259.9
79 ..	18.1	793	16.1	16.1	16.5	162.7	4.3	2.9	153	14.3	15.0	2.5	23.4	640	16.5	16.4	14.0	139.3	34.2	285.7
85 ..	19.7	640	17.5	17.3	15.7	163.3	4.0	2.6	125	15.4	16.0	2.4	23.2	515	18.0	17.6	13.3	140.1	35.9	309.7
91 ..	20.8	515	19.0	18.6	14.9	162.3	3.7	2.4	102	16.7	17.1	2.2	23.0	413	19.6	18.9	12.7	139.3	37.5	331.9
97 ..	21.7	413	20.7	19.8	14.1	159.7	3.4	2.3	81	18.0	18.2	2.1	22.4	332	21.3	20.1	12.0	137.3	38.9	352.3
103 ..	22.6	332	22.4	21.0	13.3	156.5	3.2	2.2											40.2	371.5

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
36 ..	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
40 ..	6.0	4 000	5.3	4.5	9.7	34.2	3.0	10.6	646	4.2	3.9	1.0	3.4	3 354	5.5	4.6	8.7	30.8	9.7	34.2
44 ..	7.1	3 354	6.2	5.4	11.1	44.0	3.3	8.8	522	5.0	4.7	1.1	4.3	2 832	6.4	5.5	10.0	39.7	12.1	47.4
49 ..	8.4	2 832	7.3	6.5	12.7	58.2	3.7	7.6	439	5.9	5.6	1.3	5.6	2 393	7.6	6.6	11.4	52.6	14.8	65.9
54 ..	9.7	2 393	8.4	7.6	13.9	72.6	4.0	6.4	366	6.8	6.7	1.4	7.0	2 027	8.6	7.8	12.5	65.6	17.3	85.9
59 ..	10.9	2 027	9.4	8.8	14.8	86.1	4.1	5.4	284	8.0	7.9	1.5	8.3	1 743	9.6	8.9	13.3	77.8	19.6	106.4
65 ..	12.3	1 743	10.5	10.0	15.8	103.0	4.2	4.6	226	9.3	9.3	1.6	9.9	1 517	10.7	10.2	14.2	93.1	22.1	131.6
71 ..	13.6	1 517	11.6	11.3	16.5	118.3	4.2	4.0	204	10.1	10.3	1.7	11.2	1 313	11.8	11.4	14.8	107.1	24.4	156.8
77 ..	14.8	1 313	12.6	12.5	17.0	132.3	4.2	3.5	176	11.1	11.5	1.8	12.8	1 137	12.9	12.6	15.2	119.5	26.6	182.0
83 ..	16.0	1 137	13.7	13.7	17.2	143.5	4.0	3.0	152	12.1	12.6	1.8	14.1	985	14.0	13.8	15.4	129.4	28.6	206.0
89 ..	17.1	985	14.8	14.8	17.3	152.8	3.9	2.8	135	12.8	13.5	1.8	14.7	850	15.1	15.0	15.5	138.1	30.5	229.4
95 ..	18.1	850	15.9	15.9	17.3	160.3	3.7	2.5	117	13.8	14.6	1.8	15.2	733	16.3	16.1	15.5	145.1	32.3	251.6
101 ..	19.1	733	17.1	17.0	17.2	166.7	3.6	2.3	101	14.8	15.6	1.8	15.8	632	17.5	17.3	15.4	150.9	34.0	273.2
108 ..	20.2	632	18.5	18.3	17.2	175.4	3.5	2.1	86	16.2	16.9	1.8	17.2	546	18.8	18.5	15.4	158.2	35.8	297.7
115 ..	21.2	546	19.8	19.4	17.0	182.0	3.4	2.0											37.4	321.5

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
36 ..	5.0													3 500	4.7	3.8	6.7	20.8	6.7	20.8
41 ..	5.4	3 500	5.7	4.8	9.9	35.3	2.9	10.3	670	5.1	4.5	1.5	5.3	2 830	5.9	4.9	8.4	30.0	9.9	35.3
46 ..	7.7	2 830	6.8	5.9	11.2	46.5	3.3	8.6	547	6.0	5.4	1.7	6.8	2 283	7.0	6.0	9.5	39.7	12.7	51.8
52 ..	9.2	2 283	8.1	7.2	12.5	61.9	3.7	7.3	446	7.1	6.6	1.9	9.2	1 837	8.3	7.3	10.6	52.7	15.7	74.0
58 ..	10.1	1 837	9.3	8.5	13.2	75.5	3.8	5.9	359	8.2	7.8	2.0	11.2	1 478	9.6	8.7	11.2	64.3	18.3	96.8
65 ..	12.3	1 478	10.7	10.1	13.8	91.6	3.9	5.0	281	9.6	9.4	2.1	13.5	1 197	10.9	10.2	11.7	78.1	20.9	124.1
72 ..	13.8	1 197	12.0	11.5	14.1	104.7	3.8	4.2	222	10.8	10.8	2.1	15.2	975	12.3	11.7	12.0	89.5	23.3	150.7
79 ..	15.2	975	13.4	13.0	14.2	115.4	3.7	3.6	180	12.1	12.2	2.2	17.0	795	13.7	13.2	12.0	98.4	25.5	176.6
86 ..	16.5	795	14.7	14.4	13.9	122.9	3.5	3.2	154	13.0	13.3	2.1	17.6	641	15.1	14.6	11.8	105.3	27.4	201.1
93 ..	17.8	641	16.2	15.8	13.6	127.7	3.2	2.7	123	14.5	14.7	2.1	18.4	518	16.7	16.0	11.5	109.3	29.2	223.5
100 ..	18.9	518	17.8	17.1	13.1	130.3	3.0	2.5	101	15.7	15.9	2.0	18.8	417	18.3	17.4	11.1	111.5	30.8	244.5
107 ..	20.0	417	19.4	18.4	12.5	131.8	2.9	2.4	83	17.0	17.0	1.9	18.7	334	20.0	18.8	10.6	113.1	32.2	264.8
115 ..	21.2	334	21.3	19.9	12.1	135.5	2.8	2.3											33.7	287.2

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
36 ..	5.0													3 000	4.9	3.9	6.2	19.2	6.2	19.2
42 ..	6.6	3 000	6.2	5.2	9.9	37.2	2.9	10.3	729	5.7	4.9	2.0	7.4	2 271	6.4	5.2	7.9	29.8	9.9	37.2
48 ..	8.2	2 271	7.6	6.5	11.0	49.6	3.3	8.3	529	7.0	6.2	2.2	9.7	1 742	7.8	6.6	8.8	39.9	13.0	57.0
55 ..	9.9	1 742	9.1	8.1	11.9	65.1	3.6	6.9	419	8.3	7.6	2.4	12.8	1 323	9.3	8.2	9.5	52.3	16.1	82.2
62 ..	11.6	1 323	10.5	9.6	12.1	77.5	5.6	5.5	318	9.7	9.1	2.4	15.2	1 005	10.8	9.8	9.7	62.3	18.7	107.4
70 ..	13.4	1 005	12.2	11.4	12.2	90.3	3.5	4.6	238	11.2	10.8	2.5	17.7	767	12.5	11.5	9.7	72.6	21.2	135.4
78 ..	15.0	767	13.8	13.0	11.9	99.0	3.3	3.8	185	12.6	12.3	2.4	19.2	582	14.2	13.3	9.5	79.8	23.4	161.8
86 ..	16.5	582	15.6	14.7	11.4	104.6	3.1	3.4	146	14.0	13.8	2.3	20.3	436	16.1	15.0	9.1	84.3	25.3	186.6
94 ..	18.0	436	17.5	16.3	10.7	106.7	2.8	2.9	112	15.5	15.2	2.2	20.4	324	18.2	16.7	8.5	86.3	26.9	209.0
102 ..	19.2	324	19.6	18.0	10.0	107.1	2.6	2.7	85	17.2	16.7	2.0	20.5	239	20.5	18.5	8.0	86.6	28.4	229.8
110 ..	20.4	239	22.0	19.7	9.2	105.8	2.4	2.5											29.6	249.0

Päätaulukot — *Main tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

T	H_{dom}	Ennen hakkuuta — *Before cutting*							Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen — *After cutting*					Kokonaiskasvu *Yield*	
		N	D_u	H	G_u	V_{uk}	I_v	p_v	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	N	D_u	H	G_u	V_{uk}	Y_G	Y_V
36 ..	5.0													4 000	4.5	3.7	7.2	22.2	7.2	22.2
40 ..	6.0	4 000	5.3	4.5	9.7	34.2	3.0	10.6	646	4.2	3.9	1.0	3.4	3 354	5.5	4.6	8.7	30.8	9.7	34.2
44 ..	7.1	3 354	6.2	5.4	11.1	44.0	3.3	8.8	522	5.0	4.7	1.1	4.3	2 832	6.4	5.5	10.0	39.7	12.1	47.4
49 ..	8.4	2 832	7.3	6.5	12.7	58.2	3.7	7.6	439	5.9	5.6	1.3	5.6	2 393	7.6	6.6	11.4	52.6	14.8	65.9
54 ..	9.7	2 393	8.4	7.6	13.9	72.6	4.0	6.4	366	6.8	6.7	1.4	7.0	2 027	8.6	7.8	12.5	65.6	17.3	85.9
59 ..	10.9	2 027	9.4	8.8	14.8	86.1	4.1	5.4	284	8.0	7.9	1.5	8.3	1 743	9.6	8.9	13.3	77.8	19.6	106.4
65 ..	12.3	1 743	10.5	10.0	15.8	103.0	4.2	4.6	312	9.6	9.5	2.4	15.0	1 431	10.7	10.2	13.4	88.0	22.1	131.6
71 ..	13.6	1 431	11.7	11.3	15.8	113.2	4.2	4.2	253	10.8	10.8	2.4	16.8	1 178	11.8	11.4	13.4	96.4	24.5	156.8
77 ..	14.8	1 178	12.8	12.4	15.6	120.4	4.0	3.7	211	11.8	11.8	2.4	17.7	967	13.0	12.6	13.2	102.7	26.7	180.8
83 ..	16.0	967	13.9	13.6	15.1	125.5	3.8	3.3	174	12.8	12.9	2.3	18.4	793	14.2	13.8	12.8	107.1	28.6	203.6
89 ..	17.1	793	15.1	14.7	14.6	128.1	3.5	3.0	153	13.5	13.7	2.2	18.6	640	15.5	15.0	12.4	109.5	30.4	224.6
95 ..	18.1	640	16.5	15.9	13.9	129.3	3.3	2.8	125	14.6	14.8	2.1	18.6	515	16.9	16.2	11.8	110.7	31.9	244.4
101 ..	19.1	515	17.9	17.1	13.3	129.3	3.1	2.6	102	15.8	15.8	2.0	18.6	413	18.5	17.4	11.3	110.7	33.4	263.0
108 ..	20.2	413	19.6	18.4	12.7	131.0	2.9	2.4	81	17.2	17.0	1.9	18.6	332	20.2	18.8	10.8	112.4	34.8	283.3
115 ..	21.2	332	21.4	19.7	12.1	131.3	2.7	2.2											36.1	302.2

PUUTAVARATAULUKOT

TIMBER TABLES

Puutavarataulukoissa käytetyt merkinnät (vrt. myös s. 20—21).
Symbols used in timber tables (cf. also p. 54—55).

T = Metsikön ikä, v. — *Stand age, years.*

N_j = Tukkipuiden lukumäärä hehtaarilla (minimityvitukki n. 18′ × 5″). — *Number of saw-timber trees per ha. (minimum requirements for butt logs: top diameter under bark of 5 in. and 18 ft. of length).*

J = Tukkipuiden keskikuutio, j^3. — *Mean cubic volume of saw-timber trees, cu.ft. (based on top diameter under bark of logs).*

V_j = Tukkipuumäärä hehtaarilla, j^3. — *Total saw-timber volume per ha., cu.ft.*

V_p = Paperipuumäärä hehtaarilla, $p\text{-}m^3$ puolipuhtaana (minivaatimus 8 cm kuoren alta). — *Total pulpwood volume per ha., cu.m., stacked measure, half-barked (minimum requirement 8 cm. under bark).*

V_o = Ohutpuumäärä hehtaarilla, $p\text{-}m^3$ k:neen (minimivaatimus 5 cm kuoren alta). — *Total smallwood volume per ha., cu.m., stacked measure, incl. bark (minimum requirement 5 cm. under bark).*

Y_{Nj} = Iänkohtaan mennessä kertynyt tukkipuurunkojen kokonaislukumäärä hehtaarilla. — *Number of saw-timber trees produced up to age in question per ha.*

Y_{Vj} = Iänkohtaan mennessä kertynyt tukkipuun kokonaistuotos hehtaarilla, j^3. — *Yield in saw-timber up to the age in question per ha., cu.ft.*

Y_{Vp} = Iänkohtaan mennessä kertynyt paperipuun kokonaistuotos hehtaarilla, $p\text{-}m^3$ puolipuhtaana. — *Yield in pulpwood up to the age in question per ha., cu.m., stacked measure, half-barked.*

Y_{Vo} = Iänkohtaan mennessä kertynyt ohutpuun kokonaistuotos hehtaarilla, $p\text{-}m^3$ k:neen. — *Yield in smallwood up to the age in question per ha., cu.m., stacked measure, incl. bark.*

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
13															6.0					6.0
16				0.9	32.0					1.8				0.9	30.2				0.9	32.0
19				10.3	51.4				0.1	4.7				10.2	46.7				10.3	53.2
23				45.0	52.2				1.7	6.4				43.3	45.8				45.1	58.7
27				88.5	48.8				4.9	6.9				83.6	41.9				90.3	61.7
32	32	3.4	109	139.8	42.8				10.8	6.0	32	3.4	109	129.0	36.8	32	3.4	109	146.5	62.6
37	193	3.5	677	160.5	36.0				16.5	5.0	193	3.5	677	144.0	31.0	193	3.5	677	178.0	61.8
43	532	3.8	2 024	146.5	29.3	21	2.9	60	18.8	4.4	511	3.8	1 964	127.7	24.9	532	3.8	2 024	180.5	60.1
49	682	4.7	3 206	130.4	24.3	45	3.7	166	18.3	3.5	637	4.8	3 040	112.1	20.8	703	4.6	3 266	183.2	59.5
55	751	5.7	4 289	108.9	20.4	58	4.5	260	17.5	2.8	693	5.8	4 029	91.4	17.6	817	5.5	4 515	180.0	59.1
61	782	6.8	5 294	83.5	17.3	65	4.9	320	16.1	2.5	717	6.9	4 974	67.4	14.8	906	6.4	5 780	172.1	58.8
67	774	8.0	6 185	58.7	14.7	82	5.2	426	12.5	2.1	692	8.3	5 759	46.2	12.6	963	7.3	6 991	163.4	58.7
73	716	9.6	6 868	39.8	12.5	89	6.1	539	8.9	1.8	627	10.1	6 329	30.9	10.7	987	8.2	8 100	157.0	58.6
80	631	11.9	7 486	27.1	10.7											991	9.3	9 257	153.2	58.6

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
13															6.0					6.0
16				1.0	32.3					4.0				1.0	28.3				1.0	32.3
20				18.9	47.4				1.4	7.5				17.5	39.9				18.9	51.4
25				66.1	44.6				7.0	8.1				59.1	36.5				67.5	56.1
31	32	3.5	113	122.1	38.1				15.9	7.3	32	3.5	113	106.2	30.8	32	3.5	113	130.5	57.7
38	271	3.8	1 042	137.4	30.0	15	3.3	50	23.0	5.9	256	3.9	992	114.4	24.1	271	3.8	1 042	161.7	56.9
45	519	4.6	2 402	116.2	22.7	57	3.9	221	21.5	4.5	462	4.7	2 181	94.7	18.2	534	4.6	2 452	163.5	55.5
52	608	5.8	3 539	91.3	17.6	78	5.0	394	18.2	3.4	530	5.9	3 145	73.1	14.2	680	5.6	3 810	160.1	54.9
59	617	7.2	4 433	66.5	14.0	87	5.4	473	16.2	2.8	530	7.5	3 960	50.3	11.2	767	6.6	5 098	153.5	54.7
66	583	8.9	5 177	42.3	11.1	94	6.5	614	11.2	2.2	489	9.3	4 563	31.1	8.9	820	7.7	6 315	145.5	54.6
73	510	11.1	5 647	25.6	8.8	94	7.5	709	7.1	1.7	416	11.9	4 938	18.5	7.1	841	8.8	7 399	140.0	54.5
80	417	14.1	5 893	16.1	7.1											842	9.9	8 354	137.6	54.5

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
13															6.0					6.0
17				3.6	41.3				0.3	7.7				3.3	33.6				3.6	41.3
22				41.0	43.8				6.0	9.7				35.0	34.1				41.3	51.5
28	8	3.4	27	99.4	36.0				17.2	8.6	8	3.4	27	82.2	27.4	8	3.4	27	105.7	53.4
35	189	3.8	720	121.6	27.0	12	3.3	39	27.0	6.7	177	3.8	681	94.6	20.3	189	3.8	720	145.1	53.0
42	473	4.5	2 112	89.6	19.0	78	3.8	298	21.7	4.7	395	4.6	1 814	67.9	14.3	485	4.4	2 151	140.1	51.7
50	516	6.1	3 160	66.4	13.7	98	5.0	488	17.7	3.4	418	6.4	2 672	48.7	10.3	606	5.8	3 497	138.6	51.1
58	486	8.1	3 943	42.7	10.2	101	6.2	630	13.4	2.6	385	8.6	3 313	29.3	7.6	674	7.1	4 768	132.6	51.0
66	414	10.7	4 444	23.9	7.5	94	7.7	722	9.0	2.0	320	11.6	3 722	14.9	5.5	703	8.4	5 899	127.2	50.9
74	324	14.5	4 696	12.3	5.5	85	9.6	817	4.3	1.4	239	16.2	3 879	8.0	4.1	707	9.7	6 873	124.6	50.9
80	239	19.1	4 566	7.1	4.1											707	10.7	7 560	123.7	50.9

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
13															6.0					6.0
16				0.9	32.0					1.8				0.9	30.2				0.9	32.0
19				10.3	51.4				0.1	4.7				10.2	46.7				10.3	53.2
23				45.0	52.2				1.7	6.4				43.3	45.8				45.1	58.7
27				88.5	48.8				4.9	6.9				83.6	41.9				90.3	61.7
32	32	3.4	109	139.8	42.8				10.8	6.0	32	3.4	109	129.0	36.8	32	3.4	109	146.5	62.6
37	193	3.5	677	160.5	36.0				16.5	5.0	193	3.5	677	144.0	31.0	193	3.5	677	178.0	61.8
43	532	3.8	2 024	146.5	29.3	56	3.3	184	26.0	5.5	476	3.9	1 840	120.5	23.8	532	3.8	2 024	180.5	60.1
49	638	4.8	3 062	123.8	23.0	81	4.1	334	23.1	4.3	557	4.9	2 728	100.7	18.7	694	4.7	3 246	183.8	59.3
55	683	5.8	3 985	95.2	18.3	95	5.0	470	18.7	3.3	588	6.0	3 515	76.5	15.0	820	5.5	4 503	178.3	58.9
61	663	7.0	4 673	70.0	14.8	97	5.4	522	16.9	2.9	566	7.3	4 151	53.1	11.9	895	6.3	5 661	171.8	58.7
67	616	8.5	5 251	45.3	11.7	100	6.2	624	12.4	2.4	516	9.0	4 627	32.9	9.3	945	7.2	6 761	164.0	58.5
73	538	10.4	5 609	27.2	9.3	100	7.2	722	7.4	1.8	438	11.2	4 887	19.8	7.5	967	8.0	7 743	158.3	58.5
80	439	13.3	5 854	17.2	7.5											968	9.0	8 710	155.7	58.5

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
15															6.0					6.0
18				0.5	28.2					1.4				0.5	26.8				0.5	28.2
22				12.5	51.7				0.2	4.9				12.3	46.8				12.5	53.1
26				43.3	51.8				1.6	6.4				41.7	45.4				43.5	58.1
31				93.8	48.9				5.4	7.1				88.4	41.8				95.6	61.6
36	27	3.4	92	140.3	42.4				11.3	6.1	27	3.4	92	129.0	36.3	27	3.4	92	147.5	62.2
42	193	3.6	697	165.5	35.2				17.3	4.9	193	3.6	697	148.2	30.3	193	3.6	697	184.0	61.1
48	528	3.9	2 046	144.8	28.9	21	3.0	62	18.8	4.3	507	3.9	1 984	126.0	24.6	528	3.9	2 046	180.6	59.7
54	678	4.7	3 156	127.0	24.0	46	3.6	167	17.5	3.4	632	4.7	2 989	109.5	20.6	699	4.6	3 218	181.6	59.1
60	745	5.6	4 156	106.4	20.3	57	4.3	248	17.0	2.8	688	5.7	3 908	89.4	17.5	812	5.4	4 385	178.5	58.8
66	775	6.6	5 101	81.7	17.2	61	4.7	285	16.3	2.5	714	6.7	4 816	65.4	14.7	899	6.2	5 578	170.8	58.5
72	772	7.7	5 969	56.6	14.5	82	5.2	426	11.8	2.0	690	8.0	5 543	44.8	12.5	957	7.0	6 731	162.0	58.3
78	716	9.2	6 601	38.4	12.4	92	5.8	534	8.1	1.8	624	9.7	6 067	30.3	10.6	983	7.9	7 789	155.6	58.2
84	628	11.2	7 025	27.2	10.7	86	7.2	618	5.0	1.5	540	11.9	6 407	22.2	9.2	987	8.9	8 747	152.5	58.3
90	540	13.5	7 311	20.1	9.2											985	9.8	9 651	150.4	58.3

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
15															6.0					6.0
19				2.0	38.2					5.0				2.0	33.2				2.0	38.2
23				20.4	48.9				1.5	7.9				18.9	41.0				20.4	53.9
28				62.2	45.3				6.4	8.2				55.8	37.1				63.7	58.2
34	18	3.4	62	113.5	39.0				14.3	7.5	18	3.4	62	99.2	31.5	18	3.4	62	121.4	60.1
41	248	3.5	880	128.4	29.8	13	3.1	41	21.0	5.9	235	3.6	839	107.4	23.9	248	3.5	880	150.6	58.4
48	489	4.3	2 084	111.1	22.8	52	3.6	185	20.3	4.5	437	4.3	1 899	90.8	18.3	502	4.2	2 125	154.3	57.3
55	585	5.3	3 115	89.3	17.7	74	4.6	341	17.5	3.4	511	5.4	2 774	71.8	14.3	650	5.1	3 341	152.8	56.7
62	601	6.6	3 961	66.1	14.1	83	5.0	413	15.9	2.8	518	6.8	3 548	50.2	11.3	740	6.1	4 528	147.1	56.5
69	573	8.2	4 672	43.1	11.1	91	6.0	545	11.2	2.2	482	8.6	4 127	31.9	8.9	795	7.1	5 652	140.0	56.3
76	506	10.2	5 142	26.6	8.9	92	6.9	634	7.4	1.7	414	10.9	4 508	19.2	7.2	819	8.1	6 667	134.7	56.3
83	417	13.0	5 412	16.6	7.1	83	8.3	687	4.5	1.4	334	14.1	4 725	12.1	5.7	822	9.2	7 571	132.1	56.2
90	334	16.6	5 551	10.8	5.7											822	10.2	8 397	130.8	56.2

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
15															6.0					6.0
19				2.2	36.9				0.2	6.6				2.0	30.3				2.2	36.9
24				29.3	44.0				4.1	9.8				25.2	34.2				29.5	50.6
30				79.5	35.9				13.2	8.5				66.3	27.4				83.8	52.3
37	93	3.7	341	113.8	27.0	1	2.9	3	23.0	6.7	92	3.6	338	90.8	20.3	93	3.7	341	131.3	51.9
45	383	4.3	1 655	91.7	19.0	58	3.7	215	22.1	4.8	325	4.4	1 440	69.6	14.2	384	4.3	1 658	132.2	50.6
53	499	5.5	2 757	63.3	13.6	93	4.4	409	17.1	3.4	406	5.8	2 348	46.2	10.2	558	5.3	2 975	125.9	50.0
61	469	7.4	3 479	41.9	10.0	95	5.5	524	13.6	2.6	374	7.9	2 955	28.3	7.4	621	6.6	4 106	121.6	49.8
69	401	9.9	3 978	24.0	7.4	91	7.0	634	9.2	2.0	310	10.8	3 344	14.8	5.4	648	7.9	5 129	117.3	49.8
77	316	13.4	4 249	12.1	5.4	83	8.9	739	4.2	1.4	233	15.1	3 510	7.9	4.0	654	9.2	6 034	114.6	49.8
85	233	18.5	4 307	6.9	4.0											654	10.4	6 831	113.6	49.8

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Ligth/Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
15															6.0					6.0
18				0.5	28.2					1.4				0.5	26.8				0.5	28.2
22				12.5	51.7				0.2	4.9				12.3	46.8				12.5	53.1
26				43.3	51.8				1.6	6.4				41.7	45.4				43.5	58.1
31				93.8	48.9				5.4	7.1				88.4	41.8				95.6	61.6
36	27	3.4	92	140.3	42.4				11.3	6.1	27	3.4	92	129.0	36.3	27	3.4	92	147.5	62.2
42	193	3.6	697	165.5	35.2	11	3.1	35	25.5	6.5	182	3.6	662	140.0	28.7	193	3.6	697	184.0	61.1
48	496	4.0	1 963	138.3	27.3	51	3.4	174	25.1	5.0	445	4.0	1 789	113.2	22.3	507	3.9	1 998	182.3	59.7
54	628	4.7	2 976	111.1	21.5	80	4.0	318	21.1	3.9	548	4.9	2 658	90.0	17.6	690	4.6	3 185	180.2	58.9
60	659	5.7	3 778	85.4	17.3	91	4.8	438	17.3	3.2	568	5.9	3 340	68.1	14.1	801	5.4	4 305	175.6	58.6
66	633	6.9	4 383	62.6	13.9	93	5.2	480	15.4	2.8	540	7.2	3 903	47.2	11.1	866	6.2	5 348	170.1	58.4
72	583	8.4	4 887	40.9	11.0	96	5.9	571	11.0	2.2	487	8.9	4 316	29.9	8.8	909	7.0	6 332	163.8	58.3
78	506	10.3	5 204	25.3	8.8	95	6.8	642	7.5	1.8	411	11.1	4 562	17.8	7.0	928	7.8	7 220	159.2	58.3
84	411	13.0	5 345	15.9	7.0	81	8.4	681	4.2	1.4	330	14.1	4 664	11.7	5.6	928	8.6	8 003	157.3	58.3
90	330	16.3	5 384	10.6	5.6											928	9.4	8 723	156.2	58.3

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
18															6.0					6.0
22				0.9	33.6					1.9				0.9	31.7				0.9	33.6
26				12.0	52.0				0.1	4.9				11.9	47.1				12.0	53.9
31				46.6	54.4				1.8	6.8				44.8	47.6				46.7	61.2
36				92.0	49.4				5.3	7.1				86.7	42.3				93.9	63.0
41	11	3.3	37	135.9	42.3				10.3	5.9	11	3.3	37	125.6	36.4	11	3.3	37	143.1	63.0
47	149	3.5	515	161.4	35.4				16.0	4.8	149	3.5	515	145.4	30.6	149	3.5	515	178.9	62.0
53	393	3.8	1 485	154.3	29.5	8	2.9	23	19.2	4.3	385	3.8	1 462	135.1	25.2	393	3.8	1 485	187.8	60.9
59	648	4.2	2 732	126.8	24.2	41	3.3	135	17.7	3.4	607	4.3	2 597	109.1	20.8	656	4.2	2 755	179.5	59.9
65	751	5.0	3 743	103.4	20.4	58	3.9	227	16.3	2.8	693	5.1	3 516	87.1	17.6	800	4.9	3 901	173.8	59.5
71	782	5.9	4 612	80.4	17.3	65	4.3	279	15.1	2.5	717	6.0	4 333	65.3	14.8	889	5.6	4 997	167.1	59.2
77	774	7.0	5 399	57.5	14.7	82	4.6	375	11.9	2.1	692	7.3	5 024	45.6	12.6	946	6.4	6 063	159.3	59.1
83	716	8.4	6 006	39.9	12.5	89	5.4	477	8.6	1.8	627	8.8	5 529	31.1	10.7	970	7.3	7 045	153.6	59.0
89	631	10.2	6 433	28.1	10.7	86	6.6	566	5.1	1.5	545	10.8	5 867	23.0	9.2	974	8.2	7 949	150.4	59.0
95	545	12.3	6 719	21.0	9.2											974	9.0	8 801	148.4	59.0

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
18															6.0					6.0
22				1.1	32.8					4.1				1.1	28.7				1.1	32.8
27				18.6	48.3				1.4	7.7				17.2	40.6				18.6	52.4
33				63.2	45.2				6.7	8.3				56.5	36.9				64.6	57.0
39	6	3.3	20	110.2	37.8				13.7	7.2	6	3.3	20	96.5	30.6	6	3.3	20	118.3	57.9
46	148	3.6	538	132.6	30.0	6	3.2	19	20.4	5.8	142	3.7	519	112.2	24.2	148	3.6	538	154.4	57.3
53	403	4.0	1 629	114.9	23.0	37	3.4	127	20.8	4.5	366	4.1	1 502	94.1	18.5	409	4.0	1 648	157.1	56.1
60	561	4.8	2 705	88.2	17.8	70	4.2	294	17.0	3.4	491	4.9	2 411	71.2	14.4	604	4.7	2 851	151.2	55.4
67	601	5.9	3 528	64.4	14.1	83	4.5	370	15.2	2.8	518	6.1	3 158	49.2	11.3	714	5.6	3 968	144.4	55.1
74	573	7.3	4 192	42.7	11.1	91	5.4	494	10.9	2.2	482	7.7	3 698	31.8	8.9	769	6.5	5 002	137.9	54.9
81	506	9.2	4 639	26.8	8.8	92	6.3	581	7.2	1.7	414	9.8	4 058	19.6	7.1	793	7.5	5 943	132.9	54.8
88	417	11.7	4 896	17.1	7.1	83	7.6	630	4.5	1.4	334	12.8	4 266	12.6	5.7	796	8.5	6 781	130.4	54.8
95	334	15.1	5 036	11.3	5.7											796	9.5	7 551	129.1	54.8

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
18															6.0					6.0
23				3.0	40.3				0.3	7.4				2.7	32.9				3.0	40.3
28				26.3	44.5				3.5	9.8				22.8	34.7				26.6	51.9
34				69.2	35.1				11.3	8.2				57.9	26.9				73.0	52.3
41	41	3.5	145	107.1	27.3				20.5	6.6	41	3.5	145	86.6	20.7	41	3.5	145	122.2	52.7
49	254	4.1	1 048	99.9	19.6	32	3.5	113	22.9	4.8	222	4.2	935	77.0	14.8	254	4.1	1 048	135.5	51.6
57	448	4.9	2 209	66.3	13.9	78	4.1	317	17.4	3.4	370	5.1	1 892	48.9	10.5	480	4.8	2 322	124.8	50.7
65	464	6.4	2 962	42.8	10.2	93	5.0	461	13.1	2.6	371	6.7	2 501	29.7	7.6	574	5.9	3 392	118.7	50.4
73	409	8.4	3 454	24.7	7.5	91	6.1	557	8.9	2.0	318	9.1	2 897	15.8	5.5	612	7.1	4 345	113.7	50.3
81	324	11.5	3 722	13.2	5.5	84	7.6	636	4.5	1.4	240	12.9	3 086	8.7	4.1	618	8.4	5 170	111.1	50.3
89	240	15.9	3 818	7.7	4.1											618	9.6	5 902	110.1	50.3

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
18															6.0					6.0
22				0.9	33.6					1.9				0.9	31.7				0.9	33.6
26				12.0	52.0				0.1	4.9				11.9	47.1				12.0	53.9
31				46.6	54.4				1.8	6.8				44.8	47.6				46.7	61.2
36				92.0	49.4				5.3	7.1				86.7	42.3				93.9	63.0
41	11	3.3	37	135.9	42.3				10.3	5.9	11	3.3	37	125.6	36.4	11	3.3	37	143.1	63.0
47	149	3.5	515	161.4	35.4	7	3.0	21	24.3	6.5	142	3.5	494	137.1	28.9	149	3.5	515	178.9	62.0
53	369	3.9	1 427	147.6	27.9	29	3.4	98	26.3	5.2	340	3.9	1 329	121.3	22.7	376	3.9	1 448	189.4	61.0
59	605	4.3	2 602	110.3	21.7	74	3.6	269	21.0	4.0	531	4.4	2 333	89.3	17.7	641	4.2	2 721	178.4	60.0
65	647	5.2	3 371	84.9	17.3	87	4.5	391	17.1	3.2	560	5.3	2 980	67.8	14.1	757	5.0	3 759	174.0	59.6
71	643	6.2	3 989	60.7	13.9	95	4.7	444	14.8	2.8	548	6.5	3 545	45.9	11.1	840	5.7	4 768	166.9	59.4
77	588	7.6	4 459	40.1	11.0	96	5.4	523	10.9	2.2	492	8.0	3 936	29.2	8.8	880	6.5	5 682	161.1	59.3
83	509	9.4	4 763	25.0	8.8	96	6.2	598	6.9	1.8	413	10.1	4 165	18.1	7.0	897	7.3	6 509	156.9	59.3
89	413	11.9	4 897	16.3	7.0	81	7.8	628	4.2	1.4	332	12.9	4 269	12.1	5.6	897	8.1	7 241	155.1	59.3
95	332	14.9	4 945	11.0	5.6											897	8.8	7 917	154.0	59.3

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
26 ..															6.0					6.0
30 ..				0.3	25.5					1.2				0.3	24.3				0.3	25.5
34 ..				4.5	44.0					3.5				4.5	40.5				4.5	45.2
39 ..				22.5	51.0				0.5	5.7				22.0	45.3				22.5	55.7
44 ..				51.7	47.9				2.3	6.4				49.4	41.5				52.2	58.3
49 ..				85.1	41.8				5.6	5.6				79.5	36.2				87.9	58.6
55 ..	8	3.3	27	123.5	36.2				9.9	4.8	8	3.3	27	113.6	51.4	8	3.3	27	131.9	58.6
61 ..	85	3.5	298	144.8	30.5				13.4	4.3	85	3.5	298	131.4	26.2	85	3.5	298	163.1	57.7
67 ..	297	3.6	1 071	135.1	25.3	5	2.9	15	16.1	3.6	292	3.6	1 056	119.0	21.7	297	3.6	1 071	166.8	56.8
73 ..	488	4.0	1 960	114.6	21.1	24	3.2	78	16.0	2.9	464	4.1	1 882	98.6	18.2	493	4.0	1 975	162.4	56.2
79 ..	645	4.5	2 900	86.8	17.7	38	3.5	131	14.8	2.6	607	4.6	2 769	72.0	15.1	674	4.4	2 993	150.6	55.7
85 ..	701	5.2	3 669	64.0	14.9	59	3.5	207	12.7	2.2	642	5.4	3 462	51.3	12.7	768	5.1	3 893	142.6	55.5
91 ..	683	6.3	4 279	45.7	12.6	73	4.1	299	9.8	1.8	610	6.5	3 980	35.9	10.8	809	5.8	4 710	137.0	55.4
97 ..	627	7.6	4 752	31.6	10.8	82	4.9	400	5.9	1.5	545	8.0	4 352	25.7	9.3	826	6.6	5 482	132.7	55.4
103 ..	545	9.3	5 062	23.5	9.3	74	6.1	454	4.1	1.3	471	9.8	4 608	19.4	8.0	826	7.5	6 192	130.5	55.4
110 ..	471	11.4	5 386	17.7	8.0											826	8.4	6 970	128.8	55.4

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
26 ..															6.0					6.0
31 ..				0.9	31.4					3.8				0.9	27.6				0.9	31.4
36 ..				10.8	47.0				0.6	7.2				10.2	39.8				10.8	50.8
42 ..				39.8	44.7				3.7	8.0				36.1	36.7				40.4	55.7
48 ..				74.7	37.3				8.7	6.9				66.0	30.4				79.0	56.3
55 ..	18	3.5	63	110.6	30.5				14.5	5.9	18	3.5	63	96.1	24.6	18	3.5	63	123.6	56.4
62 ..	159	3.7	584	115.0	23.7	7	3.2	22	18.3	4.6	152	3.7	562	96.7	19.1	159	3.7	584	142.5	55.5
69 ..	321	4.2	1 352	99.4	18.4	31	3.7	116	17.7	3.5	290	4.3	1 236	81.7	14.9	328	4.2	1 374	145.2	54.8
76 ..	471	4.7	2 230	71.3	14.4	51	3.7	188	16.0	2.9	420	4.9	2 042	55.3	11.5	509	4.7	2 368	134.8	54.3
83 ..	505	5.8	2 905	48.7	11.3	72	4.3	310	11.9	2.2	433	6.0	2 595	36.8	9.1	594	5.4	3 231	128.2	54.1
90 ..	482	7.1	3 405	30.6	8.9	80	5.0	397	8.4	1.8	402	7.5	3 008	22.2	7.1	643	6.3	4 041	122.0	53.9
97 ..	416	9.0	3 724	18.7	7.1	82	5.7	470	4.9	1.4	334	9.7	3 254	13.8	5.7	657	7.2	4 757	118.5	53.9
104 ..	334	11.7	3 899	12.5	5.7											657	8.2	5 402	117.2	53.9

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
26 ..															6.0					6.0
32 ..				2.2	37.6				0.2	6.8				2.0	30.8				2.2	37.6
38 ..				21.2	43.9				2.7	9.6				18.5	34.3				21.4	50.7
45 ..				58.8	35.0				9.4	8.2				49.4	26.8				61.7	51.4
52 ..	8	3.4	27	92.0	27.3				16.3	6.5	8	3.4	27	75.7	20.8	8	3.4	27	104.3	51.9
60 ..	129	3.8	491	99.0	19.9	8	3.3	26	21.7	4.9	121	3.8	465	77.3	15.0	129	3.8	491	127.6	51.0
68 ..	324	4.3	1 405	72.0	14.3	46	3.6	168	18.3	3.6	278	4.4	1 237	53.7	10.7	332	4.3	1 431	122.3	50.3
76 ..	394	5.4	2 128	47.3	10.4	69	4.3	298	14.2	2.7	325	5.6	1 830	33.1	7.7	448	5.2	2 322	115.9	50.0
84 ..	385	6.9	2 648	27.1	7.6	79	5.1	404	9.6	2.0	306	7.3	2 244	17.5	5.6	508	6.2	3 140	109.9	49.9
92 ..	322	9.2	2 950	14.2	5.5	82	6.0	495	4.8	1.4	240	10.2	2 455	9.4	4.1	524	7.3	3 846	106.6	49.8
100 ..	240	12.8	3 072	8.3	4.1											524	8.5	4 463	105.5	49.8

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
26 ..															6.0					6.0
30 ..				0.3	25.5					1.2				0.3	24.3				0.3	25.5
34 ..				4.5	44.0					3.5				4.5	40.5				4.5	45.2
39 ..				22.5	51.0				0.5	5.7				22.0	45.3				22.5	55.7
44 ..				51.7	47.9				2.3	6.4				49.4	41.5				52.2	58.3
49 ..				85.1	41.8				5.6	5.6				79.5	36.2				87.9	58.6
55 ..	8	3.3	27	123.5	36.2				16.1	6.5	8	3.3	27	107.4	29.7	8	3.3	27	131.9	58.6
61 ..	83	3.6	297	138.4	28.9	1	3.0	3	21.1	5.3	82	3.6	294	117.3	23.6	83	3.6	297	162.9	57.8
67 ..	288	3.7	1 064	119.2	22.6	21	3.2	67	21.0	4.2	267	3.7	997	98.2	18.4	289	3.7	1 067	164.8	56.8
73 ..	431	4.2	1 816	94.9	17.9	48	3.7	176	17.9	3.3	383	4.3	1 640	77.0	14.6	453	4.2	1 886	161.5	56.3
79 ..	523	4.8	2 520	67.7	14.2	62	3.7	231	15.8	2.9	461	5.0	2 289	51.9	11.3	593	4.7	2 766	152.2	55.9
85 ..	524	5.8	3 041	46.4	11.2	75	4.2	317	12.1	2.3	449	6.1	2 724	34.3	8.9	656	5.4	3 518	146.7	55.8
91 ..	486	7.1	3 429	29.1	8.8	82	4.8	395	8.3	1.8	404	7.5	3 034	20.8	7.0	693	6.1	4 223	141.5	55.7
97 ..	413	8.9	3 656	18.0	7.0	81	5.7	459	4.6	1.4	332	9.6	3 197	13.4	5.6	702	6.9	4 845	138.7	55.7
103 ..	332	11.3	3 758	12.3	5.6											702	7.7	5 406	137.6	55.7

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
36 ..															6.0					6.0
40 ..				0.1	20.6					0.8				0.1	19.8				0.1	20.6
44 ..				2.1	37.4					2.5				2.1	34.9				2.1	38.2
49 ..				12.0	48.0				0.1	4.7				11.9	43.3				12.0	51.3
54 ..				31.5	46.9				1.0	5.9				30.5	41.0				31.6	54.9
59 ..				56.7	41.7				3.3	5.4				53.4	36.3				57.8	55.6
65 ..				88.9	36.2				6.7	4.7				82.2	31.5				93.3	55.5
71 ..	8	3.3	26	118.0	31.0				9.5	4.3	8	3.3	26	108.5	26.7	8	3.3	26	129.1	55.0
77 ..	73	3.5	253	133.3	26.2				12.5	3.7	73	3.5	253	120.8	22.5	73	3.5	253	153.9	54.5
83 ..	215	3.7	793	128.2	21.9	2	2.9	6	15.1	3.0	213	3.7	787	113.1	18.9	215	3.7	793	161.3	53.9
89 ..	411	4.0	1 629	103.6	18.3	12	3.3	40	14.9	2.6	399	4.0	1 589	88.7	15.7	413	4.0	1 635	151.8	53.3
95 ..	564	4.4	2 471	76.1	15.3	27	3.2	86	14.3	2.2	537	4.4	2 385	61.8	13.1	578	4.4	2 517	139.2	52.9
101 ..	617	5.1	3 148	53.9	12.8	48	3.5	169	11.6	1.9	569	5.2	2 979	42.3	10.9	658	5.0	3 280	131.3	52.6
108 ..	611	6.2	3 784	35.8	10.8	71	4.2	295	7.3	1.5	540	6.5	3 489	28.5	9.3	700	5.8	4 085	124.8	52.5
115 ..	546	7.7	4 213	25.4	9.3											706	6.8	4 809	121.7	52.5

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
36 ..															6.0					6.0
41 ..				0.4	26.3					3.0				0.4	23.3				0.4	26.3
46 ..				5.2	41.5				0.2	5.9				5.0	35.6				5.2	44.5
52 ..				23.4	42.8				1.8	7.4				21.6	35.4				23.6	51.7
58 ..				48.9	37.4				5.2	6.8				43.7	30.6				50.9	53.7
65 ..				80.9	30.5				9.8	5.8				71.1	24.7				88.1	53.6
72 ..	32	3.5	111	103.0	24.2				14.2	4.6	32	3.5	111	88.8	19.6	32	3.5	111	120.0	53.1
79 ..	152	3.7	569	100.9	19.0	10	3.3	33	16.2	3.7	142	3.8	536	84.7	15.3	152	3.7	569	132.1	52.5
86 ..	309	4.1	1 271	80.5	14.9	21	3.3	70	16.3	3.0	288	4.2	1 201	64.2	11.9	319	4.1	1 304	127.9	52.1
93 ..	422	4.7	1 995	55.2	11.5	48	3.7	176	13.1	2.3	374	4.9	1 819	42.1	9.2	453	4.6	2 098	118.9	51.7
100 ..	434	5.8	2 510	36.4	9.0	62	4.2	262	9.9	1.8	372	6.0	2 248	26.5	7.2	513	5.4	2 789	113.2	51.5
107 ..	402	7.2	2 890	21.8	7.1	69	4.9	336	6.6	1.4	333	7.7	2 554	15.2	5.7	543	6.3	3 431	108.5	51.4
115 ..	334	9.5	3 180	13.5	5.7											544	7.5	4 057	106.8	51.4

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
36 ..															6.0					6.0
42 ..				0.9	30.5				0.1	5.2				0.8	25.3				0.9	30.5
48 ..				11.0	41.0				1.1	8.6				9.9	32.4				11.1	46.2
55 ..				36.6	35.5				5.3	8.3				31.3	27.2				37.8	49.3
62 ..				64.7	26.9				10.8	6.4				53.9	20.5				71.2	49.0
70 ..	30	3.5	104	86.7	20.4				16.6	4.9	30	3.5	104	70.1	15.5	30	3.5	104	104.0	48.9
78 ..	146	4.0	578	80.8	14.8	10	3.5	35	18.6	3.7	136	4.0	543	62.2	11.1	146	4.0	578	114.7	48.2
86 ..	291	4.5	1 319	54.3	10.7	37	3.8	142	15.7	2.8	254	4.6	1 177	38.6	7.9	301	4.5	1 354	106.8	47.8
94 ..	333	5.6	1 876	32.4	7.7	58	4.4	254	11.1	2.1	275	5.9	1 622	21.3	5.6	380	5.4	2 053	100.6	47.6
102 ..	306	7.3	2 242	17.1	5.6	67	5.2	347	6.9	1.5	239	7.9	1 895	10.2	4.1	411	6.5	2 673	96.4	47.6
110 ..	239	10.1	2 419	9.0	4.1											411	7.8	3 197	95.2	47.6

Puutavarataulukot — *Timber tables*

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Lihgt/Medium*

T	Ennen hakkuuta *Before cutting*					Poistuma — *Removal*					Hakkuun jälkeen *After cutting*					Kokonaistuotos *Yield*				
	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	N_j	J	V_j	V_p	V_o	Y_{Nj}	J	Y_{Vj}	Y_{Vp}	Y_{Vo}
36 ..															6.0					6.0
40 ..				0.1	20.6					0.8				0.1	19.8				0.1	20.6
44 ..				2.1	37.4					2.5				2.1	34.9				2.1	38.2
49 ..				12.0	48.0				0.1	4.7				11.9	43.3				12.0	51.3
54 ..				31.5	46.9				1.0	5.9				30.5	41.0				31.6	54.9
59 ..				56.7	41.7				3.3	5.4				53.4	36.3				57.8	55.6
65 ..				88.9	36.2				11.1	6.5				77.8	29.7				93.3	55.5
71 ..	11	3.3	36	112.8	29.3				15.4	5.3	11	3.3	36	97.4	24.0	11	3.3	36	128.3	55.1
77 ..	93	3.5	321	117.5	23.4	2	3.1	6	18.1	4.3	91	3.5	315	99.4	19.1	93	3.5	321	148.4	54.5
83 ..	205	3.9	792	107.3	18.6	14	3.4	48	18.5	3.4	191	3.9	744	88.8	15.2	207	3.9	798	156.3	54.0
89 ..	362	4.2	1 513	79.1	14.7	27	3.4	92	17.2	3.0	335	4.2	1 421	61.9	11.7	378	4.1	1 567	146.6	53.5
95 ..	447	4.8	2 139	53.1	11.4	51	3.6	184	13.4	2.3	396	4.9	1 955	39.7	9.1	490	4.7	2 285	137.8	53.2
101 ..	449	5.7	2 578	33.9	8.9	67	4.0	271	9.6	1.8	382	6.0	2 307	24.3	7.1	543	5.4	2 908	132.0	53.0
108 ..	404	7.3	2 937	20.4	7.1	72	4.9	350	5.8	1.4	332	7.8	2 587	14.6	5.7	565	6.3	3 538	128.1	53.0
115 ..	332	9.5	3 143	13.1	5.7											565	7.2	4 094	126.6	53.0

RUNKOLUKUSARJAT

STEM DISTRIBUTION SERIES

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

du cm	Ennen hakkuuta — *Before cutting*													Poistuma					
														Ikä, v					
	16	19	23	27	32	37	43	49	55	61	67	73	80	16	19	23	27	32	37
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																		
1	112	31	5											43	16	5			
3	729	282	96	28	1									220	101	47	20	1	
5	1 409	853	416	166	57	7								263	199	122	59	28	4
7	1 272	1 183	805	457	217	101	33	2						112	161	157	121	61	33
9	425	758	851	765	507	288	140	56	7					8	45	90	118	91	51
11	53	220	510	597	574	475	308	196	95	25	1					18	44	74	74
13		27	131	295	424	433	427	309	230	138	50	7					4	27	51
15			18	79	202	309	338	335	258	202	133	63	16					2	13
17				6	43	108	198	266	282	235	195	126	57						
19					2	22	65	117	180	215	216	190	135						
21							8	30	71	132	170	198	169						
23								2	14	34	67	104	169						
25										4	18	39	63						
27												6	22						

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

du cm	Ennen hakkuuta — *Before cutting*											Poistuma			
												Ikä, v			
	16	20	25	31	38	45	52	59	66	73	80	16	20	25	31
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla														
1	68	13										24	9		
3	532	163	53	6								155	57	27	6
5	1 218	603	199	67	10							263	161	64	33
7	1 204	939	552	213	69	20						189	189	136	68
9	416	752	658	462	230	81	27	1				39	107	132	104
11	62	298	545	484	334	208	99	36	1				24	75	86
13		61	214	366	394	277	196	111	39	3				11	49
15		1	58	187	256	286	216	156	96	40	5			1	12
17			4	48	141	199	197	182	117	81	35				1
19				4	40	94	153	152	148	100	58				
21					4	30	65	99	126	106	80				
23						2	22	44	70	105	93				
25								14	38	56	88				
27									6	25	44				
29										2	14				

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

Removal						Hakkuun jälkeen — *After cutting*											
Age, years																	
43	49	55	61	67	73	13	16	19	23	27	32	37	43	49	55	61	67	73
Number of stems per ha. in dbh. class																		
						236	69	15										
						1 259	509	181	49	8								
						1 742	1 146	654	294	107	29	3						
20	2					690	1 160	1 022	648	336	156	68	13					
36	27	5				73	417	713	761	647	416	237	104	29	2			
54	42	33	18	1			53	220	492	553	500	401	254	154	62	7		
64	50	48	42	26	6			27	131	291	397	382	363	259	182	96	24	1
28	41	36	41	41	31				18	79	200	296	310	294	222	161	92	32
2	14	25	24	35	36					6	43	108	196	252	257	211	160	90
		5	9	14	24						2	22	65	117	175	206	202	166
			1		5								8	30	71	131	170	193
														2	14	34	67	104
																4	18	39
																		6

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

Removal						Hakkuun jälkeen — *After cutting*										
Age, years																
38	45	52	59	66	73	13	16	20	25	31	38	45	52	59	66	73
Number of stems per ha. in dbh. class																
						153	44	4								
						994	377	106	26							
8						1 597	955	442	135	34	2					
25	14					683	1 015	750	416	145	44	6				
65	28	18	1			73	377	645	526	358	165	53	9			
75	48	29	22	1			62	274	470	398	259	160	70	14		
70	58	47	36	22	3			61	203	317	324	219	149	75	17	
30	49	36	39	28	21			1	57	175	226	237	180	117	68	19
8	20	30	35	32	27				4	47	133	179	167	147	85	54
	5	16	17	27	28					4	40	89	137	135	121	72
		4	4	12	16						4	30	61	95	114	90
				1	6							2	22	44	69	99
														14	38	56
															6	25
																2

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*										Poistuma			
	Ikä, v													
	17	22	28	35	42	50	58	66	74	80	17	22	28	35
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla													
1	22										15			
3	252	53	5								91	25	5	
5	815	249	79	11							246	75	33	8
7	1 162	600	224	74	18						268	164	69	29
9	600	729	461	208	72	17					95	170	134	59
11	141	465	466	301	164	74	13				14	83	108	86
13	8	150	344	321	230	126	64	13				12	59	88
15		25	128	256	225	155	99	45	6				11	40
17			35	111	167	156	101	61	28					8
19				39	94	130	118	83	41	11				
21				2	33	74	104	85	56	29				
23					2	33	53	78	64	40				
25						2	28	46	67	63				
27							2	24	41	47				
29								1	20	35				
31									1	14				

Kasvupaikkaluokka — *Site class* I

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*													Poistuma					
	Ikä, v																		
	16	19	23	27	32	37	43	49	55	61	67	73	80	16	19	23	27	32	37
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																		
1	112	31	5											43	16	5			
3	729	282	96	28	1									220	101	47	20	1	
5	1 409	853	416	166	57	7								263	199	122	59	28	4
7	1 272	1 183	805	457	217	101	33	2						112	161	157	121	61	33
9	425	758	851	765	507	288	140	62	14					8	45	90	118	91	51
11	53	220	510	597	574	475	308	184	80	26	2					18	44	74	74
13		27	131	295	424	433	427	264	198	101	33	2					4	27	51
15			18	79	202	309	338	318	228	165	105	44	4					2	13
17				6	43	108	198	253	245	212	138	89	42						
19					2	22	65	124	167	174	157	103	60						
21							8	36	69	111	131	136	82						
23								2	22	44	81	103	124						
25										8	30	55	82						
27											2	14	37						
29													8						

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

Removal					Hakkuun jälkeen — *After cutting*									
Age, years														
42	50	58	66	74	13	17	22	28	35	42	50	58	66	74
Number of stems per ha. in dbh. class														
					79	7								
					734	161	28							
					1 438	569	174	46	3					
13					676	894	436	155	45	5				
26	13				73	505	559	327	149	46	4			
46	27	11				127	382	358	215	118	47	2		
63	37	27	12			8	138	285	233	167	89	37	1	
50	45	35	24	6			25	117	216	175	110	64	21	
32	37	32	24	24				35	103	135	119	69	37	4
8	20	25	27	18					39	86	110	93	56	23
	6	12	15	16					2	33	68	92	70	40
		3	8	13						2	33	50	70	51
		1	2	7							2	27	44	60
				1								2	24	40
													1	20
														1

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

Removal						Hakkuun jälkeen — *After cutting*												
Age, years																		
43	49	55	61	67	73	13	16	19	23	27	32	37	43	49	55	61	67	73
Number of stems per ha. in dbh. class																		
						236	69	15										
						1 259	509	181	49	8								
						1 742	1 146	654	294	107	29	3						
17	2					690	1 160	1 022	648	336	156	68	16					
35	23	9				73	417	713	761	647	416	237	105	39	5			
68	44	25	17	2			53	220	492	553	500	401	240	140	55	9		
83	54	43	35	21	2			27	131	291	397	382	344	210	155	66	12	
51	58	45	43	34	23				18	79	200	296	287	260	183	122	71	21
17	33	40	44	36	29					6	43	108	181	220	205	168	102	60
1	8	17	19	31	30						2	22	64	116	150	155	126	73
		3	4	9	21								8	36	66	107	122	115
					2									2	22	44	81	101
																8	30	55
																	2	14

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

du cm	Ennen hakkuuta — *Before cutting*													Poistuma					
														Ikä, v					
	18	22	26	31	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	18	22	26	31	36	42
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																			
1	112	31	3												43	16	3			
3	729	280	98	23											222	99	49	17		
5	1 596	778	416	146	47	4									287	185	125	55	26	3
7	1 174	1 185	805	479	225	88	25	1							92	168	158	128	63	30
9	351	800	851	704	455	266	125	47	7						4	54	90	111	83	50
11	38	246	508	620	625	460	328	178	79	25							18	50	88	72
13		32	131	330	421	477	381	299	221	119	48	5						6	28	59
15			18	77	202	305	373	334	279	219	133	62	13						2	13
17				8	44	108	198	293	279	234	192	130	61	18						
19					1	22	62	117	179	233	214	188	135	64						
21							11	31	71	111	171	194	188	150						
23								1	14	34	71	111	156	160						
25										4	14	34	55	110						
27												4	18	32						
29														6						

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

du cm	Ennen hakkuuta — *Before cutting*												Poistuma					
													Ikä, v					
	19	23	28	34	41	48	55	62	69	76	83	90	19	23	28	34	41	
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																	
1	57	9											21	7				
3	438	167	44	4									130	59	24	4		
5	1 151	544	208	69	10								258	147	67	35	8	
7	1 219	931	552	244	82	20							203	191	136	76	29	
9	537	781	658	431	217	96	27	1					56	115	132	96	61	
11	96	326	545	525	371	219	116	36	2				2	28	75	92	83	
13	2	70	223	348	389	282	179	111	47	3					11	45	67	
15		2	51	172	261	279	240	176	100	48	8				1	11	27	
17			2	43	110	189	210	181	138	84	38	2					6	
19				1	37	85	126	148	129	103	61	27						
21					1	27	63	91	122	118	93	55						
23							14	43	71	88	94	74						
25								8	30	56	72	84						
27									2	18	40	60						
29											11	28						
31												4						

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

Removal							Hakkuun jälkeen — *After cutting*											
Age, years																		
48	54	60	66	72	78	84	15	18	22	26	31	36	42	48	54	60	66	72	78	84
Number of stems per ha. in dbh. class																				
							236	69	15											
							1 259	507	181	49	6									
							1 742	1 309	593	291	91	21	1							
16	1						690	1 082	1 017	647	351	162	58	9						
34	25	5					73	347	746	761	593	372	216	91	22	2				
58	39	29	18					38	246	490	570	537	388	270	139	50	7			
59	49	47	42	25	5				32	131	324	393	418	322	250	174	77	23		
33	41	40	44	39	32	11				18	77	200	292	340	293	239	175	94	30	2
2	17	24	24	34	36	28					8	44	108	196	276	255	210	158	94	33
		5	8	14	22	30						1	22	62	117	174	225	200	166	105
				3	7	15								11	31	71	111	168	187	173
						2									1	14	34	71	111	154
																	4	14	34	55
																			4	18

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

Removal						Hakkuun jälkeen — *After cutting*											
Age, years																	
48	55	62	69	76	83	15	19	23	28	34	41	48	55	62	69	76	83
Number of stems per ha. in dbh. class																	
						153	36	2									
						994	308	108	20								
						1 597	893	397	141	34	2						
14						683	1 016	740	416	168	53	6					
32	18	1				73	481	666	526	335	156	64	9				
50	33	22	2				94	298	470	433	288	169	83	14			
58	43	36	24	3			2	70	212	303	322	224	136	75	23		
46	40	44	29	24	8			2	50	161	234	233	200	132	71	24	
18	30	33	36	27	24				2	43	104	171	180	148	102	57	14
4	13	15	21	28	21					1	37	81	113	133	108	75	40
	3	3	10	15	18						1	27	60	88	112	103	75
			1	4	10								14	43	70	84	84
					2									8	30	56	70
															2	18	40
																	11

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*										Poistuma			
											Ikä, v			
	19	24	30	37	45	53	61	69	77	85	19	24	30	37
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla													
1	22										15			
3	286	58	7								112	26	7	
5	928	269	82	9							272	82	34	8
7	1 132	681	274	83	12						253	182	84	33
9	534	752	487	221	85	13					77	170	137	63
11	96	384	484	343	170	85	16				9	64	108	105
13	2	107	286	334	228	127	68	13				6	43	85
15		11	95	217	222	171	94	47	6				6	24
17			17	85	172	152	114	64	25					2
19				21	79	119	117	75	39	4				
21					25	68	95	98	56	27				
23						21	52	70	76	46				
25							17	47	61	65				
27								14	42	45				
29									11	35				
31										11				

Kasvupaikkaluokka — *Site class* II

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*													Poistuma					
														Ikä, v					
	18	22	26	31	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	18	22	26	31	36	42
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																			
1	112	31	3												43	16	3			
3	729	280	98	23											222	99	49	17		
5	1 596	778	416	146	47	4									287	185	125	55	26	4
7	1 174	1 185	805	479	225	88	15								92	168	158	128	63	33
9	351	800	851	704	455	266	128	53	10						4	54	90	111	83	65
11	38	246	508	620	625	460	269	165	76	23	1						18	50	88	95
13		32	131	330	421	477	397	240	178	107	31	3						6	28	76
15			18	77	202	305	328	297	202	147	91	40	2						2	34
17				8	44	108	198	243	234	177	118	72	40	6						5
19					1	22	72	128	164	165	147	105	45	17						
21							11	41	80	115	141	114	79	42						
23								4	22	51	78	113	123	77						
25										8	30	50	77	101						
27											2	18	39	60						
29													6	26						
31														1						

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

Removal					Hakkuun jälkeen — *After cutting*									
Age, years														
45	53	61	69	77	15	19	24	30	37	45	53	61	69	77
Number of stems per ha. in dbh. class														
					79	7								
					734	174	32							
					1 438	656	187	48	1					
10					676	879	499	190	50	2				
31	11				73	457	582	350	158	54	2			
47	30	12				87	320	376	238	123	55	4		
65	39	30	12			2	101	243	249	163	88	38	1	
48	50	36	27	6			11	89	193	174	121	58	20	
32	35	35	27	24				17	83	140	117	79	37	1
4	15	22	23	17					21	75	104	95	52	22
	3	9	15	16						25	65	86	83	40
		1	7	13							21	51	63	63
			1	7								17	46	54
													14	42
														11

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

Removal							Hakkuun jälkeen — *After cutting*												
Age, years																			
48	54	60	66	72	78	84	15	18	22	26	31	36	42	48	54	60	66	72	78	84
Number of stems per ha. in dbh. class																				
							236	69	15											
							1 259	507	181	49	6									
							1 742	1 309	593	291	91	21								
9							690	1 082	1 017	647	351	162	55	6						
29	19	7					73	347	746	761	593	372	201	99	34	3				
54	36	24	18	1				38	246	490	570	537	365	215	129	52	5			
83	52	41	35	18	3				32	131	324	393	401	314	188	137	72	13		
53	58	40	40	30	24	2				18	77	200	271	275	239	162	107	61	16	
17	33	41	37	36	26	25					8	44	103	181	210	193	140	82	46	15
2	7	16	19	29	32	24						1	22	70	121	148	146	118	73	21
		4	5	10	17	16								11	41	76	110	131	97	63
					2	14									4	22	51	78	111	109
																	8	30	50	77
																		2	18	39
																				6

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

du cm	Ennen hakkuuta — *Before cutting*														Poistuma					
															Ikä, v					
	22	26	31	36	41	47	53	59	65	71	77	83	89	95	22	26	31	36	41	47
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																			
1	94	24	1												36	13	1			
3	678	255	87	18											209	93	46	14		
5	1 478	812	340	131	38	2									281	196	104	51	22	2
7	1 272	1 185	823	452	208	91	26	1							112	168	170	124	61	31
9	416	800	922	755	485	267	126	47	7						8	52	100	122	90	50
11	62	246	489	620	625	465	329	206	95	25	1						18	50	82	72
13		32	152	332	452	479	427	309	230	138	50	7						5	28	58
15			18	77	181	326	366	365	288	227	152	73	16						1	13
17				8	38	95	190	255	278	235	200	135	68	19						
19						18	47	103	177	230	237	194	144	75						
21							6	27	54	103	148	211	193	157						
23									8	27	51	86	148	181						
25											11	26	51	86						
27												1	11	26						
29														1						

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

du cm	Ennen hakkuuta — *Before cutting*												Poistuma				
													Ikä, v				
	22	27	33	39	46	53	60	67	74	81	88	95	22	27	33	39	46
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																
1	57	9											21	7			
3	489	147	36	2									144	52	21	2	
5	1 272	564	189	71	7								277	154	62	37	6
7	1 155	931	526	244	85	20							183	191	132	76	31
9	465	819	711	431	247	96	27	1					45	119	144	96	68
11	62	298	545	525	378	245	116	36	2					24	75	92	84
13		61	223	370	382	287	201	126	47	5					11	47	63
15		1	51	156	248	271	242	182	100	54	8				1	9	24
17			2	38	104	189	203	178	155	76	44	4					5
19					27	71	127	157	142	117	64	25					
21						18	51	77	112	117	95	64					
23							8	36	61	91	93	76					
25								2	22	47	75	82					
27										11	34	61					
29											4	21					
31												1					

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

Removal							Hakkuun jälkeen — *After cutting*												
Age, years																			
53	59	65	71	77	83	89	18	22	26	31	36	41	47	53	59	65	71	77	83	89
Number of stems per ha. in dbh. class																				
							236	58	11											
							1 259	469	162	41	4									
							1 742	1 197	616	236	80	16								
17	1						690	1 160	1 017	653	328	147	60	9						
35	25	5					73	408	748	822	633	395	217	91	22	2				
58	45	33	18	1				62	246	471	570	543	393	271	161	62	7			
64	50	48	42	26	6				32	152	327	424	421	363	259	182	96	24	1	
29	44	39	44	46	35	12				18	77	180	313	337	321	249	183	106	38	4
1	11	24	22	33	36	31					8	38	95	189	244	254	213	167	99	37
		3	9	11	21	29							18	47	103	174	221	226	173	115
					4	14								6	27	54	103	148	207	179
																8	27	51	86	148
																		11	26	51
																			1	11

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

Removal						Hakkuun jälkeen — *After cutting*											
Age, years																	
53	60	67	74	81	88	18	22	27	33	39	46	53	60	67	74	81	88
Number of stems per ha. in dbh. class																	
						153	36	2									
						994	345	95	15								
						1 597	995	410	127	34	1						
14						683	972	740	394	168	54	6					
32	18	1				73	420	700	567	335	179	64	9				
56	33	22	2				62	274	470	433	294	189	83	14			
58	47	40	24	5				61	212	323	319	229	154	86	23		
43	40	45	29	25	8			1	50	147	224	228	202	137	71	29	
17	28	30	39	24	27				2	38	99	172	175	148	116	52	17
2	13	15	22	31	20						27	69	114	142	120	86	44
	1	1	7	13	18							18	50	76	105	104	77
				3	8								8	36	61	88	85
					2									2	22	47	73
																11	34
																	4

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*										Poistuma			
	Ikä, v													
	23	28	34	41	49	57	65	73	81	89	23	28	34	41
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla													
1	17										13			
3	226	53	5								82	25	5	
5	846	283	91	15							257	85	37	10
7	1 162	681	308	97	18						268	182	94	35
9	619	752	497	234	99	22					97	170	137	67
11	124	399	472	382	180	92	23				12	62	104	108
13	6	95	284	318	258	154	73	17				5	38	75
15		8	74	196	216	158	104	55	9				4	21
17			11	67	165	166	130	72	35					2
19				14	55	115	116	88	43	14				
21					14	49	84	97	70	31				
23						11	44	68	75	56				
25							8	31	58	64				
27								8	28	46				
29									6	25				
31										4				

Kasvupaikkaluokka — *Site class* III

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*														Poistuma					
	Ikä, v																			
	22	26	31	36	41	47	53	59	65	71	77	83	89	95	22	26	31	36	41	47
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																			
1	94	24	1												36	13	1			
3	678	255	87	18											209	93	46	14		
5	1 478	812	340	131	38	2									281	196	104	51	22	2
7	1 272	1 185	823	452	208	91	16								112	168	170	124	61	35
9	416	800	922	755	485	267	129	52	9						8	52	100	122	90	65
11	62	246	489	620	625	465	304	163	84	19	1						18	50	82	95
13		32	152	332	452	479	407	269	161	102	35	2						5	28	76
15			18	77	181	326	320	327	231	168	92	41	4						1	35
17				8	38	95	193	230	236	182	127	76	32	2						4
19						18	56	105	166	181	152	112	58	20						
21							6	31	66	96	145	134	100	51						
23								1	14	41	66	90	108	85						
25										4	22	49	79	105						
27												11	30	51						
29													2	18						

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

Removal					Hakkuun jälkeen — *After cutting*									
Age, years														
49	57	65	73	81	18	23	28	34	41	49	57	65	73	81
Number of stems per ha. in dbh. class														
					79	4								
					734	144	28							
					1 438	589	198	54	5					
13					676	894	499	214	62	5				
34	16				73	522	582	360	167	65	6			
49	30	17				112	337	368	274	131	62	6		
69	46	28	15			6	90	246	243	189	108	45	2	
45	43	36	27	9			8	70	175	171	115	68	28	
27	36	37	27	27				11	65	138	130	93	45	8
1	13	19	24	16					14	54	102	97	64	27
	1	8	13	18						14	48	76	84	52
		1	6	11							11	43	62	64
				3								8	31	55
													8	28
														6

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

Removal							Hakkuun jälkeen — *After cutting*												
Age, years																			
53	59	65	71	77	83	89	18	22	26	31	36	41	47	53	59	65	71	77	83	89
Number of stems per ha. in dbh. class																				
							236	58	11											
							1 259	469	162	41	4									
							1 742	1 197	616	236	80	16								
9							690	1 160	1 017	653	328	147	56	7						
33	22	7					73	408	748	822	633	395	202	96	30	2				
64	38	27	13	1				62	246	471	570	543	370	240	125	57	6			
85	59	38	37	22	2				32	152	327	424	403	322	210	123	65	13		
46	59	44	46	31	24	4				18	77	180	291	274	268	187	122	61	17	
16	28	38	36	36	29	23					8	38	91	177	202	198	146	91	47	9
	5	18	18	27	31	26							18	56	100	148	163	125	81	32
		2	3	8	16	18								6	31	64	93	137	118	82
						10									1	14	41	66	90	98
																	4	22	49	79
																			11	30
																				2

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

du cm	Ennen hakkuuta — *Before cutting*															Poistuma					
																Ikä, v					
	30	34	39	44	49	55	61	67	73	79	85	91	97	103	110	30	34	39	44	49	55
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																				
1	112	31	1													43	16	1			
3	801	319	115	23	1											238	112	57	17	1	
5	1 524	971	502	196	69	7										269	215	140	70	32	4
7	1 214	1 232	915	594	305	136	50	4								94	151	161	143	78	41
9	322	671	877	833	617	415	198	96	22	1						2	28	75	110	102	68
11	27	124	360	554	623	543	422	302	161	63	7							5	26	62	80
13		6	62	171	339	424	454	366	288	205	96	24	1							9	32
15				22	69	186	295	328	320	253	206	121	45	6							1
17					4	32	87	179	248	272	238	196	125	43	2						
19							11	37	84	153	218	223	206	143	58						
21								1	14	37	71	131	169	204	161						
23										1	14	36	71	117	165						
25												2	14	30	71						
27														2	14						

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

du cm	Ennen hakkuuta — *Before cutting*												Poistuma				
													Ikä, v				
	31	36	42	48	55	62	69	76	83	90	97	104	31	36	42	48	55
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																
1	47	6											18	5			
3	499	170	44	4									147	61	24	4	
5	1 272	664	237	80	14								277	175	75	39	10
7	1 204	1 008	631	299	108	31	1						189	198	152	88	36
9	425	720	752	543	313	137	49	4					39	95	140	115	80
11	53	230	460	531	428	302	169	75	9					13	50	83	89
13		32	141	286	389	324	244	149	80	17					5	27	55
15			18	86	175	261	253	220	132	77	19					3	11
17				8	49	110	172	175	164	102	62	14					
19					2	32	73	121	142	134	86	47					
21							14	45	82	114	116	77					
23								6	31	60	83	95					
25									1	14	45	74					
27											6	26					
29												1					

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

Removal								Hakkuun jälkeen — *After cutting*												
Age, years																				
61	67	73	79	85	91	97	103	26	30	34	39	44	49	55	61	67	73	79	85	91	97	103
Number of stems per ha. in dbh. class																						
								236	69	15												
								1 259	563	207	58	6										
								1 742	1 255	756	362	126	37	3								
26	4							690	1 120	1 081	754	451	227	95	24							
45	37	13	1					73	320	643	802	723	515	347	153	59	9					
69	55	44	33	6					27	124	355	528	561	463	353	247	117	30	1			
56	52	49	51	37	17	1				6	62	171	330	392	398	314	239	154	59	7		
8	26	35	34	51	44	26	6					22	69	185	287	302	285	219	155	77	19	
	2	11	14	21	32	36	27						4	32	87	177	237	258	217	164	89	16
			2	2	9	21	29								11	37	84	151	216	214	185	114
						2	12									1	14	37	71	131	167	192
																		1	14	36	71	117
																				2	14	30
																						2

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Medium*

Removal							Hakkuun jälkeen — *After cutting*											
Age, years																		
62	69	76	83	90	97	26	31	36	42	48	55	62	69	76	83	90	97
Number of stems per ha. in dbh. class																		
						153	29	1										
						994	352	109	20									
						1 597	995	489	162	41	4							
19	1					683	1 015	810	479	211	72	12						
39	26	4				73	386	625	612	428	233	98	23					
68	44	35	8				53	217	410	448	339	234	125	40	1			
59	47	40	30	12				32	136	259	334	265	197	109	50	5		
31	40	48	37	30	17				18	83	164	230	213	172	95	47	2	
6	18	22	32	29	30					8	49	104	154	153	132	73	32	
	4	5	15	24	18						2	32	69	116	127	110	68	
			1	6	16								14	45	81	108	100	
					2									6	31	60	81	
															1	14	45	
																	6	

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*										Poistuma			
	Ikä, v													
	32	38	45	52	60	68	76	84	92	100	32	38	45	52
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla													
1	17										13			
3	257	53	3								93	25	3	
5	888	319	93	15							265	95	39	10
7	1 206	703	308	112	22						272	186	94	39
9	534	776	541	276	124	28					77	172	147	79
11	97	354	489	390	219	112	29				9	49	105	110
13	1	64	253	341	258	179	100	27				2	30	68
15		2	53	148	238	175	121	68	18				1	12
17			2	40	109	164	132	87	41	3				
19				1	34	84	117	105	56	24				
21					1	25	62	85	90	46				
23							21	50	69	70				
25								14	39	58				
27									11	33				
29										6				

Kasvupaikkaluokka — *Site class* IV

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*													Poistuma					
	Ikä, v																		
	30	34	39	44	49	55	61	67	73	79	85	91	97	103	30	34	39	44	49	55
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																			
1	112	31	1												43	16	1			
3	801	319	115	23	1										238	112	57	17	1	
5	1 524	971	502	196	69	7									269	215	140	70	32	6
7	1 214	1 232	915	594	305	136	37	4							94	151	161	143	78	43
9	322	671	877	833	617	415	195	84	23						2	28	75	110	102	94
11	27	124	360	554	623	543	396	255	132	49	6						5	26	62	102
13		6	62	171	339	424	434	322	233	150	65	9							9	54
15				22	69	186	274	297	268	190	122	65	17							13
17					4	32	84	171	194	213	163	103	47	11						
19							11	43	95	131	160	143	92	37						
21								2	22	54	97	126	121	86						
23										6	27	58	98	110						
25												11	36	70						
27													2	18						

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

Removal					Hakkuun jälkeen — *After cutting*									
Age, years														
60	68	76	84	92	26	32	38	45	52	60	68	76	84	92
Number of stems per ha. in dbh. class														
					79	4								
					734	164	28							
					1 438	623	224	54	5					
15					676	934	517	214	73	7				
40	19				73	457	604	394	197	84	9			
59	35	20				88	305	384	280	160	77	9		
66	53	37	21			1	62	223	273	192	126	63	6	
47	44	40	30	18			2	52	136	191	131	81	38	
11	28	31	30	24				2	40	98	136	101	57	17
	6	14	21	18					1	34	78	103	84	38
		4	8	18						1	25	58	77	72
			2	6								21	48	63
													14	39
														11

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

Removal							Hakkuun jälkeen — *After cutting*												
Age, years																			
61	67	73	79	85	91	97	26	30	34	39	44	49	55	61	67	73	79	85	91	97
Number of stems per ha. in dbh. class																				
							236	69	15											
							1 259	563	207	58	6									
							1 742	1 255	756	362	126	37	1							
16	4						690	1 120	1 081	754	451	227	93	21						
43	27	13					73	320	643	802	723	515	321	152	57	10				
85	58	35	26	6				27	124	355	528	561	441	311	197	97	23			
80	66	51	45	29	8				6	62	171	330	370	354	256	182	105	36	1	
27	45	46	47	39	30	15					22	69	173	247	252	222	143	83	35	2
2	11	24	29	37	36	27						4	32	82	160	170	184	126	67	20
		5	6	13	25	23								11	43	90	125	147	118	69
				1	3	15									2	22	54	96	123	106
						1											6	27	58	97
																			11	36
																				2

Runkolukusarjat

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*													Poistuma					
														Ikä, v					
	40	44	49	54	59	65	71	77	83	89	95	101	108	115	40	44	49	54	59	65
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																			
1	132	39	3												50	19	3			
3	856	394	130	34	2										249	133	61	23	2	
5	1 629	1 128	597	275	97	16									272	228	159	90	41	8
7	1 105	1 226	1 076	743	438	194	71	13							75	130	167	157	98	50
9	260	482	779	842	718	524	303	142	47	6						12	49	87	104	83
11	18	85	220	401	553	570	495	375	233	103	22							9	38	72
13			27	94	192	354	431	398	340	256	162	60	4						1	13
15				4	27	79	185	300	325	310	243	155	69	15						
17						6	32	77	160	237	274	264	175	79						
19								8	32	65	122	192	235	200						
21										8	27	56	122	179						
23												6	27	65						
25														8						

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*												Poistuma				
													Ikä, v				
	41	46	52	58	65	72	79	86	93	100	107	115	41	46	52	58	65
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																
1	57	9											21	7			
3	543	213	63	6									158	74	31	6	
5	1 388	746	321	119	23								295	188	96	51	14
7	1 163	1 065	751	411	156	46	4						172	198	172	109	49
9	317	653	742	611	393	212	78	13					24	76	121	118	94
11	32	136	334	474	497	328	219	106	25					4	25	64	91
13		8	71	184	293	355	285	205	110	36	1				1	11	29
15			1	32	102	188	237	217	167	97	44	1					4
17					14	64	120	171	172	145	78	26					
19						4	32	69	116	138	112	75					
21								14	47	75	116	100					
23									4	27	55	88					
25											11	40					
27												4					

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Lievä — *Light*

Removal							Hakkuun jälkeen — *After cutting*											
Age, years																		
71	77	83	89	95	101	108	36	40	44	49	54	59	65	71	77	83	89	95	101	108
Number of stems per ha. in dbh. class																				
							236	82	20											
							1 259	607	261	69	11									
							1 742	1 357	900	438	185	56	8							
32	11						690	1 030	1 096	909	586	340	144	39	2					
60	42	22	6				73	260	470	730	755	614	441	243	100	25				
77	63	55	40	15				18	85	220	392	515	498	418	312	178	63	7		
35	49	48	55	53	33	4				27	94	191	341	396	349	292	201	109	27	
	11	26	27	40	44	35					4	27	79	185	289	299	283	203	111	34
		1	7	9	24	35							6	32	77	159	230	265	240	140
						12									8	32	65	122	192	223
																	8	27	56	122
																			6	27

Käsittely — *Treatment:* Keskivahva — *Mediam*

Removal						Hakkuun jälkeen — *After cutting*										
Age, years																
72	79	86	93	100	107	36	41	46	52	58	65	72	79	86	93	100	107
Number of stems per ha. in dbh. class																	
						153	36	2									
						994	385	139	32								
						1 597	1 093	558	225	68	9						
25	4					683	991	867	579	302	107	21					
53	32	11				73	293	577	621	493	299	159	46	2			
70	54	40	17				32	132	309	410	406	258	165	66	8		
58	48	54	34	21	1			8	70	173	264	297	237	151	76	15	
16	32	35	43	33	31				1	32	98	172	205	182	124	64	13
	10	14	24	35	25						14	64	110	157	148	110	53
			5	12	20							4	32	69	111	126	92
					6									14	47	75	110
															4	27	55
																	11

Runkolukusarja

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*										Poistuma			
	Ikä, v													
	42	48	55	62	70	78	86	94	102	110	42	48	55	62
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla													
1	22										15			
3	286	74	7								103	31	7	
5	1 079	418	134	26							310	123	49	15
7	1 135	816	414	155	40	1					243	209	125	49
9	425	713	602	380	157	50	2				53	144	151	108
11	53	220	422	409	287	150	57	4			5	22	76	110
13		30	146	260	267	207	117	47	2				11	33
15			17	82	193	199	154	84	32					3
17				11	55	113	138	108	53	10				
19					6	45	84	105	88	39				
21						2	30	67	87	68				
23								21	48	72				
25									14	42				
27										8				

Kasvupaikkaluokka — *Site class* V

du *cm*	Ennen hakkuuta — *Before cutting*													Poistuma					
	Ikä, v																		
	40	44	49	54	59	65	71	77	83	89	95	101	108	115	40	44	49	54	59	65
	Läpimittaluokan runkoluku hehtaarilla																			
1	132	39	3												50	19	3			
3	856	394	130	34	2										249	133	61	23	2	
5	1 629	1 128	597	275	97	16									272	228	159	90	41	12
7	1 105	1 226	1 076	743	438	194	67	11							75	130	167	157	98	53
9	260	482	779	842	718	524	281	143	47	4						12	49	87	104	114
11	18	85	220	401	553	570	470	301	186	90	18							9	38	94
13			27	94	192	354	408	356	252	176	98	29							1	37
15				4	27	79	167	274	277	241	155	90	31							2
17						6	38	82	160	183	184	141	72	19						
19								11	44	81	133	144	118	63						
21									1	18	48	89	123	115						
23											4	22	61	97						
25													8	36						
27														2						

Stem distribution series

Käsittely — *Treatment:* Voimakas — *Heavy*

Removal					Hakkuun jälkeen — *After cutting*									
Age, years														
70	78	86	94	102	36	42	48	55	62	70	78	86	94	102
Number of stems per ha. in dbh. class														
					79	7								
					734	183	43							
					1 438	769	295	85	11					
23	1				676	892	607	289	106	17				
47	27	2			73	372	569	451	272	110	23			
78	44	30	4			48	198	346	299	209	106	27		
58	59	41	29	2			30	135	227	209	148	76	18	
31	42	45	33	28				17	79	162	157	109	51	4
1	11	21	29	23					11	54	102	117	79	30
	1	6	13	22						6	44	78	92	66
		1	4	10							2	29	63	77
													21	48
														14

Käsittely — *Treatment:* Lievä/Keskivahva — *Light/Medium*

Removal							Hakkuun jälkeen — *After cutting*											
Age, years																		
71	77	83	89	95	101	108	36	40	44	49	54	59	65	71	77	83	89	95	101	108
Number of stems per ha. in dbh. class																				
							236	82	20											
							1 259	607	261	69	11									
							1 742	1 357	900	438	185	56	4							
25	8						690	1 030	1 096	909	586	340	141	42	3					
60	39	22	4				73	260	470	730	755	614	410	221	104	25				
99	66	45	38	14				18	85	220	392	515	476	371	235	141	52	4		
58	65	49	49	36	20					27	94	191	317	350	291	203	127	62	9	
11	31	44	47	44	35	24					4	27	77	156	243	233	194	111	55	7
	2	14	15	26	37	31							6	38	80	146	168	158	104	41
				5	10	20									11	44	81	128	134	98
						6										1	18	48	89	117
																		4	22	61
																				8

MINIMILÄPIMITAN VAIKUTUS HAVU-PAPERIPUIDEN VALMISTUSAIKAAN

OLLI MAKKONEN

EFFECT OF MINIMUM DIAMETER ON PULPWOOD PREPARATION TIME

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1967

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Kun puutavaran laatuvaatimuksia muutetaan, nousee esiin kysymys, miten suoritettavat muutokset vaikuttavat valmisteyksikköä, esim. paperipuupölkkyä tai pinokuutiometriä kohti kuuluvaan työaikaan ja miten niiden niin ollen tulisi vaikuttaa näiltä yksiköiltä maksettaviin urakkapalkkoihin. Meillä Suomessa on viime aikoina esiintynyt pyrkimyksiä pienentää havupaperipuiden minimiläpimittaa, joka on tähän saakka ollut yleensä 8 cm, joskus 7 cm kuoren alta. Kun minimiläpimitan muuttaminen on toimenpide, jonka aikaisempien työntutkimustulosten perusteella on syytä olettaa vaikuttavan paperipuiden valmistuksen työajan menekkiin, on asiasta suoritettu erillinen tutkimus.

Aineisto on kerätty Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton metsätyöntutkimusosaston eli Metsätehon toimesta, jonka palveluksessa kirjoittaja silloin oli. Tutkimuksen suorittajan siirryttyä metsäntutkimuslaitoksen palvelukseen on aineiston loppukäsittely suoritettu viimeksi mainitussa laitoksessa ja tulokset myös julkaistaan metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjassa. Kuvastakoon tämä osaltaan näiden kahden laitoksen välistä, hyvään alkuun päässyttä läheistä yhteistyötä metsätyöntutkimuksen alalla.

Metsätehon silloinen toiminnanjohtaja Jaakko Vöry antoi ystävällisen tukensa tutkimuksen suorittamiselle. Metsähallinnon hankintatekniikan ylitarkastaja Eirik Arnkil antoi auliisti apua Pohjois-Suomen tutkimustyömaiden valinnassa. Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n metsäkonttorin päällikkö Hannu Saarinen ja Enso-Gutzeit Oy:n metsänhoitaja Jouko Juutilainen tekivät parhaansa sopivien tutkimustyömaiden löytämiseksi Etelä-Suomesta. Prof. Paavo Aro on ystävällisesti tutustunut käsikirjoitukseen ja antanut hyviä neuvoja. Lausun heille kaikille parhaimmat kiitokseni, samoin myös tutkimuksessa avustaneelle kenttähenkilöstölle.

Helsingissä huhtikuussa 1967

Olli Makkonen

SISÄLLYS

Sivu

Johdanto 7

Tutkimusaineisto ja -menetelmät 9

Tutkimustulokset 11

Tulosten soveltaminen käytäntöön 20

Kirjallisuutta — *Bibliography* 26

Summary 27

Liite — *Appendix* 31

JOHDANTO

Suomessa on 1950-luvun lopulta lähtien hankittu puunjalostusteollisuuden käyttöön huomattavia määriä ns. ohutpuuta, jolla on yleensä tarkoitettu latvapäästä alle 8 cm:n paksuisia, tavallisesti 1 tai 2 metrin pituisia pölkkyjä. Minimiläpimitta on ollut yleisimmin 5 tai 6 cm. Tällainen ohutpuu on pidetty valmistus- ja kuljetusvaiheessa muusta puutavarasta erillään ja myös hakkuu- ja ajopalkka on vahvistettu sille erikseen asiaa koskeneiden tutkimusten tulosten mukaisesti. Kun ohutpuun erillään pitäminen, joka on tapahtunut hintapoliittisista syistä, on kuitenkin metsätöiden rationalisoinnin kannalta erittäin epäedullista, on ollut odotettavissa, että ennen pitkää joudutaan erillisen ohutpuun vaihtoehtona harkitsemaan yksinkertaisesti paperipuun minimiläpimitan alentamista. Tätä mahdollisuutta silmällä pitäen kerättiin jo v. 1961 Metsätehon toimesta eri puolilta Suomea iikatutkimusaineistoa kuusi- ja mäntypaperipuiden valmistuksesta eri manimiläpimittoja käyttäen. Tärkeimmät laskentatyöt suoritettiin välittömästi aineiston keräyksen jälkeen ja tulokset annettiin metsäalan työmarkkinajärjestöjen tietoon.

Tutkimustuloksia ei siinä vaiheessa katsottu tarpeelliseksi muulla tavoin julkaista. Sen jälkeen ovat kuitenkin paperipuun minimiläpimitan alentamispyrkimykset johtaneet yhä lisääntyvässä määrin toteutukseen käytännössä. Eräät sangen huomattavat metsätyönantajat ovat ryhtyneet ottamaan paperipuuta 6, jopa 5 cm:n läpimittaan saakka. Kesäkuun alussa 1966 voimaan tulleessa metsäalan työehtosopimuksessa on jo otettu huomioon minimiläpimitan pienentämisen vaikutus hakkuupalkkaan suoritettujen tutkimusten tulosten mukaisesti. Kun asia siten on saanut varteen otettavan käytännöllisen merkityksen, on katsottu aiheelliseksi julkaista tutkimustulokset.

Kirjoittajan tiedossa ei ole aikaisempia asiaa koskevia tutkimuksia. Minimiläpimitan vaikutusta runkojen hyväksikäyttöön, mikä kysymys hyvin läheisesti liittyy nyt tarkasteltavaan ongelmaan, on meillä kuitenkin tutkinut A r o (1935).

Taulukko 1. Aineiston laatu ja laajuus.
Table 1. Quality and Quantity of research material

Kunta *Commune*	Työmaa *Working Plase*	Puutavaralaji *Timber Species*	Minimiläpimitta kuoren alta, cm *Minimum diameter under bark, cm.*	Hakkuumies n:o *Feller No.*	Runkoja, kpl *Number of Stems*	Paperipuuta, k-m³ *Pulp wood, cu.m. (s)*
Ruokolahti	Antamojärvi	1 m kuorimaton mä *1 m. unbarked pine*	5	1	362	14.5
»	»	1 m »	6	1	323	13.6
»	»	2 m »	5	1	493	26.1
»	»	2 m »	6	1	176	21.5
»	»	2 m »	8	1	355	37.6
»	»	1 m »	5	2	513	13.3
»	»	1 m »	6	2	262	15.7
»	»	2 m »	5	2	663	19.4
»	»	2 m »	6	2	395	23.9
»	»	2 m »	8	2	329	28.3
Valkeala	Tirva	3 m »	5	3	232	13.6
»	»	3 m »	6	3	236	13.5
»	»	4 m »	5	3	293	13.1
»	»	4 m »	6	3	178	17.1
»	»	2 m »	8	3	140	15.9
»	Kannuskoski	3 m »	5	4	394	18.4
»	»	3 m »	6	4	278	20.7
»	»	4 m »	5	4	191	13.4
»	»	4 m »	6	4	297	28.3
»	»	2 m »	8	4	164	25.8
Padasjoki	Vesala	2 m kuorittu ku — *2 m. barked spruce*	5	5	346	23.2
»	»	2 m »	6	5	157	14.0
»	»	2 m »	7	5	138	15.2
»	»	2 m »	8	5	106	15.1
»	»	4 m »	5	5	155	14.0
»	»	2 m »	5	6	301	23.1
»	»	2 m »	6	6	149	12.6
»	»	2 m »	7	6	140	14.4
»	»	2 m »	8	6	123	14.6
»	»	4 m »	5	6	178	11.7
Rovaniemen mlk	Kierivaara	2 m kuorimaton ku *2 m.unbarked spruce*	6	7	404	24.6
»	»	2 m »	7	7	507	22.6
»	»	2 m »	8	7	426	23.5
»	»	4 m »	6	7	372	28.0
»	»	2 m »	6	8	471	28.9
»	»	2 m »	7	8	511	27.8
»	»	2 m »	8	8	511	27.4
»	»	4 m »	6	8	318	26.7
»	Haarainvaara	2 m kuorimaton mä *2 m. unbarked pine*	6	9	454	45.4
»	»	2 m »	8	9	445	45.7
»	»	4 m »	6	9	390	36.6
»	»	2 m »	6	10	407	52.0
»	»	2 m »	8	10	483	49.8
»	»	4 m »	6	10	447	45.6
			Kaikki yhteensä — *Total*		14 176	1 035.2

TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

Tutkimusaineisto on kerätty kuudelta eri työmaalta, Enso-Gutzeit Oy:n Antamojärven työmaalta Ruokolahdelta, saman yhtiön Tirvan ja Kannuskosken työmailta Valkealasta, Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n Vesalan työmaalta Padasjoelta sekä metsähallinnon Kierivaaran ja Haarainvaaran työmailta Rovaniemen maalaiskunnasta. Tutkimuskunnat on merkitty liitekarttaan (s. 34). Työntekijöitä oli kaikkiaan kymmenen. Tutkimusaineistoa koskevat tärkeimmät numerotiedot näkyvät taulukosta 1.

Aineisto käsittää siis kaikkiaan 14 176 runkoa eli yhteensä 1 035 kuorellista k-m³ paperipuuta. Se jakaantuu eri pölkynpituuksien osalta seuraavasti (taulukko 2).

Pölkyn pituuden valinta riippui kussakin tapauksessa kysymyksessä olevan työnantajan toivomuksesta. Vaikka kysymyksessä oli vain muutama työnantaja, aineiston jakaantuminen pölkyn pituuden mukaan näyttää kuitenkin jossain määrin kuvastelevan aineiston keräysaikana maassa yleensäkin vallinnutta tilannetta.

Kun aineistoa kerättäessä moottorisaha ei vielä ollut tullut pinotavaran teossa vallitsevaksi työvälineeksi, otettiin tutkimuksen kohteiksi sekä moottorisahamiehiä että teräskaarisahan käyttäjiä. Ruokolahdella, Valkea-

Taulukko 2. Aineiston jakaantuminen pölkyn pituuden ja minimiläpimitan mukaan.
Table 2. Distribution of material according to bolt length and minimum diameter.

Pölkyn pituus, m *Length of bolt, m.*	Minimiläpimitta kuoren alta, cm *Minimum diameter, under bark, cm.*	Runkoja, kpl *Number of stems*	Paperipuuta, k-m³ *Pulp wood, cu.m. (s)*	Paperipuuta, % kokonaiskuutiomäärästä *Pulp wood, per cent of total volume*	
1	5	875	27.8	2.7	5.5
1	6	585	29.3	2.8	
2	5	1 803	91.8	8.9	65.4
2	6	2 576	222.9	21.5	
2	7	1 296	80.0	7.7	
2	8	3 082	282.7	27.3	
3	5	626	32.0	3.1	6.4
3	6	514	34.2	3.3	
4	5	817	52.2	5.1	22.7
4	6	2 002	182.3	17.6	
Kaikki yhteensä—*Total*		14 176	1 035.2	100.0	

lassa jaPadasjoella seurattiin käsisahamiesten työskentelyä, Pohjois-Suomen työmailla sen sijaan moottorisahamiesten työskentelyä. Tässä epäilemättä kuvastuu se, että Pohjois-Suomi on ollut edelläkävinänä metsätöiden koneellistamisessa. Pohjois-Suomen miehetkään eivät kuitenkaan vielä käyttäneet moottorisahaa karsimiseen.

Etelä-Suomen työmailla paperipuut kerättiin hajasijaintiristikkoihin, Pohjois-Suomen työmailla sen sijaan ristikkoihin palstatien varteen.

Työajan mittaamisessa käytettiin tavallisia 1/100 min-jaotuksella varustettuja aikatutkimuskelloja ja 0-asento eli palautusmenetelmää. Pölkkyjen ja runkojen kuutioimiseksi mitattiin kustakin pölkystä läpimitta pituuden puolivälistä kuoren päältä lähimpään täyteen senttiin pyöristäen. Runkojen ja pölkkyjen numeroimista, läpimittojen mittaamista ja niiden muistiin merkitsemistä varten oli kullakin aikatutkijalla apunaan mittamies.

Aineiston käsittelyssä on noudatettu niitä yleisiä periaatteita, joita kirjoittaja on useissa eri yhteyksissä selostanut, yksityiskohtaisimmin tutkimuksessa »Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön» (Makkonen 1950). ATK ei ollut aineiston peruskäsittelyä suoritettaessa Suomessa vielä niin pitkällä, että sen käyttämistä olisi harkittu.

Kun tutkimus suoritettiin käytännön olosuhteissa, hakkuuta varten leimatuilla todellisilla palstoilla, ei ollut mahdollista valita palstoja niin, että työskentelyolosuhteet olisivat aina olleet mahdollisimman samanlaisia. Erityisesti tämä koskee runkojen keskikokoa, joka on eräs puutavaran valmistuksen työajan menekkiin voimakkaimmin vaikuttavista tekijöistä. Tästä ei kuitenkaan ole haittaa, kun aineisto käsitellään rungonsuuruusluokittain, jolloin voidaan verrata tuloksia eri tapauksissa samansuuruisten runkojen ollessa kysymyksessä.

TUTKIMUSTULOKSET

Syistä, joihin ei tässä yhteydessä enää lähemmin puututa (M a k k o n e n 1950) on meillä käytetty juoksumetri- tai kappaletaksan peruspalkkojen laskemisessa lähtökohtana runkojen kokoa 0.1 k-m³. Kun voimassa olevan metsäalan työehtosopimuksen mukaan myös pinokuutiometripalkkaa käytettäessä keskijäreysluokan (4.0—9.9 runkoa/p-m³) keskiarvo 7 runkoa/p-m³ on yleisimmillä pinotavaralajeilla hyvin lähellä arvoa 0.1 k-m³ — vaihtelua tietysti esiintyy pinotiheyden vaihtelun mukaan — esitetään seuraavassa aikatutkimustulokset siten, että ne vastaavat juuri tätä rungon käyttöosan

Taulukko 3. Työntekijä 1. Kuorimattomat 2 m mäntypaperipuut ristikolle, kuorimattomat 1 m mäntypaperipuut pinoon. Työaika runkoa kohti.
Table 3. Worker 1. Unbarked 2 m. pine pulpwood, crosswise stacked, and unbarked 1 m. pine pulpwood, piled. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m./Minimum diameter, cm.*				
	2/8	2/6	2/5	1/6	1/5
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*				
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	1.16	1.08	1.03	1.07	1.07
Karsiminen — *Limbing*	0.98	1.16	1.28	1.32	1.36
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	0.85	0.89	1.00	1.17	1.28
Pölkytys — *Bucking*	0.98	1.05	1.07	1.61	1.70
Ristikon pohjan valmistus tai pinon pohjan ja kehyspuiden valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise or the foundation and the end stakes of the pile*	0.45	0.45	0.45	1.06	1.06
Ristikoiminen tai pinoaminen — *Stacking crosswise or piling*	1.00	1.04	1.10	1.02	1.12
Keskeytykset — *Interruptions*	0.60	0.63	0.66	0.81	0.84
Yhteensä — *Total*	6.02	6.30	6.59	8.06	8.39
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Lenght of the utilized part of the stem on an average, m.*	8.6	9.4	9.9	10.0	10.5
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	0.70	0.67	0.67	0.81	0.80

Taulukko 4. Työntekijä 2. Kuorimattomat 2 m mäntypaperipuut ristikolle, kuorimattomat 1 m mäntypaperipuut pinoon. Työaika runkoa kohti.
Table 4. Worker 2. Unbarked 2 m. pine pulpwood, crosswise stacked, and unbarked 1 m. pine pulpwood, piled. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m/Minimum diameter, cm.*				
	2/8	2/6	2/5	1/6	1/5
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*				
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	1.09	0.96	0.79	0.86	0.74
Karsiminen — *Limbing*	1.68	2.08	2.32	2.18	2.44
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	0.97	0.98	1.08	1.38	1.50
Pölkytys — *Bucking*	0.78	0.82	0.86	1.35	1.39
Ristikon pohjan valmistus tai pinon pohjan ja kehyspuiden valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise or the foundation and the end stakes of the pile*	0.25	0.25	0.25	0.69	0.69
Ristikoiminen tai pinoaminen — *Stacking crosswise or piling*	0.99	1.03	1.08	1.24	1.38
Keskeytykset — *Interruptions*	0.64	0.68	0.71	0.86	0.91
Yhteensä — *Total*	6.40	6.80	7.09	8.56	9.05
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Lenght of the utilized part of the stem on an average, m.*	8.9	9.5	10.1	10.1	10.7
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	0.72	0.72	0.70	0.85	0.85

kokoa. Rungoittaisten arvioiden keskiarvona saatu oksaisuusluokka oli kaikilla Etelä-Suomen tutkimuspalstoilla, myös kuusipalstoilla II ½. Tasaisuuteen tässä suhteessa oli tietoisesti pyrittykin. Myös Pohjois-Suomen mäntypalstoilla oksaisuusluokka oli II ½, mutta kuusipalstoilla sen sijaan III ½. Maasto oli kaikilla tutkimuspalstoilla I luokkaa. Leimikon tiheys vaihteli eri hakkuumiehillä jonkin verran, mutta saman miehen palstat voitiin kuitenkin aina valita siten, että ne olisivat olleet tiheydeltään samanlaisia, jos leimaus olisi kaikissa tapauksissa suoritettu samaa minimiläpimittaa silmällä pitäen. Kun leimaus kuitenkin suoritettiin tutkimuksen tarkoituksen edellyttämällä tavalla eri minimiläpimittoja käyttäen, tuli leimaukseen mukaan sitä pienempiä runkoja, mitä pienempää minimiläpimittaa käytettiin, ja niin ollen pinta-alayksiköltä kertyvä puutavaramäärä suureni jonkin verran minimiläpimitan pienentyessä. Kuutiomääräinen suureneminen oli kuitenkin vähäistä, mutta pinta-alayksikköä kohti leimattujen runkojen lukumäärä sen sijaan lisääntyi tuntuvasti. Tutkimuspalstoilla ei esiintynyt runkojen vikaisuutta. Kuorittua paperipuuta val-

Taulukko 5. Työntekijä 3. Kuorimattomat 2 m, 3 m ja 4 m mäntypaperipuut ristikolle. Työaika runkoa kohti.

Table 5. Worker 3. Unbarked 2 m., 3 m. and 4 m. pine pulpwood, crosswise stacked. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m./Minimum diameter, cm.*				
	2/8	3/6	3/5	4/6	4/5
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*				
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	2.57	2.33	2.18	2.30	2.20
Karsiminen — *Limbing*	1.59	1.93	2.01	2.01	2.05
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	1.52	1.23	1.39	1.16	1.35
Pölkytys — *Bucking*	1.33	0.86	0.98	0.71	0.74
Ristikon pohjan valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise*	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
Ristikoiminen — *Stacking crosswise*	1.41	1.43	1.45	1.35	1.38
Keskeytykset — *Interruptions*	1.00	0.93	0.95	0.90	0.92
Yhteensä — *Total*	9.99	9.28	9.53	9.00	9.21
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Length of the utilized part of the stem on an average, m.*	9.0	9.1	9.5	9.5	9.9
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	1.11	1.02	1.00	0.95	0.93

Taulukko 6. Työntekijä 4. Kuorimattomat 2 m, 3 m ja 4 m mäntypaperipuut ristikolle. Työaika runkoa kohti.

Table 6. Worker 4. Unbarked 2 m., 3 m. and 4 m. pine pulpwood, crosswise stacked. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m/Minimum diameter, cm.*				
	2/8	3/6	3/5	4/6	4/5
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*				
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	1.11	1.01	0.96	1.04	1.03
Karsiminen — *Limbing*	1.35	1.80	1.91	1.70	1.83
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	1.28	1.06	1.06	0.90	0.90
Pölkytys — *Bucking*	1.11	0.69	0.86	0.56	0.71
Ristikon pohjan valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise*	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Ristikoiminen — *Stacking crosswise*	1.20	1.11	1.11	1.05	1.05
Keskeytykset — *Interruptions*	0.74	0.70	0.73	0.65	0.68
Yhteensä — *Total*	7.43	7.01	7.27	6.54	6.84
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Length of the utilized part of the stem on an average, m.*	9.1	9.5	10.2	9.4	10.0
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	0.82	0.74	0.72	0.70	0.68

Taulukko 7. Työntekijä 5. Kuoritut 2 m ja 4 m kuusipaperipuut ristikolle. Työaika runkoa kohti.

Table 7. Worker 5. Barked 2 m. and 4 m. spruce pulpwood, crosswise stacked. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m./Minimum diameter, cm.*				
	2/8	2/7	2/6	2/5	4/5
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*				
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	1.95	1.84	1.72	1.59	1.86
Karsiminen — *Limbing*	1.09	1.23	1.58	2.12	1.17
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	1.00	1.03	1.07	1.14	1.15
Pölkytys — *Bucking*	1.50	1.50	1.58	1.63	0.84
Kuoriminen — *Debarking*	6.32	6.70	6.90	7.90	6.32
Ristikon pohjan valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise*	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Ristikoiminen — *Stacking crosswise*	1.12	1.19	1.26	1.28	1.17
Keskeytykset — *Interruptions*	1.48	1.54	1.60	1.78	1.43
Yhteensä — *Total*	14.78	15.35	16.03	17.76	14.26
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Lenght of the utilized part of the stem on an average, m.*	8.7	9.2	9.4	10.3	8.5
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	1.70	1.67	1.71	1.72	1.68

Taulukko 8. Työntekijä 6. Kuoritut 2 m ja 4 m kuusipaperipuut ristikolle. Työaika runkoa kohti.

Table 8. Worker 6. Barked 2 m. and 4 m. spruce pulpwood, crosswise stacked. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m/Minimum diameter, cm.*				
	2/8	2/7	2/6	2/5	4/5
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*				
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	2.08	2.00	1.89	1.79	1.62
Karsiminen — *Limbing*	0.83	1.00	1.08	1.21	0.83
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	1.23	1.24	1.28	1.35	1.34
Pölkytys — *Bucking*	1.24	1.24	1.24	1.24	0.64
Kuoriminen — *Debarking*	6.37	7.03	7.63	8.34	6.40
Ristikon pohjan valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise*	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Ristikoiminen — *Stacking crosswise*	1.22	1.31	1.36	1.42	1.35
Keskeytykset — *Interruptions*	1.52	1.62	1.69	1.79	1.50
Yhteensä — *Total*	15.22	16.17	16.90	17.87	14.74
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Length of the utilized part of the stem on an average, m.*	8.5	9.1	9.6	10.2	8.3
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	1.79	1.78	1.76	1.75	1.78

Taulukko 9. Työntekijä 7. Kuorimattomat 2 m ja 4 m kuusipaperipuut ristikolle. Työaika runkoa kohti.

Table 9. Worker 7. Unbarked 2 m. and 4 m. spruce pulpwood, crosswise stacked. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m./Minimum diameter, cm.*			
	2/8	2/7	2/6	4/6
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*			
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	0.51	0.48	0.46	0.51
Karsiminen — *Limbing*	2.80	2.94	3.15	3.24
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	0.41	0.41	0.45	0.28
Pölkytys — *Bucking*	0.50	0.51	0.53	0.31
Ristikon pohjan valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise*	0.43	0.43	0.43	0.43
Ristikoiminen — *Stacking crosswise*	1.06	1.07	1.12	0.81
Moottorisahan käynnistys ja huolto - *Starting the power saw and saw maintenance*	0.86	0.86	0.86	0.86
Tien raivaus — *Clearing the road*	0.46	0.46	0.46	0.46
Keskeytykset — *Interruptions*	0.78	0.80	0.83	0.74
Yhteensä — *Total*	7.81	7.95	8.23	7.41
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Lenght of the utilized part of the stem on an average, m.*	6.6	6.8	7.2	7.4
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	1.18	1.17	1.14	1.00

mistettiin vain Padasjoella, ja tällöin kyseiset kuusipalstat kuuluivat I kuoriluokkaan. Tutkimuksessa käytetyt työvaikeustekijäin luokitukset on esitetty liitteinä julkaisun lopussa.

Yllämainituin edellytyksin esitetään taulukoissa 3—12 tutkimuksen kohteina olleita työntekijöitä koskevat aikatutkimustiedot.

Yleispiirteenä kaikkien tutkittujen hakkuumiesten kohdalla voidaan todeta, että minimiläpimitan pienentyessä työaika runkoa kohti kasvaa melko selvästi. Koska kaikissa tapauksissa on kysymys käyttöosan kuutioltaan yhtä suurista rungoista, voidaan yhtä hyvin puhua kiintokuutioyksikköä kohti kuluvan työajan kasvamisesta. Kun toisaalta taas on todettu, ettei minimiläpimitan pienentäminen sanottavasti vaikuta pinotiheyteen (Makkonen 1958), nousee myös pinokuutioyksikköä kohti laskettu työaika jota kuinkin samassa suhteessa kuin runkoa kohti kuluva työaika.

Juoksumetriä kohti laskettu työaika sen sijaan näyttää taulukoiden perusteella melkein kaikissa tapauksissa jonkin verran pienenevän pienempiin minimiläpimittoihin siirryttäessä.

Taulukot 3—12 osoittavat myös sen ennestään tunnetun ja ennakolta ilmeisen tosiasian, että työaika pienenee pölkkyjen pituuden lisääntyessä.

Taulukko 10. Työntekijä 8. Kuorimattomat 2 m ja 4 m kuusipaperipuut ristikolle. Työaika runkoa kohti.

Table 10. Worker 8. Unbarked 2 m. and 4 m. spruce pulpwood, crosswise stacked. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m/Minimum diameter, cm.*			
	2/8	2/7	2/6	4/6
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*			
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	0.50	0.47	0.45	0.50
Karsiminen — *Limbing*	2.82	2.93	3.15	3.23
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	0.46	0.47	0.50	0.29
Pölkytys — *Bucking*	0.24	0.24	0.25	0.14
Ristikon pohjan valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise*	0.41	0.41	0.41	0.16
Ristikoiminen — *Stacking crosswise*	0.61	0.62	0.64	0.44
Moottorisahan käynnistys ja huolto - *Starting the power saw and saw maintenance*	0.29	0.29	0.29	0.29
Tien raivaus — *Clearing the road*	0.21	0.21	0.21	0.21
Keskeytykset — *Interruptions*	0.62	0.63	0.66	0.60
Yhteensä — *Total*	6.16	6.27	6.56	5.84
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Length of the utilized part of the stem on an average, m.*	6.5	6.7	7.1	7.2
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	0.95	0.94	0.93	0.81

Seuraavassa tarkastellaan aluksi työnosittain minimiläpimitan pienentämisen vaikutusta runkoa ja kuutioyksikköä kohti kuluvaan työaikaan. Sen jälkeen tarkastellaan käyttöosan pituuden ja juoksumetriä kohti lasketun työajan muutoksia.

S i i r t y m i s e n ja k a a d o n osalta todetaan työajan menekin runkoa kohti melkein poikkeuksetta pienenevän minimiläpimitan mukana. Tällöin luonnollisesti vertaillaan kunkin työntekijän kohdalla samanpituisia paperipuita keskenään. Syynä tähän ilmiöön on lähinnä se, että pienempään minimiläpimittaan siirryttäessä tulee mukaan entistä pienempiä runkoja, jolloin kaadettavien runkojen lukumäärä pinta-alayksikköä kohti kasvaa ja siirtymiseen puulta toiselle kuluva aika lyhenee.

Kuten saattaa odottaa, k a r s i n t a a n kuluva aika kasvaa selvästi minimiläpimitan pienentyessä, koska karsittavaksi tuleva rungon osa pitenee. Karsinta-ajan kasvu minimiläpimitan pienentyessä onkin tärkein syy niihin muutoksiin, joita runkoa kohti lasketun kokonaistyöajan kohdalla voidaan havaita.

Taulukko 11. Työntekijä 9. Kuorimattomat 2 m ja 4 m mäntypaperipuut ristikolle. Työaika runkoa kohti.

Table 11. Worker 9. Unbarked 2 m. and 4 m. pine pulpwood, crosswise stacked. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m./Minimum diameter, cm.*		
	2/8	2/6	4/6
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*		
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	0.52	0.48	0.52
Karsiminen — *Limbing*	0.87	1.05	1.08
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	0.39	0.40	0.35
Pölkytys — *Bucking*	0.25	0.26	0.14
Ristikon pohjan valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise*	0.20	0.20	0.20
Ristikoiminen — *Stacking crosswise*	0.77	0.78	0.51
Moottorisahan käynnistys ja huolto - *Starting the power saw and saw maintenance*	0.29	0.29	0.29
Tien raivaus — *Clearing the road*	0.16	0.16	0.16
Keskeytykset — *Interruptions*	0.38	0.40	0.36
Yhteensä — *Total*	3.83	4.02	3.62
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Lenght of the utilized part of the stem on an average, m.*	7.2	7.7	7.7
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	0.53	0.52	0.47

P ö l k k y j e n p i t u u d e n m i t t a u k s e e n kuluva aika näyttää myös jonkin verran kasvavan pienempiin minimiläpimittoihin siirryttäessä. Tämä johtuu siitä, että yhdestä rungosta keskimäärin saatava pölkkyluku jonkin verran lisääntyy.

P ö l k y t y k s e e n kuluva aika kasvaa pienempiin minimiläpimittoihin päin samasta syystä kuin pölkkyjen mittaukseen kuluva aika.

R i s t i k o n p o h j a n v a l m i s t u k s e e n ja p i n o n p o h j a n ja k e h y s p u i d e n t e k o o n kuluvaan aikaan minimiläpimitta ei taulukkojen mukaan vaikuta. Tällaiset työt koituvat kaikkien ristikkoon joutuneiden runkojen hyväksi ja niihin kuluvaa aikaa runkoa kohti laskettaessa kyseinen aika jaetaan eri kokoisten runkojen kesken niiden käyttöosien kuutioiden suhteessa. Käyttöosan kuutioltaan yhtä suurilla rungoilla tämä aika siis on sama.

R i s t i k o i m i s e e n ja p i n o a m i s e e n kuluva aika näyttää jonkin verran kasvavan pienempiin minimiläpimittoihin päin. Syynä on rungoista keskimäärin saatavan pölkkyluvun lisääntyminen.

Taulukko 12. Työntekijä 10. Kuorimattomat 2 m ja 4 m mäntypaperipuut ristikolle. Työaika runkoa kohti.

Table 12. Worker 10. Unbarked 2 m. and 4 m. pine pulpwood, crosswise stacked. Working time per stem.

Työn osa *Element of work*	Pölkyn pituus, m/Minimiläpimitta, cm *Lenght of bolt, m/Minimum diameter, cm.*		
	2/8	2/6	4/6
	Työaika runkoa kohti, min *Working time per stem, min.*		
Siirtyminen puulta toiselle ja kaato — *Moving from one tree to another and felling*	0.47	0.44	0.47
Karsiminen — *Limbing*	0.98	1.10	1.10
Pölkkyjen pituuden mittaus — *Measuring the length of bolts*	0.32	0.34	0.33
Pölkytys — *Bucking*	0.24	0.24	0.13
Ristikon pohjan valmistus — *Making the foundation for stacking crosswise*	0.11	0.11	0.11
Ristikoiminen — *Stacking crosswise*	0.55	0.56	0.39
Moottorisahan käynnistys ja huolto - *Starting the power saw and saw maintenance*	0.16	0.16	0.16
Tien raivaus — *Clearing the road*	0.07	0.07	0.07
Keskeytykset — *Interruptions*	0.32	0.34	0.31
Yhteensä — *Total*	3.22	3.36	3.07
Rungon käyttöosan pituus keskimäärin, m *Length of the utilized part of the stem on an average, m.*	7.2	7.7	7.7
Työaika juoksumetriä kohti, min — *Working time per running metre, min.*	0.45	0.44	0.40

K e s k e y t y k s i i n on merkitty kaikissa tapauksissa kuluneen 10 % kokonaistyöajasta. Tosiasiassa keskeytysten osuus on sangen henkilökohtainen ja vaihteleva, valtaosa keskeytyksistä kun on lepotaukoja. Sen vuoksi keskeytyksiä ei voida ottaa mukaan sellaisina, kuin ne kulloinkin ovat, vaan niiden kohdalla käytetään vuosien mittaan suoritettujen työntutkimusten tulosten perusteella saatua pyöristettyä keskiarvosadannesta. Näin ollen keskeytykset eivät vaikuta vertailtavien tapausten välisiin suhteisiin.

Jos edelleen vertaillaan keskenään kussakin tapauksessa samanpituisia paperipuita, voidaan todeta, että kuutiosisällöltään 0.1 k-m^3:n suuruisen käyttöosan (puutavaraksi valmistetun rungon osan) keskimääräinen pituus on selvästi lisääntynyt minimiläpimitan pienentyessä, niin kuin odottaa saattaakin. Huomattakoon, että kun on kysymys käyttöosan kuutioltaan yhtä suurien runkojen vertailusta, ei käyttöosien pituuksien ero osoita, miten paljon enemmän samasta rungosta saadaan puutavaraa, jos minimiläpimittaa pienennetään. Latvasta esim. 6 cm:n paksuinen käyttöosa on nimittäin tarkasti ottaen peräisin kokonaiskuutioltaan vähän pienemmästä

rungosta kuin latvasta 8 cm:n paksuinen, kuutiosisällöltään samansuuruinen käyttöosa.

Voidaan tietysti kysyä, eikö olisi helpompaa ja jollakin tavoin selväpiirteisempää verrata keskenään kokonaiskuutioltaan yhtä suuria runkoja. Edellä omaksuttuun menettelyyn, jota meikäläisissä hakkuutöitä koskevissa aikatutkimuksissa yleensäkin on käytetty, on kuitenkin omat syynsä. Tällöin nimittäin päästään suoraan työtulokseksi tulevaan kuutiomäärään. Toisena syynä on meillä jo perinnäinen tapa käyttää pinotavaraleimikoiden rungonsuuruusluokittelussa pinokuutiometriin menevää runkolukua luokitteluperusteena. Esim. meikäläisissä metsätyöpalkkataulukoissa on pinokuutiometripalkat laskettu keskimmäisessä rungonsuuruusluokassa siten, että ne edellyttävät pinokuutiometrin koostuvan kaikissa tapauksissa seitsemästä rungosta. Koska minimiläpimitta ja pinotiheys vaihtelevat eri tavaralajeilla, ovat siten nämä seitsemän runkoa — jos oletamme ne keskenään yhtä suuriksi — eri tapauksissa alkuperäiseltä kokonaiskuutioltaan hieman erikokoisia. Tämä saattaa tuntua monimutkaiselta, mutta siitä ei ole mitään haittaa, kun vain asia tuloksia tarkasteltaessa muistetaan.

Kun siis esim. 6 cm:iin saakka otettu käyttöosa on peräisin hieman pienemmästä rungosta kuin kuutiosisällöltään yhtä suuri 8 cm:iin saakka otettu käyttöosa, jäävät käyttöosien pituuksien erot tällä tavoin laskien hieman pienemmiksi kuin siinä tapauksessa, että olisi kysymys saman rungon valmistamisesta paperipuiksi eri minimiläpimittoja käyttäen. Joka tapauksessa käyttöosan pituus on tässä käytetyn vertailutavankin mukaan noussut pienempiin minimiläpimittoihin siirryttäessä niin voimakkaasti, että juoksumetriä kohti kuluva työaika on useimmissa tapauksissa jonkin verran alentunut runkoa kohti kuluvan työajan lisääntymisestä huolimatta.

Edellä sanotusta johtuu myös, ettei käyttöosan pituutta koskevia tietoja voida verrata esim. A r o n (1935) tutkimuksen tuloksiin.

TULOSTEN SOVELTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN

Pelkät aika-arvot eivät anna havainnollista kuvaa siitä, miten voimakkaasti minimiläpimitan pienentäminen vaikuttaa työajan menekkiin. Sen vuoksi esitetään taulukossa 13 työajan menekkiä runkoa (ja samalla myös kuutioyksikköä) kohti kuluvien työaikojen suhdeluvut siten, että 8 cm:n minimiläpimittaa vastaava aika merkitään kunkin pölkynpituuden kohdalla 100:ksi. Tosiasiassa kaikki tutkitut miehet tekivät 8 cm:n minimiläpimittaa käyttäen ainoastaan 2-metrisiä paperipuita, mutta työaikojen suhteet eripituisten paperipuiden valmistuksessa 8 cm:n minimiläpimittaa käytettäessä saadaan entisten tutkimusten perusteella (M a k k o n e n 1947, 1950 ja 1956).

Taulukosta 14 näkyvät työajan menekkiä juoksumetriä kohti osoittavat suhdeluvut.

Taulukon 13 perusteella voidaan laatia seuraava tavaralajeittainen keskiarvoyhdistelmä (taulukko 15).

Taulukosta 15 käy ilmi, että minimiläpimitan vaikutus runkoa ja kuutioyksikköä kohti kuluvaan työaikaan on männyn ja kuusen kohdalla hyvin samanlainen. Ilmeisesti näitä puulajeja ei kannata tässä mielessä pitää erillään. Toiseksi saman taulukon perusteella voidaan todeta, että minimiläpimitta näyttää yleensä vaikuttavan työajan menekkiin sitä vähemmän, mitä pitemmästä tavarasta on kysymys. Tosin 3 m tavara näyttää hieman poikkeavan tästä säännöstä, mutta on otettava huomioon, että sitä valmisti vain kaksi hakkuumiestä ja että loppujen lopuksi kunkin hakkuumiehen henkilökohtainen suhtautuminen minimiläpimittavaatimusten noudattamiseen saattaa melkoisesti vaikuttaa asiaan.

Minimiläpimitta näyttää vaikuttavan 2 m kuoritun kuusipaperipuun kohdalla runkoa ja kuutioyksikköä kohti kuluvaan työaikaan tuntuvasti voimakkaammin kuin kuotimattoman tavaran kohdalla. Tähän onkin ilmeisenä syynä juuri kuoriminen, johon kuluva aika nousee taulukkojen 7 ja 8 mukaan sangen voimakkaasti pienempiin minimiläpimittoihin siirryttäessä. Tämä johtuu lähinnä kahdesta syystä, ensinnäkin siitä, että ohuilla pölkyillä on huomattavasti enemmän kuorittavaa vaippapinta-alaa kuutioyksikköä kohti kuin paksuilla, ja toiseksi siitä, että käsinkuorinta-

Taulukko 13. Minimiläpimitan vaikutus runkoa ja kuutioyksikköä kohti kuluvaan työaikaan työntekijöittäin ja tavaralajeittain. Minimiläpimitta 8 cm = 100.

Table 13. Influence of minimum diameter on working time per stem and per volume unit for different workers and pulpwood species. Minimum diameter 8 cm. = 100.

Työntekijä *Worker No.*	Minimiläpimitta, cm *Minimum diameter, cm.*			
	8	7	6	5
	1 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *1 m. unbarked pine pulpwood*			
1	100	—	107	112
2	100	—	107	114
	2 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *2 m. unbarked pine pulpwood*			
1	100	—	105	109
2	100	—	106	111
9	100	—	105	—
10	100	—	104	—
	2 m kuorimattomat kuusipaperipuut — *2 m. unbarked spruce pulpwood*			
7	100	102	105	—
8	100	102	106	—
	2 m kuoritut kuusipaperipuut — *2 m. barked spruce pulpwood*			
5	100	104	108	120
6	100	106	111	119
	3 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *3 m. unbarked pine pulpwood*			
3	100	—	103	106
4	100	—	105	109
	4 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *4 m. unbarked pine pulpwood*			
3	100	—	106	108
4	100	—	103	108
9	100	—	105	—
10	100	—	106	—
	4 m kuorimattomat kuusipaperipuut — *4 m. unbarked spruce pulpwood*			
7	100	—	104	—
8	100	—	104	—
	4 m kuoritut kuusipaperipuut — *4 m. barked spruce pulpwood*			
5	100	—	—	107
6	100	—	—	107

väline ottaa kerrallaan sitä kapeamman kuorilastun, mitä ohuempi kuorittava pölkky on.

Miksi sitten 4 m kuoritun, 5 cm:n läpimittaan saakka otetun kuusipaperipuun kohdalla ei havaita vastaavanlaista voimakasta työajan nousua? Syy on poikkeuksellinen. Kysymyksessä olevilla työntekijöillä 5 ja 6 (taulukot 7 ja 8) rungon käyttöosa jäi 4 m tavaraa 5 cm:n läpimittaan saakka tehtäessä keskimäärin lyhyemmäksi kuin 2 m tavaraa 8 cm:n läpimittaan saakka tehtäessä. Kaikilla muilla tutkituilla hakkuumiehillä, jotka tekivät 4 m tavaraa, käyttöosan keskimääräinen pituus lisääntyi selvästi siirryttäessä 2 m/8 cm-tavarasta 4 m/6 cm- tai 4 m/5 cm-tavaraan. Hakkuumiehet 5 ja

Taulukko 14. Minimiläpimitan vaikutus juoksumetriä kohti kuluvaan työaikaan työntekijöittäin ja tavaralajeittain. Minimiläpimitta 8 cm = 100.

Table 14. Influence of minimum diameter on working time per running metre for different workers and pulpwood species. Minimum diameter 8 cm. = 100.

Työntekijä *Worker No.*	Minimiläpimitta, cm *Minimum diameter, cm.*			
	8	7	6	5
	1 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *1 m. unbarked pine pulpwood*			
1	100	—	99	99
2	100	—	96	95
	2 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *2 m. unbarked pine pulpwood*			
1	100	—	96	96
2	100	—	100	97
9	100	—	98	—
10	100	—	98	—
	2 m kuorimattomat kuusipaperipuut — *2 m. unbarked spruce pulpwood*			
7	100	99	97	—
8	100	99	98	—
	2 m kuoritut kuusipaperipuut — *2 m. barked spruce pulpwood*			
5	100	98	100	101
6	100	99	98	98
	3 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *3 m. unbarked pine pulpwood*			
3	100	—	97	95
4	100	—	97	95
	4 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *4 m. unbarked pine pulpwood*			
3	100	—	99	97
4	100	—	97	94
9	100	—	96	—
10	100	—	98	—
	4 m kuorimattomat kuusipaperipuut — *4 m. unbarked spruce pulpwood*			
7	100	—	94	—
8	100	—	97	—
	4 m kuoritut kuusipaperipuut — *4 m. barked spruce pulpwood*			
5	100	—	—	101
6	100	—	—	102

6, ainoat, jotka tekivät kuorittua tavaraa, olivat ilmeisesti hyvin selvillä ohuiden pölkkyjen kuorinnan epäedullisuudesta ja varoivat sen vuoksi tarkasti minimiläpimitan alittamista ja mahdollisesti jopa jättivät silloin tällöin sellaisenkin pölkyn ottamatta, joka vielä olisi täyttänyt minimiläpimittavaatimuksen. Yleensä työnantajat näyttävät sallivan herkemmin pitkän tavaran kohdalla sattuvan tilapäisen minimiläpimitan alittamisen kuin lyhyen tavaran kohdalla, mikä tietysti on järkevää, koska muuten huomattavan paljon käyttökelpoista puuta jäisi metsään. Kuorimatonta pitkää tavaraa kappaletaksalla tehtäessä minimiläpimitan alittaminen ei myöskään ole hakkuumiehen kannalta epäedullista. Jos siis hakkuumiehet

Taulukko 15. Minimiläpimitan vaikutus runkoa ja kuutioyksikköä kohti kuluvaan työaikaan tavaralajeittain. Minimiläpimitta 8 cm = 100.

Table 15. Influence of minimum diameter on working time per stem and per volume unit for different pulpwood species. Minimum diameter 8 cm. = 100.

Tavaralaji *Pulpwood species*	Minimiläpimitta, cm *Minimum diameter, cm.*			
	8	7	6	5
1 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *1 m.unbarked pine pulpwood*	100	—	107	113
2 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *2 m.unbarked pine pulpwood*	100	—	105	110
2 m kuorimattomat kuusipaperipuut — *2 m. unbarked spruce pulpwood*	100	102	105½	—
2 m kuoritut kuusipaperipuut — *2 m.barked spruce pulpwood*	100	105	109½	119
3 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *3 m.unbarked pine pulpwood*	100	—	104	107½
4 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *4 m.unbarked pine pulpwood*	100	—	105	108
4 m kuorimattomat kuusipaperipuut — *4 m. unbarked spruce pulpwood*	100	—	104	—
4 m kuoritut kuusipaperipuut — *4 m.barked spruce pulpwood*	100	—	—	107

Taulukko 16. Minimiläpimitan vaikutus juoksumetriä kohti kuluvaan työaikaan tavaralajeittain. Minimiläpimitta 8 cm = 100.

Table 16. Influence of minimum diameter on working time per running metre for different pulpwood species. Minimum diameter 8 cm. = 100.

Tavaralaji *Pulpwood species*	Minimiläpimitta, cm *Minimum diameter, cm.*			
	8	7	6	5
1 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *1 m.unbarked pine pulpwood*	100	—	97½	97
2 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *2 m.unbarked pine pulpwood*	100	—	98	96½
2 m kuorimattomat kuusipaperipuut — *2 m. unbarked spruce pulpwood*	100	99	97½	—
2 m kuoritut kuusipaperipuut — *2 m.barked spruce pulpwood*	100	98½	99	99½
3 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *3 m.unbarked pine pulpwood*	100	—	97	95
4 m kuorimattomat mäntypaperipuut — *4 m.unbarked pine pulpwood*	100	—	97½	95½
4 m kuorimattomat kuusipaperipuut — *4 m. unbarked spruce pulpwood*	100	—	95½	—
4 m kuoritut kuusipaperipuut — *4 m.barked spruce pulpwood*	100	—	—	101½

5 ja 6 olisivat käyttäneet rungot 4 m tavaran teossa yhtä tarkoin hyväksi, kuin muut tutkitut työntekijät, olisi työnantajan menekki runkoa kohti noussut huomattavasti enemmän, kuin nyt tapahtui.

Taulukon 14 perusteella saadaan seuraavanlainen tavaralajeittainen keskiarvoyhdistelmä (taulukko 16).

Taulukosta 16 nähdään, että minimiläpimitan alentamisen juoksumetriä kohti kuluvaa työaikaa pienentävä vaikutus voimistuu jonkin verran pölkyn pituuden lisääntyessä. Tämä on seurausilmiö siitä, että minimiläpimitan pienentäminen lisää runkoa ja kuutioyksikköä kohti kuluvaa työaikaa suhteellisesti sitä vähemmän, mitä pitempää tavaraa valmistetaan.

Taulukko 17. Minimiläpimitan vaikutusta yksikköpalkkaan osoittavat suhdeluvut. Kuusi- ja mäntypaperipuut.

Table 17. Relative figures for influence of minimum diameter on wages. Spruce and pine pulpwood.

Paperipuulaji *Pulpwood species*	Minimiläpimitta kuoren alta, cm *Minimum diameter under bark, cm*			
	8	7	6	5
	Pinokuutiometripalkkaa osoittavat suhdeluvut — *Relative figures for wage per cu.m. piled measure*			
1 m kuorimaton — *1 m. unbarked*	100	103	107	113
2 m kuorimaton — *2 m. unbarked*	100	102	105	110
3 ja 4 m kuorimaton — *3 and 4 m. unbarked*	100	101	104	108
2 m kuorittu — *2 m. barked*	100	105	110	119
	Juoksumetripalkkaa osoittavat suhdeluvut — *Relative figures for wage per running metre*			
1 m kuorimaton — *1 m. unbarked*	100	99	98	97
2 m kuorimaton — *2 m. unbarked*	100	99	98	96
3 ja 4 m kuorimaton — *3 and 4 m. unbarked*	100	99	97	95
2 m kuorittu — *2 m. barked*	100	100	100	100

Tässä kohden kuorittu tavara poikkeaa kuorimattomasta siten, ettei kuoritun tavaran kohdalla oikeastaan voida sanottavasti puhua juoksumetriä kohti kuluvan työajan pienenemisestä minimiläpimitan pienentyessä. Tämä on seurausilmiö siitä, että minimiläpimitan pienentäminen lisää runkoa kohti kuluvaa työaikaa kuoritun tavaran kohdalla tuntuvasti enemmän kuin kuorimattoman tavaran kohdalla.

Edellä suoritetun tarkastelun perusteella voidaan todeta, että tutkimus on asettanut minimiläpimitan pienentämisen vaikutukselle työajan menekkiin selvät rajat. Tutkimuksen antamia, lähinnä hakkuumiesten henkilökohtaisen minimiläpimittavaatimuksiin suhtautumisen takia hieman vaihtelevia lukuja tasoittaen sekä puuttuvat arvot inter- ja ekstrapoloiden esitetään taulukossa 17 havupaperipuiden minimiläpimitan pienentämisen vaikutusta yksikköpalkkaan kuvaavat suhdeluvut.

Edellä esitetyt, minimiläpimitan vaikutusta yksikköpalkkaan kuvaavat suhdeluvut edellyttävät, kuten aikaisemmin on sanottu, runkojen käyttöosan keskikokoa 0.1 k-m^3. Voidaan tietysti kysyä, miten käy, jos keskikuutio huomattavasti poikkeaa tästä. Jos 8 cm ohuemman latvan käsittely tiettyyn minimiläpimittaan saakka veisi aina yhtä paljon aikaa rungon koosta riippumatta, olisi minimiläpimitan pienentämisen prosentuaalinen vaikutus työajan menekkkiin ja yksikköpalkkaan sitä pienempi, mitä suurempia rungot ovat, mutta tosiasiassa 8 cm ohuemman latvan valmistaminen paperipuiksi vie sitä enemmän aikaa, mitä suurempia puut ovat. Tähän on syynä, että latvaosan oksat ovat yleensä sitä lukuisampia ja paksumpia, mitä suurempi

puu on kysymyksessä. Tästä aiheutuu, että minimiläpimitan pienentämisen vaikutus työajan menekkiin pysyy melko väljissä rajoissa prosentuaalisesti likimain samansuuruisena. Tämä on hyvä asia tutkimustulosten käytäntöön soveltamisen kannalta. Kun ajatellaan, miten monia erilaisia prosenttisia ja markkamääräisiä lisiä sekä korjauskertoimia meikäläisiin metsätyöpalkkataulukkoihin jo nykyisellään sisältyy, tuntuisi hyvin hankalalta panna minimiläpimitan vaikutus yksikköpalkkaan riippumaan leimikon keskikuutiosta. Esim. lumen paksuuden prosentuaalista vaikutusta yksikköpalkkaan ei ole katsottu voitavan panna käytännössä riippumaan puiden koosta, vaikka tällainen riippuvuus on olemassa, vaan on käytetty kaikenkokoisille puille samoja keskiarvoprosentteja.

Kirjallisuutta — *Bibliography*

Aro, Paavo. 1935 Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. Referat: Untersuchungen über den Einfluss des Brusthöhen- und Minimaldurchmessers auf die Menge des Gebrauchsholzes und der Hiebsreste. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja — Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 20. Helsinki.

Makkonen, Olli. 1947. Aikatutkimuksia pinopuutavaran teosta. Metsätehon julkaisu n:o 7. Helsinki.

—»— 1950. Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön. Summary: Practical Application of the Results of Time Studies in Logging. Metsätehon julkaisu — Metsäteho Publication 25. Helsinki.

—»— 1956. Ehdotus pistetaulukkojärjestelmän mukaisiksi hakkuutöiden palkkataulukoiksi. Proposal for Felling Work Wage Tables According to the Point System. Metsätehon tiedotus — Metsäteho Report 125. Helsinki.

—»— 1958. Pinotiheystutkimuksia. I Koivupaperipuut. II Haapapaperipuut. III Pieniläpimittaiset kuusi- ja mäntypaperipuut. Summary: Pile Density Studies. I Birch Pulpwood. II Aspen Pulpwood. III Small-Sized Spruce and Pine Pulpwood. Metsätehon Julkaisu — Metsätehon Publication 39. Helsinki.

Metsäalan työehtosopimus ja sen mukaiset metsätyöpalkkojen taulukot 1. 6. 66—31.5. 1967. Palkkausalueet 1—4. Helsinki.

EFFECT OF MINIMUM DIAMETER ON PULPWOOD PREPARATION TIME

Summary in English

Introduction

Since the early 1950's small-sized wood has been used by the Finnich woodworking industry. Small-sized wood usually refers to bolts less than 8 cm thick at the small end, and usually 1 and 2 metres long. This small-sized wood has been kept separate from other wood, and the wages for its felling and haulage have been fixed separately. But since this separation of small-sized wood is extremely unfavourable for forest work rationalisation, the practice has gradually been introduced of taking, instead of separate small-sized wood, increasing amounts of pulpwood of smaller diameter than before. The minimum diameter of pulpwood used to be 8 cm, sometimes 7 cm, but now the minimum diameter has been fixed at 6 or 5 cm. This has raised the question of how the decrease in minimum diameter affects the work time per cubic metre piled measure, on the one hand, and per running metre or per bolt of fixed length on the other, i.e. how it should affect the wages paid for these units. These are the two wage units generally used in Finland for pulpwood preparation.

Material

To throw light on the problem outlined in the introduction, time study material was collected from four communes (six working places) in different parts of Finland (see map, p. 34). Four of the study sites were located in south Finland and two in north Finland. The material comprised over 14 000 stems, a total of some 1 000 cu.m. solid measure of pine (Pinus silvestris) and spruce (Picea abies) pulpwood. Tables 1 and 2 on pp. 8 and 9 provide details on the quality and volume of the material. The material was treated according to the principles described earlier by the present writer, in the greatest detail in »Practical application of the results of time studies in logging» (M a k k o n e n 1950). The general principle is that the correlation between working time and stem size is studied by elements of work. The results can then be presented per any stem size desired.

Time study results

Tables 3—12, pp. 11—18, state the working times per element of work per stem and the total working time per running metre. The working times were measured for the following conditions. The stem size (the volume of the part of the stem made into pulpwood, the useful part) was 0.1 cu.m. solid measure. The branchiness class was II ½ for all except loggers 7 and 8 for whom it was III ½. Terrain class was I on

all strips. The density class was I in all cases, but the density varied within it for the loggers. For any one man, however, the trees could be marked for felling so that each logging unit would have yielded equal amounts of pulpwood had the same minimum measure been used in all cases. Since the marking was done in the way presupposed by the purpose of the study using different minimum diameters, the marking comprised smaller trees the smaller the minimum diameter applied, and therefore the quantity of pulpwood per surface area unit grew slightly as the minimum diameter decreased. The increase in cubic volume was fairly slight, whereas the number of stems marked per surface area unit increased markedly. Only loggers 5 and 6 prepares barked pulpwood (manual barking); it was spruce pulpwood, bark class I.

The classifications of work difficulty factors employed are presented in the appendix at the end of the report.

A general feature noted for all the loggers studied was that when the minimum diameter decreased the working time per stem increased relatively distinctly. Since the stems in all cases had equal useful part volumes, the work time may be said to have increased per cubit solid measure. On the other hand, it has been found that reduction of the minimum diameter does not appreciably affect pile density (Makkonen 1958), and hence working time per cubic unit of pile also increases in approximate correlation with working time per stem.

Working time per running metre, again, seems from the tables to decrease slightly in almost all the cases when smaller minimum diameters are involved.

Tables 3—12 also indicate the known and expectable fact that working time decreases when bolt lengths grow.

In the following, the effect of reduced minimum diameter on working time per stem and cubit unit is studied first by elements of work. Subsequently changes in length of useful part and in working time per running metre are analysed.

For moving from one tree to another and felling, the expenditure of working time per stem decreased almost without exception with the minimum diameter. Pulpwood of equal lengths, of course, is compared for each worker. The reason for this phenomenon is that when smaller minimum diameter are allowed, increasingly small stems are included, the number of stems to be felled per surface area unit grows and the time spent on moving from one tree to another is shortened.

As could be expected, time spent on limbing increased clearly as the minimum diameter decreased, for the part of stem to be limbed was then longer. The increase in limbing time with decreasing minimum diameter is, in fact, the most important reason for the changes in total working time per stem.

Time spent on measuring the length of bolts also seemed to increase slightly when minimum diameters were reduced. This is because the average number of bolts obtained from one stem increased slightly.

Time spent on bucking increased towards the smaller minimum diameters for the same reason as time spent on measuring the bolts.

Making the foundation for stacking crosswise and the foundation and the end stakes of the pile was not, according to the tables, affected by the minimum diameter. All the stems in the crosswise stack benefit from these jobs, and when time spent on them is calculated per stem this time is divided between stems of different sizes in ratio to the cubic volumes of their useful parts. For of equal-sized useful part volumes this time, therefore, is the same.

Time spent on stacking crosswise and piling seemed to increase slightly towards the smaller diameters. The reason was the increase in the average number of bolts obtained from the stems.

Interruptions were always assessed at 10 per cent of total working time. In fact the proportion of interruptions is very personal and variable, the vast majority are pauses for rest. For this reason, the true interruptions in each case cannot be entered and a rounded mean percentage obtained from time studies in the course of years is used instead. In this way, interruptions do not affect the interrelationship of the cases to be compared.

When pulpwood of equal lengths in each case was compared, the average length of the useful part (the part of stem prepared into pulpwood) with a cubic content of 0.1 cu.m. solid measure clearly increased as the minimum diameter decreased, as could be expected. It should be noted that where comparison of stems of equal cubic volume of the useful part was involved, the difference in useful part lengths did not indicate how much more wood was obtained from the same stem if the minimum diameter was reduced. A useful part with a diameter of, say, 6 cm at the small end, derives strictly speaking from a stem of a slightly lower total cubic volume than one with a diameter of 8 cm at the small end and of the same cubic content.

One may, of course, ask whether it would not be easier and somehow less complicated to compare stems of the same total cubic volume. There is, however, a certain reason for the above procedure which is generally used in time studies of logging work in Finland: it leads straight to the cubic volume which will result from the work.

Practical application of the results

The time values alone do not illustrate how strongly the decrease in minimum diameter affects the expenditure of working time. For this reason, Table 13 on p. 21 gives the ratios of working times spent per stem (and also per cubic unit), with 100 denoting the time for each bolt length of 8 cm minimum diameter. In reality, all the workers made only 2-metre pulpwood from stems with a minimum diameter of 8 cm, but the working time ratios for preparation of pulpwood of different lengths with a minimum diameter of 8 cm can be obtained from earlier studies (Makkonen 1947, 1950, and 1956).

Table 14, p. 22, gives the ratios indicating expenditure of working time per running metre.

A mean value table per pulpwood species was compiled on the basis of Table 13 (Table 15, p. 23).

Table 15 reveals that the effect of minimum diameter on working time per stem and cubic unit is very similar with pine and spruce. Apparently these tree species need not be kept separate in this sense. Second, it can be concluded from the same table that minimum diameter generally seems to affect the expenditure of working time less the longer the pulpwood in question. 3-metre pulpwood seems to be a slight exception to the rule but it must be borne in mind that it was only prepared by two loggers and that ultimately the personal attitude of each logger to observation of the minimum diameters may considerably affect the issue.

The minimum diameter seems to affect the working time per stem and cubic unit of 2-metre barked spruce pulpwood considerably more than of unbarked wood. This is evidently due to barking, as time spent on barking, according to Tables 7 and 8, increases markedly in the smaller minimum diameter classes. There are two reasons: firstly, thin bolts have a considerably larger surface area per cubic volume than thick bolts; and secondly, the manual barking device takes a narrower peel of bark at a time the thinner the bolt to be barked.

Why, then, is no similar marked increase in working time seen for 4-metre barked spruce pulpwood accepted in the 5 cm diameter limit? The reason is exceptional. With the workers engaged in this work, Nos. 5 and 6, (Tables 7 and 8) the useful part of the stem from which 4-metre pulpwood to the 5 cm diameter limit was prepared, was shorter on the average than when 2-metre pulpwood was prepared to the 8 cm diameter limit. With all the other loggers who prepared 4-metre pulpwood, the average length of the useful part increased distinctly from 2-metre/8 cm goods to 4-metre/6 cm or 4-metre/5 cm goods. Loggers 5 and 6, the only ones preparing barked pulpwood, were apparently well awere of the unprofitability of barking thin logs and therefore carefully made sure that they did not go under the minimum diameter and perhaps occasionally decided not to take a bolt which might have met the minimum diameter requirement. On the whole, the employers seem more realy with long than with short pulpwood to allow occasionally less than the minimum diameter, which naturally is sensible since considerable quantities of serviceable wood would otherwise remain in the forest. When unbarked long pulpwood is prepared at piece-work rates, it is not unprofitable for the logger to go under the minimum diameter. If loggers 5 and 6 had treated the stems as economically when preparing 4-metre pulpwood as the other workers studied, the expenditure of working time per stem would have increased considerably more than it did.

A mean value table by pulpwood species compiled on the basis of Table 14 is given in Table 16, p. 23.

Table 16 reveals that the reducing effect of decreasing minimum diameter on working time per running metre is slightly increased when the bolt lengths increase. This is because the reduction of minimum diameter increases the working time per stem and cubic unit relatively less the longer the pulpwood prepared.

On this point, barked pulpwood differs from unbarked. The working time per running metre of barked pulpwood cannot be said to decrease appreciably with the minimum diameter. The reason is that lower minimum diameters increase the working time per stem appreciably more for barked than unbarked pulpwood.

It may be said, in conclusion, that the study established definite limits for the effects of reducing the minimum diameter on the expenditure of working time. Using the figures provided by the study, which vary slightly mainly because the loggers take personal attitudes to the minimum diameter requirements, and by interpolating and extrapolating the missing figures, we obtain in Table 17 suggested ratios to illustrate the effect of reduction of the minimum diameter of soft pulpwood on the wage per unit.

The ratios given in Table 17, which illustrate the effect of minimum diameter on the wage per unit, are based on the assumption that the mean volume of the useful part of the stem is 0.1 cu.m. solid measure. What happens if the mean volume is considetably different? If the handling of a top thinner than 8 cm down to a certain minimum diameter limit would always take the same time regardless of stem size, the persentual effect of the decrease in minimum diameter on working time expenditure and the unit wage would be smaller the larger the stems, whereas in reality preparation of a top thinner than 8 cm to pulpwood takes more time the larger the tree. This is because the branches of the top part are usually more numerous and thicker the larger the tree in question. For this reason, the effect of the decrease in minimum diameter on the expenditure of working time is percentually nearly the same within fairly wide limits. This is good from the point of view of the practical application of the study results.

LIITE—APPENDIX

Työvaikeustekijäin luokitukset

Classifications of the work difficulty factors

Oksaisuus — Branchiness

Luokka I. Elävä latvus on pieni (alle 20 % rungon pituudesta) ja hentosekä harvaoksainen. Sen alapuolella on kuivia oksia vähän (hentoja ja pehmeitä) tai ei ollenkaan.

Luokka II. Elävä latvus on pienenpuoleinen (20—30 % rungon pituudesta) ja melko hento- ja harvaoksainen. Sen alapuolella on jonkinverran kuivia oksia, jotka yleensä eivät ole kovia ja paksuja.

Luokka III. Elävä latvus on hyvin kehittynyt (30—50 % rungon pituudesta), sen alapuolella on tavallisesti kuivia oksia, jotka kuitenkaan eivät ole paksuja ja kovia.

Luokka IV. Elävä latvus on verrattain pitkä (50—75 % rungon pituudesta). Sen oksat ovat paksuja ja verrattain tiheässä, latvuksen alapuolella on paksuja ja kovia kuivia oksia.

Luokka V. Elävä latvus on erikoisen pitkä (yli 75 % rungon pituudesta). Oksat ovat erittäin paksuja ja sitkeitä sekä tiheässä.

Class I. Small growing crown (less than 20 % of stem length), with slender and sparse branches. Dry branches below are few (in which case they are slender and tender), or none.

Class II. Smallish growing crown (20—30 % of stem length), with fairly slender and sparse branches. Below, a certain amount of dry branches, as a rule not hard or thick.

Class III. Growing crown well developed (30—50 % of stem length), below it usually dry branches which, however, are not very thick or hard.

Class IV. Growing crown fairly long (50—75 % of stem length) and relatively broad, with fairly thick and dense branches. Below the top there are thick and hard dry branches.

Class V. Growing crown particularly long (over 75 % of stem length) and broad. The branches are very thick and tough, and dense.

Leimikon tiheys, p-m³/ha

Quantity of timber per hectare, cu.m. piled measure

Luokka — *Class* I. 60 tai enemmän, *60 or more*
Luokka — *Class* II. 40—59
Luokka — *Class* III. 20—39
Luokka — *Class* IV. 10—19

Maasto — Terrain

Luokka I. Normaali metsämaasto, jossa esiintyvä kaltevuus, kivisyys, aluskasvillisuus ja upottavuus eivät sanottavasti haittaa työskentelyä.

Luokka II. Maasto haittaa selvästi työskentelyä (kuten esim. kivikko, aluskasvillisuus, upottava pohja, viettävä rinne ym.).

Luokka III. Maasto haittaa paljon työskentelyä (kuten esim. paha kivikko, tiheä aluskasvillisuus, jyrkkä rinne ym.).

Luokka IV. Maasto haittaa erittäin paljon työskentelyä (kuten esim. louhikkoinen rinne ym.).

Class I. Normal forest terrain with slope, stoniness, ground vegetation and subsurface conditions (sinking) not impeding the work.

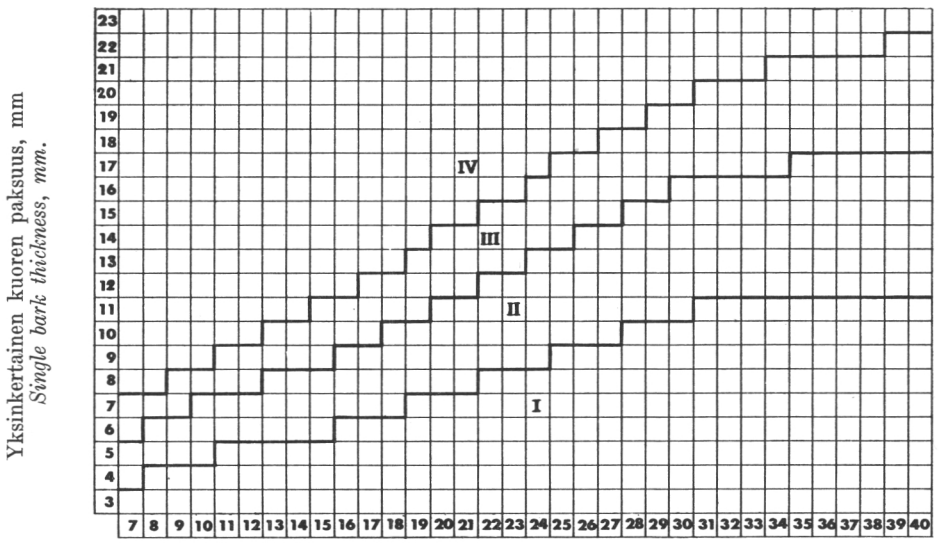
Class II. Terrain to some extent retards the work (e.g. stony soil, ground vegetation, sinking ground, declivity etc.).

Class III. Terrain much retards the work (difficult stony soil, dense ground vegetation, deep declivity etc.).

Class IV. Terrain very much retards the work (e.g. rocky precipice).

Kuoren paksuus — Thickness of bark

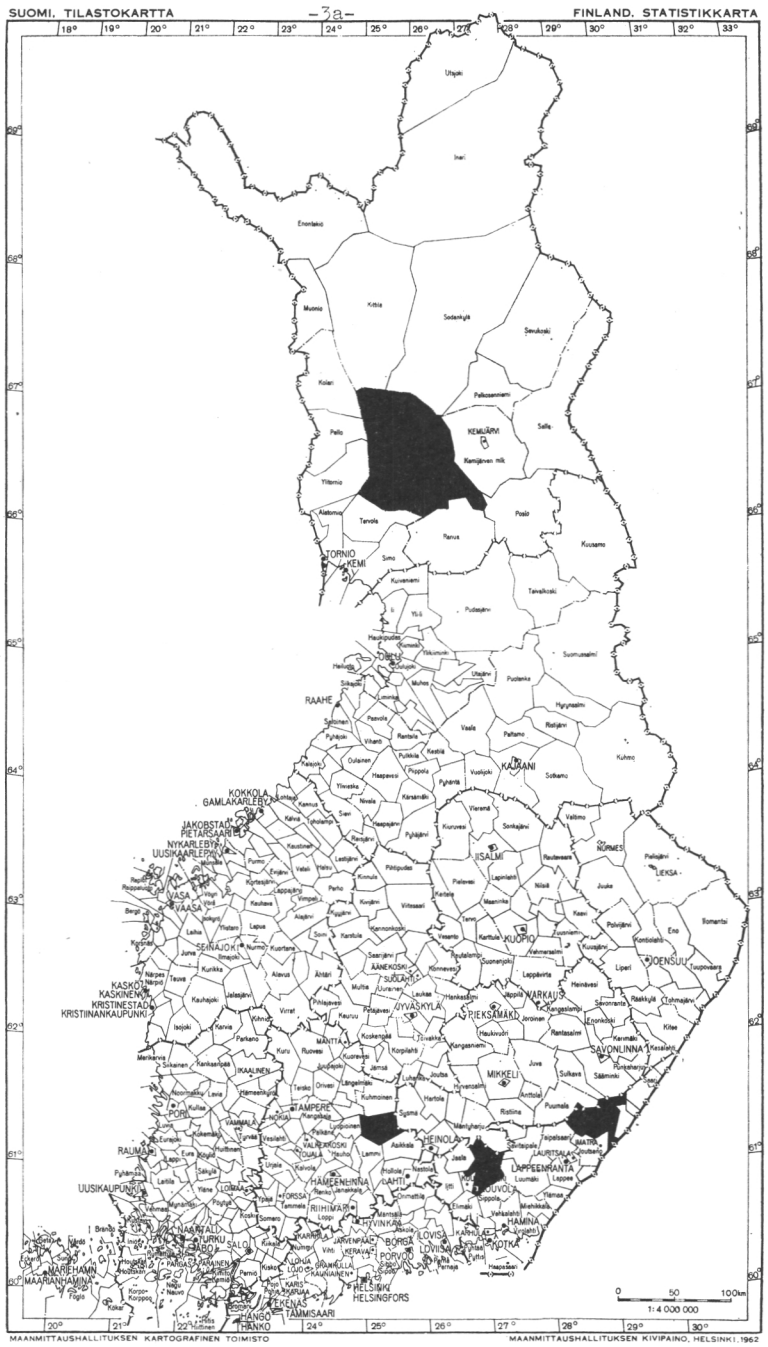
Kuusi — *Spruce (Picea abies)*



Läpimitta rinnankorkeudelta kuoren päältä, cm
Breast height diameter outside the bark, cm.

Huom! Kuoren poikkeuksellinen pehmeys ja toisaalta kovuus tai sitkeys voi siirtää kuoriluokan seuraavaan lähimpään luokkaan.

N. B. Exceptional softness or, on the other hand, exceptional hardness or toughness of the bark may move the bark class to the next one.


SUOMI. TILASTOKARTTA
-3a-
FINLAND. STATISTIKKARTA
18° 19° 20° 21° 22° 23° 24° 25° 26° 27° 28° 29° 30° 31° 32° 33°
69° 68° 67° 66° 65° 64° 63° 62° 61° 60°
Utsjoki
Inari
Enontekiö
Muonio
Kittilä
Sodankylä
Savukoski
Kolari
Pelkosenniemi
Pello
KEMIJÄRVI
Salla
Kemijärven mlk
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Posio
Ranua
Kuusamo
TORNIO
KEMI
Simo
Kuivaniemi
Taivalkoski
Pudasjärvi
Ylikiiminki
Suomussalmi
Hyrynsalmi
Rautjärvi
Vaala
Paltamo
Kuhmo
RAAHE
KAJAANI
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Vieremä
Sonkajärvi
Valtimo
NURMES
Rautavaara
IISALMI
Lapinlahti
Nilsiä
Juuka
LIEKSA
Pielavesi
Maaninka
Kiuruvesi
Pyhäjärvi
Rantsila
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
KOKKOLA
GAMLAKARLEBY
JAKOBSTAD
PIETARSAARI
NYKARLEBY
UUSIKAARLEPYY
VASA
VAASA
SEINÄJOKI
KASKO
KASKINEN
KRISTINESTAD
KRISTIINANKAUPUNKI
Närpes
Teuva
Kurikka
Jalasjärvi
Ähtäri
Alavus
Lapua
Isojoki
Karvia
Kihniö
Virrat
Ylistaro
Kauhajoki
Jurva
Parkano
Ruovesi
Kuru
Merikarvia
Siikainen
Kankaanpää
Ikaalinen
Loimaa
Tarvasjoki
Oripää
Koski Tl
Somero
Salo
Kiikala
Kemiö
Dragsfjärd
Taivassalo
Mynämäki
Nousiainen
Lemu
Vehmaa
Kaarina
Naantali
Rusko
Marttila
Pöytyä
Aura
Lieto
Nauvo
Parainen
Korpo
Houtskari
Iniö
Kemiönsaari
Sauvo
Velkua
Askainen
Kustavi
Uusikaupunki
Laitila
Lokalahti
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
SUOLAHTI
ÄÄNEKOSKI
JYVÄSKYLÄ
PIEKSÄMÄKI
WARKAUS
SAVONLINNA
MIKKELI
Juva
Sulkava
Sääminki
Punkaharju
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
TAMPERE
VALKEAKOSKI
Kangasala
Pälkäne
Ruovesi
Virrat
Mänttä
Vilppula
Juupajoki
Ylöjärvi
Pirkkala
Nokia
Vammala
Sastamala
Kiikoinen
Huittinen
Kokemäki
Harjavalta
Pori
Ulvila
Rauma
Eurajoki
Luvia
Merikarvia
Siikainen
Kankaanpää
Ikaalinen
Loimaa
Tarvasjoki
Oripää
Koski Tl
Somero
Salo
Kiikala
Kemiö
Dragsfjärd
Taivassalo
Mynämäki
Nousiainen
Lemu
Vehmaa
Kaarina
Naantali
Rusko
Marttila
Pöytyä
Aura
Lieto
Nauvo
Parainen
Korpo
Houtskari
Iniö
Kemiönsaari
Sauvo
Velkua
Askainen
Kustavi
Uusikaupunki
Laitila
Lokalahti
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
HEINOLA
Asikkala
Padasjoki
Hartola
Sysmä
Hämeenkoski
Kuhmoinen
Jämsä
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
LAPPEENRANTA
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
LOUHOLA
Virolahti
Miehikkälä
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
KOUVOLA
Iitti
Elimäki
Mäntsälä
Pornainen
Myrskylä
Loviisa
Lapinjärvi
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
HAMINA
Virolahti
Miehikkälä
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
HYVINKÄÄ
Nurmijärvi
Tuusula
Järvenpää
Kerava
Mäntsälä
Pornainen
Myrskylä
Loviisa
Lapinjärvi
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
KOTKA
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
LOVIISA
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
PORVOO
Askola
Pukkila
Lapinjärvi
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
HELSINKI
HELSINGFORS
Espoo
Kauniainen
Vantaa
Tuusula
Kerava
Järvenpää
Sipoo
Mäntsälä
Pornainen
Myrskylä
Loviisa
Lapinjärvi
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
TAMMISAARI
Ekenäs
Karis
Pohja
Raseborg
Lohja
Vihti
Nurmijärvi
Tuusula
Kerava
Järvenpää
Sipoo
Mäntsälä
Pornainen
Myrskylä
Loviisa
Lapinjärvi
Pyhtää
Kuusankoski
Anjalankoski
Jaala
Elimäki
Iitti
Lappeenranta
Luumäki
Lemi
Taipalsaari
Joutseno
Savitaipale
Rautjärvi
Ruokolahti
Parikkala
Suomenniemi
Sulkava
Juva
Puumala
Rantasalmi
Haukivuori
Kangasniemi
Mäntyharju
Hirvensalmi
Joutsa
Luhanka
Korpilahti
Toivakka
Keuruu
Petäjävesi
Multia
Laukaa
Hankasalmi
Uurainen
Saarijärvi
Konnevesi
Pylkönmäki
Suonenjoki
Lappavirta
Kuopio
Vehmersalmi
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
Sotkamo
Vuolijoki
Pyhäntä
Kajaani
Paltamo
Vaala
Rautjärvi
Hyrynsalmi
Suomussalmi
Puolanka
Pudasjärvi
Utajärvi
Muhos
Oulu
Hailuoto
Liminka
Lumijoki
Tyrnävä
Kempele
Oulunsalo
Haukipudas
Kuusamo
Taivalkoski
Posio
Ranua
Kemijärven mlk
Salla
Kuolajärvi
Sodankylä
Savukoski
Pelkosenniemi
Rovaniemi
Simo
Kuivaniemi
Ylitornio
Alatornio
Tervola
Pello
Kolari
Muonio
Enontekiö
Inari
Utsjoki
Ylivieska
Haapavesi
Piippola
Kärsämäki
Oulainen
Kalajoki
Pyhäjoki
Vihanti
Reisjärvi
Pulkkila
Kestilä
Vuolijoki
Pyhäntä
Sievi
Kannus
Halsua
Veteli
Perho
Kivijärvi
Virtasalmi
Kerimäki
Savonranta
Enonkoski
Rantasalmi
Joroinen
Varkaus
Heinävesi
Leppävirta
Suonenjoki
Tuusniemi
Polvijärvi
Kuopio
Kuopio
Kaavi
Juuka
Ilomantsi
Eno
Kontiolahti
Liperi
JOENSUU
Tuupovaara
Rääkkylä
Tohmajärvi
HANKO
Hangö
Raseborg
Lohja
Vihti
Nurmijärv

LANNOITUSAJANKOHDAN VAIKUTUS RÄMEMÄNNIKÖN KASVUREAKTIOIHIN

KIMMO PAARLAHTI

INFLUENCE OF THE TIME OF FERTILIZATION ON THE GROWTH REACTIONS IN A PINE STAND ON PEAT SOIL

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1967

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

Alkusanat

Metsänlannoitusten laajuudesta ja varsin suuresta työmenekistä johtuu, että kaikkia lannoituksia ei pystytä suorittamaan keväällä lumen sulamisen ja kasvun alkamisen välisenä aikana, jota yleisesti pidetään sopivimpana ajankohtana. Jotta saataisiin selvitetyksi mahdollisuudet lannoittaa muinakin aikoina ja lannoituksen ajankohdan vaikutus kasvureaktioihin, on metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto perustanut ojitetuille soille erikoiskokeita, joista ensimmäisen tuloksia käsitellään tässä tutkimuksessa.

Julkaisua laadittaessa oli käytettävissä enintään neljän lannoituksen jälkeisen kasvukauden mittaukset, joiden pohjalta voidaan tarkastella lannoituksen aiheuttamien kasvureaktioiden alkamista ja eri lannoitusajankohtien aiheuttamien erojen tasoittumista. Mahdolliset erot eri aikoina suoritettujen lannoitusten vaikutusajassa jäävät myöhemmillä tutkimuksilla selvitettäviksi.

Maatalous- ja metsätieteiden tohtori Eero Paavilainen on valvonut koekentän perustamistyöt. Metsätieteen ylioppilas Kalevi Karsisto on johtanut mittaustyöt sekä suorittanut pääosan aineiston käsittelystä. Professori P. J. Viro on antanut mittausmateriaalin tilastollista käsittelyä koskevia neuvoja sekä tarkastanut käsikirjoituksen samoin kuin professori Olavi Huikari. Kaikille edellä mainituille henkilöille esitän parhaimmat kiitokseni.

Helsingissä, tammikuussa 1967

Kimmo Paarlahti

Sisällysluettelo

Alkusanat 3

1. Kokeen järjestely ja mittaukset 7

2. Tutkimuksen tulokset 10

21. Typpilannoitus 11

22. Fosforilannoitus 12

23. Kalilannoitus 14

24. Typpi- fosfori- kalilannoitus 15

3. Tulosten tarkastelua 16

4. Kirjallisuusluettelo 18

5. Summary 19

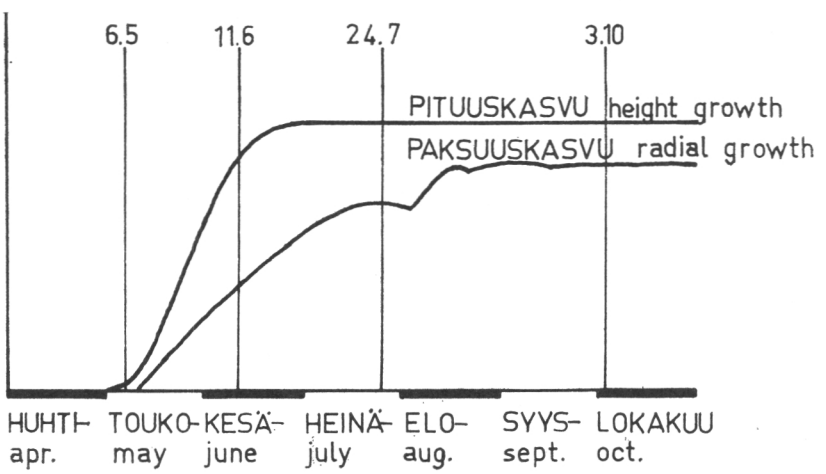
1. Kokeen järjestely ja mittaukset

Koekenttä sijaitsee Pohjois-Satakunnan metsäkoeaseman alueella Karvian pitäjässä. Se on vuosina 1937—1938 ojitettua tupasvillarämettä, jonka turvekerroksen paksuus on keskimäärin 1 m. Ojituksessa on käytetty 20 m:n sarkaleveyttä. Puusto oli n. 25-vuotiasta männikköä, jonka valtapituus oli n. 3 m.

Kokeessa käytetyt lannoitteet ja niistä tuonnempana käytetyt merkinnät ovat: N = oulunsalpietaria (25 % N) 400 kg/ha, P = hienofosfaattia (33 % P_2O_5) 400 kg/ha ja K = kalisuolaa (50 % K_2O) 200 kg/ha. Koe perustettiin kahtena, kumpikin 35 koeruutua käsittävänä toistona, jotka sijaitsevat lähekkäin. Koeruutujen koko on 20 × 20 m.

Tulokset käsiteltiin seuraavina ryhminä:

1. Kutakin lannoitetta yksinään annettu eri aikoina (2 × 3 × 5 ruutua)
2. Kahta lannoitetta annettu keväällä ja kolmas lisätty eri aikoina (2 × 3 × 5 ruutua)
3. Kaikkia kolmea lannoitetta yhdessä annettu eri aikoina (2 × 5 ruutua).



Kuva 1. Rämemäntyjen pituus- ja paksuuskasvun kumulatiivinen kulku kesällä 1963 Vilppulassa sekä eri lannoitusajat.

Fig. 1. Cumulative progress in 1963 of the height and radial growth in pines growing on a pine swamp and the dates of fertilization. Later the dates will be indicated as follows: May 6 = t, June 11 = k, July 24 = h and Oct. 3 = l.

Lannoitus tapahtui neljänä eri ajankohtana (6. 5., 11. 6., 24. 7. ja 3. 10.) kesäkauden 1963 kuluessa. Koska tämän kokeen yhteydessä ei tehty puiden kasvurytmiä koskevia mittauksia, on lannoitusajankohtien ja puiden kasvun kulun vertaamiseksi esitetty kuvassa 1 (s. 7) Vilppulan kokeilualueen Jaakkoinsuolla ojitetulla tupasvillarämeellä sijaitsevan koekentän mäntyjen kasvun kulun kuvaajat vuodelta 1963. On todennäköistä, että rämemäntyjen kasvurytmissä ei Vilppulan ja Karvian välillä ole suurtakaan eroa, joten Vilppulasta saatu materiaali pystynee riittävästi kuvaamaan käytettyjen lannoitusaikojen ja puiden kasvurytmien välistä suhdetta. Piirroksesta havaitaan, että ensimmäinen lannoitusaika (6. 5.) sattui suunnilleen pituuskasvun alkamisaikaan, toinen (11. 6.) vähän ennen pituuskasvun päättymistä ja kolmas (24. 7.) sekä neljäs (3. 10.) tämän jälkeen. Paksuuskasvun suhteen sattui ensimmäinen lannoitusaika noin viikkoa ennen sen alkamista, toinen voimakkaimman paksuuskasvun kohdalle, kolmas kuivuuden aiheuttaman hidastumisen tienoille ja neljäs huomattavasti paksuuskasvun päättymisen jälkeen.

Lannoituksen neulasissa aiheuttamat reaktiot on laskettu neulasnäytteistä, jotka kerättiin syyskuussa 1964 siten, että kultakin ruudulta otettiin 20 puusta vuosien 1963 ja 1964 päärangan kasvaimesta 20 neulasparia kustakin. Sädekasvun reaktiot on selvitetty lustomikroskooppia käyttäen syyskuussa 1965 otetuista kairanlastuista, jotka otettiin kultakin koeruudulta 10 koepuusta. Pituuskasvureaktioiden selvittämiseksi mitattiin edelleen samoista koepuista syyskuussa 1966 vuosien 1963—1966 pituuskasvaimet. Koepuiden valinnassa käytettiin ruudukkomenetelmää, jolloin koepuut otettiin vallitsevasta puustosta niiden jakaantuessa tasaisesti koko koeruudulle.

Taulukko 1. Neulasten pituus, sädekasvu ja pituuskasvu eri vuosina toistojen I ja II 0-ruutujen keskiarvona 95 % luetettavuusrajoineen.

Table 1. The length of needles and the radial and height growth in various years. The figures indicate the means of the control plots in replications I and II as well as their limits of confidence at the 95 per cent level.

	Toisto *Rep.*	Vuonna — *Year*			
		—63	—64	—65	—66
Neulasten pituus *Length of needles*, mm	I	33.0 ±4.7	27.0 ±6.7	—	—
	II	35.9 ±3.0	30.3 ±4.2	—	—
Sädekasvu — *Radial growth*, mm	I	1.45±0.42	1.56±0.34	1.61±0.61	—
	II	1.48±0.15	1.79±0.29	1.91±0.51	—
Pituuskasvu — *Height growth*, cm	I	14.7 ±3.1	13.7 ±4.3	13.2 ±4.8	14.9±5.5
	II	15.5 ±1.3	15.3 ±0.9	16.6 ±2.9	19.5±5.8

Koekentän homogeenisuuden tarkastelemiseksi on taulukossa 1 (s. 8) esitelty neulasten pituus, sädekasvu ja pituuskasvu eri vuosilta molempien toistojen O-ruutujen keskiarvona 95 % luotettavuusrajoineen.

Taulukon luvuista havaitaan, että toistot eivät millään kohdalla eroa merkitsevästi toisistaan ja koekentän voidaan todeta olevan suhteellisen homogeenisen.

2. Tutkimuksen tulokset

Jotta saataisiin selvitetyksi millä käytetyistä lannoitteista on koekentällä vaikutusta männyn kasvuun, laskettiin toukokuussa lannoitettujen ruutujen sekä näihin liittyvien 0-ruutujen kasvulukujen erona eri lannoitteiden ja lannoitekombinaatioiden vaikutus säde- ja pituuskasvuun eri vuosina käyttäen Yates'in metodia (C o c h r a n and C o x 1957). Saadut tulokset on esitetty taulukossa 2 (s. 10).

Taulukon luvut osoittavat, että fosforilla on ollut tilastollisesti merkitsevä vaikutus sädekasvuun kaikkina tutkittuina vuosina ja pituuskasvuun vuodesta 1964 alkaen. Kalilla on ollut merkitsevä positiivinen vaikutus sädekasvuun vuonna 1965 ja pituuskasvuun vuonna 1966. Edelleen havaitaan luvuista, että silloin, kun on annettu useampia lannoitteita, näiden vaikutukset eivät ole merkitsevästi vahvistaneet toisiaan. Koekentällä on siis tähän mennessä ollut ensisijaisesti puutetta käyttökelpoisesta fosforista ja myös lievää kalin puutetta on ruvennut ilmenemään.

Koska PK-yhdistelmän yhdysvaikutus (+0.46) sädekasvuun vuonna 1964 sekä NP-yhdistelmän (+0.36) ja PK-yhdistelmän (+0.28) yhdysvaiku-

Taulukko 2. Lannoituksen vaikutus säde- ja pituuskasvuun toukokuussa 1963 lannoitettujen ruutujen reaktioista laskettuna sekä 0-ruutujen vastaavien vuosien kasvuluvut.

Table 2. The effect of fertilization as calculated on the basis of reactions in the radial and height growth on sample plots fertilized in May 1963 as well as the corresponding growth on the control plots (0).

Lannoitus *Treatment*	Lannoituksen vaikutus — *The effect of fertilization*						
	sädekasvuun — *on the radial growth* mm			pituuskasvuun — *on the height growth* cm			
	vuonna — *year*						
	—63	—64	—65	—63	—64	—65	—66
0	1.46	1.65	1.75	15.6	15.0	15.2	17.6
N	+0.39	+0.29	+0.13	+ 0.7	— 0.6	+ 0.8	— 0.7
P	+0.69**	+2.28***	+2.32***	— 0.7	+12.9**	+26.2***	+22.0***
K	—0.04	+0.31	+0.41*	+ 0.3	+ 2.3	+ 3.7	+ 3.9*
NP	—0.01	+0.20	+0.36	+ 0.4	+ 1.7	+ 3.4	+ 2.4
NK	—0.19	—0.18	+0.05	+ 1.3	+ 0.4	— 0.8	— 0.2
PK	+0.23	+0.46	+0.28	— 1.1	+ 0.4	+ 0.9	+ 0.5

tukset sädekasvuun vuonna 1965 ovat olleet melko lähellä merkitsevyyden rajaa, on näitä yhdysvaikutuksia tarkasteltu lähemmin (vrt. mm. Quenouille 1953) seuraavassa.

Kalin ja fosforin vaikutus sädekasvuun vuonna 1964 on esitetty seuraavassa kahden suunnan taulukossa:

	K_0	K_1
P_0	1.66	1.51
P_1	3.49	4.26

LSD 5 % = 0.85

Asetelman luvut osoittavat, että pelkällä kalilannoituksella ei ole ollut positiivista vaikutusta, mutta fosforilannoituksen saaneilla ruuduilla sen vaikutus on ollut selvästi positiivinen. Pelkän fosforilannoituksen vaikutus on jo ollut merkitsevästi positiivinen, mutta kalilannoituksen saaneilla ruuduilla sen vaikutus on ollut huomattavasti voimakkaampi. Näin ollen fosfori- ja kalilannoitukset ovat selvästi vahvistaneet toistensa vaikutusta.

Kalin ja fosforin sekä typen ja fosforin vaikutus sädekasvuun vuonna 1965 on esitetty seuraavissa kahden suunnan taulukoissa:

	K_0	K_1
P_0	1.56	1.69
P_1	3.61	4.31

LSD 5 % = 1.18

	N_0	N_1
P_0	1.69	1.51
P_1	3.71	4.20

LSD 5 % = 1.18

Luvut osoittavat, että sekä kalin että typen vaikutus yksinään annettuna on varsin vähäinen, fosforia saaneilla ruuduilla niiden vaikutukset ovat selvästi suuremmat. Samoin nähdään fosforin vaikutuksen olevan selvästi suuremman kalia tai typpeä saaneilla ruuduilla kuin vain fosforia saaneilla ruuduilla. Tässäkin siis voidaan todeta yhdessä annettujen lannoitteiden vahvistaneen toistensa vaikutusta.

Seuraavassa tarkastellaan lannoitteittain lannoitusajankohdan vaikutusta kasvureaktioihin.

21. Typpilannoitus

Typpilannoituksen vaikutus nähdään taulukosta 3 (s. 12), jonka yläosassa on esitetty vuosien 1963—64 neulasten pituus, vuosien 1963—65 sädekasvu ja vuosien 1963—66 pituuskasvu pelkällä typellä eri aikoina (o = lannoittamaton; t = toukokuu, 6. 5.; k = kesäkuu, 11. 6.; h = heinäkuu, 24. 7.; l = lokakuu, 3. 10.) lannoitetuilla ruuduilla. Esitetyt luvut ovat toistojen

Taulukko 3. Neulasten pituus, sädekasvu ja pituuskasvu eri vuosina pelkän typpilannoituksen saaneilla ruuduilla (N_{t-1}) sekä sellaisilla ruuduilla, joille on annettu fosfori ja kali toukokuussa ja typpi eri aikoina ($P_tK_t + N_{t-1}$) sekä vertailuruuduilla (N_0 ja $P_tK_t + N_0$).

Table 3. The length of needles and the radial and height growth in various years on sample plots which received only nitrogen fertilizer (N_{t-1}) and on plots which received phosphorus and potassium fertilizers in May and nitrogen at various times ($P_tK_t + N_{t-1}$) as well as the corresponding data for the control plots (N_0 and $P_tK_t + N_0$).

Lannoitus *Fertilizer applied*	Neulasten pituus *Length of needles* mm		Sädekasvu *Radial growth* mm			Pituuskasvu *Height growth* cm			
	vuonna — *year*								
	—63	—64	—63	—64	—65	—63	—64	—65	—66
N_0	31.1	24.7	1.74	1.75	1.94	14.1	12.8	12.5	13.8
N_t	36.2	28.7	2.10	1.68	1.38	14.9	12.4	12.5	12.8
N_k	37.1	29.2	1.57	1.63	1.57	16.2	14.8	12.9	13.8
N_h	33.6	30.2	1.17	1.29	1.27	13.1	13.0	12.0	13.6
N_l	34.4	28.7	1.36	1.75	1.88	16.6	16.5	12.4	13.6
	w 5 %								
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$P_tK_t + N_0$	49.6	53.6	2.27	4.22	4.07	13.5	28.0	42.4	41.4
$P_tK_t + N_t$	57.9	58.5	2.51	4.35	4.57	16.9	29.3	44.8	41.2
$P_tK_t + N_k$	54.3	57.2	2.12	3.71	4.32	15.7	28.1	41.5	38.3
$P_tK_t + N_h$	49.8	55.3	2.28	4.43	4.52	16.8	27.3	41.5	37.6
$P_tK_t + N_l$	45.6	56.5	2.40	4.01	5.07	20.9	29.3	42.0	39.6
	w 5 %								
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

keskiarvoja, joten jokainen luku edustaa kahta ruutua. Taulukon alaosassa on esitetty vastaavat arvot sellaisilta ruuduilta, jotka on lannoitettu fosforilla ja kalilla toukokuussa (t) ja typellä eri ajankohtina (t, k, h, ja l). Erot on testattu vuosittain Tukeyn testillä. Taulukon merkintöjä on selostettu taulukon 4 yhteydessä (s. 13).

Pelkällä typpilannoituksella ei ollut merkitsevää vaikutusta, ja samoin jää typpilannoitus merkityksettömäksi myös silloin, kun fosfori ja kali on annettu toukokuussa ja typpi lisätty eri aikoina. Eri lannoitusajankohtien välillä ei näin ollen myöskään ole merkitseviä eroja.

22. Fosforilannoitus

Kuten taulukossa 2 (s. 10) esitetyt, eri ravinteiden vaikutusta ilmaisevat luvut osoittavat, on fosforilannoituksella tällä koekentällä kaikkein voimakkain vaikutus männyn kasvuun. Taulukossa 4 (s. 13) esitetyt tulokset ovat

Taulukko 4. Neulasten pituus, sädekasvu ja pituuskasvu eri vuosina pelkän fosforilannoituksen saaneilla ruuduilla (P_{t-1}) sekä sellaisilla ruuduilla, joille on annettu typpi ja kali toukokuussa ja fosfori eri aikoina ($N_tK_t + P_{t-1}$) sekä vertailuruuduilla (P_o ja $N_tK_t + P_o$).

Table 4. The length of needles and the radial and height growth in various years on sample plots which received only phosphorus fertilizer (P_{t-1}) and on plots which received nitrogen and potassium fertilizers in May and phosphorus at various times ($N_tK_t + P_{t-1}$) as well as the corresponding data for the control plots (P_o and $N_tK_t + P_o$).

Lannoitus *Fertilizer applied*	Neulasten pituus *Length of needles* mm		Sädekasvu *Radial growth* mm			Pituuskasvu *Height growth* cm			
	vuonna — *year*								
	—63	—64	—63	—64	—65	—63	—64	—65	—66
P_o	33.6	25.1	1.36	1.66	1.78	14.8	12.7	13.8	16.4
P_t	43.9*	45.9*	2.26	3.03	3.35	18.5	25.9	36.1	34.8
P_k	39.4	45.2*	1.80	2.60	3.26	17.2	22.8	31.2	34.7
P_h	33.0	42.3	1.19	2.68	3.47	12.7	15.6	28.8	35.6
P_l	36.3	39.3	1.52	2.13	2.88	16.5	17.6	28.8	36.1
w 5 %									
	5.60	—	—	—	—	—	—	—	—
$N_tK_t + P_o$	39.0	34.0	1.56	1.58	1.65	15.9	14.5	15.4	18.0
$N_tK_t + P_t$	55.5	53.2*	2.44	3.98*	3.99*	17.2	31.9*	44.2*	35.0
$N_tK_t + P_k$	48.2	55.1*	1.75	3.61*	4.22*	15.9	26.5	40.0*	36.1
$N_tK_t + P_h$	41.5	58.3*	2.04	3.18*	4.13*	17.3	21.7	37.4*	33.1
$N_tK_t + P_l$	40.5	52.4*	1.69	2.13	3.80*	14.9	16.5	31.6*	38.0*
w 5 %									
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

varsin yhtäläiset verrattaessa keskenään vain fosforilla lannoitettujen ruutujen lukuja niiden ruutujen lukuihin, jotka on lannoitettu typellä ja kalilla toukokuussa (t) ja fosfori lisätty eri aikoina (t—l).

Taulukkoon on merkitty Tukeyn testin antama pienimmän merkitsevän erotuksen (w 5 %) lukuarvo asianomaisen vuoden kohdalle silloin, kun F-testi on osoittanut olevan merkitseviä eroja eri aikoina suoritettujen lannoitusten vaikutusten välillä. Jos taas lannoitetun ruudun (esim. tässä tapauksessa P_{t-1} ja $N_tK_t + P_{t-1}$) lukuarvo on poikennut merkitsevästi vertailuruudun (tässä tapauksessa P_0 ja $N_tK_t + P_0$) lukuarvosta, on tämä osoitettu k.o. lukuun liitetyllä tähdellä.

Lukusarjoista havaitaan, että fosforilannoituksella on ollut lannoitusvuonna sitä voimakkaampi vaikutus neulasten pituuteen mitä aikaisemmin on lannoitettu.

Pelkän fosforilannoituksen kohdalla on samansuuntaista lannoitusajankohdan vaikutusta havaittavissa vielä seuraavanakin vuonna. Sädekasvun

havaitaan samoin sekä lannoitusvuonna että tätä seuraavana vuonna olevan sitä pienemmän mitä myöhemmin on lannoitettu. Vuonna 1965 ei vastaavaa ilmiötä enää ole havaittavissa. Pituuskasvuun lannoitus ei ole vaikuttanut lainkaan lannoitusvuonna, vaan vasta seuraavana vuonna, jonka luvuista havaitaan lannoitusajankohdan vaikuttaneen varsin selvästi kasvun suuruuteen. Sama suunta näkyy myös vuonna 1965 ja vasta vuonna 1966 näyttää lannoitusajankohdan vaikutus häviävän.

23. Kalilannoitus

Kalin vaikutus sekä silloin, kun se on annettu yksinään että silloin, kun typpi ja fosfori on annettu toukokuussa (t) ja kali eri aikoina (t—l), selviää taulukosta 5 (s. 14). Havaitaan, että kalilannoituksella sen enempää kuin sen ajankohdallakaan ei ollut tässä tarkastelussa merkitsevää vaikutusta männyn kasvuun.

Taulukko 5. Neulasten pituus, sädekasvu ja pituuskasvu eri vuosina pelkän kalilannoituksen saaneilla ruuduilla (K_{t-1}) sekä sellaisilla ruuduilla, joille on annettu typpi ja fosfori toukokuussa ja kali eri aikoina ($N_tP_t + K_{t-1}$) sekä vertailuruuduilla (K_o ja $N_tP_t + K_o$).

Table 5. The length of needles and the radial and height growth in various years on sample plots which received only potassium fertilizer (K_{t-l}) and on plots which received nitrogen and phosphorus fertilizers in May and potassium at various times ($N_tP_t + K_{t-l}$) as well as the corresponding data for the control plots (K_o and $N_tP_t + K_o$).

Lannoitus *Fertilizer applied*	Neulasten pituus *Length of needles* mm		Sädekasvu *Radial growth* mm			Pituuskasvu *Height growth* cm			
	vuonna — *year*								
	—63	—64	—63	—64	—65	—63	—64	—65	—66
K_o	36.8	32.2	1.31	1.47	1.33	17.0	15.5	14.6	15.5
K_t	36.5	33.3	1.50	1.47	1.81	17.4	16.6	17.9	14.3
K_k	38.6	33.4	1.60	1.72	1.82	18.5	19.3	19.6	14.1
K_h	37.4	35.8	1.54	1.81	2.08	16.9	19.1	21.6	23.9
K_l	33.9	30.6	1.45	1.58	1.71	15.9	16.3	14.9	16.9
	w 5 %								
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$N_tP_t + K_o$	53.3	51.9	2.48	3.93	3.88	14.1	26.4	42.0	38.7
$N_tP_t + K_t$	52.3	53.3	2.89	4.44	4.60	16.1	29.3	45.3	43.5
$N_tP_t + K_k$	57.0	53.9	3.30	5.20	5.20	19.0	32.3	46.2	44.8
$N_tP_t + K_h$	48.2	55.3	2.49	3.73	4.03	12.6	22.5	39.9	39.9
$N_tP_t + K_l$	43.6	52.7	2.18	3.84	4.52	13.3	20.2	35.6	37.3
	w 5 %								
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Taulukko 6. Neulasten pituus, sädekasvu ja pituuskasvu typpi-fosfori-kalilannoituksen eri aikoina saaneilla ruuduilla ($N_tP_tK_t$ — $N_1P_1K_1$) sekä vertailuruuduilla ($N_oP_oK_o$).

Table 6. The length of needles and radial and height growth on sample plots which received nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers together, but at various times ($N_tP_tK_t$— $N_tP_tK_t$) and on the control plots ($N_oP_oK_o$).

Lannoitus *Fertilizer applied*	Neulasten pituus *Length of needles* mm		Sädekasvu *Radial growth* mm			Pituuskasvu *Height growth* cm			
	vuonna — *year*								
	—63	—64	—63	—64	—65	—63	—64	—65	—66
$N_oP_oK_o$	36.2	32.4	1.45	1.81	2.00	15.6	17.0	18.6	23.1
$N_tP_tK_t$	54.3*	56.2*	2.46	4.41*	4.95*	14.1	27.9*	46.0*	43.6*
$N_kP_kK_k$	45.3*	54.7*	1.38	3.08	4.04*	10.5	17.5	37.1*	36.9*
$N_hP_hK_h$	32.9	55.9*	1.56	2.81	4.39*	11.2	17.9	35.2*	37.6*
$N_1P_1K_1$	32.4	48.9*	1.72	3.01	4.68*	12.7	18.2	34.1*	41.1*
	w 5 %								
	10.8	—	—	—	—	—	8.9	5.6	—

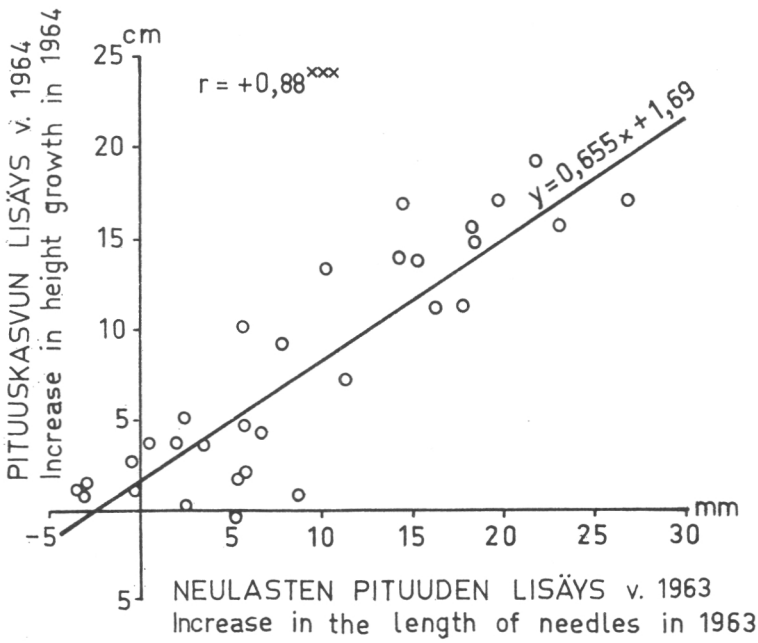
24. Typpi-fosfori-kalilannoitus

Taulukossa 6 (s. 15) on esitetty tulokset sellaisilta koeruuduilta, jotka on lannoitettu typellä, fosforilla ja kalilla eri ajankohtina. Tulokset ovat hyvin samansuuntaiset kuin fosforilannoituksen kohdalla taulukossa 4 (s. 13), mikä myös osoittaa, että lannoituksen vaikutus tässä kokeessa perustuu jokseenkin yksinomaan fosforilannoituksen vaikutukseen (vrt. taulukko 2, s. 10). Neulasten pituudessa havaitaan lannoitusvuonna selvä lannoitusajankohdan vaikutus, mutta ei enää seuraavana vuonna. Selvä suunta nähdään myös sädekasvun kohdalla lannoitusvuonna ja tätä seuraavana vuonna, mutta ei enää vuonna 1965 sekä pituuskasvun kohdalla kahtena lannoitusvuotta seuraavana vuonna.

3. Tulosten tarkastelua

Edellä esitetyt tulokset osoittavat, että tämä koe antaa valaistusta oikeastaan vain fosforilannoituksen ajankohdan merkitykseen, sillä kali- ja typpilannoituksella oli niin vähäinen vaikutus, että eri lannoitusajankohtien väliset erot eivät tulleet esille.

Lannoitusajankohdan vaikutus näkyi neulasten pituudessa lannoitusvuonna, mutta jo seuraavana vuonna erot olivat jokseenkin tasoittuneet. Sädekasvussa ilmeni eroja lannoitusvuonna ja tätä seuraavana vuonna. Pituuskasvuun lannoitus ei ollut vaikuttanut lannoitusvuonna lainkaan, vaan pituuskasvu reagoi vasta sen jälkeen, kun puun yhteyttämiskapasiteetti on lisääntynyt neulasiston klorofyllimäärän lisäännyttyä (vrt. mm. V i r o, 1965). Pituuskasvun reaktiot ovat selvästi riippuvaisia edellisen vuoden



Kuva 2. Pituuskasvun lisäyksen (v. 1964) riippuvuus neulasten pituuden lisäyksestä edellisenä vuonna (v. 1963).

Fig. 2. The correlation between the increase in height growth (in 1964) and the increase in the length of needles in the previous year (1963).

neulasten reaktioista kuten kuva 2 (s. 16) osoittaa. Kahtena lannoitusta seuraavana vuonna lannoitusajankohdan vaikutus näkyi pituuskasvussa selväsuuntaisena ja neljäntenä vuonna eri lannoitusaikojen aiheuttamat erot olivat tasoittuneet.

Jotta saataisiin käsitystä siitä, kuinka paljon lannoitusajankohta on vaikuttanut kokonaiskasvuun tässä tutkittuina ajanjaksoina, on seuraavassa asetelmassa esitetty sädekasvun ja pituuskasvun summat niiltä koealoilta, joille on annettu NPK-lannoitus eri aikoina.

	Lannoitusaika vuonna 1963 — *Time of fertilization in 1963*			
Sädekasvu, mm	t	k	h	l
Radial growth, mm (1963—1965) ...	11.82	8.55	8.76	9.41
Pituuskasvu, cm				
Height growth, cm (1963—1966)	131.6	102.0	101.9	106.1

Asetelman luvut osoittavat, että summien erot näyttävät jäävän melko vähäisiksi tässäkin tapauksessa, jossa lannoitus on hyvin voimakkaasti lisännyt kasvua; vuoden 1965 sädekasvu on keskimäärin 2.5 - ja vuoden 1966 pituuskasvu 3.3-kertainen vuoden 1963 vastaaviin arvoihin verrattuna (vrt. taulukko 6, s. 15).

Viron (1965) tuloksista voidaan laskea, että kangasmailla on touko—kesäkuussa annetun typpilannoituksen jälkeinen kuutiokasvu ollut viitenä lannoituksen jälkeisenä vuonna kuusikossa 23 % ja männikössä 38 % suurempi kuin heinä—elokuussa annetun lannoituksen jälkeinen kuutiokasvu. On ilmeistä, että erityisesti hyvin vettä läpäisevillä kangasmailla liian myöhään annettu helppoliukoinen typpilannoite huomattavalta osaltaan huuhtoutuu hukkaan puuston ehtimättä käyttää sitä hyväkseen. Ruotsalaiset Johansson ja Åhgren (1966) ovat selvittäneet kahden kokeen avulla urealannoituksen ajankohdan merkitystä kangasmaalla. Heidän saamansa tulokset osoittavat loka—marraskuulla annetun lannoituksen vaikuttaneen tehokkaammin kuin touko—syyskuulla annetun lannoituksen. Lumelle suoritetut lannoitukset ovat antaneet kaikkein heikoimman tuloksen.

Käsillä olevan tutkimuksen tuloksista voidaan päätellä, että ainakin hienofosfaattilannoitus voidaan suolla antaa mihin aikaan kasvukautta tahansa ilman että syntyy merkittäviä kasvutappioita, joskin on ilmeistä, että jos halutaan mahdollisimman voimakas kasvureaktio jo lannoituskasvukautena, on lannoitettava ennen kasvun alkamista, viimeistään toukokuun alkuun mennessä. Verrattaessa lokakuussa (1963) annetun lannoituksen seuraavana kasvukautena (1964) ilmenevää vaikutusta toukokuussa (1963) annetun lannoituksen vaikutukseen samana kasvukautena (1963), havaitaan nämä yhtäläisiksi (esim. taulukko 4 s. 13 ja taulukko 6 s. 15), joten syyslannoitus on tässä osoittautunut yhtä tehokkaaksi kuin kevätlannoitus.

4. Kirjallisuusluettelo

Cochran, William, G. and Cox, Gertrude, M. 1957. Experimental Designs. 2nd Ed. New York.

Johansson, Bengt och Åhgren, Allan. 1966. Gödslingseffekt och spridningstidpunkt. Skogen, Nr. 5.

Quenouille, M. H. 1953. The Design and Analysis of Experiment. London.

Viro, P. J. 1965. Estimation of the Effect of Forest Fertilization. Selostus: Metsänlannoituksen vaikutuksen arvioiminen. Comm. Inst. Forest. Fenn., 59.3.

On the influence of the time of fertilization on the growth reactions in a pine stand on peat soil

Summary

The present study deals with the influence on the time of the application on nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers on the growth reactions in a pine stand growing in a drained peat land area.

The experiment was carried out in Karvia, at the Forest Experiment Station of Nothern Satakunta (62°10′N, 22°45′E). The study area is a cottongrass pine swamp which was drained in 1937—38 employing 20-m ditch spacing. The peat layer measures one metre in depth. The growing stock was 25 years old at the time of the experiment and the dominating height was about 3 m. The fertilizers used in the experiment and the symbols used for them in the following context are as follows: N = Oulu saltpetre (25 per cent of N), 400 kg/ha; P = rock phosphate (33 per cent of P_2O_5), 400 kg/ha; and K = potassium salt (50 per cent of K_2O), 200 kg/ha. The sample plots measured 20 × 20 m each.

The experiment comprised two replications, both of which consisted of seven groups of five sample plots each. Within the groups the order of treatment was determined by randomization. The following treatments were employed:

1. Each fertilizer separately was applied at various times of the year.
2. Two fertilizers were applied in the spring and the third at various times of the year.
3. All three fertilizers together were applied at various times of the year.

Fertilizers were applied at four different times in the course of the year 1963. Fig. 1 (p. 7) shows the relation between the time of fertilization and the rhythm of height and radial growth in pine in 1963.

The data presented in Table 1 (p. 8) indicate that the two reaplications do not differ significantly from each other and that the experimental area is rather homogeneous.

Yates' test was performed on the growth data obtained from the sample plots fertilized in May. The results of this test are presented in Table 2 (p. 10). The data of the table reveal that there has been primarily a lack of available phosphorus in the experimental area and that lack of potassium also has begun to develope.

Table 3 (p. 12) shows the effect of nitrogen fertilization. In the top part of the table, the growth figures for the year of fertilization (1963) and for subsequent years for sample plots which received only nitrogen fertilizer at various times are presented. The figures presented are average of replications. In the lower part of the table the corresponding figures for sample plots which received phosphorus and potassium fertilizers in May (t) and nitrogen fertilizer at various times of the year (t—l) are pre-

sented. The annual differences were tested by Tukey's test, and the least significant difference (w 5 %) is indicated in the table for each year in those cases when the F-test revealed that significant differences occurred between the varying times of fertilization. When the figures for fertilized areas differ significantly from those of the control plots, this is indicated by an asterisk. The data of the table indicate that nitrogen fertilization has no significant effect on the growth, which also means that the time of applying nitrogen fertilizer is of no significance.

The effect of posphorus fertilization is revealed by Table 4 (p. 13). According to the data presented, application of phosphorus fertilizer affected the growth of pine quite markedly. When comparing the figures for sample plots which received only phosphorus fertilizer with those for the plots which received nitrogen and potassium in May and phosphorus at varying times, the results point in the same direction. During the year of fertilization, the effect of phosphorus application on the length of needles was the stronger the earlier the fertilization was carried out. In the sample plots only fertilized by phosphorus, a similar effect could still be discovered the following year. As regards radial growth, such a decreasing tendency can be observed when the moment of fertilization is postponed. In 1965, however, this phenomenon could not be noticed anymore. Fertilization had no effect on height growth in the year of application, but only during the following year, when a marked effect due to the time of fertilization can be seen. Only in 1966 did the differences in height growth due to varying times of fertilizer application seem to disappear.

Table 5 (p. 14) shows the effect of potassium fertilization. The data reveal that neither the application of potassium, nor the time at which it is applied has any effect on the growth of pine.

Table 6 (p. 15) presents the results obtained from sample plots which received nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers together, but at different times. The results are equal to those obtained by phosphorus fertilization (cf. Table 4, p. 13), because only the application of that fertilizer had any effect in this experiment.

The text table on p. 17 presents the sums of the radial and height growth on the sample plots which received nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers at various times. The differences between the sums representing the various times of fertilization seem to be quite small in this case, too, when fertilization increased the growth very markedly.

On the basis of the results of the study, the conclusion may be drawn that at least phosphorus fertilization can be done at any time during the growing season without causing increment losses. However, if we strive for the greatest possible growth reaction already during the year of fertilization, we must evidently apply the fertilizer before the start of the growing season, or, before the beginning of the month of May. Comparison between the effect of fertilization performed in October, 1963 on the growth in 1964 and that of fertilization carried out in May, 1963 on the same year's growth shows reactions of similar magnitude (cf. Table 4, p. 13 and Table 6, p. 15). According to this work fertilization in the autumn thus proved to be similar in effectiveness compared to spring fertilization.

Possible differences in the duration of the effect of fertilization performed at various times during the year have to be found out by further experiments.

ZUR BIONOMIE UND ZUM VORKOMMEN DER ROTEN KIEFERNBUSCHHORNBLATTWESPE (*NEODIPRION SERTIFER* GEOFFR.) IN FINNLAND IN DEN JAHREN 1959—65

PAAVO JUUTINEN

RUSKEAN MÄNTYPISTIÄISEN (*NEODIPRION SERTIFER* GEOFFR.)
BIONOMIASTA JA ESIINTYMISESTÄ SUOMESSA
VUOSINA 1959—65

Suomenkielinen selostus

HELSINKI 1967

Helsinki 1968. Valtion painatuskeskus

Vorwort

Von den in den Kiefernwäldern Finnlands auftretenden Nadelschäden ist der Befrass durch die Rote Kiefernbuschhornblattwespe (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) (*Hymenoptera, Diprionidae*) bisher am allerhäufigsten gewesen und hat auch gebietlich das grösste Ausmass erreicht. Grosse Gradationen sind im Abstand von etwa 30 Jahren vorgekommen, kleinere Schäden mehr lokaler Art bedeutend öfter, mindestens jedes 5. bis 6. Jahr (K a n g a s 1963). Seit dem Jahre 1959 ist *N. sertifer* wieder in aufsehenerregendem Umfang in weiten Gebieten von Südfinnland aufgetreten. Vielerorts gingen die Verheerungen in den gleichen Waldbeständen mehrere Jahre lang fort und waren so schwer, dass sogar Bestäubung vom Flugzeug für notwendig erachtet wurde, insbesondere in gewissen ausgedehnten Kiefernheidegebieten und namentlich in den Jahren 1961—62.

Dieses Massenvorkommen hat auch den Anstoss zu der vorliegenden Untersuchung gegeben. Mit dem Sammeln von Material für diesen Zweck wurde bereits im Sommer 1960 angefangen. Die letzten Untersuchungen, deren Resultate noch in dieser Publikation enthalten sind, wurden im Januar 1967 gemacht. Da die Fachkräfte in der Forstlichen Forschungsanstalt bisher immer sehr gering gewesen sind, mussten wir uns in den ersten Jahren schon aus diesem Grunde hauptsächlich auf die Kartierung der Schadgebiete und die Feststellung der Dichte und des Gesundheitszustandes der Kokons beschränken, m.a.W. auf Arbeiten, die schon direkte praktische Bedeutung hatten. Die eingehenderen Untersuchungen konnten erst 1963 regelrecht begonnen werden, was bedauerlich ist, weil viele gradologische Probleme dann natürlich nicht mehr zu klären waren.

Die Untersuchung verfolgte in erster Linie das Ziel, den Einfluss des Befrasses auf den Baumbestand sowie die Bionomie der Roten Kiefernbuschhornblattwespe und die Begrenzungsfaktoren ihrer Vermehrung zu klären, welche Fragen in unserem Lande bisher noch mangelhaft bekannt sind. Die Untersuchungen über den Einfluss der Schäden auf das Wachstum der Bäume, die praktisch sehr bedeutsam sind, sowie Forschungen über die Parasiten sollen später für sich veröffentlicht werden.

Material für die Untersuchungen über die Ei- und Kokonstadien ist an zahlreichen Stellen in verschiedenen Gegenden der Befallszone gesammelt worden. Die genaueren Untersuchungen über die Bionomie der Roten

Kiefernbuschhornblattwespe wurden in Vehmaa (60°44'n.Br., 21°45'ö.L.), Kauhajoki (62°22', 22°17'), Isojoki (62°6', 21°59') und im Versuchsgebiet der Forstlichen Forschungsanstalt Laanila im Kirchspiel Inari (68°23', 27°27') ausgeführt. Die Laboruntersuchungen wurden alle im entomologischen Laboratorium der Forstlichen Forschungsanstalt gemacht.

Die Durchführung der Untersuchung in diesem Umfange wäre mir nicht ohne die wertvolle Hilfe möglich gewesen, die mir von vieler Seite geleistet worden ist.

Prof. Esko Kangas und Prof. Risto Sarvas, mit denen ich oftmals über die mit der Arbeit verknüpften Fragen diskutieren durfte, haben freundlicherweise das Manuskript durchgesehen und viele beachtenswerte Bemerkungen gemacht. Prof. Sarvas hat mir ausserdem einige aus den für seine eigenen Untersuchungen gemachten Temperaturbeobachtungen berechneten Temperatursummen zur Verfügung gestellt und mich in ihrer Auswertung unterwiesen. Auch Cand. d. Forstw. Ukko Rummukainen, der mir für die Untersuchung das in den ersten Schadjahren in der Forstlichen Forschungsanstalt unter seiner Leitung gesammelte Material überlassen hat, und Forstmeister Jaakko Simolinna, der neben seiner eigentlichen Arbeit noch für die Bekämpfungsmassnahmen in den genannten Jahren zu sorgen hatte, haben das Manuskript durchgesehen. Dr. phil. Walter Hackman hat die im Sommer 1966 in Isojoki genommenen Spinnenproben bestimmt.

Beim Kartieren der Schadgebiete und bei der Durchführung der Feldarbeiten haben uns die Angestellten der zuständigen Bezirksforstämter und der örtlichen Waldbesitzervereine bedeutsame Hilfe geleistet. Da manche Materialien von Ei- und Kokonstadien je nach den betreffenden Bezirksforstämtern gesammelt und behandelt worden sind, habe ich diese Einteilung auch bei der Darlegung der Resultate sowie in manchen Zusammenstellungen und Tabellen beibehalten, sofern das Material nicht natürlicher gruppiert werden konnte.

Von den zahlreichen Forschungsgehilfen, die sich an den Labor- und besonders auch an den Feldarbeiten beteiligt haben, mögen folgende genannt sein, die mehrmals dabei gewesen sind: die damaligen Cand. rer.nat. Hannu Aarnio, Matti Kokkonen und Juhani Saarikoski sowie die damaligen Studenten Mirja Ruokonen und Vilho Suokas. Forsttechniker Tuomo Siitonen hat u.a. die im Sommer 1963 in den Befallsgebieten angelegten sog. Erholungsprobeflächen abgegrenzt und vorbereitend vermessen, und Cand. phil. Erkki Annila sowie Cand. d. Forstw. Timo Kurkela haben mir ihre Temperaturbeobachtungen zur Verfügung gestellt. Dank der freundlichen Unterstützung von Forstmeister Kullervo Etholén ist es mir möglich gewesen, auch in die

russische Literatur über die Rote Kiefernbuschhornblattwespe Einblick zu gewinnen. Die Diagramme wurden von Fräulein Hellin Honka gezeichnet, und Frau Marianne Kahanpää hat den Text in die deutsche Sprache übertragen.

Den grössten Dank schulde ich meinen ausdauerndsten Mitarbeitern, den Studenten Martti Varama und Osmo Sironen, die sich jahrelang am Sammeln und an der Behandlung des Forschungsmaterials beteiligt und ausschlaggebend zum Zustandekommen der vorliegenden Untersuchung beigetragen haben.

Für alle mir zuteil gewordenen Hilfe will ich hier meinen tiefgefühlten Dank aussprechen.

Helsinki, den 4. März 1967

Paavo Juutinen

Inhaltsverzeichnis

Seite

Übersicht zum Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Finnland vor dem Jahre 1959 7

Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in den Jahren 1959—65 .. 12

Die Schadgebiete und deren Wälder 12

Einfluss des Schadfrasses auf den Baumbestand 20

Jährliche Schwankungen der Populationen 29

Die Witterungsverhältnisse während der Gradation 39

Zur Bionomie der Roten Kiefernbuschhornblattwespe 44

Das Ei 44

Die Larve 56

Die Kokonstadien 68

Die Imago 76

Die Generationsdauer 84

Die Begrenzungsfaktoren der Vermehrung 87

Parasiten 87

Eiparasiten 87

Larven- und Kokonparasiten 96

Andere Faktoren 100

Wesen des Massenwechsels und Gesamtbedeutung der verschiedenen Gradationsfaktoren 110

Zusammenfassung 116

Literaturverzeichnis 120

Suomenkielinen selostus 127

Übersicht zum Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Finnland vor dem Jahre 1959

Eine von den allerersten literarischen Angaben — vielleicht sogar die erste überhaupt — von Schäden der Kiefernbuschhornblattwespen in Finnland stammt aus dem Jahre 1753. Nach einer Mitteilung von Prof. P. G a d d vernichtete nämlich damals die Kiefernbuschhornblattwespe (*Tenthredinis Pini*) zusammen mit einigen Kleinschmetterlingsarten vollständig einen Kiefernbestand auf der Insel Rosala in Hiittinen (Kemiö) (L e c h e 1762).

Aus der Wende der 1850er und 1860er Jahre vermittelt B l o m q v i s t (1881; »något mer än 20 år tillbaka») eine Angabe, wonach Blattwespenlarven massenhaft in den Wäldern der Umgebung von Kokkola vorgekommen waren. Hier möge erwähnt werden, dass die ersten Nachrichten über das Auftreten der Forleule in unserem Lande aus eben der gleichen Zeit stammen, vermutlich aus dem Jahre 1859 (E h n b e r g 1892), woraus zu schliessen — insbesondere angesichts der im allgemeinen sehr spärlichen Beobachtungen dieser Zeiten — die Insektenschäden damals besonders aufsehenerregend gewesen sein müssen.

Die nächsten Angaben über das Auftreten der Kiefernbuschhornblattwespen stammen, soweit bekannt, aus dem Jahre 1866. Die Besichtigungskomission der Finnischen Kronwälder schildert nämlich in ihrem Bericht (Suomenmaan ruunumetsien tarkastuskomision kertomus 1867) die schweren Verheerungen, die von den Larven dieser Blattwespe in den Kiefernkulturen von Hämeenkangas angerichtet worden waren, infolgederen »schon fast der ganze Jungwald auf der meilenweiten Hämeenkangas-Heide ganz verdorben zu sein scheint». Über ähnliche Kalamitäten wird aus Lestijärvi berichtet. Auch B l o m q v i s t (1959), der Mitte Juli 1867 von Kankaanpää nordwärts durch Pohjankangas reiste, spricht in seinem Reisebericht von diesen Verheerungen und stellt fest, dass in weiten Gebieten keine einzige Jungpflanze mehr am Leben war.

Um welche Kiefernbuschhornblattwespe es sich in den oben besprochenen Fällen gehandelt hat, lässt sich nicht mit Gewissheit ausmachen. B l o m q v i s t (op.c.) erwähnt jedoch, in Hämeenkangas seien die Schäden *Tenthreds pini* zugeschrieben worden, und höchstwahrscheinlich war der Befrass in diesen Kulturen auch tatsächlich von der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe verursacht. Die ersten Schäden, als deren Urheber die Rote

Kiefernbuschhornblattwespe bekannt ist, kamen in den Jahren 1874—75 vor. Da K a n g a s (1963) graphische Darstellungen über das Vorkommen von *N. sertifer* in unserem Lande seit 1897 veröffentlicht hat, wird im Folgenden auf geringeren Befall nicht eingegangen, sondern es sollen nur die schwersten Schadjahre sowie die Angaben aufgezählt werden, die über das räumliche Ausmass und eventuell auch über die Schwere der Kalamitäten in der Literatur zu finden waren.

Im Sommer 1874 wurden Larven von *N. sertifer* massenhaft mindestens in Asikkala, Nastola, Orimattila, Artjärvi, Iitti, Elimäki, Anjala und Lappee beobachtet. In den meisten der genannten Kirchspiele dauerten die Verheerungen ebenso schwer oder sogar noch schwerer auch noch im nächsten Jahre fort. Im Sommer 1876 wurden Larven nur in geringer Zahl angetroffen, und wesentliche Schäden dürften keine mehr zustande gekommen sein (B l o m q v i s t 1881).

Im Jahre 1891 trat *N. sertifer* stellenweise in der Provinz Vaasa auf. Das vermutlich ausgedehnteste einheitliche Vorkommen wurde in Kauhajoki im Staatspark Lauhankangas beobachtet. Der Befall scheint aber nicht besonders schwer gewesen zu sein (E h n b e r g 1892). Im gleichen Sommer hatten die Larven auch in einigen staatlichen Wäldern des Reviers Mikkeli Schäden angerichtet, insbesondere in jungen Kiefernbeständen (Metsätilasto 1893). In der Zeitung »Nya Pressen» (Nr. 195/22. VII. 1897) wird in einem Artikel über Forleulen-Befrass in Valkjärvi i.J. 1891 auch erwähnt, dass ungefähr gleichzeitig schwere Verheerungen durch die Kiefernbuschhornblattwespe in Uusimaa (Mustio, Pinjainen), Satakunta (Loimaa, Alastaro) und in Pohjanmaa (vor allem Ilmajoki) angerichtet worden waren. Aus dem Aufsatz kommt man zu der Auffassung, dass es sich wenigstens in Uusimaa um die Gemeine Kiefernbuschhornblattwespe gehandelt hatte. Auch in dem Artikel von O. M. R e u t e r (1897) in der Zeitung »Uusimaa», der sich hauptsächlich mit der Kalamität im Sommer 1897 befasst, heisst es in Bezug auf die Gemeine Kiefernbuschhornblattwespe »vor ein paar Jahren vernichtete diese Larve beträchtliche Waldgebiete im Kirchspiel Karja». Welche Art in den übrigen Fällen in Frage stand, geht aus den Angaben der Zeitungen nicht hervor. Im ganzen scheint das Massenvorkommen von Schadinsekten im Sommer 1891 sehr verbreitet gewesen zu sein. Dies beweist auch E h n b e r g s (1892) Feststellung: »— — en insektförökning som ej sedan slutet af 1850 talet enligt hvad man har sig bekant, torde haft sitt motstycke i norden».

Im Sommer 1897 trat die Kiefernbuschhornblattwespe so verbreitet und zahlreich auf, dass — wie schon die obigen Hinweise zeigen — sogar in den Tageszeitungen davon geschrieben wurde. In den staatlichen Wäldern kamen Schäden vor allem in den Aufsichtsbezirken der Provinzen Turku—Häme und Vaasa, aber auch in Teilen der Aufsichtsbezirke der Provinzen

Kuopio und Viipuri—Mikkeli vor (Metsätilasto 1899). Nach Reuter (1898) wurden Verheerungen u.a. in Kuusjärvi, Rautalampi, Pieksämäki, Juva, Puumala, Sääminki, Savonranta, Suomenniemi, Joutseno, Jaala, Ruokolahti, in der Gegend von Porvoo und auch anderwärts in Uusimaa, in grossen Teilen der Provinz Häme und in manchen Teilen der Provinzen Turku und Pori sowie Vaasa beobachtet. Laut Furuhjelm (1897) kam die Rote Kiefernbuschhornblattwespe auch in Keuruu und Evo vor; die in Janakkala und Hyvinkää festgestellten Schäden dagegen waren vermutlich von der Forleule verursacht. Auch Reuter (op.c.) weist darauf hin, dass es sich bei manchen der von ihm erhaltenen Angaben vielleicht um die Forleule gehandelt habe, aber in denjenigen Fällen, wo auch über Larven und deren Vorkommen berichtet wurde, konnte ohne weiteres der Schluss gezogen werden, dass der Schädling *N. sertifer* gewesen sein musste. Aus den nördlichen Partien des Landes liegen spärlich Beobachtungen vor. Über Vorkommen der Kiefernbuschhornblattwespe wird immerhin aus Sotkamo, Paltamo und aus der Gegend des Oulujoki berichtet, wennschon in geringerem Ausmass (Ehnberg 1898). Wenn man noch die Grenzen des damaligen Aufsichtsbezirks der Forstverwaltung in der Provinz Turku—Häme und die hauptsächliche Lage der staatlichen Wälder in diesem Gebiet in Betracht zieht (vgl. Laitakari 1960, Beilage 2), dürfte man darauf schliessen können, dass Schäden im Sommer 1897 vor allem im grössten Teil von Häme und wahrscheinlich in Nord-Satakunta, in manchen Teilen von Süd-Pohjanmaa, im westlichsten Nord-Karelien, im grössten Teil von Savo (insbesondere Ost-Savo) sowie in Süd-Karelien bis zur Karelischen Landenge und zur Küste des Ladogasees vorgekommen sind.

In welchem Ausmass die Kiefernbuschhornblattwespe schon im Sommer 1896 aufgetreten war, darüber liegen nur spärlich Mitteilungen vor. Bemerkenswert sind aber doch Furuhjelms (1897) Beobachtungen, nach denen die Larven in der Gegend von Evo vor 1895 ziemlich selten waren, 1895 kamen sie da und dort vor, und 1896 waren sie ziemlich häufig. Es dürfte sich hier wohl kaum um eine lokale Ausnahme handeln, sondern man darf annehmen, dass die Larven auch anderwärts in Südfinnland schon im Sommer 1896 zahlreicher als gewöhnlich aufgetreten waren, wennschon dies nur dem Fachmann aufgefallen war. Auch aus dem Sommer nach dem Schadjahr (1898) liegen wenig Beobachtungen vor: Reuter (1899) erwähnt, den Zeitungsberichten gemäss sei die Kiefernbuschhornblattwespe in der Gegend von Haapamäki angetroffen worden.

Zu Liros 1911 in der Forstzeitschrift »Tapio» veröffentlichtem Artikel über die Kiefernbuschhornblattwespen hatte die Redaktion folgende Fussnote gebracht: »Wie wir erfahren haben, gibt es in diesem Sommer sehr viel Kiefernbuschhornblattwespen u.a. in Uusimaa, Süd-Häme und Süd-Savo. An manchen Stellen sind die Larven so zahlreich, dass die befallenen Wald-

bestände gefährdet sind, weil die Larven auch schon die diesjährigen Nadeln befressen——». Vielleicht hat eben das Auftreten der Kiefernbuschhornblattwespe den Anlass zu dem erwähnten Artikel gegeben, aber merkwürdigerweise sagt Reuter (1914) in seinem Bericht über das Auftreten von Schadinsekten nichts über diese Blattwespe, und auch in der Forststatistik (Metsätilasto 1914) findet sich nur eine kleine Notiz aus Joroinen.

In den Jahren 1915—16 kam die Rote Kiefernbuschhornblattwespe sowohl in Süd- wie in Nordfinnland vor. Nach dem Bericht von Linnaniemi (1920) waren Schäden im Sommer 1915 in folgenden Gegenden zu verzeichnen: Pyhäjärvi (Provinz Turku), Tammisaari, Landgemeinde Helsinki, Tuusula, Hausjärvi, Lapinjärvi, Kiikoinen, Kokemäki, Suoniemi, Ruokolahti, Pieksämäki, Puumala, Mäntyharju, Parikkala und Ii. Der Befall hatte in gewissem Grade auch noch im Sommer 1916 in Lapinjärvi und Ruokolahti fortgedauert, und ausserdem wird als neue Gegend Mustasaari genannt. Im allgemeinen war der Befrass den Angaben gemäss ziemlich geringfügig, und nur in den östlichen Landesteilen sollen schwerere Verheerungen vorgekommen sein. In Nordfinnland war der Befall 1916 am stärksten. In den staatlichen Wäldern wurde die Kiefernbuschhornblattwespe aus den Revieren in Ylikemi, Luiro und Sodankylä gemeldet (Metsätilasto 1920). Aaltonen (1919) nennt insbesondere aus Gegenden an den Flüssen Kitinen, Luiro und Kemijoki viele Stellen, wo *N. sertifer* ausgesprochen in den Jungwüchsen Schaden angerichtet hatte.

Das nächste zahlreichere Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe fiel in das Jahr 1926. Zeitungsnotizen gemäss wurden Larven von vermutlich dieser Art mindestens in Isojoki und in einem ziemlich weiten Gebiet in Ylivieska gefunden. Meldungen über das Auftreten dieser Larven kamen auch aus Kärsämäki und Kuusamo (Hukkinen, Listo und Vappula 1936).

In den 1930er Jahren war der Befall ungewöhnlich weit verbreitet. Die erste Gradation setzte schon 1930—31 ein und stieg 1932—33 auf ihr Maximum. Nach Kangas (1934) waren die mittleren Partien von Südfinnland am schwersten betroffen, und zwar die Provinz Mikkeli, die Gegend um den Päijänne-See (insbesondere seine Inseln) sowie manche Gegenden in Nord-Häme und Satakunta (u.a. Kankaanpää). Südwärts wurden die Schädlinge bis mindestens in die Gegend des Salpausselkä angetroffen (u.a. bei Lahti, Hyvinkää und Hausjärvi) und weiter nordwärts mindestens bis in die Umgebung von Kajaani und des Oulujärvi-Sees, ja sogar noch in Rovaniemi, Pello und Kittilä. In den staatlichen Wäldern kamen den Meldungen gemäss Schäden dieser Blattwespe 1930—31 in neun, 1932 in fünfzehn und 1933 in mindestens neunzehn Revieren vor (Metsätilasto 1933, 1934, 1935). Ausgangs dieses Jahrzehnts war der Befall wiederum recht verbreitet, besonders in den Sommern 1938—39. Vom Sommer 1938 heisst es, die Larven haben Schäden

angerichtet östlich vom Päijänne, in der Gegend des Salpausselkä bis nach Juva—Kangasniemi, aber vielerorts auch anderwärts in Finnland; mindestens bis in die Gegend von Oulu im Norden sind leichtere oder schwerere Schäden beobachtet worden (K a n g a s 1938). Im folgenden Jahr gingen die Verheerungen zuvörderst in den östlichen Landesteilen weiter: in den südlichen Partien von Nord-Karelien und Ost-Savo (u.a. Pyhäselkä, Tohmajärvi, Kitee, Kesälahti und Kerimäki) (K a n g a s 1941).

In den Sommern 1942—43 machte sich die Rote Kiefernbuschhornblattwespe wiederum in Binnenfinnland breit. Besonders im ersten Jahr waren die Verheerungen sehr schwer, und im Herbst 1942 wird vielerorts über fast kahle Kiefernbestände berichtet, wo also auch die diesjährigen Nadeln grösstenteils abgefressen waren. Solche Gebiete wurden u.a. in der Umgebung der Seen Keitele und Päijänne angetroffen, an der Bahnlinie durch Savo, in Mittel-Pohjanmaa und in vielen Ortschaften von Häme. Ausserdem war der Befall u.a. in Südwestfinnland ziemlich häufig, beschränkte sich aber doch auf kleinere Flächen (Forstzeitschrift »Metsälehti» Nr. 37, 1942). Genauere Angaben aus Nordfinnland liegen von diesen Jahren nicht vor. In der Forstlichen Forschungsanstalt war im Dezember 1941 jedenfalls eine Probe von einem offenbar durch die Kiefernbuschhornblattwespe verursachten Frass eingetroffen, und zwar aus Säräisniemi, wo die ganzen Kiefernbestände eines Landguts »am Verdorren» sein sollten. Im gleichen Zusammenhang wurde mitgeteilt, derartige Kiefernbestände seien in grosser Zahl auf den trockenen Heideböden am Unterlauf der Oulujoki-Gewässer anzutreffen.

Soweit uns bekannt ist, sind also Massenvorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Finnland vor dem Jahre 1959 in ausgedehnten oder ziemlich weiten Gebieten in den Jahren 1874—75, 1891, 1897, 1915—16, 1926, 1931—33, 1938—39 und 1942—43 zu verzeichnen gewesen. In vielen von den genannten Zeitspannen (insbesondere zwischen 1915 und 1939) ist der Befall gleichzeitig auch anderwärts in Europa stark gewesen (vgl. N i k l a s und F r a n z 1957). Kleinere Vorkommen mehr lokaler Art sind bedeutend öfter beobachtet worden, nach K a n g a s (1963) im Abstand von etwa 5—6 Jahren. Abgesehen von geringen Ausnahmen waren die ausgedehnteren Vorkommen auf die südliche Hälfte des Landes beschränkt, und am gewöhnlichsten waren sie ausgesprochen im Seengebiet von Südfinnland.

Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in den Jahren 1959—65

Die Schadgebiete und deren Wälder

Vor dem Jahre 1959 liegen vom Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in den fünziger Jahren nur ein paar Angaben vor. Im Sommer 1954 und mehrere Jahre danach wurden Larven auf einem Gebiet von ca. 300 ha in Kankaanpää gefunden, obwohl der hauptsächliche Schädling in diesem Falle die Gemeine Kiefernbuschhornblattwespe war (mündl. Mitteilung von Prof. E. K a n g a s und Forsttechniker R. K i v i n e n), und im Sommer 1956 richteten die Larven beträchtlichen Nadelbefrass in einem kleineren Zirbenbestand in Urjala an (nach einer von Dr. phil. E. B r a n d e r in die Forstliche Forschungsanstalt gesandten Probe).

Im Sommer 1959 wandelte die Situation sich weitgehend. Schon im Mai, als in Taipalsaari prognostische Untersuchungen über das Vorkommen des Kiefernspanners ausgeführt wurden, fanden sich auf dem Boden ziemlich reichlich leere Kokons der Kiefernbuschhornblattwespe. In den gleichen Gebieten wurden später im Sommer Larven von mehreren Kiefernbuschhornblattwespen-Arten angetroffen, und in einem freilich ziemlich kleinen Waldbestand in Ruokolahti, wo Schäden des Kiefernspanners gemeldet worden waren, konnte ich feststellen, dass der Schädling *N. sertifer* war, die stellenweise an den Kiefern sogar alle alten Nadeln abgefressen hatte. Später hat sich dann herausgestellt, dass Larven dieser Blattwespe an manchen Stellen auch in Lemi ziemlich zahlreich schon im Sommer 1959 gefunden worden waren (nach einer Mitteilung, die Stud. M. V a r a m a im Herbst 1964 von den Ortsbewohnern gemacht worden war). Auch Landwirt K. I n n a n e n meldete im Juni 1961 aus Sääminki bei der Forstlichen Forschungsanstalt, Larven seien jetzt schon im dritten Sommer angetroffen worden, und Forsttechniker Y. P i r h o n e n erwähnt am 16.VII. 1960 in seinem Bericht an das Bezirksforstamt von Ost-Savo, dass Kiefernbuschhornblattwespen in Kangaslampi schon im Sommer vorher aufgetreten seien, obschon die Schäden damals geringfügig geblieben waren. Höchstwahrscheinlich ist im Sommer 1959 die genannte Blattwespe in Ostfinnland schon in ziemlich weitem Gebiet zahlreicher als gewöhnlich vorgekommen. Ihr Befrass wurde aber, obwohl er sich zu einem anderen Zeitpunkt geltend

machte, teilweise mit den Schäden des Kiefernspanners verwechselt, die in den gleichen Gegenden schon 1957 eingesetzt hatten; oder man hatte ihnen vielleicht — zuvörderst weil sie noch gering waren — keine grössere Beachtung geschenkt.

Von Westfinnland liegen aus dem Jahre 1959 Angaben über drei Vorkommen vor. In Kankaanpää wurde wiederum ein wahrscheinlich von *N. sertifer* angerichteter Schaden in ziemlich weitem Gebiet festgestellt (vgl. Metsälehti Nr. 22/1960). Aus Humppila wurde Ende Juni bei der Forstlichen Forschungsanstalt gemeldet, dass Larven auf den Osern Murron- und Venäjänharju gefunden worden seien (Forstmeister A. P u t t a a), und in Iniö im Schärenhof von Turku frassen die Larven dieser Blattwespe auf ein paar kleinen Inseln mit ca. 1.5 ha produktivem Waldboden die Kiefern sogar ganz kahl, desgleichen auf zwei kleinen Klippen, wo nur einige wenige Kiefern standen (Werkmeister I. A b r a h a m s s o n). In Iniö waren Larven schon bereits früher angetroffen worden, entweder im Sommer 1956 oder 1957. Von anderen Gegenden Finnlands wäre noch eine nicht kontrollierte Angabe aus Nord-Savo zu nennen; sehr wahrscheinlich handelte es sich auch in diesem Falle um die Kiefernbuschhornblattwespe und nicht um den Kiefernspanner.

Aus dem Jahre 1959 liegen also, insbesondere im Vergleich zu den vorherigen Jahren ziemlich zahlreiche Beobachtungen über *N. sertifer* aus verschiedenen Gegenden Südfinnlands vor. Die schweren Verheerungen setzten aber doch erst im folgenden Sommer ein, als die Larven in sehr weiten Gebieten von den südlichen Partien Nord-Kareliens über das ganze südlichste Finnland bis nach Satakunta und Süd-Pohjanmaa vorkamen. An den meisten Stellen hielt die Kalamität noch im Sommer 1961 und in einigen Gegenden sehr schwer auch noch im nächsten Jahre an. Diese regelrechten Gradationsjahre werden weiter unten noch eingehend besprochen.

Im Sommer 1963 wurden Larven stellenweise sogar sehr zahlreich angetroffen — allerdings nur in kleineren Gebieten — und zwar u.a. in Pusula, Somerniemi, Suomusjärvi, Vehmaa, Kalanti, Karijoki und Maalahti sowie überraschenderweise auch in Inari (Laanila). Im nächsten Jahr wurde mindestens in Kauhajoki etwas Larvenbefall festgestellt; aus Pöytyä (Riihikoski) kam ebenfalls eine Meldung, und ausserdem ist es bemerkenswert, dass weiter östlich (z.B. in Asikkala und Kymenlaakso) an manchen Orten erneut das ungewöhnlich zahlreiche Vorkommen der Larven auffiel (Stud. M. V a r a m a, H. A a r n i o). Im Sommer 1965 wurde von ganz begrenzten und belanglosen Vorkommen aus Vehmersalmi, Pernaja, Asikkala, Karjalohja und Vehmaa sowie wiederum auch aus Laanila berichtet.

Als im Sommer 1960 bei der Forstlichen Forschungsanstalt immer mehr Meldungen über Schäden eintrafen, musste zuallererst die Lage und das Ausmass der Befallsgebiete ermittelt werden. Es stellte sich aber binnen Kurzem heraus, dass diese Aufgabe vor allem wegen der grossen Ausdehnung

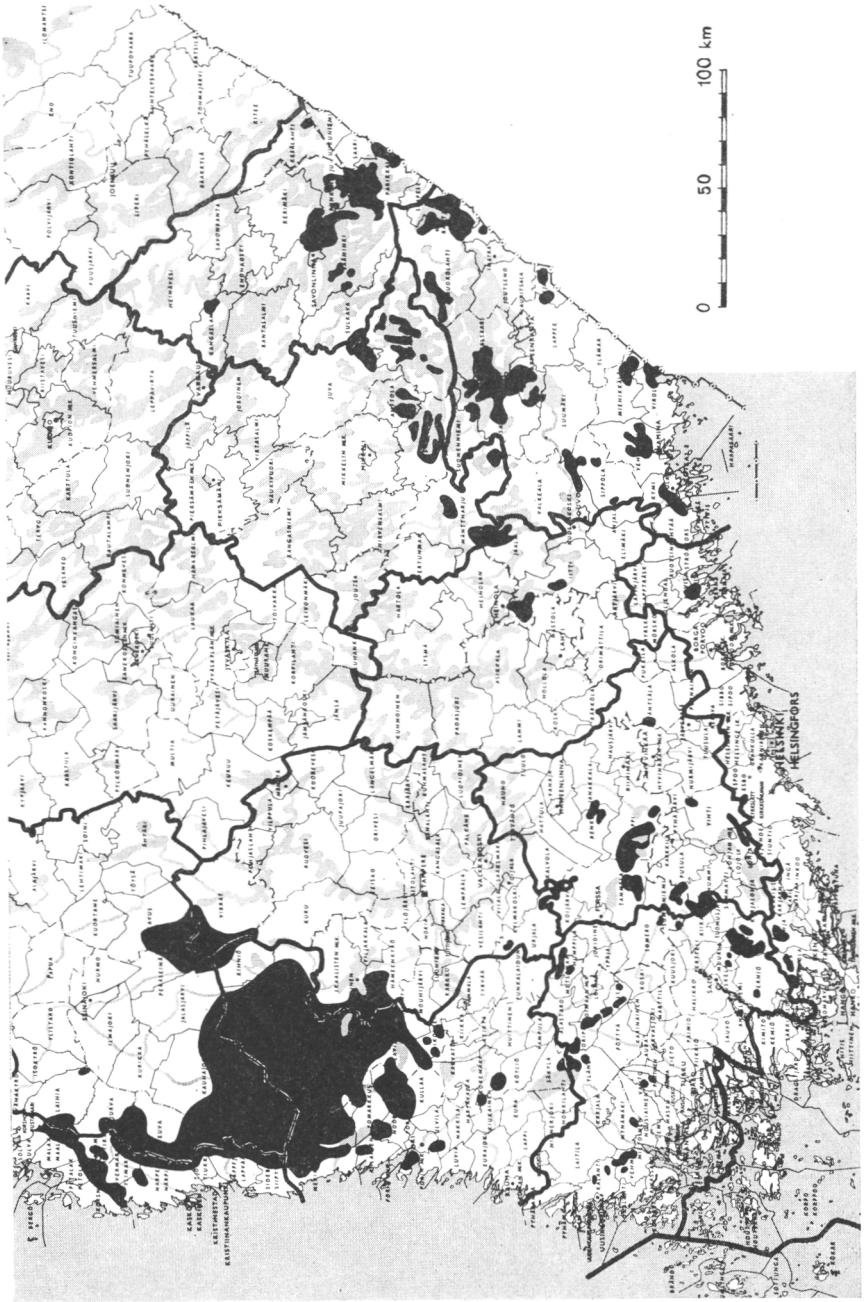


Abb. 1. Die bedeutsamsten Vorkommengebiete der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Südfinnland in den Jahren 1960—62.
Kuva 1. Huomattavimmat ruskean mäntypistiäisen esiintymisalueet etelä-Suomessa vuosina 1960—62.

der Gebiete unmöglich von den Forschergruppen der Forstlichen Forschungsanstalt bewältigt werden konnte. Zum Glück konnten für diese Arbeit jedoch gleich von Anfang an die Fachleute der örtlichen Waldbesitzervereine und der Bezirksforstämter herangezogen werden, die über die lokalen Verhältnisse gut orientiert waren und daher die besten Voraussetzungen für die Kartierung der Befallsgebiete besassen. Die Karte auf Seite 14 fusst daher auch in der Hauptsache auf den von den Forstämtern gesammelten Angaben oder auf Kartenskizzen vom gesamten Wirkungsbereich des betreffenden Amtes.

Obschon in fast allen auf der Karte eingetragenen Gebieten auf Veranlassung der Forstlichen Forschungsanstalt Untersuchungen vorgenommen worden sind — in manchen Gegenden sogar in mehreren Jahren — und die Forscher somit also die Gelegenheit gehabt haben, aufgrund persönlicher Beobachtungen die von verschiedener Seite eingelaufenen Angaben miteinander bis zu einem gewissen Grade in Übereinstimmung zu bringen, lässt sich anhand derartiger Karten doch kein ganz exaktes Bild von dem Befall gewinnen. Dies hängt zuvörderst damit zusammen, dass die Schäden der Roten Kiefernbuschhornblattwespe meistens mosaikartig auftreten, d.h. leichte und schwere Schäden wechseln schon in ziemlich kleinem Rahmen miteinander ab, und auch die Befallsgebiete im ganzen lassen sich kaum jemals klar von den umgebenden Waldbeständen abgrenzen, sofern es keine natürlichen Grenzen gibt (vgl. K a n g a s 1934). Insbesondere wenn ausgedehnte, ganze Kirchspiele umfassende Gebiete in Frage stehen, ist die Abgrenzung der Schadgebiete meistens sehr schwierig und in gewissem Grade willkürlich. Es lässt sich deswegen auch nicht allgemeingültig festlegen, wie schwer der Befall mindestens gewesen sein muss, damit das fragliche Gebiet in der Karte eingetragen wurde. Man kann nur im grossen und ganzen sagen, dass in den verzeichneten Gebieten in mindestens einem Sommer wenigstens mittelmässige, d.h. deutlich wahrnehmbare Schäden aufgetreten sind. Leichter Befrass, sofern er nicht an ausgedehntere Befallsgebiete anschloss, und auch schwere, aber räumlich sehr eng begrenzte Schadgebiete sind weggelassen worden.

Aus der Karte ist ersichtlich, dass die bei der Forstlichen Forschungsanstalt gemeldeten Befallsgebiete abgesehen von wenigen Ausnahmen südlich von der Linie Kesälahti—Savonlinna—Mikkeli—Heinola—Tampere—Alavus—Vaasa liegen. Nördlich von dieser Linie sind aus den östlichen Landesteilen irgendwelche Angaben aus folgenden Ortschaften eingelaufen: Nilsiä, Leppävirta, Kangaslampi, Heinävesi, Enonkoski, Liperi und Rääkkylä. Von diesen wiederum dürfte am bedeutsamsten das auch in der Karte eingetragene Gebiet an der Grenze von Heinävesi und Kangaslampi gewesen sein, dessen Ausdehnung mit 1 000 ha angegeben worden ist. In Nord-Karelien kamen Schäden offenbar in einem Gebiet von mehreren tausend Hektar vor,

sie waren aber laut Angabe der Forschergruppe, die das Gebiet besichtigt hatte, leichterer Art. Am ärgsten war der Befrass in Liperi Salonnenä und in Rääkkylä Varpasalo. Von Westfinnland ist ausserhalb des oben abgegrenzten Bereiches Ruovesi zu nennen, wo sogar ziemlich schwere Schäden in kleineren Gebieten vorkamen, sowie weiter Huikonkangas in Juupajoki. Verlässliche Angaben über weiter nördlich aufgetretene Verheerungen gibt es also keine — abgesehen von dem auf S. 13 erwähnten Vorkommen in Laanila. Wahrscheinlich sind leichtere Schäden aber doch auch weiter nördlich da und dort vorgekommen.

Obschon *N. sertifer* ungewöhnlich zahlreich in fast allen südlich von der oben genannten Linie gelegenen Kirchspielen aufgetreten sein dürfte — mit Ausnahme vielleicht der Küstenstriche und der Schären — lässt die Karte doch erkennen, dass die schwersten und ausgedehntesten Verheerungen gewissermassen drei Gruppen bilden. Zur ersten zählt Südost-Finnland bis in die Gegend von Heinola—Loviisa im Westen, zur zweiten Teile von West-Uusimaa, Häme und Varsinais-Suomi (die Hauptpartie der Schadgebiete liegt ungefähr innerhalb des Dreiecks Tammisaari—Hämeenlinna—Eura), und zum dritten weite, miteinander in Verbindung stehende Gebiete in Nord-Satakunta und Süd-Pohjanmaa.

Eine von den Ursachen für eine solche Gruppierung ist natürlich die Lage der kieferndominanten Wälder. Nach Ilvessalo (1960, Karte 17) nehmen z.B. in dem nördlich von Helsinki gelegenen Gebiet, in dem auf der beiliegenden Karte nur wenig Vermerke eingetragen sind, die kieferndominanten Wälder nur 11—20 % vom produktiven Waldboden ein, im grössten Teil des südöstlichen Gebiets und von Satakunta—Pohjanmaa dagegen 61—70 %. Auch der Fichtenwaldgürtel an der Küste von Nord-Satakunta und Süd-Pohjanmaa macht sich auf der Karte deutlich geltend.

Es ist nicht möglich und auch nicht notwendig, hier die verschiedenen Schadgebiete näher zu beschreiben; ein paar Anmerkungen zu den wichtigsten dürften ausser der Karte aber doch am Platze sein. In Südostfinnland waren die Verheerungen sehr verbreitet insbesondere in den Kirchspielen in der Umgebung des Saimaa-Sees und der benachbarten Gewässer, und zwar ebensogut auf trockenen Heideböden wie auch an den Seeufern und auf den Inseln. (Wegen der weitverzweigten Gewässer mussten die Befallsgebiete der Saimaagegend in der Karte etwas schematisiert verzeichnet werden.) Zum Teil handelte es sich um die gleichen Gebiete, in denen 1957—59 Schäden durch den Kiefernspanner vorgekommen waren, und nahezu in ihrer Gesamtheit gehörten diese Gegenden zu dem Gebiet, wo seit 1897 die Massenvorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe gewöhnlicher waren als irgend sonstwo in Finnland (vgl. Kangas 1963). Weiter westwärts im Binnenland ist vor allem das Gebiet östlich von Heinola zu nennen, das in der Landgemeinde Heinola bei den Dörfern Hujansalo, Hirvisalo und Taipale

anfing, und von dort nach Jaala zu den trockenen Kiefernheiden der Dörfer Ansalahti, Hartola und Huhdasjärvi sowie immer weiter bis Mäntyharju zog (vgl. Metsälehti Nr. 25—26/1960). Insbesondere in Jaala waren die Verheerungen sehr schwer. In Kymenlaakso dürfte am ärgsten die Kalamität in den nördlichen Partien von Pyhtää gewesen sein, die sich ostwärts bis auf die Nordseite des Flugplatzes von Kymi erstreckte.

In Südwestfinnland gab es sehr zahlreiche kleine Gebiete, die wegen ihrer Geringfügigkeit längst nicht alle in unserer Karte vermerkt sind. Von den grössten wäre zunächst das Schadgebiet westlich vom Kirchdorf Loppi zu nennen, wo der am schlimmsten betroffene Teil sich von der Ostseite des Sees Sakarajärvi als 2—3 km breiter Streifen ostwärts von Punelia und südwärts von Kaartjärvi über Räyskälä nach Westen bis in die Gegend von Tammela erstreckte. Etwas weiter südlich lag ein ungefähr ebenso grosses Gebiet. Es begann bei Suomusjärvi nördlich von der Landstrasse Helsinki—Turku, zog nach Kiikala zur Nordostseite des Kurajärvi und von hier weiter durch ausgedehnte Kiefernheiden fast ununterbrochen bis zum Kirchdorf Somerniemi, wo es südwestwärts abschwenkte und sich teilweise noch bis Pusula erstreckte. Auch das Schadgebiet Kisko—Muurla war ziemlich gross, aber durchschnittlich waren die Schäden hier doch leichter als in den vorgenannten Gebieten. Weiter westlich ist ausser den Osern von Humppila ein Gebiet mit ziemlich ausgedehnten Kiefernheiden zu erwähnen, das westlich vom Kirchdorf Mellilä begann, nordwestwärts nach Oripää und Alastaro zog und Teile von Virttaankangas betraf, um schliesslich in Yläne und Säkylä zu endigen. In diesen Gegenden — in Alastaro und Oripää — war im Sommer 1892 ein Massenvorkommen der Forleule auf einer Fläche von über 1 000 ha beobachtet worden (H a n n i k a i n e n 1892).

Das Gebiet von Nord-Satakunta und Süd-Pohjanmaa war hinsichtlich der Bodenfläche am allergrössten. Es begann im Westen an der Grenze von Ahlainen und Merikarvia und zog dann fast kontinuierlich nordwärts bis nach Sulva und Laihia. Im Osten lagen die südlichsten Gebiete in Kullaa und Kiikoinen, die nördlichsten in Alavus und Peräseinäjoki. In Nord—Südrichtung hatte das einheitliche Gebiet also eine grösste Länge von nahezu 150 km und eine Breite von ca. 80 km. Die Schwere der Kalamität variierte auf einer so grossen Fläche natürlich ganz beträchtlich. Da und dort waren innerhalb der angegebenen Grenzen manche Kiefernbestände sogar gänzlich verschont geblieben, aber trotzdem umfasste das Gebiet mehrere Kirchspiele, wo praktisch alle Kiefern mehr oder weniger befressen waren.

Charakteristisch für dieses Gebiet sind zunächst viele Oser und ausgedehnte Kiefernheiden, vor allem der Höhenzug Satakunnanselkä, Hämeenkangas und Pohjankangas; manche sind bekannt für die Insektenschäden, die über Jahre hinaus in den weiten Kiefernkulturen aufgetreten sind und geradezu die Aufforstung beeinträchtigt haben (vgl. K a n g a s 1937). Auch die

Gemeine Kiefernbuschhornblattwespe ist hier (in Kankaanpää) häufiger vorgekommen als irgend anderswo in unserem Lande (K a n g a s 1963). Die kargen Heideböden herrschen hier bei weitem vor; nach I l v e s s a l o (1960, Karte 9) ist in dem Dreieck, zu welchem ganz oder teilweise die Kirchspiele Alavus, Jalasjärvi, Kauhajoki, Karijoki, Isojoki, Honkajoki, Kankaanpää und Karvia gehören, der Anteil der kargeren Waldtypen (Calluna-, Ericaceae—Cladina - und Cladinatyp) am produktiven Waldboden grösser als sonstwo in Südfinnland mit Ausnahme der östlichen Partien von Nord-Karelien. Ein weiterer bemerkenswerter Charakterzug ist die grosse Zahl der Moore. Im grössten Teil des fraglichen Gebiets nehmen die Moore, in erster Linie Reisermoore, sogar 41—50 % von der gesamten Bodenfläche ein (I l v e s s a l o op.c., Karten 13 und 15). Auch die Moorwälder blieben von der Kiefernbuschhornblattwespe nicht verschont, sondern die Schäden waren umgekehrt verbreitet und auch ziemlich schwer, insbesondere in den Moorkiefernbeständen im Norden des Gebiets.

Genau lässt sich die Gesamtfläche der befallenen Wälder nicht ermitteln — aus mannigfachen Gründen. Man darf sie aber, wenn ganz geringfügige Schäden ausser acht gelassen werden, wohl auf rund 200 000 ha schätzen.

Ungeklärt blieb auch, wie die Schadgebiete sich auf die verschiedenen Waldtypen verteilten; wie aber aus dem oben Gesagten hervorgegangen sein dürfte, betrafen die Schäden in erster Linie trockene, oft auch sehr karge Heideböden sowie ausserdem Reisermoore und — vor allem in Ostfinnland — die (oft felsigen und steinigen) Ufer und Inseln der grossen Seen. In der Regel handelte es sich um reine Kiefernbestände, aber z.B. in Nord-Satakunta erlitten auch die in den Fichtenbeständen der trockenen Heideböden verstreut stehenden alten Kiefern arge Schäden.

Über das Alter oder besser gesagt die Entwicklungsstufe der befallenen Waldbestände ist im Zusammenhang mit den Probeflächenuntersuchungen über die Kokondichte, die später (S. 29) besprochen werden, eine Aufstellung gemacht worden. Der Entwicklungsstufe gemäss wurden die Waldbestände grob in vier Gruppen eingeteilt: I = Jungwuchs und Dickungen, II = schwaches Stangenholz, III = starkes Stangenholz und IV = Baumholz. Auf diese Gruppen verteilten sich die in den Jahren 1960—63 besichtigten Waldbestände folgendermassen:

I	II	III	IV
	%		
4.6	21.7	46.0	27.7

I l v e s s a l o (1962) hat eine Tabelle über die Verteilung der Wälder auf verschiedene Entwicklungsstufen in den Gewässergebietsgruppen von Südfinnland veröffentlicht. In der Tabelle sind folgende Entwicklungsstufen angewandt: Jungwuchs, junge Durchforstungsbestände, eigentliche Durch-

forstungsbestände, Lichtungsbestände und Verjüngungsbestände. Die beiden ersten dürften ungefähr den obigen Gruppen I und II entsprechen, die eigentlichen Durchforstungsbestände und Lichtungsbestände zusammen der Gruppe III und die Verjüngungsbestände der Gruppe IV. Demgemäss gruppiert erhält man für die kieferndominanten VT-Wälder folgende Verteilung (% von der ganzen Fläche, Gruppe IV enthält 1.3 % unterproduktive Wälder):

I	II	III	IV
		%	
16.4	10.2	46.1	27.3

Vergleicht man diese Serien miteinander, so sieht man, dass die Werte der älteren Entwicklungsstufen einander gut entsprechen, während die beiden jüngeren so weitgehend voneinander abweichen, dass man dies kaum bloss auf den etwaigen Unterschied der Einteilungsprinzipien zurückführen kann. Obwohl also Schäden durch *N. sertifer* in Waldbeständen allen Alters vorkamen, haben sie im ganzen doch relativ am allerwenigsten die Jungwüchse betroffen, und am meisten die schwachen Stangenhölzer, wo die Bäume einen Brusthöhendurchmesser von 5—10 cm oder etwas darüber haben.

In der Verteilung auf die Entwicklungsstufen ergaben sich erhebliche lokale Unterschiede. So machten beispielsweise den vom Bezirksforstamt Vaasa gesammelten Angaben gemäss in dem insgesamt ca. 2 600 ha grossen Schadgebiet von Korsnäs, Petolahti und Maalahti die Jungwälder 80 %, die Stangenhölzer 15 % und die Baumhölzer nur 5 % aus. Auch zwischen den einzelnen Jahren bestanden gewisse Unterschiede, u.a. war in dem im Sommer 1960 gesammelten Material der Anteil der ältesten Waldbestände beträchtlich grösser als durchschnittlich (vgl. R u m m u k a i n e n 1960 a), da aber der Schwerpunkt der Untersuchungen von Jahr zu Jahr verlegt wurde, lässt sich unmöglich sagen, ob es sich um jährliche oder örtliche Unterschiede handelte.

Im Zusammenhang mit den vorn erwähnten Probeflächenuntersuchungen wurden auch Beobachtungen über die Intensität der Schäden angestellt. Die befallenen Waldbestände wurden in drei Klassen eingeteilt, je nachdem, wieviel Nadeln nach der Frassperiode der Larven durchschnittlich an den Bäumen zurückgeblieben waren. Die in den Jahren 1960—62 besichtigten Waldbestände (später waren schwere Schäden selten), an denen mindestens alle alten (d.h. in den dem Untersuchungsjahr vorausgegangenen Sommern gewachsenen) Nadeln abgefressen waren, verteilten sich auf die verschiedenen Entwicklungsstufen folgendermassen:

I	II	III	IV
		%	
4.7	24.4	52.9	18.0

Nach der Untersuchung von K a r u (1940) kam Befrass von *N. sertifer* in Estland in den Jahren 1938—39 am allermeisten in ganz jungen Wäldern (1—20 Jahre) vor, aber am schwersten waren die Schäden doch in den alten Kiefernbeständen. Vergleicht man die obigen Zahlen mit der Verteilung aller befallenen Waldbestände auf die verschiedenen Entwicklungsstufen, so sieht man, dass ausgesprochen in den Waldbeständen mittleren Alters schwere Schäden mehr, und in den alten beträchtlich weniger aufgetreten waren, als die flächenmässige Verteilung der untersuchten Waldbestände voraussetzen würde. Hierbei muss freilich in Betracht gezogen werden, dass in den älteren Kiefernbeständen, wo die Jahrestriebe schon normalerweise kurz sind, die vernichtete Benadelung sich oft sehr schwer nach dem Augenmass abschätzen lässt. In vielen Fällen war der Befrass besonders schwer am Saum der Bestände, an Wegrändern, in kleinen Gehölzen, in schütteren Moorkiefernbeständen und auf Samenbaumflächen (vgl. K a n g a s 1941).

Im Lauf der hier zur Rede stehenden Gradation kamen Larven der Roten Kiefernbuschhornblattwespe also an Kiefern aller Grössen vor — von 20 cm hohen Jungpflanzen bis zu über 20 m hohen Bäumen. Obschon die Verheerungen relativ am gewöhnlichsten in jungen Wäldern vorkamen, war der flächenmässig grösste Teil der befallenen Kiefernbestände doch schon mittleren Alters oder alt. In Mitteleuropa dagegen wird *N. sertifer* ausgesprochen zu den Schädlingen der Jungpflanzen und jungen Wälder gerechnet (vgl. z.B. S c h w e r d t f e g e r 1957), und nach P s c h o r n - W a l c h e r (1965) handelte es sich auch in den aus Europa in der Literatur veröffentlichten Schadfällen meistens um 5—20 Jahre alte Kiefernbestände. Es hat also den Anschein, dass das Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in dieser Hinsicht bei uns weitgehend anders geartet ist als weiter südlich in Europa.

Einfluss des Schadfrasses auf den Baumbestand

Wenn man die Bedeutung des von der Roten Kiefernbuschhornblattwespe verursachten Nadelverlustes für den Baumbestand beurteilen will, so sind ausgesprochen drei Punkte in Betracht zu ziehen: (1) beeinflusst der Frass das Längen- und Dickenwachstum der Bäume, (2) kann der Befrass schon an sich zum Verdorren der Bäume führen, und (3) kann es infolge des Befrasses zu sog. Folgeschäden durch die unter der Rinde sich vermehrenden Käfer kommen? Für die Praxis ist die Klärung dieser Fragen von grösster Wichtigkeit, denn wenn man nicht weiss, wie weit die oben genannten Wirkungen des Schadens sich geltend machen, kann man die Notwendigkeit von Bekämpfungsmassnahmen und vorzeitigen Schlägen unmöglich beurteilen.

Über den E i n f l u s s d e s F r a s s e s der Roten Kiefernbuschhornblattwespe a u f d a s W a c h s t u m d e r B ä u m e liegen aus Finnland

keine veröffentlichten Angaben vor. Hertz (1933) hat Beobachtungen über die Folgen von Schäden der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe gemacht, aber sein Material war sehr beschränkt (10 Bäume). Mikola (1950) hat allerdings bei seinen Untersuchungen über die Schwankungen des Wachstums der Bäume in unserem Lande im Wachstum der Kiefer einige sehr bedeutsame Depressionen festgestellt, die sich jedenfalls nicht gänzlich durch klimatische Faktoren erklären lassen (vgl. Voûte und Luitjes 1957), sondern die ganz offenbar auf Insektenschäden zurückzuführen sind. Eine solche Abnahme des Wachstums hat u.a. um das Jahr 1930 in Mittelfinnland stattgefunden. In Saarijärvi z.B. war das Wachstum der Kiefer jahrelang um 20—30 % unter dem normalen Wert und erreichte Mitte der 1930er Jahre das Minimum. Besonders stark ausgeprägt war die Depression in den Reisermooren und an deren Rändern. Bei seinen Erwägungen über die Ursachen dieser Erscheinung weist Mikola auf die Verheerungen von *N. sertifer* hin, die gleichzeitig in vielen Jahren in weiten Gebieten aufgetreten waren. Auch in den 1890er Jahren war im Wachstum der Kiefer eine schroffe Abnahme eingetreten. In Ostfinnland war das Wachstum 1896 am geringsten, während die Depression in Westfinnland noch bis zum Jahr 1902 anhielt. Vielerorts fehlt der Jahresring von 1898 gänzlich. Auch an dieser Verringerung des Wachstums ist offenbar ein durch ein Insekt verursachter Waldschaden schuld gewesen. (1897 hatte die Rote Kiefernbuschhornblattwespe in einem grossen Teil von Südfinnland sich sehr stark vermehrt.)

Auch in der ausländischen Literatur sind die diesbezüglichen Angaben spärlich und fussen im allgemeinen auf sehr wenigen Beobachtungen. Eine bedeutsame Ausnahme macht nur Eklunds (1964) aufgrund eines in Schweden i.J. 1962 gesammelten Materials durchgeführte Untersuchung, worin er zu dem Resultat kommt, dass infolge des Befrasses in einem Jahr (1961) das Dickenwachstum um 39 % abgenommen hatte, und nach zweijährigem Schaden entsprechend um 52 % (Jahresringindex). Da das Material so kurz nach dem Befall gesammelt worden war, geht auch aus dieser Untersuchung nicht hervor, wie lange die Wirkung des Befrasses im Zuwachs der Bäume vielleicht noch wahrzunehmen gewesen wäre.

Als die vorliegende Untersuchung in Angriff genommen wurde, lagen über die Einwirkung der von *N. sertifer* angerichteten Schäden auf das Wachstum der Kiefer nur praktisch bedeutungslose Angaben vor. Deswegen wurde auch die Klärung dieser Frage in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Zu diesem Zweck wurden im Sommer 1963 in Kauhajoki, Karvia, Somerniemi und Suomusjärvi in Kiefernbeständen, die drei Jahre nacheinander von *N. sertifer* befressen worden waren, insgesamt 21 je 16 a (40 × 40 m) grosse sog. Erholungsprobeflächen abgegrenzt, und zum Vergleich in den von der Kalamität verschonten Wäldern 4 Probeflächen gleicher Grösse.

Tabelle 1. Die Lage der Erholungsprobeflächen und deren wichtigste Merkmale sowie die Anzahl der abgestorbenen und geschwächten Bäume auf den Probeflächen am 3.—4. XI. 1965.

Taulukko 1. Toipumiskoealojen sijainti ja tärkeimmät tunnukset sekä kuolleiden ja huonokuntoisten puiden määrä koealoilla 3.—4. XI. 1965.

Nr. der Probefläche *Koealan n:o*	Ort *Paikka*	Waldtypus *Metsätyyppi*	Alter des Waldbestandes, Jahre *Metsikön ikä, v.*	Dominierende Baumhöhe, m *Valtapituus, m*	Stammzahl auf der Probefläche *Runkoluku koealalla*	Abgestorbene Bäume, Stück *Puista kuollut, kpl*	Geschwächte Bäume, Stück *Huonokuntoisia, kpl.*
2	Somerniemi, Jakkula	VT	90	22	81	4	4
3	» »	VT	95	21	59	0	0
4	» Kirkonkulma	MT	50	16	136	1	0
5	» »	VT	50	16	106	0	0
6	Suomusjärvi, Kettula	CT	65	16	86	6	3
7	» »	Räme-mu [1]	60	10	194	19	0
8	» »	VT	40	11	172	1	0
9	Kauhajoki, Nummijärvi ..	CT	105	18	65	0	1
10	» » ..	CT	80	14	105	2	1
11	» » ..	CT	75	17	94	3	0
12	» » ..	VT	50	14	148	6	0
13	» » ..	KgR [2]	75	15	99	9	2
14	» Hyyppä	CT	105	18	58	0	3
15	» »	VT	50	12	252	3	0
16	» »	VT	85	17	95	13	0
17	» »	VT	50	13	163	0	0
19	» »	VT	95	21	27	0	2
21	Karvia, Kirchdorf	VT	75	19	67	3	1
22	» »	VT	75	18	80	1	0
23	» »	Räme-mu [1]	55	11	112	2	0
24	» Ämmälä	VTk [1]	100	12	70	1	0
	Zusammen — *Yhteensä*		—	—	2 269	74	17

[1]) Entwässertes Reisermoor. [2]) Moorheide.

Auf den Probeflächen waren vor dem Anzeichnen der Bäume überhaupt keine krüppeligen oder abgestorbene Bäume geschlagen worden, und auch danach wurden bis auf weiteres nur zu Untersuchungszwecken ein paar wenige, sicher abgestorbene Kiefern gefällt. Die Lage und die wichtigsten Merkmale der Probeflächen sind in Tabelle 1 zusammengestellt, woraus auch ersichtlich ist, wie viele von den Bäumen der Probeflächen bei der Besichtigung am 3.—4. XI. 1965 ausgesprochen infolge des Befrasses durch *N. sertifer* verdorrt oder weiterhin in schwachem Zustand waren. Die Vergleichsprobeflächen sind in dieser Tabelle nicht enthalten.

Bei der oben erwähnten Besichtigung wurde festgestellt, dass vielerorts namentlich in Karvia und Kauhajoki die Kronen der Kiefern immer noch auffällig schütter waren. Obwohl nämlich nach dem Befrass sich schon drei Nadeljahrgänge gebildet hatten, waren die Triebe in diesen Jahren doch sehr viel kürzer geblieben. In den ärgsten Schadgebieten sowie insbesondere in Reisermooren und in deren Randwäldern standen ausserdem auch noch manche

Bäume, deren endgültige Erholung höchst fragwürdig war. Es schien deswegen gerechtfertigt, die endgültige Messung der Probeflächen noch weiter hinauszuschieben, und in dieser Hinsicht stehen also vorläufig noch keine Resultate zur Verfügung. Sie sollen später in einer Untersuchung für sich veröffentlich werden.

Die Angaben über das Verdorren von Kiefern infolge von früher in Finnland vorgekommenen Nadelschäden durch *N. sertifer* sind ebenfalls recht spärlich. In dem von Blomqvist (1881) veröffentlichten und von Freiherr E. Wrede verfassten Bericht wird erwähnt, manche Bäume seien nach zwei schweren Schadjahren 1875 abgestorben, und zwar bevorzugt an Waldrändern und in sehr lückigen Kiefernbeständen. Reuter (1898) stellt mit Bedauern fest, dass nicht einmal nach der grossen Kalamität des Jahres 1897 derartige Angaben gesammelt worden waren, obwohl dies begründet gewesen wäre, denn »in vielen Gegenden sollen sehr schwere Verheerungen angerichtet worden, und die Wälder stellenweise gänzlich abgestorben sein». Aaltonen (1919) berichtete, die Rote Kiefernbuschhornblattwespe habe im Sommer 1916 vielerorts in Nordfinnland sehr beträchtliche Schäden in den Kiefernjungwüchsen angerichtet. An vielen von ihm aufgezählten Untersuchungsobjekten war »mindestens die Hälfte von den Jungpflanzen hoffnungslos verloren, und an manchen Stellen war der ganze Jungwuchs vollkommen vernichtet worden». Trotzdem war der grösste Teil von den befallenen Jungpflanzen wahrscheinlich noch am Leben, als die Untersuchungen gemacht wurden, denn in den Probeflächenverzeichnissen (op.c.: 119—127) sind sehr wenig Jungpflanzen, deren Absterben offenbar durch irgendeine »äusserliche» Schädigung verursacht worden war. Nach Kangas (1934) waren in den am schwersten geschädigten Beständen nach der ersten Befallsperiode der 1930er Jahre manche Kiefern schon bis zum Herbst 1933 verdorrt, aber im allgemeinen schienen die Bäume sich auch von argem Befrass recht gut zu erholen.

Insbesondere da wir wissen, dass über die wegen Forleulenschäden vertrockneten oder gefällten Holzmengen ziemlich genaue Angaben schon seit 1891 vorliegen (vgl. Saalas 1949), hat es den Anschein, dass es zu völligem Verdorren des Baumbestandes in weiteren zusammenhängenden Gebieten nach Schädigungen durch *N. sertifer* in Finnland kaum jemals gekommen ist. Zu manchen älteren Berichten, in denen es beispielsweise heisst, die Larven hätten sogar grosse Waldgebiete »vernichtet», muss man sich mit Vorsicht verhalten, denn ganz offenbar war mit diesem Ausdruck keineswegs die Vernichtung des Baumbestandes, sondern die Vernichtung der Benadelung gemeint.

Schon im Herbst 1965 war es klar, dass auf den für die vorliegende Untersuchung angelegten Erholungsprobeflächen kaum noch Bäume zum Verdorren kommen würden. Im Sommer 1966 wurden die abgestorbenen Bäume



Abb. 2. Probefläche 12. 50-jähriger VT-Kiefernbestand. Letztes bedeutsames Schadjahr 1962. Von dem Baumbestand (von der Stammzahl) waren bis Juli 1966 4 % eingegangen. Lichtbild 25. VI. 1963 T. Siitonen.

Kuva 2. Koeala 12. 50-vuotias VT-männikkö. Viimeinen merkittävä tuhovuosi 1962. Puustosta (runkoluvusta) oli kuollut heinäkuuhun 1966 mennessä 4 %. Valok. 25. VI. 1963 T. Siitonen.

noch einmal gezählt, und man kann die Resultate der Untersuchungen an den Probeflächen somit für diesen Teil schon hier behandeln.

In den Kiefernbeständen, in denen die Probeflächen 1963 angelegt wurden, waren die Schäden 1960 im allgemeinen leicht gewesen, 1961 mittelmässig und 1962 stärker als mittelmässig, ja sogar sehr schwer. In den südlichsten Gebieten, in Somerniemi und Suomusjärvi, trat leichterer Befall auch noch im Sommer 1963 auf. Von den ärgsten Verheerungen im Sommer 1962 geben die Abb. 2, 3 und 4 einen Begriff. Es muss besonders darauf hingewiesen werden, dass die Lichtbilder in dem Jahr nach dem Erlöschen der Gradation Ende Juni gemacht worden sind, als an den Bäumen sich also



Abb. 3. Probefläche 13. 75-jähriger Kiefernbestand auf Moorheide. Letztes bedeutsames Schadjahr 1962, als auch ein grosser Teil von den diesjährigen Nadeln vernichtet wurde. Vom Baumbestand (Stammzahl) waren bis Juli 1966 9 % abgestorben. Lichtbild 25. VI. 1963 T. Siitonen.

Kuva 3. Koeala 13. 75 v. vanha männikkö kangasrämeellä. Viimeinen merkittävä tuhovuosi 1962, jolloin suuri osa samankesäisistäkin neulasista oli tuhoutunut. Puustosta (runkoluvusta) oli kuollut heinäkuuhun 1966 mennessä 9 %. Valok. 25. VI. 1963 T. Siitonen.

schon die ganz unversehrten Nadeln vom Jahr 1963 entwickelt hatten. Dessenungeachtet waren viele Bäume immer noch fast kahl.

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass auf den Erholungsprobeflächen im ganzen 2 269 Bäume standen. Von diesen waren bis Anfang November 1965 74 Stück eingegangen, und ausserdem waren 17 Bäume immer noch in schwachem Zustand. (Bäume, deren Vertrocknen oder Verkümmern unverkennbar durch andere Ursachen bedingt war — Kienzopf, Schneebruch usw. — sind in diesen Zahlen nicht enthalten). Im folgenden Sommer verdorrten noch weitere drei Bäume. Demgemäss waren also bis zum Herbst 1966 —



Abb. 4. Probefläche 19. Ausgewachsener (Alter ca. 95 Jahre) Kiefernbestand auf VT-Waldboden. Letztes bedeutsames Schadjahr 1962, als viele Bäume praktisch kahlgefressen waren. Am 23. VII. 1966 waren alle Bäume der Probefläche noch am Leben. Ausserhalb der Probefläche sind einige vereinzelte Kiefern verdorrt. Lichtbild 25. VI. 1963 T. Siitonen.
Kuva 4. Koeala 19. Varttunut (ikä n. 95 v.) männikkö VT-kankaalla. Viimeinen merkittävä tuhovuosi 1962, jolloin monet puut syötiin käytännöllisesti katsoen neulasettomiksi. 23. VII. 1966 olivat koealan kaikki puut edelleenkin elossa. Koealan ulkopuolelta oli kuivunut yksittäisiä mäntyjä. Valok. 25. VI. 1963 T. Siitonen.

trotz der teilweise schweren Frasschäden in drei Sommern — vom Baumbestand, nach der Stammzahl berechnet, nur 3.4 % verdorrt. Höchstwahrscheinlich werden auch hiernach noch ein paar Kiefern absterben, man kann aber auf jeden Fall feststellen, dass die Anzahl der infolge von Befrass der Roten Kiefernbuschhornblattwespe auf den Probeflächen eingegangenen Bäume unter 4 % liegt.

Über den Einfluss des Standortes auf das Absterben der Bäume lassen sich aufgrund des oben dargelegten Materials kaum Schlüsse ziehen, weil

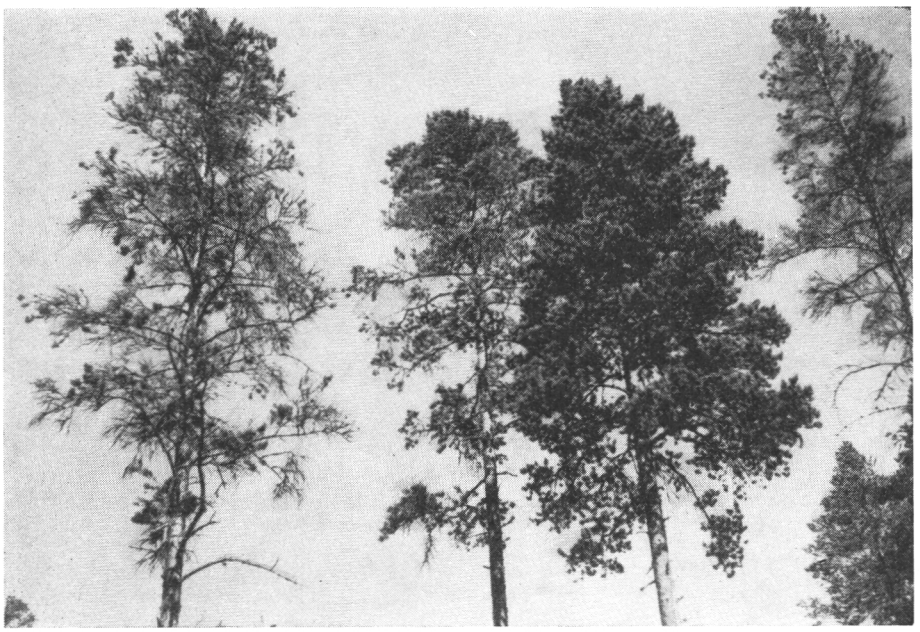


Abb. 5. Probefläche 19. Die Kronen von unterschiedlich stark befressenen, immer noch lebenden Kiefern vier Jahre nach dem Erlöschen der Gradation. Lichtbild 23. VII. 1966 M. Varama.
Kuva. 5. Koeala 19. Eriasteisista tuhoista kärsineiden, edelleenkin elävien mäntyjen latvuksia neljä vuotta tuhon päättymisen jälkeen. Valok. 23. VII. 1966. M. Varama.

die Zahl der Probeflächen ziemlich klein war. Soviel kann gesagt werden, dass die Probeflächen 7, 13 und 16, auf denen auch relativ die allermeisten Bäume abstarben (9.8, 9.1 und 13.7 %), entsprechend in entwässertem Reisermoor, Moorheide und auf VT-Heide unmittelbar am Rand eines Reisermoors lagen. Dies dürfte kein blosser Zufall sein, denn nach dem Augenmass zu schätzen standen auch ausserhalb von den Probeflächen nicht nur krüppelige, sondern auch verdorrte Bäume am zahlreichsten eben in den Reisermooren und an den Rändern der angrenzenden Heiden. Manche kleine Kiefernbestände in Reisermooren dürften sogar vollständig verdorrt sein. Aus Heidewäldern ist mir kein einziger Fall bekannt, wo bloss wegen des Befrasses der Blattwespe so viele Bäume vertrocknet wären, dass ganze Waldbestände hätten gefällt werden müssen, sondern die Bäume starben, so wie auch auf den Probeflächen, vereinzelt da und dort oder höchstens in Gruppen von 5—10 Bäumen ab.

Von der Qualität der verdorrten und verkümmernden Bäume (3.—4. XI. 1965) bekommt man ein Bild aus der folgenden Zusammenstellung, woraus die Verteilung des Baumbestandes der Probeflächen auf verschiedene Durchmesserklassen ersichtlich ist.

	$D_{1.3}$ cm							
	0—5	5.1—10	10.1—15	15.1—20	20.1—25	25.1—30	30+	Bäume zusammen, Stück
Alle Bäume	102	460	650	584	338	105	30	2 269
Verdorrte	20	25	16	7	3	2	1	74
Verkümmernde ..	0	0	4	5	4	4	0	17

Von den Bäumen der Probeflächen hatten also 562 Stück, d.h. 25 %, einen Durchmesser von 10 cm oder weniger, von den verdorrten Bäumen dagegen 45 Stück oder 61 %. Die meisten von den zu dieser Gruppe zählenden abgestorbenen Bäume waren ganz unterdrückte Exemplare mit schlechter Krone. Man kann also sagen, dass von den verdorrten Kiefern fast die Hälfte minderwertige Bäume waren, deren Verlust nicht die geringste praktische Bedeutung für die künftige Entwicklung der Waldbestände hatte.

Aus der Zusammenstellung ist weiter ersichtlich, dass die Bäume mit kleinerem Durchmesser als 15 cm entweder schon eingegangen waren oder sich im grossen ganzen erholt hatten, denn kümmernde Bäume waren nur 4 Stück darunter. In den Klassen der grösseren Durchmesser dagegen gab es im ganzen ebenso viele dahinsiechende wie bereits abgestorbene Bäume. Das Schicksal der kleineren Bäume ist demnach schon recht bald nach dem Erlöschen der Gradation besiegelt, aber die grösseren Kiefern bleiben, selbst wenn sie anfänglich zu baldigem Untergang verdammt zu sein scheinen (vgl. Abb. 4 und 5), gelegentlich noch mehrere Vegetationsperioden lang am Leben, und können sich sogar noch langsam erholen. Ja selbst ein paar Kiefern, die in den Notizen vom Sommer 1964 über die Probeflächen den Vermerk »am Absterben» trugen, zeigten im Herbst 1965 unverkennbar Anzeichen von Genesung und lebten im folgenden Jahr immer noch. An den schwerstgeschädigten, aber doch noch lebenden Bäumen waren die Äste in den unteren und mittleren Partien der Krone meistens grösstenteils abgestorben, und lebende Zweige sassen hauptsächlich nur am Wipfel. Besonders im Sommer 1966 fiel es auf, dass die letzten Triebe solcher Zweige besonders dicht waren, wahrscheinlich wegen der ungewöhnlichen Länge der Nadeln. Die gleiche Erscheinung lässt sich auch nach schweren Schneeschäden beobachten (s. J u u t i n e n 1953 : Abb. 1).

Von den Insektenarten, die sog. F o l g e s c h ä d e n verursachen können, wurden auf den Probeflächen beide Markbohrer (*Blastophagus piniperda* L. und *Bl. minor* Hart.) sowie der Kiefernbestands- und der Kiefernstangenrüssler (*Pissodes pini* F. und *P. piniphilus* Hbst.) angetroffen. Gewöhnlich scheinen nach der Kalamität an den Bäumen als erste Insekten die Rüsselkäfer sich einzustellen (vgl. K a n g a s 1934), was sicherlich wenigstens zum Teil mit der im Vergleich zu den Markbohrern »günstigeren» Schwärmzeit dieser Arten zusammenhängt. Sowohl die Rüsselkäfer wie die Markbohrer befielen in manchen Fällen auch Bäume, an denen noch da und dort grüne Nadeln sassen, und diese Versuche gelangen nicht immer.

Gewöhnlich waren aber nur so weitgehend geschwächte Kiefern befallen worden, dass bei den Besichtigungen — die wegen anderer Arbeiten nicht sehr oft durchgeführt werden konnten — nicht mehr festzustellen war, ob die Bäume zur Zeit des Befalls vielleicht schon sowieso nicht mehr erholungsfähig gewesen wären. In vielen Fällen waren die Bäume sicher eingegangen, schon ehe die Insekten angegriffen hatten. An vielen Stellen wurden auch abgestorbene Bäume angetroffen, unter deren Rinde die genannten Arten nur in geringer Zahl oder überhaupt nicht gefunden wurden. Von regelrechten Folgeschäden auf den Probeflächen kann somit keine Rede sein.

Auch im allgemeinen sind die Nachrichten über Folgeschäden spärlich. Mir ist nur ein Fall bekannt, wo sie eine gewisse Bedeutung erlangten. In einem von der Kalamität schwer betroffenen Kiefernbestand waren ziemlich viele schwächliche Bäume herausgeschlagen worden, was zur Folge hatte, dass der restliche, offenbar sonst durchaus erholungsfähige Teil des Bestandes zu verdorren begann.

Da nach dem Befrass durch die Rote Kiefernbuschhornblattwespe verhältnismässig wenig Bäume vertrocknen, ist es im allgemeinen nicht notwendig, die angegriffenen, noch lebenden Bäume zu fällen. Eine solche, unmittelbar nach der Schädigung, in der kritischen Erholungszeit vorgenommene Massnahme kann umgekehrt dazu führen, dass der Zustand des Waldbestandes noch mehr, wennschon nur vorübergehend, beeinträchtigt wird, was die Gefahr der Folgeschäden nur vermehrt. Es wäre deswegen besser, dass man nur die bereits von Borkenkäfern oder Rüsslern befallenen Bäume herausnimmt, obwohl es schwierig sein kann, diese Schädlinge, insbesondere die Rüsselkäfer, in frühem Stadium festzustellen. (Nach den von L e k a n d e r, 1954, in Schweden durchgeführten Untersuchungen hatte *P. pini* im Gefolge von Forleulenschäden freilich wenig wirtschaftliche Bedeutung, weil der Käfer nur Kiefern der allerkleinsten Durchmesserklassen zum Verdorren brachte.) Abgesehen von all diesem ist aber eines doch sicher: wenn in Nord-Satakunta und Süd-Pohjanmaa noch im Sommer 1963 auch nur noch geringere Schäden vorgekommen wären, hätte die Situation vielerorts zweifelsohne sehr kritisch werden können.

Jährliche Schwankungen der Populationen

Um Aufschluss über die Grösse der Schädlingspopulationen zu gewinnen, wurden in den Befallsgebieten seit dem Sommer 1960 auf Veranlassung der Forstlichen Forschungsanstalt Untersuchungen durchgeführt. In den ersten Jahren betrafen die Untersuchungen nur die Menge der Kokons und den Gesundheitszustand der in ihnen liegenden Blattwespen. Untersuchungen über die Menge der Eier konnten in grösserem Umfang erst in den Jahren

1963—64 gemacht werden, und sie sollen später im Zusammenhang mit der Bionomie der Roten Kiefernbuschhornblattwespe besprochen werden.

Das Kokonmaterial wurde folgendermassen gesammelt und behandelt: jede Arbeitsgruppe (2—3 Mann) zog nach eigenem Erwägen Taxierungslinien, deren Verlauf in der Hauptsache von der Form des Schadgebiets bestimmt wurde. In gewissen Abständen, meistens 100—200 m, wurde dann eine Probefläche von 1/4 Quadratmeter (50 × 50 cm) abgesucht. Alle auf den Probeflächen am Boden gefundenen Kokons (abgesehen von sicher sehr alten) wurden gesammelt. In den ersten Jahren wurde das so gesammelte Material, von jeder Probefläche für sich, in Blumentöpfen aufbewahrt, auf deren Boden Humus oder Mineralerde lag; zugedeckt wurden die Kokons mit einer dünnen Schicht Moos. Die Töpfe wurden mit dünner Plastikfolie verschlossen und bis zum Abschluss der Feldarbeiten an einer schattigen Stellen in Aussentemperatur verwahrt. Auf diese Weise sollte dem gesammelten Material ein möglichst naturgemässes Entwicklungsmilieu geschaffen werden. Da aber ziemlich viele Versuchsflächen untersucht wurden, erwies das Verfahren wegen der vielen Blumentöpfe sich als recht umständlich, und ausserdem blieb der Inhalt der Töpfe nicht selten allzu feucht, weshalb sich Schimmel u.a. Pilze breitmachten. Da die dichte Wand der Kokons einen guten Schutz gegen Austrocknung bietet (vgl. Ullyet 1936), gaben wir im Sommer 1964 die Blumentöpfe auf und verwahrten die Kokons in grossen, mit einem Wattebausch verschlossenen Reagenzgläsern.

Die Taxierungslinien und grösstenteils auch die Lage der Probeflächen wurden in Karten eingetragen. Ferner wurden der Abstand der Probefläche vom nächsten Baum und die Entwicklungsstufe des umgebenden Waldbestandes der oben besprochenen Einteilung gemäss notiert, und Aufzeichnungen über die Intensität des Befalls gemacht. Weil die Untersuchungen über die Kokons in erster Linie den Zweck verfolgten, eine gewisse Auffassung von der Grösse der Schädlingspopulationen und vom Ausmass der in den nächsten Sommern drohenden Schäden zu gewinnen, betrafen sie anfänglich grossenteils die ärgsten Schadgebiete. Seit Sommer 1962 wurden aber auch viele Gebiete untersucht, wo keine Schadgefahr mehr bestand, um ein umfassenderes Bild vom Massenwechsel des Schädlings und von seiner Populationsdichte nach der Gradation zu bekommen.

Den Bezirksforstämtern gemäss gruppiert lagen die Untersuchungsstellen in folgenden Kirchspielen:

1. Ost-Savo: Kesälahti, Parikkala, Punkaharju, Kerimäki, Sääminki, Heinävesi, Sulkava und Kangaslampi.
2. Süd-Karelien: Rautjärvi, Ruokolahti, Lappee, Taipalsaari, Lemi, Virolahti, Miehikkälä, Savitaipale, Vehkalahti, Hamina, Sippola, Valkeala und Pyhtää.
3. Süd-Savo: Ristiina und Mäntyharju.

4. Helsinki: Pernaja, Karjaa, Pohja, Tammisaari, Tenhola und Bromarv.
5. Ost-Häme: Jaala und Landgemeinde Heinola.
6. Uusimaa — Häme: Loppi, Renko, Kalvola und Somerniemi.
7. Südwest-Finnland: Suomusjärvi, Kiikala, Kisko, Perniö, Mellilä, Humppila, Metsämaa, Alastaro, Oripää, Vehmaa und Kalanti.
8. Nord-Häme: Ikaalinen.
9. Satakunta: Säkylä, Köyliö, Kokemäki, Kauvatsa, Suodeniemi, Pomarkku, Lavia, Jämijärvi, Honkajoki, Siikainen, Merikarvia, Parkano und Karvia.
10. Süd-Pohjanmaa: Alavus, Kauhajoki, Isojoki, Karijoki, Teuva, Jurva und Laihia.
11. Vaasa: Lapväärti und Pirttikylä.
12. Lappland: Inari.

Ausserdem wurde auch noch in einigen anderen Ortschaften Material gesammelt; weil aber die diesbezüglichen Aufzeichnungen gewisse Unklarheiten aufwiesen, mussten sie leider weggelassen werden. In den meisten der oben aufgezählten Kirchspiele beschränkten die Untersuchungen sich auf 2—3 Jahre. In mindestens fünf Jahren wurden in den gleichen Waldbeständen Kokons in folgenden Gegenden gesammelt: Sääminki (Utrasniemi, Ruhvana), Lemi (Ruomi), Taipalsaari (Pönniälä u.a.), Pernaja (Sarvilahti), Loppi (Räyskälä u.a.), Suomusjärvi (Kettula), Ikaalinen (Vatulanharju), Kankaanpää und Jämijärvi (Hämeenkangas). Kokonmaterial liegt also — abgesehen von Stichproben — aus dem Bereich von 70 Kirchspielen vor. Im ganzen wurden in den verschiedenen Jahren Probeflächen und Kokons in folgender Zahl untersucht:

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	Zusammen
Probeflächen	1 028	2 000	2 635	1 777	1 183	1 055	9 678
Kokons	13 275	23 850	29 303	19 002	4 279	4 510	94 219

Mit den Feldarbeiten wurde meistens Mitte Juli angefangen, nur im Sommer 1962 wegen der nasskalten Witterung und der langsamen Entwicklung der Larven erst am 25. VII. In den Jahren 1960, 1961 und 1963 war die Arbeit bis zur Monatswende August—September abgeschlossen. Im Herbst 1962 mussten aber besonders in Nord-Satakunta und Süd-Pohjanmaa noch im Oktober und November Kokons gesammelt werden, bis endgültig Schnee fiel, und auch 1964 und 1965 wurden manche Gebiete erst im Oktober oder November abgesucht.

Das gesammelte Material wurde nach Abschluss der Feldarbeiten und bevor es untersucht wurde, in den Jahren 1960—61 teils im Freien, teils im Labor aufbewahrt. Insbesondere in dem letztgenannten Herbst blieb ein Teil des Materials unnötig lange in Zimmertemperatur stehen, weil wir provisorische Arbeitskräfte hatten. Im Herbst 1962 hielten wir die vor Oktober gesammelten Kokons absichtlich eine Zeitlang im Labor, weil der Sommer kalt gewesen war, und die Blattwespen spät schwärmten. In den Jahren 1963—

65 wurde das ganze Material in Aussentemperatur verwahrt und in kleinen Partien erst kurz vor der Untersuchung ins Labor genommen. Hiermit wurde erst angefangen, als die Witterung so kühl geworden war, dass die Schwärmzeit in der Natur vorüber sein musste.

Die intakten Kokons wurden aufgemacht, und das ganze Material wurde dann nach dem Inhalt der Kokons, den Schlüpföffnungen oder sonstigen äusserlich sichtbaren Merkmalen in geschlüpfte, überliegende, parasitierte und sonst vernichtete gruppiert. Diese an sich recht einfache Arbeit wurde sehr fühlbar beeinträchtigt durch das Phänomen des Überliegens, das für die Bionomie der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in unseren Verhältnissen geradezu charakteristisch ist (K a n g a s 1941). Es ist bei uns deswegen stets zu erwarten, dass das im Spätsommer gesammelte Kokonmaterial ausser der im Vorsommer im Larvenstadium gewesenen Generation auch Individuen der ein oder zwei Jahre älteren Generationen enthält. Allerdings dürfte die Zahl der lebenden, ständig im Eonymphastadium verharrenden Exemplare in einem solchen Material gewöhnlich so gering sein, dass sie praktisch belanglos ist (nach F o r s i u s, 1911 b, und K a n g a s, 1941, rund 2 %), aber die übrigen, zu den oben genannten Gruppen zählenden — meistens leeren—Kokons können Verwirrung herbeiführen. Ausserdem halten sich die aus festem und zähem Gespinst bestehenden Kokons, auch wenn sie leer sind, im Boden erheblich länger als z.B. die Schmetterlingspuppen, in manchen Fällen vielleicht sogar jahrelang.

Die ganz neuen Kokons lassen sich von den älteren schon aufgrund ihrer Farbe unschwer unterscheiden. Die kürzlich gesponnenen Kokons sind goldgelb, aber später verfärben sie sich bis zu sogar dunkel violettbraun. Dieser Unterschied ist so auffällig, dass man seinerzeit sogar vermutet hat, die Farbunterschiede könnten vielleicht damit zu tun haben, dass die einen weibliche, die anderen männliche Kokons wären (B l o m q v i s t 1881, R ö h r i g 1895). Für die vorliegende Untersuchung wurden im Herbst eines Jahres überliegende Exemplare gesammelt, die dann im Labor in Glasgefässen bei einer Feuchtigkeit von ca. 40—50, 70 oder 100 % verwahrt wurden. Obwohl die Kokons schon beim Sammeln erheblich nachgedunkelt waren, liessen sich in ihrer Färbung noch nach anderthalb Jahren deutliche Unterschiede der Nuancen feststellen, und zwar waren sie umso dunkler, in je feuchterem Milieu sie gewesen waren (vgl. G ö s s w a l d 1936:341). Die Einwirkung der Feuchtigkeit hat zur Folge, dass man in Jahren mit geringen Niederschlägen im Spätsommer und Herbst die neuen Kokons aufgrund ihrer Farbe von den alten ziemlich lange Zeit hindurch unterscheiden kann, während wieder in niederschlagsreichen Jahren — wie z.B. 1962 und 1965 — diese Unterschiede ziemlich bald verschwinden (vgl. K a p l e r und B e n j a m i n 1960), besonders da die Temperatur in dieser Hinsicht keine wesentliche Rolle zu spielen scheint (P r z i b r a m; nach G ö s s w a l d, op.c.).

Da *N. sertifer* in den hier zur Rede stehenden Jahren in Finnland in weiten Gebieten auftrat, und das Probesammeln der Kokons von seiten der Forstlichen Forschungsanstalt durchgeführt werden musste (die Besoldung vieler provisorischer Arbeitskräfte lag nicht im Bereich der Möglichkeit), nahm das Sammeln, wie schon aus dem oben Gesagten hervorging, ziemlich viel Zeit in Anspruch. Infolgedessen waren die neuen Kokons im grössten Teil des Materials oftmals schon weitgehend nachgedunkelt, ehe sie zur Behandlung kamen. Obschon in manchen Fällen die neuen Kokons aufgrund ihrer Farbe sich gut von den alten unterscheiden liessen, stellte sich doch bald heraus, dass eine auch nur annähernd sichere Einteilung des ganzen gesammelten Materials in »neue» und »alte» Kokons ein Ding der Unmöglichkeit war. Dahingegen schien es eher möglich zu sein, das Material — aufgrund der Schärfe der Schlüpföffnungen und des allgemeinen Aussehens der Kokons — in alte und solche Kokons einzuteilen, aus denen im Untersuchungsjahr eine Kiefernbuschhornblattwespe oder ein Parasit geschlüpft war, oder die im gleichen Jahr aus irgendwelchen anderen Gründen zugrunde gegangen waren (oder immer noch lebende Insekten enthielten). Dieses Einteilungsprinzip hat freilich zur Folge, dass in den weiter unten aufzuführenden Zahlen ausser den diesjährigen Kokons auch die noch im Boden befindlichen Kokons der Überlieger vom Vorjahr enthalten sind, was die Brauchbarkeit des gesammelten Materials selbstverständlich weitgehend beeinträchtigt.

Eine Zusammenstellung von den Resultaten der Probeeinsammlung von Kokons gibt die Tabelle Nr. 2. Sie zeigt die durchschnittliche Dichte der zu den verschiedenen Gruppen zählenden Kokons sowie die gesamte Kokonmenge in den einzelnen Jahren pro Quadratmeter. Zur besseren Übersicht sind die Resultate den Bezirksforstämtern gemäss angegeben. Die durchschnittlichen Mengen sind aus der Gesamtanzahl der in jedem Jahr im Bereich des betreffenden Forstamtes gesammelten Kokons berechnet. Da die Probeflächen auch im Bereich des gleichen Forstamtes namentlich in den Jahren 1960—62 mit dem Fortschreiten der Kalamität jährlich etwas verlegt wurden, sind in Tabelle 3 zum Vergleich die Gesamtanzahl der Kokons und die Zahl der ausgeschlüpften Exemplare aus den auf S. 31 genannten Schadgebieten aufgeführt, wo in mindestens fünf Jahren Kokons in genau den gleichen Waldbeständen gesammelt worden waren.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen der ausgeschlüpften und überliegenden Individuen und in den meisten Jahren auch der parasitierten Kokons dürften verhältnismässig zuverlässig sein. Wie schon erwähnt wurde, blieb das gesammelte Material besonders im Herbst 1961 unnötig lange im Labor stehen. Da die Art *Pleolophus basizonus* (Grav.), die ihre Eier in den Kokons der Blattwespe ablegt, zum Teil schon im Herbst schlüpft (Kangas 1941), ist zu erwarten, dass die Anzahl der parasitierten Kokons in den Resultaten von diesem Jahr vielleicht grösser (und die der Überlieger

Tabelle 2. Gesamtanzahl der Kokons von *N. sertifer* sowie Anzahl der geschlüpften, übergelegenen, parasitierten und sonstwie vernichteten Individuen im Bereich verschiedener Bezirksforstämter, pro Quadratmeter berechnet, nach den Probesammlungen in den Jahren 1960—65.

Taulukko 2. Ruskean mäntypistiäisen kotelokoppien kokonaismäärä sekä kuoriutuneiden, jättäytyneiden, loisittujen ja muuten tuhoutuneiden yksilöiden määrät metsänhoitolautakunnittain neliömetriä kohden laskettuna vuosina 1960—65 suoritettujen koekeruiden mukaan.

Bezirksforstamt *Metsänhoitolautakunta*	Stück/m² — *Kpl./m²*														
	Im ganzen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Überlieger *Jättäytynyt*	Parasitiert *Loisittu*	Sonstwie vernichtet *Muuten tuhoutunut*	Im ganzen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Überlieger *Jättäytynyt*	Parasitiert *Loisittu*	Sonstwie vernichtet *Muuten tuhoutunut*	Im ganzen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Überlieger *Jättäytynyt*	Parasitiert *Loisittu*	Sonstwie vernichtet *Muuten tuhoutunut*
	1960					1961					1962				
Ost-Savo	83.6	19.1	9.1	32.5	22.9	44.4	6.4	6.2	17.6	14.2	4.1	0.3	1.8	1.0	1.0
Süd-Karelien	74.1	15.3	12.2	35.1	11.5	45.7	5.5	9.8	23.2	7.2	10.9	0.7	6.1	2.6	1.5
Süd-Savo	—	—	—	—	—	30.3	6.0	5.4	13.8	5.1	—	—	—	—	—
Helsinki	73.3	23.1	8.5	35.6	6.0	57.1	5.4	21.0	22.1	8.6	23.4	2.4	13.4	6.8	0.8
Ost-Häme	35.9	10.7	11.7	9.3	4.2	—	—	—	—	—	11.5	1.1	6.6	2.5	1.3
Uusimaa—Häme	39.8	10.1	12.4	15.1	2.2	—	—	—	—	—	12.9	0.7	6.9	3.7	1.6
Südwest-Finnland	3.7	1.1	0.5	1.5	0.6	48.6	12.2	14.4	11.4	10.7	26.4	2.1	9.8	9.5	5.0
Nord-Häme	1.9	0.8	0.4	0.5	0.2	38.6	10.2	9.9	12.5	6.0	18.8	1.0	9.8	5.1	2.9
Satakunta	10.0	2.6	1.9	4.4	1.1	57.6	19.0	6.1	18.1	14.3	20.7	1.5	7.7	6.8	4.7
Süd-Pohjanmaa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240.6	11.4	127.4	57.8	44.0
Vaasa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72.1	3.9	28.9	22.3	17.0
	1963					1964					1965				
Ost-Savo	1.8	0.7	0.2	0.6	0.3	5.4	1.4	0.5	2.3	1.2	5.7	2.5	0.2	1.7	1.3
Süd-Karelien	4.3	1.7	0.2	1.1	1.3	18.7	3.2	2.7	6.7	6.2	25.1	13.2	0.7	6.4	4.8
Süd-Savo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Helsinki	29.6	9.8	2.7	11.5	5.6	51.9	7.1	12.4	19.4	13.0	31.7	11.4	3.9	9.8	6.6
Ost-Häme	6.6	0.8	3.0	1.3	1.5	19.2	2.4	2.9	3.9	10.0	13.8	3.3	2.2	3.3	5.0
Uusimaa—Häme	22.6	3.0	4.6	8.8	6.2	8.5	0.5	3.0	2.5	2.5	19.6	8.0	3.0	4.0	4.6
Südwest-Finnland	60.5	11.1	6.4	13.6	29.4	8.4	1.9	1.6	2.5	2.4	26.8	9.6	5.1	6.1	6.0
Nord-Häme	25.1	5.0	4.9	4.8	10.4	10.0	0.6	3.8	2.8	2.8	12.2	4.5	2.7	3.1	1.9
Satakunta	26.7	5.3	2.5	6.0	12.9	8.9	2.8	1.6	3.2	1.3	10.0	5.2	0.9	2.0	1.9
Süd-Pohjanmaa	161.0	21.7	5.9	46.6	86.8	25.7	2.3	4.4	14.4	4.6	11.7	4.2	0.7	4.1	2.7
Vaasa	82.1	4.8	3.6	12.8	60.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

entsprechend kleiner) ausfiel, als es in Wirklichkeit im Freiland der Fall war (vgl. auch Griffiths 1961). Die Zahl der in dieser Hinsicht noch lästigeren Chalcididen (vgl. Thalenhorst 1952) war im allgemeinen gering. Am allerdiffusesten ist die Gruppe der »sonstwie vernichteten» Kokons, worin die von Pilzen, räuberischen Insekten und anderen Tieren sowie von unbekannten Faktoren zerstörten Kokons enthalten sind. Namentlich nach dem Jahre 1962, als die Zahl der Überlieger sehr gross war, bereitete diese Gruppe bei der Behandlung des Materials grosse Schwierigkeiten. Die Menge der neuen (diesjährigen) Kokons erhält man, wenn man von der Gesamtanzahl die Überlieger vom Vorjahr abzieht. Das so erhaltene Resultat ist aber wahrscheinlich meistens kleiner als in Wirklichkeit, wie in manchen Punkten aus Tabelle 2 hervorgeht. Ausserdem hatte in manchen Waldbeständen, wo sowohl im Herbst 1962 wie im Hochsommer 1963, als die Generation vom gleichen Jahr noch im Larvenstadium war, Untersuchungen durchgeführt wurden, die Gesamtmenge der Kokons schon in dieser Zeitspanne aus unbekannten Gründen deutlich abgenommen.

Aus den Tabellen 2 und 3 ist ersichtlich, dass der Kokonbelag in manchen Jahren stellenweise sehr stark war. Im Jahre 1960 wurden die meisten Kokons in Turkinniemi Sääminki gefunden, nämlich 439.3 Stück/m² (auf einer Probefläche 1 736 Stück/m²). Ziemlich viele Kokons wurden auch in manchen Gebieten von Rautjärvi (116.0), Savitaipale (139.7) und Punkaharju (125.2 Stück/m²) gefunden. Von den 1961 untersuchten Gebieten seien genannt: Moinsalmi Sääminki (222.5), Reitkalli Vehkalahti (193.4), Urola Lemi (172.8), Pyntäinen Siikainen (150.0) und Vaahersalo

Tabelle 3. Gesamtanzahl der Kokons und Anzahl der geschlüpften Kiefernbuschhornblattwespen in einigen Schadgebieten 1960—65.
Taulukko 3. Kotelokoppien kokonaismäärä ja kuoriutuneiden mäntypistiäisten määrä eräillä tuhoalueilla vv. 1960—65.

Ort *Paikka*	1960		1961		1962		1963		1964		1965	
	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*
	Stück/m² — *Kpl./m²*											
Sääminki	74.4	18.4	80.4	8.4	3.0	0.1	1.2	0.5	5.4	1.4	5.7	2.5
Lemi	—	—	104.9	18.8	20.1	0.8	8.7	4.0	32.3	5.1	39.6	21.1
Taipalsaari ..	—	—	20.9	4.0	4.1	0.8	2.1	0.4	8.5	1.3	10.7	6.3
Pernaja	107.9	35.5	27.7	3.6	28.4	3.3	29.6	9.8	51.9	7.1	31.7	11.4
Loppi	39.8	10.2	—	—	14.9	0.8	6.5	0.2	8.1	0.6	18.8	7.8
Suomusjärvi .	—	—	165.1	52.5	31.7	2.9	80.8	18.8	11.1	2.5	28.9	11.6
Ikaalinen ...	—	—	69.0	17.9	18.8	1.0	25.1	5.0	10.0	0.6	12.2	4.5
Jämijärvi ...	7.6	2.3	—	—	12.2	1.1	14.2	3.4	12.7	2.8	10.9	5.2

Punkaharju (140.6 Stück/m²). Am massenhaftesten wurden die Kokons wiederum in Turkinniemi angetroffen, auf einer von den Probeflächen sogar 2 012 Stück/m².

Am allerstärksten war der Belag im Jahre 1962 in Süd-Pohjanmaa, wo schon die für die einzelnen Kirchspiele berechneten Mittelwerte sehr hoch waren: Teuva 530.6 (allerdings nur wenig Probeflächen), Kauhajoki 247.5, Jurva 230.0, Isojoki 209.2, Laihia 164.0, Alavus 149.2 und Karijoki 133.8 Stück/m². Bezüglich der einzelnen Schadgebiete sei erwähnt, dass in Kauhajoki Karhukangas auf 19 Probeflächen durchschnittlich 587.8 Kokons gefunden wurden, in Nummijärvi in einem Gebiet (20 Probeflächen) 407.0 und in einem anderen (13 Probeflächen) sogar 662.5 Stück/m². Aus Kauhajoki Nummikangas kam auch der »Rekord» der ganzen Untersuchung. Auf einer Probefläche (von der Wegverzweigung Ikkeläjärvi etwa 1 km weit südostwärts) wurden 602 Kokons, d.h. 2 408 Stück/m² gefunden. (Freilich ist nicht ausgeschlossen, dass diese Probefläche auf einen von Kleinsäugern gesammelten Kokonvorrat gefallen war.) In den südlichen Partien von Kauhajoki wurden mehrere Probeflächen untersucht, wo der Kokonbelag 900—1 600 Stück/m² betrug, und von insgesamt 186 untersuchten Probeflächen hatten 49 mindestens 400 Kokons und 32 mindestens 500 Kokons pro Quadratmeter. Auf manchen Probeflächen betrug auch die Gesamtmenge der gesunden, d.h. im Jahr 1962 geschwärmten und überliegenden Individuen über 1 000 Stück/m².

Obwohl in Süd-Pohjanmaa im Jahre 1961 leider keine Kokons gesammelt worden sind, dürfte man aufgrund dessen, dass die Zahl der Überlieger auch in den nördlichsten Kirchspielen des Bezirksforstamtes im benachbarten Satakunta sowohl relativ wie absolut ziemlich klein war, den Schluss ziehen können, dass auch in Süd-Pohjanmaa in diesem Jahr wenig Überlieger vorkamen. Somit enthalten die obigen Dichtezahlen nur relativ wenig andere als diesjährige Kokons. Im Vergleich zu den früher aus Europa mitgeteilten, freilich sehr spärlichen Zahlen sind sie ganz beträchtlich (vgl. Schönwiese 1935, Thalenhorst 1952, Lyons 1964, Jahn und Sinreich 1964). Karu (1939) freilich berichtet, in Estland seien 1938 in manchen Waldbestände 240—1 400 Kokons/m² angetroffen worden.

Die Resultate der oben besprochenen Untersuchungen werden im Einzelnen in anderem Zusammenhang später behandelt. Hier soll zum Schluss nur noch ins Auge gefasst werden, inwieweit der Massenwechsel der Roten Kiefernbuschhornblattwespe im Lauf der hier in Frage stehenden Gradation jährliche Unterschiede in den verschiedenen Teilen der Befallszone im südlichsten Finnland aufwies.

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass im Bereich der zwei östlichsten Bezirksforstämter, nämlich Ost-Savo und Süd-Karelien, am meisten Kokons im Jahre 1960 gefunden worden waren. Danach trat ein (anfänglich sehr schrof-

Tabelle 4. Gesamtanzahl der Kokons und Anzahl der geschlüpften Kiefernbuschhornblattwespen in den verschiedenen Grossgebieten 1960—65.
Taulukko 4. Kotelokoppien kokonaismäärä ja kuoriutuneiden mäntypistiäisten määrä suuralueittain vv. 1960—65.

Gebiet *Alue*	1960		1961		1962		1963		1964		1965	
	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*	Zusammen *Yhteensä*	Geschlüpft *Kuoriutunut*
	Stück/m² — *Kpl./m²*											
I	75.6	17.5	44.7	5.8	11.1	1.0	6.3	1.8	21.0	3.2	17.8	7.3
II	11.7	3.0	61.5	14.4	20.0	1.4	32.3	5.9	8.6	1.6	18.2	7.3
III	—	—	—	—	222.4	10.6	151.8	19.7	25.7	2.3	11.7	4.2

fer) Rückgang bis zum Jahre 1963 ein, wonach die Zahl der Kokons wieder anstieg. Weiter westlich war der Kokonbelag erst 1961 am stärksten. Im folgenden Jahr ging er zurück, nahm aber 1963 erneut wieder zu (allerdings in erster Linie wegen des zahlreichen Überliegens vom Vorjahr). In Süd-Pohjanmaa dagegen war der Kokonbelag 1962 sehr gross, und obwohl 1960—61 keine Untersuchungen gemacht worden waren, kann man aufgrund der in den einzelnen Jahren festgestellten Intensität der Schäden mit Bestimmtheit sagen, dass die Kokondichte 1962 auf dem Höhepunkt stand, wonach sie wieder geringer wurde.

Die Schadzone lässt sich also nach dem Gipfel der Gradation in drei Partien einteilen: die Dichte der bis zum Kokonstadium entwickelten Individuen war 1960 in den östlichen Teilen am grössten, 1961 weiter westlich, zuvörderst in den Südwestpartien des Landes und 1962 in den nordwestlichen Teilen der Befallszone. Zu dem erstgenannten Gebiet kann man im grossen ganzen die östlich von der von Helsinki nordwärts gezogenen Geraden gelegenen Schadgebiete rechnen, zum zweiten den von hier westwärts, bis nach Nord-Satakunta reichenden Teil der Befallszone und zum dritten ganz Süd-Pohjanmaa (sowie ausserdem eigentlich noch den allernördlichsten Teil von Satakunta). Für die so abgegrenzten »Grossgebiete», die also von der auf S. 16 dargelegten geographischen Gruppierung etwas abweichen, werden später die Kennzeichen I (Südost-Finnland), II (Südwest-Finnland) und III (Süd-Pohjanmaa) benutzt. Die Gesamtmenge der Kokons und die Menge der geschlüpften (geschwärmten) Individuen in den verschiedenen Jahren, berechnet für die einzelnen Grossgebiete, sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Die bedeutsamsten Abweichungen von dem oben besprochenen, allgemeinen Ablauf der Gradation sind im Bereich der Bezirksforstämter von Südwest-Finnland und Vaasa festzustellen (Tabelle 2). In diesen Gebieten war der Kokonbelag nämlich 1963 am grössten. Hierbei muss allerdings in

Betracht gezogen werden, dass die betreffenden Zahlen aus im Vergleich zur Gesamtheit relativ kleinen Untersuchungsgebieten ermittelt worden sind.

Auftreten von anderen Diprion-Arten. Bei der Durchführung der Untersuchung wurde auch die Häufigkeit anderer Arten, insbesondere der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe berücksichtigt, weil das Auftreten dieser Art in den gleichen Jahren zusammen mit *N. sertifer* das Wesen der Kalamität wesentlich verschlimmert hätte. Weil manche Arten auch als Zwischenwirte gewisser Parasiten von *N. sertifer* Bedeutung haben können, dürfte ein kurzer Bericht über die diesbezüglichen Beobachtungen gerechtfertigt sein.

Diprion pini L. Da die Gemeine Kiefernbuschhornblattwespe bei uns gelegentlich noch im Oktober als Larve auftritt, erhielten wir beim Sammeln der Kokons — im Spätsommer und Herbst — meistens nur alte Kokons, zuvörderst von Tieren, die zu der im Vorjahr im Larvenstadium gewesenen Generation gehörten. Auf den in Hämeenkangas kontrollierten Probeflächen wurden in den Jahren 1960 und 1963—65 Kokons gefunden. Die Dichte wurde nicht berechnet, sie war aber auf jeden Fall durchschnittlich sehr gering. Ausserdem waren die Kokons mindestens 1960 und 1965 zum grössten Teil parasitiert. Kokons, von denen nur ein paar wenige lebendige Larven enthielten, fanden wir 1963 auch in Loppi sowie 1964 in Lemi, Pernaja, Suomusjärvi und in der Landgemeinde Heinola. Im allgemeinen fanden wir in jeder Ortschaft nur unter 10 Kokons, obwohl in jedem Gebiet mehrere zehn Probeflächen abgesucht wurden. Über Larven liegen aus den eigentlichen Schadjahren nur zwei Beobachtungen vor. Bei der Anstalt für Schädlingsforschung (Tikkurila) wurde am 19. IX. 1960 gemeldet, in Jollas bei Helsinki seien Larven angetroffen worden. Höchstwahrscheinlich handelte es sich in diesem Falle — im Hinblick auf die Jahreszeit — um *D. pini*. Die zweite Angabe kam aus Süd-Pohjanmaa: am 17. X. 1962 bekam ich lebende Insekten aus Jurva. Die in einer Streichholzschachtel verpackten Larven hatten sich soeben eingesponnen. Die Larven sollen besonders dunkel gewesen sein, was auch an den Larvenhäuten des letzten Stadiums zu sehen war. Merkwürdigerweise entwickelten sich alle im Labor gehaltenen Exemplare binnen Kurzem schon im gleichen Herbst zu Imagines. Auch die Imagines waren ungewöhnlich dunkel und klein (die Bestimmung hat Prof. E. Kangas bestätigt). Die dunkle Farbe (vgl. Gösswald 1936) und vielleicht auch die Entwicklung in einer aussergewöhnlichen Zeit hingen wahrscheinlich mit der kalten Witterung im Sommer und Frühherbst zusammen. Über das Ausmass der Vorkommen in Jollas und Jurva ist nichts Näheres bekannt, sie dürften aber jedenfalls so beschränkt gewesen sein, dass die Schäden nicht sehr gross gewesen sind. Erwähnt sei noch, dass im Sommer 1966 ziemlich viele Larven auf einer Fläche von mindestens 100—200 ha in einer Kultur in Kankaanpää auftraten, und im gleichen Sommer wurden vereinzelte Larvengruppen auch in Rääkkylä, Ikaalinen und Kauhajoki angetroffen. Auch die anderen hier genannten Arten traten im Sommer 1966 deutlich häufiger auf als in den anderen Jahren nach der Gradation.

D. frutetorum F. Auf manchen Probeflächen wurden Kiefernbuschhornblattwespenkokons gefunden, die eine grüne Eonympha enthielten, und deren Wandung insbesondere bei starkem Licht hell violettrot aussah. Die hieraus gezüchteten Insekten gehörten zur Art *D. frutetorum*. Im Jahre 1962 wurden 21 derartige Kokons angetroffen (Kauhajoki, Jurva, Siikainen und Parkano), 1963 8 Stück (Kauhajoki, Ikaalinen und Pernaja) sowie 1964 6 Stück (Ikaalinen, Pernaja und Lemi). Einige Kokons wurden in

Isojoki im Sommer 1966 auch an Zweigen von Kiefernjungpflanzen gefunden. In geringerer Zahl wurden Larven auch in den Schadgebieten des Kiefernspanners in Taipalsaari Anfang August 1959 angetroffen, und einige Imagines 1966 entweder im Früh- oder Hochsommer in Pernaja und Isojoki sowie 1964 in Kauhajoki.

D. virens Klug. Auch Larven von dieser Art wurden 1959 in Taipalsaari gefunden sowie in späteren Jahren einige Exemplare in Kauhajoki, Tuusula und Lemi. Im Sommer 1966 war am 18. VI ein ♀ in einem Gazebeutel an einen Kiefernzweig gebunden worden. Aus den abgelegten Eiern schlüpfte die erste Larve schon am 26. VI. Der Kokon der Art lässt sich dank der eigenartigen Struktur seiner Oberfläche leicht von den Kokons unserer anderen *Diprion*-Arten unterscheiden (vgl. Saalas 1949). Trotzdem konnte in dem auf den Probeflächen eingesammelten Material mit Sicherheit nur ein einziger *D. virens* -Kokon festgestellt werden (aus Lemi).

Über andere als die oben aufgezählten Arten liegen noch spärlicher Angaben vor. Von diesen sei hier nur erwähnt, dass in Taipalsaari (Pönniälä) am 20. XI. 1964 ein Kokon der bei uns ziemlich seltenen Art *D. nemorale* Ensl. gefunden wurde, aus dem die Imago (♂) im Labor am 29. XII schlüpfte.

Im ganzen sind also die Angaben über das Auftreten anderer *Diprion*-Arten sehr spärlich. Freilich steht zu vermuten, dass die anderen Arten — abgesehen vielleicht von der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe — in den ersten Jahren der Gradation zwangsläufig weniger beachtet worden sind als später, wo schon geringe Larvenvorkommen leichter wahrzunehmen waren. Dessenungeachtet liegt es aber doch auf der Hand, dass die anderen Arten in den hier zur Rede stehenden Jahren in keinem Schadgebiet in wirklich bedeutsamer Menge aufgetreten sind, sondern dass tatsächlich eine »reine» Gradation der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Frage stand.

Die Witterungsverhältnisse während der Gradation

Über die Ursachen, die zur Massenvermehrung der Roten Kiefernbuschhornblattwespe führen, ist man sich noch nicht im Klaren. Sehr viele Forscher haben jedoch den Anteil klimatischer Faktoren am Zustandekommen der Gradation hervorgehoben. Namentlich ist vermutet oder festgestellt worden, dass warmes und trockenes Wetter in den Frühjahrs- und Sommermonaten direkt oder indirekt (Wandlungen im physiologischen Zustand oder in der chemischen Zusammensetzung der Nadeln, Abnahme der Zahl der Überlieger usw.) die Vermehrung der *N. sertifer* -Populationen fördert (vgl. z.B. Schönwiese 1935, Gösswald 1936, Karu 1939, Thalenhorst 1953 a, 1953 b, Rywkin 1957, Schwenke und Steger 1961, Schimitschek 1962, Schwenke 1963 und Lyons 1964). Es dürfte daher am Platze sein, auch in diesem Zusammenhang einen kurzen Überblick über die Witterungsverhältnisse während der hier zur Rede stehenden und auch während der früheren Gradationen zu geben. Besprochen werden nur die Sommermonate sowie noch Mai und September.

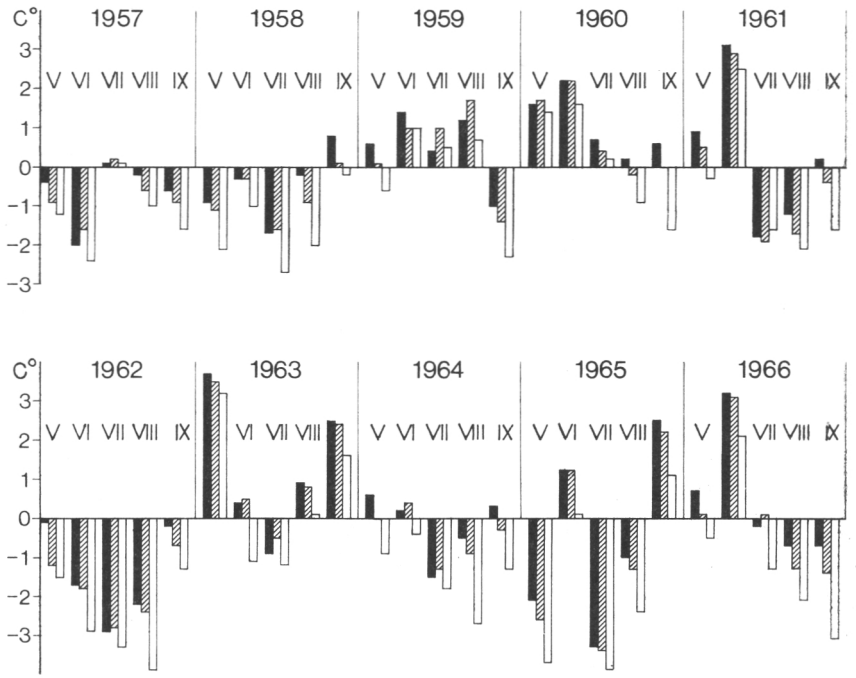


Abb. 6. Abweichungen der mittleren Temperaturen von Mai bis September von den langfristigen Mittelwerten (der Jahre 1921—50) in Pori (schwarze Säulen), Jokioinen (schraffierte Säulen) und Lappeenranta (weisse Säulen). (Nach den Publikationen »Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin 1957—65» und »Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1966».)

Kuva 6. Touko- — syyskuun keskilämpötilojen poikkeamat pitkäaikaisista (vuosien 1921—50) keskiarvoista Porissa (mustat), Jokioisissa (viivoitetut) ja Lappeenrannassa (valkeat patsaat). (Julkaisujen Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin 1957—65 ja Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1966 mukaan.)

Abb. 6 zeigt die Abweichungen der mittleren Temperaturen von Mai bis September von den langfristigen entsprechenden Mittelwerten 1957—66 in drei Gegenden, die verschiedene Teile der Befallszone repräsentieren. (Diese und auch die übrigen im Folgenden gemachten Angaben sind — sofern nicht ausdrücklich anders erwähnt ist — der Publikation »Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin» entnommen.) Die schematische Darstellung zeigt, dass die Sommer 1957 und 1958 im allgemeinen kühler als durchschnittlich gewesen sind. Der Sommer 1959 dagegen war im Ganzen wärmer als durchschnittlich, und das Gleiche lässt sich auch vom nächsten Sommer sagen, als nur der August in Lappeenranta wesentlicher, nämlich um 1°C kühler war als »normalerweise». 1961 war der Mai in Westfinnland ein wenig und der Juni im ganzen Lande (stellenweise sogar über 4°C) wärmer als durchschnittlich. Danach trat in der Wetterlage eine Wandlung ein, und der Spätsommer war ziemlich kühl. Der Sommer 1962 war nasskalt. Die jährliche Niederschlagsmenge war 1957 etwas grösser als der langfristige Mittelwert (1921—50), in den folgenden Jahren bis 1960 dagegen kleiner als gewöhnlich. Im ganzen betrug die Summe der auf den langfristigen Mittelwert bezogenen Ausfälle jährlicher Niederschlagsmengen 1958—60 in Lappeenranta 436 mm, in Jokioinen 330 und in Pori 410 mm (wobei die jährliche Niederschlagsmenge entsprechend 648, 562 und 548 mm betrug). Betreffs der früheren Jahre sei erwähnt, dass

1955 die Sommermonate im grössten Teil von Südfinnland sehr regenarm waren und der August so trocken, dass früher in den Jahren, aus denen meteorologische Beobachtungen vorliegen, eine solche Dürre in den Küstenstrichen Südfinnlands nicht festgestellt worden war (E r k a m o 1958).

Von den Temperaturverhältnissen in den früheren Gradationsjahren erhält man eine allgemeine Auffassung aus der Darstellung von E r k a m o (1956), worin die Abweichungen der mittleren Temperaturen der Sommermonate (Juni, Juli und August) vom langfristigen Mittelwert (1901—30) in Helsinki und Oulu in den Jahren 1851—1950 dargestellt sind. Wie vorn auf SS. 7—11 bereits berichtet wurde, fielen die bedeutsamsten Massenvorkommen von *N. sertifer* in unserem Land vor 1959 hauptsächlich in Südfinnland in die Jahre 1874—75, 1891, 1897, 1915—16, 1926, 1931—33, 1938—39 und 1942—43. Ausserdem ist möglicherweise ausgangs der 1850er Jahre ein ziemlich weitverbreiteter (?) Befall in Mittel-Pohjanmaa vorgekommen. Aus der genannten Darstellung ist ersichtlich, dass nicht alle diese Jahre in Helsinki wärmer als gewöhnlich gewesen sind. Umgekehrt entsprach ungefähr die Hälfte dem Durchschnitt oder war kühler, aber dafür waren allen den genannten Jahren mit Ausnahme von 1891 ein oder mehrere überdurchschnittlich warme Sommer vorausgegangen. Besonders warm waren die Sommer 1858, 1896, 1912—14 sowie bis auf zwei alle Sommer in den Jahren 1930—41. Die auf die sehr warmen Sommer 1901, 1917 und 1927 folgenden Sommer waren kühler als durchschnittlich, ja sogar — insbesondere 1902 und 1928 — ausgesprochen kalt. Aber auch aus diesen Jahren liegen Angaben über ungewöhnlich zahlreiches, obschon nur lokales Vorkommen von *N. sertifer* vor (vgl. K a n g a s 1963). Auch in den Jahren 1889—90 waren Mai und Juni offenbar wenigstens im grössten Teil von der südlichen Hälfte Finnlands wärmer als gewöhnlich, aber der Hoch- und Spätsommer wiederum kühler als durchschnittlich (J o h a n s s o n 1909).

In den Jahren 1959—61, d.h. den ersten Jahren der letzten Massenvermehrung von *N. serifer* in unserem Lande, lagen also die mittleren Temperaturen von Mai und Juni in der Befallszone im allgemeinen höher als der langfristige Mittelwert, und ausserdem waren die Niederschlagsmengen in den Jahren 1958—60 (insbesondere sommers) geringer als durchschnittlich. Auch während der früheren Gradationsperioden ist die mittlere Temperatur der Sommermonate in den ersten (mit dem Jahr 1959 vergleichbaren) oder diesen vorausgegangenen Jahren fast ausnahmslos höher als durchschnittlich gewesen.

Manche Forscher haben auch darauf aufmerksam gemacht, dass gewisse im Gefolge trockener und warmer Sommer auftretende Erscheinungen sich in ungefähr gleicher Weise wiederholen wie das Vorkommen von *N. sertifer*. E l e n s (nach L y o n s 1964) hat in Belgien eine Übereinstimmung in der Häufigkeit der Waldbrände und im Vorkommen der Kiefernbuschhornblattwespen beobachtet, und nach S c h w e n k e (1962) ist es schon seit langem bekannt gewesen, dass in den sog. »Weinjahren» die Kiefernbuschhornblattwespen und die Nadeln und Blätter der Bäume fressenden Insekten überhaupt zahlreicher als gewöhnlich auftreten.

In den versicherten, privaten Wäldern Finnlands waren in der Zeit zwischen 1916 und 1954 über 1 000 ha in folgenden Jahren abgebrannt: 1917, 1925, 1928, 1930, 1933,

1937, 1940, 1941, 1945 und 1947 (Lehmusluoto 1956). M.a.W. alle in dieser Zeitspanne in Südfinnland beobachteten Massenvorkommen von *N. sertifer* sind unmittelbar nach einem bedeutsamen Waldbrandjahr eingetreten. Auch die Jahre 1959 und 1960 waren arge Waldbrandjahre, damals brannten 3 441 und 1 009 ha Wald ab (Lehmusluoto 1962). In Nordfinnland dürfte das Vorkommen von *N. sertifer* nach den zur Verfügung stehenden Angaben i.J. 1916 am häufigsten gewesen sein. Nach der Waldbrandstatistik der staatlichen Wälder, die in erster Linie die Verhältnisse in Nordfinnland widerspiegelt, sind sowohl 1914 wie 1916 so viele Waldbrände vorgekommen, dass man sie zu den sog. Katastrophenjahren zählen kann (Osara 1949).

Eine andere forstwirtschaftlich bedeutsame Erscheinung, über welche Beobachtungen aus einer relativ langen Zeitspanne vorliegen, ist die Wiederholung der Samenjahre der Fichte. Die diesbezüglichen Angaben sind freilich viel unbestimmter als unsere Kenntnisse von der Zahl und Ausdehnung der Waldbrände, und ausserdem lassen sich die von verschiedenen Personen gemachten Beobachtungen nicht immer so leicht miteinander vergleichen. Rummukainen (1959 b) hat aber doch anhand der zur Verfügung stehenden Angaben eine graphische Darstellung angefertigt, aus welcher die Grösse des Zapfenertrags der Fichte in unserem Lande in den Jahren 1900—1950 hervorgeht. In der Darstellung ist der Zapfenertrag in fünf Klassen eingeteilt, die sich folgendermassen bezeichnen lassen: 0 = keine Zapfen, 1 = sehr wenig, 2 = ziemlich wenig, 3 = mittelmässig, 4 = ziemlich viel und 5 = sehr viel Zapfen (vgl. Rummukainen 1956). Betrachtet man dieses Diagramm nun hinsichtlich der *N. sertifer* -Jahre, so sieht man, dass zunächst 1915 und vielleicht auch 1914 der Zapfenertrag sehr gross war. Von 1924 bis 1926 kamen in allen Jahren ziemlich viel Zapfen. 1931 war ein sehr gutes Zapfenjahr. 1936—37 war der Ertrag wieder ziemlich gross, desgleichen 1940, und ausserdem war 1941 ein sehr ertragreiches Jahr. Von den Jahren 1959 und 1960 sind keine diesbezüglichen Mittelwerte veröffentlicht, aber Übersichten sind auch betreffs dieser Jahre ausgearbeitet worden (Rummukainen 1958, 1959a, 1960b). Auch aus diesen geht hervor, dass 1958 der Zapfenertrag der Fichte vielerorts gut war, obschon die reichen Ertragsgebiete fast ausnahmslos in Mittelfinnland und in den südlichen Partien von Nordfinnland lagen. 1959 hatten die Fichten wenig Zapfen, aber 1960 war der Zapfenertrag wieder recht gut. Auch aus den Schadperioden vor der von Rummukainen (1959 b) behandelten Zeitspanne ist manches bekannt. Nach dem Material von Nylander und Heikinheimo, das hauptsächlich von der Forstschule Tuomarniemi gesammelt worden ist, war 1896 ein sehr gutes Samenjahr (sehr gutes Zapfenjahr also 1895) (Cajander 1917). Auch 1874 war nach Blomqvist (Cajander op.c.) ein mittelmässiges Samenjahr, und auch 1860 wird von Blomqvist (1959) als gutes Samenjahr erwähnt.

Den meteorologischen Beobachtungen gemäss sind also den Massenvorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe fast ausnahmslos ein oder mehrere überdurchschnittlich warme Sommer vorausgegangen, und diese Gradationen sind ausserdem noch in gewisser Weise mit argen Waldbrandjahren und guten Zapfenjahren der Fichte verknüpft gewesen. Man darf daher annehmen, dass klimatische Faktoren hier mit im Spiele sind. Freilich muss in Betracht gezogen werden, dass in den Jahren 1959—62 nur in einem Teil vom südlichsten Finnland Schäden vorkamen, obwohl die Ausfälle der Niederschlagsmengen und die positiven Abweichungen der mittleren Sommertemperaturen von den langfristigen Mittelwerten etwas weiter nördlich

stellenweise sogar noch grösser waren als in den Befallsgebieten, sowie ferner, dass zuvörderst Waldbestände auf kargen Böden befallen wurden. Der Einfluss der klimatischen Faktoren dürfte daher eher indirekt als direkt gewesen sein, wobei hier mit dem letzteren gemeint ist, dass die Mortalität des Schädlings in einem sog. kritischen Entwicklungsstadium als direkte Folge von ungewöhnlich günstigen Witterungsverhältnissen abnimmt.

Zur Bionomie der Roten Kiefernbuschhornblattwespe

Das Ei

Im Gegensatz zu unseren anderen einheimischen Kiefernbuschhornblattwespen überwintert *N. sertifer* gewöhnlich im Eistadium. Die Eizeit ist also sehr lang, etwa 8—10 Monate, und somit stellt dieses Entwicklungsstadium aus der Sicht der Populationsdynamik eine sehr interessante Phase im jährlichen Lebenszyklus der Art dar. In der vorliegenden Untersuchung wird dem Eistadium verhältnismässig viel Aufmerksamkeit gewidmet, weil die mit dieser Entwicklungsstufe verknüpften Fragen in unserem Lande bisher kaum behandelt worden sind.

U n t e r s u c h u n g s m a t e r i a l. Die Untersuchungen über das Eistadium konnten aus mehreren Gründen erst im Frühjahr 1962 in Angriff genommen werden. Wir wandten uns an einige Forstämter und Forstberater sowie auch direkt an manche Waldbesitzer mit der Bitte, sie möchten uns mit der Post Zweigproben schicken, und zwar zuvörderst aus Schadgebieten, wo im Vorherbst viele Kokons gefunden worden waren. Im Frühjahr 1963 konnte das Sammeln von Proben im Auftrag der Forstlichen Forschungsanstalt weitergeführt werden, und auf die gleiche Weise wurde diese Tätigkeit, um ein grösseres Material zu gewinnen, auch noch im nächsten Sommer fortgesetzt, obwohl die Eidichte in diesem Jahr schon sehr gering war.

In den zwei letzten Jahren wurden die Probezweige dergestalt an Baumgruppen gesammelt, dass jeweils vier Bäume eine Gruppe bildeten, die in der Karte eingetragen und mit einer laufenden Nummer versehen wurde. Diese vier, möglichst nahe beieinander stehenden Bäumen, mussten ungefähr der durchschnittlichen Grösse der Bäume in dem Bestand entsprechen. Zwei davon sollten auch bezüglich ihres Zustandes der durchschnittlichen Schadenschwere in dem betreffenden Bestand entsprechen, während die zwei restlichen möglichst wenig geschädigt sein sollten. Die Anzahl der Gruppen war beliebig und abhängig zuvörderst von der für die Untersuchung zur Verfügung stehenden Zeit und dem Ausmass der Schadgebiete.

Die Krone jedes einzelnen Baums wurde nach dem Augenmass ihrer Höhe nach in drei Abschnitte eingeteilt, und etwa in der Mitte eines jeden Kronendrittels wurden auf verschiedenen Seiten 3—4 ca. ½ m lange Zweige abgebrochen. Im Jahre 1963 mussten die Bäume zu diesem Zweck erklettert

oder gefällt werden. 1964 hatten wir eine auf einem Traktor aufmontierte Ausziehleiter, die unsere Arbeit sehr erleichterte. Die gesammelten Zweige wurden gebündelt und in Plastikbeuteln bei Aussentemperatur so lange aufbewahrt, bis sie in die Forstliche Forschungsanstalt transportiert werden konnten. Im Frühjahr 1964 wurde ein Teil des Materials auf der Forstlichen Versuchsstation in Karvia kontrolliert.

Im Labor wurde zuerst am Stiel der Zweige ein ca. 5 cm langes Stück abgebrochen, und danach wurden sie in grossen Kunststoffbehältern ins Wasser gestellt. Die ersten, im März und April gesammelten Probepartien liessen wir gewöhnlich zwei Wochen lang bei Zimmertemperatur stehen, ehe wir an die Untersuchung gingen, damit die in den Eiern sich entwickelten Parasitenlarven sicher zu sehen wären. Die letzten im Mai gesammelten Zweige dagegen wurden sofort nach dem Einsammeln geprüft.

In der oben beschriebenen Weise wurden im Frühjahr 1962 im Bereich von 34 Kirchspielen Zweige gesammelt, 1963 in 27 Kirchspielen und 1964 in 14. Von diesen Zweigen wurden in den verschiedenen Jahren jeweils folgende Mengen von Eiern untersucht:

	1962	1963	1964	Zusammen
Anzahl der Eier	34 671	51 371	80 394	166 436

An der Gesamtheit des Materials wurde nur die Verteilung der Eier auf gesunde, parasitierte oder aus sonstigen Gründe zugrunde gegangene bestimmt. Bei der Prüfung wurden die Eier meistens aufgemacht, sofern nicht schon entweder eine *N. sertifer* -Larve oder eine Schmarotzerwespe daraus geschlüpft war. An einem Teil des Materials wurden auch einige später darzulegende Fragen geklärt, wie die Anzahl der Eier pro Nadel, die Grösse der Eigruppen, die Verteilung der Eier auf die verschiedenen Teile der Krone

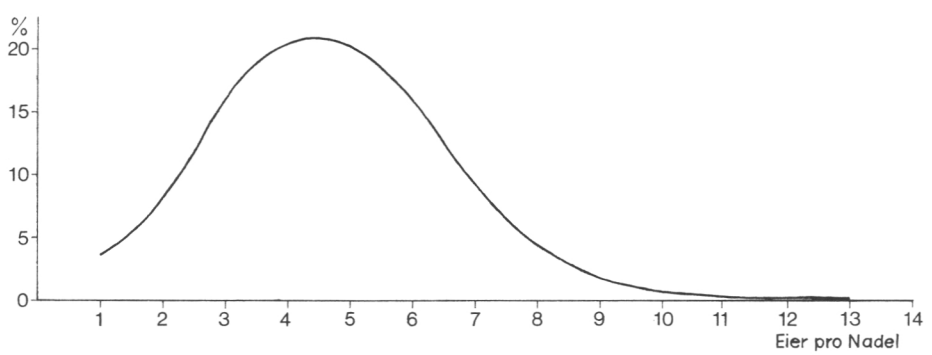


Abb. 7. Verteilung der untersuchten Nadeln auf verschiedene Klassen (% vom gesamten Material) nach der Zahl der Eier. In der Darstellung ist eine Nadel mit 17 Eiern weggelassen.
Kuva 7. Tarkastettujen neulasten jakautuminen eri luokkiin (% koko aineistosta) munien määrän mukaan. Piirroksesta on jätetty pois yksi neulanen, jossa oli 17 munaa.

usw. Zur Untersuchung von Spezialfragen wurden ausserdem noch mehrere andere, kleinere Materialien gesammelt (auch in den Jahren 1965—66), deren genauere Besprechung sich hier erübrigen dürfte.

Zahl der Eier pro Nadel. In verschiedenem Zusammenhang wurden an Zweigen, die sowohl von Jungpflanzen wie auch von älteren Kiefern stammten, die Eier pro belegte Nadel gezählt. Dieses Material umfasst insgesamt 7 153 Nadeln. Die Resultate sind auf Abb. 7 dargestellt. Man sieht, dass der Belag pro Nadel 1—13 Stück betrug, und ausserdem war eine Nadel mit sogar 17 Eiern belegt. Die häufigste Zahl war 4—5 Stück, und etwas über 80 % von den geprüften Nadeln trugen 3—7 Eier. Als Mittelwert ergibt sich 4.7 Eier je Nadel.

Kangas (1941) hat durchschnittlich 5—6 Eier (höchstens 8 Stück) gefunden. Schönwiese (1935) gibt einen Mittelwert von 9 an, Schwerdtfeger (1936) 6.41, Kolubajiv (1938) 5, Sturm (1942) 6.27, Hein (1956) 7, Niklas (1956) 6.6 und Rywkin (1957) aufgrund mehrerer, ziemlich grosser Materialien 6.11, 7.45, 7.64 und 8.17 Eier je Nadel. Im Vergleich hierzu ist der aus dem oben besprochenen Material errechnete Mittelwert ganz wesentlich kleiner.

Die Eiablage kann an beiden oder auch nur an einer Nadel des Kurztriebs geschehen. Von 408 untersuchten Nadelpaaren waren 232 nur an einer Nadel belegt, 176 an beiden. Die ersteren Fälle machten also 57 % aus und waren somit häufiger. Rywkin (1957) gibt den entsprechenden Anteil mit 51.7 % an, während dagegen Schwerdtfeger (1936) von 248 geprüften Nadelpaaren in 59 % Eier an beiden Nadeln gefunden hat. Die grösste Eizahl an einem Nadelpaar fanden wir in dem im Frühjahr 1962 untersuchten Material: die eine Nadel trug 27 Eier (beide Nadelkanten waren belegt) und die andere 9, zusammen also 36 Eier!

Vor allem in dem in Süd-Pohjanmaa und Nord-Satakunta gesammelten Material wurde an den insgesamt 2 447 Nadeln, deren Eibelag gezählt wurde, auch noch die Länge der Nadel gemessen. An den Nadeln der verschiedenen Längenklassen sassen durchschnittlich folgende Mengen Eier:

	Länge der Nadel, mm												
	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60	61—65	66—70	71—75
Nadeln, Stück	1	127	566	737	600	272	107	21	8	5	2	—	1
Eier St./Nadel	2.0	2.6	2.2	4.6	5.0	6.1	6.6	7.2	7.9	7.4	8.0	—	9.0

Im Ganzen war die Zahl der Eier also umso grösser, je länger die Nadel war (vgl. Niklas und Franz 1957, Jahn und Sinreich 1964). Nadeln, die mit 1, 2 oder 3 Eiern belegt waren, kamen zahlenmässig am meisten in der Längenklasse 21—35 mm vor, und solche mit 8 oder 9 Eiern entsprechend in der Klasse 36—40 mm.

In Ruotsinkylä liessen wir einige Weibchen ihre Eier an im Gewächshaus gezogenen Kiefernpflanzen mit aussergewöhnlich langen und unverhältnismässig schmalen Nadeln ablegen. Diese Nadeln hatten eine mittlere Länge von 56 mm, und aufgrund des oben Gesagten wäre zu erwarten gewesen, dass sie meistenfalls mit 7—8 Eiern belegt worden wären. Trotzdem betrug die durchschnittliche Eizahl nur 4.4 Stück. Die Zahl der Eier ist also doch nicht bloss von der Länge der Nadel, sondern auch von ihrer Breite abhängig (vgl. Ghent 1959, Griffiths 1960). Auf jeden Fall ist es klar, dass die Kleinheit des aus dem oben dargelegten Material erhaltenen Mittelwertes (4.7 Eier pro Nadel) im Vergleich zu den weiter südlich in Europa gemeldeten in erster Linie darauf zurückzuführen ist, dass die Kiefern bei uns kleinere Nadeln haben (vgl. auch die Verteilung des Nadelmaterials auf verschiedene Längenklassen bei Niklas und Franz 1957, sowie Jahn und Sinreich 1964). Erwähnt möge noch sein, dass Griffiths (1959) aus Kanada einen Mittelwert von 4.8 Eiern je Nadel meldet.

Grösse der Eigruppen. Die Rote Kiefernbuschhornblattwespe legt ihre Eier an den Nadeln der Triebe vom gleichen Jahr ab. Abweichungen von dieser Regel konnten mit Sicherheit nur in einigen wenigen Fällen festgestellt werden: in Isojoki und Laanila wurden im Sommer 1966 an einigen ziemlich grossen Kiefernpflanzen 4—5 Eigruppen gefunden, die teilweise auch auf Trieben vom Vorjahr sassen. Ganz offenbar sind solche Ausnahmen also selten, vielleicht verhältnismässig häufiger in den Fjeldkiefernbeständen Lapplands, wo die Jahrestriebe manchmal sehr kurz sind.

Über die Grösse der Eigruppen sind in der Literatur zahlreiche, freilich recht beträchtlich voneinander abweichende Beobachtungen veröffentlicht worden. Aus Finnland dürften diesbezügliche Angaben nur in der Untersuchung von Kangas (1941) enthalten sein, worin festgestellt wird, dass an einem Trieb gewöhnlich über 100 Eier sitzen. Als Beispiele aus Mitteleuropa sei angeführt, dass Schönwiese (1935) den Mittelwert mit 94 Eiern angibt und Schwerdtfeger (1936) mit 118 Eiern. Niklas und Franz (1956) berichten, die kleinste von ihnen gefundene Eigruppe habe 5 Eier enthalten und die grösste nicht weniger als 466; ausserdem war die durchschnittliche Grösse der Eigruppen in den gleichen Waldbeständen in vier aufeinanderfolgenden Jahren sehr unterschiedlich (55.1, 137.7, 80.6 und 50.9 Eier), woraus die Verfasser den Schluss ziehen, dass die Grösse der Gruppen vom Stadium der Gradation bedingt sei. Ohne weiteres klar ist es, dass die extrem grossen, hunderte von Eiern zählenden Gruppen die Gelege mehrerer Weibchen enthalten.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung wurde die Zahl der Eier an in den Herbsten 1962—65 abgelegten Eigruppen gezählt. Im ganzen wurden 1061 Gruppen geprüft, in denen durchschnittlich 50.2 Eier gefunden wurden. In den verschiedenen Jahren wurden folgende Zahlen ermittelt:

	1962	1963	1964	1965
Anzahl der Eigruppen	233	305	197	326
Durchschnittl. Eizahl pro Gruppe ..	51.8	46.8	51.3	51.7
Kleinste Eizahl	3	5	13	3
Grösste Eizahl	305	225	106	174

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren waren also gering, und die Grösse der Eigruppen im Vergleich zu den in der Literatur veröffentlichten Zahlen im allgemeinen klein. Allerdings stehen hier das Ende der Gradation und die Folgejahre in Frage, und das Material ist in den verschiedenen Jahren nicht in den gleichen Waldbeständen gesammelt worden. Trotzdem enthielten in Isojoki die im Herbst 1965 abgelegten Eigruppen nicht mehr als durchschnittlich 53.2 Eier, obwohl die *N. sertifer* -Population in diesem Gebiet wieder stark im Zunehmen war. Die 36 in Laanila 1966 gesammelten Eigruppen hatten durchschnittlich 55.2 Eier, und die Gruppen haben demgemäss auch im nördlichsten Finnland offenbar ungefähr die gleiche Grösse — jedenfalls sind sie nicht kleiner — als weiter südlich.

Im Herbst 1964 setzten wir zur Gewinnung von Eiern für Laborversuche in dreizehn, an Kiefernpflanzen aufgehängte Gazebeutel Imagines, die aus in Süd-Pohjanmaa gesammelten Kokons geschlüpft waren, insgesamt 24 ♀♀ und 9 ♂♂. Nach Abschluss der Eiablage fanden wir in den Beuteln, in denen nur unbefruchtete Weibchen gewesen waren, 67.5 Eier/♀, und in den Beuteln, in denen auch Männchen gewesen waren, 66.6 Eier/♀, also ungefähr ebenso viel. Die grösste, sicher von nur einem Weibchen abgelegte Eizahl betrug 102 Stück, die kleinste 11 Stück.

A n z a h l d e r E i e r i n d e n v e r s c h i e d e n e n T e i l e n d e r K r o n e. Die Menge der an im Frühjahr 1963 und 1964 gesammelten Zweigen untersuchten, m.a.W. im Herbst 1962 und 1963 abgelegten Eier verteilte sich auf die verschiedenen Abschnitte der Krone folgendermassen:

	Obere Zweige		Mittlere Zweige		Untere Zweige	
	St./Zweig	%	St./Zweig	%	St./Zweig	%
1962	11.9	39.5	10.4	34.6	7.8	25.9
1963	16.8	36.4	16.6	35.9	12.8	27.7

In beiden Jahren war die Eizahl pro Zweig also am grössten an den oberen Zweigen, etwas kleiner an den mittleren und deutlich am geringsten an den unteren. In dem Material vom letzteren Jahr waren die Eier jedoch gleichmässiger auf die verschiedenen Teile der Krone verteilt, und der Unterschied zwischen den oberen und mittleren Zweigen war minimal. An den von Bäumen verschiedener Grösse stammenden Zweigen war die entsprechende Verteilung folgende:

Höhe der Bäume m	Obere Zweige	Mittlere Zweige	Untere Zweige
	% von der Menge der untersuchten Eier		
—10	38.5	35.3	26.4
11—15	38.9	36.5	24.6
16—	34.9	31.9	33.2

Aus der Zusammenstellung geht hervor, dass an den allergrössten Bäumen im Gegensatz zu den anderen Gruppen auch die unteren Zweige relativ stark belegt waren, und die Differenzen zwischen den verschiedenen Kronendritteln waren daher ziemlich gering.

Wie schon vorn erwähnt, mussten zum Sammeln der Zweige im Frühjahr 1963 die Bäume entweder erklettert oder gefällt werden, während wir 1964 für diesen Zweck eine Ausziehleiter hatten. Daher war der Anteil der ausgewachsenen Kiefernbestände im ersten Jahr gering, weil die Arbeitsweise schwierig und zeitraubend war, und die Untersuchung wurde deshalb zuvörderst auf mittelalte und junge Waldbestände konzentriert. Im letzteren Jahr konnten wir die Zweige aber mit relativ geringer Mühe an Bäumen fast allen Alters sammeln, bis zu ca. 20 m Höhe. Sicherlich hängt der in den genannten Jahren festgestellte Unterschied in der Verteilung der Eizahl auch mit der von der Arbeitsweise verursachten Verschiedenheit des Materials zusammen.

Die Sammelweise ist aber doch nicht der Hauptgrund, denn auch auf Bäumen gleicher Grösse wurden 1963 in den Wipfelzweigen relativ mehr Eier gefunden als 1964. (Beispielsweise in der ersten Höhenklasse 1963 39.4 % und 1964 35.9 % von der Gesamtzahl der kontrollierten Eier.) Worauf dies zurückzuführen ist, geht aus dem Material an sich nicht hervor. Erwähnt möge doch werden, dass Sommer und Frühherbst 1962 kalt und nass waren (vgl. Abb. 6), weshalb die Larven sich langsam entwickelten und das Schwärmen spät stattfand, vermutlich z.T. erst im Oktober. Die absoluten Temperaturen waren in der Schwärmzeit somit schon relativ niedrig, und vielleicht haben die legenden Weibchen eben deswegen an sonnigen Tagen die Wipfel der Bäume mehr bevorzugt als in dem warmen Herbst 1963.

Auch die auf verschieden hohen Bäumen festgestellten Unterschiede in der Verteilung der Eizahlen scheinen nichts mit der Grösse der Bäume an sich zu tun zu haben. Wir wissen ja, dass der Befall oft an Waldrändern, kleineren Waldeinsprengseln, auf Samenbaumflächen und in lückigen Moorkieferbeständen am stärksten ist. Man darf daher annehmen, dass die Lokalisation des Eibelages sehr weitgehend von den Beleuchtungsverhältnissen und teilweise auch von den dadurch bedingten strukturellen Verschiedenheiten der Nadeln beeinflusst wird, welche letzteren sich schon in der Grösse der Nadeln geltend machen (vgl. z.B. Juutinen 1953).

Einfluss des Zustandes der Bäume auf die Eizahl. Es kommt vor, dass manche Kiefern nur leicht geschädigt werden, obwohl im gleichen Waldbestand schwere Verheerungen auftreten (vgl. Abb. 4).

Diese Fälle sind bisher nicht genauer untersucht worden, und man weiss daher nicht, ob diese Erscheinung mit ungleichmässiger Verteilung der Eiablage oder mit unterschiedlicher Mortalität der Eier (oder Larven) zusammenhängt, und ob es sich, wenn die Kalamität mehrere Jahre lang anhält, stets um die gleichen Bäume handelt. Bei den Untersuchungen über das Larvenstadium, die wir im Herbst 1965 auf einigen Jungwuchsflächen in Laanila und im Sommer 1966 in Isojoki durchführten, haben wir die Eigruppen mit gut sichtbaren numerierten Etiketten versehen. Dabei konnten wir auf jeden Fall feststellen, dass die Eiablage nicht im Bereich des ganzen Jungwuchses gleichmässig stattgefunden hatte, sondern weitgehend auf gewisse Bäume konzentriert war, die sich gewöhnlich weder im Aussehen noch hinsichtlich ihres Standorts wesentlich von den übrigen Pflanzen unterschieden.

Diese Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Lokalisation der Eiablage ausser u.a. von den Beleuchtungsverhältnissen vielleicht von pflanzenphysiologischen Faktoren beeinflusst wird. So haben z.B. Niklas und Franz (1957) die Beobachtung gemacht, dass Unterschiede in der Eizahl an normalen Trieben einerseits und schwer befressenen und künstlich geschwächten (geringelten) Trieben andererseits bestehen. Unter den gebeutelten Weibchen, die an den geschwächten Trieben sassen, befanden sich nämlich mehr solche, die überhaupt keine Eier legten. Nach Hein (1956) wächst die Anzahl der Eier mit zunehmendem Wassergehalt der Nadeln bis zu einer gewissen Grenze, wo der Gewichtsverlust der Nadeln nach Trocknen bei 45—60°C durchschnittlich 62—64 % ausmacht, wonach sie schroff abnimmt. Aufgrund dessen nimmt Hein an, dass die nach schwerem Befrass eintretenden Wandlungen im Wassergehalt der Nadeln zu einer so weitgehenden Hemmung der Eiablage führen könnten, dass sie wesentlich zum Erlöschen der Gradation beitragen.

Über den Einfluss des Nadelbefrasses auf die Anzahl der Eier liegen einige Beobachtungen vor, denn beim Sammeln des Zweigmaterials in den Jahren 1963—64 wurden Zweigproben sowohl von Bäumen, die der durchschnittlichen Schadenschwere der Waldbestände entsprachen, wie auch von weniger befressenen Bäumen genommen (vgl. S. 44). In dem im Frühjahr 1963 gesammelten Material (1964 waren die Unterschiede im Zustand der Bäume meistens schon weniger ausgeprägt) wurden in den zwei Gruppen folgendermassen Eier gefunden:

Bezirksforstamt von	Eier St./Zweig: Bäume mit durchschnittlichem Befrass	Weniger als durchschnittl. befressene Bäume
Uusimaa—Häme	9.4	10.0
Südwest-Finnland	10.8	11.1
Satakunta	9.0	10.8
Süd-Pohjanmaa	7.4	7.6
Vaasa	13.8	21.5
Ganz Finnland	9.2	10.0

Von Bäumen, die dem durchschnittlichen Befrass entsprachen, wurden 2 905 Zweige geprüft, von den weniger geschädigten Bäumen 2 937 Zweige. Aus der Zusammenstellung geht hervor, dass der Eibelag in allen Gebieten in der letzteren Gruppe stärker war. Die Differenzen sind aber sehr klein, mit Ausnahme des Gebiets des Bezirksforstamtes Vaasa, wo auch die meisten Eier gefunden wurden. Leider ist gerade das dort gesammelte Material am allerkleinsten (162 + 163 Zweige). Es möge aber auf jeden Fall erwähnt werden, dass auch in Kalanti und Somero, wo ebenfalls mehr Eier als durchschnittlich angetroffen wurden, auch der fragliche Unterschied ausgeprägter war (in Kalanti 14.5—21.6, in Somero 15.5—20.2 Eier pro Zweig). Es ist somit nicht ausgeschlossen, dass, wenn das Schwärmen intensiver und die Zahl der Eier grösser ist, auch die weniger befressenen Bäume stärker belegt werden als im Herbst 1962, als die Anzahl der geschwärmten Kiefernbuschhornblattwespen — wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist — im allgemeinen gering war.

Andererseits erhielten wir im Frühjahr 1962, als vielerorts in Westfinnland der Eibelag sehr stark war, aus manchen Gegenden Zweigproben, die trotz ihrer schwachen Benadelung eine grosse Eidichte aufwiesen. In einer aus Loppi gekommenen Probe waren die Zweige sehr stark befressen, aber trotzdem fanden wir 35 Eier pro Zweig. An den aus Persböle in Pohja eingesandten Zweigen war auch ein Teil von den neuen Nadeln abgefressen, aber dessenungeachtet sassen durchschnittlich 75 Eier am Zweig. In der schlimmsten aus Kauhajoki stammenden Probesendung fanden wir 50 Eier je Zweig, obwohl im vorigen Sommer auch von den neuen Nadeln etwa 3/4 abgenagt waren. In einigen anderen Proben (ebenfalls im Frühjahr 1963) waren sogar manche von den Larven befressene Nadeln mit Eiern belegt.

Die Triebe waren in diesen Proben meistens kurz, denn es handelte sich ja um Kiefernbestände ziemlich karger Heideböden, wo auch schon in 1 oder 2 vorausgegangenen Sommern von der Kiefernbuschhornblattwespe Schäden angerichtet worden waren. Die Eier waren also auch an arg zugerichteten Bäumen abgelegt worden, so dass den Larven geradezu Nahrungsmangel drohte. Früherer Nadelbefrass scheint also in unseren Verhältnissen nicht so viel Einfluss auf die Lokalisation der Gelege zu haben, dass die schwärmenden Blattwespen deswegen auf weniger stark befallene Waldbestände übersiedelten (vgl. Kangas 1941) (sofern nicht alle Nadeln, auch die diesjährigen, abgefressen sind, was sehr selten vorkommt). Auch dürfte dieser Umstand wenig Bedeutung für den Verlauf der Gradation haben.

Abhängigkeit der Embryonalentwicklung von den Jahreszeiten. Da *N. sertifer* manchmal schon relativ zeitig im Spätsommer legt, während die Larven aber doch nicht vor dem nächsten Frühjahr schlüpfen, könnte man vermuten, es handle sich um einen durch Diapause bedingten Stillstand der Entwicklung. Nach den von Breny (1957) in Belgien durchgeführten Untersuchungen ist dies aber nicht der

Fall, sondern die Entwicklung wird in erster Linie deswegen gehemmt, weil im Lauf des Herbstes die Säfte der Nadeln sich konzentrieren und der osmotische Druck ansteigt, wodurch die für die Entwicklung des Embryos erforderliche Wasserresorption im Ei verlangsamt wird. Das Absinken der Temperatur hat erst sekundäre Bedeutung. Niklas (1956) hat beobachtet, dass die Embryonalentwicklung in Deutschland auch im Herbst nicht völlig zum Stillstand kommt, sondern dass sie — wennschon langsam — den ganzen Winter hindurch immer weitergeht, sooft nur die Temperatur über 0°C ansteigt. In Kanada hat Brygider (1952) gefunden, dass beim Einbruch des Winters die Embryonen in den Eiern schon ziemlich weit entwickelt sind.

Um Aufschluss über die Entwicklung der Embryos zu gewinnen, machten wir zunächst einige Laborversuche nach dem von Breny (op.c.) entwikkelten Verfahren. Zu diesem Zweck wurden im Lauf des Herbstes und Winters (1964 und 1965) zu verschiedenen Zeiten aus dem Wald kleinere Partien eibelegter Kiefernzweige ins Labor geholt. Im Labor wurden die Eier behutsam mit der Präpariernadel von den Nadeln abgelöst und dann zur Züchtung auf Filtrierpapier in sterilisierte Petrischalen gelegt, auf deren Boden vorher eine ca. 1 cm dicke Schicht mit destilliertem Wasser vollgesaugte Watte ausgebreitet worden war. Danach wurden die Petrischalen in verdeckte Glasbehälter gestellt, wo gewöhnlich eine Feuchtigkeit von ca. 75—80 % herrschte. Die Glasbehälter kamen dann in den Thermostat mit einer Temperatur von 22°C.

Das Ablösen der Eier von den Nadeln machte keine grossen Schwierigkeiten (mit Ausnahme der ganz kürzlich abgelegten). Die eigentliche Züchtung dagegen war garnicht so einfach. Die Eier saugen nämlich so stark Wasser auf, dass sie, wenn die Feuchtigkeit zu hoch ist, leicht platzen, insbesondere nachdem die dunklen Augenflecke der Embryonen schon deutlich zu sehen sind. Andererseits wieder scheint sich das Schlüpfen der Larven schon bei geringer Trocknung zu verzögern, und es war keine Seltenheit, dass sie abstarben, als sie schon völlig entwickelt aussahen.

Da das Zuchtverfahren (oder vielleicht eher seine unvollkommene Beherrschung) ganz offenbar die Resultate beeinträchtigte, besonders im Frühherbst, wo die Entwicklung ziemlich viel Zeit in Anspruch nimmt, lassen sich aus diesen Zuchten keine verlässlichen Mittelwerte angeben. Bis zum Schlüpfen der ersten Larven verging in den zu verschiedenen Zeitpunkten in Zucht genommenen Partien (in den Petrischalen) durchschnittlich folgende Zeit: 12.X (4 Partien) 19.5 Tage, 23. X (4 Partien) 13.5 Tage, 10. XI (3 Partien) 10 Tage, 1. XII (1 Partie) 10 Tage, 3. XII (1 Partie) 9 Tage, 30. XII (2 Partien) 10 Tage und 1. II (ehe die Eier ins Labor gebracht wurden, waren sie 2 Tage lang in einer Temperatur von 2°C gewesen) (4 Partien) 10.5 Tage. Noch in den am 30. III. 65 und am

1. IV. 66 ins Labor gebrachten Partien vergingen bis zum Schlüpfen der ersten Larven 9 Tage. (Die drei letztgenannten Zuchten wurden also, abweichend von den anderen, bei einer Temperatur von ca. 20°C gehalten.) Am 30. IX. 64 wurden im ganzen 281 Eier in Zucht genommen, es schlüpfte aber keine einzige Larve. Nur in 10 Eiern entwickelte der Embryo sich bis zu dem Stadium, wo die Augenflecke deutlich zu sehen sind, aber auch bis dahin vergingen mindestens 22 Tage (vom 10. XI an war das Minimum nur 5 Tage).

Aus den oben besprochenen Versuchen geht also hervor, dass man die Larven von *N. sertifer* auch bei uns schon im Herbst zum Schlüpfen bringen kann, wenn die Eier in Verhältnissen gehalten werden, wo Feuchtigkeit und Temperatur für die Embryonalentwicklung genügend hoch sind. Der Einfluss des Frostes ist also in keinem Stadium der Embryonalentwicklung für dessen Fortgang unbedingt erforderlich. Je früher aber im Herbst die Eier in Zucht genommen wurden, ein umso grösserer Teil von ihnen ging ein, und umso mehr Zeit verging, bis die Larven im Labor schlüpften. Schon Anfang November gingen nur noch sehr wenig Eier zugrunde, und auch die bis zum Schlüpfen der ersten Larven vergangene Zeit hatte schon das Niveau erreicht, auf dem sie dann den ganzen Winter hindurch bis zum März stehenblieb. Die gewöhnlichen Wintertemperaturen haben also die nach der Überwinterung vergehende Zeit der Embryonalentwicklung auch nicht verkürzt, und auch die Dauer der niedrigen Temperaturen scheint in dieser Hinsicht keine Bedeutung gehabt zu haben. Leider ist bei diesen Versuchen nicht das Entwicklungsstadium der in den Eiern liegenden Embryonen beim Beginn einer jeden Zucht bestimmt worden, und man kann daher nicht sagen, worauf die ständige Beschleunigung der Entwicklung im Lauf des Herbstes eigentlich zurückzuführen war.

Das Material, das für alle die oben besprochenen Versuche benutzt worden war, bestand jedenfalls lediglich aus zur normalen Zeit in der Natur abgelegten Eiern, die vor der Züchtung wenigstens eine Zeitlang in relativ niedrigen Temperaturen gewesen waren, und die dann im allgemeinen ziemlich unvermittelt in 22°C gebracht wurden. Um Aufschluss darüber zu gewinnen, wie die Entwicklung bei konstanten oder wenigstens nicht so krass wechselnden Temperaturen abläuft, versuchten wir zunächst, im Labor gelegte Eier nach der oben beschriebenen Methode zu treiben. Wir erzielten aber nur sehr wenig Eier für diesen Zweck, und auch aus diesem Material schlüpfte keine einzige Larve. Die Embryonen entwickelten sich jedenfalls ziemlich weit, und wenn sie — hauptsächlich wohl infolge der Zuchtverhältnisse — nicht eingegangen wären, wären die ersten Larven wahrscheinlich nach etwa zwei Monaten geschlüpft. Nach B r e n y (1957) kann man in günstigen Verhältnissen die ersten Larven schon 6 Wochen nach der Eiablage zum Schlüpfen bringen.

Der zweite Versuch wurde im Freiland gemacht. Zu diesem Zweck setzten wir in Ruotsinkylä am 29. IV. 1965 in einen um einen Kiefernast geschlungenen Beutel ein Pärchen Kiefernbuschhornblattwespen, das sich im Labor zu Imagines entwickelt hatte. Das Gelege war mindestens am 3. V. schon vorhanden. Im Lauf des Sommers konnte der Versuch nur am 8. VII, 12. VIII und 30. VIII kontrolliert werden, aber erst an dem letztgenannten Tage wurden Larven angetroffen. Die meisten waren abgestorben (im ersten Stadium), am Leben waren aber doch 12 Larven im ersten und 4 im zweiten Stadium. Noch am 18. IX wurde eine lebende Larve des ersten Stadiums gefunden. Aus den an den Nadeln sitzenden 65 Eiern schlüpften im ganzen 43 Larven, die restlichen 22 vertrockneten (manche enthielten einen schon ziemlich weit entwickelten Embryo). Bis zum Schlüpfen der ersten Larven verstrichen in diesem Falle also nicht weniger als ca. 3 ½ Monate, sodass die Embryonalentwicklung sehr langsam vor sich gegangen sein muss.

Vor allem das Resultat dieses letztbeschriebenen Versuchs gab uns Anlass dazu, der im Herbst stattfindende Embryonalentwicklung noch genauer nachzugehen. In diesem Sinne wurde im Herbst 1966 eine Reihe von Eifärbungen nach einer von N i k l a s (1956) beschriebenen Methode durchgeführt. (Orientierende Vorversuche waren schon im Herbst vorher gemacht worden.) Die Eier für diesen Zweck erhielten wir folgendermassen: 1) Isojoki, in einen um einen Kiefernzweig geschlungenen Gazebeutel wurden am 30. VII 1 ♂ + 1 ♀ gesetzt (45 Eier wurden gefärbt), 2) Isojoki, am 9. VIII wurden zwei Eigruppen markiert, in denen beiden das ♀ noch mit dem Legen beschäftigt war (130 Eier), 3) Isojoki, am 24. VIII wurden in zwei Gazebeutel jeweils 1 ♂ + 1 ♀ gesetzt (167 Eier), 4) Laanila, am 26. VII wurde eine Eigruppe markiert, wo das ♀ noch beim Legen war (18 Eier), 5) Ruotsinkylä, am 14. IX wurden in einen Gazebeutel 1 ♂ + 1 ♀ getan (96 Eier). Ausserdem wurden in Laanila am 23. IX, in Pernaja am 8. X sowie in Hämeenkangas und Virttaankangas am 20. X Eigruppen gesammelt, deren Ablagezeit unbekannt war (insgesamt 1056 Eier). Im ganzen wurden 1512 Eier gefärbt und untersucht. Die Zweige mit den Eiern wurden, sofern nicht anders angegeben ist, Ende Oktober gesammelt und in Aussentemperatur bis zum 1. XI verwahrt, wonach mit dem Färben angefangen wurde. In manchen Fällen war der Zeitpunkt der Eiablage also ganz exakt bekannt, in manchen anderen wieder bis auf ein paar Tage genau. Der Einfachheit halber werden im Folgenden die letzteren Fälle mit dem Datum bezeichnet, an dem die Weibchen in die Gazebeutel gesetzt worden waren. Von allen den Eipartien, deren Ablagezeit genau bekannt war, zeigt Abb. 8 einen Embryo, der das durchschnittliche Entwicklungsstadium repräsentiert.

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass in den meisten untersuchten Eipartien die Embryonen ungefähr auf der gleichen Entwicklungsstufe standen,

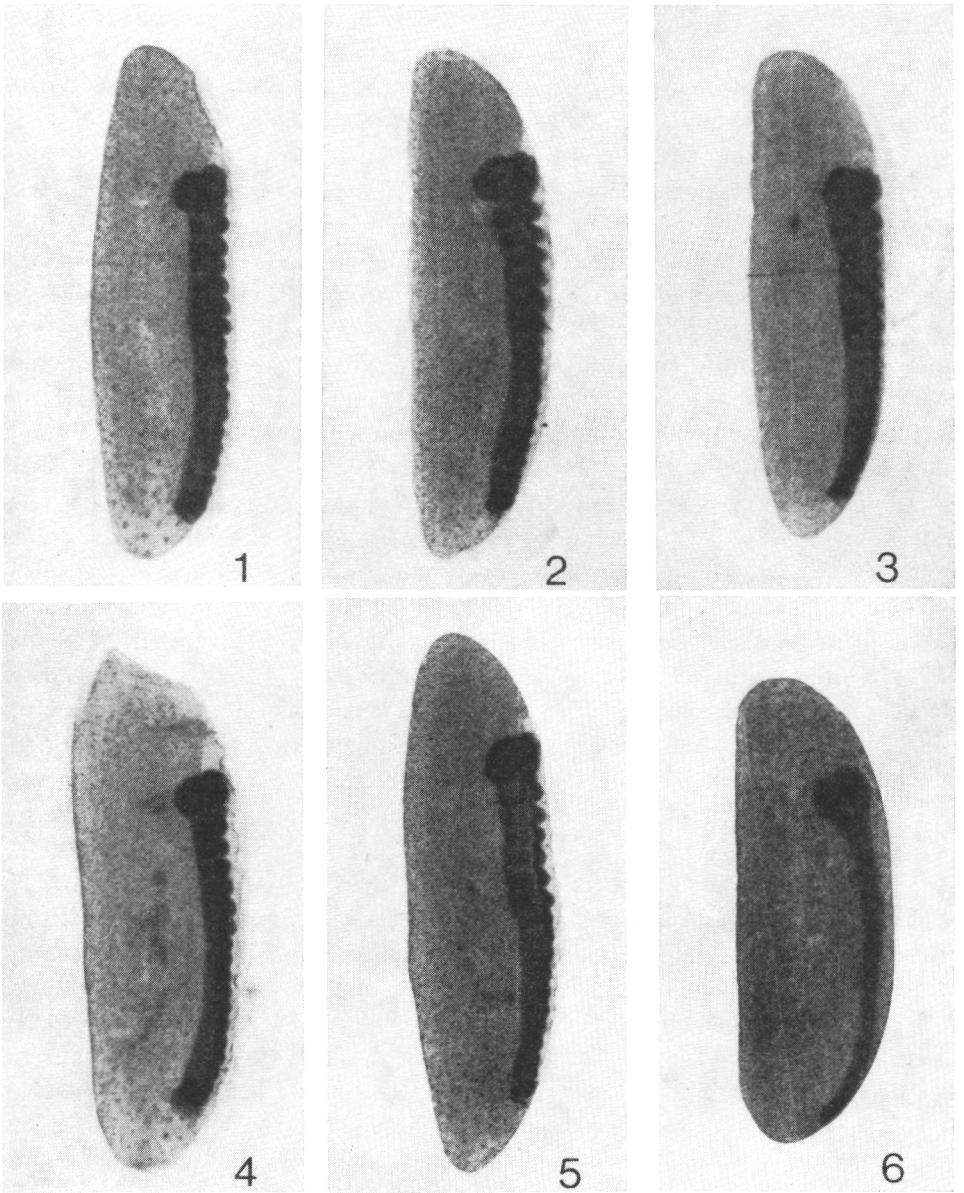


Abb. 8. Zu verschiedenen Zeitpunkten gelegte, in der ersten Hälfte des November 1966 gefärbte Eier von *N.sertifer*. 1) Isojoki, gelegt etwa am 30. VII. 66, 2) desgleichen, 9. VIII. 66, 3) desgleichen, ca. 24. VIII. 66, 4) Laanila, gelegt am 26. VII. 66, 5) Hämeenkangas, Legezeit unbekannt, belegte Zweige am 20. X. 66 gesammelt, 6) Ruotsinkylä, gelegt etwa am 14. IX. 66. Lichtbild Bildanstalt der Universität Helsinki.

Kuva 8. Eri aikaan munittuja, 1. XI. 1966 alkaen värjättyjä ruskean mäntypistiäisen munia. 1) Isojoki, munittu n. 30. VII. 66, 2) samoin 9. VIII. 66, 3) samoin n. 24. VIII. 66, 4) Laanila, munittu 26. VII. 66, 5) Hämeenkangas, muninta-aika tuntematon, munaoksat kerätty 20. X. 66, 6) Ruotsinkylä, munittu n. 14. IX. 66. Valok. Helsingin Yliopiston kuvalaitos.

und so verhielt es sich auch in allen denjenigen Partien, die auf der Abbildung nicht repräsentiert sind. Aus der Reihe fällt die in Ruotsinkylä genommene Eipartie, die etwa Mitte September gelegt worden war, und wo die Embryonen deutlich in ihrer Entwicklung weiter zurück waren. Es hat somit den Anschein, dass in unseren Verhältnissen die Embryonalentwicklung entweder geradezu stehenbleibt oder wenigstens sehr weitgehend verzögert wird, sobald der Embryo im Herbst ein gewisses Entwicklungsstadium erreicht hat. Im Hinblick auf diesen Sachverhalt, und da in Isojoki noch die am 24. VIII gelegten Eier sich zum gleichen Stadium entwickelten wie die ca. 3½ Wochen früher gelegten, und da ferner in Ruotsinkylä auch noch in den Mitte September gelegten Eiern eine deutlich wahrnehmbare Entwicklung stattgefunden hatte, liegt es auf der Hand, dass der Stillstand der Embryonalentwicklung bei uns nicht durch den Anstieg des osmotischen Drucks in den Nadeln bedingt sein kann, sondern dass es sich um eine Diapause handeln muss. Für diese Auffassung sprechen auch die weiter vorn besprochenen Resultate der in Petrischalen ausgeführten Zuchten und die erstaunlich langsame Entwicklung der Embryonen während der besten Vegetationsperiode in den schon Ende April gelegten Eiern. Eine eingehendere Untersuchung des Phänomens konnte in diesem Zusammenhang nicht durchgeführt werden, und sie war auch nicht unbedingt erforderlich, besonders da schon die oben dargelegten Versuche gezeigt haben dürften, dass bei uns die Larven von *N. sertifer* nur ganz ausnahmsweise im gleichen Sommer schlüpfen, in dem die Eier gelegt worden sind.

Die Larve

N a h r u n g s p f l a n z e n. Ausser unserer einheimischen Kiefer (*Pinus silvestris* L.) sind in der Literatur zahlreiche andere Kiefernarten genannt worden, auf denen Larven von *N. sertifer* angetroffen worden sind (vgl. z.B. N i k l a s und F r a n z 1957, L y o n s 1964). Nach einer mündlichen Mitteilung von Forstmeister P. T i g e r s t e d t befrass *N. sertifer* während der hier in Frage stehenden Gradation in Mustila in Elimäki ausgesprochen die Murray-Kiefer (*P. contorta* Loud.) sehr stark. In nahe beisammen stehenden, gleichaltrigen (1927 angepflanzt) und gleicherweise behandelten Waldbeständen aus Murray-Kiefern und aus unseren einheimischen Kiefern waren die Frasschäden in den ersten deutlich schwerer (vgl. R i v e r s und C r o o k e 1962). Leichterer Befrass wurde in Mustila auch an der Banks-Kiefer (*P. Banksiana* Lamb.) beobachtet, während dagegen die Zirbelkiefer (*P. Cembra* L.) und die Rumelische Kiefer (*P. Peuce* Criseb.) im grossen ganzen verschont blieben. Aus früheren Jahren liegt, wie auf S. 12 erwähnt, eine Mitteilung über Frasschäden vor, die von den Larven der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Urjala in einem Zirbelkieferbestand angerichtet worden waren.

Im Sommer 1961 wurde in Punkaharju in einem Versuchsgebiet der Forstlichen Forschungsanstalt eine Untersuchung über das Auftreten von *N. sertifer* in einigen aus ausländischen Kiefernarten zusammengesetzten Waldbestände gemacht. Die Resultate sind bisher noch nicht veröffentlicht. In diesem Zusammenhang sei erwähnt (die Angaben hat Cand. d. Forstw. U. Rummukainen mir freundlich zur Verfügung gestellt), dass auch in Punkaharju die Murray-Kiefer am allerschlimmsten angegriffen war. Befrass war an allen Bäumen zu sehen, und im allgemeinen waren alle alten und nicht selten auch ein Teil von den neuen Nadeln abgenagt. Auch an allen Banks-Kiefern konnte Befrass festgestellt werden. Die Schäden waren aber leichterer Art und betrafen durchschnittlich nur die Hälfte von den alten Nadeln. In den *P. Mugo* Turra -Kulturen waren 25—100 % von den Bäumen befallen, aber der Befrass war noch leichter als bei der vorgenannten Kiefernart. In den *P. Cembra* - und *P. Peuce* -Beständen waren die Schäden ganz unbedeutend. In manchen Waldungen waren aber doch ziemlich zahlreiche Bäume befressen worden.

Gelegentlich befressen die Larven auch Nadeln der Fichte (Gäbler 1940, Forsslund 1945). Auch aus Süd-Pohjanmaa wurde berichtet, im Sommer 1962 seien Larven (deren Artbestimmung freilich nicht bestätigt ist) in zwei Fällen auf kleinen, in Kiefernbeständen wachsenden Fichten gefunden worden. Diese Beobachtungen kamen aus Gebieten, wo die Kalamität sehr schwer war, und die Larven massenhaft auftraten, und es handelte sich hier offenbar gewissermassen um eine »Notnahrung», oder um Larven, die von den grossen Bäumen heruntergefallen waren. (Die Larven sollen sogar an den Telegrafenmasten herumgekrochen sein!)

Larvenstadien. Wie bei den meisten Diprioniden hat auch bei *N. sertifer* das Weibchen ein Larvenstadium mehr als das Männchen, das erstere fünf, das letztere vier; gelegentlich können beide Geschlechter noch ein »überzähliges» Stadium durchmachen (Lyons 1964). Hierauf folgt vor den Kokonstadien noch das sog. »Einspinnstadium», wo die Larve nicht mehr frisst, und wo sie ihren Kokon spinnt. Infolge dieser Unterschiede in der Entwicklung gehen die männlichen Larven zum Einspinnen früher auf den Boden als die weiblichen, was beim Sammeln von Material zu berücksichtigen ist, und was auch vom Gesichtspunkt der Populationsdynamik ins Gewicht fällt.

Da bisher aus unserem Lande keine Angaben über die Grösse der Larven in verschiedenen Stadien vorlagen, m.a.W. über die Breite der Kopfkapsel und die Länge der Larve, nahmen wir derartige Messungen 1964 an Material aus Kauhajoki vor, 1965 an in Vehmaa und Laanila gesammeltem Material sowie 1966 an Material aus Isojoki. (Die Proben aus Laanila hat grösstenteils der Schüler Jouni Myllymäki gesammelt.) Die Entwicklung der Larven ging in den fraglichen Gegenden in den genannten Jahren sehr

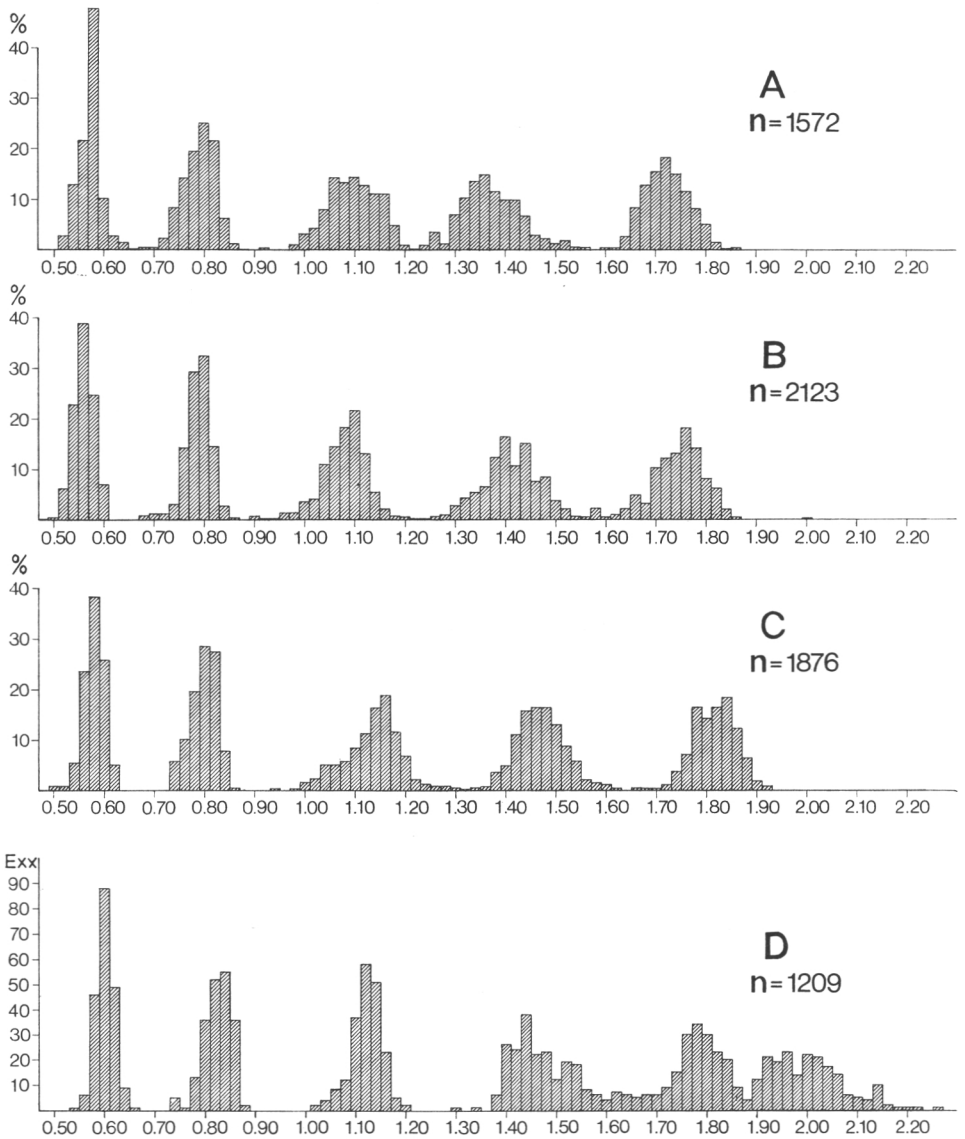


Abb. 9. Verteilung der Kopfkapselbreite der Larven von *N. sertifer* in einigen Materialien. A.Laanila 1965, B. Kauhajoki 1964, C. Vehmaa 1965, D. Isojoki 1966.
Kuva 9. Ruskean mäntypistiäisen toukkien pääkopan leveyden jakautuminen eräissä aineistoissa. A. Laanila 1965, B. Kauhajoki 1964, C. Vehmaa 1965, D. Isojoki 1966.

unterschiedlich vor sich. Eine allgemeine Übersicht von der Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven vermittelt Abb. 10.

Die Breite der Kopfkapsel wurde an dem aus Kauhajoki stammenden Material mit dem »Visopan» -Gerät von Reichert gemessen, die übrigen Proben mit dem Projektionsmikroskop Modell 4014/BAE von Projectina. Die

Länge der Larven wurde mit einem gewöhnlichen Millimetermass mit 0.5 mm Genauigkeit gemessen. Die Resultate der Messungen von Kopfkapseln sind dargestellt in Säulendiagrammen, wo der Grössenklassenabstand 0.02 mm beträgt (Abb. 9).

Aus Abb. 9 ist ersichtlich, dass in den Materialien aus Laanila, Kauhajoki und Vehmaa im allgemeinen fünf Larvenstadium auftraten. Unter mehr als 5 000 Larven befand sich nur eine, die mit aller Wahrscheinlichkeit das L_6-Stadium repräsentierte (Breite der Kopfkapsel 2.00 mm). Die verschiedenen Stadien sind ziemlich scharf voneinander abgegrenzt; vielleicht nur in Laanila die Stadien L_3 und L_4 und in Kauhajoki L_4 und L_5 überschneiden einander in grösserem Ausmass. Offenbar bestand zwischen den Geschlechtern auch im L_4 - Stadium kein wesentlicher Unterschied, obwohl das Diagramm von Kauhajoki für diesen Teil zwei Gipfel hat. Das Material aus Isojoki weicht von den übrigen ganz wesentlich ab. Erstens einmal enthält es ziemlich zahlreich L_6-Larven, und zweitens haben offenbar auch manche männliche Larven ein »überzähliges» Stadium durchlaufen. Ausserdem bestanden in der Kopfkapselbreite wahrscheinlich auch Unterschiede zwischen den Geschlechtern in den letzten Larvenstadien, weshalb sich die letzteren bloss aufgrund der Messungsergebnisse nicht genügend exakt voneinander abtrennen lassen. Die Kopfkapselbreite in den verschiedenen Larvenstadien wies folgende Mittelwerte auf (An dem Material von Isojoki konnten die Mittelwerte aus den obigen Gründen nur betreffs der drei ersten Stadien berechnet werden):

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
			mm		
Laanila ...	0.57 ± 0.003	0.78 ± 0.002	1.09 ± 0.004	1.37 ± 0.004	1.72 ± 0.002
Kauhajoki	0.56 ± 0.001	0.79 ± 0.002	1.08 ± 0.002	1.43 ± 0.003	1.74 ± 0.004
Vehmaa ...	0.58 ± 0.001	0.79 ± 0.002	1.13 ± 0.003	1.47 ± 0.002	1.81 ± 0.003
Isojoki	0.60 ± 0.001	0.82 ± 0.002	1.12 ± 0.002	—	—

In dem Material aus Kauhajoki ist die Kopfkapselbreite der L_3-Larven beträchtlich kleiner als in den anderen aus Südfinnland stammenden Materialien. Da die Larven in dem Jungpflanzenbestand, wo die Proben gesammelt worden waren, im Lauf des Sommers grösstenteils an der Virose zugrunde gingen, liegt der Gedanke nahe, der schlechte Gesundheitszustand könnte vielleicht auch ihre Grösse beeinflusst haben (vgl. Schwerdtfeger 1936). Im gleichen Sommer wurden in Kauhajoki jedoch noch zwei Proben genommen, die haupsächlich L_3- und L_4-Larven enthielten (100 + 179 Stück), und zwar in einem solchen Jungwuchsbestand, wo keine an der Virose gestorbenen Larven gefunden worden waren. Es zeigte sich, dass diese Stadien eine durchschnittliche Kopfkapselbreite von 1.08 und 1.44 mm hatten. Die Grössedifferenzen zwischen den Larven dieser zwei Populationen waren in diesen Stadien also ganz minimal.

In einer in Laanila am 26. VII. 1966 im gleichen Waldbestand wie 1965 gesammelten Partie Larven (284 Stück) ergab sich für die durchschnittliche Breite der Kopfkapsel im L_4-Stadium 1.40 mm und im L_5-Stadium 1.76 mm. Im Vergleich zum vorherigen Sommer waren die Larven also deutlich grösser. Da der Sommer 1965 ungewöhnlich kalt gewesen war, 1966 dagegen relativ warm (vgl. S. 66), darf man wohl annehmen, dass die Witterungsverhältnisse direkt oder indirekt ausser dem Entwicklungstempo der Larven auch ihre Grösse beeinflusst hatten.

Die Mittelwerte in der obigen Zusammenstellung sind im Vergleich zu den Resultaten von Schönwiese (1935) (0.61, 0.79, 1.20, 1.64 und 1.95) mit Ausnahme der beiden ersten Stadien ziemlich viel kleiner. Bedeutend weniger weichen sie dagegen von den von Schwerdtfeger (1936) publizierten Mittelwerten (0.57, 0.72, 1.15, 1.51 und 1.75 mm) ab, und desgleichen von Eliescus (1932) an Larven von *Diprion pini* erhaltenen Messungsergebnissen (0.544, 0.748, 1.088, 1.428 und 1.802 mm). Wenn das erste Larvenstadium ausser acht gelassen wird, wächst die durchschnittliche Kopfkapselbreite entweder im grossen ganzen (Laanila und Kauhajoki) oder ganz linear (Vehmaa) wie im allgemeinen bei den Diprioniden (vgl. Eidmann 1962). Die Zunahme der Breite vom L_2-Stadium an betrug in dem Material aus Laanila 0.28—0.35 mm, in Kauhajoki 0.29—0.35 mm und in Vehmaa 0.34 mm.

Die Resultate der Längenmessungen an den Larven sollen nur für die Materialien aus Kauhajoki und Vehmaa angegeben werden. Die Mittelwerte und die Extremwerte von der ganzen Körperlänge der verschiedenen Larvenstadien waren folgende (das Material umfasst 3 609 in Alkohol konservierte Larven):

		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
				mm		
Mittelwert:	Kauhajoki	3.5	6.0	10.0	14.0	17.5
	Vehmaa	3.0	7.0	9.5	14.5	19.0
Extremwerte:	Kauhajoki	2.0—5.0	3.0—8.5	6.0—13.5	9.0—18.5	11.0—23.0
	Vehmaa	1.5—4.5	4.0—8.5	5.0—13.5	9.0—19.5	14.0—24.0

Da die Körperlänge der Larven stetig in jedem Larvenstadium bis zum »Einspinnstadium» wächst (die Differenz zwischen dem fünften und sechsten Stadium ist aber wahrscheinlich sehr gering). und nicht so konstant ist wie die Kopfkapselbreite, ist die Grösse der in den verschiedenen Stadien erhaltenen Mittelwerte natürlich weitgehend davon abhängig, ob das Material im Lauf längerer Zeit oder nur in der Anfangs- oder Endphase der verschiedenen Stadien gesammelt worden ist. Sicherlich schon aus diesem Grunde weichen die obigen Mittelwerte und die in der Literatur publizierten Werte (Schönwiese 1935, Schwerdtfeger 1936) namentlich betreffs der älteren Stadien beträchtlich voneinander ab. Ausgesprochen in den älte-

ren Stadien ist die absolute Schwankung der Länge ganz erheblich. So gehörten z.B. in dem Material aus Kauhajoki die 11.0—13.5 mm langen Larven, deren Gruppierung in verschiedene Stadien aufgrund der Kopfkapselbreite kaum Schwierigkeiten machte, entweder zum Stadium L_3, L_4 oder L_5. Die Larvenlänge ist also wirklich ein sehr unzuverlässiges Kriterium zur Unterscheidung der verschiedenen Stadien.

Das Schlüpfen der Larven. Der Zeitpunkt, zu dem die Larven der Roten Kiefernbuschhornblattwespe schlüpfen, ist selbstverständlich im höchsten Grade abhängig von den Temperaturverhältnissen im Frühling und Frühsommer. Im Jahre 1966 konnte das Schlüpfen — z.T. allerdings nur in sehr kleinem Rahmen — in Laanila, Ikaalinen (Jauli) und Ruotsinkylä verfolgt werden, und zwar in jeder Ortschaft in einem Jungwuchsbestand, wo oder in dessen Nachbarschaft im gleichen Jahr mindestens seit März laufend auch Messungen der Lufttemperatur in einer Wetterhütte in 2 m Höhe gemacht worden waren. (Die betreffenden Temperaturobservationen haben die Meteorologische Zentralanstalt sowie Cand. d. Forstw. T. Kurkela und Cand. phil. E. Annila mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt.)

In Laanila wurde am 19. VI keine einzige Larve gefunden, während an allen am nächsten Tag kontrollierten Eigruppen schon ein grosser Teil von den Larven geschlüpft war. (Die genannten Tage waren für die dortigen Verhältnisse ungewöhnlich warm, mittlere Temperatur 21.8° und 21.9°C.) In Ikaalinen waren die ersten Larven in zwei kontrollierten Eigruppen am 7. VI geschlüpft, und in Ruotsinkylä in zwei Gruppen am 31. V und in einer dritten am 3. VI. In den letztgenannten Ortschaften war der Eibelag sehr schwach, und die Beobachtungen waren zahlenmässig deswegen notgedrungen sehr klein.

Rechnet man vom Anfang des Jahres 1966 die mittleren Tagestemperaturen, soweit sie +5°C überschritten, zusammen, so zeigt sich, dass die so erhaltene Temperatursumme (vgl. z.B. Sarvas 1965) in Laanila am 19.VI (dieser Tag mitgerechnet) 149.7 d.d. (degree days) betrug, in Ikaalinen am 6. VI. 150.9 d.d. sowie in Ruotsinkylä am 30. V. 136.4 d.d. und am 2. VI. 150.5 d.d. (Der »Schwellenwert» +5° C dürfte passend sein, weil — wie folgende Beobachtung zeigt — die Embryonalentwicklung wenigstens in der auf die Überwinterung folgenden Phase schon bei dieser Temperatur sehr langsam vor sich geht. Von den Eiern, die den ganzen Herbst im Freien gewesen waren, und die am 29. XI. 1965 in Petrischalen in eine Temperatur von +5°C gebracht wurden, war am 27. V. 1966 noch keine einzige Larve geschlüpft. Die Zucht musste dann aufgegeben werden.) In Ruotsinkylä befand sich besonders die eine von den zwei Gruppen, in denen schon am 31. V Larven angetroffen wurden, an einem besonders günstig exponierten Platz auf einem südwärts abfallenden Felsen.

Da die Embryonen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in etwas verschiedenen Entwicklungsstadien überwintern, hängt das Schlüpfen der Larven wenigstens theoretisch nicht allein von den Witterungsverhältnissen im Frühjahr, sondern auch vom Wetter im Herbst und vom Zeitpunkt des Schwärmens ab. Dessenungeachtet waren die Differenzen zwischen den bis zum Schlüpfen der ersten Larven berechneten Temperatursummen in Ruotsinkylä und Laanila, die immerhin ziemlich weit auseinander liegen, also recht gering. Zeitlich berechnet war der Unterschied dagegen ganz beträchtlich, nämlich etwa drei Wochen.

Im Sommer 1965 wurden in Laanila ziemlich viele L_1-Larven sogar noch am 21. VII angetroffen. Diese an sich unerwartete Erscheinung ist (ausser durch die äusserst niedrigen Temperaturen im Juli) dadurch erklärlich, dass in diesem Jahr die in der obigen Weise berechnete Temperatursumme in Laanila den Wert von über 150 d.d. erst am 6. VII erreichte, und über 140 d.d. am 4. VII. Im gleichen Jahr wurden in Suomusjärvi noch am 5. VI keine Larven gesehen, aber in den damals gesammelten, im Freien verwahrten Probe setzte das Schlüpfen am folgenden Tage ein. Im Schlüpfen der Larven bestand zwischen Laanila und dem südlichsten Finnland in diesem Jahr wahrscheinlich ein Zeitunterschied von etwa vier Wochen.

Als Beispiele für die Dauer des Schlüpfens mögen folgende Beobachtungen angeführt werden, die im Sommer 1964 in Kauhajoki Karhukangas und im Sommer 1966 in Isojoki Koppelonmäki gemacht worden sind. In Kauhajoki wurde das Schlüpfen der *N. sertifer* -Larven an 65 Eigruppen verfolgt, die im allgemeinen auf ziemlich grossen Kiefernpflanzen in folgenden, bezüglich ihrer Exposition etwas verschiedenen Waldbeständen lagen: (1) eine ziemlich kleine Verjüngungsfläche, wo die Samenbäume gefällt waren, (2) ein jüngerer, ziemlich schütterer Stangenkiefernbestand, (3) Nordrand eines lückig bestandenen Reisermoors, (4) unter einem Kiefernbestand mittleren Alters und in kleineren Lücken sowie (5) Nordhang eines Hügels in einem ziemlich jungen Kiefernbestand. Das Schlüpfen der Larven wickelte sich in diesen Waldbeständen folgendermassen ab:

Datum	1.	2.	3.	4.	5.	Durchschnitt
			Larven geschlüpft %			
4. VI	30.6	14.3	16.1	17.2	1.8	16.0
7. VI	48.1	68.1	71.9	71.3	42.9	60.4
10. VI	60.8	94.2	88.0	93.1	72.9	81.8
14. VI	98.4	99.3	98.4	100.0	98.5	98.9

Bei der ersten, am 3. VI vorgenommenen Kontrolle, die nur die zwei erstgenannten Waldbestände betraf, ergab sich, dass 22.4 und 8.7 % von den Larven geschlüpft waren. Das Schlüpfen musste demgemäss also mindestens am 2. VI eingesetzt haben. Die letzten Larven schlüpften in den verschiede-

nen Waldbeständen am 13.—18. VI, und der Zeitunterschied zwischen den ersten und letzten war somit etwa 16 Tage. Leider standen uns von Kauhajoki und auch von den benachbarten Gegenden keine Temperaturbeobachtungen zur Verfügung. In Ähtäri, etwa 100 km ostwärts von Kauhajoki, war die Temperatursumme am 3. VI 134.3 d.d. Aufgrund der Werte aus Ähtäri (die Prof. R. Sarvas mir freundlich zur Verfügung gestellt hat) betrug der Mittelwert der Temperatursummenverteilung 146 d.d. und die Standardabweichung der Verteilung 15 d.d.

In Isojoki Koppelonmäki handelte es sich um einen auf einer ziemlich ebenen CT-Heide wachsenden, ca. 2—4 m hohen Kiefernjungwuchs. Das Schlüpfen der Larven wurde an 26 Eigruppen verfolgt, wobei folgendes festgestellt wurde (einige an Zwischentagen gemachte Beobachtungen sind weggelassen, wie auch in der vorigen Zusammenstellung):

Datum	Larven geschlüpft %
5. VI	3.9
7. VI	23.0
8. VI	56.6
10. VI	97.3

Den im gleichen Jahre gemachten Messungen gemäss war die Temperatursumme in Ähtäri am 4. VI 138.2 d.d. Unter Zugrundelegung der hier erhaltenen Werte ergibt sich für den Mittelwert der Temperatursummenverteilung beim Schlüpfen 156 d.d. (Standardabweichung 10 d.d.). Isojoki liegt ca. 150 km WSW-wärts von Ähtäri. Das Schlüpfen nahm hier im ganzen 8 Tage in Anspruch, also bedeutend weniger Zeit als in Kauhajoki. Dies hängt teilweise damit zusammen, dass in Isojoki die Beobachtungen nur in einem Waldbestand gemacht wurden, in Kauhajoki dagegen an verschiedenen, bezüglich ihrer Exposition voneinander abweichenden Plätzen. Auch war die Witterung in der ersten Junihälfte in den fraglichen Jahren etwas verschieden. Die Temperatursumme 140 d.d. wurde in Ähtäri in beiden Jahren am 5. VI erreicht, aber die hierauf folgende Zeitspanne war 1964 bedeutend kühler als 1966 (die Temperatursummen waren am 15. VI. 1964 213.0 d.d. und am 15. VI. 1966 250.9 d.d.).

Den Zeitpunkt des Schlüpfbeginns kann man offenbar ziemlich genau aufgrund der Temperatursumme bestimmen. Die bisherigen Beobachtungen sind noch recht spärlich, sie deuten aber darauf hin, dass das Schlüpfen in grösserem Umfange zumeist erst einsetzt, wenn die in der auf S. 61 beschriebenen Weise berechnete Temperatursumme 140 d.d. überschritten hat (vgl. Kapler und Benjamin 1960). Verallgemeinernd lässt sich sagen, dass die ersten Larven der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Südfinnland gewöhnlich erst Anfang Juni zu sehen sind, in warmen Frühlingen (oder an temperaturmässig sehr günstigen Stellen) schon Ende Mai. Auch im gleichen

Waldbestand beträgt die Differenz zwischen dem Schlüpfzeitpunkt der zuerst und der zuletzt geschlüpften Larven, abhängig zuvörderst von der Witterung, etwa 1—2 Wochen. In den nördlichsten Teilen unseres Landes setzt das Schlüpfen 3—4 Wochen später ein als im südlichsten Finnland, in manchen Jahren sogar erst im Juli. Zum Schluss möge noch hervorgehoben werden, dass die oben dargelegten Resultate auf Beobachtungen in Jungwüchsen beruhen; auf grossen Bäumen konnte das Schlüpfen der Larven wegen technischer Schwierigkeiten nicht verfolgt werden.

Geschwindigkeit der Entwicklung. An dem für die Messung der Kopfkapselbreite gesammelten Material wurden auch die relativen Anteile der verschiedenen Larvenstadien an einem jeden Probenahmetag bestimmt. Auf diese Weise konnte ein Bild von der Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven in den fraglichen Populationen gewonnen werden.

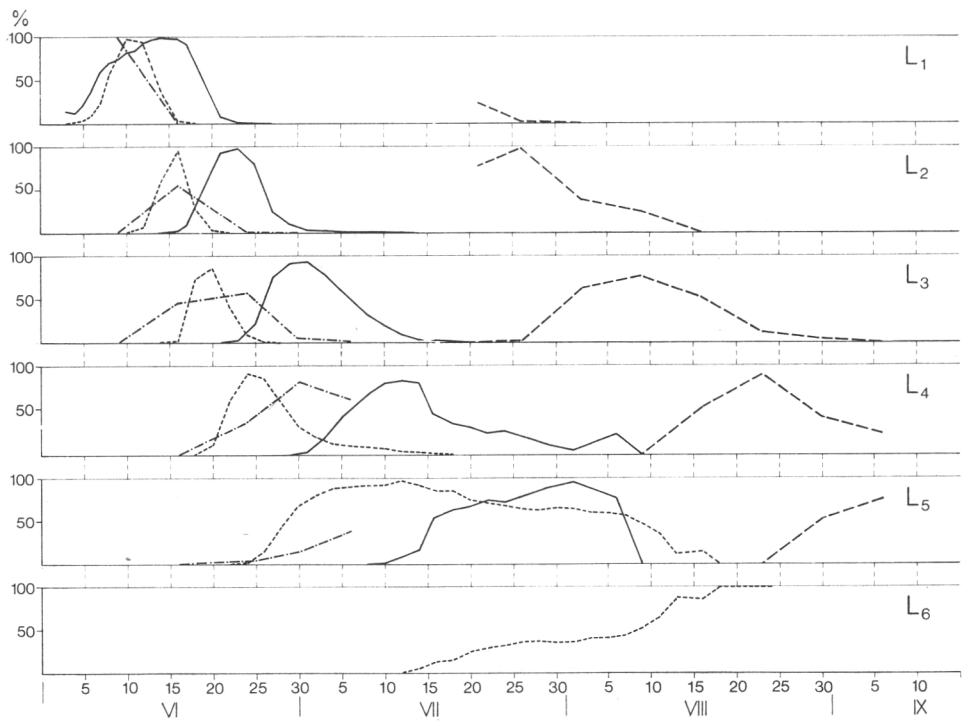


Abb. 10. Vorkommen der verschiedenen Larvenstadien in Kauhajoki 1964 (———), Vehmaa 1965 (. — . — .), Laanila 1965 (— — —) und Isojoki 1966 (- - - - -). Das Eistadium ist weggelassen. Die angegebenen prozentualen Anteile sind aber doch von der Gesamtanzahl der schon geschlüpften Larven und der noch im Eistadium befindlichen Individuen berechnet. (Genaueres im Text.)

Kuva 10. Eri toukka-asteiden esiintyminen Kauhajoella 1964 (———), Vehmaalla 1965 (. — . —.), Laanilassa 1965 (— — —) ja Isojoella 1966 (- - - - -). Muna-aste on jätetty pois. Esitetyt prosenttiset osuudet on kuitenkin laskettu jo kuoriutuneiden toukkien ja vielä muna-asteella olleiden yksilöiden kokonaismääristä. (Kts. lähemmin tekstistä.)

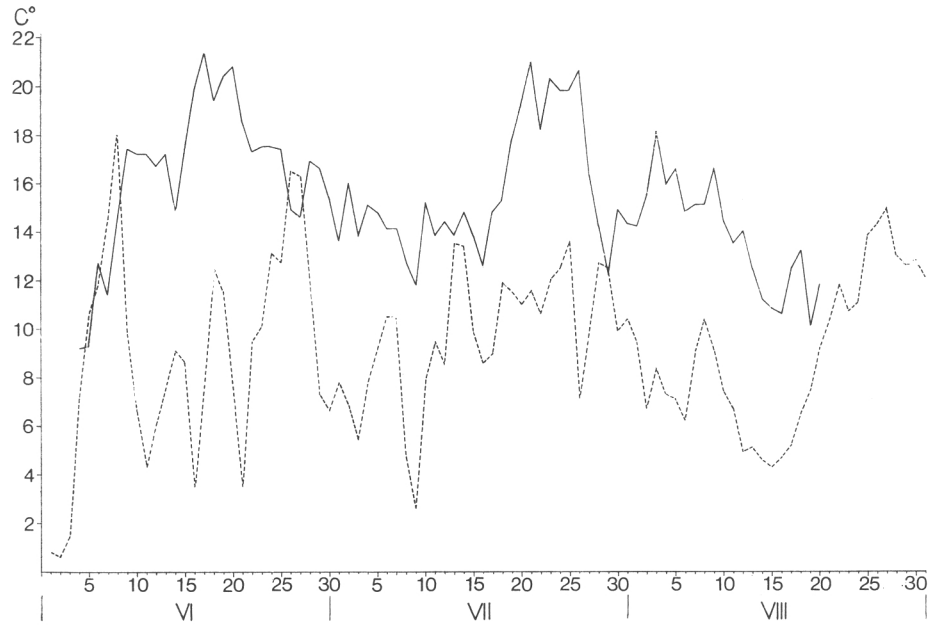


Abb. 11. Die mittleren Tagestemperaturen in Laanila 1. VI—31. VIII. 1965 (- - - - -) und Isojoki 3. VI—20. VIII. 1966 (———).

Kuva 11. Vuorokauden keskilämpötilat Laanilassa 1. VI—31. VIII. 1965 (- - - - -) *ja Isojoella 3. VI—20. VIII. 1966* (———).

In Kauhajoki und Isojoki machten wir ausserdem noch laufend Kontrollen; die in den auf S. 62 erwähnten Eigruppen geschlüpften Larven wurden in Kauhajoki anfänglich jeden Tag kontrolliert, später jeden zweiten oder dritten Tag, in Isojoki regelmässig jeden zweiten Tag, wobei sie nach dem Augenmass in die verschiedenen Larvenstadien eingeteilt wurden. Aufgrund der Messungsergebnisse an den gleichzeitig (obschon seltener) genommenen Proben konnte die Zuverlässigkeit der nach dem Augenmass vorgenommenen Einteilung nachgeprüft werden, und mit Hilfe der laufenden Kontrollen ergab sich ein eingehenderes Bild von der Entwicklung der Larven. Wir haben daher in Abb. 10, wo die Geschwindigkeit der Larvenentwicklung in den fraglichen Gegenden angegeben ist, für Kauhajoki und Isojoki die in der letztgenannten Weise gesammelten Beobachtungsreihen zugrunde gelegt. In Laanila und Vehmaa wurden die Larvenproben in Abständen von ungefähr einer Woche genommen. Die Darstellung ist in diesen Punkten also ziemlich schematisch, was man in Betracht ziehen muss, wenn man die Zeitpunkte betrachtet, zu denen das Auftreten der verschiedenen Larvenstadien einsetzte. In Laanila wurden die Proben auf Jungpflanzen gesammelt, die in einem alten, ziemlich schütteren Kiefernbestand wuchsen, in Vehmaa auf Jungwüchsen in den Lücken eines Kiefernwaldes auf einer felsigen Heide.

Eine gewisse Gesamtauffassung von den Temperaturverhältnissen der fraglichen Sommer gibt die Abb. 6 (S. 40). Abb. 11 zeigt ausserdem noch die

mittleren Tagestemperaturen der Sommermonate in Laanila vom Jahre 1965 und in Isojoki vom Jahre 1966. Betreffs Laanila fusst die Darstellung auf den von der Meteorologischen Zentralanstalt erhaltenen Werten (Observationsplatz ca. 200 m von dem Waldbestand entfernt, wo die Proben gesammelt wurden), betreffs Isojoki auf den in dem fraglichen Jungwuchsgebiet in einer Wetterhütte gemachten Thermographobservationen.

Aus Abb. 10 ist ersichtlich, dass das Entwicklungstempo der Larven an den verschiedenen Beobachtungsstellen verblüffend unterschiedlich war. Am allermerkwürdigsten verlief die Entwicklung in Laanila, wo die erste Probe leider erst am 21. VII genommen wurde, als die Larven grösstenteils schon im zweiten Stadium waren. Wie vorn (S. 62) schon besprochen worden ist, hatte das Schlüpfen wahrscheinlich erst ungefähr am 5.—6. VII eingesetzt und war dann offenbar bis über Mitte Juli hinaus weitergegangen. Auch hiernach noch ging die Entwicklung sehr träge vonstatten. Noch am 26. VII waren 2.0 % von der Probe L_1-Larven. Am gleichen Tage wurden freilich auch schon die ersten L_3-Larven gefunden, aber danach wurde dieses Stadium mehr als einen Monat lang bis zum 30. VIII gesehen. L_4-Larven traten in grösserem Umfang erst am 23. VIII auf, und die ersten L_5-Larven wurden spät angetroffen, erst in der am 30. VIII genommenen Probe. Noch im September sassen Larven auf den Bäumen, die letzten — sowohl L_4- wie L_5-Larven — wurden am 26. IX beobachtet. (Die Resultate der drei letzten Proben sind wegen der Kleinheit des Materials in der Darstellung weggelassen.) Im Sommer 1966 wurde im gleichen Waldbestand am 26. VII aufs Geradewohl eine Probe von 284 Larven genommen, worin die verschiedenen Larvenstadien folgendermassen vertreten waren: L_3 1.4 %, L_4 63.7 % und L_5 34.9 %. Demgemäss waren die Larven ungefähr auf der gleichen Entwicklungsstufe wie Ende August 1965, m.a.W. die Entwicklung war 1966 in etwa einen Monat kürzerer Zeit abgelaufen als 1965.

Wie schon aus Abb. 11 ersichtlich ist, war der Sommer 1965 in Laanila ausserordentlich kalt (und ausserdem noch regnerisch). Warme Tage gab es wenig, und z.B. im Juli stieg die mittlere Tagestemperatur nur an drei Tagen über 13°C. Die mittleren Temperaturen von Mai bis August waren 1965 folgende: —0.1°, 8.9°, 9.8° und 8.9°, 1966 entsprechend 2.3°, 10.8°, 13.2° und 8.8°. Der Sommer 1966 war also, was Juni und Juli betrifft, bedeutend wärmer, zeitweilig geradezu heiss. Da die Larven von *N. sertifer* nach Sullivan (Lyons 1964) zu fressen aufhören, wenn die Lufttemperatur unter 6°C sinkt oder die relative Luftfeuchtigkeit über 70 % ansteigt, liegt es auf der Hand, dass die langsame Entwicklung der Larven in Laanila im Sommer 1965 ausschlaggebend durch die ungünstigen Wetterverhältnisse bedingt gewesen sein muss.

Auch in Isojoki verlief die Entwicklung in manchen Punkten sehr eigentümlich. Anfänglich entwickelten die Larven sich rascher als an den anderen

Beobachtungsplätzen. Der Anteil der ersten Larvenstadien war an folgenden Zeitpunkten am grössten: L_1 am 10. VI (97.3 %), L_2 am 16. VI (95.6 %), L_3 am 20. VI (85.0 %) und L_4 am 24.VI (90.0 %). Die zeitlichen Differenzen zwischen dem zahlreichsten Auftreten der verschiedenen Stadien betrugen also nur 4—6 Tage, und z.Zt. der Sonnwende hatte es auch den Anschein, dass die Larven spätestens in den ersten Julitagen zum Einspinnen auf den Boden kämen. Das war aber nicht der Fall, sondern das L_4-Stadium wurde bis Mitte Juli angetroffen und das L_5-Stadium vom 24. VI an bis zum 16. VIII, also fast zwei Monate lang. Ausserdem stellten sich Mitte Juli auch noch L_6-Larven ein, von denen eine noch am 24. VIII auf dem Baum sass, wonach die Beobachtungen eingestellt wurden. Freilich war schon am 16. VII die Anzahl der noch auf den Bäumen sitzenden, lebenden Larven auf 6.7 % gesunken, berechnet von der Zahl der aus den Eiern geschlüpften Larven (= ca. 15 % von den bis zum Kokonstadium entwickelten Exemplaren).

Im Juni 1966 war in Westfinnland die Temperatur 2—3° höher als der langfristige Mittelwert (vgl. Abb. 6), die Niederschlagsmenge in Isojoki im Juni nur 10 mm (1931—60 durchschnittlich 54 mm) (Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1966), und auch um die Monatswende Juni—Juli trat keine wesentliche Verschlechterung der Wetterlage ein (vgl. Abb. 11). Die Witterungsverhältnisse waren also für die Entwicklung der Larven ungewöhnlich günstig.

L_6-Larven wurden im gleichen Jahr auch in Kauhajoki Nummikangas in einer kleinen Probe vom 13. VIII angetroffen, und vermutlich ist dieses Stadium auch in Taivassalo aufgetreten, wo trotz des warmen Sommers mindestens noch am 18. VII. 66 manche Larven an den Bäumen sassen. Aus den anderen Jahren liegen nur zwei durch Kopfkapselmessungen bestätigte Beobachtungen vor: in einer kleinen Probe von Larven verschiedener Kiefernbuschhornblattwespen-Arten, die Anfang August 1959 in den Kiefernspannergebieten von Taipalsaari genommen worden war, repräsentierten alle *N. sertifer* -Larven das L_6-Stadium, und in dem im Sommer 1964 in Kauhajoki für die Larvenmessungen gesammelten Material befand sich eine Larve dieses Stadiums. Auch der Sommer 1959 war wärmer als durchschnittlich.

Worauf das Auftreten der »überzähligen» Larvenstadien und die damit verknüpfte Verzögerung der Entwicklung — eine Erscheinung, die bei der Roten Kiefernbuschhornblattwespe m.W. früher nicht beobachtet worden ist — beruht, lässt sich aufgrund der bisherigen Beobachtungen nicht erklären. Schwenke (1964) hat ähnliche Beobachtungen an Larven der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe veröffentlicht: die schon im Juli ausgewachsenen Larven blieben auch danach noch 2—3 Monate lang auf den Bäumen, in welcher Zeit sie wenig oder überhaupt nicht frassen. Nach Schwenke handelte es sich um einen durch Diapause verursachten Stillstand der Entwicklung.

Was die Larvenentwicklung in Kauhajoki 1964 und in Vehmaa 1965 anbelangt, so beruhen die Differenzen der Entwicklungsgeschwindigkeit (auch im Vergleich zu dem in Isojoki gesammelten Material) mindestens bis zum dritten Larvenstadium — vielleicht teilweise auch noch im L_4-Stadium — vermutlich zu einem beträchtlichen Teil auf den unterschiedlichen Wetterverhältnissen in den fraglichen Sommern. Die Junitemperatur entsprach 1964 nämlich in Westfinnland trotz des kühlen Beginns ungefähr dem langfristigen Mittelwert, 1965 war sie etwas höher, während der Juli in dem erstgenannten Jahr ein wenig, in dem letzteren ganz erheblich kälter war. Ausserdem muss allerdings berücksichtigt werden, dass die verzögerte Entwicklung der Larven in Kauhajoki z.T. vermutlich auch mit dem schlechten Gesundheitszustand der Larven zu tun hatte. Auf den Jungwuchsflächen, wo die Proben gesammelt wurden, starb nämlich ein beträchtlicher Teil der Larven im Lauf des Sommers an der Virose. In Vehmaa musste das Sammeln von Proben leider schon am 6. VII eingestellt werden, als die meisten Larven noch auf den Bäumen sassen, weshalb uns über den Ausgang des Larvenstadiums nichts bekannt ist.

Bezüglich anderer als der in Abb. 10 dargestellten Beobachtungen sei erwähnt, dass im Sommer 1961 laut Angaben von vieler Seite die Larven schon Ende Juni oder gleich Anfang Juli sich auf den Boden niederliessen. In dem kalten Sommer 1962 wurden ganz allgemein noch Mitte Juli Larven an den Bäumen gefunden.

In den fraglichen Jahren wurden Larven von *N. sertifer* im Freien also von Ende Mai bis sogar Ende September angetroffen, d.h. im Laufe von fast vier Monaten. An den verschiedenen Untersuchungsstellen ging die Entwicklung der Larven in sehr unterschiedlicher Weise vonstatten, und sie war ganz offensichtlich nicht bloss von den Wetterverhältnissen allein abhängig, sondern z.T. auch von vorläufig unbekannten Faktoren. Soviel kann man jedenfalls sagen, dass die Larven in Südfinnland am häufigsten Anfang Juli auf den Boden gehen, so dass Mitte Juli meistens nur noch ein ganz geringer Teil von den Larven auf den Bäumen sitzt. Im nördlichsten Finnland schwankt der Zeitpunkt, zu dem die Larvenzeit abgeschlossen ist, von Ende Juli bis September.

Die Kokonstadien

Die Grösse der Kokons. Bekanntlich sind bei den Kiefernbuschhornblattwespen die Kokons der Weibchen im allgemeinen grösser als die der Männchen. Aufgrund von Messungen an einigen hundert Kokons haben wir feststellen können, dass die Kokons hinsichtlich ihrer Grösse ziemlich deutlich in zwei Gruppen zerfallen. Exemplare, deren Geschlechtsbestim-

mung aufgrund der Kokongrösse ungewiss ist, sind in den gewöhnlichen Kokonmaterialien offenbar nur ein paar Prozent enthalten. In manchen Fällen kann es sich jedoch auch anders verhalten.

Beispielsweise in Vehmaa und Kalanti wurden im Sommer 1965 Kokons beschafft, indem grosse Larven in Gazebeuteln gezüchtet wurden. Ein Teil von den Larven musste, als die Nadeln knapp wurden, wahrscheinlich hungern, und daher blieben vermutlich die am langsamsten entwickelten Weibchen im Wachstum zurück. Aus den Messungsresultaten ergab sich nämlich, dass die Extremwerte der Kokonlänge ungefähr die gleichen waren wie in den in früheren Jahren in Kauhajoki gesammelten Materialien, aber — ganz offenkundig eben wegen der grossen Schwankung in der Länge der weiblichen Kokons — die Einteilung des Materials in verschiedene Geschlechter war vollkommen unmöglich. Auch in dem aus Laanila nach dem sehr kalten Sommer 1965 erhaltenen Material war die Grenze zwischen ♂- und ♀-Kokons etwas unklar. (Auch diese Larven hatten ihre Kokons in Zimmertemperatur in Gazebeuteln gesponnen, wo sie aber nur ein paar Tage waren.)

Als Beispiel für die Länge und Breite der Kokons seien die Messungsergebnisse der in Kauhajoki 1963 (A) und in Taivassalo 1966 (B) gesammelten Materialien (Mittelwert und Extremwerte) angeführt:

		Länge	Breite
		mm	
A.	♂ (80 Exx.)	7.47 ± 0.037 (6.6— 8.2)	3.06 ± 0.017 (2.6—3.3)
	♀ (93 Exx.)	9.71 ± 0.043 (8.5—10.5)	4.07 ± 0.021 (3.5—4.5)
B.	♂ (166 Exx.)	7.79 ± 0.034 (6.4— 8.7)	3.14 ± 0.016 (2.6—3.7)
	♀ (215 Exx.)	9.74 ± 0.032 (8.8—11.0)	4.02 ± 0.014 (3.7—4.6)

Die 19 Exemplare mit sechs Larvenstadien, die in Isojoki im Sommer 1966 gesondert für sich gezüchtet wurden, hatten eine durchschnittliche Kokonlänge von 9.72± 0.094 mm und entsprechende Breite von 4.10± 0.048 mm.

Lage der Kokons im Gelände. Die Rote Kiefernbuschhornblattwespe spinnt sich den Literaturangaben gemäss gewöhnlich im Boden ein. Es kommt aber vor, dass manche Exemplare ihre Kokons im Gezweig der Bäume oder am Stamm in Rindenrissen anbringen. Es sind sogar Fälle bekannt, wo solche Kokons die Mehrheit ausmachten: Morris und Cameron (1935) berichten, in den von ihnen untersuchten Gebieten in Jugoslawien seien die Kokons fast ausschliesslich auf Bäumen gewesen (s. auch Bakke 1957, Styles 1959). Im allgemeinen ist ihre Zahl aber gering. Nach Lyons (1964) haben Untersuchungen in Kanada ergeben, dass ihr Anteil höchstens ca. 3 % ausmachte, Karu (1939) berichtet, in Estland seien 1938 nur 2—3 % von allen Kokons an Bäumen gewesen, und Niklas und Franz (1957) haben überhaupt keine Kokons auf Bäumen gefunden.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit ist die Zahl der auf Bäumen sitzenden Kokons nicht untersucht worden. Bei den zahlreichen Exkursionen, die in den Schadgebieten unternommen worden sind, und auch bei der Prüfung des umfangreichen, für die Untersuchung des Eistadiums gesammelten Zweigmaterials konnte jedoch beobachtet werden, dass solche Kokons nur ganz ausnahmsweise auftreten. In geringem Umfang wurden ganz intakte Kokons freilich unten am Stamm abgestorbener Bäume, zwischen der teilweise schon abgelösten dicken Borke und dem Splint gefunden, ja sogar in leeren Gängen der Bockkäferlarven. Zum grössten Teil liegen die Kokons also auch bei uns im Boden, gewöhnlich in der Humusschicht oder zwischen dieser und dem Mineralboden. (Nach einer mündlichen Mitteilung von Cand. d. Forstw. U. Rummukainen kamen 1961 jedoch auffällig viele Kokons an Bäumen vor — sogar auch an anderen Holzarten als an Kiefern — insbesondere in Moorwaldbeständen.) Hinsichtlich des Einspinnplatzes scheinen die Larven eine gewisse Auswahl zu treffen. In Laanila z.B., wo die Bodenvegetation hauptsächlich aus einer dünnen Flechtenschicht und niedrigen Zwergsträuchern besteht, waren auch rings um die ganz kleinen Pflanzen herum schwer Kokons zu finden, auch wenn diese im Sommer relativ dicht mit gesunden Larven besetzt gewesen waren. Andererseits wieder wurde im Sommer 1962, der sehr regnerisch war, beobachtet, dass die Kokons auf den im allgemeinen sehr flachen Heideböden von Süd-Pohjanmaa sich weitgehend in den Bülten am Fuss der Bäume und in der Umgebung der etwas über den Boden erhabenen dickeren Wurzeln angesammelt hatten. Auch normalerweise scheint die Kokondichte in den ausgewachsenen Kiefernbeständen, insbesondere wenn Kokons in grosser Zahl vorhanden sind, mit wachsendem Abstand zum nächsten Baum abzunehmen.

Geschwindigkeit der Entwicklung. Über die Geschwindigkeit der Entwicklung der Kokonstadien — Eonympha, Pronympha, Puppe und junge Imago — sind insbesondere in Kanada Untersuchungen gemacht worden (vgl. z.B. Lyons und Griffiths 1962, Wallace und Sullivan 1963, 1966), wobei festgestellt wurde, dass sie ausser von der Temperatur auch vom Zeitpunkt des Abschlusses des Larvenstadiums abhängig ist. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit konnte diesen Fragen nicht näher nachgegangen werden. Über das Auftreten der verschiedenen Kokonstadien haben wir aber eine Beobachtungsreihe ausgeführt, von deren Resultaten einiges hier dargelegt werden soll.

In Isojoki wurden am 22. VII. 1966 100 Kokons vom gleichen Sommer (50 ♂♂ + 50 ♀♀) aufgemacht. Die Hälfte von den darin enthaltenen Tieren setzten wir in »Kapseln», die aus zwei Kokonhälften zusammengesetzt waren, und die andere Hälfte in dünne, mit einem Wattebausch verschlossene Glasröhrchen. Beide Partien wurden auf dem Boden unter Moos verwahrt und jeden fünften Tag kontrolliert. (Die Schwankungen der Lufttempera-

tur in dem fraglichen Waldbestand sind auf Abb. 11 wiedergegeben.) Um die Beschaffung der für die Untersuchung benötigten Kokons zu erleichtern, hatten wir am 22. VI über ein paar Kiefernpflanzen, die mit grossen Larven besetzt waren, hohe Holzkisten ohne Boden gestülpt, die oben mit Gaze überspannt waren. Auch für den hier in Frage stehenden Versuch wurden die Tiere aus solcherart gewonnenem Material genommen, und sie hatten also, ehe die Kokons geöffnet wurden, einen Monat lang in Verhältnissen gelebt, die von der Natur etwas abwichen. Die Differenzen sind aber, mindestens was die Bodentemperatur betrifft, sicherlich sehr gering gewesen.

Schon als zum erstenmal Kokons aufgemacht wurden (22. VII), waren 40 % von den Insekten Pronymphen, und 3 % hatten bereits das Puppenstadium erreicht. Nach der Kontrolle am 27. VII entwickelte sich nur 1 Exemplar weiter zur Pronympha. (Nicht weniger als 33 Stück überlagen, und zwar waren interessanterweise 22 von diesen »eingekapselte» und nur 11 in Glasröhrchen verwahrte Exemplare.) Der Zeitpunkt, zu dem das Larvenstadium abgeschlossen war, ist bei den für den Versuch benutzten Exemplaren leider nicht genau bekannt, aber man darf jedenfalls annehmen, dass das Eonymphastadium frühestens erst etwa am 25. VI eingesetzt hat (vgl. Abb. 10). Demgemäss war auch das am langsamsten entwickelte Insekt höchstens ca. 35 Tage lang Eonympha, aber der grösste Teil von den untersuchten Exemplaren wahrscheinlich viel weniger als 30 Tage. Die erste Imago wurde am 3. VIII gefunden (vgl. auch Austarå 1966).

Das Überliegen. Das Überliegen, m.a.W. ein- oder mehrmaliges Überwintern der Kiefernbuschhornblattwespe im Kokon als Eonympha, ist nach Kangas (1941) eine bei *N. sertifer* in unseren Verhältnissen häufige Erscheinung, die auf den Verlauf der Gradation wahrscheinlich bedeutsamen Einfluss ausübt. Kangas (op.c.) hat bei seinen Untersuchungen gefunden, dass in einer im Sommer 1932 (aus Larven) gezüchteten Partie 47 % überlagen, und in einem im Spätsommer 1939 in Ostfinnland gesammelten Kokonmaterial 10—22 %.

Bezüglich der Angaben in der ausländischen Literatur sei in diesem Zusammenhang nur auf die von Pschorn-Walcher (1965) veröffentlichten Resultate verwiesen, die aus in verschiedenen Gegenden Europas gesammelten Materialien erhalten worden sind. Diesen Angaben gemäss ist die Zahl der Überlieger auf den Ebenen und in den tiefergelegenen Gebirgswäldern Mitteleuropas sehr gering (sogar unter 1 %), nimmt aber nordwärts sowie im Gebirge in den höheren Lagen zu. In den Hochgebirgen überwintert nicht selten die ganze Population im Kokon. Entsprechende Beobachtungen liegen auch aus den Gebirgsgegenden Japans vor (Pschorn-Walcher 1962). In manchen in Europa und Kanada durchgeführten Untersuchungen wiederum sind überhaupt keine Überlieger gefunden worden (Thalenhorst 1952, Lyons und Griffiths 1962, Wal-

lace und Sullivan 1963). Es ist auch beobachtet worden, dass die äusseren Zuchtverhältnisse, auch wenn sie von der Natur nur wenig abweichen, bei *N. sertifer* und auch bei manchen anderen Diprioniden im allgemeinen zu einer Zunahme der Überlieger führen (vgl. z.B. Besemer 1942, Sturm 1942, Schwenke 1964).

Die absolute Anzahl der Überlieger (Stück/m²) in den 1960—1965 für die vorliegende Untersuchung gesammelten Materialien ist für die Gebiete der einzelnen Bezirksforstämter in Tabelle 2 angegeben. Da die in verschiedenen Jahren erzielten Resultate sich schwer ohne weiteres miteinander vergleichen lassen, sei hier noch angegeben, wie viele Überlieger in den im ganzen Land gesammelten Materialien verschiedener Jahre enthalten waren, berechnet von der Gesamtanzahl der Kokons:

	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Überlieger % ..	15.0	20.6	48.6	8.2	21.4	13.5

Wie im Zusammenhang mit den Kokonuntersuchungen schon bemerkt wurde (S. 33), konnten in den im Herbst gesammelten Materialien die diesjährigen, also neuen Kokons nicht mit Bestimmtheit von den älteren unterschieden werden, und die Resultate eines jeden Jahres enthalten deswegen auch die Kokons der im Vorjahr übergelegenen Insekten. Ferner ist noch zu berücksichtigen, dass die Anzahl der parasitierten oder sonstwie vernichteten Kokons nicht immer gleich gewesen ist. Es ist daher klar, dass aus den angegebenen Zahlen keineswegs genau zu entnehmen ist, wie viel von der in jedem Jahr als Larven aufgetretenen *N. sertifer* -Generation tatsächlich übergelegen hatte.

Jedenfalls entsprach die Zahl der Überlieger diesen Resultaten gemäss ungefähr dem von Kangas (1941) im Sommer 1939 untersuchten Material. Unter Berücksichtigung der grossen jährlichen Unterschiede in der Gesamtmenge der Kokons kann man sagen, dass die Zahl der Überlieger 1960—61 und 1964—65 verhältnismässig wenig schwankte (Extremwerte in den genannten Jahren 13.5—21.4 %). Die in den Jahren 1962—63 erhaltenen Resultate dagegen weichen von diesen Werten ganz beträchtlich ab.

Im Herbst 1962 machten die Überlieger in dem ganzen geprüften Kokonmaterial nicht weniger als 48.6 % aus. Mehr als 50 % betrug ihr Anteil in den Materialien, die in den Gebieten der Bezirksforstämter von Ost-Häme (57.5 %), Helsinki (57.4 %), Süd-Karelien (56.0 %), Uusimaa—Häme (53. 0 %), Süd-Pohjanmaa (52.9 %) und Nord-Häme (52.2 %) gesammelt worden waren. Die grössten, in verschiedenen Kirchspielen berechneten Werte waren: Lavia 60.9 %, Landgemeinde Heinola 60.8 %, Lemi 59.8 %, Pernaja 59.6 % und Jurva 59.3 %. Von den in einzelnen Schadgebieten erhaltenen Resultaten seien folgende erwähnt: in einem Waldbestand in Jurva

machten die Überlieger 69.3 % aus, in zwei Gebieten in Kauhajoki Nummijärvi 68.1 und 64.7 % sowie in Kauhajoki Karhukangas 62.9 %. Da die Kokons insbesondere in Süd-Pohjanmaa in grosser Zahl auftraten, waren auch die absoluten Mengen der Überlieger vielerorts sehr gross, z.B. in Kauhajoki nördlich von Nummijärvi durchschnittlich 450.8 Stück/m² (13 Probeflächen) und in Kauhajoki Karhukangas 369.9 Stück/m² (19 Probeflächen). Auf der S. 36 erwähnten »Rekordprobefläche» in Nummijärvi wurden 1844 überliegenden Exemplare pro Quadratmeter gefunden! Werte von auch nur annähernd vergleichbarer Grösse sind m.W. bisher in der Literatur nicht veröffentlicht worden.

In dem im Herbst 1963 untersuchten Material war der Anteil der Überlieger nur 8.2 %, also niedriger als in den anderen Jahren. Man muss jedoch berücksichtigen, dass das Material vom Jahr 1963 zwangsläufig viele Kokons der im Vorjahr im Larvenstadium gewesenen Generation enthielt, aus denen die Imagines im Herbst 1963 geschlüpft waren, oder die aus irgendwelchen Gründen im Lauf des Sommers und Herbstes 1963 zugrunde gegangen waren, die aber nur noch wenig Eonymphen enthalten hatten. Hieraus lässt sich der Schluss ziehen, dass der geringe Überliegerprozentsatz eine direkte Folge des zahlreichen Überliegens im Vorjahr gewesen ist. Sofern es möglich gewesen wäre, die neuen Kokons aus diesem Material herauszulesen, wäre die relative Zahl der Überlieger wahrscheinlich mindestens zwei- bis dreimal grösser gewesen. Das Resultat spiegelt also keinewegs ausgesprochen die Situation vom Jahre 1963 wider, und weicht auch strukturell so weitgehend von den entsprechenden Werten der anderen Jahre ab, dass es im Hinblick auf die Häufigkeit des Überliegens kaum ins Gewicht fallen kann.

Aus den für die einzelnen Bezirksforstämter berechneten Resultaten ist ersichtlich, dass die Zahl der Überlieger fast ohne Ausnahme alljährlich in dem ganzen untersuchten Gebiet in Südfinnland ungefähr gleicherweise gewechselt hat. Demgemäss könnten die Differenzen, die in den verschiedenen Teilen der Schadzone zur Zeit des Gradationsmaximums festgestellt worden sind, keinen wesentlichen Einfluss auf das Ausmass des Überliegens gehabt haben. Gewisse gebietliche Unterschiede sind in der aus allen Untersuchungsjahren berechneten durchschnittlichen Grösse des Überliegerprozentsatzes aber doch wahrzunehmen. Wenn nur solche Bezirksforstämter berücksichtigt werden, in deren Gebiet in mindestens fünf Jahren Kokons gesammelt worden sind, so ist der jährliche durchschnittliche Anteil der Überlieger ziemlich deutlich in den zu den Bezirksforstämtern Ost-Häme und Uusimaa—Häme, d.h. zu den mittleren Partien der Schadzone gehörigen Befallsgebieten am grössten gewesen. Die Überlieger machten hier durchschnittlich etwa ein Drittel aus, anderwärts dagegen etwa ein Viertel oder noch weniger.

Ausser den in Tabelle 2 enthaltenen Beobachtungen sollen kurz noch einige andere Untersuchungsergebnisse angeführt werden. In dem in Laanila im Herbst 1963 gesammelten, freilich ziemlich kleinen Material machten die im gleichen Jahr geschlüpften Exemplare 8.1 % aus (auch von diesen schlüpfte ein grosser Teil im Labor), aber die Überlieger 51.6 %. In einer aus Laanila nach Pielisjärvi (Koli) am 23. VI. 1966 als Larven verschickten Partie (die Züchtung geschah in einem an einer lebenden Jungpflanze befestigten Gazebeutel) schlüpften 3.7 % und in einer am 27. VII eingetroffenen Sendung (Zucht im Glasbehälter) 2.4 %, aber von den in Laanila am 21.—23. IX. 1966 als Kokons gesammelten Exemplaren dagegen 18.9 %, dessenungeachtet, dass der Prozentsatz der parasitierten in der letztgenannten Partie erheblich grösser war als in den beiden ersten.

Über die Ursachen, die das Überliegen und die in verschiedenen Jahren vorkommenden Schwankungen der Überliegerdichte herbeiführen, sind mehrere Theorien vorgebracht worden, die in diesem Zusammenhang nicht eingehender referiert zu werden brauchen. Soviel sei nur gesagt, dass in vielen Untersuchungen über die Kiefernbuschhornblattwespe festgestellt worden ist, dass die Zahl der Überlieger umso höher ausfällt, je weiter das Larvenstadium sich hinauszieht, und es ist daher nicht ausgeschlossen, dass die Tageslänge irgendwie mit der Häufigkeit des Überliegens zu tun hat (s. Übersicht bei P s c h o r n - W a l c h e r 1965).

Die Resultate der vorliegenden Untersuchung liefern nicht viel Aufschluss zu diesem Problem. In den 1960—1964 in Südfinnland gesammelten Materialien war die Menge der Überlieger ungefähr umgekehrt proportional zu den aus den langfristigen Mittelwerten der durchschnittlichen Temperaturen der Sommermonate (Mai bis August) berechneten Abweichungen, m.a.W. je wärmerer Sommer, umso weniger Überlieger. (Der Sommer 1962 war besonders kalt.) In den im Sommer 1966 in Taipalsaari, Pernaja, Suomusjärvi, Kauhajoki, Isojoki sowie Hämeen- und Virttaankangas gesammelten Materialien (die in dieser Untersuchung nicht in anderem Zusammenhang behandelt sind) machten die Überlieger nur 7.0 % aus. Wie aus Abb. 6 hervorgeht, war der Juni in diesem Jahr im ganzen Land sehr warm, und auch Mai und Juli waren mit Ausnahme der östlichen Teile von Südfinnland ziemlich »normal». Im Herbst 1965 wurden in Südfinnland verhältnismässig wenig Überlieger gefunden, obwohl der Sommer grösstenteils kühl war. Der Juni war jedoch besonders in den westlichen Landesteilen ziemlich warm, und die Entwicklung der Larven verlief, wie aus Abb. 10 ersichtlich ist, in Vehmaa wenigstens bis zum L_4-Stadium recht günstig. Man darf somit sagen, dass die oben dargelegten Beobachtungen durchaus nicht gegen die Auffassung sprechen, dass die Menge der Überlieger grossenteils vom Zeitpunkt des Abschlusses des Larvenstadiums und letzten Endes vielleicht eben von der Tageslänge abhängig wäre. (Zugunsten dieser Auffassung sprechen auch

die in Laanila und an den dort weiter nach Süden verschickten Zuchten erhaltenen Resultate.) Da die Geschwindigkeit der Larvenentwicklung nicht bloss von der Temperatur, sondern auch noch von anderen Faktoren abhängig ist, und da über den Abschluss der Larvenzeit keine genauen Angaben aus mehreren Jahren vorliegen, kann die Frage in diesem Zusammenhang keiner näheren Prüfung unterzogen werden.

Als eine ganz wesentliche Abweichung vom oben Gesagten möge noch berichtet werden, dass in Taivassalo der Anteil der Überlieger im Herbst 1966 nicht weniger als 50.2 % ausmachte (im ganzen wurden 1798 Kokons geprüft), obwohl er in dem anderwärts in Südfinnland gesammelten Material, wie schon erwähnt, nur 7.0 % betrug, und obwohl die Sammelzeit und Verwahrung der Kokons sich von den anderen nicht unterschied. Da man wohl kaum annehmen darf, dass die Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven ausgerechnet in Taivassalo anders gewesen wäre als sonstwo in Südfinnland, muss die Häufigkeit des Überliegens wohl durch andere Ursachen als durch die Tageslänge bedingt gewesen sein. (Der Unterschied im Anteil der Überlieger, der in Isojoki im Sommer 1966 bei zwei kurzfristig in ungleichen Verhältnissen gezüchteten Partien festgestellt wurde, — s. S. 71 — ist an sich eine interessante Beobachtung, aber wegen der Kleinheit des Materials kann man ihr nicht viel Bedeutung beimessen.)

Da auch die absolute Zahl der überliegenden Kiefernbuschhornblattwespen in Süd-Pohjanmaa im Herbst 1962 so gross war, dass jedenfalls mit schweren Schäden im Sommer 1964 gerechnet werden musste, wenn ein beträchtlicher Teil der Überlieger am Leben geblieben wäre, waren schon allein aus diesem Grunde gewisse zusätzliche Untersuchungen erforderlich. In diesem Sinne wurden in einigen Befallsgebieten in den südlichen Partien von Kauhajoki Kokons nicht nur wie üblich im Herbst, sondern auch Ende Mai und um die Monatswende Juni—Juli 1963 gesammelt. Infolge eines Missverständnisses wurde das Einsammeln in Frühjahr 1963 jedoch leider nur in solchen Waldbeständen vorgenommen, wo am allermeisten Kokons vorkamen. Da dieses Material deswegen deutlich von den anderen abweicht, ist es im Folgenden weggelassen worden. Die durchschnittlichen Ergebnisse der Sammlungen im Herbst 1962 und im folgenden Sommer sahen folgendermassen aus:

	Herbst 1962	Sommer 1963
	Stück/m²	
Kokons im ganzen	318.8	279.2
Geschlüpfte	14.3	14.8
Lebende Überlieger	179.8	42.2
Parasitierte	73.6	110.0
Sonstwie zugrunde Gegangene	51.1	112.2

Das in den genannten Zeitspannen gesammelte Material umfasste im ganzen ca. 21 000 Kokons. Im nächsten Herbst (1963) wurden von den glei-

chen Gebieten insgesamt ca. 7 500 Kokons geprüft, wobei durchschnittlich 6.5 Überlieger/m^2 gefunden wurden und geschlüpfte Exemplare 25.9 Stück/m^2.

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, dass die Gesamtmenge der Kokons im Sommer 1963 ziemlich viel (ca. 40 Stück/m^2) kleiner war als im vorherigen. Worauf diese Erscheinung zurückzuführen war, konnte aber nicht aufgeklärt werden. Die Anzahl der Überlieger war im Lauf des Sommers stark zurückgegangen, und auch die Ursache hierfür war unschwer zu erkennen: die Menge der parasitierten Kokons war nämlich im Sommer etwa 50 %, und die Menge der sonstwie zugrunde gegangenen über 100 % grösser als im Herbst. In der letztgenannten Gruppe waren die meisten von Kleinsäugern vernichtet worden.

Wie viele von den im Herbst 1962 übergelegenen Exemplaren letzten Endes schwärmten, liess sich aus den Untersuchungen nicht genau entnehmen, weil ein Teil von den im Herbst 1963 geschlüpften Exemplaren natürlich zu der Generation gehörte, die im Sommer dieses Jahres im Larvenstadium gewesen war. Höchstwahrscheinlich — aus dem spärlichen Auftreten der Larven zu schliessen — war der Anteil der letztgenannten aber doch gering, und man darf annehmen, dass von den vorjährigen Überliegern im Herbst 1963 aus den Kokons 20—25 Stück/m^2 geschlüpft waren. Da die Anzahl der zum zweitenmal als Eohympha im Kokon überwinternden Exemplare mit aller Wahrscheinlichkeit sehr klein ist, haben von der grossen Menge der im Herbst 1962 übergelegenen Exemplare im folgenden Herbst (und wahrscheinlich auch im ganzen) vermutlich nur höchstens 15 % geschwärmt, während mindestens 85 % zugrunde gingen. Das Überliegen führte also in diesem Falle indirekt geradezu zum Zusammenbruch der Schädlingspopulation, und für den Verlauf der Gradation war die Erscheinung somit ausserordentlich bedeutsam.

Was für eine Rolle das Überliegen in Südfinnland in gewöhnlichen Jahren spielt, wo der Anteil der Überlieger etwa 15—20 % ausmacht, darüber liefern unsere Untersuchungen keinen Aufschluss. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen scheint eine solche Untersuchung auch schwer zu bewerkstelligen sein, ohne dass die Kokons irgendwie markiert werden. Es dürfte auch methodisch nicht ganz einfach sein, derartige Versuche in genügend naturgemässen Umweltbedingungen durchzuführen. Jedenfalls kann aber das Überliegen vom Gesichtspunkt der Art nicht als eine bloss negative Erscheinung angesehen werden (vgl. K a n g a s 1941). Auf diese Frage werde ich, insbesondere in Bezug auf Nordfinnland, später nochmals zurückkommen.

Die Imago

Z a h l e n v e r h ä l t n i s d e r G e s c h l e c h t e r. In der Literatur sind viele Angaben aus verschiedenen Ländern über das zahlenmässige Ver-

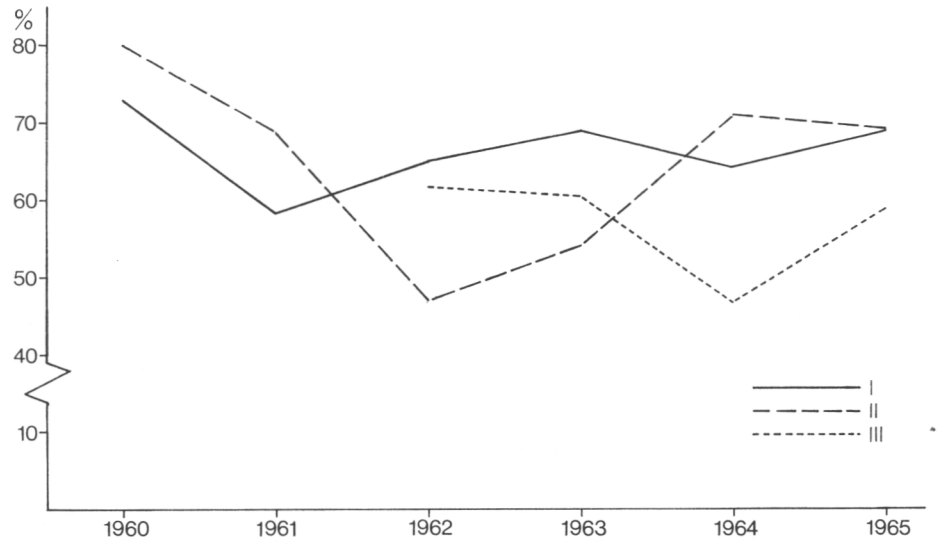


Abb. 12. Relative Anzahl der ♀-Kokons in Materialien aus Südostfinnland (Gebiet I), Südwestfinnland (II) und Süd-Pohjanmaa (III) in den Jahren 1960—65.

Kuva 12. ♀-kotelokoppien suhteellinen määrä kaakkois-Suomesta (alue I), lounais-Suomesta (II) ja etelä-Pohjanmaalta (III) vv. 1960—65 tarkastetuissa aineistoissa.

hältnis zwischen den Geschlechtern veröffentlich worden (vgl. z.B. L y o n s 1964). Die Zahlen schwanken beträchtlich, aber meistens wird das Verhältnis von Männchen und Weibchen mit etwa 1 : 3 angegeben. N i k l a s und F r a n z (1957) haben jedoch festgestellt, dass es am Anfang der Gradation deutlich mehr Weibchen gibt, während das Verhältnis beim Erlöschen der Schadperiode umgekehrt ist. Dass man »einzelne» Durchschnittszahlen anführt, scheint somit ziemlich zwecklos zu sein.

Da sich im Lauf der vorliegenden Untersuchung herausgestellt hatte, dass die Zahl der Weibchen in den verschiedenen Jahren und in den verschiedenen Teilen der Schadzone schwankte, ist in Abb. 12 der relative Anteil der ♀- Kokons für Grossgebiete in den jährlich untersuchten Materialien angegeben. Im Gebiet II sind Kokons schon im Anfangsstadium der Gradation eingesammelt worden, und die in diesem Gebiet erzielten Resultate geben daher das allerbeste Bild von der zahlenmässigen Schwankung der Weibchen. Die Kurve zeigt, dass im Herbst 1960 die Weibchen nicht weniger als 80.8 % ausmachten. Im nächsten Jahr sank ihr Anteil auf 68.7 % und 1962 weiter auf 46.9 %. Danach nahm ihre Menge wieder zu und betrug 1964 schon 70.7 %, blieb dann aber auch im folgenden Jahr ungefähr gleich gross. Im Gebiet I verlief die Entwicklung ganz entsprechend, nur mit dem Unterschied, dass das Absinken auf das Minimum und der Wiederanstieg auf ein Jahr früher fielen als in Gebiet II. In Süd-Pohjanmaa sind 1960—61 leider keine Kokons gesammelt worden. Ausserdem verwirrte das zahlreiche

Überliegen vom Herbst 1962 gerade in diesem Gebiet die Resultate der im nächsten Herbst vorgenommenen Untersuchungen, und man kann deswegen nicht mit Bestimmtheit sagen, ob der Prozentsatz der Weibchen in der 1963 oder in der 1964 im Larvenstadium gewesenen Generation am kleinsten war.

Wenn man berücksichtigt, dass die Gradation ihren Gipfel in Südostfinnland früher erreichte als in Südwestfinnland und am allerletzten in Süd-Pohjanmaa (vgl. S.37), scheint aufgrund des Obengesagten der prozentuale Anteil der Weibchen tatsächlich sehr weitgehend von der Entwicklungsstufe der Gradation abhängig gewesen zu sein. Ganz offenkundig war die relative Menge der Weibchen in der ganzen Schadzone zu Beginn der Gradation sehr gross, nämlich etwa 80 %. (Der grösste Wert wurde in den in Hamina und Tammisaari im Herbst 1960 eingesammelten Kokonmaterialien erhalten, nämlich in beiden 92.9 %.) Mit dem Fortschreiten der Gradation gingen die Weibchen zurück, und zum Schluss waren sie den Männchen gegenüber sogar in der Minderheit (in Honkajoki 1962 nur 23.5 %). Nach dem Ende der Gradation nahm der Anteil der Weibchen wieder zu, aber zwei Jahre später trat ein Stillstand ein, und noch 1965 war der Prozentsatz der Weibchen, berechnet auf Grossgebiete, nicht über 70 % angestiegen.

Die Faktoren, die in erster Linie das Mengenverhältnis zwischen den Geschlechtern regulieren, sind bisher noch unbekannt (Lyons 1964). Dahingegen kennt man aber schon mehrere Faktoren, die vermutlich oder erwiesenermassen einen sekundären Einfluss auf den Prozentsatz der Weibchen ausüben. In dieser Hinsicht dürfte zunächst einmal die Parthenogenese eine Rolle spielen, weil bei *N. sertifer* die aus den unbefruchteten Eiern hervorgehenden Nachkommen stets Männchen sind (vgl. Lyons 1964). Diesen Umstand konnten wir auch im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung feststellen, als wir Weibchen, die im Labor einzeln aus den Kokons geschlüpft waren, in Ruotsinkylä an mit Gazebeuteln umwickelten Kiefernzweigen legen liessen. Es ist aber doch fraglich, ob dieser Umstand in der Natur wirklich eine bedeutsame Rolle spielt, selbst dann, wenn die Weibchen viel zahlreicher sind als die Männchen, denn ein Männchen kann ja mit mehreren Weibchen kopulieren. Unter den aus der gleichen Eigruppe gezüchteten Tieren befinden sich im allgemeinen denn stets auch Weibchen (Lyons 1964). (Nach Shiperovitsh, 1927, machen die parthenogenetisch entstandenen Insekten gewöhnlich aber doch etwa 5 % aus.) Die Fähigkeit, unbefruchtete Weibchen ausfindig zu machen, ist bekanntlich bei den Männchen der Kiefernbuschhornblattwespen sehr hochentwickelt (vgl. Coppel und Benjamin 1965). Auch bei den vorgenannten Versuchen in Ruotsinkylä konnten wir 1964 an einem sonnigen und windstillen Septembertag mehrere Männchen an den Gazebeutel fangen, in denen die Weibchen sassen, obwohl im Vorsommer keine Larven

in den fraglichen Waldbeständen gesehen worden waren. Die Männchen flogen nur auf solche Beutel, in denen unbefruchtete Weibchen waren.

Zweitens ist zu erwähnen, dass von den Kleinsäugern die Spitzmäuse erfahrungsgemäss mehr ♂-Kokons vernichten, während die Mäuse die grösseren ♀-Kokons bevorzugen (H o l l i n g 1958). Auch manche Schlupfwespenarten legen ihre Eier lieber in weibliche als in männliche Kokons (L y o n s 1964).

In einigen Kokonmaterialien, die 1963 im Kauhajoki eingesammelt worden waren, verteilten sich die von Spitzmäusen und Kleinnagern vernichteten (vgl. S. 107) sowie die parasitierten Kokons folgendermassen auf die Geschlechter:

	♂♂ %	♀♀
Alle Kokons zusammen	39.8	60.2
Von Spitzmäusen vernichtet	40.6	59.4
Von Kleinnagern vernichtet	23.8	76.2
Parasitiert:		
Chalcididae	39.4	60.6
Ichneumonidae	47.4	52.6

Die Spitzmäuse hatten also relativ etwas mehr ♂-Kokons vernichtet, als im ganzen Material vorhanden waren, aber die Differenz ist so klein, dass sie praktisch belanglos ist. Die Kleinnager dagegen waren wählerischer gewesen und hatten ganz unverkennbar mehr ♀- als ♂-Kokons vernichtet. Die von Chalcididen parasitierten Kokons verteilten sich auf die Geschlechter fast genau im gleichen Verhältnis wie im ganzen Material, aber unter den von Ichneumoniden parasitierten befanden sich relativ mehr ♂-Kokons. (Hier muss freilich in Betracht gezogen werden, dass die Mäuse vielleicht mehr weibliche als männliche, von Ichneumoniden parasitierte Kokons vernichtet hatten.) Da im Herbst 1962 festgestellt worden war, dass von den Überliegern 59.3 % auf die Weibchen entfielen, und um die Monatswende Juni—Juli 1963 entsprechend 51.4 %, war der Gesamteinfluss der Parasiten und Kleinsäuger, die ausschlaggebend zur Vernichtung der übergelegenen Kiefernbuschhornblattwespen beigetragen hatten, auf den Prozentsatz der Weibchen aber doch ziemlich unbedeutend.

Ausser den Parasiten und Räubern wird die relative Menge der Weibchen auch noch durch die Virusepizootien beeinflusst. Hierbei gehen nämlich im allgemeinen mehr Weibchen als Männchen zugrunde, und infolgedessen kann der Prozentsatz der ♀♀ sogar ganz beträchtlich abnehmen (N i k l a s und F r a n z 1957, G r i f f i t h s 1959, B i r d 1961). Aus der Zeit der hier in Frage stehenden Gradation liegen leider keine genaueren Angaben über das Auftreten von Epizootien in den verschiedenen Jahren in den vorn erwähnten Grossgebieten vor. Soviel lässt sich immerhin sagen, dass den erhaltenen

Mitteilungen gemäss die Virose im Gebiet I schon im Sommer 1961 sehr stark war. Im Gebiet II wurden tote Larven erst später, d.h. in den Jahren 1962 und 1963 gefunden. Im Gebiet III war 1962 der letzte Sommer, in dem die Larven zahlreich vorkamen. Schon damals sollen in gewissem Umfange Larven gestorben sein, aber das Erlöschen der Gradation hatte hier nichts mit der Virose zu tun, sondern kam, wie vorn schon besprochen, daher, dass der grösste Teil der Schädlingspopulation im Herbst 1962 überlag und später im Kokonstadium einging. Im Sommer 1963 gab es sehr wenig Larven, und auch über das Auftreten der Virose liegen aus diesem Jahr keine Beobachtungen vor. Dahingegen wurden aber tote Larven im folgenden Sommer gefunden. (Über das Vorkommen von Virusepizootien s. auch Nuorteva 1966.) Demgemäss war also die relative Menge der Weibchen in den verschiedenen Teilen der Befallszone ausgesprochen in solchen Jahren am geringsten, wo die Mortalität der Larven wahrscheinlich am grössten war. Die Geschlechterverhältnisse waren also nicht so sehr von der Entwicklungsstufe der Gradation an sich abhängig, als vielmehr indirekt eben von den Virusepizootien.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass unter den Roten Kiefernbuschhornblattwespen, die im Winter 1964—65 im Labor sich zu Imagines entwickelten, auch ein gynandromorphes Exemplar gefunden wurde. Früher sind derartige Individuen mindestens in Kanada angetroffen worden (Watson 1955).

Das Schwärmen. Bei der von Kangas (1941) im Sommer 1939 durchgeführten Untersuchung wurde die erste geschlüpfte Imago im Freien erst am 26. VIII gefunden, und für die gewöhnlichste Schwärmzeit wird der September angesehen; die Eiablage kann in manchen Jahren sich sogar noch bis in den Oktober hinziehen. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung haben wir leider keine Gelegenheit gehabt, das Schlüpfen von *N. sertifer* aus den Kokons auch nur in einem einzigen Jahr in völlig naturgemässen Verhältnissen zu verfolgen, und zwar zunächst weil eine solche Observation ziemlich lange Zeit in Anspruch nimmt, und weil in der gleichen Zeit Probeeinsammlungen von Kokons gemacht worden sind.

Einige vereinzeltere Beobachtungen sind aber doch der Erwähnung wert. In manchen in Punkaharju, Parikkala und Sääminki im Sommer 1960 gesammelten Kokonpartien, die (in Punkaharju) wie auf S. 30 beschrieben aufbewahrt wurden — an einem südwärts offenen Hang in Pflanzschulen, und durch Lattenwerk geschützt vor übermässiger Sonne, was wahrscheinlich den natürlichen Verhältnissen recht gut entspricht — schlüpften die Imagines grösstenteils schon im Lauf des August, die erste am 5. VIII. Im Herbst 1962 ging das Schlüpfen unseres Wissens beträchtlich später vor sich. Beispielsweise in Pusula wurde Schwärmen Ende September beobachtet (nach einer Mitteilung von Liz. d. Forstw. K. Salonen)

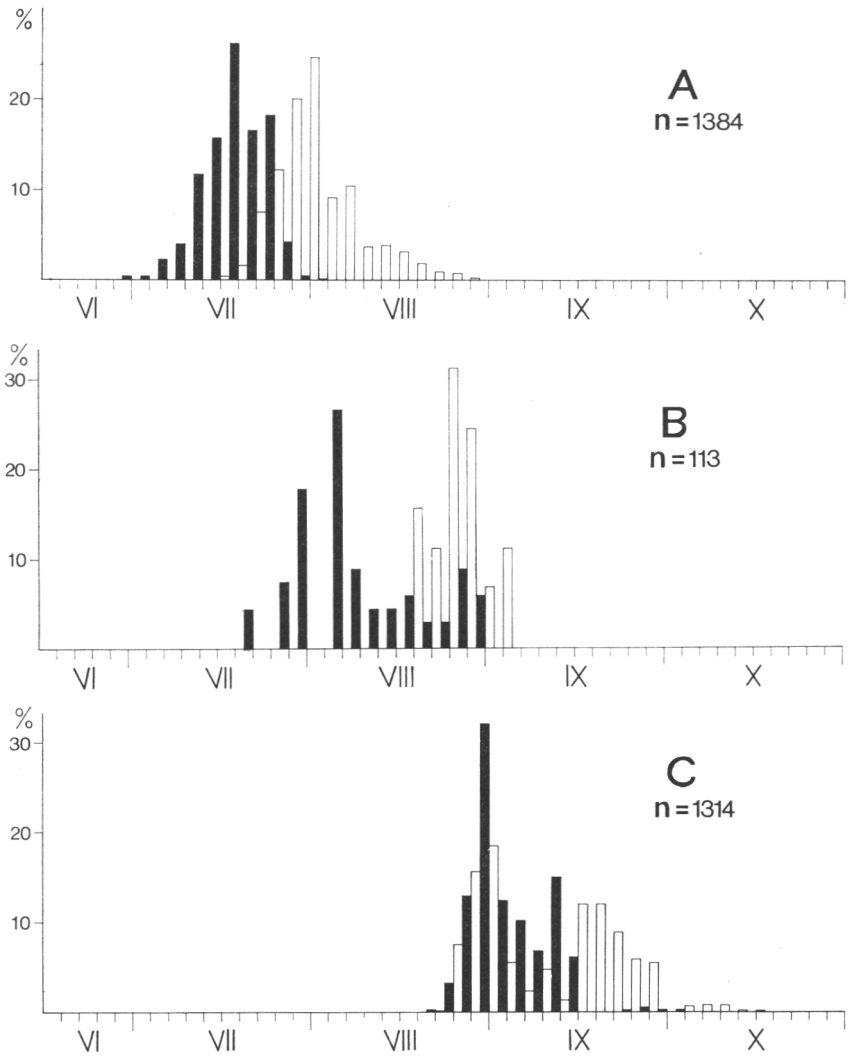


Abb. 13. Schlüpfen der Imagines von *N. sertifer* (in Zeitspannen von je 3 Tagen) aus Kokons, die entweder in Zimmertemperatur (dunkle Säulen) oder in Aussentemperatur (helle Säulen) gehalten worden waren. A. Kauhajoki 1963, Überlieger vom Vorjahr. B. Kauhajoki 1964, Überlieger vom Vorjahr. C. Kauhajoki 1964, nicht übergelegene Individuen.

Kuva 13. Ruskean mäntypistiäisen aikuisten kuoriutuminen (3-vuorokautisin jaksoin) joko huoneen (tummat patsaat) tai ulkoilman lämpötilassa (vaaleat patsaat) pidetyistä kotelokoppaeristä. A. Kauhajoki 1963, edellisenä vuonna jättäytyneitä yksilöitä. B. Kauhajoki 1964, edellisenä vuonna jättäytyneitä yksilöitä. C. Kauhajoki 1964, jättäytymättömiä yksilöitä.

und in Kauhajoki wurden ein paar Individuen noch am 17. X angetroffen. Im nächsten Sommer dagegen wurden die ersten Imagines ziemlich früh gesehen: in Suomusjärvi und Kauhajoki am 23. VII, in Punkaharju am 27.

VII. Auch im Sommer 1966 wurden die ersten Exemplare in dem auf S. 63 erwähnten Kiefernbestand in Isojoki schon am 30. VII festgestellt. Die Eiablage war in der Zeit vom 9. bis 15. VIII am regsten, ging aber noch am 24. VIII weiter, als mit der Beobachtung aufgehört wurde. Etwas überraschend war es, dass 1966 in Laanila ein legendes Weibchen schon am 26. VII gefunden wurde, als die meisten Larven noch an den Bäumen sassen!

Um etwaige Unterschiede im Schlüpfen der übergelegenen und der nicht übergelegenen Individuen zu ermitteln, wurden auch einige Zuchtversuche gemacht. Abb. 13 zeigt das Schlüpfen der Imagines in folgenden Kokonpartien: A. In Kauhajoki 1963 nach Mitte Mai gesammelte Überlieger vom Vorjahr, die nach dem Einsammeln in Zimmertemperatur gehalten worden waren, sowie in den gleichen Gebieten um die Monatswende Juni—Juli gesammelte Überlieger,die aber im Freien unter losen Moosdecken in Gazebeuteln gehalten wurden. B. In Kauhajoki im Juni 1964 gesammelte Überlieger vom Vorjahr, von denen ein Teil wie in der Partie A im Freien,der andere Teil im Zimmer aufbewahrt wurde. C. In Kauhajoki im Juli 1964 eingesammelte Kokons. Zum Sammeln des Materials wurden über niedrige Kiefernpflanzen, an denen grosse (L_4 und L_5) Larven sassen, unten offene und oben mit Gaze bespannte Kisten gestülpt, so dass die Larven auf dem Boden auf einer sehr begrenzten Fläche blieben. Die neuen Kokons waren in diesem Falle leicht von den alten zu unterscheiden, und das Material enthielt deswegen überhaupt keine Überlieger vom vorigen Jahr. Ein Teil von den locker in Glasröhrchen aufbewahrten Kokons wurde im Freien (im Schatten) gehalten, ein Teil wieder in Zimmertemperatur.

Wie aus der Darstellung ersichtlich ist, schlüpfte die erste Imago 1963 in der im Zimmer gehaltenen, aus Überliegern bestehenden Kokonpartie (A) schon im Juni, die letzte in den ersten Tagen des August. Auch in der im Freien gehaltenen Partie setzte das Schlüpfen Mitte Juli ein und war Anfang September beendigt. Die Überlieger schlüpften also in diesen Zuchten sehr früh und zweifelsohne früher als die im gleichen Sommer Larven gewesenen Exemplare. Um eine bessere Auffassung zu bekommen, machten wir den gleichen Versuch noch einmal im nächsten Sommer und hielten Kokons von sowohl übergelegenen wie auch nicht übergelegenen Kiefernbuschhornblattwespen in möglichst gleichen Verhältnissen. Die erstgenannten waren damals freilich sehr schwer aufzufinden, und das Material blieb somit auch sehr klein. Die Ergebnisse (B und C) lassen aber auf jeden Fall erkennen, dass die Überlieger durchschnittlich deutlich früher schlüpften als die im gleichen Jahr im Larvenstadium gewesenen, nicht übergelegenen Exemplare, obschon im Datum des Schlüpfbeginns bei den im Freien aufbewahrten Partien kein sehr grosser Unterschied bestand. T r i p p (1965) ist in Kanada bei seinen mit *Neodiprion swainei* vorgenommenen Versuchen zum umgekehrten

Resultat gekommen, indem nämlich die Überlieger an hellen Plätzen 8—9 Tage und an schattigen 4—5 Tage später schlüpften als die nicht übergelegenen.

Von den nicht übergelegenen Exemplaren schlüpften die ersten sowohl im Zimmer wie auch im Freien (C) ungefähr gleichzeitig, woraus zu schliessen die höhere Temperatur nur wenig Einfluss auf den Schlüpfbeginn hatte. Dahingegen ging aber das Schlüpfen in der erstgenannten Partie durchschnittlich rascher und im ganzen in kürzerer Zeit vonstatten als in der letzteren. Bei den Überliegern hinwieder machte sich die Wirkung der höheren Temperatur viel stärker geltend, denn im Sommer 1963 (A) schlüpfte das erste Insekt im Freien am 16. VII, aber im Zimmer schon am 28. VI, und im Sommer 1964 (B) entsprechend am 19. VIII und 21. VII. (K a n g a s, 1941, hat festgestellt, dass das Schlüpfen der Überlieger in einer Kokonpartie, die seit Mai im Labor gehalten worden waren, gleich nach Mitte Juni einsetzte.) Wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, bestand ein gewisser Unterschied im Schlüpfen der Überlieger auch zwischen den verschiedenen Jahren. Im Sommer 1963 wurde die erste geschlüpfte Imago im Zimmer 23 Tage und im Freien sogar 34 Tage früher beobachtet als 1964. Da die Kokons 1963 2—4 Wochen früher in die Zimmertemperatur gebracht worden waren als 1964, ist es natürlich nicht ausgeschlossen, dass dieser Umstand das Schlüpfen gefördert hat, aber andererseits hat es den Anschein, dass der grosse Unterschied, der im Schlüpfen der draussen aufbewahrten Exemplare beobachtet wurde, sich doch nicht ausschliesslich aufgrund der Differenzen der Temperaturen im Frühjahr und Frühsommer erklären lässt. Unbekannt ist es auch, welchen Einfluss das mehrmalige Überwintern im Eonymphastadium auf das Schlüpfen und Schwärmen der betreffenden Exemplare ausübt. (Derartige Individuen können natürlich auch in den oben besprochenen Zuchtpartien der Überlieger enthalten gewesen sein.)

Aufgrund des oben Gesagten verhält es sich offenbar so, dass das Vorkommen von Imagines im Sommer 1963 vielerorts schon im Juli in erster Linie durch das ungewöhnlich zahlreiche Überliegen im vorherigen Herbst bedingt war, und ferner darf man annehmen, dass es sich auch in dem in Laanila am 26. VII. 1966 festgestellten Fall um ein früher übergelegenes Individuum handelte (vgl. jedoch S. 86).

Imagines von *N. sertifer* wurden also in den hier fraglichen Jahren draussen im Freien von Ende Juli bis Mitte Oktober angetroffen, d.h. mehr als zweieinhalb Monate lang. In den verschiedenen Jahren bestanden in der Schwärmzeit ganz beträchtliche Unterschiede, man kann aber doch sagen, dass das Schwärmen mindestens in Südfinnland meistenteils in den August und September fällt. Die übergelegenen Individuen schwärmen zweifelsohne früher als die nicht übergelegenen.

Die Generationsdauer

Wie die obigen Darlegungen gezeigt haben, ist die Generationsdauer der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Finnland — wie in ihrem weiten Verbreitungsgebiet überhaupt — in der Regel also einjährig. Schwärmen und Eiablage finden im Spätsommer oder Herbst statt, die Larven schlüpfen im folgenden Frühjahr und spinnen sich im Spätsommer ein. Da jedoch alljährlich ein Teil der Insekten überliegt, kommt neben der einjährigen Generationsdauer stets auch zwei- oder mehrjährige Generationsdauer vor. Da das Überliegen sehr gewöhnlich ist, muss diese längere Generationsdauer in unseren Verhältnissen als ein wesentlicher Charakterzug im Lebenszyklus der Art angesehen werden.

In der Literatur sind jedoch aus anderen Ländern Angaben veröffentlicht worden, die von dem oben Gesagten in mancher Beziehung abweichen. Zunächst sind die in fast allen Untersuchungen über die Rote Kiefernbuschhornblattwespe in diesem Zusammenhang zitierten Forschungen von Shiperovitsh (1925) und Sitowski (1925) zu nennen. Der Erstere kam bei seinen in Südrussland durchgeführten Versuchen zu dem Resultat, dass *N. sertifer* dort ausser der gewöhnlichen, als Ei überwinternden Rasse noch eine andere Rasse hat, deren Individuen sich im Frühjahr zu Imagines entwickeln. Diese Rasse (die sich sogar auch morphologisch von der erstgenannten unterscheiden lässt) tritt als Larve im Spätsommer auf und überwintert in den Kokons. In der Veröffentlichung (auch nicht im russischen Text) sind jedoch die Versuche nicht genauer beschrieben, und auch die bei verschiedenen Versuchen erzielten Resultate werden nicht analysiert. Auch Sitowski berichtet, dass Imagines auch im Frühjahr schlüpfen. Aus dem Referat der Untersuchung zu schliessen handelt es sich seiner Auffassung gemäss dann um parthenogenetisch zustande gekommene Individuen.

Interessanterweise sind auch aus den Alpen Beobachtungen publiziert worden, die sich den Angaben von Shiperovitsh an die Seite stellen lassen. Seitner (1933) hat Larven von *N. sertifer* in 1 600—2 000 m Höhe ü.d.M. sogar noch Ende August gefunden. Von den in Zucht genommenen Exemplaren (genauere Angaben über die Zuchtverhältnisse fehlen) schlüpfte ein Teil noch im gleichen Herbst, die allermeisten aber im April und Mai des nächsten Jahres. Aufgrund dieser Beobachtungen vermutet Seitner, dass *N. sertifer* in den fraglichen Gegenden gewöhnlich im Kokon überwintert. Das Schwärmen und die Eiablage finden im Frühjahr statt, das Eistadium ist kurz, und die Larven entwickeln sich zum Kokonstadium noch im Lauf des Herbstes im gleichen Jahr. Dahingegen wird vermutet, dass in den Gebirgsgegenden Japans die Generationszeit zweijährig sei (Okutani und Ito; nach Pschorn-Walcher 1965). Pschorn-Walcher (op.c.) erwähnt jedoch, dass diese Auffassung noch näherer

Kontrolle bedürfe. Auch Vermutungen von ungewöhnlich kurzer Generationszeit sind vorgebracht worden: S t y l e s (1959) hat in Schottland Larven im September angetroffen, obwohl zur gleichen Zeit schon schwärmende Imagines festgestellt wurden. Er zieht hieraus den Schluss, dass bei einem Teil der Population zwei Generationen im gleichen Sommer auftreten.

Was nun die Möglichkeiten solcher aussergewöhnlicher Generationsdauern bei uns in Finnland betrifft, so muss zunächst festgestellt werden, dass — wie aus dem Kapitel über das Larvenstadium hervorgegangen ist — das Vorkommen von Larven der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in Südfinnland auch noch im August an sich keineswegs das Vorhandensein einer zweiten Generation bedeutet, auch nicht in überdurchschnittlich warmen Sommern. Da die Embryonalentwicklung, wie wir festgestellt haben, im Sommer unverhältnismässig langsam vor sich geht, ist es auch nicht wahrscheinlich, dass die Nachkommen der in manchen Jahren sogar sehr früh (mindestens schon im Juli) schwärmenden Überlieger vom Vorjahr im gleichen Sommer auch nur das Larvenstadium erreichen.

Im nördlichsten Finnland sind im jährlichen Lebensumlauf der Art einige höchst sonderbare Charakterzüge beobachtet worden. Da man aufgrund dessen annehmen könnte, dass auch die Generationsdauer in gewisser Beziehung davon abweicht, was im ersten Absatz dieses Kapitels gesagt wurde, dürfte es zur näheren Klärung des Sachverhalts gerechtfertigt sein, noch eine kurze Zusammenfassung von den Beobachtungen zu geben, die in Laanila über das Vorkommen und die Entwicklung der Roten Kiefernbuschhornblattwespe gemacht wurden, und die zum grössten Teil schon oben in verschiedenem Zusammenhang berührt worden sind.

Im Lauf der hier in Frage stehenden Zeitspanne wurden Larven in Laanila erstmals im Sommer 1963 festgestellt. (In den Jahren 1960—61 sind in dem Gebiet allerdings keine Untersuchungen gemacht worden.) Ausgewachsen waren die Larven offenbar Anfang August. Die Kokonuntersuchungen im September ergaben, dass der grösste Teil der Individuen überlag, und dass nur etwa 8 % geschwärmt hatten (auch von diesen schlüpfte ein grosser Teil im Labor). Im Sommer 1964 wurden Larven sehr spärlich gefunden, aber im nächsten Jahr wieder ziemlich zahlreich, wennschon nicht so viel wie 1963. Die Entwicklung ging im Sommer 1965 sehr langsam vonstatten. Noch im September sassen Larven an den Bäumen, was ausser durch den kalten Spätsommer auch noch dadurch bedingt war, dass die für das Schlüpfen der Larven erforderliche Temperatursumme erst Anfang Juli erreicht worden war. Es liegt also kein Beweis dafür vor, dass die Überwinterung in diesem Falle nicht im Eistadium stattgefunden hätte. Dessenungeachtet, dass in den für die Messung der Kopfkapselbreite gesammelten Larvenproben der Anteil der L_4-Larven erst am 23. VIII am grössten war, wurden in dem Gebiet frische Eigruppen schon bei der am 5. IX vorgenommenen Kontrolle angetroffen. (Ausgesprochen erwähnt sei, dass in der Zeit

vom 21. bis 25. VII keine einzige neue Eigruppe gefunden wurde.) Im Sommer 1966 waren die Larven wieder ziemlich zahlreich (aber doch spärlicher als 1965). Dank des warmen Sommers setzte das Schlüpfen der Larven schon am 20. VI ein, und in der am 26. VII genommenen Probe waren schon 98.6 % von den Larven mindestens im L_4-Stadium. Bei der Untersuchung der am 21.—23. IX gesammelten Kokons wurde festgestellt, dass von den in neuen Kokons befindlichen Insekten 18.9 % geschlüpft waren, und in den alten waren überhaupt keine lebenden Eonymphen mehr.

Man kann somit sagen, dass in Laanila die Generationsdauer von *N. sertifer* wahrscheinlich infolge des Überliegens meistenteils zweijährig ist, dass aber in warmen Sommern bis zu einem gewissen Grade auch einjährige Generationsdauer vorkommen kann. Da die Larven im Sommer 1964 sehr spärlich waren, und da es unwahrscheinlich ist, dass die im Herbst 1965 in den gleichen Waldbeständen vorgekommenen Imagines anderswoher gekommen wären (in den benachbarten Kiefernbeständen sind in den fraglichen Jahren nämlich praktisch überhaupt keine Larven gefunden worden), müssen diese Individuen der im Sommer 1963 im Larvenstadium gewesenen Generation angehört haben und hatten demgemäss im Kokon zweimal überwintert (nach Forsslund, 1960, kann *D. pallipes* sogar vier Jahre lang im Eonymphastadium verharren). All dies scheint darauf hinzuweisen, dass im nördlichsten Finnland in gewissen Jahren auch dreijährige Generationsdauer in recht beträchtlichem Umfange vorkommen kann. Da Eiablage im Frühsommer nicht beobachtet worden ist, konnte bei *N. sertifer* auch im nördlichsten Finnland kein Generationsrhythmus der von Seitner (1933) beschriebenen Art wahrgenommen werden. Zu bemerken ist freilich, dass in dem aussergewöhnlich kalten Sommer 1965 ein grosser Teil von den Insekten sicherlich in seiner Entwicklung garnicht weiter kam als bis zum Eonymphastadium. Wie es diesen Individuen ergangen ist, und wann sie eventuell aus den Kokons schlüpften, ist leider nicht aufgeklärt worden.

Die Generationsdauer der Roten Kiefernbuschhornblattwespe ist in unserem Lande also ausgesprochen wegen der jährlich recht verschiedenen Witterungsverhältnisse keineswegs immer genau ein oder mehrere Jahre lang; trotzdem darf man sagen, dass keine bisherigen Beobachtungen auf das Vorkommen solcher »unregelmässiger» Generationsdauer hinweisen, wie sie in der ausländischen Literatur beschrieben worden ist. Wenn man in Betracht zieht, dass beim Züchten von *N. sertifer* aus Larven der Anteil der Überlieger leicht grösser ausfällt, als er in natürlichen Verhältnissen in der fraglichen Gegend sonst ist, und da die Überlieger in günstigen künstlichen Bedingungen sogar im Winter aus den Kokons schlüpfen, erscheint es nicht ausgeschlossen, dass manche in der älteren Literatur veröffentlichten Schlussfolgerungen auf Verallgemeinerungen aufgrund zu geringen Beobachtungsmaterials beruhen.

Die Begrenzungsfaktoren der Vermehrung

Parasiten

Eiparasiten

Die verschiedenen Arten und ihre Bionomie. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung sind — zuvörderst aufgrund der in den Arbeiten von Krausse (1917), Schönwiese (1935), Ferrière (1935), Besemer (1942), Otten (1942) und Niklas (1956) veröffentlichten Bestimmungsschemata und Artenbeschreibungen — insgesamt an die fünftausend in verschiedenerweise eingesammelten Proben geschlüpfte Eiparasiten bestimmt worden. Weitaus der grösste Teil von den untersuchten Individuen gehörte zu den Arten *Achrysocharella ruforum* (Krausse) und *Tetracampe diprioni* Ferr., die schon allein aufgrund dieser Beobachtung als die bedeutsamsten Eiparasiten der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in unserem Lande angesprochen werden dürfen. Obschon die Lebensweise der Eiparasiten längst nicht vollständig aufgeklärt werden konnte, und obwohl beabsichtigt ist, die Untersuchungen über die Eiparasiten später fortzusetzen, sollen im Folgenden doch gewisse Beobachtungen über die Bionomie der zwei häufigsten Arten dargelegt werden, weil sie in mancher Beziehung von den Angaben in der Literatur abweichen.

Aufgrund unserer Untersuchungen lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, welche von den zwei genannten Erzwespenarten als Eiparasit von *N. sertifer* in Finnland gewöhnlicher ist. Ein beträchtlicher Teil des Materials wurde nämlich aus im Spätwinter und zeitig im Frühjahr im Labor gezogenen Zuchten gewonnen, und es ist daher anzunehmen, dass insbesondere die später genauer zu besprechenden Unterschiede in den Schwärmzeiten der Arten Einfluss auf die festgestellten Mengenverhältnisse gehabt haben. Sowohl *A. ruforum* wie auch *T. diprioni* wurde jedenfalls ebensogut in Südost- wie in Südwestfinnland und auch in Süd-Pohjanmaa angetroffen, und wahrscheinlich sind beide Arten mindestens im ganzen südlichsten Finnland verbreitet. In den in Laanila gesammelten Eiern (ca. 2 000 St. wurden kontrolliert) waren dagegen keine Spuren vom Vorkommen der Parasiten zu finden. (Über die Häufigkeit der verschiedenen Arten in Europa s. Pschorn-Walcher 1965.)

Die Bionomie von *A. ruforum* und *T. diprioni* ist in Mitteleuropa ziemlich genau untersucht. Nach Besemer (1942) hat *A. ruforum* (als Eiparasit von *D. pini)* in Holland zwei Generationen pro Jahr. Die Imagines der ersten Generation schlüpfen entweder Ende Mai oder von Mitte Juni bis Mitte Juli, die Imagines der Sommergeneration hauptsächlich Anfang August. Die Überwinterung erfolgt in weit vorgeschrittenen Larvenstadien, die Verpuppung 2—4 Wochen vor dem Schlüpfen der Imagines. Niklas (1956) hat festgestellt, dass *T. diprioni* in Deutschland (in der Umgebung von Darmstadt) als ausgewachsene Larven überwintert. Puppen werden von März bis Mai angetroffen, und die Imagines verlassen die Nadeln schon von Ende April an. (Im Labor zog sich das Schlüpfen der Imagines recht lange hin; der Zeitunterschied zwischen den ersten und letzten betrug 2½ Monate.) Da vom Schlüpfen der *T. diprioni* -Imagines bis zur Eiablage von *N. sertifer* im nächsten Herbst etwa drei Monate vergehen, muss der Parasitenbestand für seine Erhaltung auf einen Zwischenwirt angewiesen sein. Bisher hat man die Art nur in den Eiern der Kiefernbuschhornblattwespen parasitierend angetroffen. Von den oben besprochenen Untersuchungsergebnissen weichen die von Pschorn-Walcher (1964) in den Alpen (625 m ü.d.M.) gemachten Beobachtungen in interessanter Weise ab: die Imagines sowohl von *A. ruforum* wie auch *T. diprioni* schlüpften erst im Spätsommer oder Herbst so spät, dass beim Schwärmbeginn von *N. sertifer* (Anfang September) von den Individuen der erstgenannten Art etwa die Hälfte, und von denjenigen der letztgenannten sogar drei Viertel noch nicht geschlüpft waren. Aus Finnland liegen über die Bionomie der Eiparasiten von *N. sertifer* keine Veröffentlichungen vor, und meines Wissens sind die diesbezüglichen Beobachtungen auch aus den anderen Nordischen Ländern sehr spärlich. Borries (1895) hat in Dänemark festgestellt, dass Erzwespen *(Tetracampe* sp.) am 12.—16. VIII aus Eigelegen schlüpften, die vom Oktober 1893 bis zum August nächsten Jahres kontrolliert wurden, und Ferrière (1935) hat *T. diprioni* aus Material von Åryd in Schweden beschrieben, worin die Imagines am 29. VI—2. VIII schlüpften.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung wurde das Schlüpfen der Eiparasiten sowohl im Freiland wie im Labor verfolgt, und Abb. 14 zeigt die Resultate folgender, in mancher Beziehung voneinander abweichender Beobachtungsserien.

A. An den gleichen, aus Jungwüchsen unterschiedlicher Exposition stammenden Eigruppen, an denen in Kauhajoki Karhukangas im Sommer 1964 das Schlüpfen der Larven von *N. sertifer* verfolgt wurde (vgl. S. 62), wurde auch die Menge der geschlüpften Eiparasiten gezählt (aufgrund der Schlüpflöcher), und zwar in der Zeit vom 3. VI bis 10. VIII und mit einigen wenigen Ausnahmen mindestens jeden zweiten Tag. Um den Versuch möglichst weitgehend den natürlichen Verhältnissen anzupassen, wurden die Eigruppen nicht mit Beuteln umgeben. Es lässt sich somit nicht mit völliger

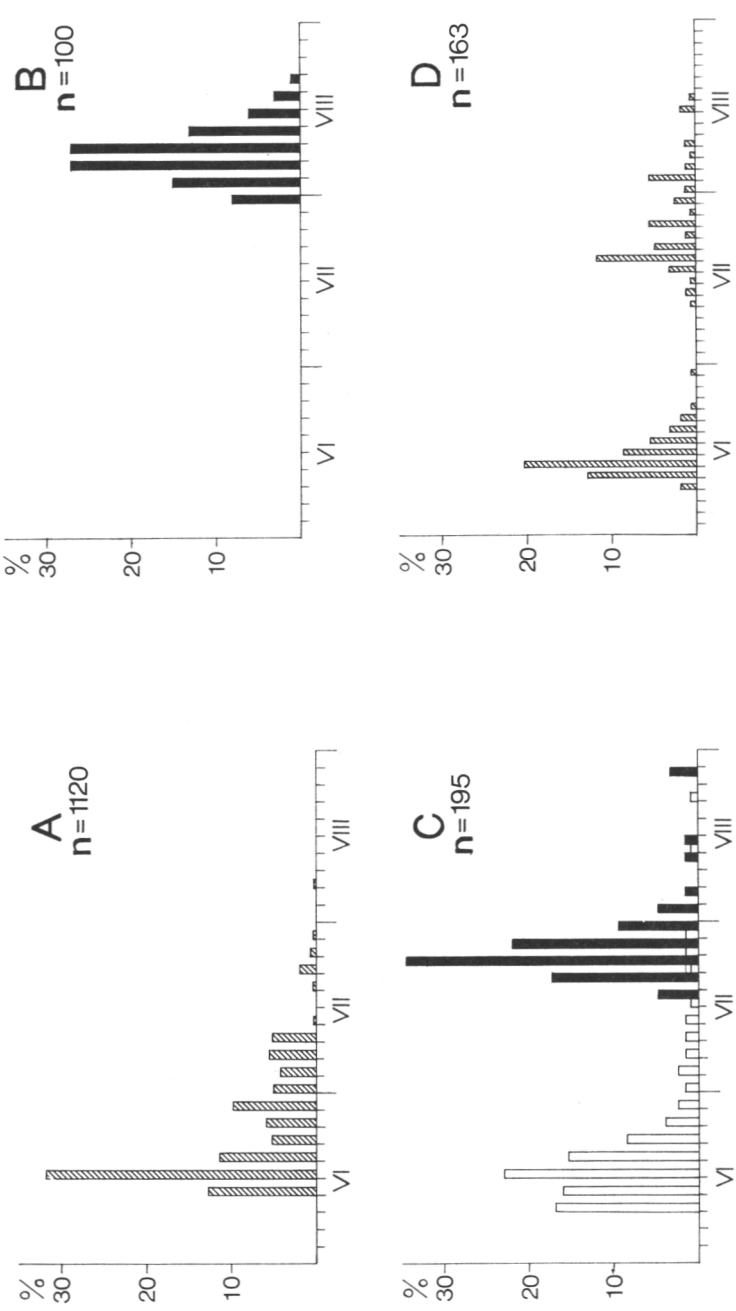


Abb. 14. Schlüpfen der Eiparasiten in einigen Zuchten. A, Kauhajoki Karhukangas 1964. B, Asikkala Vähä-Äiniö 1965 (in dieser Partie schlüpften vor dem 31. VII 20 Eiparasiten unbekannter Art). C, Pernaja Sarvilahti 1965. D, Isojoki Koppelonmäki 1966. A, B und C in Zeitspannen von je 3 Tagen, D in Zeitspannen von je 2 Tagen. Schwarze Säulen = *Tetracampe diprioni*, weisse Säulen = *Achrysocharella ruforum*, schraffierte Säulen = ganzes Material konnte nicht bestimmt werden (Genaueres im Text).

Kuva 14. Munaloisten kuoriutuminen eräistä kasvatuseristä. A, Kauhajoki Karhukangas 1964. B, Asikkala Vähä-Äiniö 1965 (eräistä kuoriutui ennen 31. VII 20 lajiltaan tuntematonta munaloista). C, Pernaja Sarvilahti 1965. D, Isojoki Koppelonmäki 1966. A, B ja C 3-vuorokautisin, D 2-vuorokautisin jaksoin. Mustat pylväät = Tetracampe diprioni, valkoiset pylväät = Achrysocharella ruforum, viivoitetut pylväät = koko aineistoa ei voitu määrittää (kts. lähemmin tekstistä).

Bestimmtheit sagen, um welche Parasitenarten es sich in diesem Falle handelte, aber in den zahlreichen Proben, die im Lauf des Sommers an den gleichen Jungkiefern genommen wurden, konnten keine anderen Arten als *A. ruforum* festgestellt werden.

Das Schlüpfen setzte am 14. VI ein und war besonders lebhaft am 15.—17. VI, was zweifellos zu einem beträchtlichen Teil mit der ziemlich unvermittelten Erwärmung des Wetters zusammenhing. Im Lauf der ersten sieben Tage schlüpften 52% von den Exemplaren, die im Lauf des Sommers nachweislich die Nadeln verlassen hatten. Das Schlüpfen dauerte ziemlich rege bis fast Mitte Juli fort, wonach es stark nachliess. Manche Individuen hatten, wie festgestellt wurde, aber noch Anfang August die Nadeln verlassen. Zwischen den verschiedenen untersuchten Beständen konnten im Schlüpfen der Eiparasiten keine deutlichen Unterschiede wahrgenommen werden.

Um die Entwicklung im Lauf des Sommers noch näher zu klären, werden unten die Untersuchungsresultate einiger zu verschiedenen Zeitpunkten genommener Eiproben wiedergegeben, aus denen der Anteil der verschiedenen Entwicklungsstadien der Parasiten an den fraglichen Tagen hervorgeht:

	10. VI	30. VI	24. VII
		%	
Larven	26	24	7
Puppen	74	21	15
Geschlüpfte Imagines	0	55	78

Da das Schlüpfen in gewissem Masse auch noch Ende Juli und Anfang August weiterging, darf man wohl sagen, dass am 10. VIII, als mit der Observation aufgehört werden musste, von den Schmarotzerwespen noch etwa 15 % vorhanden waren. Bei der Anfang September (6. IX) vorgenommenen Kontrolle konnte jedoch in der Zahl der Geschlüpften keine Zunahme festgestellt werden (damals war ein Teil der Nadeln freilich schon abgefallen). Später konnten leider keine Kontrollen mehr gemacht werden, und das Schicksal der an den Nadeln verbliebenen Tiere blieb daher ungeklärt.

B. In Asikkala (Vähä-Äiniö) wurden am 31.VII. 1965 an einigen Kiefernjungpflanzen Zweige abgebrochen, an denen noch die mit 11 im vorherigen Herbst gelegten Eigruppen besetzten Nadeln vorhanden waren. Die Zweige wurden mit Gazebeuteln umwickelt (jeder Zweig für sich) und wurden in wassergefüllte Gefässe gestellt, wo sie (im Freien) bis zum Dezember stehengelassen wurden. Bevor sie in Zucht genommen wurden, waren aus den Nadeln 20 Schmarotzerwespen (also unbekannter Art) geschlüpft. Ehe der Winter kam, schlüpften aus den Eiern 100 Stück *T. diprioni* — das letzte etwa am 20. VIII — und ausserdem (in der Darstellung nicht angegeben) 10 Stück andere Erzwespen. Die Zweige wurden am 20. XII ins Labor genommen, als die Temperatur im Freien schon seit etwa 5 Wochen unter 0°C geblieben war. Die mit Eiern belegten Nadeln wurden von den Zweigen abgepflückt und (nach Zweigen getrennt) in Glasröhrchen in ca. 70 % Feuchtigkeit getan. Im Lauf des Januar schlüpften aus den Nadeln u.a. noch 2 Stück *A. ruforum* (3. I) und 2 Stück *T. diprioni* (20. I). Erwähnenswert ist, dass Parasiten auch aus den Nadeln von Zweigen schlüpften, an denen die fragliche Art vor Winteranfang überhaupt nicht erhalten worden war.

C. In Sarvilahti in Pernaja wurden am 29. V. 1965 eibelegte Zweige gesammelt, die bis zum Einbruch des Winters in möglichst natürlichen Verhältnissen (in Wassergefässen) zu halten versucht wurden. Im Lauf des Sommers mussten die Gefässe mit den Zweigen aber mehrmals umgestellt werden und standen auch ein paar Tage lang in höherer als Aussentemperatur. In dieser Partie wurde sowohl *A. ruforum* wie *T. diprioni* gefunden. Bei der ersten Art setzte das Schlüpfen etwas vor Mitte Juni ein und dauerte dann fast fortlaufend bis Ende Juli an. Die Letzten schlüpften Ende August.

T. diprioni begann erst über einen Monat später zu schlüpfen, und die letzten Individuen dieser Art wurden Ende August festgestellt. Im Lauf des Herbstes (als die Nadeln allerdings schon ziemlich vertrocknet waren) schlüpften von beiden Arten keine mehr.

D. In Isojoki (Koppelonmäki) wurden im Sommer 1966 Eigruppen in Kontrolle genommen, und zwar entweder am 8. VI oder später, die letzten erst Mitte Juli. An den letztgenannten hatten wir die Erzwespen in der ersten Sommerhälfte legen sehen oder vermuteten, dass dies geschehen war, aber vor dem Beginn der Observation waren trotzdem keine Imagines geschlüpft. Das Material war also z.T. in gewisser Weise ausgewählt. Die Eigruppen wurden bis zum 28. VIII jeden zweiten Tag kontrolliert. Ein Teil von den Nadeln blieb auch danach noch an den Bäumen, der andere Teil (die vertrockneten, im Abfallen begriffenen Nadeln) wurden in kleine Glasröhrchen getan und in Aussentemperatur aufbewahrt. Die noch an den Bäumen festsitzenden Nadeln wurden eingesammelt, und die an ihnen sowie an den in den Glasröhrchen aufbewahrten Nadeln sitzenden Eier wurden am 26.—28. X aufgemacht. Im Lauf des Sommers schlüpften aus den Eiern insgesamt 163 Erzwespen-Imagines, und zwar, wie aus der Darstellung ersichtlich ist, in zwei Schüben: etwa Mitte Juni und von ungefähr Mitte Juli bis Mitte August. Von Ende August bis Ende Oktober fanden wir an den restlichen Nadeln nur zwei geschlüpfte Imagines, stattdessen aber in den aufgemachten Eiern noch 63 lebende Parasitenlarven und unerwartet viele abgestorbene Exemplare (160 Larven, 38 Puppen und 8 Imagines, abgerechnet diejenigen, die schon im Lauf des Winters zugrunde gegangen und jetzt nicht mehr ganz leicht zu bestimmen waren). Abgestorbene Individuen befanden sich auch in den bis zum Oktober an den Bäumen gewesenen Nadeln. Da diese Gelege ungebeutelt im Wald gewesen waren, liess sich nicht ermitteln, zu welcher Art diese im Lauf des Sommers geschlüpften Eiparasiten gehörten. Den ganzen Sommer hindurch wurden jedoch aus den gleichen Jungwuchsbeständen belegte Nadeln in Glasröhrchen genommen, die dann im Freien aufbewahrt und ebenfalls jeden zweiten Tag kontrolliert wurden. Aus diesem Material schlüpfte *A. ruforum* in der Zeit vom 10. VI bis 7. VII und vom 20. VII bis 24. VIII (insgesamt 202 Stück), aber *T. diprioni* nur vom 15. bis 23. VII (insgesamt 5 Stück).

Ausser den oben besprochenen und in Abb. 14 dargestellten Zuchtergebnissen mögen noch einige andere Beobachtungen über die Bionomie der fraglichen Erzwespen angeführt werden.

1) Im Sommer 1965 wurden in verschiedenen Gegenden kleinere Partien noch an den Bäumen sitzender Nadeln gesammelt, die im vorherigen Herbst gelegte Eier enthielten; die Nadeln wurden dann in Glasröhrchen bis zum Oktober im Freien aufbewahrt. Die letzte Partie wurde in Lemi am 19. VIII gesammelt. In dieser Probe schlüpften die letzten Erzwespen-Imagines in der Zeit zwischen folgenden Tagen (die Zuchten wurden ziemlich selten kontrolliert): *T. diprioni* 6.—23. IX und *A. ruforum* 29. IX—9. X. Spätes Schlüpfen wurde auch in solchen Proben festgestellt, aus denen im Lauf der Zucht vorher keine einzige Erzwespen-Imago erhalten worden war (m.a.W. die Eiablage hatte nicht während der Züchtung stattfinden können).

2) Für die Untersuchung des Überwinterungsstadiums der Embryonen von *N. sertifer* wurden in Isojoki und Kauhajoki in den letzten Oktobertagen 1965 Eier eingesammelt (der Winter kam in diesem Jahre früh, die durchschnittliche Tagestemperatur sank schon nach etwa anderthalb Wochen unter 0°C). Manche von den Eiern waren schon beim blossen Hinsehen als parasitiert zu erkennen, und beim Aufmachen zeigte sich, dass sie erwachsene Erzwespenlarven enthielten. Aus den in Zucht genommenen Partien wurde nur *A. ruforum* erhalten. Als die Eier gefärbt wurden, stellte

sich jedoch heraus, dass auch ein beträchtlicher Teil von den gesund aussehenden Eiern parasitiert war und Larven im ersten Entwicklungsstadium enthielt. Es gelang, einen Teil von diesen kleinen Larven bis zum Puppenstadium zu treiben (in den in Petrischalen gehaltenen Eiern), wonach zu erkennen war, dass sie der Art *T. diprioni* angehörten.

An den am 1. IV. 1965 aus Pernaja ins Labor (ca. 20°C) genommenen Zweigen schlüpfte übrigens der grösste Teil (84.1 %) von *A. ruforum* zwischen dem 17. und 25. IV. In der Zeit vom 18. bis 27. IV schlüpften auch einige *T. diprioni* (10.7 %), der Hauptteil (88.5 %) von den Imagines dieser Art verliess die Eier aber erst am 8.—28. V.

3) Über das Vorkommen der genannten Parasitwespen in den Eiern anderer *Diprion*-Arten liegen bisher nur spärliche Beobachtungen vor. In Eiern von *D. pini*, die Ende August 1966 in Kankaanpää gesammelt worden waren, wurden Larven einer bis auf weiteres nicht bestimmten Erzwespenart gefunden. In Isojoki setzten wir am 18. VI. 1966 ein *D. virens* -Weibchen in einen um einen Kieferntrieb geschlungenen Gazebeutel. Am 21. VI wurde der Beutel entfernt; das ♀ war abgestorben, nachdem es 18 Eier gelegt hatte. Später im Sommer stellte sich heraus, dass von den Eiern 7 Stück parasitiert waren. Aus diesen schlüpfte je ein Exemplar *A. ruforum* zwischen dem 4. und 5. VIII sowie zwischen dem 12. und 14. VIII, während die restlichen 5 Stück bis zum 21. X noch nicht geschlüpft waren. Die Entwicklung des ersten geschlüpften Exemplars vom Ei zur Imago hatte also höchstens 45 Tage gedauert, die des zweiten entsprechend 54 Tage.

5) Sowohl im Sommer 1964 in Kauhajoki wie im Sommer 1966 in Isojoki wurde festgestellt, dass *A. ruforum* in Eier von *N. sertifer* legte, die aus irgendwelchen Gründen unentwickelt geblieben waren, und in zahlreichen Fällen insbesondere im Sommer und Herbst 1966 fanden wir bei unseren Laboruntersuchungen in den Eiern von *N. sertifer* Parasitenlarven, die in den Resten von Erzwespenpuppen eingehüllt waren!

Zusammenfassend zum oben Gesagten lässt sich zunächst feststellen, dass *Achrysocharella ruforum* als erwachsene Larven überwinterte. Das Schlüpfen der Imagines begann kurz vor Mitte Juni und war in diesem Monat am regsten. In zwei Sommern ging das Schlüpfen in einem fort bis Mitte Juli weiter, und auch später noch in immer geringerem Masse bis in den August hinein. Im Sommer 1966 dagegen fand das Schlüpfen unverkennbar in zwei Abschnitten statt, deren Gipfel auf den 14. VI und 20. VII fielen. In manchen Beobachtungsserien wurde Schlüpfen noch im September und vermutlich auch im Oktober beobachtet, in allen Fällen aber nur sehr spärlich. Die Länge der Generationsdauer haben die bisherigen Untersuchungen noch nicht völlig geklärt. Die oben erwähnte Beobachtung von der Entwicklung in Eiern von *D. virens* und der im Schlüpfen der Imagines festgestellte doppelte Gipfel im Sommer 1966 sprechen ganz offensichtlich dafür, dass die Art jedenfalls in warmen Sommern auch bei uns eine Sommergeneration hat, die sich in den Eiern anderer Kiefernbuschhornblattwespen sowie in den unentwickelten (?) Eiern von *N. sertifer* ausbildet. Manche Beobachtungen weisen darauf hin, dass *A. ruforum* auch in schon vorher parasitierte Eier legt, worüber in der Literatur bisher noch nichts berichtet worden ist. Es ist aber doch klar, dass längst nicht alle Spätschwärmer zur zweiten Generation gehören, sondern dass es sich um eine Entwicklungsverzögerung

infolge einer Art von Überliegen handelt. Nicht ausgeschlossen ist es, dass manche Exemplare in den Eiern von *N. sertifer* zweimal überwintern. *Tetracampe diprioni* überwintert als kleine Larven. Die frühesten Imagines schlüpften in manchen Zuchten fast gleichzeitig mit den ersten *A. ruforum* -Imagines, aber diese Fälle waren Seltenheiten, und in der Hauptsache erfolgt das Schlüpfen von Mitte Juli bis Mitte August. Die Generationsdauer scheint einjährig zu sein.

Die Bedeutung der Eiparasiten. Von den in der Literatur veröffentlichten Angaben über die Bedeutung der Parasiten ist zunächst Pschorn-Walchers (1965) Publikation zu nennen, worin die in Europa gesammelten Materialien zusammengestellt sind, von denen genaue Angaben sowohl über die Parasitenarten wie auch über die Menge der parasitierten Eier vorliegen. Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass das Parasitenprozent gering gewesen ist: in sechs Fällen von neun unter 3, in einem 3.48, in einem weiteren (ein in Schweden 1935—36 gesammeltes, umfangreiches Material) etwas über 10 und nur in einem einzigen (aus Österreich) etwas über 30. Dagegen waren von den *N. sertifer* -Eiern, die Rywkin (1957) in den Jahren 1949—50 in Weissrussland untersuchte, durchschnittlich nicht weniger als 73.9 % parasitiert. Nach Kangas (1941) wurden in Evo im Herbst 1932 überhaupt keine Eiparasiten gefunden, und auch in Estland (Karu 1940) war ihre Bedeutung während der Gradation 1938—39 nur geringfügig. Dahingegen hat Kopvillem (1963) festgestellt, dass in den aus Südost- und Ostestland stammenden Proben 1960—61 fast 80—100 % von den Eiern durch *A. ruforum* vernichtet waren; in den nördlichen Landespartien dagegen war der Parasitenprozentsatz sehr niedrig (2.3—4), oder die Parasiten fehlten gänzlich. Als die Ursache für die geringe Bedeutung der Eiparasiten gilt im allgemeinen der Umstand, dass die Parasitenwespen gewöhnlich bivoltin sind, die Rote Kiefernbuschhornblattwespe aber univoltin (vgl. z.B. Thalenhorst 1953 b). Bei der Gemeinen Kiefernbuschhornblattwespe, die in Mitteleuropa und weiter südlich zwei Generation pro Jahr hat, spielen die Eiparasiten denn auch eine viel grössere Rolle (vgl. z.B. Besemer 1942, Rywkin 1957 und Urban 1962).

Die Verfahren, die beim Einsammeln und Behandeln des im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung kontrollierten Eimaterials befolgt wurden, sind schon weiter vorn besprochen worden (SS. 44—45). Der Anteil der gesunden, parasitierten und aus sonstigen Gründen zugrunde gegangenen Eier in den in verschiedenen Jahren untersuchten Materialien ist aus Tabelle 5 ersichtlich. Wie die Tabelle zeigt, waren von den im Herbst 1961 gelegten Eiern in den westlichen Landesteilen gewöhnlich etwa 30—40 % parasitiert, in den östlichen Partien dagegen 60—80 % und sogar noch mehr. Am grössten war die Menge der parasitierten Eier in den aus folgende Gegenden

Tabelle 5. Anteil der 1961—63 gelegten, gesunden und vernichteten Eiern von *N. sertifer* im Bereich verschiedener Bezirksforstämter. (Material 1962—64 im Frühjahr gesammelt.)

Taulukko 5. Terveiden ja tuhoutuneiden vv. 1961—63 munittujen ruskean mäntypistiäisen munien määrä metsänhoitolautakunnittain. (Aineisto kerätty keväällä vv. 1962—64.)

Bezirksforstamt *Metsänhoitolautakunta*	1961			1962		1963		
	Gesund *Terveitä*	Parasitiert *Loisittuja*	Sonstwie vernichtet *Muuten tuhoutuneita*	Gesund *Terveitä*	Vernichtet [1]) *Tuhoutuneita* [1])	Gesund *Terveitä*	Parasitiert *Loisittuja*	Sonstwie vernichtet *Muuten tuhoutuneita*
	%							
Ost-Savo	16.2	68.2	15.6	—	—	—	—	—
Süd-Karelien	11.9	63.8	24.3	—	—	—	—	—
Süd-Savo	9.8	84.5	5.7	—	—	—	—	—
Ost-Häme	50.6	33.3	16.1	—	—	—	—	—
Helsinki	42.6	38.8	18.6	—	—	—	—	—
Uusimaa—Häme	44.6	31.7	23.7	59.1	40.9	6.4	70.1	23.5
Nord-Häme	37.3	40.0	22.7	—	—	—	—	—
Südwest-Finnland	45.2	29.3	25.5	49.7	50.3	21.2	56.6	22.2
Satakunta	41.9	32.8	25.3	18.2	81.8	7.9	72.8	19.3
Süd-Pohjanmaa	20.6	45.3	34.1	16.8	83.2	18.8	66.2	15.0
Vaasa	—	—	—	25.8	74.2	28.6	50.6	20.8
Ganzes Land — *Koko maa*	37.7	38.7	23.6	34.6	65.4	18.4	64.7	16.9

[1]) Die Parasitierten und sonstwie Vernichteten zusammen (s. Text).
Loisitut ja muuten tuhoutuneet yhteensä (kts. tekstiä).

stammenden Proben: Pernaja Norr-Sarflax 94.3 %, Kerimäki Nunnaniemi 82.2 %, Ristiina Tiirola 80.4 %, Ruokolahti Immolanjärvi 80.2 % und Taipalsaari Kuhala 79.2 %. In der aus Mäntyharju Halmeniemi eingesandten Probe waren sämtliche Eier parasitiert, aber die Gesamtzahl der Eier war sehr klein. (Das hohe Parasitenprozent von Süd-Savo ist dadurch zu erklären, dass das Material ausser der Probe aus Mäntyharju nur noch eine Partie aus Ristiina enthielt, welche letztere auch nicht gross war.)

Im Frühjahr 1963 wurden nur in Westfinnland Zweige gesammelt, weil die Schädlingspopulationen in Ostfinnland sich schon bei den Untersuchungen im Vorherbst als gering erwiesen hatten. In dem ganzen kontrollierten Material wurden nur 8.2 % parasitierte Eier gefunden, aber aus sonstigen Gründen vernichtete 57.2 %. Da in diesem Frühjahr der Frost bis Anfang April andauerte (vgl. Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin 1963), mit dem Sammeln der Eierproben aber schon Mitte März angefangen wurde, ist es nicht ausgeschlossen, dass in den ersten Probepartien eine kleinere Anzahl von kleinen *Tetracampe*-Larven übersehen worden ist. Angesichts der grossen Menge der »sonstwie vernichteten» Eier liegt es ferner auf der Hand, dass auch von den parasitierten Eiern ein beträchtlicher Teil im Lauf des Winters zugrunde gegangen sein muss. Wegen der Unzuverlässigkeit der erzielten Resultate sind die vernichteten Eier in Tabelle 5 in diesem Jahr nur als eine

einzige Gruppe aufgeführt. Da in den Proben aus sieben Kirchspielen (Vihti, Kiikala, Kisko, Mynämäki, Vehmaa, Alavus und Jurva), von denen ein Teil erst Ende April oder im Mai gesammelt worden war, parasitierte Eier in höchstens 1 % festgestellt wurden, muss der Parasitenprozentsatz auf jeden Fall im Durchschnitt sehr niedrig gewesen sein. Nach S c h e d l (1938) ist die Zunahme des Parasitenbestandes sehr weitgehend u.a. von den Witterungsverhältnissen im Sommer abhängig. Wie oben schon in verschiedenem Zusammenhang erwähnt worden ist, war der Sommer 1962 kalt und grösstenteils auch sehr regnerisch.

In dem im Frühjahr 1964 gesammelten Material waren 64.7 % von den Eiern parasitiert, also sehr viele. Von den grössten gefundenen Mengen mögen folgende erwähnt sein: Somero 84.3 %, Jurva 83.3 %, Vehmaa 82.6 %, Kauhajoki Nummijärvi 80.2 %, Kauhajoki Lauhavuori 74.5 %, Karvia 73.1 %, Honkajoki 72.1 %, Isojoki 70.9 % und Somerniemi 70.1 %. Einige von diesen Materialien waren relativ gross, z.B. sowohl in Nummijärvi wie in Isojoki wurden über 14 000 Eier kontrolliert.

An einem Teil (ca. 58 000 Eier) des im Frühjahr 1964 gesammelten Materials wurde auch die Grösse des Parasitenprozentsatzes in den verschiedenen Teilen der Krone bestimmt. Parasitiert waren die Eier an den oberen Zweigen zu 61.4 %, in der mittleren Partie 57.9 % und an den unteren Zweigen 49.7 %. Der Unterschied zwischen den oberen und mittleren Zweigen war also ziemlich gering, während die an den unteren Zweigen befindlichen Eier erheblich weniger parasitiert waren. Es ist schwer zu sagen, ob dies durch die geringere Eidichte der unteren Zweige oder durch die Beleuchtungsverhältnisse bedingt war. Nach L y o n s (1962) kommen in den Eiern von *Neodiprion swainei* Parasiten im allgemeinen nur an kleinen Bäumen vor, und auch T h a l e n h o r s t (1942) hat festgestellt, dass die Eier von *D. pini* viel weitgehender an jungen als an alten Kiefern parasitiert waren. In unserem Material liess sich nicht feststellen, dass die Grösse der Bäume den Parasitenprozentsatz beeinflusst hätte. In dem allerstärksten Kiefernbestand, wo Probezweige gesammelt wurden, und wo die Bäume eine mittlere Höhe von 18 m hatten, waren 70 % von den Eiern parasitiert.

Dessenungeachtet, dass *Achrysocharella ruforum* bei uns in der Regel hauptsächlich schon im Juni schwärmt, und dass Kiefernbuschhornblattwespen-Arten, die im Früh- und Hochsommer im Eistadium stehen, während der hier fraglichen Zeitspanne sehr spärlich vorkamen, zeigten die Untersuchungen doch, dass das Parasitenprozent in den meisten Fällen recht hoch war. Die Eiparasiten scheinen bei uns also (in welcher Weise, ist noch nicht näher geklärt) besser an den jährlichen Lebenszyklus der Roten Kiefernbuschhornblattwespe angepasst zu sein als in Mitteleuropa, und als Begrenzungsfaktor der Vermehrung der Art haben sie mindestens im südlichsten Finnland auf jeden Fall eine beachtliche Bedeutung.

Larven- und Kokonparasiten

Die Larven- und Kokonparasiten von *N. sertifer* sind in sehr zahlreichen Untersuchungen behandelt worden. Die meisten sind aber nicht von Spezialisten verfasst und haben daher u.a. wegen fehlerhafter Artbestimmungen und aus kollektiven Zuchten erhaltener unzuverlässiger Resultate — insbesondere betreffs der Ichneumoniden — das Bild vom Auftreten der Parasiten-Arten in den verschiedenen Teilen des ausgedehnten Verbreitungsgebiets von *N. sertifer* eher in Verwirrung gebracht als geklärt. Von den kritischen Untersuchungen sei nur auf die von Pschorn-Walcher (1965) über alle Parasitengruppen und die von Oehlke (1965) über die Ichneumoniden verwiesen. Von den einheimischen Publikationen sind die Forschungen von Forsius (1911 a, 1912), Lovászy (1940) und insbesondere Kangas (1941) zu nennen, von denen die letztgenannte eine Gesamtübersicht von den in Finnland bisher angetroffenen verschiedenen Parasiten der Kiefernbuschhornblattwespen-Arten enthält.Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung sind Parasiten aus zahlreichen, in unterschiedlicher Weise gesammelten Kokonpartien gezüchtet worden. Da aber die Parasiten bis auf weiteres noch nicht auf ihre Art bestimmt worden sind, und da namentlich das Vorkommen der Ichneumoniden später in einer gesonderten Untersuchung behandelt werden soll, werden hier nur einige Beobachtungen allgemeiner Art über die verschiedenen Parasitengruppen und die Gesamtbedeutung der Parasiten als Begrenzungsfaktoren der Vermehrung von *N. sertifer* in Finnland dargelegt.

Die Raupenfliegen (*Tachinidae*). Obwohl Kokons für verschiedene Zwecke vom Mai bis zum endgültigen Schneefall eingesammelt, und manche *N. sertifer* -Partien als grosse Larven weitergezüchtet wurden, fanden wir in dem ganzen behandelten Material mit Sicherheit nur einen einzigen, von Tachiniden parasitierten Kokon (aus Kauhajoki)! Freilich sollen Raupenfliegen den Kontrollprotokollen gemäss in manchen, besonders in den ersten Jahren untersuchten Kokonpartien (namentlich aus Ostfinnland 1961) vorgekommen sein, da aber die Bestimmung bloss aufgrund der Schlüpflöcher erfolgte, und da derartige Kokons nicht getrennt in Verwahrung genommen worden sind — so dass die Bestimmung auch nicht anhand der Larvenhäute bestätigt werden konnte — müssen diese Beobachtungen als ungewiss gelten. In manchen Fällen sehen nämlich die Schlüpflöcher von *Pleolophus basizonus* (Grav.) und diejenigen der Raupenfliegen einander sehr ähnlich. Selbst wenn man annimmt, dass ein Teil des Materials wegen der späten Sammelzeit von den Fliegenlarven schon verlassen war, und das Vorkommen der Fliegen deswegen vielleicht übersehen worden wäre, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass die Tachiniden in Finnland als Parasiten der Roten Kiefernbuschhornblattwespe eine ganz untergeordnete Rolle spielen, auch

dann, wenn die *N. sertifer* -Populationen klein sind (vgl. Eichhorn, Pschorn-Walcher und Schröder 1965). In der Untersuchung von Kangas (1941) wird erwähnt, dass *Drino* (*Sturmia*) *inconspicua* (Meig.) in Kerimäki und in Pyhäselkä angetroffen worden sei; an beiden Stellen machten die von ihr parasitierten Kokons freilich nur 0.5 % von allen parasitierten Kokons aus. Da andererseits gleich in den ersten, im Herbst 1966 in Kankaanpää eingesammelten Kokonproben von *D. pini* Fliegenpuppen gefunden wurden, hat es den Anschein, dass die Tachiniden in unseren Verhältnissen besser an den Lebenszyklus der Gemeinen wie der Roten Kiefernbuschhornblattwespe angepasst sind (vgl. Hertz 1933).

Die Erzwespen (*Chalcidoidea*). In der Untersuchung von Kangas (1941) wird erwähnt, dass *Dahlbominus fuscipennis* (Zett.) (*Microplectron fuscipenne* Zett.) in Kerimäki, Kesälahti und Pyhäselkä angetroffen worden sei; freilich gab es von dieser Art parasitierte Kokons in den beiden letztgenannten Ortschaften ganz verschwindend wenig, und auch in Kerimäki machten sie nur 2 % von allen kontrollierten Kokons aus. Diese Erzwespenart spielt bekanntlich in Südeuropa eine grössere Rolle als weiter nördlich (vgl. z.B. Morris und Cameron 1935, Ullyet 1936). In manchen Fällen ist sie aber auch noch in Deutschland als bedeutsamer Parasit von *N. sertifer* aufgetreten (Thalenhorst 1952). Aus dem gesamten, für die vorliegende Untersuchung gesammelten Material lässt sich der Anteil der Erzwespen nicht bestimmen, weil die in den ersten Jahren geprüften Kokons nicht demgemäss eingeteilt worden waren, zu welchen Parasitengruppen die in ihnen enthaltenen Larven gehörten. Einige Zahlen können aber doch gegeben werden. Besonders zahlreich wurden Erzwespen in dem Material festgestellt, das 1963 im Gebiet des Bezirksforstamtes von Süd-Pohjanmaa gesammelt wurde; die von ihnen parasitierten Kokons machten 7.6 % von allen kontrollierten Kokons aus. In dem genannten Jahr gab es stellenweise aussergewöhnlich viele im vorherigen Herbst übergelegene *N. sertifer* -Individuen, welcher Umstand zweifelsohne auch für das zahlreiche Vorkommen der Erzwespen ausschlaggebend gewesen ist. Auch noch im nächsten Jahr machten die von ihnen vernichteten Kokons 5.6 % von allen (im ganzen Land) untersuchten Kokons aus, aber 1965 nur 2.1 %. In manchen aus den in Süd-Pohjanmaa gesammelten Materialien erhaltenen Resultaten ist der Anteil dieser Gruppe allerdings vielleicht grösser ausgefallen, als er in natürlichen Verhältnissen gewesen wäre, weil die geschlüpften Imagines die gesammelten Kokons belegen konnten, welcher Umstand gelegentlich sehr unangenehm die Verlässlichkeit derartiger Resultate beeinträchtigen kann. Der Anteil der Erzwespen betrug aber 1964 doch in Taipalsaari 6.8 % und in Lemi 6.2 %, obwohl die Kokons erst am 22.—25. XI gesammelt, danach in Aussentemperatur aufbewahrt und schon Anfang Dezember kontrolliert wurden. Von den parasitierten Kokons machten die

von den Erzwespen vernichteten in dem genannten Material 17.2 und 17.8 % aus, im ganzen also ziemlich viel.

Die Schlupfwespen (*Ichneumonidae*). Obwohl Erzwespen in manchen Materialien relativ zahlreich vorkamen — hinsichtlich ihrer Bedeutung muss freilich in Betracht gezogen werden, dass sie offenbar mindestens in gewissem Grade auch die schon vorher von anderen Arten parasitierten Kokons belegen (vgl. z.B. Avramenko 1964) — traten die Schlupfwespen doch in allen untersuchten Kokonproben zahlenmässig bei weitem als die grösste Parasitengruppe auf. Aus den 1960—1966 auf verschiedene Weise eingesammelten Kokons sind bisher 6 788 Schlupfwespen gezüchtet worden, und nach der vorläufigen Bestimmung (das Material hat Stud. M. Varama behandelt) verteilen sie sich auf die wichtigsten Gattungen folgendermassen:

	%
Pleolophus (*Aptesis*)	50.3
Exenterus	42.0
Lamachus	4.4
Lophyroplectus	2.3
Andere	1.0

Zu den zwei erstgenannten Gattungen gehören also zusammen 92 %, bei weitem der grösste Teil von allen geprüften Exemplaren. Das Verhältnis ist auch in den früher bei uns veröffentlichten Zuchtergebnissen im grossen und ganzen das gleiche gewesen (Lovászy 1940, Kangas 1941), und die *Pleolophus*- und *Exenterus*-Arten sind auch ohne Zweifel die häufigsten und bedeutsamsten Larven- und Kokonparasiten der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in unserem Lande. Exemplare beider Gattungen wurden auch in dem an dem allernördlichsten Untersuchungsort (Laanila) gesammelten Kokonmaterial angetroffen. In manchen Zuchten, die in Kauhajoki im Sommer 1964 angefangen worden waren, und in denen die *N. sertifer* -Larven hauptsächlich im vierten Stadium isoliert wurden, bekamen wir ziemlich zahlreiche andere Larvenparasiten als *Exenterus*-Arten. Daraus lässt sich schliessen, dass die *Exenterus*-Arten offenbar auch bei uns sogar recht weitgehend gewisse schon früher die Larven belegende Arten verdrängen können (vgl. Pschorn-Walcher 1965), aus welchem Grunde der Anteil der letzteren in den als Kokons eingesammelten Zuchten im allgemeinen stets sehr gering ist. Wenn die genannten Zuchten von Kauhajoki weggelassen werden, sinkt der Anteil der Gattung *Lamachus* auf 1.3 %, während der Anteil der Gattungen *Pleolophus* und *Exenterus* auf 95.5 % ansteigt. Die letztgenannte Zahl ist dann fast genau so gross wie der Anteil der zu diesen Gattungen gehörigen Exemplaren an allen Ichneumoniden-Imagines in den von Kangas (1941: Tabelle 1) durchgeführten Zuchten!

Bedeutung der Larven- und Kokonparasiten. Kangas (1941) hat festgestellt, dass die Parasiten von den im Herbst 1939 gesammelten Kokons in Kerimäki 54 % vernichtet hatten, in Kesälahti 32 % und in Pyhäselkä 57 % (vom ganzen Material 48 %). Die anderwärts aus Europa erhältlichen Zahlen (vgl. z.B. Niklas und Franz 1957) variieren ziemlich weitgehend, sind aber im allgemeinen kleiner als die obigen. Die absoluten Mengen der parasitierten Kokons in den für die vorliegende Untersuchung gesammelten Kokonmaterialien sind, nach Bezirksforstämtern geordnet, in Tabelle 2 wiedergegeben. Ihr relativer Anteil (an allen geprüften Kokons) war in den verschiedenen Jahren folgender:

	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Parasitierte Kokons, %	43.0	44.9	26.8	26.6	39.9	24.4

Bei der Beurteilung der obigen Zahlen muss berücksichtigt werden, dass das Material eines jeden Jahres auch die Kokons der Überlieger vom vorherigen Herbst enthielt, und dass — wie bei der Besprechung der Sammel- und Behandlungsverfahren der Kokons schon erwähnt wurde — in manchen Fällen das Parasitenprozent eventuell zu hoch ist, weil die im Herbst geschlüpften Parasiten die Gelegenheit gehabt haben, insbesondere die früh eingesammelten Kokons vor der Untersuchung zu belegen. Dies war — in erster Linie weil die Prüfung von provisorischen Arbeitskräften vorgenommen worden sind — mit ziemlicher Gewissheit besonders im Herbst 1961 und wahrscheinlich auch 1960 der Fall.

Zur Kontrolle wurden 1962 an der Landstrasse Honkajoki—Kankaanpää Kokons ausser im August auch im November gesammelt. In der ersten Partie (gesammelt am 6. VIII) machten die parasitierten Kokons 23.6 % aus, in der letzten (gesammelt am 14. IX und danach bis zur Untersuchung im Kühlschrank aufbewahrt) 23.1 %. Erwähnt sei noch, dass im Jahre 1965 die Kokons entweder im August und Anfang September oder um die Monatswende Oktober—November gesammelt wurden. In den erstgenannten Materialien war der durchschnittliche Parasitenprozentsatz 23.1 und in den letztgenannten, in denen nach dem Einsammeln jedenfalls keine Eier mehr abgelegt werden konnten, 27.1. Im allgemeinen dürften auch die Werte aus den Jahren 1962—65 verhältnismässig zuverlässig sein. Nur das Resultat vom Jahre 1964 kann vielleicht wesentlich zu hoch gewesen sein, weil in diesem Jahre — trotz aller Vorsichtsmassregeln — das im August in Süd-Pohjanmaa gesammelte Material möglicherweise belegt worden ist. Lässt man die etwas ungewissen Resultate der ersten Jahre ausser acht, so waren von den eingesammelten Kokons in den Jahren 1962, 1963 und 1965 etwa $^1/_4$ parasitiert und 1964 etwa $^1/_3$. Es dürfte erwähnenswert sein, dass in den weit nördlich, in Laanila, gesammelten Materialien der Anteil der parasitierten Kokons 1963 32.2 % und 1965 35.1 % ausmachte.

Im Sommer 1966 kamen in Vehmaa auf einigen kleineren Kiefernwaldflächen, wo in den vorausgegangenen Jahren kaum Larven aufgetreten waren, ziemlich schwere *N. sertifer* -Schäden vor. Es handelte sich also in diesem Falle um das erste regelrechte Schadjahr. Dennoch wurde festgestellt, dass die im gleichen Herbst gesammelten Kokons zu 34.5 % parasitiert waren. Ganz offenbar war der Anteil der parasitierten Kokons auch 1960 im ganzen Land jedenfalls relativ gross. Der Prozentsatz der parasitierten Kokons kann also — wie K a n g a s (1941) hervorgehoben hat — schon gleich zu Beginn der Gradation verhältnismässig hoch sein. Dessenungeachtet konnte bei den jetzt durchgeführten Untersuchungen nicht beobachtet werden, dass die Bedeutung der Parasiten mit dem Fortschreiten der Gradation gewachsen wäre, sondern sie blieb ungefähr gleich (oder nahm eher etwas ab), und zwar auch in solchen Schadgebieten, wo Larven sogar in 4—5 Jahren auftraten. Merkliche Zunahme des Parasitenprozentes war nur in denjenigen Waldbeständen wahrzunehmen, wo die absoluten Zahlen der überliegenden *N. sertifer* -Individuen im Herbst 1962 aussergewöhnlich gross waren (vgl. S.75).

Andere Faktoren

Ausser über die Ei-, Larven- und Kokonparasiten wurden im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung auch Beobachtungen über manche andere Begrenzungsfaktoren der Vermehrung von *N. sertifer* gemacht. Obwohl diese Beobachtungen notgedrungen in vieler Hinsicht lückenhaft blieben, dürfte ihre Darlegung doch gerechtfertigt sein, weil viele von ihnen in den einheimischen Untersuchungen bisher nur wenig berücksichtigt worden sind.

Das E i s t a d i u m. Ausser den Eiparasiten werden als biotische Faktoren, welche die Eier der Roten Kiefernbuschhornblattwespe vernichten, u.a. Vögel, insbesondere die Meisen (G a l o u x; nach L y o n s 1964) genannt, ferner die Larven der Florfliege (*Chrysopa ventralis* Curt.) (F o r s s l u n d 1945) sowie die Milben und verschiedene Wanzen (F o r s i u s, 1920, wobei freilich im allgemeinen die Eier auch vieler anderer Blattwespen-Arten gemeint sind). L y o n s (op.c.) erwähnt, in Kanada sei beobachtet worden, dass ein unbekannter Faktor im Lauf des Winters und Frühjahrs in manchen Fällen bis zu 10 % von den überwinternden Eiern vernichet habe. Mit aller Wahrscheinlichkeit handelte es sich um Vögel, die beim Herauspicken des Eis aus der Nadel eine muschelförmige Kerbe hinterlassen. In dem für die vorliegende Arbeit gesammelten Zweigmaterial wurden im Winter 1964—65 Spuren von etwa einem Dutzend ähnlicherweise vernichteter Eier gefunden. Dies ist die einzige Beobachtung über das Auftreten von biotischen Faktoren dieser Gruppe, obwohl in verschiedenem Zusammenhang insgesamt an die 200 000 Eier untersucht worden sind, und

es liegt daher auf der Hand, dass die in Tabelle 5 aufgeführte, recht beträchtliche durch andere Faktoren als die Eiparasiten bedingte Eiervernichtung hauptsächlich auf abiotische Ursachen zurückzuführen sein muss.

Die Rote Kiefernbuschhornblattwespe überwintert ja gewöhnlich eben im Eistadium, und man könnte daher vermuten, dass starker Frost einer von den allerwichtigsten abiotischen Faktoren der Eiervernichtung wäre. In den europäischen Publikationen finden sich jedoch nur spärliche Angaben über die Wirkung des Winterfrostes. Forsius (1920) stellt fest, dass die Eier manchmal ziemlich niedrige Temperaturen (ca. —30°C) unversehrt überstehen, aber Karu (1940) andererseits teilt mit, im Winter 1939—40 habe der strenge Frost in den Binnenteilen von Estland die Eier fast völlig vernichtet. In Kanada hat Sullivan (1965) sehr interessante Versuche gemacht; er verwendete hierfür in Ontario im Freiland gesammelte, und ferner von aus Japan, der Schweiz, Österreich, Deutschland und Lettland erhaltenen Weibchen gelegte Eier, und vervollständigte die Resultate dieser Versuche noch mit Beobachtungen in der Natur. Bei seinen Laborversuchen stellte sich heraus (nach der mit der Untersuchung veröffentlichten graphischen Darstellung), dass die Hälfte von den kanadischen Eiern schon bei ca. —32°C gefroren waren, von den gegen den Frost widerstandsfähigsten lettischen Eiern aber erst bei ca. —34°C; 90% der Eier gefroren entsprechend bei ca. —34° und ca. —37°C. Alle untersuchten Eier gefroren bei höheren Temperaturen als —40°C. Durch Zuchtversuche wurde noch nachgewiesen, dass die gefrorenen Eier zugleich auch vernichtet waren, es konnte nämlich in keinem einzigen Ei hiernach Embryonalentwicklung beobachtet werden. Die im Lauf von drei Wintern im Freiland gemachten Beobachtungen zeigten, dass die Mortalität der Eier im grossen ganzen der Grössenklasse entsprach, die aufgrund der Temperaturbeobachtungen und der im Labor durchgeführten Versuche berechnet worden war. In den unter der Schneedecke befindlichen Eigruppen war die Sterblichkeit aber sehr viel geringer, und wenn die Eier 4—8″ unter der Schneedecke liegen, überstehen sie vermutlich selbst den allerstrengsten Frost.

Auch im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung haben wir im Januar 1966 und um die Jahreswende 1966—67 Bestimmungen über den Gefrierpunkt der Eier ausgeführt, und zwar mit einem Apparat, der nach der in Sullivans (op.c.) Arbeit veröffentlichten Zeichnung und Beschreibung konstruiert war. Der Apparat braucht hier also nicht näher beschrieben zu werden. Gewisse Details, die vom Obigen teilweise abweichen, müssen aber doch erwähnt werden. Die Messung der Temperatur wurde mit einem elektrischen Universal-Thermometer Typ TE 3 von Ellab vorgenommen—zu dem Apparat gehört kein Schreiber — unter Verwendung eines ösenförmigen Applikators (Typ E 5). Wegen der Form des Applikators konnte in die am oberen Ende des Aluminiumstabs befindliche Gefrierkammer kein Filtrier-

papier eingelegt werden, sondern die Eier — jeweils zwei — mussten direkt in die Öse des Applikators getan werden. Die Temperatur sank im allgemeinen mit einer Geschwindigkeit von ca. 2½°C/min. Wenn der blosse Aluminiumstab benutzt wurde, sank die Temperatur beträchtlich schneller, weshalb wir ihn in eine Glasröhre mit etwas Alkohol stellten. Den eigentlichen Gefrierapparat hatten wir doppelt, und beide wurden abwechselnd benutzt, d.h. während mit dem einen gefroren wurde, liessen wir den anderen gleichzeitig warm werden (der Temperaturanstieg wurde mit dem elektrischen Thermometer TE 5 von Ellab verfolgt). Da jeweils nur zwei Eier eingefroren werden konnten, und da das Absinken der Temperatur die ganze Zeit kontrolliert werden musste, ging die Arbeit sehr langsam vonstatten, und die behandelten Materialien blieben aus diesem Grunde ziemlich klein.

Insbesondere bei den im Januar 1966 durchgeführten ersten Versuchsserien wurde festgestellt, dass ein kleiner Teil der Eier sogar schon bei —23° bis —26°C gefror. Bei der Färbung stellte sich heraus, dass die Embryonen in diesen Eiern auf der gleichen Entwicklungsstufe standen wie auch in den erst bei erheblich niedrigeren Temperaturen gefrorenen Eiern, und auch sonst waren keine Unterschiede wahrzunehmen, weshalb wir den Ursachen dieser Erscheinung zunächst nicht auf die Spur kamen. Als später die Gefrierkammern zwischen den Versuchen sorgfältig mit Hilfe einer Tischlampe getrocknet wurden, kamen solche Anomalien nur noch ganz ausnahmsweise vor. Da die Anomalien also — wie wir schon gleich von vornherein vermutet hatten — ganz offenbar hauptsächlich durch technische Mängel bei der Messung bedingt waren (später stellte sich heraus, dass auch die geringste Beschädigung der Eier die gleichen Folgen hatte), glaubten wir, die Resultate der Versuche, bei denen die Eier schon bei höheren Temperaturen als —30°C gefroren waren, mit Recht ausser acht lassen zu können. (Die im Januar 1966 durchgeführten Versuchsserien wurden dann aber doch ganz weggelassen.)

Um Eier für die Versuche zu erhalten, setzten wir Imagines, die im Labor aus in Isojoki und Taivassalo gesammelten Kokons geschlüpft waren, in Ruotsinkylä in dichte, um Kiefernzweige geschlungene Gazebeutel. Kurz vor Beginn der Versuche wurden die belegten Zweige abgebrochen und dann bei Aussentemperatur in Wassergefässen aufbewahrt. Das Material aus Isojoki umfasst 119, und das aus Taivassalo 126 Eier.

Die Ergebnisse zeigten, dass die aus Taivassalo stammenden Eier bei deutlich höheren Temperaturen erfroren waren als die von dem Weibchen aus Isojoki gelegten. Ein gewisser kritischer Punkt war in dem erstgenannten Material bei ca. —34°C, in dem letztgenannten erst bei ca. —37°C. Bei höheren als den genannten Temperaturen waren von den Eiern entsprechend nur 29.4 % und 38.7 % eingegangen, aber hiernach stieg die Anzahl der vernichteten Eier sehr steil an. Von den Eiern aus Taivassalo gingen im Bereich

von 3°, nämlich zwischen —34.1° und —37.0° 63.5 % zugrunde, von den Eiern aus Isojoki zwischen —37.1° und —40.0° 59.6 %. Das kumulative Vernichtungsprozent war in dem Material aus Taivassalo bei —37° also 92.9 %, in dem Material aus Isojoki bei —40° entsprechend 98.3 %. Die tiefste festgestellte Gefriertemperatur war —41.1° (Isojoki).

Wodurch die Unterschiede zwischen den Materialien bedingt waren, geht aus den Versuchen schon wegen ihrer Knappheit nicht hervor. Taivassalo liegt freilich an der allersüdwestlichsten Spitze des finnischen Festlandes, Isojoki ca. 175 km weiter nordwärts. Der Zeitpunkt der Versuche kann keine Rolle gespielt haben, denn an den Eiern aus Isojoki wurden die Bestimmungen des Gefrierpunktes am 20.—27. XII. 1966 und 9.—11. I. 1967 gemacht, an dem Material aus Taivassalo wiederum am 28. XII. 1966—12. I. 1967. Die Resultate von Versuchen, die wir im Januar 1966 mit Eiern von Weibchen aus Kauhajoki machten, wichen nicht wesentlich von der oben beschriebenen Versuchsserie aus Isojoki ab. (Kumulatives Vernichtungsprozent bei —40°C 98.5 %).

Der Vergleich mit den von Sullivan (1965) erzielten Resultaten wird natürlich u.a. durch die mindestens teilweise unterschiedlichen Versuchsverhältnisse erschwert. Soviel darf man aber wohl sagen, dass die Eier der Roten Kiefernbuschhornblattwespe wahrscheinlich im grössten Teil auch von Südfinnland tiefere Temperaturen vertragen als im Baltikum und in Kanada (wo die heutige Population relativ kürzlich über die Vereinigten Staaten eingewandert ist, wahrscheinlich aus den Tiefebenen Mitteleuropas). Wenn die Temperatur unter —35°C sinkt, sind die oberhalb von der Schneedecke überwinternden Eier auf jeden Fall gefährdet.

Der Winter 1965—66 war sehr streng, und die Temperatur sank besonders im Februar vielerorts auch in Südfinnland im Binnenlande unter —40°C. Bei den im Juni 1966 in Isojoki durchgeführten Untersuchungen wurde denn auch festgestellt, dass in den oberhalb der Schneedecke gewesenen Eigruppen nur 4.4 % einen lebenden *N. sertifer* -Embryo oder die Larve einer Schmarotzerwespe enthielten, in den unter der Scheedecke überwinterten Gruppen dagegen 76.8 %.(Der Anteil der nicht parasitierten Eier war entsprechend 4.4 und 54.7 %.) Andererseits schlüpften in Laanila im Sommer 1966 Larven auch aus solchen Gelegen, die ziemlich hoch am Baum sassen, obschon die tiefste festgestellte Temperatur nach den Angaben der Meteorologischen Zentralanstalt im Januar —40.2° und im Februar —43.1°C gewesen war.

Wie Sullivan (1965) bemerkt, lässt sich das Ausmass der Eivernichtung im Lauf des Winters schon deshalb nicht bloss anhand des Gefrierpunktes bestimmen, weil auch langfristige, relativ tiefe, aber an sich noch nicht tödliche Temperaturen einen gewissen Einfluss ausüben können. Ende Januar 1965 wurden in Ruotsinkylä einige Eigruppen genommen, die belegten Nadeln wurden abgepflückt, miteinander vermengt und in vier Gruppen

eingeteilt (insgesamt 649 Eier). Drei von diesen Gruppen wurden in Petrischalen mit Deckel getan, auf deren Boden eine dünne Eisschicht lag, und entweder 5, 10 oder 15 Tage lang bei —30°C gehalten. Danach wurden die Nadeln in Labortemperatur genommen, die Eier wurden in Petrischalen präpariert, wo sie so lange gelassen wurden, bis sich feststellen liess, ob die Embryonalentwicklung eingesetzt hatte (bis die Augenpunkte der Embryonen zum Vorschein gekommen waren). Die Vergleichsprobe wurde überhaupt nicht bei —30°C gehalten. Der Übergang in die niedrige Temperatur und auch der Übergang ins Labor wurde stufenweise, über mehrere Zwischentemperaturen vorgenommen. Die Zuchten ergaben, dass von der Vergleichsprobe sowie von den 5 und 10 Tage lang bei —30°C aufbewahrten Eiern 60.5—61.5 % entwicklungsfähig waren, aber von den 15 Tage lang in niedriger Temperatur gewesenen Eiern nur 54.3 %. (Ein Teil von den für die Versuche benutzten Eiern war parasitiert.)

Bei den Untersuchungen über den Gesundheitszustand der Eier, die wir im Spätwinter und Frühjahr 1963 durchführten, war festgestellt worden, dass ein beträchtlicher Teil der Eier aus unbekannten Gründen zugrunde gegangen war (vgl. S. 94). Der vorausgegangene Winter hatte zwar relativ lange Frostperioden gehabt, und der Frost hatte bis Anfang April angehalten, aber die Mindesttemperaturen waren nicht besonders tief gewesen (in Südfinnland im allgemeinen höher als —35°C, vgl. Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin 1962, 1963). Die Vernichtung der Eier lässt sich demgemäss z.B. in Süd-Pohjanmaa schwer ausgesprochen durch niedrige Temperaturen erklären. Da das die Eier einhüllende Gewebe der Nadeln sehr häufig braun oder gelb verfärbt war, da ferner der Sommer 1962 sehr kalt gewesen war, und das Schwärmen der Kiefernbuschhornblattwespe spät stattgefunden hatte, erhebt sich die Frage, ob vielleicht diese Ursachen — eventuell sogar auch pflanzenphysiologische Faktoren — zur Vernichtung der Eier beigetragen haben könnten. Auf jeden Fall darf man aufgrund der Beobachtungen annehmen, dass die durch abiotische Ursachen bedingte Vernichtung der überwinternden Eier u.U. ein sehr verwickeltes Problem sein kann.

Das Larvenstadium. In der Literatur findet man zahlreiche Beobachtungen über Insekten- und Vogelarten, denen die Larven der Kiefernbuschhornblattwespe zur Nahrung dienen (u.a. Niklas und Franz, 1957, und Lyons, 1964, haben umfangreiche Literaturübersichten publiziert). Die wirkliche Gesamtbedeutung dieser Faktoren ist aber im allgemeinen sehr mangelhaft bekannt. Bei den Feldarbeiten der vorliegenden Untersuchung konnten weder betreffs der Vögel noch der Ameisen irgendwelche sicheren positiven Beobachtungen gemacht werden (vgl. Schøyen 1911, Forsslund 1960), ebensowenig betreffs anderer räuberischer Insekten. Die Waldameisen sahen wir zwar schwache oder tote Larven schleppen, niemals aber gesunde angreifen. (Auf den typischen, kargen »Blatt-

wespenböden» ist der Vogelbestand auch ziemlich arten- und individuenarm, und auch Ameisenhügel gibt es stellenweise nur wenig.) Es möge aber doch erwähnt werden, dass nach einer Mitteilung von Dr. phil. M. Helminen auf der Wildforschungsstation Evo im Sommer 1961 Junge von Auer- und Birkhühnern mit Larven von *N. sertifer* gefüttert wurden, und die Jungen verzehrten diese Nahrung sehr gern (vgl. Notini 1943). Kangas (1941) berichtet, auch die Spinnen hätten stellenweise Larven vernichtet, sogar in ganz beachtlichem Masse. Ähnliche Beobachtungen wurden im Sommer 1966 in Isojoki gemacht. Es handelte sich um die Arten *Theridion sisyphium* Cl. und *Entelecara* sp., die zusammen schätzungsweise ca. 10 % von den Larven der unter Kontrolle stehenden Gruppen vernichtet hatten.

Als zweite Faktorengruppe, die die Sterblichkeit der Larven vermehrt, sind die ungünstigen Witterungsverhältnisse zu nennen. Allerdings kann auch ihre tatsächliche Bedeutung noch nicht für endgültig geklärt gelten. Nach manchen Forschern (z.B. Schönwiese 1935, Niklas und Franz 1957) soll die Bedeutung der Witterungsverhältnisse ausgesprochen im ersten Larvenstadium sehr beträchtlich sein, andere wieder (z.B. Schwerdtfeger 1936, Forsslund 1945) haben festgestellt, dass sogar ganz ausnahmsweise ungünstiges Wetter die Mortalität der Larven kaum beeinflusste. Von den im Lauf der hier in Frage stehenden Gradation gemachten Beobachtungen seien folgende erwähnt: am 8. VI. 1962 schlüpften in Ruovesi Larven in der am Boden liegenden Krone einer im Winter umgestürzten Kiefer, obwohl in der vorvorigen Nacht die Mindesttemperatur auf dem Boden ca. —5°C gewesen war. In Kankaanpää hagelte es am 13. VI. 1962, als die Larven soeben geschlüpft waren, ca. 4—5 mm grosse Schlossen, und in Punkaharju regnete es Mitte Juni 1961 eines Tags bei einem Wolkenbruch 9 mm in ca. 20 min. (Rummukainen 1962), ohne dass sich ein wesentlicher unmittelbarer Einfluss auf die Larven hätte wahrnehmen lassen. In Laanila waren die Verhältnisse fast den ganzen Sommer 1965 so ungünstig (vgl. Abb. 11), dass es (insbesondere für längere Zeit) in Südfinnland etwas ganz Ungewöhnliches gewesen wäre. Dessenungeachtet fanden wir in den Larvengruppen am 21. VII durchschnittlich 68, am 16. VIII 61, am 23. VIII 49 und am 30. VIII 41 Larven, m.a.W. demgemäss (das Material umfasste allerdings nur 22 beliebig genommene Gruppen) wären von den Larven Ende August, als sie sich schon auf den Boden begaben, immer noch ca. 60 % am Leben gewesen.

Das Vorkommen und die Bedeutung des wichtigsten Faktors dieser Gruppe, der Virose, konnte in den ersten Jahren der Gradation — weil es an Forscherkräften fehlte — leider kaum untersucht werden. Auch später wurden diese Fragen nicht in unser Arbeitsprogramm einbezogen, weil sie in Finnland von anderer Seite (vgl. Nuorteva 1964, 1966) behandelt worden sind. In der letztgenannten Untersuchung von Nuorteva befin-

det sich eine Übersicht vom Auftreten der Virose in den verschiedenen Teilen der Befallszone, und in ganz knapper Form ist eine solche auch weiter vorn im Kapitel über das zahlenmässige Geschlechterverhältnis der Roten Kiefernbuschhornblattwespe gegeben (S. 79).

Die Beobachtungen auch über die Gesamtbedeutung aller zu dieser Gruppe zählender Faktoren sind sehr spärlich. Nur in Kauhajoki Karhukangas 1964 und Isojoki Koppelonmäki 1966 ist, als die Entwicklung der Larven verfolgt wurde, bei jeder Kontrolle auch festgestellt worden, wie viele von den Larven jeder Gruppe eingegangen (oder verschwunden) waren. Aufgrund dieser Beobachtungsserien bekommt man also auch eine gewisse Auffassung von der Mortalität der Larven in den verschiedenen Stadien. Die Resultate können selbstverständlich nicht unbedingt exakt sein, weil die Larven frei an den Zweigen sassen, der Fehler dürfte aber, insbesondere hinsichtlich der jüngeren Stadien, kaum sehr gross gewesen sein. In Kauhajoki enthielten die kontrollierten Gruppen anfänglich 2 009 Larven. Von diesen gingen im ersten Larvenstadium 16 % zugrunde, im zweiten 12 %, im dritten 36 % und im vierten mindestens 28 %. Da auch noch im fünften Stadium Larven starben, waren von der ursprünglichen Anzahl am Ende der Larvenstadien weniger als 5 % übrig. Die hauptsächliche Ursache des Verlustes war in diesem Falle die Virose.

In Isojoki waren von den Larven (anfänglich insgesamt 1 136 Stück) bis zum 12. VI, als 93.2 % im ersten Larvenstadium waren, schon 30 % vernichtet, und bis zum 26. VI, als die Larven bis auf fünf mindestens im vierten Stadium standen, 38 %. Danach gingen noch 19 % ein, so dass also ca. 43 % von der ursprünglichen Anzahl das Kokonstadium erreichten. Die Virose trat auch in diesem Falle auf, obwohl es sich um ein relativ frisches Vorkommen handelte. Manche von den grössten Larvengruppen gingen daran sogar vollzählig zugrunde, aber im ganzen dürften doch nur ca. 17 % von den Larven an der Virose eingegangen sein. Obschon die Witterungsverhältnisse im Juni 1966 sehr günstig waren (s. Abb. 11), gingen von den Larven also doch schon im ersten Stadium nicht weniger als 30 % ein. (In Kauhajoki in den beiden ersten Stadium zusammen 28 %.) Die Mortalität der Larven kann also auch in günstig aussehenden Verhältnissen und in Fällen, wo die Vernichtung wahrscheinlich nichts mit der Virose zu tun hat, ausgesprochen in den ersten Larvenstadien recht beträchtlich sein (vgl. Schwerdtfeger 1936, Niklas und Franz 1957, Griffiths 1959 und Lyons 1964). Ganz offenbar wird die Sterblichkeit der kleinen Larven leicht unterschätzt, weil sie unauffällig ist und deswegen grösstenteils unbeachtet bleibt, sofern nicht die Anzahl der Larven laufend kontrolliert wird.

Die Kokonstadien. Ausser den Parasiten werden in der Literatur noch viele andere Faktoren genannt, die die Kokonstadien der Roten Kiefernbuschhornblattwespe zerstören (vgl. die umfangreiche Literaturüber-

sicht bei Lyons 1964). Für die wichtigsten gelten im allgemeinen Kleinsäuger, Vögel, räuberische Insekten und verschiedenerlei Pilze. Wie sich schon aus Tabelle 2 schliessen lässt, kamen zu dieser Gruppe zählende Kokons (»sonstwie vernichtet») fast ausnahmslos in allen 1960—65 untersuchten Materialien vor, in manchen sogar sehr zahlreich. In dem ganzen, in den genannten Jahren behandelten Kokonmaterial machten sie 25.9 % aus. (In der Untersuchung von Kangas, 1941, war die entsprechende Zahl 28 %.) Den Anteil der verschiedenen Faktoren in diesem ganzen Material haben wir nicht zu bestimmen versucht, weil die Resultate wegen der vagen Einteilungsprinzipien voraussichtlich ziemlich unzuverlässig gewesen wären. Gewisse Schätzungen lassen sich aufgrund der Ergebnisse aus einigen kleineren Materialien aber doch machen.

Zunächst einmal waren von den in Kauhajoki 1963—65 gesammelten, zu dieser Gruppe zählenden Kokons (insg. 12 342 St.) 26.2 % äusserlich intakt, enthielten aber doch vertrocknete, verfaulte oder verpilzte, abgestorbene *N. sertifer* -Individuen. Die tatsächliche Ursache der Vernichtung konnte in diesen Fällen nicht herausgebracht werden. Die restlichen (73.8 %) dagegen waren unverkennbar von verschiedenen räuberischen Tieren zerstört. Diese wieder verteilten sich nach den in der Literatur veröffentlichten Merkmalen (Thalenhorst 1941, Sturm 1942, Morris 1949, Holling 1955) auf die verschiedenen Faktoren folgendermassen: Spitzmäuse 53.8 %, Kleinnager 23.2 %, Elateriden-Larven 20.8 % und Vögel 2.2 %. (Diese Zahlenreihe wurde aus einem Material von 2 134 beliebig genommenen Kokons erhalten.) Wenn man voraussetzt, dass diese Resultate auch allgemeinere Bedeutung hätten, wären die Anteile der verschiedenen Faktoren in dem ganzen untersuchten Kokonmaterial folgendermassen ausgefallen (% von der Gesamtanzahl der Kokons):

	%
Unbekannte Faktoren	6.8
Spitzmäuse	10.3
Kleinnager	4.4
Elateridenlarven	4.0
Vögel	0.4

Am bedeutsamsten waren also die Kleinsäuger (vgl. Karu 1940, Thalenhorst 1952, Niklas und Franz 1957; bei Kangas, 1941, war der Anteil der Nager 3 %, und Hertz, 1933, stellte fest, dass sie in einer untersuchten Kokonprobe von *D. pini* 71 % vernichtet hatten). Von Kleinsäugern aufgebissene Kokons wurden besonders zahlreich im Herbst 1962 und Sommer 1963 angetroffen, als die Anzahl der überliegenden *N. sertifer* -Individuen am Boden ausnahmsweise gross war (vgl. S. 75). Damals fanden wir in den befallenen Waldbeständen in der Moosschicht

erstaunlich ausgedehnte Ganglabyrinthe von Kleinsäugern (sowohl in Westwie in Ostfinnland) und von den Tieren gesammelte Vorräte von sogar mehreren hundert Kokons. Aber noch beispielsweise im Herbst 1965 waren in dem in Kauhajoki gesammelten Material 11 % der Kokons von Kleinsäugern vernichtet, obwohl die Kokondichte in diesem Jahre schon ziemlich gering war. Um welche Arten es sich im allgemeinen handelte, ist uns unbekannt. In Kauhajoki Karhukangas versuchten wir im Sommer 1964 zwar, Kleinsäuger zu fangen, wir erbeuteten aber nur ein paar Spitzmäuse, die zu den Arten *Sorex caecutiens* Laxm. und *S. minutus* L. gehörten (bestimmt nach Siivonen 1956). Alle gingen ein, ehe wir ausprobieren konnten, ob diese Arten wirklich Kokons vernichtet hätten. Die Bedeutung der Kleinsäuger wird bis zu einem gewissen Grade dadurch herabgemindert, dass wenigstens die Mäuse keinen grossen Unterschied zwischen nicht parasitierten und parasitierten Kokons machen, sondern also auch Parasitenlarven verzehren; die Spitzmäuse freilich öffnen mehr unparasitierte als parasitierte Kokons (Holling 1955).

Die Elateridenlarven hatten ca. 4 % von allen Kokons vernichtet. Auch Kangas (1941) und Thalenhorst (1952) sind in ihren Untersuchungen zum ungefähr gleichen Resultat gekommen. Lyons (1964) macht jedoch darauf aufmerksam, dass die räuberischen Insektenlarven auch in den Kokons befindliche, schon vorher zugrunde gegangene Kiefernbuschhornblattwespen verzehren können, weshalb sich auch bei ihnen die wahre Bedeutung schwer ermitteln lässt. Der Anteil der Vögel war ganz belanglos (unter 1 %). Die Frasspuren der Vögel und der Kleinsäuger sind wahrscheinlich oftmals garnicht so leicht voneinander zu unterscheiden (Thalenhorst 1941), aber wahrscheinlich ist die Bedeutung der Vögel als kokonvernichtende Faktoren bei uns jedenfalls relativ gering. Im allgemeinen konnte nie beobachtet werden, dass die Vögel auf dem Boden nach Kokons gesucht hätten. In manchen Fällen wurden in den Rissen der Rinde am Fuss dicker Kiefern Kokons gefunden, die wahrscheinlich von den Meisen hineingesteckt worden waren. Hertz (1933) erwähnt, dass ausgesprochen die Meisen in manchen Fällen 9—10 % der Kokons von *D. pini* vernichtet hätten.

Das Imaginalstadium. Umgekehrt wie bezüglich der Ei-, Larven- und Kokonstadien sind die Angaben über die Faktoren, die Imagines der Kiefernbuschhornblattwespe vernichten, sehr spärlich. Vielleicht ist die Mortalität der Imagines vor der Eiablage tatsächlich bedeutungslos (Niklas und Franz 1957), wennschon sie sich in der Praxis sehr schwer nachweisen lässt. Hier muss man aber in Betracht ziehen, dass — wie vorn auf S. 50 bereits bemerkt wurde — die Vermehrung der Kiefernbuschhornblattwespe auch von Faktoren begrenzt werden kann, die die Imagines nicht direkt vernichten, dafür aber die Zahl der von den Weibchen gelegten Eiern herabmindern (Lyons 1964). In der Literatur sind bisher

m.W. nur zwei Beobachtungen über derartige, in natürlichen Verhältnissen vorgekommene Fälle publiziert worden (H e i n 1956, L y o n s op.c.). Bei der Durchführung der vorliegenden Arbeit wurde eine ähnliche Erscheinung in Kauhajoki im Herbst 1963 beobachtet. In diesem Jahr kamen sehr wenig Larven vor, aber trotz allem blieben von den im vorherigen Herbst übergelegenen Individuen so viele bis zum Herbst 1963 am Leben, dass — wie bei den damals durchgeführten Kokonuntersuchungen festgestellt wurde — z.B. in manchen Waldbeständen in Nummijärvi 28.8 und in Karhukangas 25.1 Exx./m² schlüpften. Diese Zahlen waren grösser als in den meisten Schadgebieten im Herbst 1960, und wir waren daher darauf gefasst, dass stellenweise noch im Sommer 1964 Schäden vorkämen. Bei den Untersuchungen im Frühjahr 1964 fanden wir denn auch in Karhukangas nicht weniger als 105 Eier/Zweig, aber in Nummijärvi trotz der grösseren Anzahl der geschwärmten Weibchen nur 21 Eier/Zweig. (Von den Eiern erwiesen sich nur 10—20 % als gesund, und daher konnte auch in Karhukangas im Sommer 1964 von regelrechtem Schadfrass keine Rede sein, obwohl so viele Larven auftraten, dass es an Untersuchungsmaterial nicht fehlte.) Da die durchschnittliche Grösse der Eigruppen in beiden Gegenden ungefähr gleich war (in Karhukangas 48.6 und in Nummijärvi 51.4 Stück), ist die geringere Eidichte in Nummijärvi vielleicht dadurch bedingt gewesen, dass der grösste Teil von den Weibchen überhaupt nicht gelegt hat, oder dass die Individuen nach dem Schwärmen sich auf ein sehr ausgedehntes Gebiet zerstreuten, oder dass ein beträchtlicher Teil von den Weibchen vor der Eiablage eingegangen war.

Dass schwärmende Kiefernbuschhornblattwespen vom Wind verweht und sogar vernichtet werden können, liegt im Bereich der Möglichkeit, wie aus einer Nachricht in der Forstzeitschrift »Metsälehti» im Herbst 1942 (Nr. 37) hervorgeht: »In der Schwärmzeit der Blattwespen, um die Monatswende August—September, werden diese Insekten gelegentlich in grossen Mengen vom Winde verweht und treiben auf dem Wasser. So sollen am Päijänne-See vielerorts am Ufer massenhaft Blattwespen angehäuft sein, und grosse Vogelscharen tun sich gütlich daran». Auch nach einer Mitteilung von Prof. K a n g a s fielen im Herbst 1961 am Kukkia-See wegen des windigen Wetters zahllose schwärmende Weibchen ins Wasser. Eiablage wurde auf den Inseln dieses Sees nur auf der Windseite beobachtet, weil die auf dem Wasser treibenden Weibchen nur hier an Land gekommen waren. Auch am See Puruvesi wurden Mitte August 1961 in einem Bereich von mehreren Hektar auf dem Wasser treibende Blattwespen gefunden. Schätzungsweise trieben auf dem Wasserspiegel durchschnittlich ca. 100 Stück/m² (Cand. d. Forstw. U. R u m m u k a i n e n).

Wesen des Massenwechsels und Gesamtbedeutung der verschiedenen Gradationsfaktoren

Die Untersuchungen über die Populationsdynamik der Roten Kiefernbuschhornblattwespe beschränken sich bis auf weiteres fast ausnahmslos nur auf eigentliche Gradationsjahre und deren kürzere Folgezeiten. Regelrechte langfristige Beobachtungsserien z.B. über die Schwankungen der Kokon- oder Eidichte sowie das Vorkommen und die Bedeutung der die verschiedenen Entwicklungsstadien betreffenden Vernichtungsfaktoren in den Zeitspannen zwischen den Gradationen fehlen gänzlich. Auch die oben dargelegten Untersuchungen sind im Prinzip gleicherweise lückenhaft. Auch mit dem Probesammeln der Kokons wurde — aus natürlichen Gründen — erst dann begonnen, als bereits schwere Schäden vorgekommen waren, und Forschungen über die anderen Entwicklungsstadien konnten in grösserem Umfange erst nach der Kulmination der Gradation ausgeführt werden. Wegen der beträchtlichen Ausdehnung der Schadgebiete und der Vielfalt der Aufgaben haben wir auch keine Gelegenheit gehabt, die Bedeutung der Vernichtungsfaktoren der verschiedenen Entwicklungsstadien von *N. sertifer* in gewissen gleichen Populationen über längere Zeit hinaus zu verfolgen; die Untersuchungsobjekte wechselten nicht nur von einem Jahr zum andern, sondern auch im Lauf der gleichen Feldarbeitperiode, je nach den jeweils an erster Stelle stehenden Zielen. Es können daher auch keine Vermutungen über die Ursachen der Gradation vorgebracht werden — abgesehen von den Wahrnehmungen ganz allgemeiner Art, die den etwaigen Einfluss klimatischer Faktoren betrafen (SS. 39—43). Auch die im Gefolge der Gradation durchgeführten Beobachtungsreihen sind vorderhand so kurz, dass sie vielleicht ein ganz einseitiges Bild von den Schwankungen der *N. sertifer* -Populationen nach der Schadperiode vermitteln.

Betrachtet man die Tabellen 2, 3 und 4, so sieht man nämlich, dass die Anzahl der »gesunden Kokons», nachdem sie ihr Minimum erreicht hatte — was in den östlichen und mittleren Partien der Schadzone 1962 oder 1963 geschah, in den westlichen Teilen wegen des zahlreichen Überliegens erst 1964 — von Jahr zu Jahr wieder zunahm. Dies geschah dessenungeachtet, dass die mittlere Temperatur von Mai bis August in den Jahren 1963—65 beispielsweise in Ostfinnland nur im Mai 1963 wesentlich höher war als der langfristige Mittelwert. (Die Niederschlagsmenge allerdings war sowohl 1963

wie 1964 im allgemeinen etwas kleiner als gewöhnlich, aber 1965 wiederum beträchtlich grösser — desgleichen auch im Jahre 1962.) Im Sommer 1965, der fast im ganzen Land kalt und regnerisch war, bis auf den Juni, der etwas wärmer als durchschnittlich war, ging die Entwicklung der Roten Kiefernbuschhornblattwespe trotz allem so günstig vonstatten, dass im Herbst die Anzahl der geschlüpften Imagines vielerorts schon die gleiche Grössenklasse erreichte wie 1960.

Von den Faktoren, die zu der sogar ganz beträchtlichen Zunahme der *N. sertifer* -Populationen in den Jahren nach der Gradation und insbesondere im Sommer 1965 führten, gehen manche auch aus den vorn dargelegten Untersuchungen hervor. Ein solcher ist die allmähliche Zunahme des relativen Anteils der Weibchen nach dem Ende der Gradation, ein anderer wieder die Abnahme der Überlieger im Jahre 1965, deren Anzahl 1963—64 vermutlich auf dem »durchschnittlichen» Stand geblieben war. Andererseits verhält es sich ganz offenbar so, dass die Bedeutung der meisten biotischen Begrenzungsfaktoren von *N. sertifer* in den Jahren nach der Gradation ständig ungefähr gleichbleibt, und zwar ziemlich gering, so dass die biotischen Faktoren das Anwachsen der *N. sertifer* -Populationen nicht wesentlich einschränken können, ehe die Populationsdichte ein gewisses Niveau erreicht hat. [Vgl. die Untersuchungen von Baltensweiler, 1958, über die Bedeutung der Parasiten in der Populationsdynamik von *Zeiraphera griseana* (Hübner).]

Im ganzen hatte es im Herbst 1965 also den Anschein, dass — insbesondere wenn die Witterung im Frühsommer 1966 günstig wäre — vielerorts wieder Larven von *N. sertifer* recht zahlreich zu erwarten sein würden. Der Juni war denn auch sehr warm und trocken, aber die Eier waren — wie vorn schon berichtet wurde — im Lauf des harten Winters schon grösstenteils zugrunde gegangen. Ausgesprochene Schäden kamen denn auch nur in geringem Umfang im allersüdwestlichsten Teil des Landes vor. Ob die hier beschriebene Entwicklung irgendwie typisch für den Massenwechsel der *N. sertifer* -Populationen in der Zeit zwischen den Gradationen ist, darüber werden hoffentlich die künftigen Untersuchungen Aufschluss geben, die mindestens in Form von Kokonsammlungen in einigen grossen Kiefernheidegebieten durchgeführt werden sollen. Als interessanter Umstand sei erwähnt, dass den im Winter 1966—67 gemachten Beobachtungen gemäss im Frühjahr 1967 ein ungewöhnlich kräftiges Blühen der Fichte zu erwarten ist. Sofern die Eier also im Winter 1965—66 nicht eingegangen sein sollten, wäre es möglich, dass eine gewisse *N. sertifer* -Gradation und ein gutes Zapfenjahr der Fichte wieder zusammenfallen könnten.

Charakteristisch für die Schäden der Roten Kiefernbuschhornblattwespe ist es, dass sie oftmals wenigstens anscheinend sehr unvermittelt einsetzen. Die jetzt durchgeführten Untersuchungen weisen jedoch darauf hin, dass dies

an sich doch nicht der Fall ist. Dem Zustandekommen mindestens der ausgedehntere Gebiete betreffenden Gradationen geht nämlich ganz offenbar eine sich über längere Zeit hinziehende, allmähliche Zunahme der Population voraus (vgl. Furuhjelm 1897), wennschon zugegeben werden muss, dass sich dies kaum anders als durch laufende Kontrolle nachweisen lässt.

Umgekehrt wie über die zum Aufflammen der Gradation führenden Faktoren sind über die Ursachen ihres Erlöschens viele Beobachtungen dargelegt worden, und sie sind auch vorn ziemlich ausführlich besprochen, obwohl die durchgeführten Untersuchungen, wie schon gesagt, längst nicht fugenlos aneinander anknüpfen. Bei unseren Untersuchungen stellte sich heraus, dass die Mortalität schon im Eistadium beträchtlich war. Im Frühjahr 1962 und 1963 machten in dem untersuchten Eimaterial vom ganzen Lande die gesunden Eier bloss gut ein Drittel aus, im Frühjahr 1964 unter 20 % und nach dem strengen Winter 1965—66 in Isojoki in solchen Eigruppen, die oberhalb von der Schneedecke gewesen waren, nur 4.4 %. Als die bedeutsamsten Vernichtungsfaktoren der Eier erwiesen sich die Parasiten und strenger Frost. Der Anteil der parasitierten Eier war stellenweise sehr hoch (bis zu 75—80 %), und offenbar ist die Bedeutung der Eiparasiten bei uns grösser als in Mitteleuropa. Die als Schmarotzer auftretenden Erzwespenarten sind jedoch nicht vollständig an den Lebenszyklus von *N. sertifer* angepasst, und sie können daher allein nicht das Erlöschen der Massenvorkommen herbeiführen. Strenge Kälte kann ganz offenbar die oberhalb von der Schneedecke überwinternden Eier geradezu katastrophal in ihrer Lebensfähigkeit beeinträchtigen.

Die Sterblichkeit der Larven konnte eingehend nur in zwei Fällen aufgeklärt werden: in dem einen war die Sterblichkeit schon im ersten, in dem anderen dagegen erst im dritten und vierten Larvenstadium am grössten. Die Vernichtung der allerkleinsten Larven war wenigstens teilweise durch räuberische Tiere (Spinnen) verursacht, aber in ihrer Gesamtheit sind die Ursachen doch ungeklärt geblieben. Das Absterben der L_3- und L_4-Larven war durch Virose bedingt, die zweifelsohne in unserem Land von den Faktoren, die zum Erlöschen der Gradation führen, am wichtigsten ist. Eine indirekte Folge der Virose ist ferner, dass die überlebenden Individuen zu einem grossen Teil Männchen sind. Die Bedeutung der Witterungsverhältnisse blieb unklar. Immerhin konnte festgestellt werden, dass selbst so aussergewöhnlich langfristiges schlechtes Wetter, wie es im Sommer 1965 in Laanila herrschte, wenigstens nicht ausschlaggebend zur Vernichtung der Larven beigetragen hat, obwohl das Larvenstadium erst um die Monatswende August—September abgeschlossen war. Schlechtes Wetter verzögert jedoch die Entwicklung der Larven und trägt indirekt vielleicht auch zur Vermehrung der Überlieger bei, welcher Umstand in manchen Fällen weitgehend den Verlauf der Gradation beeinflussen kann.

Die Larven- und Kokonparasiten hatten in den Jahren, in denen die Untersuchungsergebnisse als relativ zuverlässig gelten können, durchschnittlich etwa ¼—⅓ von den bis zum Kokonstadium entwickelten Individuen zerstört. Die Parasiten haben also auf jeden Fall eine beachtliche Bedeutung, aber trotzdem liess sich feststellen, dass die Zahl der parasitierten Kokons keinen deutlichen, ständigen Anstieg aufwies, auch nicht in denjenigen Gebieten, wo Schäden sogar 3—4 Jahre nacheinander vorkamen. Eine Ausnahme machten nur die Fälle, wo die Zahl der Überlieger ganz besonders gross war. Ausser den Parasiten waren von den die Kokonstadien vernichtenden Faktoren am wichtigsten die Kleinsäuger sowie einige nicht näher bestimmte Faktoren (Pilze u.dergl.), von welchen die letzteren in erster Linie die Eonymphen in den Kokons vernichten. Die Elateridenlarven und Vögel scheinen ziemlich belanglos gewesen zu sein. Insgesamt waren von den *N. sertifer* -Individuen im Kokonstadium in den verschiedenen Jahren in den im Bereich der einzelnen Bezirksforstämter gesammelten Materialien durchschnittlich 55 % eingegangen.

Über den Umfang der Mortalität im Imaginalstadium sind im Lauf der vorliegenden Untersuchungen keine sicheren Angaben erhalten worden. Gewissen Beobachtungen gemäss können aber u.U. auch noch in der Schwärmzeit in der Individuendichte oder in der Eizahl aus bisher unbekannten Gründen so weitgehende Veränderungen eintreten, dass sie sich im Fortgang der Gradation ganz wesentlich geltend machen.

Faktoren, die in beträchtlichem Umfange die verschiedenen Entwicklungsstadien der Roten Kiefernbuschhornblattwespe vernichten, gibt es also in grosser Zahl. Es ist daher eigentlich ganz natürlich, insbesondere wenn man noch in Betracht zieht, in welch ausgedehnten Gebieten die Schäden bei uns oftmals auftreten, dass die Rangordnung der verschiedenen Faktoren selbst im Endstadium der Gradation nicht immer und überall die gleiche ist, sondern dass sie — wie vorn in verschiedenem Zusammenhang schon gezeigt worden ist — beträchtlichen Schwankungen unterliegt. Als Beispiel hierfür möge noch eine kurze Übersicht über die Bedeutung der verschiedenen Faktoren in den äussersten Teilen der Schadzone gegeben werden, nämlich in Südostfinnland (Gebiet I) und in Süd-Pohjanmaa (Gebiet III). In dem erstgenannten Gebiet wurden an der Virose zugrunde gegangene Larven stellenweise zahlreich schon im Sommer 1961 angetroffen. In vielen Ortschaften gab es im folgenden Herbst aber doch viele Kokons. In Sääminki Turkinniemi wurden auf einer Versuchsfläche nicht weniger als 2 012 neue Kokons/m² gefunden (aus diesen schlüpften im gleichen Jahr 432 Exx./m²). Im Frühjahr 1962 waren die Eier grösstenteils schon parasitiert oder aus anderen Ursachen eingegangen. (Z.B. in drei aus Sääminki erhaltenen Proben waren nur 5.9—19.0 % der Eier gesund.) Larven traten im nächsten Sommer u.W. nicht mehr in wesentlicher Zahl auf. Auch von dieser geringen

Larvenmenge gingen die meisten zugrunde, und z.B. auf der neben der oben genannten Versuchsfläche in Turkinniemi im Herbst 1962 angelegten Versuchsfläche fanden wir nur 4 neue Kokons.

In Süd-Pohjanmaa war die Zahl der Larven im Sommer 1962 am grössten. Da und dort war die Virose offenbar schon damals aufgetreten, aber jedenfalls waren die absoluten Mengen der Kokons im Herbst sehr gross. Trotzdem schwärmte im gleichen Herbst nur ein geringer Teil von den Individuen, was vor allem durch die aussergewöhnliche Häufigkeit des Überliegens bedingt war. Im Frühjahr 1963 wurden wenig Eier angetroffen, und ausserdem waren auch von diesen über 80 % vernichtet, und Larven gab es schon aus diesem Grunde wenig. Von den Überliegern, die eine grosse Gefahr bedeutet hatten, waren durch Kleinsäuger, Schmarotzerwespen u.a. Faktoren bis zum Herbst mindestens 85 % zerstört worden. Eier gab es im nächsten Frühjahr aber in manchen Waldbeständen noch reichlich, nur 10—20 % waren jedoch gesund. Die da und dort anzutreffenden Larven gingen im Lauf des Sommers an der Virose zugrunde, und damit war die Gradation erloschen.

Obschon die Virose — als einzige Ausnahme davon, was vorn über die Schwankungen in der Rangordnung der verschiedenen Faktoren gesagt wurde — bei uns gewöhnlich für das endgültige Erlöschen der Gradation ausschlaggebend sein dürfte, und auch wenn die Bestäubungen aus der Luft etwas mit den vorn besprochenen Unterschieden in den verschiedenen Teilen der Befallszone zu tun gehabt hätten (vgl. Nuorteva 1966), darf man doch den Schluss ziehen, dass u.U. auch andere Faktoren schon vor dem Auftreten der Virose wesentlich zum Erlöschen der Gradation beitragen können, und man kann sie daher z.B. bei Prognoseuntersuchungen nicht ausser acht lassen.

Prognostische Untersuchungen sind in Finnland bisher nur wenig durchgeführt worden, und die diesbezüglichen Erfahrungen sind entsprechend. Es liegt aber auf der Hand, dass Bedarf und Bedeutung auch der Prognoseforschungen ständig im Wachsen begriffen sind. Die blosse Feststellung, dass die Schäden der Roten Kiefernbuschhornblattwespe ziemlich selten zum Verdorren der Bäume führen, genügt auch heute nicht mehr, sondern der Verlauf und die Auswirkungen der Gradation müssten genauer vorhergesagt werden können. Die prognostischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit sind hauptsächlich nach der Kulmination der Gradation durchgeführt worden, oder zu einem Zeitpunkt, wo die *N. sertifer*-Populationen wieder anzuwachsen begannen, aber noch nicht so stark, dass Schäden aufgetreten wären. Es wäre daher voreilig, wenn man die erzielten Resultate verallgemeinern oder m.a.W. sog. kritische Zahlen betreffs der verschiedenen Entwicklungsstadien abschätzen wollte. Wenn man nämlich ein klares Bild vom Massenwechsel der Roten Kiefernbuschhornblatt-

wespe und der hierbei mitspielenden Faktoren erzielen will, müssen Forschungsarbeiten auf sehr lange Sicht gemacht werden, und die vorliegende Untersuchung bietet vielleicht einen gewissen Ausgangspunkt für diesen Zweck. Hoffentlich sind in Zukunft die Möglichkeiten für eine so umfangreiche Forschung geboten — und zwar auch in einer Zeit, wo die Rote Kiefernbuschhornblattwespe mit ihrem Vorkommen kein allgemeines Aufsehen erregt.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wird das Vorkommen der Roten Kiefernbuschhornblattwespe (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) in Finnland, und zwar namentlich in den Jahren 1959—65 behandelt, weiter der Einfluss des Befrasses durch diesen Schädling auf den Baumbestand sowie die Lebensweise der Art und die Begrenzungsfaktoren ihrer Vermehrung.

In der Übersicht am Anfang (SS. 7—11) wird festgestellt, dass grössere, weite Gebiete betreffende Massenvorkommen von *N. sertifer* in Finnland, und zwar hauptsächlich im Bereich der finnischen Seenplatte, vor dem Jahre 1959 mindestens in den Jahren 1874—75, 1891, 1897, 1915—16, 1926, 1931—33, 1938—39 und 1942—43 zu verzeichnen gewesen sind.

Die eigentlichen Schadjahre der hier besprochenen Gradation waren 1960—62. Die wichtigsten Schadgebiete dieser Jahre sind in der Karte auf S. 14 eingetragen. Die Fläche der befallenen Wälder wird, von ganz geringem Befrass abgesehen, auf ca. 200 000 ha geschätzt.

Relativ am häufigsten kamen Schäden im jungen Stangenholz vor (im Vergleich zur Altersklassenverteilung der Kiefernwälder in der südlichen Hälfte des Landes), aber flächenmässig war der grösste Teil von den befallenen Waldbeständen mittleren Alters oder alt. Am schlimmsten waren die Verheerungen in trockenen, oft sehr kargen Kiefernheiden, in Reisermooren sowie an den (nicht selten felsigen oder steinigen) Ufern und auf den Inseln der grossen Seen.

Die Einwirkung des Befrasses auf das Wachstum der Bäume soll künftig in einer Untersuchung für sich behandelt werden. Auf den in den Schadgebieten angelegten Probeflächen verdorrten von den Kiefern durchschnittlich nur knapp 4 %. Von den vertrockneten Bäumen war ausserdem fast die Hälfte von vornherein schwach und minderwertig. Folgeschäden durch Käfer wurden im allgemeinen keine beobachtet.

Die Probesammlungen von Kokons und deren Ergebnisse sowie die mit den Untersuchungen verknüpften methodischen Schwierigkeiten sind auf SS. 29—39 besprochen, und die Resultate sind in den Tabellen 2—4 zusammengestellt. Insbesondere im Jahre 1962 wurde vielerorts beträchtlich grössere Kokondichte festgestellt, als in der Literatur bisher aus Europa gemeldet worden ist. Die Zahl der bis zum Kokonstadium entwickelten Individuen

war 1960 in den östlichen Landesteilen am grössten, 1961 zuvörderst in den südwestlichen und 1962 im nordwestlichen Teil der Schadzone. Andere Diprioniden kamen spärlich vor.

Von den Witterungsverhältnissen während der Gradationen (auch der älteren) wird auf SS. 39—43 eine kurze Übersicht gegeben. Es stellte sich heraus, dass den Massenvorkommen fast ausnahmslos ein oder mehrere überdurchschnittlich warme Sommer vorausgegangen waren. Ausserdem waren die Vorkommen in gewisser Weise mit schweren Waldbrandjahren und guten Zapfenjahren der Fichte verknüpft.

Eier von *N. sertifer* wurden durchschnittlich 4.7 Stück/Nadel gefunden. Im allgemeinen war die Anzahl der Eier umso grösser, je länger die Nadel war. Die Grösse der Eigruppen war durchschnittlich 50.2 Eier. Die in den Jahren 1962—65 gelegten Gruppen liessen erkennen, dass die jährliche Schwankung in der durchschnittlichen Eizahl gering war.

Die Eidichte war den im Frühjahr 1963 und 1964 durchgeführten Untersuchungen gemäss am grössten in den oberen Zweigen der Bäume, etwas kleiner in den mittleren und deutlich am geringsten an den unteren Zweigen. In den verschiedenen Jahren und an verschiedengrossen Bäumen wechselte diese Verteilung etwas. An den im Vorjahr leichter befressenen Kiefern waren im Frühjahr 1963 etwas mehr Eier als an den schwerer geschädigten.

Die Embryonalentwicklung wurde sowohl im Labor wie im Freiland untersucht. Die Resultate zeigten, dass der Stillstand oder die starke Verzögerung der Embryonalentwicklung im Spätsommer oder Herbst in einem bestimmten Entwicklungsstadium (Abb. 8) in Finnland wahrscheinlich auf die Diapause zurückzuführen ist. Dass die Larven im gleichen Sommer schlüpfen, in dem die Eier gelegt worden sind, kommt nur unter ganz aussergewöhnlichen Umständen vor.

Larvenstadien hat das Insekt im allgemeinen 4 (♂♂) oder 5 (♀♀), aber in dem warmen Sommer 1966 wurden auch zahlreiche Larven im sechsten Stadium gefunden. Die Verteilung der Kopfkapselbreite der vermessenen Larven ist aus Abb. 9 ersichtlich, und die durchschnittlichen Werte aus der Zusammenstellung S. 59.

Das Schlüpfen der Larven setzte im allgemeinen ein, wenn die Temperatursumme (die seit Jahresbeginn zusammengerechneten durchschnittlichen Tagestemperaturen, soweit sie $+5°$ C übersteigen) 140 d.d. überschritten hatte. In der Regel wurden die ersten Larven in Südfinnland erst Anfang Juni gesehen, in warmen Frühjahren jedoch schon Ende Mai. In den nördlichsten Landesteilen setzt das Schlüpfen 3—4 Wochen später ein als im südlichsten Finnland und findet in manchen Jahren erst im Juli statt.

Abb. 10 zeigt eine Übersicht von den Ergebnissen der Untersuchungen über die Geschwindigkeit der Larvenentwicklung. Die Entwicklungsgeschwindigkeit war an den einzelnen Beobachtungsorten sehr verschieden. An

der nördlichsten Stelle sassen 1965 noch im September Larven an den Bäumen. Auch bei denjenigen Larven, die 6 Stadien durchliefen, ging die Entwicklung langsam vonstatten.

Von den Problemen der Kokonstadien ist in der Hauptsache nur das Überliegen behandelt worden, das in Finnland einen ganz wesentlichen Charakterzug im Lebenszyklus der Roten Kiefernbuschhornblattwespe darstellt. Ganz besonders zahlreich waren die Überlieger im Herbst 1962 (im ganzen untersuchten Material 48.6 %). Überhaupt konnte festgestellt werden, dass die Häufigkeit des Überliegens recht weitgehend von den Temperaturen des Sommers abhängig war, m.a.W. je wärmer der Sommer, umso weniger Überlieger. Aber auch ganz beträchtliche Ausnahmen kamen vor. Von den im Herbst 1962 übergelegenen Individuen gingen vor dem Schwärmen mindestens 85 % zugrunde (Schmarotzerwespen, Kleinsäuger).

Das zahlenmässige Verhältnis zwischen den Weibchen und Männchen wechselte in den verschiedenen Jahren derart, dass mit dem Fortschreiten der Gradation der Anteil der Weibchen abnahm (Abb. 12). Für die Hauptursache werden Virusepizootien angesehen.

Imagines wurden im Freiland in den verschiedenen Jahren von Ende Juli bis zum Oktober angetroffen. Das Schwärmen erfolgt wenigstens in Südtinnland jedoch meistens im August und September. Die Überlieger schlüpffen aus den Kokons durchschnittlich früher als die nicht übergelegenen Individuen (Abb. 13).

Die Generationsdauer ist im allgemeinen einjährig, aber wegen des Überliegens kommt daneben auch zweijährige und in Nordfinnland offenbar auch mehrjährige Genrationsdauer vor.

Als die häufigsten Eiparasiten erwiesen sich *Achrysocharella ruforum* (Krausse) und *Tetracampe diprioni* Ferr., die mindestens im ganzen südlichsten Finnland verbreitet sind. Die Lebensweise der Arten konnte nicht erschöpfend geklärt werden, aber zahlreiche diesbezügliche Beobachtungen sind jedenfalls gemacht worden. *A. ruforum* überwintert als erwachsene Larven. Das Schlüpfen der Imagines setzte etwas vor Mitte Juni ein und war im allgemeinen im Juni am regsten. In dem warmen Sommer 1966 trat auch eine Sommergeneration auf, deren Imagines im Spätsommer schlüpften. *T. diprioni* überwintert als kleine Larven, und die Imagines schlüpfen meistens von Mitte Juli bis Mitte August (Abb. 14).

Die Anzahl der parasitierten Eier war im Vergleich zu den Angaben aus Mitteleuropa ziemlich hoch. Eine Übersicht vom Vorkommen der Parasiten in den 1962—64 untersuchten Eiproben ist in Tabelle 5 gegeben. Am grössten war der Anteil der parasitierten Eier in den oberen Partien der Krone. Die Grösse des Baums scheint nichts mit der Höhe des Parasitenprozents zu tun zu haben.

Von den Larven- und Kokonparasiten spielen die Ichneumoniden die wichtigste Rolle. Die Verteilung von 6 788 im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung gezüchteten Ichneumoniden auf die verschiedenen Gattungen ist auf S. 98 dargelegt. Auch die Chalcididen traten in manchen Jahren als bedeutsame Faktoren auf, während nur ein einziger mit Sicherheit von Tachiniden parasitierter Kokon gefunden wurde.

Die Larven- und Kokonparasiten hatten im allgemeinen etwa $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}$ von den bis zum Kokonstadium entwickelten Individuen vernichtet. Dass die Bedeutung der Parasiten mit dem Fortschreiten der Gradation gewachsen wäre, konnte selbst in solchen Gebieten nicht nachgewiesen werden, wo Larven sogar in 4—5 Jahren auftraten. Eine Ausnahme machten nur diejenigen Waldbestände, wo aussergewöhnlich viele Überlieger vorhanden gewesen waren.

Ausser den Parasiten traten noch viele andere Faktoren auf, die zur Vernichtung der Roten Kiefernbuschhornblattwespe in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien beitrugen. Um die Bedeutung der Winterkälte zu ermitteln, wurden in kleinerem Umfang Laborversuche gemacht, aufgrund deren anzunehmen ist, dass die Eier auch im grössten Teil von Südfinnland tiefere Temperaturen vertragen als beispielsweise in den Baltischen Ländern und in Kanada. In dem strengen Winter 1965—66 gingen jedoch die oberhalb von der Schneedecke überwinterten Eier auch in Südfinnland grösstenteils ein.

Relativ ungünstige Witterungsverhältnisse schienen keinen wesentlichen Einfluss auf die Mortalität der Larven zu haben. Die tatsächliche Bedeutung der Witterungsverhältnisse blieb aber doch unklar. Die Beobachtungen über die Virose beschränken sich nur auf einige Beobachtungen allgemeiner Art über das Vorkommen der Virusepizootien in den verschiedenen Teilen der Befallszone.

Von den die Kokonstadien vernichtenden Faktoren sind ausser den Parasiten die Kleinsäuger, manche nicht näher definierte Faktoren (Pilze usw.) sowie die Larven der Elateriden am wichtigsten. Es konnte festgestellt werden, dass alle die zu dieser Gruppe zählenden Faktoren insgesamt ca. 25 % von allen untersuchten Kokons vernichtet hatten.

Über den Umfang der Imaginalmortalität konnte nichts Bestimmtes ermittelt werden. Einer Beobachtung gemäss können aber sogar noch in der Schwärmzeit derartige Veränderungen der Individuendichte (oder der Eizahl) eintreten, dass sie einen ganz wesentlichen Einfluss auf den Fortgang der Gradation haben.

Abschliessend (SS. 110—115) werden noch gewisse Aspekte zum Wesen des Massenwechsels von *N. sertifer* sowie eine Zusammenfassung von der Gesamtbedeutung der verschiedenen Gradationsfaktoren angeführt.

Literaturverzeichnis

Aaltonen, V. T., 1919 — Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. I. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland. I. Comm. Inst. For. Fenn. 1: 1—319.

Austarå, Ø., 1966 — Laboratory and field investigations of the length of the cocoon stage of *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) (Hymenoptera: Diprionidae) in Norway. Medd. Norske Skogforsøksvesen 78: 1—15.

Avramenko, I. D., 1964 — O biologitsheskom metode borby o sosnovymi pililshtshikami. Lesnoje Hosaistvo 1964, 6: 46—48.

Bakke, A., 1957 — Skadeinsekter på skogen i 1955 og 1956. (Summary.) Norsk Skogbruk 3: 129—132.

Baltensweiler, W., 1958 — Zur Kenntnis der Parasiten des Grauen Lärchenwicklers (*Zeiraphera griseana* Hübner) im Oberengadin. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 34: 399—478.

Besemer, A. F. H., 1942 — Die Verbreitung und Regulierung der *Diprion pini*-Kalamität in den Niederlanden in den Jahren 1938—1941. Nederl. Boschb.-Tijdschr. 15: 136—164, 198—241, 262—301.

Bird, F. T., 1961 — Transmission of some insect viruses with particular reference to ovarial transmission and its importance in the development of epizootics. J. Insect Path. 3: 352—380.

Blomqvist, A. G., 1881 — Några i forstligt hänseende anmärkningsvärda naturföreteelser under de senaste åren. Finska Forstför. Medd. 2: 125—133.

—»— 1959 — Reseberättelser från åren 1867—1869. Silva Fennica 100: 1—132.

Borries, H., 1895 — Iagttagelser over Danske Naaletrae-Insekter. Tidsskr. Skovvaesen 7 B: 1—95.

Breny, R., 1957 — Contribution à l'étude de la diapause chez *Neodiprion sertifer* Geoffr. dans la nature. Mém. Acad. Roy. Belg. Cl. Sci. 30,3: 1—88.

Brygider, W., 1952 — In what embryonic stage do the eggs of *Neodiprion* enter the winter diapause? Can. J. Zool. 30: 99—108.

Cajander, A. K., 1917 — Metsänhoidon perusteet II. Porvoo.

Coppel, C. C. und Benjamin, D. M., 1965 — Bionomics of the nearctic pine-feeding Diprionids. Ann. Rev. Ent. 10: 69—96.

Ehnberg, K. J., 1892 — Några ord om insektförhärjningarna i Finlands skogar. Finska Forstför. Medd. 9: 26—36.

—»— 1898 — [Erfarenhetsrön och iakttagelser angående insektsskador inom skogarne i Uleåborgs län.] Finska Forstför. Medd. 15: 21—23.

Eichhorn, O., Pschorn-Walcher, H. und Schröder, D., 1965 — Neue Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung verschleppter Forstinsekten. Anz. Schädl.k. 38: 104—109.

Eidmann, H., 1962 — Regelmässigkeiten im Wachstum und die Bestimmung der Larvenstadien von Insekten. Ent. Tidskr. 83: 153—171.

Eklund, B., 1964 — Om återverkningarna av den röda tallstekelns skadegörelse på tallens diametertillväxt vid brösthöjd. (Zusammenfassung.) Norrl. Skogsv. förb. Tidskr. 1964: 205—218.

Eliescu, G., 1932 — Beiträge zur Kenntnis der Morphologie, Anatomie und Biologie von Lophyrus pini L. Z. angew. Ent. 19: 188—206.

Erkamo, V., 1956 — Untersuchungen über die pflanzenbiologischen und einige andere Folgeerscheinungen der neuzeitlichen Klimaschwankung in Finnland. Ann. Bot. Soc. Vanamo 28,3: 1—290.

—»— 1958 — Kesän 1955 kuivuudesta ja sen vaikutuksista kasveihin erityisesti Etelä-Suomessa. Referat: Über die Dürre des Sommers 1955 und deren Einwirkung auf die Pflanzen besonders in Südfinnland. Ann. Bot. Soc. Vanamo 30,2: 1—45.

Ferrière, C., 1935 — Two Chalcidoid egg-parasites of *Diprion sertifer* Geoffr. Bull. Ent. Res. 26: 571—573.

Forsius, R., 1911 a — Zur Kenntnis einiger aus Blattwespenlarven erzogenen Schlupfwespen. Medd. Soc. F. Fl. Fenn. 37: 98—104.

—»— 1911 b — Über einige Diprion (Lophyrus Latr.) -Arten. Medd. Soc. F. Fl. Fenn. 37: 178—183.

—»— 1912 — Zur Kenntnis einiger aus Blattwespenlarven erzogener Schlupfwespen. II. Medd. Soc. F. Fl. Fenn. 38: 60—65.

—»— 1920 — Kleinere Beiträge zur Kenntnis der Tenthredinoiden-Eier. I. Medd. Soc. F. Fl. Fenn. 45: 169—184.

Forsslund, K.-H., 1945 — Något om röda tallstekelns (*Diprion sertifer* Geoffr.) skadegörelse. Referat: Einiges über die Schädigungen der roten Kiefernbuschhornblattwespe (*D. sertifer* Geoffr.). Medd. Stat. Skogsförs.anst. 34: 365—390.

—»— 1960 — Studier över lilla tallstekeln *Diprion* (*Microdiprion*) *pallipes* (Fall.). Referat: Studien über die kleine Buschhornblattwespe *Diprion* (*Microdiprion*) *pallipes* (Fall.). Medd. Stat. Skogsforskn. inst. 49,8: 1—62.

Furuhjelm, E. J., 1897 — »Matojen» tuhotöitä metsissä. Metsänystävä 3: 109—112, 117—119.

Gäbler, H., 1940 — *Lophyrus rufus* Ratz. = *sertifer* Geoffr. an Bergkiefer und Fichte. Anz. Schädl.k. 16: 22—23.

Ghent, A. W., 1959 — Row-type oviposition in Neodiprion sawflies as exemplified by the European pine sawfly, N. sertifer (Geoff.). Can. J. Zool. 37: 267—281.

Gösswald, K., 1936 — Physiologische Untersuchungen über die Einwirkung ökologischer Faktoren, besonders Temperatur und Luftfeuchtigkeit, auf die Entwicklung von Diprion (Lophyrus) pini L. zur Feststellung der Ursachen des Massenwechsels. Z. angew. Ent. 22: 331—384.

Griffiths, K. J., 1959 — Observations on the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoff.) and its parasites in Southern Ontario. Can Ent. 91: 501—512.

—»— 1960 — Oviposition of the red-headed pine sawfly, *Neodiprion lecontei* (Fitch). Can. Ent. 92: 430—435.

—»— 1961 — The life history of *Aptesis basizona* (Grav.) on *Neodiprion sertifer* (Geoff.) in Southern Ontario. Can. Ent. 93: 1005—1010.

Hannikainen, P. W., 1892 — Noctua piniperda -hyönteinen Länsi-Suomen metsissä. Suomen Metsänhoitolehti 5: 140—146.

Hein, G., 1956 — Een rode dennenbladwespenplaag. (Summary.) Nederl. Boschb.-Tijdschr. 28: 256—265, 285—297.

Hertz, M., 1933 — Tutkimuksia tavallisesta männynneulaspistiäisestä (*Lophyrus pini* L.) ja sen metsätaloudellisesta merkityksestä. Referat: Die gewöhnliche Kiefernbuschhornblattwespe (*Lophyrus pini L.)* und ihre forstwirtschaftliche Bedeutung. Comm. Inst. For. Fenn. 18,6: 1—53.

Holling, C. S., 1955 — The selection by certain small mammals of dead, parasitized, and healthy prepupae of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoff.). Can. J. Zool. 33: 404—419.

—»— 1958 — Sensory stimuli involved in the location and selection of sawfly cocoons by small mammals. Can. J. Zool. 36: 633—653.

Hukkinen, Y., Listo, J. und Vappula, N. A., 1936 — Kertomus tuhoeläinten esiintymisestä Suomessa vuosina 1926 ja 1927. Referat: Bericht über das Auftreten der Pflanzenschädlinge in Finnland in den Jahren 1926 und 1927. Staatl. Landw. Versuchstät. Veröff. 82: 1—107.

Ilvessalo, Y., 1960 — Suomen metsät kartakkeiden valossa. Referat: Die Wälder Finnlands im Licht von Karten. Comm. Inst. For. Fenn. 52,2: 1—70.

—»— 1962 — IV valtakunnan metsien inventointi. 1. Maan eteläpuoliskon vesistöalueryhmät. Summary: The fourth national forest inventory. 1. Southern water system areas. Comm. Inst. For. Fenn. 56,1: 1—112.

Jahn, E. und Sinreich, A., 1964 — Beobachtungen zur Massenvermehrung der Schwarzköpfigen Kiefernbuschhornblattwespe, Neodiprion sertifer Geoffr. im pannonischen Klimagebiet Österreichs in den Jahren 1958—1963. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Mariabrunn 65: 1—48.

Johansson, O. V., 1909 — Temperatur- und Niederschlagstafeln für 8 finnische Orte. Meteor. J.buch Finnl. II. Wiss. Beil: 1—23.

Juutinen, P., 1953 — Männyn toipuminen Kolilla talven 1947 — 48 lumituhojen jälkeen. Referat: Die Erholung der Kiefer auf der Koli-Anhöhe nach den Schneebruchschäden im Winter 1947—48. Comm. Inst. For. Fenn. 41,2: 1—43.

Kangas, E., 1934 — Huomioita mäntypistiäistuhoista. II. Metsätal. Aikakausk 51: 9—12.

—»— 1937 — Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Referat: Untersuchungen über die in Kiefernpflanzbeständen auftretenden Schäden und ihre Bedeutung. Comm. Inst. For. Fenn. 24,1: 1—304.

—»— 1938 — Mietteitä tämänkesäisistä mäntypistiäistuhoista. Metsätalous 1: 143.

—»— 1941 — Beitrag zur Biologie und Gradation von Diprion sertifer Geoffr. (Hym., Tenthredinidae). Ann. Ent. Fenn. 7: 1—31.

—»— 1963 — Über das schädliche Auftreten der *Diprion*-Arten (*Hym., Diprionidae*) in finnischen Kiefernbeständen in diesem Jahrhundert. Z. angew. Ent. 51: 188—194.

Kapler, J. E. und Benjamin, D. M., 1960 — The biology and ecology of the red-pine sawfly in Wisconsin. For. Sci. 6: 253—268.

Karu, A., 1939 — Punakas männivaablane *Lophyrus rufus Rtzb.* (*L. sertifer Geoffr.*). Eesti Mets 19: 12—17, 50—52.

—»— 1940 — Punaka männivaablase (*Lophyrus rufus* Rtzb.) massiline esinemine Eestis 1938. ja 1939. a. Eesti Mets 20: 85—88, 456—460.

Kolubajiv, S., 1938 — Příspěvek k biologii pilatky ryšavé. Referat: Beitrag zur Biologie der rotgelben Kiefernbuschhornblattwespe (*Diprion sertifer* Geoffr. *Lophyrus rufus* Kl.) Lesnická Práce 17: 325—348.

Kopvillem, H., 1963 — *Neochrysocharis (Achrysocharella) ruforum* (Krausse) *(Eulophidae)* kak parasit jaits ryshego sosnovogo pililshtshika *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) v Estonskoi SSR. Referat: *Neochrysocharis (Achrysocharella) ruforum* (Krausse) *(Eulophidae)* als Parasit der Buschhornblattwespe *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) in der Estnischen SSR. Eesti NSV Tead. Akad. Toim. XII. Biol. Seeria 1: 73—80.

Krausse, A., 1917 — Wolffiella ruforum m. nov. gen. nov. spec., ein neuer Chalcidier aus den Eiern von Lophyrus rufus. Z. Forst- u. Jagdw. 49: 26—35.

Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon (Monatsübersicht über das Klima in Finnland) 1966. Helsinki.

Kuukausikatsaus Suomen sääolohin (Monatsübersicht über die Witterungsverhältnisse in Finnland) 1957—65. Helsinki.

Laitakari, E., 1960 — Metsähallinnon vuosisataistaival 1859—1959. Silva Fennica 107: 1—447.

Leche, J., 1762 — Honung-Daggens Historia. Kongl. Vet. Acad. Handl. 23: 87—104.

Lehmusluoto, P., 1956 — Kulot, kulontorjunta ja metsäpalovakuutus. Metsäkäsikirja 1: 717—742. Helsinki.

—»— 1962 — Metsätuhot ja metsävakuutus. Metsätal. Aikakausl. 79: 220—223.

Lekander, B., 1954 — Om märgborrens och större tallvivelns uppträdande i skog tidigare angripen av tallfly- och tallmätarelarver. Referat: Über das Auftreten von *Blastophagus piniperda* und *Pissodes pini* im Wald, vorher befallen von *Panolis*- und *Bupalus*-Raupen. Medd. Stat. Skogsforskn.inst. 44,3: 1—31.

Linnaniemi, W. M., 1920 — Kertomus tuhoeläinten esiintymisestä Suomessa vuosina 1915 ja 1916. Maatal.hall. tied. 131: 1—232.

Liro, J. I., 1911 — Männynneulaspistiäiset. Tapio 4: 208—212.

Lovászy, P., 1940 — Ruskean mäntypistiäisen (Diprion sertifer Geoffr.) loisista. Referat: Über die Parasiten der rotgelben Kiefernbuschhornblattwespe (Diprion sertifer Geoffr.). Ann. Ent. Fenn. 6: 62—66.

Lyons, L. A., 1962 — The effect of aggregation on egg and larval survival in *Neodiprion swainei* Midd. (Hymenoptera: Diprionidae). Can. Ent. 94: 49—58.

—»— 1964 — The European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoff.) (Hymenoptera: Diprionidae). A review with emphasis on studies in Ontario. Proc. Ent. Soc. Ont. 94: 5—37.

Lyons, L. A. und Griffiths, K. J., 1962 — Observations on the development of *Neodiprion sertifer* (Geoff.) within the cocoon (Hymenoptera: Diprionidae). Can. Ent. 94: 994—1001.

Metsälehti 1942, Nr. 37; 1960 , Nr. 22 und 25—26.

Metsätilasto (Forststatistik) (Suomen virallinen tilasto XVII) 1893, 1899, 1914, 1920, 1933, 1934 und 1935. Helsinki.

Morris, K. R. S. und Cameron, E., 1935 — The biology of *Microplectron fuscipennis* Zett. (Chalcid.) a parasite of the pine sawfly (*Diprion sertifer* Geoff.). Bull. Ent. Res. 26: 407—418.

Morris, R. F., 1949 — Differentation by small mammal predators between sound and empty cocoons of the European spruce sawfly. Can. Ent. 81: 114—120.

Mikola, P., 1950 — Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. Comm. Inst. For. Fenn. 38,5: 1—131.

Niklas, O. F., 1956 — Die Erzwespe *Tetracampe diprioni* Ferrière als Eiparasit der Kiefernblattwespe *Neodiprion sertifer* Geoffr. Beitr. Ent. 6: 320—332.

Niklas, O. F. und Franz, J., 1957 — Begrenzungsfaktoren einer Gradation der Roten Kiefernbuschhornblattwespe (*Neodiprion sertifer* [Geoffr.]) in Südwestdeutschland 1953 bis 1956. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstw. Berlin — Dahlem 89: 1—39.

Notini, G., 1943 — Den grå kråkan (*Corvus cornix* L.). Näringsekologiska studier. (Zusammenfassung.) Sv. Jägareförb. Medd. 7: 1—129.

Nuorteva, M., 1964 — Eine Möglichkeit, die Kernpolyedrose bei latent verseuchten Imagines von Neodiprion sertifer Geoffr. (Hym., Diprionidae) nachzuweisen. Ann. Ent. Fenn. 30: 172—177.

—»— 1966 — Über die Ausbreitungsmöglichkeiten der Kernpolyedrose von *Neodiprion sertifer* Geoffr. (Hym., Diprionidae). Anz. Schädl.k. 39: 49—52.

Nya Pressen 1897, Nr. 195.

Oehlke, J., 1965 — Die in europäischen Kiefernbuschhornblattwespen (Diprionidae) parasitierenden Ichneumonidae. Beitr. Ent. 15: 791—879.

Osara, N. A., 1949 — Kulovalkeat. Suuri metsäkirja I: 455—486. Porvoo—Helsinki.

Otten, E., 1942 — Beiträge zur Kenntnis der Diprion-Parasiten. 2. Chalcididen als Diprion-Parasiten. Arb. physiol. angew. Ent. 9: 108—169.

Pschorn-Walcher, H., 1962 — Zur Kenntnis der gesellig lebenden Kiefernbuschhorn-Blattwespen (Hym., Diprionidae) der Ostalpen. I. Kiefernwaldtypen und ihre Diprion-Fauna. Pfl.schutzber. 27: 153—163.

—»— 1964 — Zur Kenntnis der gesellig lebenden Kiefernbuschhorn-Blattwespen (Hym., Diprionidae) der Ostalpen. II. Pfl.schutzber. 31: 49—66.

—»— 1965 — The ecology of Neodiprion sertifer (Geoffr.) (Hym.: Diprionidae) and a review of its parasite complex in Europe. Techn. Bull. Comm. Inst. Biol. Contr. 5: 33— 97.

Reuter, E., 1898 — Kertomus tuhohyönteisten ilmestymisestä Suomessa vuonna 1897. Maanvilj.hall. tied. 23: 1—69.

—»— 1899 — Kertomus tuhohyönteisten ilmestymisestä Suomessa vuonna 1898. Maanvilj.hall. tied. 26: 1—67.

—»— 1914 — Kertomus tuhohyönteisten esiintymisestä Suomessa vuonna 1911. Maanvilj.hall. tied. 87: 1—18.

Reuter, O. M., 1897 — Hyönteisten tuhotyöt havumetsissämme. Uusimaa 29. VI. 1897.

Rivers, C. F. und Crooke, M., 1962 — Virus control of the sawfly (Neodiprion sertifer Geoff.). Proc. Fifth World For. Congr. 2: 951—952.

Röhrig, G., 1895 — Lophyrenfrass am Knieholze des Riesengebirges im Jahre 1893. Forstw. Cbl. 17: 215—219.

Rummukainen, U., 1956 — Käpysadon arvioinnista. Referat: Über die Abschätzung der Zapfenernte. Comm. Inst. For. Fenn. 46,7: 1—30.

—»— 1958 — Männyn käpysato keskinkertaista heikompi, kuusen monin paikoin hyvä. Metsälehti Nr. 46: 1—2.

—»— 1959 a — Männyissä paljon käpyjä — kuusissa vähän. Metsälehti Nr. 38: 1—2.

—»— 1959 b — Kuusen siementuhojen runsaudesta ja laadusta. Konekirjoite. 142 S.

—»— 1960 a — Kesän 1960 mäntypistiäistuhot. Summary: The ravages of pine sawflies in summer 1960. Metsätal. Aikakausl. 1960: 449—451.

—»— 1960 b — Kuusella hyvänlainen käpysato — männyllä heikompi. Metsälehti Nr. 44: 1—2.

—»— 1962 — Kokemuksia mäntypistiäisen torjunnasta. Metsälehti Nr. 4: 4.

Rywkin, B. W., 1957 — Die Kiefernblattwespen Weissrusslands und ihre Parasiten *(Hymenoptera: Diprionidae)*. Beitr. Ent. 7: 457—482.

Saalas, U., 1949 — Suomen metsähyönteiset. Porvoo—Helsinki.

Sarvas, R., 1965 — Metsäpuiden kehityksen vuotuinen periodi. Suomal. Tiedeak. Esit. ja Pöytäk. 1965: 239—259.

Schedl, K. E., 1938 — Zur Blattwespen-Prognose. Mitt. Forstw. u. Forstwiss. 9: 192—241.

Schimitschek, E., 1962 — Über Zusammenhänge zwischen Massenvermehrungen von *Evetria buoliana* und *Diprion sertifer* und den Boden- sowie Grundwasserverhältnissen. Anz. Schädl.k. 35: 162—165.

Schönwiese, F., 1935 — Beobachtungen und Versuche anlässlich einer Übervermehrung von Lophyrus sertifer Geoffr. (rufus Panz.) in Südkärnten in den Jahren 1931/32. Z. angew. Ent. 21: 463—500.

Schøyen, T. H., 1911 — *Lophyrus rufus* og dens optraeden paa vestlandet. Tidsskr. Skogsbrug 19: 98—130.

Schwenke, W., 1962 — Neue Erkenntnisse über Entstehung und Begegnung von Massenvermehrungen an Kiefern- und Fichtennadeln fressender Schadinsekten. Z. angew. Ent. 50: 137—142.

—»— 1963 — Über die Beziehungen zwischen dem Wasserhaushalt von Bäumen und der Vermehrung blattfressender Insekten. Z. angew. Ent. 51: 371—376.

—»— 1964 — Grundzüge der Populationsdynamik und Bekämpfung der gemeinen Kiefernbuschhorn-Blattwespe, *Diprion pini* L. Z. angew. Ent. 54: 101—107.

Schwenke, W. und Steger, O., 1961 — Über Auftreten und Bekämpfung der Kiefernbuschornblattwespen in Nordbayern 1959/60. Allg. Forstz. 16: 145—147.

Schwerdtfeger, F., 1936 — Zur Kenntnis der roten Kiefernbuschhornblattwespe, Diprion sertifer Geoffr. (Lophyrus rufus Panz.). Z. Pfl.krankh. u. Pfl. schutz 46: 513—534.

—»— 1957 — Die Waldkrankheiten. Hamburg u. Berlin.

Seitner, M., 1933 — Lophyrus rufus Ratz. (= sertifer Geoffr.) an der Zirbe im Kampfgürtel des Waldes. Cbl. ges. Forstw. 59: 129—131.

Shiperovitsh, V. J., 1925 — K voprosu o generatsijah u pililshtshikov (Lophyrus) vredjashtshih sosnovym nasashdenijam Osinovo-Roshinskoi datsi. Referat: Zur Frage von den Generationen bei Tenthrediniden (Lophyrus), welche die Kiefernbestände des Osinovo-Rostschinsky Revier beschädigen. Isv. Leningr. Lesn. Inst. 32: 163—164.

—»— 1927 — Rasprostranenije pililshtshikov, vredjashtshih sosne v Pargolovskom lesnitshestve, i faktory, ponishajushtshije energiju ih rasmnoshenija. Referat: Die Verbreitung der die Kiefer im Pargolowo-Versuchsrevier schädigenden Tenthrediniden und die Faktoren, welche ihre Vermehrungsenergie reduzieren. Isv. Leningr. Lesn. Inst. 34: 103—118.

Siivonen, L., 1956 — Suuri nisäkäskirja. Helsinki.

Sitowski, L., 1925 — Do biologji pasorzytów boreczника (Lophyrus Latr.). Referat: Zur Biologie der Lophyrusparasiten. Roczn. Nauk Rolnicz. i Leśnych 14: 1—25.

Sturm, H., 1942 — Untersuchungen über Buschhornblattwespen (Diprion). Z. angew. Ent. 29: 412—442, 601—635.

Styles, J. H., 1959—Observations on the spinning of cocoons by larvae of the sawfly *Neodiprion sertifer* (Geoff.) (Hym., Diprionidae). Ent. Mon. Mag. 95: 178—179.

Sullivan, C. R., 1965 — Laboratory and field investigations on the ability of eggs of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoffroy) to withstand low winter temperatures. Can. Ent. 97: 978—993.

Suomenmaan ruununmetsien tarkastuskomisionin alamainen kertomus matkustuksistansa kesällä vuonna 1866 ruununmetsissä Hämeenlinnan, Turun ja Porin sekä Vaasan lääneissä ynnä osassa Oulun lääniä, ja silloin tehdyistä havainnoistansa. 1867. Helsinki.

Thalenhorst, W., 1941 — Zur Prognose des Schadauftretens der Kiefernbuschhornblattwespe (Diprion pini L.). Z. Forst- u. Jagdw. 73: 201—246.

—»— 1942 — Der Zusammenbruch einer Massenvermehrung von Diprion pini L. und seine Ursachen. Z. angew. Ent. 29: 367—411.

—»— 1952 — Das Auftreten von Kiefernbuschhornblattwespen in Norddeutschland 1949. Z. angew. Ent. 34: 45—64.

—»— 1953 a — Vorzeitiger Zusammenbruch einer Massenvermehrung von Gilpinia frutetorum F. (Hym., Diprionidae). Anz. Schädl.k. 26: 53—56.

—»— 1953 b — Vergleichende Betrachtungen über den Massenwechsel der Kiefernbuschhornblattwespen. Z. angew. Ent. 35: 168—182.

Tripp, H. A., 1965 — The development of *Neodiprion swainei* Middleton (Hymenoptera: Diprionidae) in the province of Quebec. Can. Ent. 97: 92—107.

Ullyet, G. C., 1936 — The physical ecology of *Microplectron fuscipennis* Zett. (Hym. Chalc.). Bull. Ent. Res. 27: 195—217.

Urban, S., 1962 — Auftreten, Verlauf und Zusammenbruch der Übervermehrung der Kiefernbuschhornblattwespe Diprion pini L. in der DDR. Sozial. Forstw. 12: 22—28.

Voûte, A. D. und Luitjes, J., 1957 — *Diprion pini* L. als Schädling der Kiefernbestände in den Niederlanden. Z. Pfl.krankh. u. Pfl.schutz 64: 520—522.

Wallace, D. R. und Sullivan, C. R., 1963 — Laboratory and field investigations of the effect of temperature on the development of *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) in the cocoon. Can. Ent. 95: 1051—1066.

—»— 1966 — Geographic variation in the photoperiodic reaction of *Neodiprion sertifer* (Geoff.). Can. J. Zool. 44: 147.

Watson, W. Y., 1955 — Two gynandromorphic sawflies. Bi-m. Progr. Rep. Div. For. Biol. Dep. Agric. Can. 11,3: 1.

Suomenkielinen selostus

RUSKEAN MÄNTYPISTIÄISEN (*NEODIPRION SERTIFER* GEOFFR.) BIONOMIASTA JA ESIINTYMISESTÄ SUOMESSA VUOSINA 1959—65

Edellä esitetyssä tutkimuksessa käsitellään ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) esiintymistä Suomessa nimenomaan vuosina 1959—65, sen aiheuttamien neulastuhojen vaikutuksia puustoon, lajin elintapoja sekä lisääntymistä rajoittavia tekijöitä.

Aluksi esitetyssä katsauksessa todetaan ruskean mäntypistiäisen ainakin maakunnallista suuruusluokkaa olleita joukkoesiintymisiä sattuneen maassamme — pääasiassa etelä-Suomen järvialueella — ennen vuotta 1959 ainakin vuosina 1874—75, 1891, 1897, 1915—16, 1926, 1931—33, 1938—39 ja 1942—43.

Nyt puheena olevan gradation varsinaiset tuhovuodet olivat 1960—62. Näiden vuosien tärkeimmät tuhoalueet on esitetty s. 14 olevassa kartassa. Tuhonalaisten metsien pinta-alan — aivan lieviä vioituksia lukuun ottamatta — arvioidaan nousseen n. 200 000 hehtaariin.

Tuhot olivat suhteellisesti yleisimpiä nuorissa »riukumetsissä» (maan eteläpuoliskon mäntymetsien ikäluokkajakautumiseen verrattuna), mutta pinta-alaltaan oli suurin osa tuhonalaisista metsiköistä kuitenkin keski-ikäisiä tai vanhoja. Pahimmat tuhot sattuivat kuivilla, usein erittäin karuilla kangasmailla, rämeillä ja suurten järvien (usein kallioisilla tai kivisillä) rannoilla ja saarissa.

Tuhojen vaikutusta puiden kasvuun tullaan käsittelemään erillisessä tutkimuksessa. Tuhoalueille perustetuilla koealoilla todettiin mäntyjä kuivuneen keskimäärin vain alle 4 % runkoluvusta. Kuivuneista puista oli lisäksi lähes puolet hyvin ohuita ja vähäarvoisia. Kovakuoriaisten aiheuttamia seuraustuhoja ei yleensä esiintynyt ollenkaan.

Yhdistelmät kotelokoppien koekeräysten tuloksista on esitetty taulukoissa 2—4. Monin paikoin todettiin varsinkin 1962 huomattavasti suurempia kotelokoppatiheyksiä kuin mitä Euroopasta tähän mennessä on kirjallisuudessa esitetty. Kotelokoppa-asteelle kehittyneiden yksilöiden määrä oli suurin 1960 maan itäisissä osissa, 1961 lähinnä maan lounaisosissa ja 1962 tuhovyöhykkeen luoteisosassa. Muiden mäntypistiäislajien esiintyminen oli vähäistä.

Gradatioiden (myös vanhempien) aikaisista sääsuhteista on esitetty lyhyt katsaus. Joukkoesiintymisiä todetaan melkein poikkeuksetta edeltäneen yksi tai useampia keskimääräistä lämpimämpiä kesiä. Lisäksi ovat esiintymiset liittyneet tietyllä tavalla sekä pahoihin kulovuosiin että hyviin kuusen käpyvuosiin.

Ruskean mäntypistiäisen munia todettiin olleen keskimäärin 4.7 kpl./neulanen. Yleensä munamäärä lisääntyi neulasen pituuden kasvaessa. Munaryhmien keskimääräinen suuruus oli 50.2 munaa. Vuosina 1962—65 munituissa ryhmissä todettiin keskimääräisen munamäärän vuosien välisen vaihtelun olleen varsin vähäistä.

Munatiheys oli keväällä 1963 ja 1964 suoritettujen tutkimusten mukaan suurin puitten yläoksissa, jonkin verran pienempi keskioksissa ja selvästi vähäisin alaoksissa.

Eri vuosina ja eri kokoisissa puissa esiintyi jakautumisessa jonkin verran vaihtelua. Edellisinä vuosina lievemmin vioitetuissa männyissä oli keväällä 1963 hieman enemmän munia kuin pahemmin vioitetuissa.

Alkiokehitystä tutkittiin sekä laboratoriossa että maastossa. Tulokset osoittivat, että alkiokehityksen pysähtyminen tai voimakas hidastuminen syyskesällä tai syksyllä tietyllä kehitysasteella (kuva 8) johtuu Suomessa luultavastikin diapausista. Toukkien kuoriutuminen samana kesänä kuin muninta on tapahtunut tulee kysymykseen vain erittäin poikkeuksellisissa olosuhteissa.

Toukka-asteita on yleensä 4 (♂♂) tai 5 (♀♀), mutta lämpimänä kesänä 1966 todettiin runsaasti myös kuudetta astetta. Mitattujen toukkien pääkopan leveyden jakautuminen on esitetty kuvassa 9, keskimääräiset arvot asetelmassa s. 59.

Toukkien kuoriutumisen todettiin yleensä alkavan kun lämpösumma, joka on saatu siten, että vuoden alusta lähtien on laskettu yhteen vuorokausien keskilämpötilat +5°C:n ylittävältä osalta, ylitti 140 d.d. Tavallisimmin näkyvät ensimmäiset toukat etelä-Suomessa vasta kesäkuun alussa, lämpiminä keväinä kuitenkin jo toukokuun lopussa. Maamme pohjoisimmissa osissa alkaa kuoriutuminen 3—4 viikkoa myöhemmin kuin eteläisimmässä Suomessa ja saattaa eräinä vuosina tapahtua vasta heinäkuussa.

Toukkien kehityksen nopeutta koskeneiden tutkimusten tuloksista on yleiskatsaus esitetty kuvassa 10. Kehityksen nopeus oli eri havaintopaikoissa kovin erilainen. Pohjoisimmassa kohteessa oli toukkia puissa 1965 vielä syyskuussakin. Myöskin sellaisten toukkien, joilla oli 6 toukka-astetta, kehitys tapahtui verkkaisesti.

Kotelokoppa-asteita koskevista kysymyksistä on käsitelty pääasiassa vain jättäytymisilmiötä, joka Suomessa kuuluu aivan olennaisena piirteenä ruskean mäntypistiäisen elämänkiertoon. Erikoisen paljon oli jättäytyneitä yksilöitä syksyllä 1962 (koko tarkastetussa aineistossa 48.6 %). Ylipäätänsä todettiin jättäytymisen runsauden riippuneen jokseenkin suuressa määrässä kesän lämpötiloista, ts. mitä lämpimämpi kesä sitä vähemmän jättäytyneitä. Eräitä huomattaviakin poikkeuksia kuitenkin esiintyi. Syksyllä 1962 jättäytyneistä yksilöistä tuhoutui (loispistiäiset, pikkunisäkkäät) ennen parveilua ainakin 85 %.

Naaraiden ja koiraiden lukumääräisen suhteen todettiin eri vuosina vaihdelleen siten, että gradation edistyessä naaraiden osuus väheni (kuva 12). Pääasiallisena syynä tähän pidetään virusepitsootioita.

Aikuisia tavattiin maastossa eri vuosina heinäkuun loppupuolelta lokakuulle saakka. Parveilu tapahtuu ainakin etelä-Suomessa kuitenkin tavallisimmin elo- ja syyskuussa. Jättäytyneiden yksilöiden todettiin kuoriutuvan kotelokopista keskimäärin aikaisemmin kuin jättäytymättömien (kuva 13).

Sukupolviaika on yleensä yksivuotinen, jättäytymisestä johtuen esiintyy tämän rinnalla kuitenkin myös 2-vuotista ja pohjois-Suomessa ilmeisesti useampivuotistakin sukupolviaikaa.

Munaloisista todettiin yleisimmiksi *Achrysocharella ruforum* (Krausse) ja *Tetracampe diprioni* Ferr., jotka ovat levinneet ainakin kautta koko eteläisimmän Suomen. Lajien elintapoja ei voitu tyhjentävästi selvittää, niistä on kuitenkin esitetty suurehko joukko havaintoja. *A. ruforumin* todettiin talvehtivan suurina toukkina. Aikuisten kuoriutuminen alkoi hieman ennen kesäkuun puoliväliä ja oli yleensä vilkkaimmillaan kesäkuussa. Lämpimänä kesänä 1966 esiintyi myös kesäsukupolvi, jonka aikuiset kuoriutuivat loppukesällä. *T. diprioni* talvehtii pieninä toukkina, ja aikuiset kuoriutuvat yleensä heinäkuun puolivälistä elokuun puoliväliin (kuva 14).

Loisittujen munien määrä oli keskieurooppalaisiin tietoihin verrattuna suhteellisen korkea. Yleiskatsaus loisten esiintymisestä vv. 1962—64 tarkastetuissa munanäytteissä

on esitetty taulukossa 5. Loisittujen munien osuus oli suurin latvuksen yläosissa. Puun koon ei voitu havaita vaikuttaneen loisprosentin suuruuteen.

Toukka- ja kotelokoppaloisista olivat ichneumonidit kaikkein tärkeimmät. Tutmuksen yhteydessä kasvatetun 6788 ichneumonidin jakautuminen eri sukuihin on esitetty s. 98. Myöskin chalcididit esiintyivät eräinä vuosina merkittävinäkin tekijöinä, mutta sen sijaan todettiin varmasti vain yksi tachinidien loisima kotelokoppa.

Toukka- ja kotelokoppaloiset olivat yleensä tuhonneet noin 1/4 — 1/3 kotelokoppavaiheen saavuttaneista yksilöistä. Loisten merkityksen ei voitu havaita kasvaneen gradation edistyessä sellaisillakaan alueilla, joilla toukkia esiintyi jopa 4—5 vuotena. Poikkeuksen muodostivat vain ne metsiköt, joissa jättäytyneitä yksilöitä oli ollut poikkeuksellisen paljon.

Loisten lisäksi esiintyi suurehko määrä muitakin ruskean mäntypistiäisen eri kehitysasteita tuhoavia tekijöitä. Talvipakkasten merkityksen selvittämiseksi suoritettiin suppeahkoja laboratoriokokeita, joiden perusteella oletetaan munien suurimmassa osassa etelä-Suomeakin kestävän alhaisempia lämpötiloja kuin esim. Baltian maissa tai Kanadassa. Ankarana talvena 1965—66 tuhoutuivat hangen pinnan yläpuolella talvehtineet munat kuitenkin etelä-Suomessakin suurimmaksi osaksi.

Verrattain epäedullisten sääsuhteiden ei eräissä tapauksissa todettu mainittavammin vaikuttaneen toukkien kuolleisuuteen. Sääsuhteiden todellinen merkitys jäi kuitenkin epäselväksi. Havainnot mäntypistiäisviruksesta rajoittuvat vain eräisiin ylimalkaisiin huomioihin virusepitsootioiden esiintymisestä tuhovyöhykkeen eri osissa.

Kotelokoppa-asteita tuhoavista tekijöistä olivat loisten lisäksi tärkeimpiä pikkunisäkkäät, eräät lähemmin määrittelemättömät tekijät (sienet ym.) sekä elateridien toukat. Kaikkien tähän ryhmään kuuluvien tekijäin todettiin yhteensä tuhonneen n. 25 % kaikista tarkastetuista kotelokopista.

Aikuisasteen mortaliteetin suuruudesta ei saatu varmoja tietoja, erään havainnon mukaan voi kuitenkin vielä parveiluvaiheessakin yksilörunsaudessa (tai munamäärissä) tapahtua sellaisia muutoksia, että niillä on aivan olennainen vaikutus tuhon jatkumiseen.

Lopuksi esitetään eräitä näkökohtia ruskean mäntypistiäisen runsaudenvaihtelun luonteesta ja yhdistelmä eri gradatiotekijäin kokonaismerkityksestä.

MÄNNYN JUURISTON SUHTEESTA TURPEEN ILMATILAAN

EERO PAAVILAINEN

RELATIONSHIPS BETWEEN THE ROOT SYSTEM OF SCOTS PINE AND THE AIR CONTENT OF PEAT

SUMMARY

HELSINKI 1967

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

Sisällysluettelo

	Sivu
Johdanto	5
Tutkimuksen suorittaminen	7
Tulokset	11
Tulosten tarkastelua	18
Kirjallisuutta	19
Summary	21

JOHDANTO

Männyn ravintoa ottavien juurten pääosa mykoritsoineen on Suomen kivennäismaissa yleensä 20 cm:n paksuisessa maan pintakerroksessa (mm. Aaltonen 1920, Laitakari 1927, Kalela 1949). Vaakasuoran juuriston juurten pituudella punnittu keskisyvyys on kangasmaan männiköissä Kalelan (m.t.) mukaan keskimäärin 9.4 cm. Vastaavalla tavalla laskettu juuriston keskisyvyys on ojittamattomissa rämemänniköissä alle 5 cm (Heikurainen 1955), mikä osoittaa, että nimenomaan rämeillä männyn juurten toiminnan painopiste on hyvin lähellä maanpintaa. Juuristo tosin syvenee ojituksen vaikutuksesta, mutta verraten vähän hyvinkin tehokasta ojitusta käytettäessä (Heikurainen m.t., Paavilainen 1966 a.)

Männyn juurten sekä kankailla että soilla havaittava pinnallisuus saattaa johtua useista eri tekijöistä. Rämeillä on tällaisena tekijänä otettava huomioon ennen muuta maan vesi- ja happitalous ja tutkittava sen vaikutusta juurten syvyysjakautumiseen. Kysymystä voidaan tarkastella selvittämällä turpeen sisältämän hapen määrän ja juuriston syvyyden välistä korrelaatiota. On kuitenkin todettava, ettei eri syvyyksistä otettujen näytteiden happipitoisuus (tai vastaava hapen määritys *in situ*) anna yksiselitteistä kuvaa turpeen happitaloudesta. Happeahan saattaa olla näytteissä vähän esimerkiksi mikrobien ja juuristojen vilkkaan ja runsaasti happea kuluttavan toiminnan vuoksi, eikä suinkaan maan epäedullisen vesi- ja happitalouden takia.

Turpeen mikrobiologisen hajoamisaktiviteetin syvyysjakaantumisen selvittely (Paarlahti 1964) taikka turvenäytteiden hapen oton ja hiilidioksidin muodostuksen samanaikainen tutkiminen Warburg-menetelmällä (Lähde 1966) näyttää antavan hyvän mahdollisuuden turpeen happitalouden ja etenkin sen rajan selvittämiseen, jossa olosuhteet muuttuvat aerobisista anaerobisiksi. Kyseisen rajan määrittäminen ei kuitenkaan yksin riitä juuriston syvyyden ja turpeen vesi- ja happitalouden välisen korrelaation selvittelyssä, sillä juurten toimeentulo heikkenee ratkaisevasti, ennen kuin olosuhteet maassa ovat täysin anaerobiset. Kirjallisuudessa esitetään usein n. 10 %:n ilmatila rajaksi, joka on välttämätön korkeampien kasvien

juuriston normaalin kehityksen kannalta (mm. Kramer 1949, Russell 1952, Bergman 1959). Tämän vuoksi joudutaankin tutkimaan, missä syvyydessä ilmanvaihto on juurten toimeentulon kannalta haitallisen heikkoa joko maan rakenteen tai sen epäedullisen vesitalouden taikka näiden molempien yhteisvaikutuksen takia.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää rämeellä kasvavien mäntyjen juuriston syvyysjakautumisen ja turpeen ilmatilan välistä vuorosuhdetta. Näin pyritään saamaan lisävalaistusta kysymykseen, johtuuko männyn juuriston pinnallisuus sanotulla kasvupaikalla maan ilmanvaihdon syvyyssuuntaisesta heikentymisestä.

Tutkimuksen käsikirjoituksen ovat hyväntahtoisesti tarkastaneet professorit Olavi Huikari ja Risto Sarvas, joilta saamistani neuvoista olen hyvin kiitollinen. Metsänhoitaja Eero Reinius on avustanut tulosten laskennassa, kiitän häntä.

TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

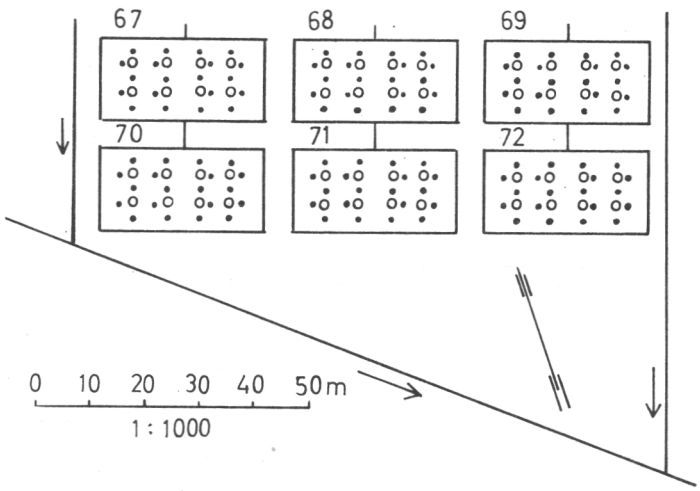
Tutkimusalue on Tunkiosalon hydrologinen koekenttä metsäntutkimuslaitoksen Pohjois-Satakunnan koeasemalla Karvian Alkkiassa. Koekentällä on kaikkiaan 72 ojilla ympäröityä koealaa. Tämän tutkimuksen aineisto kerättiin kuudelta koealalta (n:ot 67—72), joissa kasvaa varttunutta, harvahkoa mäntypuustoa (taulukko 1). Suotyyppi on koealoilla rahkamättäinen isovarpuinen räme. Alue on lannoitettu 11. 5. 1964 käyttämällä 600 kg/ha suomaiden Y-lannosta (16—20—8). Turpeen paksuus on yli 2 m ja turvelaji rahkaturve. Turpeen tilavuuspaino on eri syvyyksissä seuraava (kukin luku on 102 näytteen keskiarvo):

Syvyys, cm	Turpeen tilavuuspaino, g/dm³
0—5	95
5—10	136
10—15	146
15—20	123
20—25	109
25—30	98
30—35	90
35—40	87
40—45	84
45—50	80

Tilavuuspaino kasvaa siirryttäessä suon pinnasta 15 cm:n syvyyteen ja pienenee tämän jälkeen syvemmälle mentäessä.

Taulukko 1. Koealojen puusto v. 1966.
Table 1. The tree stand of the sample plots in 1966.

Koeala n:o — *Sample plot n:o*						
67	68	69	70	71	72	Keskiarvo — *Average*
Kuutiomäärä kuorineen, m³/ha — *Volume including bark cu.m/ha*						
21.3	26.9	18.8	33.7	17.7	27.0	24.2
Runkoluku, kpl/ha — *Stems/ha*						
1 087	1 309	999	932	865	643	972



Kuva 1. Tutkimuksen koealat. Pohjavesikaivot on merkitty ympyröillä ja juuristonäytteiden ottopaikat pisteillä.
Figure 1. The sample plots of the study. The ground-water holes are marked with circles and the root sampling sites with dots.

Koealoja ympäröivien ojien vedenpinta säännösteltiin vuoden 1961 syyskuusta lähtien eri syvyyksille seuraavasti:

Koeala n:o	Ojien vedenpinnan säännöstelysyvyys, cm
67, 70	10
68, 71	30
69, 72	50

Vesitalouden järjestely ei täysin onnistunut koealalla n:o 70, jossa säännöstelysyvyys on muuttunut n. 25 cm:ksi. Jokaisella koealalla on 8 pohjavesikaivoa (kuva 1), joista mitataan maanpinnan ja pohjavesipinnan välinen etäisyys kasvukauden aikana joka kolmas päivä.

Juurten määrää ja syvyysjakautumista tutkittiin ottamalla jokaiselta koealalta 18. — 19. 7. 1966 kaksikymmentä näytettä, yksi näyte kunkin pohjavesikaivon luota (kuva 1). Näytteet irroitettiin poikkileikkauspinta-alaltaan 4 × 5 cm:n kokoisina ja 30 cm:n syvyyteen asti ulottuvina turvekappaleina, jotka jaettiin karikkeiden ja elävän sammalkerroksen poistamisen jälkeen 5 cm:n pituisiin osiin. Näyteosat suljettiin välittömästi muovipusseihin, minkä jälkeen laboratoriossa eroteltiin ja mitattiin niissä olleet männyn juuret. Tutkimuksessa käytettyä menetelmää on selostettu yksityiskohtaisesti mm. Heikuraisen (1955) ja Paavilaisen (1966 a) julkaisuissa.

Turpeen huokoisuussuhteita ja ilmatilaa tutkittiin ottamalla jokaisen pohjavesikaivon luota 50 cm:n syvyyteen asti ulottunut näyte 2—3 kertaa kesän 1966 aikana. Samanaikaisesti mitattiin kaivon pohjavesipinnan ja maanpinnan välinen etäisyys. Näytteitä oli kaikkiaan 102 kpl. Yhden näytteenottokerran näytteet jaettiin vielä kahtia ja toista puolikasta käytettiin jäljempänä selostetulla tavalla ilmatilan määritykseen kenttäkapasiteettia ja lakastumisrajaa vastaavissa pF-käyrän arvoissa.

Kokonaishuokostilan ja ilmatilan määrittämiseen tarkoitetut näytteet otettiin käyttämällä hyväksi samanlaista näytteenottolaitetta ja -tekniikkaa kuin juuristotutkimuksissa. Tästä johtuu, ettei näytteiden tilavuus ole kaikissa tapauksissa täysin sama. Tarkistusmittaukset osoittivat, että näytteenotossa tulee myös systemaattinen virhe siten, että näyteosat ovat oletettua (100 cm^3) suurempia, keskimäärin 103 cm^3. Laskelmissa käytettiin viimeksi mainittua tilavuutta. Virhelähteenä on lisäksi mainittava, että näytteistä valuu vettä, ennenkuin ne saadaan suljetuiksi muovipusseihin. Tämän vuoksi näytteiden tuorepaino on hieman todellista pienempi.

Laboratoriossa selvitettiin näytteiden kiinteän aineen paino kuivaamalla niitä n. 105° C:n lämpötilassa, kunnes paino ei enää vähentynyt. Turpeen ominaispaino määritettiin erikseen otettujen yhteensä 249 näytteen perusteella H e i n o s e n (1954) esittämällä alkoholipikamenetelmällä. Kiinteän aineen tilavuutta laskettaessa käytettiin seuraavassa asetelmassa esitettyjä eri syvyyksille laskettuja ominaispainojen keskiarvoja (sulkeissa tutkittujen näytteiden lukumäärä).

Syvyys, cm	Turpeen ominaispaino
0—10 (53)	1.42
10—20 (53)	1.42
20—30 (60)	1.47
30—40 (50)	1.50
40—50 (33)	1.53

Vähentämällä näytteen kokonaistilavuudesta kiinteän aineen tilavuus saatiin kokonaishuokostila, joka vielä muunnettiin prosenteiksi näytteen kokonaistilavuudesta. Turpeen ilmatila näytteenottoaikana saatiin vähentämällä kokonaishuokostilasta vesitila, joka laskettiin näytteen tuore- ja kuivapainon erotuksena. Myös ilmatila muunnettiin prosenteiksi näytteen kokonaistilavuudesta.

Tutkimuksen kannalta oli tarpeellista selvittää myös kokonaishuokostilan jakautumista eri huokoisuusluokkiin. Tämä tapahtui silmällä pitäen seuraavassa asetelmassa esitettyjä rajakosteustiloja (vrt. esim. H e i n o n e n 1954, R i c h a r d 1955, H o l s t e n e r—J ø r g e n s e n 1958, R o d e 1959). Niitä vastaavat pF-arvot kuvaavat maassa olevaa vettä pidättävien voi-

mien suuruutta ja ovat maan jännitystä ja osmoottista painetta vastaavan vesipatsaan korkeuden (cm:nä) logaritmeja (Schofield 1935).

	pF
Täysin kyllästetty maa	0
Kenttäkapasiteetti	1.6—2.5
Lakastumisraja	4.0—4.2
Uunikuiva maa	—

Täysin kyllästettyä maata ja kenttäkapasiteettia vastaavien rajakosteustilojen välillä oleva vesi on painovoiman vaikutuksesta liikkuvaa ja siten esimerkiksi ojituksella poistettavissa. Kenttäkapasiteetin ja lakastumisrajan välillä oleva vesi on kasveille käyttökelpoista ja lakastumisrajaa voimakkaammin maahan pidättynyt vesi kasveille käyttökelvotonta. Määrittämällä kenttäkapasiteettia vastaava vesipitoisuus ja ilmatila voidaan näin ollen päätellä, onko maan ilmanvaihto ojituksen jälkeen riittävän hyvä juurten toimeentulon kannalta. Lakastumisrajaa vastaavan vesipitoisuuden määritys on taas perustana selvitettäessä, muuttuuko kasvupaikka ojituksen jälkeen juuristoille liian kuivaksi.

Tässä tutkimuksessa lähdettiin siitä, että pF 2 osoittaa kenttäkapasiteettia ja pF 4 lakastumisrajaa. Kenttäkapasiteettia vastaavan vesipitoisuuden selvittämistä varten otettiin, kuten edellä on mainittu, jokaisen pohjavesikaivon luota yksi näyte (0—50 cm), jonka 5 cm:n pituiset osat jaettiin kahtia. Näyteosien (yhteensä 480 kpl) toisesta puolikkaasta määritettiin suoraan turpeen ilmatila näytteenottoaikana ja toisesta puolikkaasta painelevylaitteella (Pressure Plate Extractor) pF 2:ta vastaava vesipitoisuus. Lakastumisrajaa pF 4 vastaava vesipitoisuus määritettiin painekalvolaitteella (Pressure Membrane Extractor) kuudesta tarkoitusta varten erikseen otetusta näytteestä (yksi näyte joka koealalta). Painoprosentteina kuivapainoa kohden lasketut vesipitoisuudet muutettiin tilavuusprosenteiksi käyttämällä hyväksi uunikuivan turpeen tilavuuspainoja, jotka ensin laskettiin.

Saadut vesipitoisuusarvot pF 2:ssa ja pF 4:ssä ovat hieman liian suuret, koska turvetta tarttuu painelevylaitteen levyihin ja painekalvolaitteen selluloosakalvoihin ja tämän johdosta näytteiden kiinteän aineen tilavuus pienenee ennen punnitusta. Kuiva-aineen tilavuuden muutoksesta aiheutuva virhe johtaa laskelmissa keskimäärin 0.7 til.-% liian pieneen kokonaishuokostilaan, kuten todettiin verrattaessa edellä mainittujen 480 painelevylaitteella olleen ja yhtä monen suoraan uunissa kuivatun näytteen kokonaishuokostiloja.

Koealoilta otettujen kaikkiaan 102 näytteen (0—50 cm) perusteella selvitettiin myös turpeen ilmatilan ja samanaikaisesti mitatun pohjaveden korkeuden välinen riippuvuussuhde eri syvyyksissä. Näin päästiin epäsuoraa tietä tarkastelemaan turpeen ilmatilan kasvukautisia vaihteluita, sillä pohjaveden etäisyys maanpinnasta mitattiin koealoilla joka kolmas päivä.

TULOKSET

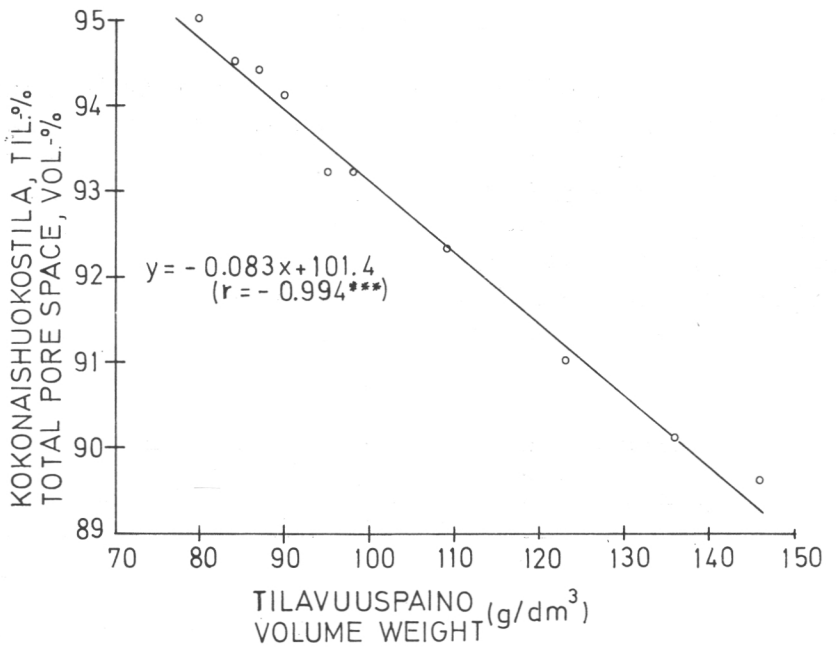
Juuristotutkimusten tulokset on esitetty taulukossa 2. Ne osoittavat, että kaikilla koealoilla on yli 90 % juurista jo 0—10 cm:n syvyydessä. Juuriston keskimääräinen syvyysulottuvuus vaihtelee 11.7—13.3 cm:n välillä, keskiarvon ollessa 12.5 cm. Juurten toiminnan edellytykset heikentyvät siis ratkaisevasti siirryttäessä 10—15 cm:ä syvemmälle, joskin yksittäisiä juuria saattaa esiintyä vielä 25—30 cm:n syvyydessä. Aikaisemmissa rämemännikköiden juuristosuhteita koskevissa tutkimuksissa on tultu varsin samanlaiseen tulokseen (vrt. Heikurainen 1955, Paavilainen 1966 a).

Taulukko 2. Juurten määrä ja syvyysjakautuminen.
Table 2. Amount and vertical distribution of roots.

Syvyys, cm *Depth, cm*	Koeala n:o — *Sample plot no*						
	67	68	69	70	71	72	Keskiarvo *Average*
	Juuria, m/m² — *Roots m/sq.m*						
0—5	633	941	650	753	702	436	686
5—10	205	289	314	265	393	291	293
10—15	16	15	27	73	64	90	47
15—20	12	1	3	2	1	2	3
20—25	3	4	2	△	△	△	2
25—30	△	—	△	—	—	—	△
Yhteensä—*Total*	869	1 250	996	1 093	1 160	819	1 031
	Juuriston keskimääräinen syvyysulottuvuus, cm — *Mean root penetration, cm*						
	11.7	12.1	12.3	12.8	12.5	13.3	12.5

Taulukosta 3 havaitaan, että koealojen turpeen kokonaishuokostilassa on syvyyssuuntaisia merkitseviä eroja ($F = 28.6^{***}$). Keskiarvojen mukaan on suurin huokostila (45—50 cm:n syvyydessä) 95.0 % ja pienin (10—15 cm:n syvyydessä) 89.6 %. Pienin merkitsevä ero on 95 %:n luotettavuudella 1.66 %. Kokonaishuokostila on kääntäen verrannollinen turpeen tilavuuspainoon (kuva 2). Saman riippuvuussuhteen ovat todenneet kivennäismaiden humuskerroksessa mm. Heinonen (1954) ja Holstener-Jørgensen (1958).

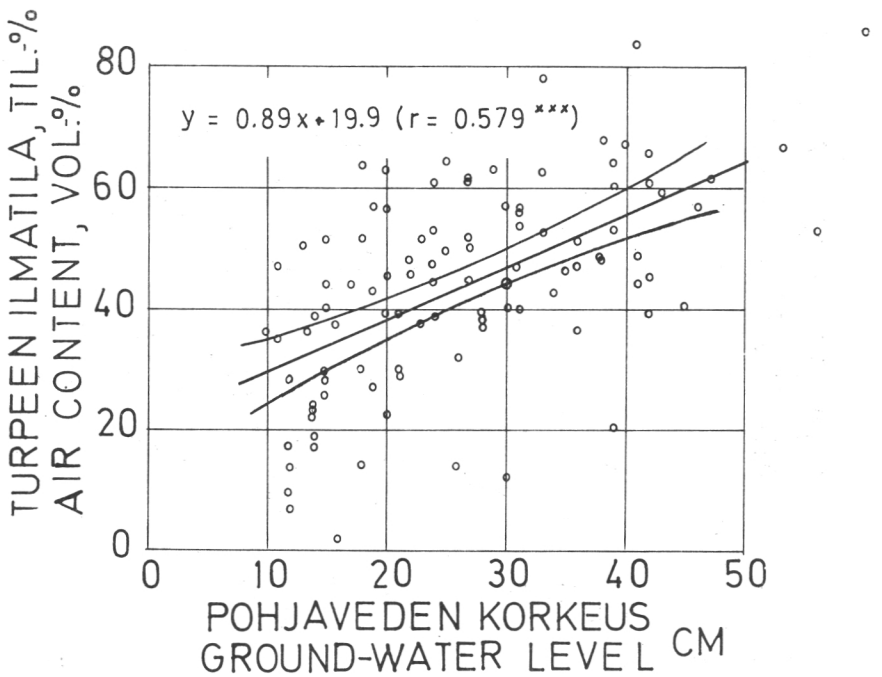
Ilmatila pF 2:ssa (kenttäkapasiteetti) pienenee jonkin verran suon pinnasta syvemmälle mentäessä ($F = 3.71^{**}$). Vaihteluväli on keskiarvojen mukaan 36.0—52.8 % ja pienin merkitsevä ero 11.39 %. pF 2:ta vastaavan ilmatilan ja turpeen tilavuuspainon välillä ei ole merkitsevää korrelaatiota ($r = 0.134$). Holstener—Jørgensen (m.t.) on todennut kenttäkapasiteettia vastaavan vesipitoisuuden olevan vuorosuhteessa maan tilavuuspainon kanssa, mutta havaintoarvojen hajonta on ollut suuri.



Kuva 2. Kokonaishuokostilan riippuvuus turpeen tilavuuspainosta.
Figure 2. The regression of the total pore space on the volume weight of peat.

Taulukko 3. Turpeen kokonaishuokostila sekä ilmatila kenttäkapasiteetissa (pF 2).
Table 3. Total pore space and air content of peat at field capacity (pF 2).

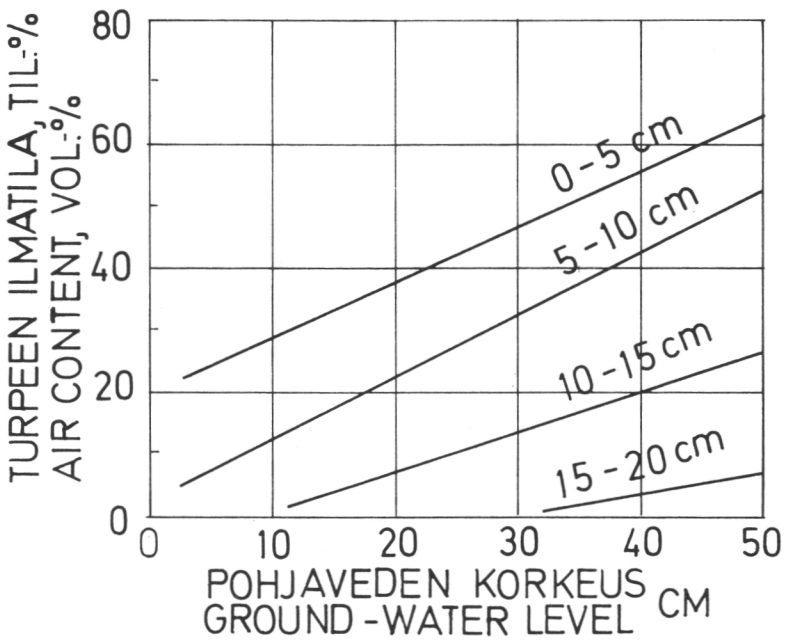
Syvyys, cm *Depth, cm*	Koeala n:o — *Sample plot no*						
	67	68	69	70	71	72	Keskiarvo *Average*
Kokonaishuokostila, til.—% — *Total pore space, volume %*							
0—5	94.7	94.4	91.4	94.4	91.1	92.9	93.2
5—10	92.4	90.5	88.9	91.6	88.6	88.5	90.1
10—15	90.4	88.9	89.9	89.2	89.5	89.6	89.6
15—20	90.7	90.5	91.0	91.0	91.4	91.4	91.0
20—25	91.7	92.6	92.2	91.4	92.6	93.5	92.3
25—30	92.5	94.3	92.7	92.3	93.7	93.6	93.2
30—35	93.7	94.8	93.7	93.7	94.1	94.6	94.1
35—40	93.9	94.5	94.0	94.1	94.8	95.1	94.4
40—45	94.4	94.7	94.1	93.7	94.8	95.4	94.5
45—50	95.2	95.1	95.1	94.4	94.8	95.3	95.0
						$LSD_{0.05}$	1.66
Ilmatila pF 2:ssa, til.% — *Air content at pF 2, volume %*							
0—5	66.2	53.1	60.7	49.6	45.3	42.0	52.8
5—10	56.0	47.3	47.0	43.3	36.4	41.1	45.2
10—15	49.9	39.3	39.6	45.3	37.8	38.3	41.7
15—20	59.4	33.4	35.2	47.7	35.0	34.5	40.9
20—25	52.9	43.6	34.8	30.1	29.2	37.7	38.1
25—30	44.4	37.4	30.9	37.7	33.6	41.9	37.7
30—35	40.1	34.9	37.6	30.9	35.3	37.2	36.0
35—40	46.9	35.2	41.9	32.0	45.1	47.6	41.5
40—45	44.0	38.7	29.9	24.0	48.3	51.6	39.4
45—50	51.3	42.5	35.3	36.8	41.8	43.0	41.8
						$LSD_{0.05}$	11.39



Kuva 3. Turpeen ilmatilan ja pohjaveden korkeuden välistä riippuvuutta osoittava regressiosuora 0—5 cm:n syvyydessä 95 %:n luotettavuusvöineen.
Figure 3. The regression of the air content of peat on the ground-water level (at depth of 0—5 cm) with 95 % mean confidence belt.

Edellä esitetyn mukaan juurilla on hyvät toimeentulon edellytykset aina puolen metrin syvyyteen asti, mikäli kaikki painovoiman vaikutuksesta liikkuva vesi (pF 0—2) poistetaan ojituksella tähän syvyyteen saakka. Ilmatila on tällöin koko profiilissa yli 30 % ja ylittää näin selvästi korkeampien kasvien juuriston normaalin kehityksen kannalta tarpeelliseksi arvioidun ilmatilan. Turpeen rakenne sinänsä ei siis näytä estävän juurten vertikaalisuuntaista kasvua. Erityisesti voidaan todeta, ettei mitään maan ilmanvaihtoa olennaisesti heikentävää turpeen rakenteen muutosta tapahdu siirryttäessä 15 cm:ä syvemmälle eli siihen syvyyteen, jossa vain yksittäisiä juuria on esiintynyt.

Turpeen ilmatilan kasvukautisten vaihteluiden tarkastelua varten laskettiin eri syvyyksille turvenäytteiden ilmatilan (y) ja näytteitä otettaessa mitatun pohjaveden etäisyyden (x) välistä riippuvuutta osoittavien regressiosuorien yhtälöt. Yksityisten havaintojen hajonnan suuruutta valaisee kuva 3, jossa esitetään 0—5 cm:n syvyydelle laskettu regressiosuora ja sen luotettavuusvyö (95 %:n taso). Kuvasta ilmenee, että turpeen ilmatila saadaan regressioyhtälöllä alle $\pm$ 5 tilavuusprosentin tarkkuudella. Muille syvyyksille laskettujen yhtälöiden luotettavuus on turpeen pintaosissa sa-



Kuva 4. Turpeen ilmatilan riippuvuus pohjaveden korkeudesta 0—20 cm:n syvyydessä.
Figure 4. The regression of the air content of peat on the ground-water level at depth of 0—20 cm.

maa suuruusluokkaa. Korrelaatio on merkitsevä (95 %:n taso) 25 cm:n syvyyteen asti.

Saadut regressioyhtälöt 0—30 cm:n syvyydessä sekä vastaavat korrelaatiokertoimet selviävät seuraavasta asetelmasta. Suorien kulku pohjaveden etäisyyden ollessa 10—50 cm nähdään kuvasta 4.

Syvyys, cm		
0—5	$y = 0.89\ x + 19.9$	$(r = 0.579)$
5—10	$y = 1.00\ x + 2.3$	$(r = 0.622)$
10—15	$y = 0.65\ x - 5.9$	$(r = 0.489)$
15—20	$y = 0.35\ x - 10.4$	$(r = 0.300)$
20—25	$y = 0.20\ x - 16.9$	$(r = 0.208)$
25—30	$y = 0.08\ x - 20.2$	$(r = 0.101)$

Regressioyhtälö, joka osoittaa 30 cm:n paksuisen pintaturpeen ilmatilan riippuvuuden pohjaveden korkeudesta, on: $y = 0.53\ x + 6.9$. Yhtälön nojalla voidaan laskea, että pohjavesipinnan alentaminen 10 cm:llä aiheuttaa 0—30 cm:n syvyydessä keskimäärin 3.8—6.8 %:n (95 %:n luotettavuusrajat) suuruisen ilmatilan kasvun. Aikaisemmissa pintaturpeen vesipitoisuuden ja

Taulukko 4. Turpeen keskimääräinen ilmatila 26. 5—13. 8. 1965 ja 16. 5— 12. 8. 1966 välisinä aikoina.

Table 4. The average air content of peat during May 26 — August 13, 1965 and May 16 — August 12, 1966.

Syvyys, cm *Depth, cm*	Koeala n:o — *Sample plot no*						
	67	68	69	70	71	72	Keskiarvo *Average*
	Keskimääräinen ilmatila 26. 5—13. 8. 1965, til.—% *Average air content May 26 — Aug. 13, 1965, vol. %*						
0—5	41	51	55	51	43	55	49
5—10	26	37	41	37	29	41	35
10—15	10	17	19	17	11	20	16
15—20	0	2	3	2	0	3	2
20—50	0	0	0	0	0	0	0
	Keskimääräinen ilmatila 16. 5—12. 8. 1966, til.—% *Average air content May 16 — Aug. 12, 1966, vol. %*						
0—5	41	48	56	53	48	54	50
5—10	26	34	42	40	34	41	36
10—15	9	14	20	18	14	19	16
15—20	0	△	3	3	△	3	2
20—50	0	0	0	0	0	0	0

pohjaveden korkeuden välistä riippuvuussuhdetta koskevissa tutkimuksissa on saatu samaa suuruusluokkaa olevia tuloksia. Niinpä 10 cm:n suuruinen pohjavesipinnan alentaminen on lisännyt turpeen ilmatilaa Paavilaisen (1963) mukaan 0—30 cm:n syvyydessä keskimäärin 4.1 %:lla ja Heikuraisen, Päiväsen ja Saraston (1964) mukaan 0—20 cm:n syvyydessä n. 5 %:lla. Huikarin (1959 b) tutkimusten mukaan on sarkaleveyden pienentäminen 100 m:stä 5 m:in lisännyt avosuolla turpeen ilmatilaa 10—30 cm:n syvyydessä 5.5 %:lla.

Esitettyjen yhtälöiden ja pohjaveden korkeutta koskevien mittaustulosten perusteella on taulukkoon 4 laskettu koealojen turpeen keskimääräinen ilmatila eri syvyyksissä kesinä 1965 ja 1966. Kumpanakin vuotena tulos on varsin samanlainen. Ilmatila on 0—5 cm:n syvyydessä n. 50 % eli lähellä kenttäkapasiteettia (vrt. taulukko 3, s. 12). Ilmatila vähenee verraten jyrkästi 5 cm:ä syvemmälle mentäessä. 15 cm:ä syvemmällä on ilmatila ollut alle 10 %, mitä on aikaisemmissa tutkimuksissa pidetty juurten toimeentulon kannalta haitallisen pienenä (Kramer 1949, Russell 1952, Bergman 1959). Tähän käsitykseen voidaan yhtyä esillä olevan tutkimusten tulosten perusteella, sillä kaikilla koealoilla juuristo on ulottunut 10—15 cm:n syvyyteen asti, mutta vain yksittäisiä juuria on ollut sitä syvemmällä. Turpeen ilmatilan ja juuriston syvyyden välinen selvä riippuvuussuhde oikeuttaa edelleen päättelemään, että männyn juuriston pinnallisuuteen rämeillä vaikuttaa olennaisesti turpeen liian pieni ilmatila kasvukauden aikana.

Sivulla 14 esitettyjä yhtälöitä hyväksi käyttäen laskettiin vielä, mihin syvyyteen asti turpeen ilmatila on 5 %:a ja 10 %:a suurempi alennettaessa pohjavesipinta 20, 40 ja 60 cm:n syvyyksille. Yhtälöillä saatiin turpeen ilmatila 2.5, 7.5 cm:n jne. syvyydessä ja näiden välisten ilmatilan arvojen määräämisessä käytettiin suoraviivaista interpolointia. Saadut tulokset nähdään seuraavasta asetelmasta. Siihen on merkitty vertailua varten 20, 40 ja 60 cm:n pohjaveden etäisyyksiä vastaavat juuriston syvyydet, jotka on laskettu Paavilaisen (1966 a, s. 57) esittämillä neljällä regressioyhtälöllä ja jotka ovat yhtälöillä saatujen tulosten keskiarvoja.

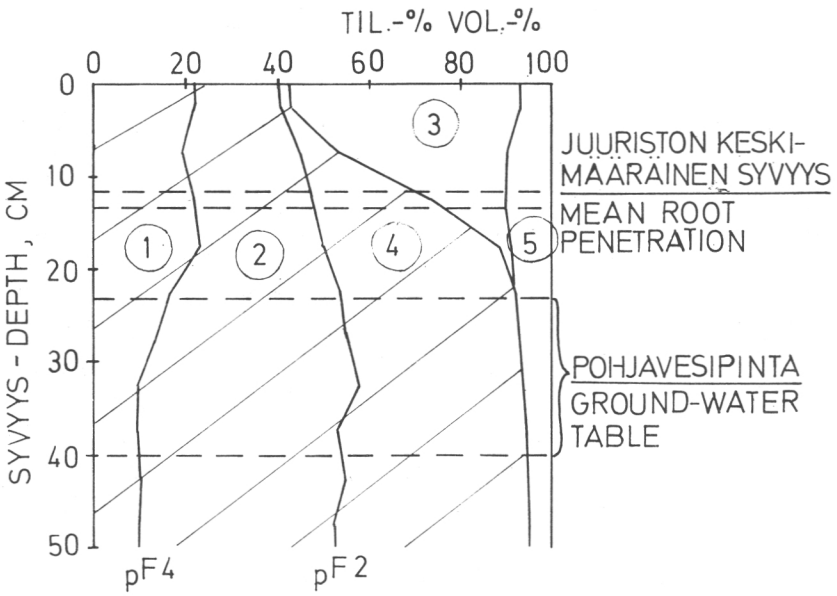
Pohjaveden etäisyys, cm	Syvyys, johon asti turpeen ilmatila on		Juuriston syvyys Paavilaisen (1966 a) mukaan
	> 5 %	> 10 %	
	cm		cm
20	13.5	11.5	13.1
40	17.0	15.5	17.2
60	19.4	17.6	19.6

Asetelmasta ilmenee, että turpeen ilmatilan ja pohjaveden etäisyyden välillä on varsin samanlainen riippuvuussuhde kuin juuriston syvyyden ja pohjaveden etäisyyden välillä. Juuriston keskimääräistä syvyysulottuvuutta vastaa n. 5 %:n ilmatila. Tämä eri aineistojen perusteella suoritettu vertailu tukee edellä esitettyä olettamusta, että turpeen ilmatilalla on keskeinen merkitys rämemännikön juuriston syvyysjakautumiselle.

Taulukon 4 luvut osoittavat, että juurilla on turpeen ilmatilan puolesta parhaat toimeentulon edellytykset 0—5 cm:n syvyydessä, jonka vesipitoisuus on keskimäärin kenttäkapasiteettia vastaavalla tasolla. Kun turve kuivuu eräinä kasvukauden aikoina vielä enemmän, tutkittiin myös kysymystä, milloin pintaturpeen vesipitoisuus saavuttaa lakastumisrajan. Tätä varten määritettiin turpeen vesipitoisuus pF 4:ssä ja laskettiin s. 14 esitettyjä yhtälöitä hyväksi käyttäen kyseistä vesipitoisuutta vastaava pohjaveden korkeus. Tulos nähdään seuraavasta asetelmasta.

Syvyys, cm	pF 4:ä vastaava pohjaveden etäisyys, cm
0—5	57
5—10	68
10—15	113

Pohjaveden etäisyydestä v. 1966 tehtyjen mittausten mukaan on turve kuivunut lakastumisrajalle saakka 0—5 cm:n syvyydessä n. 10 %:ssa ja 5—10 cm:n syvyydessä n. 1 %:ssa havainnoista. 10—15 cm:n syvyydessä turve ei ole saavuttanut lainkaan lakastumisrajaa. Näiden havaintojen valossa näyttää mahdolliselta, että pintaturve voi kuivua juurten toiminnan



Kuva 5. Koealojen turpeen huokoisuusuhteet ja ilmatila sekä juuriston ja pohjaveden syvyys.
Figure 5. Peat porosity and air volume, the mean root penetration and the groundwater level in the sample plots.

1 = käyttökelvoton vesi — *unavailable water*,
2 = käyttökelpoinen vesi — *available water*,
3 = keskimääräinen ilmatila — *average air volume*,
4 = liika vesi — *excess water*,
5 = kiinteä aine — *solid material*.

Ala, jossa on vettä, on merkitty vinoviivoituksella.
Space occupied by water cross-hatched.

kannalta liikaakin, mikäli kuivatus on erittäin tehokas. Tutkituilla koealoilla on liiallinen kuivuus ollut varsin lyhytaikaista, eikä se ole vaikuttanut siinä määrin haitallisesti juurten toimeentuloon, että niiden kuolemista olisi havaittu.

Saatujen tulosten yhdistelmänä esitetään kuvassa 5 tutkittujen koealojen turpeen keskimääräiset huokoisuussuhteet ja ilmatila kasvukauden aikana sekä suurin ja pienin juuriston syvyys ja pohjaveden korkeus. Kuvasta nähdään, että pohjaveden korkeuden suurehkot säännöstelyerot ovat vaikuttaneet sangen vähän juuriston keskimääräiseen syvyyteen. Ainoastaan yksittäisiä juuria on tunkeutunut syvälle turpeeseen, jossa ilmatila on hyvin pieni suurimman osan kasvukaudesta. Kuvasta 5 todetaan myös lisäpiirteenä aikaisemmin mainittuun, että ojituksella poistettavissa olevan veden määrä näyttää pienenevän ja käyttökelpoisen veden määrä kasvavan jonkin verran siirryttäessä suon pinnasta 50 cm:n syvyyteen.

TULOSTEN TARKASTELUA

Maan ilmanvaihdon ollessa heikkoa puiden juurten toimeentulon edellytyksenä on, että vesi on kasvupaikalla happi- ja ravinnepitoista. Korvissa, joiden liikkuva vesi sisältää runsaasti happea, juuret pysyvät elossa pitkiäkin aikoja pohjavesipinnan alapuolella (Paavilainen 1966 b). Rämeiden vähähappinen vesi ei sitä vastoin tarjoa juurille vastaavaa toimeentulon mahdollisuutta, vaan niiden menestyminen on ratkaisevasti riippuvainen maan ilmanvaihdosta. Tätä taustaa vasten on varsin ymmärrettävää, että rämeillä juuriston syvyyden ja turpeen ilmatilan välillä on selvä korrelaatio. Todennäköisesti liian pieni ilmatila onkin eräs tärkeimmistä syistä rämemänniköiden juuriston pinnallisuuteen. Ilmeisesti samasta tekijästä johtuu osaltaan käyttökelpoisten ravinteiden ja yleensä biologisen aktiviteetin pinnallisuus rämeillä (vrt. esim. Huikari 1953, Kaila ja Kivekäs 1956, Paarlahti ja Vartiovaara 1958, Paarlahti 1964, Lähde 1966).

Turpeen kasvukauden aikainen ilmatila pienenee kaikilla koealoilla jyrkästi siirryttäessä pintaturvetta syvemmälle. Tämä ilmiö ei näytä johtuvan turpeen rakenteesta, sillä tilavuuspainon määritykset osoittavat, että turve on syvällä heikommin maatunutta kuin suon pintaosassa. Kenttäkapasiteettia (pF 2) vastaava ilmatila vähenee kyllä jonkin verran syvyyssuunnassa, mutta on silti aina puolen metrin syvyyteen asti yli 30 til.-%. Vaikka turpeen fysikaalinen rakenne on jokseenkin samanlainen 0—50 cm:n syvyydessä, on maan vesitalouden järjestelyllä siis voitu poistaa vain pintaturpeessa oleva vesi.

Edellä esitetty tulos on yhdenmukainen Huikarin (1959 a, 1959 b) tutkimusten kanssa, jotka osoittavat turpeen vedenläpäisevyyden ja valunnan pienenevän voimakkaasti suon pinnasta syvemmälle mentäessä, vaikka turvelaji ja maatumisaste pysyvät muuttumattomina. Mahdollisesti syvällä turpeessa vallitseva paine estää veden kulkua niin voimakkaasti, että ojituksella poistettavissa olevan veden määrä jää pieneksi. Tähän mahdollisuuteen viittaavat mm. Saraston (1961, 1963) kokeet, joissa turvenäytteiden läpi valuva vesimäärä on pienentynyt selvästi paineen kasvaessa. Väliä pF 0—2 vastaava vesimäärä syvällä turpeessa näyttää täten olevan luonnon oloissa pienempi kuin mitä turvenäytteiden laboratoriotutkimukset osoittavat. Tämän kysymyksen lähempi tutkiminen olisi tarpeellista.

KIRJALLISUUTTA

Aaltonen, V. T. 1920. Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. AFF 14.

Bergman, H. F. 1959. Oxygen deficiency as a cause of disease in plants. Bot. Review 25.

Heikurainen, L. 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen (Referat: Der Wurzelaufbau der Kiefernbestände auf Reisermooböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung). AFF 65.

—»— Päivänen, J. ja Sarasto, J. Ground water table and water content in peat soil. AFF 77.

Heinonen, R. 1954. Multakerroksen kosteussuhteista Suomen maalajeissa (Summary: Moisture conditions in finnish topsoils). Agrogeol. julk. 62.

Holstener-Jørgensen, H. 1958. Jordbundsfysiske undersøgelser i danske bøgebevoksninger (Summary: Physical soil-investigations in danish beech stands). Forstl. Forsøgsv. Danm. 25.

Huikari, O. 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön (Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps). MTJ 42.

—»— 1959 a. Kenttämittaustuloksia turpeiden vedenläpäisevyydestä (Referat: Feldmessungsergebnisse über die Wasserdurchlässigkeit von Torfen). MTJ 51. 1.

—»— 1959 b. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. (Referat: Über den Wasserhaushalt waldentwässerter Torfböden). MTJ 51.2.

Kaila ja Kivekäs. 1956. Distribution of extractable calcium, magnesium and sodium in various depths of some virgin peat soils. Maatal. Aikakausk. 28.

Kalela, E. K. 1949. Männiköiden ja kuusikoiden juurisuhteista I. (Summary: On the horizontal roots in pine and spruce stand. I). AFF 57.

Kramer, P. J. 1949. Plant and soil water relationships. New York—Toronto—London.

Laitakari, E. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. (Summary: The root system of pine *(Pinus silvestris)*. A morphological investigation) AFF 33.

Lähde, E. 1966. Vertical distribution of biological activity in peat of some virgin and drained swamp types. AFF 81.

Paarlahti, K. 1964. Observations on the effect of the ground water level on the decomposition of cellulose in peat of pine and spruce swamps. Käsikirjoitus metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastossa.

—»— ja Vartiovaara, U. 1958. Havaintoja luonnontilaisten ja metsäojitettujen soiden pieneliöstöstä (Summary: Observations concerning the microbial populations in virgin and drained bogs). MTJ 50.

Paavilainen, E. 1963. Turpeen vesipitoisuudesta ja pohjavesipinnasta (Summary: On water content of peat and ground water level) Suo 1963, No 1.

—»— 1966 a. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin (Summary: On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils). MTJ 61.

—»— 1966 b. On the relationships between the root systems of white birch and Norway spruce and the ground water table. (Selostus: Hieskoivun ja kuusen juuriston suhteesta pohjavesipintaan mustikkakorvessa). MTJ 62.

Richard, F. 1955. Über Fragen des Wasserhaushaltes im Boden. Schweizer. Z. Forstwesen 106.

Rode, A. A. 1959. Das Wasser im Boden. Berlin.

Russell, M. B. 1952. Soil aeration and plant growth. Agronomy Monograph 2. New York.

Sarasto, R. 1961. Kokeita turpeiden vedenläpäiseväisyydestä (Experiments on the permeability of peat) Suo 1961, No 2.

—»— 1963. Tutkimuksia rahka- ja saraturpeiden vedenläpäiseväisyydestä (Summary: A study on the permeability to water of different kinds of peat). Suo 1963, No 3.

Schofield, R. K. 1935. The pF of the water in soil. Trans. Third Intern. Cong. Soil Sci (Oxford) II.

AFF — Acta Forestalia Fennica

MTJ — Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.

RELATIONSHIPS BETWEEN THE ROOT SYSTEM OF SCOTS PINE AND THE AIR CONTENT OF PEAT

Summary

The purpose of the present study was to determine the correlation between the root system of Scots pine and the air content of peat. This was done to throw more light on the problem of whether or not the superficiality of the root system of pine on this site is due to the vertical decrease of soil aeration with increasing depth. The study was carried out at the North Satakunta Experimental Station of the Finnish Forest Research Institute. The data was compiled at six sample plots of a experimental hydrological field (fig. 1, table 1).

The mean root penetration of the root system in the sample plots is 12.5 cm on an average (table 2). The peat structure does not seem to prevent the deeper penetration ot the roots, since the pore space is considerable, and the air content at field capacity (pF 2) is over 30 % to the depth of 0.5 meters (table 3). However, the inadequate air content of the peat during the growing season may well be a reason for the superficiality of the root system (table 4). The air content has been calculated for various depths by equations indicating regression of the air content on the ground-water level (tabulation p. 14, fig. 3 and 4). The results also show that the surface peat may dry out during the summer to the wilting point; the corresponding ground-water level at various depths has been shown in the tabulation on p. 16. As a summary of the results, figure 5 show the average porosity and air content, the maximum and minimum root system depth, and the ground-water level in the sample plots.