

## HAVAINTOJA KUUSEN OKSAISUUDESTA

MATTI KÄRKKÄINEN

## SUMMARY:

## OBSERVATIONS ON THE BRANCHINESS OF NORWAY SPRUCE

Saapunut toimitukselle 20. 4. 1972

Tutkimuksen kohteena oli 12 kuusipuuta (*Picea abies* (L.) Karst.) Keski-Suomesta. Niistä mitattiin kaikkiaan 2118 oksan tarkka sijainti rungolla, läpimitta oksan tyvestä, kunkin oksan pituus sekä rungon pituuden suunnassa kahden metrin ryhmissä kunkin ryhmän oksien tuorepaino.

Tutkimuksen mukaan oksan pituuden avulla voidaan varsin tarkasti ennustaa sen tyvestä mitattu läpimitta. Myös oksien paksuuden vaihtelu rungon pituussuunnassa oli jossakin määrin säännönmukaista, joskin runkojen välinen vaihtelu oli huomattava. Eniten karsintatyötä oli vihreän latvuksen keski- ja yläosissa. Puukohtaisia oksaisuustunnuksia, kuten oksien lukumäärää ja pinta-alaa, pystyttiin tutkimuksessa ennustamaan tyydyttävästi rungon tilavuuden tai rinnankorkeusläpimitan avulla.

## 1. JOHDANTO

Kasvavan puun oksaisuudesta eli oksien esiintymisestä puhuttaessa erotetaan tavallisesti sisäinen ja ulkoinen oksaisuus. Edellisellä tarkoitetaan puuaineen sisässä olevia oksantynkiä ja kasvavien oksien osia. Ulkoisella oksaisuudella taas tarkoitetaan oksien esiintymistä puun vaippapinnan ulkopuolella.

Ulkoinen oksaisuus, jota tämä tutkimus koskee, on ennen kaikkea puun korjuun kannalta tärkeä tunnus. Yksinkertaisin käsityövälinein suoritettussa karsinnassa oksaisuus vaikuttaa huomattavasti karsinta-aikaan. Myös koneellistetussa karsinnassa oksaisuus vaikuttanee karsinnan suorittamiseen, joskin vaikutussuhteet ovat oletettavasti erilaiset kuin käsityövälinein suoritettussa puunkorjuussa. Edelleen puussa olevien oksien määrä vaikuttaa kokonaisen puun käsittelyvaikeuteen esim. juonnettaessa karsimattomia puita. Monilla puulajeilla latvaosassa oksien paino saattaa olla suurempi kuin vastaava rungon osan paino, ja näin ollen se vaikuttaa huomattavasti käsitteilyyn esim. monitoimikoneita käytettäessä. Ulkoinen oksaisuus indikoi myös sisäistä oksaisuutta lähinnä siten, että oksien läsnäolo vaippapinnan ulko-

puolella merkitsee myös sisäisen oksaisuuden esiintymistä. Toisaalta ulkoisten oksien puuttuminen ei välttämättä takaa, että puuaine olisi rungossa oksaton.

Vaikka puun ulkoista oksaisuutta voidaankin pitää tärkeänä puuta kuvaavana tunnuksena, on varsinaisia metsäteknologisia tutkimuksia oksaisuudesta tehty varsin vähän. Tiedot, joita esim. kuusesta (*Picea abies* (L.) Karst.) on saatavissa, perustuvat yleensä metsänhoitotieteellisiin tutkimuksiin. Näiden tutkimusten tavoitteiden asettelu on ollut usein sellainen, että metsätieteologisten johtopäätösten tekeminen tulosten perusteella voi olla vaikeaa. Joitakin havaintoja voidaan kuitenkin oksaisuudesta esittää jäljempänä määriteltävän tutkimustehtävän kannalta.

Yleinen oppikirjoissa siteerattu käsitys on, että useilla puulajeilla rungon vaippapinnan läheltä mitattu oksan läpimitta kasvaa puun tyvestä ylöspäin, kunnes se aivan vihreän latvuksen sisällä pienenee latvaan mentäessä (esim. TRENDELENBURG ja MAYER-WEGELIN 1955, s. 45, KNIGGE ja SCHULZ 1966, s. 49). Kuusen osalta syyksi on esitetty se, että puiden kasvaessa luontainen harventuminen ja ihmisen suorittamat harvennukset lisäävät puiden kasvu-tilaa. Tällöin oksat voivat kehittyä suuremmiksi kuin pienessä tilassa (KRAMER 1963, ABETZ ja MERKEL 1968). Milloin harvenemista ei tapahdu, on havaittu, että oksien läpimitta pysyy samana tyvestä aina siihen saakka, kunnes oksien nuoruuden vuoksi se latvuksen yläosassa pienenee (MERKEL 1967, s. 119). Viime kädessä kasvutilan vaikutus kuusen oksien kokoon johtune siitä, että tilan ollessa suuri oksien ikä muodostuu suuremmaksi kuin sen ollessa pieni. Esim. KRAMER (1962, s. 250) esittää seuraavan jaotelman.

Puun ikä, jolloin oksat syntyneet:	Oksien elinikä vihreänä: muutamia vuosia
Taimi	
35 v	16 v
45 v	31 v
60 v	yli 60 v

Ruotsin olosuhteissa on kuitenkin arvioitu, että päätehakkuikaisessa kuusikossa oksat ovat paksuimmillaan varsin alhaalla, n. 3–5 m korkeudella maasta (AGER ym. 1964, s. 70).

Kuusen oksien paksuuden määräytyminen ei ole kuitenkaan mikään yksinkertainen ilmiö. On esim. havaittu, että käytännössä kasvupaikka ja etenkin proveniensi vaikuttavat enemmän oksien paksuuteen kuin esim. metsikön tiheys. Samoin on havaittu, että esim. riveihin istutettaessa oksien paksuutta määräävät ennen kaikkea rivissä olevien puiden väliset etäisyydet. Esim. KRAMER ym. (1971) totesivat, että istutettaessa kuusia n. metrin välein riveihin rivien väliset etäisyydet saatettiin pidentää aina 3,5 m saakka oksien vahvuuden oleellisesti lisääntymättä. Toisin sanoen, eri suuntiin kasvavien oksien läpimitat eivät ole toisistaan riippumattomia ja määräytyvät esim. pelkästään valonsaannin mukaan.

Eri oksaisuustunnusten välisestä korreloitumisesta on tehty vähän tutkimuksia, joskin yleensä on todettu eri ominaisuuksien voimakas korreloituminen (esim. WHITTAKER 1965). NYLINDER (1959, s. 2) tosin toteaa, että vallitsee tietty yhteys oksan paksuuden, pituuden ja havumassan välillä. Hän ei kuitenkaan esittele näitä yhteyksiä muutoin kuin teoreettisesti. MERKEL (1967, s. 119) taas esittää, että kuusella oksan pituuden kasvu on noin satakertainen paksuuden kasvuun verrattuna. Tarkempia yhteyksiä ei kuitenkaan liene esitetty. Kuusen oksien kokonaismäärää ja sen riippuvuutta rungon koosta koskevia tutkimuksia on kuitenkin jossakin määrin tehty (esim. BURGER 1939, NIKU 1966, HAKKILA 1969, HAKKILA 1971).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on esittää joitakin havaintoja kuusen oksaisuudesta. Erityisesti pyritään selvittämään oksien pituuden ja niiden tyvestä mitatun paksuuden välistä korreloitumista. Tätä pidetään tärkeänä ongelmana mm. siksi, että karsintavaikeus riippuu usein vaikeasti mitattavissa olevasta oksien paksuudesta, jonka arviointiin voi pyrkiä juuri oksien pituuden avulla. Edelleen pyritään selittämään kuusen oksien paksuuden ja kokonaismäärän vaihtelua.

Tutkimusaineisto on kerätty metsäylioppilaiden harjoitustöiden yhteydessä. Aineiston käsittelyyn ovat osallistuneet metsäylioppilaat TAPIO RIIHELÄ ja JOUKO TOIVONEN. Prof. KALLE PUTKISTO ja apul.prof. PEKKA KILKKI ovat lukeneet käsikirjoituksen. Kiitän saamastani tuesta. Englanninkielisen lyhennelmän on kääntänyt R. MILTON.

## 2. TUTKIMUSAINIESTO

Syyskuussa 1971 kerättiin metsäylioppilaiden harjoitustöiden yhteydessä 12 kuusirunkoa käsittävä tutkimusaineisto Hyytiälästä, Korkeakosken hoitoalueesta. Metsikkö, josta puut otettiin, oli heikon MT-tyypin taajana kasvanutta kuusikkoa, jossa lievä edellinen harvennus oli suoritettu viisi vuotta aikaisemmin. Ennen puiden kaatamista määritettiin kustakin rungosta metsäalan työehtosopimuksen mukainen oksaisuusluokka ja latvuskerros. Kuhnunkin runkoon merkittiin myös pohjoissuuntaa osoittava merkki. Kaadetuista rungoista jäljellä olevien oksien sijainti mitattiin sylinterikoordinaatistossa. Mahdollista on, että joitakin kuolleita oksia katosi kaadon vuoksi. — Käytännössä meneteltiin siten, että mitattiin kunkin oksan etäisyys kaatoleikkauskohdasta, etäisyys myötäpäivään pohjoissuunnasta sekä vastaava rungon läpimitta. Oksista mitattiin pituuden lisäksi kynnästä lukuunottamatta oksan tyviläpimitta sekä pituussuunnassa että vaakasuorassa suunnassa kuoren päältä. Samalla todettiin, oliko kysymyksessä elävä vai kuollut oksa. Vain sellaiset oksat, joiden läpimitta oli yli 3 mm ja pituus yli 20 cm, otettiin huomioon.

Tyvestä alkaen mitatuissa rungosta katkotuissa 2 m pätkissä mitattiin mm. oksien tuorepaino ja vastaava pölkyn paino.

Kaikkiaan 12 puusta mitattiin 2118 oksaa. Puiden yleiset tunnukset on esitetty taulukossa 1. — Latvuskerrosluokituksessa 1 on päävaltapuu, 2 lisävaltapuu ja 3 välipuu (Ks. tarkemmin ILVESSALO ja LAITAKARI 1949, s. 245). Oksaisuusluokituksessa II on paras kuusikko, III taajana kasvanut hyvä kuusikko ja IV kohtalaisen taajana kasvanut kuusikko (Ks. tarkemmin Metsäalan ... 1970).

Taulukko 1. Tutkimusaineisto  
Table 1. The research material

Puu N:o Tree N:o	D <sub>1,3</sub> cm	Pituus dm Length dm	Ikä v Age years	Latvus- luokka <sup>1)</sup> Crown class	Oksai- suus <sup>2)</sup> Bran- chiness	Rungon tuore- paino kg Green weight of stem kg	Oksien tuore- paino kg Green weight of bran- ches kg	Rungon tilavuus dm <sup>3</sup> Volume of stem dm <sup>3</sup>	Oksien luku- määrä kpl No. of branches
1	18	196	115	2	III	211	52	263	128
2	24	196	122	2	IV	377	103	482	191
3	22	187	105	1	III	249	51	354	160
4	21	205	113	1	III	322	77	387	221
5	25	220	108	1	III	375	64	482	215
6	16	151	105	2	II	154	42	171	142
7	20	180	96	1	III	207	44	273	186
8	18	156	111	1	III	158	42	205	221
9	17	157	121	3	III	143	56	182	139
10	22	212	117	2	III	307	62	417	224
11	16	180	108	2	III	172	43	224	116
12	21	202	111	1	III	252	50	348	175

<sup>1)</sup> Ks. ILVESSALO & LAITAKARI 1949, s. 245.

<sup>2)</sup> Ks. Metsäalan ... 1970

## 3. NÄKÖKOHTA TUTKIMUSMENETelmästä

Tässä yhteydessä tutkimuksen kohteena olevana tilastoyksikkönä voi pitää puuta. Kunkin puun ominaisuuksia ovat mm. oksien lukumäärä ja sijainti sekä niiden pituus ja paksuus. Jokaisen tutkitun puun oksaisuus voitaisiin mittaustarkkuuden rajoissa esittää täsmällisesti havaintomatriisina. Yleiskuvan saamiseksi näin ei kuitenkaan menetellä, vaan tiivistetään kunkin puun oksaisuusominaisuudet karkeammiksi tunnuk-

siksi. Esimerkiksi oksien paksuuden ja pituuden suhdetta tarkastellaan puun eri osissa oksien paksuuden regressiona pituuden suhteen. Tällöin regressioyhtälöstä esitetty selitysaste tms. tunnusluku ei millään tavoin liity regressioon »merkitsevyyden» testaamiseen, koska koko haluttu oksapopulaatio on tutkimuksessa mukana. Sen sijaan selityksaste on käsitettävissä mittariksi, joka osoittaa, kuinka hyvin mainittu puun oksaisuusominaisuus on kuvattavissa karkealla regressiomittarilla.

Sen sijaan puuta koskevia oksaisuushavaintoja tutkimuksessa halutaan yleistää muitakin kuin tutkittuja puuta koskeviksi. Mitatut puut edustavat jotakin tuntematonta populaatiota, jonka osapopulaatio on eräs Korkeakosken hoitoalueessa sijaitseva metsikkö. Muuta populaation osaa ei tunneta. Näin ollen kaikki jäljempänä käytetyt yleistämisen luotettavuutta koskevat kriteerit tarkoittavat sitä metsikköä, josta tutkitut puut on saatu usean toisistaan riippumattoman satunnaisen tekijän vaikutuksesta.<sup>1)</sup>

Lähtökohdina yleistämisen luotettavuuden arvioinnille ovat ennakoita asetetut populaation kaikkia alkioita koskevat väittämät. Nollahypoteesinä voi esimerkiksi olla väittämä »täysin satunnaiset tekijät määräävät populaatiossa, ovatko puun ala- vai yläosan oksat painavampia». Tämän väittämän vaihtoehto voi olla esim.  $H_1$ : »yläosan oksat painavat enemmän kuin alaosan.» Tällöin testi on yksipuolinen. Tutkittujen puiden perusteella voidaan laskea, millaisella todennäköisyydellä saadaan havaittu tai ekstreemempi tulos  $H_1$ :n määrittämään suuntaan, mikäli  $H_0$  on todellakin voimassa. Jos tämä todennäköisyys on riittävän pieni, nollahypoteesi hylätään vastahypoteesin eduksi. Esimerkiksi jos kaikissa 12 puussa yläosan oksat painavat enemmän kuin alaosan oksat, todennäköisyys saadaan tällainen tulos sattumalta  $H_0$  ollessa tosi on binomijakauman mukaan 0,00024. — Tätä todennäköisyyttä merkitään jäljempänä symbolilla p. Jos taas tutkimuksessa havaitaan vain kahdeksassa puussa latvaosan oksat painavammiksi, vastaavalla tavalla lasketaan todennäköisyys saada näytteeseen 8, 9, 10, 11 tai 12 mainitunlaista puuta  $H_0$  ollessa voimassa.

Edellä esitetty yleistämisen luotettavuutta arvioiva menetelmä ei ota huomioon kussakin puussa vallitsevan ominaisuuden voimakkuutta. Sellaiset puut, joiden latvaosan oksat ovat selvästi painavampia kuin alaosan, vaikuttavat arviointiin yhtä paljon kuin sellaisetkin puut, joissa ero on vähäinen. Tämä on kuitenkin tarkoituksellista ja ongelmanasettelusta johtuvaa, sillä tavoitteena on selvittää puuyksiköissä mahdollisesti vallitsevia säännönmukaisuuksia.

Syynä edellä esitetyn todennäköisyyskriteerin laskemiseen on pyrkimys käyttää selaista tunnusta, joka kuvaisi, missä määrin havainnot tukevat erilaisia hypoteesejä todellisesta asiantilasta. Selvää on, että kaikkien havaintojen vahvistama hypoteesi saa maksimaalisen tuen, ja että tuki on sitä pienempi, mitä pienempi havaintoaineisto on ja mitä enemmän siinä on hypoteesin vastaisia poikkeuksia. Ilman laskennallisia tunnuksia ei ole helppoa ratkaista, mikä paino erilaisille tapauksille tulisi antaa.

Binomijakauman yhteydessä käytetty nollahypoteesin sisältämä riippumattoman tapauksen todennäköisyys  $p = 0,5$  on valinnainen. Periaatteessa menettely ei ole sen mielivaltaisempaa kuin testauksissa yleensä, jolloin nollahypoteesinä on usein esim. keskiarvojen yhtäsuuruus jne.

<sup>1)</sup> Syynä siihen, ettei pyritty otantaan jostakin laajasta tunnetusta perusjoukosta, on eksteniivisyyden ja intensiivisyyden vaatimusten ristiriitaisuus. Mitä tarkemmin oksaisuus mitataan, sitä vähäisempään puumäärään on tyydyttävä, eikä tällöin ole käytännöllisiä edellytyksiä hajoittaa tutkimusta laajalle alalle. Tilanne on selvimmin samanlainen puuanatomiassa: kokonaisuuden kartoitukseen ei ole mahdollisuuksia, vaan on tyydyttävä hankkimaan yksittäisiä lisäyksiä tietämykseen, tässä tapauksessa erään metsikön sisäisestä vaihtelusta.

#### 4. TUTKIMUSTULOKSET

##### 41. OKSAN PITUUDEN JA PAKSUUDEN SUHTEET

Oksan pituuden ja sen tyvestä mitatun läpimitan korreloitumista tutkittiin eri puuyksilöissä ja eri korkeuksilla. Läpimitana käytettiin pystysuoraan ja vaakasuoraan mitattujen läpimittojen keskiarvoa, so. ristimittaa. Latvus jaettiin kolmeen osaan:

- alle 14 m,
- 14–17 m ja
- yli 17 m.

Koska puut olivat eri pituisia, joissakin puissa korkeimmalla sijaitsevalla ryhmällä ei ollut oksahavaintoja.

Graafisen tarkastelun perusteella päädyttiin kaikissa puissa ja kaikilla korkeuksilla regressiomalliin

$$y = a + bx, \text{ jossa}$$
$$y = \text{oksan läpimitta millimetreinä,}$$
$$x = \text{oksan pituus desimetreinä, ja}$$

a ja b ovat oksahavainnoista lasketut kertoimet. Saadut tulokset on esitetty taulukossa 2.

Voidaan havaita, että oksan läpimitan regressiokerroin sen pituuden suhteen on suurempi puun keskiosassa kuin puun alaosassa ( $p = 0,003$ )<sup>1)</sup>. Samoin puun yläosassa regressiokertoimet ovat suurempia kuin puun alaosassa ( $p = 0,002$ ). Puun yläosa ja puun keskiosa eivät sen sijaan poikkea tässä tutkimusaineistossa merkitsevästi toisistaan. Kuudessa puussa regressiokerroin on suurempi yläosassa kuin keskiosassa ja kolmessa puussa päin vastoin. Näin ollen p on varsin suuri, 0,25.

Se, että puun alaosassa regressiokertoimet ovat yleensä pienempiä kuin puun muissa osissa, johtunee ainakin osittain siitä, että myös muita kuin eläviä oksia on mukana aineistossa. Tähän viittaa mm. se, että vakio a on varsin suuri puun alaosan oksissa. Toisin sanoen aineistossa on mukana katkenneita, kuolleita oksia, joiden läpimitta on suhteellisen suuri pituuteen verrattuna. Ainakin osittain vaikuttanee havaittuun ilmiöön myös toinen tekijä. Ilmeistä nimittäin on, että oksan paksuuskasvu vähenee ja myös lakkaa aikaisemmin kuin sen pituuskasvu (Männyn osalta esim. LARSON 1969). Näin ollen puun alaosassa on muita puun osia runsaammin sellaisia oksia, joiden pituus on suhteellisen suuri verrattuna tyvestä mitattuun läpimitaan.

<sup>1)</sup> Esitetyt todennäköisyydet on laskettu binomijakauman perusteella. Nollahypoteesin mukaan puun alaosassa regressiokerroin voi olla suurempi tai pienempi kuin puun keskiosassa siten, että näytteen edustamassa populaatiossa kumpiakin tapauksia on yhtä paljon.  $H_1$ :n mukaan keskiosan kerroin suurempi kuin alaosan.



Taulukko 2. Regressiomallin  $y = a + bx$  kertoimet eri korkeuksilla puuta.  $y$  = oksan tyvi-  
läpimitta mm ja  $x$  oksan pituus dm.

Table 2. The regression coefficients in the model  $y = a + bx$  where  $y$  = the diameter of branch,  
mm,  $x$  = the length of branch dm

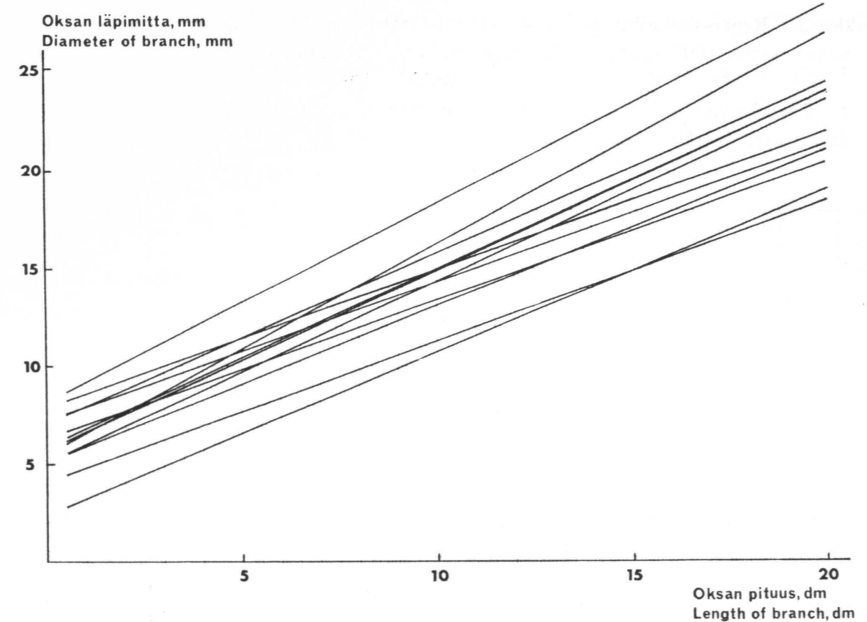
Puu N:o Tree N:o	Puun alaosa Height under 14 m		Puun keskiosa Height 14—17 m		Puun yläosa Height over 17 m		Koko puu Whole tree	
	a	b	a	b	a	b	a	b
1	14,50	0,43	3,99	1,08	4,50	0,97	7,10	0,87
2	6,18	1,03	4,14	1,13	4,78	1,28	5,43	1,08
3	13,42	0,76	8,70	0,86	5,23	0,82	8,17	1,02
4	11,54	0,45	8,49	0,69	6,35	0,85	7,89	0,71
5	8,07	0,75	8,93	0,67	2,46	1,39	5,92	0,91
6	4,89	0,93	3,15	1,43	..	..	5,04	0,93
7	6,91	0,84	2,88	1,35	5,46	0,92	5,67	0,92
8	4,70	0,69	2,37	0,92	..	..	4,10	0,72
9	1,91	0,85	1,64	1,16	..	..	2,41	0,83
10	10,89	0,46	5,99	0,86	4,39	0,99	7,25	0,71
11	7,29	0,64	5,35	0,81	4,13	1,28	6,33	0,71
12	9,82	0,41	1,83	1,10	2,09	1,22	5,13	0,80
Kaikki puut All trees	7,65	0,71	4,25	1,02	4,29	1,08	6,06	0,83

Puuyksilöiden välillä regressiokertoimissa on huomattavia eroja etenkin puun alaosassa. Yleensä kuusella onkin havaittu, että erilaiset olosuhteet vaikuttavat nimenomaan puun alaosassa olevien oksien paksuuteen (esim. KRAMER ym. 1971). Puun keski- ja latvaosassa puuyksilöiden erot ovat pienempiä. Edellä mainittu KRAMER ym. olettavatkin, että puun latvaosassa oksien ominaisuudet ovat jo suuressa määrin provenienssin tunnuksia.

Kun oksien paksuuden regressio pituuden suhteen lasketaan koko puun oksista, havaitaan, että eri puuyksilöiden erot ovat regressiokertoimen osalta subjektiivisesti arvioiden pienet. Sen sijaan vakiokertoimet vaihtelevat jostakin syystä huomattavasti puusta toiseen. Lasketut kuvaajat on esitetty myös kuvassa 1.<sup>1)</sup>

Taulukossa 3 on esitetty puittain ja korkeuksittain ennustetun ja havaitun oksan läpimitan korrelaatio ( $r$ ), F-arvo ( $F$ ) sekä vapausasteiden määrä  $DF$ .

<sup>1)</sup> Houkuttelevalta tuntuva ajatus laskea kaikkia puita kuvaavan yhteisen yhtälön merkitsevyys neliösummien perusteella on tulkinnallisesti epätydyttävä. Mainittakoon kuitenkin, että muodollisia kriteerejä käytettäessä yhteisen regressiokertoimen 0,83 käyttö on perusteltua. Saatutulos, oksan pituuden kasvaminen 80-kertaiseksi paksuuskasvuun verrattuna, on varsin lähellä aikaisemmin mainittua MERKELIN (1967, s. 119) tulosta.



Kuva 1. Oksan tyvestä mitatun läpimitan regressio sen pituuden suhteen.  
Fig. 1. The regression of the diameter of branch to its length

Voidaan havaita, että ennustettu ja havaittu oksan läpimitta korreloituvat yleensä varsin voimakkaasti. Joskin mielekäs tulkinta on kyseenalainen, mainittakoon, että kaikki F-arvot ovat erittäin merkitseviä ( $p = 0,01$ ) luukuunottamatta puiden 7 ja 11 yläosaa. Niissä merkitsevyys on ainoastaan 5 % luokkaa. Kuten regressiokerrointenkin osalta, myös selitysasteet vaihtelevat voimakkaasti nimenomaan puun alaosassa, mutta vähemmän puun keski- ja yläosassa. Käytettäessä koko puusta laskettuja regressioyhtälöitä puuyksilöiden välinen vaihtelu pienenee. Kaikissa puissa on tällöin ennustetun ja havaitun oksan tyvestä mitatun läpimitan korrelaatio vahva, pienimmillään .73 puussa 1 ja suurimmillaan .90 puussa 2. Myös kaikkien puiden oksatie-doista laskettu regressioyhtälö antaa tyydyttävän ennusteen, eikä mitään erityistä syytä ole tarkastella puita erillään.

Parhaiten oksien läpimitan ennustamiseen pituuden avulla näyttää soveltuvan puun keskiosan oksat. Kuten alussa todettiin, tutkimuksen kohteena olevissa puissa keskiosaksi määriteltiin 14..17 m korkeudella oleva osa. Mahdollisesti tulos on yleistettävissä siten, että kasvuisimman latvuksen alapuolella olevista oksista on parhaiten pääteltävissä pituuden perusteella niiden tyvestä mitattu läpimitta.



Taulukko 3. Regressiomallin  $y = a + bx$  ennustetun ja havaitun korrelaatiot ( $r$ ), F-arvot (F) ja vapausasteet (DF) eri korkeuksilla puuta.  $y$  = oksan tyviläpimitta mm ja  $x$  oksan pituus dm.

Table 3. The correlation ( $r$ ) between observed and predicted, F-values (F) and degrees of freedom (DF) in various heights of tree in the model  $y = a + bx$ .  $y$  = the diameter of branch,  $x$  = the length of branch

Puu N:o Tree N:o	Puun alaosa Height under 14 m			Puun keskiosa Height 14–17 m			Puun yläosa Height over 17 m			Koko puu Whole tree		
	r	F	DF	r	F	DF	r	F	DF	r	F	DF
1	0,59	20	39	0,84	83	35	0,76	68	48	0,73	147	126
2	0,84	178	72	0,92	284	54	0,94	438	59	0,90	798	189
3	0,66	64	84	0,84	97	40	0,68	27	30	0,76	209	158
4	0,50	20	60	0,82	97	49	0,75	140	106	0,74	262	219
5	0,76	97	69	0,65	26	36	0,92	602	104	0,83	473	213
6	0,87	383	118	0,76	28	20	..	..	..	0,89	535	140
7	0,82	218	102	0,91	281	59	0,45	5	19	0,88	644	184
8	0,86	492	165	0,76	70	52	..	..	..	0,88	785	219
9	0,82	236	114	0,76	29	21	..	..	..	0,83	303	137
10	0,72	77	70	0,89	172	44	0,89	385	104	0,82	453	222
11	0,78	74	48	0,72	54	51	0,60	6	11	0,80	197	114
12	0,67	43	52	0,89	163	43	0,87	232	74	0,82	362	173
Kaikki puut All trees	0,69	923	1015	0,87	1610	526	0,84	1401	571	0,78	3327	2116

#### 42. OKSAN PAKSUUDEN RIIPPUVUUS SIJAINNISTA

Jäljempänä oksan paksuutta kuvataan sen tyvestä pystysuoraan ja vaakasuoraan mitattujen läpimittojen keskiarvolla. Havaittu epäpyöreys ei nimittäin aineistossa riippunut oksan koosta ja sijainnista. Kaikissa puissa havaittiin, että pystysuoraan mitattu läpimitta oli keskimäärin suurempi kuin vaakasuoraan mitattu. Epäpyöreiden suuruus vaihteli kuitenkin puusta toiseen. Puussa 5 pystysuoraan mitattu läpimitta oli keskimäärin 0,4 % suurempi kuin vaakasuoraan mitattu. Puussa 9 ero oli 5,2 %. Kaikissa puissa keskimäärin ero oli 2,3 %. Tämä on jonkin verran pienempi luku kuin MERKELIN (1967, s. 117) esittämä 5,7 %.

Taulukossa 4 on esitetty oksan tyvestä mitattujen läpimittojen keskiarvot eri ilmansuunnissa ja korkeuksilla. Kukin korkeusluokka edustaa 2 m pölkkyä. Jossakin määrin on havaittavissa, että oksat ovat vahvempia puun eteläpuolella kuin puun pohjoispuolella. Kuitenkin neljässä puussa puukohtainen keskiarvo on suurempi pohjoispuolella kuin eteläpuolella. Jos ole-

Taulukko 4. Oksan tyvestä mitattujen läpimittojen keskiarvot eri ilmansuunnissa ja korkeuksilla. Oksien määrät, ks. taul. 7.

Table 4. The average diameters of branches in two sides of tree and at various heights. As to the number of branches, see table 7.

Puu N:o Tree N:o	Ok- sat <sup>1)</sup> Bran- ches <sup>1)</sup>	Etäisyys kaatoleikkauksesta m Distance from the cutting point										Koko puu Whole tree
		3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	
Oksan keskimääräinen paksuus, mm Average diameter of branches mm												
1	P	..	..	14,0	18,3	17,4	20,4	16,1	13,0	9,1	..	14,7
	E	..	..	18,0	19,6	19,9	21,3	19,8	13,8	9,8	..	15,8
2	P	..	..	21,3	20,8	18,4	19,6	14,1	14,7	10,8	..	15,6
	E	..	..	14,1	25,7	18,1	20,3	16,1	17,3	11,4	..	16,6
3	P	9,0	10,0	19,4	24,0	27,0	21,4	17,9	13,1	8,1	..	18,3
	E	..	..	19,2	21,4	25,8	21,2	18,4	14,6	9,3	..	19,1
4	P	..	..	20,0	18,3	15,1	17,0	18,5	14,7	10,9	10,4	14,6
	E	..	..	16,0	20,3	15,3	13,6	16,4	14,4	12,4	10,2	13,8
5	P	..	..	14,5	15,9	17,8	19,3	19,3	15,1	13,9	9,7	14,9
	E	..	15,0	15,4	18,5	17,4	17,4	17,5	16,2	14,4	10,1	14,8
6	P	..	..	18,4	15,7	15,8	10,8	7,7	..	..	..	13,3
	E	..	12,0	22,3	18,3	17,4	13,3	9,7	..	..	..	15,5
7	P	13,7	20,3	18,8	13,8	14,8	18,4	12,9	8,4	..	..	13,6
	E	14,6	19,1	28,1	18,6	17,4	17,6	14,5	9,0	..	..	15,6
8	P	..	14,2	15,3	11,2	11,8	8,9	6,8	..	..	..	10,3
	E	8,5	15,5	14,7	16,4	16,1	10,5	7,1	..	..	..	12,1
9	P	..	16,3	18,9	18,1	13,1	8,1	7,0	..	..	..	12,6
	E	..	9,7	19,1	18,6	12,2	8,7	8,2	..	..	..	11,3
10	P	..	..	10,0	16,2	17,4	16,1	14,1	15,2	12,3	8,2	13,5
	E	..	9,3	12,8	18,4	20,1	16,5	20,1	16,4	13,4	9,8	15,4
11	P	..	17,0	17,2	18,2	15,0	13,4	11,9	12,8	..	..	13,8
	E	..	..	..	19,5	13,6	14,4	11,7	11,0	..	..	12,9
12	P	..	10,0	..	13,0	16,0	14,1	18,1	11,6	7,6	..	11,6
	E	11,8	12,0	11,3	12,8	13,6	16,0	16,5	11,8	6,8	..	11,9
Kaikki puut All trees	P	12,5	15,5	17,9	17,1	16,2	14,6	13,3	13,1	10,7	9,4	13,9
	E	12,7	14,9	17,5	18,8	17,5	14,5	13,9	13,4	11,4	10,0	14,6

<sup>1)</sup> P = pohjoispuolen oksa, E = eteläpuolen oksa

P = in the northern side of tree, E = in the southern side of tree

tetaan, että näytteen edustamassa populaatiossa satunnaiset tekijät määräävät, ovatko etelä- vai pohjoispuolen oksat vahvempia ( $=H_0$ ), saadaan binomijakauman perusteella erehtymistodennäköisyydeksi 0,194. ( $H_1$ : Eteläpuolen oksat ovat paksumpia kuin pohjoispuolen). — Selvää puun pituuden suuntais-

ta trendiä ei ole, joskin suurimmat absoluuttiset erot on havaittavissa puun alaosissa.

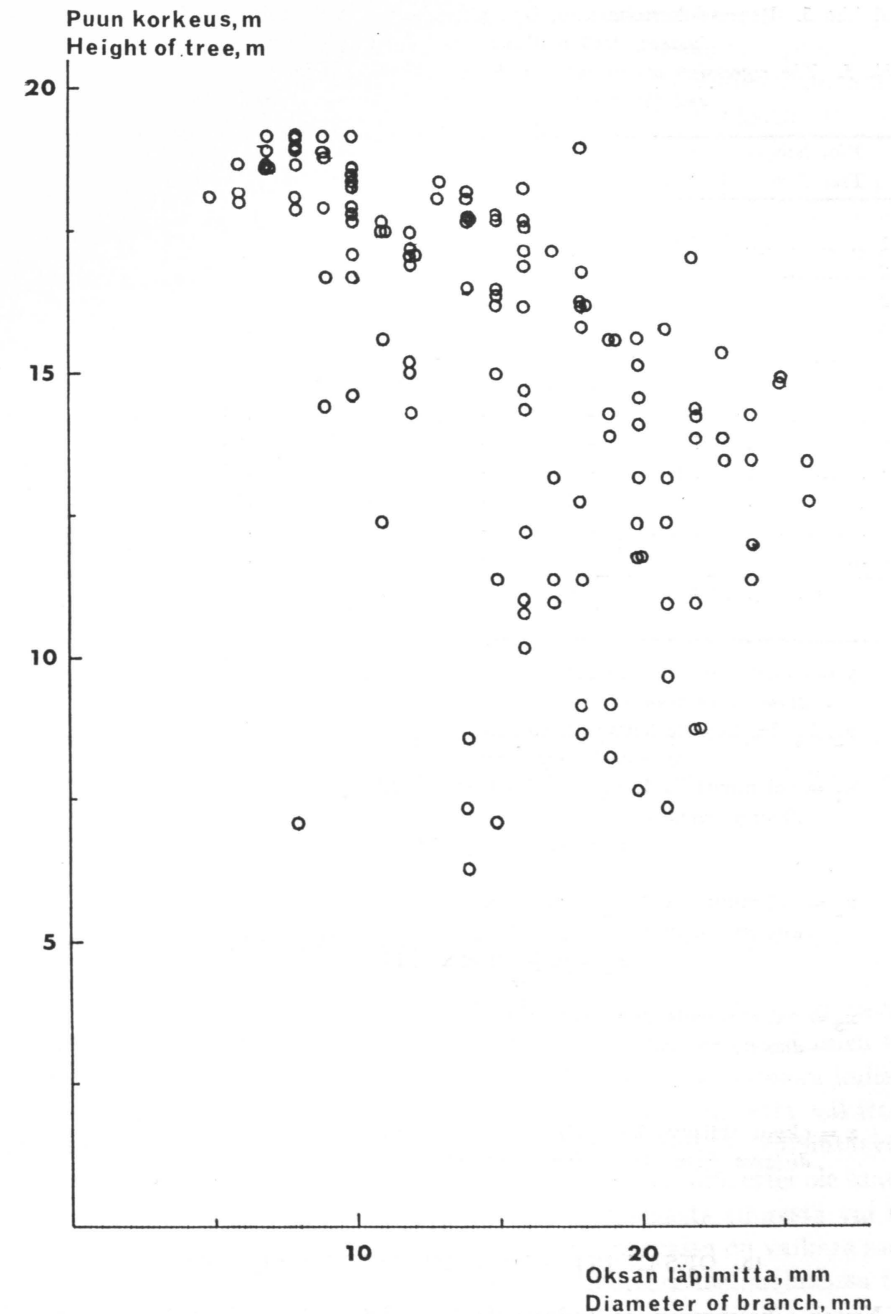
Taulukon 4 perusteella voi tarkastella myös rungon pituuden suuntaista oksien keskimääräisen vahvuuden vaihtelua. Noin puolella puista vaihtelu noudattaa usein esitettyä säännönmukaisuutta, jonka mukaan oksien läpimitta kasvaa tyvestä latvaan päin pieneten vasta latvuksen yläosassa. Toisessa puolella aineistoa vaihtelu on kuitenkin epämääräisempää. Eräissä tapauksissa oksien keskimääräinen paksuus alenee lähes koko ajan tyvestä latvaan päin. Ilmeisesti pohjoisissa olosuhteissa oksat ovat paksuimmillaan varsin alhaalla (Ks. myös AGER ym. 1964, s. 70, WESTERN 1971, s. 87).

Oksien paksuuden vaihtelua puun pituussuunnassa on tarkasteltu myös alkuperäisistä läpimittahavainnoista lähtien laskematta ryhmittäisiä keskiarvoja. Tulokset on esitetty taulukossa 5. Regressiomalli valittiin valemuuttujia käyttäen sellaiseksi, että on mahdollista erottaa latvuksessa vallitseva läpimitan muuttumissuunta rungon alaosassa vallitsevasta suunnasta. Mallissa on oletettu, että oksan läpimitan riippuvuus sen puun pituuden suuntaisesta sijainnista on lineaarinen sekä puun yläosassa että alaosassa.

Taulukossa 5 esitetyt muodolliset F-kriteerit ovat kaikissa puissa erittäin merkitseviä. Yhteiskorrelaatiokerroina mitaten riippuvuus ei ole kuitenkaan kovin selvä. Suurin yhteiskorrelaatiokerroin on vain .66 puussa 3 ja pienin .34 puussa 12. Keskimääräinen yhtälö ei kovin hyvin selitä oksan läpimitan vaihtelua. Tätä osoittaa myös alhainen yhteiskorrelaatiokerroin .35. Systemaattista virhettä malliin sisältyy siten, että latvuksen yläosassa yhtälöt antavat liian suuria arvoja. Muuten kahden suoran malli on jokseenkin tyydyttävä residuaalitarkastelun perusteella. Tästä esimerkkinä on puu 1 kuvassa 2.<sup>1)</sup>

Se, ettei läpimitan vaihtelu ole tutkimusmetsikössä kovin selvästi yleisen käsityksen mukainen, viittaa siihen, että pienehköillä puukohtaisilla aikaisemman käsittelyn eroilla on huomattava merkitys. Tärkein ympäristötekijä tässä yhteydessä lienee käytettävissä oleva kasvutila puun aikaisemman kehityksen aikana. Luultavaa on, että jatkuva metsän harventaminen vaikuttaa siihen, että oksien läpimitta lisääntyy tyvestä latvuksen yläosaan päin. Mahdollisesti tällainen ilmiö on selvemmin havaittavissa varsinaisissa talousmetsissä. Tutkimusaineiston voidaan taas katsoa edustavan sellaista valtion metsää, joka on saanut kasvaa lähes luonnontilaisena tai ainakin vain vähän harvennettuna.

<sup>1)</sup> On kuitenkin syytä pyrkiä kehittämään toisenlaisia kuvailumalleja, joissa oksien paksuutta ennustettaessa käytetään hyväksi muitakin muuttujia kuin rungon pituuden suuntaista oksan sijaintia puussa. Vaikka nimittäin sopivin transformaatioin päästäänkin puun latvaosassa vallitsevasta systemaattisesta virheestä, selitysvoimakkuus jää vielä kohtuuttoman alhaiseksi.



Kuva 2. Oksien läpimitta puun 1 eri korkeuksilla  
Fig. 2. Diameters of branches at various heights of tree 1

Taulukko 5. Regressiokertoimet ( $a, b_i$ ), yhteiskorrelaatiokerroin ( $R$ ),  $F$ -arvo ( $F$ ) ja vapausasteet ( $DF$ ) mallissa  $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$ .

Table 5. The regression coefficients ( $a, b_i$ ), multiple correlation coefficient ( $R$ ),  $F$ -value ( $F$ ) and the degrees of freedom ( $DF$ ) in the model above.

Puu N:o Tree N:o	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$	R	F	DF
1 .....	10,07	0,81	-0,62	4,05	.52	15,6	124
2 .....	16,62	0,29	-0,31	-0,56	.36	9,3	187
3 .....	3,68	2,00	-0,54	-5,64	.66	39,4	156
4 .....	28,69	-1,14	-0,24	3,91	.38	12,1	217
5 .....	11,35	0,56	-0,61	6,42	.51	25,2	211
6 .....	22,06	-0,47	-0,23	-2,59	.59	24,2	138
7 .....	19,33	-0,17	-0,52	2,71	.53	23,2	182
8 .....	14,66	-0,05	-0,29	-2,33	.58	36,7	217
9 .....	23,06	-0,77	-0,07	-4,06	.57	21,7	135
10 .....	26,73	1,43	-0,33	-1,62	.40	13,8	220
11 .....	23,62	-0,73	-0,21	1,13	.52	13,8	112
12 .....	9,45	0,42	-0,30	1,36	.34	7,4	171
Kaikki puut .... All trees	15,09	0,21	-0,19	-2,04	.35	95,6	2114

$y$  = oksan tyviläpimitta mm  
diameter of branch

$a_1, b_1, b_2, b_3$  = laskettuja kertoimia  
calculated coefficients

$x_1$  = valemuuttuja 1:  $x_1 = x$ , jos  $0 < x \leq 13$   
dummy variable if

$x_1 = 13$ , jos  $x > 13$   
if

$x_2$  = valemuuttuja 2:  $x_2 = x$ , jos  $x > 13$   
dummy variable if

$x_2 = 0$ , jos  $0 < x \leq 13$   
if

$x_3$  = valemuuttuja 3:  $x_3 = 0$ , jos  $0 < x < 13$   
dummy variable if

$x_3 = 1$ , jos  $x \leq 13$   
if

$x$  = oksan etäisyys kaatoleikkauksesta m  
distance from the cutting point, m

#### 43. OKSAN PITUUDEN RIIPPUVUUS SIJAINNISTA

Kuten aikaisemmin on todettu (s. 98), oksan pituus ja paksuus korreloivat varsin voimakkaasti. Näin ollen vaikuttaa ilmeiseltä, että eteläpuolen oksat ovat pitempiä kuin pohjoispuolen oksat. Voi myös olettaa, että puun pituussuunnassa oksien pituus vaihtelee samalla tavalla kuin niiden läpimitta.

Seuraavassa jaotelmassa on esitetty eri puiden oksien keskipituus<sup>1)</sup> pohjoispuolella ja eteläpuolella. Voidaan havaita, että seitsemässä puussa eteläpuolen oksat ovat pitempiä kuin pohjoispuolen oksat. Viidessä puussa tilanne on päinvastoin. Keskimäärin pohjois- ja eteläpuolen oksien erot ovat suuremmat läpimittojen osalta kuin oksien keskipituuksien osalta. Vaikuttaakin mahdolliselta, että ilmansuunta vaikuttaa suhteellisesti enemmän oksan tyvien vahvuuteen kuin oksien pituuteen. Tähän viittaa myös se, että binomijakauman perusteella laskettu todennäköisyys  $p$  on vain 0,39 oksien pituuden osalta.

Puu	Oksien keskipituus dm		Puu	Oksien keskipituus dm	
	Pohjoispuoli	Eteläpuoli		Pohjoispuoli	Eteläpuoli
1 .....	9,1	9,8	7 .....	9,4	10,2
2 .....	10,0	9,7	8 .....	9,3	10,5
3 .....	10,8	9,9	9 .....	12,2	10,9
4 .....	9,7	8,1	10 .....	8,3	11,9
5 .....	9,5	10,1	11 .....	9,8	9,8
6 .....	9,2	11,1	12 .....	9,1	7,7
			Kaikki puut ...	9,6	10,0

<sup>1)</sup> Keskipituus ei ole mikään erityisen hyvä indikaattori. Sitä kuitenkin käytettiin, koska pieniä oksia ei ollut kohtuuttomasti enemmän kuin suuria oksia.

Puun pituuden suuntainen oksien pituuden vaihtelu noudatti samaa säännömukaisuutta kuin vastaava oksien paksuus. Hajonta oli kuitenkin suurempi.

#### 44. OKSIEN POIKKIPINTA-ALAN RIIPPUVUUS SIJAINNISTA

Oksien tyvestä mitatun vahvuuden lisäksi karsintavaikeutta osoittavana indikaattorina voidaan käyttää myös oksien poikkipinta-alaa. Tällainen tunnus osoittaa, kuinka suuri määrä oksapuuta joudutaan leikkaamaan kullakin rungon osalla puun oksien poistamiseksi. Voidaan olettaa, että leikattava poikkipinta-ala kuvaa ainakin jossakin määrin tehtävää karsintatyötä. Käsityövälinein suoritettussa karsinnassa lienee kuitenkin niin, ettei ole samantekevää, muodostuuko jokin leikkauspinta-ala muutamasta suuresta vai monesta pienestä oksasta, koska ainakin oksien ollessa harvassa on vaikeaa saada karsituksi useampaa kuin yksi oksa kerrallaan. Moottorisahakarsinnassa taas pitkät, paksut oksat käyttäytyvät eri tavalla kuin pienet oksat. Suuret oksat mm. »ahdistavat» sahaa ja leikattuja oksia joudutaan raivaamaan pois käsin. Lieneekin ilmeistä, että leikattavan pinta-alan lisäksi täytyy tuntea myös oksien määrä ja niiden pituus karsintavaikeuden arvioimiseksi.



Oksien poikkipinta-ala laskettiin siten, että pystysuoraan ja vaakasuoraan mitattujen läpimittojen keskiarvon perusteella laskettiin vastaavan ympyrän pinta-ala. Tuoreiden oksien pinta-alaan sisältyy myös kuoren osuus. Tästä ei ole kuitenkaan haittaa tulosten käyttökelpoisuuden kannalta, sillä oksan kuorellinen ja kuoreton läpimittaa riippuvat lineaarisesti toisistaan (MERKEL 1967, s. 118).

Taulukossa 6 on esitetty tutkimusaineistosta lasketut oksien poikkipinta-alojen summat eri korkeuksilla puuta. Kukin korkeusluokka edustaa kahden metrin pituista pölkkyä. Osassa pölkkyjä karsittavia oksia ei ole ollenkaan.

Taulukko 6. Kuivien ja elävien oksien tyvestä mitattujen poikkipinta-alojen summat eri korkeuksilla. Oksien määrät, ks. taulukko 7.

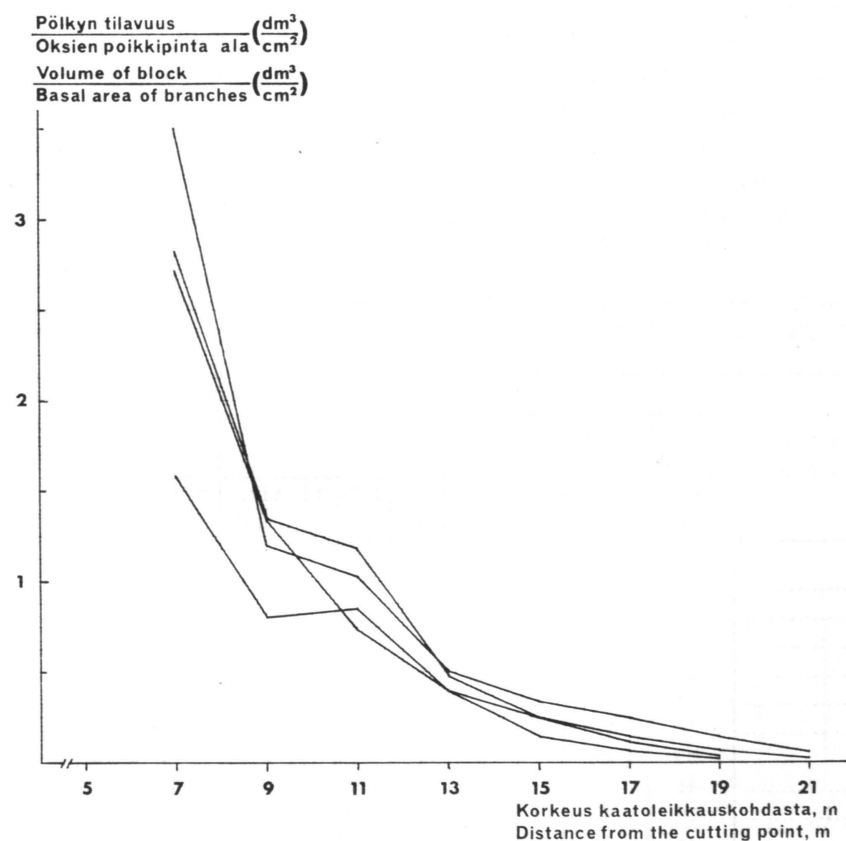
Table 6. The basal areas of dead and living branches at various heights. As to the number of branches, see table 7.

Puu N:o Tree N:o	Ok- sat <sup>1)</sup> Branch- hes	Etäisyys kaatoleikkauskohdasta m Distance from the cutting point m										Koko puu Whole tree
		3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	
		Oksien poikkipinta-alojen summa cm <sup>2</sup> Basal area of branches cm <sup>2</sup>										
1	E	..	..	..	..	20	44	58	53	20	..	195
	K	..	..	12	22	15	3	4	..	..	..	56
2	E	..	..	25	63	47	73	62	77	41	..	388
	K	..	..	18	7	5	3	13	3	..	..	49
3	E	..	..	..	..	8	40	54	61	7	..	170
	K	1	1	46	81	114	57	14	1	..	..	315
4	E	..	..	17	23	24	54	58	77	79	10	342
	K	..	..	..	6	5	8	5	8	1	..	33
5	E	..	..	..	..	10	47	57	63	66	41	284
	K	..	5	17	38	38	23	3	..	..	..	124
6	E	..	..	23	53	70	44	14	..	..	..	204
	K	..	2	25	24	2	4	..	..	..	..	57
7	E	..	..	57	23	50	61	43	28	..	..	262
	K	16	38	10	15	7	7	7	5	..	..	105
8	E	..	4	26	39	59	41	22	..	..	..	191
	K	1	19	30	8	7	5	..	..	..	..	70
9	E	..	9	35	46	33	30	12	..	..	..	165
	K	..	8	17	3	3	3	..	..	..	..	34
10	E	..	..	..	5	31	22	52	58	78	19	265
	K	..	2	12	29	36	27	11	17	10	..	144
11	E	..	4	10	25	16	36	34	38	..	..	163
	K	..	..	..	..	2	..	2	..	..	..	4
12	E	..	..	..	..	6	39	62	45	25	..	177
	K	6	4	3	9	12	7	..	1	..	..	42

<sup>1)</sup> E = Elävä oksa, K = kuollut oksa.  
E = living branch, K = dead branch

Suurimmillaan elävien ja kuolleiden oksien yhteinen poikkipinta-ala pölkkyä kohti oli aineistossa 88 cm<sup>2</sup> (puu 10). Yleensä eniten karsittavaa oli vihreän latvuksen keski- ja yläosissa, joskin eräissä puissa suurin karsittava oksamäärä oli vihreän latvuksen alaosassa. Luonnollisesti kuivien oksien pinta-ala oli suurimmillaan puun alaosassa, joskin poikkeustapauksessa kuivia oksia saattoi olla jopa vihreän latvuksen puoliväliin saakka. Tutkimusaineiston mukaan ei ole syytä olettaa, että kuusella kuolleet oksat loppuisivat jossakin latvuksen kohdassa, josta alkaisi vihreä latvuksen osa. Pikemminkin vaikuttaa ilmeiseltä, että siirtyminen kuolleiden oksien vallitsemasta latvuksen osasta vihreään latvukseen on vähittäinen.

Oksien poikkipinta-alalla mitatut puuyksilöiden väliset oksaisuuden erot ovat huomattavat. Myös kuolleitten oksien osuus vaihtelee huomattavasti



Kuva 3. Neljä esimerkkiä pölkyn kuutiomäärän ja oksien poikkipinta-alan suhteesta eri korkeuksilla puuta. Puut 1, 2, 4 ja 5.

Fig. 3. Four examples of the ratio between the volume of block and the basal area of branches at various heights of trees 1, 2, 4 and 5.

puusta toiseen. Pienin kuolleiden oksien määrä oli puussa 11, ainoastaan 2,4%, ja suurimmillaan puussa 3, peräti 64,9%. Ilmeistä on, ettei pelkkä puiden kehitysvaiheiden ero voi selittää näin huomattavaa eroa.

Tarkastelemalla pelkästään eri pölkkyjen oksien poikkipinta-alaa voi tehdä vääriä päätelmiä eri pölkkyjen karsimisen kannattavuudesta. Vaikka absoluuttisesti suurin leikattava oksamäärä onkin yleensä vihreän latvuksen keskiosissa, se ei vielä merkitse sitä, että karsiminen olisi kannattavampaa latvuksen yläosassa kuin sen keskiosassa. Olettamalla, että kunkin pölkyn arvoa voidaan kuvata karkeasti sen kuutiomäärällä, voidaan laskea pölkyn arvon ja sen valmistamiseksi tarvittavan leikattavan oksapinta-alan suhde. Suhteellisen kannattavuuden indikaattorina voi tällöin käyttää pölkyn kuutiomäärän ja oksien poikkipinta-alan suhdetta. Joitakin tuloksia on esitetty kuvassa 3. Täysin oksattomat pölkkyt on jätetty pois, sillä niissä ei ole lainkaan karsintatyötä.

Lasketun tunnuksen mukaan kaikissa puissa karsiminen käy sitä kannattamattomammaksi, mitä pidemmälle latvusta karsitaan. Käytännössä tallainen jatkuvasti pienenevä suhde merkitsee sitä, että kussakin puussa on jokin minimiläpimitta, jota pienempää rungon osaa ei enää kannata karsia. Kun tiedossa ei ole, missä määrin karsimiskustannuksia voidaan kuvata oksien poikkipinta-alalla, ei ole mahdollista tehdä päätelmiä karsinnan kannalta

Taulukko 7. Pohjois- ja eteläpuolella olevien kuivien ja elävien oksien määrä eri puissa. Table 7. The number of dead and living branches in the northern and southern side of the trees.

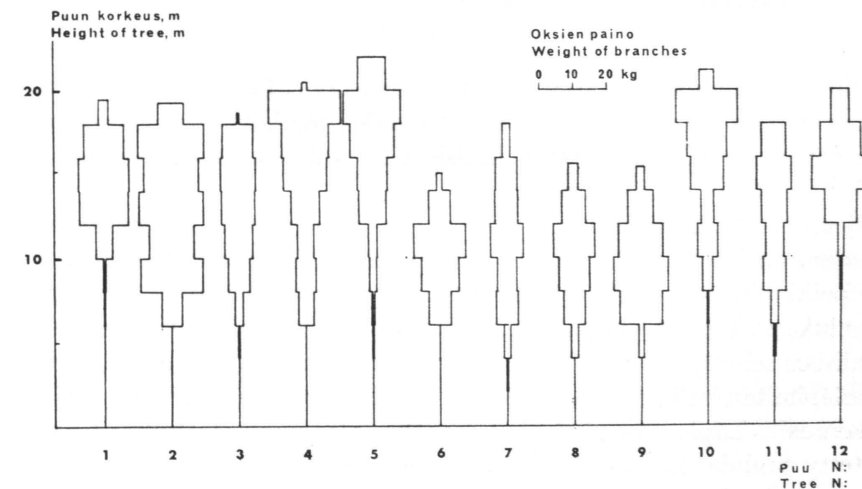
Puu N:o Tree N:o	Oksia kpl Number of branches								
	Pohjoispuoli Northern side			Eteläpuoli Southern side			Koko puu Whole tree		
	Kuivat Dead	Elävät Living	Yht. Total	Kuivat Dead	Elävät Living	Yht. Total	Kuivat Dead	Elävät Living	Yht. Total
1 .....	13	48	61	12	55	67	25	103	128
2 .....	24	76	100	25	66	91	49	142	191
3 .....	46	33	79	44	37	81	90	70	160
4 .....	21	103	124	15	82	97	36	185	221
5 .....	28	79	107	36	72	108	64	151	215
6 .....	20	44	64	20	58	78	40	102	142
7 .....	35	46	81	39	66	105	74	112	186
8 .....	41	60	101	38	82	120	79	142	221
9 .....	19	47	66	23	50	73	42	97	139
10 .....	44	56	100	47	77	124	91	133	224
11 .....	3	50	53	3	60	63	6	110	116
12 .....	8	72	80	30	65	95	38	137	175
Kaikki puut All trees	302	714	1016	332	770	1102	634	1484	2118

sopivasta minimiläpimitasta. Huomiota kuitenkin kiinnittää se, että useissa puissa lyhyellä matkalla pölkyn kuutiomäärän ja oksien pinta-alan suhde voi laskea jopa kymmenenteen osaan.

#### 45. OKSIEN MÄÄRÄN RIIPPUVUUS SIJAINNISTA

Taulukossa 7 on esitetty kuivien ja elävien oksien määrä puun pohjois- ja eteläpuolella eri puissa. Kahta puuta lukuunottamatta eteläpuolella on ollut enemmän oksia kuin pohjoispuolella. Mikäli oletetaan, että näytteen edustassa populaatiossa satunnaiset tekijät määräävät, kummalla puolella oksia on enemmän, havaitun ilmiön tai sitä ekstreemimmän tapauksen todennäköisyys on varsin pieni binomijakauman perusteella laskettuna ( $p = 0,02$ ). Eri korkeuksilla puuta ilmiö on samanlainen, joskin vaihtelu on huomattava.

Kuivien oksien osuus kaikista oksista 29,9% on samaa suuruusluokkaa kuin kuivien oksien poikkipinta-ala kaikkien oksien pinta-alasta (s. 104). Pienin kuivien oksien osuus, 5,2%, on puussa 11, ja suurin, 56,2%, puussa 3. Kolmea puuta lukuunottamatta kuivien oksien läpimitta oli pienempi kuin elävien oksien. Vastaavasti kolmea puuta lukuunottamatta kuivien oksien osuus lukumäärästä oli suurempi kuin osuus poikkipinta-alasta. Eri korkeuksilla puuta tilanne oli samanlainen.



Kuva 4. Oksien tuorepaino pölkyyittäin eri korkeuksilla tutkimusaineistossa. Latvuksen leveys kuvaa kunkin pölkyn oksien painoa.

Fig. 4. The green weight of branches by blocks at various heights of tree in the research material. The width of crown corresponds to the weight of branches in each block.

#### 46. OKSIEN PAINON RIIPPUVUUS SIJAINNISTA

Kuvassa 4 on esitetty tuoreena mitattu oksien paino puun eri korkeuksilla kaikissa tutkimusaineiston puissa. Piirroksessa latvuksen leveys vastaa kunkin pölkyn oksien painoa. Puukohtaiset oksien painot on esitetty myös taulukossa 1.

Kuvan perusteella näyttää ilmeiseltä, ettei tutkimusaineiston puille voida esittää mitään selvää vaihtelumallia. Joissakin tapauksissa oksien paino on kasvanut jatkuvasti latvaa kohti aivan viimeisintä pölkkyä lukuunottamatta. Toisissa tapauksissa taas painopiste on alempana latvuksessa, tai oksien paino pysyy koko latvuksen ajan suunnilleen samana. Mitään selvää yhteyttä oksien painon vaihtelulla ei näytä olevan myöskään taulukossa 1 esitettyyn latvuserroiluokitukseseen. Huomiota kiinnittää mm. se, etteivät vallitsevat puut ole välttämättä esim. oksien painon osalta vallituista puista poikkeavia. Oksien kuiva-ainemassan osalta tästä ei ole kuitenkaan syytä tehdä johtopäätöksiä, sillä oksien paino on tutkimuksessa mitattu tuoreena. Oksien paino on tässä yhteydessä käsitettävä metsäteknologiseksi tunnukseksi, josta voi olla hyötyä mm. puiden käsittelyvaikeutta arvioidessa.

Kun puuyksilöt poikkeavat huomattavasti toisistaan oksien painon puun pituuden suuntaisen vaihtelun osalta, lienee syytä päätellä, ettei edes samassa metsikössä painon jakautumisen ole syytä olettaa pysyvän samanlaisena.

#### 47. PUUKOHTAISTEN OKSAISUUSTUNNUSTEN RIIPPUVUUS ERI TEKIJÖISTÄ

Vaikka tutkimusaineistoon kuuluu ainoastaan 12 samasta metsiköstä otettua puuta, seuraavassa tarkastellaan eräiden puukohtaisten oksaisuustunnusten riippuvuutta muista puukohtaisista tunnuksista, koska vastaavia tietoja ei ole esitetty aikaisemmin.

Jäljempänä tarkastellaan regressioanalyysissä riippumattomina oksaisuusmuuttujina oksien lukumäärää, elävien oksien poikkipinta-alaa sekä kaikkien oksien poikkipinta-alaa. Näistä tunnuksista ensiksi mainittu on esitetty puittain taulukossa 1 (s. 93) ja kaksi viimeksi mainittua taulukossa 6 (s. 104). Potentiaalisiksi selittäjiksi valittiin puun rinnankorkeusläpimitta, pituus, rinnankorkeusläpimitan neliö sekä vaihtoehtoisesti joko rungon tuorepaino tai rungon tilavuus<sup>1)</sup>. Läpimitan neliötä lukuunottamatta riippumattomat muuttujat on esitetty taulukossa 1 (s. 93). Seuraavassa korrelaatiomatriisissa (s. 110) on esitetty mainittujen riippumattomien ja riippuvien sekä eräiden muiden muut-

<sup>1)</sup> Rinnankorkeusläpimitta on helpoimmin mitattavissa. Rungon tuorepaino otettiin mukaan mittaamisen vaikeudesta huolimatta, koska se sisältää informaatiota puun tiheydestä ja/tai kosteudesta, joka voi heijastua myös oksien tuorepainossa.

tujen väliset korrelaatiot. Muodollisesti merkitsevä korrelaatio on .576 ( $p = 0,05$ ). Vastaavasti muodollisesti erittäin merkitsevä korrelaatio on .708 ( $p = 0,01$ ).

Voidaan havaita, että selitettävistä muuttujista kaikki ovat korreloituneet merkitsevästi potentiaalisten selittäjien kanssa puun pituutta lukuunottamatta. Riippumattomien muuttujien vaikutusta ei voi kuitenkaan tarkastella muista selittäjistä erillisenä ilmiönä, sillä selittävät muuttujat ovat korreloituneet varsin voimakkaasti keskenään. On esimerkiksi ilmeistä, että rungon tuorepainoa ja sen tilavuutta voidaan kumpaakin erillään käyttää oksien lukumäärän selittäjänä, mutta ei yhdessä ainakaan kausaalitulkinnan mahdollistavaan malliin pyrittäessä, sillä toinen tekijä määräytyisi mahdollisesti toisen virhevarianssin perusteella.

Käytettäessä valikoivaa regressioanalyysiä oksaisuustunnusten vaihtelun selittämiseksi voidaan päätyä erilaisiin tuloksiin lähtökohdista riippuen. Tässä yhteydessä on vaihtoehtoisina potentiaalisina selittäjinä käytetty rungon tilavuutta ja rungon tuorepainoa.

Regressiokerrointen tulkinnassa on syytä olla varovainen selittäjien korreloitumisen vuoksi. Ilmeistä esimerkiksi on, että samankokoisten runkojen ollessa kyseessä lyhyet ja ilmeisesti samalla tyvekkäät puut ovat oksaisempia kuin pitkät ja ilmeisesti solakat puut. Tämän selityksen pätevyyyteen viittaa se, että eliminoitaessa rungon tilavuuden ja/tai rungon tuorepainon vaikutus pituuden ja eri oksaisuustunnusten väliset osittaiskorrelaatiokertoimet ovat negatiivisia. Nämä osittaiskorrelaatiokertoimet on esitetty seuraavassa jaotelmassa. — Huomattakoon, että alkuperäisessä korrelaatiomatriisissa rungon pituus korreloitui positiivisesti oksaisuustunnusten kanssa.

	Eliminoitu tekijä		
	Rungon tilavuus	Rungon paino	Rungon tilavuus ja paino
Rungon pituus × oksien paino .....	-.49	-.60	-.53
» × oksia kpl .....	-.23	-.19	-.22
» × eläv. oks.ppa .....	-.39	-.59	-.50
» × kaik. oks.ppa .....	-.46	-.32	-.47

Oksien lukumäärän ainoa muodollisesti merkitsevä selittäjä on rinnankorkeusläpimitta. Saatua tulos on esitetty yhtälössä (1). — Sulussa on ilmoitettu regressiokertoimen standardipoikkeama.

$$(1) y_7 = 5,30 + 8,56x_1$$

(3,09)

$$r = .66 \quad F = 7,67$$

Kaikista selitettävistä muuttujista oksien lukumäärä oli se, joka vähiten korreloitui muihin mitattuihin muuttujiin.



Käytettäessä rungon tilavuutta elävien oksien poikkipinta-alan selittämisessä se saadaan ainoaksi muodollisesti merkitseväksi selittäjäksi. Saatu tulos on esitetty yhtälössä (2).

$$(2) y_8 = 81,64 + 0,48x_6 \quad r = .72 \quad F = 10,95$$

(0,15)

Vastaavasti käytettäessä rungon tuorepainoa se saadaan ainoaksi muodollisesti merkitseväksi selittäjäksi yhtälössä (3).

$$(3) y_8 = 61,44 + 0,71x_4 \quad r = .80 \quad F = 17,86$$

(0,17)

Kuitenkin käytettäessä kahta selittäjää rungon pituus on muodollisesti lähes merkitsevä selittäjä. Näin saatu tulos on esitetty yhtälössä (4).

Muuttuja N:o  
Variable N:o

Rinnank. lpm .....	1	1.000																		
<i>D 1,3</i>																				
Pituus .....	2	.783	1.000																	
<i>Length</i>																				
Ikä .....	3	.119	.144	1.000																
<i>Age</i>																				
Rungon tuorepaino .....	4	.928	.854	.256	1.000															
<i>Green weight of stem</i>																				
Oksien tuorepaino .	5	.656	.493	.616	.797	1.000														
<i>Green weight of branches</i>																				
Rungon tilavuus ...	6	.959	.874	.232	.986	.745	1.000													
<i>Volume of stem ....</i>																				
Oksien lukumäärä .	7	.659	.437	.061	.605	.393	.600	1.000												
<i>No. of branches</i>																				
Elävien oksien poikkipinta-ala ....	8	.658	.501	.242	.801	.855	.723	.615	1.000											
<i>Basal area of living branches</i>																				
Kuolleiden oksien poikkipinta-ala ....	9	.442	.195	-.324	.206	-.092	.303	.181	-.106	1.000										
<i>Basal area of dead branches</i>																				
Kaikkien oksien poikkipinta-ala ....	10	.813	.508	-.083	.729	.533	.750	.577	.624	.710	1.000									
<i>Basal area of all branches</i>																				
Rinnank. lpm neliö .....	11	.998	.777	.124	.934	.663	.961	.642	.662	.428	.804	1.000								
<i>Squared D 1,3</i>																				

$$(4) y_8 = 351,56 + 1,22x_4 - 2,22x_2 \quad R = .88 \quad F = 14,63$$

(0,27) (1,02)

Jatkettaessa edelleen regressioanalyysiä seuraavaksi selittäjäksi saadaan rungon rinnankorkeusläpimitan neliö, jolloin laskettu tulos on esitetty yhtälössä (5).

$$(5) y_8 = 416,80 + 1,92x_4 - 2,42x_2 - 0,49x_1^2 \quad R = .92 \quad F = 14,49$$

(0,42) (0,89) (0,24)

Tällöin sekä rungon tuorepaino että rungon pituus ovat muodollisesti merkitseviä selittäjiä. Samoin kuin oksien tuorepainon osalta, myös elävien oksien poikkipinta-ala on sitä suurempi samankokoisissa puissa, mitä lyhyemmästä puusta on kysymys.

Kun riippuvana muuttujana käytetään kaikkien oksien poikkipinta-alaa, ainoaksi muodollisesti merkitseväksi selittäjäksi saadaan rinnankorkeusläpimita. Tämä tulos on esitetty yhtälössä (6).

$$(6) y_{10} = -247,48 + 28,37x_1 \quad r = .81 \quad F = 19,49$$

(6,43)

Valikoivaa regressioanalyysiä käytettäessä seuraava selittäjä olisi ollut rungon pituus, jonka regressiokerroin olisi ollut negatiivinen. Se ei kuitenkaan ollut muodollisesti merkitsevä selittäjä.

Tuloksia tarkasteltaessa huomiota kiinnittää se, että helposti mitattava rinnankorkeusläpimita oli eräissä tapauksissa hyvä oksaisuustunnusten selittäjä. Myös niissä tapauksissa, missä käytettiin rungon kuutiomäärää tai rungon tuorepainoa selittävänä tekijänä olisi päästy lähes hyviin tuloksiin käyttämällä pelkästään rinnankorkeusläpimitaa. Mallien rakenne kuitenkin muuttuu.

Esimerkiksi elävien oksien poikkipinta-alaa selitettäessä rinnankorkeusläpimitaa riippumattomana muuttujana käytettäessä se jää ainoaksi muodollisesti merkitseväksi selittäjäksi. Sama koskee sen neliötä. Läpimitan osalta tulos on esitetty yhtälössä (7).

$$(7) y_8 = 91,37 + 16,26x_1 \quad r = .66 \quad F = 7,64$$

(5,88)

Toinen huomiota kiinnittävä seikka on se, että rungon pituus korreloitui negatiivisesti oksaisuustunnusten kanssa samankokoisissa puissa. Tästä voi olla seurauksena, että ilman huolellista oksaisuusluokitusta on vaarana arvioida väärin rungon pituuden merkitys karsinta-aikaan vaikuttavana tekijänä. Yleensä nimittäin oletetaan, että samassa oksaisuusluokassa pitkien puiden karsimiseen kuluu enemmän aikaa kuin lyhyiden puiden. Kuten edellä on todettu, tutkimusaineiston mukaan samankokoisissa puissa rungon pituuden kasvaessa oksien lukumäärä ja niiden poikkipinta-ala pieneni.

## 5. YHDISTELMÄ

Yleisesti hyväksytyn käsityksen mukaan kuusen ulkoinen oksaisuus, so. elävien tai kuolleiden oksien esiintyminen rungon vaippapinnan ulkopuolella, vaikuttaa huomattavasti puunkorjuun suorittamiseen. Tästä huolimatta on tehty varsin vähän sellaisia tutkimuksia, joissa olisi mitattu tarkasti erilaisia oksaisuustunnuksia ja pyritty löytämään teknologisesti mielenkiintoisia säännönmukaisuuksia.

Tämän tutkimuksen empiirisenä aineistona on 12 kuusipuuta Keski-Suomesta, Korkeakosken hoitoalueesta. Kaikkiaan mitattiin 2118 oksan tarkka sijainti rungolla, läpimitta oksan tyvestä, kunkin oksan pituus sekä rungon pituuden suunnassa kahden metrin ryhmissä kunkin ryhmän oksien tuorepaino.

Oksaisuusominaisuuksia on puittain kuvattu käyttämällä eräitä kerättyä informaatiota tiivistäviä mittareita. Esimerkiksi oksien tyvestä mitatun paksuuden ja pituuden riippuvuutta on tarkasteltu regressioyhtälön avulla. Esitetyt tunnusluvut osoittavat, kuinka hyvin informaatio on tiivistettävissä karkeammiksi mittareiksi. Tulosten yleistämiskelpoisuutta koskevat arvioinnit ovat sen sijaan puukohtaisia. Toisin sanoen tutkimuksen tilastoyksikkönä voi pitää yksittäistä puuta.

Tutkimustulosten mukaan oksan paksuus ja pituus korreloivat selvästi. Säännönmukaisuutta voi kuvata lineaarisella regressioyhtälöllä. Oksan tyvestä mitattua paksuutta ennustettaessa regressiokerroin on puun yläosassa suurempi kuin puun alaosassa. Eri puut poikkeavat alaosan regressioyhtälöiden osalta enemmän toisistaan kuin yläosan oksia koskevien yhtälöiden osalta. Koko puun oksien paksuutta selittävien regressioyhtälöiden vakio-kertoimet vaihtelivat huomattavasti puusta toiseen. Sen sijaan regressiokerroin, so. oksan paksuuden regressio sen pituuden suhteen, vaihteli varsin vähän. — Kaikkien puiden oksista laskettu oksan paksuuden regressio pituuden suhteen on esitetty yhtälössä (8).

$$(8) y = 6,06 + 0,83x, \text{ jossa } (r = .78)$$

y = oksan tyvipaksuus mm

x = oksan pituus dm

Oksan läpimitan riippuvuus sijainnista oli jossakin määrin säännönmukaista, joskaan kaikkia puita koskevaa yleistä mallia ei voida esittää. Keskimäärin eteläpuolen oksat olivat jonkin verran paksumpia kuin pohjoispuolen oksat. Niitä oli usein myös lukuisammin. Rungon pituuden suuntainen oksien paksuuden vaihtelu oli karkeasti kuvattavissa kirjallisuudessa usein esitetyllä mallilla, joskin myös poikkeuksia esiintyi. Sen mukaan oksien paksuus kasvaa ensin tyvestä ylöspäin, kunnes se jälleen pienenee vihreän latvuksen yläosassa oksien nuoruuden vuoksi.

Oksien pituuden vaihtelu rungon eri osissa oli samanlaista kuin vastaava oksien paksuuden vaihtelu. Hajonta oli kuitenkin suurempi. Mahdollisesti oksien paksuuden vaihtelu on säännönmukaisempaa kuin pituuden vaihtelu.

Oksien yhteenlaskettua poikkipinta-alaa tarkasteltiin tutkimuksessa pölkkyittäin, joiden pituus oli 2 m. Yleensä elävien ja kuivien oksien yhteenlaskettu pinta-ala oli suurimmillaan vihreän latvuksen keski- ja yläosissa. Kuivien oksien pinta-ala oli luonnollisesti suurimmillaan puun alaosassa, mutta niitä oli myös vihreän latvuksen sisässä.

Karsinnan kannattavuutta arvioitiin pölkyn kuutiomäärän ja siitä karsittavien oksien poikkipinta-alan suhdetta käyttäen. Oksien paksuuden rungon pituuden suuntaisesta vaihtelusta huolimatta ilmeni, että karsinnan kannattavuus selvästi ja jatkuvasti alenee tyvestä latvaan päin. Toisin sanoen pölkkyjen tilavuuden muutos vaikuttaa enemmän kuin osittain toiseen suuntaan vaikuttava oksien paksuuden muutos.

Oksien pölkkyä kohti mitattu tuorepaino vaihteli huomattavasti pölkystä toiseen ja puusta toiseen. Kaikkiin puihin sovellettavissa olevaa vaihtelumallia ei pystytty kehittämään.

Puukohtaisia oksaisuustunnuksia, kuten oksien lukumäärää ja pinta-alaa, pystyttiin aineistossa ennustamaan tyydyttävästi rungon tilavuuden, sen painon tai rinnankorkeusläpimitan avulla. Luultavaa kuitenkin on, ettei ennustettavuus ole hyvä toisissa olosuhteissa, koska metsiköt poikkeavat huomattavasti toisistaan. Tähän viittaa eri tutkimustulosten vertailu.

Mielenkiintoinen tutkimuksessa havaittu piirre on se, että eliminoitaessa korrelatiivisin menetelmin rungon koon vaikutus puun pituus korreloittaa negatiivisesti eri oksaisuustunnusten kanssa. Näin ollen ei ole syytä ilman erillistä oksaisuusluokitusta olettaa, että puun pituuden kasvaessa myös karsintatyö lisääntyisi.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- ABETZ, P. & MERKEL, O. 1968. Aststärken und Schaftovalität in Fichten-Reihenbeständen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 139(1): 138—145.
- AGER, B. H., NILSSON, N. E. & VON SEGEBADEN, G. 1964. Beskrivning av vissa skogstekniskt betydelsefulla bestånds- och trädegenskaper samt terrängförhållanden. Description of some for logging operations important characteristics of forest stands, trees and terrain in Sweden. Stud. For. Suec. 20.
- BURGER, H. 1939. Der Kronenaufbau gleichalteriger Nadelholzbestände. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. XXI Band, 1. Heft.: 5—57.
- HAKKILA, P. 1969. Weight and composition of the branches of large Scots pine and Norway spruce trees. Järeitten mänty- ja kuusipuitten oksien paino ja koostumus. Commun. Inst. For. Fenn. 67.6.
- » — 1971. Coniferous branches as a raw material source. Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. Commun. Inst. For. Fenn. 75.1.

- ILVESSALO, L. & LAITAKARI, E. 1949. Metsikön kasvatus. Suuri metsäkirja I osa, 235–268.
- KNIGGE, W. & SCHULZ, H. 1966. Grundriss der Forstbenutzung. Hamburg-Berlin.
- KRAMER, H. 1962. Kronenaufbau und Kronenentwicklung gleichalter Fichtenpflanzbestände. Allg. Forst- u. Jagdztg. 133(11): 249–256.
- » — 1963. Biologische Grenzen der Fichtenästung. Forst- u. Holzw. 18(2): 25–28.
- » — , DONG, P. H. & RUSACK, H. J. 1971. Untersuchung der Baumqualität in weitständig begründeten Fichtenbeständen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 142(2): 33–46.
- LARSON, P. R. 1969. Wood formation and the concept of wood quality. Yale University, School of For. Bull. 74.
- MERKEL, O. 1967. Der Einfluss des Baumabstandes auf die Aststärke der Fichte. Allg. Forst- u. Jagdztg. 138(6): 113–125.
- Metsäalan työehtosopimus ja sen mukaiset metsätyöpalkkojen taulukot 1. 1. 71–31. 3. 72. 1970. Palkkausalue 4. Helsinki.
- NIKU, V. 1966. Karsinta koneellistamisongelmana. Metsäteho Tied. 262: 15–21.
- NYLINDER, P. 1959. Synpunkter på produktionens kvalitet. Kungl. Skogshögskolan, Inst. för virkeslära, uppsatser 2.
- TRENDELENBURG, R. & MAYER-WEGELIN, H. 1955. Das Holz als Rohstoff. 2. völlig überarbeitete Auflage. München.
- WESTERN, H. 1971. Tre- og kvistdata. Tree and branch study. Det Norske Skogforsøksvesen. Driftsteknisk rapport No. 10: 83–93.
- WHITTAKER, R. H. 1965. Branch dimensions and estimation of branch production. Ecol ogý 46(3): 365–370.

#### SUMMARY:

##### OBSERVATIONS ON THE BRANCHINESS OF NORWAY SPRUCE

*It is generally agreed that the quantity of living or dead branch matter in ratio to stem length has an effect on the ease of logging. For all that, very few attempts have been made to measure this factor accurately with a view to establishing technically feasible rules.*

*The material of this study comprised 12 spruces (*Picea abies* (L.) Karst.) with a total of 2118 branches, taken from Central Finland. We measured the exact location of the branches on the stems, their diameter at the thick end, their length, and the green weight of all the branches on each two-meter length of stem.*

*Certain branch variables were found. For instance, the correlation between the measured diameter and length of the branches was calculated by regression analysis. The variables obtained indicate how well the data can be condensed into rough units of measurement. On the other hand, the estimates on the general validity of the results were obtained per tree. In other words, the statistical unit for the study was the individual tree.*

*According to our results, the diameter and length of branches correlate clearly with the regularity of a linear regression equation. The higher up the tree a branch is, the greater is the regression coefficient to be used for estimating its diameter. There is a wider scatter in the regression coefficients for the lower*

*part of a tree than for its upper part. Constant terms for branch diameter in whole trees varied considerably from tree to tree, whereas the regression coefficients — i.e. the regression of branch diameters versus their length — varied very little.*

*Equation (8) shows the branch diameter regression versus length, calculated for the branches of all the trees in the material:*

$$(8) \quad y = 6,06 + 0,83x$$

*where  $y$  = diameter of branch in mm*

*$x$  = length of branch in dm.*

*The dependence of branch diameter on location was fairly regular, but no general model valid for all the trees could be derived. On the average, branches were somewhat thicker — and often more numerous — on the southern side of the trees than on the northern. A fair correlation between branch diameter and stem length could be depicted with a model often used in the literature, though exceptions were found. According to this model, diameter grows on moving up the stem to start with and then decreases in the younger branches on the upper part of the green crown.*

*The variation of branch length along the stem resembled that of branch diameter, but the scatter was greater. Perhaps in general, too, the variation of branch diameter is more regular than that of length.*

*The total cross-section area of all the branches was studied separately for each two-metre length of stem. Generally the total area of living and dead branches was greatest in the middle and upper parts of the green crown. The dead branch area was naturally greater lower down the tree, though dead branches were also found inside the green crown.*

*The profitability of trimming was estimated from the ratio between the volume of the log and the area of the branches to be trimmed. Despite the correlation between branch diameter and stem length, it was found that the profitability of trimming clearly and steadily decreased on moving up the tree. In other words, the changes in log volume affected profitability more than the changes in branch diameter having the opposite effect.*

*The green weight of branches per two-metre log varied widely from log to log, and from tree to tree. No model valid for all the trees could be derived to depict this variation.*

*Variables per tree in the material, such as the number and area of its branches, could be estimated satisfactorily from the volume, weight and breast-height diameter of the stem. But it is hardly likely that such estimates could be made under other conditions because stands vary considerably. This was borne out by a comparison with results in other studies.*

*An interesting feature in our study was that eliminating the effect of stem size by a correlative method made tree height correlate negatively with the branch variables. So without a separate classification of branchiness, it should not be assumed that work expended on trimming grows with stem length.*