

FOLIA FORESTALIA 452

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1980

PENTTI ROIKO-JOKELA

MAASTON KORKEUS PUUNTUOTANTOON
VAIKUTTAVANA TEKIJÄNÄ
POHJOIS-SUOMESSA

THE EFFECT OF ALTITUDE
ON THE FOREST YIELD
IN NORTHERN FINLAND

- 1979 No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusalajoilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76.
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoitta-misen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männyn karisteen yhteydessä.
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löytyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorin-puutosalueella.
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana.
Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland.
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlan-noitustutkimuksen seminaari 15.2.1979.
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15.2.1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet.
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan met-sityksestä.
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.

FOLIA FORESTALIA 452

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1980

Pentti Roiko-Jokela

MAASTON KORKEUS PUUNTUOTOON
VAIKUTTAVANA TEKIJÄNÄ POHJOIS-SUOMESSA

The effect of altitude on the forest yield in northern Finland

ROIKO-JOKELA, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. *Folia For.* 452:1—21.

Tutkimuksessa analysoitiin topografisten tekijöiden vaikutusta puuston kehitykseen. Aineisto käsitti 12 tutkimusaluetta Suomen pohjoiselta tunturi- ja vaara-alueelta. Tarkastelun kohteena olivat puuston tiheys, pituustunnukset, runkokuun tilavuus, järeysuhteet ja tilavuuskasvu.

Maaston korkeudella on merkittävä vaikutus lakialueiden puustotunnuksiin. Maaston kaltevuuden ja suunnan merkitys on yleensäkin vähäinen ja heikkenee vielä etelään päin. Kaltevuuden korvaavat metsikön topografista sijaintia kuvaavat tunnukset: laki, rinne ja notkelma.

Pohjoisilla alueilla maaston korkeus vaikuttaa selvimmin metsäkuvaan. Korkeuden lisääntyessä metsiköt käyvät harvemmiksi ja harsintarakenne yleistyy. Puulajisuhteissa koivun osuus kasvaa, vaikka käyttöpuun tuotoksena mitaten sen merkitys on aina vähäinen.

Pohjoisimmatkin lakimetsät ovat varsin runsaspuustoisia. Tukkipuuta esiintyy aina puurajalle saakka. Metsä- ja kitumaan raja on Suomen Lapissa keskimäärin 325 m:n korkeudella merenpinnasta. Raja alenee pohjoiseen siirryttäessä. Rajan täsmentämistä helpottaa käytännössä pituusboniteetti-indeksi — keskimäärin $H_{100} = 12$ m — joka ilmaisee puuston kasvukyvyn varsin tarkasti. Metsä- ja kitumaan rajan pituusboniteetti-indeksi kohoaa pohjoiseen päin mentäessä.

The effect of topographic factors on forest yield has been analysed in the study. The material was collected from twelve research areas distributed over Finland's fjeld and wooded-fjeld region. Correlations were quantified in terms of stand density, height characteristics, cubic volume, timber dimensions and increment.

The results indicate that altitude has a significant effect on stand characteristics in the summit regions (i.e. 300 + m above sea level). The exposure and slope of the terrain had a minor effect and decreased even further southwards. Slope was accounted for by characteristics depicting the topographic location of the stand; i.e. summit, hillside and gully.

Ascending terrain has the most obvious effect on the appearance of forests in the summit areas. Stands become sparsely stocked, often displaying characteristics usually associated with stands treated with selection cuttings. The proportion of birch in the species composition increases although its significance in terms of volume production does not amount to much.

Summit forests are well stocked. The range in dimension classes indicates that sawtimber is present right up to the timber line. The boundary between productive and lowproductive forest land lies, on average, at an altitude of 325 m a.s.l. Northwards it occurs at lower altitudes. In determining this boundary in the field the site index is of assistance; the boundary occurs at approximately $H_{100} = 12$ m. The correlation of the site index to stand growth is very strong. The site index value on the boundary between productive and low-productive forest increases northwards.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	5
3. TOPOGRAFIAN VAIKUTUS PUUNTUOTANTOON	7
31. Puuston tiheys ja pituus	7
311. Runkoluku	7
312. Pohjapinta-ala	8
313. Pituus	9
32. Puuston tilavuus	10
321. Runkopuun tilavuus	10
322. Järeysuhteet	11
323. Puutavaralajirakenne	12
33. Tilavuuskasvu	13
4. TULOSTEN TARKASTELUA	15
5. YHDISTELMÄ	18
KIRJALLISUUS — <i>REFERENCES</i>	19
SUMMARY	20

1. JOHDANTO

Maaston korkeuden vaikutus puuntuotantoon tulee selvimmän ilmi pohjoisilla tunturialueilla, joilla sankka metsä vähitellen muuttuu puuttomaksi tunturinlaeksi. Maaston tasaisuuden vuoksi ei näin syntyvään alpiiniseen metsänrajaan ole kovinkaan paljon kiinnitetty huomiota, vaikka Pohjois-Suomessa sen merkitys kasvaa lähestyttäessä polaarista metsänrajaa, johon se saumatomasti sulautuu. Perä-Lapissa metsänrajan määräävätkin maantieteellinen sijainti ja topografia yhdessä (K a l l i o l a 1973, s. 117).

Puuston kasvun heikkeneminen maaston kohotessa johtuu kasvupaikan huononemisesta. Se kuvastuu kasvupaikan laadun kaikissa osatekijöissä, ravinteisuudessa, vesitaloudessa ja ilmastossa. Vaara- ja tunturialueilla hienojen maalajitteiden osuus vähenee, mitä yleemmäksi laelle päin mennään. Kalsiumin, kaliumin ja typen osuudet laskevat (L o h i ym. 1979). Lisäksi kivisyys lisääntyy yleensä korkeuden kasvaessa. Vaarojen ja tunturien laet ovat usein laajojen kivirakkojen peittämiä (H e i k i n h e i m o 1921). Lakialueiden vesitalous on myös epäedullinen. Tuulet kuivattavat niitä, ja sadevedet valuvat nopeasti alaspäin hyödyttäen etupäässä rinteitä ja notkelmia. Lakialueiden vesitaloutteen ja ravinteisuuteen vaikuttavat selvimmän kuitenkin ilmastotekijät (S i r é n 1961, P e r t t u 1972). Käytännössä paljon käytetty lämpösomma riippuu suoraan maaston korkeudesta. Samoin ns. tykkyraja määräytyy Perämeren vaikutusalueella täysin topografian perusteella (H e i k i n h e i m o 1920a, 1920b).

Maaston korkeudesta aiheutuva kasvupaikan huononeminen on otettu valtion metsissä huomioon. Metsänrajan eräänlainen puskurivyöhyke talousmetsiin päin on suojametsäalue. Sitä vastaavat lakialueilla ns. käsittelyrajan (toimenpideraja) yläpuolella olevat alueet. Käsittelyraja on sidottu maaston korkeuteen. Se vaihtelee rinteiden kaltevuussuunnan mukaan ja sijaitsee talousmetsissä etelä- ja länsirinteillä 330 m:n ja pohjois-, itärinteillä 280 m:n korkeudella meren-

pinnasta. Suojametsäalueen talousmetsissä raja on kuitenkin alhaisempi, 300 m ja 250 m (Ohjekirje... 1976). Raja on muotoutunut tutkimuksen (O i n o n e n ym. 1958, P o s o & K u j a l a 1973 ja P o s o 1974) ja ennen kaikkea käytännön kokemuksen kautta. Hakkuut ovat esim. valtion metsien lakialueilla vähäisiä, sillä ilman erikoislupaa voidaan poistaa vain ylispuita yli 2-metrisistä taimistoista ja nuorista männiköistä (Selvitys... 1975). Yksityismaiden lakialueita rajoitukset eivät ole koskeneet.

Erilaiset ohjeet ja käytäntö valtion ja yksityisten metsänomistajien metsissä ovat ylläpitäneet keskustelua lakialueiden metsätaloudellisen hyväksikäytön todellisista mahdollisuuksista. Ongelmaa mutkistaa sekin, että suurin osa lakimetsistä kuuluu suojametsäalueeseen. Suojametsäalueen ulkopuolella on lakimetsiä merkittävästi Savukosken, Sallan, Posion ja Kuusamon kuntien alueella. Nämä on metsänrajan säilyttämisen kannalta rinnastettu suojametsiin. Suoja- ja lakimetsäalueita on noin 3 milj. hehtaaria. Siitä on metsä- ja kasvavaa kitumaata noin 2,1 milj. hehtaaria (K u s e l a 1975).

Lakialueiden puustoa koskevat ristiriitaiset tavoitteet ja suunnitelmat johtunevat osaksi siitä, ettei ole ollut riittäviä perustietoja käsittelyrajan sijoitteluun ja puuston käsittelyn suunnitteluun. Selvää on, että puuston kannalta kasvupaikka olennaisesti heikkenee maaston kohotessa. Kysymys on siis metsäkasvupaikkojen luokituksista, joka pääluokkien osalta perustuu kuorellisen runkopuun keskimääräiseen vuotuiseseen kasvuun edellyttäen, että metsikkö on kasvupaikalle sopivaa puulajia ja täystiheä. Kiertoaikana keskikasvua laskettaessa käytetään 100 vuotta (K u s e l a 1977).

Koska metsämaiden luokitus on sidottu kasvupaikan puuntuotoskykyyn, käytetään tuotosta itseään luokituksen perustana. Määritelmän mukaisen kiertoaajan keskikasvun tarkka selvittäminen on kuitenkin vaikea ja työläs tehtävä. Siksi on perusteltua käyttää myös välillisiä tekijöitä luokitustyön

tarkentamiseksi. Kysymykseen tulevat tavanomaisten puustotunnusten lisäksi kasvupaikan topografiset tekijät. Topografian puuntuotannollisen merkityksen P o s o ja K u j a l a (1973) ovat aiemmin todenneet Inarin, Utsjoen ja Enontekiön kuntien alueella.

Topografian käyttö kasvupaikkaluokittelun apuna ei poista niitä ongelmia, mitä karut olot asettavat puuntuotoskyvyn arvioinnille. Poikkeuksellisen paljon on metsiköitä, joissa puuston kasvu asettuu juuri metsä- ja kitumaan rajalle. Koska ilmaston vuosittainen vaihtelu on rajua, voidaan luokittelussa päätyä eri ajankohtina toisistaan poikkeaviin arvioihin. Suotuisat vuosijaksot siirtävät metsänrajaa ja pääluokkien rajoja pohjoiseen, kylmemmät taas etelään päin (R o i k o - J o k e l a 1976, 1980). Tyypillistä pohjoissuomalaisille metsiköille on, että ne sisältävät pieniä kitu- ja joutomaasiasia, jotka suurenevät ja pienenevät ilmastovaihtelun mukaan. Käytännön luokitukseksi tämä aiheuttaa niin vaikean ongelman, että ehdottoman tarkka rajanveto on usein mahdotonta. Käytännössä ollaan kuitenkin kiinnostuneita ensisijassa rajojen keskimääräisestä sijainnista. Siksi ei paras ratkaisu olekaan tarkka ja työläs menetelmä, vaan mahdollisimman yksinkertainen, helposti kontrolloitavissa oleva, tuotosta indikoiva tunnusyhdistelmä, joka antaa harhattoman arvion keskimääräisille luokkarajoille.

Tutkimuksen tavoitteena on topografian

merkityksen arviointi. Työssä etsitään vastausta ensisijaisesti kysymykseen, mitä topografia ilmaisee puustosta. Puuston ja topografisten tunnusten välisiä suhteita pyritään tarkastelemaan metsätalouden maan pääluokkien rajojen täsmentämiseksi. Maantieteellisten erojen huomioon ottaminen edellyttää mahdollisimman yksiselitteisen tunnuksen mukaantuloa, joka kykenee mittaamaan tehokkaasti kasvuolojen muutosta. Sellainen muuttuja on kasvukauden tehoisa lämpösomma, joka noudattaa sekä maantieteellistä että maaston korkeuteen sidottua muutosta. Ilmaston vuosittaista vaihtelua ei tässä yhteydessä tarkastella, vaikka lämpösomma tarjoaisi mahdollisuuden tähänkin. Maaston korkeuden ja eräiden topografisten tunnusten merkitystä tarkastellaan myös lakialueiden metsien hoidon ja käsittelyn kannalta.

Tämä tutkimus kuuluu osana Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusosastolla suoritettavaan puuntuotostutkimukseen. Työ aloitettiin professori Yrjö V u o k i l a n aloitteesta. Hänen ohjauksensa on ollut kaikissa työvaiheissa merkittävä. Käytännön kenttätöissä ja julkaisun viimeistelyssä avustivat työjohtaja Eero S i i v o l a ja tutkimusapulainen Erkki O i n a s. Aineiston käsittelyä hoitivat tutkimusapulainen Jouni H y v ä r i n e n ja fil.yo. Jari V a n h a t a l o. Käsikirjoituksen ovat lukeneet myös professori Kullervo K u u s e l a ja MMK Mikko H y p p ö n e n. Englanninkieliset käännökset suoritti metsänhoitaja Erkki P e k k i n e n ja konekirjoituksen Sirpa H a s t. Heille samoin kuin kaikille tutkimukseen myötävaikuttaneille työtovereilleni esitän parhaat kiitokset.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

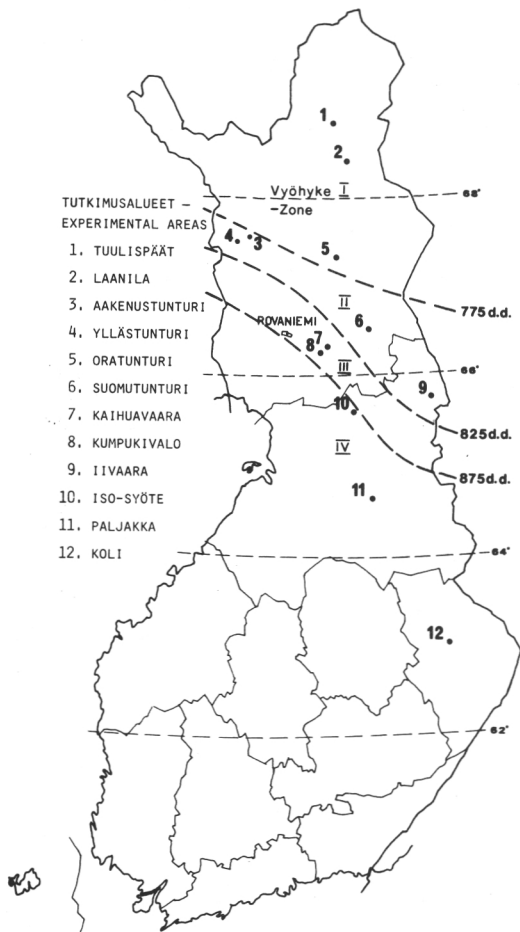
Aineisto kerättiin vuosina 1974 ja 1975. Tehtävän luonteen mukaisesti tutkittava peruspopulaatio karsittiin mahdollisimman suppeaksi. Niinpä ihmisen vaikutus — puuston käsittely, ojitus, lannoitus yms. — pyrittiin eliminoimaan siitä. Tutkimusmetsiköt olivat siksi yleensä luonnontilaisia. Mittauksissa keskityttiin varttuneisiin metsiköihin. Tarkoituksena oli minimoida tutkimuksen kannalta ulkopuolisten tekijöiden vaikutus puuston kasvuun ja kehitykseen. Näin menetellen oletettiin saatavan kohtuullisin kustannuksin käsitys koko kiertoaajan tuotoksesta tietyn alueen topograafisesti erilaisissa kasvupaikkaoloissa. Lainalaisuudet, jotka toistuvat alueelta toiseen, muodostavat tämän tutkimuksen päätavoitteen.

Puustotiedot kerättiin ilmakuvia ja topografikarttoja hyväksi käyttäen tunturien ja vaarojen rinteille sijoitetuilta linjoilta. Linjat alkoivat laelta, metsänrajan yläpuolelta ja jatkuivat ohi pääluokkien rajojen usein tasamaalle saakka.

Inventointityyppisillä linjoilla mittauksia suoritettiin 20—50 m:n korkeuseroin 3 aarin koealoilta. Lakialueiden metsien eri-ikäisyyden ja harsintarakenteen vuoksi kaikista rinnankorkeuden (1,3 m) täyttävistä puista mitattiin kuutioimis- ja kasvunlaskentatunnukset riittävän tarkan kasvuarvion saamiseksi. Lisäksi koealoilla mitattiin tai luokiteltiin maaston korkeus, kaltevuus ja sen suunta, maaston muoto, kasvupaikka sekä jälkikäteen maantieteellinen sijainti ja keskimääräinen lämpösomma.

Tutkimusvarojen sallimissa puitteissa pyrittiin mahdollisimman laajaan alueelliseen peittävytyteen. Kohteen satunnaisvalinnan tekivät tyydyttävästi mahdolliseksi valtakunnan metsien inventoinnissa käytetyt ilmakuvat. Erillisiä tutkimusalueita on 12, Inarista Kolille saakka. Tehoisan lämpösomman mukaan tutkimusalueet on ryhmitetty neljään vyöhykkeeseen. Koealoja mitattiin 193 (kuva 1).

Aineiston laskenta tapahtui sekä Rovaniemellä kehi-



Kuva 1. Tutkimusalueiden maantieteellinen sijainti ja jako neljään lämpösommavyöhykkeeseen.

Fig. 1. Geographical location of the research areas and their allocation into four accumulated temperature zones.

tetyin ohjelmin että VTK J. Heinosen Metsäntutkimuslaitoksen matemaattisella osastolla kehittämän KPL-laskentaohjelmiston avulla. Puuston pituus- ja läpimittatunnukset, tilavuus ja sen jakauma järeysluokkiin ja puutavaralajien kesken tarjosivat monipuolisen taksatorisen kuvauksen jokaisesta tutkimusmetsiköstä. Kasvunlaskenta tapahtui ns. erotusmenetelmää hyväksi käyttäen (Kilki 1974, s. 8–11). Kasvu-arvio tehtiin viideltä viimeiseltä kasvukaudelta.

Kasvulaskelmiin tehtiin Tiiosen (1979) eri puulajeille laatimien kasvuindeksien mukainen kor-

jaus. Pääluokkien rajanvetoon käytetty keskikasvu-arvio perustui lisäksi metsikön ikään ja kasvupaikka- luokkaan. Apuna käytettiin myös kehitysluokan ja valtapituuden antamaa lisäinformaatiota. Perustana olivat Ilvessalon (1970, 1975) vastaavien tyyppien metsiköiden vuotuisen ja keskimääräisen kuutio- kasvun kehityskulut. Koemetsiköt saatiin yhteismitalliseksi myös määrittelemällä niiden valtapituusboniteetti- arvot (H_{100}) Vuokilaan (1971) käyrästäön mukaan.

Aineisto on maantieteellisesti tyydyttävän laaja. Se peittää sen kokonaisvaihtelun, joka tapahtuu siirryttäessä metsämaalta kitumaalle ja edelleen joutomaalle aina metsänrajan saakka. Sen sijaan metsämaan metsiköiden yleiseen kuvaukseen suppea tutkimusaineisto ei anna perusteita. Tutkimusaineiston keruussa tehdyt ratkaisut rajoittavat näet tulosten yleistettävyyttä. Samoin suppean näytteen niihin analyysi- ja testituloksiin, joista ei saada selvää tilastollista näyttöä jonkin ilmiön olemassaolosta, on suhtauduttava varauksin. Yleisiä lainalaisuuksia, jotka ilmenevät tästä aineistosta, voidaan kuitenkin pitää luotettavina.

Topografisten tekijöiden ja puustotunnusten välisten keskinäisten riippuvuussuhteiden analysointia suoritettiin aluksi korrelaatioanalyysin avulla. Tunnusten jakaumat ja luokkamuuttujien varianssianalyysit laskettiin. Monimuuttuja-analyysi tapahtui lopuksi kovarianssimallien avulla, joissa luokkamuuttujien käyttäminen teki mahdolliseksi tulosten analysoinnin myös vyöhykkeittäin ja alueittain.

Kovarianssimallien perustaksi otettiin jokaisen muuttujan kokonaisvaihteluun vaikuttavat tärkeimmät tekijät. Koska puuston taksatoristen tunnusten vaihtelu riippuu ensisijaisesti metsikön kehitysvaiheesta ja kasvupaikan laadusta, ei näitä tekijöitä järkevää selitysmallia rakennettaessa voitu sivuuttaa. Peruskysymys onkin se, pystyvätkö topografiset tekijät antamaan nykytietämykseen merkittävää parannusta.

Koska perusasetelma kaikissa analyyseissä oli sama, pyrittiin metsikön sisäistä vaihtelua selittämään metsikön iän ja kehitysluokan avulla. Näillä tunnuksilla metsikön kehityskulku on useimmiten tyydyttävästi selitettävissä. Vaikeuksia tuottivat tässä aineistossa laki- alueiden metsien harsintarakenne ja siitä johtuva erik-ikäisyys. Metsikön iän yksiselitteinen määrittely oli vaikeaa. Talousmetsien lievätkin käsittelyt taimisto- ja kasvatusvaiheessa aiheuttivat samoin hankaluutta aineistossa, joka muulta osin vastasi metsien luonnontilaista kehitystä.

Metsiköiden välinen vaihtelu otettiin analyyseissä huomioon kahdella tavalla, kasvupaikkojen välisenä erona ja kasvuolosuhteiden maantieteellisenä muutok- sena. Kasvupaikan hyvyyden mittana käytettiin metsä- tyyppiä, jota täydennettiin soistuneisuus- ja kivisyys- luokituksella. Lisäksi pituusboniteetilla pyrittiin metsi- köt saamaan edellistä paremmin keskenään vertailu- kelpoisiksi, koska samalla poistuvat iänmukaiset kehi- tuserot. Maantieteellistä muutosta kuvasi leveysaste, merenpinnantasoon muunnettu lämpösomma ja kasvu- kauden keskimääräinen lämpösomma.

3. TOPOGRAFIAN VAIKUTUS PUUNTUOTANTOON

31. Puuston tiheys ja pituus

311. Runkoluku

Vaara- ja lakialueiden metsät ovat harva-asentoisia. Aineistossa puuston runkoluku vaihteli 0—2 033 runkoon hehtaaria kohden. Metsänrajan täsmällinen määrittäminen osoittautui vaikeaksi puuyksilöiden ja hajanainten puuryhmien vuoksi. Runkoluku tarkoittaa rinnankorkeuden (1,3 m) saavuttaneita puita.

Tavanomaiset puustoluokitukset, ikä- ja kehitysluokka sekä metsätyyppi ja pituusboniteetti selittivät pääosan runkoluvun kokonaisvaihtelusta. Metsiköiden iänmukainen itseharveneminen ja kasvupaikkojen väliset erot voidaan ennustaa tyydyttävästi pelkästään näiden puustotunnusten avulla. Soistuneisuuden todettiin lisäävän runkolukua n. 150 kpl/ha. Rinteillä oleva liikavesi ei ainkaan runkoluvun perusteella arvostellen ole pahaksi.

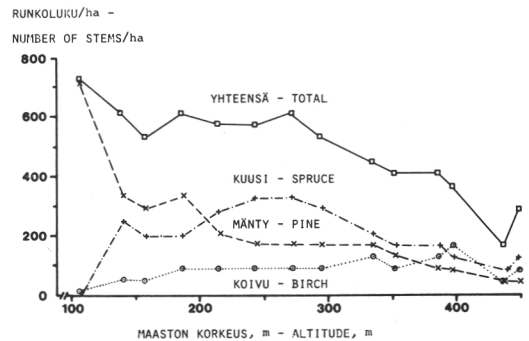
Runkoluku vähenee selvästi siirryttäessä pohjoiseen päin. Leveysaste osoittautui monimuuttujamallissa yksinkertaisuutensa vuoksi paremmaksi tämän ilmiön selittäjäksi kuin merenpinnantasoon muunnettu lämpösumma. Puulajeista männyn osuus kasvoi merkittävästi pohjoiseen mentäessä, kuusen taas vastaavasti väheni. Vaikka lehtipuun absoluuttinen määrä väheni pohjoiseen päin, sen suhteellinen osuus kasvoi kuten männynllä. Tulokset ovat sopusoinnussa valtakunnan metsien inventoinnin tuloksien kanssa (vrt. Metsätilastollinen vuosikirja 1979).

Topografiset tekijät ovat tärkeitä lähinnä lakialueilla. Niistä maaston korkeus selitti runkoluvun muutosta selvimmin (kuva 2). Noin 400 m:n korkeuteen merenpinnasta metsiköiden runkoluku pysyy puustojen korkea ikä huomioon ottaen tyydyttävänä (yli 400 kpl/ha). Sen jälkeen runkoluku laskee nopeasti metsänrajaa lähestyttäessä niin, että laskennalliset tasoituskäyrät saavat epälineaarisen muodon. Koska metsänraja ei joka paikassa sijaitse samalla tasolla, maaston korkeuden vaikutusta runkolu-

kuun analysoitiin myös alueittain ja vyöhykkeittäin.

Alueittaisten muutosten säännönmukaisuus ja alueiden väliset tasoerot tulivat selvästi ilmi kovarianssimalleissa. Alueittain tarkastellen maaston korkeus selitti yksin yli 35 % runkoluvun kokonaisvaihtelusta. Tällöin runkoluvun väheneminen laelle päin oli myös selvän, 230 kpl/ha 100 m kohden. Vyöhykkeittäisessä ja koko aineistoa käsitävässä tarkastelussa muutos pieni metsänrajan vaihtelusta johtuen ja oli vyöhykkeissä 160 kpl/ha ja koko aineistossa 130 kpl/ha 100 m kohden. Alueittaista muutoslukua voidaan soveltaa yksittäisiin tuntureihin tai vaaroihin, kun metsänrajan sijainti on tiedossa, vyöhykkeittäistä tai koko aineiston lukua laajoissa keskimääräisissä suunnittelutehtävissä. Alueen keskimääräiseen tasoon verrattu suhteellinen maastonkorkeus ei tuonut parannusta analyysiin (vrt. A a r t o l a h t i 1977, s. 2—4).

Männyn osuus runkoluvusta pieni voimakkaasti maaston kohotessa ja lähestyttäessä metsänrajaa. Männiköt harvenivat nopeammin kuin kuusikot ja koivikot. Mänty-yksilöt ja -ryhmät ovat lakialueiden metsiköille tyypillisiä. Kuusen runkoluku pysyi lähes muuttumattomana lähelle metsänrajaa. Kuusikot kasvavat siis suhteellisen tiheinä ja metsikkömäisinä vaara- ja laki-



Kuva 2. Runkolukuun perustuvien puulajisuhteiden riippuvuus maaston korkeudesta.
Fig. 2. The dependence of species composition (based on stem number) on terrain altitude.

alueillakin. Ne ovat myös tykkyalueiden tyypillisiä metsänrajan muodostajia (H e i k i n h e i m o 1920a, 1920b). Lakialueilla puulajien esiintymisessä oli siis selviä maantieteellisiä eroja. Pohjoisessa harvat koivuvaltaiset männiköt ja etelässä tykyn aiheuttamalla metsänrajalla metsikkömäiset kuusikot ovat hallitsevia.

Lehtipuiden runkoluvun muutos oli muista selvästi poikkeava. Lähes metsänrajaan saakka se kasvoi. Lehtipuut, lähinnä koivu täyttävät havupuiden jättämän tyhjän tilan vaikeissa kasvuolosuhteissa.

Koivun havupuuta korvaava merkitys tulee esiin myös kaltevuuden suunnassa. Pohjoisitärinteillä lehtipuita oli 50 runkoa/ha enemmän kuin suotuisammilla puolilla. Männyllä etelä-lounaisrinne taas lisäsi runkolukua 80 kpl/ha. Kokonaisrunkolukuun ei kaltevuudella eikä sen suunnalla ollut tilastollista merkitystä.

Muista topografisista tekijöistä maaston muoto osoittautui merkitseväksi lisäselittäjäksi. Kaikissa tapauksissa vaarojen ja tuntureiden laet vähensivät tuntuvasti runkolukua. Kuusikoissa notkelmat olivat poikkeuksellisen puustoisia. Niissä oli 560 runkoa/ha enemmän kuin keskimäärin. Kokonaisrunkoluvussa rinteiden puustoa lisäävä vaikutus oli yhtä suuri kuin laen vähentävä vaikutus: 230 kpl/ha. Näiden kahden tekijän mukaantulo vaihteli selitysmallista toiseen, mutta perimmäinen merkitys pysyi samana.

Kasvukauden tehoisan lämpösumman merkitystä analysoitiin sekä yksinään että muiden tunnusten kanssa. Vaikka lämpösumma sisältää maaston korkeuden lisäksi selvän maantieteellisen komponentin, se ei kyennyt parempaan selityssasteeseen kuin maaston korkeus ja leveysaste yhdessä. Alueittaisessa tarkastelussa ero oli olematon. Huolimatta lämpösumman ja maaston korkeuden välisestä voimakkaasta korrelaatiosta (korrelaatiokerroin 0,6***) ne pystyivät selittämään lähes 45 % runkoluvun kokonaisvaihtelusta. Lämpösumman riippuvuus runkoluvusta ei ollut lineaarinen. Sen toisen asteen termi osoittautui merkitseväksi.

312. Pohjapinta-ala

Puuston pohjapinta-alaa käytetään runkoluvun ohella metsikön tiheyden tunnuksena.

Kun runkoluku on tärkeä tiheystunnus metsikön kehityksen alkuvaiheessa, pohjapinta-ala on sitä metsikön koko kasvatusvaiheen ajan kiertoajan loppuun saakka. Lakimetsissä pohjapinta-alan merkitys vielä korostuu puuston eri-ikäisyyden vuoksi. Pohjapinta-ala ilmaisee näissä olosuhteissa itseharvenemisen selvemmin kuin runkoluku. Lisäksi se on helppo arvioida relaskoopin avulla. Kun pohjapinta-alaa käytetään mainituista syistä yleisesti metsien käsittelyohjeiden perustana ja kun lakialueillakin käytännössä puhutaan käsittelyrajasta, sen riippuvuus topografisista tekijöistä muodostuu erääksi tämän tutkimuksen keskeisimmäksi tulokseksi (V u o k i l a 1980, s. 88—91).

Pohjapinta-alassa vallitsi selvä riippuvuus yleisistä metsikkötunnuksista. Riippuvuus-suhteet olivat vain runkolukua kiinteämmät. Varsinkin pituusboniteetin ja pohjapinta-alan välinen korrelaatio oli korkea (0,76***). Topografisista tekijöistä korrelaatioanalyysi osoitti maaston korkeuden parhaimmaksi selittäjäksi. Korrelaatiokerroin oli -0,56***. Maaston korkeuden selityskyky voimistui edelleen merkittävästi, kun riippuvuus-suhteen epälineaarisuus otettiin huomioon. Maaston korkeuden ylittäessä 300 m pohjapinta-ala alkaa voimakkaasti laskea. Tutkimusaineiston mukaan laskennallinen keskimääräinen metsänraja on n. 450 m:n korkeudella merenpinnasta. Sen vaihtelu oli kuitenkin melkoinen, sillä esim. Inarin alueella tunturipaljakka saavutetaan paikoin jo 340 m:n korkeudella.

Pohjapinta-alan maaston korkeudesta aiheutuva muutosnopeus oli kaikilla alueilla hyvin samansuuruinen. Niinpä alueittaisessa kovarianssimallissa sen arvo oli sama kuin koko aineistolle, -7,2 m²/ha 100 m:n nousua kohden. Pohjapinta-alan kokonaisvaihtelusta maaston korkeus kykeni selittämään 49 %. Muista topografisista tekijöistä merkittävän lisäselityksen antoi vain metsikön sijaintia kuvaava rinne, joka kohotti selityssasteen 51 %:iin. Sen pohjapinta-alaa lisäävä vaikutus oli 3,3 m²/ha.

Pohjapinta-alan riippuvuus lämpösummasta ei osoittautunut niin kiinteäksi kuin maaston korkeudesta. Pohjapinta-alojen suuri vaihtelu, joka johtui etupäässä tykkyalueiden alhaisista arvoista, aiheutti lämpösumman selityssasteeseen epä johdonmukaisuutta. Vaikka lämpösumma oli korvatta-

vissa topografisilla ja maantieteellisillä tunnuksilla, sen merkitys monimuuttujamalleissa oli kuitenkin kiistaton. Selitysaste kohosi tutkimusaineistossa parhaimmillaan lähes 75 %:iin. Huomionarvoista näissä monimuuttujamalleissa oli lisäksi se, että maaperän kivettömyys kohotti pohjapinta-alaa n. 3 m²/ha.

Käytännön kannalta merkittävintä oli pohjapinta-aloina ilmaistujen metsien yleisten käsittelyohjeiden vertailu topografisten tekijöiden ja ennen kaikkea maaston korkeuden säätelemien pohjapinta-alojen kanssa. Vertailupohjaksi talousmetsien taholta valittiin metsämaan heikoimman pituusboniteetin ($H_{100} = 15$ m) edellyttämät ns. leimausrajan pohjapinta-alat (vrt. Vuokila 1980, s. 196—197). Talousmänniköiden ja -kuusikoiden ko. kasvupaikan harvennusmallin edellyttämä leimausraja asetui tutkimusaineistossa keskimäärin 310 m:n korkeudelle merenpinnasta. Sitä korkeammalla olevat metsiköt eivät enää täytä talousmetsille asetettuja normaaleja pohjapinta-alavaatimuksia. Alueellinen vaihtelu oli kuitenkin suurehko. Pohjoisessa leimausrajan edellyttämä pohjapinta-ala löytyi alimmillaan 240 m:n ja parhaimmissa etelän tapauksissa 350 m:n korkeudelta. Korkeuden muutos etelään päin oli johdonmukainen ja selvä.

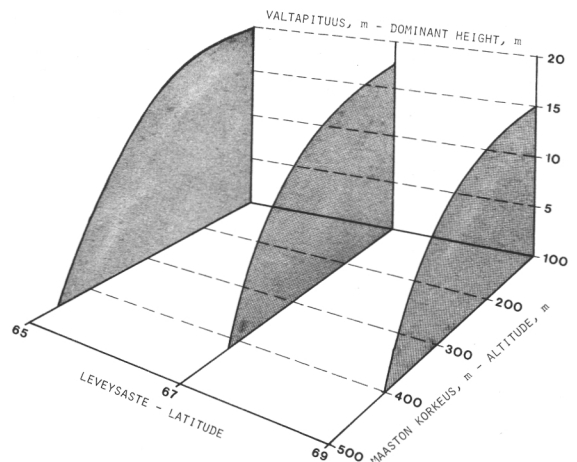
Toisena hakkuiden kannalta merkittävänä rajana tutkittiin metsämaan heikoimman boniteetin harvennusmallin harvennuksen jälkeisen minimipohjapinta-alan saavuttamista maaston korkeuden funktiona. Vaikka tarkastelu jäi kitumaan tulkinnallisuuden vuoksi osittain teoreettiseksi, voitiin kuitenkin todeta se maastonkorkeusraja, jonka yläpuolella olevat metsät olisi ainakin talousmetsien normaalien vaatimusten perusteella jätettävä aina käsittelemättä. Keskimäärin tämä raja on 350 m:n korkeudella. Vaihteluväli on pohjoisesta etelään 290 m:stä 400 m:iin. On kuitenkin syytä korostaa, että karuissa oloissa ei voida aina soveltaa talousmetsien käsittelyohjeita sellaisenaan. Metsänhoidolliset ja moninaiskäytölliset kysymykset tulevat tällöin erittäin merkittäviksi hakkuista päätettäessä.

313. Pituus

Metsikön pituustunnuksista ovat pohjapinta-alalla punnittu keskipituus ja valtipituus tärkeimmät. Keskipituuden merkitys on

kuutiomäärän määrittämisessä. Valtapituus kuvaa taas puustotunnuksista luotettavimmin kasvupaikan hyvyttä, josta syystä sitä on käytetty paljon metsämaiden luokituksen perustana. Pituusbonitoiminnin käyttö — metsätuotannonsysteemiä täydentävänä menetelmänä — on yleistymässä Suomessakin (Vuokila 1980, s. 75—88). Koska lakialueiden keskeiset ongelmat koskevat luokituksen sovellutuskelpoisuutta käsittelyrajaa sekä metsätalouden maan päluokkien ja sitä kautta veroluokkien rajoja paikallistettaessa, on valtipituuden merkitys tämän tutkimuksen kannalta korostetun suuri.

Lakialueita koskevat rajoitukset on tähän mennessä sidottu lähinnä maaston korkeuteen. Tämä valinta on ollut oikea, sillä maaston korkeuden ja valtipituuden välinen korrelaatio on korkea ($-0,73^{***}$). Riippuvuuden muoto ei ole lineaarinen, sillä maaston korkeuden toisen asteen termi oli analyttisessä tarkastelussa erittäin merkitsevä. Koko tutkimusaineistossa maaston korkeus selitti yksinään 57 % valtipituuden vaihtelusta. Kun analyysi suoritettiin kovarianssimallin avulla selitysaste kohosi vyöhykkeittäisessä tarkastelussa 61 %:iin ja alueittaisessa 72 %:iin. Keskinäisessä vertailussa maaston korkeuden ja leveysasteen perusteella laadittu malli asetui edellisten väliin. Sen mukaiset riippuvuusasteet ilmenevät kuvasta 3.



Kuva 3. Valtapituuden riippuvuus maaston korkeudesta ja leveysasteesta.

Fig. 3. The dependence on dominant height on latitude and terrain altitude.

Valtapiisuuden muutos pohjoiseen päin siirryttäessä on samalla korkeustasolla suhteellisen pieni. Metsiköt tosin harvenevat ja niiden määrä vähenee, mutta valtapiisuus laskee jyrkästi vasta metsänrajan välittömässä läheisyydessä. Etelässä huomio kiinnittyy metsänrajan vähäiseen nousuun maaston korkeusasteikossa, vaikka kasvuolosuhteet esim. lämpösunnan osalta paranevat. Syyt löytyvät tähän muista ilmastotekijöistä, jotka säätelevät tykyn kautta metsänrajaa.

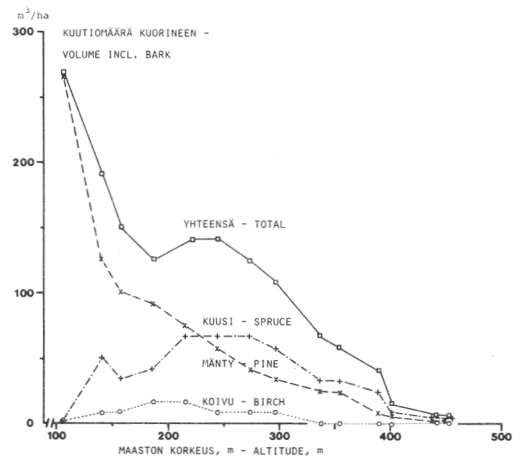
Lämpösunnan ja valtapiisuuden välinen korrelaatio oli myös kiinteä (0,61***). Niiden väliset parhaat selitysmallit olivat kuitenkin selvästi heikompia kuin maaston korkeuden ja valtapiisuuden. Lämpösunnan vaikutus ilmeni ainoastaan aluekohtaisessa tarkastelussa ja monimuuttujamalleissa, joissa se oli aina erittäin merkitsevä. Parhaimmalla mallilla kyettiin valtapiisuuden vaihtelusta selittämään 82 %. Lämpösunnan ja maaston korkeuden vaikutus valtapiisuuteen oli niin vallitseva, ettei mikään muu topografiaa kuvaava tunnus kyennyt antamaan tilastollisesti merkitsevää lisäselitystä monimuuttujanalyysissä.

Keskipiisuuden riippuvuus maaston korkeudesta oli täysin samanlainen kuin valtapiisuuden. Tästä syystä mielenkiinto kohdistui pelkästään valta- ja keskipiisuuden väliseen eroon ja sen riippuvuuteen muista tunnuksista. Parhaiten eroa selitti leveysaste. Valta- ja keskipiisuuden erotus pieneni etelästä pohjoiseen siirryttäessä tasaisesti 2,5 m:stä 0,7 m:iin. Ero pysyi kuitenkin 300 m:n maaston korkeuteen saakka samansuuruisena (n. 2 m), mutta pieneni sen jälkeen jyrkästi puurajaa lähestyttäessä lopulta 20—30 cm:ksi. Keski- ja valtapiisuuden kiinteällä suhteella on merkitystä varsinkin ilmakuvilta tapahtuvan luokituksen ja puuston-arvioinnin tukena.

32. Puuston tilavuus

321. Runkopuun tilavuus

Edellä esitetyillä puustotunnuksilla, runkoluvulla, pohjapinta-alalla ja keskipiitudella, todettiin jo kiinteä riippuvuussuhde maaston korkeuden kanssa. Koska metsikön runkopuun tilavuus on suoraan johdettavissa näistä tunnuksista, sama lainalaisuus



Kuva 4. Runkopuun tilavuuteen perustuvien puulajisuhteiden riippuvuus maaston korkeudesta.
Fig. 4. The dependence of species composition (based on mean volume) on terrain altitude.

vallitsee luonnollisesti senkin kohdalla. Keskinäinen korrelaatio oli verraten korkea (0,61***). Tilavuuden riippuvuus maaston korkeudesta pysyi alueittaisessa, vyöhykkeittäisessä ja koko aineistoa käsittävässä analyysissä samana. Maaston korkeuden lisääntyessä 100 m:llä tilavuus väheni 66 m³/ha. Alueittaisessa kovarianssimallissa selitysaste kohosi tällöin 54 %:iin. Tätä selityskyvyllään heikommaksi, mutta vyöhykkeittäistä tarkastelua paremmaksi osoittautui maaston korkeuden ja leveysasteen muodostama malli.

Kuvan 4 mukaisesti tilavuuden ja maaston korkeuden välinen riippuvuus on lineaarinen, kun tarkastelun ulkopuolelle jätetään 200 m:n maaston korkeuden alapuolella olevat metsiköt. Tältä selvästi metsämaan puoleiselta osalta aineiston edustavuus onkin heikohko.

Lämpösunnan vaikutus tilavuuteen ei ollut koko aineistossa niin kiinteä kuin maaston korkeuden. Korrelaatiokerroin oli 0,52*** ja tilavuuden muutos 42 m³/ha 100 d.d.-yksikköä kohden. Kun analyysi suoritettiin alueittaisella kovarianssimallilla, lämpösunnan merkitys kasvoi olennaisesti. Muutosnopeus oli tällöin 82 m³/ha/100 d.d. ja mallin selitysaste 55 % eli sama kuin maaston korkeudella.

Monimuuttujamallissa lisäksi maaston muoto osoittautui topografisista tekijöistä

merkitseväksi. Maanpinnan kivettömyys lisäsi myös lähes 25 m³/ha tilavuutta. Kun metsiköiden kehitysvaihe ja kasvupaikan hyvyys otettiin huomioon, koitettiin parhaan mallin selitysaste 74 %:iin.

Tilavuuden puulajiosuuksien kehitys nousi runkoluvun osoittamaa suuntaa. Männyn tilavuus pieneni jyrkimmin maaston korkeuden lisääntyessä (kuva 4), ei kuitenkaan siinä määrin kuin runkoluvun muutoksesta olisi voinut olettaa. Riippuvuussuhteen muoto ei liioin ollut täysin lineaarinen. Männiköiden tilavuuden aleneminen oli voimakasta metsä-kitumaan rajalle saakka. Sen jälkeen yksittäisten kookkaiden puiden esiintyminen hidastutti olennaisesti kehityskulkua. Lineaarinen korrelaatio oli kuitenkin niinkin korkea kuin -0,48***.

Kuusikoiden tilavuus oli varsinaisilla lakialueilla selvästi männiköitä suurempi, mikä vahvistaa käsitystä, että kuusikot ulottuvat metsikkömäisinä aina metsänrajan tuntumaan saakka. Koko aineistossa kuusen osuuden riippuvuus maaston korkeudesta oli heikohko (-0,23**), mutta alueittaisessa tarkastelussa selitysaste kohosi yli 56 %:n. Kuusikoissa kasvupaikan hyvyys selitti myös erittäin merkittävästi tilavuuden vaihtelua.

Myös lehtipuiden tilavuus pieneni maaston korkeuden lisääntyessä voimakkaasti runkoluvun noususta huolimatta. Lehtipuiden merkitys on siten lakialueilla puuntuotannollisesti olematon, mutta ekologisesti hyvin suuri. Lämpösumma osoittautui lehtipuuston vaihtelun paremmaksi selittäjäksi kuin maaston korkeus. Pituusboniteetin avulla mitattu kasvupaikan hyvyys osoittautui myös erittäin merkittäväksi lisäselittäjäksi.

322. Järeysuhteet

Metsien käsittelyn ja hakkuumahdollisuuksien selvittämiseksi puuston järeysuhteet ja niiden topografiasta aiheutuvat muutokset ovat metsätalouden suunnittelun olennaista tietoa. Puuston järeyttä voidaan kuvata usealla tavalla. Tässä tutkimuksessa sitä tarkastellaan puutavaralajeittain ottamatta kuitenkaan huomioon puutavaran pituutta ja teknistä laatua. Kuhunkin järeysluokkaan on summattu se osa rungon tilavuudesta, joka jää kannon ja omaksutun minimiläpimitan sijaintikorkeuden väliin. Järeysluokkien läpimittarajat on esitetty taulukossa 1.

Edellisessä luvussa tarkasteltiin tavallaan kokonaistilavuuden riippuvuutta topografisista tunnuksista. Koska alin järeysluokka jättää tarkastelun ulkopuolelle vain läpimitaltaan 5,5 cm ohuemman runkopuun, ei eroa kokonaistilavuuden kanssa ole havaittavissa juuri lainkaan. Alimman järeysluokan tilavuuden korrelaatiokertoimet pituusboniteetin, maaston korkeuden ja lämpösumman kanssa olivat erittäin korkeat (taulukko 1). Toisessa järeysluokassa (9,5+ cm) em. muuttujien selitysaste oli yhtä hyvä, mutta kolmannessa (20,5+ cm) riippuvuus-suhteet heikkenivät olennaisesti. Siitä huolimatta kaikki korrelaatiokertoimet olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Vastaavasti laski myös monimuuttujamallin selitysaste järeysluokasta toiseen. Järeimmässä luokassa tilavuuden keskihajonta oli suurin, eivätkä käytettävissä olevat tunnuksat kyenneet selittämään vaihtelua siinä määrin kuin muissa luokissa.

Eri järeysluokkien tilavuuden riippuvuus maaston korkeudesta osoittautui lakialueiden osalta lineaariseksi (kuva 5). Alueit-

Taulukko 1. Maaston korkeuden, lämpösumman ja pituusboniteetin korrelaatiokertoimet eri järeysluokkien puumäärään sekä monimuuttujamallin selitysaste.

Table 1. The correlation coefficients of terrain altitude, temperature sum, and site index in relation to dimension class volumes, with the coefficient of multiple correlation.

Järeysluokka Dimension class	Minimiläpimita Diameter limit cm	Maaston korkeus Altitude Korrelaatiokerroin — correlation coefficient	Lämpösumma Temperature sum	Pituusboniteetti Site index	Monimuuttujamalli Multiple regression R ²
I	5,5	-0,61***	0,51***	0,77***	0,74
II	9,5	-0,60***	0,50***	0,75***	0,73
III	20,5	-0,49***	0,46***	0,61***	0,66

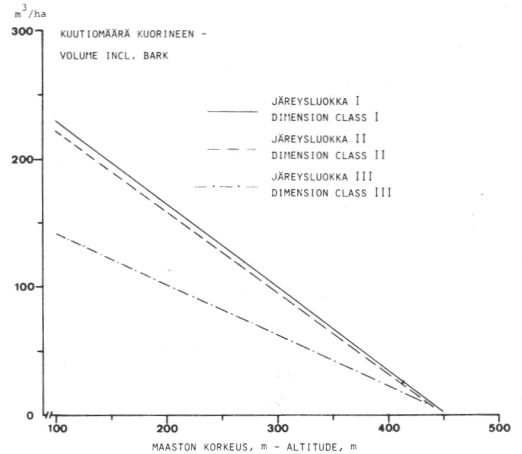
tainen osittelu paransi merkittävästi kovarianssimallien selitystasetta. Tilavuuden muutos maaston korkeuden funktiona pysyi kuitenkin yhtä vakaana kuin edellä koko runkopuutilavuutta analysoitaessa. Monimuuttujamalleissa ainoastaan järein kolmas luokka poikkesi muista siten, ettei kivisyydellä ollut siinä enää minkäänlaista merkitystä. Alueittaisessa laskennassa lämpösumma osoittautui maaston korkeuden veroiseksi. Tavanomaisista metsikkötunnuksista pituusboniteetti oli ylivoimaisesti parhain järeiden selittäjä. Merkittävintä kokonaisuuden kannalta oli kuitenkin se, että järeää puuta riittää ainakin ulkoisten mittojen perusteella arvostellen metsänrajalle saakka.

Koska tutkimusmetsiköt olivat pääasiallisesti luonnontilaisia, tutkittiin järeiden muutosta myös pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan funktiona. Sen riippuvuus suhde maaston korkeuden kanssa osoittautui lähes yhtä kiinteäksi kuin tilavuuden toisessa järeysluokassa. Riippuvuuden muoto ei ollut kuitenkaan lineaarinen. Keskiläpimita pysyi tutkimusmetsiköissä 300 m:n korkeuteen lähes muuttumattomana. Sen jälkeen maaston yhä kohotessa puuston keskiläpimita alkoi nopeasti laskea ja keskimäärin n. 330 m:n korkeudella tapahtui selvä ”romahdus”. Se oli yhtä selvä tutkimusaineiston kolmella pohjoisella vyöhykkeellä. Eteläisimmällä vyöhykkeellä keskiläpimitan jyrkkä lasku siirtyi 400 m:n korkeudelle. Valtaläpimitan avulla tehty analyysi johti samoihin tuloksiin, ja näin varmisti järeysuhteiden poikkeuksellisen maaston korkeuteen liittyvän kehityspiirteän.

323. Puutavaralajirakenne

Karuilla ilmastoalueilla puuston laadun suuri vaihtelu vaikeuttaa tarkkojen puutavaralajiarvioiden tekoa. Kun arviot perustuvat tässä tutkimuksessa lisäksi pystymittaukseen, oli tyydyttävä korkeimman mahdollisen tukkiosuuden toteamiseen. Puiden apteraus tapahtui siis pelkkien ulkoisten mittojen perusteella. Tukkien puulajeittaiset minimimitat ovat Metsäntutkimuslaitoksen laskentaohjelmiston apterausparametrien oletusarvoja (Valtakunnan... 1971, K u u s e l a 1977).

Laatutekijän puuttuessa saatiin puutavaralajilaskennalla vain entistä monipuolisempi kuva metsiköiden järeysrakenteen muutok-



Kuva 5. Järeysluokkien kuutiomäärän riippuvuus maaston korkeudesta.

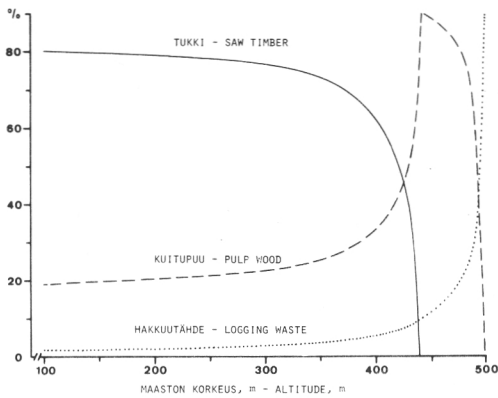
Fig. 5. The dependence of dimension class volumes on terrain altitude.

sista. Puiden tekninen laatu vaihtelee todennäköisesti sitä voimakkaammin, mitä korkeammalla metsikkö sijaitsee. Tukkipuuhun sisältyvät myös ratapölkkyt, joiden osuus järeästä puusta saattaa olla vallitseva.

Maaston korkeuden vaikutus tukkirunkojen lukumäärään hehtaaria kohden oli hyvin voimakas. Näiden tunnusten välinen korrelaatiokerroin oli $-0,63^{***}$ ja vähenninen 130 runkoa/ha 100 m:n nousua kohden. Kasvupaikkatekijöistä metsikön pituusboniteettiarvo ja maaperän kivettömyys olivat muita merkitsevämpiä. Kuitupuurunkojen lukumäärän riippuvuus topografisista tekijöistä tuli ilmi ainoastaan alueittaisissa analyyseissä.

Kuitupuun tilavuuden tarkastelussa tulos oli edellistä parempi. Kuitu- ja tukkipuumäärien riippuvuus maaston korkeudesta, lämpösummasta ja pituusboniteetista oli yhtä kiinteä kuin edellä järeysluokituksessa. Riippuvuus suhde — mukaan luettuna myös hakkuutähteen määrä — oli kaikilla täysin lineaarinen. Maaston korkeuden ja tukkipuumäärän välinen korrelaatio oli $-0,57^{***}$ ja kuitupuun $-0,46^{***}$. Tukkipuuston vähenninen oli n. 55 m³/ha 100 m:n nousua kohden, kuitupuulla sen sijaan vain 10 m³/ha. Kiinteää lainalaisuutta todisti sekin, että nämä riippuvuus suhteet pysyivät samoina alueittaisessa, vyöhykkeittäisessä ja koko aineistoa koskevassa tarkastelussa.

Monimuuttuja-analyyseissä mallien selitys-



Kuva 6. Puiden ulkoisiin mittoihin perustuvan suhteellisen puustorakenteen riippuvuus maaston korkeudesta.

Fig. 6. The dependence of relative stand structure (based on external dimensions of trees) on terrain altitude.

asteet vaihtelivat ennen kaikkea suhteellisen tarkastelutavan vuoksi. Kuitupuumäärän kokonaisvaihtelusta mallit selittivät 55 %. Tukkipuumäärän osalta vastaava tunnus oli 70 %. Mukana malleissa olivat tällöin mm. metsikön topografista asemaa kuvaava luokittelutunnus ja maaperän kiviisyys tilastollisesti merkittävänä selittäjinä. Hakkuutähteen määrän ennustettavuus oli selvästi muita heikompi. Sen absoluuttinen osuus puuston rakenteesta laski maaston korkeuteen nähden niin vähän, että sitä käytännössä voitaisiin pitää vakiona.

Alueittaisessa kovarianssimallissa lämpösomman ja puutavaralajiosuuksien välinen riippuvuusuhde oli hyvin kiinteä, täysin maaston korkeuteen verrattava, mutta maantieteellistä yhdenmukaisuutta ei ollut riittävästi lainalaisuuden osoittamiseen.

Tukkipuumäärän osalta tutkimusta syvennettiin vielä siten, että laskettiin tukkirunkojen käyttö- ja tukkiosan aritmeettinen keskitilavuus. Näiden tunnusten riippuvuus maaston korkeudesta oli analoginen edellä saatujen tulosten kanssa. Korrelaatiokertoimet olivat suuruusluokka $-0,5$ ja käyttöpuumäärän muutos $0,19 \text{ m}^3$ 100 m:n nousua kohden. Tukkiosan keskikoko muuttui vastaavasti $0,17 \text{ m}^3$. Metsien käsittelyrajalla, 300 m korkeudessa merenpinnasta, tukkirunkojen käyttöosan keskitilavuus oli tässä tutkimuksessa $0,360 \text{ m}^3$.

Tutkimusmetsiköiden puutavaralajirakenne pysyi suhteellisesti lähes muuttumatto-

mana 350 m:n korkeuteen asti merenpinnasta (kuva 6). Sen jälkeen tukkien ja tässä tapauksessa myös ratapölkkyjen osuus laski hyvin nopeasti. Tukkipuun tuotannon laskennallinen yläraja oli keskimäärin 440 m:n korkeudella. Kuitupuun osuus lisääntyi jyrkästi tällä maaston korkeudella, mutta laski yhtä jyrkästi jo 10 m:n nousun jälkeen.

Lakialueiden puusto sisältää siis käsittelyrajan yläpuolellakin ja lähellä metsänrajaa runsaasti tukkipuuta. Mielenkiinto lakimetsien hakkuisiin johtuneen osittain tästä. Vaikka mitoiltaan kaupaksi kelpavaa puuta löytyy käsittelyrajan yläpuolelta, ei se yksin kuitenkaan oikeuta näissä metsissä tapahtuviin hakkuisiin. On syytä korostaa, että edellä lasketut puutavaralajimäärät ilmaisevat rakenteen sellaisena, millaiseksi se muodostuisi, jos koko pystypuusto hakattaisiin. Lisäksi tukkipuuston heikko laatu, jota ei ole voitu tässä tarkastella, voi merkitä kuitupuun ja varsinkin hakkuutähdeosuuden tuntuva lisääntymistä (vrt. Kangas 1966, Norokorpi 1979).

33. Tilavuuskasvu

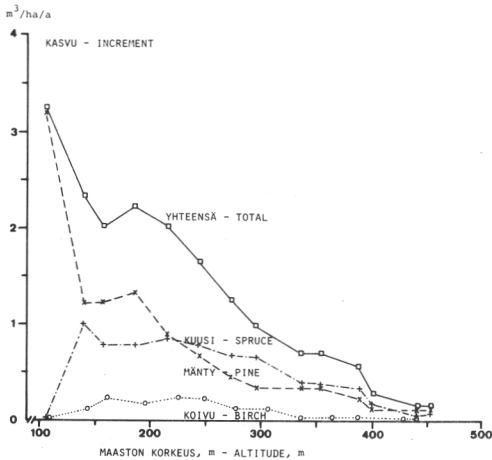
Puuston kasvu on keskeinen tunnus lakialueiden metsiä tarkasteltaessa. Metsä- ja kitumaan raja sekä metsätalouden maan luokittelu yleensä perustuvat runkokuun keskimääräiseen kasvuun (Vuokila 1968, Kusuella 1977). Pääluokkien rajojen taustana oleva 100 vuoden kiertoaika soveltuu tosin huonosti lakialueiden metsiin, koska suurimman keskikasvun kiertoaika on siellä merkittävästi tätä pitempi. Kiertoajan käsite ei oikeastaan sovellu lainkaan metsänraja-alueen metsiköille niiden puustorakenteen ja syntyvän vuoksi. Metsiköt koostuvat varsin eri-ikäisistä ja -kokoisista puuyksilöistä. Ne ovat tyypillisiä pystyporasteisia harsintametsiä, joissa uudistuminen on metsäpaloja lukuunottamatta tapahtunut puukohtaisesti. Vanhan puuyksilön poistuminen on luonut tilaa nuoremmille. Harsintarakenteesta, joka on vuosisatojen kehityksen tulos, johtuu Suomen oloissa harvinainen kasvun ja runkokuun tuotoksen tasapainotila. Metsikön keskikasvu pysyy suurilmastollisia muutoksia lukuunottamatta lähes vakiona. Tätä taustaa vasten on mahdollista tarkastella pitkän aikavälin

kasvua myös lyhyehkön havaintojakson perusteella. Tässä tutkimuksessa kasvutiedot perustuvat kasvuindeksillä korjattuun menneeseen 5-vuotiskauteen.

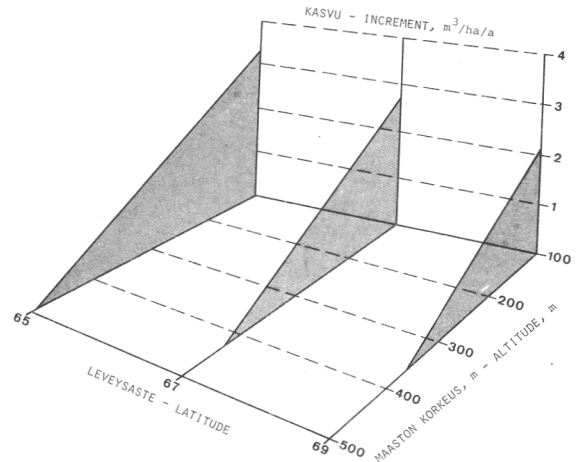
Hehtaarikohtainen vuotuinen tilavuuskasvu korreloi kiinteästi lämpösumman ($r = 0,63^{***}$) ja maaston korkeuden ($-0,62^{***}$) kanssa. Korrelaatiokertoimet olivat jopa suurempia kuin aiemmin esitetyllä runkopuun tilavuudella. Paras korrelaatio todettiin kuitenkin tilavuuskasvun ja pituusboniteetin välillä (0,78). Pituusboniteetti yksinään selitti 55 % kasvun kokonaisvaihtelusta. Alueittaisessa kovarianssianalysissä selitysaste kohosi jopa 71 %:iin.

Kasvun ja analyysimuuttujien väliset riippuvuudet osoittautuivat lineaarisiksi tutkimuksen rajaamalla tarkastelualueella. Kuvan 7 mukainen kasvun pieneminen on $0,82 \text{ m}^3/\text{ha}$ 100 m:n nousua kohden. Muutos pysyi lähes vakiona vyöhykkeittäisessä ja alueittaisessa laskennassa. Metsä- ja kitumaan raja ($1,0 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ k:neen) sijaitsee tämän tutkimuksen aineiston mukaan keskimäärin n. 325 m:n sekä kitu- ja joutumaan raja 430 m:n korkeudella.

Puulajeittaisessa analyysissä huomio kiinnittyi erikoisesti männyn hyvään tilavuuskasvuosuuteen korkeilla alueilla. Vaikka



Kuva 7. Vuotuisen tilavuuskasvuun perustuvien puulajisuhteiden riippuvuus maaston korkeudesta. Fig. 7. The dependence of species composition (based on annual increment) on terrain altitude.



Kuva 8. Runkopuun vuotuisen tilavuuskasvun riippuvuus maaston korkeudesta ja leveysasteesta. Fig. 8. The dependence of stemwood annual increment on latitude and terrain altitude.

männiköt harvenevat muita puulajeja nopeammin maaston kohotessa, sen puuyksilöt kasvavat kuitenkin näissä oloissa parhaiten. Kuusilla sen sijaan korostui kasvupaikan hyvyys muita puulajeja selvemmin. Pituusboniteetti olikin kuusikkoaineistossa tärkeä kasvun vaihtelun selittäjä. Koivun — samoin kuin kuusenkin — kasvuosuuden riippuvuus maaston korkeudesta oli lämpösummaa heikompi.

Tilavuuskasvun maantieteellinen, maaston korkeudesta ja leveysasteesta johtuva vaihtelu on esitetty kuvassa 8. Metsänraja alenee pohjoiseen päin siirryttäessä vähitellen, ja samalla kasvun yleinen taso laskee. Koska maaston korkeus säätelee selvemmin lakialueiden metsänrajaa, lämpösumma yksin ei pysty maantieteellisesti kattavaan selitykseen. Lämpösumman aiheuttama kasvun muutos oli koko aineistolle $0,67 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ 100 d.d.-yksikköä kohden, mutta vyöhykkeittäin $1,00 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$.

Muista topografisista tunnuksista vain maaston kaltevuus oli tilavuuskasvun merkittävä lisäselittäjä. Kasvupaikkatekijöistä kivisyys ja soistuneisuus vähensivät kasvua. Niiden merkitys jäi kuitenkin pituusboniteettiin verrattuna suhteellisen vähäiseksi. Parhain malli pystyi selittämään 73 % tutkimusaineiston kasvun vaihtelusta.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Nykyinen metsänraja on Suomen Lapissa maaston korkeuden suhteen selvä (kuva 9). Se kiertää tunturipaljakkaa usein samalla korkeuskäyrällä kuin jääkauden aikainen merenrantaviiva. Vain tunturipurojen suojaisissa uurteissa metsää kasvaa paikoin tätä korkeammalla. Pohjoista metsänrajaa säätelee lähinnä lämpötila, eteläisillä lakialueilla tykky. Aiemmissä tutkimuksissa merkittäväksi todettu maaston kaltevuuden ja sen suunnan vaikutus jäi tässä tutkimuksessa vähäiseksi (vrt. O i n o n e n ym. 1958, P o s o & K u j a l a 1973). Tämä johtune siitä, että tutkimusaineisto painottuu eteläisiin lakialueisiin, missä rinteen ilmansuunnan merkitys on selvästi pienempi kuin pohjoisessa. Lisäksi tunturien ja vaarojen lakikorkeus laskee huomattavasti etelään päin siirryttäessä (A a r t o l a h t i 1977), mikä osaltaan selittää em. havainnon. Ilmansuunnalla on monimuuttuja-analyysin mukaan vaikutusta vain puuston runkolukuun.

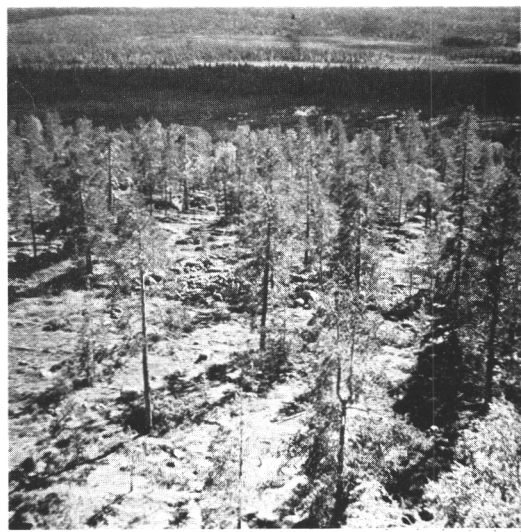


Kuva 9. Alpiininen metsänraja piirtyy terävänä maaston korkeuden mukaan (kuva Tapani Vartiainen).

Fig. 9. The alpine timber line is distinctly regulated by terrain altitude (photo: Tapani Vartiainen).

Etelä-länsirinteillä mäntyä oli tosin runsaimmin, ja koillisessa ja idässä taas ekologisesti vahva koivu kasvatti osuuttaan. Kaltevuusaste antoi merkitsevän lisäselityksen vain puuston tilavuuskasvun vaihtelulle. Muiden puustotunnusten osalta metsikön asema — laki, rinne tai notkelma — korvasi luokamuuttujana tarkan kaltevuustunnuksen. Tällä seikalla on merkitystä lähinnä ilmakuvilta suoritettavaa luokitusta ajatellen.

Tyypillinen lakimetsä on myös harva (kuva 10). Puuston tiheys pienenee maaston kohotessa. Kiinteimmin tämä ilmenee pohjapinta-alassa, sillä runkoluvussa korostuu liikaa pienten hieskoivujen lisääntyminen laelle päin siirryttäessä. Merkille pantavaa on kookkaiden puiden tasainen jakauma siten, että niiden hallussa oleva kasvutila kuvastaa hyvin kasvupaikan hyvyyttä. Lakialueilla, joissa vesi- ja ravinnetalouden erot ovat vähäiset, ei puuston ryhmittäisyyttä juuri esiinny.



Kuva 10. Puuysilöiden laaja kasvutila kuvastaa kasvupaikan karuutta. Lakimetsät harvenevat laelle päin (kuva Veikko Stöckel).

Fig. 10. The widely spaced trees are indicative of the site's barrenness. Summit forests become sparser towards the top (photo: Veikko Stöckel).

Mitä lähemmäksi metsänrajaa edetään sitä selvemmäksi käy metsien harsintarakenne (kuva 11). Tämä lienee tarkoituksenmukaista karuilla ilmastoalueilla, ja seurausta siemenvuosien vähydestä, niukoista kasvuolosuhteista, puuston luontaisesta harvuudesta ja Lapin kesien valoisuudesta. Joka tapauksessa eri-ikäisistä ja -kokoisista puuyksilöistä syntynyt metsä on stabiili olotila, jossa metsänrajan vaaroihin on varauduttu puuston rakenteellisella porrastuksella. Tasaikäisille metsiköille kehitetyt puustonormit soveltuvat tästä syystä huonosti metsänraja-alueille.

Lakialueiden metsät tarvitsevat kasvu-paikkaluokitusta siinä kuin mikä tahansa metsätalouden maahan kuuluva metsikkö. Ilmakuvilta ja topografikartoilta tapahtuvaa esiluokitusta ajatellen tutkimuksessa oli mukana kivisyys ja soistuneisuus. Varsinkin kivisyyteen liittyvä luokitus osoittautui lähes kaikkia metsikön puustotunnuksia merkittävästi selittäväksi muuttujaksi (kuva 12). Tämä johtunee ensisijaisesti siitä, että tunturien ja vaarojen laet ovat hyvin kivisiä. Kivisyys korreloi merkittävästi myös rinteen kaltevuuden kanssa. Lisäksi varianssianalyysi osoitti kivisyysluokkien välillä olevan tilastollisesti merkittäviä eroja.

Metsämaiden luokituksessa on perustekijänä tilavuuskasvu. Tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoisin on raja metsä- ja kitumaan välillä, missä vuotuinen runkopuun keskikasvu on $1,0 \text{ m}^3/\text{ha}$ kuorineen. Tämä rajan sijainti maaston korkeuden ja leveysasteen suhteen on esitetty kuvassa 13. Alueittain metsä- ja kitumaan raja alenee maaston korkeuden lisääntyessä vähitellen, mutta säännönmukaisesti pohjoiseen päin siirryttäessä. Muutoksen jyrkkyys saattaa nyt olla todettua hieman voimakkaampiakin, sillä eteläisessä tutkimuskohteessa Paljakan alueella, ei laella 380 m:n korkeudella, metsä- ja kitumaan rajaa vielä saavuteta. Kuvassa 13 on kuitenkin hahmoteltu kitu- ja joutomaan raja myös eteläisimmille alueille, vaikka vaarojen mataluuden vuoksi tätä rajaa ei aineistossa todellisuudessa saavutettu.

Tutkimuksessa todettu metsä- ja kitumaan rajan sijainti, jos se tulkitaan käsittelyrajaksi (toimenpideraja), ei anna aihetta nykyisten käsittelyohjeiden (Ohjekirje... 1976) muuttamiseen, etenkin kun veroluokituksessa on nykyisin myös alettu ottaa huomioon maaston korkeus ja lämpösumma. Alueen keskimääräisestä korkeustasosta laskettu maaston suhteellinen korkeus ei minkään puustotun-



Kuva 11. Lakimetsille on tyypillistä harsintarakenne.

Fig. 11. Selection stand characteristics are typical of summit forests.



Kuva 12. Tunturien ja vaarojen laet ovat usein pelkkää kivirakkaa.
 Fig. 12. The tops of fjelds and wooded-fjelds are often merely boulder-fields.

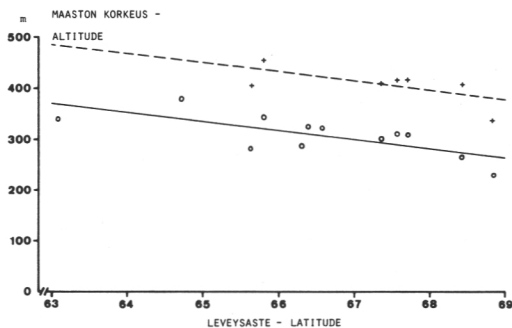
nuksen kohdalla osoittautunut merenpinnan tason absoluuttista arvoa paremmaksi. Sen sijaan merenpinnan tasoon muunnettu lämpösumma osoittautui leveysasteen kanssa tasavertaiseksi muuttujaksi, vaikka se olikin selitysvoimaltaan heikompi.

Vaikka maaston korkeus antaa keskimäärin varsin luotettavan arvion metsä- ja kitumaan rajasta, sitä on pystyttävä käytännössä tarpeen mukaan täsmentämään. Tähän tarkoitukseen on paras valtapituuteen perustuva kasvupaikkaindeksi. Valtapituuden ja maaston korkeuden välinen riippuvuussuhde on hyvin kiinteä. Sitä täydentää vielä pituusboniteetin ja tilavuuskasvun välinen riippuvuus, joka oli tutkimuksen puustotunnuksien välisistä korrelaatioista korkein. Kuvassa 14 metsä- ja kitumaan raja on esitetty pituusboniteetin ja leveysasteen funktiona. Sen mukaan ko. raja ei ole lakialueilla vakio, vaan kohoa pohjoiseen päin siirryttäessä. Selityksenä tähän voi olla vain eteläisten vaarojen mataluus, mutta sekkin on tosiasia, eikä muuta näin ollen tilannetta. Metsä- ja kitumaan rajaa vastaa keskimäärin pituusboniteetti-indeksi $H_{100} = 12$ m. E b e l i n g i n (1980) esittämät vaikeudet pituusboniteetin määrittämisessä äärevillä

alueilla eivät osoittautuneet tässä tutkimuksessa varteenotettavaksi esteeksi pituusboniteetin käytölle.

Lakialueiden kasvupaikkojen luokituskysymyksiin löytyi siis tyydyttävä ratkaisu, sitä vaikeampaa on antaa ohjeita niiden käsittelystä. Suoja- ja lakimetsät eivät ole kuitenkaan luonnonsuojelualueita (vrt. O i n o n e n ym. 1958). Niissä riittää myös ulkoisilta mitoilta järeää puuta lähes metsänrajalle saakka. Ekonomisesti kyseenalaisiksi hakkuut tulevat lähinnä siitä syystä, että hakkuukertymät jäävät pieniksi. Ainoastaan puuston rakenteen sallimat harsintahakkuut voivat tulla kaikkein karuimmissa kasvuolosuhteissa kysymykseen (Selvitys... 1975, Meraskog norr 1979).

Lisäksi puuston laatu vaihtelee erittäin voimakkaasti tapauksesta toiseen. Teoreettiset, vain puuston ulkoisiin mittoihin perustuvat rakennelaskelmat antavat tästä syystä liian edullisia tuloksia. Valtion suojametsäalueen eräissä leimikoissa, on kokonaispuustolle saatu varsin alhaisia tukkipuusuuksia, kun laatu on voitu ottaa huomioon. Tukkeja on saatu keskimäärin 48,5 %, ratapölkkyjä 17,7 % ja kuitupuuta 25,3 %. K u u s e l a n (1977) keskimääräiset tukkipuu-

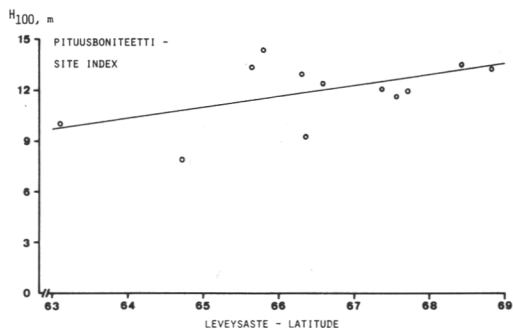


Kuva 13. Metsätalouden maan päluokkien rajojen riippuvuus maaston korkeudesta ja leveysasteesta. Yhtenäinen viiva = metsä- ja kitumaan raja. Katkoviiva = kitu- ja joutomaan raja.

Fig. 13. The dependence of forestry land category boundaries on latitude and terrain altitude. Solid line = the boundary between productive and low-productive forest land. Broken line = the boundary between low-productive forest land and wasteland.

osuudet Pohjois-Suomelle ovat kuitenkin vielä tätäkin alhaisemmat. Esimerkiksi 12. kasvialueen III veroluokassa tukkiosuus on vain 35 %. Hyppösen ja Norokorven (1979) tutkimuksen mukaan Pohjois-Suomen vanhoissa kuusikoissa lahoisuus vähensi ulkoisten mittojen perusteella laskettua tukkipuusaantoa 56 %:sta 33 %:iin käyttöpuumäärästä.

Suojametsien ja lakialueiden moninaiskäyttöarvo on suuri. Siksi metsien käsitte-



Kuva 14. Metsä- ja kitumaan rajan riippuvuus pituusboniteetista (H_{100}) ja leveysasteesta.

Fig. 14. The dependence of the productive and low-productive forest land boundary on the site index (H_{100}) and latitude.

lyn tulisi yleensä rajoittua puuston eri-ikäisrakenteen huomioon ottaviin harsintatyyppiisiin hakkuisiin. Vain harvoin tulee kysymykseen talousmetsissä yleisesti sovellettava alaharvennus (vrt. Oinonen ym. 1958, Norokorpi 1980). Jos suoja- ja lakimetsät halutaan säilyttää muuttumattomina, ne on jätettävä hakkuiden ulkopuolelle. Jos niitä halutaan hoitaa ja käyttää taloudellisesti hyödyksi, on lahoava järeä puusto korjattava. Tätä edellyttää hyvä metsähygieniakin. Samoin tehdään nykyisin Keski-Euroopan alpiinisen metsänrajan suojametsissä (Leibundgut 1970, s. 189—195, Mayer 1978).

5. YHDISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena on analysoida lakialueiden puuston ja topografian välisiä suhteita. Pää tarkoituksena on täsmentää metsä- ja kitumaan rajan sijaintia Suomen Lapissa. Samalla selvitetään, mitä lakialueiden toimenpideraja puuntuotannollisesti merkitsee ja miten se vaikuttaa laki- ja suojametsien käsittelyohjeisiin.

Tutkimusaineisto käsittää 12 aluetta, jotka edustavat maantieteellisesti koko tunturi- ja vaara- aluetta. Tehoisan lämpösumman perusteella alueet ryhmiteltiin neljään vyöhykkeeseen. Aineiston käsittelyssä käytettiin hyväksi korrelaatio-, varianssi- ja kovarianssi-analyysiä.

Tulokset osoittavat, että maaston korkeudella on topografisista tunnuksista huomattavin vaikutus lakialueiden puustoon. Maaston kaltevuuden ja suunnan merkitys on vähäinen, eteläisimmissä alueissa jopa olematon. Kaltevuuden korvaa metsikön topografinen sijainti, kun vaihtoehtoja ovat laki, rinne ja notkelma. Kasvupaikan hyvyttä kuvaavista tunnuksista pituusboniteetti sekä maaperän kivisyys- ja soistuneisuusluokitus täydentävät parhaiten topografiaa. Maantieteellistä asemaa kuvaa leveysaste merenpintaan muunnettua lämpösummaa paremmin. Lämpösumma on alueittain tarkastellen hyvä puuston muutosten selittäjä, mut-

ta koko tutkimusalueella se ei yksin riitä kuvaamaan maantieteellisten puustoerojen syitä. Maaston suhteellinen korkeus jäi joka suhteessa absoluuttista heikommaksi.

Lakialueilla maaston nousu vaikuttaa selvästi metsäkuvaan. Puustot käyvät harvoiksi ja niiden harsintarakenne yleistyy. Puulaista koivun osuus lisääntyy lukumääräisesti, vaikka tuotoksena mitaten sen merkitys jää aina vähäiseksi. Pohjois-itärinteillä koivu täydentää havupuiden jättämiä aukkoja, mutta useimpien puustotunnusten kohdalla ilmansuunnalla ei ole merkitystä.

Maaston korkeus säätelee selvästi metsänrajaa lakialueilla. Pohjoisessa on lähinnä kysymys lämpötekijästä, etelässä tykystä. Metsä- ja kitumaan raja on sidottavissa maaston korkeuteen ja asettuu tutkimusalueilla keskimäärin 325 m:n tasolle. Raja alenee pohjoista kohti kuitenkin siinä määrin, ettei nykyistä ohjetta toimenpiderajan määrittämiseksi ole syytä muuttaa. Raja on lisäksi täsmennettävissä pituusboniteetin avulla. Metsä- ja kitumaan rajan pituusboniteetti-indeksi kasvaa hieman pohjoiseen päin ja on keskimäärin $H_{100} = 12$ m.

Lakimetsät ovat varsin puustoisia. Järeää puuta on metsänrajalle saakka. Luonnonmetsiköiden harvennusmallin leimausrajan

edellyttämä pohjapinta-ala saavutetaan kuitenkin keskimäärin vain alle 310 m:n maaston korkeudella. Pohjoisimmista metsissä ko. leimausraja on enintään 240 m:n korkeustasolla. Harvennusmallien käsittelyn jälkeinen pohjapinta-ala saavutetaan vielä keskimäärin 350 m:n korkeudella. Sitä ylempänä sijaitsevat metsät olisi alhaisen puustopääoman vuoksi jätettävä käsittelemättä. Nämä tulokset viittaavat ainakin normaalia alaharvennusmenettelyä noudatettaessa pieneen hakkuukertymään. Avohakkuut eivät taas metsänuudistamisessa tule edes kysymykseen.

Hakkuuiden kannattavuutta heikentää lisäksi lakimetsien puuston huono laatu. Tutkimuksessa esitetyt puustorakenteet, jotka on arvioitu vain puiden ulkoisten mittojen perusteella, antavat todellisesta tilanteesta liian optimistisen kuvan. Lisäksi sahapuu sisältää ratapölkyt, mikä on otettava tuloksia tulkittaessa huomioon.

Lakimetsien käsittelyssä voidaan metsähygieniää parantavana hoitotoimenpiteenä ajatella harsintahakkuuta, joissa muutoin lahoava vanha puusto korjataan talteen. Tällöinkin tulisi aina ajatella suoja- ja lakimetsien merkittävää moninaiskäyttölistä arvoa.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- AARTOLAHTI, T. 1977. Suomen geomorfologia. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen opetusmonisteita 12:1—150.
- EBELING, F. 1980. Mera om bonitering i kyliga klimatlagen. Kort gemmäle till Björn Häglund med anledning av hans artikel i häfte 2/1979. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 3:76—81.
- HEIKINHEIMO, O. 1920a. Pohjois-Suomen kuusimetsien esiintyminen, laajuus ja puuvarastot. Referat: Vorkommen, Umfang und Holzvorräte der Fichtenwälder in Nord-Finnland. Commun. Inst. Quaest. For. Finl. Ed. 3:1—170.
- 1920b. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Referat: Die Schneeschadengebiete in Finnland und ihre Wälder. Commun. Inst. Quaest. For. Finl. Ed. 3:1—134.
- 1921. Suomen metsärajat ja niiden vastainen käyttö. Referat: Die Waldgrenzwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung. Commun. Inst. Quaest. For. Finl. Ed. 4:1—72.
- HYPÖNEN, M. & NOROKORPI, Y. 1979. Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa. Summary: The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland. Folia For. 381:1—13.
- ILVESSALO, Y. 1970. Metsiköiden luontainen kehitys- ja puuntuottoiky Pohjois-Lapin kivennäismailla. Summary: Natural development and yield capacity of forest stands on mineral soils in northern Lapland. Acta For. Fenn. 108:1—43.
- & ILVESSALO, M. 1975. Suomen metsätyypit metsiköiden luontaisen kehitys- ja puuntuottoikyvyn valossa. Summary: The forest types of Finland in the light of natural development and yield capacity of forest stands. Acta For. Fenn. 144:1—101.
- KALLIOLA, R. 1973. Suomen kasvimaantiede. WSOY. Porvoo. 308 s.
- KANGAS, Y. 1966. Valtion metsien hakkuupoistuma ja sen rakenne. Vuosiin 1954—1958 kohdistuva selvittely. Referat: Der Hiebsabgang in den staatlichen Wäldern und seine Struktur. Silva Fenn. 120:1—158.
- KILKKI, P. 1974. Metsänmittausoppi. 2. korjattu painos. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. Tiedonantoja 7:1—88.
- KUUSELA, K. 1975. Suoja- ja lakimetsien puusto

- ja kasvu. *Metsä ja Puu* 2:8—9.
- 1977. Suomen metsien kasvu ja puutavaralajirakenne sekä niiden alueellisuus vuosina 1970—1976. Summary: Increment and timber assortment structure and their regionality of the forests of Finland in 1970—1976. *Folia For.* 320:1—31.
- LEIBUNDGUT, H. 1970. *Der Wald. Eine Lebensgemeinschaft.* Huber & Co, AG. Frauenfeld. 200 s.
- LOHI, L., LÄHDE, E. & ROIKO-JOKELA, P. 1979. Pintakasvillisuuden, maan ja puuston välistä suhteista Ounasvaaralla. Rovaniemen tutkimusasetaman tiedonantoja 20:1—25.
- MAYER, H. 1978. *Der Gebirgswald als Objekt der Waldpflegeforschung.* Mitt. Forstl. VersAnst. 124:93—98.
- Meraskog norr. 1979. Anvisningar för skogskötsel i kyliga klimatlägen. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 4:1—125.
- Metsätalustollinen vuosikirja. 1979. Suomen virallinen tilasto XVII A:11. *Folia For.* 430:1—195.
- NOROKORPI, Y. 1979. Old Norway spruce stands, amount of decay and decay-causing microbes in northern Finland. *Seloste: Peräpohjan vanhat kuusikot, niiden lahoisuus ja lahottajat.* Commun. Inst. For. Fenn. 97.6:1—77.
- 1980. Ehdotus Pohjois-Suomen lakimetsien käsittelyohjeeksi. Lapin metsätaloustoimikunnan maaja metsätalousministeriölle jättämä selvitys. 9 s.
- Ohjekirje metsien käsittelyn periaatteista Perä-Pohjan piirikunnassa. 1976. N:o Mh. 167. Helsinki. 25 s.
- OINONEN, E., SARVAS, R. & SIRÉN, G. 1958. Lapin suojametsien käsittelyohjeet. *Moniste.* 24 s.
- PERTTU, K. 1972. Skogsgränsens beroende av olika klimatologiska och topografiska faktorer. *Rapp.* Uppsats. Instn. Skogsförnygr. Skogshögsk. 34:1—91.
- POSO, S. & KUJALA, M. 1973. The effect of topography on the volume of forest growing stock. *Commun. Inst. For. Fenn.* 78.2:1—29.
- 1974. Länsirinteessä puu kasvaa paremmin. *Metsä ja Puu* 12:6—7.
- ROIKO-JOKELA, P. 1976. Suurilmaston vaikutuksesta kasvun vaihteluun. *Metsä ja Puu* 4:18—20.
- 1980. Die permanenten Stichproben in Nordfinland. *Mitt. Forstl. VersAnst.* 130:203—208.
- Selvitys lakialueiden puustojen hyväksikäytöstä Pohjois-Suomessa. 1975. Liite 28 monisteesta: Metsähallituksen Pohjois-Suomen teho-ohjelma. II osa. Tehostaminen. 24 s.
- SIRÉN, G. 1961. Skogsgränstallen som indikator för klimatfluktuationerna i norra Fennoskandien under historisk tid. *Summary. Commun. Inst. For. Fenn.* 54.2:1—66.
- TIIHONEN, P. 1979. Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella. *Summary: Variation in tree growth in Finland based on the results of the 6th National Forest Inventory.* *Folia For.* 407:1—12.
- Valtakunnan metsien inventoinnin kenttätöiden ohjeet. 1971. *Moniste. Metsätutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosasto.* 45 s. + liitteet.
- VUOKILA, Y. 1968. Männyn kasvupaikkojen puuntuotantokyky ja sen arvioiminen. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 6—7:1—3.
- 1971. Harvennussmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille. *Summary: Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland.* *Folia For.* 99:1—18.
- 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. *WSOY. Porvoo.* 256 s.

SUMMARY

The purpose of the study is to analyse the relationships between summit area forests and topography. The purpose in quantifying these relationships is to provide a more accurate means of determining the boundary between productive and low-productive forests. In conjunction with this, the study investigates aspects of timber production in summit area forests in relation to the operations limit.

The research material consists of twelve areas which geographically cover the whole fjeld and wooded-fjeld region of northern Finland. The areas were grouped into four zones, for calculation purposes, according to accumulated temperatures. Correlation analysis, analysis of variance and analysis of covariance were employed in treating the data.

The results indicate that terrain altitude as a topographical characteristic has the greatest effect on the growing stock of summit area forests. In this study terrain slope and exposure proved to be of little significance while in the more southern areas their effect was non-existent. Slope was accounted for by the topographic location of the stand (i.e. summit, hillside and gully). Site index, degree of stoniness and paludification, as site fertility indicators, were the best supplements to topography. Latitude was found to be a better indicator of geographical location than the

temperature sum (reduced to sea level). In studying individual areas, the temperature sum proved to be a good determining factor for differences observed in the growing stocks. For the material as a whole, however, it alone was not sufficient to explain geographical differences in the growing stock. Relative terrain altitude was in all respects the poorer alternative to absolute altitude.

Ascending terrain clearly affects the appearance of forests in summit areas. Stands become sparsely stocked and they often resemble stands treated with selection cuttings. The proportion of birch increases although in terms of timber production it amounts to little. In addition, birch fills in the gaps left by conifers on north and east facing slopes. Thus, in the case of several stand characteristics, exposure is meaningless.

Terrain altitude has a distinct regulating influence on the timber line in the summit areas. In the north it is primarily a matter of temperature and in the south that of crown snow-load. The same factors are involved in the case of the boundary between productive and low-productive forest land. This boundary lies at approximately 325 m. It falls northwards to such an extent as to make it unnecessary to alter the present practice of determining the operations limit. In addition,

the boundary can be determined by the use of the site index, which is correlated very strongly with stand increment. The critical value of the site index increases somewhat northwards and is, on average, 12 m.

Summit forests are well stocked, and sawtimber is to be found right up to the timber line. For this reason, the logging potential represented by these areas has been the object of constant attention.

The profitability of logging is impaired by the quality of the growing stock in summit areas. It is highly variable. The structure of the stands as pre-

sented in the study gives an excessively optimistic picture of reality, being based merely on the external dimensions of trees. In addition, the fact that sawtimber includes sleepers should also be taken into consideration when interpreting the results.

Selection cuttings, in which over-mature, soon-to-decay timber is harvested, can be seen as a means towards improving forest hygiene in summit forests. This notwithstanding, the significant multiple-use function of the protected and summit forests should always be kept in mind.

ODC 113.2:53:(480.99)
ISBN 951-40-0476-0
ISSN 0015-5543

ROIKO-JOKELA, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. *Folia For.* 452:1—21.

The study seeks to provide the answer to the question of how topography affects stand development. Correlation analysis and analysis of covariance are employed in analysing the relationships between the topographic characteristics of stands. These are quantified with the objective of being able to provide a more accurate means of determining the boundaries between land categories on forestry land. In conjunction with this, the timber production consequences of the operations limit employed in the summit areas is examined. Treatment schedules for protective and summit forests are also dealt with. Terrain altitude, accumulated temperature, site index and latitude are the means by which problems can be solved in the field.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30, Finland.

ODC 113.2:53:(480.99)
ISBN 951-40-0476-0
ISSN 0015-5543

ROIKO-JOKELA, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. *Folia For.* 452:1—21.

The study seeks to provide the answer to the question of how topography affects stand development. Correlation analysis and analysis of covariance are employed in analysing the relationships between the topographic characteristics of stands. These are quantified with the objective of being able to provide a more accurate means of determining the boundaries between land categories on forestry land. In conjunction with this, the timber production consequences of the operations limit employed in the summit areas is examined. Treatment schedules for protective and summit forests are also dealt with. Terrain altitude, accumulated temperature, site index and latitude are the means by which problems can be solved in the field.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30, Finland.

ODC 113.2:53:(480.99)
ISBN 951-40-0476-0
ISSN 0015-5543

ROIKO-JOKELA, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. *Folia For.* 452:1—21.

The study seeks to provide the answer to the question of how topography affects stand development. Correlation analysis and analysis of covariance are employed in analysing the relationships between the topographic characteristics of stands. These are quantified with the objective of being able to provide a more accurate means of determining the boundaries between land categories on forestry land. In conjunction with this, the timber production consequences of the operations limit employed in the summit areas is examined. Treatment schedules for protective and summit forests are also dealt with. Terrain altitude, accumulated temperature, site index and latitude are the means by which problems can be solved in the field.

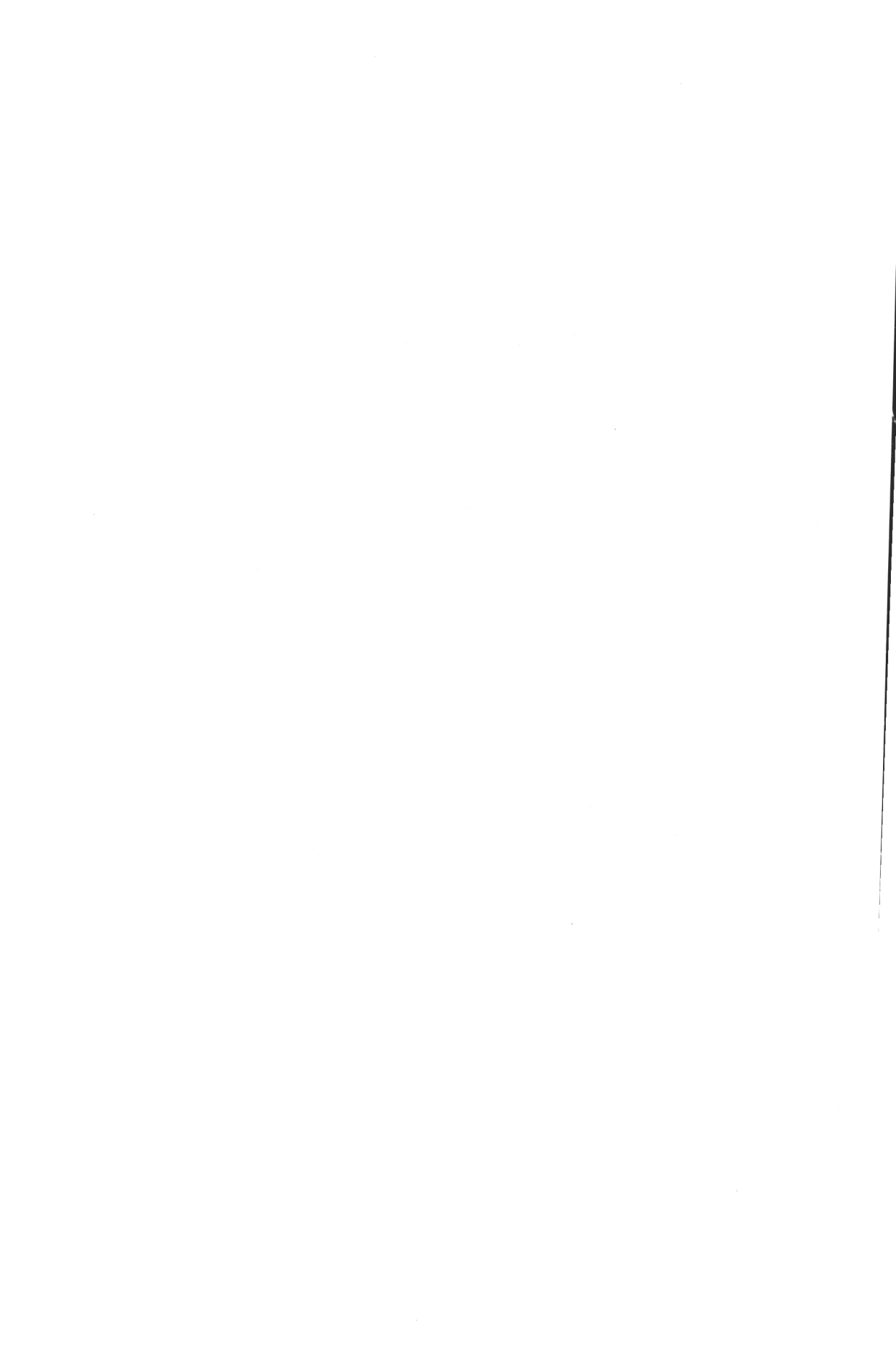
Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30, Finland.

ODC 113.2:53:(480.99)
ISBN 951-40-0476-0
ISSN 0015-5543

ROIKO-JOKELA, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. *Folia For.* 452:1—21.

The study seeks to provide the answer to the question of how topography affects stand development. Correlation analysis and analysis of covariance are employed in analysing the relationships between the topographic characteristics of stands. These are quantified with the objective of being able to provide a more accurate means of determining the boundaries between land categories on forestry land. In conjunction with this, the timber production consequences of the operations limit employed in the summit areas is examined. Treatment schedules for protective and summit forests are also dealt with. Terrain altitude, accumulated temperature, site index and latitude are the means by which problems can be solved in the field.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30, Finland.



- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman allापपयvyys 1969—1977.
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus.
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Plebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pelloille istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossापपymiseen.
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Plebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa.
Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps.
- No 411 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1977—79.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1977—79.
- No 412 Raitio, Hannu: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopelolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta.
Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms.
- No 413 Kellomäki, Seppo & Salmi, Juhani: Koivuvaneritukkien kuoren määrä.
Bark quantity of birch logs.
- No 414 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results.
- No 415 Teivainen, Terttu: Eräiden viljeltyjen pajujen kelpaavuus peltomyyrälle (*Microtus agrestis* L.) ruokintakokeiden mukaan.
Palatability of some cultivated willows to field voles (*Microtus agrestis* L.) in feeding trials.
- No 416 Velling, Pirkko: Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa.
Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials.
- No 417 Mattila, Eero: Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksia Suomen poronhoitoalueella 1976—1978.
Characteristics of the mineral soil forests with arboreal lichens (*Alectoria*, *Bryoria* and *Usnea* spp.) in the Finnish reindeer management area, 1976—1978.
- 1980 No 418 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Harvesting fuel chips with the Pallari swath harvester.
Polttopuun korjuu Pallarin leikkuuhakkurilla.
- No 419 Kinnunen, Kaarlo & Lemmetyinen, Markku: Paakkukoon vaikutus männyn taimien alkukehitykseen.
Initial development of containerized pine seedlings as affected by the size of earth ball.
- No 420 Keipi, Kari & Laakkonen, Olavi: Päätehakkuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja.
Profitability comparisons of urea fertilization in old stands.
- No 421 Lipas, Erkki & Levula, Teuvo: Urealannoitus eri vuodenaikoina.
Urea fertilization at different times of the year.
- No 422 Weissenberg, Kim, von & Kurkela, Timo (Eds.): Proceedings of the meeting of the IUFRO Working Party S2.05—05, Resistance in pines to *Melampsora pinitorqua*, June 1979, Suomenjoki, Finland.
IUFRO:n työryhmän S2.05—05, Versoruosteenkestävyys männyssä, kesäkuussa 1979 Suomenjoella pidetyn kokouksen esitelmät.
- No 423 Kylmänen, Pekka: Ennakkotuloksia nuorissa männyn siemenviljelyksissä syntyvän Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi -kaukoristeytysiemenen käyttömahdollisuuksista.
Preliminary results concerning usability of North Finland x South Finland hybrid seed born in young Scots pine seed orchards.
- No 424 Sievänen, Risto: A preliminary simulation model for annual photosynthetic production and growth in a short rotation plantation.
Alustava lyhytkiertoviljelmän vuotuisen fotosynteesin tuotoksen ja kasvun simulointimalli.
- No 425 Kohmo, Ilkka: Metsiköiden kasvuprosentti Suomessa vuosina 1971—1976.
Increment percentage of forest stands in Finland 1971—1976.
- No 426 Rautiainen, Olavi & Räsänen, Pentti K.: Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968—1976.
Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—1976.
- No 427 Tiihonen, Paavo: ATK-karttamenetelmän kokeilu työkohteiden etsinnässä Pohjois-Savossa 1976—1978.
Experimenting with the ADP-map method for locating working sites in northern Savo, East Finland, 1976—1978.
- No 428 Rynnänen, Leena: Männyn siemenen varastointi ja vanheneminen.
Storage of Scots pine seed and seed ageing.
- No 429 Raivonen, Marjut & Leikola, Matti: Hakkuutähteiden poistamisen vaikutus istutettujen kuusen taimien alkukehitykseen.
The influence of the removal of logging waste on the initial development of planted Norway spruce seedlings.

- No 430 Metsätilastollinen vuosikirja 1979.
Yearbook of Forest Statistics 1979.
- No 431 Kyttälä, Timo: Puuston vaurioituminen harvennushakkuissa. — Kirjallisuustarkastelu.
Stand damage during thinnings. — Literature review.
- No 432 Silfverberg, Klaus: Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinteet.
Micronutritional growth disorder in Norway spruce.
- No 433 Hakkila, Pentti & Wójcik, Tomasz: Thinning young pine stands with the Makeri tractor in Poland.
Makeri pientraktori nuoren männikön harvennuksessa Puolassa.
Próba zastosowania ciągnika Makeri do pozyskiwania drewna w trzebieżach drzewostanów sosnowych w Polsce.
- No 434 Seppälä, Heikki, Kuuluvainen, Jari & Seppälä, Risto: Suomen metsäsektori tienhaarassa.
Tutkimus Suomen metsäsektorin kehityksestä ja tulevaisuuden vaihtoehdoista.
The Finnish forest sector at a cross road.
- No 435 Julkaisut 1979. Metsäntutkimuslaitos.
Abstracts of publications, 1979. The Finnish Forest Research Institute.
- No 436 Mattila, Eero & Kujala, Matti: Utsjoen, Inarin ja Enontekiön metsävarat 1978.
Forest resources of Utsjoki, Inari and Enontekiö, North Finland, in 1978.
- No 437 Kurvinen, Pekka & Harstela, Pertti: Haketustyön ergonomia ja työn järjestely.
Ergonomics and work organizing of chipping work.
- No 438 Nisula, Pentti: Neulasten pitolajuuden mittari.
Needle retention gauge.
- No 439 Nisula, Pentti: Tutkimuksia kantoherbisidin levittämisestä raivaussahalla.
Studies on stump herbicide spraying using a brush saw.
- No 440 Nisula Pentti: Näkökohtia polttohakkeen kuivaamisesta.
Aspects of the drying of fuel chips.
- No 441 Kujala, Matti: Runkopuun kuorellisen tilavuuskasvun laskentamenetelmä.
A calculation method for measuring the volume growth over bark of stemwood.
- No 442 Päivinen, Risto: Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotun-
nusten laskenta.
On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics.
- No 443 Veijalainen, Heikki: Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoit-
uksessa. Neulasanalyysiin perustuva tarkastelu.
Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests. Report basing on
needle analysis.
- No 444 Tervonen, Markku & Issakainen, Jorma: Sarkaleveyden ja lannoituksen vaikutus män-
nyn sädekasvun elpymiseen ohutturpeisella piensararämeellä.
Effect of ditch spacing and fertilization on the revival of radial growth of Scots
pine on shallow-peated small sedge bog.
- No 445 Huuri, Olavi: Juurten hienfosfaattikäsittelyn vaikutus männyn ja kuusen istutus-
taimien alkukehitykseen kivennäismailla.
Effect of milled rock phosphate root coating on the initial development of Scots
pine and Norway spruce transplants on mineral soils.
- No 446 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän
eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueen metsävarat 1977—1979.
Forest resources in the Province of Ahvenanmaa and the nine southernmost Forestry
Board Districts in Finland 1977—1979.
- No 447 Uusvaara, Olli: Pelkkahakkureilla tehdyn hakkeen ja sahatavaran pinnan laatu.
Quality of chips and surface of sawn timber made by chipper headrigs.
- No 448 Vuokila, Yrjö: Kasvatustiheyden vaikutus istutuskusikon kasvuun ja tuotukseen.
The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland.
- No 449 Kinnunen, Kaarlo & Mäki-Kojola, Sakari: Männyn luontaisesta uudistumisesta Pohjois-
Satakunnassa.
Natural regeneration of Scots pine in western Finland.
- No 450 Isomäki, Antti & Väisänen, Jarmo: Harvennustavan vaikutus kasvatettavaan puustoon
ja harvennuskertymään.
Thinning method and its influence on the remaining growing stock and on the
thinning yield.
- No 451 Varmola, Martti: Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu.
The external quality of pine plantations.
- No 452 Roiko-Jokela, Pentti: Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-
Suomessa.
The effect of altitude on the forest yield in northern Finland.
- No 453 Pohtila, Eljas & Timonen, Mauri: Suojametsäalueen viljelytaimikot ja niiden varhais-
kehitys.
Scots pine plantations and their early development in the protection forests of Finnish
Lapland.
- No 454 Gustavsen, Hans Gustav: Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla.
Site index curves for conifer stands in Finland.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, p. 17 341.
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää.