

FOLIA FORESTALIA 176

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1973

MATTI PALO & MIKKO TERVO

HAKKUMÄÄRIEN LYHYTJAKSOINEN
ENNUSTAMINEN

SHORT TERM FORECASTING OF CUT
IN FINLAND

Metsäntutkimuslaitos

Kirjasto

- No 134 Aarne Reunala & Ilpo Tikkanen: Metsätilanomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila & Olavi Saikku: Kuoriprocentin määrittäminen sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen & Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiihonen & Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa.
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho & Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkariin osuus hakkuupoistumasta Suomessa.
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyt ja pluskuuset.
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja värinäaltistus pelkässä kaadossa.
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in feeling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.
The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. 4,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971.
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukki-puutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusiviljelyistä.
Results of spruce cultivation from 1930—45 on state-owned lands in Perä-Pohjola. 1,50
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen & Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennonaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.
The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.
Состояние культур сосны в Северной Финляндии и происхождение семян. 3,—

FOLIA FORESTALIA 176

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1973

Matti Palo & Mikko Tervo

HAKKUUMÄÄRIEN LYHYTJAKSOINEN ENNUSTAMINEN

Short-term forecasting of cut in Finland

ESIPUHE

Metsäntutkimuslaitoksen metsäekonomian tutkimusosaston eräksi tutkimustehtäväksi on äskettäin valittu raakapuun kysyntään, tarjontaan ja hintaan liittyvien vaikutussuhteiden selvittäminen. Tässä julkaistaan ensimmäiset tätä

aihepiiriä koskevat alustavat tulokset. Tutkimus on suoritettu metsäekonomian tutkimusosaston ja Suomen Akatemian maatalous-metsätieteellisen toimikunnan yhteistyönä.

Lauri Heikinheimo

ALKUSANAT

PÄIVIÖ RIIHINEN, RISTO SEPPÄLÄ ja HANNU VALTANEN kritikoivat käsikirjoitusta. ASHLEY SELBY tarkasti englannin kielen. Heille ja muille tutkimusta avustaneille esitämme kiitoksemme.

Kirjoittajien työnjako oli seuraava: (1) PALO suunnitteli, toteutti ja kirjoitti luvut 1, 2 ja 3.1, (2) luvun 3.2 kirjoittajat suunnittelivat yhdessä, mutta toteutuksesta ja kirjoittamisesta vastasi TERVO, (3) luvut 0, 4 ja 5 ovat kirjoittajien yhteistyönä syntyneitä.

Helsingissä kesäkuussa 1973

Matti Palo

Mikko Tervo

SISÄLLYS

	Sivu
0. THIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	6
1.1 Hakkuumääräennusteiden tarve	6
1.2 Käsitteet	6
1.3 Tutkimustehtävä	7
2. AIKAISEMMAT ENNUSTAMISMENETELMÄT	7
2.1 Harkintaennuste	7
2.2 Yritystiedustelu	9
2.3 Aikasarja-analyysimenetelmät	10
3. EKONOMETRISET KOKEILUT	13
3.1 Valtakunnalliset mallit	13
3.1.1 Markkinapuun kysyntä ja tarjonta	13
3.1.2 Hypoteesit	14
3.1.3 Muuttujat	16
3.1.4 Alustavat tulokset korrelaatio- ja regressioanalyyseistä	16
3.1.4.1 Ainespinopuu	16
3.1.4.2 Havutukkipuu	17
3.1.4.3 Lehtitukkipuu	18
3.1.4.4 Mallien käyttökelpoisuus	20
3.2 Aluemallit	21
3.2.1 Aluemallien erityistarve	21
3.2.2 Hypoteesit	22
3.2.3 Muuttujat	23
3.2.4 Korrelaatioanalyysi	25
3.2.5 Alustavat regressiomallit	28
3.2.5.1 Ainespuun hakkuumäärä selitettävänä	28
3.2.5.2 Teollisuuden ainespuun suhteellinen osuus selitettävänä	29
3.2.5.3 Teollisuuden tukkipuun suhteellinen osuus selitettävänä	30
3.2.5.4 Teollisuuden ainespinopuun suhteellinen osuus selitettävänä	31
4. TULOSTEN TARKASTELU	32
5. SUMMARY	34
VIITEKIRJALLISUUS	36
LIITE 1. Valtakunnallisten mallien muuttujaluettelo	38
LIITE 2. Vuoden 1967 aluemallien muuttujaluettelo	40
LIITE 3. Valtakunnallisten muuttujien korrelaatiomatriisi	43
LIITE 4. Aluemuuttujien korrelaatiomatriisi vuonna 1967	44
LIITE 5. Aluemuuttujien korrelaatiomatriisi vuonna 1970	46

CONTENTS

	Page
0. SUMMARY IN FINNISH	4
1. INTRODUCTION	6
1.1 Uses of cut forecasts	6
1.2 Terminology	6
1.3 Purpose of the study	7
2. PREVIOUS METHODS OF FORECASTING CUT	7
2.1 Intelligent guess	7
2.2 Opinion poll of firms	9
2.3 Time series analysis	10
3. ECONOMETRIC EXPERIMENTS	13
3.1 Country-wide models	13
3.1.1 Demand for and supply of roundwood	13
3.1.2 Hypotheses	14
3.1.3 Variables	16
3.1.4 Preliminary results from correlation and regression analyses	16
3.1.4.1 Industrial cordwood	16
3.1.4.2 Soft-wood logs	17
3.1.4.3 Hard-wood logs	18
3.1.4.4 Evaluation of the models	20
3.2 Regional models	21
3.2.1 Special use of regional models	21
3.2.2 Hypotheses	22
3.2.3 Variables	23
3.2.4 Correlation analysis	25
3.2.5 Preliminary regression models	28
3.2.5.1 Cut of industrial roundwood as dependent variable	28
3.2.5.2 Proportional cut of industrial roundwood as dependent variable	29
3.2.5.3 Proportional cut of heavy timber as dependent variable	30
3.2.5.4 Proportional cut of industrial cordwood as dependent variable	31
4. DISCUSSION	32
5. SUMMARY IN ENGLISH	34
REFERENCES	36
APPENDIX 1. List of variables in country-wide models	39
APPENDIX 2. List of variables in regional models	41
APPENDIX 3. Correlation matrix of country-wide variables	43
APPENDIX 4. Correlation matrix of regional variables in 1967	44
APPENDIX 5. Correlation matrix of regional variables in 1970	46

O. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tehtävänä oli kehittää menetelmiä vientiin sekä teollisuuden ja liikenteen käyttöön tarkoitettujen markkina-ainespuun hakkuumäärien lyhytjaksoiseksi (3–12 kk) ennustamiseksi. Tutkimuksen ensi vaiheessa analysoitiin eräiden aikaisemmin sovellettujen hakkuumäärien ennustamismenetelmien käyttökelpoisuutta. Analyysin tuloksena todettiin, ettei mikään aikaisemmin käytetty menetelmä antanut riittävän hyviä eri tarkoituksiin tarvittavia hakkuumäärien lyhytjaksoisia valtakunnallisia ja alueittaisia ennusteita.

Toisessa vaiheessa rakennettiin ekonometrisia malleja, joilla voitaisiin tuottaa ennusteita markkina-ainespuun tarjonta- ja kysyntäfunktioiden kuvaajien yksittäisistä leikkauspisteistä eli toteutuvien markkinahakkuumäärien ennusteita. Ekonometristen ennustemallien kehittämiskokeilut olivat luonteeltaan ongelmakenttää kartoittavia.

Valtakunnallisten hakkuumäärien vuosittaiseen vaihteluun oletettiin vaikuttavan seuraavien tekijöiden: (1) aikaisemmat hakkuumäärät, (2) raakapuun hinta, (3) metsänomistajien asenteet ja odotukset, (4) metsänomistajien taloudellinen kehitys, (5) raakapuun tarve ja (6) raakapuun johdetun kysynnän tekijät. Valtakunnallisella tasolla testattiin viime vaiheessa 18 muuttujan selityskyky kaikkien metsänomistajaryhmien metsien ja erikseen metsäteollisuusyhtiöiden metsien sekä yksityismetsien hakkuumäärästä muodostetun yhdeksän selitettävän hakkuumäärämuuttujan suhteen. Tutkimus kohdistui hakkuuvuosiin 1960/61 – 1967/68.

Raakapuun hinnan ja hakkuumäärän välillä havaittiin kaikkien omistajaryhmien ja yksityisten metsissä voimakas tilastollinen yhteys: niiden väliset korrelaatiokertoimet olivat suuruusluokkaa +0.8 ja +0.9. *Kehitetystä malleista osoittautuivat käyttökelpoisimmiksi kaikkien metsien ja yksityismetsien lehtitukkipuun hakkuumäärien ennustemallit*, joilla tuotetut ennusteet olivat aiemmin käytettyjen menetelmien tuottamia ennusteita parempia. Tuloksia tulkittaessa on syytä pitää mielessä, että päätelmät perustuvat vain kahdeksan vuoden havain-

toihin eli suhteellisen lyhyeen aikasarjaan. Tämä lisää tulosten epävarmuutta.

Aluemallien kehittelyn lähtökohtana oli jälkikäteisennusteiden tarve alueittaisia metsätaselaskelmia varten. Tutkimus kohdistui lähinnä vuosiin 1967 ja 1970. Markkinahakkuiden alueittaiseen vaihteluun vaikuttavista tekijöistä muodostettiin hypoteesit, joiden perusteella kummastakin tarkasteluvuodesta laadittiin 6 selitettävää ja 55 selittävää muuttujaa. Muuttujien välisiä riippuvuuksia tutkittiin korrelaatio- ja regressioanalyysillä. Seuraavista hypoteesien mukaisista tekijöistä muodostettiin muuttujia: (1) aikaisemmat hakkuumäärät, (2) metsävarat, (3) korjuukustannukset, (4) ostajien kilpailu, (5) myrsky- ym. tuhot, (6) metsänomistajien asenteet ja odotukset, (7) metsänomistajien taloudellinen kehitys ja (8) raakapuun hinta.

Korrelaatioanalyysin perusteella voitiin edeltävien aikasarjojen sisältämää informaatiota aikaisemmista hakkuumäärästä pitää varsin lupaavana lähtökohtana mallien laadinnalle. Niiden lisäksi etenkin alueittaisia metsävaroja kuvaavat muuttujat korreloivat voimakkaasti alueittaisten hakkuumäärien kanssa.

Raakapuun hintojen ja vastaavien hakkuumäärien väliset korrelaatiokertoimet olivat alueatasolla itseisarvoltaan alhaisempia kuin valtakuntatasolla. Korrelaatiokertoimilla esiintyi hypoteesin vastaisia negatiivisia etumerkkejä ainespinopuun hinnan ja vastaavan hakkuumäärän välillä; tukkipuulla etumerkit olivat hypoteesin mukaisesti positiivisia.

Regressioanalyysivaiheessa laadittiin jälkikäteisennustamiseen soveltuvia malleja koko markkina-ainespuun absoluuttisten ja teollisuuden käyttöön hankitun ainespuun, tukkipuun ja ainespinopuun suhteellisten aluejakaumien ennustamiseksi. Estimoidaessa vuoden 1967 aineistosta kehitetyt mallit uudelleen vuoden 1970 aineistosta voitiin tarkistaa saatujen mallirakenteiden pysyvyyttä. Mallien ennustamiskykyä testattiin tuottamalla niillä aluejakaumien ennusteet vuodelle 1970. Tulokset osoittivat etenkin aikaisempiin hakkuumääriin perustuvien mallien olevan ominaisuuksiltaan käyttötarkoi-

tukseen soveltuvia ja aikaisemmin metsätaselaskelmissa käytettyä menetelmää tarkempia.

Esitettyjen alustavien tulosten valossa näyttää siltä, että metsätaselaskelmien edellyttämät ennustamistarpeet kyetään esitetyn tyyppisillä malleilla tarkoituksenmukaisesti tyydyttämään.

Sen lisäksi tutkitut muuttujat antavat hyvän lähtökohdan varsinaisiin hakkuumäärien etukäteisennusteisiin tähtäävien aluemallien samoin kuin alueittaisten tarjonta- ja hintamallien kehittelylle.

1. JOHDANTO

1.1. Hakkuumääräennusteiden tarve

Työpanoksen käyttö vaihtelee vuosittain metsätaloudessa huomattavasti koko kansantalouden keskimäärää enemmän. Metsätyöt ovat lisäksi vilkkaimmillaan vaikeimpina työttömyyskausina. Nämä ilmiöt yhdessä aiheuttavat sen, että etenkin työvoimaviranomaisemme ovat jo pitkään pyrkinet ennustamaan tulevien hakkuiden ja niiden antamien työtilaisuuksien kehitystä koko hakkuuvuodeksi eteenpäin.

Kansantulon laskentatulokset muodostavat kokonaistaloudellisen suunnittelun rungon. Niinpä kansantuotteen kehittymisestä on Suomessa laadittu koko kalenterivuoden ja puolen vuoden ennusteita sektoreittain. Hakkuumäärien ennustaminen on tällöin ollut metsätalouden sektorin keskeisin tehtävä. Valtiontalouden suunnittelua palvelevia markkinahakkuiden ennusteita on myös jossain määrin tehty.

Raakapuun myyjien järjestöllä (MTK) ja vastaavasti eri ostajajärjestöillä on omat tarpeensa seurata tiiviisti raakapuumarkkinoiden kehitystä. Riittävän tarkat ennusteet markkinahakkuiden kehityksestä tehostaisivat ratkaisevasti näiden järjestöjen toimenpiteiden suunnittelua. Sama pätee myös yksityismetsätalouden edistämisyjärjestöihin (metsälautakunnat) nähden. Myös yksityiset metsäteollisuusyritykset tarvitsevat etenkin alueittaisia hakkuuennusteita raakapuun osto- ja hankintatoimintansa suunnitteluun.

Metsäteollisuuden jatkuvasti laajetessa ovat ajankohtaiset metsätaselaskelmat tulleet entistä kysyttymmiksi. Pitkajaksoisia metsätaseen kehitysennusteita on eri työryhmien toimesta laadittu jo useita, mutta lyhytjaksoisten metsätaseennusteiden kehittäminen on vasta alkuvaiheessaan. Riittävän tarkat markkinahakkuiden 6–12 kuukauden ennusteet tarjoaisivat tälle työille hyvän lähtökohdan.

1.2. Käsitteet

Valtaosa metsälöiden tuottamasta hakkuumäärästä myydään kyseisten metsälöiden tai

yritysten ulkopuolelle joko raakapuuna tai sen jalosteina. Tätä osaa kutsutaan *markkinahakkuumääräksi*. Sen vastakohta on kotitarvepuun hakkuumäärä. Se ei kulje lainkaan markkinoiden kautta, vaan tuotetaan ja kulutetaan samassa yrityksessä tai metsälössä. Polttopuulla tarkoitetaan lämpöenergian kehittämiseen käytettävää raakapuuta. Kaikkea muuta raakapuuta kuin polttopuuta kutsutaan *ainespuuksi*. (Vrt. PALO 1969, 12–13; PALO & PÄLÄ 1973, luku 1.3.)

Lyhytjaksoinen (short-term) viittaa tässä esityksessä yhtä suhdanneaaltoa lyhyempään aika-väliin. Tällöin kiinnitetään huomiota tutkittavan aikasarjan kausi- ja suhdannevaihteluun, mutta trendiin liittyvä pitkäjaksoinen vaihtelu rajataan tarkastelun ulkopuolelle (vrt. Forecasting... 1971, 8).

Ennustamisella tarkoitetaan ennusteen laadintaa. Ennuste voidaan määritellä tuntemattomia, yleensä tulevia tapahtumia koskeviksi väittämäksi. Tässä ymmärretään ennustamisen tarkoitukseksi etsiä vastausta kysymykseen: Mitä tulee tapahtumaan tiettyjen annettujen olosuhteiden vallitessa *edellytyksellä*, ettei mihinkään erityisiin toimenpiteisiin ryhdytä kehityksen suunnan muuttamiseksi saadun ennusteen antaman informaation perusteella (Vrt. esim. BERGSTRÖM 1968, 22; Forecasting... 1971, 3).

Ennusteen perusvaatimuksia on, että sen toteutuminen (jos em. edellytys pitää paikkansa) tulee olla jälkikäteen yksikäsitteisesti todennettavissa. Tämä pätee sellaisenaan välienennusteeseen nähden, mutta piste-ennusteeseen tulisi aina liittää väittämä sen toteutumisen todennäköisyydestä, jotta em. kriteeri tulisi täytetyksi. Ennustaminen perustuu kahteen informaatiolähteeseen: (1) teoriaan ja sille perustuvaan malliin sekä (2) empiirisiin havaintoihin. Tieteellinen ennustamismenetelmä on mahdollisimman objektiivinen. Kuitenkin sekä käytettävän mallin että havaintoaineiston valintaan sisältyy vaihteleva subjektiivinen panos. (Vrt. esim. THEIL ym. 1965, 91–93; RIIHINEN 1962, 7–8).

1.3. Tutkimustehtävä

Kotitarvepuun ja markkinapolttopuun hakkuumääristä ei ole käytettävissä lyhytjaksoisen ennustamisen kannalta riittävän tarkkoja ja ajankohtaisia tilastoja. Sen vuoksi tämä tutkimus rajoitettiin koskemaan vientiin sekä teollisuuden ja liikenteen käyttöön tarkoitettuja *markkina-ainespuun hakkuumääriä*. Ne käsittävät noin 4/5 valtakunnan koko hakkuumäärästä.

Tutkimuksen ensi vaiheessa analysoidaan eräiden aikaisemmin sovellettujen hakkuumäärien ennustamismenetelmien käyttökelpoisuutta (luku 2). Toisessa vaiheessa rakennetaan ekonometrisia malleja, joilla voitaisiin tuottaa lyhytjaksoisia (3–12 kk) ennusteita markkina-ainespuun tarjonta- ja kysyntäfunktioiden kuvaajien yksittäisistä leikkauspisteistä eli toteutuvien markkinahakkuumäärien ennusteita. Valtakunnallisella tasolla kehitetään etukäteisennusteita (ex ante -tyyppisiä), sekä aluetasolla jälkikäteisennusteita (ex post -tyyppisiä) tuottavia malleja. Ekonometristen ennustemallien kehittämiskokeilut ovat luonteeltaan ongelmakenttää kartoittavia.

Kehitettävien ekonometristen mallien tulee olla: (1) rakenteeltaan loogisia ja (2) ennusta-

miskyvyltään tarkkoja. Tavoiteltavien mallien tulee tuottaa aikaisemmin käytettyjä hakkuuennustemalleja ”*edullisempia*” tuloksia. Tällöin voidaan kriteereinä käyttää ennusteiden tarkkuutta ja mallin käyttökustannuksia. Ennustemallia on voitava käyttää myös todellisissa ennustamistilanteissa, ts. on varmistauduttava, että mallin edellyttämä informaatio on tarkoitettuna mallin käyttöajankohtana saatavissa. Ennustemalleja muodostettaessa ja valittaessa tarkataan tarkkuuden ohella myös muita mallien yleisiä hyvyyskriteerejä: yksinkertaisuutta, tulkittavuutta ja pysyvyyttä.

IUFRON metsä- ja puutalouden ennustamista pohtinut työryhmä kiteytti ennusteen ”hyvyydelle” seuraavat kriteerit (Forecasting... 1971, 4–5).

- (1) Hyvä ennuste on käsitteellisesti täsmällinen.
- (2) Hyvä ennuste on tarkka.
- (3) Hyvä ennuste on ei-subjektiivinen.
- (4) Hyvä ennuste perustuu relevanttiin talousteorian ja tehdyt oletukset ovat ennusteen käyttäjän nähtävissä.
- (5) Hyvän ennusteen tuottaminen ei maksa enempää kuin jonkin toisen, muilta ominaisuuksiltaan yhtä hyvän ennusteen tuottaminen.

2. AIKAISEMMAT ENNUSTAMISMENETELMÄT

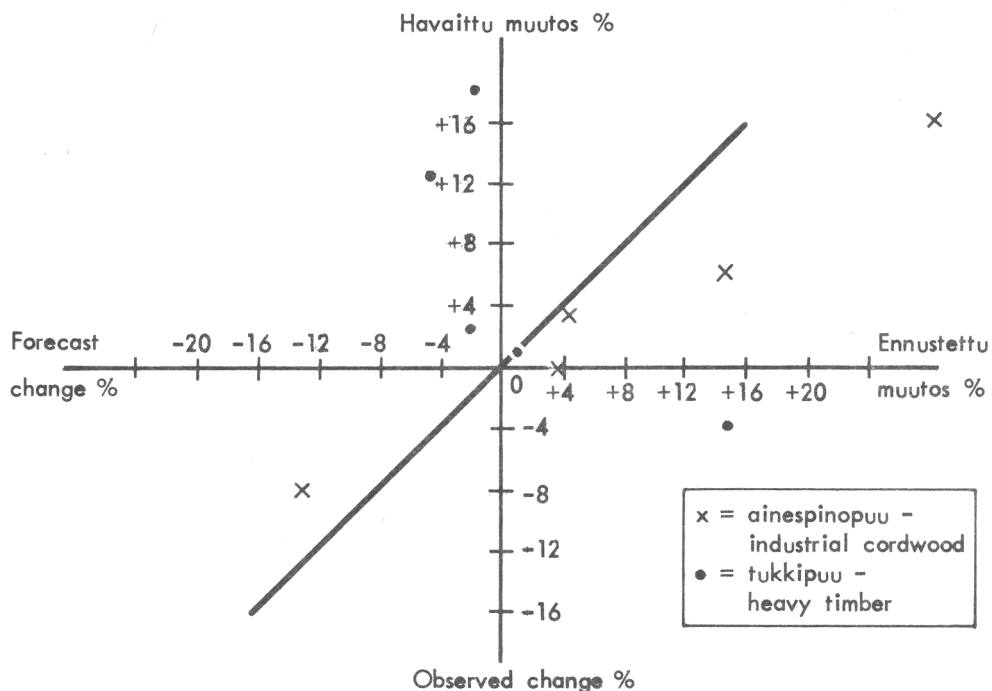
2.1. Harkintaennuste

Harkintaennusteita eli intelligent guess -tyyppisiä hakkuumäärien lyhytjaksoisia ennusteita on laadittu useillakin eri tahoilla. Tilastollisen Päätoimiston (nykyisen Tilastokeskuksen) tällä menettelyllä tehdyt hakkuuennusteet olivat vuoteen 1968 saakka säännöllisesti toistuvia ja laatimistavaltaan systemaattisia. Hakkuuennusteet tehtiin siellä eräiden keskeisten kansantuotemuuttujien ennustamisen yhteydessä vuosittain helmikuussa koko kalenterivuotta ja elokuussa sen loppupuoliskoa koskevinä. Tilastotietojen valmistumisen aiheuttaman viiveen vuoksi ennusteet olivat osittain (1–2 kk) jälkikäteislouneisia (ex post -ennusteita), mutta pääosiltaan kuitenkin etukäteislouneisia (ex ante -ennusteita).

Hakkuumäärien ennustamisen perustana käytettiin Tilastollisessa Päätoimistossa tuoreinta

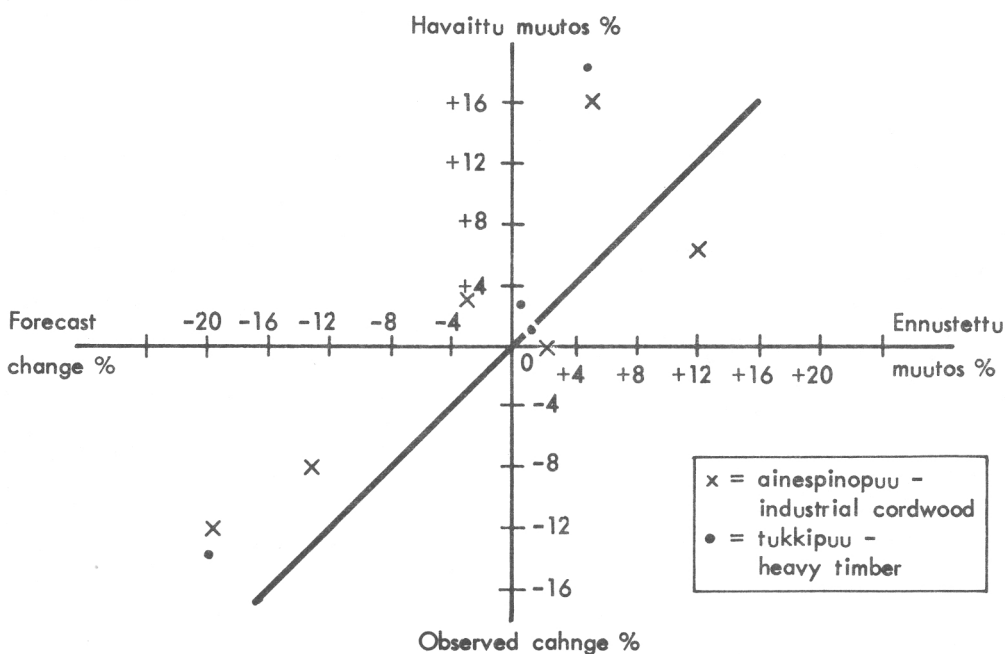
metsätalous- ja metsäteollisuustuotteiden tuotanto- ja vientitietoutta. Sitä täydennettiin mahdollisuuksien mukaan myös muilla metsäsektorin tuotantonäkymiä valaisevilla tiedoilla. Metsäteollisuuden tuotosennusteet ja metsätalouden hakkuuennusteet koordinoitiin keskenään ottaen huomioon puun hakkuun ja käytön välinen viive.

Tilastollisen Päätoimiston ainespinopuun ja tukkipuun hakkuuennusteita vuosilta 1962–1968 verrattiin vastaaviin toteutuneisiin hakkuumääriin erikseen ennustejaksolta tammi-joulukuu (kuva 1) ja ennustejaksolta heinä-joulukuu (kuva 2). Kuvien pystyakseli kuvaa todellisuudessa havaittua hakkuumäärän suhteellista muutosta edelliseen vuoteen verrattuna ja vaaka-akseli vastaavaa ennustettua muutosta. Jos ennusteet olisivat toteutuneet täydellisesti, olisivat kuvien 1 ja 2 pisteet täsmälleen alhaalta vasemmalta ylös oikealle piirretyillä suorilla.



Kuva 1. Tammi-joulukuun markkinahakkuumäärien harkintaennusteet ja todellisuudessa havaitut muutokset vuosina 1962–1968.

Fig. 1. Annual forecasts attained by an "intelligent guess-method" and observed changes of cut in 1962–1968.



Kuva 2. Heinä-joulukuun markkinahakkuumäärien harkintaennusteet ja todellisuudessa havaitut muutokset vuosina 1962–1968.

Fig. 2. Six months-forecasts (July–December) attained by an "intelligent guess-method" and observed changes of cut in 1962–1968.

Eräinä vuosina on etenkin tukkipuun hakkuumäärien kehityksen oikean suunnan ennustaminen tuottanut vaikeuksia (kuva 1). Muutenkaan eivät ennusteet ole sattuneet kovin lähelle "täydellisten ennusteiden" suoria.

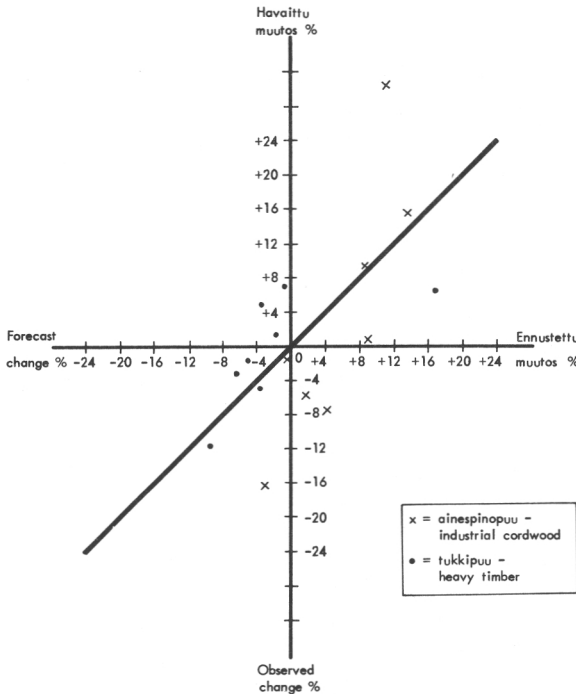
2.2. Yritystiedustelu

Työllisyyspolitiikan ohjauksen tarpeisiin on työvoimaministeriössä pyritty ennustamaan markkinahakkuiden kehitystä ainakin vuodesta 1960 lähtien. Vuosina 1966–68 ministeriön uudistetun hakkuutilaston ostajanäytteestä poimittiin tarkoitusta varten alaotos. Kultakin siihen osuneelta raakapuun ostajalta tiedusteltiin uuden hakkuuvuoden alussa (heinä–elokuussa) kuinka paljon (prosentteina) hänen koko alkaneen hakkuuvuoden raakapuun hankintansa tulee muuttumaan edellisen vuoden vastaavaan määrään nähden. Ennuste pyydettiin tekemään ostajan tuon ajankohdan suunnitelmien ja odotusten perusteella. Näistä tiedoista arvioitiin

varsinaiset määräännusteet suhde-estimointia käyttäen.

Aikaisempien vuosien (1960–65) ennusteiden pohjana oli vain suurimmilta ostajilta saatu em. informaatio. Siihen lienee lisätty työvoimapiirien päälliköiden oma arvio muiden ostajien hakkuuiden tulevasta kehityksestä. Pohjimmiltaan kuitenkin voitaneen työvoimaministeriön kaikki markkinahakkuiden ennusteet rinnastaa otannalla kerättyyn raakapuun ostajien suunnitelmia ja odotuksia koskevaan informaatioon. (ESKO PÄLÄN suullinen tiedonanto 15.2. 1969.) Ostajien raakapuun hankintasuunnitelmille on ominaista, että niiden toteuttaminen on vain osittain heidän itsensä ohjattavissa.

Kyiseisellä menetelmällä saatujen ennusteiden virheillä on pääasiassa kaksi lähdettä: (1) ostajat eivät kykene toteuttamaan ilmoittamiaan suunnitelmia ja (2) tiedustelu ei peitä koko perusjoukkoa. Jälkimmäistä voidaan kontrolloida otannan taitavalla suunnittelulla, mutta ensin mainitusta tekijästä aiheutuvan virheen pienentäminen on yleensä havaittu vaikeaksi (THEIL ym. 1965, 93–99).



Kuva 3. Loka-heinäkuun markkinahakkuumäärien yritystiedustelumenetelmällä ennustetut ja todellisuudessa havaitut muutokset hakkuuvuosina 1960/61–1967/68.

Fig. 3. Ten months-forecasts (October–July) attained by an opinion poll-method and observed changes of cut in felling years 1960/61–1967/68.

Kuvassa 3 on verrattu työvoimaministeriön edellä kuvattuun yritystiedusteluun perustuvia hakkuumäärien ennusteita (lähde: työvoimaministeriön arkisto) vastaaviin toteutuneisiin havaintoihin hakkuuvuosina 1960/61 – 1967/68. Tämän jälkeen ei vastaavia ennusteita ole enää laadittu. Kolme ainespinopuun ja viisi tukkipuun kahdeksasta ennusteesta on täydellisen toteutumisen suoran tuntumassa.

Suurten sekä positiivisten että negatiivisten muutosten tasainen esiintyminen ja systemaattinen aliarviointi johtaa siihen, että pitkällä aikavälillä ennustevirheet melko tarkkaan taasoittavat toisensa. Niinpä koko vertailujaksona (1960/61 – 1967/68) oli ainespinopuun yhteenlaskettu hakkuumäärä vain 2.7 prosenttia ennustettua pienempi ja tukkipuulla 1.7 prosenttia ennustettua suurempi. Tämä ilmenee kuvassa 3 siten, että tukkipuulla on viisi pistettä ”täydellisten ennusteiden” suoran yläpuolella ja loput kolme sen alapuolella, kun taas ainespinopuulla on kolme ylä- ja viisi alapuolella. Työllisyyspolitiikan tarkoituksenmukaisessa ohjauksessa olisi kuitenkin tärkeintä vuosittaisten ennusteiden tarkkuus.

Tehtyjen ennusteiden ja toteutuneiden havaintojen välistä viivallista riippuvuutta voidaan kuvata tavallisella Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimella. Alhainen korrelaatiokerroin ilmaisee tällöin myös ennusteiden huonoa tarkkuutta. Sen sijaan korkea korrelaatiokerroin on vain yksi ennusteen tarkkuuden edellytys, mutta ei sen lopullinen mittari. Täydellisenkin korrelaation vallitessa voi ennusteiden ja todellisten havaintojen välillä esiintyä systemaattista virhettä. Tällainen virhe on tosin etukäteen oikaistavissa, jos sen suunta ja suuruus voidaan empiirisestä aineistosta estimoida (vrt. PALO 1969, 36).

Työvoimaministeriön yritystiedusteluun perustuvat hakkuuennusteet tehtiin erikseen kussakin 11 työvoimapiirissä. Niiden käyttökelpoisuutta arvioitiin laskemalla erikseen jokaisen piirin ennustettujen ja toteutuneiden markkina-hakkuumäärien hakkuuvuosittaisten muutosten väliset korrelaatiokertoimet aikaväliltä 1960/61 – 1967/68 (taulukko 1). Korrelaatiot ovat jääneet yleensä melko alhaisiksi. Niiden vaihtelun rajat ovat -0.40 ja $+0.82$. Koska riittävän voimakasta korrelointia ei esiinny, ei ennusteiden käyttökelpoisuutta olisi voitu parantaa edes poistamalla mahdollinen systemaattinen virhe etukäteen tehdyllä oikaisulla.

Taulukko 1. Yritystiedustelulla ennustettujen ja toteutuneiden markkinahakkuumäärien hakkuuvuosittaisten muutosten väliset korrelaatiokertoimet eri työvoimapiireissä aikavälillä 1960/1961–1967/68.

Table 1. The correlation coefficients between the forecasts by opinion polls and the observed changes of cut by districts in 1960/61–1967/68.

Työvoimapiiri District	Tukkipuu Logs	Ainespinopuu Industrial cordwood
Helsinki	+ .70 ^x	+ .16
Turku	+ .09	+ .70 ^x
Tampere	+ .04	+ .48
Kouvola	+ .81 ^x	+ .34
Vaasa	– .03	+ .10
Jyväskylä	+ .57	+ .70 ^x
Kuopio	+ .21	+ .16
Joensuu	+ .61	+ .44
Kajaani	+ .05	+ .31
Oulu	– .40	+ .67
Rovaniemi	– .36	+ .82 ^x

^x poikkeaa 5 %:n riskillä nolasta – significant at 5 % risk level

2.3. Aikasarja-analyysimenetelmät

Metsäntutkimuslaitoksen metsäekonomian tutkimusosaston ja Helsingin Yliopiston puumarkkinatieteen laitoksen yhteistyönä suoritettiin vuosina 1967–1970 kokeiluja markkinahakkuumäärien lyhytjakoisten ennustemallien kehittämiseksi (VIRTA 1969 & 1970). Tässä luvussa esitetään suppeasti näiden melko laajojen ja suuritöisten kokeilujen keskeisimmät tulokset.

VIRRAN tavoitteena oli kehittää ennustemalleja, joilla kyettäisiin tuottamaan lyhytjaksoisia (3–11 kk) ennusteita toteutuvista markkina-ainespuun hakkuumääristä. Tutkimuksessa rajoituttiin lähinnä ennustemalleihin, joissa voitiin käyttää hyväksi ennustettavan aikasarjan sisäistä informaatiota.

Tutkimusaineistonaan VIRTA käytti kululaitosten ja yleisten töiden ministeriön työvoimaosaston (nykyisen työvoimaministeriön edeltäjän) ja PALON (1969) tuottamaa kuukausittaista hakkuutilastoa. VIRTA analysoi markkinahakkuiden kausivaihtelua laskemalla ns. parannetun liukuvan keskiarvon menetelmällä vuo-

Taulukko 2. Markkinahakkuumäärien kausi-indeksit vuosina 1963–67 sekä vuoden alusta lasketun kumulatiivisen kuukausittaisen ja koko vuoden hakkuukertymän välinen korrelointi vuosina 1958–66 (VIRTA 1969, 39, 49, 56 ja 72).

Table 2. The seasonal indices of cut in 1963–1967 and the correlation coefficients between cumulative monthly and annual cuts in 1958–1966 (VIRTA 1969, pp. 39, 49, 56 and 72).

Kuukaudet Months	Kausi-indeksi – Seasonal index			Korrelaatiokerroin – Correlation coefficient		
	Havutukki- puu Softwood logs	Lehtitukki- puu Hardwood logs	Ainespino- puu Industrial cordwood	Havutukki- puu Softwood logs	Lehtitukki- puu Hardwood logs	Ainespino- puu Industrial cordwood
Tammi – January	192	171	107	.	.	.
Helmi – February	247	126	102	.779	.775	.779
Maalis – March	259	165	134	.832	.746	.774
Huhti – April	161	92	151	.902	.752	.801
Touko – May	88	59	152	.966	.824	.905
Kesä – June	27	14	92	.979	.852	.903
Heinä – July	8	6	56	.970	.858	.917
Elo – August	7	22	55	.907	.791	.922
Syys – September	14	79	64	.974	.896	.927
Loka – October	26	195	77	.978	.962	.939
Marras – November	54	159	102	.988	.992	.948
Joulu – December	115	112	108	1.000	1.000	1.000
	X^2_r					
	32.49	30.95	30.49			
	$X^2_{.001} = 31.26; X^2_{.01} = 24.73$ (vapausasteita = 11 = DF)					

sien 1963–1967 kausi-indeksit erikseen havutukkipuulle, lehtitukkipuulle ja ainespinopuulle (taulukko 2). Näistä indekseistä rakennettiin ennustekertoimet. Tätä ennustamistapaa kutsuttiin *kausi-indeksimenetelmäksi*.

Toisessa vaiheessa VIRTA laski vuoden alusta summatun kumulatiivisen kuukausittaisen ja koko vuoden hakkuukertymän väliset korrelaatiokertoimet (taulukko 2). Korrelaatiokertoimet kasvavat melko tasaisesti vuoden loppua kohden. Ennustamiseen sovelletussa *regressio-estimaattorissa* on selittävänä muuttujana kalenterivuoden kuuden ensimmäisen kuukauden hakkuukertymä ja koko vuoden hakkuukertymä selitettävänä muuttujana.

Kolmantena menetelmänä VIRTA kokeili eräänlaista ”täydennettyä suhde-estimaattoria”. Vuoden alkupuoliskon hakkuukertymäosuuden vaihteluja koko vuoden hakkuukertymästä selitettiin puuteollisuuden viennin volyyymi-indeksin muutoksen avulla. Tätä ennustemallia kutsuttiin *suhde-suhdannemenetelmäksi*.

Edellä esitellyn kolmen erilaisen ennustamismenetelmän tuottamien vuoden loppupuoliskon ennusteiden tarkkuutta vertailtiin laskemalla ennusteiden virheprosenttien itseisarvojen keskiarvot sekä virheprosenttien hajonnat (a ja s; taulukko 3). Suhde-suhdannemenetelmä tuotti tarkimmat ennusteet havutukkipuulle ja lehtitukkipuulle sekä kausi-indeksimenetelmä ainespinopuulle. Lehtitukkipuun ennusteet olivat kaikilla menetelmillä epätarkimpia.

Neljäntenä menetelmänä kehitettiin GPFS-ennustesimulaattoria (General Purpose Forecasting Simulator). Tällä kirjasto-ohjelmalla voidaan tietokoneessa kätevästi käsitellä erilaisia aikasarjoja kymmenellä eri ennustamismenetelmällä sekä testata estimoidut ennusteet. Tämän simulaattorin alustavat kokeilut antoivat ainespinopuulle ennustejaksolle 1.1.–31.7. vuonna 1967 ja 1968 tuloksia, jotka poikkesivat toteutuneista 1–2 prosenttia, ennustejaksolle 1.1.–31.10.1968 vastaava poikkeama oli 1.2 prosenttia (VIRTA 1970, 67).

Taulukko 3. Vuoden loppupuoliskon ennusteiden virheprosenttien itseisarvojen keskiarvot (\bar{a}) ja virheprosenttien hajonnat (s) (VIRTA 1970, 70).

Table 3. The means (\bar{a}) and standard deviations (s) of the absolute values of forecast deviations as per cent of observed cut in six month period July–December (VIRTA 1970, p. 70).

Raakapuulaji- ryhmät Roundwood assortment	Regressiomenetelmä – Regression method		Kausi-indeksimene- telmä – Seasonal- index method		Suhde-suhdanneme- netelmä – Two- variable method	
	\bar{a}	s	\bar{a}	s	\bar{a}	s
Havutukkipuu – Softwood logs	2.01	2.26	2.77	3.18	1.04	1.20
Lehtitukkipuu – Hardwood logs	7.11	7.86	5.54	6.88	4.00	5.75
Ainespinopuu – Industrial cordwood	3.94	4.48	1.12	1.30	2.55	3.28

VIRRAN kehittämien mallien tuottamien markkinahakkuumäärien ennusteiden tarkkuus osoittautui selvästi käytännössä sovelletuilla menetelmillä (luvut 2.1 ja 2.2) saatuja ennusteita paremmaksi (taulukko 4). Hänen pisin

ennustejaksonsa oli 10 kuukautta. VIRRAN tuottamat ennusteet täyttävät muutenkin melko pitkälle aikaisemmin (luvussa 1.3) esitetyt ennusteen hyvyyskriteerit.

Taulukko 4. Lukujen 2.1–2.3 eri ennustamismenetelmillä tuotettujen ennusteiden tarkkuuksien vertailu (symbolit ks. taulukko 3).

Table 4. A comparison of accuracies of cut forecasts produced by different methods of Sections 2.1–2.3 (symbols as in Table 3 above).

Ennustamismenetelmä Forecasting method	Ennustejakso, kk Forecast period, months	Havutukki- puu Softwood logs		Lehtitukki- puu Hardwood logs		Yhteensä tukkipuu Total logs		Ainespino- puu Industrial cordwood	
		\bar{a}	s	\bar{a}	s	\bar{a}	s	\bar{a}	s
Yritystiedustelu – Opinion poll	9	..	..	..	..	4.9	5.7	7.7	9.6
Intelligent guess	6	..	..	..	..	5.3	6.9	6.5	6.9
–”–	12	..	..	..	..	11.4	13.6	5.6	6.6
VIRTA	6	1.0	1.2	4.0	5.7	..	..	1.1	1.3
–”–	10	..	..	..	..	..	..	1.2	..

3. EKONOMETRISET KOKEILUT

3.1. Valtakunnalliset mallit

3.1.1. Markkinapuun kysyntä ja tarjonta

Markkinapuun *kysynnällä* tarkoitetaan raakapuumääriä, jotka ostajat (pääasiassa metsäteollisuusyritykset) ovat halukkaita ostamaan vaihtoehtoisin hintoihin tietyillä markkinoilla ja määrättyllä aikavälillä. Markkinapuun *tarjonta* puolestaan käsittää raakapuumäärät, jotka metsänomistajat (myyjät) ovat halukkaita tarjoamaan myyntiin vaihtoehtoisin hintoihin tietyillä markkinoilla ja määrättyllä aikavälillä.

Markkinapuun *myyntimäärällä* tarkoitetaan raakapuumäärää, jonka metsänomistajat ovat myyneet ostajille tietyillä markkinoilla ja määrättyllä aikavälillä. Raakapuumäärä katsotaan myydyksi silloin, kun kyseisen puuerän omistusoikeus on siirtynyt metsänomistajalta (myyjältä) ostajalle. Markkinapuun potentiaalinen myyntimäärä voidaan teoreettisesti määrittellä markkinapuun kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspisteen abskissaksi. Tällöin potentiaalinen myyntimäärä on rinnastettu potentiaalisen kulutuksen käsitteeseen, josta sen käytännössä erottaa puun varastoinnin ja kuljetuksen aiheuttamat viiveet (vrt. Forecasting . . . 1971, 6–7; RIIHINEN 1963, 7–8).

Puuerän omistusoikeus siirtyy metsänomistajalta ostajalle pystykaupoissa yleensä puiden kaatoheikellä sekä hankintakaupoissa yleensä puiden luovutus/vastaanottomittauksen yhteydessä. Valtakunnallisten mallien rakentamisen perusaineistona käytettiin markkinahakkuumäärien kuukausitilastoa. Tiedot pystykaupoista kerättiin siihen lähinnä tekomittauksen ja tiedot hankintakaupoista lähinnä vastaanottomittauksen mukaisina. Tällöin esiintyy työmittaukseen perustuvissa määrissä aina jonkin verran viivettä kaatoajankohdan mukaisiin hakkuumääriin verrattuna (PALO 1969, 78). Metsäteollisuusyritysten omista metsistään omaan käyttöön hankkima puu ei luonnollisesti kulje markkinoiden kautta, vaikka se käytetyssä hakkuutilastossa on rinnastettu markkinapuhun. Metsäteollisuusyritysten metsien osuus koko markkinahakkuumäärästä on tosin melko pieni (5–10 %).

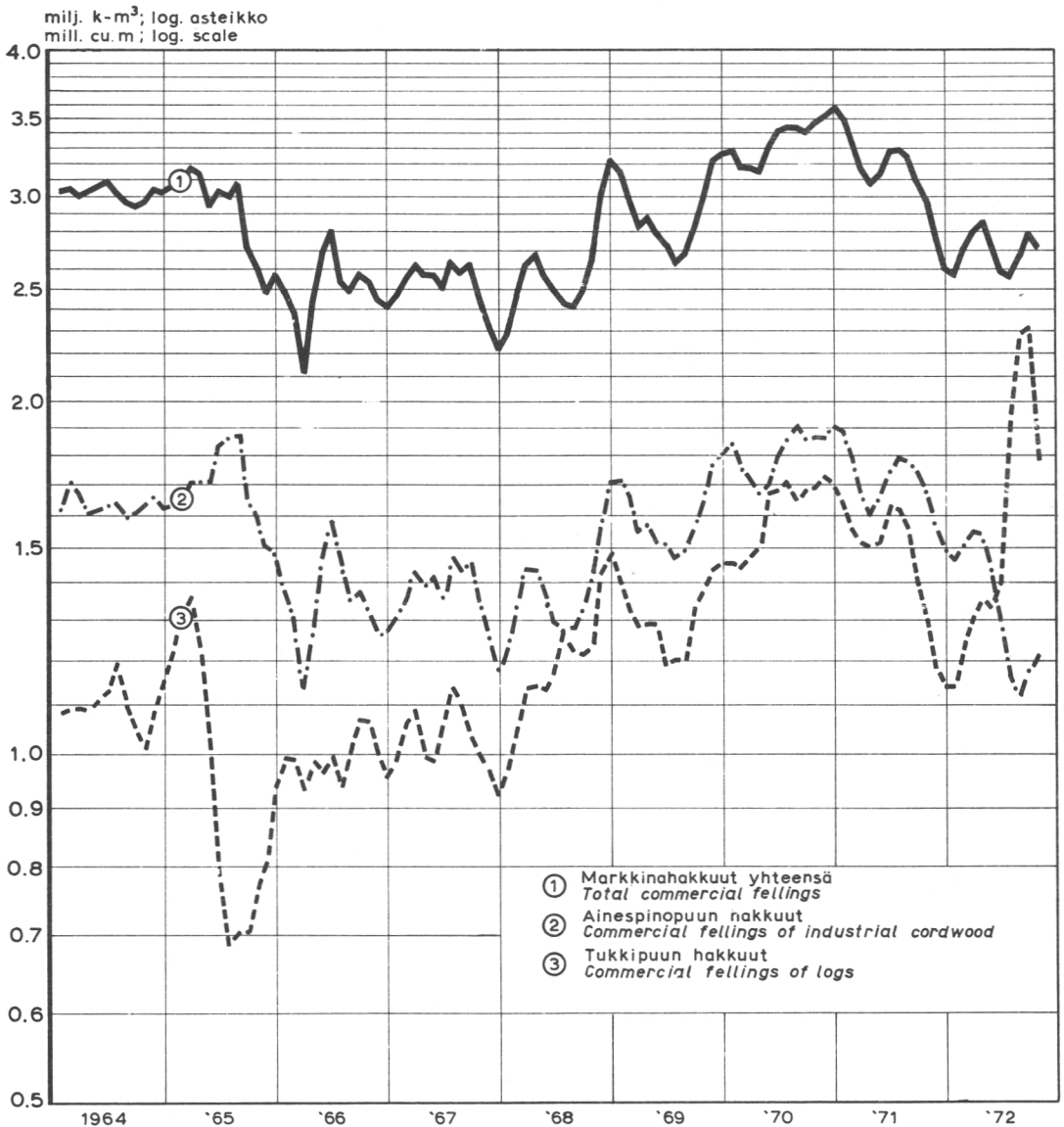
Tässä tutkimuksessa pyritään ennustamaan toteutuneita markkina-ainespuun hakkuumääriä. Edellä kuvattujen talusteorian käsitteiden mukaan tällöin on kyseessä lähinnä potentiaali-

nen myyntimäärä-tyyppisten mallien kehittäminen. Metsäteollisuusyritysten omien metsien hakkuumäärät kuuluvat kuitenkin edellistä luontevammin potentiaalisen *kulutuksen* käsitteen piiriin. Kulutus on määritelty tällöin puumääräksi, joka käytetään tietyllä alueella ja määrättyllä aikavälillä (vrt. Forecasting . . . 1971, 7). Periaatteessa voidaan sekä myynnin että kulutuksen ennustamisessa käyttää selittäjinä sekä kysyntä- että tarjontapuolen muuttujia (vrt. GREGORY 1971, 38).

Raakapuun kysyntään vaikuttavat voimakkaasti metsäteollisuusyritysten raaka-aineen tarpeet. Näiden yritysten tuottamien tuotteiden, kuten sellun ja sahatavaran kysyntä puolestaan on riippuvuussuhteessa näitä tuotteita raaka-aineinaan käyttävien yritysten tarpeisiin. Ne kytkeytyvät taas lopputuotteiden kulutusyksiköiden käyttäytymiseen. Tämän luonteista kysyntää kutsutaan *johdetuksi kysynnäksi*. Johdetulle kysynnälle on luonteenomaista, että hinnat ja myyntimäärät vaihtelevat raaka-aineilla huomattavasti voimakkaammin kuin niistä jalostetuilla tuotteilla (vrt. esim. JOHNSTON ym. 1967, 143–145).

Toinen tyypillinen raakapuun kysynnän piire on, että siitä valmistettavien lopputuotteiden kysyntä jakaantuu kahteen pääluokkaan: (1) kulutushyödykkeiden ja (2) pääomahyödykkeiden kysyntään. ”Kulutushyödykelinjan” alkupäähän kuuluvat lähinnä sellu- ja hioketeollisuuden raaka-aineet eli kuitupuu. Sahojen ja puulevyteollisuuden raaka-aineet (saha- ja vaneritukit sekä lastu- ja kuitulevypuut) sisältyvät pääosiltaan ”pääomahyödykelinjalle”. Tällä luokittelulla on analyysin kannalta merkitystä sikäli, että kulutus- ja pääomahyödykkeiden kysynnän voidaan olettaa kehittyvän eri tavoin eri suhdannevaiheissa (kuva 4).

Suomen raakapuumarkkinoilla esiintyi vuonna 1970 noin 1270 ostajaa (PALO & PÄLÄ 1973), kun potentiaalisten myyjien (metsälöiden) lukumäärä oli samanaikaisesti noin 365 000. Kun yksityismetsien leimikoiden lukumäärä on keskimäärin viime vuosina ollut hieman yli 100 000 ja samalla myyjällä voi olla yhtä useampiakin leimikoita, voidaan myyjien lukumäärän arvioida olevan suuruusluokkaa 100 000. Pääosa ostajista on ollut sahatukkien ostajia. Etenkin kuitupuun ja vaneritukkien ostajat ovat jo pitkään olleet ostotoiminnassaan kartellotuneina.



Kuva 4. Markkinahakkuut vuosina 1964–72. Kausivaihtelusta puhdistettuna kuukausittain, 3 kuukauden liukuva keskiarvo (PALO & PÄLÄ 1973).

Fig. 4. Commercial fellings in 1964–72. Seasonally adjusted monthly figures, 3-month moving averages (PALO & PÄLÄ 1973).

Vapaata hinnanmuodostusta on Suomen raakapuumarkkinoilla esiintynyt tutkimusajanjaksona (1960–1968) vain sahatukeilla. Sen sijaan kuitupuun ja vaneritukin hinnat on pyritty sopimaan koko maan kattavilla hintasopimuksilla. Ne on tehty hakkuuvuosittain eri ostajajärjestöjen ja metsänomistajajärjestön kesken.

3.1.2. Hypoteesit

Parin viime vuosikymmenen kuluessa on eri puolilla maailmaa esiintynyt kasvavaa kiinnostusta metsätalous- ja metsäteollisuustuotteiden ennustamista kohtaan. Esimerkiksi IUFRO:n työryhmän raportissa "Forecasting in Forestry

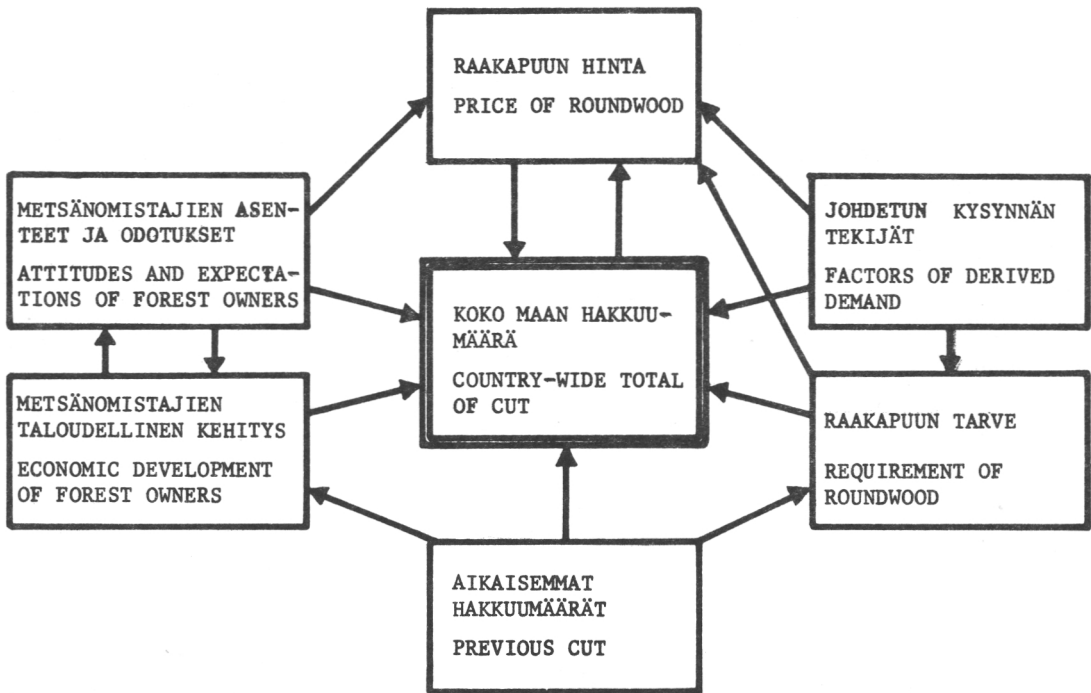
and Timber Economy” (1971, 45–49) esittää bibliografia, joka sisältää yli 100 alan julkaisua. Kuitenkin vain harvat niistä sivuavat *hakkuumäärien lyhytjaksoista* ennustamista.

SAETHER (1964) pyrki kartoittamaan havuainespuun vuotuisen tarjontaan Norjassa vaikuttavat tekijät. Hän oletti seuraavien tekijöiden olevan tässä suhteessa merkittäviä: hinta, odotettu hintamuutos, puun hintasopimuksen solmimisajankohta, edeltäneen vuoden hakkuumäärä, maataloustulo, raakapuun myyjien organisaation vaikutus, aika (elintason muutoksen osoittajana) ja sääolosuhteet. Eri hintamuunnoksista tukkuhintaindeksillä deflatoitu puun nettohinta korreloi eri ajanjaksoina voimakkaimmin (+0.82 – +0.89) havuainespuun markkinahakkuumäärän kanssa. Tämä hintamuuttuja oli parhaassa regressiomallissa ainoana selittäjänä.

Edellä selostetuista VIRRAN (1969 & 1970) tekemistä kokeiluista (luku 2.3.) ilmeni, että markkinahakkuumäärien aikaisempi kehitys sisältää lyhytjaksoisen ennustamisen kannalta

käyttökelpoista informaatiota. VIRTTA osoitti myös, että puuteollisuuden viennin volyymindeksin muutoksella oli merkitystä ainakin puolen vuoden ennusteissa. Tämä näkökohta liittyy edellisen luvun johdetun kysynnän teoriaan siten, että ilmeisesti eri tekijöillä koko toimintaketjussa raakapuuta käyttävistä teollisuusyrityksistä lopputuotteiden kulutusyksiköihin saakka on vaikutusta toteutuviin hakkuumääriin.

Tarjontapuolen tekijöistä oletettiin metsänomistajan taloudellinen kehitys keskeiseksi. Sen voidaan katsoa sisältävän maataloustulon, työttömyyden ym. vastaavia komponentteja. Metsänomistajien asenteilla ja odotuksilla oletettiin myös olleen huomattavan vaikutuksen sekä raakapuun hintaan että hakkuumäärään (vrt. esim. VIRTTA 1971, 11). Yleisesti ottaen voidaan todeta aikaisemmin esitetyn teorian (luku 3.1.1) mukaan, että raakapuun hinta ja hakkuumäärä määräytyvät samanaikaisesti kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspisteessä. Tällöin niiden voidaan olettaa olevan keskinäisessä vuorova-



Kuva 5. Hypoteesit markkina-ainespuun koko maan hakkuumäärien lyhytjaksoiseen vaihteluun vaikuttavista tekijöistä.

Fig. 5. Hypotheses regarding factors affecting the short-term variation of the country-wide totals of commercial cut.

kutussuhteessa siten, että tekijä, joka vaikuttaa niistä toiseen, vaikuttaa ainakin välillisesti myös toiseen.

Hypoteesit markkina-ainespuun koko maan hakkuumääriin vaikuttavista tekijöistä on koottu kuvaan 5. Oletetut vaikutussuhteet ja -suunnat on kuvattu nuolilla.

3.1.3. Muuttujat

Selostettavat kokeilut perustettiin pääosittaan hakkuuvuosien 1960/61 – 1967/68 eri aikasarjoista muodostettuihin muuttujiin. Havaintoyksikkönä oli koko valtakunta. Kaikkien metsänomistajaryhmien yhteiset hakkuumäärät otettiin samoista lähteistä kuin aikaisemmin (luvussa 2.3) selostetuissa VIRRRAN suorittamissa kokeiluissa. Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuutiedot saatiin Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliitosta ja metsähallinnon metsien hakkuutiedot metsähallituksesta.

Kausivaihteluista puhdistetut markkinahakkuiden kuukausimäärät (kuva 4) kuvaavat melko hyvin hakkuiden suhdannevaihtelua. Kuvasta nähdään, että tietyissä suhdannevaiheissa ainespinopuun ja tukkipuun hakkuumäärät vaihtelevat eri tavoin. Ainespinopuun, havu- ja lehtitukkipuun hakkuumäärillä on myös erilaiset kausivaihtelut (taulukko 2, s. 11). Koska myös hinnanmuodostuksessa oli näiden kolmen ryhmän välillä nähtävissä selviä eroavuuksia, otettiin ainespinopuun, havutukkipuun ja lehtitukkipuun kaikkien metsänomistajaryhmien hakkuumäärät kukin erikseen selitettäväksi muuttujiksi analyysiin (liite 1).

Markkinapuun kysynnän ja tarjonnan kuvailussa (luku 3.1.1) ilmeni, että esimerkiksi metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuumäärät poikkeavat muiden metsänomistajaryhmien hakkuumääristä siinä, että ne eivät kulje markkinoiden kautta. Muitakin eri metsänomistajaryhmien välisiä eroja voitiin olettaa esiintyvän. Tämän vuoksi kokeiltiin selitettävänä muuttujina edellisten lisäksi myös ainespinopuun yksityismetsien ja yhtiöiden metsien hakkuumääriä. Vastaavasti meneteltiin havu- ja lehtitukkipuun osalta.

Metsänomistajien asenteet ja odotukset sekä metsänomistajien taloudellinen kehitys olivat edellisen luvun hypoteesien (kuva 5) tarjontapuolen tekijöitä. Leimausmäärien oletettiin ku-

vaavan jossain määrin näitä molempia tekijöitä. Vuosittaiset yksityismetsien leimausmäärät julkaistaan Tapion vuosikirjassa. Tätä tutkimusta varten saatiin luottamukselliseen käyttöön myös Keskusmetsälautakunta Tapion keräämät kuukausittaiset leimaustilastot.

Hakkuuvuosittaiset yksityismetsien kantohinnat (kantorahat) saatiin Metsäntutkimuslaitoksen ja Maataloustuottajain Keskusliiton tilastoista.

Puuteollisuuden vienti-indeksi osoittautui VIRRRAN (1970, 70) kokeiluissa selityskykyiseksi. Siksi se valittiin muuttujaksi myös tähän kokeiluun. Puuteollisuuden vienti-indeksi edustaa edellä asetetuista hypoteeseista (kuva 5) lähinnä johdetun kysynnän tekijöitä. Tämä indeksi saatiin virallisesta ulkomaankauppatilastosta.

Raakapuun tarve oletettiin hypoteeseissa (kuva 5) keskeiseksi kysyntäpuolen tekijäksi. Sitä kuvaavaksi muuttujaksi valittiin raakapuun ostajien suunnitelmat ja odotukset työvoimaministeriön yritystiedustelun mukaisesti (luku 2.2). Toiseksi raakapuun tarvetta edustavaksi muuttujaksi otettiin tuontipuun määrä.

Leimausmäärillä ja kantohinnoilla keskenään sekä leimausmäärillä ja viivästetyillä hakkuumäärillä keskenään oletettiin olevan yhteisvaikutusta ennustettaviin (selitettäviin) muuttujiin. Tämän oletuksen testaamiseksi päätettiin näiden muuttujien keskinäiset tulot ottaa selittäjinä kokeiltaviksi.

Kokeiltavaksi ennustejaksoksi valittiin maras–kesäkuu eli hakkuuvuoden (1.7.–30.6.) kahdeksan viimeistä kuukautta. Valinnan kriteerinä oli halu käyttää hyväksi sekä leimaustilastosta että ostajien suunnitelmista saatava informaatio, mutta pitää ennusteen aikaväli kuitenkin mahdollisimman pitkänä.

3.1.4. Alustavat tulokset korrelaatio- ja regressioanalyyseistä

3.1.4.1. Ainespinopuu

Muuttujien välisiä riippuvuuksia kartoitettiin korrelaatioanalyysillä. Kaikkien muuttujien korrelaatiomatriisi on esitetty liitteessä 3. Selittävistä muuttujista kokeiltiin eriasteisia viiveitä. *Kaikkien metsänomistajaryhmien metsien ainespinopuun hakkuumäärät korreloivat eräiden muuttujien kanssa seuraavasti:*

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	y_1
Leimausmäärä	x_1	1.00							
Kantohinta	x_2	.46	1.00						
Vienti-indeksi	x_3	.85	.36	1.00					
Viivästetty hakkuumäärä	x_4	.35	.60	.28	1.00				
Ostajien odotukset	x_5	.74	.39	.81	-.03	1.00			
Tuontipuumäärä	x_6	.48	.79	.48	.59	.38	1.00		
$x_1 \cdot x_2$	x_7	.87	.83	.71	.56	.65	.76	1.00	
Hakkuumäärä 1	y_1	.70	.77	.71	.51	.75	.84	.86	1.00

Kaikki seitsemän selittävää muuttujaa korreloivat siis melko voimakkaasti (r:n vaihtelurajat .51 ja .86) hakkuumäärän kanssa. Kantohintana käytettiin tässä kuusikuitupuun hintaa (ei deflatoitu), koska sillä oli eri ainespinopuulajien ja niiden yhdistelmien hinnoista suurin korrelaatiokerroin hakkuumäärän kanssa.

Seuraavaksi sovellettiin valikoivaa lineaarista regressioanalyysia (VÄLIAHO 1963, 85–87). Selitettävänä muuttujana oli hakkuumäärä. Käytetty ohjelma valitsi selittäjäksi muuttujan, jonka F-arvo oli ≥ 4 ja poisti selittäjien joukosta muuttujan, jonka F-arvo oli < 4 . Edellä esitetyistä seitsemästä selittäjästä syntyi seuraava malli (suluisissa termien keskivirheet):

$$(1) \quad y_1 = 1952 + .01051 x_7 \quad \begin{matrix} R^2 & F \\ (.69) & (16.9) \end{matrix}$$

y_1 = hakkuuvuoden t hakkuumäärä (10000 p-m³)

$$x_7 = x_1 \cdot x_2$$

x_1 = leimausmäärä (10 000 p-m³) hakkuuvuoden t heinä–lokakuulta

x_2 = kuusikuitupuun kantohinta (p/p-m³) hakkuuvuonna t

Yksityismetsien ainespuun hakkuumäärälle ja edellä käytetyille seitsemälle muuttujalle lasketut korrelaatiokertoimet eivät olennaisesti poikenneet edellä kaikkien omistajaryhmien hakkuumäärälle saaduista kertoimista. Regressiomallista tuli edellistä hieman epätarkempi:

$$(2) \quad y_2 = 1410 + .008695 x_7 \quad \begin{matrix} R^2 & F \\ (.57) & (10.3) \end{matrix}$$

y_2 = yksityismetsien hakkuuvuoden t hakkuumäärä (10 000 p-m³)

$$x_7 = x_1 \cdot x_2$$

x_1 = leimausmäärä (10 000 p-m³) hakkuuvuoden t heinä–lokakuulta

x_2 = kuusikuitupuun kantohinta (p/p-m³) hakkuuvuonna t

Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuumäärä (y_3) korreloi edellisistä (y_1 ja y_2) poikkeavasti edellä käytettyjen seitsemän muuttujan suhteen:

		y_3
Leimausmäärä	x_1	.36
Kantohinta	x_2	.54
Vienti-indeksi	x_3	.57
Viivästetty hakkuumäärä	x_4	.49
Ostajien odotukset	x_5	.30
Tuontipuumäärä	x_6	.82
$x_1 \cdot x_2$	x_7	.53

Yhtiöiden metsien hakkuumäärä korreloi voimakkaasti ainoastaan tuontipuumäärän kanssa. Tämä heijastui myös malliin:

$$(3) \quad y_3 = 200.1 + .8184 x_6 \quad \begin{matrix} R^2 & F \\ (.62) & (12.5) \end{matrix}$$

y_3 = yhtiöiden metsien hakkuuvuoden t hakkuumäärä (10 000 p-m³)

x_6 = raaka- ja jätepuun tuontimäärien kalenterivuosi t (= hakkuuvuoden t alkamisvuosi) ja t-1 suhde (1.0 %)

3.1.4.2. Havutukkipuu

Kaikkien omistajaryhmien metsien havutukkipuun hakkuumäärät korreloivat eräiden selittävien muuttujien kanssa seuraavasti:

		x_8	x_9	x_3	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	y_4
Kantohinnan muutos	x_8	1.00							
Leimausmäärä	x_9	-.33	1.00						
Vienti-indeksi	x_3	.78	-.43	1.00					
Viivästetty hakkuumäärä	x_{10}	-.55	.31	-.76	1.00				
Ostajien odotukset	x_{11}	-.19	.72	-.29	.35	1.00			
$x_8 \cdot x_9$	x_{12}	.68	.47	.40	-.27	.35	1.00		
$x_8 \cdot x_3$	x_{13}	.95	-.38	.93	-.68	-.25	.60	1.00	
Hakkuumäärä 4	y_4	.90	-.43	.82	-.78	-.28	.51	.91	1.00

Havutukkipuun hakkuumäärä korreloi voimakkaan positiivisesti havusahatukkien kantohinnan muutoksen, puuteollisuuden volyyymi-indeksin sekä niiden tulon kanssa. Melko vahvaa negatiivista korrelaatiota ($r = -.78$) esiintyy havutukkipuun hakkuumäärän (hakkuuvuonna t) ja vastaavan viivästetyn hakkuumäärän (hakkuuvuoden $t-1$ huhtikuu – hakkuuvuoden t lokakuu) välillä. Suoritetun regressioanalyysin tuloksena saatiin seuraava malli:

$$(4) y_4 = 1622 + .09922 x_{13} \quad R^2 = .81 \quad F = 30.3$$

(265) (.01801)

y_4 = hakkuuvuoden t hakkuumäärä (100 000 j^3)

$$x_{13} = x_8 \cdot x_3$$

x_8 = havusahatukkien kantohinnan hakkuuvuosien t ja $t-1$ suhde (1.0 %)

x_3 = puuteollisuuden viennin volyyymi-indeksi kalenterivuoden t (= hakkuuvuoden t alkamisvuosi) kolmannella neljänneksellä

Yksityismetsien havutukkipuun hakkuumäärien (y_5) ja edellä tarkasteltujen selittävien muuttujien korrelaatiokertoimet ovat yleensä hieman pienempiä kuin kaikkien metsien tapauksessa:

		y_5
Kantohinnan muutos	x_8	.89
Leimausmäärä	x_9	-.32
Vienti-indeksi	x_3	.79
Viivästetty hakkuumäärä	x_{10}	-.73
Ostajien odotukset	x_{11}	-.17
$x_8 \cdot x_9$	x_{12}	.59
$x_8 \cdot x_3$	x_{13}	.89

Yksityismetsien havutukkipuun hakkuumäärien (y_5) malli on esitetty alla. Siinä vaihtui kantohinnan muutos (x_8) selittäjäksi edellisen yhtälön (4) yhdistetyn muuttujan (x_{13}) tilalle.

$$(5) y_5 = 143.6 + 21.05 x_8 \quad R^2 = .76 \quad F = 23.4$$

(454.1) (4.35)

y_5 = hakkuuvuoden t hakkuumäärä (100 000 j^3)

x_8 = havusahatukkien kantohinnan hakkuuvuosien t ja $t-1$ suhde (1.0 %)

Metsäteollisuusyhtiöiden metsien havutukkipuun hakkuumäärä (y_6) korreloi heikosti edellä käytettyjen muuttujien kanssa:

		y_6
Kantohinnan muutos	x_8	.15
Leimausmäärä	x_9	-.07
Vienti-indeksi	x_3	-.35
Viivästetty hakkuumäärä	x_{10}	.22
Ostajien odotukset	x_{11}	-.29
$x_8 \cdot x_9$	x_{12}	.11
$x_8 \cdot x_3$	x_{13}	-.09

Tässä yhteydessä lienee syytä palauttaa mieleen, että muuttujat x_8 ja x_9 edustavat vain yksityismetsiä. Sen sijaan muuttujat x_3 , x_{10} ja x_{11} koskevat kaikkia metsänomistajia. Hakkuuvuoden t hakkuumäärän lisäksi ei erityisiä yhtiöiden metsiä kuvaavia muuttujia ollut käytettävissä.

3.1.4.3. Lehtitukkipuu

Kaikkien omistajaryhmien lehtitukkipuun hakkuumäärien (y_7) ja eräiden selittävien muuttujien korrelaatiomatriisi oli seuraava:

	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_3	x_{11}	x_{17}	x_{18}	y_7
Leimausmäärä	x_{14}	1.00						
Viivästetty hakkuumäärä	x_{15}	.91	1.00					
Kantohinta	x_{16}	.84	.87	1.00				
Vienti-indeksi	x_3	-.78	-.88	-.78	1.00			
Ostajien odotukset	x_{11}	.51	.51	.46	-.29	1.00		
$x_{14} \cdot x_{15}$	x_{17}	.99	.96	.85	-.84	.52	1.00	
$x_{14} \cdot x_{16}$	x_{18}	.99	.93	.92	-.81	.52	.98	1.00
Hakkuumäärä 7	y_7	.90	.96	.94	-.88	.58	.93	.95

Selittävästä muuttujista vienti-indeksi (x_3) edustaa koko puuteollisuuden tuotteita, joissa sahatavara on painavimpana mukana. Ostajien odotukset (x_{11}) peittävät lehtitukkipuun lisäksi myös havutukkipuun (vrt. luku 2.2). Muuttujat x_{14} ja x_{15} kuvaavat erityisesti lehtitukkipuuta sekä x_{15} vaneritukkien kantohintaa. Lehtitukkipuun hakkuumäärä (y_7) korreloi heikoimmin ostajien odotusten kanssa. Puuteollisuuden volyymien vienti-indeksin kanssa sillä esiintyy voimakas negatiivinen korrelaatiokerroin. Lehtitukkipuun hakkuumäärä korreloi muiden muuttujien kanssa voimakkaasti positiivisesti.

Regressioanalyyseissä kehitettiin mallit (6) ja (7):

$$(6) y_7 = 146.7 + .6196 x_{15} \quad R^2 = .91 \quad F = 70.4$$

(46.7) (.0738)

$$(7) y_7 = 103.8 + .3834 x_{15} + 2.735 x_{16} \quad R^2 = .95 \quad F = 6.7$$

(37.4) (.1057) (1.059)

y_7 = hakkuuvuoden t hakkuumäärä (100 000 j³)

x_{15} = viivästetty hakkuumäärä hakkuuvuoden t-1 syyskuusta hakkuuvuoden t lokakuuhun (100 000 j³)

x_{16} = vaneritukkien kantohinta (p/j³) hakkuuvuonna t

$$(8) y_8 = 322.7 + .007270 x_{18} \quad R^2 = .92 \quad F = 86.5$$

(19.1) (.000782)

$$(9) y_8 = 192.6 + .003788 x_{18} + .3353 x_{15} \quad R^2 = .95 \quad F = 4.9$$

(60.6) (.001685) (.1513)

$$(10) y_8 = 278.4 + .01023 x_{18} + .3056 x_{15} - .6738 x_{14} \quad R^2 = .98 \quad F = 6.4$$

(54.0) (.00280) (.1056) (.2663)

$$(11) y_8 = 892.9 + .03768 x_{18} + .2442 x_{15} - 2.734 x_{14} \quad R^2 = .996 \quad F = 21.5$$

(134.1) (.00602) (.0446) (.457)

- 7.854 x_{16}
(1.692)

Selittävät muuttujat korreloivat voimakkaasti keskenään:

	x_{15}	x_{16}	y_7
x_{15}	1.00		
x_{16}	.87	1.00	
y_7	.96	.94	1.00

Selittäjien vahva multikollineaarisuus heikentää olennaisesti mallin selitysarvoa, mutta ei välttämättä sen käyttökelpoisuutta ennustamiseen.

Yksityismetsien lehtitukkipuun hakkuumäärä (y_8) korreloi kaikkien metsien vastaavaa muuttujaa voimakkaammin edellä käytettyjen muuttujien kanssa:

	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_3	x_{11}	x_{17}	x_{18}	y_8
Leimausmäärä	x_{14}	.92						
Viivästetty hakkuumäärä	x_{15}	.97						
Kantohinta	x_{16}	.94						
Vienti-indeksi	x_3	-.89						
Ostajien odotukset	x_{11}	.56						
$x_{14} \cdot x_{15}$	x_{17}	.95						
$x_{14} \cdot x_{16}$	x_{18}	.97						

Yksityismetsien lehtitukkipuun hakkuumäärälle estimoitiiin vaiheittain seuraavat mallit:

$$R^2 = .92 \quad F = 86.5$$

$$R^2 = .95 \quad F = 4.9$$

$$R^2 = .98 \quad F = 6.4$$

$$R^2 = .996 \quad F = 21.5$$

- y_8 = hakkuuvuoden t hakkuumäärä 100 000 j^3)
 x_{14} = leimausmäärä hakkuuvuoden t-1 syyskuusta hakkuuvuoden t lokakuuhun (100 000 j^3)
 x_{15} = viivästetty hakkuumäärä hakkuuvuoden t-1 syyskuusta hakkuuvuoden t lokakuuhun (100 000 j^3)
 x_{16} = vaneritukkien kantohinta (p/j^3) hakkuuvuonna t
 x_{18} = $x_{14} \cdot x_{16}$

Muuttujien korrelaatiomatriisi oli seuraava:

	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{18}	y_8
x_{14}	1.00				
x_{15}	.91	1.00			
x_{16}	.84	.87	1.00		
x_{18}	.99	.93	.92	1.00	
y_8	.92	.97	.94	.95	1.00

Metsäteollisuusyhtiöiden metsien lehtitukkipuun hakkuumäärien (y_9) korrelointi edellä käytettyjen selittävien muuttujien kanssa jäi melko heikoksi:

		y_9
Leimausmäärä	x_{14}	-.52
Viivästetty hakkuumäärä	x_{15}	-.25
Kantohinta	x_{16}	-.17
Vienti-indeksi	x_3	.30
Ostajien odotukset	x_{11}	.12
$x_{14} \cdot x_{15}$	x_{17}	-.45
$x_{14} \cdot x_{16}$	x_{18}	-.42

Huomiota kiinnittää negatiivisten kertoimien runsaus. Korkeimmat korrelaatiokertoimet yhtiöiden metsien lehtitukkipuun hakkuumäärällä on yksityismetsien leimausmäärän (x_{14}) sekä muuttujien x_{17} ja x_{18} (molemmissa leimausmäärä toisena tekijänä) kanssa. Kaikki kolme kerrointa ovat negatiivisia.

3.1.4.4. Mallien käyttökelpoisuus

Edellä esitetystä tuloksista ehkä mielenkiintoisin on asetetun hypoteesin (luku 3.1.2) mukainen hakkuumäärän ja kantohinnan voimakas positiivinen korrelointi (kaikkien omistajaryhmien metsien ainespinopuu: $r = .77$, havutukkipuu: $r = .90$ ja lehtitukkipuu: $r = .94$). Pienin kerroin on merkitsevää 5 prosentin riskillä

ja suuremmat 1 prosentin riskillä. *Tuloksia tulokittaessa on syytä kuitenkin pitää mielessä, että käytettyjen aikasarjojen pituus oli vain kahdeksan vuotta.*

Kantohinta tuli joko itsenäisenä selittäjänä tai selittäjän komponenttina mukaan useimpiin edellä kehitettyihin malleihin. Ainespinopuulla ja lehtitukkipuulla olivat kyseessä hakkuuvuoden t kantohinnat. Ennusteen aikaväli käsittää hakkuuvuoden t marras–kesäkuun. Tällöin ovat kyseisten kantohintojen melko luotettavat ennusteet käytettävissä ennusteen laatimisen aikaan, jos ostajien ja myyjien järjestöt ovat solmineet hintasopimuksen, kuten normaalivuosina on tapahtunut.

Havutukkipuun malleissa oli selittäjänä hakkuuvuoden t ja hakkuuvuoden t-1 havusahatukkien kantohinnan suhde. Havusahatukeista ei ole Suomessa koskaan solmittu valtakunnallista hintasopimusta. Sen sijaan alueittaisia sopimuksia on laadittu useina vuosina. Hintamuuttujan käyttö havutukkipuun hakkuumäärän ennustemallissa edellyttäisi mallin rakentamista myös hintakehityksen ennustamiseksi.

Edellä esitetyt kokeilut (luvut 3.1.4.1–3.1.4.3) suoritettiin vain suppealla muuttujajoukolla. Hakkuumääriin valtakunnallisella tasolla vaikuttaviksi oletettuja tekijöitä (kuva 5, luku 3.1.2) on jatkotutkimuksissa mahdollista kuvata nykyistä huomattavasti useammilla muuttujilla, kuten tehtiin aluemallien (luku 3.2) kehittämisessä. Tällöin on käytettävissä myös tämän tutkimuksen aikasarjaa (8 v.) pitempi aikasarja.

Tässä esitettyjen kokeilujen rajoittuneisuudesta huolimatta kehitettiin lehtitukkipuun kaikkien metsien ja yksityismetsien hakkuumäärille ennustemallit (7 ja 11), jotka lienevät riittävän tarkkoja käytännön ennustamistarpeita ajatellen. Kiintoisana yksityiskohtana palautetakoön mieliin, että VIRRAN ennustemallien kehittämisessä osoittautui lehtitukkipuun hakkuumäärien ennustaminen epätarkimmaksi (luku 2.3).

Lähemmin tarkastellaan tässä yhteydessä ainoastaan mallin (11) kelpoisuutta. Malli (11) selitti 99.6 % koko maan yksityismetsien lehtipuun hakkuumäärän hakkuuvuosittaisesta vaihtelusta. Mallin vakio ja kaikki regressiokertoimet poikkeavat 2 %:n riskillä nolasta. Tutkituina hakkuuvuosina olivat em. hakkuumäärän todelliset havainnot ja ennusteiden poikkeamat niistä seuraavat:

Hakkuu- vuosi	A	B	100 · B
	Havainto	Havainto – ennuste	A %
	100 000 j ³		
1960/61	404	+ 1.0	+ .2
1961/62	430	– 4.1	– .9
1962/63	448	+ 4.3	+ .6
1963/64	454	– 1.6	– .4
1964/65	468	– .6	– .1
1965/66	536	+ 1.2	+ .2
1966/67	594	– 2.5	– .4
1967/68	572	+ 1.6	+ .3

Ennusteen prosentuaalisten poikkeamien (100 · B/A) itseisarvojen keskiarvo on 0.3 %, mikä on selvästi pienempi kuin aikaisemmin käytetyillä menetelmillä saadut tulokset (taulukko 4, luku 2.3). Huomattakoon erityisesti, että vaikka hakkuumäärä viimeisenä hakkuuvuonna (1967/68) ainoan kerran väheni, pysyi mallin (11) antaman ennusteen poikkeama keskimääräisen poikkeaman suuruisena.

Edellä regressioanalyyseissa suoritettu parametrien estimointi tapahtui ns. pienimmän neliösumman keinolla. Siinä menetelmän käytön aineistolle asettamat ehdot tiivistetään jäännöstermejä (selitysvirheitä) koskeviksi ja ovat seuraavat: (1) Jäännöstermi on normaalisti jakautunut satunnaismuuttuja, jonka odotusarvo on nolla. (2) Jäännöstermin varianssi on vakio. (3) Jäännöstermit eivät ole autokorreloituneita eivätkä korreloituneita selittävien muuttujien kanssa.

Mallin (11) jäännöstermien normalisuuden oletus testattiin. Jäännöstermit jaettiin niiden standardipoikkeamaa luokkavälinä käyttäen kahdeksaan luokkaan. Teoreettisen normaalijakauman perusteella laskettiin kullekin luokalle frekvenssien odotusarvot, joihin todellisten jäännöstermien frekvenssejä verrattiin. Frekvenssijakaumien yhteensopivuutta testattiin Khiin neliötestillä. Tulokseksi saatiin, että $X^2 = 2.1$. Vapausasteella 7 on vastaava kynnyсарvo 5 %:n riskillä 14.1 ja 1 %:n riskillä 18.5, joten hypoteesi, että mallin (11) jäännöstermien jakauma ei poikke merkittävästi normaalijakaumasta, jätettiin voimaan.

Mallin (11) jäännöstermien etumerkit vaihtelivat eri vuosina seuraavasti: + – + – – + – +. Merkkien järjestys näyttää riittävän satunnaiselta.

Mallin (11) jäännöstermeillä ei esiintynyt autokorrelointia tai korrelointia selittävien muuttujien kanssa. Graafisesti jäännöstermejä

tarkastellen ei voitu todeta, että ne rikkoisivat niiden varianssin vakioisuudesta tehdyn oletuksen.

3.2. Aluemallit

3.2.1. Aluemallien erityistarve

Markkinahakkuiden alueittaisten ennustemallien kehittelyn välitön tarve syntyi metsätaselaskelmien aiheuttamasta tietojen tarpeesta. Suomen metsien poistumalaskelmat perustuvat pääosiltaan teollisuustilastoon, jonne yritykset vuosittain ilmoittavat käyttämänsä raakapuumäärät. Kun eri käyttäjäryhmien kotimaisen raakapuun käyttöön lisätään hukkapuu, saadaan summaksi puun käytöstä johdettu kokonaispoistuma. Alueittaisia metsätasevertailuja varten kokonaispoistuma jaetaan teollisuuden ja viennin osalta *hakkuualueisiin* markkinahakkuiden vuositilastosta (esim. PALO & PÄLÄ 1973) saatujen alueittaisten hakkuumäärien suhteessa.

Tähänastisen (ja suunnitellun) käytännön mukaan suoritetaan markkinahakkuiden vuositilaston keruu joka kolmas kalenterivuosi. Tilastoinnin välivuosina jaetaan käytöstä laskettu poistuma hakkuualueisiin edellisen vuositilaston antamien hakkuualuejakaumatietojen perusteella. Tästä menettelystä on kuitenkin saattanut aiheutua huomattaviakin virheitä alueittaisiin metsätasevertailuihin (PALO 1969, 97; HUTTUNEN 1968, 22). Markkinahakkuiden vuositilaston määrä- ja aluejakaumatiedot ovat valmistuessaan noin vuoden vanhoja. Kun vuositilaston keräämisen aikaväliksi on jatkossakin suunniteltu kolme vuotta, saattavat tuoreimmat hakkuualuejakaumatiedot perustua neljättä vuotta aikaisempaan tilanteeseen.

Aluemallien kehittelyn ensimmäisessä vaiheessa pyritään poikkileikkausanalyyseillä kartoittamaan alueittaisiin markkinahakkuihin vaikuttavat tekijät ja luomaan perustaa alueittaisia markkinahakkuita kuvaavan mallin rakentamiselle. Mallien rakentamisessa otetaan huomioon lähinnä alueittaisten metsätaselaskelmien asettamat ennustamistarpeet. Kehitettävät ennustemallit ovat jälkikäteislouhteisia. Tällöin esimerkiksi vuoden 1971 aluejakaumaa "ennustetaan" vuoden 1972 alussa, tarvittavien tilastotietojen valmistuttua. Suoritettujen kokeilujen tulokset antanevat pohjaa myös etukäteistyyppisten ennustemallien kehittälylle jatkotutkimuksissa.

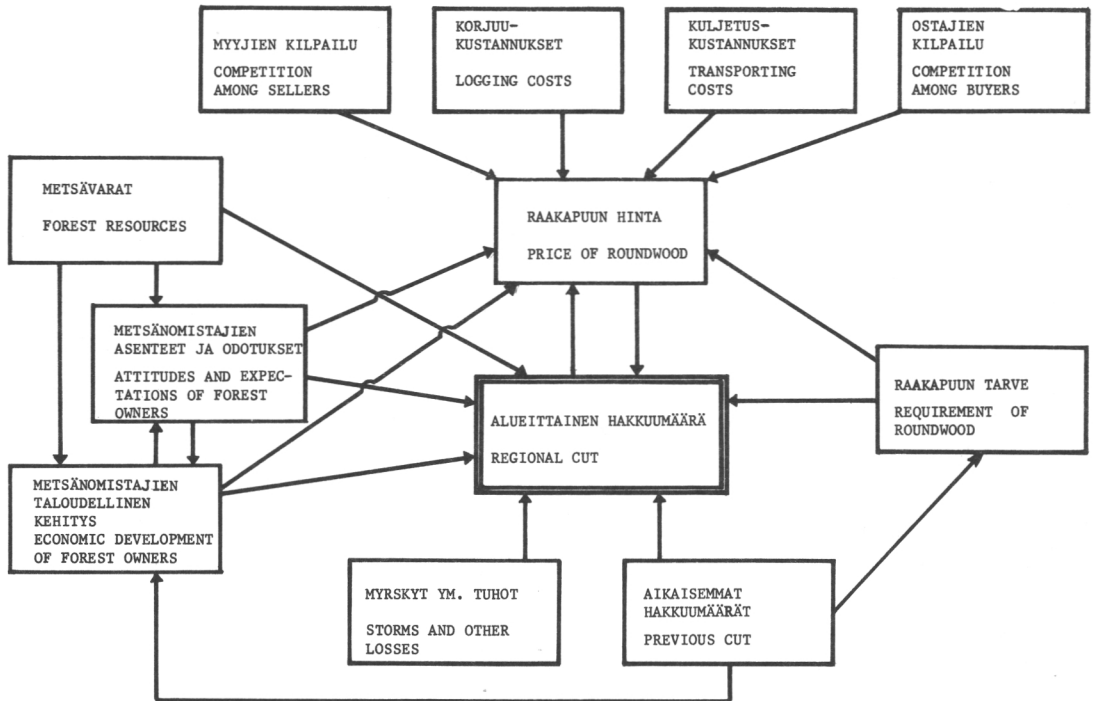
Nykyisen poistuman aluejakauman seuraamisen menetelmien etuna voidaan pitää varsin tarkkoja aluejakaumatietoja vuositilaston laatimisvuoden tilanteesta sekä väli vuosien aluejakaumaestimaattien yksinkertaista ja kustannuksetonta saantia. Kun tämän tutkimuksen osavoitteenksi asetettiin aluejakaumatietojen vuosittainen ennustaminen, joudutaan kehitettävän menetelmän kustannuksia ja tuloksia vertaamaan nykyisiin.

Etenkin kustannussyistä joudutaan tässä tutkimuksessa luopumaan primääriaineiston hankkimisesta. Niinpä tutkimusaineistona käytetään pelkästään valmiita tilastoaineistoja, joita on suhteellisen runsaasti saatavissa. Samoin analyysimenetelmälle joudutaan asettamaan tiettyjä rajoituksia. Tutkimuksen kartoittavan luonteen vuoksi, kustannussyistä sekä muuttujien alustavan graafisen tarkastelun tuloksena muuttujille ei tehty ei-lineaarisia transformaatioita ja muunkinlainen muuttujien muunnosten kokeilu jäi pääasiassa jatkotutkimuksissa tehtäväksi.

3.2.2. Hypoteesit

Aluksi pyrittiin selvittämään markkinahakkuiden alueittaiseen vaihteluun vaikuttavat tekijät (kuva 6). Hypoteesien valinnan lähtökohdina pidettiin koko maan hakkuumäärien vuosittaisesta vaihtelusta aikaisemmin esitettyjä hypoteeseja (kuva 5, luku 3.1.2). Etsittäessä hypoteeseja markkinahakkuumäärien lyhytjaksoista vaihtelua aiheuttavista tekijöistä ei metsävaroilla liene sanottavaa merkitystä koko maan osalta. Sen sijaan aluetarkastelussa on tilanne toinen. Metsävarojen alueittaisessa jakautumisessa tiedetään olevan huomattavia eroja. Tämän perusteella tehtiin oletus, että alueen runsaat metsävarat vaikuttavat kyseisen alueen hakkuumääriin lisäävästi.

Metsävarojen muuttuminen markkinahakkuihin tapahtuu metsänomistajien päätösprosessin tuloksena. Eri metsänomistajaryhmistä tärkein on yksityiset metsänomistajat: heidän hallussaan oli 1960-luvun lopulla metsien pinta-



Kuva 6. Hypoteesit markkinahakkuumäärien alueittaiseen vaihteluun vaikuttavista tekijöistä.
Fig. 6. Hypotheses regarding factors affecting the regional variation of commercial cut.

alasta noin 65 %, puustosta noin 71 % ja kasvusta noin 78 %. Valtion metsille on ominaista yksityismetsiä syrjäisempi sijainti ja heikompi tuotto-kyky. Yhtiöiden metsät taas sisältävät keskimääräistä enemmän nuoria ikäluokkia (KUUSELA 1972). Koska lisäksi puun kokonaiskysyntä suuntautuu yksityismetsiin 75–80 sadanneksen painolla, kiinnitettiin hypoteesien valinnan päähuomio juuri yksityismetsänomistukseen.

Raakapuun kysynnän, tarjonnan ja hintamekanismin tutkimus on ollut Suomessa vähäistä. Eräissä aikaisemmassa tutkimuksessa (JÄÄSKELÄINEN 1967) oli havusahatukkien *kunnittaista* hintavaihtelua pyritty selvittämään ostajien kilpailun, ostomäärän sekä leimikon ja sahalaitoksen välisen etäisyyden avulla. Vaikka em. muuttujilla ei ollutkaan saavutettu merkittäviä selitysteiteitä, pidettiin ostajien kilpailua ja raakapuun kuljetuskustannuksia hintaeroihin piirimetsälautakuntatasolla vaikuttavina tekijöinä. Perusteluksi tehtiin olettamus näiden muuttujien selityskyvyn paranemisesta havaintoyksikön koon kasvaessa kunnasta piirimetsälautakuntaan. Suuremman aluejaon puitteissa onkin havaittu ostajien kilpailun ja raakapuun hinnan välillä selvempiä yhteyksiä: PALO (1964, 4) laski vuoden 1962 koko maan piirimetsälautakunta-kohtaisten havusahatukkien ostajatiheys- ja kantohintakeskiarvojen väliseksi korrelaatioksi .749. Raakapuun alueittaisten hintaerojen pääteltiin aiheutuvan ainakin osittain puun korjuu- ja kuljetuskustannusten alueittaisista eroista (vrt. HEIKINHEIMO 1966).

Raakapuun tarve oletettiin kysyntäpuolen keskeiseksi tekijäksi valtakunnallisten hakkuumääräennusteiden kehittämisessä. Myös alue-
tasolla katsottiin tällä tekijällä olevan vaikutusta sekä markkinahakkuiden määrään että raakapuun hintaan.

Nykyisessä poistuman aluejakauman määrittelymenettelyssä käytetään hyväksi aluejakauman voimakasta autokorrelaatiota: Markkinahakkuiden vuositilastosta saatua aluejakaumaa on käytetty muuttumattomana myös vuositilastoinnin kahtena välivuotena jaettaessa poistumaa hakkuualueisiin. Tämä menettely sisältää implisiittisen oletuksen, että metsätaseeseen tuleva virhe on seurauksiltaan vähäisempi kuin vuositilastointikierron lyhentämisestä aiheutuneet kustannukset. Ennustettavan ilmiön autokorrelaatiota haluttiin käyttää hyväksi myös tämän tutkimuksen ennustemalleja laadittaessa.

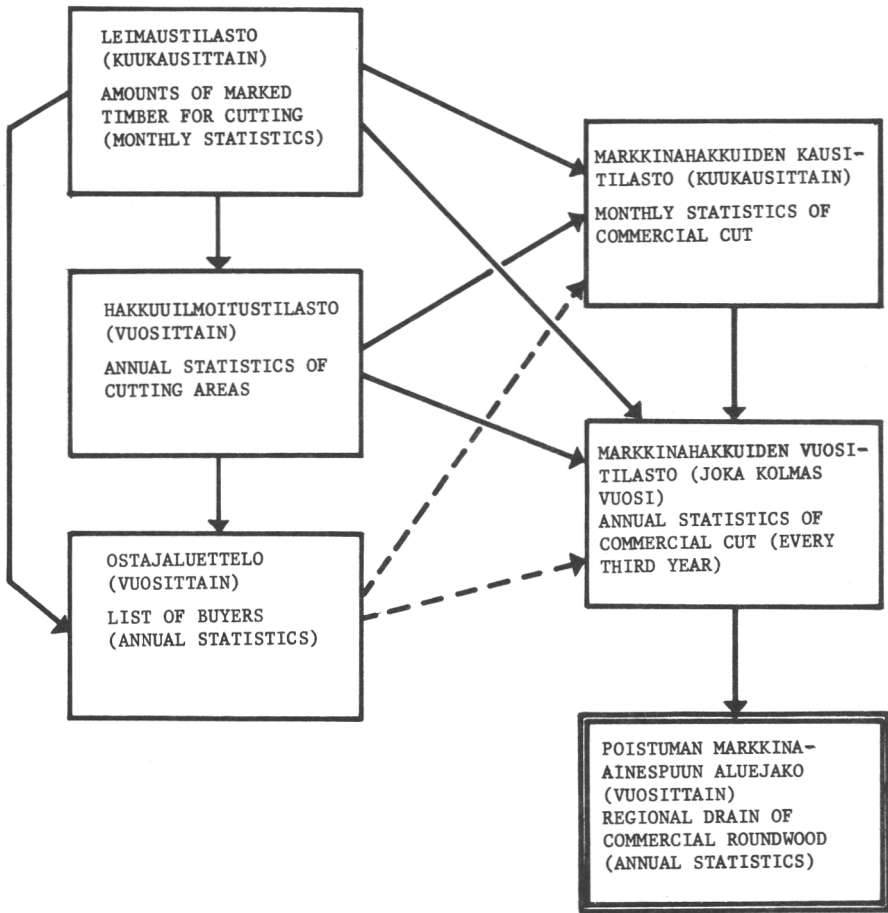
Aikaisempien hakkuumäärien vaikutus raakapuun tarpeeseen (kuva 6) tapahtuu lähinnä varaston vaihtelujen kautta (PALO & PÄLÄ 1973, 16). Runsaat hakkuut aiheuttavat raakapuutarastojen kasvua ja vähentävät tulevaa raakapuun ostotarvetta. Aikaisempien hakkuumäärien katsottiin myös vaikuttavan metsänomistajan taloudelliseen kehitykseen kantoraha- ja hankintamyyntitulojen kautta.

Tekijään myyjien kilpailu sisältyvät raakapuumarkkinoiden myyjäpuolen keinot vaikuttaa raakapuun hintaan. Metsänomistajien erilaisten yhteistoimintamuotojen alueittaisen ja kautumisen katsottiin osaltaan vaikuttavan raakapuun alueittaisiin hintaeroihin. Markkinaosapuolista riippumattomiin tekijöihin kuuluvat lähinnä erilaisten luonnonmullistusten kuten metsäpalojen, lumi- ja myrskytuhojen vaikutukset hakkuumääriin.

3.2.3. Muuttujat

Aluemallien kehittämisessä rajoitettiin valmiina saatavien tilastoaineistojen käyttämiseen. Tutkimustehtävän mukaisesti olivat selitettävänä muuttujina markkinahakkuiden vuositilaston antamat hakkuualuejakaumat. Vuositilasto on kerätty vuosina 1962, 1964, 1967 ja 1970. Tutkimuksen aloittamishetkellä oli viimeinen valmistunut vuositilasto vuodelta 1967 (PÄLÄ & ROITTO 1969), joka otettiin ennustamiskokeilujen lähtökohdaksi. Laadituilla regressiomalleilla tuotettujen ennusteiden tarkkuutta verrattiin tutkimuksen kuluessa valmistuneeseen vuoden 1970 vuositilastoaineistoon (PALO & PÄLÄ 1973). Regressiomallien pysyvyyden testaamiseksi tarvittiin myös kaikkien selittävien muuttujien arvot vuodelta 1970.

Ensimmäisissä kokeiluissa (malli 12) oli selitettävänä muuttujana vientiin, teollisuuden ja liikenteen käyttöön hankitun ainespuun absoluuttiset määrät. Vuosien 1964, 1967 ja 1970 markkinahakkuiden alueittaisia absoluuttisia määriä vertailtaessa on havaittu tarkasteluvuosien välillä huomattavia, lähinnä suhdannevaihteluista aiheutuvia eroja. Eri alueiden markkinahakkuumäärien suhteelliset osuudet sen sijaan ovat pysyneet absoluuttisia määriä vakaampina (PALO & PÄLÄ 1973, 53). Tämän perusteella otettiin toisessa vaiheessa selitettäväksi muuttujiksi eri piirimetsälautakuntien suhteelliset osuudet koko maan markkinahakkuumäärästä. Näitä jakaumia laskettaessa poistettiin vientiin ja lii-



Kuva 7. Poistumaan sisältyvän markkina-ainespuun hakkuualuejakauman määrittämiseen käytettävissä olevat edeltävät aikasarjat.

Fig. 7. The leading time series available for estimating regional drain of commercial roundwood.

kenteen käyttöön hankitut raakapuumäärät, joten selitettäviksi muuttujiksi tulivat vain teollisuuden käyttöön hankittujen ainespuumäärien suhteelliset osuudet. Aikaisemmin (luvussa 3.1.1) esitettyjen teoreettisten näkökohtien perusteella ja metsätaselaskelmien käytännön tarpeita varten teollisuuden ainespuu (muuttuja 47) jaettiin tukkipuuhun ja ainespinopuuhun (muuttujat 48 ja 49, liite 2).

Aikaisempia hakkuumääriä kuvaavat muuttujat (58–61) muodostettiin samalla tavalla kuin selitettävät muuttujat. Vuoden 1967 vuositilaston eri raakapuulajiryhmien aluejakaumia siis selitettiin vastaavilla vuoden 1964 vuositilastosta saaduilla aluejakaumilla ja vuoden 1970 aluejakaumia vuoden 1967 selitettävillä muuttujilla. Sen sijaan ei kyetty muodostamaan muuttujia, jotka kuvaisivat aikaisempien hak-

kuumäärien vaikutusta raakapuun tarpeeseen ja metsänomistajien taloudelliseen kehitykseen.

Tietoja alueittaisista markkinahakkuista sisältyy muihinkin tilistolähteisiin (kuva 7). Työvoimaministeriön toimesta kerättävä markkinahakkuiden kausitilasto kuvaa vientiin, teollisuuden ja liikenteen käyttöön hankitut raakapuun hakkuu- ja vastaanottomääriä. Tiedot kerätään kuukausittain ja esitetään työvoimapiireittäisinä. Kausitilaston vuosittain summatut raakapuumäärät muunnettiin piirimetsälautakunta-kohtaisiksi metsäpinta-alan perusteella (muuttujat 2, 50, 51 ja 52). Kausitilaston ja vuositilaston tiedot kootaan raakapuun ostajilta, joiden perusjoukko luetteloidaan vuosittain piirimetsälautakuntien metsäammattimien toimesta. Luetteloijat tekevät myös kunta-kohtaiset raakapuun hankintamääräarviot, jois-

ta on mahdollista koostaa likimääräiset piirimetsälautakunnittaiset raakapuun hankintamäärät (muuttuja 3).

Valtaosa yksityismetsien markkinapuun leimauksista tapahtuu metsänhoitoyhdistysten ja piirimetsälautakuntien toimesta. Tehdyt leimauslistat kootaan piirimetsälautakunnittain ja summataan hakkuu- ja kalenterivuositain raakapuulajiryhmittäisiksi leimaustilastoiksi (muuttajat 4, 5 ja 53–56). Piirimetsälautakunnat koostavat myös yksityismetsälain edellyttämät hakkuuilmoitukset vuosittaiseksi tilastoksi (muuttuja 6).

Alueittaisia metsävaroja kuvaavina tietolähteinä ovat valtakunnan metsien inventoinnit. Piirimetsälautakunnittaista puuston kokonaismäärää, puuston ja metsäpinta-alan suhdetta, puuston kokonaiskasvua sekä kokonaiskasvun ja metsäpinta-alan suhdetta kuvaavat muuttajat (7, 8, 12 ja 13) muodostettiin vuosina 1963–1970 suoritetun inventoinnin tuloksista. Hakkuumääriin oletettiin vaikuttavan myös sen, onko metsäalueella esiintynyt ”liikahakkuuta” vai ”hakkuusästöä”. Tarkoitusta varten laskettiin edeltävien ajanjaksojen (5 ja 10 v) poistuma- ja hakkuusuunnitesummien suhdeluvut (muuttajat 14, 17 ja 45). Metsäpinta-alaa ja yleisiä jako-oloja kuvaavana tietolähteenä käytettiin vuoden 1969 maatalouslaskentaa, jonka tuloksista muodostettiin piirimetsälautakunnan metsäpinta-alaa, kaikkien metsälöiden lukumäärää ja metsälöiden keskikokoa kuvaavat muuttajat (9, 10 ja 11).

Leimikon suuren koon on havaittu alentavan voimakkaasti korjuukustannuksia. Leimikon koolle laskettiin kolme erilaista aluekohtaista tunnuslukua: leimikon keskimääräinen kuutiomäärä, järeiden runkojen lukumäärä ja keskimääräinen hakkuuala (muuttajat 20–25). Lisäksi laskettiin uudistushakkuiden suhteellinen osuus kokonaisalasta (muuttuja 26) ja muunnettiin tarkasteluvouden ja sitä edeltävän vuoden hakkuupalkkaa (moottorisahamiehen keskipäiväansio) kuvaavat tiedot palkkausaluejaosta piirimetsälautakunnittaisiksi (muuttajat 27 ja 28). Ostajien kilpailun vaikutuksen selvittämiseksi muodostettiin keskimääräistä kunnittaista ostajien lukumäärää kuvaava muuttuja (29).

Metsäntutkimuslaitos on jo pitkään kerännyt yksityismetsien raakapuun hintatietoja. Kantohintasarjojen perusaineiston muodostavat yksityismetsien pysty- ja hankintakaupoissa maksetut hinnat. Analyysiin otettiin mukaan selittäjiksi edellisen hakkuuvuoden havusaha-

puun hinta (muuttuja 30) ja tarkasteluvouden kesällä päättyvän hakkuuvuoden kantohinnat havusahapuulle, mänty- ja kuusipaperipuulle (muuttajat 31, 32 ja 33).

Yksityiseen metsänomistukseen liittyviä muuttujia muodostettiin vuoden 1969 maatalouslaskennan tuloksista seuraavat: yksityismetsälöiden lukumäärä (muuttuja 34) ja niiden kokonaispinta-ala (muuttuja 35). Metsälön koolla on VIRRAN (1971, 19) mukaan yhteyttä metsänomistajan myyntiaktiivisuuteen. Tämän metsänomistajatasolla saadun tutkimustuloksen testaamiseksi aluetasolla muodostettiin yksityismetsälön keskikokoa kuvaava muuttuja (36). Tilakokoon nähden voimakkaisiin hakkuisiin johtavana syynä voidaan HAHTOLAN (1967, 86) mukaan pitää tilan mies- ja hevosvetovoiman vajaatyöllisyyttä. Tämän johdosta alueittainen työttömyysaste otettiin markkinahakkuiden määrää selittäväksi muuttujaksi (muuttajat 39, 40 ja 46). Raakapuun markkinasysteemin ulkoisista tekijöistä laadittiin muuttuja ainoastaan alueittaisesta metsäpaloalasta (muuttuja 42). Senkin vaikutus lienee varsin vähäinen, sillä paloala vuonna 1967 oli kaikkiaan vain 560 hehtaaria.

Seuraavia tekijöitä kuvaamaan ei löydetty sopivia muuttujia: (1) Raakapuumarkkinoiden myyjäosapuolen keinot vaikuttaa raakapuun hinnanmääräytymiseen (myyjien kilpailu), (2) raakapuun alueittaiset kuljetuskustannukset ja (3) alueittainen raakapuun tarve. Muille teki-joille löydettiin vastaavat muuttajat.

Vuoden 1970 muuttajat muodostettiin saman tekijäsystemin (kuva 6) puitteissa lähes yhdenmukaisesti vuoden 1967 muuttujien kanssa. Vain kolmen muuttujan suhteen esiintyy eroavuutta: (1) ostajien luetteloinnin hankintamääräarvot (muuttuja 3) eivät ole mukana (2) tarkasteluhetkeä viittä vuotta aikaisempi poistuma- ja suunnitesummien vertailu (muuttuja 4) katsottiin tarpeettomaksi ja (3) kausitilaston summan aluejaon muuntamisessa käytettiin samaa menettelyä sekä muuttujan (2) että (50) muodostamisessa.

3.2.4. Korrelaatioanalyysi

Muuttujien välisten riippuvuuksien selvittämiseksi laskettiin kaikki 61 muuttujaa käsittävä korrelaatiomatriisi erikseen kummallekin tarkasteluvoodelle (1967 ja 1970, liitteet 4 ja 5). Matriisien tulkinnan systematisoimiseksi tarkas-

Taulukko 5. Vuoden 1967 aluemallien rakentamisessa käytettyjen muuttujien korrelaatiomatriisi.
Table 5. The correlation coefficients of the variables used in constructing the regional models of 1967.

	1	4	7	33	36	38	40	47	48	49	50	51	52	55	58	59	60	61
Ainespuun hakkuumäärä vuonna 1967 vuositilaston mukaan	1	1.00																
Ainespuun leimausmäärä vuonna 1967	4	.78	1.00															
Puuston kokonaisuusmäärä	7	.85	.40	1.00														
Mäntypinotavaran hinta hakkuuvuonna 1966/67	33	-.48	.02	-.75	1.00													
Yksityismetsälön keskikoko	36	.41	.01	.62	-.93	1.00												
Yksityisen metsänomistuksen osuus koko metsäpinta-alasta	38	-.62	-.10	-.85	.94	-.85	1.00											
Työttömyysaste vuonna 1967	40	.49	.06	.72	-.95	-.26	-.91	1.00										
Piirimetsälautakunnan teollisuuden ainespuun suhteellinen osuus vuonna 1967	47	1.00	.79	.86	-.48	.42	-.62	.49	1.00									
Piirimetsälautakunnan teollisuuden tukkipuun suhteellinen osuus vuonna 1967	48	.88	.91	.57	-.12	.10	-.28	.15	.89	1.00								
Piirimetsälautakunnan teollisuuden ainespinopuun suhteellinen osuus vuonna 1967	49	.94	.59	.94	-.68	.60	-.78	.67	.94	.68	1.00							
Ainespuun kokonaisuusmäärä vuonna 1967 kausitilaston mukaan	50	.96	.76	.78	-.36	.26	-.52	.36	.95	.89	.87	1.00						
Tukkipuun määrä vuonna 1967 kausitilaston mukaan	51	.86	.78	.59	-.14	.05	-.33	.17	.86	.92	.69	.95	1.00					
Ainespinopuun määrä vuonna 1967 kausitilaston mukaan	52	.97	.68	.89	-.51	.41	-.64	.50	.97	.80	.96	.97	.84	1.00				
Tukkipuun leimausmäärä hakkuuvuonna 1966/67	55	.74	.92	.34	.12	-.08	-.02	-.06	.75	.95	.50	.78	.85	.65	1.00			

Piirimetsäautakunnan teollisuuden ainespuun suhteellinen osuus vuonna 1964	58	.98	.78	.82	-.39	.36	-.53	.42	.98	.89	.91	.95	.86	.95	.79	1.00			
Piirimetsäautakunnan teollisuuden tukkipuun suhteellinen osuus vuonna 1964	59	.87	.78	.66	-.18	.18	-.31	.23	.87	.91	.73	.87	.85	.83	.88	.93	1.00		
Piirimetsäautakunnan teollisuuden ainespinopuun suhteellinen osuus vuonna 1964	60	.98	.73	.86	-.49	.44	-.62	.50	.97	.82	.95	.93	.81	.96	.69	.98	.83	1.00	
Ainespuun hakkuumäärä vuonna 1964 vuositilaston mukaan	61	.97	.44	.83	-.41	.37	-.54	.44	.97	.87	.91	.95	.85	.96	.77	1.00	.93	.98	1.00

teltiin muuttujia ryhmittäin sen mukaan mitä hakkuumääriin vaikuttavaa tekijää ne kuvasivat (kuva 6).

Hypoteesi markkinahakkuiden eri raakapuulajiryhmien aluejakaumien voimakkaasta autokorrelaatiosta sai korrelaatioanalyysin tulosten perusteella huomattavaa vahvistusta. Kolme vuotta aikaisemman markkinahakkuiden vuositilaston eri raakapuulajiryhmien aluejakaumien korrelaatiokertoimet selitettävien muuttujien kanssa olivat kumpanakin tarkasteluvuonna välillä +.909 – +.981. Markkinahakkuiden kausitilaston vastaavat korrelaatiokertoimet olivat samaa suuruusluokkaa ja hyvin samantasoiset kumpanakin tarkasteluvuonna. Teollisuuden tukkipuun aluejakauman kanssa korreloi voimakkaimmin tarkasteluvuoden kesällä päättyvän hakkuuvuoden leimaustilaston vastaava aluejakauma. Vastaavan kalenterivuositaisen leimaustilaston antama tukkipuun aluejakauma korreloi selitettävän muuttujan kanssa heikemmin.

Alueittaisia metsävaroja kuvaavien ja selitettävien muuttujien välisten korrelaatiokertoimien etumerkit ovat olettamusten mukaiset (luku 3.2.2) ja molempina tarkasteluvuosina samansuuntaiset. Etenkin alueittaisen kokonaiskasvun (12) ja kokonaispuuston (7) alueittainen vaihtelu tapahtuu yhdenmukaisesti markkinahakkuiden eri raakapuulajiryhmien vaihtelun kanssa (korrelaatiokertoimien arvot välillä .528 ja .944). Poistuman ja suunnitteen summien suhdetta kuvaavien muuttujien (17 ja 45) korrelaatiokertoimet osoittavat markkinahakkuiden kohdistuvan tarkasteluvuosina voimakkaina alueille, joilla poistuma on ollut suunnitteeseen nähden suhteellisen korkea.

Yksityismetsänomistusta kuvaavien muuttujien korrelaatiokertoimien etumerkit vastaavat olettamuksia ja ovat yhdenmukaiset molempina tarkasteluvuosina. Eri ainespuumäärien ja vastaavien kantohintojen välisissä korrelaatiokertoimissa esiintyy poikkeamista hypoteeseista. Tukkipuulla korrelaatiokertoimet ovat etumerkiltään positiivisia ja itseisarvoltaan yleensä alhaisia (vaihteluväli vuoden 1967 aineistossa +0.0 – +0.4). Ainespuun kokonaisuuden ja ainespinopuun sekä vastaavien hintojen väliset korrelaatiokertoimet sen sijaan ovat hypoteesien vastaisesti etumerkiltään negatiivisia ja itseisarvoltaan edellisiä korkeampia (vaihteluväli vuoden 1967 aineistossa -0.0 – -0.7). Valtakunnallisten mallien kehittyessä (luku 3.1.4) olivat vastaavat kertoimet suuruusluokkaa +0.8 ja

+0.9. Hakkuumäärien ja kantohintojen välinen alueittainen negatiivinen korrelointi saattaa olla tuloksena jonkin hintaa voimakkaamman alue-tekijän vaikutuksesta.

Hakkuupalkkojen ja raakapuun hinnan välillä vallitsee olettamusten mukainen voimakas negatiivinen korrelaatio. Seuraavissa aluemaaleissa (luku 3.2.5) esiintyvien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet on esitetty taulukossa 5.

3.2.5. Alustavat regressiomallit

3.2.5.1. Ainespuun hakkuumäärä selitettävänä

Regressiomallien rakentaminen suoritettiin Helsingin Yliopiston Laskentakeskuksen valikoivalla regressioanalyysiohjelmalla. Tässä ohjelmassa voidaan malliin tulevien muuttujien valintaa säädellä siten, että toisena äärimmäisyytenä on täysin ennalta määritelty mallirakenne ja toisena äärimmäisyytenä ns. vapaa malli, johon tulevat muuttujat tietokone valitsee automaattisesti annettujen testiarvojen perusteella. Seuraavassa esitettävien regressiomallien rakentamisessa käytettiin vapaata mallirakennetta ensimmäisenä vaiheena. Malliin tuleville muuttujille asetettiin n. 5 % riskiä vastaavat tilastolliset merkitsevyyserajat.

		R ²	F
(12)	$y_1 = 91.965 + .342 x_{50} + .543 x_{61}$ (77.502) (.135) (.132)	.954	198.0
(13)	$y_1 = 2245.547 + .662 x_4 - 2.116 x_{38} - 11.742 x_{40} + .492 x_{61}$ (380.920) (.104) (.336) (3.493) (.051)	.987	356.4

- y_1 = piirimetsälautakunnittainen ainespuun hankintamäärä (1000 k-m³ k:tta)
- x_4 = ainespuun piirimetsälautakunnittainen leimausmäärä kalenterivuonna 1967 (1000 k-m³)
- x_{38} = yksityisen metsänomistuksen osuus (0.01 % koko metsäpinta-alasta)
- x_{40} = työttömyysaste vuonna 1967 (0.01 %)
- x_{50} = markkinahakkuiden kausitilaston piirimetsälautakunnittainen ainespuumäärä (1000 k-m³)
- x_{61} = viivästetty ainespuun hankintamäärä (1000 k-m³, v. 1964)

Mallien 12 ja 13 kaikki regressiokertoimet ja mallin 13 vakiotermit poikkeavat merkitsevästi nolasta vielä 0.1 % riskillä ja myös mallien F-arvot ovat merkitseviä samalla riskitasolla. Mallin 12 vakiotermit sen sijaan ei täytä asetettua 5 %:n merkitsevyyksivaatimusta. Mallien pysyvyys ei ole erikoisen hyvä, sillä estimoitaessa mallien parametrit uudelleen vuoden 1970 ai-

Vapaan mallirakenteen ohella kokeiltiin myös osittain sidottua mallirakennetta mää- räämällä eräät muuttujat malliin pakollisiksi selittäjiksi. Hypoteesien mukaiset, asetetut tilastolliset merkitsevyyksivaatimukset täyttävät mallit pyrittiin asettamaan paremmuusjärjestykseen niiden ennustamiskyvyn perusteella. Vuoden 1967 aineistosta estimoiduilla malleilla tuotettiin ennusteet vuodeksi 1970. Jotta tutkimuksen tavoite olisi saavutettu, tulisi laaditun mallin ennustevirheen olla pienempi kuin se virhe, joka aiheutuisi vuoden 1967 aluejakauman käytämisestä vuoden 1970 hakkuumäärien aluejakauman ennusteena. Tilastollisilta ominaisuuksiltaan asetetut vaatimukset täyttäviä ja ennustamistarkkuudeltaan samanarvoisia malleja arvioitiin niiden tulkittavuuden, yksinkertaisuuden ja pysyvyyden perusteella.

Ensimmäisissä kokeiluissa otettiin selitettäväksi muuttujaksi *vientiin sekä teollisuuden ja liikenteen käyttöön hankitun ainespuun absoluuttiset hakkuumäärät*. Selittävästä muuttujasta korreloi viivästetyn markkinahakkuiden vuositaston antama aluejakauma voimakkaimmin selitettävän muuttujan kanssa (korrelaatiokerroin .972). Se tuli valikoivassa regressioanalyysissä ensimmäiseksi selittäväksi muuttujaksi. Analyysien tuloksena saatiin mm. seuraavat kaksi mallia:

neistosta, olivat ainoastaan muuttujan x_{61} regressiokertoimet merkitseviä 5 % riskillä.

Mallien heikkoon pysyvyyteen on osasyynä selittäjien vahva multikollinearisuus, joka vaikeuttaa myös mallien tulkintaa. Muuttujien väliset korrelaatiokertoimet ilmenevät seuraavasta matriisista:

	x_4	x_{38}	x_{40}	x_{50}	x_{61}	y_1
x_4	1.00					
x_{38}	-.10	1.00				
x_{40}	.06	-.91	1.00			
x_{50}	.76	-.52	.36	1.00		
x_{61}	.76	-.54	.44	.95	1.00	
y_1	.78	-.62	.49	.96	.97	1.00

Malleilla tuotettiin piirimetsälautakunnittaisen ainespuun hankintamäärien ennusteet vuodelle 1970. Ennusteiden tarkkuuden vertailemiseksi laadittiin vastaava ennuste myös vuoden 1967 markkinahakkuiden vuositilaston aluejakaumaa käyttäen. Mikäli viimeksimainitulla menetelmällä tuotetun ennusteen keskimääräistä piirimetsälautakunnittaista virhettä merkitään luvulla 100, on mallilla 12 tuotetun ennusteen vastaava virhe 296 ja mallin 13 virhe 132. Näin ollen vuoden 1967 aluejakaumaan perustuva ennustamismenettely osoittautui laadittuja regressiomalleja tarkemmaksi. Ennustevirheiden graafisessa tarkastelussa havaittiin molempien regressiomallien olevan aliestimoituja, millä tarkoitetaan sitä, että mallin ennustama selitetävän muuttujan muutos on systemaattisesti pienempi kuin sen todellinen muutos.

$$(14) y_{47} = 33.736 + .096 x_{50} + .658 x_{58}$$

(26.048) (.051) (.143)

$$(15) y_{47} = 144.610 - .094 x_{33} + .101 x_{50} + .598 x_{58}$$

(45.761) (.034) (.043) (.123)

y_{47} = teollisuuden ainespuun suhteellinen osuus (0.01 % vastaavasta koko maan ainespuumäärästä)

x_{33} = mäntykuitupuun hinta hakkuuvuonna 1966/67 (0.01 mk/pm³)

x_{50} = markkinahakkuiden kausitilaston piirimetsälautakunnittainen ainespuumäärä (1000 k-m³)

x_{58} = viivästetty teollisuuden ainespuun suhteellinen osuus (0.01 %, v. 1964)

Mallin 15 kaikki termit poikkeavat nolasta vielä 0.1 % riskillä, samoin muuttujan x_{58} regressiokerroin mallissa 14 ja molempien mallien F-arvot. Muuttujan x_{50} regressiokerroin mallissa 14 on tilastollisesti merkitsevä vasta n. 8 % riskillä eikä myöskään vakiotermin täytyä merkitsevyyysvaatimusta 5 % riskitasolla. Estimoitaessa mallien 14 ja 15 parametrit uudelleen vuoden 1970 aineistosta täyttivät vain muuttujan x_{58} regressiokertoimet asetetun merkitsevyyysvaatimuksen, joten mallien pysyvyys on huono.

3.2.5.2. Teollisuuden ainespuun suhteellinen osuus selitettävänä

Aluemallien käyttötarkoituksen mukaisesti otettiin seuraavassa vaiheessa selitettäväksi muuttujaksi *teollisuuden käyttöön hankitun ainespuun piirimetsälautakunnittaiset osuudet vastaavasta koko maan hankintamäärästä*. Viennin ja liikenteen käyttöryhmien jättäminen tarkastelun ulkopuolelle selkeyttää teoreettisen viitekehysten ja laadittavien mallien vertailua. Viennin ja liikenteen osuus voidaan kuitenkin poistaa vain markkinahakkuiden vuositilastosta. Muita hakkuumääriä kuvaavia tilastoja ei ole eritelty käyttöryhmittäin. Viennin ja liikenteen käyttöön hankitut erät eivät kuitenkaan ole kovin suuria, esim. vuonna 1967 ne olivat yhteensä n. 1.7 % koko markkina-ainespuun hankintamäärästä. Yksittäisissä piirimetsälautakunnissa, etenkin Ahvenanmaalla ja Etelä-Karjalan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan piirimetsälautakunnissa on vientiin hankitun ainespuumäärän osuus suurempi ja se ilmeneekin regressiomallien havaintokohtaisten selitys- ja ennustevirheiden suuruudessa.

Valikoivalla regressio-ohjelmalla saatiin tulokseksi mm. seuraavat ohjelma-asteeseen alkua ja lopputilannetta vastaavat regressiomallit:

	R^2	F
(14)	.956	205.4

(15)	.968	193.1
------	------	-------

Selittäjien multikollineaarisuus aiheuttaa parametrien estimointiin tiettyä epävarmuutta, joka ilmenee myös termien alle sulkeisiin merkittyjen keskivirheiden suuruudesta. Muuttujien väliset korrelaatiokertoimet on esitetty alla olevassa matriisissa:

	x_{33}	x_{50}	x_{58}	y_{47}
x_{33}	1.00			
x_{50}	-.36	1.00		
x_{58}	-.39	.95	1.00	
y_{47}	-.48	.95	.98	1.00

Alhaisemmista testiarvoista ja selitysasteesta huolimatta oli mallilla 14 tuotettu ennuste tarkempi kuin mallilla 15 tuotettu vuoden 1970 aluejakauman ennuste. Mikäli vuoden 1970 teollisuuden puunkäytöstä johtuvana poistuman aluejakaumana olisi käytetty vuoden 1967 markkinahakkuiden vuositilastosta saatua jakaumaa, olisi kussakin piirimetsälautakunnassa tehty keskimäärin 0.400 prosenttiyksikön suurinen virhe. Mallilla 14 tuotetun ennusteen piirimetsälautakunnittaisen virheen keskimääräinen itseisarvo oli 0.362 %. Näin ollen mallin 14 mukainen kausitilaston jakaumainformaation ja vanhan aluejakauman yhdistäminen regressioestimoinnin avulla osoittautui tarkemmaksi kuin vanhan aluejakauman käyttäminen muuttumattomana. Ennustevirheiden graafisessa tarkastelussa havaittiin ennustejaksolla tapahtuneen selitettävän muuttujan muutoksen heijastuvan malleilla tuotettuihin ennusteisiin vain osittain. Tähän viittaa myös muuttujan

x_{58} (viivästetty aluejakauma) saama korkea painokerroin kummassakin mallissa.

3.2.5.3. Teollisuuden tukkipuun suhteellinen osuus selitettävänä

Seuraavassa vaiheessa rakennettiin regressiomalleja *teollisuuden tukkipuun suhteellisen aluejakauman* ennustamiseksi. Korrelaatioanalyysien perusteella voitiin tarkasteluvuoden ke-sällä päättyneen hakkuuvuoden leimaustilaston antamaa aluejakaumaa pitää lupaavimpana selittäjänä (korrelaatiokerroin .946). Korrelaatiokertoimeltaan seuraavaksi korkein oli vastaavan kalenterivuoden kausitilaston aluejakauma ($r = .916$) ja seuraavana viivästetyn vuositilaston antama aluejakauma ($r = .909$). Koska avointa mallia sovellettaessa em. leimaustilaston aluejakauma tuli aina ensimmäiseksi selittäjäksi, kokeiltiin myös viivästetyn vuositilaston ja kausitilaston antaman aluejakauman käyttämistä pakollisena selittäjänä. Näistä kokeiluista saatiin tulokseksi mm. seuraavat kaksi mallia:

	R ²	F
(16) $y_{48} = 10.717 + .372 x_{51} + .520 x_{59}$ (46.429) (.104) (.159)	.889	77.4
(17) $y_{48} = 769.728 - .308 x_{36} - .712 x_{38} + .922 x_{55}$ (129.48) (.108) (.118) (.039)	.973	227.0

- y_{48} = teollisuuden tukkipuun suhteellinen osuus (0.01 % vastaavasta koko maan hankintamäärästä)
- x_{36} = yksityismetsälön keskikoko (0.01 ha)
- x_{38} = yksityisen metsänomistuksen osuus (0.01 % koko metsäpinta-alasta)
- x_{51} = markkinahakkuiden kausitilaston piirimetsälautakunnittainen tukkipuumäärä (1000 k-m³)
- x_{55} = tukkipuun piirimetsälautakunnittainen leimausmäärä hakkuuvuonna 1966/67 (1000 k-m³)
- x_{59} = viivästetty teollisuuden tukkipuun suhteellinen osuus (0.01 %, v. 1964)

Mallien 16 ja 17 kaikki regressiokertoimet ja mallin 17 vakio poikkeavat t-testin perusteella tilastollisesti nolasta vielä 0.1 % riskillä. Mallin 16 vakiotermin sijaan ei ole tilastollisesti merkitsevä. Yhtälöiden F-arvot ovat merkitseviä 0.1 % riskitasolla. Mallien 16 ja 17 selittäjät korreloivat melko voimakkaasti keskenään, mikä voidaan havaita seuraavasta korrelaatiomatriisista:

	x_{36}	x_{38}	x_{51}	x_{55}	x_{59}	y_{48}
x_{36}	1.00					
x_{38}	-.85	1.00				
x_{51}	.05	-.33	1.00			
x_{55}	-.08	-.02	.85	1.00		
x_{59}	.18	-.31	.85	.88	1.00	
y_{48}	.10	-.29	.92	.95	.91	1.00

Mallien pysyvyyttä testattiin estimoimalla mallien termit uudelleen vuoden 1970 aineistosta. Tällöin olivat eri termien tilastolliset merkitsevyysrajat seuraavat: Mallin 16 muuttujat x_{59} ja x_{51} täyttivät merkitsevyysvaatimuksen 5 % riskillä, samoin mallissa 17 muuttuja x_{55} . Mallin 17 muut termit olivat merkitseviä vasta n. 25 % riskillä. Mallin 16 vakiotermillä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä.

Malleilla tuotettujen ennusteiden tarkkuutta tutkittiin tuottamalla niillä tukkipuun alueitaisten suhteellisten hakkuumäärien ennusteet vuodelle 1970. Tutkimustehtävän mukaan tulisi ennusteiden olla tarkempia kuin aikaisemmasta markkinahakkuiden vuositilastosta saadun aluejakauman käyttäminen ennusteena. Aluejakauksissa on vuodesta 1967 vuoteen 1970 tapahtunut muuttumista siten, että keskimääräinen muutos piirimetsälautakuntien suhteellisissa osuuksissa on 0.559 %.

Mallilla 16 tuotetut ennusteet poikkeavat toteutuneista piirimetsälautakunnittaisista osuuksista keskimäärin 0.478 %. Näin ollen tällä mallilla saatiin tarkemmat ennusteet kuin käytämällä vuoden 1967 aluejakaumaa muuttamattomana. Tarkastelemalla graafisesti mallin 16 ennustevirheitä ja vuosien 1967 ja 1970 välillä tapahtuneita selitettävän muuttujan muutoksia havaittiin mallin olevan aliestimoitu, ts. todelliset muutokset eivät heijastu koko laajuudessaan ennusteisiin. Tämä on pääteltävissä myös muuttujan x_{51} regressiokertoimen arvosta. Mal-

lilla 17 tuotetut piirimetsälautakunnittaisten hakkuumäärien ennusteet poikkeavat havatuista piirimetsälautakunnittaisista osuuksista 0.624 %. Näin ollen mallin antama ennuste on epätarkempi kuin vanhan jakauman käyttämisestä aiheutunut virhe. Mallin 17 ennustuskyky parani hieman, kun tukkipuuta ulkomaille vievät Ahvenanmaan, Keski- ja Etelä-Pohjanmaan piirimetsälautakunnat jätettiin mallin ulkopuolelle. Ennusteen keskimääräiseksi virheeksi tuli tällöin 0.544 %. Muuttujat x_{38} ja x_{36} ovat keskenään vahvasti korreloituneita, mikä vaikeuttaa mallin tulkintaa. Poistamalla muuttuja x_{36} saatiin malli yksinkertaisemmaksi, mutta ennustavuus heikkeni niin, että keskimääräinen virhe oli tällöin 0.692 %.

3.2.5.4. Teollisuuden ainespinopuun suhteellinen osuus selitettävänä

Teollisuuden ainespinopuun piirimetsälautakunnittaista suhteellista aluejakaumaa selittävistä muuttujista osoittautui kausitilaston mukainen hakkuumäärä korrelaatioanalyysin perusteella parhaaksi selittäjäksi. Kausitilaston absoluuttisen ainespinopuumäärän ja vuositilaston ainespinopuun suhteellisen aluejakauman välinen korrelaatiokerroin oli .955, minkä mukaan kausitilasto yksin selittää 91.2 % selitettävän muuttujan vaihtelusta. Tuotetuista regressiomalleista osoittautuivat ennustamisominaisuuksiltaan parhaiksi seuraavat mallit:

		R^2	F
(18)	$y_{49} = 14.232 + .341 x_{52} + .412 x_{60}$ (44.136) (.166) (.227)	.917	106.3
(19)	$y_{49} = -59.975 + .208 x_7 + .236 x_{36} + .193 x_{52} + .335 x_{60}$ (28.955) (.074) (.080) (.110) (.127)	.980	187.9

y_{49} = teollisuuden ainespinopuun suhteellinen osuus (0.01 % vastaavasta koko maan hankintamäärästä)

x_7 = puuston piirimetsälautakunnittainen kokonaismäärä (1000 k-m³)

x_{36} = yksityismetsälön keskikoko (0.01 ha)

x_{52} = markkinahakkuiden kausitilaston piirimetsälautakunnittainen ainespinopuumäärä (1000 k-m³)

x_{60} = viivästetty teollisuuden ainespinopuun suhteellinen osuus (0.01 %, v. 1964)

Kuten mallien termien alle merkityistä keskiarvoista voi havaita, ovat etenkin vakio-termien ja muuttujan x_{52} regressiokertoimet melko epävarmoja: mallin 18 vakio-termillä ei

ole tilastollista merkitsevyyttä ja muuttujan x_{52} regressiokerroin on tilastollisesti merkitsevä kummassakin mallissa vasta noin 10 % riskillä. Muut termit täyttävät asetetut merkitsevyys-

vaatimukset. Estimoidessa mallien 18 ja 19 parametrit uudelleen vuoden 1970 aineistosta olivat mallin 18 muuttujien x_{52} ja x_{60} regressiokerroin tilastollisesti merkitseviä 5 % riskillä. Selittävät muuttujat korreloivat vahvasti keskenään, mikä selviää seuraavasta matriisista:

	x_7	x_{36}	x_{52}	x_{60}	y_{49}
x_7	1.00				
x_{36}	.62	1.00			
x_{52}	.89	.41	1.00		
x_{60}	.86	.44	.96	1.00	
y_{49}	.94	.60	.96	.95	1.00

Mallilla 18 tuotettu vuoden 1970 teollisuuden ainespinopuun aluejakaumaennuste oli suhteellisen tarkka: ennustetun ja toteutuneen suhteellisen osuuden välinen poikkeama oli keskimäärin 0.490 %. Kolmea vuotta aikaisempien ja toteutuneiden suhteellisten osuuksien keskimääräinen piirimetsälautakunnittainen poikkeama oli keskimäärin 0.578 %, joten regressio-

mallilla saatiin tarkempi tulos kuin mitä olisi saatu käyttämällä vanhaa aluejakaumaa muuttamattomana.

Mallilla 19 tuotettu aluejakauman ennuste vuodelle 1970 oli keskimäärin epätarkempi kuin kolmea vuotta aikaisemman vuositilaston antama aluejakauma. Mallilla ennustettujen piirimetsälautakunnittaisten suhteellisten osuuksien ja havaittujen %-osuuksien väliset erot olivat keskimäärin 0.592 % kun ne pelkkää viivästettyä jakaumaa käytettäessä olivat 0.578 %. Ennusteen suuri keskimääräinen poikkeama johtuu lähinnä keskiarvoa suuremmissa havaintoyksiköissä esiintyvistä poikkeamista kun taas pienemmissä havaintoyksiköissä mallilla saadut ennusteet ovat tarkempia. Verrattaessa vuodesta 1967 vuoteen 1970 tapahtuneita suhteellisen aluejakauman muutoksia mallilla ennustettuihin muutoksiin havaittiin, että malli 19 oli selvästi aliestimoitu. Selityksen ja ennustamisen pääpaino on muuttujilla, joiden arvot eivät muutu vuosittain. Ainoan vuosittain tilastoitavan muuttujan (x_{52}) vaikutus ennusteeseen on vähäinen.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksen ensi vaiheessa (luku 2) analysoitiin eräiden aikaisemmin sovellettujen ennustamismenetelmien käyttökelpoisuutta. Eri menetelmillä tuotettujen ennusteiden tarkkuuden vertailu osoitti, että lähinnä yksityisen henkilön tai henkilöryhmän mielipiteisiin perustuvat ennustamismenettelyt (intelligent guess ja yritystiedustelu) eivät antaneet riittävän tarkkoja 6–12 kuukauden hakkuumäärien ennusteita. Nämä menetelmät täyttivät muiltakin osin huonosti ”hyvän ennusteen” (luku 1.3) tuntomerkit. Sen sijaan VIRRAN kehittämät pääasiassa hakkuutilastojen menneisyyteen sisältyvään informaatioon perustuvat ennustemallit osoittautuivat edellisiä selvästi paremmiksi.

Ekonometrinen kokeilujen ensimmäisessä osassa keskityttiin *valtakunnallisten ennustemallien* kehittelyyn. Asetettujen hypoteesien mukaan (kuva 5, luku 3.1.2) lähinnä kuusi tekijää vaikuttaa lyhytjaksoisesti markkina-ainespun koko maan hakkuumääriin. Hypoteeseja testattiin viime vaiheessa 18:lla niitä mittavalla selittävällä muuttujalla. Muuttujista lei-

mausmäärä ja kantohinta edustivat vain yksityismetsiä, kun taas vienti-indeksi, viivästetty hakkuumäärä, ostajan odotukset ja tuontipuumäärä koskivat kaikkien omistajaryhmien metsiä (liite 1).

Asetetuista hypoteeseista kukin edustaa melko laajaa ilmiökenttää. Selitettävänä muuttujina olivat kaikkien omistajien metsien, yksityismetsien ja yhtiöiden metsien hakkuumäärät eriteltyinä ainespino-, havutukki- ja lehtitukkipuuhun. Selittävien muuttujien ja havaintovuosien pienen lukumäärän vuoksi ei mitään hypoteesia voida suoritettuna analyysin perusteella hylätä. Käytetyistä selittäjistä ainoastaan tuontipuulla oli voimakasta tilastollista yhteyttä *yhtiöiden metsien* hakkuumääriin. Jos näitä hakkuumääriä tulevaisuudessa halutaan ennustaa erikseen, tulee analyysiin ottaa mukaan joitakin myös erityisesti yhtiöiden metsiä kuvaavia muuttujia.

Hakkuumäärien ja selittävien muuttujien välisissä riippuvuuksissa ei *kaikkien omistajien* metsien ja *yksityismetsien* tapauksissa esiinty-

nyt olennaisia eroja. Asetetuista hypoteeseista raakapuun hinnan ja hakkuumäärän tilastollinen yhteys sai käytetyillä muuttujilla vahvistusta kaikissa analysoiduissa raakapuuryhmissä: ainespinopuu, havutukkipuu ja lehtitukkipuu. Leimausmäärien oletettiin kuvaavan jossain määrin sekä metsänomistajien asenteita ja odotuksia että heidän taloudellisen asemansa kehitystä. Näin mitattuna nämä hypoteesit saivat vahvistusta ainespinopuun ja lehtitukkipuun osalta.

Aikaisempien hakkuumäärien vaikutusta kuvattiin eri aikavälein viivästetyillä hakkuumäärillä. Tämä hypoteesi sai vahvistusta hieman havutukkipuulla ja huomattavasti lehtitukkipuulla. Edellisessä tapauksessa havaittu aikaisempien ja tulevien hakkuumäärien tilastollinen yhteys oli negatiivinen ja jälkimmäisessä tapauksessa positiivinen.

Yritystiedustelulla hankittu muuttuja ”ostajien odotukset” valittiin kuvaamaan raakapuun tarvetta. Näin mitattuna tämä hypoteesi sai lievää vahvistusta vain ainespinopuulla. Toinen raakapuun tarvetta kuvannut muuttuja oli tuontipuumäärä. Sitä analysoitiin vain ainespinopuulla, jossa se antoi hypoteesille hieman vahvistusta.

”Johdetun kysynnän tekijöiden” vaikutukset muodosti erään laajimmista hypoteeseista. Suoritetuissa kokeiluissa niitä mitattiin ainoastaan puuteollisuuden vienti-indeksillä. Tämän indeksin ja hakkuumäärien kesken havaittiin havutukkipuulla vahva positiivinen, lehtipuulla vahva negatiivinen ja ainespinopuulla kohtalainen positiivinen korrelointi.

Käytännön tarpeisiin soveltuvat *valtakunnalliset ennustemallit* onnistuttiin kehittämään vain kaikkien omistajien metsien ja yksityismetsien lehtitukkipuun hakkuumäärille. Ennusteen aikavälin pituus on mallissa kahdeksan kuukautta. Mallien käyttö edellyttää, että vaneritukeille on solmittu koko maan kattava hintasopimus ennustettavan hakkuuvuoden loppuun loppuun mennessä ja että sopimusta riittävän tarkasti noudatetaan. Muussa tapauksessa tulisi vaneritukin kantohinnalle kehittää oma ennustemalli.

Suoritettujen kokeilujen perusteella näyttää mahdolliselta, että myös ainespinopuulle ja havutukkipuulle voitaisiin ekonometrisin keinoin kehittää käyttökelpoisia valtakunnallisia ennustemalleja. Ensinnä tulisi lisätä havaintovuosien lukua. Toiseksi asetetut hypoteesit tulisi mitata huomattavasti nyt käytettyjä useammilla muuttujilla. Kolmanneksi olisi kokeiltava muuttujien

tarkoitukseen soveltuva transformointia ja indeksointia.

Markkinahakkuiden alueittaisten ennustemallien kehittämisessä tähdättiin metsätaselaskelmiin käytettävien raakapuulajiryhmittäisten hakkuualuejakaumien jälkikäteen nustamiseen. Tämän ensisijaisen tavoitteen ohella pyrittiin luomaan perustaa laajemmille raakapuun kysyntää, tarjontaa ja hinnanmuodostusta käsitteleville tutkimuksille.

Piirimetsälautakunnittaisessa tarkastelussa oletettiin hakkuumääriin vaikuttavien tekijöiden olevan osittain samoja kuin valtakunnallisiin hakkuumääriin vaikuttavat tekijät (luku 3.1). Raakapuun tarjontaan vaikuttavista tekijöistä pidettiin tärkeimpinä metsänomistajien taloudellista kehitystä ja siihen liittyen heidän asenteitaan ja odotuksiaan. Piirimetsälautakunnittaiset metsävarat ja aikaisemmat hakkuumäärät kuvaavat hakkuumahdollisuuksia.

Markkinahakkuiden alueittaisten ennustemallien kehittelyn yhteydessä testattiin alustavasti 55 muuttujan selittävyys vuosien 1967 ja 1970 piirimetsälautakunta-kohtaisten hakkuumäärien (6 muuttujaa) suhteen. Suoritettujen korrelaatio- ja regressioanalyysien perusteella voidaan todeta, että asetetuista hypoteeseista etenkin aikaisempiin hakkuumääriin ja metsävaroihin liittyvät saivat huomattavaa vahvistusta ja lisäksi metsänomistajien taloudelliseen kehitykseen sekä hänen asenteisiinsa ja odotuksiinsa liittyvät hypoteesit kohtalaista vahvistusta.

Raakapuun hinnan ja vastaavan hakkuumäärän välinen vuorovaikutus poikkesi aluetasolla (luku 3.2) olennaisesti valtakunnallisella tasolla (luku 3.1) havaitusta: Valtakuntatasolla vallitsi raakapuun hinnan ja vastaavan hakkuumäärän välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Alueellisessa tarkastelussa olivat kyseisten muuttujien väliset korrelaatiokertoimet itseisarvoltaan alhaisempia. Korrelaatiokertoimien etumerkit jatkautuivat aluetasolla siten, että ainespinopuun kanto-hinnan ja vastaavan hakkuumäärän väliset korrelaatiokertoimet olivat hypoteesien vastaisesti negatiivisia; tukkipuulla vastaavat kertoimet olivat positiivisia. Raakapuun hinnan ja hakkuumäärän välinen ennako-odotusten vastainen yhteys aluetasolla vaatii jatkotutkimuksissa yksityiskohtaisempaa analyysiä.

Edellä esitellyistä kahdeksasta aluemallista seitsemässä esiintyy selittäjänä kolme vuotta aikaisemmasta vuositilastosta laskettu selitettävää muuttujaa vastaava aluejakauma ja

kuudessa mallissa sen lisäksi tarkasteluvuoden markkinahakkuiden kausitilaston antama hakkuualuejakauma. Nämä kaksi muuttujaa ja vakiotermin sisältävät mallit (14, 16 ja 18) osoittautuivat ennustamistarkkuudeltaan paremmiksi kuin useampia muuttujia sisältävät mallit (15, 17 ja 19), kun ennustettavana olivat piirimetsälautakunnittaiset suhteelliset osuudet raakapuulajiryhmän koko maan hakkuumäärästä. Tarkastelun kohteena olleella kolmen vuoden ennusteajaksolla mallit 14, 16 ja 18 antoivat myös tarkempia ennusteita kuin mitä olisi saatu käyttämällä pelkkää kolme vuotta aikaisemmin selvitettyä raakapuulajiryhmän aluejakaumaa ennusteena.

Alueittaisten ennustemallien kehittämisessä asetti käytettävä aineisto tutkimukselle huomattavia rajoituksia: Tutkittavaan ilmiöön vaikuttavista hypoteesien mukaisista tekijöistä osa jäi täysin ilman empiiristä vastinetta. Ennustemalleja laadittaessa oli käytettävissä vain kaksi keskenään vertailukelpoista poikkileikkausaineistoa, joista ensimmäistä käytettiin mallien parametrien estimoimiseen ja toista laadittujen mallien pysyvyyden ja niillä tuotettujen ennusteiden

tarkkuuden testaamiseen. Mallien parametrien estimoinnissa oli vaikeutena aineiston multikollinearisuus. Käytettäessä tällaisesta aineistosta estimoituja malleja ennustamiseen tulee varmistua siitä, että aineiston ominaisuuksissa ei ole tapahtunut muutoksia.

Luvussa 1.3 määriteltiin tuotettaville ennusteille viisi vaatimusta. Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että esitetyllä menetelmällä voidaan tuottaa (1) käsitteellisesti täsmällisiä, (2) nykyisin käytetyillä menetelmillä tuotettuja ennusteita tarkempia ja (3) ei-subjektiiivisesti tuotettuja ennusteita. (4) Ennustettavan muuttujan autokorrelaation ja samaa tekijää kuvaavan rinnakkaisen aikasarjan käyttäminen selittäjinä ei myöskään ole vastoin talousteoriana. (5) Ennusteiden "tuotantokustannukset" ovat alkuvaiheessa aiemmin käytetyn menetelmän kustannuksia korkeammat, mutta alenevat toistuvassa käytössä. Metsätaselaskelmien ennustamistarpeiden ohella tutkitut muuttajat ja saadut tulokset luovat perustaa varsinaisille tulevaisuuteen tähtäville alueittaisille ennusteille samoin kuin alueittaisten tarjonta- ja hintamallien kehittälylle.

5. SUMMARY

Short-term forecasts of timber cut are required by both the planners of the national economy and the planners of individual firms. Regional forecasts would especially serve planning of roundwood purchases and logging of forest industry firms.

The purpose of the study was to develop econometric models in order to produce short-term forecasts of realized cut. In other words, the aim was not to estimate the supply of, nor demand for roundwood but the individual intersections of these two functions.

The potential sale of timber was the theoretical concept which was associated with the realized commercial cut. The part of the cut originating from the forests owned by the forest industry firms associated with the concept of potential consumption. The study was preliminary by nature. The ultimate aim was

first to develop country-wide models for ex ante forecasts and *second* to develop regional models for ex post forecasts.

In the first stage *previous methods* applied in Finland for short-term forecasting of cut were evaluated. Methods based on opinions of people (Sections 2.1 and 2.2) proved to produce rather poor forecasts of cut, although the lengths of the forecasts varied between only 6–12 months (figures 1–3 and Table 1). Considerably better forecasts of cut, extending from six to 10 months, were previously attained by methods using mainly internal historic information provided by the monthly time series of commercial cut (Section 2.3, Tables 2–4).

In the second stage country-wide forecasting models were constructed based on the time series 1960–1968 of various variables. General

hypotheses were laid down suggesting that the main factors affecting the amount of cut were: (1) previous amount of cut, (2) stumpage, (3) the attitudes and expectations of forest owners, (4) the state of economic development of forest owners, (5) requirement of roundwood and (6) factors of derived demand for roundwood.

Altogether nine dependent variables of cut were studied. The criteria used in the selection of dependent variables were timber assortment and forest ownership category. The above hypotheses were measured by 18 independent variables (list of variables in Appendix 1). Correlation and linear regression analyses were applied to reveal of the relevant relationships among the variables (correlation matrix in Appendix 3). Because of the preliminary nature of the study no non-linear transformations of the variables were carried out.

No useful forecasting models were developed for cut from company forests. In the cases of all forests and private forests promising forecasting models with 95.3 and 99.6 % degrees of determination were arrived at for the cut of hard-wood logs. They gave more accurate forecasts than any other previously applied method of cut forecasting in Finland. The residuals of the best model were analysed. Apparently they did not violate the basic assumptions of linear regression analysis (Section 3.1.4.3.).

One of the most interesting relationships revealed by the study was the strong positive correlation between cut and stumpage ($r = +0.8$ and $+0.9$). Because of the small number of independent variables and observations (8 years) no hypothesis was rejected.

Regional forecasting models were based mainly on the information of 1967 and 1970 by 20 forestry board districts. From the six hypothetical factors of the country-wide models only the factors of derived demand were excluded in the case of regional models. In additional hypotheses six specific factors were laid down with respect to the regional variation of the amount of commercial cut (Fig. 6, p. 22).

Six dependent variables describing regional cut were formed. After that 55 independent variables were chosen to measure the regional hypotheses (list of variables in Appendix 2).

The relationships among the variables were studied by correlation and linear regression analyses (correlation matrices in Appendices 4 & 5).

The absolute values of correlation coefficients between stumpage and cut varied from 0.0 to 0.7 at the regional level. Negative correlations occurred with industrial cordwood. This was against the hypothesis. This regional result differed totally from that of the whole-country level analysis. Negative correlation may reflect some strong regional factor other but stumpage, but no final answer was found. In accordance with the hypothesis a strong negative correlation was found between cut and the variables measuring logging costs. Previous cut, increment and growing stock had high positive correlations with cut.

Eight regional forecasting models were developed by linear regression analysis and based on the 1967 variables. When testing the structure of these models by using the equivalent variables from 1970, four models appeared to be rather consistent. They all included variables measuring previous cut. The forecasting power of the models were tested by producing the cut estimates of 1970 by 1967 models. The comparison of these forecasts to the observed cuts of 1970 revealed that especially models based on previous cut-variables appeared to produce more accurate forecasts than the methods earlier applied.

The regional experiments appeared to be promising enough to guarantee that the specific needs of ex post forecasting of regional cut can be satisfied. Furthermore, the variables studied give a basis for developing regional forecasting models of ex ante -type as well as for estimating regional functions for supply of roundwood and for stumpage.

The participation of the authors was divided as follows:

(1) PALO designed, executed and wrote the Sections 1, 2 and 3.1, (2) Section 3.2 was designed together by the present authors and executed and written by TERVO, (3) Sections 0, 4 and 5 are a result of the joint effort of the authors.

VIITEKIRJALLISUUS – REFERENCES

- BERGSTRÖM, STIG-ERIK 1968. Valet av prognosmetod. En beslutsteoretisk studie. Ekonomi och Samhälle. *Skrifter utgivna av Svenska Handelshögskolan*. Nr 17. Helsingfors. 97 s.
- Forecasting in forestry and timber economy. 1971. IUFRO, Section 31, Working group 4. *Folia For. (Inst. For. Fenn.)* 101. Helsinki. 49 s.
- GREGORY, ROBINSON G. 1971. Forecasting consumption and price. A paper in "Forecasting in forestry and timber economy". IUFRO, Section 31, Working group 4. *Folia For. (Inst. For. Fenn.)* 101. s. 34–41. Helsinki.
- HAHTOLA, KÄUKO 1967. Hankintahakkuut ja maatilakokonaisuus. Summary: Delivery cuts of timber in farm management. *Acta For. Fenn.* 84. Helsinki. 184 s.
- HEIKINHEIMO, LAURI 1966. Kantorahamalli. Summary: A stumpage value model. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 83:12, s. 506–508.
- HUTTUNEN, TERHO 1969. Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967–69. Summary: Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967–69. *Folia For. (Inst. For. Fenn.)* 67. Helsinki. 48 s.
- JOHNSTON, D.R. – A.J. GRAYSON – R.T. BRADLEY 1967. *Forest Planning*. London.
- JÄÄSKELÄINEN, OSMO 1967. Sahatukkien alueittaisten kantohintaerojen selityskokeilu. Laudaturtyö. Helsingin Yliopiston puumarkkinatieteen laitos. Moniste. 58 s.
- KUUSELA, KULLERVO 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 sekä niiden kehittyminen 1920–70. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1964–70 and their development 1920–70. *Commun. Inst. For. Fenn.* 76.5. Helsinki. 126 s.
- PALO, MATTI 1964. Kokeilu alueittaisten kantohintaerojen selittäjistä. Summary: An experiment to explain the regional differences in stumpage in Finland. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 9/64.
- PALO, MATTI 1969. Ostajaotantaan perustuva hakkuutilasto. Summary: Removal statistics based on a sample of buyers. *Commun. Inst. For. Fenn.* 68.1. Helsinki. 127 s.
- PALO, MATTI & ESKO PÄLÄ 1973. Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat 1970 (1964, 1967). Summary: Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. *Folia For. (Inst. For. Fenn.)* 173. Helsinki.
- PÄLÄ, ESKO & PENTTI ROITTO 1969. *Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja niiden kulkuvirrat vuonna 1967*. Summary: Removal and flow of commercial roundwood by districts in 1967. Kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriön työvoimaosasto. Helsinki. 51 s.
- RIIHINEN, PÄIVIÖ 1962. Sales of Newsprint in Finland, 1949–59. Models for short term forecasting. Selostus: Sanomalehtipaperin myynti Suomessa vuosina 1949–59. Tutkimus lyhytjanteisten ennusteiden mal-leista. *Acta For. Fenn.* 74.7. Helsinki. 82 s.
- RIIHINEN, PÄIVIÖ 1963. Economic models underlying forest policy programs. An evaluation of ends and means. Selostus: Metsäpoliittisten ohjelmien perustana olevat taloudelliset mallit. Tutkimus päämääristä ja keinoista. *Acta For. Fenn.* 75. Helsinki. 41 s.
- SAETHER, ROLF 1964. Tilbudet av bar-tretømmer i Norge. *Meddelelser fra Det norske skogforsøksvesen* Nr. 70, Bind XIX, Vollebekk, s. 373–496.
- THEIL, HENRI – JOHN C.G. BOOT – TEUM KLOEK 1965. *Operations Research and Quantitative Economics. An Elementary Introduction*. New York ym.
- VIRTA, JOUKO 1969. *Markkinahakkuiden lyhytjaksoiseen ennakkointiin perustuva met-sien kokonaispoistumaennuste*. Laudaturtyö. Helsingin Yliopiston puumarkkinatieteen laitos. Moniste. 86 s.
- VIRTA, JOUKO 1970. *Markkinahakkuiden lyhytjaksoinen ennakkointi*. Pro gradu -tutkielma. Helsingin Yliopiston puumarkkinatieteen laitos. Moniste. 73 s.

VIRTA, JOUKO 1971. Yksityismetsänomistajien puunmyyntialttius Länsi-Suomessa vuonna 1970. Summary: Timber-sales propensity of private forest owners in Western Finland in 1970. *Folia For. (Inst. For. Fenn.)* 114. Helsinki. 57 s.

VÄLIAHO, HANNU 1963. Regressioanalyysin suorittaminen tietokoneella. Teoksessa: Ti-

lastomatematiikan perusteet II. Täydennyskoulutuskurssi N:o 46. Suomen Teknillinen Seura.

VÄÄNÄNEN, SULO 1971. Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1969/70. Summary: Stumpage prices in private forests during the cutting season 1969/70. *Folia For. (Inst. For. Fenn.)* 102. Helsinki. 8 s.

VALTAKUNNALLISTEN MALLIEN MUUTTUJALUETTELO

A. Selitettävät muuttujat (y)

- | | | |
|---|---|----------------------------|
| 1 | Ainespinopuun hakkuumäärä, kaikki metsät | (10 000 p-m ³) |
| 2 | —”— —”— , yksityismetsät | —”— |
| 3 | —”— —”— , yhtiöiden metsät | —”— |
| 4 | Havutukkipuun hakkuumäärä, kaikki metsät | (100 000 j ³) |
| 5 | —”— —”— , yksityismetsät | —”— |
| 6 | —”— —”— , yhtiöiden metsät | —”— |
| 7 | Lehtitukkipuun hakkuumäärä, kaikki metsät | (100 000 j ³) |
| 8 | —”— —”— , yksityismetsät | —”— |
| 9 | —”— —”— , yhtiöiden metsät | —”— |

B. Selittävät muuttujat (x)

- | | | |
|----|---|----------------------------|
| 1 | Ainespinopuun leimausmäärä, yksityismetsät | (10 000 p-m ³) |
| 2 | Kuusikuitupuun kantohinta hakkuuvuonna t, yksityismetsät | (p/p-m ³) |
| 3 | Puuteollisuustuotteiden viennin volyyymi-indeksi, vuoden kolmas neljännes | |
| 4 | Ainespinopuun viivästetty hakkuumäärä, kaikki metsät | (10 000 p-m ³) |
| 5 | Yritystiedustelun mukaiset ostajien odotukset ainespinopuun hakkuumäärien muutoksesta | (0.1 %) |
| 6 | Raaka- ja jätteen tuontimäärien kalenterivuosien t ja t-1 suhde | (1.0 %) |
| 7 | Muuttuja 1 · muuttuja 2 | |
| 8 | Havusahatukin kantohinnan hakkuuvuosien t ja t-1 suhde | (1,0 %) |
| 9 | Havutukkipuun leimausmäärä, yksityismetsät | (100 000 j ³) |
| 10 | Havutukkipuun viivästetty hakkuumäärä, kaikki metsät | (100 000 j ³) |
| 11 | Yritystiedustelun mukaiset ostajien odotukset tukkipuun hakkuumäärän muutoksesta | (0.1 %) |
| 12 | Muuttuja 8 · muuttuja 9 | |
| 13 | Muuttuja 8 · muuttuja 3 | |
| 14 | Lehtitukkipuun leimausmäärä, yksityismetsät | (100 000 j ³) |
| 15 | Lehtitukkipuun viivästetty hakkuumäärä, kaikki metsät | (100 000 j ³) |
| 16 | Vaneritukin kantohinta hakkuuvuonna t, yksityismetsät | (p/j ³) |
| 17 | Muuttuja 14 · muuttuja 15 | |
| 18 | Muuttuja 14 · muuttuja 16 | |

LIST OF VARIABLES IN COUNTRY-WIDE MODELS

A. Dependent variables (y)

- | | | |
|---|--|-----------------------|
| 1 | Cut of industrial cordwood, all forests (10000 m ³ , piled measure) | |
| 2 | —”— | , private forests —”— |
| 3 | —”— | , company forests —”— |
| 4 | Cut of softwood heavy timber, all forests (100 000 cu.f.) | |
| 5 | —”— | , private forests —”— |
| 6 | —”— | , company forests —”— |
| 7 | Cut of hardwood heavy timber, all forests | —”— |
| 8 | —”— | , private forests —”— |
| 9 | —”— | , company forests —”— |

B. Independent variables (x)

- | | |
|----|--|
| 1 | Amount of marked industrial cordwood timber for cutting, private forests (10 000 m ³ , piled measure) |
| 2 | Stumpage of spruce pulpwood in cutting year t, private forests (pennies/m ³ , piled measure) |
| 3 | Volume index of exports of wood industry products, third quarter |
| 4 | Lagged cut of industrial cordwood, all forests (10000 m ³ , piled measure) |
| 5 | Expectations of buyers according to opinion polls concerning changes in cut of industrial cordwood (0.1 %) |
| 6 | Ratio of year t to year t-1 in total imports of roundwood and wood residues (1.0 %) |
| 7 | Variable 1 • variable 2 |
| 8 | Ratio of cutting year t to cutting year t-1 in stumpage of softwood saw logs (1.0 %) |
| 9 | Amount of marked softwood heavy timber, private forests (100 000 cu.f.) |
| 10 | Lagged cut of softwood heavy timber, all forests —”— |
| 11 | Expectations of buyers according to opinion polls concerning changes in cut of heavy timber (0.1 %) |
| 12 | Variable 8 • variable 9 |
| 13 | Variable 8 • variable 3 |
| 14 | Amount of marked hardwood heavy timber, private forests (100 000 cu.f.) |
| 15 | Lagged cut of hardwood heavy timber, all forests (100 000 cu.f.) |
| 16 | Stumpage of veneer logs in cutting year t, private forests (pennies/cu.f) |
| 17 | Variable 14 • variable 15 |
| 18 | Variable 14 • variable 16 |

VUODEN 1967 ALUEMALLIEN MUUTTUJALUETTELO

- 1 Ainespuun hakkuumäärä vuonna 1967 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (1000 k-m³ k:tta)
- 2 Ainespuun hakkuumäärä vuonna 1967 markkinahakkuiden kausitilaston mukaan (1000 k-m³)
- 3 Ostajaluettelon ainespuun hankintamääräarvio vuonna 1967 (1000 k-m³)
- 4 Yksityismetsien ainespuun leimausmäärä vuonna 1967 (1000 k-m³)
- 5 Yksityismetsien ainespuun leimausmäärä hakkuuvuonna 1966/67 (1000 k-m³)
- 6 Ainespuun hakkuumäärä vuonna 1967 yksityismetsälain mukaisten hakkuuilmoitusten mukaan (1000 k-m³ kuorellisena)
- 7 Puuston kokonaismäärä (100 000 k-m³)
- 8 Puuston määrä hehtaaria kohden (k-m³/ha)
- 9 Metsäpinta-ala (1000 ha)
- 10 Kaikkien metsälöiden lukumäärä (10 kpl)
- 11 Metsälön keskikoko (0.1 ha)
- 12 Puuston kokonaiskasvu (10 000 k-m³)
- 13 Puuston kasvu hehtaaria kohden (0.1 k-m³/ha)
- 14 Vuosien 1957–1961 poistumasumman ja suunnitesumman suhde (0.1 %)
- 15 Vuosien 1957–1966 poistumasumma (10 000 k-m³)
- 16 Vuosien 1957–1966 suunnitesumma (10 000 k-m³)
- 17 Vuosien 1957–1966 poistumasumman ja suunnitesumman suhde (0.1 %)
- 18 Vuosien 1962–1966 poistumasumma (10 000 k-m³)
- 19 Vuosien 1962–1966 suunnitesumma (10 000 k-m³)
- 20 Leimikoiden keskimääräinen kuutiomäärä yksityismetsissä hakkuuvuonna 1966/67 (0.1 k-m³)
- 21 Leimikoiden keskimääräinen järeiden runkojen lukumäärä yksityismetsissä hakkuuvuonna 1966/67 (kpl)
- 22 Tukkipuun osuus leimikoiden kuutiomäärästä yksityismetsissä hakkuuvuonna 1966/67 (0.1 %)
- 23 Leimikon keskimääräinen kuutiomäärä vuonna 1967 (0.1 k-m³)
- 24 Leimikon keskimääräinen järeiden runkojen lukumäärä vuonna 1967 (kpl)
- 25 Hakkuun keskimääräinen ala vuonna 1967 (0.01 ha)
- 26 Uudistushakkuiden osuus (siemenpuu-, paljaaksi- ja suojustrupuhakkuut % koko hakkuualasta)
- 27 Moottorisahalla työskentelevän hakkuumiehen keskipäiväansio vuonna 1966 (mk/pv)
- 28 Moottorisahalla työskentelevän hakkuumiehen keskipäiväansio vuonna 1967 (mk/pv)
- 29 Ostajien lukumäärä kuntaa kohden (0.1 kpl)
- 30 Havusahapuun kantohinta hakkuuvuonna 1965/66 (mk/j³)
- 31 Havusahapuun kantohinta hakkuuvuonna 1966/67 (mk/j³)
- 32 Kuusipaperipuun kantohinta hakkuuvuonna 1966/67 (mk/pm³)
- 33 Mäntypinotavaran kantohinta hakkuuvuonna 1966/67 (mk/pm³)
- 34 Yksityismetsälöiden lukumäärä (10 kpl)
- 35 Yksityismetsälöiden kokonaispinta-ala (100 ha)
- 36 Yksityismetsälön keskikoko (0.1 ha)
- 37 Yksityinen maanomistus (0.01 % koko maapinta-alasta)
- 38 Yksityinen metsänomistus (0.01 % koko metsäpinta-alasta)
- 39 Työttömyysaste vuonna 1966 (0.01 %)
- 40 Työttömyysaste vuonna 1967 (0.01 %)
- 41 Raakapuun vienti vuonna 1967 (1000 k-m³)
- 42 Metsäpalot vuonna 1967 (0.1 ha)
- 43 Tukkipuun hakkuumäärä vuonna 1967 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (1000 k-m³)

- 44 Ainespinopuun hakkuumäärä vuonna 1967 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (1000 k-m³)
- 45 Vuosien 1962–1966 poistumasumman ja suunnitesumman suhde (0.1 %)
- 46 Työttömyysaste vuonna 1965 (0.01 %)
- 47 Piirimetsälautakunnan suhteellinen osuus koko maan teollisuuden ainespuun hakkuumäärästä vuonna 1967 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (0.01 %)
- 48 Piirimetsälautakunnan suhteellinen osuus koko maan teollisuuden tukkipuun hakkuumäärästä vuonna 1967 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (0.01 %)
- 49 Piirimetsälautakunnan suhteellinen osuus koko maan teollisuuden ainespinopuun hakkuumäärästä vuonna 1967 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (0.01 %)
- 50 Ainespuun hakkuumäärä vuonna 1967 markkinahakkuiden kausitilaston mukaan (1000 k-m³)
- 51 Tukkipuun hakkuumäärä vuonna 1967 markkinahakkuiden kausitilaston mukaan (1000 k-m³)
- 52 Ainespinopuun hakkuumäärä vuonna 1967 markkinahakkuiden kausitilaston mukaan (1000 k-m³)
- 53 Yksityismetsien tukkipuun leimausmäärä vuonna 1967 (1000 k-m³)
- 54 Yksityismetsien ainespinopuun leimausmäärä vuonna 1967 (1000 k-m³)
- 55 Yksityismetsien tukkipuun leimausmäärä hakkuuvuonna 1966/67 (1000 k-m³)
- 56 Yksityismetsien ainespinopuun leimausmäärä hakkuuvuonna 1966/67 (1000 k-m³)
- 57 Uudistuskypsiensien metsien osuus (% koko metsäpinta-alasta)
- 58 Piirimetsälautakunnan suhteellinen osuus koko maan teollisuuden ainespuun hakkuumäärästä vuonna 1964 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (0.01 %)
- 59 Piirimetsälautakunnan suhteellinen osuus koko maan teollisuuden tukkipuun hakkuumäärästä vuonna 1964 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (0.01 %)
- 60 Piirimetsälautakunnan suhteellinen osuus koko maan teollisuuden ainespinopuun hakkuumäärästä vuonna 1964 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (0.01 %)
- 61 Ainespuun hakkuumäärä vuonna 1964 markkinahakkuiden vuositilaston mukaan (1000 k-m³)

APPENDIX 2

LIST OF VARIABLES IN REGIONAL MODELS

- 1 Cut of industrial roundwood in 1967 according to annual statistics (1000 m³)
- 2 Cut of industrial roundwood in 1967 according to monthly statistics (1000 m³)
- 3 Cut estimate of industrial roundwood in 1967 according to list of buyers (1000 m³)
- 4 Amount of marked timber for industrial roundwood in private forests in 1967 (1000 m³)
- 5 Amount of marked timber for industrial roundwood in private forests in cutting year 1966/1967 (1000 m³)
- 6 Cut estimate of industrial roundwood in 1967 according to cutting area statistics (1000 m³)
- 7 Total growing stock (100 000 m³)
- 8 Growing stock per hectare (m³/hectare)
- 9 Forest area (1000 hectares)
- 10 Number of all forest holdings (10 holdings)
- 11 Average size of forest holding (0.1 hectares)
- 12 Total increment of growing stock (10 000 m³)
- 13 Increment per hectare (0.1 m³/hectare)
- 14 Ratio of total drain and total potential cut in 1957–1961 (0.1 %)
- 15 Total drain in 1957–1966 (10 000 m³)

- 16 Total potential cut in 1957–1966 (10 000 m³)
- 17 Ratio of total drain and total potential cut in 1957–1966 (0.1 %)
- 18 Total drain in 1962–1966 (10 000 m³)
- 19 Total potential cut in 1962–1966 (10 000 m³)
- 20 Average volume of lots of marked timber in cutting year 1966/1967 (0.1 m³)
- 21 Average number of heavy stems in lots of marked timber in cutting year 1966/1967
- 22 Proportion of heavy timber in volume of lots of marked timber in cutting year 1966/1967 (0.1 %)
- 23 Average volume of lots of marked timber in 1967 (0.1 m³)
- 24 Average number of heavy stems in lots of marked timber in 1967
- 25 Average area of cutting in 1967 (0.01 hectares)
- 26 Ratio of final and total cutting areas (0.1 %)
- 27 Average daily earnings of loggers using power-saws in 1966 (marks/day)
- 28 Average daily earnings of loggers using power-saws in 1967 (marks/day)
- 29 Number of buyers per commune (0.1 buyers)
- 30 Stumpage of softwood saw logs in cutting year 1965/1966 (marks/cu.f.)
- 31 Stumpage of softwood saw logs in cutting year 1966/1967 (marks/cu.f.)
- 32 Stumpage of spruce pulpwood in cutting year 1966/1967 (marks/m³, piled measure)
- 33 Stumpage of pine cordwood in cutting year 1966/1967 (marks/m³, piled measure)
- 34 Number of private forest holdings (10 holdings)
- 35 Total area of private forests (100 hectares)
- 36 Average size of private forest holdings
- 37 Ratio of private and total landownership (0.01 %)
- 38 Ratio of private and total forestownership (0.01 %)
- 39 Rate of unemployment in 1966 (0.01 %)
- 40 Rate of unemployment in 1967 (0.01 %)
- 41 Exports of roundwood in 1967 (1000 m³)
- 42 Forest fires in 1967 (0.1 hectares)
- 43 Cut of heavy timber in 1967 according to annual statistics (1000 m³)
- 44 Cut of industrial cordwood in 1967 according to annual statistics (1000 m³)
- 45 Ratio of total drain and total potential cut in 1962–1966 (0.1 %)
- 46 Rate of unemployment in 1965 (0.01 %)
- 47 Ratio of regional cut and country-wide total of roundwood used by industries (0.01 %) in 1967 according to annual statistics
- 48 Ratio on regional cut and country-wide total of heavy timber used by industries in 1967 according to annual statistics (0.01 %)
- 49 Ratio of regional cut and country-wide total of cordwood used by industries in 1967 according to annual statistics (0.01 %)
- 50 Cut of industrial roundwood in 1967 according to monthly statistics (1000 m³)
- 51 Cut of heavy timber in 1967 according to monthly statistics (1000 m³)
- 52 Cut of industrial cordwood in 1967 according to monthly statistics (1000 m³)
- 53 Amount of marked heavy timber in private forests in 1967 (1000 m³)
- 54 Amount of marked timber for industrial cordwood in private forests in 1967 (1000 m³)
- 55 Amount of marked heavy timber in private forests in cutting year 1966/1967 (1000 m³)
- 56 Amount of marked timber for industrial cordwood in private forests in cutting year 1966/1967 (1000 m³)
- 57 Ratio of mature stands and total forest area (%)
- 58 Ratio of regional cut and country-wide total of roundwood used by industries (0.01 %) in 1964 according to annual statistics
- 59 Ratio of regional cut and country-wide total of heavy timber used by industries in 1964 according to annual statistics (0.01 %)
- 60 Ratio of regional cut and country-wide total of cordwood used by industries in 1964, according to annual statistics (0.01 %)
- 61 Cut of industrial roundwood in 1964 according to annual statistics (1000 m³)

Liite 3. Valtakunnallisten muuttujien korrelaatiomatriisi.
 Appendix 3. Correlation matrix of country-wide variables.

	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	y ₇	y ₈	y ₉	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	
y ₁	1000																				
y ₂	981	1000																			
y ₃	599	465	1000																		
y ₄	645	578	750	1000																	
y ₅	641	586	757	989	1000																
y ₆	42	-29	361	-47	-80	1000															
y ₇	-518	-419	-578	-848	-775	171	1000														
y ₈	-530	-423	-638	-868	-802	144	997	1000													
y ₉	443	359	853	464	540	278	-165	-244	1000												
x ₁	699	639	362	537	456	-127	-732	-717	57	1000											
x ₂	770	727	540	208	230	243	-55	-90	589	456	1000										
x ₃	710	641	572	822	786	-353	-884	-888	300	848	363	1000									
x ₄	514	412	495	102	69	201	-284	-307	382	351	597	281	1000								
x ₅	752	790	297	666	674	-383	-555	-549	209	735	392	806	-32	1000							
x ₆	840	755	822	597	585	513	-411	-447	642	481	792	476	587	381	1000						
x ₇	859	795	529	446	403	101	-483	-493	352	868	835	710	557	650	756	1000					
x ₈	615	520	843	901	892	147	-737	-775	638	602	378	780	115	644	666	580	1000				
x ₉	-22	120	-381	-429	-324	-69	761	753	51	-364	256	-428	-383	103	-145	-101	-327	1000			
x ₁₀	-701	-704	-304	-779	-730	219	750	719	70	-654	-172	-756	-57	-730	-457	-504	-548	312	1000		
x ₁₁	-301	-230	-248	-278	-170	-290	585	564	123	-467	51	-288	-537	-54	-326	-289	-192	723	355	1000	
x ₁₂	589	610	513	512	586	106	-100	-143	656	285	580	397	-146	682	544	483	681	467	-273	349	
x ₁₃	691	608	744	914	891	-85	-848	-871	497	763	378	929	173	776	600	672	955	-382	-683	-253	
x ₁₄	595	1000																			
x ₁₅	-554	-418	-853	-866	-827	-58	895	925	-525	-540	-243	-779	-479	-379	-623	-472	-806	727	566	508	
x ₁₆	-203	-824	1000																		
x ₁₇	-474	-343	-632	-767	-696	176	960	967	-249	-727	-157	-882	-408	-451	-419	-534	-712	791	614	506	
x ₁₈	-52	-824	912	1000																	
x ₁₉	-321	-244	-512	-852	-809	277	937	938	-175	-497	194	-778	-69	-486	-210	-193	-696	717	659	457	
x ₂₀	-88	-776	845	866	1000																
x ₂₁	-557	-418	-800	-837	-785	18	932	954	-451	-641	-254	-840	-492	-422	-581	-538	-792	754	584	521	
x ₂₂	-165	-846	987	964	851	1000															
x ₂₃	-513	-391	-772	-894	-849	37	947	967	-422	-566	-121	-814	-368	-439	-524	-418	-804	750	627	525	
x ₂₄	-178	-845	985	933	923	980	1000														

Liite 4. Aluemuuttujien korrelaatiomatriisi vuonna 1967.
 Appendix 4. Correlation matrix of regional variables in 1967.

CORRELATIONS 1967

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
61																				
1	1000																			
2	948	1000																		
3	899	880	1000																	
4	784	771	932	1000																
5	820	852	940	936	1000															
6	747	790	849	888	911	1000														
7	852	757	589	404	448	339	1000													
8	-242	-155	-34	173	134	252	-555	1000												
9	617	479	289	94	115	24	923	-722	1000											
10	292	434	428	382	452	325	210	-120	14	1000										
11	380	175	92	-104	-112	-203	683	-676	847	-368	1000									
12	926	924	894	810	850	757	786	-199	528	551	161	1000								
13	-137	-49	146	375	332	413	-513	921	-719	85	-761	-9	1000							
14	82	204	240	244	298	243	-16	122	-179	735	-435	286	258	1000						
15	959	958	871	731	803	705	855	-284	620	470	288	968	-148	223	1000					
16	967	951	868	737	795	685	874	-307	642	426	327	967	-175	146	987	1000				
17	492	548	520	395	517	395	413	-179	241	655	-4	567	-36	770	599	518	1000			
18	969	956	882	741	819	711	851	-273	614	434	304	961	-141	175	996	986	582	1000		
19	949	952	910	808	861	757	795	-211	524	517	188	988	-50	244	976	985	545	972	1000	
20	567	546	646	654	669	592	435	20	268	-203	357	497	122	-257	498	550	131	548	535	1000
21	683	610	763	781	779	684	375	112	155	-27	200	573	264	-114	557	586	209	594	600	940
22	501	566	714	722	743	648	168	315	-127	385	-229	556	504	380	516	498	490	512	560	524
23	523	395	604	723	579	550	245	176	86	-174	144	416	322	-187	357	411	24	391	426	851
24	674	613	788	851	815	744	335	200	89	94	83	607	372	-5	564	582	241	591	615	863
25	557	496	566	582	576	465	342	110	140	-105	106	469	170	-322	433	528	-106	473	529	705
26	-252	-313	-458	-571	-577	-547	-14	-203	211	-538	493	-491	-457	-573	-318	-340	-316	-291	-460	-137
27	231	52	-83	-261	-265	-342	605	-740	916	-348	947	52	-842	-455	173	229	-92	180	85	205
28	178	59	-138	-291	-274	-338	536	-727	710	-295	790	25	-838	-468	141	221	-166	144	87	139
29	618	680	740	808	812	754	276	316	-31	256	-178	636	481	218	559	595	325	566	657	699
30	-242	-92	68	279	282	352	-604	796	-783	265	-895	-59	916	417	-181	-240	75	-185	-109	-113
31	-282	-133	25	240	234	320	-633	820	-796	200	-888	-104	920	382	-223	-282	19	-229	-154	-144
32	-460	-301	-197	0	22	115	-713	773	-815	232	-903	-270	827	456	-376	-451	56	-385	-328	-347
33	-475	-313	-192	18	29	118	-749	778	-858	227	-928	-286	840	436	-399	-464	31	-406	-336	-319
34	267	408	405	759	432	302	192	-122	5	999	-371	529	84	734	446	401	649	410	493	-216
35	758	733	624	460	573	376	845	-671	747	534	435	817	-516	161	833	852	486	820	824	279
261	165	117	762	253	-277	445	462	251	-466	-515	-588	-597	519	1000						

36	414	222	187	12	6	-96	616	-666	736	-403	943	174	-731	-512	293	356	-76	320	232	492
	337	-165	262	195	261	401	909	814	-65	-868	-863	-934	-930	-409	460	1000				
37	-566	-425	-243	-27	-36	22	-835	716	-915	205	-914	-372	781	311	-508	-550	-127	-507	-413	-341
	-205	105	-143	-100	-211	-343	-877	-804	17	883	886	930	953	218	-599	-865	1000			
38	-615	-474	-310	-98	-99	-50	-846	675	-899	193	-897	-418	732	296	-549	-589	-143	-547	-459	-387
	-266	33	-138	-171	-247	-307	-841	-761	-45	651	854	920	942	209	-599	-654	995	1000		
39	475	297	217	69	22	-26	700	-750	839	-264	923	282	-739	-427	387	423	34	397	295	431
	322	-114	292	228	156	391	876	747	-51	-826	-834	-896	-908	-268	546	907	-884	1000		
40	486	322	226	62	18	40	719	-788	844	-242	902	305	-788	-416	409	462	30	415	334	402
	282	-122	276	169	229	322	887	815	-26	-869	-878	-946	-946	-251	597	914	-924	-914	976	1000
41	-210	-149	-266	-243	-232	32	-280	84	-210	-126	-240	-279	-3	-140	-245	-295	-195	-239	-283	-276
	-351	-485	-246	-366	-333	298	-229	-198	-299	97	107	240	228	-119	-248	-261	216	231	-166	-189
	1000																			
42	369	287	144	22	88	-57	641	-329	672	99	479	399	-310	-36	411	437	152	415	382	178
	33	-146	15	-31	101	51	455	378	72	-405	-415	-379	-418	97	489	347	-492	-462	345	346
	-155	1000																		
43	884	898	961	909	940	887	562	94	239	410	15	882	256	262	866	854	536	871	894	651
	784	812	604	825	564	-459	-155	-134	797	159	117	-104	-104	387	533	83	-203	-278	144	146
	-278	80	1000																	
44	934	840	714	568	603	526	940	-460	810	157	598	818	-415	-68	883	904	383	895	844	576
	502	187	382	456	467	-56	488	433	386	-509	-542	-659	-683	135	812	602	-754	-777	652	670
	-127	532	659	1000																
45	676	616	534	319	451	300	692	-450	613	208	529	557	-391	116	684	643	719	709	573	479
	436	319	222	361	174	163	411	296	235	-397	-447	-459	-480	200	594	493	-584	-591	554	534
	-181	320	524	688	1000															
46	376	249	114	-8	-60	-78	606	-726	746	-283	825	194	-713	-447	305	347	-29	306	215	373
	284	-63	278	194	138	411	821	759	-33	-783	-791	-855	-852	-288	458	822	-852	-844	949	946
	-165	228	94	531	465	1000														
47	999	944	901	786	821	739	856	-243	621	292	388	929	-137	86	960	970	494	969	951	673
	691	513	529	681	566	-261	240	186	623	-245	-286	-467	-481	267	761	422	-571	-620	478	491
	-246	374	886	932	677	380	1000													
48	885	892	961	909	937	872	572	89	251	403	30	886	251	249	869	858	528	874	897	655
	789	811	609	827	577	-457	-142	-185	790	147	106	-117	-118	379	539	97	-211	-285	152	154
	-311	89	999	662	526	99	888	1000												
49	944	852	733	589	624	541	943	-450	803	171	593	832	-398	-45	893	917	401	904	859	592
	524	226	399	481	481	-83	482	428	418	-496	-530	-655	-677	148	816	600	-752	-777	648	667
	-165	529	682	999	692	530	943	685	1000											
50	958	997	881	756	833	773	783	-196	516	424	217	924	-93	189	966	958	548	964	953	539
	600	561	391	602	489	-287	92	92	649	-135	-177	-342	-356	398	749	258	-468	-517	337	364
	-143	292	894	859	635	286	954	888	871	1000										
51	860	956	870	784	853	927	589	-5	201	461	-4	850	110	281	884	857	562	875	877	487
	618	696	404	647	424	-335	-141	-130	714	87	51	-130	-136	435	579	52	-265	-328	147	167
	-103	86	926	678	539	148	855	916	693	952	1000									
52	969	957	824	677	754	671	887	-341	674	361	386	917	-257	99	963	973	496	966	945	543
	541	388	351	619	507	-226	281	271	547	-310	-354	-494	-514	337	836	411	-604	-637	472	501
	-166	443	800	948	669	381	967	799	955	966	840	1000								
53	673	666	866	955	863	824	271	276	-35	336	-195	700	482	235	625	625	346	633	696	614
	788	829	772	872	576	-532	-354	-378	803	385	345	96	120	314	296	-90	62	-15	-8	-16
	-283	-114	884	409	746	-26	677	884	434	656	744	533	1000							
54	807	785	849	667	864	811	541	-35	290	380	71	826	118	207	755	773	393	769	827	586
	607	391	469	638	471	-516	-52	-85	648	43	14	-162	-158	359	639	180	-172	-216	184	180
	-124	247	763	716	773	24	804	761	726	768	687	778	681	1000						
55	745	794	906	916	971	999	343	240	4	416	-193	782	442	285	738	719	479	750	789	648
	809	850	606	656	559	-558	-353	-365	823	387	344	114	123	396	398	-79	49	-22	-45	-57
	-269	-47	948	476	797	-84	747	946	499	775	853	652	906	742	1000					
56	807	792	806	773	842	736	586	-137	337	434	96	813	11	260	769	787	486	789	831	568
	539	337	391	540	485	-492	-9	-7	607	-18	-68	-191	-190	416	687	195	-221	-250	168	184
	-26	372	711	756	472	6	803	706	764	777	663	815	574	946	689	1000				
57	62	-78	-134	-764	-249	-346	299	-251	408	-475	668	-183	-485	-444	-44	-10	-192	-8	-110	246
	57	-326	-81	-76	58	582	651	582	-308	-645	-633	-551	-570	-468	17	641	-527	-501	426	404
	-70	335	-199	251	261	358	66	-186	239	-56	-204	73	-418	-198	-299	-83	1000			
58	976	944	999	779	855	746	815	-224	575	345	316	931	-95	117	969	960	554	985	947	652
	685	533	482	671	536	-262	173	126	603	-155	-203	-372	-390	322	764	355	-485	-526	414	417
	-233	376	884	895	728	312	976	887	905	949	859	953	672	796	788	815	31	1000		
59	868	882	868	781	892	740	657	-73	384	456	132	882	97	226	893	873	629	910	887	652
	744	708	491	748	526	-349	-1	-37	684	48	-11	-171	-180	439	661	177	-268	-311	243	229
	-341	272	903	708	715	175	873	909	725	874	848	830	721	718	876	728	-53	931	1000	
60	977	921	860	729	779	703	855	-298	650	258	404	901	-200	45	952	950	474	966	922	611
	607	396	447	583	508	-194	263	213	517	-265	-302	-466	-488	232						

Liite 5. Aluemuuttujien korrelaatiomatriisi vuonna 1970.
 Appendix 5. Correlation matrix of regional variables in 1970.

CORRELATIONS 1970

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	1000																				
2	959	1000																			
3	0	0	0																		
4	960	960	0	1000																	
5	961	955	0	991	1000																
6	889	895	0	908	895	1000															
7	847	840	0	827	818	601	1000														
8	-278	-239	0	-307	-327	3	-555	1000													
9	610	605	0	584	581	294	923	-722	1000												
10	377	421	0	430	391	484	210	-120	14	1000											
11	343	298	0	325	341	-5	683	-676	847	-368	1000										
12	947	945	0	942	929	927	786	-199	528	551	161	1000									
13	-143	-192	0	-166	-195	181	-513	921	-719	85	-761	-9	1000								
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	970	975	0	963	959	876	865	-293	632	445	318	966	-160	0	1000						
16	972	977	0	952	958	883	861	-289	620	445	300	974	-150	0	990	1000					
17	536	501	0	555	558	458	475	-274	349	431	220	511	-176	0	597	578	1000				
18	971	973	0	966	967	874	869	-315	639	430	338	961	-182	0	996	987	604	1000			
19	963	965	0	958	953	923	795	-211	524	517	188	988	-50	0	977	990	501	974	1000		
20	533	447	0	531	557	275	670	-481	695	-375	872	328	-507	0	468	466	282	494	379	1000	
21	608	511	0	622	641	440	567	-266	475	-242	649	425	-232	0	537	537	318	555	483	916	1000
22	334	264	0	336	314	513	-58	506	-349	368	-428	398	686	0	319	322	246	285	392	-99	1000
23	481	405	0	488	507	205	671	-506	722	-372	916	276	-565	0	425	418	273	449	326	988	1000
24	555	473	0	583	599	368	571	-303	507	-256	715	365	-313	0	494	489	309	511	429	929	1000
25	467	426	0	454	471	177	736	-591	848	-329	940	326	-622	0	439	441	158	454	343	881	1000
26	64	34	0	13	29	-280	385	-551	557	-398	701	-131	-679	0	38	52	-46	50	-65	614	1000
27	225	196	0	197	221	-133	606	-742	812	-346	940	50	-846	0	192	201	61	211	86	771	1000
28	225	196	0	198	221	-132	608	-741	815	-347	945	51	-843	0	193	201	68	212	86	774	1000
29	610	564	0	565	560	734	276	316	-31	256	-178	636	481	0	565	608	223	571	657	173	1000
30	-135	-133	0	-115	-122	212	-522	760	-742	322	-863	45	901	0	-105	-102	-26	-130	7	-638	1000
31	-172	-173	0	-160	-167	162	-533	761	-775	286	-874	6	894	0	-145	-138	-101	-171	-35	-661	1000
32	-404	-405	0	-405	-410	-85	-577	770	-789	195	-892	-228	846	0	-369	-381	-139	-392	-281	-791	1000
33	-301	-314	0	-295	-299	16	-622	709	-783	316	-899	-125	829	0	-274	-273	-23	-291	-167	-743	1000
34	353	395	0	408	399	482	192	-122	5	999	-371	529	84	0	421	420	429	407	493	-384	1000
35	870	830	0	814	823	645	845	-671	747	534	435	817	-516	0	833	848	465	842	824	430	1000

36	377	335	0	765	405	62	616	-666	736	-403	943	174	-731	0	328	332	161	358	232	921	
	748	-374	377	795	910	685	906	908	-65	-813	-836	-912	-880	-409	460	1000					
	-623	343	-839	-660	-873	-690	-876	-877	17	817	816	895	869	218	-599	-865	-768	1000	-537	-413	-819
38	-598	-581	0	-662	-565	-256	-846	675	-899	193	-897	-418	732	0	-567	-565	-281	-576	-459	-832	
	-663	275	-846	-693	-872	-649	-839	-841	-45	776	782	884	851	209	-599	-854	995	1000			
39	357	347	0	742	365	50	618	-873	778	-246	834	203	-842	0	316	329	125	345	230	730	
	515	-484	778	529	792	663	843	842	-139	-826	-820	-876	-834	-253	550	854	-871	-851	1000		
40	466	464	0	434	463	191	641	-794	745	-222	766	318	-739	0	419	437	125	452	348	721	
	553	-391	696	539	768	571	748	747	17	-727	-727	-831	-780	-234	584	822	-840	-835	968	1000	
41	-269	-209	0	-251	-246	-285	-162	-287	-102	199	-179	-241	-324	0	-232	-236	100	-196	-226	-335	
	-489	-555	-303	-454	-292	80	-46	-52	-409	-231	-237	-53	-8	211	45	-164	138	186	59	8	
	1000																				
42	-199	-133	0	-115	-107	-184	-43	-512	116	-87	93	-138	-372	0	-149	-143	-86	-129	-165	-20	
	-162	-388	-49	-182	55	38	108	107	-274	-190	-159	-135	-112	-82	80	104	-134	-105	471	438	
	311	1000																			
43	868	811	0	839	827	918	529	59	211	459	-8	856	240	0	829	826	513	615	864	298	
	534	695	226	455	129	-230	-162	-160	781	261	198	-67	51	438	537	63	-184	-258	-2	130	
	-390	-312	1000																		
44	923	900	0	879	891	705	940	-487	809	243	553	846	-412	0	903	910	456	916	866	620	
	557	-4	592	532	634	280	483	483	371	-417	-427	-592	-518	221	859	553	-733	-754	572	644	
	-129	-75	510	1000																	
45	369	340	0	785	407	150	513	-570	566	-52	646	225	-576	0	393	314	757	435	244	630	
	510	-246	641	533	529	421	517	523	-56	-546	-595	-572	-506	-50	400	615	-594	-582	574	552	
	226	126	154	468	1000																
46	439	434	0	422	458	147	646	-865	768	-191	790	294	-805	0	409	418	201	443	325	732	
	545	-827	712	540	766	614	788	787	-46	-760	-760	-842	-784	-200	617	842	-846	-829	982	984	
	77	466	89	632	619	1000															
47	997	953	0	960	960	893	840	-220	603	352	348	944	-112	0	965	966	521	965	958	548	
	636	370	494	579	475	50	221	252	632	-110	-147	-388	-291	328	779	381	-543	-594	345	458	
	-336	-219	879	909	353	427	1000														
48	865	806	0	843	832	919	528	66	212	450	-3	856	248	0	828	822	521	615	862	305	
	541	698	233	461	140	-249	-161	-159	774	270	206	-57	57	429	534	66	-178	-251	-11	119	
	-405	-323	998	607	157	81	879	1000													
49	940	914	0	998	907	776	941	-441	798	222	554	864	-359	0	917	924	440	927	881	643	
	607	71	611	576	649	258	468	468	430	-371	-383	-571	-501	199	837	555	-730	-757	552	635	
	-239	-110	555	992	439	613	936	654	1000												
50	959	1000	0	960	955	895	840	-299	605	421	298	945	-192	0	975	977	501	973	965	447	
	511	264	405	473	426	74	196	196	564	-133	-173	-405	-314	395	830	335	-538	-581	347	464	
	-209	-133	811	900	340	474	953	806	914	1000											
51	858	898	0	858	840	955	559	55	244	491	-51	894	198	0	868	867	459	854	900	195	
	392	569	129	322	116	-290	-188	-187	736	259	199	-60	35	464	591	13	-189	-258	-1	161	
	-317	-249	927	650	119	-101	865	923	663	898	1000										
52	890	927	0	893	899	700	944	-552	815	294	548	837	-493	0	910	914	457	919	866	591	
	532	-37	575	526	621	304	492	490	377	-445	-462	-634	-561	273	901	556	-748	-763	588	647	
	-85	-12	582	968	473	649	875	578	959	927	667	1000									
53	833	808	0	876	863	923	504	64	179	468	-34	853	252	0	828	821	507	615	862	302	
	562	710	233	488	131	-258	-198	-196	729	302	240	-33	77	448	533	47	-133	-204	-33	90	
	-402	-265	952	590	151	64	849	958	636	808	911	591	1000								
54	770	801	0	792	791	557	934	-663	883	225	661	711	-633	0	781	788	413	804	731	626	
	471	-260	633	490	696	352	625	625	152	-599	-607	-726	-657	209	873	635	-809	-810	691	710	
	32	117	390	924	540	721	749	388	900	801	477	949	398	1000							
55	842	815	0	775	877	915	507	48	183	450	-30	854	234	0	838	831	509	827	869	310	
	563	697	235	486	137	-244	-185	-183	721	300	241	-32	79	430	549	66	-140	-208	-21	109	
	-392	-264	943	611	160	87	856	950	655	815	904	609	993	406	1000						
56	763	785	0	778	793	545	914	-683	874	174	688	688	-649	0	765	772	417	793	713	667	
	506	-280	668	523	722	365	654	654	153	-612	-624	-741	-668	158	871	688	-813	-811	721	743	
	28	130	379	921	573	760	743	379	697	785	455	940	385	991	402	1000					
57	1	-57	0	34	52	-252	299	-251	408	-475	668	-183	-485	0	-11	-30	49	7	-110	635	
	482	-386	705	687	560	644	649	650	-308	-657	-654	-590	-631	-468	17	641	-527	-501	342	222	
	-3	-168	-710	161	410	289	-2	-198	145	-57	-326	181	-173	284	-162	304	1000				
58	370	359	0	961	965	875	856	-243	621	292	388	929	-137	0	974	968	557	980	951	587	
	661	321	537	613	512	71	237	239	623	-135	-178	-416	-318	267	761	422	-571	-620	359	479	
	-301	-185	836	911	433	451	981	838	936	959	855	893	829	777	840	773	66	1000			
59	894	849	0	871	851	919	572	89	251	403	30	886	251	0	870	868	503	859	897	335	
	570	684	265	492	206	-210	-146	-143	790	258	193	-79	32	379	539	97	-211	-285	8	157	
	-424	-396	962	664	177	107	898	964	711	849	940	635	963	436	961	422	-186	888	1000		
60	911	907	0	894	906	723	943	-450	803	171	593	832	-398	0	914	907	517	933	859	688	
	635	12	659	615	664	263	481	482	418	-401	-422	-603	-528	148	816	600	-752	-777	564	647	
	-177	-49	629	965	559	538	905	630	969	907	677	957	617	918	635	921	239	943	685</		

- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeuslöpimitaan ja tukkilukuun perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot.
Volume tables for saw timber stems based on the breast height diameter and the number of log per stem. 1,50
- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolokujen vaihtelu.
The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätilastollinen vuosikirja 1971.
Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeuslöpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot.
Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus.
Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus.
Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa.
Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoiuvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen.
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa.
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkonen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia löpimitalluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä O D C tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää