

TAVOITEHAKKUULASKELMA

KULLERVO KUUSELA JA AARNE NYSSÖNEN

SUMMARY:

*THE CUTTING BUDGET FOR A DESIRABLE
GROWING STOCK*

HELSINKI 1962

Sisällys

	Sivu
Hakkuulaskelman kehitys Suomessa	5
Tavoitehakkuulaskelma	9
Yleistä	9
Metsän inventointi	10
Uudistusalan suuruus	13
Laskentamenetelmä	15
Matemaattiset ja kasvuopilliset perusteet	15
Esimerkki	18
Tavoitepuustot	21
Jälkiarvotekijät	25
Loppukatsaus	27
Kirjallisuusluettelo — <i>References</i>	28
<i>Summary</i>	30

Hakkuulaskelman kehitys Suomessa

Hakkuulaskelman laatiminen hakkuusuunnitteen määrittämiseksi on metsätalouden järjestelyn keskeisin tehtävä. Sen yhteydessä vahvistetaan ne suunta-aviivat, joita noudattaen metsää käsitellään tulevan talouskauden aikana ja jotka ohjaavat puuston pitkäaikaista kehitystä entistä tuottavampaan tilaan. Kestävän ja edistyvän metsätalouden harjoittaminen ei yleensä ole mahdollista ilman hakkuusuunnitetta ja siihen liittyvää hakkuuiden ja metsänhoitotöiden ohjelmaa. Esim. pelkästään metsänhoidollisten näkökohtien mukaan toteutetut hakkuut johtavat helposti joko kestävyuden vaarantumiseen tai hakkuumahdollisuuksien osittaiseen käyttämättä jäämiseen.

Menetelmiä vastaisen hakkuumäärän laskemiseksi esittivät aikoinaan maasamme mm. ERICSSON (1906), MORING (1907) ja LINDHOLM (1909). LÖNNROTH (1919; 1927) kehitti sittemmin menetelmän, jossa hakkuusuunnitteen määrittäminen edellytti nykypuuston tarkkaa tuntemista inventointitietojen perusteella sekä ns. normaalimetsäkuvan taksatoris-taloudellista määrittämistä. Inventointitiedoissa näyttelivät tavanomaisten taksatoristen tunnusten ohella keskeistä osaa metsiköiden metsänhoidollis-biologiseen tilaan perustuvat hakkuuehdotukset sekä niiden pohjalla laskettu metsänhoidollinen hakkuumäärä. Normaalimetsän hahmotteluun sisältyivät taas metsätyypeittäin ja puolajeittain selvitettyt kasvusarjat sekä ohjekiertoaajan ja normaalivaraston eli tavoitepuuston kuutiomäärän laskeminen. Kiertoaikaa laskettaessa oli pääpaino finanssisella edullisuudella, mutta huomioon otettiin myös puustoreservien tarpeellisuus ja järeän puun kasvattaminen. Hakkuusuunnitetta määritettäessä nykypuustoa verrattiin tavoitepuustoon, mutta suunnite laskettiin myös erilaisilla Keski-Euroopassa esitetyillä hakkuulaskelmakaavoilla, joiden antamat tulokset asetettiin metsänhoidollisen hakkuumäärän rinnalle. Lopullinen hakkuuehdotus perustui eri näkökohdat huomioon ottavaan harkintaan.

Valtakunnan metsien inventoinnit ovat antaneet mahdollisuuden arvioida hakkuusuunnite koko maan metsille. Metsiemme lähiajan hakkuumahdollisuuksia selvittäessään ILVESSALO (1942) käytti II inventoinnin jälkeen kolmea tarkastelukeinoa valaistakseen niitä rajoja, joissa vastainen hakkuumäärä olisi liikkuva. Menetelmien tuloksena oli kasvuun perustuva hakkuusuunnite, ikärakenteen kehittämiseen nojaava suunnite sekä ns. metsänhoidollinen hakkuumäärä, joka perustui metsänhoidollisen tilan mukaan tehtyihin hakkuu-

ehdotuksiin. Vastaavilla tavoilla oli päätelmiä hakkuumääristä tehty jo aikaisemmin mm. valtion ja metsäteollisuusyhtiöiden metsissä.

Kasvun perusteella määritettävästä suunnitteesta ILVESSALO toteaa, että menetelmä sopii sellaisenaan vain puuston ikärakenteen ollessa likimain tasainen (vrt. myös SAARI 1937). Jos suurimman kasvun kehitysvaiheessa olevia metsiköitä on paljon, niin kuin 1930-luvulla maan eteläpuoliskossa, on järkevä hakkuumäärä pienempi kuin kasvu. Vastaavasti vanhojen metsiköiden ollessa runsaasti edustettuina, kuten tuona ajankohtana maan pohjoispuoliskossa, on järkevä hakkuumäärä kasvua suurempi. Samankaltaiseen tulokseen johti myös ikärakenteen kehittämisen pohjalla muodostunut suunnite.

Metsänhoidollista hakkuumäärää arvioitaessa saa kunkin metsikön metsänhoidollinen tila pääpainon. Nuorissa, keski-ikäisissä ja vajaapuustoisissa kehityskelpoisissa metsiköissä johtaa metsänhoidollisen tilan kehittäminen kuutiomäärän lisäämiseen ja kasvua pienempään hakkuuseen. Vastaavasti ehdotetaan vanhoissa ja yli-ikäisissä metsiköissä hakkuumäärä kasvua ehkä paljonkin suuremmaksi. Täten metsänhoidollinen hakkuumäärä voi ikärakenteesta riippuen muodostua joko liian pieneksi tai liian suureksi verrattuna esim. jo saavutettuun puun käytön tasoon. Kun vanhoja metsiköitä on runsaasti, voi metsänhoidollinen hakkuumäärä olla paljon suurempi kuin suurin kestävä hakkuumäärä. ILVESSALO toteaaakin, että metsänhoidollinen hakkuumäärä ei useinkaan sovi sellaisenaan hakkuusuunnitteeksi, vaan sitä on muutettava kaikkia asiaan vaikuttavia näkökohtia harkiten. II:ssa valtakunnan metsien inventoinnissa saatu metsänhoidollinen hakkuumäärä muodostui suunnitetta silmälläpitäen varovaiseksi. III inventoinnin ajankohtaan tultaessa olivat käsitykset vajaa-tuottoisten ja yli-ikäisiksi vanhenevien metsiköiden oikeasta käsittelystä muuttuneet sellaisiksi, että metsänhoidollinen hakkuumäärä nousi selvästi liian suureksi sekä puun käytön tasoon verrattuna että kestävyyttä ajatellen (vrt. ILVESSALO 1942, s. 216; 1956, s. 170).

Vaikka ILVESSALON käyttämät kolme menetelmää eivät olekaan hakkuulaskelmia sanan varsinaisessa merkityksessä, voinee puuston määrän ja rakenteen sekä niiden kehittymisen ja puun käytön tunteva henkilö arvioida menetelmien avulla hakkuusuunnitteen melko luotettavasti.

Ikärakenteen pohjalla suoritettava analyysi sai laskennallisen muodon LIHTOSEN (1943; 1959) kehittämässä tuottohakkuulaskelmassa. Sen merkittävimpiä sovellutuksia ovat valtakunnan metsien kehittymistä ja hakkuumahdollisuuksia koskevat selvitykset (LIHTONEN 1946; ILVESSALO 1956). Tuottohakkuulaskelmaa on käytetty paljon valtion metsätaloudessa laadittaessa hoitoalueille taloussuunnitelmia (vrt. myös LINNAMIES 1959), ja sitä on sovellettu myös eräissä muissa suunnittelutehtävissä. Edelleen on sillä selvitetty hakkuumahdollisuuksia metsän tuottoarvon laskemista varten (KALLIO 1958). Kun tuottohakkuulaskelma edustaa meillä nykyään usein tarkoituksenmukaisim-

maksi katsottua menetelmää, lienee paikallaan tarkastella eräitä sen soveltamiseen liittyviä ongelmia.

Tuottohakkuulaskelmassa otetaan samanaikaisesti tarkasteltavaksi useita hakkuusuunnitteeseen vaikuttavia tekijöitä. Kasvun ja poistuman laskenta suoritetaan ikäluokittain, mutta se on mahdollista myös kehitysluokittain. Kunkin ikäluokan alkupuusto jaetaan kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen peruseriin, joista edellinen kasvaa laskentajakson loppuun uudeksi alkupuustoksi ja jälkimmäinen jakson aikana hakattavaksi suunnitteeksi. Vaikka pyrkimys kehittää puustoa näytteleekin laskelmassa keskeistä osaa, ei sen suorittaminen edellytä tavoitepuuston kuvaamista. Huolimatta siitä, että LÖNNROTH (1927) piti tavoitepuustoa nykypuuston rinnalla hyvin tärkeänä suunnitteeseen vaikuttavana tekijänä ja LIHTONENKIN (1952) tarkasteli kysymystä eräissä metsiemme tulevan kehityksen ääriiviivoja koskevassa kirjoituksessaan, hävisi tavoitepuusto kotimaisessa käytännössä aivan kuin taka-alalle. Tuottohakkuulaskelma tosin päättyy 20 vuoden takaiseen tavoitteeseen, mutta sitä ei määritetä tietoisesti, vaan se muodostuu lopputuloksena kasvun ja poistuman ennusteesta. Tästä taas on seurauksena, että lopullinen hakkuusuunnite on tavallisesti usealla laskelmalla suoritettuna hakuammunnan tulos. Lopulliseksi laskelmaksi tulee laskelman tekijän asettamia metsätalouden päämääriä parhaiten tyydyttävän suunnitteen ja loppupuuston antava asetelma. Tuottohakkuulaskelman menestyksellinen käyttäminen edellyttää niin ollen hyvää ammattitaitoa ja kokemusta.

Tuottohakkuulaskelman kasvun ennuste suoritetaan prosenttimenetelmällä. Ikäluokittaiset kasvuprosentit jaetaan yleensä kahteen osaan, joista toista käytetään kehitettävälle puustolle ja toista suunnitteelle. Koska laskentajakson aikana hakattavien puiden kasvuprosentti voi poiketa saman ikäluokan kehitettävän puuston kasvuprosentista, on tämä pyritty ottamaan huomioon siten, että tutkimuksilla selvitetyn mainittujen prosenttien suhteen avulla on kokonaispuuston prosentti jaettu tekijöihinsä (LIHTONEN 1943). Luotettavaa menetelmää tämän jaon suorittamiseksi ei ole kuitenkaan kehitetty ja suhteen harkinnanvaraisuus saattaa johtaa systemaattiseen virheeseen kasvun ennusteessa (KUUSELA 1958a). Menetelmässä joudutaan myös ratkaisemaan, miten inventoinneissa mitattuja diskonttoprosentteja käytetään kasvua ennustettaessa. Niitä on käytetty joko sellaisinaan tai muunnettu koronkoron- tai rabattoprosenteiksi. Koska muunnostavan valinta perustuu tiedoille ja oletuksille kasvun intensiteetin muuttumisesta puuston eri kehitysvaiheissa, voi harkinnanvarainen ratkaisu tässäkin vaiheessa johtaa systemaattiseen virheeseen. Aiemmissä laskelmissa lienee yleisesti aliarvioitu varsinkin nuorten metsiköiden kasvua. Myöhemmissä laskelmissa on aliarviointia pyritty korjaamaan, mutta on vaikeaa sanoa, kuinka siinä on onnistuttu.

Tuottohakkuulaskelman suuritöisyyden ja siinä mahdollisten systemaattisten

virheiden vuoksi on hakkuulaskelmalle yritetty löytää sopivampaa muotoa. Erästä poikkeuksellisissa olosuhteissa suoritetusta kokeilusta lähtien (KUUSELA 1958b) nämä pyrkimykset täsmentyivät, kun valtakunnan metsien hakkuumahdollisuuksien selvittämiseksi katsottiin tarpeelliseksi tutkia puuston pitkäaikaista kehittymistä ja metsänhoidollisten toimenpiteiden sekä metsäojituksen hakkuumäärää lisäävää vaikutusta (KUUSELA 1959; HEIKURAINEN, KUUSELA, LINNAMIES ja NYYSÖNEN 1960). Menetelmä, jota on nimitetty kehityslaskelmaksi, edellyttää nykypuuston ja tavoitepuuston ikäluokittaista kuvaamista sekä kuutiomäärän että kasvun osalta. Edellä mainituissa tutkimuksissa on suurin kestävä hakkuumäärä alustavasti laskettu eräällä kaavamenetelmällä, ns. korjattua itävaltalaisella kameraalitaksaa käyttäen, ja hakkuumäärän kestävyys on tarkistettu noin kiertoajan pituisella kehityslaskelmalla. Ikäluokittaista puustoa ei jaeta kehitettävään puustoon ja hakkuusuunnitteeseen, vaan poistuma muodostuu alkupuuston, kasvun sekä loppupuuston perusteella. Tämän vuoksi laskelma on paljon nopeampi tuottohakkuulaskelmaan verrattuna. Kehityslaskelman kasvun ennuste ei ole vapaa systemaattisten virheiden vaarasta, joskin ennusteen suorittaminen nykypuuston ja tavoitepuuston tunnusten tarkistamana helpottaa mahdollisten virheiden havaitsemista.

Samanaikaisesti edellä kuvatun menetelmän kehittelyn kanssa käytettiin Enso-Gutzeit Osakeyhtiön metsien vuosina 1958—59 suoritettuun inventointiin liittyvissä hakkuulaskelmissa menetelmää, joka näyttää avaavan mahdollisuuksia entistä parempiin ratkaisuihin. Sitä on jossain määrin toisenlaisessa muodossa kokeiltu myös Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen harjoitustöissä arvioitaessa maatilametsien hakkuusuunnitteita. Menetelmä on osoittautunut alusta pitäen käyttökelpoiseksi. Seuraavassa kuvataan yksityiskohtaisesti tämän tavoitehakkuulaskelmaksi nimitetyn menetelmän perusteita ja nykyistä muotoa.

Tavoitehakkuulaskelma

Yleistä

Hakkuusuunnitteen suuruuteen vaikuttavista tärkeimmistä tekijöistä on ensiksi mainittava metsän pinta-ala, kasvupaikkojen laatu sekä eri ikä- tai kehitysluokkien osuudet nykypuustossa, ja edelleen tämän puuston kuutiomäärä mainittujen luokkien puitteissa. Näiden seikkojen selvitys on metsien inventoinnin tehtävänä.

Toinen tärkeä tekijä on tavoitepuusto, joka on tunnettava samaan tapaan luokittain kuin nykypuustokin. Tavoitepuusto vaikuttaa välittömästi hakkuumahdollisuuksiin, sillä sen kuutiomäärän ollessa esim. suurempi kuin nykypuuston, joudutaan yleensä hakkaamaan kasvua pienempi puumäärä. Tavoitepuuston merkityksen korostamiseen pyrkii nyt esitettävän menetelmän nimikin: tavoitepuuston hahmottelun edellyttävä laskelma eli lyhyesti tavoitehakkuulaskelma.

Puuston jakaaminen kehitys- tai ikäluokkiin ja luokkien taksatorinen kuvaaminen sekä nykypuuston että tavoitepuuston osalta on tarpeen, jotta kutakin puuston osaa voitaisiin kehittää sen laadun edellyttämällä tavalla ja jotta kasvun ja hakkuusuunnitteen laskenta saataisiin luotettavalle pohjalle. Nimenomaan kehitysluokittain tehdystä laskelmasta nähdään lisäksi se, miten hakkuusuunnite jakaantuu kehitysvaiheeltaan erilaisiin metsikköihin ja missä suhteissa erilaisia hakkuutapoja tarvitaan. Tällöin on myös mahdollista tehdä päätelmiä hakkuusuunnitteen jakaantumisesta tärkeimpiin puutavaralajeihin.

Nykypuuston vertaaminen tavoitepuustoon osoittaa nykypuuston puutteet myös ikä- tai kehitysluokkarakenteen osalta ja antaa mahdollisuuden päätellä, miten ikärakennetta olisi kehitettävä. Tehtävä liittyy kiinteästi kysymykseen kiertoajan pituudesta ja sitä tietä uudistusalan laajuutta koskevaan ongelmaan, jolla on olennainen merkitys hakkuusuunnitteen määrityksessä.

Erikseen mainitsematta on vielä yksi keskeinen tekijä: kasvu. Hakkuulaskelmassa on tarpeen tuntea kasvu alkavan laskentajakson aikana, ts. on laadittava kasvun ennuste. Sitä varten voidaan tarpeelliset tiedot koota metsän inventoinnissa, mutta varsinkin pienten alueiden ollessa kysymyksessä on usein edullista turvautua yleisiin kasvulukuihin.

Kaikkia edellä viitattuja tekijöitä ja tehtäviä — metsän inventointia, tavoitepuustoja, uudistusalan suuruutta ja kasvun selvittämiseksi tarpeellisia jälki-

arvotekijöitä — käsitellään jäljempänä omissa luvuissaan. Lisäksi on tietenkin välttämätöntä kuvata eri luvussa itse laskentamenetelmää.

Hakkuulaskelma tehdään yleensä vain metsämaalle, sillä kitumaalta kertyvä hakkuumäärä on tavallisesti niin pieni, että siitä saadaan kyllin luotettava käsitys kasvun tai metsiköittäisten hakkuuehdotusten perusteella. Laskentajaksona pidetään mielellään 20 vuotta siitä huolimatta, että talouskausi ja samalla ennen uuden hakkuulaskelman laadintaa kuluva aika on yleensä 10 vuotta. Usein ei voida varsinkaan huomattavaa vajaapuustoisuutta korjata ensi 10- tai 20-vuotiskauden kuluessa. Sen johdosta joudutaan asettamaan tiettyjä välitavoitteita, ts. esittämään ne kuutiomäärät, joihin eri ikä- tai kehitysluokissa pyritään lähimmän laskentajakson aikana. Sekä välitavoitteiden asettamisen kannalta että puuston kehityksen varmentamiseksi riittävän pitkälle tulevaisuuteen on 20 vuoden pituinen laskentajakso suositeltava (vrt. myös LIHTONEN 1943).

Metsän inventointi

Metsän inventoinnissa on tavoitteena toisaalta joukko pinta-alaa ja sen jakaantumista koskevia tietoja, toisaalta erilaisia puuston määrää ja rakennetta kuvaavia lukuja. Inventointimenetelmänä tulee yleensä kysymykseen joko kuvioittainen kartoitus ja siihen liittyvä, lähinnä silmävarainen arviointi, tai linjoittainen koeala-arviointi. Joissakin tapauksissa taas voidaan suorittaa nämä molemmat. Kumpaisellakin tavalla suoritettavissa arvioinneissa saattaa relaaskoopin käyttö tarjota tärkeitä etuja. Yksityiskohtaisemmin ei tässä voida selostaa erilaisten vaihtoehtojen käyttöä, vaan on tyydyttävä viittaamaan alan julkaisuihin (NYYSÖNEN 1954b; 1959; VUOKILA 1959; KUUSELA 1960a; 1960b; 1960c; Metsänarvioimisen . . . 1960).

Suoritettakoonpa inventointi millä menetelmällä tahansa, on huolta pidettävä siitä, että riittävän luotettavat tiedot saadaan myös tarpeellisille puuston alaryhmille eikä vain koko puustolle. Linjoittaisissa arvioinneissa tämä merkitsee suhteellisen suurta linja- ja koealalukua jo melko pienilläkin alueilla, ja voi kallistaa vaakaa tällaisissa tapauksissa kuvioittaisten arviointien eduksi. Kuitenkin ne kokemukset, joita on saatu yliopistollisissa metsänarvioimisen harjoitustöissä, puhuvat selvästi objektiivisten arviointitapojen puolesta.

Seuraavassa käydään läpi ne seikat, jotka hakkuulaskelmaa varten suoritettavassa inventoinnissa on selvitettävä. Lisäksi on usein tarpeen kiinnittää huomiota myös muihin näkökohtiin, kuten aiempiin metsänhoidollisiin toimenpiteisiin, pohjapinta-alaan hakkuun tarpeellisuuden arvioimiseksi jne.

Inventoinnin on annettava ensinnä selvitys kasvupaikkojen laadusta. On tunnettava metsämaan ja kitumaan pinta-ala sekä metsämaan jakaantuminen metsä- ja suotyyppeihin. Sen perusteella lasketaan metsämaan keskiboniteetti, joka on ratkaiseva tekijä alueella kasvatettavan pääpuulajin ja

laskelmassa käytettävän tavoitepuuston kehityssarjan valinnassa. Keskiboniteettia laskettaessa voidaan maan etelä- ja keskiosissa käyttää eri metsätyypeillä seuraavia tavoitepuuston keskikasvulukuja, jotka ottavat huomioon sellaisen kivisyyden tai soistuneisuuden, mikä alentaa veroluokan:

Lh, OMT	6.0 m ³ /ha (kuoretta)
» » kiv. tai soist., MT	4.6 » »
MT kiv. tai soist., VT	3.9 » »
VT kiv. tai soist.	2.5 » »
CT, Kp I, Rā I	2.0 » »
CT kiv. tai soist., huononpuol. Rā I	1.5 » »

Metsämaan keskiboniteetti on tyyppiryhmien pinta-aloilla punnittu keskikasvuluku. Se osoittaa myös tavoitepuuston keskikasvun alueella. Pohjois-Suomessa on käytettävä esim. Tapion taskukirjassa julkaistuja luonnonnormaalien metsiköiden keskikasvulukuja (ILVESSALO 1959).

Puustosta on tarpeen tuntea puulajisuhteet, etenkin pääpuulajit, sekä puujaksojen esiintyminen. Esim. ylispuiden erottaminen taimistoissa ja nuorissa metsiköissä on tärkeää, koska ylispuiden kasvu ja niistä saatavan hakkuumäärän jakaantuminen puutavaralajeihin poikkeaa suuresti valitsevan jakson vastaavista tunnuksista. Samoin on hakkuulaskelmassa merkitystä sillä, missä määrin alueella esiintyy kehityskelpoisia alikasvoksia.

Puuston ikä on inventoinnissa aina selvitettävä riippumatta siitä, käytetäänkö hakkuulaskelmassa puuston ryhmittelyssä ikä- vai kehitysluokkia. Ikäluokitusta käytettäessä ovat Etelä-Suomessa tavallisesti 20 vuoden ja Pohjois-Suomessa 40 vuoden luokat paikallaan, mutta tietoja koottaessa käytetään usein suppeampaa luokkaväliä.

Edellä on jo mainittu kehitysluokkien käyttömahdollisuus puuston ryhmittelyssä. Näyttää siltä, että kehitysluokkien käyttö on tarkoituksenmukaista etenkin silloin, kun laskenta-alue ei ole kovin suuri. Kehitysluokitusta sovellettaessa saadaan pienekö määrä verraten yhtenäisiä alaryhmiä ja laskelma tällöin sisältää jo pääpiirteittäisen hakkuuehdotuksen rungon. Toisaalta ikäluokittain suoritettavilla laskelmilla on etunsa esim. pitkän ajan hahmotteluja tehtäessä.

Kehitysluokkia käytävässä laskelmassa voivat luokat olla seuraavat (Metsänarvioimisen . . . 1960):

0. Aukeat uudistusalat ja siemenpuustot
1. Taimistot ja riukuasteen metsiköt
2. Harvennusemetsiköt
3. Väljennusemetsiköt
4. Uudistuskypsyiden saavuttaneet metsiköt
5. Suojuspuumetsiköt
6. Vajaatuottoiset metsiköt

Laskelmassa tarvitaan kunkin kehitysluokan keski-ikä puuston kasvun ja vastaisen kehityksen selvittämiseksi. Keskiarvoa laskettaessa käytettävänä painolukuna on kuutiomäärä paras. Kuvioittaisessa arvioinnissa ovat painolukuina metsikkökuvioiden kuutiomäärät, linjoittaisessa arvioinnissa koealametsiköiden kuutiomäärät. Mikäli koealoja ei kuutioida yksitellen, voidaan painoluvut saada relaskoopin avulla.

Puuston kuutiomäärä on selvitettävä hakkuulaskelmassa käytettävän ryhmittelyn puitteissa. Kuorelliset keskikuutiot muunnetaan laskelmaan kuorettomiksi.

Hakkuulaskelmaa varten on edelleen tunnettava puuston kasvuprosentit saman ryhmittelyn puitteissa kuin kuutiomäärätkin. Silloin kun suoritetaan linjoittainen koeala-arviointi, voidaan siihen sisällyttää kasvun selvitys kairauksia ja pituuskasvun arviointia käyttäen. Nimenomaan pienehköillä alueilla on kuitenkin usein tarkoituksenmukaista soveltaa niitä suuripiirteisempiä menetelmiä, joihin ILVESSALON (1948) kasvunlaskentataulukot tarjoavat mahdollisuuden. Tällöin on pidettävä huolta siitä, että sellainen taulukoiden käytössä tarpeellinen tunnus kuin puuston tiheys tulee inventoinnissa selvitettyksi. Tietenkin voidaan soveltaa myös III:een valtakunnan metsien inventointiin perustuvia kasvuprosentteja (ILVESSALO 1956; 1957), jotka ovat systemaattisesti suurempia ja ehkä lähempänä oikeita kuin II inventointiin perustuvat kasvunlaskentataulukoiden luvut, tai kasvun arviointi voidaan perustaa jäljempänä esitettäviin keskimääräissarjoihin.

Metsän inventoinnissa on vihdoin tehtävä toimenpitee-ehdotukset ensi 10-vuotiskautta silmälläpitäen. Tärkeimpien toimenpiteiden, hakkuiden osalta on selvitettävä ehdotetun poistuman määrä ja rakenne. Linjoittaisessa arvioinnissa tämä tapahtuu parhaiten koeleimausten avulla, kuvioittaisessa arvioinnissa taas lähinnä silmävaraisesti ja koealoja ehkä vain harjoitteleluun käyttäen.

Lopullisen hakkuuehdotuksen teon helpottamiseksi on toimenpiteet syytä luokitella kiireellisyyden ja välttämättömyyden mukaisesti. Tällöin toinen ryhmä voi koostua metsiköistä, joissa toimenpide on välttämättä suoritettava ensi 10-vuotiskautena, mieluummin sen alkupuoliskolla, ja toisen ryhmän muodostavat ne metsiköt, joissa toimenpide on suoritettava mahdollisuuksien mukaan ensi 10-vuotiskauden aikana. Hakkuiden järjestelyyn liittyvien näkökohtien johdosta voidaan käytännössä silti joutua esim. valtion hoitoalueissa Pohjois-Suomessa seisottamaan myös kiireellisesti uudistettavia, hajallaan olevia vajaa-tuottoisia metsiköitä pitempään kuin mitä pelkästään metsänhoidollisesti arvostellen olisi suotavaa.

Lopullista hakkuuehdotusta ajatellen on harkittava myös vaihtoehtoisten toimenpiteiden esittämistä. Metsiköittäin tehdyt ehdotukset yhteenlaskettuina voivat merkitä esim. niin laajaa uudistusohjelmaa, että hakkuumäärä nousisi alussa korkeaksi, mutta sitä täytyisi myöhemmin suuresti pienentää. Hakkuu-

ehdotuksen teko käy helpommaksi, jos ainakin enimmille hakkuukypsille metsiköille (kehitysluokka 4) esitetään kaksi vaihtoehtoista hakkuuta, toinen uudistusta, toinen kasvatusta silmälläpitäen. Lopullisesti valitaan se, joka parhaiten sopii kokonaisuuteen. Vastaavasti voivat metsiköittäin tehdyt ehdotukset antaa ensi 10-vuotiskaudelle liian pienen uudistusalan ja hakkuumäärän. Siltä varalta saattavat hakkuukypsyyttä lähestyville metsiköille (kehitysluokka 3) tehdyt vaihtoehtoiset esitykset olla tarpeellisia.

Uudistusalan suuruus

Laskentajakson aikana uudistettavan pinta-alan määrittäminen on hakkuulaskelman tärkeimpiä ratkaisuja kestävässä ja edistyvässä metsätaloudessa, jota nyt suoritettava tarkastelu kokonaisuudessaan koskee. Uudistaminen käsitetään usein laajasti, jolloin uudistusalaan sisällytetään mm. kaikki ne metsiköt, joissa toimitetaan suojuspuu- tai siemenpuuhakkuuta. Nämä eivät kuitenkaan johda läheskään aina laskentakauden aikana uusiin taimistoihin, joilla on mitä olenaisin merkitys hakkuulaskelman kannalta. Sen johdosta on tarkoituksenmukaista rajoittaa uudistusala koskemaan sitä pinta-alaa, jolle hankitaan uusia, kasvupaikalle sopivan puulajin muodostamia ja riittävän tiheitä taimistoja.

Tavoitemetsässä määrää vuotuisen uudistusalan kiertoajan pituus, joka yleensä on sama kuin hakkuukypsyyssikä, mutta tästä on vähennettävä tai tähän lisättävä tietty vuosimäärä silloin, kun uusi polvi kasvaa vanhan alla tai kun uudistus viivästyy (vrt. esim. LÖNNROTH 1930). Vuotuinen uudistusala prosentteina saadaan jakamalla luku 100 kiertoajan vuosimäärällä. Näin ollen on 10 vuoden uudistusala tavoitemetsässä esim. 80 vuoden kiertoaikaa käytettäessä 12.5 %, 100 vuoden kiertoajalla 10 % jne.

Valtakunnallisissa hakkuulaskelmissa on aiemmin käytetty noin 80 vuoden pituista kiertoaikaa maan eteläpuoliskon metsille (LIHTONEN 1946; ILVESSALO 1956). NYYSÖSEN (1958) kiertoaikatutkimuksen tulokset tukevat käsitystä, että ohjekiertoajan tulisi olla tarpeellisen kuutiomäärän säilyttämisen ja suuren ainespuun tuotoksen kannalta jonkin verran pitempi. Viimeisimmissä hakkuulaskelmissa (HEIKURAINEN, KUUSELA, LINNAMIES ja NYYSÖNEN 1960) on käytetty esim. mustikkatyypillä 85 vuoden ja puolukkatyypillä 95 vuoden kiertoaikaa. Pohjoiseen mentäessä kiertoaika pitenee, joten se on Perä-Pohjolan alueella keskimäärin 140 ja Inarin männiköillä 160—180 vuotta. Ohjekiertoaikaa koskevia lukuja on nähtävissä enemmän jäljempänä esitetyistä tavoitepuustosarjoista.

Tavoitemetsän uudistusala on hakkuulaskelman tekijälle erityisen tärkeä ohje. Usein joudutaan hakkuulaskelmaa laadittaessa kuitenkin poikkeamaan ohjekiertoajan osoittamasta uudistusalasta. Tämä voi tapahtua esim. kasvupaikkavaihteluja käsittävällä alueella siitä syystä, että boniteetiltaan keskimääräistä parempien alojen ollessa vuorossa niitä olisi uudistusalaan sisällytettävä

keskimääräistä vähemmän, päinvastaisessa tapauksessa taas enemmän. Mutta lienee syytä käsitellä lähemmin eräiden muiden tekijäin vaikutusta laskentajakson uudistusalaan. Tällaisina voidaan mainita

1. puuston ikä- ja kehitysluokkarakenne,
2. vajaatuottoisten metsiköiden määrä, sekä
3. uudistettavien metsiköiden kuutiomäärä.

Mikäli puusto koostuu pääasiallisesti nuorista ja keski-ikäisistä metsiköistä eikä vajaatuottoisia metsiköitä ole sanottavasti, on uudistusala pienempi kuin tavoitemetsässä. Uudistusala saadaan metsiköittäisten ehdotusten perusteella, jotka osoittavat usein sellaisinaan myös hakkuusuunnitteen. Jos metsiköittäiset ehdotukset käsittävät vain hyvin pienen uudistusalan tai uudistettavia metsiköitä ei ole löytynyt ollenkaan, joudutaan yksipuolisen ikärakenteen lieventämiseksi ehkä uudistamaan osa vanhimmista metsiköistä ennen ohjekiertoajan mukaista hakkuukypsyyttä. Kuitenkin uudistettavien metsiköiden tulee olla laadultaan sellaisia, ettei verraten aikainen päätehakkuu johda taloudellisiin tappioihin, sillä metsätalouden ensisijaisena tarkoituksena ei suinkaan ole taimistojen hankkiminen.

Maamme keskimääräisiä olosuhteita vastaavaan metsään kuuluu runsaasti uudistusikä lähestyviä tai sen jo saavuttaneita, Pohjois-Suomessa usein yli-ikäisiä metsiköitä. Vajaatuottoisiksi luettavia metsiköitä on 5—20 %, mutta niiden kuutiomäärä on selviä jätemetsiköitä, lepiköitä ym. lukuun ottamatta suhteellisen suuri. Edistyvän metsätalouden periaate edellyttää tällaisissa olosuhteissa, että uudistusala on ainakin niin suuri kuin tavoitemetsässä, sillä ellei metsää uudisteta, puusto vanhenee ja harvenee, josta taas on seurauksena kasvun ja ennen pitkää myös hakkuumäärän pieneneminen ja uudistamisen ongelman kasaantuminen tulevaisuuteen.

Uudistusala ei voi kuitenkaan ylittää tiettyä enimmäismäärää. Sen selvittämiseksi voi lähes kiertoajan pituinen hakkuulaskelma olla tarpeen. Koelaskelmat näyttävät osoittavan, että kaikkein voimaperäisintä metsänhoitoa harjoitettaessa tavoitemetsän uudistusala voidaan ensimmäisen 10 vuoden talouskauden aikana ylittää kestävyttä vaarantamatta enintään noin 25 %:lla. Laajaperäisissä oloissa, joissa uudistumisen välitön onnistuminen ei ole varmaa, on tavoitemetsän uudistusalan ylittämässä oltava varovaisia. Varsinkin jos pääosa puustosta on vanhaa ja luonnonpoistuma suuri, johtaa jo verraten vähäinen tavoitemetsän uudistusalan ylittäminen kestävyden vaarantumiseen. Jos tavoitemetsän uudistusala 10 vuodessa on esim. 11 %, voidaan uudistusala ottaa ehkä enintään 13—14 %, kun olosuhteet ovat keskimääräiset eikä metsään kuulu paljon pienikuutioisia vajaatuottoisia metsiköitä. Vanhojen tai muista syistä uudistettaviksi kasaantuneiden metsiköiden tultua muutetuiksi taimistoiksi pienenee uudistusala joksikin ajaksi alle tavoitemetsän uudistusalan.

Kun metsäalue käsittää runsaasti pienikuutioisia vajaatuottoisia metsiköitä,

joiden uudistamisesta ei kerry merkittäviä puumääriä, on suositeltava mahdollisimman nopeaa, parhailta metsätyypeiltä aloitettavaa uudistamista. Milloin vajaatuottoinen alue on luonteeltaan rinnastettavissa aukeaan metsämaahan, on se puun tuoton kohottamiseksi pyrittävä uudistamaan välittömästi. Mikäli taas vajaatuottoisten metsiköiden puusto on suhteellisen runsas, edellyttää kestävyden turvaaminen, että koetetaan arvioida suurin kestävä hakkuumäärä ja välttämättömien kasvatushakkuiden lisäksi suoritetaan uudistushakkuuta vajaatuottoisissa metsiköissä niin paljon kuin kestävä hakkuumäärän rajoissa on mahdollista. Koska vajaatuottoisten metsiköiden puusto saattaa usein olla huonolaatuista, voi poistuman kuutiomäärä kohota alussa suureksi ja pienetä myöhemmin ilman, että rahatulosten saanti pienenee. Kun vajaatuottoisia metsiköitä on runsaasti, voitaneen ensi 10-vuotiskauden uudistusala suurentaa kestävyttä vaarantamatta Etelä-Suomessa noin 20 %:ksi ja lähimmän 20-vuotiskauden uudistusala noin 35 %:ksi. Pohjois-Suomessa vastaavat rajat voisivat olla 15 ja 25 %.

Luontaisen uudistamisen tai metsänviljelyn käyttäminen ei vaikuta edellä esitettyihin näkökohtiin muuten kuin siten, että viljely on omiaan lyhentämään ohjekiertoaika. Lyhenevä kiertoaika taas suurentaa uudistusala ja kestävä hakkuumäärä.

Laskentamenetelmä

Matemaattiset ja kasvuopilliset perusteet

PETRINI (1957) on esittänyt pääosan niistä matemaattisista ja kasvuopillisista perusteista, joita tavoitehakkuulaskelmassa käytetään. Hän on useissa yhteyksissä korostanut sitä, että hakkuilla käsitellyissä metsiköissä yksityisen puun kasvu tapahtuu varsin myöhäiselle iälle saakka enemmän koronkoron kuin yksinkertaisen koron mukaisesti. Koronkoron periaatetta käytettäessä on peruskaava

$$K = k \cdot 1.op^t$$

missä K = loppupuusto, k = alkupuusto, p = kasvuprosentti ja t = laskentajakson vuosimäärä. Tekijä $1.op^t$ eli ns. jälkiarvotekijä otetaan tavallisesti taulukoista. Jäljempänä käsitellään sitä lähemmin hakkuulaskelmaa silmälläpitäen.

Kasvatushakkuilla käsiteltävissä ikä- tai kehitysluokissa ajatellaan, että alkupuusto k kasvaa laskentajakson puoliväliin, jolloin hakkuupoistuma S saadaan. Jäljelle jäänyt puusto kasvaa laskentajakson loppupuustoksi K . Tapahtuma on yhtälön muodossa:

$$(k \cdot 1.op^{t/2} - S) 1.op^{t/2} = K$$

Tästä saadaan

$$S = k \cdot 1.op^{t/2} - \frac{K}{1.op^{t/2}}$$

Uudistettavien ikä- tai kehitysluokkien puuston samoin kuin ylispuiden kohdalla on kysymys alkupuuston kokonaan poistamisesta tietyn ajanjakson kuluessa. Kun poistuman ajatellaan tapahtuvan jakson puolivälissä, on suunnite koronkoronlaskentaa käytettäessä

$$S = k \cdot 1.0p^{t/2}$$

ja yksinkertaisen koron periaatetta sovellettaessa

$$S = k \left(1 + \frac{t}{2} \cdot 0.0p\right)$$

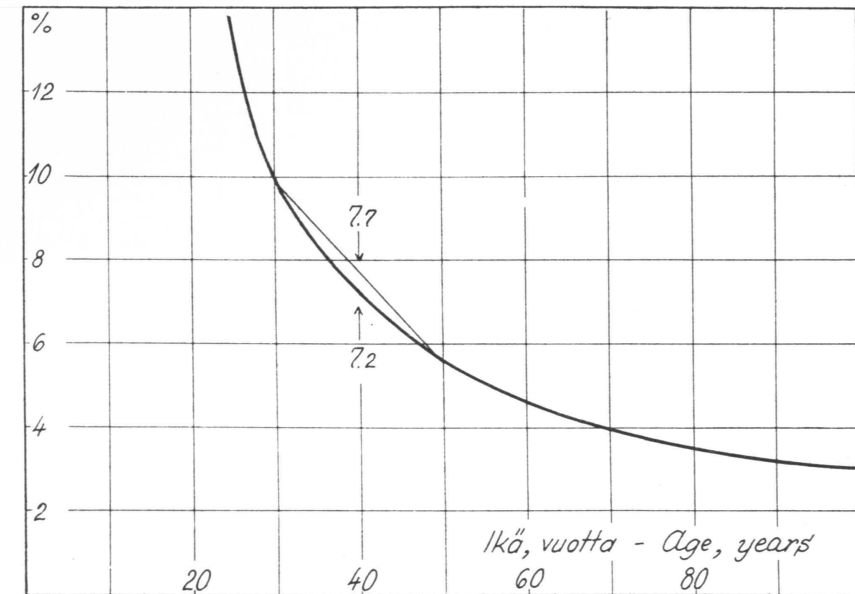
PETRINI (mt.) suosittelee käytettäväksi koronkoronlaskentaa nuorille ja keski-ikäisille metsiköille ja yksinkertaisen koron periaatetta laskentajakson aikana uudistettaville metsiköille. Kotimaisilla kehityssarjoilla tehdyt kokeet viittaavat kuitenkin siihen, että koronkoron periaate sopii parhaiten vielä yli 100-vuotiaille metsiköille, mikäli niitä käsitellään jakson aikana voimakkailla väljenyksillä tai suojuspuuhakuilla. Yksinkertaisen koron periaate näyttää sopivan vain selvästi yli-ikäisille tai hakkuukypsyyssikää kutakuinkin täystiheinä lähes tyville metsiköille.

Taimistovaiheessa puiden kasvu on koronkoron kasvua voimakkaampaa. Lisäksi taimistojen vaihteleva tiheys ja pelkkää hukkapuuta käsittävän poistuman runsaus vaikeuttavat suuresti kasvun laskennallista määrittämistä puuston tässä osassa. Kun kehitysluokan 1 vallitsevan jakson kasvuprosentti on noin 10 tai suurempi, tapahtuu kasvun ja poistuman arvioiminen luotettavimmin sopivien kuutiokasvutarjojen perusteella. Edellyttäen, että taimistot tulevat hyvin hoidetuiksi, voidaan tähän tarkoitukseen käyttää tavoitepuuston sarjoja.

PETRININ mukaan saadaan hakkuulaskelmassa kullekin puuston osalle tarvittava prosentti iän funktiona esitetyltä kasvuprosentin kuvaajalta sen iän kohdalta, joka sattuu laskentajakson keskelle. Jos puuston ikä jakson alussa on 69 vuotta ja jakson pituus 20 vuotta, vanhenee puusto jakson aikana 69-vuotiaasta 89-vuotiaaksi. Jälkiarvotekijä lasketaan jakson keskeltä eli 79 vuoden kohdalta saatavan kasvuprosentin perusteella.

Kotimaisilla kasvutarjoilla suoritettavat kokeilut ovat osoittaneet, että jos nuorenpuoleiselle puustolle määritetään jälkiarvotekijä edellä esitetyllä tavalla, tulevat kasvu ja poistuma aliarvioituiksi. Edelleen on havaittu, että jos käytettävä prosentti otetaan jakson päätekohtissa olevien prosenttien aritmeettisena keskiarvona, joka on suurempi kuin käyrältä saatava prosentti, päästään nuorten metsiköiden osalta varsin tarkasti oikeaan tulokseen. Vanhojen metsiköiden osalta taas molemmat menetelmät johtavat samaan tulokseen, koska kasvuprosentti pienenee likimain suoraviivaisesti.

Jakson päätekohtien prosenttien aritmeettinen keskiarvo saadaan prosenttikäyrältä siten kuin kuvassa 1 on esitetty 30-vuotiaalle puustolle kasvun ennus-



Kuva 1. Esimerkki kasvuprosentin määrittämisestä.

Fig. 1. An example illustrating the determination of the growth percent.

tetta tehtäessä. Jakson päätekohtien prosentit yhdistetään janalla, jolta 40 vuoden kohdalta luetaan haluttu prosentti. Se on 7.7. Käyrältä saatava prosentti on taas 7.2. Edellistä vastaavaksi jälkiarvotekijäksi saadaan taulukosta 6 (s. 25) 2.099.

Koska kasvun ennuste perustuu jo tapahtuneen kasvun mittaamiseen, oletetaan laskelmaa suoritettaessa, että tietyn ikäinen puusto kasvaa tulevaisuudessa samalla tavalla kuin joku saman ikäinen puusto on aikaisemmin kasvanut vastaavanlaisissa olosuhteissa. Koska meillä ei ole julkaistu sellaisia nykymetsien kasvuprosenttisarjoja, jotka olisi korjattu keskimääräistä ilmastoista vastaaviksi, on laskelman perusteella tehtävissä päätelmissä otettava huomioon asianomaisen kasvututkimuksen mittausjakson ilmastoindeksi. Kun toisaalta ei voida sanoa, millainen ilmasto on tulevan talouskauden aikana, on jo yksin tästä syystä tarkimmallakin tavalla tehty kasvun ennuste vain tiettyjen tarkkuusrajojen sisällä oleva arvio todellisesta kasvun määrästä.

Kasvutiedot voidaan ilmoittaa myös suoraan jälkiarvotekijöinä. Taulukossa 7 (s. 26) on joukko nykymetsille sopivia jälkiarvotekijänsarjoja, jotka on laskettu III:n valtakunnan metsien inventoinnin tuloksiin perustetuista prosenttisarjoista. Niitä käytettäessä on otettava huomioon edellä esitetyn lisäksi se, että nykymetsien kasvuun nojaavat jälkiarvotekijät sopivat parhaiten silloin, kun puuston kuutiomäärä asianomaisella iällä on likimain sama kuin nykymetsissä

keskimäärin. Kuutiomäärän pienetessä jälkiarvotekijä suurenee ja kuutiomäärän suuretessa se pienenee. Muuttumisen suhteesta ei ole toistaiseksi tarkkaa tietoa, mutta samassa taulukossa esitetyt tyydyttävien ja hyvien metsiköiden sarjat valaisevat asiaa jossain määrin, kun lukuja tarkastellaan taulukosta 2 (s. 22) näkyvien kuutiomäärien rinnalla. Hakkuulaskelmassa sen merkitys on tuntuva ennen muuta pitkän ajanjakson peittävässä ennusteissa. Jos laskelman kuluessa ikäluokittainen kuutiomäärä muuttuu, mutta jälkiarvotekijää ei muuteta, tapahtuu systemaattisen virheen kasaantumista.

Esimerkki

Taulukossa 1 on esitetty esimerkki tavoitehakkuulaskelmasta. Laskentajakso on 20 vuotta. Suunnite lasketaan 100 hehtaaria kohti ja pinta-alasuhteet merkitään taulukkoon prosentteina. Otsikossa tulisi lisäksi mainita sen alueen nimi, jolle laskelma tehdään, laskentavuosi, puulajisuhteet prosentteina kuutiomäärästä, keskiboniteettia osoittava kasvuluku ja ohjekiertoaika. Esimerkissä keskiboniteetti on hieman mustikkatyyppiä parempi, tavoitepuusto kuusi-valtainen ja ohjekiertoaika 90 vuotta.

Puuston alaryhmitys on suoritettu kehitysluokittain, mutta myös ikäluokittainen laskelma voidaan suorittaa samankaltaisella lomakkeella. Puusto on jaettu kolmeen ryhmään, joista ensimmäiseen kuuluvat ne metsiköt, joiden puustosta hakataan vain osa laskentajakson aikana. Toinen ryhmä koostuu niistä metsiköistä, jotka uudistetaan 20 vuoden kuluessa, ja kolmannen ryhmän muodostaa ensi 10-vuotiskauden aikana hakattava puusto. Vastaavanlaista ryhmitystä on käytettävä myös silloin, kun puusto on jaettu ikäluokkiin. Toiseen ryhmään kuuluvat esimerkissä suojuspuumetsiköt ja suhteellisen suurialaiset vajaatuottoiset metsiköt. Jälkimmäisten huonolaatuinen ja kasvupaikalle sopimaton puusto on niin runsas, että sen uudistaminen on jaettu kahdelle vuosikymmenelle. Kolmanteen ryhmään kuuluu taimiston päällä kasvava ylispuusto. Lisäksi on ryhmään sisällytetty pieni aukean metsämaan kuvio, joka uudistetaan keinollisesti samoin kuin vajaatuottoisetkin metsiköt.

Laskentajakson aikana uudistettavien metsiköiden pinta-ala on 26.5 %, mikä ylittää tavoitepuuston noin 22 % käsittävän uudistusalan. Kehitettävä puusto on siksi runsas, ettei kestävyys vaarannu, mikäli uudet taimistot aloittavat kasvunsa laskelman edellyttämällä tavalla. Nykyisen suojuspuuston alle syntyvä taimisto on jakson lopussa noin 10-vuotias. Vajaatuottoisten metsiköiden tilalle aikaansaavat taimistot vastaavat taas keskimäärin noin 15-vuotiasta ja nykyiselle aukealle alalle aikaansaattava taimisto noin 25-vuotiasta luontaisesti syntyntä metsikköä. Näiden taimistojen kuutiomäärä jakson lopussa on saatu tavoitepuuston käyrältä.

Kuvassa 2 on esitetty nykypuuston, tavoitepuuston ja 20 vuoden takaisen välitavoitteen keskikuutiot iän funktioina. Tällainen tavoitteiden hahmottelua helpottava piirros on syytä laatia erikseen jokaiselle laskenta-alueelle.

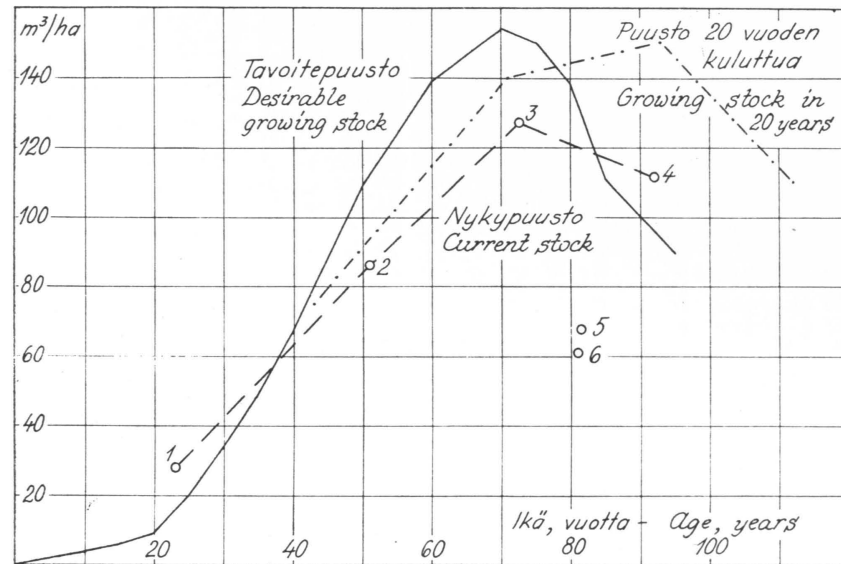
Taulukko 1. Hakkuulaskelma 20 vuodelle 100 ha kohti.

Table 1. Cutting budget for 20 years and 100 hectares.

Kehitysluokka Development class	Ikä v. Age years	Ala Area %	Alkupuusto (h) Initial stock		Loppupuusto (K) Final stock		Kasvu Increment %	Jälkiarvotekijä Interest factor	$I_{op}^{10,k}$	$\frac{K}{I_{op}^{10}}$	Suunnite (S) Allowable cut
			m ³ /ha	m ³	m ³ /ha	m ³					
20 vuoden aikana osittain poistettava puusto Growing stock to be removed in part over 20 years											
1	23	5.3	28	148	75	398					80
2	51	22.4	86	1 926	140	3 136	4.7	1.583	3 049	1 981	1 068
3	73	23.0	127	2 921	150	3 450	3.5	1.411	4 122	2 445	1 677
4	92	22.8	112	2 554	110	2 508	3.1	1.357	3 466	1 848	1 618
Yht. Total		73.5		7 549		9 492					4 443
20 vuodessa kokonaan poistettava puusto Growing stock to be removed totally over 20 years											
4											
5	81	9.8	88	862	4	39	3.3	1.384			1 193
6	81	16.2	81	1 312	6	97	3.3	1.384			1 816
Yht. Total		26.0		2 174		136					3 009
10 vuodessa kokonaan poistettava puusto Growing stock to be removed totally over 10 years											
0 y	—	0.5	—	—	20	10					
1 y	90	(5.3)	22	117	—	—	3.1	1.165			136
5											
6											
Yht. Total		0.5		117		10					136
Yht. - Total Keskim. - Average		100		9 840		9 638					7 588
			98.4		96.4						

$$\text{Vuotuinen suunnite} - \text{Annual allowable cut} = \frac{\sum S}{20} = \frac{7588}{20} = 379.4 \text{ m}^3, 3.8 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\begin{aligned} \text{Vuotuinen kasvu} - \text{Annual increment} &= \frac{\sum K - \sum k + \sum S}{20} = \frac{9638 - 9840 + 7588}{20} \\ &= 369.3 \text{ m}^3, 3.7 \text{ m}^3/\text{ha} \end{aligned}$$



Kuva 2. Esimerkki tavoitepuuston määrittämisestä. Numerot tarkoittavat nykypuuston kehitysluokkia.

Fig. 2. An example illustrating the determination of the desirable growing stock. The numbers 1 to 6 refer to the development classes of the current stock.

Verrattaessa nykypuustoa tavoitepuustoon voidaan ensinnäkin todeta, että kehitysluokassa 1 on keskikuutio suurempi nykypuustossa kuin tavoitepuustossa, mikä johtuu siitä, että taimistossa on jonkin verran vallitsevaa puustoa vanhempia ja suurempia puita ja että osa taimistosta on männikköä, joka kehittyy nuorena nopeammin kuin kuusikko. Muissa kehitysluokissa on taas selvää vajaapuustoisuutta, joten niiden kuutiomäärää olisi pyrittävä kartuttamaan puuntuoton suurentamiseksi. Välitavoite osoittaa, kuinka paljon vajaapuustoisuutta on ehdotettu korjattavaksi. Muuten on huomattava, että milloin jonkin alaryhmän, kehitys- tai ikäluokan, kasvupaikan laatu selvästi poikkeaa keskiarvosta, voi tavoitteen asettamisessa olla syytä pyrkiä ottamaan tämä huomioon.

Koska metsiköistä suuri osa on uudistuskypsiä tai niitä lähestyviä, ei ohje-kiertoaikaa voida nykypuuston osalta toteuttaa. Syynä siihen on pyrkimys kestävyden turvaamiseen. Esimerkkimetsässä ei kuitenkaan ole odotettavissa huolestuttavaa kasvun pienenemistä, sillä luontaisesti syntyneet metsiköt ovat kehittyneet suhteellisen hitaasti eikä niiden puusto ole aiempien harsinnan luontoisten hakkuiden vuoksi kovin järeätä, joten niiden kasvuprosentti on suurempi kuin tavoitepuuston prosentti samanikäisissä metsiköissä.

Nykyiselle kehitysluokalle 4 asetettu välitavoite merkitsee sitä, että metsiköitä käsitellään lähinnä toisena 10-vuotiskautena voimakkailla väljennyksillä tai suojustuuhakkuilla ja että niihin pyritään saamaan luontaista taimettumista. Toinen vaihtoehto olisi kasvattaa ne likimain täystiheinä päätehakkuuseen saakka ja suorittaa uudistus metsänviljelyllä, jolloin laskentajakson uudistus-alaa voitaisiin suurentaa jonkin verran ehdotetusta. Mikäli kehitysluokkaan 4 kuuluvia metsiköitä on suhteellisen runsaasti, joudutaan osaa niistä kasvattamaan täystiheinä yli 20 vuotta.

Kuvassa 1 (s. 17) esitetty kasvuprosenttikäyrä on inventoinnin tuloksena saatu juuri nyt ko. esimerkkimetsälle. Prosentit on otettu laskentalomakkeelle aiemmin esitetyn mukaisesti. Käsitelyn kohteena 20 vuotta olevalle puustolle haetaan korkotaulukoista prosenttia vastaava 10 vuoden pituisen jakson koronkoron jälkiarvotekijä. Kehitysluokan 1 ylispuulle on jälkiarvotekijän jakso 5 vuotta. Muuten suunnitteen laskenta tapahtuu niin kuin aiemmin on esitetty. Kehitysluokan 1 vallitsevalle jaksolle suunnite on arvioitu tavoitepuustotaulukon perusteella.

Laskentajakson kokonaissuunnite on 100 hehtaaria kohti 7588 m³, joka tekee keskimäärin vuotta ja hehtaaria kohti 3.8 m³. Laskentajakson alku- ja loppupuuston sekä suunnitteen perusteella saatu kokonaiskasvun arvio on 7386 m³ eli 3.7 m³/ha.

Tavoitepuustot

Laskelmassa tarvittavan tavoitepuuston hahmottelun helpottamiseksi esitetään seuraavassa lukusarjoja, jotka kuvaavat puuston kuutiomäärän kehitystä iän funktiona. Sarjoja laadittaessa on edellytetty luontaista uudistamista ns. suojustuuhakkuun avulla. Mikäli menetellään toisin — käytetään esim. avohakkuuta siihen liittyvine metsänviljelyineen — muodostuvat sarjojen loppupäät toisenlaisiksi, korkeampia kuutiomääriä edellyttäväksi. Myöskin ikärakenteen ollessa kärjistynyt vanhojen metsien runsaudeksi on myöhäisellä iällä asetettava tavoitteeksi korkeammat kuutiomäärät.

Taulukko 2 esittää harvennushakkuin tyydyttävästi tai hyvin käsiteltyjen männiköiden ja kuusikoiden keskimääräisiä kehityssarjoja, jotka Koivisto (Kasvu- ja tuottotaulukoita 1959) on alkuaan laatinut III:n valtakunnan metsien inventoinnin aineiston perusteella maan eteläpuoliskon metsille ja jotka sitten on uudistusvaiheen osalta muokattu toisenlaisiksi maan metsille laaditussa pitkän ajan hakuulaskelmassa (HEIKURAINEN ym. 1960). Se ikä, jonka kohdalla viimeinen kuutiomäärää koskeva luku sijaitsee, osoittaa kiertoajan pituuden määntymetsissä. Kuusimetsissä kiertoaika on tarkoituksenmukaista ottaa 10 vuotta lyhyemmäksi sen johdosta, että ensimmäinen ja viimeinen 10 vuoden ikäluokka voidaan ajatella kasvatettavaksi päällekkäin.

Taulukko 2. Kuutiomäärän kehitys tyydyttävästi tai hyvin käsitellyissä metsiköissä.

Table 2. Development of the volume in stands treated satisfactorily or well.

Ikä v. Age years	Puulaji — Tree species				
	Mänty — Pine		Kuusi — Spruce		
	Metsätyyppi — Forest site type				
	MT	VT	CT	OMT	MT
	m ³ /ha kuoretta — m ³ /ha excl. bark				
10	9	8	2	8	4
20	45	27	9	29	9
30	77	55	19	65	34
40	116	88	31	106	67
50	153	119	45	139	109
60	183	143	59	167	138
70	154	156	71	133	154
80	82	130	83	92	138
85	96	100	90	113	111
90	—	66	96	—	81
95	—	76	102	—	100
100	—	—	105	—	—
110	—	—	87	—	—
120	—	—	44	—	—
125	—	—	51	—	—

Uudistusvaihetta lukuun ottamatta taulukon 2 sarjat edellyttävät, että puuston pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen on keskimäärin seuraavalla tasolla:

Valtapiuus — Dominant height	10	12	14	16	18	20	22	m
Pohjapinta-ala Mänty — Pine	MT	14	16	18	20	21	21	21	m ² /ha
Basal area »	VT	13	15	16	17	18	19	19	»
Kuusi — Spruce	OMT-MT	12	14	15	17	18	19	21	»

Taulukon 2 kuutiomäärät edustanevat reaalista tavoitepuuston tasoa koko maan eteläpuoliskossa, kuitenkin jättämällä Etelä- ja Keski-Pohjanmaa ulkopuolelle. Tarkoituksena ei suinkaan ole, niin kuin jo edellä on käynyt ilmi, että esitettyjen sarjojen edustama taso aina saavutettaisiin jo ensi 20 vuoden laskentajakson kuluessa, vaan pyrkimyksenä voi olla jokin alempi välitavoite. Toisaalta saattaa usein olla tarkoituksenmukaista käyttää korkeampia tavoitepuuston kuutiomääriä. Siinä mielessä esitetään taulukossa 3 niin sanottujen toistuvasti harvennettujen metsiköiden perusteella laaditut kuutiomäärän kehitystä kuvaavat lukusarjat (vrt. NYSSÖNEN 1958). Harvennuksen jälkeinen pohjapinta-ala näissä metsiköissä on kunkin valtapiitusluvun kohdalla yleensä 2—3 m²/ha suurempi kuin edellä esitettyssä asetelmassa.

Taulukko 3. Kuutiomäärän kehitys toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 3. Development of the volume in stands treated with repeated thinnings.

Ikä v. Age years	Puulaji — Tree species				
	Mänty — Pine		Kuusi — Spruce		
	Metsätyyppi — Forest site type				
	MT	VT	CT	OMT	MT
	m ³ /ha kuoretta — m ³ /ha excl. bark				
20	38	30	13	18	4
30	94	64	23	68	30
40	139	97	37	120	83
50	178	131	51	167	133
60	208	158	65	214	177
70	172	179	83	197	211
80	94	147	99	116	184
85	108	—	—	138	—
90	—	78	116	—	105
95	—	89	—	—	124
100	—	—	131	—	—
110	—	—	102	—	—
120	—	—	53	—	—
125	—	—	60	—	—

Taulukko 4. Kuutiomäärän kehitys viljelykuusikoissa.

Table 4. Development of the volume in planted spruce stands.

Ikä v. Age years	Metsätyyppi — Forest site type	
	OMT	MT
	m ³ /ha kuoretta m ³ /ha excl. bark	
15	7	1
20	39	12
25	80	36
30	123	66
35	167	98
40	210	134

Taulukosta 4 nähdään viljelykuusikon kuutiomäärän kehitys ensi vuosikymmeninä KALELAN (1933) tutkimuksen mukaan. Näillä luvuilla on merkitystä metsänviljelyllä perustettavien kuusikoiden kehitystä ennustettaessa. Sen sijaan viljely- ja luonnonmänniköt ovat suuremmissa määrin toistensa kaltaisia kuin vastaavat kuusikot (vrt. KALLIO 1960).

Taulukko 5. Männyn tavoitepuustot Pohjanmaan, Kainuun ja Pohjois-Suomen metsissä.

Table 5. Desirable growing stock of pine stands in Ostrobothnia, Kainuu and North Finland.

Ikä v. Age years	Sarjan numero — Number of series				
	1	2	3	4	5
m ³ /ha kuoretta — m ³ /ha excl. bark					
5	2	1			
15	10	8	4	3	2
25	28	26	16	16	12
35	54	49	33	33	25
45	80	72	52	52	39
55	104	94	70	69	52
65	122	112	85	85	63
75	135	126	96	94	71
85	134	132	104	102	77
95	94	122	110	109	82
105	—	76	116	116	85
115	—	—	118	117	88
125	—	—	99	117	88
135	—	—	66	113	85
145	—	—	—	97	74
155	—	—	—	64	49

Selityksiä

Sarja 1: Etelä ja Keski-Pohjanmaa, VT

Sarja 2: Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu, VT ja EVT

Sarja 3: Perä-Pohjola, EMT

Sarja 4: Inarin hoitoalueen metsätalousalue, EMT

Sarja 5: Inarin hoitoalueen suojametsäalue, EMT

Index

Series 1: South and Middle Ostrobothnia, VT

Series 2: North Ostrobothnia and Kainuu, VT and EVT

Series 3: North Finland, EMT

Series 4: Commercial forests in the Inari District, EMT

Series 5: Protected forests in the Inari District, EMT

Pohjanmaan, Kainuun ja yleensä Pohjois-Suomen metsille voidaan esittää vain muutamia tavoitepuustosarjoja, koska hakkuilla käsiteltyihin metsiin kohdistuvia tutkimuksia kehityssarjojen laatimiseksi ei siellä ole tehty. Taulukossa 5 on kuitenkin esitetty ne kehityssarjat, jotka aiemmin viitatussa pitkän ajan hakkuulaskelmassa (HEIKURAINEN ym. 1960) laadittiin. Lisäksi on taulukkoon otettu pari tavoitepuustosarjaa, joita on käytetty metsähallinnon Inarin hoitoalueelle tehdyssä hakkuulaskelmassa. Kiertoajan pituus saadaan jokaisessa sarjassa lisäämällä 5 vuotta viimeisen kuutiomäärän kohdalla olevaan ikälukuun.

Taulukko 6. Kasvuprosentteja (p) 0.1–9.9 vastaavat jälkiarvotekijät

$$\left(\frac{t}{2} = 10 \text{ v. sekä } \frac{t}{2} = 5 \text{ v.}\right).$$

Table 6. Compound interest factors for increment percentages (p) 0.1 to 9.9

$$\left(\frac{t}{2} = 10 \text{ years, and } \frac{t}{2} = 5 \text{ years}\right).$$

p	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1.0p ¹⁰										
.0	1.000	1.105	1.219	1.344	1.480	1.629	1.791	1.967	2.159	2.367
.1	1.010	1.116	1.231	1.357	1.495	1.645	1.808	1.985	2.179	2.389
.2	1.020	1.127	1.243	1.370	1.509	1.660	1.825	2.004	2.199	2.411
.3	1.030	1.138	1.255	1.384	1.524	1.676	1.842	2.023	2.219	2.433
.4	1.041	1.149	1.268	1.397	1.538	1.692	1.860	2.042	2.240	2.456
.5	1.051	1.161	1.280	1.411	1.553	1.708	1.877	2.061	2.261	2.478
.6	1.062	1.172	1.293	1.424	1.568	1.724	1.895	2.080	2.282	2.501
.7	1.072	1.184	1.305	1.438	1.583	1.741	1.913	2.099	2.303	2.524
.8	1.083	1.195	1.318	1.452	1.598	1.757	1.931	2.119	2.324	2.547
.9	1.094	1.207	1.331	1.466	1.613	1.774	1.949	2.139	2.346	2.570
1.0p ⁵										
.0	1.000	1.051	1.104	1.159	1.217	1.276	1.338	1.403	1.469	1.539
.1	1.005	1.056	1.110	1.165	1.225	1.282	1.344	1.410	1.475	1.545
.2	1.010	1.061	1.115	1.171	1.228	1.289	1.351	1.416	1.483	1.552
.3	1.015	1.067	1.120	1.176	1.234	1.295	1.358	1.422	1.490	1.559
.4	1.020	1.072	1.126	1.182	1.240	1.301	1.364	1.429	1.497	1.567
.5	1.025	1.077	1.131	1.188	1.246	1.307	1.370	1.436	1.503	1.574
.6	1.030	1.083	1.137	1.193	1.252	1.313	1.377	1.442	1.510	1.582
.7	1.035	1.088	1.142	1.199	1.258	1.319	1.384	1.449	1.517	1.589
.8	1.041	1.093	1.148	1.205	1.264	1.326	1.390	1.456	1.525	1.596
.9	1.046	1.099	1.154	1.211	1.270	1.332	1.396	1.462	1.532	1.603

Jälkiarvotekijät

Taulukoissa 6 ja 7 esitettyjen jälkiarvotekijöiden käytöstä on mainittu edellä sivuilla 15–18. Erityisesti on otettava huomioon, että jälkiarvotekijät saadaan taulukosta 7 puuston nykyisen, ts. laskentajakson alkua vastaavan iän kohdalta.

Taulukko 7. Jälkiarvotekijöitä (1.op¹⁰) nykymetsille III:n valtakunnan metsien inventoinnin perusteellaTable 7. Compound interest factors (1.op¹⁰) for existing forests, based on the results of the Third National Forest Inventory

Ikä las- kenta- jakson alussa, v. Age at the beginning of the calcula- tion period, years	Etelä-Suomi, Pohjanmaa ja Kainuu — South Finland, Ostrobothnia and Kainuu					Perä-Pohjola North Finland		Inari
	Mänty — Pine		Kuusi — Spruce		Lehtipuut Broad- leaved trees	Nykymetsät Present forests		Nyky- mänty Present pine forests
	valtaiset — dominating					Keski- määrin Average	Ilman ylisp. Without standards	
	Keski- määrin Average	Tyyd. ja hyvät Satisfacto- ry and good	Keski- määrin Average	Tyyd. ja hyvät Satisfacto- ry and good	Keski- määrin Average			
20	2.159		2.099		2.159	1.480	2.159	1.808
25	1.985	2.389	1.949	2.367	1.985	»	1.985	1.645
30	1.842	2.042	1.842	2.099	1.860	»	1.842	1.539
35	1.741	1.825	1.741	1.895	1.757	»	1.724	1.466
40	1.645	1.660	1.660	1.741	1.676	»	1.745	1.424
45	1.583	1.568	1.610	1.629	1.619	»	1.568	1.397
50	1.524	1.480	1.554	1.539	1.568	»	1.509	1.357
55	1.480	1.424	1.513	1.480	1.530	1.466	1.466	1.344
60	1.438	1.384	1.480	1.438	1.495	1.424		1.318
65	1.411	1.344	1.452	1.397	1.466	1.397		1.305
70	1.384	1.318	1.424	1.370	1.438	1.370		1.293
75	1.357	1.293	1.411	1.344	1.415	1.344		1.280
80	1.340	1.270	1.384	1.331	1.390	1.331		1.268
85	1.318	1.255	1.357	1.318	1.370	1.318		1.255
90	1.305	1.240	1.344	1.293	1.344	1.305		1.243
95	1.290	1.219	1.331	1.280		1.293		1.231
100	1.268	1.207	1.318	1.268		1.280		1.219
105	1.255	1.195	1.293	1.255		1.268		
110	1.243	1.172		1.250		1.255		1.207
115	1.231	1.161				1.225		
120	1.219	1.149				1.243		1.200
140—170								1.184
175 +								1.172

Loppukatsaus

Suomessa kohta kahden vuosikymmenen kuluessa paljon käytettyyn tuottohakkuulaskelmaan liittyvä harkinnanvaraisuus sekä osittain myös suuritoisuus ovat viime vuosina johtaneet hakemaan hakkuulaskelmalle entistä parempaa muotoa. Näin on syntynyt kaksi laskentatapaa, joita molempia käytettäessä tavoitepuuston hahmottelu on välttämätön. Hakkuusuunnite saadaan niissä nykypuuston, tavoitepuuston ja kasvun avulla. Toista, kehityslaskelmaksi kutsuttua menetelmää on jo aiemmissa tutkimusjulkaisuissa selostettu. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu toista, käytännöllisiin laskelmiin hyvin soveltuvaa, tavoitehakkuulaskelmaksi nimitettyä menetelmää.

Tavoitehakkuulaskelma edellyttää metsän inventointia kasvupaikkojen laadun sekä muiden pinta-alaa ja sen jakaantumista ynnä puuston määrää ja rakennetta koskevien seikkojen selvittämiseksi. Käsitys tavoitepuustosta, joka kuvataan ikä- tai kehitysluokittain samoin kuin nykypuustokin, muodostetaan yleisten kehityssarjojen avulla. Erityistä huomiota vaatii uudistusalan suuruuden määrittäminen. Kasvun ennuste laskentajaksolle, jona mielellään pidetään 20 vuotta, suoritetaan kasvuprosentteja ja korkolaskennan menetelmiä käyttäen. Kaikkia edellä mainittuja osia sekä itse laskentamenetelmää on tutkimuksessa erikseen tarkasteltu tarpeellisen pohjan saamiseksi hakkuusuunnitteen määrittämiselle kestävässä ja edistyvässä metsätaloudessa.

Hakkuulaskelmalla saatu tulos osoittaa poistuman suuruuden talouskauden aikana. Etenkin silloin, kun puuston ryhmittelyssä on käytetty kehitysluokkia, saadaan näiden osuuksia tarkastelemalla käsitystä myös poistuman rakenteesta. Yleensä on kuitenkin rakenteen selvitys perustettava metsässä suoritettuihin koeleimauksiin tai silmävaraisiin arviointeihin. Metsän inventoinnissa ehdotetut vaihtoehtoiset toimenpiteet taas tekevät mahdolliseksi hakkuulaskelman antamiin tuloksiin sopeutuvan lopullisen hakkuuehdotuksen teon.

KIRJALLISUUSLUETTELO — REFERENCES

- ERICSSON, BERNHARD. 1906. Oppi- ja käsikirja metsätalouden järjestelyssä. II. Metsänjakoppi. Helsinki.
- HEIKURAINEN, LEO, KUUSELA, KULLERVO, LINNAMIES, OLAVI ja NYSSÖNEN, AARNE. 1960. Metsiemme hakkuumahdollisuudet. Pitkän ajan tarkastelua. Summary: Cutting possibilities of the forests of Finland. A long-term analysis. — *Silva fennica* 110.
- ILVESSALO, YRJÖ. 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The Second National Forest Survey. — MTJ 30.
- »— 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. — Helsinki.
- »— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three national forest inventories. — MTJ 47.
- »— 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. Summary: The forests of Finland by forestry board districts. Results of the national forest inventory. — MTJ 47.
- »— 1959. Metsämaiden luokitus. — Tapion taskukirja, 14 p., ss. 208—214. Helsinki.
- KALELA (CAJANDER), ERKKI K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. — MTJ 19.
- KALLIO, KUSTAA. 1958. Tutkimuksia hakkauslaskelmasta ja siihen perustuvasta metsän tuottoarvosta. I. Hakkauslaskelman laatiminen erityisesti metsän tuottoarvon laskemista varten. Referat: Untersuchungen über die Hiebsatzberechnung und auf dieser basierten Betriebswerte des Waldes. I. Die Abfassung der Hiebsatzberechnung speziell für die Berechnung des Betriebswertes des Waldes. — AFF 68.
- »— 1960. Etelä-Suomen kylvömänniköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of pine stands established by sowing in the South of Finland. — AFF 71.
- Kasvu- ja tuottotaulukoita. Growth and yield tables. 1959. Koonnut — Collected by Pentti Koivisto. — MTJ 51.
- KUUSELA, KULLERVO. 1958a. Kasvunennusteen suorittaminen hakkuulaskelman yhteydessä. Summary: Increment forecast in connection with cutting budget. — AFF 67.
- »— 1958b. Management and cutting budget problems in the Himalayan conifer forestry. Selostus: Himalajan havumetsätalouden järjestelyn ja metsien hakkuumäärän laskennan ongelmia. — AFF 67.
- »— 1959. Suurin kestävä hakkuusuunnite ja menetelmä sen arvioimiseksi. Summary: Largest permanent allowable cut and a method for its calculation. — AFF 71.
- »— 1960a. Pohjapinta-alaan ja keskikuutioon perustuva puuston relaskooppi-inventointi. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.
- »— 1960b. Maan kuvioiden ja puuston vaihtelu sekä sen vaikutus metsän inventoinnin tarkkuuteen. Summary: Variation of the site pattern and growing stock and its effect on the precision of forest inventory. — AFF 72.
- KUUSELA, KULLERVO. 1960c. Volume and increment calculation of a sample plot determined with the relascope. Selostus: Kuution ja kasvun laskenta relaskoopilla määritetyllä koealalla. — AFF 71.
- LIHTONEN, V. 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta. Tuottohakuulaskelma. Referat: Untersuchungen über die Bildung des Holzvorrates des Waldes. Ertragshiebsberechnung. — AFF 51.
- »— 1946. Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiemme poistuman ja tuottohakkuumäärän valossa. Summary: Regulation of Finnish forestry in the light of removal and rental cut. — AFF 53.
- »— 1952. Metsiemme tulevan kehityksen ääriviivoja. Tutkimusmenetelmän esittely. Summary: On the future development of Finnish forests. On research methods. — MTJ 40.
- »— 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. — Helsinki.
- LINDHOLM, VALTER, 1909. Hakkuulaskelma harsintataloudessa. — Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja XXVI, ss. 323—355.
- LINNAMIES, OLAVI. 1959. Valtion metsät sekä niiden hoidon ja käytön yleissuunnitelma. Vuosien 1951—55 inventoinnin tuloksia. Summary: The state forests of Finland and a general management plan for them based upon an inventory made in 1951—55. — AFF 68.
- LÖNNROTH, ERIK. 1919. Ohjeita metsätalouden järjestelyssä I-II. Moniste.
- »— 1927. Zur Frage der Waldbetriebsregelung mit besonderer Berücksichtigung der Waldverhältnisse Finnlands. — AFF 32.
- »— 1930. Normaalmetsä. — Maa ja metsä. Metsätalous 3, ss. 752—763. Porvoo.
- Metsänarvioimisen harjoitustöiden ohjeet. 1960. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. Moniste.
- MORING, KARL. 1907. Bidrag till frågan om afverkningsberäkningen för blädningsskogar. — Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja XXIV, ss. 146—163.
- NYSSÖNEN, AARNE. 1954a. Hakkausilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. — AFF 60.
- »— 1954b. Metsikön kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. Summary: Estimation of stand volume by means of the relascope. — MTJ 44.
- »— 1958. Kiertoaika ja sen määrittäminen. Summary: Rotation and its determination. — MTJ 49.
- »— 1959. Arvioiminen relaskoopin avulla. — Tapion taskukirja, 14. painos, ss. 197—200. Helsinki.
- PETRINI, S. 1957. Beräkning av skogens tillväxt och avverkning. — Norrtälje.
- SAARI, EINO. 1937. Valtakuntien metsätaseiden ja liihakkuuiden käsitteistä. — Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosikirja.
- VUOKILA, YRJÖ. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in Southern Finland. — MTJ 48.
- »— 1959. Relaskooppi menetelmän tarkkuudesta puuston arvioinnissa. Summary: On the accuracy of the relascope method of cruising. — MTJ 51.

Lyhennyksiä — Abbreviations

AFF = Acta forestalia fennica

MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja — Communicationes instituti forestalis Fenniae

SUMMARY:

THE CUTTING BUDGET FOR A DESIRABLE GROWING STOCK

On the methods of regulating the cut in Finland

Among the first Finnish writers on the determination of the future cut were ERICSSON (1906), MORING (1907) and LINDHOLM (1909). LÖNNROTH (1919; 1927) developed a method according to which the allowable cut was based on an inventory of current growing stock and on the characteristics of the fully regulated, »normal» forest. Stand descriptions and the proposed silvicultural cut in accordance with the condition of a stand also had an important role. The current stock was compared with the desirable growing stock, and some Middle-European formulae to determine the cut were used for comparison.

After the Second National Forest Inventory the allowable cut was estimated for the whole country and for sub-areas by ILVESSALO (1942). The estimate was made in three ways using as a basis the actual increment, prospective development of the age class structure and the silvicultural condition of forests.

The analysis of age class structure was developed into a calculation procedure by LIHTONEN (1943; 1959) in his »rental cut method». It has been used in estimating the allowable cut for the whole country (LIHTONEN 1941; ILVESSALO 1956), for the state forests (LINNAMIES 1959) and in research work (KALLIO 1958). In the »rental cut method» many factors having an effect on the allowable cut are analysed together. Increment and cut are forecast by age or development classes. The initial stock of each class is divided into stock capable of development and the initial stock of the allowable cut. The increment is calculated by a percentage method. The increment added to the stock capable of development forms the final stock at the end of the calculation period, and the initial stock of the cut added to its increment forms the allowable cut.

Because the »rental cut method» is rather arduous and based partly on subjective analysis it has been considered necessary to experiment with new forms for a cutting budget. At first future cutting possibilities of the forests were estimated using a method called »stock development forecast» (KUUSELA 1958b; 1959; HEIKURAINEN, KUUSELA, LINNAMIES and NYSSÖNEN 1960). Another method which has been tested during recent years will be described in this paper.

General principles

The main characteristics of the present growing stock affecting the allowable cut and obtained by inventory are the forest area, site quality, forest composition

by age and development classes, and volume as well as increment by those classes.

The desirable growing stock, described by the same sub-groups as the present stock, is another important factor. Cutting possibilities are directly dependent on the desirable volume for the future.

The growing stock divided into age or development classes offers a more reliable basis for increment and cut forecast than the stock as a whole. The information needed in the increment forecast can be obtained either from an inventory or from suitable empirical data.

A cutting budget is generally prepared for the growing stock on productive forest land. The cut from poorly productive forest land is usually so small that it can be estimated according to increment and silvicultural prescriptions.

If the calculation is prepared for a comparatively long period, the future development of the growing stock is more obvious. For this reason the most desirable cutting-budget period is 20 years although the management-plan period is usually 10 years.

Forest inventory

The necessary data on the current growing stock are collected by an inventory. This can be a description of forests stand by stand or is preferably a sample survey with measurements. The accuracy of the estimate must accord with the purpose, for the total stock as well as its sub-groups. For Finnish conditions the following data should be collected by the inventory.

The site quality should be expressed in the areas of productive and poorly productive forest land and of different forest site types. The mean site shows the average attainable yield from desirable forest.

Other necessary data concern the composition of the principal tree species and crown stories. The over-story of old trees in the seedling and sapling stands should be specially distinguished for the cutting budget. The amount of usable under-growth is another important estimate, and the age of the growing stock by sub-groups is needed.

The following classes showing the stages of development are considered necessary for the cutting budget:

0. Open areas and seed-tree stands
1. Seedling and sapling stands
2. Stands in the thinning stage
3. Stands in the preparatory stage
4. Mature stands to be regenerated
5. Shelter wood stands
6. Low-yielding stands

The volume is estimated by sub-groups. Increment data are expressed as a percentage against the stand age. Stock density also has an effect on the rate of growth and must be estimated.

Proposed silvicultural treatment and the silvicultural cut, divided into the main timber products, is estimated stand by stand for the following 10 year period. Because the proposed silvicultural cut may not be sustained or may not exploit all cutting possibilities, other possible proposals are needed, especially for development classes 3 and 4. The degree of urgency of the needed treatment must also be estimated.

Size of the area to be regenerated

The allowable cut is greatly dependent on the total area of the stands to be cut and replaced by new seedling stands during the budget period. The annual regeneration area of desirable forest is the total area divided by the number of years in rotation period. The length of the advisable rotation in Southern Finland has been estimated at about 90 years, in Northern Finland at 140 years, and in the most northerly areas 160—180 years.

The regeneration area of desirable forest is only an approximate guide for the cutting budget. The size of the area to be regenerated depends on the composition of the age and development classes, the amount and composition of the low-yielding stands and the volume of the mature stands. In a forest composed mainly of young and middle-aged stands it will be smaller than in desirable forest. If there are many low-yielding and under-stocked stands the regeneration area may be quite large and the treatment of the growing stock will still be on a sustained basis. The average forest in Finland is characterised by a great proportion of stands in or near maturity and the regeneration area during a period of 10 years and on a sustained basis can be about 25 % greater than the corresponding area of a desirable forest. In Southern Finland the regeneration area over ten years varies between 11—14 % of the total forest area, and it can be 20 % in exceptional cases when the stands to be replaced by seedlings are under-stocked.

Calculation procedure

The main elements of the calculation technique and its basis have been presented by PETRINI (1957), according to whom the increment of a single tree has a compound interest rate if the stand is treated with cuttings.

The basic formula for the compound interest is

$$K = k \cdot 1.0p^t$$

where k = initial volume, K = final volume, p = increment per cent and t = number of years in the budget period. In a stand treated with intermediate cutting the initial volume is supposed to grow to a volume at the middle of the period of t -years when the allowable cut (S) will be removed and the remainder reaches the final volume:

$$(k \cdot 1.0p^{t/2} - S) 1.0p^{t/2} = K$$

$$S = k \cdot 1.0p^{t/2} - \frac{K}{1.0p^{t/2}}$$

If the total initial volume of a group of stands is removed during the period the allowable cut is

$$S = k \cdot 1.0p^{t/2}$$

The principle of simple interest is applied for the old stands of the growing stock which have a lower rate of growth:

$$S = k \left(1 + \frac{t}{2} \cdot 0.0p \right)$$

According to Finnish growth data the principle of simple interest seems to fit only to the over-mature stands, while the stands in the seedling and sapling stages grow faster than the rate of compound interest. Consequently, in young stands when the increment percentage is taken from a percentage curve against age, the most accurate compound interest factor is calculated from the arithmetic mean of the percentages at beginning and end of the budget period.

Fig. 1 (p. 17) gives an example. A stand is now 30 years old and the number of years in the forecast period is 20. The increment percentage at the age of 40 years is 7.2, but the mean of the percentages at the ages of 30 and 50 years, which is 7.7 provides a more accurate estimate.

In the seedling and sapling stands proper the increment and yield forecast is best prepared from yield tables.

The increment per cent series can be converted into compound interest factors as in Table 7 (p. 26), which are based on the results of the Third National Forest Inventory and refer to the climatic conditions during the years 1946—1953. If the growing stock is greater (or smaller) than the growing stock during these years, the compound interest factor should be slightly decreased (or increased).

The principles and techniques described above have been applied in the cutting budget presented in Table 1 (p. 19). The current growing stock volumes are compared with the desirable stock, and both of these, and the temporary desirable stock to be reached after the 20 year period, are presented in Fig. 2 (p. 20).

Tables of desirable stock

The desirable stock volumes by age and for different geographical areas of Finland are presented in Tables 2—5 (pp. 22—24). It has been assumed that the stands will be regenerated with the shelter wood method. If the stands are grown fully stocked into maturity and artificially regenerated, the volume at the end of the rotation is greater. The volumes in the tables are given excluding bark and without stump. To find the volume inclusive of bark the figures must usually be multiplied by 1.11 to 1.15.

Table 2 (p. 22) gives volume series for Scots pine and Norway spruce stands in the Southern half of Finland according to material in the Third National Forest Inventory (Kasvu- ja tuottotaulukoita 1959). The corresponding figures for a basal area after thinning at different dominant heights can be seen on p. 22. Table 3 (p. 23) shows the volumes for repeatedly thinned stands in the same area (cf. NYYSÖNEN 1954a; VUOKILA 1956). Table 4 (p. 23) deals with planted spruce stands (KALELA 1933), while in Table 5 (p. 24) there are figures for more northerly areas.

Conclusion

Cutting budget methods have been under examination in Finland in order to improve the methods hitherto employed. In the method described in this paper an analysis of the desirable stock is necessary. The allowable cut is a function of the current and desirable stock and the increment during the budget period.

The budget is based on information about the forest area, site quality, growing stock and its structure, collected from an inventory. The desirable stock is described in the same sub-groups as is the current stock. A very important factor is the size of the regeneration area during the budget period. An increment forecast is prepared by compound and simple interest formulae and increment percentages are presented as a function of the stock age. The total procedure is governed by the principles of a sustained and progressive yield.

The allowable cut shows the average amount of the cut during the management plan period. Though the proportional amounts of different development classes, and the kinds of cuttings give an approximate idea of value of the cut, the quantity of timber product must in most cases be estimated with trial markings or visual estimates of the trees to be cut.