

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

ACTA
FORESTALIA FENNICA

71

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE FINLANDE

HELSINKI 1961

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin yleensä käsittää useampia tutkimuksia.

SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta käsitteleviä kirjoitelmia ja pienehköjä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin.

Finska Forstsamfundets publikationsserier:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Innehåller vetenskapliga undersökningar rörande huvudsakligen skogshushållningen i Finland och dess grunder. Banden, vilka icke utkomma periodiskt, omfatta i allmänhet flere avhandlingar.

SILVA FENNICA. Omfattar uppsatser och mindre undersökningar rörande huvudsakligen skogshushållningen i Finland. Utkommer icke periodiskt.

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

ACTA
FORESTALIA FENNICA

71

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE FINLANDE

HELSINKI 1961

Acta Forestalia Fennica 71.

1. Kullervo Kuusela: Suurin kestävä hakkuusuunnite ja menetelmä sen arvioimiseksi	1—36
Summary (Largest permanent allowable cut and a method for its calculation)	37—39
2. Juhani Sarasto: Turpeen maatuneisuuden määrittämisestä. v. Postin maatumisasteen ja Pjajtshenkon maatumisprosentin vertailu	1—14
Referat (Zur Bestimmung der Zersetzung des Torfes. Ein Vergleich des Zersetzungsgrades v. Posts mit dem Zersetzungsprozent Pjajtshenkos)	15—16
3. Kustaa Kallio: Etelä-Suomen kylvömänniköiden rakenteesta ja kehityksestä	1—72
Summary (On the structure and development on pine stands established by sowing in the south of Finland)	73—78
4. L. Runeberg: Möjligheterna att med hjälp av bidragsmetoden bedöma skogsbrukets resultat och räntabilitet	1—86
Summary (On the possibility of calculating result and profitability in forestry with the help of marginal costing)	87—91
5. Paavo Yli-Vakkuri: Metsiköiden routa- ja lumisuhteista	1—45
Summary (Snow and frozen soil conditions in the forest)	46—48
6. Kullervo Kuusela: Volume and increment calculation of a sample plot determined with the relascope	1—18
Selostus (Kuution ja kasvun laskenta relaskoopilla määritetyllä koelalla)	19
7. Kustaa Kallio: Metsikön taksatorinen tiheys keskipituuteen ja tiheyteen perustuvassa kuutiomäärän arvioinnissa	1—22
Summary (The mensurational density of a stand in estimating the volume on the basis of the mean height and the density class)	23—24
8. Leo Heikurainen: Metsäojituksen vaikutuksesta puuston kasvuun ja poistumaan. Hakkuusuunnitteen laskemista varten	1—50
Summary (The influence of forest drainage on growth and removal in Finland. For estimations of allowable cut)	51—58
Liitekuvat — Figures in the Appendix	59—66
Liitetaulukot — Tables in the Appendix	67—71

SUURIN KESTÄVÄ HAKKUUSUUNNITE
JA MENETELMÄ SEN ARVIOIMISEKSI

KULLERVO KUUSELA

SUMMARY:
LARGEST PERMANENT ALLOWABLE CUT AND
A METHOD FOR ITS CALCULATION

HELSINKI 1959

Alkusanat

Maamme metsätaloudessa on tällä hetkellä keskitetyn mielenkiinnon kohteena ongelma, sallivatko metsävarat teollisuuden suunnitellun laajentamisen, ja miten metsiä on käsiteltävä kestävä ja suurenevan käytön turvaamiseksi. Talvella 1958—59 nämä kysymykset saivat parin kymmenen tieteenharjoittajan ja käytännön ammattimiehen useaan otteeseen keskustelemaan hakkuumahdollisuuksista ja puuston kehittämisen suuntaviivoista. Tilaisuuksissa valotettiin aihetta metsätieteen eri alojen käsityksillä monipuolisesti ja perusteellisesti. Tämä ajatusten vaihto sekä prof. EINO SAAREN kehoitus asettaa puuston kehittyminen ja siihen vaikuttavat tekijät pitkäaikaisen tarkastelun kohteeksi johtivat käsillä olevan tutkimuksen syntymiseen.

Kirjoittaja on kiitollinen kaikille mainittuihin keskusteluihin osallistuneille niistä lukuisista tiedoista ja näkökohdista, joita ilman kokonaiskuvan muodostuminen aiheesta olisi ollut paljon vaikeampaa ellei kokonaan mahdotonta. Näköalojeni avartumisen lisäksi koin nämä tilaisuudet myös innostavina ja velvoittavina.

Käsikirjoituksen eri vaiheita ovat lukeneet professorit EINO SAARI ja AARNE NYSSÖNEN sekä metsäneuvos OLAVI LINNAMIES. Esitän heille parhaat kiitokseni saamistani neuvoista.

Kiitän Suomen Metsätieteellistä Seuraa tutkimuksen painattamisesta.

Helsinki, 21. 9. 1959.

Tekijä

Sisältö

	Sivu
Johdanto	5
Käsitteiden määrittely	5
Tutkimuksen tarkoitus	7
Tutkimuksessa käytetty nyky- ja tavoitepuusto	9
Suurin kestävä hakkuusuunnite sekä sen sovellutuksia	12
Suunnite nyky- ja tavoitepuuston tunnusten funktiona	12
Sovellutuksia	13
Kehityslaskelman menetelmä ja esimerkkejä	18
Menetelmän periaatteet	18
Kaksi kehityslaskelmaa Suomen eteläpuoliskon VT:n männiköille	23
Päätelmät	31
Kirjallisuusluettelo — <i>References</i>	35
<i>Summary</i>	37

Johdanto

Käsitteiden määrittely

Suomalainen metsänhoidon perustana on käsitys, että tärkeimmät puulajimme kasvavat parhaiten tasaikäisinä metsikköinä, ja että taloudellinen tulos on edullisin, jos kasvatuksen kohteena ovat koko metsikön eliniän vallitsevien latvuserrosten puut. Tämän periaatteen mukaiset hakkuut johtavat metsiköiden tasaikäisyyden lisääntymiseen sekä selväpiirteiseksi muodostuvaan ikärakenteeseen, mikä puolestaan edistää monia metsätalouden järjestelyn tehtäviä, koska ikä on puulajin ja kasvupaikan viljavuuden ohella tärkein puuston ryhmittelyn peruste. Niinpä kun nykypuustoa pyritään kehittämään ja parantamaan, tapahtuu nykypuuston arvostelu, tavoitepuuston hahmottaminen sekä hakkuuohjelman valmistaminen luotettavimmin ikäluokittaisena analyysinä. Näin on jo siitä syystä, että monet metsikön tunnuksot, ennen muuta kasvu, muuttuvat kiinteästi iän funktiona. Ikäluokittainen analyysi voidaan eräissä tapauksissa korvata kehitysluokittaisella analyysillä, mutta tällöinkin on tunnettava kunkin kehitysluokan puuston keski-ikä.

Edellä suoritettussa tutkimuksen taustan suppeassa hahmottamisessa ja tutkimuksen nimessä esiintyy muutamia käsitteitä, jotka on määritettävä ennen aiheen edelleen käsittelyä. *Nykypuustolla* tarkoitetaan metsäalueen puustoa sellaisena, kuin sen taksatoriset tunnuksot on kuvattu viimeisimmän inventoinnin tuloksissa. *Tavoitepuusto* on taas saman metsäalueen puusto sellaisena, kuin sen katsotaan antavan kestävästi edullisimman taloudellisen tuloksen. Tavoitepuuston tulee olla käytännössä mahdollinen, ja se kuvataan ajankohdan tuoreimpien kasvututkimusten perusteella.

Sekä nykypuusto että tavoitepuusto ovat alati muuttuvia. Jokainen inventointi muuttaa nykypuuston tunnuksia, ja sitä mukaa kun eri puulajisten metsiköiden kasvua ja kehittymistä koskevat tiedot lisääntyvät, metsänhoidon tekniikka edistyy, puiden rodulliset ominaisuudet ja puutavaralajien hintasuhteet muuttuvat, sitä mukaa on laadittava uusia tavoitepuuston kuvia. Nykypuuston kehittäminen on siten varjona pakenevan tavoitepuuston takaa-ajamista.

Koska puustoa voidaan kehittää pääasiassa hakkaamalla, on hakkuiden määrän, niiden laadun, voimakkuuden ja metsiköittäisen sijoittamisen määrittäminen metsätalouden järjestelyn tärkein tehtävä. Taloussuunnitelmassa tulee olla

esitettyä sellainen hakkuuohjelma, jota noudatettaessa nykypuusto kehittyi kohden tavoitetta, ja puun käyttäjien tarpeet tulevat mahdollisimman hyvin tyydyttyiksi. Tällöin joudutaan usein kysymään, mikä on suurin kestävä hakkuumäärä. Varsinkin suurilla metsäalueilla ovat taloudellinen hyvinvointi ja rauhallinen kehittyminen riippuvaisia vuotuisista, keskimäärin samansuuruisista tai vähitellen suurenevista talouden käyttöön tulevista puumääristä, eikä niillä voida väheksyä liikahakkuun vaaraa. Metsästä on helppo hakata paljon, mutta liikahakkuun seuraukset voidaan korjata vain pienentämällä pitkäksi ajaksi puun käyttöä.

Hakkuusuunnitteella tarkoitetaan metsäalueelle suositeltavaa hakkuumäärää, jota sen esittäjä pitää tietyin edellytyksin toteutettavissa olevana ja tarkoituksen mukaisena. Edellytykset voivat olla taksatorisia, metsähoidollisia, hankintateknillisiä, talouspoliittisia jne. Ellei niitä määritetä, on hakkuusuunnitteella vähän käyttöarvoa. Toisaalta jokaista hakkuusuunnitetta voidaan arvostella vain sen esittäjän ilmoittamien edellytysten puitteissa. Niinpä jos metsäalueelle esitetään tietyn suuruinen kestävä hakkuusuunnite käyttäen perusteluina kasvuopillisia ja metsänhoidollisia tietoja, ei suunnitteen arvo muutu, vaikka sen toteuttaminen olisi talouspoliittinen mahdottomuus. Sensijaan ei ole järkevää vaatia tai edes esittää, että suunnitetta pitäisi ryhtyä toteuttamaan vastoin talouspoliittisia realiteetteja. Taksatoris-metsänhoidollisen hakkuusuunnitteen merkitys on siinä, että sillä voidaan tutkia vaihtoehtoisia ratkaisuja puuston käsittelemiseksi ja selvittää eri vaihtoehtojen seuraukset ja edellytykset.

Tässä yhteydessä on tarpeen todeta, että nk. *metsänhoidollinen hakkuumäärä* ei ole sama käsite, kuin edellä määritelty hakkuusuunnite, joskin ne määrällisesti voivat sattumalta olla yhtä suuret. Metsänhoidollinen hakkuumäärä saadaan summaamalla kaikille alueen metsiköille pelkästään niiden metsänhoidollisen tilan perusteella tehtyjen hakkuuehdotusten mukaiset poistumat. Se on tarpeellinen metsän tilan tunnus ja perustieto hakkuusuunnitteen laatijalle. Kun se tarkistetaan metsänkokonaisuuden puitteissa kestävyuden ja edistyvyyden periaatteiden mukaiseksi, voidaan se esittää suunnitteeksi.

Suurin kestävä hakkuusuunnite on se suurin puumäärä, joka vuosittain ensimmäisestä vuodesta lähtien voidaan hakata pienentämättömänä niin kauan, kunnes tavoitepuusto on saavutettu, tai kunnes puusto on parantunut niin paljon, että hakkuumäärää voidaan kestävästi suurentaa. Määritelmä koskee käytännössä useimmiten esiintyvää vaihtoehtoa, jossa suunnite on pienempi kuin tavoitepuuston hakkuumäärä, koska nykypuusto on tavoitepuustoa heikompi. Nykypuusto voi kuitenkin olla ikärakenteeltaan ja kuutiomäärältään sellainen, että hakkuusuunnite on jonkun aikaa tavoitepuuston hakkuumäärää suurempi.

Kun käytännössä pyritään kehittämään nykypuustoa kohden tavoitepuustoa, jonka hakkuumäärä on nykypuuston kestävä hakkuumäärää suurempi, lisätään hakkuuta tavallisesti asteittain. Tällöinkin on usein tarpeen tietää, mikä on välittömästi saatavissa oleva suurin kestävä hakkuumäärä, sillä se on raja,

jonka yli ei voida mennä ilman, että hakkuuta joudutaan väistämättömästi pienentämään tulevaisuudessa. Sillä on myös merkitystä pyrittäessä määrittämään metsän tuottoarvoa sekä selvittämään vaihtoehtojen uudistamistapojen, hakkuuohjelmien ja metsäojoitusten edullisuutta.

Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat kestävä hakkuusuunnitteen suuruuteen sekä menetelmiä suunnitteen arvioimiseksi. Suurimman hakkuusuunnitteen kestävyys voidaan lopullisesti varmistaa laskelmalla, joka ulottuu niin pitkälle tulevaisuuteen, että kaikki nykyiset metsiköt on hakattu ja uudistettu. Koska tavoitepuusto voidaan saavuttaa aikaisintaan yhden kiertoajan kuluttua, osoittaa kiertoaika likimain sen ajanjakson, jonka laskelma tulee peittää. Sanottu ei kuitenkaan merkitse sitä, että mitään hakkuusuunnitetta olisi tarkoitus vahvistaa näin pitkälle tulevaisuuteen noudatettavaksi, sillä jokainen suunnite joudutaan tarkistamaan uusien inventointien ja kasvututkimusten perusteella.

Usean vuosikymmenen pituista puuston, kasvun ja hakkuumäärän muuttamisen ennustetta kutsutaan tässä *kehityslaskelmaksi*. Sellainen on esim. yhden kiertoajan pituinen tuottohakkuulaskelma. Kun sitä käytetään suurimman kestävä hakkuusuunnitteen arvioimiseen, valitaan sopivalta näyttäviä hakkuumääriä, joista jokaista käyttäen tehdään kiertoajan pituinen tuottohakkuulaskelma. Se suurin hakkuumäärä, jota käyttäen laskelma voidaan suorittaa ilman, että hakkuuta missään vaiheessa joudutaan supistamaan, on haettu arvio.

Tuottohakkuulaskelman käyttämiseen edellä esitetyllä tavalla suurimman kestävä hakkuusuunnitteen arvioimiseksi liittyy kuitenkin eräitä merkittäviä haittoja. Ensinnäkin arvio on useita pitkiä laskelmia vaativan »hakuammunnan» tulos. Tätä pahentaa vielä se, että menetelmä on jäykkä ja suuritöinen. Kasvun ennuste edellyttää kokonaispuuston jakamista kehitettävään puustoon ja hakkuusuunnitteeseen, joille kummallekin on laskettava kasvu sadanneksia käyttäen. Kunkin ikäluokan kohdalla on kokeillen selvitettävä, mikä on sen osuus laskentajakson kokonaispoistumasta. On myös pidettävä huolta siitä, että jokaisen ikäluokan kuutiomäärän kehittyminen on »luonnollista».

Kasvun ennustetta sadannesmenetelmällä suoritettaessa on olemassa vaara, että mahdolliset virheet kasaantuvat samaan suuntaan. Niinpä varsinkin nuorten metsiköiden kasvusadannekset ovat olleet aina viime aikoihin saakka kasvua aliarvioivia. Kymmenen tai kahdenkymmenen vuoden pituisessa tuottohakkuulaskelmassa ei nuorten metsiköiden kasvulla ole kovinkaan suurta merkitystä, mutta kiertoajan pituisessa ennusteessa se vaikuttaa olennaisesti lopputulokseen. Myös kokonaispuuston kasvusadannesten jakaminen kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen sadannekseksi voi nykyisin puutteellisin tiedoin suoritettuna johtaa merkittäviin systemaattisiin virheisiin.

Esitetyn perusteella näyttää tarpeelliselta tutkia, voidaanko suurimman kasvavan hakkuusuunnitteen alustavassa arvioimisessa käyttää kehityslaskelmaa nopeampaa menetelmää. Tämän lisäksi on syytä tutkia, miten tuottohakkuulaskelman menetelmää voitaisiin kehittää nopeammaksi ja joustavammaksi, niin että sitä voitaisiin käyttää alustavia arviointeja tarkistettaessa sekä selvittäessä lukuisia aiheeseen liittyviä erikoisongelmia. Niinpä ikäluokittaista kehityslaskelmaa ei voida välttää, kun halutaan tutkia, mihin ikäluokkiin ja kuinka vahvoina on hakkuut edullisinta sijoittaa. Samoin tarvitaan kehityslaskelmaa osoitettaessa, mitä seuraa, jos vuotuinen uudistusala pidetään tietyn suuruisena, tai jos tarpeellinen puumäärä otetaan pääasiassa harvennus- ja väljennyshakkuilla, vaikka metsän ikärakenne edellyttäisi voimakasta uudistamista. Jos taloudellis-teknillisten reaali-teettien vuoksi puustoa hakataan toisin, kuin mitä taksatoris-metsänhoidollisten tekijöiden vuoksi olisi tehtävä, on kehityslaskelma ainoa keino selvittää hakkuutoiminnan seuraukset.

Pyrkimys kehittää tuottohakkuulaskelmaa kohdistuu menetelmään tutkittaessa puuston pitkäaikaista muuttumista. Kun kysymyksessä on metsätaloussuunnitelmaan kuuluva suunnitteen arvioiminen 10 ja 20 vuodelle, jota varten tuottohakkuulaskelma on alunperin kehitettykin, se on tätä tarkoitusta varten sekä muodoltaan että laskentateknillisiltä ominaisuuksiltaan sopiva. Näyttääkin tarkoituksenmukaiselta, että 10—20 vuoden pituisia ennusteita kutsutaan tuottohakkuulaskelmiksi ja pitemmälle ulottuvia ennusteita kehityslaskelmiksi.

Tarkastelu rajoittuu lähinnä kuorettomissa kiintokuutiometreissä ilmaistuun suunnitteeseen. Tiedot suunnitteen jakaantumisesta tärkeimpiin puutavaralajeihin ovat kuitenkin metsätalouden järjestelylle siksi merkityksellisiä, ettei menetelmää niiden saamiseksi voida kokonaan sivuuttaa. Niinpä sahapuun osuus on tiedettävä, jos on epävarmaa, tuleeko metsävaroista riippuvaisten sahojen raakapuun tarve tyydytetyksi. Järkevä suunnite ei myöskään saa johtaa jonkun puutavaralajin liikatarjontaan. Lisäksi on vielä otettava huomioon, että hakkuusuunnitetta ei voida hinnoittaa, ellei sen rakenne ole ainakin pääpiirteittäin selvillä. Kaikkien näiden syiden vuoksi tutkimuksessa tullaan lyhyesti tarkastamaan ongelmaa sahapuuosuuden selvittämiseksi kehityslaskelman hakkuusuunnitteessa.

Hakkuusuunnitteen toteuttamiseen liittyvistä edellytyksistä rajoitutaan yksinomaan taksatoris-metsänhoidollisiin tekijöihin, so. kasvutietoihin, metsätalouden järjestelyn periaatteisiin ja metsänhoidon tekniikan näkökohtiin. Muihin näkökohtiin tullaan vain viittaamaan.

Tutkimuksessa käytetty nyky- ja tavoitepuusto

Laskelmien kohteena on Suomen eteläpuoliskon VT:n nykymänniköt sellaisina kuin ne on kuvattu III valtakunnan metsien inventoinnin tuloksissa (ILVESSALO 1956). Mainitussa tutkimuksessa on ikärakenne ilmoitettu yhtenä kokonaisuutena mäntyvaltaisissa metsissä 20 vuoden luokkia käyttäen. Laskelmia varten on kukin ikäluokka jaettu kahteen yhtä suureen osaan, koska 10 vuoden ikäluokat sopivat paremmin saman pituisiin laskennan jaksoihin. Uusien ikäluokkien keskikuutio ja kasvu on saatu piirtämällä käyrä 20 vuoden luokkien vastaavien arvojen kautta sekä lukemalla käyrästä uudet tunnuksat. Kasvusadannes on laskettu vertaamalla vuotuista kasvua vastaavaan keskikuutioon. Näin saadut nykypuuston tunnuksat ovat taulukossa 1 (keskikuutio ja kasvu ovat kuoretonta $k\text{-m}^3$:ä, ellei toisin ilmoiteta).

Nykypuuston ikäluokittaiset keskikuutiot ja kasvut ovat siis kunkin luokan keskimääräisiä tunnuksia ja iän mukaisessa akselistossa niiden paikka on 10 vuoden pituisen jakson keskellä. Puustoa katsotaan hakattavan jakson aikana niinkuin valtakunnan metsiä on keskimäärin hakattu, ja kasvuluku osoittaa kunkin jakson keskimääräisen kokonaiskasvun mittaushetkellä metsikössä olevan pystypuuston funktiona.

Valtakunnan metsien inventoinnissa käytetyn mittaus- ja laskentamenetelmän mukaan esim. 75 vuotiaan metsikön kasvu on mittaushetkellä metsikössä olevien puiden 5 viimeisen vuoden keskimääräinen kasvu, joten kokonaiskasvun saamiseksi siihen olisi lisättävä mittausjakson aikana hakattujen puiden kasvu. Tämän korjauksen suorittamiseksi ei ole olemassa riittäviä perusteita seuraavista syistä:

Hakattujen puiden kasvun suhdetta säilyneiden puiden kasvuun ei ole tutkittu yksittäisiä metsikköjä lukuunottamatta (LIHTONEN 1943). On mahdollista, että kotimaisten kasvunlaskennan taulukoiden (ILVESSALO 1948) muotokorkeuden sadannekset yliarvioivat puiden kuutiokasvua nykymetsiköissä (NYSSÖNEN 1952 ja 1958), mutta tämänkään tekijän keskimääräistä merkitystä ei ole selvitetty. Mittausjakson aikana hakattujen puiden kasvun huomioon ottaminen suurentaisi nykypuuston kasvua. Mikäli käytetyt muotokorkeuden sadannekset yliarvioivat mittaushetkellä metsikössä olevien puiden kasvua, pienentäisi tämän tekijän huomioon ottaminen kokonaiskasvua. Koska käytettävissä ei ole riittävästi esitettyjä näkökohtia valaisevia tutkimuksia, on nykypuuston kasvu otettu sellaisena, kuin miksi se III inventoinnin tuloksissa on ilmoitettu, ja katsottu,

Taulukko 1. Nyky- ja tavoitepuuston tunnuksset.
Table 1. Characteristics of present and desirable growing stock.

Ikäluokka, V. age class, years	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	Yht. Total	Keskim. Average
		30	30	70	70	140	140	135	135	80	80	45	45	1 000
Pinta-ala, ha Area, «	10	23	37	54	84	84	90	91	92	92	93	94		
Kuutiom. m ³ /ha Volume »	1.5	2.4	3.2	3.6	3.7	3.4	3.4	3.1	2.8	2.6	2.4	2.2		3.16
Kasvu m ³ /ha/v. Increment » y.	15.0	10.5	8.6	6.7	5.4	4.4	3.8	3.4	3.0	2.8	2.6	2.3		4.1
Kasvu-% Increment per cent														
	Nykypuusto — Present Growing Stock													
	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	1 000	
Pinta-ala, ha Area, «	4	14	35	63	90	113	133	127	87	87	87	87		77
Kuutiom. m ³ /ha Volume »	8	20	38	49	59	59	53	40	25	25	25	25		3.87
10 v.:n kasvu m ³ /ha 10 years' increment »	—	4	13	24	34	30	37	66	81	70	70	70		3.87
10 v.:n hakkuu m ³ /ha 10 years' cut »	—	20	34	49	58	66	70	165	324					—
Hakkuu %:a kasvusta Percentage of cut against increment	20.0	14.3	10.9	7.8	6.6	5.2	4.0	3.1	2.9					5.1
Kasvu-% Increment per cent														
	Tavoitepuusto — Desirable Growing Stock													

että esitetyt luvut tarkoittavat asianomaisen 10-vuotiskauden keskimääräistä kasvua. Menetelmätutkimuksen kannalta niiden mahdollisella virheellisyydellä ei ole merkitystä. Virheiden mahdollisuus on sensijaan pidettävä tarkoin mielessä tehtäessä esitettävien laskelmien perusteella yleistäviä päätelmiä.

Tavoitepuusto on koostettu käyttäen hyväksi viimeisintä hyvin hoidettujen männiköiden kehittymistä kuvaavaa tutkimusta (NYYSSÖNEN 1958). Kiertoaika on 95 vuotta, joka VT:llä antaa suurimman keskimääräisen kasvun ja myös edullisen sahapuun tuotoksen. Tavoitepuuston ikärakenne on tasainen ja luontainen uudistuminen oletetaan tapahtuvaksi välittömästi pätehakkuun jälkeen.

Koska kasvutaulukoissa on pystypuuston kehitys ilmoitettu täysille 10-vuosille, on taulukon arvot sijoitettu akselistoon, piirretty niiden kautta käyrä ja luettu tältä käyrältä 10-vuotiskausien keskikohtien arvot. Kunkin jakson kokonaiskasvu on saatu summaamalla pystypuuston päätearvojen erotus sekä jakson poistuma. Vielä on laskettu kasvusadannes sekä kuinka monta sadannesta jakson poistuma on saman jakson kasvusta. Viimeksi mainittuja suhdelukuja on käytetty kehityslaskelmissa ohjeena poistuman arvioimiseksi ikäluokittain.

Täystiheiden koalametsiköiden arvoja on alennettu 20 %. Näin saadut tavoitepuuston tunnuksset ovat taulukossa 1. (Vert. myös piirroksia 1 ja 2 sivulla 19.) Alennus on suoritettu sillä perusteella, että talouskuvioilla ei puusto ole keskimäärin yhtä tiheä eikä hyvälaatuinen kuin koaloilla, jotka sijoitetaan metsiköiden keskelle. Niillä muodostuu hukka-alueita myös metsätyyppi- ja metsikkörajoiden sekä kivisyyden ja soistuneisuuden vuoksi. Kasvutaulukoiden aineisto on lisäksi edullisemmilta männyn kasvualueilta kuin nykypuuston aineisto. Alennuksen suhteen on todettava, että sen suuruutta ei ole katsottu voitavan lähemmin perustella, joten laskelmien tuloksia ei tämänkään vuoksi voida varauksitta käyttää yleistävien päätelmien tekoon.

Suurin kestävä hakkuusuunnite sekä sen sovellutuksia

Suunnite nyky- ja tavoitepuuston tunnusten funktiona

Suurin kestävä hakkuusuunnite (H_S) voidaan katsoa riippuvaiseksi nykypuuston keskikuutiosta (P_N) ja keskikasvusta (K_N) sekä tavoitepuuston keskikuutiosta (P_T), keskikasvusta (K_T) ja kiertoajasta (u). Joskin hakkuusuunnitteen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat myös nykypuuston ikä- ja kehitysluokkarakenne sekä metsänhoidollinen tila, taksatorisesti ottaen voidaan katsoa, että niiden vaikutus ilmenee keskikuutiosta ja keskikasvussa siinä määrässä, kuin kiintokuutiometreissä ilmaistun hakkuusuunnitteen laskemiseksi on tarpeen. Tilanne on luonnollisesti kokonaan toinen, jos on lisäksi selvitettävä, mistä ikä- ja kehitysluokista hakkuusuunnitteen edellyttämät puumäärät on ensisijaisesti otettava. Tällöin on tunnettava puuston keskikuutio, kasvu ja metsänhoidollinen tila ikä- sekä kehitysluokittain.

Tavoitepuusto voidaan saavuttaa aikaisintaan ensimmäisen kiertoajan kuluttua. Pyrkimyksenä on siis kehittää nykypuuston keskikuutio ja kasvu tavoitepuuston vastaavien tunnusten suuruisiksi. Koska kasvu on ainoa hakattavaa puuta aikaansaava tekijä, on sen suuruus luonnollinen lähtökohta hakkuusuunnitteen arvioimiseksi.

Kaavan johtamiseksi asetetaan nykypuuston kasvuksi 100 ja tavoitepuuston kasvuksi sekä hakkuumääräksi 118. Oletetaan, että tavoitepuuston arvot saavutetaan 90 vuoden kiertoajan sisällä. Kun nykypuustoa hakataan sen laatua parantaen, voi kestävä hakkuumäärä olla ainakin 100. Kasvun ja siis myös hakkuumäärän lisäys 90 vuoden kuluttua on 18. Jos oletetaan, että kasvuedellytykset paranevat tasaisesti, on kasvun lisäys ensimmäisen 10-vuotiskauden aikana keskimäärin 1, toisen 10-vuotiskauden aikana 3, kolmannen aikana 5 jne. sekä yhdeksännen 10-vuotiskauden aikana 17, 90 vuoden aikana lisäys on keskimäärin

$$\frac{1 + 3 + 5 + \dots + 17}{9} = \frac{118 - 100}{2} = \frac{K_T - K_N}{2} = 9$$

Tämä oikealla puuston käsittelyllä aikaansaavissa oleva kasvun lisäys katsotaan voitavan ottaa metsästä osana kestävää hakkuumäärää ja se siis lisätään nykykasvuun hakkuusuunnitteen laskemiseksi. Esimerkissä on nyky- ja tavoitekasvun perusteella laskettu hakkuusuunnite $100 + 9 = 109$.

Keskikuutiolla on merkitystä sikäli, että jos nykypuuston keskikuutio on esim. pienempi kuin tavoitepuuston keskikuutio, on kuutiomäärää kartutettava kiertoajan sisällä tämän erotuksen suuruinen määrä, mikäli tavoitepuuston keskikuutio halutaan saavuttaa. Ja koska puustoa voidaan kartuttaa vain hakkaamalla vähemmän kuin mikä on kasvun määrä, on pelkästään kasvujen perusteella laskettua hakkuusuunnitetta pienennettävä. Kun keskikuutioiden erotus jaetaan kiertoajan vuosien lukumäärällä, saadaan suure, jolla kasvujen perusteella saatua hakkuumäärää on pienennettävä. Vähennettävän suureen kaava on siis

$$\frac{P_T - P_N}{u}$$

Lopullinen kaava suurimman kestävän hakkuusuunnitteen laskemiseksi saa muodon

$$H_S = K_N + \frac{K_T - K_N}{2} - \frac{P_T - P_N}{u} = \frac{K_T + K_N}{2} - \frac{P_T - P_N}{u}$$

Kirjallisuudessa kaava tunnetaan nimellä »korjattu itävaltalainen kameraalitaksa» (esim. Handbuch der Forstwissenschaft, 1927).

Kaavaa tarkastelemalla voidaan todeta, että jos nykypuuston kasvu on tavoitepuuston kasvu suurempi (esim. silloin kun metsiköistä on suurin osa ikäluokissa, missä vuotuinen kasvu on suurimmillaan), on suurin kestävä hakkuusuunnite nykykasvu pienempi. Jos taas nykypuusto on tavoitepuustoa suurempi, voidaan tämän perusteella hakata enemmän kuin mitä pelkkä kasvu edellyttää.

Aiemmin esitetyillä nyky- ja tavoitepuuston tunnuksilla saadaan Etelä-Suomen VT:n männiköille suurimmaksi kestäväksi hakkuusuunnitteeksi

$$H_S = \frac{3.87 + 3.16}{2} - \frac{77 - 77}{95} = 3.51$$

Kaavan antaman tuloksen mukaan männiköiden suurin kestävä hakkuusuunnite on noin 11 % nykykasvu suurempi.

Kun matemaattisia lausekkeita käytetään biologisten ja taloudellisten ilmiöiden kuvaamiseen, liittyy niihin tavallisesti rajoituksia ja varauksia. Korjatulla kameraalitaksalla saatuja hakkuusuunnitteita ei voida kaikissa tapauksissa noudattaa sellaisinaan. Näitä rajoituksia tarkastellaan seuraavassa luvussa.

Sovellutuksia

Menetelmä laskea suurin kestävä hakkuusuunnite korjatulla itävaltalaisella kameraalitaksalla on nopea ja käyttökelpoinen tutkittaessa monia metsän arvoon ja sen tuottokunnan kohottamiseen liittyviä ongelmia. Kun taksatoristen teki-

jöiden perusteella laskettu suurin kestävä suunnite katsotaan saatavaksi välittömästi ensimmäisenä vuonna, voidaan sen perusteella laskea suurin kestävä vuotuinen tulo. Rahallisiin arvoihin pääsemiseksi on tietenkin tunnettava suunnitteen kantohinta-arvo. Tätä varten on selvitettävä suunnitteen jakaantuminen puutavaralajeihin. Summittaisia päätelmiä voidaan tehdä myös kiintokuutiometreissä ilmaistun suunnitteen perusteella. Hakattavan puuston ikärakenne antaa mahdollisuuden päätellä sahapuun osuus, joka on tärkein tekijä kantoarvoa laskettaessa.

Kaavan antamaan absoluuttiseen tulokseen on kuitenkin suhtauduttava tiettyin varauksin. Jos lähdetään paljaasta maasta, saadaan sillä silloinkin suurin kestävä suunnite, joka on ensimmäisen kiertoaajan sisällä saatavien hakkuumäärien keskiarvo, mutta jota ei kuitenkaan voida ryhtyä hakkaamaan välittömästi. Tästä ääritapauksesta seuraa, että jos nykypuusto on hyvin vähäinen ja sen kasvu pieni, ei kaavan antamaa suurinta suunnitetta saada alusta pitäen. Maasamme on tilanne kuitenkin kovilla mailla ja varsinkin laajoilla aloilla sikäli edullinen, että nykypuuston kuutiomäärä on lähellä tavoitepuuston kuutiomäärää, ja että keski-ikäisiä ja vanhoja metsiköitä on runsaasti, joten uudistushakkuilla saatavat suuret puumäärät voidaan ottaa hävittämättä kestävä metsätalouden edellytyksiä.

Ojitettujen soiden kohdalla joudutaan lähtemään tavallisesti pienestä nykykuutiosta. Toisaalta ojitusaluet ovat aniharvoin itsenäisiä kokonaisuuksia, vaan ne ovat osia laajemmista metsäalueista, joissa suhteellisesti suurempi osuus pinta-alasta on kovien maiden metsiköitä. Tällöin suolle nousevat taimistot ovat metsälön tai muun hallinnollisen tai talousmaantieteellisen yksikön nuoria ikäluokkia, jotka antavat oikeuden lisätä hakkuumäärää kovien maiden vanhoissa metsiköissä. Metsätalouden järjestelyn kannalta on suon ojittaminen edullista siksi, että ojitettu suo on useimmiten jo taimettunut ja taimisto suotyypistä riippuen 10—30 vuoden ikäistä (HEIKURAINEN 1959). Tästä koitua aikavoitto tuntuu kehityslaskelmassa erittäin näkyvästi hakkuumahdollisuuksia lisäävänä tekijänä. Kuitenkin jos ojitettavan suon pinta-ala on suuri, ja koko metsäalueen keskikuutio selvästi tavoitepuuston keskikuutiota pienempi, antaa korjattu kameraalitaksa liian suuren suunnitteen.

Huomioon otettava näkökohta on myös se, että kaavalla saatu suurin kestävä suunnite merkitsee puuston kasvuedellytysten tulevan paranemisen etukäteen tapahtuvaa hyväksikäyttämistä, mikä johtaa ensimmäisen kiertoaajan loppupuoliskolla lyhyen kiertoaajan kriisiin (sivu 25). Yksityisen metsälön kohdalla tämä kriisi ei ole sen vakavampi kuin pääomahakkuu yleensä. Laajoilla metsäalueilla ei sensijaan kaavalla saatavaa suunnitetta voitane soveltaa, ellei voida perustellusti luottaa uusien metsiköiden kehittymiseen, joka on nopeampaa kuin kasvu- taulukoiden metsiköiden kehittyminen.

Edellä esitetyn vuoksi on ilmeistä, että jokainen hakkuusuunnite, joka tarkoitetaan käytännössä noudatettavaksi, ja joka on selvästi nykypuuston kasvua

suurempi, on tarkistettava kehityslaskelmalla. Olkootpa hakkuutoiminnan seuraukset mitkä tahansa, on metsätalouden järjestelijän kyettävä näkemään ne etukäteen, ja ainoa luotettava tapa puuston tulevan kehittymisen hahmottamiseksi on noin kiertoaajan pituinen ennuste. Samalla on selvitettävä, mitkä ovat ne metsänhoidolliset, puun markkinointiin liittyvät ja muut teknillis-taloudelliset tehtävät, jotka on ehdottomasti suoritettava, että hakkuusuunnitteesta todella tulee kestävä, ja mitkä ovat seuraukset, ellei suunnitteen edellytyksistä huolehdita.

Korjatun kameraalitaksan antamalla arvoilla on kuitenkin sellaisinaan suuri merkitys silloin, kun halutaan tutkia vaihtoehtoisten ratkaisujen merkitystä tai suhteellista edullisuutta. Seuraavassa pyritään muutamain esimerkein valaisemaan suurimman kestävä hakkuusuunnitteen käyttämistä tämän kaltaisissa tehtävissä.

Aluksi tarkastellaan tavoitepuuston kiertoaajan vaikutusta hakkuumahdollisuuksiin. Nykypuusto on sama männikkö kuin edellä. Tavoitepuusto on laadittu samojen taulukoiden ja samojen perusteiden mukaan kuin edellä. Nykypuuston kasvun suuruista hakkuumäärää on merkitty 100:lla ja korjatulla kameraalitaksalla lasketut suurimmat kestävä suunnitteet sen kanssa suhteellisia arvoja.

tavoitepuuston kiertoaika, v.	65	75	85	95	105
suurin kestävä suunnite	121	117	114	111	107

Mitä lyhyempi on tavoitepuuston kiertoaika, sitä suurempi on kestävä hakkuusuunnite. Tämä johtuu siitä, että lyhyttä kiertoaikaa käytettäessä on tavoitepuuston keskikuutio pieni, mikä lisää välittömästi hakkuumahdollisuuksia kehitettäessä nykypuustoa tavoitepuustoksi. Toinen asiaan vaikuttava näkökohta on se, että hakkuumäärä voi olla sitä suurempi, mitä aikaisemmin uudet metsiköt saavuttavat hakkuukypsyyden.

Syynä siihen, että nykykasvua suurempi hakkuusuunnite on kestävä, ovat nykypuuston yli-ikäiset metsiköt. Niiden suhteellisen voimakas uudistaminen on sekä taloudellisesti että taksatorisesti perusteltua.

Toisena esimerkkinä tarkastellaan korjattua kameraalitaksaa käyttäen, miten uusien metsiköiden hidastuva tai nopeutuva kehittyminen vaikuttaa suunnitteen suuruuteen. Hidastuminen katsotaan johtuvaksi siitä, että luontainen uudistuminen viivästyy, nopeutuminen taas siitä, että käytetään metsänviljelyä, rodullisesti hyvää alkuperää olevaa siementä ja metsiköiden kehittymistä jouduttavia kasvatushakkuuta. Uusien metsiköiden kehittymisen hidastuminen pienentää tavoitepuuston keskikasvua ja niiden kehittymisen joutuminen suurentaa sitä. Tavoitepuuston kiertoaika on 95 vuotta.

Suunnitteen kiintokuutiometrin kantoarvo on laskettu siten, että eri puutavaralajien osuudet ovat samat kuin LVESALON (1956) laatimassa hakkuusuunnitteessa Suomen eteläpuoliskon männiköille, ja kantohinnat sellaiset kuin NYYS-

söSEN (1958) kiertoaikatutkimuksessa. Näillä perusteilla saatu kiintokuutiometrin kantoarvo on 1 325 mk, ja sillä on laskettu vaihtoehtoisten suunnitteiden kantoarvo. On kuitenkin huomattava, että ellei nykykasvun suuruista suunnitetta hakattaessa käytetä suhteellisesti yhtä paljon metsän uudistamista kuin kasvua suurempia suunnitteita hakattaessa, ei jälkimmäisten edullisuus tule riittävästi esille. On ilmeistä, että mitä enemmän uudistetaan, sitä enemmän suunnitteessa on saapuuta, ja sitä suurempi on sen kantoarvo. Tulokset ovat seuraavassa asetelmassa.

	suunnite	hakkuutulo mk/ha	tulon mk/ha	lisäys mk/1000 ha
suunnite nykykasvun suuruinen	100	4 187	—	—
luontainen uudistuminen viivästyy:				
10 vuotta	105	4 396	209	209 000
5 »	108	4 522	335	335 000
luontainen uudistuminen on välitön	111	4 648	461	461 000
uusien metsiköiden kehittyminen nopeutuu: ..				
5 vuotta	114	4 773	586	586 000
10 »	118	4 941	754	754 000

Suunnitteen määrää osoittavia suhteellisia arvoja tarkasteltaessa voidaan ensinnäkin todeta, että vaikka uusien metsiköiden uudistuminen lykkäytyisi 10 vuotta, on kestävä hakkuusuunnite silti suurempi kuin nykykasvu. Mitä nopeampaa uusien metsiköiden kehittyminen on, sitä enemmän voidaan kestävästi hakata. Vaihtoehtojen keskinäinen edullisuus ilmenee selvimmin kantoarvojen lisäyksissä. Neljässä ensimmäisessä vaihtoehdossa ovat menot talousyksikön ylläpitämiseksi yhtä suuret, joten tulon lisäys ei edellytä lisättyjä suoritteita, vaan aiheutuu se yksinomaan erilaisesta puuston käsittelystä. Kahdessa viimeisessä vaihtoehdossa on taas suoritteita lisättävä tulojen suurentamiseksi. Niinpä uusien metsiköiden kehittyminen nopeutuu varmasti, jos käytetään keinollista uudistamista. Vuotuinen uudistusala on ensimmäisen talousjakson aikana noin 15 ha, ja vaikka se kaikki viljeltäisiin, näyttäisi tulon lisäys ylittävän viljelyn kustannukset.

Suurin kestävä hakkuusuunnite tarjoaa myös mahdollisuuden tarkastella ojituksen edullisuutta osana metsätaloudellista kokonaisuutta. Seuraavaan esimerkkiin on suota koskevat tiedot saatu prof. L. HEIKURAISELTA.

Metsätaloudellisen yksikön pinta-ala on 2 100 ha. Siitä on kasvullista kangasta 1 700 ha ja ojituskelpoista suota 400 ha. Kasvullisen maan puusto on likimain samanlaista kuin Etelä-Suomen männiköissä. Suolla on nykypuusto 20 k-m³ ja sen kasvu 0.5 k-m³ hehtaarilla. Ojitus suoritetaan yhtenä toimituksena, ja sen kustannukset ovat 10 000 mk/ha. Ojitetun suon tavoitepuusto vastaa VT:n männikköä. Se katsotaan saavutettavan ensimmäisen kiertoajan kuluttua, jolloin vuotuinen kasvu ja hakkuumäärä ovat 3.87 k-m³/ha eli 3.37 k-m³ enemmän kuin nykykasvu. Ojien vuotuiset kunnossapitokustannukset ovat 200 mk/ha. Ojitettua

suota voidaan tavallisesti pitää taimettuneena metsämaana, jolla taimiston taloudellinen ikä heti ojituksen jälkeen on suotyypistä riippuen 10—30 vuotta.

Korjattu kameraalitaksa antaa suolle suurimmaksi kestäväksi hakkuusuunnitteeksi 1.58 k-m³/ha, mikä on 1.08 k-m³ suurempi kuin nykyinen kasvu. Jos olisi kysymys pelkästään ojitetusta suosta, ei tämän suuruista suunnitetta voitaisi kestävästi hakata heti ensimmäisestä vuodesta lähtien. Mutta kun suon lisäksi kokonaisuuteen kuuluu sitä paljon laajempi alue muuta metsää, jonka puustossa on runsaasti vanhoja metsiköitä, voidaan suunnitteen mukainen puumäärä hakata pääosaltaan kankaan metsiköistä, sillä suolle nousevat taimistot takaavat hakkuiden kestävyuden.

Kun otetaan huomioon suon pinta-ala sekä kiintokuutiometrin kantoarvo 1 325 mk, saadaan suurimman kestävän suunnitteen perusteella nykykasvun suuruiseen hakkuumäärään verrattuna vuotuiseksi pysyväksi tulon lisäykseksi 572 400 mk. Siitä vähennetään vuotuiset ojien kunnossapitokustannukset 80 000 mk, ja nettolisäykseksi jää 492 400 mk. Pääomansijoituksen luontoiset peruskustannukset ovat 4 milj. mk, johon verrattuna nettolisäys antaa sijoitukselle 12.3 %:n koron.

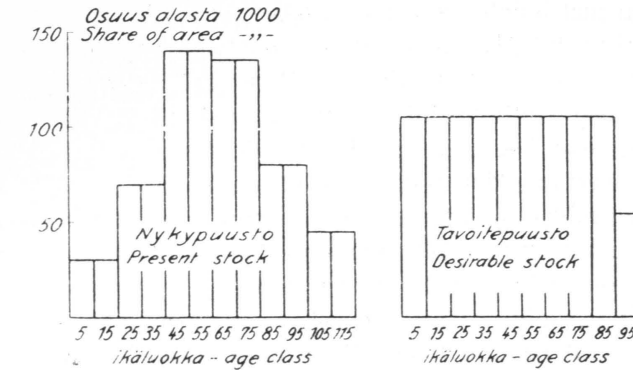
Kehityslaskelman menetelmä ja esimerkkejä

Menetelmän periaatteet

Kehityslaskelman suorittamiseen liittyvien periaatteiden tarkastelu voidaan jakaa kahteen osaan. Ensinnäkin on selvitettävä, miten nykypuustoa tulisi hakata sen kasvuedellytysten parantamiseksi ja toiseksi on hahmoteltava laskelman teknillinen suorittaminen. Kummankin osan tarkastelu tulee suurelta osalta perustumaan siihen työhön, jonka LIHTONEN (1943, 1944, 1946, 1952 ja 1959) on suorittanut tuottohakkuulaskelman kehittämiseksi tutkittaessa metsän puuston lyhyt- ja pitkäaikaista muuttumista. Tuottohakkuulaskelman soveltajista on mainittava ennen muita ILVESSALO (1956) ja LINNAMIES (1959), jotka ovat myös merkittävällä tavalla selvittäneet kehityslaskelmien taksatorisia ja metsänhoidollisia perusteita. Muista mainittakoon vielä LAPPALAINEN (1955) ja KALLIO (1958). Kirjoittaja on selvittänyt aiheeseen liittyviä kasvunlaskennan, kasvun ennusteen laadinnan ja yli-ikäisen puuston hakkuusuunnitteen laskennan periaatteita (KUUSELA 1953, 1958 a, b ja c). Tärkein lähde tavoitemännikön hahmottamiseksi ja männiköiden käsittelyn selvittämiseksi ovat NYYSÖSEN (1952, 1954 ja 1958) julkaisut. Koska aihe liittyy olennaisesti suurten alueiden metsätalouden järjestelyyn sekä valtakunnallisen metsätaseen laadintaan, on LÖNNROTHIN (1927), SAAREN (1948), ILVESSALON (1958) ja PÖNTYSEN (1958 ja 1959) julkaisut pyrittävä ottamaan tarkoin huomioon. Ulkomaisista tutkijoista mainittakoon SEIP (1953, 1956, 1957 ja 1958), joka on Norjassa tutkinut monia hakkuusuunnitteen määrittämiseen liittyviä ongelmia.

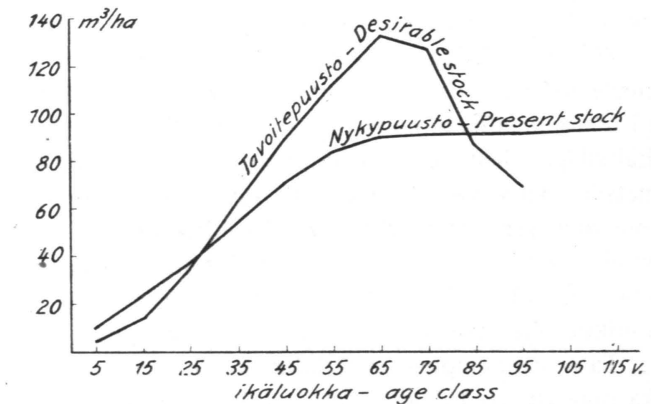
Periaatteiden tarkastelun ensimmäisessä osassa on selvitettävä, miten nyky-metsiköitä on hakattava puuston kasvukunnon parantamiseksi, ja miten hakkuumäärä on jaettava eri ikäluokkien osalle. Puuston käsittely on pyrittävä saamaan sellaiseksi, kuin mikä edellä mainittujen tutkimusten mukaan näyttää oikealta kulloinkin hakkuusuunnitteeseen liittyvien edellytysten puitteissa. Tarkastelun metsälliset perusteet ilmenevät piirroksista 1 ja 2 (Vert. myös taulukko 1 sivulla 10.).

Nykypuuston ikärakenteelle on ominaista, että taimistoja ja nuoria metsiköitä on hyvin vähän tavoitepuustoon verrattuna, 45—75 vuotiaita metsiköitä runsaasti sekä vanhoja ja selvästi kiertoajankin ylittäneitä metsiköitä suhteellisen runsaasti. Koska männiköiden kuutiokasvu on suurimmillaan 45—55 vuoden iällä (taulukko 1) ja sahapuun tuotos suurimmillaan noin 75 vuoden iällä



Piirros 1. Nykypuuston ja tavoitepuuston ikärakenne.

Fig. 1. Age class structure of the present and desirable growing stock.



Piirros 2. Nykypuuston ja tavoitepuuston ikäluokittaiset kuutiot.

Fig. 2. Volumes of age classes in the present and desirable stock.

(NYYSÖNEN 1958), pitäisi nykymänniköiden kasvun olla pelkästään ikärakenteen perusteella varsin suuri, ehkä tavoitepuuston kasvuakin suurempi. Lähiajan hakkuumahdollisuuksien pitäisi olla suorastaan erinomaiset, sillä jos vuotuinen uudistusala suurennettaisiin tavoitepuuston uudistusalaksi, merkitsisi se uudistamisen kolminkertaistumista kahteen viimeksi kuluneeseen vuosikymmeneen verrattuna. Todellisuudessa nykykasvu on selvästi pienempi kuin tavoitepuuston kasvu. Ja hakkuumahdollisuuksien osalta runsas vuosikymmen sitten esitettiin maassamme yleisesti, että edistyvän metsätalouden vaatimusten mukaisesti Suomen eteläpuoliskon metsissä vuotuisen hakkuumäärän tulisi olla kasvua pienempi.

Edellä olevat ristiriitaisuudet tulevat ymmärrettäviksi, kun tarkastellaan piirrosta 2. Syynä siihen, miksi nykykasvu on vajaat 82 % tavoitepuuston kasvusta,

on keski-ikäisten metsiköiden vajaapuustoisuus ja myös vanhojen ikäluokkien suhteellisen suuri määrä. Nykypuuston ikäluokittaisten keskikuutioiden vertaaminen tavoitepuuston keskikuutioiden osoittaa, että nykyisten taimistojen ja nuorten metsiköiden kuutiomäärä on tavoitepuuston kuutiomääriä suurempi, mikä johtuu ylispuista. Näiden ylispuiden välitöntä poistamista on ilmeisestikin pidettävä hyvän metsänhoidon mukaisena. Ikäluokat 45—75 ovat selvästi vajaapuustoisia. Mikäli niiden keskikuutioita voitaisiin kartuttaa, lisäksi se puuston arvokkaimman ja kehityskykyisimmän osan kasvua. Vanhoissa ikäluokissa on keskikuutio tavoitepuuston keskikuutioita suurempi. (Tavoitepuuston keskikuutioiden pieneneminen johtuu väljennyksistä ja suojuspuuhakkuusta.) Kaikkein vanhimmat ikäluokat ovat jo taloudellisen puun kasvattamisen kannalta ylikäisiä (vert. niiden kasvusadanneksia taulukossa 1) ja siis uudistettavia.

Tarkastelun perusteella on päädytty seuraaviin puuston käsittelyn ohjeisiin kehityslaskelmaa suoritettaessa:

Taimistot vapautetaan ylispuista ja niiden kehittyminen pyritään saamaan mahdollisimman tarkoin tavoitepuuston kehittymistä noudattavaksi. 35—65 vuotiaiden metsiköiden keskikuutioita pyritään suurentamaan pitämällä poistuma kasvua pienempänä. Näistä hakkuista kertyvien puumäärien lisäksi tarpeellinen määrä otetaan uudistamalla ja väljentämällä vanhimpia metsikköjä.

Nykyisten ikäluokkien kehittymistä ohjataan laskelmassa siten, että taimistot ja nuoret metsiköt kasvavat lähes samalla tavalla kuin tavoitepuuston metsiköt. Tavoitepuustoon verrattuna yhtä hyvää kehittymistä ei ole pidetty mahdollisena sen vuoksi, että tähän asti laiminlyödyt nuoretkaan metsiköt eivät enää kasva samalla tavalla kuin alusta asti hyvin hoidetut. 35—65 vuotiaiden metsiköiden keskikuutioita voidaan suurentaa sitä enemmän, mitä nuorempia metsiköt ovat. Tätä vanhempien metsiköiden kehittyminen määräytyy sen mukaan, kuinka nopeasti ne tulevat uudistetuiksi. Uudistuminen edellytetään tapahtuvaksi välittömästi päätehakkuun jälkeen, ja uudet metsiköt kehittyvät tavoitepuuston mukaisesti.

Toinen osa periaatteellisesta tarkastelusta koskee laskennan menetelmää. Lähtökohtana on tuottohakkuulaskelman kaavio. Tuottohakkuulaskelmaan verrattuna on tehty muutoksia lähinnä kasvun sekä poistuman määrittämiseksi. Kasvusadannesten käyttämistä on pyritty välttämään seuraavista syistä:

Kun sadanneksia käytetään kokonaisen kiertoajan pituisessa laskelmassa, ovat mahdolliset virheet jaksosta toiseen siirtyviä ja kasautuvia. Kasvusadannesten virheitä on vaikea kontrolloida eivätkä ne ole yhtä helposti havaittavia kuin virheet absoluuttisissa arvoissa. Sekaannusta aiheuttaa myös mahdollisuus käyttää erilaisia koronkorkolaskun periaatteita (KUUSELA 1953 ja 1958). Varsinkin nuorten metsiköiden kasvua on ollut vaikea laskea sadannesmenetelmällä (VUOKILA 1956 ja HEIKURAINEN 1959). Näyttääkin ilmeiseltä, että tähänastisissa kasvun ennusteissa on sadannesmenetelmää käytettäessä saatu nuorten metsiköiden kasvu usein todellisuutta pienemmäksi. Vanhempien metsiköiden

Taulukko 2. Kehityslaskelman kulku 10 vuoden pituisen laskentajakson aikana.

Table 2. Course of the stock development forecast during a calculation period of 10 years.

Ikä l. v. Age class years	Pinta-ala Area ha		Alku- kuutio Initial Volume	Kasvu Increment		Hakkuu % a kasvusta Percentage of cut against increment	Hakkuu m ³ :ssä Cut in m ³		Kuutio- määrän muutos Change in Volume	Lop- pu- kuutio Final Volume
	K	U		10 v. » y.	5 v. » y.		ha:lla per ha	Yht. Total		
5	30		10	15		80	12	360	+ 3	13
15	30		23	24		60	14	420	+ 10	33
25	70		37	32		32	10	700	+ 22	59
35	70		54	36		45	16	1 120	+ 20	74
45	140		71	38		45	17	2 380	+ 21	92
55	140		84	37		45	17	2 380	+ 20	104
65	135		90	34		50	17	2 295	+ 17	107
75	135		91	31		100	31	4 185	—	91
85	80		92	28		150	42	3 360	— 14	78
95	18	62	92	26	13	200	52	936	— 26	66
105		45	93	24	12	—	105	6 510	— 92	—
115		45	94	22	11	—	105	4 725	— 93	—
Yht. Total		1 000						34 096		
Kes- kim./ha Average /ha			77	3.16				3.41		

kohdalla taas tuottaa haittaa epämääräisyys, joka aiheutuu kokonaispuuston sadanneksen harkinnanvaraisesta jakamisesta kehitettävän puuston ja hakkuusuunnitteen sadannekseksi (LIHTONEN 1943 ja 1946, ILVESSALO 1956 ja KALLIO 1958) sekä hakkuusuunnitteen sadanneksen alentamisesta silloin, kun kehitettävälle puustolle käytetään muunnettuja diskonttosadanneksia (LINNAMIES 1959). Kuten kirjoittaja on aiemmin todennut (KUUSELA 1958), näillä harkinnanvaraisilla ratkaisuilla voidaan herkästi, puutteellisin perustein ja virheellisestikin muuttaa kokonaiskasvua.

Kun laskelma ulottuu vain 10 tai 20 vuotta tulevaisuuteen, eivät edellä mainitut virhemahdollisuudet ehkä aina ole lopputulokseen sanottavasti vaikuttavia, mutta kun on kysymys kiertoajan pituisesta laskelmasta, kertautuu jokainen virhe niin monta kertaa, että lopputulos saattaa muuttua olennaisesti toiseksi. Lisäksi sadannesmenetelmä on laskennallisesti varsin suuritöinen.

Asetelmassa 1 on nykypuusto ja tavoitepuusto kuvattu siten, että lukusarjoja voidaan käyttää sellaisinaan tai osittain muunnettuina kehityslaskelmassa. Menetelmä selviää parhaiten, kun sen vaiheet selostetaan yhden laskentajakson puitteissa.

Taulukossa 2 on laskettu puuston kehittyminen ja hakkuusuunnitteen koostuminen yhden 10-vuotiskauden aikana. Laskentayksikkönä on 1000 ha, ja koko-

naispinta-ala on jaettu ikäluokkien osalle taulukon 1 nykypuuston mukaisesti. Sarekkeessa K ovat kehitettävät metsiköt ja sarekkeessa U jakson aikana uudistettavat metsiköt. Laskelmassa on hakkuusuunnitteen kokonaismäärä ennakoita asetettu 3.41 m³:ksi hehtaaria kohden, ja kun kehitettäviä metsiköitä hakataan edellä esitettyjen periaatteiden mukaisesti, tulee uudistusalan suuruudeksi se, joka antaa riittävän puumäärän asetetun hakkuusuunnitteen saavuttamiseksi.

Alkukuutio on inventoinnin mukainen asianomaisen ikäluokan keskikuutio ja 10 vuoden kasvu asianomaisessa ikäluokassa mitattu keskimääräinen vuotuis-kasvu kerrottuna kymmenellä. Kehitettävissä metsiköissä on kasvuluku käsitetty siten, että tietyn suuruinen puusto kasvaa iän ja kuutiomäärän funktiona, kuten inventoinnissa on todettu, ja samanaikaisesti metsiköistä hakataan harvennusten ja väljennysten edellyttämä puumäärä. Uudistettavissa metsiköissä kasvavaa vanhaa puustoa on vain keskimäärin 5 vuoden ajan, joten niissä käytetään 5 vuoden kasvua. Näin tehden on valtakunnan metsien inventoinneissa saatu kasvuluku käsitetty nykypuuston mittausvuoden kasvuksi, joksi se on myös ilmoitettu (ILVESSALO 1956). Voidaan tietysti asettaa kysymyksen alaiseksi, onko se sitä ja onko se ennustejakson aikana tapahtuvan kasvun suuruinen, mutta se on joka tapauksessa paras kehityslaskelman suorittajan käytettävissä oleva arvio.

Kasvulukuun sisältyy siis sekä kehitettävän puuston että hakkuusuunnitteen kasvu jakson aikana. Suuruudeltaan se on yksinomaan alkupuuston funktio riippumatta hakkuun voimakkuudesta. Jos siis ikäluokan keskikuutio on 100 ja 10 vuoden kasvu 40, ei kasvun suuruuteen vaikuta, onko poistuman suuruus 40 tai 50. Yhden jakson puitteissa kasvu ei ilmeisestikään ole molemmissa vaihtoehdossa yhtä suuri. Kehityslaskelmassa suuremman hakkuun kasvua pienentävä vaikutus tulee näkyviin seuraavan jakson aikana siten, että kun keskikuutio pienenee, pienenee myös kasvu.

Olenainen piirre näin suoritettavassa kasvun ennusteessa on se, että jokaisessa nykypuuston ikäluokassa ja ikäluokkien kehitysvaiheissa kasvu on määritetty keskikuution funktiona. Menettely perustuu niihin tutkimuksiin, joissa on todettu, että samanikäisissä metsiköissä tietyllä kuutiomäärän vaihtelun alueella on kasvun suuruus suorassa suhteessa puuston kuutiomäärään (NYSSÖNEN 1954 ja 1958, KUUSELA 1956 ja HEIKURAINEN 1959). Periaatteessa menetelmä näyttää luotettavammalta kuin sadannesmenetelmä. Joka tapauksessa se on sadannesmenetelmää paljon yksinkertaisempi.

Sanotun mukaisesti on laskelman kaikissa jaksoissa kasvusadannes muuttumaton niissä ikäluokissa, joiden metsiköt ovat nykypuustossa vähintään 25 vuotiaita. Siten 30 vuoden kuluttua laskelman alusta silloin 85 vuotiaan puuston kasvusadannes on yhtä suuri kuin laskelman alussa 85 vuotiaan puuston sadannes. Nuorimpien metsiköiden kasvunennuste on suoritettu siten, että ylispuiden poistamisen jälkeen niiden kasvusadannes on oletettu yhtä suureksi kuin tavoitepuustossa. Näin ollen kokonaiskasvu on kehityslaskelmassa kahden raja-arvon

välissä. Pohjana on nykypuuston kasvu ja kattona tavoitepuuston kasvu. Vaikka onkin luonnollista, että käytettyyn menetelmään tulee erilaisille puustoille tulevaisuudessa suoritettavien kehityslaskelmien yhteydessä saatavien kokemusten perusteella tarkistuksia ja muutoksia, näyttäisi se merkitsevän tuntuva laskentateknillistä etua aiempiin menetelmiin verrattuna.

Kehitettävän puuston osalla on hakkuun voimakkuus määritetty suhteessa kasvuun. Siten ikäluokassa 45 v. on jakson kasvu 38, hakkuumäärä 45 % kasvusta, eli 17. Kun tämä kerrotaan ikäluokan pinta-alalla, saadaan ikäluokan hakkuumäärä. Hehtaaria kohden lasketun kasvun ja hakkuumäärän erotus osoittaa keskikuution muutoksen, jonka perusteella saadaan keskikuutio jakson lopussa eli loppukuutio, mikä on seuraavan ikäluokan uusi alkukuutio.

Hakkuumäärän suuruuden arvioimiseksi on käytetty ohjeena tavoitepuuston vastaavaa suhdetta. Sitä on kuitenkin muutettu harkinnanvaraisesti siten, että puusto kehittyisi, kuten käsittelyn periaatteet edellyttävät. Niinpä ensimmäisen jakson aikana on hakkuu nuorimmissa metsiköissä suhteellisen suuri, koska ylispuut on poistettava. Keski-ikäisissä metsiköissä on hakkuumäärä taas pieni, sillä pyrkimyksenä on kartuttaa niiden puustoa. Vanhoissa mutta ei vielä uudistettavissa metsiköissä hakkuumäärän suuruuteen vaikuttaa pyrkimys noudattaa mahdollisuuksien mukaan tavoitepuuston kiertoaikaa ja tavoitepuuston kehittymistä.

Ikäluokittaisten hakkuumäärien summan saaminen ennakoita asetetun suunnitteen suuruiseksi tapahtuu siten, että ensin summataan kehitettävistä metsiköistä harvennus- ja väljennyspoistuma ja näiden lisäksi tarpeellinen puumäärä otetaan uudistamalla sekä väljentämällä vanhimpia metsiköitä.

Kaksi kehityslaskelmaa Suomen eteläpuoliskon VT:n männiköille

Edellä esitettyjä periaatteita ja menetelmiä on sovellettu kahdessa taulukon 1 nykypuustolle laaditussa kehityslaskelmassa. Ensimmäisessä on hakkuusuunnite koko laskelman ajan 8 % suurempi kuin nykykasvu. Laskelman pituus on 90 vuotta, ja sinä aikana tulevat kaikki nykyiset metsiköt uudistetuiksi.

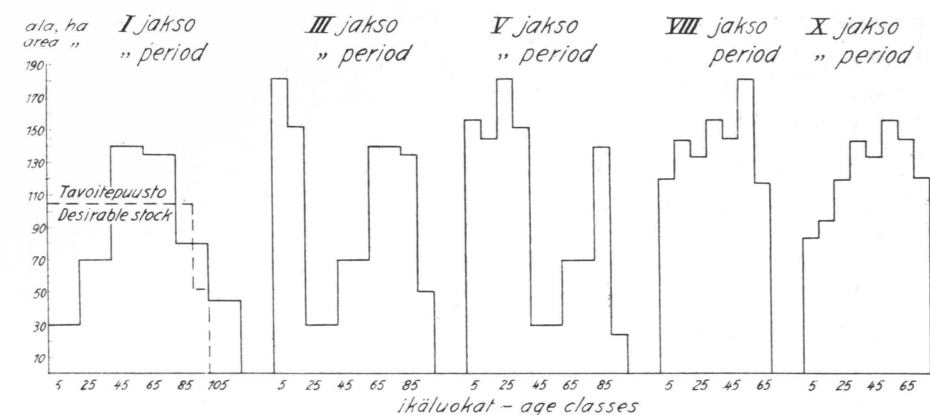
Kehityslaskelman kulku edellyttää, että taimistoista ja nuorista metsiköistä poistetaan ylispuut, keski-ikäisten metsiköiden kuutiomäärää pyritään suurentamaan ja ennalta asetettu hakkuusuunnite täytetään uudistamalla vanhimpia metsiköitä.

Tulokset ovat taulukossa 3 ja piirroksissa 3—5. Jotta suunnite saataisiin haketuksi, on uudistusala neljän ensimmäisen vuosikymmenen aikana varsin suuri. Kun se tavoitepuustossa on 105 ha 1 000 ha:n laskentayksikköä kohden, on se laskelman I jakson aikana 152 ha, sitten 182 ha, 145 ha ja 157 ha. Tämän jälkeen tarpeellinen uudistusala pienenee sen vuoksi, että uudistettavat metsiköt ovat nykyisiä runsaspuustoisempia, ja että uusien metsiköiden harventaminen antaa enemmän puuta kuin nykyisten metsiköiden harventaminen.

Taulukko 3. Tulokset Suomen eteläpuoliskon männiköille laaditusta kehityslaskelmasta, jossa laskentayksikkö on 1 000 ha ja vuotuinen muuttumaton hakkuusuunnite 3.41 m³/ha.

Table 3. Results of a stock development forecast for the pine growing stock in Southern half of Finland. Calculation unit is 1 000 ha and permanent allowable cut 3.41 m³/ha.

Ikäluokka, v. Age class, years	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	Keski- kuutio ja -kasvu Average volume and increment
Ala—Area, ha Kuutio — Volume, m ³ /ha Kasvu — Increment, »	30	30	70	70	140	140	135	135	80	80	45	45	77
	152	30	30	70	70	140	140	135	135	80	18	—	73
	4	13	33	59	74	92	104	107	91	78	66	—	3.02
	8	19	36	40	40	40	40	36	27	22	17	—	3.02
	182	152	30	30	70	70	140	140	135	51	—	—	68
	4	14	33	59	81	96	112	118	103	78	—	—	68
	8	20	36	40	44	42	43	40	31	22	—	—	2.97
	145	182	152	30	30	70	70	140	140	41	—	—	63
	4	14	35	59	81	105	117	123	106	78	—	—	63
	8	20	38	40	44	46	44	42	32	23	—	—	3.07
	157	145	182	152	30	30	70	70	140	24	—	—	60
	4	14	35	63	81	105	128	126	115	79	—	—	60
	8	20	38	49	44	46	49	43	35	22	—	—	3.31
	134	157	145	182	152	30	30	70	70	30	—	—	60
	4	14	35	63	90	105	128	128	113	78	—	—	60
	8	20	38	49	59	46	49	44	34	23	—	—	3.66
	144	134	157	145	182	152	30	30	26	—	—	—	61
	4	14	35	63	90	113	128	128	115	—	—	—	61
	8	20	38	49	59	59	49	44	35	—	—	—	4.03
	120	144	134	157	145	182	118	—	—	—	—	—	66
	4	14	35	63	90	113	133	—	—	—	—	—	66
	8	20	38	49	59	59	53	—	—	—	—	—	4.22
	95	120	144	134	157	145	182	23	—	—	—	—	73
	4	14	35	63	90	113	133	127	—	—	—	—	73
	8	20	38	49	59	59	53	40	—	—	—	—	4.36
	84	95	120	144	134	157	145	121	—	—	—	—	79
	4	14	35	63	90	113	133	127	—	—	—	—	79
	8	20	38	49	59	59	53	40	—	—	—	—	4.39



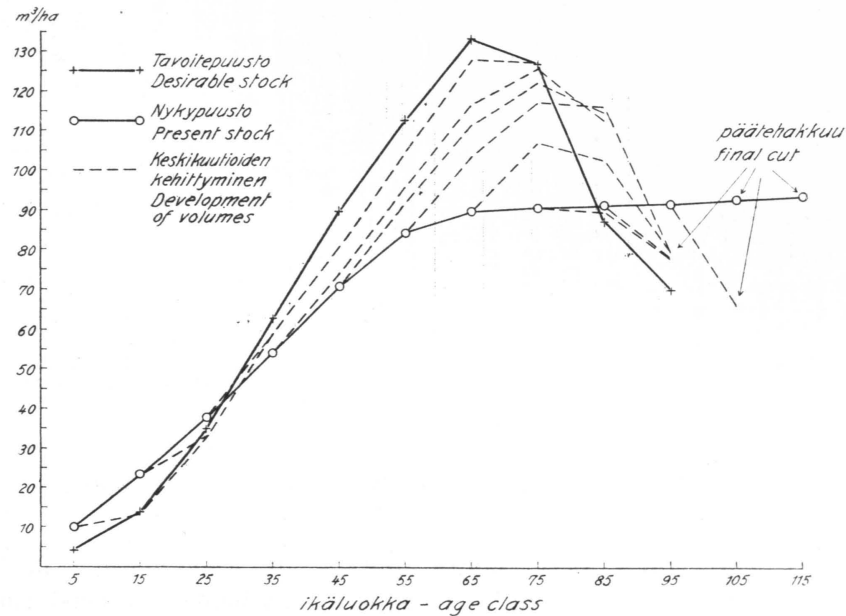
Piirros 3. Ikärakenteen kehitysvaiheita 100 vuoden aikana.

Fig. 3. Development stages of the age class structure during 100 years.

Puuston ikärakenteen kehittyminen osoittaa, että vanhimpien ikäluokkien osuus supistuu nopeasti, ja että VIII jakson aikana joudutaan metsätalouden järjestelyn kannalta katsottuna »lyhyen kiertoaajan kriisiin». Tällöin alkuperäisen puuston runsaat ikäluokat on hakattu, ja suunnitteen pienentämättömänä pitäminen edellyttää uusien metsiköiden hakkaamista alle tavoitepuuston kiertoaajan. Yhden 10-vuotisjakson aikana uudistettavien metsiköiden ikä on noin 70 vuotta ja seuraavan jakson aikana 80 vuotta tai pitempi riippuen siitä, säilytetäänkö hakkuumäärä entisen suuruisena vai aloitetaanko sen asteittainen suurentaminen kohden tavoitepuuston hakkuumäärää.

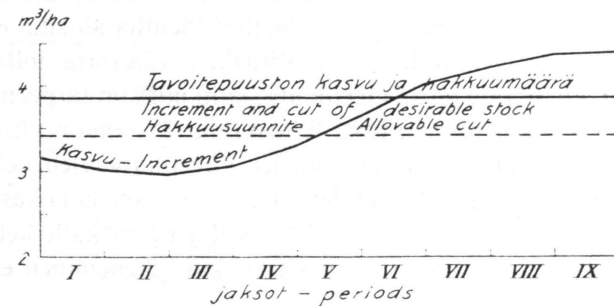
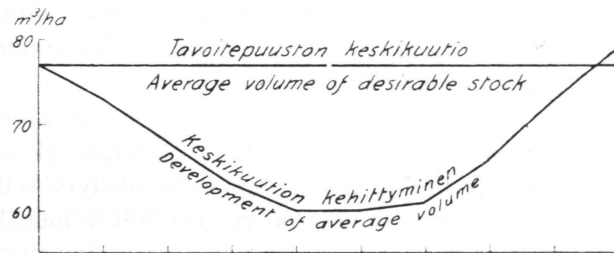
Suunnite, joka on 8 % nykykasvua suurempi, on siis kiintokuutiometreissä ilmaistuna kestävä. Samoin on myös korjatulla kameraalitaksalla saatu 11 % kasvua suurempi suunnite kestävä, kuitenkin sillä edellytyksellä, että »kriisivaiheessa» joudutaan uudistamaan noin 60 vuoden ikäisiä metsiköitä. Metsätalouden järjestelyn yleisten periaatteiden kannalta kiertoaajan tilapäisenkin alentaminen 95 vuodesta 70—60 vuoteen on siksi arveluttavaa, että siihen johtavaa suunnitetta ei voida suositella laajoille alueille. Pienillä alueilla on mahdollista, että metsäkokonaisuuteen kuuluu esim. ojituskelpoisia soita, joille saadaan ojitamisen jälkeen niin paljon uusia metsiköitä, kuin mitä on tarpeen »kriisivaiheen» ylittämiseksi kiertoaikaa sanottavasti lyhentämättä. Samoin yksityisten metsäloiden puitteissa on mahdollista, että uusien puusukupolvien kehittymistä voidaan jouduttaa metsänviljelyllä, puiden rodunjalostuksella ja kasvatushakkuilla niin paljon, että 60—70 vuotiaat metsiköt ovat yhtä pitkälle kehittyneitä kuin nykyisin 95 vuotiaat metsiköt. Tällöin kiertoaajan lyheneminen ei merkitsekään enää kriisiä.

Ikäluokittaisten kuutiomäärien kehittyminen piirroksessa 4 noudattaa sivulla 20 esitettyjä periaatteita. Mitä nuoremmista nykypuuston metsiköistä on kysy-



Piirros 4. Ikäluokittaisten kuutioiden kehittyminen 100 vuoden aikana.

Fig. 4. Development of the age class volumes during 100 years.



Piirros 5. Keskikuutioiden ja kasvun kehittyminen 100 vuoden aikana.

Fig. 5. Development of the average volume and increment during 100 years.

mys, sitä tarkemmin ne noudattavat tavoitepuuston kehittymistä. Vanhojen metsiköiden kuutiomäärä jää iän lisääntyessä yhä kauemmaksi tavoitepuustosta. Nykypuuston runsaille keski-ikäisille metsiköille ei voida soveltaa tavoitepuuston kiertoaikaa, vaan niiden keskikuutiot pursuvat yli tavoitepuuston murtoviivan.

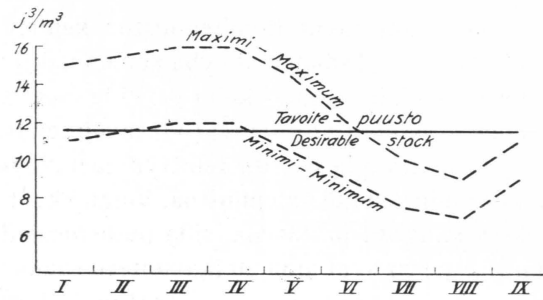
Kokonaispuuston keskikuution ja kasvun kehittyminen piirroksessa 5 osoittaa selvästi, miten hakkuutoiminta mullistaa puustoa. Voimakkaat uudistushakkuut pienentävät aluksi keskikuutiota ja kasvua, sillä uudistusaloille nousevien taimistojen kuutiomäärä ja kasvu ovat aina 20 ikävuoteen saakka suhteellisen pienet. III jakson aikana niiden merkitys alkaa jo tuntua, ja kasvun kehittymistä kuvaava murtoviiva kääntyy nousevaksi. Kun 35—55 vuotiaat metsiköt saavat puuston ikärakenteessa ratkaisevan osuuden, suurenee kasvu voimakkaasti ja ylittää lopulta sekä hakkuusuunnitteen että tavoitepuustonkin kasvun. Tavoitepuuston kasvun ylittäminen on tilapäistä ja sitä kestää vain niin kauan, kuin keskimääräistä laajemmille uudistusalueille nousseet metsiköt ovat suurimman kasvun kehitysvaiheessa. Tavoitepuustoa ei siis saavuteta ensimmäisen kiertoajan kuluttua, mikä johtuu siitä, että hakkuusuunnite on alussa vaatinut normaalia suurempia uudistusaloja.

Koska VII—VIII jakson aikana joudutaan uudistamaan noin 70 vuotiaita metsiköitä, seuraa tästä, että sahapuun osuus pienenee hakkuusuunnitteessa. Tässä yhteydessä riittää, jos sahapuun osuuden kehittyminen voidaan selvittää pääpiirteittäin. Nopeimmin se tapahtuu ikärakenteen perusteella. Aluksi esitetäkään muutamia lukuja siitä, kuinka paljon sahapuuta on arvioitu olevan hakkuupoistuman kiintokuutiometrissä eri yhteyksissä (Tapion taskukirja, XIV painos, 1959, ILVESSALO 1956 ja NYSSÖNEN 1958):

	j ³ /m ³
maan eteläisimmän vyöhykkeen verokuutiometrissä	9.0
III metsien inventoinnin perusteella laaditussa hakkuusuunnitteessa	11.5
tavoitepuuston hakkuumäärässä, kiertoaika 115 v.	14.1
» » » 95 »	11.6
» » » 85 »	9.7
» » » 75 »	7.6

Esitettyjen lukujen ja kehityslaskelmissa kunkin 10-vuotisjakson ikärakenteen perusteella on sahapuun osuudelle arvioitu maksimi ja minimi, joiden kehittyminen on piirroksessa 6. Arvio on epätarkin nykyisiä vanhoja metsiköitä uudistettaessa, ja ääriarvojen väliksi on katsottu 4 j³. Kun puuston laatu ja rakenne lähenee tavoitepuuston laatua ja rakennetta, on arviointi luotettavammalla pohjalla, ja ero on vastaavasti 2 j³.

Arvion mukaan sahapuun osuus on suurimmillaan noin 40 vuoden kuluttua ja pienimmillään noin 70 vuoden kuluttua. Pienimmillään se on noin 57 % suurimmasta arvostaan. Kun otetaan vielä huomioon, että myös tukkien keskikoko pienenee, tapahtuu sahapuun tuotoksessa varsin jyrkkää vaihtelua. Tämä onkin



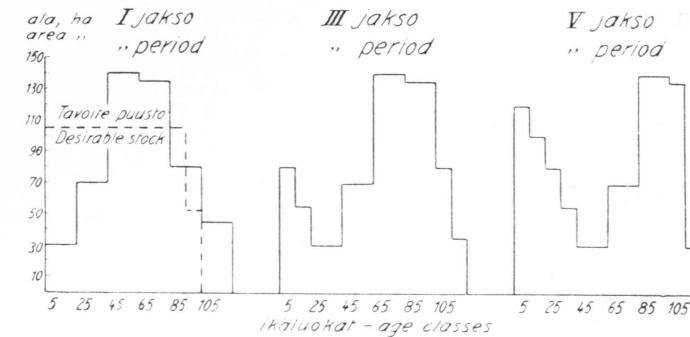
Piirros 6. Arvio sahapuuosuuden kehittymisestä 90 vuoden aikana.

Fig. 6. Estimated development of the saw timber portion in the allowable cut during 90 years.

Taulukko 4. Tulokset Suomen eteläpuoliskon männiköille laaditusta kehityslaskelmasta, jossa laskentayksikkö on 1 000 ha, vuotuinen muuttumaton hakkuusuunnite $3.16 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja uudistusala neljän ensimmäisen jakson aikana 55, 80, 100 ja 120 ha.

Table 4. Results of a stock development forecast for the pine growing stock in Southern half of Finland. Calculation unit is 1 000 ha, permanent allowable cut $3.16 \text{ m}^3/\text{ha}$ and generation area during four periods 55, 80, 100 and 120 ha.

Ikäluokka, v. Age class, years	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	Keski- kuutio ja -kasvu Average volume and increment
	I jakso - I period												
Ala - Area, ha	30	30	70	70	140	140	135	135	80	80	45	45	
Kuutio - Volume, m^3/ha	10	23	37	54	71	84	90	91	92	92	93	94	77
Kasvu - Increment, »	15	24	32	36	38	37	34	31	28	26	24	22	3.16
	II jakso - II period												
—»—	55	30	30	70	70	140	140	135	135	80	80	35	
	4	13	33	59	70	84	90	92	93	92	79	81	76
	8	19	36	40	38	37	34	31	28	26	21	19	2.99
	III jakso - III period												
—»—	80	55	30	30	70	70	140	140	135	135	80	35	
	4	14	33	59	81	83	90	92	94	92	79	68	75
	8	20	36	40	44	37	34	31	28	26	21	16	2.83
	IV jakso - IV period												
—»—	100	80	55	30	30	70	70	140	140	135	135	15	
	4	14	35	59	81	105	89	92	94	93	79	68	72
	8	20	38	40	44	46	34	31	28	26	21	16	2.75
	V jakso - V period												
—»—	120	100	80	55	30	30	70	70	140	140	135	30	
	4	14	35	63	81	105	128	91	94	88	79	68	67
	8	20	38	49	44	46	49	31	28	25	21	16	2.77

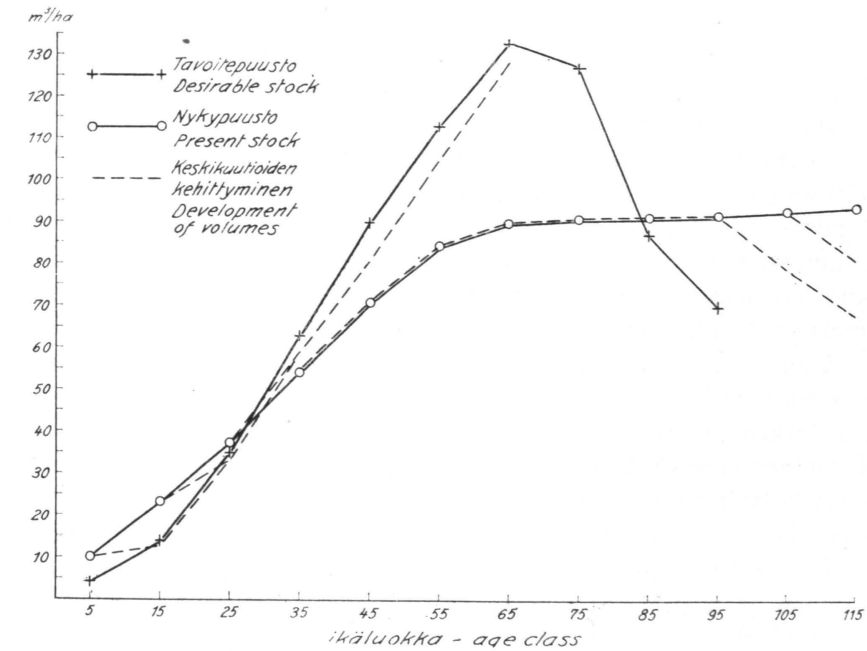


Piirros 7. Ikärakenteen kehitysvaiheita 50 vuoden aikana.

Fig. 7. Development stages of the age class structure during 50 years.

syy siihen, että 8 % kasvua ylittävää suunnitetta ei voida suositella laajalle metsäalueelle.

Taulukossa 4 ja piirroksissa 7—9 on esitetty tulokset samalle nykypuustolle suoritettusta 40 vuoden pituisesta kehityslaskelmasta, jossa suunnitetta on pidetty koko ajan nykykasvun suuruisena eli $3.16 \text{ m}^3/\text{ha}$. Jaksottainen uudistusala on asteittain suureneva. Nykyisen ikärakenteen mukaan kahden viimeksi kuluneen 10-vuotisjakson aikana jaksottainen uudistusala on ollut 30 ha. Vaikka



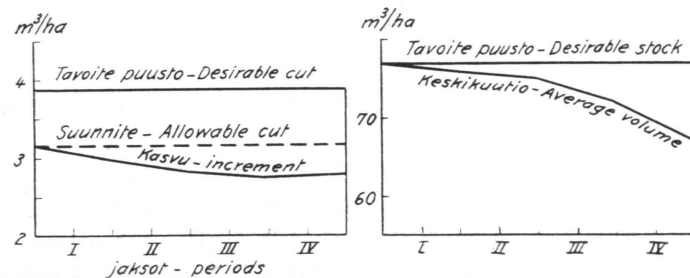
Piirros 8. Ikäluokittaisten kuutioiden kehittyminen 50 vuoden aikana.

Fig. 8. Development of the age class volumes during 50 years.

huomattavasti laajempi uudistaminen onkin tarpeen, voidaan perustellusti esittää käsitys, että varsinkaan lukuisilla pienmetsälöillä ei tähänastisia uudistusaloja voida nelinkertaistaa ja taas suurilla alueilla se ei taloudellis-teknillisten syidenkään vuoksi ole välittömästi mahdollista. Esitettyjen syiden vuoksi I jakson uudistusala on 55 ha, II:n 80 ha, III:n 100 ha ja IV:n 120 ha.

Haluttu hakkuusuunnite on täytetty ensisijaisesti uudistettavista metsiköistä ja sen lisäksi on puuta otettu tarpeen mukaan väljennys- ja harvennushakkuilla. Taimistoa ja nuorimpia metsiköitä on käsitelty samalla tavalla kuin ensimmäisessä esimerkissä.

Laskelman tulokset osoittavat, että vaikka puuston ikärakenne muuttuukin selvästi (piirros 7), ei vielä 40 vuoden kuluttua ole päästy eroon ikäluokasta 115 v.



Piirros 9. Keskikuution ja kasvun kehittyminen 50 vuoden aikana.

Fig. 9. Development of the average volume and increment during 50 years.

Tänä ajankohtana on puustolle ominaista lähes tavoitepuuston mukaiset taimistot ja runsaat, yli-ikäisiksi vanhenevat metsiköt. Hakkuumäärä on helposti suurennettavissa siihenastisesta.

Ikäluokittaisten keskikuutioiden kehittymiselle on olennaista (piirros 8), että suunnitteen edellyttämästä puumäärästä on täytynyt ottaa varsin suuri osa kasvuisimmista keski-ikäisistä metsiköistä, minkä vuoksi niiden keskikuutioita ei ole voitu suurentaa. Nykypuuston kasvuedellytyksiä ei ole siis voitu parantaa muutoin kuin valitsemalla poistettaviksi puiksi teknillisesti huonoimpia ja heikkokasvuisimpia yksilöitä. Tästä on ollut seurauksena, että metsiköt ovat vajaapuustoisina vanhentuneet käsiin, että kokonaiskasvun minimi (piirros 9) on alempana ja nouseva kehitys alkaa myöhemmin sekä hitaampana kuin ensimmäisessä esimerkissä, jossa puuston käsittelyn ensisijaisena ohjeena oli kuutiomäärän kartuttaminen nuorissa ja keski-ikäisissä metsiköissä sekä vanhimpien metsiköiden riipeä ja laaja uudistaminen.

Esimerkki osoittaa selvästi, että jos puustoon kuuluu runsaasti vanhoja metsiköitä, ja jos kasvuisimmat metsiköt ovat vajaapuustoisia, johtaa uudistamisen lykkääminen ja tarpeellisen puumäärän ottaminen ensisijaisesti väljennyksillä ja harvennuksilla kasvutappioihin, suurinta mahdollista pienempiin tuloihin ja vanhojen metsiköiden uudistamisongelman lykkäämiseen tulevaisuuteen, jossa se on joka tapauksessa edessä nykyistä vieläkin laajamittaisempaan.

Päätelmät

Vaikka edistyvään metsätalouteen liittykin useimmiten asteittain suureneva hakkuumäärä, on silloinkin tarpeen tietää, mikä on asianomaisella metsäalueella suurin mahdollinen kestävä hakkuumäärä. Se määrittää katon, jonka yli ei voida mennä, ellei haluta pienentää hakkuumäärää tulevaisuudessa. Samoin kun kysymyksessä on metsän tuottoarvon selvittäminen, sillä tuntuisi olevan ratkaisevan tärkeä merkitys.

Korjattu kameraalitaksa on tietyissä rajoissa nopea menetelmä laskea suurin kestävä hakkuusuunnite. Sen käyttäminen edellyttää, että tunnetaan nykypuuston keskikuutio ja kasvu sekä tavoitepuuston keskikuutio, kasvu ja kiertoaika. Tavoitepuuston merkitystä on syytä korostaa aivan erikoisesti, sillä se ei ole yksinomaan kaukainen päämäärä, vaan sen tunnuksat vaikuttavat kestävä hakkuusuunnitteen suuruuteen yhtä paljon kuin nykypuustonkin tunnuksat. Metsätalouden järjestelyn alaan kuuluvan tutkimustyön tärkeimpiä tehtäviä maassamme onkin selvittää, mikä on talousalueittain ja metsätyypeittäin käytännössä mahdollinen tavoitepuusto.

Korjatun kameraalitaksan rajoituksista mainittakoon ensinnäkin, että jos nykypuuston kuutiomäärä on selvästi pienempi kuin tavoitepuuston kuutiomäärä, antaa kaava suunnitteen, joka ei ole kestävä. Tämä koskee lähinnä vajaapuustoisimpia metsiä. Yleensä metsiemme keskikuutio on suhteellisen korkea, mikä tarjoaa edullisen lähtökohdan edistyvän metsätalouden harjoittamiseksi.

Jos kaavalla saatua kiintokuutiometreissä ilmaistua suunnitetta ryhdytään hakkaamaan, joudutaan ensimmäisen kiertoajan loppupuoliskolla uudistamaan osa puustoa niin nuorena, että järeän puun tuotoksen kohdalla joudutaan tinkimään suuresti kestävyuden vaatimuksesta. Jos nykypuuston sahapuumäärän lisäksi olisi tiedossa sahapuun vuotuinen tuotos nykypuustossa samalla tavalla, kuin nämä tiedot tunnetaan tavoitepuustosta, voitaisiin kaavalla laskea, mikä on suurin kestävä sahapuun hakkuusuunnite. Etukäteen voitaneen päätellä, että jos sahapuun hakkuusuunnite on kestävä, on kokonaissuunnite kiintokuutiometrimäärältään pienempi sitä suunnitetta, joka kaavalla saadaan kokonaissuutun ja kasvun perusteella. Olisi erittäin suotavaa, että metsävarojen inventoinneissa selvitettäisiin myös nykypuuston sahapuun tuotos. Se saataisiin helposti, jos kasvu laskettaisiin siirtymänä.

Sanotun perusteella on todettava, että kun korjatulla kameraalitaksalla on laskettu nykypuustolle suurin kestävä hakkuusuunnite, joka on 11 % suurempi kuin nykyinen kasvu, on se kestävä sahapuun hakkuumäärän kannalta katsottuna liian suuri. Yleistäviä päätelmiä tehtäessä on pidettävä myös mielessä, että tutkimuksessa käytetty tavoitepuusto perustuu kasvutaulukoihin, joiden aineisto on koottu Etelä-Suomen edullisimmilta männyn kasvualueilta (NYYSSÖNEN 1954), ja että nykypuustoon kuuluvat kaikki Suomen eteläpuoliskon männiköt. Joskin taulukkoarvoja on alennettu 20 %, ei tällä hetkellä voida sanoa, onko tavoitepuusto sopiva Suomen eteläpuoliskon mäntymaille.

Nykyisten tietojen puitteissa näyttää siltä, että männiköillemme voidaan suositella suurinta kestävä hakkuusuunnitetta, joka on enintään 5—7 % nykykasvua suurempi. Tätä suuremman hakkuumäärän kestävyys ei ole enää taattu, elleivät metsänviljely, puiden rodunjalostus ja kasvatushakkuut jouduta siinä määrin uusien metsiköiden kehittymistä, että ne joutuvat hakkuukypsiksi nuorempina kuin nykyiset metsiköt. Ojitetuille soille ja mahdollisesti myös tuoreille kankaille nousevat metsiköt voivat antaa mahdollisuuden hakata samaan kokonaisuuteen kuuluvia männiköitä enemmän, kuin mitä niiden oma kasvukyky sallii.

Vaikka korjatulla kameraalitaksalla saataviin hakkuusuunnitteisiin absoluutisina arvioina on suhtauduttava varauksin, tarjoaa se nopean menetelmän hakkuumahdollisuuksien alustavaksi hahmottamiseksi. Tämän lisäksi voidaan kaavalla selvittää vaihtoehtoisten puuston käsittelyjen suhteellista edullisuutta. Niinpä esimerkkeinä suoritettut laskelmat osoittavat, että tavoitepuuston kiertoajan lyhentäminen suurentaa voimakkaasti kestävä hakkuusuunnitetta, ja että metsiköiden uudistumisen viivästyminen pienentää ja uusien metsiköiden kehittymisen nopeutuminen suurentaa suunnitetta. Metsäojituksen merkitys ja edullisuus tulevat selvästi esille, kun tutkitaan ojituksen vaikutusta metsäkokonaisuuden hakkuumahdollisuuksien suurenemiseen. Metsän tuottoarvon suuruuden ja metsänviljelyn sekä maanparannustöiden edullisuuden arvioiminen suurimman kestävä hakkuusuunnitteen perusteella näyttää nopealta menetelmältä selvittää näitä liiketieteen keskeisiä ongelmia. Kuitenkin hakkuusuunnitteen kestävyden sitova osoittaminen edellyttää kameraalitaksan lisäksi pitkän ajanjakson peittävää puuston kehityslaskelmaa.

Tutkimuksessa suoritettut kehityslaskelmat perustuvat seuraaville näkökohdille ja ratkaisuille: Nykypuuston rakenne, kuutiomäärä ja kasvu selvitetään ikäluokittain. Alueen keskiboniteetille tai tärkeimmille metsätyypeille koostetaan ikäluokittain kuvattu tavoitepuusto. Kasvu arvioidaan ennusteessa puulajin, ikäluokan ja keskikuution funktiona. Kasvun ennusteen lähtökohtana on nykypuuston kasvu. Olemassa olevien taimistojen ja nuorien metsiköiden kasvua suurennetaan kehityslaskelman edistyessä kohden tavoitepuuston vastaavan ikäluokan kasvua. Mitä nuoremmista metsiköistä on kysymys, sitä lähemmäksi tavoitepuustoa voidaan päästä. Keski-ikäisissä ja vanhoissa metsiköissä katsotaan

saatavan kasvun lisäystä vain suurentamalla niiden kuutiomäärää, jolloin kuutiomäärän lisäys on suoraan verrannollinen kasvun lisäykseen. Uusien metsiköiden kasvu noudattaa tavoitepuuston kasvua.

Kasvunennusteen laatimista jouduttaa suuresti, kun aluksi laaditaan luku-sarjat, joista saadaan absoluuttinen kasvu puuston ikäluokan ja keskikuution perusteella. Tällöin välttyään vaivalloisilta sadanneslaskuilta. Kasvunennuste suoritetaan nykypuuston ja tavoitepuuston muodostamien rajojen välissä, jolloin tavoitepuusto on nykypuuston kasvun ja kehittymisen kontrolli.

Hakkuusuunnitteen ikäluokittaiset osuudet määritetään sadannessuhteina kunkin jakson kasvusta siten, että nykypuusto kehittyy mahdollisuuksien mukaan kohden tavoitepuustoa. Hakkuusuunnitteen kasvua ei lasketa erikseen, vaan jaksottainen kokonaiskasvu määritetään kunkin ikäluokan pystypuuston keskimääräisen kuution perusteella.

Kuvattu menetelmä mukautuu joustavasti puuston käsittelyn eri vaihtoehtojen tutkimiseen. Niinpä esimerkeistä ensimmäisessä kehityslaskelmassa (sivu 23) ovat kehitettävän puuston käsittely ja hakkuusuunnitteen määrä etukäteen määritetyt. Laskelma osoittaa, mikä on tarpeellinen uudistusala ja miten puuston ikärakenne kehittyy. Toisessa laskelmassa (sivu 29) on taas etukäteen määritetty asteittain suureneva uudistusala, taimiston ja nuorten metsiköiden käsittely sekä suunnitteen määrä. Laskelman tulokset osoittavat, miten ikärakenne sekä keski-ikäisten ja vanhojen metsiköiden kuutiomäärät kehittyvät. — Vastavalla tavalla voidaan selvittää muilla eri perusteilla suoritettun puuston käsittelyn seuraukset.

Esimerkkeinä suoritettujen laskelmien perusteella voidaan tehdä eräitä puuston käsittelyyn ja kehittymiseen liittyviä päätelmiä. Kun hakkuusuunnite on 8 % suurempi kuin nykykasvu, ja kun nuoria sekä keski-ikäisiä metsiköitä kehitetään kohden tavoitepuustoa, täytyy uudistusalan olla alussa yli 50 % suurempi kuin tavoitemetsässä. Vaikka puuston keskikuutio ja kasvu pienenevät alussa, parantuvat kasvuedellytykset nopeasti vanhojen metsiköiden korvautuessa taimistoilla. Uusien taimistojen kasvu alkaa tuntua 30 vuoden kuluttua, jolloin puuston kasvu muuttuu suurenevaksi.

Noin 70 vuoden kuluttua vanhat metsiköt loppuvat, ja hakkuumäärän muuttumattomana pitäminen edellyttää yhden jakson aikana uudistettavien metsiköiden iän alentamisen noin 70 vuoteen. Vastaavasti sahapuun tuotos ja tukkien keskikoko pienenevät voimakkaasti. Järeän puun tuotoksen kannalta katsottuna suunnite ei ole kestävä, ellei uusien metsiköiden kehittymistä voida perustellusti pitää nopeampana, kuin mitä tavoitepuuston koostamiseksi käytettyjen kasvutaulukkometsiköiden kehittyminen on ollut.

Jos taas hakkuusuunnite on nykykasvun suuruinen ja uudistusala 40 vuoden aikana asteittain suureneva siten, että ensimmäisen jakson aikana se on 55 ha ja viimeisen aikana 120 ha, ei keski-ikäisten metsiköiden kuutiomäärää voida suurentaa ollenkaan, eikä vielä 40 vuoden kuluttua päästä eroon 115 vuotisista

metsiköistä. Puuston iän lisääntyessä kasvu pienenee enemmän kuin ensimmäisessä laskelmassa, vaikka hakkuumäärä on siinä suurempi. Laskelma osoittaa selvästi, että jos puustoon kuuluu merkittävän paljon kiertoaikaa vanhempia metsiköitä, on voimaperäinen ja laaja uudistaminen ainoa tapa parantaa nopeasti puuston kasvua.

Metsätalouden järjestelyn tarjoamien keinojen ja viimeisimpien kasvututkimusten valossa maamme metsistä otettavaa hakkuumäärää voidaan ilmeisestikin lisätä nykykasvua suuremmaksi. Ehdottomana edellytyksenä on kuitenkin, että pääosa puusta otetaan uudistamalla vanhimpia metsiköitä, ja että uudistusalat saadaan välittömästi taimettumaan. Sen sijaan jos nykykasvunkin suuruisen hakkuumäärä otetaan pääasiassa harvennus- ja väljennyshakkuilla, jolloin puusto vanhenee ja kasvuisimpien metsiköiden kuutiomäärä pysyy alhaisena, merkitsee se liikahakkuuta.

Kirjallisuusluettelo — References

- Handbuch der Forstwissenschaft. III. Vierte Auflage. 1927. Berlin.
- HEIKURAINEN, LEO. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. AFF 69.
- ILVESSALO, YRJÖ. 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentaulukot. 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.
- »— 1958. Metsiemme hakkuusuunnite. MA.
- KALLIO, KUSTAA. 1958. Tutkimuksia hakkauslaskelmasta ja siihen liittyvästä metsän tuottoarvosta. I. Hakkauslaskelman laatiminen erityisesti metsän tuottoarvon laskemista varten. Referat: Untersuchungen über die Hiebssatzberechnung und auf dieser basierten Betriebswerte des Waldes. I. Die Abfassung der Hiebssatzberechnung speziell für die Berechnung des Betriebswertes des Waldes. AFF 68.
- KUUSELA, KULLERVO. 1953. Zur Theorie der forstlichen Zuwachsberechnung auf Grund der periodischen Messung. AFF 60.
- »— 1956. Hakkuilla käsiteltyjen koivikoiden rakenteesta ja kasvusta. Summary: On the structure and growth of birch stands treated with cuttings. SF 90.
- »— 1958 a. Kasvuennusteen suorittaminen hakkuulaskelman yhteydessä. Summary: Increment forecast in connection with cutting budget. AFF 67.
- »— 1958 b. Management and cutting budget problems in the Himalayan conifer forestry. Selostus: Himalajan havumetsätalouden järjestelyn ja metsien hakkuumäärän laskennan ongelmia. AFF 67.
- »— 1958 c. Conifer forests in the states of the Punjab and Himachal Pradesh in North-Western India as raw material resource for forest industries. (Osa tutkimuksesta: Kuusela, Kullervo and Koskinen, Ilmari. Report on the establishment of wood industrial plants in North-Western India. The Finnish FAO. Helsinki.)
- LAPPALAINEN, A. 1955. Hakkuusuunnitteen määrittämisestä. Keskusmetsäseura Tapion moniste. Helsinki.
- LIHTONEN, V. 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta. Tuottohakkauslaskelma. Referat: Untersuchungen über die Bildung des Holzvorrates des Waldes. Ertragshiebsberechnung. AFF 51.
- »— 1944. Piirteitä metsätalouden järjestelyn rakennemuodoista Suomessa. Referat: Über die Strukturformen der Forsteinrichtung in Finland. AFF 52.
- »— 1946. Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiemme poistuman ja tuottohakkausmäärän valossa. Summary: Regulation of Finnish forestry in the light of removal and rental cut. AFF 53.
- »— 1952. Metsiemme tulevan kehityksen ääriviivoja. Tutkimusmenetelmän selvittely. Summary: On the development of Finnish forests. On research methods. MTJ 40.
- »— 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. Helsinki.

- LINNAMIES, OLAVI. 1959. Valtion metsät sekä niiden hoidon ja käytön yleissuunnitelma. Vuosien 1951—1955 inventoinnin tuloksia. Summary: State Forests of Finland and general management plan for them based upon the resource inventory in 1951—1955. AFF 68.
- LÖNNROTH, ERIK. 1927. Zur Frage der Waldbetriebsregelung mit besonderer Berücksichtigung der Waldverhältnisse Finnlands. AFF 32.
- NYSSÖNEN, AARNE. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scotch pine stands. MTJ 40.
- »— 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. AFF 60.
- »— 1958. Kiertoaika ja sen määrittäminen. Summary in English: Rotation and its determination. MTJ 49.
- PÖNTYNEN, V. 1958. Puunkäyttötutkimuksen tuloksia. MA.
- »— 1959. Suomen puun käytöstä ja metsätaseista. Suomen Puutalous. Helsinki.
- SAARI, EINO. 1948. Suomen metsäteollisuuden raakapuun saanti metsätaseen kannalta tarkasteltuna I. Koko valtakunnan yleisselvittely. Summary in English: The supply of wood as raw material for the Finnish forest industries. I. Totals for whole country. Metsätehon julkaisu 16. Helsinki.
- SEIP, H. K. 1953. Skogen i Vestfold. Larvik.
- »— 1956. Planlegging på lang sikt i skogbruket. Norsk Skogbruk.
- »— 1957. Skogen i Telemark. Skien.
- »— 1958. Hogstkvantumet i våre skoger nå og i fremtiden. Skogindustrienes Økonomiske Institutt. Informasjon B nr. 13.
- Tapion taskukirja, XIV painos. 1959. Helsinki.

Lyhennykset — Abbreviations

- AFF = Acta Forestalia Fennica, Helsinki.
- MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti, Helsinki.
- MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, Helsinki.

SUMMARY: THE LARGEST PERMANENT ALLOWABLE CUT AND A METHOD FOR ITS ESTIMATION

Introduktion

Definition of the terms

The present growing stock of a forest area is that described in the stock data obtained by the latest timber inventory.

The desirable growing stock of a forest area is that constructed using the yield data given by the latest growth studies. It is attainable in actual forestry and expected to give the highest permanent yield.

The present and desirable growing stock are both variable. Every new inventory and new growth study, achievements in silvicultural technique and forest genetics, and changes in prices of timber products call forth a need to work out a new desirable stock and improved ways to develop the present one.

Because the present growing stock can be developed mainly by cuttings, *the allowable cut* is the most important estimate in a management plan. It is the amount of wood removable under specified conditions and usually on a sustained basis.

The largest permanent allowable cut can be removed from the first year on. In most cases it is smaller than the cut from the desirable forest and it can be increased after the exploitation of the present tree stands.

Purpose of the investigation

The purpose of the investigation is to study the factors which determine the amount of the largest permanent allowable cut and to work out a method to estimate it. There is a need to have a »short cut» formula for rough preliminary estimates. The preliminary estimates will be checked by stock development forecasts. The largest allowable cut and its sustained basis are only guaranteed by a forecast through a period during which all the present tree stands have reached maturity and been exploited.

Present and desirable growing stock used in the investigation

The growing stock composed of tree stands having pine as the dominant species on *Vaccinium* forest site type in the southern half of Finland (ILVESSALO 1956) is the present stock. It is described in Table 1. The average volume and annual increment of each age class are expressed in m³ (cu.m.), solid measure, excl. bark. In each age class the periodic increment is the annual increment multiplied by 10 and the area of each age class is according to the age class distribution in the southern half of Finland.

The desirable growing stock is constructed on the basis of the yield tables prepared by NYYS-SÖNEN (1958). The yield table volumes are decreased by 20% and the decreased values are considered to be attainable in actual forestry. The rotation of the desirable stock is 95 years and the stand development includes recurrent thinnings up to the stand age of 70 years, a preparatory, a shelterwood and a final cutting.

Largest permanent allowable cut and some of its applications

The largest permanent allowable cut in m³, solid measure, can be calculated by the corrected Austrian formula:

$$H_S = \frac{K_T + K_N}{2} - \frac{P_T - P_N}{u}$$

(H_S = allowable cut, K_T = average increment of the desirable stock, K_N = average increment of the present stock, P_T = average volume of desirable stock, P_N = average volume of the present stock, and u = rotation of the desirable stock.)

The corrected Austrian formula gives 3.51 m³/ha as the largest allowable cut for the present growing stock. It is 11% greater than the present annual increment. A necessary condition for it is that the stock treatment is from the first year on in accordance with good silviculture and the bulk of the annual cut is from the over-mature tree stands treated by regeneration cuttings. The immediate regeneration measures and the fast development of the new tree stands make possible a cut greater than the present increment.

It will be mentioned that if the volume of the present stock is much lower than the volume of the desired stock, the formula gives a cut which is not on a sustained basis. Besides this it gives the cut in m³, solid measure, which does not guarantee the permanent saw timber cut. Thus the formula can be used mainly in preliminary calculations and the allowable cut for a management plan will be checked by stock development forecast.

The corrected Austrian formula can be used in comparing the results of alternative stock treatment. Thus the rotation obviously has an effect upon the amount of the allowable cut. This is illustrated by the estimates given by the formula (a cut as large as the present increment = 100):

rotation of the desirable stock, in years:	65	75	85	95	105
largest permanent allowable cut:	121	117	114	111	107

The effect of delayed regeneration or accelerated development of the new tree stands is illustrated next (rotation of the desirable stock is 95 years):

	allowable cut
allowable cut as large as the present increment	100
natural regeneration is delayed by 10 years	105
» » » » » 5 »	108
» » is immediate	111
development of new stands accelerated by 5 years	114
» » » » » 10 »	118

In the last example the remunerativeness of a swamp drainage operation is estimated by its effect upon the allowable cut. The swamp area is supposed to belong to a forest holding. The increased cut can be exploited from the old tree stands on mineral sites and the new tree stands on drained swamp guarantee the future sustained yield. The drainage operation gives a profit of 12.3 % upon the invested drainage expenses.

A method for stock development forecast and examples

Basic principles

The treatment of the present growing stock in the stock development forecast is based on the following facts: The young age classes are very scarce. Most of the stands are in middle age. Old and over-mature stands cover a comparatively large area, too. In the seedling and sapling stands there are plenty of standards and the tree stands in middle age are under-stocked. In accordance with good silviculture the standards will be cut, the volume of middle-age stands increased and the mature stands regenerated as fast as possible.

The stock development forecast is carried out in 10-year calculation periods. In Table 2 there is the complete calculation of a period for a unit of a 1 000 ha.

For the area of age classes there are two columns. Under »K» are the developable tree stands treated by thinning and preparatory cutting, under »U» the stands to be exploited and regenerated during the period. For each age class there is the initial growing stock, its increment during the period, the percentage of the cut compared with the increment, the periodic cut per hectare and the total cut, the change of the growing stock and the final growing stock at the end of the forecast period. Each final stock is 10 years older than the initial stock and it is the initial stock for the next period.

Examples

In Table 3 and Figures 3—6 there are the results of a stock development forecast. The cut is through the forecast 8% higher than the increment at the beginning. Though the cut in solid m³ is on sustained basis, there comes a crisis during period VIII when the rotation is temporarily very short and the saw timber portion small. With regard to the saw timber production the cut is not on a sustained basis. Besides this, the required regeneration area is very large during six periods.

In the second example (Table 4 and Figures 7—9) the cut is as large as the increment of the present stock. The regeneration area is during period I 55 ha., during period II it is 80 ha., then 100 ha. and 120 ha. (the regeneration area of the desirable stock is 105 ha.). After 40 years of stock development there is still much over-mature stock, and the volume of the tree stands in middle age is not increased, which all results in losses of increment and cut.

Conclusions

Estimations of the largest permanent allowable cut are based upon the data of the present and desirable growing stock. The corrected Austrian formula is a simple way for preliminary estimation of the largest cut but its sustained basis must be checked by a stock development forecast.

In a stock development forecast the future increment and cut are calculated. For this purpose the average site quality, tree species, age class and average volume in each class seem to be sufficient variables. The forecast is carried out within the limiting data of the present and desirable stock.

If there is an abundance of mature and over-mature tree stands the largest permanent allowable cut is greater than the present increment, provided, however, that bulk of the cut is drawn by determined regeneration measures. Measured in solid cubic meters, the sustained cut from the Southern Finnish pine stock exceeds the present increment by 11%. With regard to the sustained saw timber production the cut can exceed the present increment by 5—7%.