

ALIKASVOSASEMASTA VAPAUTETTUJEN
MÄNNYN TAIMISTOJEN TOIPUMI-
SESTA JA MERKITYKSESTÄ
METSÄNHOIDOSSA

OLLI VAARTAJA

ON THE RECOVERY OF RELEASED PINE
ADVANCE GROWTH AND ITS SILVICULTURAL
IMPORTANCE

Summary

HELSINKI 1951

Alkusanat

Tämän tutkimuksen aiheen olen saanut vuonna 1939 opettajaltani, Helsingin Yliopiston metsänhoidon professorilta, Erkki Laitakarrilta. Hän on myös monin tavoin tukenut ja opastanut minua tutkimusta suorittaessani. Olen tästä hänelle erittäin kiitollinen.

Tutkimuksen aiheen liittyessä läheisesti Helsingin Yliopiston Kasvipatologisen Laitoksen tutkimusalaan on esimieheni prof. Onni Pohjakallio sallinut minun käyttää virka-aikaani tutkimuksen töihin. Sitä paitsi hän on lukenut tutkimuksen käsikirjoituksen ja tehnyt arvokkaita sitä koskevia huomautuksia. Lausun hänelle sydämelliset kiitokseni.

Myöskin professorit Olli Heikinheimo ja V. T. Aaltonen ovat auttaneet työtäni arvokkailla neuvoilla, joista lausun kunnioittavat kiitokseni.

Työtä suunnitelllessani sekä useaan otteeseen myöhemminkin olen saanut innostavaa ja kriittistä opastusta tri Erkki K. Kalelalta. Käsikirjoituksen laadinnassa ovat tri Risto Sarvas ja Peitsa Mikola antaneet arvokkaita neuvoja. Kiitän heitä kaikkia saamastani avusta.

Tutkittavaksi sopivien metsiköiden etsintää on suuresti helpottanut Metsähallituksen ja lukuisten metsänhoitajien ja metsäteknikoiden myönteinen suhtautuminen tutkimukseeni. Aineiston käsittelyssä on ollut apunani monia metsätieteen ylioppilaita ja metsänhoitajia. Luettelematta heidän nimiään muistan kiitollisuudella kaikkien heidän kärsivällisyyttä vaatinutta työskentelyään.

Tutkimusta varten olen saanut apurahoja Jenny ja Antti Wihurin rahastolta sekä Suomen Metsätieteelliseltä seuralta.

Helsingissä, maaliskuun 28 päivänä 1951.

Olli Vaartaja.

Sisällysluettelo

	Sivut
Johdanto	7
Tutkimusaineisto ja -menetelmät	13
Tutkimustulokset	
MÄNNYN ALIKASVOKSET	
<i>Alikasvosten esiintyminen</i>	21
<i>Alikasvosten luonteenomaiset ominaisuudet</i>	22
ALIKASVOSASEMASTA VAPAUTETUT MÄNNIKÖT	
<i>Toipumisen yleinen kulku</i>	
Hakkauksen ensi vaikutus taimiin	28
Puun varsinainen toipuminen	35
Metsikön toipumisesta	42
<i>Vapautetun ja vapaasti kasvaneen metsikön kehityksen vertailu</i>	47
Valtapituus	47
Kuutiomäärä	52
<i>Toipuminen erilaisilla kasvupaikoilla</i>	54
<i>Taimiston tiheys ja toipuminen</i>	57
<i>Eri tavoin kituneiden taimien toipuminen</i>	60
<i>Taimien iän ja koon vaikutus toipumiseen</i>	62
<i>Toipumisvaiheessa esiintyvistä sairauksista ja vaurioista</i>	68
<i>Toipuneiden männiköiden laatu</i>	75
<i>Toipuminen osittaisen vapauttamisen jälkeen</i>	79
<i>Toipuvien männyn taimien vaikutus nuorempiin taimiin</i>	84
<i>Männikössä esiintyvien muiden puulajien toipuminen</i>	90
Tutkimustulosten tarkastelua	
MÄNNYN ALIKASVOSTAIMIEN TOIPUMINEN MUKAUTUMISILMIÖNÄ	92
MÄNNYN ALIKASVOKSET JA METSÄN UUDISTUS	99
Jälkikatsaus	107
Kirjallisuusluettelo	109
Summary: On the Recovery of Released Pine Advance Growth and its Silvicultural Importance	116

Johdanto

Metsänhoidon käsi- ja oppikirjojen esitykset männyn taimiston kyvystä kasvaa päällysmetsikön alla ja toipua vapauttamisen jälkeen ovat vaihtelevia, mutta yleensä varovaisia. Useimmissa vanhoissa uraa uurtavissa saksalaisissa metsänhoitoa käsittelevissä teoksissa pidetään mäntyä hyvin arkana varjostukselle, ja arvellaan, ettei se voi elää monta vuotta alikasvosasemassa. Eräissä niistä kuitenkin mainitaan, että männyn taimet voivat joskus sietää alikasvosaseman vaikeuksia melko kauankin, mutta menettäen vähitellen toipumiskykynsä (mm. Pfeil 1857, s. 77). Myös esim. Blomqvistin kanta näihin kysymyksiin oli aluksi (1881, ss. 32—38) sangen varovainen. Ensimmäisissä pohjoismaisissa oppikirjoissa nämä asiat ilmeisesti esitettiin saksalaisten auktoriteettien mieliteiden mukaisesti. Mutta jo vuosikymmenen kuluttua (1891, s. 33) Blomqvistin esitys on aivan toisenlainen ja ilmeisesti omiin kokemuksiin perustuva. Tällöin hän väittää, että 20—40 vuotta harvanlaisen metsikön alla kasvaneet ja vain noin 3 jalan pituuden saavuttaneet, mutta vielä säännöllisen muotoiset taimet toipuvat, tosin vasta 8—10 vuotta hakkauksen jälkeen. Hän epäilee kuitenkin, että toipuneiden puiden koko lopuksi jää pienemmäksi kuin vapaana kasvaneiden.

Saksassa ovat monet myöhemmät tutkijat havainneet, että männynkin taimisto voi ainakin jonkin aikaa kasvaa alikasvoksena ja usein myös toipua vapauttamisen jälkeen (Borggreve 1891, s. 70, Fricke 1904, s. 316, Düesberg 1910, s. 45, Wiedemann 1925 ja 1936 ym.). Otaksuttavasti männyn kyky sietää päällysmetsikön vaikutusta on Saksan eri seuduilla erilainen, koska toisaalta on myös todettu, että taimet ainakin eräillä hyvin kuivilla mailla ovat kuolleet jo nuorina verrattain harvankin päällysmetsikön alla (Wiedemann 1942). On selitetty, että erot tässä suhteessa saattavat johtua kasvupaikkojen erilaisesta hienomaapitoisuudesta (vrt. Denger 1928) tai mäntyjen erilaisista rotuominaisuuksista (Rubner 1920).

Amerikkalaisessa metsäkirjallisuudessa on mainintoja siitä, että eräät ekologisesti meikäläisen männyn kaltaiset mäntylajit mm. *Pinus contorta*

Dougl., *P. banksiana* Lamb., *P. resinosa* Solander, *P. ponderosa* Laws., ja *P. rigida* Mill. saattavat muodostaa alikasvoksia ja toipuvat vapauttamisen jälkeen hyvin (Baker 1934, Shirley 1943, Morris 1945, Westveld 1949).

Kuurinmaalla saattaa Melderin (1911, vrt. myös Laitakari 1927, s. 18) mukaan esiintyä kuivalla kankaalla elinvoimaista männyn-taimistoa siemenpuiden alla, mutta vain silloin, kun siemenpuiden juuristo on vioittunut esim. kulossa tai kun ne ovat hyvin vanhoja, 160—300 v:n ikäisiä.

Venäjäällä on TurSKI jo v. 1894 tehnyt tutkimuksia männyn alikasvoksista ja todennut, että pari vuosikymmentä alikasvoksina kituneet männyn taimistot ovat toipuneet hyvin (vrt. Morosow 1926). Toisaalta TurSKI (1912, s. 32) mainitsee myös kokeesta, jossa voimakkaassa varjostuksessa kituneet männyn taimet aukealle siirrettyinä kuolivat tai toipuivat heikosti. Mm. Guman ja Sobolev esittävät kuitenkin useita esimerkkejä männyn alikasvoksista ja niiden toipumisesta (vrt. Morosow 1926, ss. 30—32, Guman 1931, ss. 75—79).

Suomessa ja Pohjois-Ruotsissa esiintyy alikasvosmänniköitä verrattain yleisesti kuivilla kankailla. (Örtenblad 1884, ss. 165—173 Holmerz ja Örtenblad 1886, s. 15, Hesselman 1917 a, s. 1265, Aaltonen 1919, ss. 153 ja 198, Lassila 1920, s. 80, Kallin 1926, Sarvas 1937, s. 67, Tertti 1938, s. 100 ym.). Tuoreilla kankailla sen sijaan kuusi muodostaa alikasvostaimiston paljon yleisemmin kuin mänty. Kuitenkin joskus — pintakulon käytyä — saattaa kasvupaikan taimettumiskunto nousta niin, että tuoreidenkin kankaiden metseen syntyy männyn alikasvosta (vrt. esim. Eneroth 1931). Monilla kuivilla kankailla, joilla kulot ovat yleisiä, tulen alikasvosten syntymistä edistävä vaikutus on ilmeisesti erityisen merkityksellistä.

Hyvin usein ovat kulon jälkeen syntyneet männyn alikasvokset tiheitä, jopa ylitiheitäkin, mutta kituvia. Ne säilyvät yleisesti hengissä verrattain kauan, ainakin 20—40 vuotta. Eräät tutkijat ovat todenneet männyn taimien kituneen päällysmetsikön alla jopa 60, joskus yli 70:kin vuotta (Kallin 1926, Sjöström 1929, ss. 23—54).

Myöskin hakkaukset edistävät männyn alikasvosten syntymistä. Niinpä useimmissa Sarvaan (1944 ja 1950) tutkimista lukuisista tukkipuunharsinnoilla käsitellyistä männiköistä oli taimia syntynyt jo ennen paljastavaa hakkausta. Samoin Kallin (1926), Eneroth (1931) ja Wretling (1931) katsovat hakkausten Norlannissa lisänneen männyn alikasvosten määrää.

Männyn alikasvosten yleisyyden vuoksi on odotettavissa, että niillä on huomattava metsänhoidollinen merkitys siinä tapauksessa, että ne pysyvät toipumaan. Aaltonen (1919, s. 154) on tutkimuksessaan, joka käsittelee Perä-Pohjolan kuivien kankaiden metsän uudistumista, nimenomaan huomauttanut, että toipumiskysymyksen selvittäminen olisi Perä-Pohjolan metsätaloudelle erittäin tärkeää. Kuitenkin tämä kysymys on toistaiseksi jäänyt perusteellisesti tutkimatta. Metsänhoitajienkin mielipiteet siitä käyvät täysin ristiin, kuten ilmeni käsillä olevan tutkimuksen aineistoa kerättyä. Havaittiin näet, että metsänhoitotyössä ei ollut useinkaan syntynyt oikeata kuvaa taimiston toipumiskyvystä. Tämä lie-nee johtunut lähinnä juuri kirjallisuudessa esiintyvien tietojen ristiriitaisuudesta ja niiden aiheuttamista ennakkokäsityksistä.

Jonkin verran valaistusta männyn alikasvosten toipumiskysymykseen ovat kuitenkin antaneet eräät puiden vuosilustotutkimukset sekä Pohjois-Ruotsissa tehdyt havainnot männyn alikasvosten toipumisesta.

Niinpä on todettu, että ainakin Ruotsin ja Suomen Lapissa sekä Kuollassa isojenkin mäntyjen sisimmät vuosilustot ovat usein erittäin ohuita, saattavatpa ne juurenniskan kohdalla puuttuakin (Kairamo 1890, s. 170, Lovén 1911, Renvall 1912, s. 130, Lakari 1915). On otaksuttu, että monet tällaisista puista ovat olleet entisiä alikasvostaimia, jotka esim. myrskyn aiheuttaman tuhon johdosta ovat vapautuneet ja toipuneet.

Ruotsin metsätieteellisen tutkimuslaitoksen eräässä kokeessa, jossa huomio tosin pääasiassa oli kohdistettu kuuseen, havaittiin myös männyn taimien toipuneen hyväkasvuisiksi, vaikka ne 16 vuotta aikaisemmin, vapautettaessa, olivat olleet kituvia ja toivottoman näköisiä (Schotte 1924, s. 178). Laajassa Norlannin metsien uudistumista koskevassa tutkimuksessaan Kallin (1926) havaitsi, että eri seuduilla ja erilaisilla kankailla oli monia sellaisia hyvin kasvavia männyn taimistoja, jotka aikanaan olivat kauan kituneet alikasvosasemassa. Tutkimuksessa ei taimien ikää eikä kasvua voitu usein osapuilleenkaan selvittää muuten kuin tutkimalla vuosilustoja mikroskooppilla.

Esimerkkejä Pohjois-Norlannissa kasvavista männyn taimistoista tai nuorista metsiköistä, jotka olivat syntyneet kituvien alikasvosten toipuessa, mainitsevat lisäksi Eneroth (1931), Holmgren (1939, s. 68), Björkman (1945) sekä Romell ja Malmström (1945).

Männyn alikasvosten toipumisvaihetta ovat verrattain yksityiskohtaisesti kuvanneet Sjöström (1929, ss. 23—54) ja Wretling (1931, 1934 ja 1936). He ovat tutkineet vapautettuja taimistoja Särnan ja Malän

seuduilla Norlannissa todeten, että eräät hyvin kauan ja pahoin kituneet taimistot vapauttamisen jälkeen olivat vähitellen toipuneet. Vieläpä monet kaikkein pahimmin kärsineet, latvansa menettäneet ja korovikaiset taimet olivat muuttuneet hyvin kasvaviksi. Joskus kasvu oli lisääntynyt hitaasti, joskus taas nopeasti. Esim. eräässä Sjöströmin tutkimassa taimistossa pituuskasvu oli alkanut lisääntyä vasta kahdentenatoista vuotena vapauttamisen jälkeen. Wretlind on toisaalta joskus havainnut eräitä toipumisen merkkejä taimissa jo vapauttavaa hakkausta seuraavana kasvukautena.

Wretlind on tehnyt mittauksia ryhmissä kasvavien mäntyjen säde- ja pituuskasvusta vanhoilla harsintahakkausaloilla. Tällöin hän havaitsi, että hakkuissa vapautuneiden mäntyjen kasvu oli parantunut erittäin suuresti. Tutkimustulostensa rohkaisemana hän ryhtyi kokeilemaan metsän uudistamista siten, että avohakkauksella vapautetaan kituvia alikasvoksia, joita Malässä esiintyy yleisesti jäkäläkankailla. Kokeilujen jäljeltä tässä hoitoalueessa on runsaasti hyväkasvuisia, tasaisia, pian riukukokoon varttuvaa männiköitä (Wretlind 1947; vrt. myös Vaartaja 1949).

Suomessa männyn taimiston toipumisesta tehdyt havainnot (Tertti 1934, s. 41 ja 1938, s. 100, Sarvas 1937, s. 53) ovat edellisten kanssa suurin piirtein yhtä pitäviä, mutta niukempia. Sarvasin tutkimassa tapauksessa vapauttaminen oli ollut vain osittainen ja taimien toipuminen oli sen johdosta pian lakannut. Tertin havainnot jäivät osaksi kesken-eräisiksi, osaksi tarkemmin julkaisematta. Myöskin kokeet, joita Metsätieteellinen tutkimuslaitos on asian selvittämiseksi aloittanut, ovat vielä keskeneräisiä. Heikinheimon (1936, s. 216) mukaan oli taimien kasvu ja laatu 5 vuoden kuluessa niiden vapauttamisesta parantunut suuresti kahdessa puolukkatyyppin kokeessa, kun taas kahdessa kanervatyyppin kokeessa toipuminen oli ollut verrattain hidasta (vrt. myös Heikinheimon 1944).

Edellä esitetyt ruotsalaiset tutkimukset osoittavat, että sangen pahoin kituneet männyn alikasvokset usein muuttuvat vapauttamisen jälkeen hyväkasvuisiksi. Melkein kaikki nämä tutkimukset on tehty verrattain pohjoisessa ja niiden tulokset lienevät hyvin sovellettavissa ainakin Perä-Pohjolassa. Sitä vastoin ei ole ilman muuta selvää, ovatko ne sovellettavissa esim. Etelä-Suomessa. Saksassa on näet todettu olevan olemassa mm. varjon sietävyydeltään erilaisia mäntyekotyyppejä (Wettstein 1947, s. 371), ja on ajateltavissa, että Pohjois-Suomessa vallitsevat sellaiset ekotyypit, jotka kenties toipumiskykynsä suhteen poikkeavat Etelä-

Suomessa vallitsevista ekotyypeistä. Sitä paitsi lienevät Etelä- ja Pohjois-Suomen olosuhteet myös monella muulla toipumiselle merkityksellisellä tavalla erilaisia.

Myöskään ei ole selvyttä siitä, onko toipuminen tapahtunut niissä männiköissä, jotka ovat olleet mainittujen tutkimusten kohteena, niin täydellisesti, että kasvu toipumisvaiheen jälkeen vastaisi alun perin vapaasti kasvaneen männikön kasvua. Tosin tutkijat yleensä ovat maininneet metsiköiden kasvun muuttuneen hyväksi, ja muutamissa tutkimuksissa esitetään lukujakin puiden kasvusta, mutta toipumisen lopullista arvostelemista varten tärkeätä vertailua toipuneiden ja vastaavien nuorempien metsiköiden kesken ei ole tehty.

Monet muutkin männyn alikasvosten toipumisilmiöön liittyvät kysymykset odottavat ratkaisuaan. Ei esim. tiedetä, mikä vaikutus alikasvotaimien useinkin sangen korkealla iällä on niiden toipumiseen ja myöhemmän kasvuun. On myöskin epäilty toipuneiden mäntyjen kykyä muodostaa yhtenäisiä metsiköitä sekä viitattu niiden alttiuteen tuhoille ja niiden teknillisiin vikoihin. Toipumiskausi vapauttamisen jälkeen on osoittautunut vaihtelevan pituiseksi, mutta ei tiedetä, kuinka suuri tämä vaihtelu saattaa olla ja mistä tekijöistä se on riippuvainen. Sitä paitsi yksinäiset toipuvat ja toipuneet männyn saattavat usein haitata uuden taimiston syntymistä ja kasvua (Wretlind 1931). Tämä haitallinen vaikutus on ehkä hyvin merkityksellinen, mutta puutteellisesti selvitetty.

Jos tunnettaisiin männyn taimien toipumiskyky ja kyettäisiin ratkaisemaan toipumiseen liittyvät pulmat, voitaisiin entistä vapaammin käyttää hyväksi sellaisia metsänuudistusmenetelmiä, joissa taimiaines hankitaan jo verrattain varhain päällysmetsikön alle. Tällöin voitaisiin määrätä hakkauksen ajankohta entistä paremmin hinta- ja kustannussuhdanteiden perusteella ja välttyttäisiin niistä haitoista, joita esim. siemenvuoden odottaminen ja myöhästynyt siemenpuiden poisto usein tuovat mukanaan.

Jotta — joko metsänhoitotoimenpiteiden seurauksena tai ilman niitä syntyneiden — männyn alikasvosten mahdollista toipumiskykyä voitaisiin mahdollisimman paljon käyttää hyväksi ja toisaalta osattaisiin välttää yksinäisten toipuvien mäntyjen aiheuttamat haitat, on tarpeellista selvittää edellä mainitut tutkimatta jääneet tai puutteellisesti tunnetut kysymykset. Näin muodostuvien selvittelytehtävien ratkaisu on ollut päämääränä käsillä olevaan tutkimukseen ryhdyttäessä. Kuitenkin on tämän tutkimuksen aihetta rajoitettu siten, että alikasvosten syntyminen ja esiintyminen samoin kuin toipuneiden männiköiden esiintyminen on jätetty

vain vähäisten havaintojen varaan; varsinaisena tutkimustehtävänä on ollut selvittää männyn alikasvosten toipumiskykyä, siihen Suomen oloissa vaikuttavia tärkeimpiä tekijöitä, toipuneiden männiköiden laatua ja kasvukyvyn pysyvyyttä sekä toipuvien taimien vaikutusta nuorempiin taimiin.

Tämän tutkimuksen keskeisimpiä metsänhoidollisia käsitteitä käytetään seuraavien määritelmien mukaisesti.

Alikasvos kella tarkoitetaan matalaa osametsikköä, joka kasvaa olennaisesti suurempia puita käsittävän ja yleensä metsikön tärkeämpänä osana pidettävän **päällysmetsikön** l. **päällyspuuston** latvusten alla. Alikasvoksen **vapauttamisella** tarkoitetaan päällysmetsikön poistamista. Tavallisesti alikasvos on niin matalaa, että sitä voidaan nimittää myös alikasvostaimistiksi, vaikka sen ikä saattaakin olla verraten suuri. Varsinkin jos alikasvoksen tai siitä vapauttamalla syntyneen metsikön katsotaan kehittyvän uudeksi puusukupolveksi, sanotaan sitä usein myös **esikasvos**eksi.

Päällysmetsikkö vaikuttaa alikasvokseen yleensä sekä latvustensa että juuristonsa välityksellä. Silloin kun päällysmetsikön puut kasvavat harvassa ja sanottavasti varjostamatta alikasvosta, saattavat ne silti merkittävästi vaikuttaa alikasvokseen voimakkaan ja laajan juuristonsa välityksellä. Päällysmetsikön ollessa harvaa on vapauttamisessa täten yleensä kysymys lähinnä vain vapaan juuritilan aikaan saamisesta alikasvostaimille.

Melkein aina päällysmetsikkö haittaa alikasvoksen kehitystä, jopa usein niin, että alikasvos jää kääpiömäiseksi ja kasvaa vain erittäin hitaasti, olennaisesti toisin kuin vapaa taimisto. Jos tällainen kituva alikasvos vapauttamisen jälkeen muuttuu hyvin kasvavaksi, sanotaan sen **toipuvan** tai **elpyvän**.

Kun seuraavassa puhutaan kituvista taimistoista ja toipumisesta, tarkoitetaan alikasvosaseman aiheuttamaa kitumista ja siitä toipumista. Milloin kysymys on hyönteisvaurion t.m.s. aiheuttamasta kitumisesta ja siitä toipumisesta, huomautetaan tästä erityisesti. Samoin tarkoitetaan vapauttamisesta puhuttaessa nimenomaan alikasvosasemasta vapauttamista eikä esim. muita parempien taimien vapauttamista huonompien taimien vaikutuksesta.

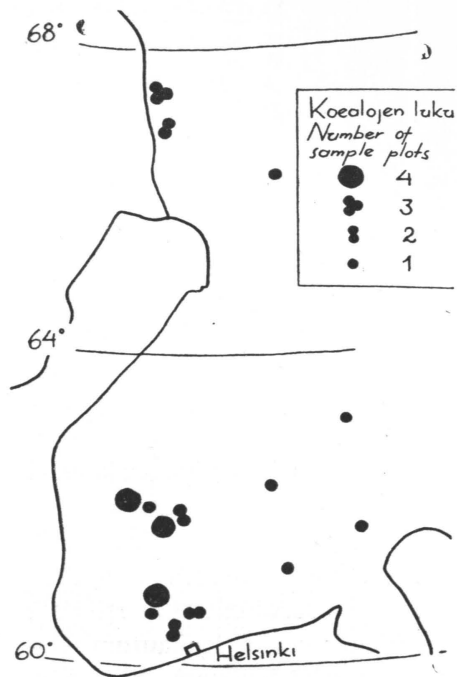
Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Männyn esikasvosten toipumiskyvyn selvittely suoritettiin kahdella tavalla. Päähuomio kiinnitettiin sellaisiin metsikköihin, jotka jo olivat toipuneet oltuaan ennen vapauttamista kituvia alikasvoksia ja jotka jo verrattain varttuneina ja tiheinä olivat vertauskelpoisia **IIVessalon** (1920 a ja b sekä 1937) tutkimien luonnon normaalien männiköiden kanssa. Tämän vertailevan tutkimuksen täydennykseksi pyrittiin selvittämään myös toipumisen alkuvaihetta tutkimalla sekä toipumista vaikeuttavia tekijöitä että mahdollisimman laajoihin havaintoihin perustuen toipumisen alkuunpääsyä. Toipumista vaikeuttavina tekijöinä kiinnitettiin erityistä huomiota äkillisen vapauttamisen seurauksena oleviin mukautumisvaikeuksiin, alikasvostaimien surkastuneisuuteen sekä hakkuun, sienten ja hyönteisten aiheuttamiin vaurioihin.

Lisäksi tutkittiin toipuneiden männiköiden laatua ja toipuvien esikasvostaimien vaikutusta nuorempiin taimiin sekä kuvattiin kituvien alikasvostaimistojen luonteenomaisia ominaisuuksia.

Jo toipuneissa metsiköissä ja myös eräissä vapaasti kasvaneissa viljelysmetsiköissä, joiden kehityksen selvittely oli tarpeellista vertailupohjan laajentamiseksi, tutkimukset tehtiin koaloilla Etelä-Suomessa ja Perä-Pohjolassa oheisen kartan (kuva 1) osoittamilla paikoilla. Suomen näissä osissa on myös luonnon normaalien metsiköiden kasvu selvitetty (**IIVessa**lo 1920 a ja b sekä 1937). Koealatutkimukset suoritettiin seuraavasti:

Tiedustelujen perusteella ja retkeilemällä etsittiin männiköitä, joissa oli suoritettu vapauttava hakkaus. Mikäli mahdollista valittiin tällöin tutkittavaksi sellaisia alueita, joilla suoritettujen hakkauksen ajankohdasta oli saatavissa luotettavia tietoja. Eräissä tapauksissa, jolloin hakkauksesta oli kulunut jo hyvin pitkä aika, luotettavia tietoja ei saatu tällä tavoin, vaan hakkausvuosi pääteltiin puiden toipumisesta ja vioittumisesta. Tällainen hakkausvuoden määrittäminen oli mahdollista sen jälkeen, kun muuta aineistoa tutkittaessa oli todettu, että hakkausvuoden lustoissa yleensä esiintyi erityisen runsaasti vioittumia.



Kuva 1. Koealojen sijainti. — Fig. 1.
The location of sample plots.

sia oli. Erikseen valittiin koeruuduilta muutamia koepuita, jotka kuuluivat alempiin kerroksiin, sekä eräitä koepuita, jotka koealalla vastasivat hehtaaria kohden lasketun 100 suurimman puun keskipuuta. Koepuut luokiteltiin Metsätieteellisessä tutkimuslaitoksessa käytettyjen jaoitusten mukaisesti neljään latvuserrokseen (vrt. Ilvessa 1932) ja kuuteen laatu- eli kuntoluokkaan (vrt. Kangas 1940).

Lisäksi määritettiin eräiden varttuneimpien ja vähiten aukkoisten metsiköiden kuutiomäärä ja kuutiokasvu. Tällöin noudatettiin yleisiä taksatorisissa tutkimuksissa käytettyjä menettelytapoja (vrt. Ilvessa 1920 a, 1932 ja 1939). Pituus mitattiin vain koepuista, joita oli verrattain runsaasti. Rungon paksuus mitattiin kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa ja 1 tai 2 m:n välimatkoin.

Koealoilla tutkittiin myös pintakasvillisuutta ja maata, jotta kasvupaikkojen luokittelu voitiin tehdä mahdollisimman perustellusti. Pintakasvillisuus tutkittiin yleensä koeruutumenetelmää käyttäen. Ruutujen luku oli 10—20. Koealakuvauksissa otettiin lisäksi huomioon ruutujen

Jos toipuneista metsiköistä löydettiin metsätyypiltään ja puustoltaan verrattain yhtenäisiä ja tiheitä kohtia, suoritettiin niissä koealalukemittauksia. Koealojen koko oli 0.02—0.15 ha ja runkoluku 111—814. Koealojen ympärillä oli vähintään 10 m leveä vaippa.

Koealalla tutkittiin 8—25 umpimähkäisesti valittua koepuuta. Niiden pituuskasvu mitattiin oksakiehkuroista. Tyvestä leikattiin kiekko, jonka vuosilustoja myöhemmin tutkittiin mikroskoopissa. Puiden jakautuminen eri latvuserrokseen tutkittiin koeruutumenetelmää (vrt. esim. Sarvas 1944 ja 1950 s. 14) käyttäen. Koeruutuja, joiden koko oli 1 m², tutkittiin metsikön tiheydestä riippuen 18—80 kpl. kullakin koealalla. Koepuiksi valittiin 1 tai 2 tervettä valtapuuta jokaisesta koeruudusta, jossa sellai-

ulkopuolella, mutta silti koealalla tai sen välittömässä läheisyydessä harvakseltaan tavatut kasvilajit. Kangashumuksen ja valkoman paksuus tutkittiin mittaamalla se 10 kohdassa. Jos pintakasvillisuuden ja puuston tarkastelu antoi aihetta olettaa pohjaveden tai hienomaakerrosten mahdollisesti vaikuttavan metsikön kasvuun, tutkittiin maata lisäksi 1.5—2.5 m syvistä kuopista. Kivisillä koealoilla tutkittiin kivisyys yleensä russia käyttäen (vrt. Viro 1947).

Kasvupaikan boniteetin arvioinnissa pyrittiin kasvilajien lisäksi ottamaan huomioon mm. seuraavat seikat: Pintakasvillisuuden rehevyys; pintakasvillisuuteen tilapäisesti vaikuttavat tekijät, esim. kulo ja siitä kulunut aika; vanhojen puiden ja liekojen pituus (vrt. kuva 2).

Koealametsiköt jakautuivat erilaisille kasvupaikoille seuraavan asetelman mukaisesti:

Kasvillisuustyyppi Forest (site) type (cf. p. 118)	Hiekka- maa Sand	Somero- maa Gravelly soil	Moreenimaa Morainic soil		Yhteensä Total
	Kivisyysluokka ¹ I	I	II	I	
	Koealojen jakaantuminen, kpl Sample plots				
Mustikkatyyppi -MT	—	—	1	1	2
Puolukkatyyppi -VT	10	5	2	—	17
Kanervatyyppi -CT	5	1	—	—	6
Variksenmarja-mustikkatyyppi - EMT	3	—	—	—	3
Varpu-jäkälätyyppi - ErCIT	—	—	—	2	2
Yhteensä — Total	18	6	3	3	30

Koeala-aineistoa on tarkoituksellisesti kerätty eniten Etelä-Suomesta kivettömiltä tai vähäkivisiltä VT:n ja CT:n mailta. Täten osa aineistoa on saatu verrattain yhtenäiseksi, mikä on eduksi tutkimustulosten luotettavuutta arvosteltaessa. Aineiston keräystavan vuoksi asetelma ei kuvasta alikasvoksista syntyneiden männiköiden esiintymistä tutkimusalueella muuten kuin sikäli, että ne moreenimailla ilmeisesti olivat paljon harvinaisempia kuin muilla maalajeilla.

Seuraavasta asetelmasta selviää eri metsätyyppeihin luettujen koealojen pintakasvillisuuden pääpiirteet.

¹ I kiviä < 30 %, II kiviä 30—60 %, vrt. Viro (1947) —
I stones < 30 %, II stones 30—60 %, cf. Viro (1947).

Metsä- tyyppi Forest type	Koealojen luku Number of sample plots	Jäkälää Lichens	Sammalia Mosses	Varpuja Under- shrubs	Sanikkai- sia, ruo- hoja ja heiniä Ferns, herbs, and grasses	Pensaita ja puita Shrubs and trees	Yhteensä lajeja Sum of species	Lajien keskim. luku/peittävyys (kahdessa kerroksessa) % Average number of species/degree of covering in % (in two storeys)	
MT	2	1.0/1	5.0/72	6.0/48	7.0/5	5.0/1	24.0		
VT	13	3.4/15	3.2/70	3.9/44	2.8/1	1.3/1	14.6		
CT	6	2.5/57	2.0/30	3.0/40	0.6/1	0.7/1	8.8		
EMT	3	4.3/54	3.0/30	6.3/43	3.6/4	1.4/1	18.6		
ErCIT	1	4.0/40	1.0/18	3.0/20	—	—	8.0		

Kangashumuksen ja A-horisontin paksuus koealoilla vaihteli seuraavasti:

Maannostumis- alue Podzolization region (Aaltonen 1941)	Metsätyyppi Forest type	Koealojen luku Number of sample plots	Kerroksen keskim. paksuus, cm Average thickness of horizon, cm	
			humus	A
2	MT	1	3.8	10.7
	EMT	3	1.8	6.4
	ErCIT	2	0.5	4.2
3	MT	1	2.9	9.9
	VT	6	1.8	6.0
	CT	5	1.2	4.6
4	VT	11	2.2	3.5
	CT	1	0.5	epäselvä indistinct

Jos verrataan koeala-aineistoa eräiden muiden tutkimusten aineistoihin (Ilvessalo 1920 a ja 1937, Lönnroth 1925, Sarvas 1944, Aaltonen 1941, Viro 1947), havaitaan, että siinä koealojen kasvillisuus on suhteellisen niukkaa ja kangashumus samoin kuin valkomaakin verrattain ohutta. Kuten seuraavassa tarkemmin selvitetään, johtunevat nämä aineiston erikoisuudet koealojen maalaji- ja viljavuusominaisuuksista sekä kulojen vaikutuksesta.

Koealoja oli suhteellisen runsaasti hiekka- ja someromailta, ja näille maalajeille näyttää myös mm. Viron (1947) mukaan olevan ominaista karumpi pintakasvillisuus, ohuempi kangashumus ja osaksi myös ohuempi A-horisontti kuin vastaavalla metsätyypillä moreenimaalla. — Kulot ovat ilmeisesti vaikuttaneet koealametsiköiden humuskerrosta ohentavasti ja kasvillisuutta heikentävästi. Todettiin näet, että ainakin useimmat koealametsiköt olivat syntyneet alikasvoksiksi kohta pintakulon jälkeen, ja

otaksuttavasti pintakasvillisuus ei tutkittaessa ollut ehtinyt saavuttaa normaaliastettaan eikä palaneen kangashumuskerroksen paksuus kasvaa tavalliseen määräänsä. — Metsätyypin määritykset suoritettiin sikäli varovaisesti, että toipuneiden metsiköiden kasvusta ei ainakaan kasvupaikkojen luokittelutavan johdosta saatu liian edullista kuvaa. VT:n ja CT:n rajalla olevat koealat on yleensä luettu VT:iin. Niitä olikin suhteellisen paljon VT:n ja MT:n rajakohtaa edustavien koealojen sitä vastoin puuttuessa aineistosta. Tämä lienee johtunut koealojen runsaasta jakautumisesta hiekka- ja someromaille, jotka useimmiten edustanevat VT:n huonompaa osaa. Sitä vastoin esim. Ilvessalon (1920 a) VT:ltä kerätyssä aineistossa lienee runsaasti koealoja myös moreenimailta. Täten Ilvessalon VT:n aineisto edustanee hiukan parempia kasvupaikkoja kuin tämän tutkimuksen vastaava koeala-aineisto.

Lukuunottamatta sitä, että tämän tutkimuksen VT:n aineisto on edellä mainitulla tavalla yksipuolinen ja että tutkimukset osaksi on kohdistettu ilmastollisesti erilaisiin ajanjaksoihin (vrt. ss. 48—54), lienevät tämän tutkimuksen aineistot hyvin vertauskelpoisia Ilvessalon (1920 a ja 1937) luonnon normaaleista metsiköistä kerättyjen aineistojen kanssa.

Koealatutkimuksia tehtiin myös muutamissa tiheydeltään huomattavasti epänormaaleissa metsiköissä, joita sen vuoksi tarkastellaankin erillään muusta aineistosta (vrt. ss. 57—60).

Koeala-aineistoon valittiin pääasiassa sellaisia metsiköitä, jotka ennen vapauttamista olivat kituneet pahoin (vrt. s. 22) ja kauan aikaa. Näiden katsottiin olevan tutkimustehtävän kannalta avainasemassa.

Koepuiden ikää ja kitumista selvitettiin tutkimalla kiekkoja, jotka enimmäkseen oli leikattu rungon tyvestä 1 dm:n korkeudelta maan pinnasta. Tällä korkeudella ja etenkin vielä ylempänä lustot olivat, kuten myös Lakari (1915) on todennut, säännöllisempiä ja niiden osittainen tai täydellinen puuttuminen (vrt. kuva 7) eräinä vuosina oli harvinaisempaa kuin aivan juurenniskalla. Pieniä alikasvostaimia analysoimalla todettiin, että ne, riippuen niiden surkastuneisuudesta, saavuttivat 1 dm:n korkeuden yleensä 5—15 vuoden kuluessa.

Metyylisisällä suoritettujen värjäyksen jälkeen tutkittiin kiekkojen vuosilustot 1—5 suunnassa binokulaarimikroskoopilla käyttäen 20- tai 30-kertaista suurennusta. Eräiden puiden ikä tutkittiin tarkemmin, haluaisemalla puun tyviosa ydintä myöten ja tutkimalla oksakehien kohdalla ytimessä näkyvien laajenemien (vrt. Sirén 1950) luku tai tutkimalla puun poikkileikkauksia eri korkeuksilta ja arvioimalla puuttuvien lustojen luku n.s. tunnuslustoja (vrt. esim. Mikola 1950, s. 15) hyväksi



Kuva 2. Eräs koeala, jolla pintakasvillisuus oli hyvin niukkaa. Etualalla aukeaksi raivattu ala, johon oli jäänyt muutamia kituvia, myöhemmin toipuneita mäntyjä. Taustalla toipunutta männikköä. Hakkuun jälkeen äkkiä lisääntyneen paahteen, roudan ym. tekijöiden vaikutuksesta oli pintakasvillisuus karua käsittäen miltei yksinomaan *Cladina* jäkälää ja kanervamättäitä. Jäkälän alta löytyvä kuollut sammalkerros ja liekopuiden suuri pituus, 23—24 m, osoittivat kuitenkin, että kysymyksessä oli CT. Ruovesi. — Fig. 2. Sample area the vegetation of which was very scanty. In the foreground there is an area that was cleared but on which some at first stunted but later recovered pines were left. In the background there is a recovered pine stand. The ground vegetation was very barren due to the sudden great increase in radiation, frost heaving, and other factors. Vegetation consisted mostly of *Cladina* lichen and hummocks of *Calluna vulgaris*. The dead bryophyte cover found under lichen, as well as fallen trees up to 23—24 m long indicated, however, that the forest type was CT. Ruovesi. South Finland.

käyttäen. Tällöin päädyttiin yleensä hiukan erilaisiin, tavallisesti joitakin vuosia suurempiin ikälukuihin kuin kiekkoista lukien. Muutamissa taimissa todettiin täten yli kymmenenkin luston jääneen puun tyvessä kokonaan tai osaksi kehittymättä. Useimmiten tällaiset taimet olivat pahemmin kituneita kuin muut lähellä kasvavat taimet eivätkä toipuessaan muodostuneet valtapuiksi. Yleensä voitiin kiekkoista päätellä, milloin monien lustojen puuttuminen oli odotettavissa ja joko jättää ikäluvut huomiotta tai selvittää ikä tarkemmin tutkimalla.

Koeala-aineisto käsittää pääasiassa vain sellaisia pahoin kituneina pidettäviä puita, joissa viimeisinä, yleensä 10:nä vapauttamista edeltäneenä vuotena keskimääräinen kiekkoista mitattu sädekasvu oli vähemmän kuin 0.35 mm vuodessa.

Koeala-aineistoon sisältyvien sekä muilla eri tavoilla tutkittujen metsiköiden lukumäärän osoittaa seuraava asetelma.

Tutkimustapa Type of investigation	Etelä- Suomessa In South Finland	Pohjois- Suomessa In North Finland	Yhteensä Total
Koealat viljelysmänniköissä — <i>Sample plots in artificial stands</i>	4	1	5
Koealat toipuneissa männiköissä — <i>Sample plots in recovered stands</i>	20	5	25
Tutkimuksia toipuvissa taimistoissa — <i>Studies in recovering stands</i>	20	8	28
Tutkimuksia osittain vapautetuissa metsiköissä — <i>Studies in stands only partially released</i>	15	9	24
Havainnot alikasvoksista — <i>Observations on undergrowth</i>	4	5	9
Vaurioutilastoja — <i>Statistics on injuries</i>	12	11	23
Tutkimuksia toipuvien ja nuorien taimien suhteesta — <i>Studies on relation between recovering pines and pines grown normally</i>	19	1	20
Muita tutkimuksia — <i>Other studies</i>	21	4	25
Yhteensä — <i>Total</i>	115	44	159

Useita sekä koealojen koepuita että nuoremmilta hakkausaloilta kerättyjä toipumisvaiheessa olevia taimia analysoitiin tavallista runkoanalyysimenetelmää (vrt. esim. Ilvessalo 1920 a, s. 44) käyttäen. Eräissä tapauksissa tutkittiin yksityiskohtaisesti myös latvusta mittaamalla muutamien umpimähkäisesti valittuja terveiden säännöllisen

muotoisten taimien neulasten ja kasvainten paksuus ja pituus sekä versojen pituussumma.

Eräitä toipuvien taimien juuria analysoitiin tutkimalla mikroskoopissa vuosilustojen luku juurten eri kohdilla, yleensä 2.5 cm:n välein.

Joillakin koealoilla sekä useilla kylvöaloilla, joilla kasvoi myös ennen hakkausta syntyneitä männyn taimia, tutkittiin taimien ryhmitystä sekä toisiinsa että päällysmetsikön puihin tai yksinäisiin ylispuihin nähden sekä taimien kehittymistä ylispuiden poiston jälkeen. Tällöin suoritettiin taimien kartoituksia ja mitattiin niiden kasvu tutkimusalan eri kohdissa.

Koealametsiköissä sekä useissa vasta vapautetuissa taimistoissa tehtiin havaintoja taimia kohdanneista vaurioista ja niiden aiheuttajista.

Monissa taimistoissa kerättiin tilastoja toipumisen ja vauroiden välisen suhteiden selvittämiseksi. Tällöin tutkittiin 50—200 taimen vauriot ja toipumisaste kuhunkin taimistoon umpimähkäisesti sijoitetuilta koealajoilta. Taimet ryhmiteltiin kolmeen luokkaan riippuen siitä, olivatko vapauttamisen jälkeen syntyneet kasvaimet hyvin paljon entistä pitempiä (ryhmä ++), hieman pitempiä (+), suunnilleen entisen mittaisia (0) tai lyhyempiä (—).

Aineiston tilastomatematisessa käsittelyssä käytettiin seuraavia kaavoja:

$$\begin{array}{l} \text{Keskiarvon keskivirhe} \\ \text{Standard error} \end{array} \quad \varepsilon(M) = \sqrt{\frac{\sum (m - M)^2}{N(N-1)}}$$

$$\begin{array}{l} \text{Erotuksen keskivirhe} \\ \text{Standard error of difference} \end{array} \quad \varepsilon(M_1 - M_2) = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2}$$

Tällöin M = vaihteluserjan keskiarvo — mean

m = yksittäinen mittausarvo — a measurement value

N = mittausten luku — number of measurements

Tutkimustulokset

Männyn alikasvokset

Alikasvosten esiintyminen

Toipuneita männiköitä etsittäessä kävi ilmi, että männyn alikasvoksia esiintyy yleisesti eri puolilla Suomea. Toipuneista ja toipuvista männiköistä päätellen niitä on myös esiintynyt yleisesti aikaisemmin ainakin monien vuosikymmenien aikana. Ilmeisesti männyn alikasvokset ovat yleisiä kuitenkin vain kuivilla kankailla, ensi sijassa hiekka- ja someromailla. Jonkin verran tavattiin männyn alikasvostaimia myös tuoreilla kankailla jopa eräissä lehdöissakin etenkin lepikön alla.

Puolukkatyyppiä paremmilla mailla männyn alikasvostaimia esiintyi vain vähäisillä aloilla, yksitellen tai muiden puulajien taimien joukossa. Jo silmävaraisten havaintojen perusteella voitiin todeta, että alikasvosmännyn hyvillä metsätyypeillä olivat usein toisenlaisia kuin tyyppilliset kuivan kankaan alikasvosmännyn (vrt. kuvia 3 ja 5). Yleensä ne eivät olleet niin hitaasti kasvavia, mutta eivät toisaalta pysyneet alikasvosasemassa elävinä niin kauan kuin kuivilla kankailla.

Männyn alikasvosten esiintymistä Suomessa valaisevat jonkin verran myös ne vastaukset, joita saatiin tutkimussuunnitelmaa varten tehtyihin kyselyihin. Melkein kaikissa valtion hoitoalueissa näet ilmoitettiin olevan toipuvia männyn taimistoja. Sitä paitsi löytyi niitä myöhemmin sattumalta myös sellaisista hoitoalueista, joissa aluemetsähoitajat eivät tiedäneet niitä olevan.

Männyn alikasvoksia ja niistä syntyneitä metsiköitä todettiin esiintyvän yleisesti myös yksityismetsissä kuivilla kankailla eri puolella Suomea, mutta epäyhtenäisinä metsikköinä. Tämä metsiköiden erilainen laatu valtion ja yksityisten metsissä johtui ilmeisesti erilaisista hakkaustavoista. Sen vuoksi yksityismetsistä oli myös erityisen vaikeata löytää kerralla vapautettuja männiköitä, vaikka toipuvia männyn taimistoja esiintyikin niissä harsintahakkuiden jäljeltä hyvin yleisesti.



Kuva 3. Männyn, kuusen ja koivun muodostamaa alikasvosta mustikkatyypillä Liperi. — Fig. 3. Undergrowth of Myrtillus type carrying pine, spruce and birch. Liperi South Finland.

Alikasvosten luonteenomaiset ominaisuudet

Männyn alikasvosten ominaisuudet vaihtelevat suuresti riippuen taimien koosta ja kasvumahdollisuuksista. Vaikkakin päällysmetsikkö ilmeisesti aina haittaa huomattavasti männyn taimien kasvua, on haittaava vaikutus eri tapauksissa suuresti erilainen. Siten tätä tutkimusta tehtäessä tavattiin muutamia alikasvoksia, joiden ulkonäkö poikkesi vain vähän normaalin taimiston näöstä, mutta joiden kasvu silti oli selvästi hidastunutta (kuva 4). Hyvin usein kuitenkin männyn alikasvotaimet olivat luonteenomaisella ja erikoislaatuisella tavalla surkastuneita. Seuraavassa kuvataan tällaisten pahimmin kituvien, nanistisina pidettävien taimien eräitä ominaisuuksia, joiden todettiin olevan tyypillisiä sekä lukui-



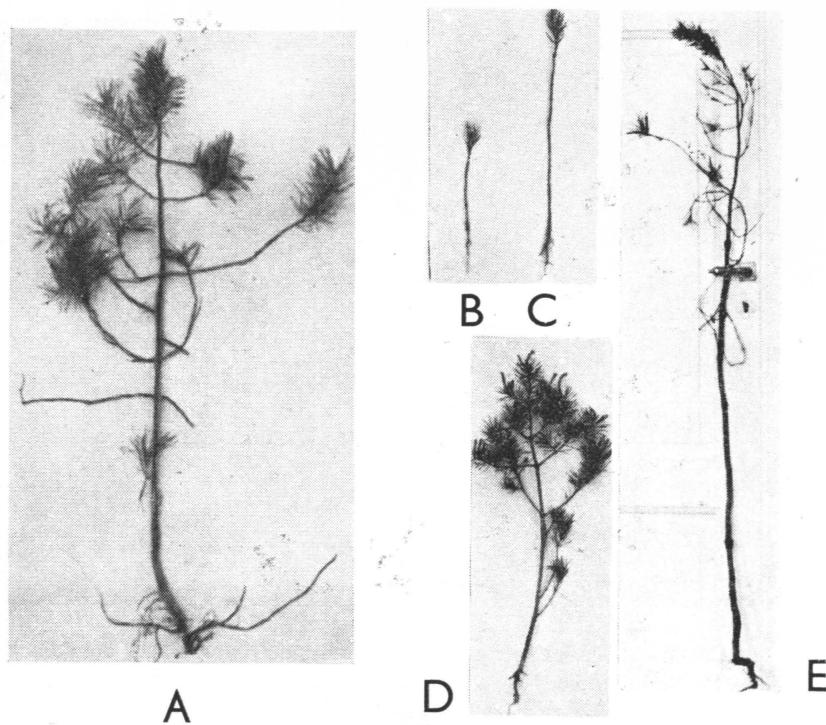
Kuva 4. Alikasvosta kulossa vioittuneen päällysmetsikön alla. Puolukkatyyppi. Ruovesi. — Fig. 4. Pine undergrowth beneath an overwood which was damaged by fire. Vaccinium type. South Finland.

sisä metsiköissä tehtyjen ylimalkaisten havaintojen perusteella että tutkimalla muutamista taimistoista otettuja, erilaisia taimia käsittäviä näytteitä.

Kituvien alikasvotaimien ulkonäöstä antavat lähinnä kuvat 5 ja 8 (vrt. myös 3 ja 6) käsityksen.

Alikasvotaimen vuosikasvain on lyhyt ja usein vino johtuen siitä, että päätesilmun tai -verson vaurioituttua uusi sivusilmusta tai -versosta muodostunut kasvain ei ole noussut aivan pystyyn. Tästä syystä on alikasvosmännyn runko usein myös mutkainen. Niinpä eräässä puolukkatyyppin metsikössä, jossa tutkittiin yhteensä 100 pahoin kitunutta n. 30-vuotista alikasvotainta, oli niistä 80 % sangen mutkaisia. Aukkojen ja metsiköiden reunoilla taimien koko runko on usein fototrooppisesti vinossa asennossa, jolloin samalla oksat ovat voimakkaampia valoisammalla puolella ja kärjestään jonkin verran valoon päin suuntautuvia.

Alikasvosmäntyjen neulasenjat ovat lyhyitä ja niitä on vähän. Pienillä alle 20 cm:n pituisilla kituvilla alikasvotaimilla, ns. kääpiö-



K u v a 5. Tyypillisiä päällysmetsikön alla kituneita männyn taimia Etelä-Suomesta.
— *F i g. 5. Typical stunted pines oppressed by overwood. South Finland.*

	A	B	C	D	E
Pituus, dm — <i>Height, dm</i>	5	1	2	5	19
Ikä, v. — <i>Age, years</i>	25	10	15	20	25
Metsätyyppi — <i>Forest type</i>	VT	VT	VT	MT	MT

t a i m i l l a neulasten todettiin olevan usein 1—2 cm:n, joskus vain muutaman millimetrin pituisia (vrt. myös asetelma s:lla 29).

Varsinkin kääpiötaimista o k s a t usein puuttuvat kokonaan. Esim. eräässä variksenmarja-mustikkatyypiltä kerätyssä 55 kääpiötainta käsiteltävässä umpimähkäisessä näytteessä (ikä keskim. noin 25 v.) oli oksia vain 25 taimessa. Yleensäkin männyn alikasvostaimien oksat ovat vähälukuisia (vrt. asetelma s:lla 33), pieniä, haarattomia tai harvahaaraisia. Tavallisesti eivät oksat muodosta sellaisia säännöllisiä oksakiehkuroita kuin vapaasti kasvaneissa taimissa, vaan ovat rungossa yksittäin tai

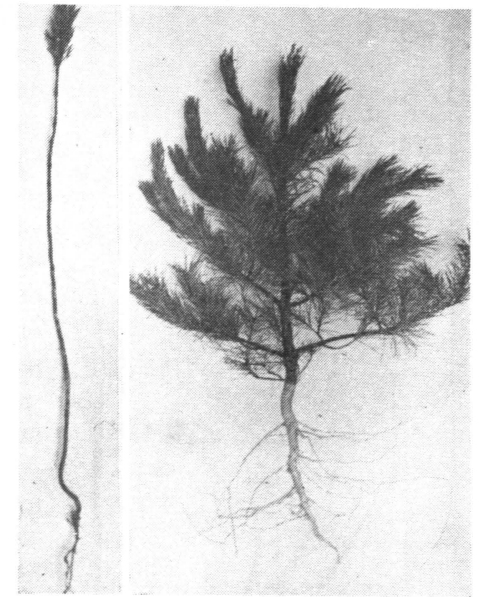
kaksittain (esim. kuvat 5 ja 8). Mikäli alikasvostaimissa on eläviä oksia, ne ovat useimmiten ryhmitteytyneet sen yläosaan, joten latvus on tupsumainen.

Alikasvostaimien r u n g o n todettiin olevan muodoltaan erikoislaatuisen, yleensä hyvin hoidon, joskus melkein siimamaisen (kuva 7, vrt. myös kuva 11 A ja taul. 3). Pahimmin kituvissa taimissa ei rungon tyviosaan monina vuosina muodostunut ensinkään vuosilustoja. Esim. eräässä erittäin kituvassa taimessa puutui 20 cm:n korkeudelta tehdystä leikkauksesta 16 vuosilustoa (kuva 7). Kituvien alikasvostaimien paksuuskasvu on yleensäkin sangen vähäistä (vrt. esim. kuvat 5 ja 23).

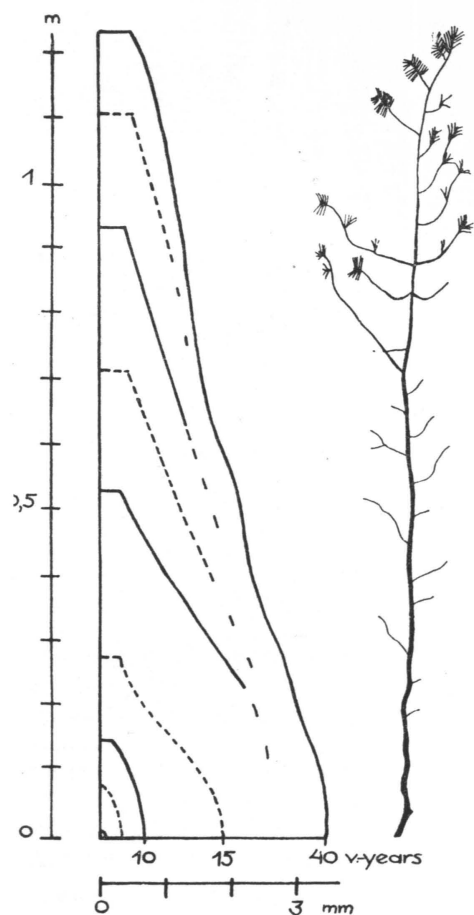
M ä n n y n alikasvostaimien j u u r i s t o näyttää yleensä olevan heikosti kehittynyt. Tutkitut juuret olivat hentoja, harvahaaraisia, ja verrattain lyhyitä.

VT:n metsiköissä tutkituissa 12 pienessä alikasvostaimessa, joiden pituus oli 5—42 cm, keskimäärin 26 cm, olivat pisimmät juuret 8—45 cm, keskimäärin 27 cm pitkiä. Sen sijaan eräiden suurempien alikasvostaimien jotkin juuret saattoivat olla verrattain pitkiäkin (vrt. taul. 1).

Alikasvostaimistojen t e r v e y d e n t i l a on ilmeisesti sangen vaihteleva ja riippuvainen mm. silmuvaurioiden, männynnilurin (*Hylaster ater* Payk.) ja tukkimiehen täin (*Hylobius abietis* L.) esiintymisestä. Mainitut kovakuoriaiset, jotka purevat kuoreen koloja ja läikkiä, saattavat helposti aiheuttaa pienille ja huonosti kasvaville taimille vakavia vaurioita, koska tällaiset taimet vain vaikeasti voivat parantaa näin syntyviä vammoja. Monissa tutkituissa alikasvostaimistoissa todettiin runsaasti tällaisia puremavaurioita ja usein myös kääpiötaimien kuolemista niiden vaikutuksesta. Vauriot olivat yleisiä varsinkin, jos lähistöllä oli



K u v a 6. Tukkimetsikön alta otettu pahoin kituva ja suunnilleen yhtä pitkä aukealta otettu männyn taimi. Kumpikin oli kasvanut puolukkatyyppin kankaalla Etelä-Suomessa. — *F i g. 6. Pines collected from beneath a dense mature stand and on an open area, both of about the same height and growing on heaths of Vaccinium type in South Finland.*



Kuva 7. Runkoanalyysi ja piirros erittäin pahoin kituneesta hyvin hoikasta alikasvosmännystä puolukkatyyppin kuusikosta. Monet vuosilustot olivat epätäydellisiä puuttuen rungon tyviosassa. Ruovesi. — Fig. 7. Stem analysis and sketch of an extremely stunted slender pine under a spruce of *Vaccinium* type. Many annual rings were incomplete, vanishing altogether in the stem base. Ruovesi. South Finland.

mien pensastuminen, s.o. suoraan ylös suuntautuvan pituuskasvun taukoaminen ja latvuksen pyöristyminen. Pensastumista ei kuitenkaan voida tapahtua pelkästään alikasvosaseman vaikutuksesta, vaan sen edellytyk-

suoritettu hakkauksia, jotka edistävät näiden kannoissa ja juurissa sikiävien lajien paikalle kerääntymistä ja lisääntymistä. Eräissä metsiköissä todettiin nimenomaan, että tällaiset puremavauriot olivat runsaampia lähellä hakkausalan reunaa (24—38 % taimista) kuin kauempana siitä (200 m:n päässä 4 %). Myöskin puutavaran ajon, lumen painon, karjan, porojen ja perhostoukkien todettiin joskus vakavasti vaurioittaneen alikasvos- taimia. Myös männyn karistetta (*Lophodermium pinastri* (Schrad) Chev.) esiintyi monissa alikasvos- taimissa, mutta ainakin useissa tapauksissa vain sekundaarisena.

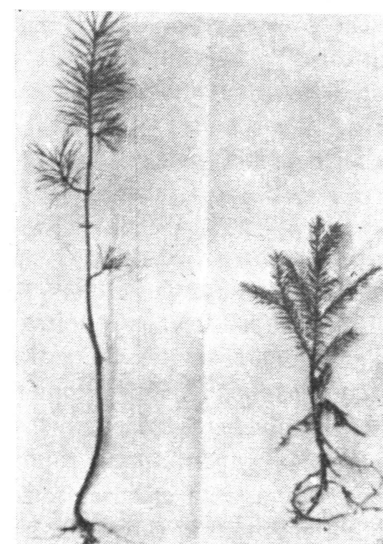
Monet männyn taimistoissa yleensä merkitykselliset tuhon aiheuttajat eivät kuitenkaan ole yleisiä kituvissa alikasvostaimistoissa. Talvella lumen peitossa sijaitsevat ja pienet, notkeat alikasvostaimet ovat esim. monia mekaanisia vaikutteita, mm. hakkuuvaurioita ja lumen murtoja vastaan verrattain kestäviä. Paljosta etsimisestä huolimatta ei kituvissa alikasvostaimissa tavattu myöskään lumikaristetta (*Phacidium infestans* Karst.) sillä tavoin runsaana ja aukkoja aiheuttavana kuin vapaissa taimistoissa joskus on tavallista.

Erityisesti pahoin kituville alikasvosille ominainen vika on tai-

senä on lisäksi jokin latvaan kohdistunut vaurio. Todettiin myös, että useimmissa pensastuneissa taimissa oli muuallakin vaurioita, etenkin rungossa koroja.

Lustojen puuttumisesta ja epä säännöllisyyksistä, hyvin tavallisina esiintyvistä lyylyistä ym. vioista johtuen alikasvoskita kituneiden männyn iän määritykset eivät olleet ehdottoman varmoja. Kuitenkin voitiin todeta nojautuen yleensä säännöllisimmin kasvaneiden puiden lustolukuun 1 dm:n korkeudella ja osaksi yksityiskohtaisempiin analyyseihin ja ytimen tutkimiseen (vrt. s. 17), että tutkimus- alueella männyn alikasvostaimien ikä ja alikasvoskista syntyneiden metsiköiden ikä vapautettaessa oli usein 15—30 v., joskus 30—60, harvoin 60—80 v. Tässä ajassa, jossa vapaasti kasvanut metsikkö saavuttaisi jo riukutai tukkipuuasteen, alikasvosmännyn kuitenkin olivat yleensä jääneet alle 2 m:n ja useimmiten alle 1 m:n mittaisiksi. Kuvasta 5 saa käsityksen iältään erilaisten ja eri tavoin kituneiden alikasvosmännyn ulkonäöstä.

Eräät parhaat ja tiheimmät alikasvoset olivat jokseenkin tasaikäisiä, kun taas monet sangen tasaisetkin taimistot ja etenkin aukkoiset ja repaleiset taimistot olivat eri-ikäisiä. Vanhimmat taimet sijaitsivat usein päällysmetsikön pienissä aukko-



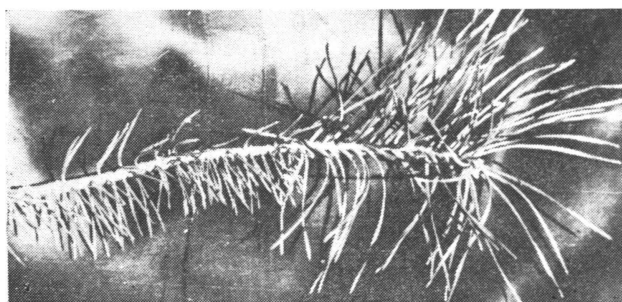
Kuva 8. Suunnilleen samanikäinen männyn ja kuusen taimi, jotka olivat kasvaneet vierekkäin puolukkatyyppin sekametsikössä Kokemäellä. Varren pituudesta huolimatta olivat männyn latvus ja juuristo kehittyneet heikommin kuin kuusen. — Fig. 8. Seedlings of *Pinus silvestris* and *Picea Abies*, both of the same age and collected on the same site in a mixed stand of *Vaccinium* type (at Kokemäki South Finland). Despite the longer stem the top and roots of the pine were more weakly developed than those of the spruce.

Alikasvosasemasta vapautetut männiköt

Toipumisen yleinen kulku

Hakkauksen ensivaikutus taimiin

Taimiin heti vapauttavan hakkauksen jälkeen syntyvien neulasten mittoja, oksien lukua ja pituuskasvussa sekä versosummissa tapahtuvia ensimmäisiä muutoksia valaisevat asetelmat ss:lla 29 ja 31—34. Vapauttamisvuoden arvot on asetelmassa osoitettu alleviivauksella. Koska mainitut taimien ominaisuudet otaksuttavasti riippuvat myös sääsuhteista, kasvupaikan laadusta, taimien kunnosta ja koosta ym. tekijöistä, on asetelmien suppeat aineistot käsitettävä vain esimerkeiksi siitä, minkä suuntaisia muutoksia vapautetuissa taimissa aluksi saattaa tapahtua. Lisäksi on huomattava, että erilaiset sairaudet ja vauriot hyvin usein vaikuttavat näihin muutoksiin (kuva 9). Näiden asetelmien aineistoihin valittiin vain sellaisia tyyppillisiä terveitä taimia, joiden kehitykseen sienet, hyönteiset yms. tekijät olivat vaikuttaneet mahdollisimman vähän.



K u v a 9. Männyn taimen neulasten koon äkillinen suureneminen vapauttavan hakkauksen jälkeen. Aiheutunut tässä tapauksessa sekä kasvun keskittymisestä hakkuuvaurioiden seurauksena että taimen kasvuolosuhteiden paranemisesta. Puolukkatyyppi. Punkaharju. — F i g. 9. Sudden increment of needle size after a felling. The increment is due in this case to the concentration of growth as a result of injury as well as to the improvement in growth conditions as a result of release. Vaccinium type. Punkaharju. South Finland.

Vaikkakaan säätekijöiden vaikutus ei liene samanlainen vapautetuissa ja muissa taimistoissa, otettiin asetelmiin vertailujen helpottamiseksi myös mittaustuloksia muutamista muista taimistoista. Nämä olivat kasvaneet samantyyppisillä kasvupaikoilla kuin vapautetut taimistot. Näissä

vertailutaimissa todetut tutkittujen ominaisuuksien vaihtelut eri vuosina ovat johtuneet lähinnä ilmaston erilaisesta suotuisuudesta eri vuosina. Täten taimissa ilmenevät muutokset olivat yleensä huomattavasti pienempiä ja eri suuntaisia kuin vapautetuissa taimissa. Tämä osoittaa, että vapautetuissa taimissa todetut, usein huomattavan suuretkin muutokset eivät ole johtuneet ilmaston vaihteluista, vaan todennäköisesti vapauttamiseen liittyvistä olosuhteiden muutoksista.

Seuraavat neulasten pituuden arvot (samoin kuin ss:lla 31—34 esitetyt luvut) on mitattu puolukkatyyppin metsiköissä.

Tutkittuja neulasia No of needles studied	Uusien neulasten keskim. pituus, mm — Mean length of new needles, mm			Muutos edelliseen vuoteen verrattuna — Change as compared with previous year		
	vuonna — in year			M ± ε(M), mm		
	1947	1948	1949	1947	1948	1949
A. Alikasvotaimia — Understorey advance growth:						
60		23.5	23.6			+ 0.1 ± 1.2
B. Vapautettuja taimia ¹ — Released ¹ advance growth:						
30	34.5	<u>28.1</u>		+ 2.3 ± 1.3	<u>— 6.4 ± 1.4</u>	
72		23.5	19.8			<u>— 3.7 ± 0.4</u>
(32) ²		(36.7)	(37.1)			<u>(+ 0.4 ± 1.7)</u>
26		21.1	19.1			<u>— 2.1 ± 1.2</u>
66	45.9	30.2			<u>— 14.6 ± 1.9</u>	
(12) ³	(40.1)	(36.3)			<u>(— 3.8 ± 2.9)</u>	
C. Vapaasti kasvaneita riukumäntyjä — Saplings that have grown freely:						
30	49.9	48.3	50.1		<u>— 1.6 ± 1.4</u>	+ 1.8 ± 1.7

Asetelmasta ilmenee, että vapauttaminen oli vaikuttanut niin, että sitä seuraavana kasvukautena syntyvät neulaset olivat usein hiukan lyhyempiä kuin sitä ennen syntyneet neulaset. Myös päinvastaisia suhteita havaittiin joskus, mihin kuitenkin oli syynä yleensä, joskaan ei aina, hakkuuvaurioiden seurauksena tapahtuva kasvun keskittyminen taimen terveisiin osiin (kuva 9). Ainakin muutamissa tapauksissa näytti myös hakkuujätteiden suojaamiin taimiin muodostuvan pitempiä neulasia kuin muihin taimiin.

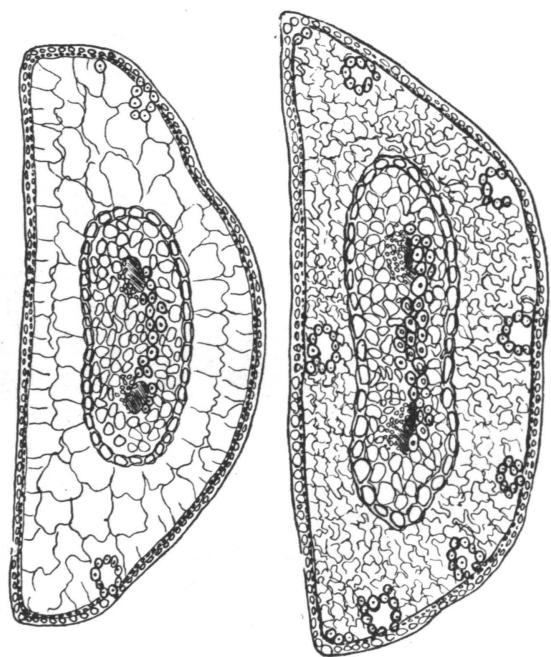
¹ Vapauttamisvuoden arvot alleviivattu. — The values for release year underlined.

² Hyvin pieniä taimia. — Very small seedlings.

³ Samalta hakkausalueelta kuin edellisellä rivillä, mutta hakkuujätteiden suoja-
— From the same area as those in the line above but from the spots protected by slash.

Useilla hakkausaloilla pantiin merkille, että taimien vanhat, ennen hakkausta syntyneet neulaset ruskettuivat ja varisivat joskus jo yhden ja yleisesti kahden vuoden ikäisinä. Siten niiden ikä usein oli lyhyempi kuin neulasten normaali ikä (2—5 v.).

Kokeessa, jossa siirrettiin muutamia männyn taimia sekä tiheän MT:n metsikön alta että aukealta CT:n hakkausalalta lihavaan peltoon, todettiin näiden taimien suhtautumisessa selvä ero: Metsikön alta siirrettyjen taimien vanhat neulaset kuihtuivat pian ja uudet neulaset jäivät aluksi vanhoja pienemmiksi. Aukealta siirretyissä taimissa ei tällaisia negatiivisia vaikutuksia ollut todettavissa. Niissä uudet neulaset muodostuivat heti vanhoja suuremmiksi, vieläpä suuremmiksi kuin metsikön alta siirrettyjen taimien neulaset, vaikka aukealta siirretyt taimet olivat pienempiä ja olisi odottanut myös niihin muodostuvien neulasten olevan pienempiä.



Kuva 10. Männyn neulasten poikkileikkauksia. Vasemmalla ns. varjoneulanen, oikealla samaan taimeen kaksi vuotta myöhemmin syntynyt ns. valoneulanen. Suurenus 40 x. — Fig. 10. Sections of the needles of pine. A so-called shade needle (left) and light needle (right) produced by the same seedling two years later. 40 x.

Metsikön alta peltoon siirrettyjen taimien neulaset, jotka syntyivät toisena vuonna siirtämisen jälkeen olivat suunnilleen vanhojen neulasten pituisia, mutta sisärakenteeltaan toisenlaisia (kuva 10). Kaikissa yhteensä 30:ssä mikroskoopin avulla tutkitussa neulasessa oli havaittavissa selviä eroja vanhojen ja uusien neulasten välillä: Uusien neulasten parenkyymisolut olivat pienempiä, mutta lukuisampia; Johtosolukkojen osuus neulasten tilavuudesta oli suurempi; Pihkatiehyiden luku oli suurempi; Päälyskettokin oli uusissa neulasissa paksumpi kuten seuraavat mittaus tulokset osoittavat:

	Vanhat neulaset Old needles	Uudet neulaset New needles	Erotus Difference
Päälysketon paksuus — Thickness of epidermis	19.8 ± 0.3 μ	34.4 ± 0.3 μ	14.6 ± 0.4 μ

Ilmeisesti olivat jo toisena vuonna syntyneet neulaset olosuhteiden vaatimusten mukaisesti ns. valoneulasia, toisin kuin vanhat, ilmeiset varjoneulaset. Sitä vastoin alikasvosaseman aikana syntyneet neulaset eivät metsikköilmastoon mukautuneina ilmeisestikään kyenneet toimimaan tehokkaasti sen jälkeen, kun taimi joutui aukealle. Tämä selittää parhaiten siirtämisen seurauksena aluksi tapahtuneet negatiiviset reaktiot, jos kohta myös siirrossa mahdollisesti sattuneilla juurivaurioilla on saatanut olla niihin osuutta.

Otaksuttavasti mikroilmaston äkillinen muutos yleensäkin vaikuttaa vapautettujen männyn taimien neulasiin siten, että vanhat neulaset saattavat siitä kärsiä ja että uudet neulaset syntyvät entisiä lyhyempinä sekä absoluuttisesti että paksuuteensa nähden (vrt. seur. asetelmaa).

Tutkittuja neulasia No of need- les studied	Uusien neulasten pituuden suhde paksuuteen Length/thickness ratio of new needles			Muutos edell. vuoteen verrattuna Change as compared with previous year	
	vuonna — in year			M ± ε(M) mm	
	1947	1948	1949	1948	1949
A. Alikasvostaimia — Understorey advance growth:					
60	47.8	48.5			+ 0.7 ± 2.4
B. Vapautettuja¹ taimia — Released¹ advance growth:					
60	41.4	33.8			— 7.6 ± 1.2
68	55.5	<u>53.1</u>		— 2.4 ± 1.2	
100		<u>62.6</u>	<u>51.1</u>		— 11.5 ± 2.7
C. Vapaasti kasvaneita riukumäntyjä — Saplings that have grown freely:					
90	75.5	69.1	70.3	— 6.4 ± 2.8	+ 1.2 ± 2.1

¹ Vapauttamisvuoden arvot alleviivattu. — The values for release year underlined.

Kuten seuraavasta asetelmasta ilmenee, oli alikasvosasemasta vapautetun männyn taimien vuosikasvain vapauttamista seuraavana kesänä usein huomattavasti lyhyempi kuin aikaisemmin. Tätä negatiivista vaikutusta ei kuitenkaan havaittu aina, varsinkaan jos taimisto oli matalaa ja nimenomaan, jos se samalla oli vain lievästi kitunutta.

Tutkittuja kasvaimia No of shoots studied	Uusien kasvainten pituus, keskim. — Mean length of new shoots mm			Muutos edelliseen vuoteen verrattuna — Change as compared with previous year		
	vuonna — in year			M ± ε(M) mm		
	1947	1948	1949	1947	1948	1949
A. Alikasvostaimien latvakasvain — Terminal shoots of understorey seedlings:						
144	20	23	25	+ 0.1 ± 1.1	+ 3 ± 1.3	+ 2 ± 1.2
60	30	19	31	— 0.9 ± 3.1	— 11 ± 2.8	+ 12 ± 2.0
B. Vapautettujen¹ taimien latvakasvain — Terminal shoots of released¹ seedlings:						
76		74	46			— 28 ± 3.5
30	74	39			— 35 ± 5.6	
40	31	33	38	+ 9 ± 3.2	+ 2 ± 2.5	+ 5 ± 0.7
(24) ²	(38)	(85)	(96)	(+ 2 ± 4.9)	(+ 47 ± 10.6)	(+ 11 ± 5.5)
88	11	13	8		+ 2 ± 0.8	— 5 ± 0.5
C. Vapautettujen¹ taimien oksakasvain — Lateral shoots of released¹ seedlings:						
34	32				— 48 ± 8.2	
D. Vapaasti kasvaneiden riukumäntyjen latvakasvain — Terminal shoots of saplings that have grown freely:						
44	410	320	450	— 13 ± 12	— 90 ± 10	+ 130 ± 9

Eräiden hakkuujätteen hyvin suojaamien taimien pituuskasvussa oli tapahtunut selvä lisäys jo hakkausta seuraavana kasvukautena. Niitä koskeva aineisto on kuitenkin hyvin pieni, ja on pidettävä epävarmana, onko kysymyksessä sattuma vai onko lisäys vapauttamisen ja hakkuujätteen aiheuttama.

Äsken mainitussa kokeessa oli taimien siirtäminen metsikön alta peltoon aiheuttanut niiden pituuskasvussa ohimenevää, mutta selvää heik-

¹ Vapauttamisvuoden arvot alleviivattu. — The values for release years underlined.

² Kasvaneet samalla alalla kuin edellisen rivin taimet, mutta hakkuujätteen suojassa. — These grew on the same area as the seedlings on the line above but were protected by slash.

kenemistä kahtena lähimpänä vuotena. Aukealta siirretyissä taimissa taas oli pituuskasvu ensimmäisenä kesänä pysynyt jokseenkin ennallaan, mutta jo toisena lisääntynyt voimakkaasti.

Niissä kasvaimissa, jotka joko hakkauksella vapautetuissa tai metsikön alta peltoon siirretyissä taimissa olivat erityisen lyhyitä, oli neulasia yleensä silmiinpistävän tiheässä.

Männyn oksien luvusta kerätyt tilastot esitetään seuraavana asetelmana:

Tutkittuja mäntyjä No of pines studied	Oksien luku eri vuosina syntyneissä oksakiehkuroissa — Number of branches of different years on stem — M ± ε(M)				
	1945	1946	1947	1948	1949
A. Alikasvostaimia — Understorey advance growth:					
17	0.5 ± 0.12	0.8 ± 0.16	0.8 ± 0.10	0.8 ± 0.20	0.6 ± 0.14
21		2.4 ± 0.15	2.2 ± 0.25	2.1 ± 0.27	1.8 ± 0.27
B. Vapautettuja¹ taimia — Released¹ seedlings:					
28			2.8 ± 0.16	2.8 ± 0.13	2.5 ± 0.12
10		2.3 ± 0.26	2.3 ± 0.24	3.0 ± 0.21	
2		1.5	2.5	2.5	3.5
1	1	1	2	3	4
2	1.5	1.0	3.5	2.5	2.5
C. Vapaasti kasvaneita nuoria taimia — Young seedlings that have grown freely:					
7		0	0.7	3.3	4.7
D. Vapaasti kasvaneita riukumäntyjä — Saplings that have grown freely:					
23	6.1 ± 0.30	6.0 ± 0.29	6.0 ± 0.24	6.2 ± 0.22	6.0 ± 0.24
21	5.9 ± 0.24	5.6 ± 0.22	5.7 ± 0.24	5.6 ± 0.21	5.3 ± 0.24

Vaikka päärankaan syntyvien oksien luku pysyi aluksi, hakkausta lähinnä seuraavana kasvukautena yleensä melkein ennallaan, on kuitenkin mahdollista, että eräät oksien silmut, jotka muuten olisivat jääneet kehittymättä, kehittyivät hakkauksen vaikutuksesta.

Männyn taimien versojen pituussumman kehitystä koskevat mittaus-tulokset on yhdistetty seuraavaksi asetelmaksi.

¹ Vapauttamisvuoden arvot alleviivattu. — The values for release years underlined.

Metsä- tyyppi Forest type	Tutkittuja taimia No of seedlings studied	Ensimmäi- nen tutki- musvuosi First year of study	Versojen pituussummien lisäys peräkkäisinä vuosina, cm Series of annual length increment of shoots, cm				
A. Vapautettuja taimia (vapauttamisvuodesta lähtien) — Released seedlings (each year after release):							
VT	4	1942	17	57	140		
MT	1	1944	3	3?	13	43	73
CT	5	1944	37	49	117		
VT	1	1946	36	87	193		
VT	2	1946	68	145	295	483	
VT	2	1947	62	146	272	386	
B. Vapaasti kasvaneita taimia (taimien syntymävuodesta lähtien) — Seedlings that have grown freely (from their first year):							
MT	1	1943	1	3	19	69	188
VT	7	1945	4	8?	96	223	
VT	7	1945	5?	22	37	93	163

Näiden lukujen perusteella näyttää uusien versojen pituussumma olevan verrattain kiinteässä suhteessa (korkeintaan noin 3:1) edellisen vuoden versojen määrään, joten kovin äkilliset muutokset latvuksen koossa eivät ole todennäköisiä (ehkä aivan pieniä taimia lukuunottamatta). Tämä rajoittaa suuresti pienilatuksisten taimien kasvunopeutta ja siten myös vaikuttaa hidastuttavasti alikasvostaimien toipumisen alkuunpääsyyn, koska — usein korkeasta iästä huolimatta — niiden latvus yleensä vapautettaessa on pieni.

Tutkittaessa toipuneiden koepuiden vuosilustoja mikroskoopissa ilmeni, että pahoin kituvissa taimissa ei vapauttaminen aina ollut aiheuttanut rungon paksuuskasvun kaan lisääntymistä heti hakkausta seuraavana kesänä. Todettiin vuosilustojen joskus muodostuneen hakkausta seuraavana kesänä vielä ohuempina kuin aikaisemmin. Usein paksuuskasvu pysyi tällöin muutaman vuoden ajan melkein muuttumatta. Muiden taimien joukossa oli joskus eräitä, joiden paksuuskasvu alkoi lisääntyä vasta 4.—6., harvoin, vioittuneissa taimissa, 7.—9. kasvukautena hakkauksen jälkeen. Tavallisinta kuitenkin oli, että paksuuskasvu alkoi lisääntyä jonkin verran jo hakkausta seuraavana vuonna ja yleensä aikaisemmin kuin pituuskasvu.

Kun hakkauksen jälkeen metsikössä on runsaasti käyttämätöntä kasvutilaa, näyttää moni suojaton, hontelo kitutaimisto hyvin kurjan näköiseltä ennen kuin toisena kesänä tai joskus vasta myöhemmin alkaa

taimien varsinainen toipuminen. Kuten tuonnempana selvitetään, tekevät hakkuuvauriot, jotka erityisesti kohdistuvat suurimpiin taimiin, juuri vapautetun taimiston ulkonäön usein yhäkin surkeammaksi ja ilmeisesti myös myöhästyttävät toipumisen alkamista. Toisaalta havaittiin, että vain lievästi kituneissa männyn alikasvostaimistoissa, jotka monessa suhteessa muistuttavat vapaina kasvaneita taimistoja, ovat toipumisen alkuvaiheen vaikeudet pienempiä tai toipuminen alkaa niissä voimakkaana heti vapauttamisen jälkeen.

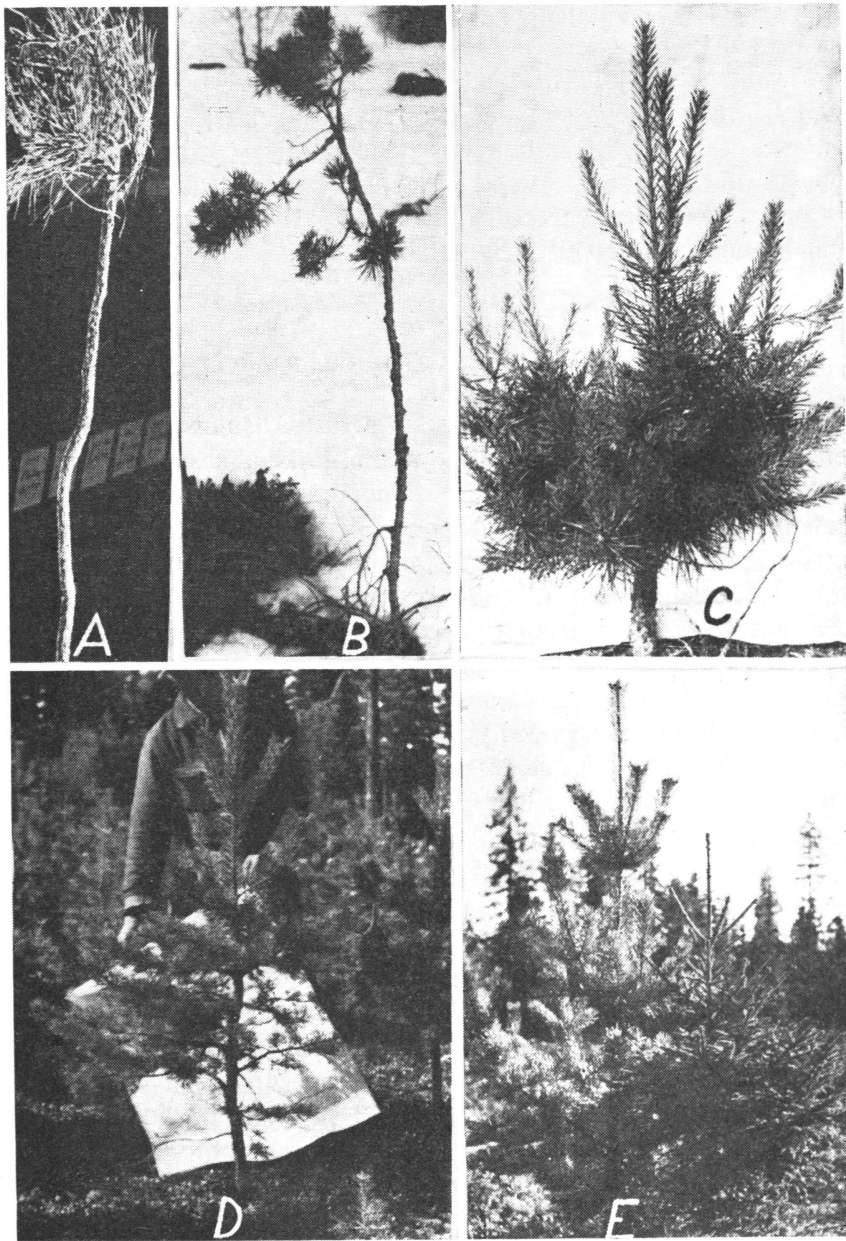
Puun varsinainen toipuminen

Seuraava kuvaus puun toipumisesta perustuu lähinnä sellaisten toipuvien ja toipuneiden mäntyjen analyysiin, jotka alikasvosaseman aikana ovat olleet pahoin kituvia. Niiden toipumiseen yleensä liittyvät erikoisuudet esiintyvät lievempinä tai puuttuvat silloin, kun kysymyksessä on vain vähän kituneiden taimien toipuminen.

Kuten asetelmasta sivulla 34 ilmenee, saattaa hakkauksen jälkeen männyn taimen vuosiversojen pituussumma yhden kasvukauden aikana muuttua yli kaksinkertaiseksi edellisen vuoden versomäärään verrattuna. Tämä tapahtuu aluksi pääasiassa oksien ja haarojen lukumäärän lisääntymisenä ja vain pieneksi osaksi yksityisten versojen pituuskasvun suuren tumisena. Uusia versoja muodostuu joskus myös vanhoista kehittymättä jääneistä, n.s. uinuvista silmuista, mikä on varsin tavallista erilaisten vaurioiden vaikutuksesta, mutta jota useissa vapautetuissa taimissa havaittiin tapahtuvan pelkästään myös kasvuolosuhteiden äkillisen paranemisen seurauksena.

Kun toipumisen alkaessa ja versojen määrän kasvaessa samalla myöskin neulasten koko ja lukumäärä suurenevät, rehevöityy taimien latvus melko nopeasti. Täten saavat taimet toipumisen alkaessa omituisen, tupsumaisen ulkonäön. Pieniin kitutaimiin syntyy oksattoman rungon päähän tavallisesti yksi tuuhea havutupsu (kuva 11 A). Suuriin taimiin, joissa on elinvoimaisia oksia, syntyy latvan ja oksien päihin kuhunkin eri tupsu (kuva 11 B).

Toipumisen seuraavassa vaiheessa latvus yhä tuuhistuu, latvan päässä oleva tiheiden oksien muodostama sykerö kasvaa voimakkaasti, ja oksien päissä mahdollisesti olleet erilliset tupsut saattavat yhtyä yhdeksi suureksi havutuppaaksi. Tällaiseksi latvus muodostuu mm. sen johdosta, että oksien ja eri asteisten haarojen l u k u lisääntyy suuresti oksien ja haa-



Kuva 11. Toipuvia taimia puolukkatyyppin metsiköistä Etelä-Suomesta 3—6 v. vapauttamisen jälkeen. — Fig. 11. Recovering seedlings that had grown in stands of *Vaccinium* type, 3—6 years after release from oppression. South Finland.



Kuva 12. Toipuneen männyn rungolle jäänyt oksarykelmä 25 vuotta vapauttamisen jälkeen. Alikasvoskausi oli kestänyt 50 vuotta. Kanervatyyppi. Ruovesi. — Fig. 12. Bushy branch growth on the stem of a recovered pine which had persisted for 50 years in an oppressed state and then grew for 25 years freely. *Calluna* type. Ruovesi. South Finland.

rojen välin pysyessä silti usein vielä melko lyhyenä. Pituuskasvun toipuminen alkaakin usein vasta verrattain myöhään. Tällöin muodostuu tuuhean, palleraisen latvuksen yläpuolelle ikään kuin toinen normaalian harva latvus (kuvat 11 C—E).

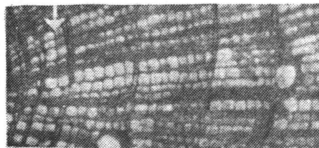
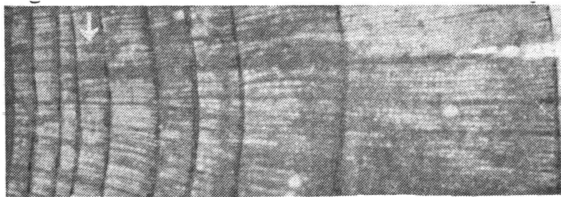
Sillä kohdalla männyn runkoa, jossa latvuksen rehevöityminen on alkanut, säilyy usein kymmenien vuosien ajan kuivista, lyhyistä ja vahvaarisista oksista muodostunut rykelmä (kuva 12).

Myöskin todettiin, että taimien juuristo saattaa pian vapauttavan hakkauksen jälkeen laajeta voimakkaasti, kuten ilmenee juurien mikroskopointitulkimusten tuloksista (taul. 1). Juuria kaivettaessa lisäksi havaittiin, että niiden haaroittuneisuus ja lukumäärä samalla olivat kasvaneet suuresti, joten juuriston kokonaiskasvu oli toipumisvaiheessa ollut hyvin

T a u l. 1. Vapautettujen männyn taimien voimakkaimpien pintajuurien pääangan pituuskasvu. Puolukkatyyppi. — T a b l e 1. Terminal length increment of some strongest surface roots of the pines released from oppression. Vaccinium type.

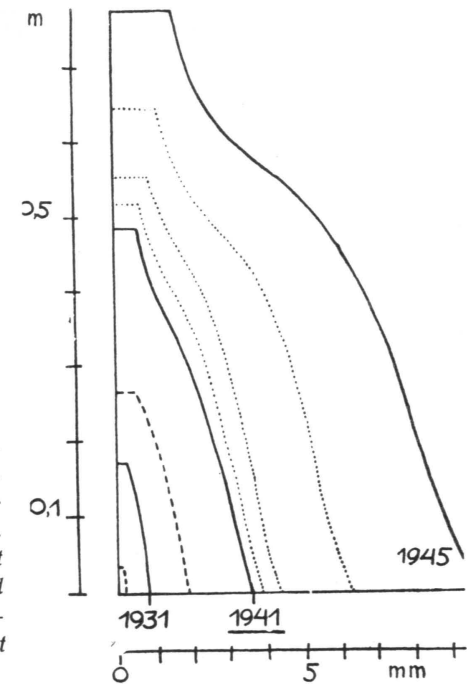
Tutkittuja juuria Number of roots studied	Ennen vapauttamista Before release		Vapauttamisen jälkeiset vuodet Years after release									
	Aika, vv. Time, years	Keskim. kasvu, cm — Aver. increase, cm	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		
			Keskim. kasvu vuodessa, cm Aver. increase per year, cm									
1	15	80	5.3	43	38	113						
3	17	14	0.8	3	4	20	39	93				
3	15	37	2.5	28	39	42						
3	15	60	4.0	27	51	71						
3	23?	69	3?	?	?	?	33	33	33	58		
5	?	?	?	?	?	?	47	59	63	83		
Eräs vapauttamisen jälkeen syntynyt juuren haara A root branch produced after release:												
1	—	—	—	—	—	—	30	88	113	110		

nopeaa. Edellä kuvattua männyn latvuksen toipumista ilmeisesti siis vastaa jokseenkin saman aikaisesti tapahtuva juuriston toipuminen. Taulukon edustama suppea puolukkatyyppiltä koottu aineisto antaa vain orientoivan kuvan juurten kasvun elpymisestä ja ensi sijassa juuriston laajenemisesta. Muutamissa kanervatyyppiltä talteenotetuissa toipuvien taimien juurissa lustot olivat niin epäselviä, että mikroskopointitutkimuksen tulokset jäivät epävarmoiksi. Tällöinkin juurten suuri pituus osoitti, että voimakasta juuriston laajenemista oli todennäköisesti tapahtunut. Sama johtopäätös voitiin tehdä useissa toipuneissa eri metsätyyppi-



K u v a 13. Mikrovalokuva toipuneen männyn taimen rungon (ylhällä) ja juuren (alhaalla) vuosilustoista. Vapauttamisvuoden lusto merkitty nuolella. Suurennus 17 ja 33 x. — Fig. 13. Photomicrograph of the annual rings of the stem (above) and the root (below) of a pine released from heavy oppression. Ring of release year marked with arrow. 17 and 33 x.

K u v a 14. Runkoanalyysi toipuvasta männystä, joka oli kasvanut 16 vuotta päällysmetsikön alla ja 4 vuotta vapaana. Puolukkatyyppi. Köyliö. Alikasvoskauden viimeinen vuosi alleviivattu. — Fig. 14. Stem analysis of recovering pine that had persisted for 16 years in an oppressed state and then grew for 4 years freely. Vaccinium type. Köyliö. South Finland. Last year of oppression underlined.



pien taimistoissa, joissa juuria tutkittiin vain ylimalkaisemmin. Maata kaivettaessa havaittiin lisäksi, että toipuvissa ja toipuneissa männiköissä juuria oli hyvin syvällä, usein ainakin 0.8, joskus noin 1.5, eräissä tapauksissa vieläpä 1.8 m maanpinnan alla. On siis syytä otaksua juuriston elpymiseen laajenevan voimakkaasti myös alaspäin.

Latvuksen rehevöityessä ja juuriston voimistuessa elpyy samalla myös taimen paksuuskasvu yleensä verrattain nopeasti. Kuvasta 13 ilmenee, että vuosiluston leveys ja puusolukon rakenne saattaa muuttua melko nopeasti. Kuten esim. toipuneiden mäntyjen runkoanalyysit (mm. kuvat 14 ja 16) osoittivat, kasvaa aikaisemmin pahoin kitunut taimi muutamana toipumisvuotena paksuutta usein yhtä paljon kuin vuosikymmeninä alikasvosaseman aikana. Monissa tapauksissa paksuuskasvu saavuttaa muutamassa vuodessa hakkauksen jälkeen maksiminsa tai ainakin verrattain suuren arvon, josta se myöhemmin lisääntyy vain hitaasti (vrt. kuva 23).

Sen sijaan pituuskasvu elpyy alikasvosasemasta vapautetuissa männynissä yleensä vähitellen (vrt. kuva 15) ja myöhemmin kuin paksuuskasvu (vrt. esim. kuvat 14 ja 16 sekä taul. 3). Täten toipuvan taimen runko muut-

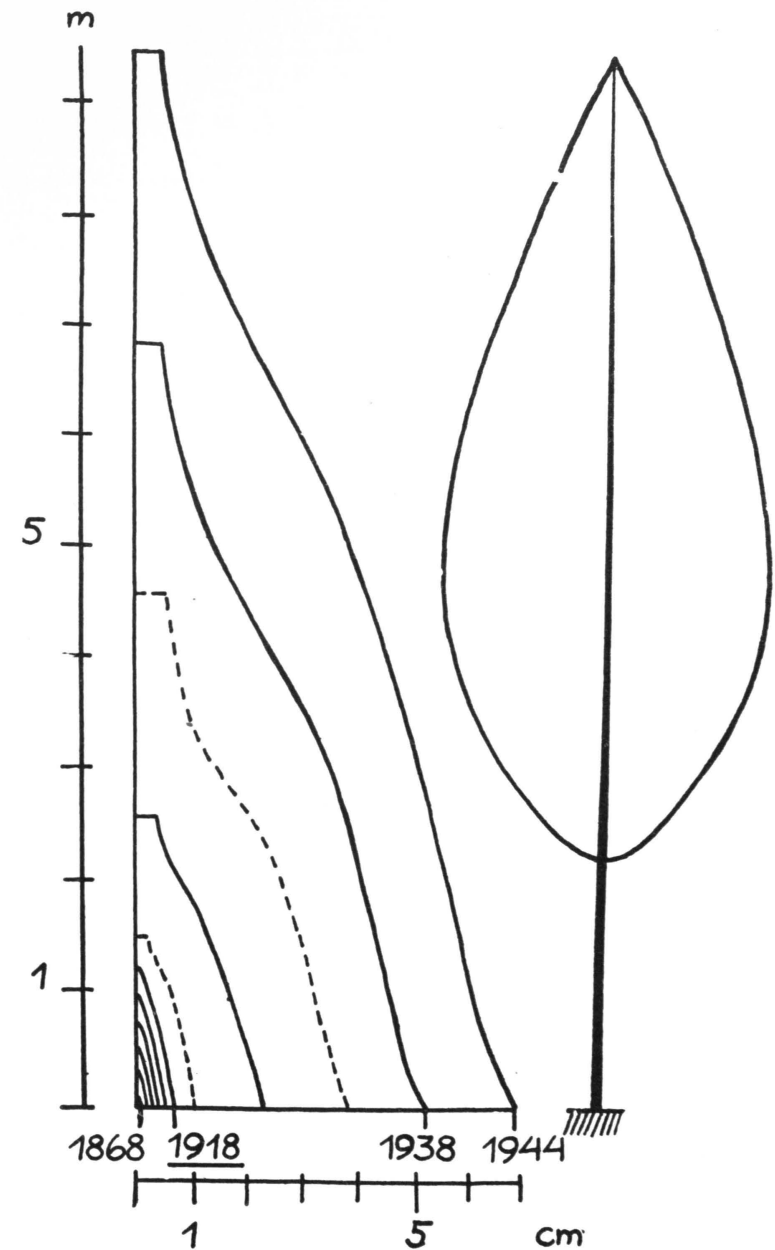


Kuva 15. Osa toipuneen männyn runkoa 25. kasvukautena hakkauksen jälkeen. Rungossa on vielä vähäinen laajenema ensinnä toipuneiden oksien kohdalla. Oksakiehkuroista näkyy pituuskasvun vähittäinen toipuminen. Puolukkatyyppi. Ruovesi. — Fig. 15. Part of the stem of a recovered pine 25 years after release from heavy oppression by cutting the overwood. In the stem there is still a little swelling in the place where the branches first recovered. The whorls of branches show the slow initial growth following the release. Vaccinium type. Ruovesi. South Finland.

tuu yleensä kohta hakkauksen jälkeen verrattain paksuksi varsinkin rehevöityneen latvuksen alaosan kohdalla.

Kun toipuvan taimen pituuskasvu on aluksi vähäistä ja lisääntyy vasta vähitellen, muistuttaa taimen pituuden kehitys nuoren vasta syntyneen taimen pituuden kehitystä. Aluksi oli toipuvan taimen pituuskehitys joskus hieman hitaampaakin kuin nuoren, juuri syntyneen taimen pituuskehitys.

Kituneen taimen toipumisessa voidaan siten erottaa eräänlainen juromisvaihe, joka käsittää sekä ajan hakkauksen ja varsinaisen toipumisen alkamisen välillä että lisäksi varsinaisen toipumisen alkupuolen siihen asti, kunnes pituuskasvu toipuu voimakkaasti ja latvakasvain alkaa selvästi erottua muun latvuksen yläpuolella. Siten esim. kuvien 11 A ja B esittämät taimet ovat parast'aikaa juromisvaiheessa, kun taas kuvien 11 C—E esittämät taimet ovat juuri ohittaneet tämän vaiheen.



Kuva 16. Runkoanalyysi ja latvuksen sivukuva männystä, joka oli kasvanut 53 vuotta päällysmetsikön alla ja 26 vuotta vapaana. Puolukkatyyppi. Tammela. Alikasvoskauden viimeinen vuosi alleviivattu. — Fig. 16. Stem analysis and crown profile of a pine which had persisted for 53 years in an oppressed state and then grew for 26 years freely. Vaccinium type. Tammela. South Finland. Last year of oppression underlined.

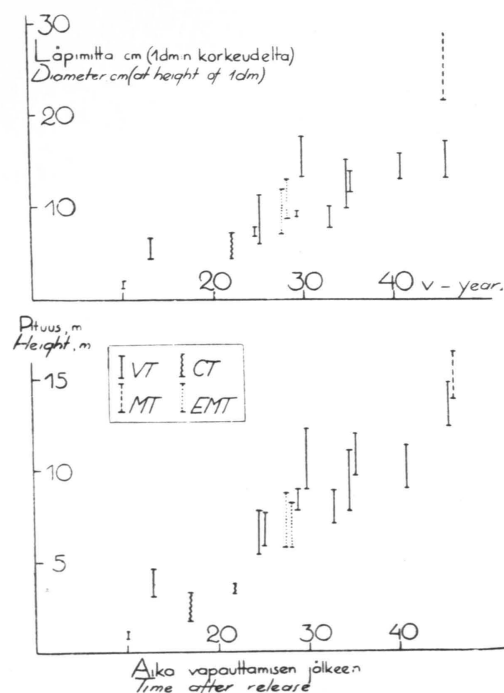
Vähemmän kituneiden taimien toipuessa juromisvaihe ei ole yhtä silmiinpistävä tai se puuttuu kokonaan ja latvuksen sekä rungonkin muoto muuttuvat sopusuhteisemmin.

Juromisvaiheen jälkeen on pituuskasvunkin toipuminen yleensä hyvin nopeaa ja toipuva puu alkaa vähitellen kasvunsa ja rungon sekä latvuksen mittasuhteitten puolesta muistuttaa alun perin vapaana kasvanutta puuta (kuva 16). Tällöin paranee hyvin epänormaalin, paksu rungon muoto, kun paksuuskasvun voimakas lisääntyminen lakkaa aikaisemmin kuin pituuskasvun lisääntyminen.

Metsikön toipumisesta

Edellä kuvattu, lähinnä yksittäisten puiden analysein selvitetty toipumisen yleinen kulku oli vapautetuille toipuville männyille yleensäkin ominaista. Todettiin, että vapautetun metsikön ollessa harva toipuvat sen mukaisesti yleensä kaikki puut. Sitä vastoin tiheässä metsikössä toipui kuvatulla tavalla vain osa puista. Havaittiin näet tarkasteltaessa koealametsiköiden puiden kasvukäyriä, joita niiden suuren lukumäärän (540) vuoksi ei erillisinä voida julkaista, että osa puista oli toipunut vain heikosti tai jäänyt kokonaan toipumatta. Viimeksi mainitut puuyksilöt kuuluivat yleensä alempiin latvuserroksiin ja olivat kasvaneet isompien yksilöiden lähellä tai alla, joten on todennäköistä, että ne olivat suuresti kärsineet kilpailusta muiden puiden taholta eivätkä olleet varsinaisesti toipumiskyvyttömiä. Sitä paitsi saattavat tietenkin myös pahat vauriot joskus estää puun toipumisen.

Vaikka nimenomaan pyrittiin etsimällä ja tiedustelujen avulla löytämään sellaisia vapautettuja metsiköitä, joiden toipuminen olisi tapahtunut olennaisesti toisin kuin edellä on kuvattu, ei tässä pyrkimyksessä onnistuttu. Paitsi koealoilla ja muissa tutkituissa metsiköissä (vrt. s. 19) tehtiin havaintoja toipumisesta aineiston etsintätyön ohella, joskin ylimalkaisemmin ja etupäässä metsiköissä, jotka vielä olivat toipumisvaiheessa. Näin todettiin useissa sadoissa metsiköissä eri puolilla Suomea sekä myös eräillä seuduilla Itä-Karjalassa, Karjalan kannaksella ja Pohjois-Ruotsissa, että männyn alikasvokset olivat toipuneet suunnilleen edellä kuvatulla tavalla tai, mikäli ne oli vasta jonkin aikaa aikaisemmin vapautettu, että toipuminen oli alkanut suunnilleen kuvatulla tavalla. On siis ilmeistä, että ainakin nykyoloissa ja laajalla alueella männyn alikasvokset yleensä ovat toipumiskykyisiä.



Kuva 17 (alhaalla). Alikasvoksina vapautettujen toipuneiden männiköiden valta-pituus suunnilleen normaalitiheillä koealoilla. Janojen päätepisteet esittävät kullakin koealalla mitatun suurimman ja pienimmän päävaltapuun (yht. 7—15) pituutta. — Fig. 17 (below). Dominant height of pine stands that had recovered after release from oppression. The end points of lines show the height of the biggest and smallest predominant tree (totally 7—15) measured in each plot.

Kuva 18 (ylhäällä). Alikasvoksina vapautettujen toipuneiden männiköiden valta-puiden tyviläpimitta suunnilleen normaalitiheillä koealoilla. Janojen päätepisteet esittävät kullakin koealalla mitatun suurimman ja pienimmän päävaltapuun (yht. 7—15) läpimittaa. — Fig. 18 (above). Base diameter of dominant trees of pine stands that had recovered after release from oppression. The end points of lines show the diameter of the biggest and smallest predominant tree (totally 7—15) measured in each plot.

Toipuvien taimien kilpaillessa keskenään muodostuu toipuneeseen männikköön latvuserroksia samaan tapaan kuin metsikköihin yleensäkin. Kun männyn alikasvokset ovat ilmeisesti kituneet lähinnä päällyspuuston vaikutuksen muttei taimien välisen kilpailun johdosta, on kerrostuminen vielä toipumisvaiheen alussa usein verrattain heikkoa ja metsikkö käsittää pääasiassa »valtapuita». Myöhemmin metsikön sul-

T a u l. 2. Kituvina alikasvoksina vapautettujen toipuneiden männiköiden puuston jakautuminen latvuskerroksiin. — *Table 2. Crown class distribution in pine stands that had recovered after release from heavy oppression.*

Aineisto Material	Kerros Crown class	Pituus, m Height, m	Runkoluku halla Stems per hectare	Ryhmittymisluku ¹ Frequency ¹
Eräs VT:n metsikkö 25 vuotta vapauttamisen jälkeen <i>Pine stand of VT 25 years after release</i>	Päävalta puut — <i>Predominant</i>	9.8	1 143	11
	Lisävalta puut — <i>Codominant</i>	7.2	1 286	14
	Väli puut <i>Intermediate</i>	6.1	2 429	27
	Alus puut — <i>Overtopped</i>	5.2	2 571	30
	Koko metsikkö — <i>Whole stand</i>	6.3	7 429	60
Eräs EMT:n metsikkö 27 vuotta vapauttamisen jälkeen <i>Pine stand of EMT 27 years after release</i>	Päävalta puut — <i>Predominant</i>	7.6	680	7
	Lisävalta puut — <i>Codominant</i>	6.1	980	10
	Väli puut — <i>Intermediate</i>	4.7	2 233	19
	Alus puut — <i>Overtopped</i>	2.1	3 300	22
	Koko metsikkö — <i>Whole stand</i>	3.8	7 193	40
Eräs VT:n metsikkö 46 vuotta vapauttamisen jälkeen <i>Pine stand of VT 46 years after release</i>	Päävalta puut — <i>Predominant</i>	12.8	1 132	11
	Lisävalta puut — <i>Codominant</i>	11.3	944	10
	Väli puut — <i>Intermediate</i>	10.1	1 132	11
	Alus puut — <i>Overtopped</i>	9.2	1 321	11
	Koko metsikkö — <i>Whole stand</i>	10.6	4 529	36

¹ Niiden koeruutujen suhteellinen (%) määrä, joissa oli k.o. luokan puita (vrt. Sarvas 1950). — *Proportion (%) of the sample squares stocked by trees of the crown class (cf. Sarvas 1950).*

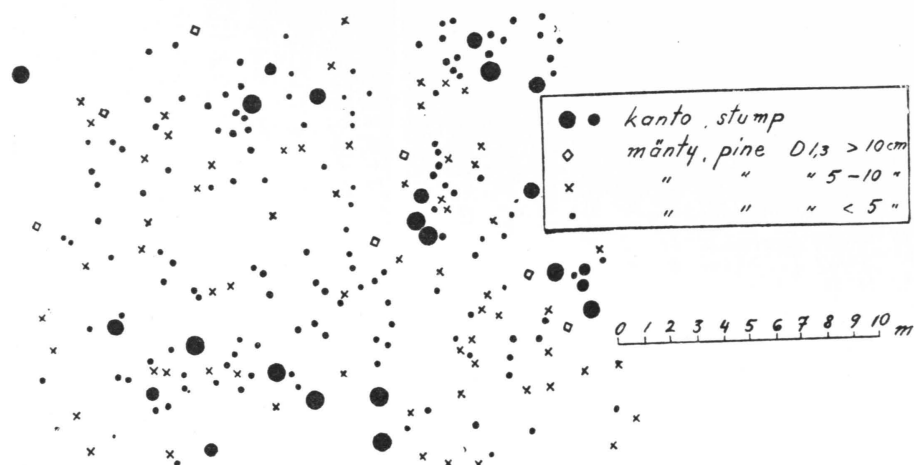
T a u l. 3. Kituvina alikasvoksina vapautettujen toipuneiden männiköiden päävalta puiden keskimääräinen solakkuus. — *Table 3. Average taper of bole of recovered predominant trees in pine stands released from heavy oppression.*

Metsä- tyyppi Forest type	Metsikön tiheys Density of stand	Koe- aloja No. of sample plots	Tyviläpimitan (d_1 dm) % suhde pituuteen percentage ratio of basal (d_1 dm) diameter/height				
			0.	5.	10.	20.	30.
vuotena vapauttamisen jälkeen on year after release							
MT	harva <i>understocked</i>	1	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6
VT	harva <i>understocked</i>	2	1.1	1.5	1.7	1.6	1.4
VT	normaali <i>normal</i>	4	1.3	1.8	1.7	1.4	1.3
VT	ylitiheä <i>overdense</i>	3	1.0	1.5	1.5	1.3	1.1
EMT	normaali <i>normal</i>	2	1.4	1.6	1.6	1.6	1.5

keutuessa osa puista, tiheissä taimistoissa hyvin huomattavakin osa, jää vallittuun asemaan. Myös samaan kerrokseen kuuluvat puut kehittyvät jossakin määrin vaihtelevasti. Tämän vaihtelun suuruutta eräissä toipuneissa männiköissä selvittävät kuvat 17 ja 18.

Vapautetun toipuneen männikön eri latvuskerrosten välisiä suhteita on kuvattu taulukossa 2. Siinä on esitetty toipuneen männikön rakenne eräitä tyypillisimpiä tapauksia edustavien esimerkkien valossa. Itse asiassa vapautetut männiköt saattavat sisäisen rakenteensa suhteen olla hyvin erilaisia. Tämä johtuu mitä moninaisimpien tekijöiden, esim. alikasvoksen alkuperäisen tasaisuuden ja myöhemmin sattuvien erilaisten vaurioiden vaikutuksista.

Puiden runkomuodossakin tapahtuu muutoksia puiden kasvutilasta riippuen. Ensin vapauttamisen jälkeen toipumisvaiheen aikana rungot muuttuvat suhteellisen paksuiksi ja sitten, kun esikasvoksesta täten syntynyt männikkö jälleen sulkeutuu, runkojen muoto jälleen hoikistuu (taul. 3).



Kuva 19. Kartta päällysmetsikön kannoista ja alikasvoksesta syntyneen metsikön puista. Puolukkatyyppi. Ruovesi. — Fig. 19. Plan shown the stumps of previous overwood and of trees of a stand derived from oppressed advance growth by release. Vaccinium type. Ruovesi. South Finland.

Osa tutkimuksista pyrittiin suorittamaan mahdollisimman tasaisissa ja aukottomissa metsiköissä. Vaikkakaan tässä pyrkimyksessä ei täysin onnistuttu (vrt. s. 102), havaittiin kuitenkin, että vapautettu männikkö oli usein osalla koealaa ja epäsäännöllisen muotoisilla aloilla sen ulkopuolella erittäin tasaista ja aukotonta. Neljässä metsikössä, joissa toipuneet männyt kartoitettiin, ei todettu niiden alueellisessa ryhmittymisessä päällyspuidenkaan vaikutusta. Kartta eräästä näistä metsiköistä on esitetty kuvassa 19.

Tutkittujen metsiköiden epätasaisuus johtui yleensä paikottaisesta ylitiheydestä, pienistä alueellisista boniteettieroista, jotka yleensä kuvastuivat myös pintakasvillisuudessa, sekä erityisesti hakkuutuloista. Ne olivat aiheuttaneet koealametsikköihin aukkoja, mikä ilmeisesti oli johtunut siitä, että metsiköitä vapautettaessa, 20—50 v. aikaisemmin, päällyspuut yleensä olivat olleet hyvin järeitä, eikä tällöin liene katsottu tarpeelliseksi erityisesti varoa alikasvostaimistoa. Vaikka aivan viime aikoinakin varomaton hakkuu samoin kuin esim. hyönteiset olivat aiheuttaneet aukkoja moniin vapautettuihin taimistoihin, havaittiin kuitenkin, että eräät vasta toipumisvaiheessa olevat taimistot olivat verrattain laajoillakin aloilla sangen tiheitä ja tasaisia. Tällaiset taimistot oli yleensä

vapautettu matalampina kuin koealametsiköt, mikä sekin oli edistänyt niiden säilymistä vaurioitumatta.

Etenkin Pohjois-Suomessa tasaisten vapautettujen metsiköiden löytäminen oli vaikeata. Mm. se EMT:n metsikkö, jonka mittaustuloksia on esitetty taulukossa 2, oli ollut jo alunperin paikoitellen aukkoinen, paikoitellen taas ylitiheä. Tämän johdosta myös päävaltapuiden ja aluspuiden kokoero oli verrattain suuri.

Vapautetun ja vapaasti kasvaneen metsikön kehityksen vertailu

Verrattaessa kauan kestäneestä alikasvosasemasta vapautetun ja vapaasti kasvaneen männikön kehitystä, on tavanmukainen saman ikäisten metsiköiden rinnastaminen paikallaan vain silloin, kun nimenomaan halutaan tarkastella metsiköiden ikää ja alikasvosasemassa olleen metsikön kehitystä kokonaisuudessaan. Tarkasteltaessa alikasvosasemassa olleen metsikön kehitystä erityisesti vapauttamisen jälkeen antavat eräät muut rinnastustavat paremman käsityksen verrattavien metsiköiden suhteesta. Näitä tapoja on seuraavassa merkitty kirjaimin B—D. Tärkeimmäksi katsottiin vertailutapa C ja muilla tavoilla tehtyjä vertailuja valaistaankin seuraavassa vain yhdellä esimerkillä (kuvassa 20).

Keskenään verrataan metsiköitä, jotka on luettava samaan metsätyyppiin ja jotka ovat peräisin samalta tutkimusalueelta (s.o. erikseen Etelä-Suomesta ja Perä-Pohjolasta).

Valtapituus

Vertailu A. Alikasvosaseman aikana mäntymetsikön kehitys on suuresti hidastunutta, minkä vuoksi vapautetun metsikön kehitys myös myöhemmin on paljon jäljessä sellaisen metsikön kehityksestä, joka on kasvanut alunperin vapaasti (kuva 20 A). Eron määrä riippuu lähinnä siitä ajasta, minkä alikasvosasema on kestänyt.

Vertailu B. Myös voidaan verrata keskenään sellaisen vapautetun ja sellaisen vapaasti kasvaneen metsikön kehitystä, joiden valtapituus vapauttamishetkellä on sama (kuva 20 B). Kun tällainen vertailu tehtiin valtapituuden suhteen luonnon normaalin metsikön (Ilvessa lo 1920 b ja 1937) ja kituvina alikasvoksina vapautettujen toipuneiden männiköiden kesken, ilmeni seuraavaa:

Kaikkien vertauskelpoisten vapautettujen männiköiden kehitys oli toipumisen alkuvaiheessa selvästi hitaampaa kuin luonnon normaalin

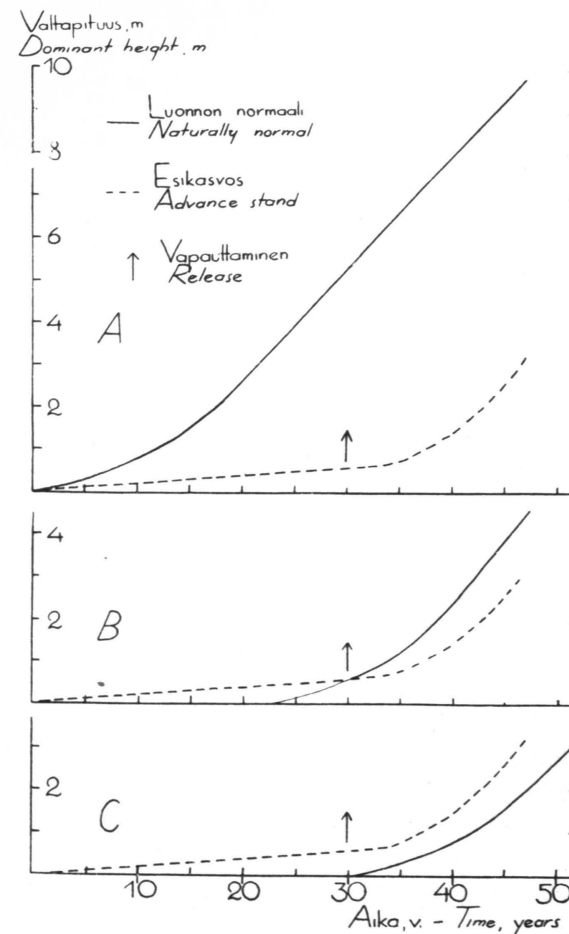
männikön kehitys. Myöhemminkin pysyi tutkittujen eteläsuomalaisten toipuneiden männiköiden kehitys jäljessä, mutta eräät Perä-Pohjolan männiköt saavuttivat kehityksessään luonnon normaalin männikön. Itse asiassa lienee tämä seuraus siitä, että ilmaston viimeaikainen lämpeneminen (vrt. Keränen 1944) on pohjoisessa, jossa lämpö on erityisen tärkeä kasvutekijä, parantanut käsillä olevan tutkimuksen koepuiden kasvua enemmän kuin vastaavassa aineistossa Ilvessalon pitempään ajanjaksoon kohdistuneissa tutkimuksissa. Kasvun paraneminen olikin ollut havaittavissa myös Ilvessalon aineistossa tutkitun ajan loppupuolella. Ilmaston lämpenemisen otaksuttavasti saman suuntainen, mutta pienempi vaikutus Etelä-Suomen aineistossa ei tule näkyviin ehkä siitä syystä, että aineiston tärkein osa, VT:n aineisto, suureksi osaksi edustaa tämän tyyppin keskimääräistä huonompaa osaa (vrt. s. 17).

Vertailu C. Kolmanneksi suoritetaan vertailu, jossa rinnastetaan vapautettu metsikkö ja sen vapauttamishetkellä syntynyt vapaasti kehittynyt metsikkö (kuva 20 C). Vertailu suoritetaan jälleen valtapituuden suhteen luonnon normaalin männikön (Ilvessalo 1920 a ja b sekä 1937) ja vapautetun männikön kesken.

Tärkein osa vertailun tuloksista on esitetty taulukossa 4. Osa vertailusta esitetään myöhemmin seuraavissa luvuissa. Vertailusta ilmenee, että vapautettujen männiköiden valtapituus oli lisääntynyt suunnilleen samoin kuin luonnon normaalin männikön valtapituus. Pohjois-Suomessa alkoi vapautettujen taimistojen etumatka myöhemmin suureta, mikä lienee kuitenkin johtunut ilmaston viimeaikaisesta lämpenemisestä.

Kun taulukon 4 aineisto on umpimähkäinen näyte suurin piirtein normaalitiheistä VT:n toipuneista männiköistä Etelä-Suomessa ja siinä valtapituuksien keskivirheet ovat suunnilleen yhtä suuret kuin Ilvessalon vastaavassa luonnon normaaleista metsiköistä kerätyssä aineistossa, osoittaa tämä, että alikasvosasema ei ollut aiheuttanut huomattavaa vaihtelua männiköiden valtapituuskehityksessä vapauttamisen jälkeen. Kummassakin aineistossa on mittaustulosten hajonta johtunut mm. kasvupaikkojen laatueroista, ilmaston vaihtelusta ja lievista sieni- ja hyönteisvaurioista.

Toipumisvaiheen alussa keskivirheet ovat kuitenkin suhteellisen suuret, mutta pääasiassa sen vuoksi, että toipuneiden männiköiden korkeus oli jo vapautettaessa erilainen. Lisäksi havaittiin, että ainakin eräissä koepuissa oli aluksi vapauttamisen jälkeen tapahtunut pituuskasvun heikkenemistä (vrt. myös asetelma s:lla 29), kun taas eräissä toisissa pituuskasvu



Kuva 20. Vapautetun ja vapaasti kasvaneen metsikön kehitys eri tavoin (A—C) toisiinsa verrattuna. — Fig. 20. Development of a released stand compared in various ways (A—C) with that of one that had grown freely.

Ehyt viiva = kanervatyypin luonnon normaalin männikön valtapituuden kehitys Ilvessalon (1920 b) mukaan.

Katkoviiva = erään n. 30 v. kestäneen kitumiskauden jälkeen vapautetun kanervatyypin männikön valtapituuden kehitys. Nuoli osoittaa hakkuun ajankohtaa. — Broken line = development of the dominant height of a pine stand after release from oppression lasted about 30 years. Calluna type. The arrow indicates the time of release. Continuous line = development of the dominant height of the naturally normal pine stand of Calluna type according to Ilvessalo (1920 b).

T a u l. 4. Vertailu kituvana alikasvoskena vapautetun toipuneen männikön ja luonnon normaalin männikön valtapituuksien kesken. Luonnon normaali männikkö Ilvessalon (1920 a ja b) mukaan. Puolukkatyyppi. — *Table 4. Comparison between dominant height in a pine stand that had recovered after release from heavy oppression and that of naturally normal stand of pine. The latter according to Ilvessalo (1920 a and b). Vaccinium type.*

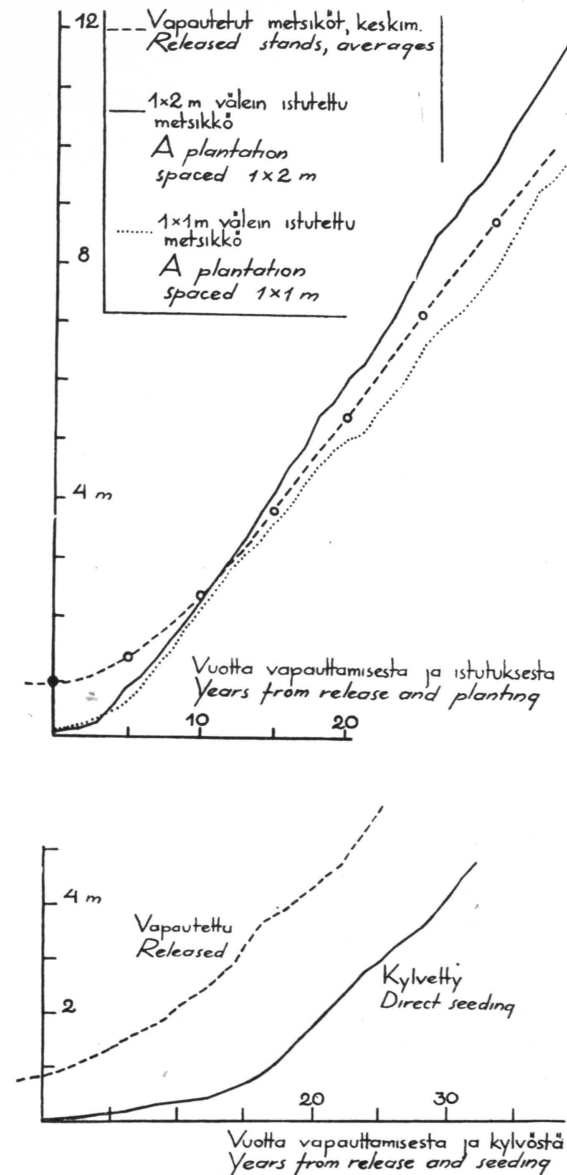
A. Vapautettu metsikkö Released stand			B. Luonnon normaali metsikkö Naturally normal stand			Erotus, dm $M_A - M_B \pm \varepsilon$ $\varepsilon (M_A - M_B)$ Difference, dm
V. vapauttamisesta Years after release	Koepuita Sample trees	Valtapituus $M \pm \varepsilon (M)$ dm Dominant height	Ikä, v. Age, years	Koepuita Sample trees	Valtapituus $M \pm \varepsilon (M)$ dm Dominant height	
0	23	8.7 ± 0.7	0		0	$(+ 8.7 \pm 0.7)$
5	23	13 ± 0.7	5		4	+ 9
10	23	24 ± 1.0	10		13	+ 11
15	23	39 ± 0.9	15		28	+ 11
20	23	55 ± 1.2	20		45	+ 10
25	23	72 ± 1.5	20	(10)	43 ± 3.6 ¹	+ 12 ± 3.8
30	18	88 ± 2.3	25		64	+ 8
			30	70	82 ± 2.3	+ 4 ± 3.3
			30	(10)	81 ± 4.9 ¹	+ 7 ± 5.4

oli heti alkanut lisääntyä. Toipumisvaiheen alussa koeala-aineistossa täten ilmenevän kasvun vaihtelun syitä ei voitu kuitenkaan tarkoin selvittää. Tämä johtui siitä, että oksakiehkuroiden puuttuminen usein aiheutti epävarmuutta toipumisvaiheen alun ja etenkin alikasvoskauden pituuskasvun arvioimisessa jo varttuneista puista, sekä siitä, että näissä ei myöskään enää ollut mahdollista ottaa huomioon sieni- ja hyönteisvaurioiden, esim. karsteen, merkitystä.

Vertailu eräisiin viljelysmännikköihin on esitetty kuvassa 21. Kumpikin kuvassa esiintyvistä istutetuista männiköistä kasvoi sekä pintakasvillisuuden että maan suhteen hyvin samanlaisella kasvupaikalla kuin pääosa tutkituista tähän tyyppiin luetuista vapautetuista VT:n männiköistä.

Samoin vastasivat kuvassa 21 rinnastettujen ErCIT:n metsiköiden sekä pintakasvillisuus että maa toisiaan niin hyvin kuin niitä tässä tutki-

¹ Eräs osa (Länsi-Suomen koealat) Ilvessalon (1920 a, s. 131) aineistosta, jolle on laskettuna keskiarvon keskivirhe myös 20 v:n iällä. — *A part of Ilvessalo's (1920 a, p. 131) material in which the standard error was studied even at the age of 20 years*



K u v a 21. Vertailu eri tavoin syntyneiden männiköiden valtapituuden kesken. Puolukka- (ylhäällä) ja varpu-jäkälätyyppi (alhaalla). — *Fig. 21. Comparison between the dominant height of pine stands of different origin. Vaccinium type (above), Ericaceae-Cladina type (below).*

muksessa käytetyin tutkimusmenetelmin voitiin selvittää; kumpikin näistä metsiköistä oli sangen harva.

Myös viljelysmännikköihin verrattaessa päädytään siihen, että toipuvan männikön valtapituus lisääntyi suunnilleen samoin kuin vapaasti kasvaneen männikön valtapituus.

Vertailu D. Vihdoin voidaan verrata keskenään sellaista toipunutta ja vapaasti kehittyntä metsikköä, joiden valtapituus on sama. Kun verrattiin niiden kasvua, havaittiin, että verrattavat metsiköt kasvoivat suunnilleen yhtä nopeasti kaikilla muilla paitsi pohjois-suomalaisilla koealoilla. Niillä oli toipuneiden metsiköiden kasvu nopeampaa kuin vastaava luonnon normaalien metsiköiden kasvu. Tämä johtui ilmeisesti ilmaston viimeaikaisesta lämpenemisestä.

Tämän vertailun tulos on itse asiassa helposti pääteltävissä jo vertailusta C (vrt. esim. kuvassa 20 C kummankin käyrän samalla korkeudella olevia kohtia toipumisvaiheen päätyttyä).

Kuutiomäärä

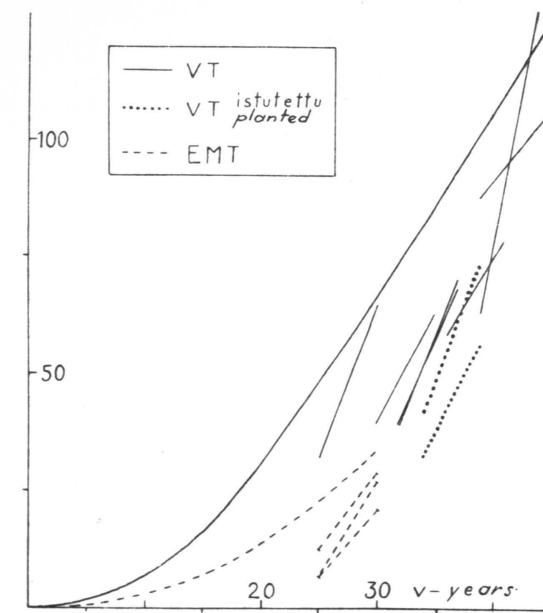
Vaikkakin aineisto on kuutiomäärä- ja kuutiokasvuvertailujen kanalta monin tavoin puutteellinen, on kuvassa 22 esitetty piirros, josta käy selville tutkittujen vapautettujen männiköiden kuutiomäärän kehitys viiden viimeisen vuoden aikana.

Kun aivan tasaisia ja aukottomia toipuneita männiköitä ei onnistuttu löytämään, eivät tutkitut toipuneet männiköt ole kuutiomäärän suhteen täysin vertauskelpoisia luonnon normaalien männiköiden kanssa. Sitä paitsi oli monissa tutkituissa metsiköissä suoritettu taimiston harvennus, mikä sekkin oli vaikuttanut kuutiomäärää pienentävästi.

Kahta (parhaiten kasvavaa) metsikköä lukuun ottamatta kaikki muut kuvassa esiintyvät VT:n metsiköt kasvoivat osaksi kivisiksikin luettavilla someromailla; näillä ei myöskään kivisyyden tuottoa alentavaa vaikutusta korvaamassa ollut savi- eikä hiesukerroksia. Pintakasvillisuudenkin perusteella arvostellen ne kuuluivat puolukkatyyppin huonompaan raja-alueeseen.

Sitä vastoin toinen (paremmin kasvanut) kuvassa esiintyvistä istutetuista männiköistä oli kutakuinkin vertauskelpoinen toipuneiden männiköiden kanssa (kts. s. 50). Näiden kuutiomäärä olikin kehittynyt suunnilleen samoin. Toinen istutusmännikkö oli aukkoisempi ja sen kuutiomäärä tämän mukaisesti jonkin verran pienempi.

Metsikön kuutiomäärä, m³ kuoretto
Volume of the stand, cbm. excl. bark.



Kuva 22. Vertailu eri tavoin syntyneiden männiköiden kuutiomäärän kesken. Kuutioiden koealametsiköiden kehitys kuvattu 5 vuoden kuutiokasvua esittävillä janoilla. Luonnon normaalien männiköiden kehitys kuvattu käyrällä (Ilvessa 10, 1920 b ja 1937, mukaan). — Fig. 22. Comparison between the volume of pine stands of different origin. The development of sample stands is represented by lines indicating the 5 year increment. The development of naturally normal stands is represented by curves (according to Ilvessa 10 1920 b and 1937).

Kuvasta 22 käy selville myös metsiköiden viiden viimeisen vuoden (vv. 1944—1948 tai 1945—1949) kuutiokasvu. Kun tämä sekä toipuneissa että istutetuissa männiköissä oli erittäin nopeata, näyttää siltä, että tutkimusvuodet ovat sattuneet ajankohtaan, joka on ollut keskimääräistä edullisempi.¹ Tuskin olisikaan ajateltavissa mitään syytä, minkä perusteella vapautettujen toipuneiden männiköiden kasvu pysyvästi olisi paljon parempi kuin saman kokoisen vapaasti kasvaneen männikön kasvu.

¹ Mikolan (1950) mukaan männyn kasvu saattaa usein vaihdella 5-vuotiskausittain toistakymmentä prosenttia ja ainakin Etelä-Suomessa vuosina 1945—1947 ja todennäköisesti myös vuonna 1949 se oli erittäin hyvä oltuaan vuosina 1940—1944 heikonlainen.

Koealametsiköiden aluksi hidas, mutta myöhemmin nopea kuutiokasvu on ainakin osaksi johtunut niiden epätasaisuudesta. Mm. hakkuutuhojen aiheuttamissa aukoissa ja muuten harvoissa kohdissa (vrt. ss. 46 ja 72) on näet maan tuottokyky tullut aluksi vain osittain hyväksi käytetyksi ja täysi tuotto on alkanut vasta metsikön sulkeuduttua. Sitä vastoin Ilvessalon aineistoissa, jotka ovat peräisin etupäässä kaski- ja kuloaloilta, metsiköt ovat ilmeisesti olleet hyvin sulkeutuneita jo taimistoina.

Voidaan otaksua, että vapautettujen koealametsiköiden aluksi suhteellisen hidas kuutiokasvu olisi johtunut myös siitä, että osa puista olisi esim. erityisen runsaiden hyönteisvaurioiden vaikutuksesta juronut kauan, kauemmin kuin valtapuut. Näin onkin varmaan tapahtunut (vrt. s. 71), mutta tämän seikan vaikutus ei kuitenkaan näytä erityisen merkittävältä, koska myös tutkituissa viljelymetsiköissä kuutiokasvu oli aluksi ollut hidasta.

Toipuminen erilaisilla kasvupaikoilla

Taulukoissa 4 ja 5 sekä kuvissa 20—21 päädytään männikön valtapituuksia tarkasteltaessa suunnilleen samanlaiseen suhteeseen verrattaessa keskenään toipuvaa ja saman metsätyyppin normaalimetsikköä edustavia tapauksia. Lukuunottamatta etelä- ja pohjoissuomalaisen metsiköiden luultavasti näennäistä pienehköä erilaisuutta on asian laita siten kaikissa k.o. tapauksissa huolimatta siitä, että kysymyksessä on sangen eri arvoiset kasvupaikat (VT, CT, EMT ja ErCIT) ja vastaavasti erilaiset kasvunopeudet.

Eri metsätyyppien välisen eron havainnollistamiseksi esitetään seuraavassa asetelmassa lukuja niistä metsiköistä, jotka parhaiten ovat toisiinsa verrattavissa (tiheydensä, ikänsä yms. suhteen):

Metsiköitä Stands	Valtapituus — Dominant height, dm		
	Vapautettaessa When release	10 v. — years myöhemmin — later	15 v. — years myöhemmin — later
VT	9	24	39
CT	2	16	22
Erotus — Difference	3	8	17

Jokseenkin saman suuruisia ovat VT:n ja CT:n luonnon normaaleissa metsiköissä valtapituuden erot, nimittäin 10 ja 15 v:n iällä 7 ja 13 dm (Ilvessalo 1920 b).

Tutkitut vapautetut männiköt kehittyivät kullekin metsätypille omi-

T a u l. 5. Alikasvosasemasta vapautettujen erilaisia kasvupaikkoja edustavien koealametsiköiden kehitys verrattuna luonnon normaalien metsiköiden (Ilvessalo 1920 b ja 1937) kehitykseen. — *Table 5. Development of sample stands released from heavy oppression and representing different site qualities, as compared with the development of naturally normal stands, the latter according to Ilvessalo 1920 b and 1937.*

Aineisto — Material				Erotus (Vapautettu — luonnon normaali) ² Difference (Released — naturally normal) ²					
Metsätyyppi Forest type	Kivisyys ¹ Stoniness ¹	Ikä, v. ² Age, years ²	Metsiköitä, kpl No. of sample stands	valtapituudessa In dominant height, dm					Metsikön juoks. kasvussa, m ³ /ha In C.A.I. of stand, cub. m./ha
				Ikä, v. ² — Age years ²					
				0	10	20 (16)	30 (28)	40	
(MT)	II ¹	46	1	+ 19	+ 19	+ 12	+ 1	— 8	— 3.1
(VT)	II ¹	46	1	+ 9	+ 13	+ 7	+ 5	— 5	— 1.8
(VT)	II ¹	41	1	+ 5	+ 1	+ 5	— 5	— 11	— 2.1
CT	I	22	1	+ 6	+ 9	+ 2			
CT	I	16	1	+ 5	+ 7	(+ 10)			
EMT	I	28	3	+ 7	+ 13	+ 25	(+ 39)		+ 1.3

naisella nopeudella, joka oli edellä kuvatulla tavalla verrattain kiinteässä suhteessa luonnon normaalin männikön kehitysnopeuteen. Tämä ilmenee myös taulukosta 5, jossa on samalla tavalla kuin edellisissä luvuissa tarkasteltu eräiden vapautettujen metsiköiden kehitystä luonnon normaalien männiköiden kehitykseen verrattuna. Kaikki tutkitut kiviset (luokka II) männiköt ovat kehityksessään kuitenkin jääneet jonkin verran jälkeen saman metsätyyppin luonnon normaaleista männiköistä. Tämä poikkeus yleisestä säännöstä lienee näennäinen ja sen selittää kivisyyden haitallinen vaikutus maan tuottokykyyn (vrt. Viro 1947).

Kaikilta metsätyypeiltä ei ole runsasta tutkimusaineistoa, eikä aineistojen heterogeenisuuden vuoksi ryhdytä yksityiskohtaisesti vertailemaan toipumisen kulkua eri metsätyypeillä. Edellä mainituissa monilta erilai-

¹ II Kivisyysluokan vapautettuja metsiköitä verrattu sellaisiin luonnon normaaleihin metsiköihin, jotka kuuluvat lähinnä I kivisyysluokkaan (vrt. s. 15). — *Released stands of stoniness class II are compared with naturally normal stands chiefly of stoniness class I (cf. p. 15).*

² Keskenään verrattu saman metsätyyppin saman ikäisiä männiköitä; vapautettujen metsiköiden ikä laskettu vapauttamisesta lähtien (vrt. kuva 20 C). — *Pine stands of the same forest type and age have been compared with each other, age of the released stands has been counted from the release (cf. fig. 20 C).*

silta metsätyypeiltä kerätyissä aineistoissa on kuitenkin havaittavissa niin selvä säännönmukaisuus toipuvan ja normaalimetsikön suhteessa, että on syytä otaksua toipumisen tapahtuvan vastaavalla tavalla myös niillä metsätyypeillä, joilta aineistoa on vain niukasti.

MT:n osalta tämä otaksuma sai tukea eräiden runkoanalyysien mittaus-tuloksista. Kolmessa MT:n metsikössä, jotka olivat liian pieniä varsinaisiksi koealoiksi, mutta joissa kuitenkin oli selvästi täysitiheitä kohtia, ja joissa analysoitiin toipuneita valtapuumäntyjä, oli näet pituuskasvu elpynyt samoin kuin edellä kuvatuissa tapauksissa. Näistä MT:n analyysi-puista oli yksi kasvanut vapautetussa esikasvosryhmässä, joka oli kylvettyjen mäntyjen ympäröimä. Tällöin voitiin verrata toipuneen männyn ja vapauttamisesta lukien toisena kesänä kylvettyjen mäntyjen valta-pituutta: Ne olivat 15 v:n kuluttua kylvöstä 5.81 ja 4.76 m. Osoittautui siis, että kylvetyn männikön valtapuut eivät saavuttaneet esikasvospuun pituutta, vaikkakin ero jäi pieneksi.

Useihin eri metsätyyppeihin kohdistuneet tutkimukset antavat täten samanlaisen tuloksen, ja voidaan pitää todennäköisenä, että alikasvosena kitunut männikkö vapauttamisen jälkeen kehittyy kullekin metsätyypille ominaisella nopeudella. Tämä on sitä suurempi mitä parempi on metsätyyppi.

Myös kasvupaikan hyvyyden tilapäisetkin muutokset ilmeisesti vaikuttivat toipumisen nopeuteen. Monissa äsken vapautetuissa taimistoissa havaittiin näet taimia, jotka alkoivat toipua muita aikaisemmin ja voimakkaammin ja joissa usein neulasten väri oli tummemman vihreä; tutkittaessa eräitä tällaisia taimia havaittiin, että melkein kaikki kasvoivat kuori- tai latvuskasojen lähetyvillä ja olivat kehittäneet voimakkaamman juuriston näille suunnille. Joissakin tapauksissa muita paremmin toipuneiden taimien juuret olivat erityisen hyvin kehittyneitä lahoissa juurissa, maapuissa, vieläpä *Arctostaphylos* mättäiden alla (ErCIT:llä).

Eräässä taimistossa, joka kasvoi CT:llä, osaksi ylispuiden alla, todettiin pelkästään runsaan risupeitteenkin aiheuttavan voimakkaan toipumisen. Risupeitännän (viereisen lentokentän raivaustahteilla) jälkeen vastasi parhaiten toipuneiden taimien kasvu lähinnä VT:n tai MT:n taimien kasvua ainakin 9 vuoden aikana toimenpiteen jälkeen. Pisimmät kasvaimet olivat lopulta yli 50 cm:n mittaisia.

Toisaalta kahdella erittäin karulla ja vain hyvin heikon pintakasvillisuuden ja harvan taimiston peittämällä kankaalla havaittiin toipumisen ajoittain olleen erityisen hidasta. Etenkin monet pienet taimet joko juroi-

vat kauan tai toivuttuaan ensin hyvin alkoivat myöhemmin kasvaa selvästi heikommin. Monia näistä heikosti kasvavista taimista vaivasivat lisäksi erilaiset hyönteiset. Mutta lopulta nämäkin taimistot muuttuivat hyvin kasvaviksi. Syynä näihin kasvuvaikeuksiin, jotka ilmenivät vapaut-tavan hakkauksen ja taimiston sulkeutumisen välisenä aikana, lienee pidettävä aukean aseman aiheuttamaa kasvupaikan viljavuuden tilapäistä huononemista. Ei ole todennäköistä, että nämä kasvuvaikeudet olisivat johtuneet alikasvosasemasta, sillä alikasvoskausi oli toisessa näistä taimistoista ollut verrattain lyhytaikainen eivätkä taimet sen päättyessä olleet läheskään yhtä pahoin kituvia kuin useimmilla muilla koealoilla. Kasvun heikkenemistä havaittiin sitä paitsi muutamissa hakkauksen jälkeenkin syntyneissä taimissa.

Taimiston tiheys ja toipuminen.

Edellä on tarkasteltu pääasiassa sellaisia vapautettuja männiköitä, joiden runkoluku on ollut suunnilleen sama kuin yhtä korkean luonnon normaalin männikön keskimääräinen runkoluku samalla metsätyypillä. Esim. taulukko 4 perustuu tämän mukaisesti määritellen pääasiassa normaalitiheihin, muutamiin hieman ($< -20\%$) harvoin ja muutamiin hieman tai jonkin verran ($< +70\%$) ylitteihin metsikköihin.

Taulukossa 6 on esitetty harvoista ja ylitteistä toipuneista metsiköistä vastaavia mittaustuloksia kuin edellä normaaleista. Verrattaessa taulukon lukuja aikaisemmin esitettyihin (taull. 4 ja 5 sekä kuva 20) käy selville, että tiheet vapautetut männiköt kehittyivät hitaammin ja harvat nopeammin kuin normaalit vapautetut männiköt.

Vielä selvemmin ilmenee tiheyden vaikutus kehitysnopeuteen toipuvien taimien sädekasvussa (kuva 23).

Tarkasteltaessa ylitteiden metsiköiden puiden kasvukäyriä havaittiin, että toipumisen jälkeen saavutettu kasvunopeus oli muutaman vuoden kuluttua alkanut pienentyä. Niissä metsiköissä, joissa kasvun pienentyttyä oli suoritettu harvennus, oli kasvu jälleen suurentunut. Harvennuksen paksuuskasvua edistävä vaikutus oli kuitenkin ollut nopeasti ohimenevä.

Näitä kasvun muutoksia valaisevat seuraavat erään ylitteän VT:n koealan valtapuita koskevat luvut. Tällä koealalla (Tammelassa) oli toipunutta riukumännikköä harvennettu niin, että sen runkoluku, noin 30.000 kpl/ha, oli tällöin vähentynyt puoleen.

	Vuodet ennen ja jälkeen harvennuksen Years before and after thinning			
	6-10	1-5	1-5	6-10
Pituuskasvu — Length increase, cm	100	85	94	125
Sädekasvu — Radial increase (r_{10} cm), mm	5.0	3.5	4.8	4.4
Kasvuindeksi — Index of growth (Mikola 1950)	110	106	101	89

Kasvun muutokset eivät olleet sopusoinnussa niiden samalla paikkakunnalla tutkittujen vuosilustoindeksien kanssa, jotka Mikola (1950, taul. 16) on esittänyt ja jotka ilmaisevat mm. sääsuhteista johtuvan eri vuosien edullisuuden männyn kasvuille. Syynä kasvunopeuden pienenemiseen ennen harvennusta (ja osaksi kohta sen jälkeenkin) lienee ensi sijassa ollut se, että päällysmetsikköä hakattaessa (ja myös taimistoa sitten harvennetaessa) vapautunut kasvutila ja maan tuottokyky tuli käytetyksi verrattain monen rungon hyväksi, jolloin yksittäisten runkojen kasvu jäi pieneksi.

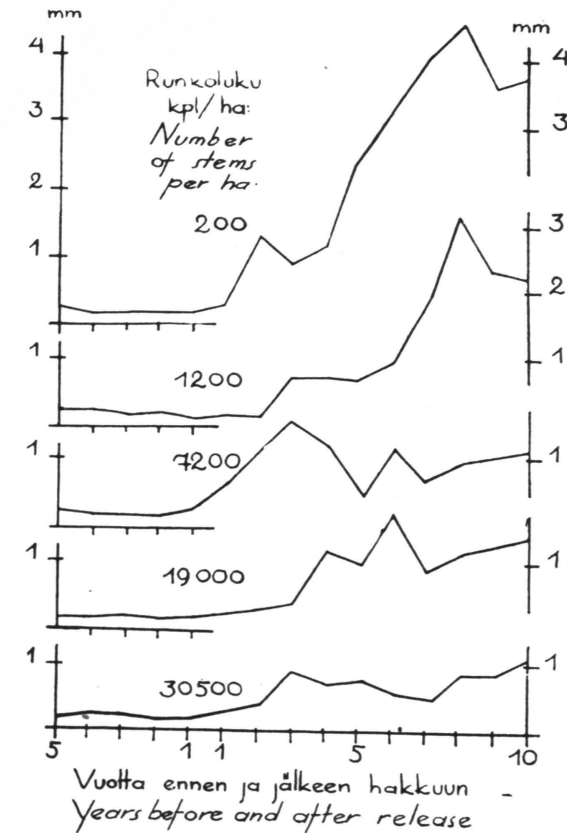
Kahdessa tapauksessa oli tilaisuus verrata vierekkäin kasvavia vapautettuja männiköitä, jotka tiheydeltään olivat erilaisia. Pintakasvillisuuteen ja maahan kohdistetuissa tutkimuksissa ei näiden vierekkäin olevien

T a u l. 6. Harvojen ja ylitihedien alikasvoksina vapautettujen koealametsiköiden kehitys verrattuna luonnon normaalien metsiköiden (Ilvessalo 1920 b ja 1937) kehitykseen. — T a b l e 6. Development of thin and overdense sample stands released from heavy oppression, as compared with the development of naturally normal stands, the latter according to Ilvessalo (1920 b and 1937).

Aineisto — Material				Erotus (Vapautettu — luonnon normaali) Difference (Released — naturally normal)				
Metsä- tyyppi Forest type	Runkoluku % normaali- lista — No of stems, % of normal stocking	Ikä, v. ¹ Age, ¹ years	Metsi- köitä, kpl No of sample stands	Valtapiuudessa — In domi- nant height, dm				Metsikön juoks. kasvus- sa, m ³ /ha ja v. In stand, cub. m./ha
				Ikä, v. ¹ — Age years ¹				
				0	10	20	30	
VT	170—220	24—35	4	+ 8	+ 7	— 1	(— 7)	+ 0.3 ²
VT	80	27—31	2	+ 14	+ 15	+ 20	(+ 25)	+ 0.3 ²
CT	60—80	17—25	2	+ 10	+ 9	(+ 20)		
ErCIT	50	25	1	+ 8	+ 19	+ 30		

¹ Keskenään verrattu saman metsätyypin saman ikäisiä männiköitä; vapautettujen metsiköiden ikä laskettu vapauttamisesta lähtien (vrt. kuva 20 C). — Pine stands of the same forest type and age have been compared with each other; age of the released stands has been counted from the release (cf. fig. 20 C).

² Vain yksi, tasaisin metsikkö; kaikkien kuutiokasvua ei tutkittu. — Only one, the most homogeneous plot; not all were studied.



K u v a 23. Valtapuun vuotuisen sädekasvun vaihtelu viidessä tiheydeltään erilaisessa vapautetussa puolukkatyyppin metsikössä. Sädekasvu mitattu 1 dm:n korkeudella. — F i g. 23. Variation per year of radial increment of dominant trees in five stands released from heavy oppression and of different density. Measured at a height of 1 dm. Vaccinium type.

kasvupaikkojen välillä todettu mitään eroa, mutta kummassakin tapauksessa oli harvemman metsikön pituuskasvu vapauttamisen jälkeen ollut selvästi nopeampaa. Toisessa tapauksessa (Tammela, VT) metsiköt kuutiotiin, ja ilmeni, että tiheämmän (runkoluku 12 000 kpl/ha) metsikön kuutiomäärä ja kuutiokasvu oli hiukan suurempi, mutta valtapiuus pienempi, kuin harvan (4 400 kpl/ha), vaikka metsiköt vapautettaessa olivat muuten olleet erittäin samanlaiset. Tämä viittaa siihen, että harvemman metsikön nopeampi valtapiuuskehitys olisi tapahtunut kuutiomäärän

kustannuksella. Ero valtapituudessa (8.6—6.2 m) oli selvä, mutta kuutiömäärässä (68—71 m³ kuoretta) kuitenkin hyvin pieni.

Tiheyden merkitykseen kohdistetut tutkimukset osoittavat, että vapautettujen alikasvoksina kituneiden männiköiden valtapituus kehittyi sitä nopeammin mitä harvempi oli metsikkö. Käytettävissä olevan aineiston perusteella ei voida varmuudella päätellä, liittyikö harvuudesta riippuvaan metsikön nopeaan valtapituuskehitykseen samalla pieni kuutiokasvu, mutta tutkimustulokset kyllä viittaavat tähän. Ilman muuta on kuitenkin selvää, että jos metsikkö on yleensä harva ja aukkoinen, sen kuutiokasvu ei varsinkaan aluksi voi olla hyvä. Tällainen tiheyden vaikutus ei liene ominaista vain vapautetuille taimistoille, vaan se on ilmeisesti merkityksellinen myös vapaasti kasvaneiden männiköiden (vrt. kuva 21) kehityksessä.

Eri tavoin kituneiden taimien toipuminen

Edellä käsitellyn kohteena olleet männiköt olivat alikasvosaseman aikana yleensä kituneet sangen pahoin. Siten esim. taulukon 4 aineistoon ei kuulu yhtään puuta, jonka rungon sädekasvu ennen vapauttamista (1 dm:n korkeudella 10 viimeisen luston perusteella laskettuna) olisi ollut yli 0.35 mm/v; useimmissa puissa se oli alle 0.25 mm/v ja eräissä vain noin 0.1 mm/v. Kitumisesta huolimatta olivat männiköt toivuttuaan alkaneet kasvaa samoin kuin vastaava yhtä pitkä vapaasti kasvanut metsikkö. Vapautettujen mäntyjen toivuttuaan saavuttama kasvunopeus oli siis ollut riippumaton alikasvosajan kitumisesta.

Koska taulukossa 4 esitetyt toipuvien mäntyjen pituuden keskiarvon keskivirheet ovat verrattain pienet ja monenlaisen satunnaisen vaihtelun aiheuttamat, ei vähäisillä kituneisuuden eroilla ilmeisesti voida katsoa olevan huomattavaa vaikutusta myöskään toipumisnopeuteen.

Koealametsiköiden valtapuiden sädekasvu alikasvosaseman aikana (e.m. tavalla mitattuna) oli ollut suurempi kuin 0.1 mm/v. Useat toipuvien taimien analyysit lisäksi osoittivat, että sellaisetkin erittäin pahoin kituvat taimet, joiden sädekasvu on pienempi kuin 0.1 mm/v, saattavat toipua verrattain hyvin jäämättä kehityksessään huomattavasti jälkeen hieman lievemmin kituneista taimista. On hyvin tavallistakin, että pienikokoisissa n.s. kääpiötaimissa sädekasvu on näin vähäistä, ja monilla hakkausalalla havaittiin tällaisten pahoin kituvien kääpiötaimien toipuvan hyvin. Sitä vastoin näyttää olevan harvinaista, että yhtenäisiä taimistoja

muodostuisi kookkaista, mutta samalla niin heikosti kasvavista taimista, että niistä parhaidenkin sädekasvu olisi alle 0.1 mm/v.

Vaikka vähäiset kituneisuuden erot eivät aiheutakaan huomattavaa eroa toipumisessa, on kuitenkin selvää, että kituneisuudella on vaikutuksensa toipumisen alkuvaiheessa. Tämä voidaan päätellä mm. jo aikaisemmin esitettyjen versotutkimusten perusteella (vrt. s. 34). Samoin tähän viittasi tulos monilla hakkausalalla suoritetusta eri tavoin toipumisensa alkavien taimien tarkastelusta. Sitä paitsi on pidettävä selvänä, että sellaiset alikasvosmännyn, jotka ovat kasvaneet samaan tapaan kuin vapaat taimet kärsimättä sanottavasti harvan ja heikkokuntoisen päällysmetsikön kilpailusta, myös päällyspuuston poistamisen jälkeen kehittyvät melkein vapaiden taimien lailla ja siis nopeammin kuin pahoin kituneet männyn. Alikasvoksina pahoin kituneiden ja vapaasti kasvaneiden mäntyjen välillä on olemassa joukko erilaisia välimuotoja (kuvat 4 ja 32). Tämän välimuotojen vaihtelun havainnollistamiseksi mainittakoon, että kituvina pidettyjen taimien sädekasvu oli noin 0.1—0.35 mm/v, mutta vastaava saman kokoinen vapaasti kasvaneen istutustaimen kasvu oli yli 2 mm/v.

Lievästi kituneiden alikasvostaimien toipumisesta tehdyt havainnot osoittivat, että niiden toipuminen alkaa yleensä ilman juromisvaihetta. Tällaisen taimen kehitysaste on ikään kuin muutaman vuoden edellä pahoin kituneena samanaikaisesti vapautetun taimen kehitysasteesta.

Lievästi kituneiden taimien todettiin toipuneen nopeasti myös eräissä sellaisissa tapauksissa, joissa taimet ensin olivat kituneet pahoin, mutta myöhemmin vain lievästi, kun ennen varsinaista vapauttamista oli suoritettu jonkin verran toipumista aiheuttanut siemenpuu- tai väljennys-hakkaus (vrt. kuvat 34 ja 35). Verrattaessa kahden tällaisen jo väljennys-hakkauksen jälkeen kasvuaan hieman parantaneen taimiston toipumista muuten hyvin samanlaisen, mutta pahoin kituvana vapautetun taimiston toipumiseen todettiin selvä ero toipumisnopeudessa edellisten hyväksi.

Kitumisen merkitystä koskevissa tutkimuksissa päädytään täten siihen, että vapautettujen mäntyjen toipumisnopeus oli niiden kitumisesta jonkin verran riippuvainen, mutta toipumisen jälkeen saavutettu kasvunopeus tästä riippumaton.

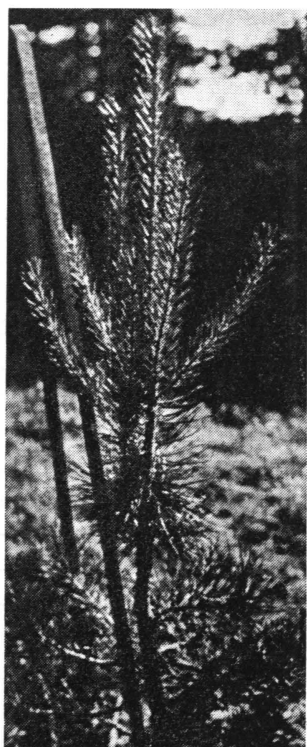
Taimien iän ja koon vaikutus toipumiseen

Kun koeala-aineistoon (kuvat 17—23 ja taull. 2—6) valittiin kauan ja pahoin kituneita metsiköitä, ja kun toisaalta erittäin kauan, yli 60 vuotta kituneet männyn alikasvokset osoittautuivat olevan harvinaisia, käsitteä koeala-aineisto vain sellaisia mäntyjä, jotka vapautettaessa olivat 25—60 v:n ikäisiä ja 0.4—2 m:n pituisia. Tällaisissa metsiköissä oli toipumisen jälkeen saavutettu kasvunopeus ainakin suurin piirtein riippumaton

alikasvoskauden pituudesta ja sen aikana saavutetusta koosta. Taulukossa 4 esitetyt toipuvien mäntyjen pituuden keskiarvon keskivirheet kasvavat toipumisvaiheen aikana iän mukana niin hitaasti, että ei voida katsoa ainakaan tässä aineistossa esiintyvien pienten pituuserojen aiheuttavan myöskään toipumisnopeudessa suuria eroja. Koeala-aineiston perusteella ei voida tehdä pitemmälle meneviä päätelmiä iän ja koon vaikutuksesta, koska koealat eroavat näissä suhteissa toisistaan vain vähän, mutta muissa suhteissa verrattain paljon.

Kooltaan kovin erilaisten toipuvien taimistojen vertailu on senkin vuoksi vaikeaa, kun vapaasti kasvavissa pienissä taimissa normaalinakin kasvu on erilaista kuin suurissa, nimittäin absoluuttisesti hitaampaa, mutta suhteellisesti nopeampaa. Kooltaan kovin erilaisten taimistojen toipumisen vertailussa tyydyttiin sen vuoksi lukuisissa äskettäin vapautetuissa taimistoissa tehtyihin silmävaraisiin arviointeihin, lähinnä juromisajan (vrt. s. 39) pituuden arviointeihin.

Useissa verrattain pahoin kituneissa, mutta matalina, 5—25 cm:n korkuisina vapautetuissa taimistoissa Etelä- ja Pohjois-Suomessa havaittiin juromisen tavallisesti kestävän vain 1—2 tai joskus 3—4 vuotta, minkä jälkeen toipuminen tapahtui nopeasti (kuva 24). Monia poikkeuksiakin tästä esiin-



Kuva 24. Pienikokoinen (pituus n. 50 cm) voimakkaasti toipuva männyn taimi. Puolukkatyyppi. Ruovesi. — Fig. 24. Pine of small size (height about 50 cm) and with good power of recovery. Vaccinium type. Ruovesi. South Finland.

tyi, mutta tutkituissa tapauksissa aina hyönteisvaurioiden (vrt. kuvat 28 C ja D) tai lumikaristeen vaikutuksesta.

Sitä vastoin pahoin kituvina ja samalla korkeina alikasvoksina vapautetuissa taimistoissa toipuminen alkoi hitaasti. Niinpä eräs 2 m korkea pahoin kituva CT:n taimisto Hyvinkäällä juroi 8—10 v. ennen kuin selvä pituuskasvun toipuminen alkoi, Kemijärvellä eräiden saman kokoisten pahoin kituvina vapautettujen ErCIT:n taimien juromisaika oli myös noin 10 v. Samoin esim. kuvassa 25 esitetyssä 2 m:n pituisena vapautetussa analyysitaimessa oli juromiskausi ollut verrattain pitkä kestäen noin 6 v.

Eräällä laajalla yhtenäisellä CT:n hakkausalalla (Hyvinkäällä) kerättiin tilasto erillisinä, vailla juurikilpailun vaikutusta kasvavien taimien toipumisesta. Varsinkin suurimmat tutkitut taimet olivat alikasvosaseman aikana olleet sangen pahoin kituvia. Tutkimuksen tulokset jotka näkyvät seuraavassa asetelmassa, vahvistavat edellä saatua käsitystä, jonka mukaan pienet taimet toipuvat nopeimmin.

Taimien pituus Height of pines released cm	Tutkittuja taimia, kpl Number of pines studied	Taimien jakautuminen, % Classification of seedlings, %		
		Toipuneet nopeasti rapidly	Recovered hitaasti slowly	Toipumattomat Not recovered
0—50	33	46	36	18
50—100	82	35	46	19
100—150	112	34	37	29
150—200	145	31	39	30
200—250	101	16	44	40
Yht. — Total	473	30	41	29

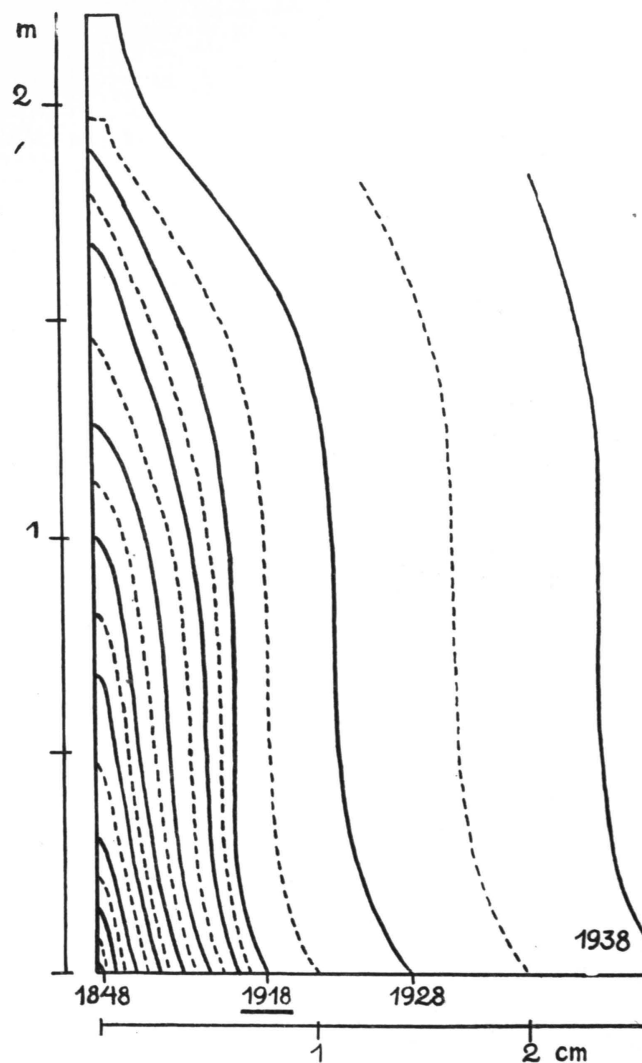
Tarkastelemalla koealojen puiden kasvukäyriä todettiin kuitenkin, että pienet taimet useimmiten toipuivat hitaasti, jos ne olivat suurempien taimien vaikutuspiirissä. Joskus suuret taimet olivat toipuneet nopeammin myös sen johdosta, että ne olivat kasvaneet päällysmetsikön aukkokohdissa eivätkä sen vuoksi olleet yhtä pahoin kituneita kuin pienet taimet. Niiden tästä syystä toipumisvaiheen alussa saama etumatka oli otaksuttavasti sitten vielä usein lisääntynyt taimien välisen kilpailun vaikutuksesta. Toisaalta sellaisetkaan tapaukset eivät olleet harvinaisia, että pienet taimet olivat toipumisvaiheen aikana saavuttaneet niitä jonkin verran suurempien taimien etumatkan.

Ilmeisesti pahoin kituvat pienet taimet kykenevät toipumaan jonkin verran nopeammin kuin pahoin kituvat suuret taimet. Mutta jos verrataan eri kokoisten taimien kehitystä yleensä, on lisäksi huomattava, että suurien taimien jo alikasvosaseman aikana saama etumatka tasoittaa niiden hitaamman toipumisen vaikutusta; samoin vaikuttavat tasoittavasti suurien taimien pienempi alttius sieni- ja hyönteisvaurioille sekä, etenkin jos on kysymys samalla alalla lähekkäin kasvavien taimien vertailusta, myös suurien taimien parempi kilpailukyky. Sitä paitsi suurienkin taimien juromisvaihe on lyhyt ja toipuminen nopeata, jos ne ovat kituneet vain lievästi (esim. kuvassa 26 esitetystä tapauksesta). Harvan ja heikkokuntoisen päällysmetsikön alla kitumatta kasvanut korkeakaan alikasvos ei päällyspuuston poistamisen jälkeen juro ensinkään.

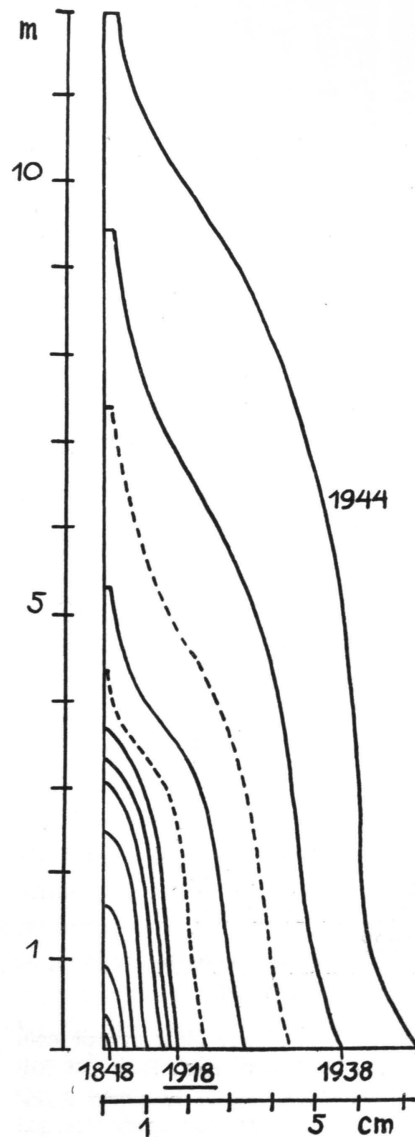
Kun kookkaat ja kituvat alikasvotaimet samalla yleensä olivat vanhoja, koskee kaikki edellä koon merkityksestä sanottu yleensä myös iän merkitystä. Huomattava on, että toipumisen jälkeen saavutettu kasvukyky oli hyvä myös melko vanhoinakin vapautetuissa taimistoissa eikä niiden toipuminenkaan vaatinut erityisen pitkää aikaa. Niinpä eräs analysoitu taimi, joka oli vapautettaessa yli 80 v. vanha, oli korkeasta iästään huolimatta alkanut toipua verrattain nopeasti ja täysin vastaten sitä kuvaa, mikä edellä esitettyjen jonkin verran nuorempien taimien ja taimistojen toipumisen perusteella on saatu. Samoin toipuivat myös muutamat yli 70 v:n ikäisinä vapautetut taimet (kuvat 25 ja 26).

Lukuisten ikämääritysten valossa näyttää siltä, että yli 60 v. vanhat kituvat männyn alikasvokset ovat tutkimusalueella melko harvinaisia. Tämän ikäisten kituvien alikasvosten harvinaisuus johtunee mm. siitä, että monenlaiset tuhot ovat pitkän ajan kuluessa yleensä ehtineet hävittää useimmat vanhimmista taimista; sitä paitsi hitaastikin kasvaessaan taimet ovat tällöin ehtineet saavuttaa suurehkon koon, jolloin ne ilmeisesti kärsivät tiheähkön päällysmetsikön vaikutuksesta pahemmin kuin pienet taimet. Kun monien lähes 60 v:n ikäisten, vieläpä eräiden vanhempienkin kituvien alikasvosten ja yksittäisten taimien todettiin toipuvan hyvin, näyttää todennäköiseltä, että männyn alikasvokset tutkimusalueella ovat ikänsä puolesta yleensä toipumiskykyisiä.

Ei voitu todeta, että myöhemminkään — kun vapautetut männyt toivuttuaan olivat pitkän aikaa kasvaneet samoin kuin koko ikänsä vapaina



Kuva 25. Analyysi osasta toipuneen männyn runkoa. Mänty oli kasvanut noin 73 vuotta päällysmetsikön alla ja 26 vuotta vapaana. Puolukkatyyppi. Tammela. Alikasvoskauden viimeinen vuosi alleviivattu. — Fig. 25. Analysis of a part of the stem of a released pine that had persisted for about 73 years under heavy oppression and then grew for 26 years freely. Vaccinium type. Tammela. South Finland. Last year of oppression underlined.



K u v a 2 6. Runkoanalyysi männystä, joka oli kasvanut 72 vuotta päällysmetsikön alla ja 26 vuotta vapaana. Puolukkatyyppi. Tammela. Alikasvoskauden viimeinen vuosi alleviivattu. — F i g. 2 6. Stem analysis of a pine that had persisted for 72 years under oppression and then grew for 26 years freely. Vaccinium type. Tammela. South Finland. Last year of oppression underlined.

olleet nuoret männyt — olisi ilmennyt mitään korkeaan ikään liittyviä haittoja toipuneiden mäntyjen kasvussa. Sekä Suomen etelä- että pohjoisosissa olivat kookkaimmat toipuneet männyt, joiden kasvua tutkittiin, noin 16 m pitkiä. Tällöin ne kasvoivat samoin kuin yhtä pitkät vastaavanlaiset aukeallekin syntyneet männyt, vaikka olivat 30—40 vuotta näitä vanhempia.

Kun suurien, kauan ja pahoin kituneiden taimien toipuminen on verrattain hidasta, herää kysymys, mihin näistä kolmesta ominaisuudesta hidasta toipuminen kytkeytyy kiinteimmin. Tätä kysymystä valaisevat erityisesti eräät sellaisissa taimistoissa tehdyt havainnot, joissa nämä ominaisuudet eivät liittyneet yhteen.

Vanhoja, muttei silti erityisen kookkaita eikä pahoin kituvia alikasvoksia oli syntynyt siten, että ennen varsinaista vapauttamista oli päällyspuustossa suoritettu lievä, mutta kuitenkin taimien kitumistilaa huomattavasti lievittänyt hakkaus. Tällaisissa tapauksissa toipuminen oli tapahtunut (kuvat 34 ja 35, vrt. s. 61) nopeasti ja nopeammin kuin muuten samanlaisissa, mutta pahoin kituneissa taimistoissa.

Nuoria, mutta pahoin kituvia alikasvoksia esiintyi lepiköiden ja koiviköiden alla mäntyjen oltua aluksi hyvin kasvavia, mutta jäätyä sitten toisen nopeammin kasvavan puulajin varjostamiksi. Muutamien tällaisesta asemasta vapautettujen keskikokoisten taimien havaittiin toipuvan verrattain hitaasti.

Näistä erikoistapauksista tehdyt havainnot osoittavat, että taimen hidasta toipuminen ja pitkä juromisaika ovat erityisesti pahaan kituneisuuteen, muttei, tutkituissa rajoissa, nimenomaan korkeaan ikään liittyvää. Kun se ei liity myöskään taimien suureen kokoon sinänsä, on kituneisuutta pidettävä lähinnä sinä tekijänä, josta toipumisnopeus ratkaisevasti on riippuvainen.

Yhteenvedonä tässä luvussa esitetystä mainittakoon, että toipumisen jälkeinen kasvu ei ollut riippuvainen siitä iästä (ainakaan 60—80 v. saakka) eikä siitä pituudesta, jonka taimet olivat saavuttaneet alikasvosaseman aikana. Toipumisnopeuskaan ei ollut kiinteästi riippuvainen taimen näistä ominaisuuksista. Kookkaiden ja vanhojen alikasvostaimien toipuessa juromisaika kuitenkin oli verrattain pitkä, jos ne vapautettaessa olivat kituneet pahoin.

Toipumisvaiheessa esiintyvistä sairauksista ja vaurioista

Edellä (s. 25) on jo mainittu eräitä tekijöitä, joista havaittiin päällysmetsikön ohella voivan olla haittaa alikasvosasemassa kituvalle männyn taimistolle. Niiden aiheuttamina jo ennen vapauttamista syntyneet vauriot alentavat taimiston kuntoa ja saattavat siten vaikuttaa hidastavasti sen toipumiseen vapauttamisen jälkeenkin.

Seuraavassa tarkastellaan sellaisia vaurioita ja sairauksia sekä niiden aiheuttajia, joita havaittiin toipumisvaiheen aikana ja joilla ilmeisesti oli tai saattaa olla merkitystä toipumiselle.

Eräiden tavallisimpien vauriolajien esiintymistä äskettäin ja jonkin aikaa aikaisemmin vapautetuissa tasaisissa männiköissä valaisevat tilastot taulukoissa 7 ja 8 (vrt. myös s. 46). Muutamien tyyppillisten vaurioiden laatu selvää kuvista 27—29. Kun tuhohyönteisten ja -sienien esiintyminen usein vaihtelee sekä ajallisesti että paikallisesti vielä suureksi osaksi riippuvaisina puutteellisesti tunnetuista tekijöistä, voidaan taulukoissa esitettyjen tilastojen perusteella saada vain ylimalkainen käsitys lähinnä kaikkein yleisimpien sairauksien ja vaurioiden tavallisesta esiintymisrunsaudesta vapautetuissa männiköissä. Lisäksi niistä käy selville, missä määrin eri vaurioita esiintyi eri tavoin toipuvissa taimissa.

Paitsi lumikaristetta (*Phacidium infestans* Karst.) tavattiin toipuvien taimien neulasvaurioina kaikkialla yleisesti myös männyn karistetta (*Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev.), mutta ainakin yleensä luonteeltaan sekundaarisena. Mm. sitä esiintyi usein lumikaristeen tappamissa taimen osissa. Harmaakaristetta (*Hypodermella sulcigena* (Link.) Tub. ja *Hendersonia acicola* Tub.) todettiin vv. 1948—1950 monissa tutkituissa etenkin hyvien kasvupaikkojen hyvin toipuneissa taimistoissa Etelä-Suomessa, yleensä kuitenkin vain lievänä. Jonkin verran neulasvaurioita toipuvissa taimistoissa olivat aiheuttaneet myös harmaa mäntykärsäkäs (*Brachyderes incanus* L.), mäntypistiäistoukat (*Diprion* sp.), neulassarviainen (*Luperus pinicola* Duft.), männyn neulasruoste (*Coleosporium* sp.) ja kirvat (*Aphidae*). Sitä paitsi todettiin vanhojen neulasten otaksuttavasti kuivuudesta johtuvaa ennen aikaista karisemista poutakausina taimissa, jotka oli juuri vapautettu. Viimeksi mainittua kuivuuskaristetta lukuunottamatta eivät todetut neulasten vauriot ja menetykset kuitenkaan liene olleet millään lailla taimien vapauttamiseen erityisesti liittyviä ilmiöitä ja niiden vaikutus toipumiseenkin näytti yleensä olevan satunnaislaatuinen, vaikkakin joissain yksittäistapauksissa selvä ja ilmeinen.

Lumikariste kuitenkin, esiintyessään ankarana ja samalla versojakin

tappavana, saattoi joskus suuresti haitata taimien toipumista. Sen yleensä silmiinpistävässä esiintymisessä oli todettavissa eräitä ilmeisiä säännönmukaisuuksia: ensiksikin se esiintyi vain matalalla suunnilleen lumirajan alapuolella olevissa tai lumen painamina alhaalla olleissa taimissa tai taimen osissa. Sitä paitsi se oli selvästi yleisin siemenpuualoilla etenkin taimiston jälkeen jääneissä kohdissa esim. ylispuiden alla, taimiston tiheimissä osissa sekä taimissa, jotka kasvoivat päällysmetsikköön hakatuissa aukoissa.

Esim. eräessä tiheän toipuvan taimiston ympäristöstään jälkeen jääneessä kohdassa kaadetun ylispuun paikalla oli 2 m säteellä kannon ympärillä lumikaristeen vaivaamia taimia seuraavasti (Pieksämäellä):

karisteen tappamia <i>Killed by Phacidium</i>	pahoin vioittamia <i>Badly injured</i>	hieman vioittamia <i>Slightly injured</i>	melkein tai aivan terveitä <i>Quite or almost healthy</i>	Yht. <i>Total</i>
49	10	18	7	84

Samantapaista paikoittain runsasta lumikaristeen tuhoa toipuvissa taimistoissa havaittiin useina vuosina eri puolilla sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa. Sitä vastoin tasaisissa ja laaja-alaisissa toipuvissa taimistoissa tätä sientä tosin monin paikoin esiintyi (vrt. taul. 7), ja sen eräissä tapauksissa todettiin jonkin verran hidastaneen toipumista, mutta yleensä se ei tällöin aiheuttanut vakavaa haittaa.

Silmu- ja versovaurioita todettiin myös ainakin tukkimiehen täin, pikkuperhostoukkien (mm. *Evetria* spp.), ytimennävertäjän (*Blastophagus* sp.), pihkakääriäistoukan (*Evetria resinella* L.) ja männyn versoruosteen (*Melampsora pinitorqua* (A. Br.) Rostr.) aiheuttamina. Silmu- ja versovauriot olivat tavallisesti yleisimpiä hyvin toipuvissa taimissa. Lumikaristesienien vaurioita lukuunottamatta silmu- ja versovauriot vain poikkeustapauksissa olivat taimille tuhoisia. Useimmiten vaurioitunut rangan kärki heti korvautui uudella eikä vauriosta ollut sanottavaa haittaa taimen toipumiselle. Silmu- ja versovauriot olivat kuitenkin hyvin tavallisia (taul. 7) ja laajalti esiintyviä juuri vapautetuissa taimistoissa, vaikkei niitäkään ehkä voitane pitää nimenomaan vapautettujen taimistojen vaurioina.

Otsapöttykärsäkäs (*Magdalis frontalis* Gyll.), joka vioittaa puremillaan versoja ja nuoria oksia, näytti olevan erityisesti hakkauksen jälkeen esiintyvä hyönteinen, mutta sitä tavattiin vakavasti toipumista häiritsevänä tekijänä vain kahdesti. Tällöin tämä hyönteinen oli esiintynyt tavat-

T a u l. 7. Tärkeimmät vauriot eri tavoin toipuneissa männyn taimissa 1—4 v. vapauttamisen jälkeen. — T a b l e 7. Chief injuries in pine seedlings recovered in varying degree after release from heavy oppression 1—4 years prior to study.

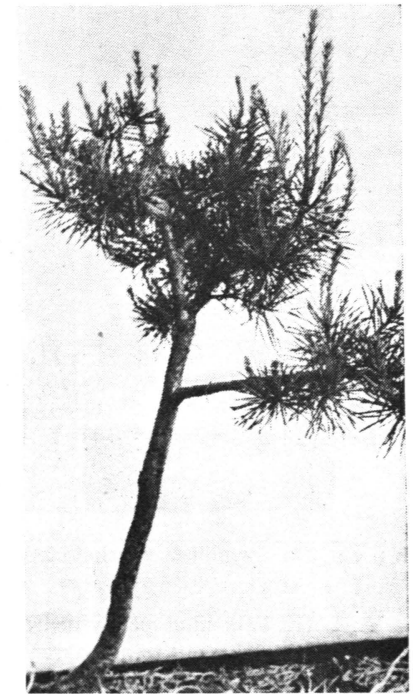
Vauriolaji Injury type	5 taimistoa Etelä-Suomessa — 5 stands in South Finland			3 taimistoa Pohjois-Suomessa — 3 stands in North Finland		
	Toipumisaste — Recovery class					
	+	0	—	+	0	—
	Tutkittuja taimia — Seedlings studied					
	145	207	174	51	45	70
	% vaurioituneita kunkin toipumisasteen taimista % injured individuals in each recovery class					
Phacidium- karistetta needle cast	0	2	11	—	7	11
Silmu- ja versotuho — Serious injuries in buds and in shoots	34	23	22	1	3	12
Evetria — tuho resinella injury	8	4	12	0	6	0
Pensastunut — Complete stagnation in height growth	7	33	43	0	6	43
Hylastes- (paljon puremia — many wounds)	3	14	14	12	35	44
Hylobius- (paljon puremia — many wounds)	13	42	49	14	41	36
Paha koro — Serious open scar	9	31	59	—	11	37
Loukkaantunut — Mechanically injured	7	14	15	—	15	15

toman runsaana ja sen joukkolisääntymistä oli ilmeisesti edistännyt samalla paikalla kahtena peräkkäisenä vuonna suoritettu hakkaus, jonka johdosta sillä oli lisääntyneen ensin ensimmäisenä vuonna myös toisena vuonna sopivaa sikiämismateriaalia runsaasti käytettävänä. Todettiin näet, että tämä hyönteinen lisääntyi (Juupajoella v. 1946) CT:n hakkausalalle kasoihin kerätyissä männyn oksissa kuoren alla. Samantapaisia ovat elintavoiltaan myös eräät pikikärsäkläjit (*Pissodes*), mutta niiden joukkolisääntymistä ei tutkituissa taimistoissa sattunut.

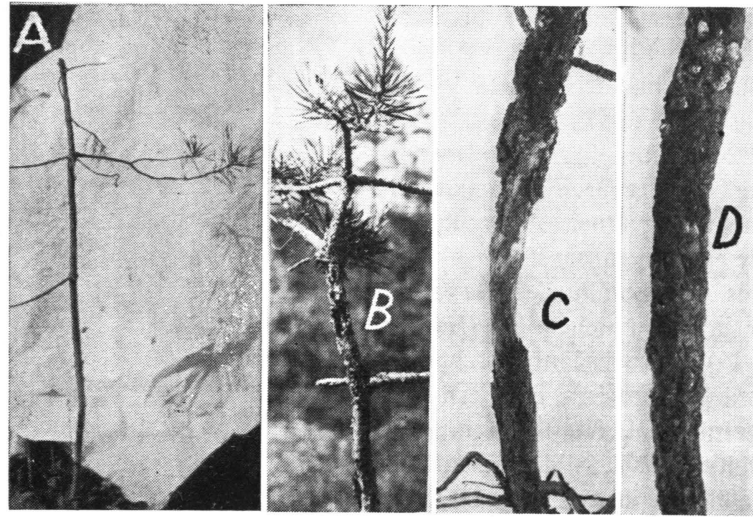
Tutkittaessa pötky- ja pikikärsäkläsvaurioita eräiden puutavaravarojen lähellä havaittiin, että yhdessä toipuvassa pienessä taimessa saattoi olla yli 200 näiden kärsäkläiden puremajälkeä. Puutavaran voimakas pihkan tuoksu oli ilmeisesti houkutelut paikalle erittäin runsaasti kärsäkläitä.

Myös männynniluri (*Hylastes ater* Payk.) ja tukkimiehen täi (*Hylobius abietis* L.), jotka lisääntyvät hakkuutähteissä ja kannoissa, ovat erityisesti vapautetuille taimistoille tunnusomaisia tuhohyönteisiä. Niiden aiheuttamia puremaläikkäitä (kuva 28 C ja D) ja käyviä sekä näistä ilmeisesti muodostuneita koroja tavattiinkin yleisesti melkein kaikkialla tutkimusalueella. Tällaiset vauriot taimen rungossa olivat tavallisimpia huonosti toipuvissa taimissa (taul. 7). Todennäköisesti taimien hidaskasvu oli monissa tapauksissa ollut seuraus näiden kovakuoriaisten puremavaurioista. Tätä otaksuttavaa tukee se, että vaurioiden havaittiin monesti olevan sangen vakavalaituisia varsinkin pienissä taimissa (vrt. kuva 28 C ja D). Toipuvien taimien juurissa, oksissa ja rungoissa oli kymmeniä, joskus toista sataa tukkimiehen täin ja männynnilurin kuoreen puremaa läikkäitä. Lienee selvää, että näin runsaiden vaurioiden täytyy alentaa taimen elinvoimaa ja toipumiskykyä.

Erilaisia h a a v o j a, muita l o u k k a a n t u m i a sekä niistä usein kehittyviä k o r o j a aiheuttivat joskus myös hirvi, karja, lumi ja usein varomaton hakkuu- ja ajotyö, sekä Pohjois-Suomessa usein myös männynsyöpä (*Dasyscypha* sp.) ja joskus poro. Isot korot ja loukkaantumukset hidastavat männyn taimien vapauttamisen jälkeistä toipumista erittäin suuresti, mikä ilmenee mm. taulukoissa 7 ja 8 näiden vaurioiden erilaisina esiintymisprosentteina eri tavoin toipuneissa taimissa (vrt. myös kuvaa 31).



K u v a 27. Toipuva, uutta latvaa muodostava, taimi, joka oli pensastunut alikasvosaseman aikana. Puolukkatyyppi. — F i g. 27. Recovering seedling which under the heavy oppression had lost the ability to grow straight upwards but after release is developing a new vigorous top. Vaccinium type.



Kuva 28. Tyypillisiä vaurioita äskettäin vapautetuissa etelä-suomalaisissa männyn taimissa.

- A. Latva katkennut päällysmetsää hakattaessa.
 B. Kuori vioittunut reen jalaksen alla.
 C. Pihkoittuneita männynilurin puremia jälkiä taimen tyvässä.
 D. Männyniluri ja tukkimiehen tai syöneet kuoren kokonaan pois taimen tyviosasta.

Fig. 28. Typical injuries in recently released pine seedlings. South Finland.

- A. Top break caused by felling the overwood.
 B. Bark wounds where a sled has been hauled over the seedling.
 C. Resin covered wounds bitten by *Hylastes ater* at the base of a seedling.
 D. Girdling bitten by *Hylastes ater* and *Hylobius abietis*.

Tosin hyvin toipuvissa taimissa korot myös kylestyvät paremmin, minkä johdosta toipumisen ja koroisuuden välinen riippuvaisuus on vieläkin selvempi kuin jos se johtuisi pelkästään korojen toipumista hidastavasta vaikutuksesta. Kuitenkin on varmaa, että ainakin isoimmat ja pahimmat korot samoin kuin monet loukkaantumatkin huomattavasti heikentävät taimien toipumiskykyä. Joskus korot olivatkin monen desimetrin pituisia, leveitä ja hyvin vaikeasti kylestyviä (vrt. kuva 31).

Hakkuu ja ajo olivat kovakuoriaisten ohella tavallisimmat haavoja (kuva 28 B) sekä lisäksi myös tavallisimmat taivutusvaurioita ja loukkaantumia (kuva 28 A) aiheuttavista tekijöistä. Myöhemmin tällaisista vaurioista usein kehittyi mutkia, koroja ja haaroja (vrt. kuva 31). Hakkuu-

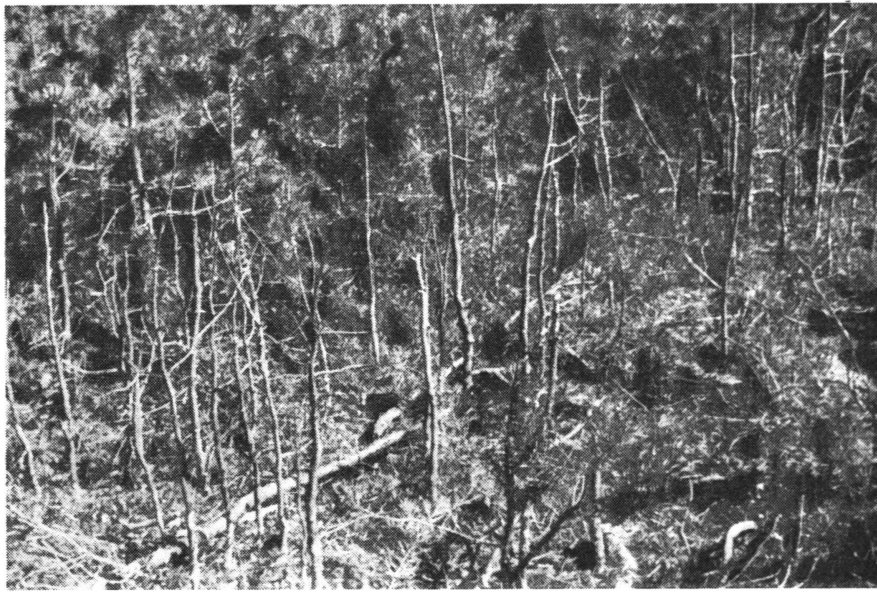
Ta u l. 8. Tärkeimmät vauriot eri tavoin toipuneissa männyn taimissa 5—7 v. vapautamisen jälkeen. — Table 8. Chief injuries in pine seedlings recovered in varying degree after release from heavy oppression 6—7 years prior to study.

Vauriolaji Injury type	5 taimistoa Etelä-Suomessa — 5 stands in South Finland			1 taimisto Pohjois-Suomessa — 1 stand in North Finland		
	Toipumisaste — Stage of recovery					
	++	+	0	++	+	0
	Tutkittuja taimia — Seedlings studied					
	168	89	70	57	37	45
	% vaurioituneita kunkin toipumisasteen taimista — % injured individuals in each recovery class					
<i>Phacidium</i> — karistetta needle cast	0	0	0	4	3	4
Silmu- ja versotuho — Serious injuries in buds and in shoots	60	15	15	7	11	14
<i>Evetria</i> — tuho resinella — injury	9	18	19	9	11	18
Pensastunut — Complete stagnation in height growth	3	24	64	2	30	60
<i>Dasyscypha</i> — syöpä cancer	—	—	—	0	3	4
Paha koro — Serious open scar	3	38	60	4	16	44
Loukaantunut — Mechanically injured	8	25	42	7	25	38

vauriot ja -tuhot olivat pahimpia varttuneissa taimistoissa, etenkin jos lumettomaan aikaan oli ajettu raskaasti kuormatuilla reillä tai traktorilla taimistossa pyrkimättä sitä erityisemmin varomaan (kuva 29). Toisaalta eräillä hakkuualoilla, joilla taimisto oli matalaa ja tiheää, oli hakkuuvaurioiden merkitys ollut ilmeisen pieni.

Monilla koaloilla olivat päällyspuut hakkuujätteistä päätellen olleet erittäin järeitä, ja niiden kaato oli todennäköisesti syynä moniin aukkoihin ja eräiden taimien vikoihin ja huonoon toipumiseen (vrt. s. 46).

Männyn syöpää tavattiin vain Perä-Pohjolan alueella, sielläkin merkityksellisenä yleensä vain hitaasti toipuvissa männnyissä, karuimmilla kasvu-



Kuva 29. Juuri vapautettua männyn taimistoa, jossa oli tuhoutuneita vyöhykeitä johtuen siitä, että oli varomattomasti ajettu vähän lumen aikana jo verraten korkeassa taimistossa. Punkaharju. — Fig. 29. Pine stand recently released and partially destroyed, because of transport through rather high advance growth without due care at a time of light show. Punkaharju. South Finland.

paikoilla, muista jälkeen jääneissä taimissa ja ylispuiden alla. Usein saattoi taimien pahakin syöpävaurio parantua, kun syövän alapuolella olevasta oksasta kehittyi uusi latva. Mutta jos kasvuolosuhteet olivat vaikeat, saattoi sieni uudelleen muodostua taimelle vaaralliseksi kasvamalla kuolleesta rungosta uuteen runkoon. Hyvin toipuvat männyt pyrkivät kylestämään syöpää. Eräissä männyissä havaittiin syöpäsienen yhä olevan elossa ja muodostavan itiöemiä, vaikka syöpä oli yli 20 vuoden ikäinen ja melkein kylestynyt 10 cm paksun hyvin kasvavan rungon sisään. Toisaalta eräillä harsintahakkuualoilla kuoli jo 3—4 m:n mittaisiksi varttuneita, mutta hitaasti toipuvia mäntyjä tämän taudin vaikutuksesta.

Pensastuneisuus oli tavallisesti saanut alkunsa jo alikasvosasemassa (vrt. s. 22), eikä sen syistä yleensä päästy selvyyteen. Sitä esiintyi enimmäkseen vain sellaisissa taimissa, joissa myös oli iso koro. Eräissä taimistossa tutkittiin useiden pensastuneiden taimien kasvua ja todettiin, että paksuuskasvu oli niissä alkanut toipua vielä myöhemmin ja heikom-

min kuin sellaisissa koroissa taimissa, joilla oli latva. Kuitenkin näyttävät pahimminkin pensastuneet taimet voivan toipua, mutta yleensä hitaasti (kuva 27). Monasti havaittiin, että pensastuneeseen taimeen muodostui latva tai joskus useita latvoja verrattain äkkiäkin, kunhan ensin paksuuskasvu oli vähitellen elpynyt ja latvus hitaasti tuuhistunut. Osa pensastuneista taimista jäi toipumatta ilmeisesti sen vuoksi, että ne toipumisen alkuvaiheessa jäivät liiaksi muista jälkeen (vrt. asetelmaa sivulla 78).

Vaikkakin monet pahat vauriot ilmeisesti saattavat usein hidastaa männyn taimen vapauttamisen jälkeistä toipumista, näyttää siltä, että ne kuitenkin eivät yleensä vaikuta siihen kasvunopeuteen, jonka taimi lopulta saavuttaa. Edellytyksenä tällöin on, että toiset, nopeammin toipuvat taimet eivät muodostu liian voimakkaiksi kilpailijoiksi. Niinpä eräillä harvapuissa koelaloilla monissa täysin toipuneissa lisävaltapuissakin havaittiin olleen pahoja katkeamia ja joskus myös kylestyneitä, tai kylestyviä, aikaisemmin hyvin suuria koroja. Sen sijaan useiden muiden koelajojen tiheillä kohdilla olivat hyvin vikaiset taimet pian jääneet vallittuun asemaan, jolloin niiden toipuminenkin oli lakannut.

Toipuneiden männiköiden laatu

Alikasvoksina vapautettujen toipuvien ja toipuneiden männiköiden luokittelu, joka perustui osaksi puiden elinvoimaisuuteen, osaksi niiden teknilliseen vikaisuuteen, osoitti, kuten seuraavasta asetelmasta ilmenee, että taimistojen laatu heti vapauttamisen jälkeen yleensä on huono, mutta paranee toipumisen edistytessä.

Metsiköitä Stands	Vapauttamisesta kulunut aika, v. Period after release, years	Eri latvuserosten mäntyjen keskim. laatu (1 = hyvä, 6 = kuollut, vrt. s. 14) Mean quality of pines of different crown storeys (1 = good, 6 = dead, cf. p. 117)		
		Päävaltap. Predominant	Lisävaltap. Codominant	Välipuut ja aluspuut Intermediate and overtopped
4	Ei vielä vapautettu — Not yet released	3.0	2.3	
5	0—5	2.6	2.6	2.2
2	6—10	1.5	1.6	
7	11—20	1.5	1.6	2.3
20	> 20	1.1	1.4	2.4

Myöskin rungon muoto, joka usein vapauttamisen jälkeen aluksi huononee, paranee taimiston sulkeutuessa (vrt. kuva 16 ja taul. 3).

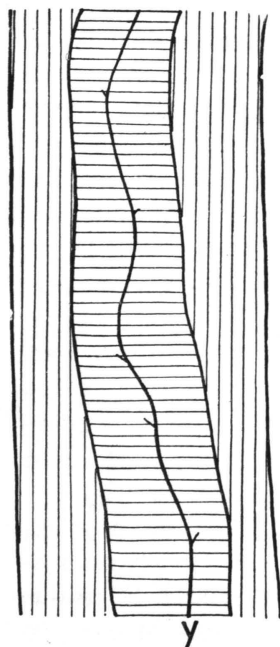
Monet viat, joita toipuneissa männiköissä myöhemmin esiintyy, eivät millään tavoin ole metsikön syntytavasta johtuvia. Usein nimittäin havaittiin, että ainoana toipuneiden männiköiden laatua alentavina tekijöinä olivat tervasroson, lumen murron, ytimennävertäjän yms. tekijän aiheuttamat haarat ja mutkat, jotka ovat yleisiä vapaastikin kasvaneissa metsiköissä.

Varsinkin pahoin kituvista esikasvoksista syntyneissä männiköissä runkojen sisässä tyviosassa havaittiin kuitenkin usein esiintyvän paljon erilaisia vikoja.

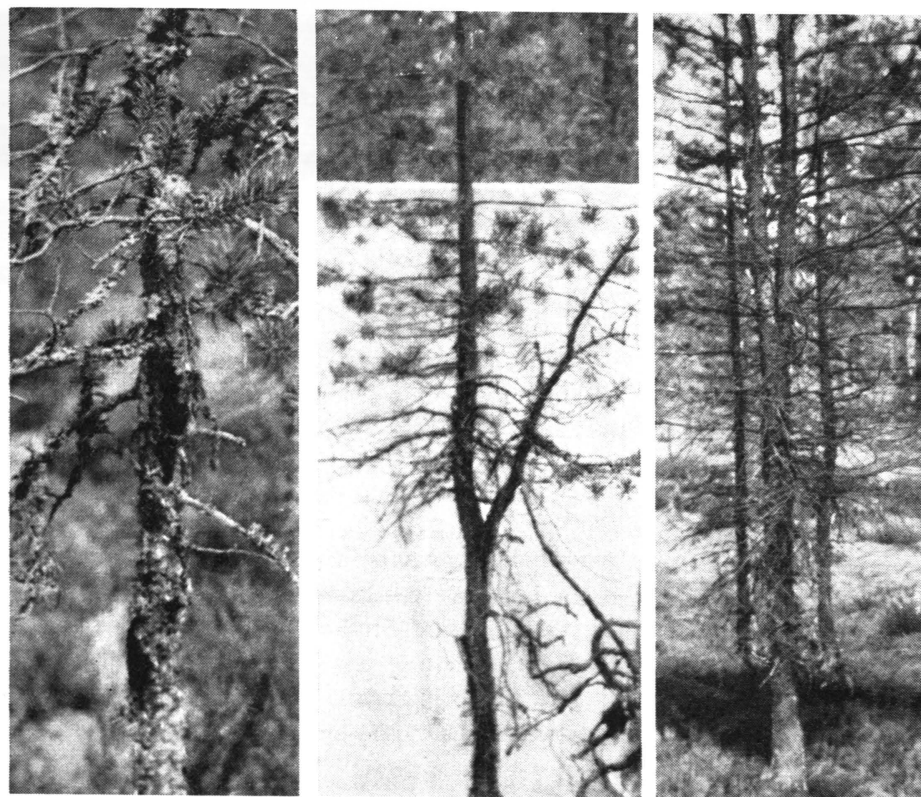
Kitutaimissa ovat mutkat melko yleisiä ja vaikka ne männyn toipuessa tai myöhemmin tosin oikenevat, aiheuttavat ne rungon verrattain paksuun sisäosaan jonkin verran vikaa, nimittäin puusyiden poikkeamista suorasta suunnasta, sekä lylyä tai ainakin erilaista kasvua rungon eri puolilla (kuva 30).

Toipuneissa männyissä puun kituneen ja toipuneen osan vuosilustojen tiheys poikkeavat suuresti toisistaan; edellinen on usein noin 20 kpl/cm ja jälkimmäinen noin 5 kpl/cm. Kun tiheälustojen ydinosan ja harvalustojen pintaosan välinen raja yleensä on hyvin jyrkkä (vrt. kuva 13), syntyy puuta kuivattaessa tälle kohdalle jännitystä ja halkeamia. Mm. tutkituissa kiekkoissa havaittiin usein halkeamia juuri tällä kohdalla.

Samoin on puun rakenteessa usein epäsäännöllisyyksiä, mm. kylestymiä ja lylyjä. Niitä on etenkin sen kituneessa osassa ja tähän lähinnä rajoituvassa osassa. Esim. eräältä koealalta otetussa, 11 toipuneen männyn tyvikiekkoa käsittävässä näytteessä vain 3 oli vailla kylestymän jälkiä ja vain 1 vailla puun sydänosassa olevaa lylyä. Kaikkiaan oli näissä kiekkoissa 43 pientä vikaa, jotka olivat syntyneet todennäköisesti



Kuva 30. Piirros toipuneen männyn ytimen (y) kautta noin 1.5 m korkeudelta tehdystä rungon halkileikkauksesta. Vaakaviivoitettu osa syntynyt alikasvoskauden ja 19 toipumisvuoden aikana, pystyviivoitettu seuraavien 14 vuoden aikana. — Fig. 30. Sketch of a section cut through the pith (y) of a recovered pine at a height of about 1.5 m. That part of the stem marked with horizontal lines was produced before release and during 19 years of recovery, and that marked with vertical ones, during the 14 subsequent years.



Kuva 31. Tyypillisiä vikoja toipuneissa männyissä 25 vuotta vapauttamisen jälkeen. Kanervatyypin. Etelä-Suomi. — Fig. 31. Typical defects of recovered pines 25 years after release. Calluna type. South Finland.

enimmäkseen kovakuoriaisten puremavioituksina sekä hakkuuvaurioina. Kylestymiä ja lylyä oli kaikkien koealojen kiekkoissa joskaan ei yleensä yhtä runsaasti kuin esimerkkinä mainitussa tapauksessa. Harvinaisina vikoina havaittiin koealojen eräissä koeuissa myös pihkoittunutta puuta, ruskeaa lahoa sekä punahonkaa muistuttavalla tavalla värjäytyneitä laikkuja.

Varsinkin jos harva, korkea ja pahoin kituva männyn taimisto vapautetaan, syntyy rungolle oksarykelmä (vrt. kuvat 11 ja 12), mikä sekin saattaa olla teknillisesti haitallinen. Muuten on, kuten yleensäkin, myös vapautettujen mäntyjen oksikkuus riippuvainen metsikön tiheydestä. Siten esim. kuvan 2 etualalla näkyvän yksinäisen entisen alikasvosmännyn oksisto oli hyvin voimakas.

Toipuneen männyn vikainen sydänosa ei kuitenkaan ulotu korkealle ja sen osuus jää puun kasvaessa lopulta hyvin vähäiseksi puun koko tilavuuden rinnalla. Toisaalta, mikäli alikasvos on vapautettaessa ollut pitempää kuin kannon korkeus, nämä viat sijaitsevat puun yleensä arvokkaimmassa tyviosassa.

Jos alikasvos vapautettaessa vaurioituu hakkuutöiden vaikutuksesta, syntyy puihin usein monenlaisia pahoja vikoja. Tällaisia vikoja on esitetty kuvassa 31.

Kolmessa verrattain huonossa männikössä, jotka oli vapautettu 25—36 v. aikaisemmin, ja jotka tällöin ilmeisesti olivat vaurioituneet erityisen pahasti, tutkittiin eri tavoin toipuneiden puiden viat. Tärkeimpiä vikoja esiintyi seuraavasti:

Tutkittuja mäntyjä No of pines studied (in three released stands that were very much injured)	Toipumisaste (vrt. s. 20) Recovery class (cf. p. 118)	Pensastuneet Complete stagnation in height growth % vikaisia kunkin toipumisasteen taimista —	Alas taipuneet Bent down each recovery class	Mutkat ja haarat — Crooks and fork-stemmed	Pahat korot Serious open scars % defects in
154	+ ja and ++	—	—	18	18
118	0	—	5	63	70
39	—	6	19	84	79

Huonosti toipuneiden puiden tavattoman runsas vikaisuus oli seuraus siitä, että vaurioituneet puut yleensä olivat jääneet alistettuun asemaan jo ennen niiden toipumisen alkuun pääsyä.

Vikaisten puiden huonompi kilpailukyky toipumisvaiheessa vähentää vikojen merkitystä etenkin jos taimisto on tiheää. Kookkaassa ja samalla harvassa taimistossa saattaa esim. varomattomasti suoritettu hakkuu kuitenkin suuresti ja pysyvästi alentaa metsikön laatua.

Yleensä ne viat, jotka ovat toipuneille männiköille ominaisia joko suoranaisesti tai välillisesti alikasvoskaudesta johtuneina, vaihtelevat suuresti riippuen taimien koosta vapauttamisen aikana. Tavallisesti, joskaan ei aina, kehittyy suurina taimina vapautetuista männystä niiden toipuessa jossakin määrin huonolaatuinen metsikkö. Pieninä taimina vapautetuista männystä taas saattaa muodostua laadultaan mitä parhain metsikkö.

Eräässä juuri toipuneessa puolukkatyyppin riukumännikössä (Pieksä-

mäellä) todettiin harvennuksen vaikuttaneen tärkeimpien vikojen esiintymiseen seuraavasti:

	Pahoja koroja Serious scars %	Taivutusvikoja Bent over %	Mutkia ja haaroja Crookedness and forkning %
Ennen harvennusta — Before thinning	22	6	18
Harvennuksen jälkeen — After thinning	4	—	14

Raivauksilla ja harvennuksilla voidaan ilmeisesti yleensäkin huomattavasti parantaa toipuvan tai toipuneen männikön laatua. Samoin voidaan oksarykkelmien haitallisuus poistaa miltei kokonaan, jos rungot vaneripuiden kasvatusta silmällä pitäen karsitaan ajoissa. Näin olikin tehty eräissä toipuneissa männikössä näköjään hyvällä menestyksellä.

Toipuminen osittaisen vapauttamisen jälkeen

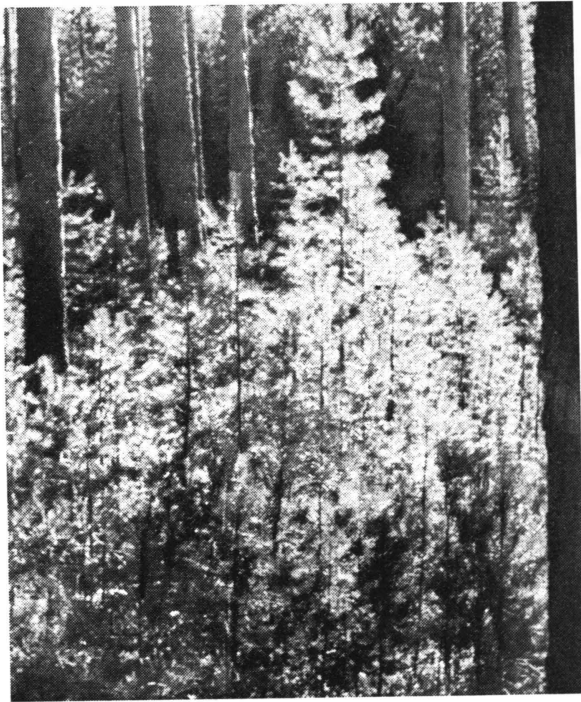
Päällysmetsikön väljentäminen tai siinä suoritettu aukkohakkaus oli tutkitussa yhdeksässä alikasvostaimistossa aiheuttanut v ä h ä i s t ä kasvun paranemista. Tämä ei kuitenkaan ollut verrattavissa avohakkauksen aiheuttamaan voimakkaaseen toipumiseen. Kasvun paraneminen oli eri taimissa sitä paitsi erilaista, etenkin silloin, kun hakkauksessa oli syntynyt suurehkoja aukkoja, joiden keskellä taimet kasvoivat muita suuremmiksi (vrt. kuva 32).

Aukkokohtien vielä matalissa, mutta jonkin verran toipuneissa taimistoissa esiintyi verrattain runsaasti lumikaristetta ja Pohjois-Suomessa usein myös männyn syöpää (vrt. ss. 69—71).

Kun päällysmetsikössä oli suoritettu voimakas siemenpuuhakkauksen kaltainen toimenpide, taimisto reagoi kovin vaihtelevasti. Niiden tutkimusten perusteella, joita tehtiin viidessätoista tällä tavoin osittain vapautetussa taimistossa, voidaan kuitenkin todeta seuraavia ilmeisiä säännönmukaisuuksia:

Ylispuiden alla ja lähellä matala taimisto yleensä toipui vain hyvin heikosti tai ei ensinkään. Suuret taimet toipuivat perin vaihtelevasti ja ylispuiden välikohtien taimiin verrattuna heikosti (kuvat 33 ja 34). Usein toipuminen ylispuiden alla alkoi myöhään ja taimet saavuttivat vain verrattain pienen kasvunopeuden (kuva 34).

Ylispuiden välikohdilla taimet toipuivat vaihtelevasti koosta erityisemmin riippumatta (kuva 35). Tavallisesti kasvunopeus myöhemmin hidastui etenkin pienikokoisissa taimissa.



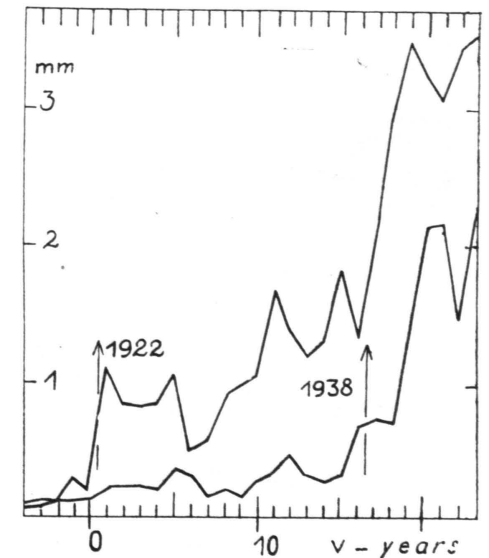
Kuva 32. Alikasvostaimistoa puolukkatyyppin männikön aukossa. Punkaharju. —
Fig. 32. Undergrowth in a gap in a pine stand of Vaccinium type in Punkaharju.
South Finland.

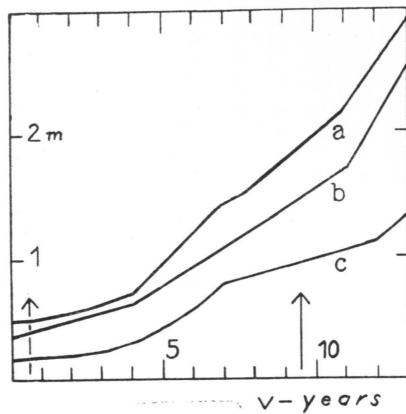
Se etäisyys, mihin saakka ylispuut vaikeuttivat toipumista, oli hyvin vaihteleva, otaksuttavasti riippuen metsätyyppistä, maantieteellisestä sijainnista ja päällysmetsikön aikaisemmasta käsittelystä. Maksimietäisyyksinä, joissa selvä vaikutus vielä oli havaittavissa, mainittakoon seuraavat luvut: CT (Parkanossa) 12 m; ErCIT (Kolarissa) 15 m. Keskimääräinen vaikutussäde lienee muutamaa metriä lyhyempi (Svinhufvud 1935, vrt. myös Metsäpelto 1932).

Yleensä harva ylispuusto aiheutti monin tavoin epätasaisuutta toipuvaan taimistoon, ainakin jos ylispuuta ei pian hakattu pois. Ylispuiden kohdalla taimisto jäi pienemmäksi ja sitä paitsi, taimien yleensäkin hitaasta kehityksestä johtuen, erilaisten taimituhojen merkitys oli suuri. Lumikariste ja pohjoisessa myös männyn syöpä olivat erityisen yleisiä juuri ylispuualoilla, varsinkin taimiston jälkeen jääneillä kohdilla, osaksi vielä ylispuiden tultua kaadetuksikin (vrt.



Kuva 34. Siemenpuu- (v. 1922) ja pätehakkauksen (v. 1938) vaikutus kahden tyyppillisen erillisinä kasvaneen männyn taimen sädekasvuun juuren niskalla. Toinen taimi oli kasvanut v. 1922, toinen v. 1938 poistetun puun vierellä. Kanervatyyppi. — Fig. 34. Effect of shelterwood cutting (in 1922) and of final cutting (in 1938) on the radial increment just above the root collar of two typical pines growing solitarily, one under a tree felled in 1922 and the other under a seed-tree felled in 1938. Calluna type.





Kuva 35. Siemenpuu- ja päätehakkauksen vaikutus männyn taimien pituuskehitykseen. Kanervatyypin.

a = koealan suurin taimi, b = 4 valtaainta, c = erästä yleistä toipumistyyppiä edustava taimi.

Fig. 35. Effect of shelterwood and final cutting on the height growth of pines. Calluna type. a = tallest tree of the sample plot, b = 4 dominant trees, c = a tree of a common recovery type.

s. 69). Lisäksi ylispuuta poistettaessa osa taimistosta yleensä vaurioitui tai tuhoutui.

Tutkittaessa eräissä toipuneissa jo riukuasteen ohittaneissa metsiköissä ylispuiden paikalle taimistoon yleensä jääneitä aukkoja todettiin seuraavaa: Jotkin aukot olivat ilmeisesti haitaksi paitsi metsikön kuutiokasvun kannalta myös sen laadun kannalta, kun aukon reunapuut olivat kehittyneet oksaisiksi. Toisaalta eräiden ylispuiden paikalle oli jäänyt vain loiva-reunainen painanne latvuskatoksessa. Tällöin olivat, ylispuun tultua kaadetuksi, sen alla kituneet männyn toipuneet, vaikkakin naapuripuiden kilpailun vaikutuksesta niistä usein oli kehittynyt hoikka-runkoisia ja monien kasvu oli myöhemmin alkanut heikentyä.

Eräällä CT:n hakkausalalla (Parkanossa) tutkittiin ylispuiden lähellä kasvavien toipuvien ja toipumatta jääneiden männyn taimien juuristoja. Toipuvien taimien juuristo oli selvästi voimakkaammin kehittynyt. Myös juuristojen suuntautumisen oli seuraavanlainen ero:

	Ylispuusta pois Direction trend of roots away from reserve trees	Epäselvä suuntaus No clear trend	Ylispuuhun pään — Direc- tion trend of roots towards reserve trees	Yht. Total
Toipuvat taimet — Recovering seedlings	9	1	0	10
Toipumatta jääneet taimet — Seedlings not recovering	4	5	1	10

Näyttää siltä, että toipuvien taimien juuristot suuntautuvat, kuten myös alun perin hyvin kasvaneiden männyn taimien juuristot (Kalela 1942), pois päin elinvoimaisista ylispuista.

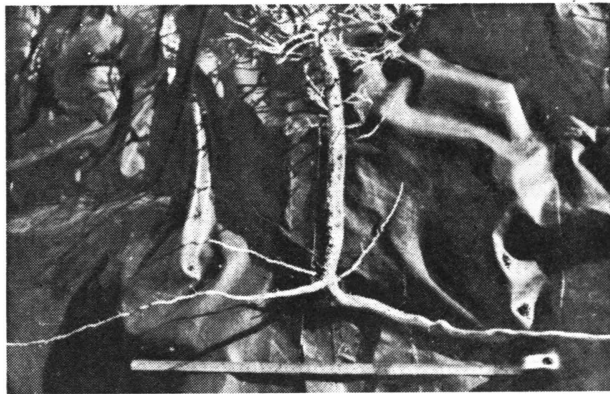
Samoin todettiin, että eräällä ErCIT:n siemenpuualalla kolmen tutkitun toipuneen taimen juuristot olivat suuntautuneet siemenpuusta pois päin. Eräs juuri, joka aluksi oli kasvanut suoraan siemenpuuhun päin, oli äkkiä muuttanut suuntaansa. Yleensä kuitenkin juuriston suuntaus oli selitettävissä siten, että siemenpuusta pois päin kasvavat juuret olivat kehittyneet voimakkaammin kuin siihen päin kasvavat juuret.

Mainitulla siemenpuualalla toipuneiden taimien juuret olivat erityisen runsashaaraisia ja niissä oli paljon mykoritsoja erityisesti lahojen maapuiden tai kantojen ja juurien kohdilla. Juurien vuosilustoja mikroskoipimalla saatiin selville, että taimet olivat saavuttaneet tuollaiset kohdat pian siemenpuuhakkauksen jälkeen taimien toipumisen alkaessa. Muut taimet olivat kuolleet laajalti siemenpuiden ympäriltä. On pidettävä todennäköisenä, että näiden jäljelle jääneiden taimien menestyminen ja toipuminen oli suuresti ollut riippuvainen niiden ulottuville sattuneiden lahojen maapuiden tai kantojen ja juurien lannoitusvaikutuksesta.

Vastaavanlaisia juuristojen suuntautumista koskevia havaintoja tehtiin eräissä CT:n männyn taimistossa, jolle viereiseltä lentokentältä oli kerätty sitä raivattaessa kertyneitä latvuksia. Huonosti kasvaneet taimet alkoivat toisena kesänä risupeitännän jälkeen toipua voimakkaasti. Toipumista tapahtui jonkin verran myös ylispuiden alla kasvavissa taimissa peitetillä alueella sekä sen ulkopuolellakin sellaisissa taimissa, joiden juuret ulottuivat tälle alueelle. Näiden peitetyn alan lähellä kasvavien taimien juuristo kehittyi voimakkaammaksi (kuva 36) ja runsaammin haaroittuneeksi peitetillä alalla kuin sen ulkopuolella. Tutkituista kolmestatoista juuristosta oli kymmenen täten selvästi suuntautunut peitetille alalle. Tällaista suuntautumista oli tapahtunut niissäkin tapauksissa, jolloin juuristo kasvaessaan samalla oli joutunut lähelle eräitä ylispuuta. Paikoittain noin 1/2 m:kin paksun peitteen muodostavien risujen todennäköisesti voimakas lannoitusvaikutus oli tällöin ilmeisesti kumonnut juurikilpailun vaikutuksen.

Äsken mainituissa tapauksissa taimet olivat välttyneet ylispuiden turmioliselta vaikutukselta joko siten, että taimien juuristo oli kasvanut pois ylispuiden lähetyviltä tai siten, että taimet olivat saaneet osakseen »lannoitusta». Tämä viittaa siihen, että juurikilpailun kireydellä ja taimien ravinnonsaantimahdollisuuksilla on ratkaiseva merkitys toipumiselle ainakin kuivilla kankailla.

Yhteenvetona osittaisen vapauttamisen vaikutuksesta männyn alikasvukseen voidaan todeta, että vaikutus vaihtelee paljon ja todennäköisesti suuresti riippuvaisena päällyspuiden ja taimien juurikilpailusta ja



Kuva 36. Risulannoituksen vaikutus männyn taimen juuriin kanervatyypillä. Oikean puoleinen juuri oli voimistunut suuresti risulannoituksen vaikutuksesta; vasemman puoleinen juuri, joka ei ulottunut risuilla peitetulle alueelle, oli sitä vastoin jäänyt heikoksi, vaikka kyllä pitkäksi. Savitaipale. — Fig. 36. Fertilising effect of heavy branchwood on roots of pine seedlings on Calluna type. The root on the right side had developed strongly as a result, that on the left, not reaching the area covered by branches, had remained weak though long. Savitaipale, South Fin'and.

ravinnonsaantimahdollisuuksista. Näyttää myös siltä, että karuilla kan-
kailla alikasvoksen osittaiseen vapauttamiseen usein liittyy monia taimis-
ton laatua heikentäviä tekijöitä.

Toipuvien taimien vaikutus nuorempiin taimiin.

Todettiin, että siinä koeala-aineistossa, jota edellä on käsitelty, melkein kaikki männyt olivat syntyneet ennen vapauttavaa hakkausta. Ainoastaan harvoissa poikkeustapauksissa näiden joukossa oli muutamia nuorempia mäntyjä, jotka olivat syntyneet vapauttamisen jälkeen esikasvoksessa olleisiin aukkoosiin. Vapauttamisen jälkeen syntyneiden puiden harvinaisuuteen ei aina ollut syynä puuttuva siemennys, sillä useiden koealojen lähetyksillä oli ollut ylispuita tai reunametsikkö. Sen sijaan näyttää ilmeiseltä, että nuorien männyn taimien harvinaisuus toipuvan esikasvoksen joukossa oli seuraus esikasvostaimien kilpailusta. Osoittautui näet, että myöskin esikasvoksen keinollinen täydentäminen on vaikeaa, etenkin jos kylvetään lähelle toipuvia taimia ja nimenomaan jos toipuva taimisto ei ole ylen harva. Tämä ilmenee mm. taulukoista 9 ja 10, jotka

Taul. 9. Kylvömäntyjen alistettu asema toipuneiden esikasvostaimien lähellä. Aukkoisen esikasvos vapautettu pahoin kituvana v. 1935. Täydennyskylvö suoritettu v. 1937. — Table 9. Overtopping of artificial regeneration by recovered advance growth. Irregular advance growth released from heavy oppression in 1935, supplemented by direct seeding in 1937.

Metsätyyppi Forest type	Aineisto — Material		Kylvöruutujen suurimpien puuyksilöiden jakaantuminen (%) eri kerroksiin Distribution (%) of biggest pines of seeded spots into crown classes			
	Kylvöryhmiä No of seeded spots	Etäisyys lähimpään esikasvostaimiin Distance to nearest pine of advance growth	Päävalta- puut Predomi- nant	Lisävalta- puut Codomi- nant	Välipuut Interme- diate	Alistetut puut Over- topped
MT	22	0—1 m	0	0	14	86
	25	1—2 m	0	4	64	32
	16	2—3 m	0	38	62	0
	—	> 3 m	c:a 100	c:a 0	c:a 0	c:a 0
VT	32	0—1 m	0	0	19	81
	26	1—2 m	0	12	65	23
	17	2—3 m	6	35	59	0
	—	> 3 m	c:a 100	c:a 0	c:a 0	c:a 0

esittävät tilastoja eräistä männiköistä, joissa erilaista esikasvosta oli yritetty kylvämällä täydentää ja joissa metsikön kerrostuminen oli jo selvää.

Saman suuntainen kehitys kuin taulukoissa esitetyissä tapauksissa oli todettavissa 16 muussa VT:n, CT:n, MT:n ja EMT:n kylvötaimistossa, jotka kuitenkin eivät vielä olleet kehittyneet yhtä pitkälle ja joita ei tutkittu yhtä yksityiskohtaisesti. Useimmat näistä kylvöistä oli tehty lähinnä (1.—3.) seuraavina kesinä esikasvostaimien vapauttamisen jälkeen.

Ainoastaan sellaisissa kohdissa, joissa esikasvos oli harvaa, täydennys-

T a u l. 10. Esikasvomäntyjen joukkoon kylvettyjen mäntyjen pituuden riippuvaisuus esikasvoksen tiheydestä. Kylvö suoritettu 2 (B) ja 3 (A) vuotta sen jälkeen, kun kituva, aukkoisen esikasvos oli vapautettu. Puolukkatyyppi. — *Table 10. Height of supplementary regeneration as a response to density of surrounding incomplete advance growth. This had been released from heavy oppression, and was supplemented by direct seeding 2 (B) or 3 (A) years later.*

Esikasvoksen pituus kylvöhetkellä <i>Height of advance growth at time of seeding</i>	Koealojen luku <i>Number of sample plots</i>	Esikasvoksen tiheys ¹ <i>Density of advance growth¹</i>	Pituus — <i>Height, M ± ε(M), m</i>		
			I Esikasvoksen valtapuut <i>Dominant trees of advance growth</i>	II Pisimmät kylvöruutujen puut <i>Highest trees of seeded spots</i>	Erotus I—II <i>Difference</i>
Metsikkö A, tutkittu 19 v. kylvön jälkeen — <i>Stand A, studied 19 years after supplementary seeding:</i>					
4.7 ± 0.6 dm	12	Tiheä <i>Dense</i>	37 ± 0.8	6 ± 1.1	31 ± 1.4
	13	Harva <i>Thin</i>	33 ± 1.2	9 ± 0.6	24 ± 1.3
	25	Puuttuu <i>Lacking</i>	39 ± 0.9	13 ± 1.1	26 ± 1.4
Metsikkö B, tutkittu 21 v. kylvön jälkeen — <i>Stand B, studied 21 years after supplementary seeding:</i>					
0.9 ± 0.1 dm	20	Tiheä <i>Dense</i>	50 ± 0.8	13 ± 0.4	37 ± 0.9
	40	Harva <i>Thin</i>	51 ± 1.6	19 ± 1.5	32 ± 2.2
	40	Puuttuu <i>Lacking</i>	—	28 ± 1.3	—

¹ Määritetty valtataimien lukuna ympyrällä, jonka säde oli 2 tai 3 m ja keskipisteinä samalla kertaa tutkittu kylvöruutu. Luokitus oli seuraava:

A: Tiheä : yli 4 kpl/19.3 m²; Harva : 3—4 kpl/19.3 m²; Puuttuu : 0—2 kpl/19.3 m².

B: Tiheä : yli 2 kpl/12.6 m²; Harva : 1—2 kpl/12.6 m²; Puuttuu : 0 kpl/12.6 m².

Determined as number of dominant trees in a sample circle having radius of 2 or 3 m and centre in studied seed spot. The classification was following:

A: *Dense : more than 4/19.3 sq. m; Thin : 3—4/19.3 sq. m; Lacking : 0—2/19.3 sq. m.*

B: *Dense : more than 2/12.6 sq. m; Thin : 1—2/12.6 sq. m; Lacking : 0/12.6 sq. m.*

kylvö oli joskus, muttei aina onnistuneesti täydentänyt toipuvaa taimistoa (kuva 37 A).

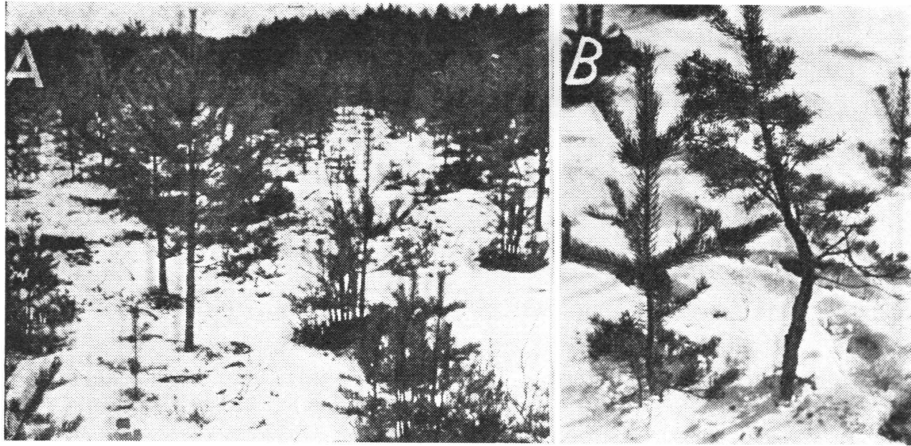
Vain harvoin alikasvostaimi ja sen lähelle kylvetty taimi kehittyivät suunnilleen yhtä nopeasti. Tämän edellytyksenä oli sikäli »huonosti» onnistunut kylvö, että kylvöruutuun oli syntynyt yksi tai vain harvoja taimia, tai jokin taimi oli kehittynyt muiden edelle. Tutkituissa tämän kaltaisissa tapauksissa oli alikasvostaimi sitä paitsi aina ollut erittäin pahoin kitunut (kuva 37 B). Eräissä tapauksissa sen juuriston todettiin lisäksi olleen kokonaan toispuoleinen ja kylvötaimen puolelta kehittymätön.

Hyvillä metsätyypeillä, siinä tapauksessa että esikasvostaimisto oli harvaa, saattoi kylvötaimista olla hyötyä sikäli, että ne kilpailullaan estivät toipuvia taimia muodostumasta kovin oksaisiksi. Kylvettäessä lähelle toipuvia taimia ei tätäkään hyötyä yleensä saavutettu, sillä usein kylvötaimet tällöin jäivät aivan pieniksi ja merkityksettömiksi toipuvien taimien kasvaessa jo aikaisessa vaiheessa suorastaan niiden päälle (kuvat 37 C ja D).

Usein lumikariste lisäsi toipuvien taimien etumatkaa hidastamalla ilmeisesti enemmän kylvötaimien kasvua. Lumikaristeen tällainen vaikutus oli otaksuttavasti seuraus siitä, että kylvötaimet kasvoivat toisissaan kiinni, ja että niiden neulasto sijaitsi suhteellisesti suuremmissa määrin lumen pinnan alapuolella, mihin tämän taudin esiintyminen yleensä rajoittuu; toipuvan taimen latvus taas sijaitsee (vrt. kuvat 5, 6, 11 A, ja 11 B) usein vain taimen ylimmässä osassa. Monissa tutkituista täydennyskylvöistä oli huomattava osa kylvöruuduista jäänyt tyhjiksi, eräissä vielä uudelleenkin suoritettuna kylvön jälkeen.

Kahdessa tutkitussa taimistossa, joissa toipuvaa esikasvosta oli täydennetty istuttamalla, oli onnistuttu eri tavoin. Kummassakin oli istutettu Murrayn mäntyä pahoin kituvana vapautettuna CT:n esikasvoksen joukkoon. Toinen täydennysistutus, jossa esikasvos oli tiheätä, oli epäonnistunut sikäli, että istutetut taimet olivat 24 vuoden kuluessa jääneet alistettuun asemaan. Tiheän esikasvoksen täydentäminen osoittautui tässä tapauksessa tarpeettomaksi toimenpiteeksi. Vain muutamien aukkojen keskelle suoritettu istutus oli onnistunut taimien kehittyessä suunnilleen toipuvien taimien kanssa rinnan.

Toinen istutus oli suoritettu 3:ntena vuonna vapauttamisen jälkeen esikasvokseen huolellisesti raivattujen aukkojen keskelle. Tällöin oli täydennys onnistunut hyvin, istutustaimien noin 10 v:n kuluessa saavuttaessa esikasvostaimien etumatkan, minkä jälkeen kummatkin taimet kehittyivät suunnilleen samalla nopeudella.



Kuva 37. Tyypillisiä tapauksia epäonnistuneista ja onnistuneista täydennyskylvöistä entisten alikasvostaimien lähellä Etelä-Suomessa. Kylvettäessä, 7 (A—C) ja 19 (D) vuotta aikaisemmin, ovat alikasvostaimet olleet kituvia 20—30 v:n ikäisiä ja 0.5—0.9 m:n pituisia. — *Fig. 37. Typical cases of failing and successful supplementary regeneration near pines which had been oppressed before release. South Finland. When seeding, 7 (A—C) and 19 (D) years ago, the oppressed pines were 20—30 years old and 0.5—0.9 m high.*

Taul. 11. Kylvötaimien pituus eri etäisyyksillä toipuvien mäntyjen muodostamasta metsän reunasta. Puolukkatyyppi. Vilppula. — *Table 11. Height of artificial regeneration (direct seeding) at various distances from margin of recovering pine stand. Vaccinium type. Vilppula. South Finland.*

Vapautettu taimisto — Released pine stand			Kylvötaimisto — Artificial regeneration				
Aika, vv. — Time, years		Reunamäntyjen pituus Height of marginal pines, dm	Etäisyys Distance m	Tutkittuja taimia Pines studied	Ikä, v. — Age, years		
vapauttamisesta from release	kylvöstä from seeding				5	10	12
					Pituus — Height dm		
0	—2	17	0—2	10	1.3	4.0	5.4
2	0	18	2—3	10	3.1	8.5	12.1
14	12	48	> 10	50	4.3	13.2	19.0

Reunametsikkönäkin olevan toipuvan esikasvoksen havaittiin haittaavan viereisen nuoren taimiston kehitystä. Tällainen reunametsikön vaikutus käy selville taulukosta 11.

Lisäksi havaittiin, että toipuvien taimien muodostaman reunametsikön lähellä monet kylvötaimet olivat vikaisia tai kuolleita kauempana kasvavien sitä vastoin ollessa terveitä.

Havaittiin myös, että aivan erillisinäkin kasvavat vapautetut taimet toipuessaan haittasivat lähellä olevien nuorempien taimien kasvua. Tämän valaisemiseksi on seuraavassa asetelmassa esitetty kylvötaimien pituus eri etäisyyksillä vapautetuista yksinäisistä männystä:

	Tutkittuja taimia Pines studied	Etäisyys, m Distance from recovering pine, m	Pituus Height of seeded pines M ± ε (M) cm
1. CT	12	0—2	8.0 ± 0.19
	12	6—7	15.6 ± 0.47
Erotus — Difference			7.6 ± 0.50
2. ErCIT	15	0—3	3.1 ± 1.01
	25	8—12	16.0 ± 1.78
Erotus — Difference			12.9 ± 2.05

Haitallisen vaikutuksen etäisyys vaihtelee otaksuttavasti riippuen ainakin puun toipumisasteesta ja metsätyypistä. Ne puut, joiden vaikutusta asetelmassa tarkasteltiin, olivat kylvöhetkellä jo hyvässä toipumisvauhdissa ja noin 2 m:n pituisia. Vapautettaessa ne olivat kituneet pahoin.

Tämän kaltaisissa tapauksissa vaikutus näytti ulottuvan noin 5—6 m:n päähän.

Myöskin esikasvosryhmien havaittiin jonkin verran haittaavan ympärille kylvettyjen taimien kehitystä; tällaisia havaintoja tehtiin myös sellaisissa tapauksissa, jolloin ryhmä oli reunoiltaan loiva ja kylvötaimia lähinnä olevat esikasvostaimet melko pienikokoisia. Ainakin joskus tämä oli ilmeinen seuraus juurikilpailusta ja juurten leviämisestä kauas ryhmän ulkopuolelle. Tutkittaessa eräällä CT:n hakkuualalla maata toipuvien mäntyryhmien ulkopuolella havaittiin siinä paljon voimakkaasti kasvavia juuria. Mm. erään n. 35 v:n ikäisen, mutta vasta 1.4 m pitkän parast'aikaa juromisvaiheen ohittavan taimen juuristo sijaitsi pääasiassa ryhmän ulkopuolella ja voimakkain juuri oli jo 9 m pitkä.

Myös niiden tutkimustulosten perusteella, jotka on esitetty edellä taulukossa 1, ja joista käy selville toipuvien taimien juuriston nopea laajeneminen, on ymmärrettävissä, että toipuvat taimet saattavat vaikuttaa verrattain kaukanakin sijaitsevien nuorempien taimien kehitykseen.

Männikössä esiintyvien muiden puulajien toipuminen.

Vaikkakin tutkitut toipuneet metsiköt olivat lähes ehdottoman puhdaita männiköitä, sattui erälle koealoille silti joitakin muiden puulajien yksilöitä. Muutamilla VT:n koealoilla todettiin, että eräät kuusiyksilöt kiduttuaan ensin alikasvosasemassa mäntyjen joukossa toipuivat vapauttamisen jälkeen suunnilleen samalla tavalla kuin nämäkin. Niinpä eräs kuusi, joka oli vapauttamisen jälkeen kasvanut 27 vuoden ajan verrattain harvassa puolukkatyyppin männikössä, oli 6.45 m pitkä ja sitä lähinnä olevat männyt 6.55 ja 6.60 m pitkiä. Kuusi ei ollut kyennyt ohittamaan jokseenkin samanlaisissa oloissa kasvavia mäntyjä, vaikka se oli vapautettaessa ollut vain noin 30 v:n ikäinen mäntyjen iän ollessa noin 75 vuotta, ja vaikka kuusi oli vapautettaessa ollut paremmin kasvava (keskim. sädekasvu 0.2 mm/v., männyissä 0.1 mm/v.).

Myös eräissä niissä VT:n taimistoissa, joita tutkittiin toipumisvaiheessa, elpyivät alikasvosmäntyjen joukkoon sattuneet kuuset väliin hieman paremmin, väliin hieman huonommin (vrt. kuva 11 E), mutta kuitenkin suunnilleen samoin kuin männyt.

Yhdellä EMT:n koealalla oli useita rauduskoivuja valtapuina. Vuosilustotutkimukset osoittivat, että nekin olivat ensin kituneet kauan ali-

kasvosasemassa ja toipuneet vapauttamisen jälkeen melkein samoin kuin männyt. Vapauttamisesta 28 v:n kuluttua oli erään koelinjalle sattuneen toipuneen koivun pituus 6.0 m koealan muiden valtapuiden ollessa 5.8 — 8.0 m pitkiä. Koivun pituus oli hieman pienempi kuin luonnon normaalin koivikon valtapituus 28 v:n iällä MT:llä, mutta n. 2 m suurempi kuin vastaava pituus HMT:llä (vrt. I l v e s s a l o 1937, p. 113).

Tutkimustulosten tarkastelua

Alikasvostaimien toipuminen mukautumisilmiönä

Alikasvosasemassa männyn kasvu lienee heikkoa lähinnä kahdesta syystä. Ensinnäkin päällysmetsikön latvuskatos pidättää osan maahan saapuvasta valosta, minkä nautinta mahdollisimman voimakkaana olisi eduksi männylle, joka on n.s. valopuu (Stålfelt 1924, Uhl 1937, Shirley 1943, Oosting ja Kramer 1946; ym. vrt. Shirley 1945). Toinen tärkeä syy on juuritilan puute, mikä ainakin kuivilla kankailla on erityisen merkityksellistä (Fricke 1904, Aaltonen 1919, 1920, 1926, 1934, Wretling 1931, Björkman 1945; ym. vrt. Aaltonen 1948). Vaikka kuivien kankaiden alikasvosmännyn kasvatavat tavallisesti pahoin kituen, ne toisaalta usein voivat vaikeassakin alikasvosasemassa pysyä elossa sangen kauan, joskus jopa 80 v. (vrt. s. 64).

Kun päällysmetsikkö hakataan pois, katoavat mainitut kaksi tärkeintä taimien kasvua vaikeuttavaa tekijää. Hakkauksen seurauksena onkin ollut pahoin kituneiden taimien toipuminen (vrt. ss. 31—54). Tästä ovat myös monet aikaisemmat tutkijat tehneet havaintoja (ss. 7—10).

Alikasvosten vapauttamiseen liittyy kuitenkin myös eräitä niiden kasvuun negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä. Niinpä saattaa haihdunta (evaporaatio) aukealla kankaalla olla yli kaksi kertaa niin suuri kuin tukkipuumännikön alla (Vartaja 1950), ja taimiin vaikuttavat haihduntaolot ovat vastaavasti epäedullisemmat vapautetuissa taimistoissa, aukeaksi hakatuilla aloilla, kuin alikasvostaimistoissa, päällysmetsikön suojassa.

Mahdollisesti eräät muutkin tekijät muuttuvat hakkauksen vaikutuksesta epäedulliseen suuntaan. Sitä paitsi muutosten äkillisyys saattaa estää taimia täysin hyötymästä sellaisistakaan muutoksista, jotka muuten olisivat niille eduksi, koska ne ennen vapauttamista ovat mukautuneet alikasvosaseman erikoisolosuhteisiin. Taimet ovat äkillisen vapauttamisen jälkeen aluksi ikään kuin väärin mukautuneita, joten täydellisen toipumisen edellytyksenä on uudelleen mukautuminen.

Kun edellä esitetyn kuvauksen perusteella (vrt. esim. kuvat 5 ja 6)

näyttää ilmeiseltä, että mukautuminen alikasvosaseman aikana usein on mennyt sangen pitkälle, herää kysymys, missä määrin perusteellinen uudelleen mukautuminen sen jälkeen enää on mahdollista.

Kasvien mukautumista on tutkittu mm. siten, että lehtien saamaa valaistusta on muuteltu. Tällöin on todettu, että monien kasvien, esim. pyökin lehdissä tapahtuu ilmeisiä fysiologisia mukautumisprosesseja jo muutaman päivän kuluttua valaistuksen muuttumisen jälkeen (Harder 1933, ss. 705 ja 710, Drautz 1935, s. 28, Montfort 1948). Eräät lämpötilaa muuttamalla tehdyt kokeet viittaavat siihen, että myös mänty olisi tällaisissa fysiologisissa mukautumisilmiöissä varsin plastillinen puulaji (vrt. Freeland 1944, s. 180).

Toisaalta Stålfelt (1935, s. 171) totesi, että kuusen vanhojen neulasten hiilidioksidin diffuusiokapasiteetti pieneni, kun haihduntaolot huononivat voimakkaan harvennushakkauksen johdosta. Usein alikasvoskuusten vanhat neulaset varisivat hakkauksen jälkeen pois. Otaksuttavasti tämän kaltaiset mukautumisvaikeudet kuitenkin ovat männynssä pienemmät. On näet todettu mm., että männyn ilmaraot eivät ole kuivuuden vaikutuksille yhtä arkoja kuin kuusen (Stålfelt 1921 s. 268, Uhl 1937). Sitä paitsi männyn yhteyttämistoiminta on suhteellisesti pienemmässä määrässä riippuvainen latvuksen varjostetuimman osan neulasten ja yleensä vanhojen neulasten toiminnasta, koska männyn latvus on enemmän keskittynyt puun yläosaan ja sen neulaset varisevat nuorempina.

Stålfeltin (1935, s. 171) tutkimissa harvennushakkauksella vapautetuissa kuusissa olivat ne uudet neulaset, jotka syntyivät hakkausta lähinnä seuraavana kasvukautena, jo verrattain hyvin mukautuneita muuttuneisiin olosuhteisiin, ja sitä seuraavina kasvukausina syntyi vain täysin olosuhteiden vaatimusten mukaisia neulasia.

Käsillä olevassa tutkimuksessa tehdyt, vapautettujen männyn taimien neulasiin kohdistuneet tutkimukset viittaavat siihen, että myös ne syntyvät pian vapauttamisen jälkeen jonkin verran toisenlaisina kuin sitä ennen ja ilmeisesti uusiin oloihin hyvin mukautuneina, vaikka ensimmäinen vapauttamista seuraava reaktio usein näyttää negatiiviselta (vrt. ss. 29—32). Samoin kävi selville, että siinäkin tapauksessa, jolloin männyn taimen vanhat neulaset ovat ilmeisiä varjoneulasia, saattaa siihen (kokeessa, vrt. s. 30) pian syntyä uusia aivan toisenlaisia neulasia, joiden ominaisuudet (ainakin päällysketon paksuus, johtosolukkojen kehittyminen voimakkaaksi, pihkatiehyiden luku ym.) ovat valoneulasille ominaisia (vrt. Grahl 1933, ss. 243—246).

Stålfeltin (1935, s. 171) mukaan kuusen oksienkin rakenne muuttuu harvennuksen vaikutuksesta siten, että haarat vahvistuvat ja silmuja ja haaroja muodostuu suhteellisen runsaasti varsinkin toisena ja osaksi vielä kolmantenakin kasvukautena hakkauksen jälkeen.

Vastaavat mukautumisvaiheet on todettavissa myös vapautettujen alikasvosmäntyjen toipuessa, kun niiden latvus rehevöityy voimakkaasti ennen pituuskasvun elpymistä (vrt. edellä esim. ss. 32—35 sekä kuva 11). Aivan alussa usein ilmenevä pituuskasvun heikkeneminen ja neulastiheyden lisääntyminen (vrt. s. 33) on ohimenevää ja se muistuttaa suuresti sellaista männyn taimien pituuskasvun heikkenemistä, jota sattuu kasvainten muodostumisaikana vallinneen poudan vaikutuksesta (vrt. H e s s e l m a n 1904, s. 88); se lieneekin ainakin osaksi seuraus haihduntaolojen äkillisestä huononemisesta.

Mukautuminen ilmenee myös vapautettujen männyn taimien juuriston hyvin voimakkaana kasvuna, sen oltua aikaisemmin alikasvosasemassa erityisen heikkoa (vrt. taul. 1). Vapaassa asemassa ei taimille näet enää ole eduksi keskittää kasvuaan erityisesti pituden lisäämiseen, vaan sen sijaan verrattain suuressa määrin mm. juuriston voimistamiseen. Tämä on nimenomaan tarpeellistakin, koska haihdunta taimista ja niiden veden käyttö on vapauttamisen johdosta suurentunut (vrt. s. 92).

Puun rungon mukautumisesta ja kasvusta olosuhteiden muututtua on usein tehty havaintoja. Suurissa puissa alkaa paksuuskasvun lisääntyminen joskus heti harvennus- tai siemenpuuhakkausta seuraavana kasvukautena, joskus vasta muutaman vuoden kuluttua ja sen seurauksena olevat, mukautumisena pidettävät rungon muodon muutokset päättyvät vasta monien, usein kymmenien vuosien kuluttua (M e t s ä p e l t o 1932, s. 156, P e t r i n i 1937, N ä s l u n d 1942, S a r v a s 1944, s. 73, ym.). Samoin on kituneiden puiden toipuminen ojitetuilla soilla hitaasti alkava, monia vuosia kestävä ilmeinen mukautumistapahtuma, jossa mm. rungon muoto olennaisesti muuttuu (vrt. M u l t a m ä k i 1923, L u k k a l a 1937).

Vastaavanlaisia ilmiöitä todettiin alikasvosmännyn rungon kehityksessä vapauttamisen jälkeen. Siinäkin kasvu alkoi joskus heti, joskus taas vasta muutaman vuoden kuluttua vapauttamisen jälkeen ja rungon muodossa tapahtui useita vuosia kestäviä suuria muutoksia.

Se, että selvää toipumista puussa ei usein ole todettavissa heti olosuhteiden muututtua, on nähtävästi seuraus toisaalta uudelleen mukautumiseen liittyvistä edellä kuvatuista alkuvaikeuksista ja toisaalta siitä surkastuneesta tilasta, jossa puun latvus ja juuristo yleensä ovat ennen

k.o. olosuhteiden muutosta. Nimenomaan ovat alikasvosasemaan mukautuneiden mäntyjen latvus ja juuristo puiden ikään ja pituuteenkin nähden heikosti kehittyneitä (vrt. s. 24, taul. 1 ja kuva 6).

Voidakseen kannattaa rehevöityvää latvusta ja tarjotakseen nesteiden kulkutienä paremmat toimintamahdollisuudet laajenevalle juuristolle on kuitenkin myös rungon mukauduttava siten, että se vahvistuu ja että sen muoto ja rakenne muuttuvat. Tämä edellyttää runsasta kasvua ja kestää sen vuoksi useita vuosia. Alikasvosmännyn toipuessa tapahtuvat rungon rakennemuutokset ovat sangen huomattavia, kuten mm. lustojen mikroskopointi (vrt. kuva 13) ja runkoanalyysit osoittivat (vrt. kuvat 14 ja 16). Täten on myös ymmärrettävissä, että alikasvoksina vapautettujen mäntyjen kasvunopeus täydelleen vastaa vapaasti kasvaneen saman kokoisien männyn kasvunopeutta vasta monen vuoden pituisen toipumiskauden (vrt. kuvat 20—21) jälkeen.

Runsasta kasvua edellyttävänä ja kasvuolosuhteista riippuvana mukautumisilmiönä alikasvosmännyn toipuminen ja toipumisnopeus ovat riippuvaisia metsätyypistä ja metsikön tiheydestä, kuten myös edellä selostetut tutkimustulokset osoittivat. Vastaavasti on todettu, että puiden sädekasvun reaktio väljennys hakkauksen jälkeen samoin kuin puiden reaktiot ojitetuilla soilla ovat riippuvaisia boniteetista (esim. N ä s l u n d 1942 ja L u k k a l a 1937). Nämä reaktiot osoittautuivat myös suhteellisesti voimakkaammiksi pienissä puissa. Tämä selittää ja tukee sitä käsillä olevan tutkimuksen tulosta, jonka mukaan pahoin kituvat alikasvosmännyn todennäköisesti pystyvät toipumaan sitä nopeammin mitä pienempiä ne ovat (vrt. s. 63). Pienille taimille ja puille on suhteellisesti voimakas kasvu (suuri kasvuprosentti) yleensäkin ominaista. Siten ne myös voivat toipua nopeasti, etenkin kun niissä jää vanha, alikasvosaseman aikana syntynyt osa puusta verrattain nopeasti vapauttamisen jälkeen merkityksettömän vähäiseksi ja pian lakkaa vaikuttamasta puun elintoimintoihin sellaisena puun osana, joka vapauttamisen jälkeen on »väärin» mukautunut.

Runsasta kasvua edellyttävänä mukautumisilmiönä alikasvosmäntyjen toipuminen on välittömästi riippuvainen myös niiden vedenotto- ja assimilaatiokyvystä ja siten erityisesti juuriston ja latvusten suuruudesta ja taimien kitumisasteesta (vrt. s. 34). Sellaisten mäntyjen toipuessa, jotka eivät olleet alikasvosasemassa kituneet kovin pahoin tai olivat parantaneet kasvuaan jo väljennys hakkauksen vaikutuksesta, oli toipumisvaihe lyhyt (vrt. s. 61) ja uudelleen mukautuminen ilmeisen nopeata.

Myös muiden puulajien taimien on todettu voivan mukautua vapautettaessa suuresti muuttuneisiin olosuhteisiin (vrt. esim. Trübsetter 1885, Martšenko 1898, Plice ja Hedden 1931, Kalela 1934, Heikinheimo 1939, s. 130, Downs 1943, Sarvas 1944, s. 180, Lukkala 1946, s. 177, Westveld 1949, ss. 9, 176, 310 ja 529, Voropano 1950). Eri puulajien toipumisilmiöt ovatkin monessa suhteessa samankaltaisia. Pyökki, hemlock, jalokuusi ja kuusi uudistuvat sangen usein esikasvoksista, ja niiden toipumiskykyä pidetään erityisen hyvänä. Kun hyvillä kasvupaikoilla mukautumiskasvu ei vaadi kovin pitkää aikaa, onkin selvää, että nämä puulajit, jotka yleensä kasvavat viljavilla mailla, myös yleensä toipuvat nopeasti. Samoin vaikuttaa lisäksi se, että ne n.s. varjopuina usein eivät alikasvosasemassa surkastu erityisen pahoin. Meikäläisen kuusen ja n.s. valopuuna pidettävän männyn mukautumisesta johtuva rakenteellinen ero alikasvosasemassa oli usein havaittavissa vierekkäin kasvavia taimia vertaamalla. Niinpä todettiin, että eräässä VT:n metsikössä oli uusien versojen pituussumma muutamissa tällaisissa männyissä keskim. 6 cm, mutta kuusissa 55 cm, vaikka kummankin puulajin ikä oli noin 20 v. ja männyt olivat pitempiä. Yli 1 mm:n vahvuisia juuria oli männyissä keskim. vain 5:n, mutta kuusissa 44 cm:n pituudelta. Tällainen männyn ja kuusen ero ilmenee myös kuvassa 8.

Vähäisissä havainnoissa eräiden vierekkäin kasvavien eri puulajien toipumisesta (vrt. s. 90) ei ilmennyt suuria eroja kuusen ja männyn toipumisen välillä puolukkatyypillä eikä rauduskoivun ja männyn toipumisen välillä variksenmarja-puolukkatyypillä. Karuilla kasvupaikoilla, jotka kyllä tarjoavat vaatimattomalle männylle suhteellisen hyvät kasvu- ja mukautumisolosuhteet, lienee kuusen mukautuminen sen hyvästä alikasvosasemaan sopeutumisesta huolimatta verrattain hidasta vastaten sen tällä metsätyypillä ilmeisesti heikkoa kasvukykyä. Tätä otaksumaa tukee myös se Lukkalan (1937, s. 126) toteamus, jonka mukaan karuilla ojitetuilla soilla mänty toipuu nopeammin kuin muut puulajit.

Vapautetun alikasvosmännyn samoin kuin yleensäkin puiden kyky mukautua muuttuneisiin olosuhteisiin johtuu osaltaan siitä, että puun aktiivisimmin elontoimintoihin osallistuvat osat aina ovat melko nuoria. Joka vuosi syntyy uusia neulasia vanhojen karistessa pois 2—7 vuoden kuluessa. Veden ja ravintoliuosten kuljetukseen osallistuvat pääasiassa vain viimeisten vuosilustojen vesisolut ja viimeksi syntyneet siiviläputket nilassa. Rungon vanhemman sisäosan tärkeimmäksi tehtäväksi jää ravintoaineiden varastoiminen ja lopuksi sydänpuussa vain rungon vahvistaminen. Veden ottokin tapahtuu pääasiassa ohuimmilla vuosittain

uudistuvilla juurenharoilla. Kun pian vapauttamisen jälkeen nämä tärkeimmät puun osat saattavat uudistua muuttuneina ja ilmeisesti yleensä uusiin olosuhteisiin hyvin mukautuneina, kuten toipuvien männyn taimien analysointi osoitti, jää kitumisen merkitys puun myöhemmälle kasvulle sangen vähäiseksi.

Kun alikasvostaimet saattavat pienestä koostaan huolimatta olla melko vanhoja, herää kysymys, eikö korkeikä vaikuta niiden toipumiskykyä heikontavasti — siitä huolimatta, että niiden tärkeimmät solukot alinomaan uusiutuvatkin. Heikkenehän ja kuoleehan normaalistikin kasvanut puu lopulta, vaikka siihen joka vuosi syntyy uusia juurenharoja, vuosilustoja, nilaa ja neulasia.

Puuyksilön heikentyminen vanhana näyttää ainakin tavallisesti tapahtuvan ulkoisista syistä, mm. kuolleista juurista leviävien lahojen vaikutuksesta (vrt. Dengler 1935, s. 239, Neger 1924, s. 84). Myöskin vanhojen puiden pituuskasvun heikkeneminen ja lakkapäisiksi muodostuminen voidaan selittää johtuvan pikemminkin niiden koosta kuin iästä. Ylös puiden latvaan on näet veden kuljetus vaikeata, ja ilmeisestikin määrätyn korkeusrajan yläpuolella eivät puut enää voi ylläpitää solujen laajuuskasvulle tarpeellista nestejännitystä (vrt. Büsgen ja Münch 1927, s. 14). Haihduntaolotkin ovat ylempänä epäsuotuisimmat. Suuren ja vanhan puun oksien elinvoima saattaa silti vielä olla erinomainen, voivatpa esim. yli 400 vuotisen jättiläismännyn siemenet ja taimet olla täysin elinvoimaisia (Sjöström 1929, s. 15). Yleensä puu kuoleekin jonkin tuhon uhrina eikä ainakaan pelkästään sisäisistä syistä. Vanhoissa-kaan männyn alikasvoksissa eivät tällaiset ulkoiset tekijät kuitenkaan voine aiheuttaa samanlaisia negatiivisia vaikutuksia kuin suurissa puissa. Niinpä ei tässä tutkimuksessa ole voitu todeta, että alikasvosten korkeaan ikään olisi liittynyt merkittävää lahoisuutta (vrt. s. 77). Kuivilla mäntykankailla ei myöskään liene ainakaan kahden puusukupolven aikana pelättävissä sen tapaisia epäedullisia ajan mukana voimistuvia muutoksia kasvualustassa, joita mahdollisesti sangen merkittävinäkin tapahtuu soilla ja tuoreempien kankaiden kuusikoissa humuskerroksen kasvaessa.

Kun puita ilmeisesti voidaan hyvin lisätä oksapistokkaista ja oksastamalla, myöskin monia mäntylajeja (Mirov 1943 ja 1944, Larsen 1944, s. 43), viittaa tämä siihen, ettei puussa tapahtuisi sellaista olennaista kasvukykyyn vaikuttavaa muutosta, joka riippuisi nimenomaan iästä. Varmoja tutkimuksia tästä on kuitenkin vasta hyvin lyhyeltä ajalta, joten kysymystä ei vielä voida pitää aivan selvitettyinä. Iän vaikutuksen

arvioimista vaikeuttaa puun osan kehitysasteen vaikutus. Niinpä männyn alaoksista otetut pistokkaat juurtuvat paremmin kuin yläöksistä otetut (Mirov 1944, s. 202, vrt. myös Seeliger 1924, s. 194). Molisch (1929, ss. 142—158) kuitenkin väittää, että puun kasvusolukot iän mukana muuttuvat ja että vanhan puun reaktiokyky on huonontunut, joskaan syytä tähän ei tunneta (vrt. myös Seeliger 1924, s. 195). Tällöin kuitenkin tarkoitetaan — mainituista esimerkeistä päätellen — ennen kaikkea puun kehitysastetta eikä varsinaisesti sen elinvuosien lukua, numeerista ikää, jotka eivät aina muutu rinnakkain. Jos puun taimet kasvavat päällysmetsikön alla, niiden kehitysaste (käsitettynä samassa mielessä kuin esim. puhuttaessa taimiasteesta tai yli-ikäisyydestä) muuttuu elinvuosiin verraten perin hitaasti (vrt. kuva 20). Yleensäkin puut kehittyvät hitaimmin epäedullisissa oloissa, huonoilla kasvupaikoilla (Ilvessalo 1937, s. 128), kaukana päiväntasaajasta sijaitsevilla seuduilla (Ilvessalo 1937, s. 130, Hustich 1940, s. 28) ja vuoristoissa (vrt. Neger 1924, s. 28, Molisch 1929, s. 34). Kehityksen hitaus on ilmeisesti osaltaan syynä myös siihen, että tällaisissa oloissa puut elävät hyvin vanhoiksi.

Voropanovin (1950) mukaan vanhojen kuusien toipumiskyky heikkenee erityisesti vasta sitten, kun ne alkavat kehityksessään saavuttaa kypsyyksasteen. Hän totesi, että tällöin osmoottinen paine kuusen solukoissa kasvoi suuresti, joten sen voidaan tällöin katsoa muuttuneen vanhaksi myös fysiologisessa eikä vain fyysisessä mielessä. Täten on varsin selvästi havaittu puun kehitysasteen ja iän ero.

Kehitysasteenkin mukana näyttää männyn reaktiokyky heikentyvän perin hitaasti. Niinpä on todettu, että (noin 250 vuotisten) jo lakkapäisten, terveiden mäntyjen sädekasvu saattaa voimakkaasti lisääntyä hakkauksen vaikutuksesta (esim. Sjöström 1929, s. 15, Tirén 1937, s. 276).

Näyttää siltä, että tiede ei tunne mitään ilmiötä, minkä vaikutuksesta männyn taimien toipuminen olisi kiinteästi riippuvainen niiden iästä, mutta toisaalta asia on niin puutteellisesti selvitetty, että ei voida kieltääkään tällaisten ilmiöiden mahdollista olemassaoloa.

Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että taimien verrattain korkealla iällä ei ole huomattavaa merkitystä ainakaan sellaisissa männyn alikasvoksissa, jollaiset ovat yleisiä kuivilla kankailla Suomessa. Alikasvosasemassa 30—40, joskus yli 70 v. kituneet männyn taimet kehittyivät vapauttamisen jälkeen tietenkin aivan toisin kuin samankäiset, vapaasti kasvaneet männyt (vrt. esim. kuva 20). Sitä vastoin ne kehittyivät suunnilleen samoin kuin yhtä pitkät

vapaasti kasvaneet männyt, lukuun ottamatta toipumisen alkuvaihetta jolloin kehitys vielä oli hidastunutta. Toipumisvaiheen aikana myös latvus, juuristo ja runko muuttuivat suuresti ja ilmeisesti saman kokoisen, vapaasti kasvaneen puun näitä osia vastaaviksi. Suurimmat tutkitut männyt olivat kasvaneet jo yli 45 v. vapauttamisen jälkeen ja olivat saavuttaneet pienen tukkipuun koon. Kuitenkaan ei niissä voitu havaita mitään merkkejä kasvun herpaantumisesta, vaan niiden kasvu vastasi edelleen saman kokoisen vapaasti kasvaneen nuoremman puun kasvua.

Myöskään ei voitu havaita, että korkealla iällä olisi huomattavaa vaikutusta taimien kasvuun toipumisvaiheessa, jolloin kasvu sitä vastoin oli selvästi riippuvainen taimen surkastuneisuuden (tai toipuneisuuden) asteesta, mm. latvuksen suuruudesta ja ehkä lisäksi myös taimen koosta. Kuitenkin oli iän ja toipumisnopeuden kesken usein olemassa jonkinlainen, todennäköisesti vain kombinoitu negatiivinen korrelaatio. Vanhat taimet olivat näet usein myös suuria ja pahoin kituvia ja sellaisina niiden mukautuminen oli hidasta. Vastaavasti on myös ojitetuilla soilla pantu merkille, että vanhat, mutta samalla suuret ja pahoin kituvat puut toipuivat hitaimmin (Mullamäki 1923, ss. 67 ja 79, Luukkala 1937, ss. 125—126)

Vapautettujen alikasvosmäntyjen mukautumista ja toipumista edistää maan viljavuuden tilapäinen paraneminen hakkaustähteiden ja päällysmetsikön lahoavien juurien lannoitusvaikutuksen seurauksena. Tämä ilmeni sekä juuristotutkimuksissa että risuilla peitetyn alueen taimia tutkittaessa (ss. 56 ja 83). Vastaavanlaisesta puiden jätteiden merkityksestä toisille puille on usein tehty havaintoja nimenomaan kuivilla kankailla (Aaltonen 1919, Laitakari 1927, s. 290 ja 1935, Romell 1934; ym. vrt. Aaltonen 1948).

Toisaalta saattaa toipuminen erilaisten häiritsevien tekijöiden esim. tuhohyönteisten vaikutuksesta hidastua ja vaikeutua. Näitä tekijöitä, jotka tutkituissa tapauksissa eivät ilmeisestikään johtuneet vapauttavaan hakkaukseen kiinteästi liittyvistä seikoista käsitellään jällempänä.

Männyn alikasvokset ja metsän uudistus

Tarkasteltaessa männyn alikasvosten merkitystä metsän uudistamiselle on mm. otettava huomioon, että niiden aikaan saamiseksi ei yleensä ole tehty minkäänlaisia taloudellisia uhrauksia, vaan ne ovat syntyneet »itsestään» (vrt. s. 8). Silloinkin kun metsän uudistus halutaan alulle jo

päällysmetsikön alla, mutta alikasvosta ei ole, tämä on usein verrattain helposti aikaan saatavissa väljennyksen luontoisen hakkauksen avulla (Wretling 1947, s. 30, vrt. myös Vaartaja 1949). Näin näyttää olevan laita varsinkin pohjoisten seutujen jäkälävaltaisilla kankailla, mutta ilmeisesti monin paikoin myös Etelä-Suomessa (vrt. s. 21).

Ei olla tarkoin selvillä niistä syistä, joista tällainen hyvä taimettumis-herkkyys johtuu, mutta ilmeisesti hyvin tärkeä tekijä on kulon pintakasvillisuutta ja kangashumusta heikentävä vaikutus (vrt. ss. 8 ja 16 sekä Lehto 1951). On mahdollista, että kulontorjunnan yhä tehostuttua männyn alikasvosten syntyminen tästä syystä alkaa vähitellen vaikeutua. Toisaalta saattaa tulevaisuuden metsänhoidossa esiintyä myös tekijöitä, jotka voivat edistää alikasvosten syntymistä. Tällaisena lienee pidettävä mm. kemikaalien käyttöä pintakasvillisuuden heikentämiseksi.

Männyn alikasvosten merkitys on erityisesti riippuvainen niiden toipumiskyvystä ja niistä syntyvien männiköiden laadusta. Lähinnä valtapituuden vertailut osoittivat että kituvat männyn alikasvokset kehittyivät aluksi vapauttamisen jälkeen hitaasti, mutta toipumisvaiheen päätyttyä saavuttivat kasvunopeuden, joka oli metsikön pituudesta, tiheydestä ja kasvupaikan viljavuudesta riippuvainen ja ainakin likimain sama kuin vastaavan saman pituisen vapaasti kasvaneen männikön kasvunopeus (vrt. ss. 48—60).

Näissä vertailevissa tutkimuksissa ei vapaasti kasvanut männikkö, joka alkoi kehityksensä samana vuonna kuin esikasvos vapautettiin, kyennyt kehityksessään ohittamaan pahastikin kituvana esikasvoksena vapautettua toipunutta männikköä.

Kun toipuneiden männiköiden kasvussa todettu vaihtelu (vrt. s. 48) oli pientä eikä perusteellisesta etsinnästä huolimatta löydetty sellaisia vapautettuja männyn taimistoja, joissa toipumista ei olisi tapahtunut (vrt. s. 42) (toipumiseen oleellisesti liittyvää yleensä muutamia vuosia kestävää juromiskautta lukuunottamatta), on katsottava että männyn alikasvoksilla on tutkimusalueella yleensäkin kuvatuunlainen toipumiskyky. Tätä päätelmää tukevat tulokset laajoista Pohjois-Ruotsissa tehdyistä kokeiluista (Wretling 1947). Niissä ei myöskään ole havaittu sellaisia alikasvoksia, jotka olisivat olleet vailla toipumiskykyä tai joilla se olisi erityisen heikko. Edellisessä luvussa tarkastellun puiden yleensä hyvän mukautumiskyvyn huomioon ottaen on männyn alikasvosten toipumiskyky myös hyvin ymmärrettävissä.

Toistaiseksi tehtyjen tutkimusten perusteella ei voida sanoa, toipuvatko myös erittäin vanhat, yli 80 v:n ikäiset männyn alikasvokset. Vaikka

niiden toipumiskyky olisikin huonompi kuin nuorempien alikasvosten, ei tällä seikalla olisi metsänhoidossa huomattavaa merkitystä, koska ne ovat hyvin harvinaisia, mikäli niitä ensinkään esiintyy yhtenäisinä kasvustoina (vrt. s. 64). Toistaiseksi ei myöskään tiedetä, onko mahdollisesti olemassa joitain erityisiä mäntyekotyyppejä, joiden toipumiskyky olisi huono. Ilmeisesti sellaiset eivät kuitenkaan ole yleisiä ainakaan nykyisin Suomen metsissä esiintyvissä alikasvoksissa.

Alikasvoksena vapautetun männikön puiden laatu muuttuu sen toipuessa usein muuten hyväksi (vrt. s. 75), mutta juromisvaiheessa runkoon muodostuu yleensä oksarykelmä (vrt. kuva 12). Sitä paitsi puun tyviosaan ytimen ympärille jää muuta puuta tiheämpilustoinen, ohut kartio (vrt. kuvat 14, 16, 25 ja 30). Hakkuuvaurioiden jäljeltä saattaa toipuneisiin mäntyihin lisäksi jäädä erilaisia muitakin vikoja (vrt. kuva 31). Pienikokoisten alikasvostaimien toipuessa ja kasvaessa isoiksi puiksi vikainen osa kuitenkin usein jää kantoon. Suurina vapautetuissa toipuneissa männynissä nämä viat ovat hyvin tavallisia, mutta saattavat joskus niissäkin jäädä merkitykseltään mitättömiksi (vrt. kuva 15). Vikojen merkitys on yleensä suuresti riippuvainen alikasvosten tiheydestä ja aukkoisuudesta. Tiheiden esikasvosten toipuessa vioittuneet puut yleensä pian jäävät valittuun asemaan tai kuolevat. Vikojen merkitystä voidaan pienentää poistamalla aikaisissa harvennuksissa vikaisimpia puita sekä karsimalla parhaita runkoja (vrt. s. 79).

Kun männyn alikasvosten aikaansaminen ei usein vaadi erityisiä taloudellisia uhrauksia ja ne Suomessa kuivilla kankailla yleensä voivat vapauttamisen jälkeen toipua hyvin ja riittävän nopeasti sekä saattavat kehittyä usein laadullisestikin aivan tai jokseenkin hyväksi metsiköiksi, niin metsä ilmeisesti voidaan usein edullisesti uudistaa männyn esikasvoksesta. On kuitenkin syytä huomauttaa, että paitsi näin uudistetun metsikön laatua myös sen kuutiotuotto on riippuvainen siitä, onko esikasvos tiheydeltään sopiva. Aukkoisesta tai harvasta esikasvoksesta kehittyneen metsikön kuutiomäärä näet ei voi olla suuri, ja vaikka harva metsikkö toisaalta kehittyy nopeammin kuin tiheä (vrt. taul. 6), ei tästä koitua etu ainakaan kovin aukkoisissa metsiköissä voi korvata haittoja.

Toisaalta todettiin, että vapautetut männyn esikasvokset saattavat joskus olla liiankin tiheitä ja samalla niin tasaisia, että kerrostuminen, harveneminen ja niistä riippuvana metsikön kehitysnopeus on hidasta, ellei ajoissa suoriteta voimakkaita harvennuksia.

Aukkoisuuden ja ehkä myös ylitiehyden haitat eivät ole millään lailla ominaisia nimenomaan alikasvostaimistoille. Tutkimustyössä tavatut männyn alikasvokset ja niistä syntyneet metsiköt olivatkin tiheydensä suhteen hyvin erilaisia. Kun täysin aukottomia ja tasaisia esikasvoksia oli erityisen vaikea löytää, johtui tämä siitä, että esikasvoksiin ei yleensä ole kiinnitetty mitään huomiota ja niiden vapauttaminen on yleensä tapahtunut kovin myöhäisessä vaiheessa; usein oli syynä myös se, että vapauttaminen oli ollut vain osittainen joko varovaisuussyistä (kylläkin tarpeettomista) tai, etenkin varhain vapautetuissa metsiköissä, menekkivaikeuksien vuoksi. Sitä paitsi vapaastikin kasvaneet hyvin tasaiset ja tiheet metsiköt ovat sangen harvinaisia (Ilvessalo 1920 a, s. 40 ja 1937, s. 16, Lönnroth 1925, s. 75, Viro 1947, s. 21.).

Männyn esikasvosten arvo metsän uudistuksessa riippuu myös niiden alttiudesta tuhoille. Todettiin, että monet esikasvosmäntyjen sairaudet ja vauriot olivat joskus jonkin verran hidastuttaneet toipumista tai aiheuttaneet siihen aukkoja. Eräät haitallisista vaurioiden aiheuttajista näyttävät olevan luonteenomaisia vapautetuille taimistoille (vrt. esim. taull. 7 ja 8). Tällaisia olivat erityisesti hakkuutyöt (sanan laajassa merkityksessä). Myös tukkimiehen täi, männynniluri, otsapötkykärsäkäs, lumikariste ja männyn syöpä olivat hyvin yleisiä vapautetuissa taimistoissa, joskaan niiden esiintyminen ei ole nimenomaan tällaisiin taimistoihin rajoittunut (vrt. Kangas 1937).

Hakkuuvaurioilla oli joskus erittäin haitallinen vaikutus kookkaaseen taimistoon etenkin jos hakkuu suoritettiin lumettomaan aikaan. Yleensä voitaneen kuitenkin hakkuutöiden järjestelyllä tai suorittamalla ne erityisesti varoen suuresti vähentää verrattain kookkaankin taimiston vakavaa vaurioitumista. Matalan ja tiheän alikasvostaimiston erityinen varominen sitä vastoin ei ole tarpeellista, jos lunta on riittävästi. Ylitieheissä taimistoissa vähäiset, muttei kuitenkaan suuria aukkoja aiheuttavat hakkuuvauriot ovat vain eduksi etenkin jos myöhemmin voidaan poistaa vikaantuneet taimet. Hakkuuvauriot näet otaksuttavasti lisäävät tällaisen metsikön liian heikkoa kerrostumista (vrt. s. 58).

Tukkimiehen täi ja männynniluri sikiävät kannoissa ja juurissa (vrt. esim. Trägårdh 1929 ja 1939, Saalas 1949), mistä johtuu niiden yleisyys äsken vapautetuissa männyn taimistoissa (vrt. taul. 7). On myös todettu, että kantojen ja puutavaran pihkan tuoksu houkuttelee näitä hyönteisiä. Otsapötkykärsäkkään elintavoista on kirjallisuudessa olemassa ristiriitaisia tietoja (Escherich 1923, s. 414), mutta käsillä olevassa

tutkimuksessa havaittiin sen siinnee kuoren alla kasoihin keräytyissä männyn oksissa ja esiintyvän usein hyvin runsaana toistuneiden hakkausten jälkeen.

Sikäli kuin käsillä olevan tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, varsinaisia hyönteisiä tuhoja ei kuitenkaan yleensä ole syytä erityisesti pelätä vapautetuissa männyn esikasvoksissa. Jos kuitenkin tuhoja satuisi, voidaan vapautetuissa taimistoissa samoin kuin muissakin taimistoissa turvautua kemiallisiin torjuntakeinoihin, jotka jo on kehitetty verrattain halvoiksi ja tehokkaiksi (Trägårdh 1939, s. 107, Saalas 1949). Niihin turvautuminen saattaa olla paikallaan esim. puutavara-varastojen lähettyvillä, missä taimistot usein näyttävät olevan erityisesti tuhojen uhkaamia.

Lumikaristeen havaittiin joskus hidastuttaneen toipumista sekä aiheuttaneen eräisiin toipuviin taimistoihin aukkoja. Sen tuhot olivat yleensä vakavia vain pienillä hakkausaloilla, harvassa kasvavien ylispuiden alla tai näiden alta vapautetuissa toisista jälkeen jääneissä taimissa. Vastaavaltaisia havaintoja lumikaristeen tuhoista on tehnyt myös Wretling (1931, 1934, 1947; vrt. myös Vaartaja 1949). Hänen on onnistunut välttää lumikaristetuhot lähinnä siten, että hakkausalat on tehty suuriksi ja tuulelle avoimiksi sekä siten, että harvennuksilla on pyritty pitämään vapautetut taimistot tasaisina. Wretlingin (1947, s. 32) mukaan saattaa lumikariste olla hyödyksikin harventaessaan ylitieheitä tasaisia taimistoja. Myös Björkman (1948), joka on perusteellisesti tutkinut lumikaristesien biologiaa, suosittelee suuria aukeita hakkausaloja. Sjöstrom on havainnut että syksyllä ja alkutalvella suoritettu hakkaus saattaa suuresti edistää lumikaristeen leviämistä (vrt. Björkman 1948, s. 99). Lumikaristeen leviämisen välttämiseksi ei ole syytä suorittaa taimiston vapauttamista, eikä myöskään taimiston harvennuksia tähän vuoden aikaan, jos lumikaristevaara on pelättävissä (Björkman 1948, s. 94).

Käsillä olevassa tutkimuksessa havaittiin myös männyn syövän aiheuttaneen aukkoja eräissä laihojen maiden toipuissa taimistoissa Pohjois-Suomessa. Myös tämä tauti esiintyi vakavana yleensä vain aukoissa, ylispuiden alla tai näiden alta vapautetuissa taimiston osissa. Senkään esiintyminen ei näytä olevan alikasvostaimistoihin rajoittunut; eräessä vapaasti kasvaneessa EMT:n männikössä havaittiin syöpäisiä puita olevan peräti 36 %, mutta tapaukset eivät olleet pahanlaatuisia.

Sekä lumikaristeen ja männyn syövän että hakkuujätteissä sikiävien hyönteisten vaurioiden välttämiseksi näyttävät laajat avohakkaukset

olevan sopivampia alikasvosten vapauttamistapoja kuin pienillä aloilla usein toistuvat hakkaukset. Tätä kysymystä ei kuitenkaan voitane Etelä-Suomen osalta pitää täysin selvitettyinä, koska ainakin eteläisemmissä maissa (vrt. Saalas 1949, s. 110) ja eräillä kuivilla kankailla Etelä-Suomessakin (Kangas 1937, s. 223) hyönteisten aiheuttamia vakavia tuhoja on esiintynyt erityisesti juuri laajoissa ja yhtenäisissä metsiköissä, joissa eliöyhteisön labiilisuus on suuri.

Edellä mainittujen lisäksi on olemassa lukuisa joukko sellaisia männyn taimissa esiintyviä tuhon aiheuttajia, jotka olematta ainakaan alikasvostaimistoissa erityisen yleisiä voinevat silti joskus haitata niiden toipumista (vrt. Kangas 1937 ja 1940). Otaksuttavasti niistä vain osa sattui tämän tutkimuksen kohteeksi.

Eräillä karuimmilla tutkituilla kankailla havaittiin, että toipuminen oli ennen taimiston sulkeutumista hidasta ja pienimmät taimet kärsivät monenlaisista hyönteistuhosta. Erään tällaisen toipuvan taimiston vierelle raivatulle aukealle alalle (kuva 2) oli useita kertoja yritetty kylvää mäntyä, mutta aina epäonnistuen. Otaksuttavasti tällöin on ollut kysymyksessä saman tapainen aukean aseman aiheuttama degeneraatio, mistä mm. Hesselman (1917 a ja b), Wretlind (1934), Laitakari (1938), Romell ja Malmström (1945) sekä Tamm (1948) (vrt. myös Altonen 1948, ss. 383—393) mainitsevat. On otaksuttu, että tällaisen degeneraation syynä olisi lähinnä karikesadon lakkaaminen. Degeneraatiota on kuitenkin havaittu myös harsinta- ja siemenpuualoilla, joilla karikesato ei ole ainakaan kokonaan lakannut (Björkman 1945, ss. 535 ja 542, Wretlind 1947, s. 28). Vaartajan (1950) eräillä aukeilla kankailla tekemien tutkimusten mukaan karun, vain heikon kasvipeitteen suojaaman kankaan mikroilmasto ilmeisesti on sangen äärevä (ekstreemi), minkä myös voidaan otaksua aiheuttavan degeneroitumista. Johtuipa tämän kaltainen degeneraatio karikkeiden lannoitusvaikutuksen puutteesta tai mikroilmastollisista syistä, joka tapauksessa näyttää siltä, että uudistuminen esikasvoksesta on omiaan pienentämään degeneraation haitallisuutta, koska esikasvos hitaastikin toipuessaan ja sulkeutuessaan sekä lisää karikesatoa että vähentää mikroilmaston ankaruutta.

Kituva esikasvos on verrattain kestävä monia muita mikroilmastosta suoranaisemmin johtuvia haitallisia vaikutuksia vastaan, kun taas kylvökset, jotka aluksi sijaitsevat mikroilmastoon nähden epäedullisesti, kokonaan lähellä maanpintaa (vrt. Vaartaja 1950), ja jotka ovat monin tavoin arempiakin, saattavat kärsiä niistä pahoin. Tällaisina vaikutuksina mainittakoon esim. routiminen ja pintamaan sekä pikku tai-

mien voimakas kuumeneminen poutapäivinä sekä siihen liittyvä maan pinnan välittömässä läheisyydessä tapahtuva voimakas kuivuminen, mahdollisesti myös yöpakkaset (vrt. esim. Kangas 1940 ja Vaartaja 1950).

Jos alikasvostaimistot ovat ylitieheitä, harvoja tai aukkoisia, voi olla aihetta suorittaa taimiston harventamista tai täydentämistä. Niissä erinomaisen tasaisiksi saaduissa vapautetuissa taimistoissa, joita Wretlindin kokeilujen jäljeltä on runsaasti Malån hoitoalueessa Ruotsissa (vrt. Vaartaja 1949), on yleensä suoritettu taimiston taseus tai harvennus ainakin heti vapauttamisen jälkeen ja siten uudelleen kaksi kertaa 10—20 v:n kuluessa. Työmenekki on ollut kolmessa tällaisessa toimenpiteessä yhteensä noin 1—2.5 miestyöpäivää/ha (Wretlind 1947).

Jos aukkoisen taimiston täydennysviljelyyn ryhdytään vasta jonkin vuoden kuluttua hakkauksesta, onnistuu sopivan raivauksen kanssa yhdessä suoritettu istutus paremmin kuin kylvö (vrt. esim. taull. 9 ja 10 sekä kuva 37). Varsinkin näyttää olevan turhaa kylvää vajaan 1—2 m:n päähän esikasvostaimista, vaikka esikasvos olisi kylvettäessä ollut kituvaakin.

Täydennystyössä on syytä ottaa huomioon, minkälainen esikasvoksen kitumis- tai toipumisaste on täydennettävän alueen eri kohdilla. Tällöin ei ole pantava kovin suurta painoa taimien pituudelle, jos ne ovat hyvin pahoin kituvia (vrt. ss. 63 ja 95). Tämän tutkimuksen valossa näyttää latvuksen koko tarjoavan sopivimman mittapuun arvosteltaessa esikasvostaimien toipumismahdollisuuksia ja kilpailukykyä (vrt. s. 34). Kylvöruudun tai istutettavan taimen paikaksi on erityisesti juuri täydennysviljelyksissä syytä valita sellaisia kohtia, joissa on hakkuujätteitä tai lahoavia kantoja ja juuria, koska osoittautui, että sellaisissa kohdissa taimien juurille ulottuva lannoitusvaikutus ilmeisesti lievittää juurikilpailun haitallisuutta (vrt. s. 83). Tällaisten kohtien merkitys on havaittu useissa muissakin tutkimuksissa (Laitakari 1927 ja 1935, Altonen 1950).

Kun itäminen ja pienien kylvötaimien kehitys ilmeisesti ovat suuresti riippuvaisia sääsuhteista (vrt. esim. Kangas 1940, Sarvas 1944, Vaartaja 1950), ja kun alikasvoksen täydentäminen muutenkin onnistuu eri tapauksissa sangen eri tavoin, olisi syytä riittävän laajoilla kokeilla selvittää tarkemmin, minkälaiset täydennystavat erilaisissa vapautetuissa taimistoissa ovat sopivimmat. On näet ajateltavissa, että

kylvökin saattaa onnistua, jos se suoritetaan pahoin kituvaan taimistoon vain aukko kohtien keskelle ja tarpeeksi ajoissa, sekä jos joudutetaan parhaiden kylvötaimien kehitystä toisaalta aikaisella harvennuksella ja toisaalta ajoissa raivaamalla pois sellaiset vanhat taimet, joilla jo on suuri latvus. Kilpailevien esikasvostaimien aiheuttamaa haittaa voitaisiin ehkä myös vähentää katkomalla lapiolla niiden pintajuuria.

Jos täydennysviljely ei ole mahdollista, mutta halutaan tasainen taimisto, on aukkojen alikasvostaimisto raivattava kokonaan pois, parhaiten jo ennen hakkausta. Pieniä aukkoja ei kuitenkaan ole syytä suuresti pelätä, etenkin karuilla mailla ja ekstensiivisissä oloissa, koska aluksi melko silmiinpistävätkin aukot metsikön varttuessa saattavat muuttua melkein merkityksettömiksi.

Jos uudistettavalle siemenpuu- tai avohakkausalalle on jäänyt yksinäisiä männyn taimia tai sellaisia männyn taimia, joilla on huomattavasti suurempi latvus kuin toisilla taimilla, on yleensä syytä huolellisesti raivata ne pois, koska osoittautui, että ne toipuessaan haittaavat ympärillä olevien muiden taimien kasvua. Sitä paitsi niistä kehittyy erittäin huonomuotoisia ja oksikkaita ns. susipuita.

Toisaalta yksinäisiä nopeasti toipuvia ja rehevöityviä mäntyjä on laajaperäisissä oloissa menestyksellä jätetty kasvamaan siemenpuiksi (Wretling 1947). Taimiston tasauksissa olisi myös syytä kokeilla susiutuvien taimien latvuksen leikkaamista tai juurien katkaisemista etenkin silloin kun tavallista menettelyä noudattaen taimistoon syntyisi aukkoja pois raivattavien taimien paikalle.

On ajateltavissa myös, että esikasvostaimet tarjoavat suojaa muille taimille, mutta lienee tästä johtuva hyöty hyvin pieni ainakin ennen toipumisen alkamista, jolloin kituvien taimien latvukset ovat vain pieniä tupsuja. Myöhemmin toipuessaan tällaiset entiset kitutaimetkin laajentavat juuristoaan hyvin voimakkaasti (vrt. taul. 1), joten on ymmärrettävissä se haitallinen juurikilpailun välityksellä tapahtuva vaikutus, mikä niillä havaittiin usein olevan verrattain kaukanakin kasvaviin nuorempiin taimiin (vrt. ss. 89—90).

Wretling (1934, ss. 269 ja 290) ja Andersson (1945) ovat kuivilla kankailla Pohjois-Ruotsissa tehneet eri kokoisten toipuvien männyn taimien välisestä juurikilpailusta havaintoja, jotka käyvät yksiin edellä esitetyn kanssa (vrt. myös Holmgren 1939, s. 68).

Jälkikatsaus

1. Männyn alikasvostaimia todettiin esiintyvän runsaasti eri puolilla Suomea etenkin kuivilla kankailla. Tällöin ne tavallisesti kasvoivat tyyppillisellä tavalla kituen ja surkastuneina, mutta pysyen elossa usein monia vuosikymmeniä, joskus noin 60:kin vuotta. Sen sijaan tavattiin 60—80 v:n ikäisiä taimia harvoin ja yleensä vain nuorempien joukosta.

2. Analysoimalla aikaisemmin alikasvosasemassa kituneita vapautettuja männiköitä Etelä-Suomessa ja Perä-Pohjolassa todettiin, että sangen kauan (25—60 v.) ja pahoin kituneet taimistot olivat hakkauksen jälkeen toipuneet.

3. Vertaamalla näiden analysoitujen metsiköiden, eräiden viljelymetsiköiden ja luonnon normaalien männiköiden (Ilvessalon mukaan) kasvua — ensi sijassa valtapuiden pituuskasvua — todettiin seuraavaa:

Taimistot kasvoivat vapauttamisen jälkeen aluksi hitaasti, mutta vähitellen toivuttuaan suunnilleen samoin kuin samankokoiset vastaavat luonnon normaalit metsiköt. Ylitiheiden taimistojen toivuttuaan saavuttama pituuskasvunopeus oli kuitenkin pienempi ja harvojen taas suurempi kuin vastaavan kokoisen normaalin metsikön pituuskasvunopeus.

Toipuminen tapahtui sitä nopeammin mitä pienempiä, nuorempia ja vähemmän kituvia taimet olivat vapautettaessa ja mitä parempi oli kasvupaikka.

Vapaasti kasvanut, vapauttamishetkellä syntynyt metsikkö ei kehityksessään ohittanut kituneenakaan vapautettua muuten vastaavanlaista metsikköä.

4. Toipuvissa männyn taimistoissa tehdyt tutkimukset osoittivat, että välittömästi vapauttamisen jälkeen taimissa esiintyi usein negatiivisia reaktioita ja toipuminen alkoi tällöin vasta muutaman vuoden kuluttua vapauttamisesta. Toipumisvaiheen alussa ennen pituuskasvun kiihtymistä taimien oksisto usein kehittyi voimakkaasti haarautuneeksi. Samalla rungon muoto muuttui erikoislaatuisella tavalla kunnes metsikön sulkeutuessa se taas muuttui normaaliseksi.

Tutkittaessa erilaisten sairauksien ja vaurioiden vaikutusta vapauttamista seuraavaan männyn taimien toipumiseen todettiin, että monet niistä voivat joskus hidastuttaa toipumista ja alentaa toipuneen männikön laatua. Tärkein vaurioiden aiheuttajista oli varomaton hakkuun suoritus.

Vapautettujen toipuneiden mäntyjen tyvässä oli usein teknillisesti haitallinen oksarykelmä ja sisäisiä runkovikoja. Niiden merkitys oli huomattava erityisesti taimissa, jotka olivat kasvaneet harvassa ja pahoin kituvina ja jotka oli vapautettu kookkaina.

5. Tutkimustulosten perusteella näyttää ilmeiseltä, että metsä voidaan usein edullisesti uudistaa vapauttamalla alikasvos, mikäli se on riittävän tiheä ja tasainen.

6. Havaittiin, että osittainen vapauttaminen aiheutti, jos päällyspuusto jäi harvaksi, toipuvaan metsikköön usein epätasaisuutta.

7. Todettiin, että toipuvat männyt estivät lähellä kasvavien nuorempien taimien kehitystä. Monet kituneenkin esikasvoksen kylvämällä tehdyt täydennysryitykset olivat onnistuneet huonosti. Toipuvien taimien haitallinen vaikutus nuorempiin taimiin oli otaksuttavasti seuraus todetusta taimien juuriston nopeasta laajenemisesta vapauttamisen jälkeen.

Kirjallisuusluettelo

- Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa I. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im Finnischen Lappland, I. M.K.J. 1.
- 1920. Wasserverbrauch der Bäume und die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens. A.F.F. 14.
- 1926. On the space arrangement of trees and root competition. J.F. 24 (627-643).
- 1934. Die Entwicklung des Waldbestandes und die Wachstumsfaktoren. Selostus: Metsikön kehitys ja kasvutekijät. A.F.F. 40, 21.
- 1941. Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. Referat: Die finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung. M.T.J. 29, 6.
- 1948. Boden und Wald. Unter besonderer Berücksichtigung des nordeuropäischen Waldbaus. Berlin.
- 1950. Maansäteily metsäpuiden kasvutekijänä. Referat: Die Bodenstrahlung als Wachstumsbedingung der Waldbäume. M.T.J. 37, 9.
- Andersson, Ernst. 1945. Om barrträdens rotverksamhet. Svenska skogsårdsföreningens tidskrift (291-315). Stockholm.
- Baker, Frederik S. 1934. Theory and practice of silviculture. New York and London.
- Björkman, Erik. 1945. Studier över ljusets betydelse för föryngringens höjdtillväxt på norrländska tallhedar. Summary: On the influence of light on the height-growth of pine plants on pine heaths in Norrland. M. St. Sk. 34, 10.
- 1948. Studier över snöskyttesvampens (*Phacidium infestans* Karst.) biologi samt metoder för snöskyttets bekämpande. Summary: Studies on the biology of the Phacidium-blight (*Phacidium infestans* Karst.) and its prevention. M. St. Sk. 37, 2.
- Blomqvist, A. G. 1881. Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. I. Talen. Finska forstföreningens meddelanden. Tredje bandet. Helsingfors.
- 1891. Suomen puulajit metsänhoidolliselta kannalta. I. Mänty. Suomentanut T. A. Cannelin. Helsinki.
- Borggreve, Bernard. 1891. Die Holzzucht. Ein Grundriss für Unterricht und Wirtschaft. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Berlin.
- Büsgen, M. 1927. Bau und Leben unserer Waldbäume. Dritte Auflage von E. Münch. Jena.
- Cajander, A. K. 1949. Forest types and their significance. A.F.F. 56.
- Dengler, Alfred. 1928. Die Hauptfragen einer neuzeitlichen Ausgestaltung unserer ostdeutschen Kiefernwirtschaft. Z.F.J. 60 (65-100).
- 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage. Ein Lehr- und Handbuch. Zweite Auflage. Berlin.

- Downs, Albert. 1943. Response of eastern white pine reproduction in the Southern Appalachians to liberation. J.F. 41 (279-283).
- Drautz, R. 1935. Über die Wirkung äusserer und innerer Faktoren bei der Kohlen-säureassimilation. Jahrbücher für die Wissenschaftliche Botanik 82 (171-190). Leipzig.
- Düesberg, R. 1910. Der Wald als Erzieher. Berlin.
- Eneroth, O. 1931. Om skogstyper och föryngringsförhållanden inom Lappmarken I. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift (113-182). Stockholm.
- Escherich, K. 1923. Die Forstinsekten Mitteleuropas. Zweiter Band. Berlin.
- Freeland, R. O. 1944. Apparent photosynthesis in some conifer during winter. Plant Physiology 19 (179-185). Lancaster, Pa.
- Fricke, K. 1904. »Licht- und Schatten-Holzarten«, ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 30 (315-325). Wien.
- Grahle, Annelise. 1933. Vergleichende Untersuchungen über strukturelle und osmotische Eigenschaften der Nadeln verschiedener Pinus-Arten. Jahrbücher für die Wissenschaftliche Botanik 78 (203-316). Leipzig.
- Guman, V. V. (Гуман, В. В.) 1931. Рубки главного и промежуточного пользования. Москва.
- Harder, R. 1933. Über die Assimilation der Kohlensäure bei konstanten Aussenbedingungen II. Das Verhalten von Sonnen- und Schattenpflanzen. Planta 20 (699-733). Berlin.
- Heikinheimo, Olli. 1936. Yksityismetsissä käytettävien hakkausmenetelmien yleisistä perusteista. Metsätaloudellinen aikakauslehti (213-218). Helsinki.
- 1939. Kokemuksia paksusammaltypin metsien käsittelystä. Referat: Erfahrungen betreffend die Behandlung der Wälder vom Dickmoostyp. S.F. 52 (121-139, 292).
- 1944. Metsien luontainen uudistaminen, Helsinki.
- Hesselman, Henrik. 1904. Om tallens höjdtillväxt och skottbildning somrarne 1900—1903. Referat: Über den Höhenzuwachs und die Sprossbildung der Kiefer in den Sommern 1900—1903. M. St. Sk. 1.
- 1917 a. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. II. Referat: Studien über die Verjüngungsbedingungen der norrländischen Kiefernheiden. II. M. St. Sk. 13-14.
- 1917 b. Om våra skogsföryngringsåtgärdens inverkan på salpeterbildningen i marken och dess betydelse för barrskogens föryngring. Summary: On the effect of our regeneration measures on the formation of salpetre in the ground and its importance in the regeneration of coniferous forests. M. St. Sk. 13-14.
- Holmerz, C. G. och Örtensblad, Th. 1886. Om Norrbottens skogar, Résumé: Sur les forêts de la Norrbothnie. Bihang till Domänstyrelsens underdåniga berättelse rörande skogsväsendet år 1885. Stockholm.
- Holmgren, And. 1939. Något om undertryckta tallplantors förmåga att efter friställning utveckla sig. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift (67-72). Stockholm.
- Hustich, I. 1940. Tallstudier Sommaren 1939 i Enare och Utsjoki. Acta Societas pro Fauna et Flora Fennica 62, 6. Helsingfors.
- Ihvellalo, Yrjö. 1920 a. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä, nojautuen etupäissä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. A.F.F. 15.

- 1920 b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. A.F.F. 15.
- 1932. The establishment and measurement of permanent sample plots in Suomi (Finland). Selostus: Pysyvien koalojen perustaminen ja mittaus Suomessa. M.T.J. 17, 2.
- 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in central North-Suomi (Finland). M.T.J. 24, 2.
- 1939. Metsikön kasvun arvioiminen. Referat: Die Abschätzung des Bestandeszuwachses. S.F. 52 (20-37, 288).
- Kairamo (Kihlman), A. O. 1890. Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Ein Beitrag zur Kenntniss der regionalen Gliederung an der polaren Waldgrenze. Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica 6, 3. Helsingfors.
- Kalela (Cajander), Erkki K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. M.T.J. 19, 5.
- 1942. Männyn taimien juurien suhtautumisesta emäpuun juuriin. Referat: Das Verhalten der Wurzeln von Kiefernpflanzen zu den Wurzeln des Mutterbaumes. A.F.F. 50, 17.
- Kallin, K. E. 1926. Föryngringsstudier i Norrlands skogar. Utförda under åren 1922—1924. Stockholm.
- Kangas, Esko. 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Referat: Untersuchungen über die in Kiefernpflanzenbestände auftretenden Schäden und ihre Bedeutung. M.T.J. 24, 1.
- 1940. Tuloksia Pohjankankaan ja Hämeenkankaan metsänviljelyksistä. Referat: Ergebnisse der Waldkulturen auf den Heiden Pohjankangas und Hämeenkangas. A.F.F. 49, 4.
- Keränen, J. 1944. Über die Temperaturschwankungen in Finnland und Nord-europa in den letzten hundert Jahren. Sonderabdr. aus der Sitzungsberichten der Finnischen Akademie der Wissenschaften 1941. Helsinki.
- Laitakari, Erkki. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. Summary: The root system of pine (Pinus silvestris). A morphological investigation. A.F.F. 33, 1.
- 1935. Hakkaustähteet metsänhoidolliselta kannalta. Esitelmäselostus. A.F.F. 42, 1.
- 1938. Eräitä metsän uudistamisessa huomioon otettavia näkökohtia. Referat: Einige Gesichtspunkte betreffend die Verjüngung der Wälder. S.F. 46 (218-223, 243).
- Lakari, O. J. 1915. Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. A.F.F. 5.
- Larsen, C. S. y. 1944. Podning og okulering af skovtraer. Dansk skovforenings tidskrift 29 (1-48). København.

- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise. A.F.F. 14.
- Lehto, Jaakkola. 1951. Männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomessa. Käsi-kirjoitus.
- Lovén, Fr. 1911. De undertryckta barrträdens utväcklingsmöjligheter. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift. Fackafdelning (111-144). Stockholm.
- Lukkala, O. J. 1937. Nälkävuosien suonkuivausten tuloksia. Referat: Ergebnisse der in den Hungerjahren angelegten Moorentwässerungen. M.T.J. 24, 3.
- 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. M. T. J. 34, 3.
- Lönroth, Erik. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. A.F.F. 30.
- Martšenko, A. (Марченко, А.) 1898. Къ вопросу о ходѣ роста еловаго подраста послѣ его освобождения. Извѣстія С.-Петербургскаго Лѣснаго Института 2 (170-213). С.-Петербургъ.
- Melder, K. (Мельдеръ, Х.) 1911. Вліяніе корневой системы на распредѣленіе подраста около сосновыхъ сѣмённыхъ въ сухомъ бору. Resumé: Einfluss des Wurzelsystems auf die Gruppierung der Kulturen um die Samenbäume auf trockenem Sandboden). Извѣстія Лѣснаго Института. 21 (215-246). С.-Петербургъ.
- Metsäpelto, E. E. 1932. Ylispuiden kasvatuksesta ja vaikutuksesta nuoren metsän kasvuun. Metsätaloudellinen aikakauskirja (246-250). Helsinki.
- Mikola, Peitsa. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvu-tutkimuksessa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. M.T.J. 38, 5.
- Mirov, N. T. 1943. Can Branch Cuttings of Conifers Develop Into Straight Trees? J.F. 41 (369).
- 1944. Experiments in Rooting Pines in California. J.F. 42 (199-204).
- Molisch, Hans. 1929. Die Lebensdauer der Pflanze. Jena.
- Montfort, Camill. 1948. Sonnen- und Schattenpflanzen als biochemische und physiologische Reaktionstypen. Natur und Volk 78, 7/9 (86—95). Frankfurt am Main.
- Morosow, G. F. (Морозов, Г. Ф.) 1926. Учение о лесе. Ленинград.
- 1928. Die Lehre vom Walde. Herausgegeben von Konrad Rubner. Aus dem Russischen übersetzt. Neudamm.
- Morris, William. 1945. Ponderosa pine reproduction taking over area from which lodgepole removed. Forest research notes issued by Pacific northwest forest exp. station 33 (14-15). Portland, Oregon.
- Multamäki, S. E. 1923. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. Referat: Untersuchungen über das Waldwachstum entwässerter Torfböden. A.F.F. 27, 1.
- Neger, F. W. 1924. Die Krankheiten unserer Waldbäume und der wichtigsten Gartengehölze. 2. neuarb. Auflage. Stuttgart.
- Näslund, Manfred. 1942. Om den gamla norrländska granskogens reaktions-

- förmåga efter genomhuggning. Referat: Die reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung. M. St. Sk. 33, 1.
- Plice, M. J. and G. W. Hedden. 1931. Selective girdling of hardwoods to release young growth of conifers. J.F. 29 (32-40).
- Oosting, H. J. and P. J. Kramer. 1946. Water and light in relation to pine reproduction. Ecology 27 (47-53). Brooklyn.
- Pfeil, W. 1857. Die Forstwirtschaft nach rein praktischer Ansicht. 5. Aufl. Leipzig.
- Petrini, Sven. 1937. Om kantträdens reaktion vid friställning och överbeständets produktion vid skärmföryngring. Specialundersökningar i Lanforsbeståndet 1935. Referat: Zuwachsreaktion der freigestellten Randbäume und Produktion des Schirmbestandes bei natürlicher Verjüngung. Spezialuntersuchungen im Lanfors Bestand 1935. M. St. Sk. 29, 10.
- Renvall, August. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. A.F.F. 1.
- Romell, Lars-Gunnar. 1934. En biologisk teori för mårbildning och måraktivering. Stockholm.
- och Malmström, Carl. 1945. Henrik Hesselmanns tallhedsförsök åren 1922—42. Summary: The ecology of lichen-pine forests. Experiments (1922—1942) by the late Dr. H. Hesselmann. M. St. Sk. 34, 11.
- Rubner, Konrad. 1920. Baumkronenform und Schattenfestigkeit. Forstwissenschaftliches Centralblatt 42 (249-258). Berlin.
- Saalas, Uno. 1949. Suomen metsähyönteiset sekä muut metsälle vahingolliset ja hyödylliset eläimet. Helsinki.
- Sarvas, Risto. 1937. Kuloalojen luontaisesta metsittymisestä. Pohjois-Suomen kuivilla kankailla suoritettu metsäbiologinen tutkielma. Referat: Über die natürliche Bewaldung der Waldbrandflächen. Eine waldbiologische Untersuchung auf den trockenen Heideböden Nord-Finnlands A.F.F. 46, 1.
- 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. M.T.J. 33, 1.
- 1950. Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien luontaisesta uudistumisesta. Summary: Investigations into the natural regeneration of selectively cut private forests in northern Finland. M.T.J. 38, 1.
- Schotte, Gunnar. 1924. Några norrländska skogsföryngringsproblem II. Resumé: Quelques problèmes relatifs à la régénération dans la Suède septentrionale II. M. St. Sk. 21.
- Seeliger, R. 1924. Topophys und Zyklophys pflanzlicher Organe und ihre Bedeutung für die Pflanzenkultur. Angewandte Botanik 6 (191-200). Berlin.
- Shirley, Hardy L. 1943. Is tolerance the capacity to endure shade? J.F. 41 (339-345).
- 1945. Light as an ecological factor and its measurement II. The Botanical Review 9 (497-532). Bronx, N.Y.
- Sirén, Gustaf. 1950. Alikasvoskuusten biologiaa. Summary: On the biology of undergrown spruce. A.F.F. 58, 2.
- Sjöström, Harald. 1929. Något om tallen samt dess produktion och föryngring å hedarna inom norra Dalarnas sandsten- och porfyrområde. Summary: Some-

- thing about the pine-tree and its production and reproduction in the sandstone and porphyry area of northern Dalecarlia. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift (1-60). Stockholm.
- Stålfelt, M. G. 1921. Till kännedom om förhållandet mellan solbladens och skuggbladens kolhydratsproduktion. Referat: Zur Kenntnis der Kohlenhydratproduktion von Sonnen- und Schattenblättern. M. St. Sk. 18, 5.
- 1924. Tallens och granens kolsyreassimilation och dess ekologiska betingelser. Referat: Untersuchungen zur Ökologie der Kohlensäureassimilation der Nadelbäume. M. St. Sk. 21, 5.
- 1935. Der Einfluss der Durchforstung auf die Funktion der Nadeln und auf die Ausbildung der Baumkrone bei der Fichte. Referat: Gallringens inverkan på barrfunktion och kronbildning hos granen. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift (149-176). Stockholm.
- Svinhufvud, V. E. 1935. Ylispuiden vaikutuksesta päämetsään. Esitelmäselustus. A.F.F. 42, 1.
- Tamm, Carl Olof: 1948. Markbättringsförsök på mager sand. Summary: Soil-improving measures tried on a poor site. M. St. Sk. 36, 6.
- Tamm, Olof. 1937. Om de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen. M. St. Sk. 30, 1.
- Tertti (Hertz), Martti. 1934. Tutkimuksia kasvualustan merkityksestä männyn uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. Referat: Über die Bedeutung der Unterlage für die Verjüngung der Kiefer auf den südfinnischen Heideböden. M.T.J. 20, 2.
- 1937. Metsien luontaisen uudistumisen edistämistä. Referat: Über die Förderung der natürlichen Verjüngung der Wälder. S.F. 39 (87-96, 302-303).
- 1938. Hakkausalain raivaamisesta. Referat: Die Aufräumung der Schläge. S.F. 46 (99-108, 240).
- Tirén, Lars. 1937. Skogshistoriska studier i trakten av Degerfors i Västerbotten. Summary: Forestry historical studies in the Degerfors district of the province of Västerbotten. M. St. Sk. 30, 2.
- Toumey, James W. and Clarence F. Korstian. 1947. Foundations of silviculture upon an ecological basis. New York & London.
- Trübswetter, A. 1885. Bedeutung des Vorwuchses für die Begründung reiner und gemischter Bestände. Tharandter Forstliches Jahrbuch 35 (131-220). Dresden.
- Trägårdh, Ivar. 1929. Undersökningar över den större snytbaggen och dess bekämpande. Referat: Untersuchungen über den grossen Rüsselkäfer und dessen Bekämpfung. M. St. Sk. 25, 2.
- 1939. Sveriges skogsinsekter. Andra omarbetade och utvidgade upplagan. Uppsala.
- Turski, M. K. (Турский, М. К.). 1912. Лесоводство. Москва.
- Uhl, Anton. 1937. Untersuchungen über die Assimilationsverhältnisse und die Ursachen ihrer Unterschiede in der Gattung *Pinus*. Jahrbücher für die Wissenschaftliche Botanik 85 (368-421). Leipzig.
- Vaartaja, O. 1949. Metsänuudistuskokeiluja Pohjois-Ruotsissa. Metsätaloudellinen aikakauslehti (335). Helsinki.
- 1950. On some factors affecting the initial development of pine. Oikos II (89-108). Copenhagen.

- Westveld, R. H. 1949. Applied Silviculture in the United States. Sec. Ed. New York & London.
- Wettstein, Wolfgang. 1947. Skogsgenetiska undersökningar. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift (364-376). Stockholm.
- Wiedemann, Eilhard. 1925. Die praktischen Erfolge des Kieferndauerwaldes. Untersuchungen in Bärenthoren, Frankfurt a.d.O. und Eberswalde, Studien über die früheren Dauerwaldversuche und den Kiedernurwald. Braunschweig.
- 1936. Bärenthoren 1934. Z.F.J. 68 (511-556).
- 1942. Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände. Prag.
- Viro, P. J. 1947. Metsämaan raekokoomus ja viljavuus varsinkin maan kivisyöttä silmällä pitäen. Summary: The mechanical composition and fertility of forests soil taking into consideration especially the stoniness of the soil. M.T.J. 35, 2.
- Voroponov, P. V. (Воропанов, П. В.). 1950. The practice of thinnings and selection fellings in the light of the teaching of Michurin and Lysenko. Lesn. Khoz. 1 (19-26). Orig. Russian; ref. in Forestry Abstracts 12 (21-22). Oxford.
- Wretling, J. E. 1931. Bidrag till belysande av de norrländska tallhedsproblemen. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift (263-314). Stockholm.
- 1934. Bidrag till belysande av förnygringsbetingelserna på övre Norrlands tallhedsmarker. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift (261-342). Stockholm.
- 1936. Om orsakerna till kronotypsväxlingen hos den svenska tallen. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift (243-380). Stockholm.
- 1947. Program för Norrlands skogsvårdsförbunds årsmöte och excursion. Stockholm.
- Örtensblad, Th. 1884. Om återväxten i Norrbottens skogar. Tidskrift för Skogshushållning 12 (162-177). Stockholm.

Lyhennyksiä — Abbreviations

- A. F. F. = Acta forestalia Fennica. Helsinki.
- J. F. = Journal of Forestry. Washington.
- M. T. J. (M. K. J.) = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen (koelaitoksen) julkaisuja. Helsinki.
- M. St. Sk. = Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut (Skogsförsöksanstalt). Stockholm.
- S. F. = Silva Fennica. Helsinki.
- Z. F. J. = Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Berlin.

On the Recovery of Released Pine Advance Growth and its Silvicultural Importance

Summary

Introduction

There are contrary opinions on the ability of Scots Pine (*Pinus silvestris* L.) to withstand oppression¹ by an overwood and to recover after release. The older German authors and later many textbooks in other countries were in general pessimistic about this ability of the pine, with the exception of a few writers, such as Borggreve (1891), Fricke (1904), and Duesberg (1910). According to Wiedeman (1925, 1936, 1942) pine advance growth does appear in Germany but only in some regions. Dengler (1928) supposes that this occurs only in soils with a high percentage of fine soil particles or high ground water levels. Possibly their occurrence also depends on differences in pine races (Rubner 1920).

Turski observed in 1894, along with some later Russian authors (cf. Morosow 1926), that pines have recovered on release after being oppressed for about 20 years.

In the USA it has been found that many pines ecologically comparable to *P. silvestris* such as *P. banksiana* Lamb., *P. contorta* Dougl., *P. resinosa* Solander, *P. ponderosa* Laws., and *P. rigida* Mill. (Baker 1934, Shirley 1943, Morris 1945) appear as advance growth and have power to recover on release.

In Northern Europe abundant understorey advance growth of pine is often reported (Hesselman 1917a, Aaltonen 1919, Lassila 1920, Kallin 1926, Sarvas 1937 etc.). This is, however, only common on dry heaths. It has been found that in Lapland the annual rings of old pines are often very narrow near the pith (Kairamo 1890, Renvall 1912, Lakari 1915). This indicates that the pines had grown slowly at first, probably because of oppression before being released through storm injury to the overwood.

Some important studies on the recovery of pine advance growth in northern Sweden have been made by Kallin (1926), Sjöström (1929), and Wretlind (1931, 1934, 1936). The pines investigated by them had been stunted, but recovered well. Successful regeneration of pine stands from advance growth has been achieved by Wretlind (1947, cf. also Vaartaja 1949).

¹ The term «oppression» is here used according the definition of Toumey and Korstian (1947, p. 306) to mean that degree of suppression from which the trees are able to recover.

Because of the considerable age, numerous injuries and the tenderness of oppressed pine advance growth and its slowness in recovery it is, however, no simple problem to make use of it, nor is it a problem sufficiently investigated yet, at least in Finland. Moreover, the harm done by solitary released trees to younger regeneration is probably a very important matter and one but little studied (Wretlind 1931).

In the present investigation an attempt has been made to throw light on the recovery potential of oppressed pine advance growth and the problems accompanying it in Finland.

Methods and Material

Two kinds of material have been especially studied, namely, fully recovered Scots Pine stands, comparable with the naturally normal stands studied by Ilvesalo (1920a and 1937), and stands recently released. The rate of height growth of healthy dominant trees was sampled in recovered stands of as homogeneous a character as possible and growing on a homogeneous site. The age and the rate of diameter growth were later examined microscopically from thin discs sawn from each sample tree at a height of 1 dm.

The sample trees were chosen at random on a line. Some trees were also separately selected on the basis of the mean tree of the 100 largest trees per hectare.

The number of stems per unit area and the number and frequencies of trees representing four different crown classes were examined, using the line-quadrat-method and quadrats of 1 sq.m. (cf. Sarvas 1944 and 1950, p. 89). The quality and the health of sample trees was studied, classifying them into 1—6 classes. These were defined as: 1. good trees, 2. having smallish crown or minor defects in stem, and so on up to 6., dead trees (cf. Kangas 1940, p. 55).

In some stands with few openings and already rather far developed, measurements were made to obtain the volume and the volume increment of the stand. The volumes of the trees were calculated from sections 1 or 2 m. long. In general the same methods were adopted in volume calculation as are used by the Finnish Forest Research Institute.

The number of quadrats was 18—80 per stand and that of the sample trees 8—25. The area of the sample plots for calculating the volume was 0.02—0.15 ha. and the stem number in them 111—814. Each plot had a surround of at least 10 m. of similar stand.

On p. 19 are shown the numbers of stands studied in different ways. The location of sample stands is illustrated in Figure 1 and their soil and site types on pp. 15 and 16.

The rate of growth after release was compared with that of some artificial stands. It was also compared with that of naturally normal stand studied by Ilvesalo (1920a and 1937).

As it is very important in the comparisons to determine the site quality as accurately as possibly, the ground vegetation of sample stands was studied in detail, using the line-quadrat-method and, in addition, the soil was examined. Humus- and A-horizon thickness was measured in 10 places. Profiles were noted in one or two spots to a depth of 1.5—2.5 m. if it seemed likely that fine soil levels or ground water were near. The stoniness classes were determined by Virro's (1947) method.

Tables on pp. 15 and 16 show the characters of the sites of sample stands that are important for comparison. Finally the site quality was determined in terms of forest

types according to Cajander (1949). The abbreviations of the type names used in the present work are: MT (*Myrtillus* t.), VT (*Vaccinium* t.), CT (*Calluna* t.), EMT (*Empetrum - Myrtillus* t.), and ErCIT (*Ericaceae - Cladina* t.).

As compared with the ground vegetation studied by Ilvessalo (1920 a and 1937), Lönnroth (1925), Aaltonen (1941), Sarvas (1944 and 1950), and Viro (1947), that of the present material is scanty, and in addition, the humus layer and A-horizon are thin. This is due to the fact that the material studied is largely from sand and gravelly soils, that the stands often originated after fires, and that a great deal of the material is representative of VT, and that a poor one, near CT.

To study in detail the phenomena of recovery, numerous observations and measurements were made in both recovering and oppressed stands. Thus complete stem analyses were made (cf. Ilvessalo 1920 a), annual rings of roots were studied microscopically, and the needles, shoots, and roots of healthy recovering seedlings were measured.

In some released stands the positions of individual trees were marked on a sketch map. When supplementary cultures were done, the height of recovered pines and of pines planted or seeded in at different distances from them were measured.

Statistics of injury were collected by observing the different types of injury of 50—200 trees in lines taken at random. If the last annual shoot of these trees was much longer than those before release, the tree was classed as stage ++, if it was only slightly longer, as +, if it was equal in length, as 0, and if shorter as —.

The symbols and formulae used in the statistical analysis are shown on p. 20.

Results

Pine Understorey Advance Growth

The following description of pine advance growth is based upon observations made in numerous oppressed stands on dry heaths in northern Europe and the examination of different samples collected from some typical stands.

The overwood had in some cases only a slight effect on the advance growth, the habit of which was then nearly normal (Fig. 4). In general, however, the advance growth was characteristically and peculiarly stunted (Figs. 3, 5, 6, and 8).

The shoots of the advance growth were short and often bent because of bud injuries, the small vigour, and weak regenerative power of the stunted pines or because of the phototropic effect near openings. The needles were few and short, often only 1—2 cm. long, sometimes but a few mm. (cf. also p. 29). There were often no branches, or only a few, and a common lack of secondary branches (cf. p. 33). The crowns were, therefore, like small tassels. The stems sometimes were very slender (cf. Fig. 7 and Table 3), and in many years annual rings were established only in the top part of the stem. The basal stem of the pine in Figure 7, for example, lacks 16 annual rings. The roots were weak, little branched and often short.

The healthiness of the advance growth varied, largely depending on bud and stem injuries caused by *Hyllobius abietis* L. and *Hylastes ater* Payk. The appearance of these beetles, again, depended upon fellings, because they breed in stumps and roots. Thus, near a felling area 24—38 % of the seedlings were considerably attacked, but far from it only 4 %. It was found that logging work, snow, grazing, and possibly *Lophodermium*

pinastri (Schrad.) Chev. seriously injured advance growth. In some cases height growth had stagnated completely.

Understorey advance growth of pine was found to be common in very many regions in various parts of Finland but mostly on dry heaths and on sand or gravelly soils. On forest types better than VT, undergrowth was found only in small areas or mixed with spruce and other species (Fig. 3). There it was not so badly stunted as on the dry heaths described above but, on the other hand, it could not persist for such long periods.

Pine Stands Released from Oppression

The General Rate of Recovery

The first responses of reproduction on release are shown in Tables on pages 29 and 31-34 and Figure 9. Often there appeared sudden changes, frequently of a negative type, in certain characteristics of the released growth. These changes were unlike those effected in other seedlings by the macroclimate; but the sudden microclimatic change resulting from release cutting was obviously a cause of certain of the responses.

Similar responses were to be seen in an experiment in which some pine seedlings were transferred from the shade of a thick stand of MT to a rich open field. The needles of the seedlings soon withered and the new needles that were produced in the following season remained smaller than those of the previous year. Even in the second season new needles were no longer than those produced before transplanting. The new needles produced in the second year already had changed structure (cf. Fig. 10 and p. 31). The transference also had a clearly negative effect on the height growth of the seedlings for the following years. Finally in the third season the seedlings began to recover properly. In seedlings transferred to the same spot from an open clear felled area, no negative responses and no great changes in needle structure were found.

It seems evident that the release, with its sudden environmental changes, can at first produce in the seedlings short new needles (see p. 29) and shoots (see p. 32). These responses were probably more marked in the seedlings that had been injured — as is so common — than in such reasonably healthy individuals as formed the material for the tables. In the number of buds and branches, on the other hand, no sudden changes occurred (see p. 33). The sum of the new shoot (see p. 34) increased progressively from year to year in a fairly regular manner (in big seedlings about 1 : 2—1 : 3).

Analysis results showed that while height growth of healthy seedlings had at first decreased, radial growth, on the other hand, had increased immediately after release. Radial growth of sample trees (total 540) had in general increased somewhat even in the first season after release, though this was not seldom delayed until the 2nd—3rd season, sometimes, especially in the cases of evidently injured seedlings, until the 4th—6th season, and occasionally even later. Any decrease of the radial growth was rare.

The sum of shoots increased at first chiefly as a result of an increase in the number of branches and only slightly due to increased linear growth of individual shoots. New shoots were sometimes produced from old, dormant buds, usually following injuries, but also owing to the release.

Judged from analyses of pines released from heavy oppression, recovery has, in general, the following typical features:

The crown of the pines quickly becomes ranker. So pines in the initial stages of recovery have a peculiar tuft-like appearance. In the case of small stunted seedling one bushy tuft grows at the top (Fig. 11 A). In large saplings and in seedlings which have vigorous branches many tufts are produced, one at the tip of each branch (Fig. 11 B). At the next phase of recovery the crown gets still ranker and many branches are produced at the top of the crown. The different tufts at the tips of the branches unite into one large crown. The crown grows very dense because the number of main branches as well as branches of lower degrees increase greatly, the internodes remaining rather short.

Then, after some stagnation, even the recovery of height growth begins and another part of the crown of normal density, is produced above the bushy part (Fig. 11 C—E).

The root system of seedlings can spread soon after release into a large area, as the results of microscopical studies of roots (Table 1) indicates. When digging roots it was found, in addition, that the branching and the number of roots had increased greatly in about the same time. The annual rings of roots taken from CT were so indistinct that microscopical study gave no clear results. But also in these cases the great length of the roots showed that a rapid spread of the root system had taken place. The same conclusion was drawn in many of those recovered stands of various forest types where the roots were studied only roughly. When digging soil, it was in addition observed that the roots in recovering and recovered stands grew very deep, often at least 0.8, sometimes about 1.5, in some cases even 1.8 m. under the soil surface. Figure 13 shows that the width of annual rings and the structure of tree tissue can also change very quickly. As analyses of pine stems and measurements of radial growth of 450 sample trees (for example cf. Figs. 14, 16, and 23) indicated, the radial growth of pines which had earlier suffered severely could in some years after release be as great as during decades of years under oppression. A few years after release radial growth attained its maximum or at least a very high rate, from which it later on only slowly increased.

By contrast, the height growth of pines that had been released from oppression in general increased slowly and a little later than the radial growth (cf. e.g. Figs. 14—16, and 20, and Table 3). At the same time, soon after release, the stem of recovering pines became rather thick, especially at the point below the rank crown.

After the stagnation phase described above (see Fig. 11 A and B), the recovery of height growth was rapid and the recovering trees studied began in their growth rate and appearance gradually to resemble trees which originally had grown freely (Fig. 16).

On Recovery of a Stand

The rate of recovery described above, and investigated primarily by analysing separate trees, is typical of released pine advance growth in general. It was found that all pines in understocked stands recovered according to this scheme if their development was not disturbed by insect or other injuries. But in dense stands only a part of the trees recovered in the way described. When studying the growth curves of the trees of the sample plot stands (these curves will not be published because of their great number, 540 curves) it was found that a number of trees had recovered only weakly or not at

all. Such individuals had, at least in general, grown near to or under bigger trees. So it is probable that they had suffered very much from competition by other trees and were not really unable to recover.

It was found in many hundreds of stands in different regions in Finland, as well as in some places in East Carelia, the Carelian Isthmus, and North Sweden, that the released pine stands had recovered approximately in the manner described above. In any case the recovery was not essentially dissimilar. It is evident that, at least nowadays and in large areas, the advance growth of Scots Pine in general is able to recover.

Because advance growth is oppressed by overwood and so stunted, there is at first much free growth space in a stand after release. Later on a severe competition between individuals results in their differentiation into crown classes (Table 2) and in slighter differences between the individuals in a class (Fig. 17 and 18). According to the changes in growth spaces the bole form also alters (Table 3).

The internal structure of released stands apparently varied in different stands, and the cases in Table 2 are to be taken as examples only.

Attempts were made to perform investigations in stands that were quite even and without openings. Although this effort was not fully successful (cf. p. 132), it was however found that many released pine stands were extremely even and without openings on a part of the sample plot and on irregular shaped areas outside of it. In all four stands, where released pines were mapped out (Fig. 19), their location was unaffected by the mature trees which had overtopped them. The unevenness of the stands studied was generally caused by overdensity here and there, by small local differences in site quality, and particularly by cutting injuries. The latter if severe and really causing openings are not, however, necessarily associated with the release of a stand (cf. p. 125). But injuries were very common 20—50 years ago in regeneration, which forms the material of the present ordinary sample stands. The injuries were due to carelessness in logging work then and to the great bulkiness of the overwood. In more recent cuttings the injuries were not always so severe. It was found that some stands which had been released recently were very dense and even, especially if released when low. On the other hand, many uneven recovering stands were also found as well as the appearance of solitary recovering seedlings on many clear-cut areas.

There is no large material to study the recovery of admixed species. However, some observations were made in the recovered sample plot stands as well as in recovering stands. The observations suggest that there are no great differences between the growth rate of pine and spruce (*Picea Abies*) advance growth after release from hard oppression on VT (e.g. in Fig. 11 E). It was also found that some birch (*Betula verrucosa*) individuals had attained almost the same height as the surrounding pine stand 28 years after release from oppression on EMT.

Comparison of Development of Released Stands and Those Grown Freely

When comparing the development of a stand released from prolonged oppression and of a freely grown stand, different methods were used and are illustrated in Figure 20. The treatment below is based chiefly on the method marked »comparison C». In this, released stands are compared with corresponding freely grown stands whose

establishment is assumed to have coincided with the release. A very important part of the results of the comparisons are shown in Table 4. Some others follow later in this or in the following parts.

The material of Table 4 is a random sample of normally dense recovered stands of VT in South Finland. The standard errors in this table are rather the same as in Iivesalo's corresponding material representing naturally normal stands. Thus it seems clear that the preceding heavy oppression had not resulted in any great variation in the dominant height of pine stands after release.

A comparison of the dominant height of released and of some artificial stands is shown in Figure 21.

The comparison between stands normal in other respects but released from heavy oppression, naturally normal stands, and some normal artificial stands indicate that their rate of growth was approximately similar except at the very beginning. In North Finland (in the ErCIT and EMT), however, the growth of released stands had increased faster than that of compared normal stands (Tables 5 and 6), which may be due to the tendency of the climate to ameliorate, especially in the north (cf. Keränen 1941), where temperature is an extremely critical ecological factor.

Figure 22 shows the volume developments of released stands between the years 1944 and 1948 or 1945 and 1949. These periods may have been climatically favourable because the volume increases were very large ones. On the other hand, the volumes of released stands were smaller than those of naturally normal stands. This may be largely due to the fact that the sample plot stands were not at first quite close because of small gaps produced by cutting injuries (cf. p. 121), while the naturally normal stands may have been very close already in the early stage. Such differences were not found between released and artificial stands.

Recovery on Different Sites

The material above, representing released stands of different forest types (CT Fig. 20; VT Table 4, Figs 21, and 22; ErCIT Fig. 21; and EMT Fig. 22) also indicates that the better the site the faster was the development. A difference between two forest types is illustrated in figures on p. 54. In Table 5 even the stoniness is taken into consideration. It seems that on gravelly sites with many stones the development of released stands was a little slower than that on normal sites.

In three recently released stands of MT the recovery of dominant pines had also begun in the manner described above. One group of these pines had grown surrounded by supplementary regeneration of pine. 17 years after release and 15 years after supplementary seeding the dominant heights were: Advance growth 5.31 m., supplementary growth 4.76 m.

Even temporary changes in site quality affected the rate of recovery. For instance in many stands released recently, some seedlings began to recover earlier than others and had an even more darkly green colour in the needles. When investigating these seedlings, it was noticed that all of them grew near heaps consisting of tops, bark etc., or they had a strong root system in these directions; the stronger roots were situated, in some cases, largely in rotten old roots, snags, or even under hummocks of *Arctostaphylos* (in ErCIT).

Merely covering with slash resulted in the recovery of slow-growing pine seedlings (see Fig. 36, and p. 127). Such observations were made on a primarily very poor gravelly site of CT. After being covered with abundant branchwood, the seedlings began to grow as in VT or MT and after some years the tallest shoots had a length of more than 50 cm.

On the other hand, the recovery of released stands on two very poor sites was at times particularly slow. Many seedlings stagnated for a long period, or later after a good initial recovery began to grow slowly. But finally, however, these stands recovered well. These difficulties in recovery were evidently not due to the previous oppression since the oppression phase had only been short and at its termination the seedlings were not so badly stunted as in most of the other stands. Besides, some young seedlings established after release on these same areas also stagnated for some years.

Density of Stand and the Recovery

The released stands dealt with above have been of fairly normal density. They have had about the same stem number per unit area as naturally normal stand with the same dominant height and on the same forest type (similar site). Thus, the material in Table 4 includes stands with a stem number range of 80—170 % of a normal one.

The results obtained in the stands with a density deviating more from the normal one (Table 6) indicate that the dominant height in thin released stands developed faster, but in dense ones slower, than in normal ones (cf. Tables 4 and 5, and also Fig. 20).

This effect of density is still more clearly seen in radial growth of recovering pines illustrated in Figure 23.

When studying the growth curves of the sample stands, it was discovered that in the curves of greatly overdense stands, and in them alone, was a decrease in the growth rate to be seen some years after recovery had taken place. A thinning (removed 50 % of boles) in these stands had evidently improved the growth, as is to be seen from the figures on p. 58.

Recovery of Stands Varying Degrees of Stuntedness

The recovered stands dealt with above had been considerably checked in their growth during the oppression. Thus the material of Table 4 does not include trees with annual rings wider than 0.35 mm. (measured at a height of 1 dm., and, if possible, representing averages of ten years). Most trees had annual rings narrower than 0.25 mm. and some only 0.1 mm.

By means of analysing lots of still recovering seedlings in different stands, it was found that even the most badly stunted seedlings had begun to recover. Frequently these seedlings had had, when small, annual rings narrower than 0.1 mm.

Judging from the small standard errors in Table 4 it seems evident that slight differences in the stuntedness of pines have had no considerable effect on the rate of recovery. However, the differences in the stuntedness of seedlings must have some effect in the initial stage of the recovery, for bad stuntedness will delay recovery since the growth of the stunted crown necessarily takes time (cf. the table on p. 34). The advance

growth that grows under weak overwood and is not stunted needs no or only a short recovery after release and as to the vigour of stands there is a wide range between those, which had grown freely and the badly stunted ones. E.g. the width of annual rings in the badly oppressed advance growth was about 0.1—0.35 mm. only, while the corresponding figure in the artificial regeneration exceeded 2 mm.

Certain observations indicated particularly that stuntedness (or recovery degree) which the advance growth has at the moment of release is significant in delaying the recovery, whereas that of an earlier time, before release, is not. For example, in some stands where at first a preparatory cutting was made, which improved the vigour of old badly stunted advance growth but did not allow proper recovery, the later complete release resulted in a very rapid recovery (cf. Figs. 34 and 35). In two cases it was possible to compare the recovery of these stands with that of stands which were very similar but stunted badly even at the moment of release, and the stagnation evidently lasted longer in the latter.

Dependence of Recovery on Age and Size of Seedlings

The sample plot material dealt with above consists of the pines about 0.4—2 m. tall when released and which had been oppressed for 25—60 years. In these stands the growth rate after the recovery phase was not discernibly dependent on the duration of oppression and on the height of the stand when released. Because the standard errors in Table 4 increase only slowly in the first 15 years after release, it is to be concluded that the mentioned ranges in the duration of oppression and in the height of advance growth are too small to cause considerable variation even in the recovery rate.

In the advance growth released when badly stunted, and when low, not higher than 25 cm., the stagnation after release lasted in general 1—2, sometimes 3—4 years only. In some exceptional cases it lasted longer but, when studied, it was found that this was caused by insect injuries (cf. Fig. 28) or by a needle cast fungus (*Phacidium infestans* Karst.).

High stands released when badly stunted started to recover slowly. Thus a badly stunted advance growth of a height of about 2 m. (in Hyvinkää, South Finland, in CT) stagnated for 8—10 years after release and before clear recovery. The stagnation of a similar stand in Kemijärvi (North Finland, in ErCIT) had also lasted for about 10 years. In the pine illustrated in Figure 25 the stagnation had lasted 5—6 years.

Statistics have also been gathered of the correlation between the recovery degree and the height of the pines. This was made on a wide homogenous clear cut area by studying the pines growing separately and not affecting each other considerably. The statistics (the table on p. 63) give support to the conception that low pine stands recover faster than high ones.

On the other hand, when surveying the growth curves (cf. p. 120) it was found that low pine individuals growing near high ones sometimes recovered slower than these. This was due to the competing effect of the higher ones. Sometimes it also was due to the fact that some high pines grew in the centre of small gaps in overwood and hence were not stunted so badly.

Stunted low pines evidently have the power to recover somewhat faster than the stunted high ones. Yet, if the development of released pines of various height is to be

examined, it must also be taken into consideration that the greater height itself compensates the slow recovery. Moreover, the high pines are less susceptible to fungi and insect injuries. Especially if the individuals growing near each other in the same stand are to be compared, the better competitive power of the greater individuals also effects similarly compensating results. Furthermore, the high advance growth, while not badly stunted, does not stagnate long.

Since that high advance growth which in addition is stunted is also old in general, the theory above, about the dependence of the recovery on the height applies to the age, too. It is remarkable that the growth rate after recovery was the same as above even in the stands released when very old (Figs. 25 and 26).

Numerous age determinations showed that the badly oppressed pine stands which are more than 60 years old probably appear in Finland very rarely only. Because the advance growth studied had the power to recover at this and even at somewhat older ages, it is evident that in Finland the age in general does not limit this power.

Not even later, viz. after release from oppression and after recovery, did disturbances appear in the growth rate and the stands grew for a considerable time like young stands that had always grown freely. Both in South and North Finland the highest recovered pines studied were 16 m. They grew then like the originally freely grown pines of the same height in spite of being 30—40 years older.

Some observations were made in the exceptional cases in which the high age and the bad stuntedness of the advance growth were not combined. For example, in some stands where first a preparatory cutting was made, which only to some extent improved the vigour of old badly stunted advance growth, the later complete release resulted in a very fast recovery. These pines, being old but not badly stunted, evidently recovered faster than those which were similar in other respects but badly stunted even at the moment of release (cf. Figs. 34 and 35). On the other hand, the young pines that had grown at first well but stunted later on, due to oppression by young hardwood, recovered rather slowly.

On Diseases and Injuries Appearing during Recovery

Tables 7 and 8 illustrate the incidence of the most common or important types of injury encountered in released pine advance growth. The character of some typical injuries is shown in Figs. 27—29. On pages 68—71 are given the scientific names of the fungi and insects found to injure recovering pines. In the following only some of the obviously most important injuries are treated in detail.

Phacidium infestans sometimes injured pines seriously and had an inhibiting effect on their recovery. The injuries were serious only in the seedlings in gaps in the overwood, in small felling areas and in the seedlings that remained lower than others in their vicinity, often as a result of the oppression of seed trees. On page 69 is given an example of the last-mentioned case, with the figures of the variously attacked seedlings within a radius of 2 m.

Similar losses from this fungus were found in many regions of both North and South Finland over several years. In even and extensive advance growth this fungus was rather common but not harmful.

Apart from those caused by *Ph. infestans* and certain other rare cases, the common

bud and shoot injuries (cf. Table 7) caused no trouble, thanks to the compensating ability of recovering seedlings. The slight bends which then resulted generally disappeared completely within a few years.

Magdalis frontalis appeared in two released seedling stands in great abundance, and evidently delayed the commencement of recovery. In both these instances felling operations had been carried out in the same area for two consecutive years, giving the beetle plentiful nutrition for breeding, pine slash, for two years. The beetle was found breeding in cut pine branches under the bark (in Juupajoki, 1946).

Hylaster ater and *Hylobius abietis* are also insects characteristically found in released pine stands. Wounds from their feeding and the resulting scars were common in released stands in almost all the regions studied (Table 7). Evidently these had effected some delay on the recovery.

Wounds, as well as mechanical injuries and scars were sometimes also caused by elk (*Alces alces* L.), by grazing, by snow and often by careless logging operations (Figs. 28 and 29), and in North Finland often by pine canker (*Dasyscypha* sp.) and sometimes by reindeer (*Rangifer tarandus* L. (Ren.)). Injuries of this kind were often severe and evidently retarded recovery.

In addition to beetle injuries, the injuries caused by logging were the most important causes of wounds (Fig. 28) and scars (Fig. 31). It was evident that the most serious logging injuries occurred in high advance growth, especially after work in light snow. In some low and dense stands logging operations had evidently caused no considerable damage.

Pine cankers as a serious menace were found only in pines growing slowly on very poor sites or near big reserve trees or in overtopped seedlings. Often the seedlings with canker had recovered both from the oppression and from the canker injury. They had developed a new top from a branch below the canker. But if recovery from oppression was slow, the canker often became serious again, the fungus growing from the dead old stem onto the new one. In the pines that recovered well the growth of the fungus was inhibited. Sometimes, however, the fungus was still living and producing spores, although the canker had reached an age of over 20 years and was almost occluded. On the other hand pines that had already reached a height of 3—4 m. and were recovering slowly were killed by this fungus on some selectively cut areas.

The reasons for complete stagnation of height growth could not be revealed. Stagnated seedlings recovered when released (Fig. 27), but first after the stem had grown thick and the crown dense.

Even if many of the injuries often delayed the recovery, they did not affect the later growth rate provided that other seedlings did not recover faster and did not develop into too strong competitors.

Quality of Recovered Stand

Statistics on p. 75 indicate that the quality of released advance growth is poor at first, but generally improves as the recovery continues.

However, many defects were characteristic of released stands, viz. different bends, branch clumps, scars and callus and compression wood situated in the basal bole and produced during the oppression or recovery phase.

Bends and crooks are sometimes fairly common in recovering pines, though they can become outwardly invisible later (Fig. 30). The frequency of annual rings is much greater in the part of the wood produced under oppression (e.g. 20-rings/cm) than in the later part (5 rings/cm). Hence tension and cracks in the boundary layer of these parts were frequently observed when the wood of released pines had been seasoned. Decay appeared very seldom in the released pines studied.

Especially when advance growth has been understocked, high, and badly oppressed, deleterious bushy branches are produced at the boles (cf. p. 120 and Fig. 12).

When a low advance growth is released, the various common defects remain in the stumps and are harmless. When a high advance growth is released, many of the defects are situated in the generally important parts of the stems and they may cause considerable trouble. If, in addition, a high advance growth is understocked and logging is carelessly effected, the quality of the stands may become very poor (cf. Fig. 31).

In a dense recovering stand the badly injured seedlings generally do not recover and they become overtopped (see the table on p. 78). They may also be thinned out (see p. 79). Successful avoidance of the bushy branch problem was observed by pruning of those boles fit to produce veneer.

Recovery following Partial Release

A study was made of the advance growth of pine the overwood of which had been moderately thinned. Recovery was slight and varied with different individuals, being fairly good only in the middle of the largest openings (Fig. 32).

Very varied response was found to follow cuttings as heavy as seed tree cuttings. However, on the basis of investigations carried out into fifteen stands cut in this way it is possible to arrive at the following:

Near seed or reserve trees the low seedlings recovered a little only (Fig. 34) or not at all. The big seedlings or saplings recovered variously but not so well as those on the sites between trees (Fig. 33-34).

Between the trees the seedlings recovered variously without clear relation to size (Fig. 35). The growth rate, especially that of small seedlings, frequently began later to be retarded.

Near sparse seed or reserve trees, even after their often delayed removal, advance growth developed more slowly, remained lower, and the damage caused by different injuries, especially by logging, *Phacidium* and *Dasyscypha*, was worse than that in the rest of the sites. A few exceptional cases only were found where, even a considerable time after the final cutting, no gap existed at the site of a removed seed tree and where the released pines had recovered almost as well as the surrounding ones and caused no great unevennesses in the stand.

The direction of the root system of the recovering seedlings and those not recovering was different as regards reserve trees. The result of one investigation into this point, made on a felling area of CT, is given in the table on p. 82. Recovering seedlings also had stronger roots.

On a barren site (see p. 123), where the poor growth of the seedling stand was greatly increased after heavy manuring with slash, some recovery was seen, even in those seedlings growing beneath reserve trees, as well as in those growing outside the manured

area but with their roots reaching into it. Ten out of thirteen of the root systems studied in detail in the last-mentioned position showed an evident tendency to grow towards the manured area (see Fig. 36). The tendency was evident even in some cases in which the roots passed near the reserve trees. Obviously the fertilizing effect of branchwood cover had eliminated the competitive effect of reserve trees. This evidence, as well as the general directional tendency of seedling roots away from competing reserve trees are explained by the theory of root competition, and suggest that this competition and food supply of seedlings are very important in recovery phenomena, at least on dry sites.

Effect of Released Advance Growth on Young Seedlings

On the sample plots almost every pine originated from the time before release cutting. In exceptional cases there were a few young pines that had been established among these pines after the cutting, but growing on the very sites that had, when released, been understocked in patches or quite without advance growth. The paucity of the trees established after the cutting was not always due to lack of natural seeding but probably to competition by surrounding advance growth. For this reason even direct supplementary seedlings among the advance growth had often failed, especially if the seeding was made near released seedlings or saplings, and more particularly if the released stand was dense (Tables 9 and 10).

In 16 other stands studied the development was similar to that illustrated in these tables, though they were younger stands (of VT, CT, MT, and EMT). In these cases the supplementary seedlings were made 1—3 seasons after release. Only on those sites on which the advance growth was very understocked had the supplementary seeding sometimes been of benefit (Fig. 37 A).

Seldom did a seedling established artificially near a released seedling show similar growth to the latter. In such a case only few seedlings were in the seed spot. In these cases studied the released seedling had, in addition, been very strongly oppressed (Fig. 37 B); sometimes, moreover, the root system of the advance seedling happened to be onesided and poorly developed where it was close to the artificially sown seedling.

Needle cast by *Phacidium* often increased the lead of released seedlings by retarding the growth of artificially sown seedlings to an evidently greater extent. This effect of *Phacidium* was due to the fact that the seedlings grew very close together in seed spots and a great proportion of their needles were situated under the snow surface, where the appearance of this fungus is limited, whereas the needles of a released seedling were often situated only at its top (cf. Figs. 5, 6, 7, 11 A and B). In very many of the seed spots studied, situated near released seedlings, various diseases were present or the seedlings had been killed, sometimes even after repeated seedlings.

Similar disadvantageous effects on the growth, health, and survival of the regeneration established by direct seeding were found in many cases when the regeneration was near advance growth which was either a margin stand (see p. 89), or group, or even single growing individuals (see p. 89).

The roots of groups of advance growth had spread far outside the groups. The root system of a pine, that had just passed the stagnation phase at the age of 35 years and with height of 1.4 m., had spread mainly from the middle to outside a released group,

one root even having a length of 9 m. This seedling grew on a barren CT site and perhaps had particularly long roots.

The evidently (cf. Table 1) rapid spread of the root system of released pines probably accounts for the possibility of the effect of released seedlings on young seedlings being so great.

Supplementary plantings had met with varied success. In two cases studied lodgepole pine (*P. murrayana* Balf.) was planted among an advance growth released from heavy oppression. In one case, with dense advance growth, the planted seedlings became overtopped in 24 years. Only in the middle of the few gaps of advance growth did they grow well and almost similarly to the released seedlings.

The other planting was made only in the middle of gaps produced by cleaning in advance growth. In this case both regeneration types succeeded and developed concurrently.

Discussion

Recovery Following Release as a Modification

The most important growth factors, light and root competition, become more favourable for advance growth on the removal of the overwood. So its recovery is to be expected, as was in fact found in the present investigation and in many others mentioned in the introduction.

However, the release of the understorey is also associated with some factors negatively affecting its growth. For example, evaporation in the open may exceed that in a typical mature pine stand by more than two-fold (cf. Vaartaja 1950). Moreover, the suddenness of the environmental changes may hinder the advance growth from deriving benefit from changes which are in general beneficial, because before the release the advance growth had been modified by a special environment.

Pine advance growth has often persisted under heavy oppression for a very long time, sometimes for over 70 years (cf. p. 125). It is also evident that its modification is deep-seated and of special character (cf. Figs. 5, 6, 8, etc.). So there arises the question of whether the reaccommodation which is obviously needed for complete recovery is still possible.

The reaccommodation takes time, and at first after a sudden release the advance growth is, so to say, ill-adapted. In this review some seemingly negative responses on release are perhaps explained, namely the short needles and shoots of the released pines (cf. pp. 29 and 119).

It was revealed that the structural reaccommodation of pine needles could already be evident and even considerable in the needles produced in the third season after an environmental change (cf. p. 30 and 119). The new needles had the properties characteristic of «light» needles (cf. also Gråhle 1933, p. 243—246). In released spruces (*Picea Abies*) a similar accommodation of the needles has been found by Stålfelt (1935), even as regards their physiology.

It was found that different morphological changes took place in roots, bole form, and crown form and structure of released pines. These accommodations need much growth. Hence, the better the growth conditions and growing power of the tree, the

faster must be its recovery. In accordance with this the recovery speed of an advance growth was dependent on the site quality (p. 122), its density (p. 123) and the degree of stuntedness (or recovery), which means among other things the crown's relative size and assimilation power as well as the root system's relative breadth and power of water absorption. It was also found that small seedlings probably made a faster recovery than saplings. This is analogous with the fact that the growth power (the growth percentage) is higher in low trees.

The reaccommodation ability of trees has a basis in the fact that the most active and important parts of trees are always young, namely the needles, root tips, and the tissues near the callus, which all regenerate within some years. Especially in *small* seedlings, the old parts produced during oppression are soon of relatively small proportion and, consequently, without importance. Thus, that period is very short only when these old parts, having properties modified already by oppression conditions, affect the vital processes of trees. So the seedlings of very many tree species have been found to be able to recover (Trübse 1885, Martšenko 1898, Pliceja Hedden 1931, Heikinheimo 1939, p. 130, Downs 1943, Sarvas 1944, p. 180, Westveld 1949, p. 9, 176, 310, and 529 etc., Voropanov 1950). *Fagus*, *Abies*, and *Picea* species regenerate very often from advance growth and, according to the common opinion, their ability to recover is especially good. Since on good sites the accommodation growth after release does not require a long time, it is obvious that these species, growing in general on good sites, must also in general recover rapidly. Moreover, their evidently good shade tolerance may contribute to their recovery because their stuntedness is not very bad during the oppression phase and hence often not during the start of recovery either. Thus it was frequently found that *Picea Abies* seedlings were not so badly stunted as those of *Pinus silvestris* as an understorey near each other (cf. Fig. 8).

When comparing the recovery power of different tree species, similar environments and sites highly suitable to every species under consideration must be provided. In some observations (p. 121) on the recovery of species growing close to each other no great differences were found between *Pinus silvestris* and *Picea Abies* on VT and between *Pinus silvestris* and *Betula verrucosa* on EMT. Perhaps VT is too poor a site for this spruce species, and hence its accommodation growth is slow and nullifies the benefit resulting from the better vigour of this species in the understorey condition. This conclusion of the importance of the site is supported by Lukkala's (1937, p. 126) observation that on very poor drained peat moors the pine recovers even better than other species.

The trees are clearly weakened when old, despite the continuous regeneration of their tissues. It is, however, possible that the physiological changes in old trees are the results of size but not of age itself. So the retarding height growth of old trees may primarily arise from the difficulties of water balance at a great height above the soil surface. But the old understorey pine seedlings do not experience these difficulties, nor those caused by decay (cf. p. 127). On dry pine heaths there is, besides, no serious tendency to such unfavorable changes in the soil with time, as on moist spruce lands where the accumulation of humus may sometimes have harmful effects.

Because branch cuttings of old trees, even of pines, can probably develop into new trees (Mirov 1943 and 1944, Larsen 1944, p. 43), it seems apparent that essential changes very closely dependent on the age of the tree usually do not occur. Yet critical investigations on this problem have not continued for long enough to solve

it completely. Molisch (1929, pp. 142—158), however, is of the opinion that the meristemic tissues alter with age and that the reaction power of an old tree has decreased even if the causes for this are unknown (cf. also Seeliger 1924, p. 195). Judging from the illustration mentioned by these authors, they are referring to developmental stages (such as seedling or mature stages) rather than numerical age. The developmental stage and the age do not go hand in hand when the tree is growing slowly owing to heavy oppression (cf. fig. 22 A and Voropanov 1950). Also in general trees develop slowly in unfavourable conditions.

It seems that up to now no reasons are known as to why the recovery power of pines should be closely dependent on their age. On the other hand, available evidence on factors possibly having some importance in this respect are scanty. The results of this investigation suggest that the age of the usual pine advance growth, 0—70 years, is not necessarily bound up with any factors markedly limiting the recovery power of undergrowths (cf. pp. 123—125). However, the start of recovery was apparently a little slow in badly stunted old growth. It was, however, a result of its stuntedness and great height. Similarly on drained peat moor big stunted trees recovered most slowly (Mulltämäki 1923, pp. 67 and 79, Lukkala 1937, pp. 125—126).

Pine Undergrowths and Reproduction of Pine Stands

Understorey advance growth of pine in general become established without particular treatment or economic expense. Even where a lack of advance growth exists, it may often be possible to produce them easily by some preparatory cutting (Wretling 1947, p. 30, cf. also Vaartaja 1949). This seems possible especially on lichen-covered heaths in the northern parts of Finland and Sweden and also on many regions in South Finland.

Because the variation in the growth rate of released stands was small (cf. p. 122) and, despite extensive search, released pine stands having no recovery power could not be found, it is obvious that the pine advance growth on the investigation area generally possesses the power of recovery described in details above (p. 121). This conclusion is, besides, supported by the results of the extensive experiments made by Wretling (1947). In these experiments no pine stands appeared with a weak or absent recovery power. This recovery power of pine advance growth is also suggested by the good accommodation power of trees in general, referred to in the preceding section.

There is no available evidence to indicate whether an extremely old pine understorey more than 80 years old had a good recovery power. Such advance growth has, however, no great silvicultural importance, because it is very rare, if it exists at all, in the form of real stands (cf. p. 125). At present it is also unknown whether exist particular pine ecotypes having weak recovery power. Yet they do not occur commonly in the present forests of Finland.

The pine advance growth, established without costs, having the recovery power described, and often being capable of developing into stands of good or fair quality (cf. pp. 120—127) is often good material for the reproduction of stands, at least in Finland. Its value in this respect is, however, highly dependent on its density (cf. p. 123).

The damage due to openings and overdensity, commonly found in released stands, is not characteristic of advance growths only. Even natural pine stands grown freely

are very seldom quite even and dense (Ilvessalo 1920a, p. 40 and 1937, p. 16, Lönnroth 1925, p. 75, Viro 1947, p. 21).

Some injurious factors often affected the rapidity of recovery but not the final growth rate of released stands. In addition to important injuries due to careless logging, those caused by some insects and fungi (*Hyllobius*, *Hylastes*, *Magdalis*, *Phacidium*, and *Dasyscypha*) are very often common in recovering stands. The three firstmentioned insects breed in slash or dead roots, as has been shown by entomological studies (cf. Trägårdh 1929 and 1939, Saalas 1949) and in part by the present study (cf. p. 126). Hence injuries by them and perhaps also by many other insects (e.g. *Pissodes* species, which did not occur to a serious degree in the present observations, and others with similar ecology, cf. Kangas 1936) increase greatly after repeated cuttings on the same or nearby areas.

Similarly the injuries by *Phacidium* and *Dasyscypha* were in general more severe on those areas on which many cuttings were made without denuding very large areas, than on extensive clearings.

These observations agree with those made by Wretling (1931, 1934, 1947, p. 32, cf. also Vaartaja 1949) and Björkman (1948). In order to avoid all the injuries mentioned above, it seems better to release pine undergrowths by clear-cuttings on extensive areas. Yet, this is not proved in the whole of Finland because observations to the contrary have also made. For on some dry heaths in South Finland some insects have caused bad injuries, especially on extensive, homogeneous seedling stands having an unstable balance of biocenosis (Kangas 1937).

The delay in recovery on the few poorest heaths was probably due to degeneration similar to that mentioned by Hesselman (1917a ja b), Wretling 1934, Laitakari (1938), Romell and Malmström (1945), and Tamm (1948, cf. also Aaltonen 1948, pp. 383—392). This view is supported by the fact that close to some released stands of this kind seedlings were made many times but always failed (Fig. 2). It has been supposed that the degeneration is a result of the cessation of litter fall. Such degeneration is found also in the areas cut selectively or with seed trees left, on which areas the litter fall does not completely cease (Björkman 1945, Wretling 1947). According to investigations made by Vaartaja (1950) the microclimate of a poor heath protected only by thin vegetation is evidently very extreme, which may also lead to the degeneration. The reproduction from advance growth may decrease the harmfulness of the degeneration and of the hard microclimate in general, the advance growth increasing the litter fall and reducing the extremes of the climate by its protecting effect.

The stands that developed from pine advance growth may often be improved by clearing and thinning (cf. p. 60 and 79, and Wretling 1947). Many stands also require supplementary treatment, which may, however, when done by direct seeding, be unsuccessful (cf. pp. 000, 000). Further investigation is needed in order to discover supplementary methods which are most effective and not very expensive.

In many cases incomplete pine advance growth or solitary pines on regeneration areas must be removed carefully in order to avoid the strong competitive effects on younger seedlings (cf. pp. 89 and 128). Thus the advance growth may often have a very great negative importance. The competing effects are to a large extent a result of the rapid expansion of the root system in the recovery phase (cf. pp. 120 and 129). These effects are evidently much more powerful than the initial possible protective

effect of the crowns against a too strong water loss by transpiration. Wretling's (1934, pp. 269 and 290) observations on the competitive effects of recovering pines are in keeping with the results of the present study.

R e s u m é

1. Understorey advance growth of pine is of common occurrence in different parts of Finland, especially on dry heaths. It is in general stunted in a characteristic way but reaches an age of many decades, sometimes over 60 years.

2. On analysing released pine stands in South and North Finland it was discovered that those stands that had undergone a very long (25—60 years) and heavy oppression had recovered after clear-cutting.

3. Comparing the growth rates of these, some artificial stands, and naturally normal stands (after Ilvessalo) the following was found:

At first after release the stands grew slowly but after recovery at approximately the same rate as naturally normal stands of a similar height.

The lower, younger, and less stunted the seedlings when release and the better the site the faster was the recovery.

A stand that had grown freely and been established at the time that the advance growth was released could not reach the same dominant height as the latter.

4. When studying recovering stands, at first after release there were found different responses, often apparently negative, and then rapid accommodative changes in the root system, crown structure, and bole form.

Many injuries, especially those caused by careless logging, often slowed down the recovery.

5. At the base of released pine stems there are various defects. These are harmful when tall growth is released, decreasing their technical value.

6. It was found possible to regenerate pine stands favorably from understorey advance growth, if this is dense and even.

7. In frequent cases studied a heavy partial cutting had a generally, though not always, disadvantageous effect on the stand.

8. Recovering seedlings were found clearly to hinder the development of younger seedlings nearby. This inhibition seemed to be a result of the rapid spread of the root system of released pines.

The author wishes to acknowledge the linguistic criticism of many points of the English part of this study given by Mrs. M. Perttunen, Mr. R. Anderson, Mr. L. A. Keyworth and through the British Council, Mr. F. C. Ford Robertson.

Publications of the Society of Forestry in Finland:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises dealing with forestry in Finland and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, generally contain several treatises.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations in the subject of forestry in Finland. Published at irregular intervals. Each essay appears as a separate volume.

COMMENTATIONES FORESTALES. Contains investigations and other essays regarding forestry and other spheres connected with it in other countries than Finland. Published at irregular intervals. Each volume generally contains only one treatise.

Die Veröffentlichungsreihen der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Enthalten wissenschaftliche Untersuchungen über die finnische Waldwirtschaft und ihre Grundlagen. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen in Bänden, von denen jeder im allgemeinen mehrere Untersuchungen enthält.

SILVA FENNICA. Diese Veröffentlichungsreihe enthält Aufsätze und kleinere Untersuchungen zur Waldwirtschaft Finnlands. Sie erscheint in unregelmässigen Abständen. Jeder Aufsatz erscheint als besonderer Band.

COMMENTATIONES FORESTALES. Enthalten Untersuchungen und Beiträge zur Waldwirtschaft und damit zusammenhängenden Fragen für andere Länder als Finnland. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen. Jeder Band enthält im allgemeinen nur eine Untersuchung.

Publications de la Société forestière de Finlande:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contient des études scientifiques sur l'économie forestière en Finlande et sur ses bases. Paraît à intervalles irréguliers en volumes dont chacun contient en général plusieurs études.

SILVA FENNICA. Contient des articles et de petites études sur l'économie forestière de Finlande. Paraît à intervalles irréguliers. Chaque article constitue habituellement un volume.

COMMENTATIONES FORESTALES. Contient des études et des articles sur l'économie forestière et les branches connexes dans les pays autres que la Finlande. Paraît à intervalles irréguliers. En général, chaque volume ne contient qu'une étude.