

KUUSI MÄNNYN KILPAILIJANA  
KASVUPAIKASTA

V. T. AALTONEN

*DIE FICHTE ALS KONKURRENTIN DER KIEFER  
UM DEN STANDORT*

HELSINKI 1936

## Kuusi männyn kilpailijana kasvupaikasta

Puulajien — ja yleensä kasvilajien — välisessä kilpailussa kasvupaikasta tulevat useimmiten kysymykseen sangen monet eri tekijät. Ensinnäkin voi kasvilajien välillä olla eroavaisuuksia niiden suhteessa ilmastoon ja maahan. Edelleen riippuu kilpailun lopputulos sellaisista seikoista kuin lisääntymistapa — suvullinen, suvuton — siementuotannon runsaus (vesomiskyvyn voimakkuus), siemenen (ja vesojen) levintäkyky ja levintämahdollisuus, taimien kasvunopeus ja suhde pintakasvillisuuteen, arkuus erilaisille tuhoille, kasvien fyysillinen ikä jne. Vaikka kasvin menestyminen voi joissakin tapauksissa olla ratkaisevasti riippuvainen yhdestäkin tahi joistakin harvoista kasvun vaikuttimista, on yleensä kuitenkin samanaikaisesti kysymys monista tekijöistä. Nämä tekijät taas ovat usein niin kietoutuneina toisiinsa, että yhden tekijän eroittaminen muista tuottaa suuria ja voittamattomiakin vaikeuksia varsinkin luonnossa. Niiden syiden selvittely, jotka kasvien välisessä kilpailussa kulloinkin ovat vaikuttamassa, on siten sangen vaikea tehtävä ja tätä kysymystä koskevien johtopäätösten teossa on mahdollisimman monipuolinen ja perusteellinen harkinta välttämätön.

Metsänhoidollisesti on kysymys puulajien välisestä kilpailusta ja niistä syistä, joista tämän kilpailun lopputulos riippuu, erittäin tärkeä. Tällä kilpailulla on esim. sekametsiköiden harventumisessa, kasvussa ja koko kehityksessä hyvin ratkaiseva merkitys. Ja metsiemme luonnontilainen puulajikokoomus yleensä on pääasiallisesti puulajien välisen kilpailun tulos.

Meidän oloissamme on erityisesti kuusen voitollisuus muista puulajeista yleisesti tunnettu ilmiö. Missä kasvupaikan laatu kerran on sopiva kuuselle, siinä tästä puulajista myös ennemmin tahi myöhemmin tulee metsikön vallitseva puulaji. Tätä kuusen voittokulkua on jatkunut siitä saakka, kun tämä puulaji maahamme saapui. Tosin metsiemme pinta-alasta nykyisin on vain noin  $\frac{1}{4}$  kuusivaltaisten metsien hallussa, vaikka kuuselle sopivia kasvupaikkoja on huomattavasti runsaammin, mutta tämä johtuu siitä, että kuuselle ovat kulot ja kaskeaminen tehneet

tehokasta vastarintaa sen valloittaessa tätä maata. Mitään tilastollista selvitystä metsiemme kuusettumisesta ei ole, mutta voimme silti päätellä, että myöhempinä aikoina, joina kulojen tuhot ovat vähentyneet ja kaskeamisesta on melkein kokonaan luovuttu, olot ovat tulleet kuusen levinälle suotuisemmiksi.

Kysymys siitä, miten tämä merkillinen ilmiö on selitettävissä, ts., mihin kuusen voimakkaammuus muihin puulajeihin verrattuna oikeastaan perustuu, on tieteellisesti erittäin kiintoisa ja käytännöllisesti tärkeä. Sen valaiseminen eri puolilta, sikäli kuin se nykyisten tietojen puitteissa on mahdollista, on seuraavan selvittelyni tarkoituksena.<sup>1</sup> En kuitenkaan katso tässä yhteydessä mahdolliseksi käsitellä kysymystä kokonaisuudessaan, vaan rajoitun koskettelemaan vain kuusen suhdetta mäntyyn. Koska syyt lehtipuumetsiköiden ja männikön kuusettumiseen nähtävästi ovat ainakin suurelta osalta samat, saa silti ensiksikin mainittu tapahtuma jossain määrin valaistusta kuusen ja männyn välisen kilpailun selvittelystä.

Vaikka en tässä voikaan esittää mitään omia uusia tutkimustuloksia, on mielestäni yleiskatsauksella asiaa koskevaan kirjallisuuteen ja sitä täydentävien tilapäistenkin huomioiden selostamisella kuitenkin merkityksensä varsinkin sikäli, että tällainen katsaus osoittaa, missä kohdin tutkimuksessa on aukkoja, ja se siten voi antaa herätteitä ja osviittaa jatkuvalla tutkimustyölle. Mihinkään täydelliseen ja seikkaperäiseen, kyseessä olevaa aihetta koskevan runsaan ja hajallisen kirjallisuuden selostamiseen ei esityksessä ole pyritty, vaan on rajoitettu mainitsemaan eräitä tärkeimpiä ja uusimpia, erityisesti tietenkin kotimaisia tutkimuksia. Tutustuessani alaa koskevaan kirjallisuuteen jouduin kosketukseen myöskin kysymyksen kanssa kuusen ja männyn maantieteellisistä levintärajoista, jota kysymystä on erityisesti viime vuosina vilkkaasti pohdittu varsinkin Norjassa ja Ruotsissa. Koska tämänkin kysymyksen tarkastelu tarjoaa lisävalaistusta kuusen ja männyn biologiaan siltä kannalta, josta tässä on kysymys, näytti suotavalta lyhyesti kosketella tässä yhteydessä myöskin kuusen ja männyn levintää yleensä. Seuraava esitys asiasta jakautuu tällä tavalla kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa selvitetään kuusen ja männyn biologisia ominaisuuksia kokeellisten tutkimusten valossa ja pääasiallisesti meidän oloissamme todettavien ilmiöiden pohjalla, toisessa tarkastellaan, mitä päätelmiä samoista ominaisuuksista voidaan tehdä kyseessä olevien puulajien levintäalueiden perusteella.

<sup>1</sup> Selvittelyni pohjana on esitelmäni »Metsiemme luontaisesta kuusettumisesta» Suomen Metsätieteellisen Seuran kokouksessa 26 p. huhtik. 1935.

## I.

Männikön kuusettumisesta ei ole toistaiseksi tehty yksityiskohtaisia ja riittäviä tutkimuksia. HEIKINHEIMON<sup>1</sup> ja PÖNTYSEN<sup>2</sup> tutkimukset kyllä valaisevat tätä ilmiötä useassa suhteessa, mutta ne kohdistuvat kuitenkin lähinnä ja pääasiallisesti vain eräisiin erikoistapauksiin, HEIKINHEIMON tutkimukset kaskialojen metsittymiseen ja PÖNTYSEN Raja-Karjalan poikkeuksellisen tiheisiin kuusialikasvoksiin. Yleensä ei tarkemmin tunneta, mikä merkitys männikön kuusettumisessa on kasvupaikan laadulla ja erityisesti humuskerroksen laadulla, missä määrin kuusettuminen riippuu männikön tiheydestä ja iästä, esiintyykö ilmiö samanlaisena maamme eri osissa jne. Jos näistä asioista olisi parempi selvyys, liikuttaisiin tietenkin ilmiön syiden selvittelyssä kantovoimaisemalla pohjalla kuin mitä nyt on mahdollista, mutta jossain määrin kuitenkin saadaan kyseessä olevaan problemaan valaisua jo tietojen nykyiselläkin asteella ollessa.

Männikön kuusettuminen samoin kuin männyn ja kuusen esiintymisen luonnossa yleensä osoittaa, että nämä puulajit biologisesti jollakin tavalla eroavat toisistaan. Kysymys on siis siitä, missä suhteessa ne ovat erilaisia. Ennen kaikkea on tässä yhteydessä tietenkin tärkeätä olla selvillä taimien elämän vaatimuksista. Kun jokin puulaji kerran on sivuuttanut taimiasteen, on sen elämä samalla päässyt vakavammalle, ulkoisista vaikutteista vähemmän riippuvalle perustalle. Se on niin sanoakseni ensiesiintymisen menestys, joka yleensä ratkaisee, miten puulaji tulee selviytymään kilpailussa kasvutilasta.

Jos ajatellaan aluksi esim. lisääntymis- l. uudistumistapaa, niin tiedetään, että mänty ja kuusi uudistuvat siemenestä, mutta että kuusi voi jossain määrin uudistua myöskin oksavesoista. Kuusen viimeksimainittu uudistumistapa rajoittuu kuitenkin tapauksiin, joissa uudistuminen on erityisen vaikeaa, kuten paksun sammalen peittämään maahan, metsä- ja puurajojen seuduille ym. Männikön kuusettumisen kannalta ei tällä seikalla ilmeisesti voi olla mitään yleistä merkitystä.

Männyn ja kuusen siementuotannosta on todettu, että Etelä-Suomessa männnyllä on runsaita siemenvuosia jonkin verran useammin kuin kuusella, mutta runsaita taimivuosia sillä on kuitenkin hieman harvemmin kuin

<sup>1</sup> OLLI HEIKINHEIMO, Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Metsähallituksen julk. II, 1915, ja Acta forest. fenn. 4, 2, 1915.

<sup>2</sup> V. PÖNTYNEEN, Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksina Raja-Karjalan valtionmailla. Acta forest. fenn. 35, 1, 1929.

kuusella. HEIKINHEIMON kaskialojen metsittymisestä tekemien tutkimusten mukaan olisivat — siementuotannon perusteella arvioiden — männyn mahdollisuudet paljaan alan siementämiseen huomattavasti suuremmat kuin kuusen. Pohjois-Suomessa näyttää sekä kuusella että männnyllä olevan runsaita taimivuosia jokseenkin samoin väliajoin. Puuyksilöä kohti kuusi tuottaa ainakin Etelä-Suomessa siemenvuonnaan runsaammin siementä kuin mänty<sup>1</sup>. Siementen levintätapaan ja levintäkykyyn nähden mäntyä ja kuusta on pidettävä jokseenkin samanarvoisina. Yleensä täytyy sanoa, ettei siementuotanto eivätkä muut tässä mainitut seikat aseta kuusta mäntyyyn verrattuna siinä määrin edullisempaan asemaan, että männikön olisi pakko kuusetua.

Kuusen taimet kasvavat huomattavasti hitaammin kuin männyn, mutta tämä tietenkin merkitsee vain kuusen jäämistä alakynteen männyn rinnalla. Pintakasvillisuuden vaikutuksesta männyn ja kuusen taimettumiseen osoittavat HERTZIN<sup>2</sup> Etelä-Suomessa tekemät tutkimukset, että se on kummallekin puulajille haitallinen jokseenkin samalla tavalla. Männyn taimet sittenkin ehkä selviytyvät helpommin siksi, että niiden pituuskasvu on nopeampi. Pohjois-Suomesta ei ole tässä suhteessa yhtä yksityiskohtaisia tutkimuksia, mutta näyttää siltä, että ainakin sikäläisissä paksusammalpeite metsissä sammalpeite olisi männyn taimettumismiselle vielä vaikeampi este kuin kuusen. Omasta puolestani luulin aikaisemmin, että mänty yleensäkin kärsisi seinäsammalpeitteestä enemmän kuin kuusi ja siksi paljon, että tällä seikalla olisi männyn ja kuusen välisen kilpailun kannalta huomiota ansaitseva yleinen merkitys, mutta näin siis tuskin voi olla.

Mitä mäntyä ja kuusta niiden taimiasteella kohtaaviin tuhoihin tulee, niin on tässä suhteessa — halla- ja kuivuustuhoja lukuunottamatta, joihin palaan edempänä — tuskin osoitettu olevan oleellista eroa. Männyn taimet tosin näyttävät kärsivän sien- ja hyönteistuhoista enemmän kuin kuusen, mutta huomattava on, että nämä tuhot esiintyvät pääasiallisesti sellaisissa oloissa, joissa männyn taimien kasvu muista syistä on heikkoa, varsinkin kuivimmilla kangasmailla. Vertailun tulos olisi tuskin männylle yhtä epäedullinen, jos mäntyä ja kuusta verrattaisiin toisiinsa sellai-

<sup>1</sup> OLLI HEIKINHEIMO, Metsäpuiden siementämiskyvystä. Metsätieteell. tutkimuslait. julk. 17, 3, 1932.

<sup>2</sup> MARTTI HERTZ, Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. Metsätieteell. tutkimuslait. julk. 17, 4, 1932.

S a m a, Tutkimuksia kasvualustan merkityksestä männyn uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. Metsätieteell. tutkimuslait. julk. 20, 2, 1934.



1. Taajaa ja hyväkasvuista kuusialikasvosta keski-ikäisessä männikössä. — *Dichter und gutwüchsiger Fichtenunterwuchs in mittelaltem Kiefernbestand.*

sella kasvupaikalla, jolla kummatkin ovat niin sanoakseni hyvin ravittuja. Vanhemmalla iällä sitävastoin, kuten tunnettua on, kuusikoissa sienituhot, varsinkin lahotuhot, ovat yleisempiä kuin männiköissä. Lumituhoja vastaan kuusi on meidän oloissamme yleensä kestävämpi kuin mänty, mutta nämä tuhot eivät ole niin yleisiä ja niin suuria, että kuusi niiden ansiosta pääsisi yleisesti rehentelemään männyn kustannuksella. Pohjois-Suomessa sitäpaitsi kuusi kärsii lumituhoista enemmän kuin mänty<sup>1</sup>. Kuloille ja myrskyille kuusi on huomattavasti arempi kuin mänty. Yleensä on todettava, ettei kuusta voida pitää tässä mainittuja tuhoja vastaan mäntyä kestävämpänä, vaan että asianlaita pikemmin on päinvastoin.

Hallaa kuusi, kuten tunnettua, ei kestä yhtä hyvin kuin mänty. Mitään järjestelmällisiä, yksityiskohtaisia tutkimuksia ei hallatuhoista valitettavasti ole meidän oloissamme suoritettu, mutta siellä täällä tehdyistä havainnoista päättäen kuusen hallatuhot saattavat toisinaan olla tuntuviakin ainakin Etelä-Suomessa. Nähtävästi nämä tuhot kuitenkin rajoittuvat pääasiallisesti alaviin, hallanarkoihin paikkoihin. Niin kauan kuin kyseessä olevista tuhoista ei olla paremmin selvillä, on epävarmaa, mikä merkitys kuusen hallanarkuudella on männiköidemme kuusettumisen kannalta, mutta mitään ratkaisevampaa merkitystä ei sillä tässä suhteessa

<sup>1</sup> OLLI HEIKINHEIMO, Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Metsätieteell. koelait. julk. 3, 1920.

ilmeisesti kuitenkin voi olla. Omituista muuten on, että hallatuhot näyttävät kasvavan siirryttäessä Pohjois-Suomesta Etelä-Suomeen ja täältä Keski-Eurooppaan. Esim. RUBNER<sup>1</sup> pitää ihmeellisenä, että kuusi, joka on Pohjois-Euroopan ainoa hallanarka puu, etenee niin kauaksi pohjoiseen ja arvelee vain männyn tarjoaman suojan voivan selittää tämän seikan. Miksi kuusi muuten on hallalle arempi kuin mänty, sitä en ole huomannut missään selitetyn.

Lämmön ja valon tarpeeseen ja sietämiseen nähden näyttää kuusen ja männyn välillä olevan eräitä eroavaisuuksia. STÄLFELTIN<sup>2</sup> mukaan kuusi rakastaa lämpöä enemmän kuin mänty ja siksi se myös sietää korkeampaa lämpötilaa. Valaistuksen voimakkuuden ollessa 1/10 kohoaa kuusen assimilation intensiteetti nopeasti n. +15 asteeseen saakka ja jatkuvalla nousulla ei enää ole sanottavaa merkitystä. Männyllä nousu on tasaisempaa +5—17 asteeseen, siitä 23 asteeseen nousu on vähäinen. Assimilatioenergia alkaa heikentyä kuusella n. 25 asteessa, männyllä 21—22 asteessa.

PRINTZIN<sup>3</sup> mukaan olisi assimilation optimilämpötila kuusella +18—20°, männyllä 20—22°. Lämpötilan kohotessa yli 35° kuusen assimilatio jää jo aivan vähäiseksi, männyllä kasvua jatkuu vielä vähän pitemmälle. Männyn ja kuusen suhde lämpöön on siis PRINTZIN mukaan päinvastainen kuin STÄLFELTIN kokeiden mukaan. Johtuuko tämä siitä, että PRINTZIN tulokset ovat saadut hyvässä kesävalaistuksessa, sitä en pysty arvostelevaan.

HAACKIN<sup>4</sup> mukaan olisi männyn siemenen itämiselle optimilämpötila +25—29° (maksimi 37—38°) ja kuusen 23° (maksimi 33°). Omituista on, että lämpötilan vaihtelut kiihoittavat männyn siemenen itämistä, mutta heikentävät kuusen. Valon laatukin näyttää vaikuttavan, sillä esim. sininen valo edistää männyn siemenen itämistä, mutta hidastaa kuusen.

Valoon nähden on huomattava, että esim. STÄLFELTIN<sup>5</sup> mukaan

<sup>1</sup> KONRAD RUBNER, Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. Neudamm 1924. S. 195.

<sup>2</sup> M. G. STÄLFELT, Om skogsträdens kolsyreassimilation och dess betydelse för produktionen. Skogsvårdsför. tidskr., häft 9—10, 1923.

<sup>3</sup> HENRIK PRINTZ, Granens og furuens fysiologi og geografiske utbredelse. Nyt Magazin f. Naturvidensk., Bind. 73, 1933.

<sup>4</sup> HAACK, Die Prüfung des Kiefernensamens. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 44, 1912. S. 193—222, 273—307.

<sup>5</sup> M. G. STÄLFELT, Till kändedomen om förhållandet mellan solbladens och skuggbladens kolhydratproduktion. Meddel. fr. stat. skogsförsöksanst., häfte 18, n:r 5, 1921.

mänty ja kuusi tarvitsevat assimilation maksimituottoon runsaasti valoa ja niin paljon, että ne tavallisissa oloissa yleensä aina kärsivät valon puutetta. Kuusi voi kuitenkin assimiloida jonkin verran heikommassa valossa kuin mänty, joten voi sanoa, että mänty on valopuu, kuusi sekä valo- että varjopuu. Kuusen assimilatiokyky on heikompi kuin männyn, mutta kuusella on sen sijaan suurempi neulasmassa. STÄLFELTIN tutkimukset osoittavat myös, että kuusen lehtihuokokset reagoivat klimaattisia muutoksia kohtaan paljon herkemmin ja voimakkaammin kuin männyn. Niiden herkkyyks on esim. valoa kohtaan 40—60 kertaa suurempi kuin männyn lehtihuokosten. Yleensä mänty on vähemmän riippuvainen siitä säätäjistä, jona lehtihuokokset ovat transpiratioon nähden<sup>1</sup>.

Eri puolajien suhteesta valoon on tehty useita muitakin tutkimuksia. Mainitsen tässä vain CIESLARIN<sup>2</sup> kokeet, jotka osoittavat mm., että mänty tarvitsee valoa huomattavasti enemmän kuin kuusi. Koska tällaisissa kokeissa kuitenkin valon voimakkuuden vaihtelua aina on seurannut muutos myöskin lämpötilassa ja haihdunnassa, on itse asiassa epävarmaa, missä määrin kokeiden tulos osoittaa juuri valon vaikutusta.

Kuten tunnettua, selitetään männikön (ja lehtimetsiköiden) kuusetuminen yleensä siten, että kuusi sietää runsaammin varjostusta, ts., että se kykenee assimiloimaan heikommassa valossa. Ero kuusen ja männyn välillä tässä suhteessa ei kuitenkaan näytä siksi suurelta, eikä siksi selvältä, että se voisi johtaa männikön kuusetumiseen. Osaltaan sekin voi auttaa kuusta kilpailussa, mutta ratkaisevaa merkitystä kilpailun tulokseen puheena olevalla erolla ei nähtävästi voi olla. Ero lämmön tarpeeseen ja sietämiseen nähden ei ilmeisesti sekään voi selittää kuusen etevämyyttä männyn rinnalla. Koska valon ja lämmön merkitystä fotosynteesissä ei ole voitu erikseen arvioida, olisi muuten metsänhoidollisessakin kirjallisuudessa tavallisen valon asemasta puhuttava säteilyenergiasta tahi säteilystä. Sitäpaitsi on huomattava, että valo ja lämpö vaikuttavat myös transpiratioon eikä vain fotosynteesiin.

Selvempi kuin lämpöön ja valoon nähden näyttää ero kuusen ja männyn välillä olevan niiden veden ja ravintoaineiden ottoon ja kulutukseen nähden.

<sup>1</sup> Onko muuten kasvien lehtihuokosia yleensä pidettävä transpiration säätäjinä vai onko enemmänkin kysymyksessä juurien transpiratiota säätävä toiminta, siitä ei olla toistaiseksi täysin selvillä. Vrt. esim.: N. A. MAXIMOW — R. H. YAPP, The plant in relation to water. London 1929.

<sup>2</sup> A. CIESLAR, Licht- und Schattholzarten. Lichtgenuss und Bodenfeuchtigkeit. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 35, 1909. S. 4—22.



2. Taajaa männyn nuorennosta vanhahkon luonnontilaisen männikön alla. Taimet ovat aluksi kasvaneet verraten hyvin, mutta sitten alkaneet kitua, ja olisivat vapautuksenkaan jälkeen tuskin enää kehityskykyisiä. — *Dichter Kiefernjungwuchs unter ziemlich altem, im Naturzustand befindlichen Kiefernwald. Die Pflanzen sind zuerst verhältnismässig gut gewachsen, haben dann aber zu kümmern begonnen und wären auch nach der Freistellung kaum mehr entwicklungsfähig.*

VATERIN<sup>1</sup> mukaan tarvitsisi kuusi kuiva-aineen yksikköä kohti vettä 255 mm, mänty 103 mm. BURGERIN<sup>2</sup> mukaan vastaavat määrät olisivat 170—180 ja 47. HÖHNELIN<sup>3</sup> sai taimien transpiroimiksi vesimääräksi 100 grammaa kohti lehden kuivaa painoa kuusella vuodessa 16 kg, männyllä 11 kg. Ottaen huomioon lehtimassan suuruuden BURGER<sup>4</sup> on laskenut

<sup>1</sup> H. VATER, Der Wasserverbrauch von Buche, Fichte und Kiefer. Tharandt. Forstl. Jahrb. 74, 1923. S. 47—8.

<sup>2</sup> HANS BURGER, Die Transpiration unserer Waldbäume. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 57, 1925. S. 473—82.

<sup>3</sup> FRANZ R. v. HÖHNEL, Ueber die Transpirationsgrößen der forstlichen Holzgewächse mit Beziehung auf die forstlich-meteorologischen Verhältnisse. Mitteil. aus d. forstl. Versuchsw. Österreichs, II Bd., 1881. S. 47—90.

S a m a, Ueber den Wasserverbrauch der Holzgewächse mit Beziehung auf die meteorologischen Factoren. Mitteil. aus d. forstl. Versuchsw. Österreichs, Neue Folge, I. Heft, 1883. S. 15—22.

S a m a, Über das Wasserbedürfniss der Wälder. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 10, 1884. S. 387—409.

<sup>4</sup> HANS BURGER, Holz-, Laub- und Nadeluntersuchungen. Schweizer. Zeitschr. f. Forstw. 1925. S. 266—73, 310—21.

(HÖHNELIN lukujen perusteella), että 100-vuotisen metsikön vuodessa hehtaaria kohti transpiroima vesimäärä on:

kuusikon .....	2 240 000 kg.
männikön .....	468 000 »

Kuten jo yleinen kokemus luonnosta osoittaa, on kuusi tuoreen maan puu. Tämä käykin hyvin ymmärrettäväksi, kun otetaan huomioon, että kuusikko transpiroi noin 5 kertaa enemmän kuin männikkö.

Useat ilmiöt männyn ja kuusen esiintymisessä luonnossa sekä metsänhoidosta saadut kokemukset ovat todennäköisesti selitettävissä näiden puulajien erilaisen vesitalouden perusteella.

On tunnettua, että kuloalat eivät kernaasti kuusetu. Tähänhän voi vaikuttaa sekin, että kulo on tuhonnut siementämiskykyiset kuuset tarkemmin kuin muut puulajit, mutta kuten esim. PÖNTYSEN<sup>1</sup> tutkimukset osoittavat, tulee kuusi silloinkin, kun runsas siemennys on mahdollinen, vasta myöhemmin l. muiden puiden jälkeen paikalle. HEIKINHEIMON<sup>2</sup> tutkimusten mukaan kuusta myöskin kaskialoille ilmestyy harvoin ensimmäisenä puulajina. Se seikka, ettei meillä ainakaan kangasmailla ole laajoja, puhtaita, nuorempia kuusikoita, myöskin osoittaa, että kuusi ei pysty leviämään kuloaloille. Kuusen tavallinen seuralainen mustikka samoinkuin seinäsamalkin ja männyn ystävä kanerva osoittavat monessa suhteessa samoja ominaisuuksia kuin kuusen ja männyn taimet.

Edelleen on tunnettua, että kuusen kylvö helposti epäonnistuu, vaikka pintakasvillisuuskään ei tuhoaisi taimia tahi estäisi itämistä. Kokemukset kuusikon hoidosta osoittavat, että kuusen taimet ensi vuosinaan kaipaavat emäpuiden suojaa. Esim. WAGNER<sup>3</sup> pitää kaistaleharsinnassaan pienten taimien suojaamista auringolta tärkeänä. Sama seikka käy hyvin valaisevasti esille ERKKI K. CAJANDERIN<sup>4</sup> kuusen taimien toipumisista hakkuun jälkeen koskevista tutkimuksista. Tunnettua on myöskin istutettujen kuusen taimien hyvinvointi lepikön alla. Mitä tuoreempaa maa on, sitä vähemmän nähtävästi suoja on taimille tarpeellinen — jos jätämme hallatuhot tässä yhteydessä huomioon ottamatta. Esim. kaistalehakkauks on korpimaille antanut hyviä tuloksia (vrt. kuv. 3, s. 12); kangasmailla, varsinkin sen ollessa kuivahkoa, tulokset ovat olleet selvästi heikompiä. — Kun

<sup>1</sup> S. 5<sup>2</sup>).

<sup>2</sup> S. 5<sup>1</sup>).

<sup>3</sup> C. WAGNER, Die Grundlagen der räumlichen Ordnung im Walde. Tübingen 1907.

<sup>4</sup> ERKKI K. CAJANDER, Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Metsätieteell. tutkimuslait. julk. 19, 5, 1934.



3. Kuusen taimikkoa<sup>1</sup> paljaaksi hakatussa, 20 v. sitten ojitetussa korpinotkossa. (Valok. Bockström). — *Fichtenjungwuchs in einer kahl gehauenen, vor 20 Jahren entwässerten Bruchmoorsenke (Aufn. Bockström).*

taimet kasvavat isommiksi, ei niille ole suoja enää tarpeellinen. Se saattaa päinvastoin muuttua niille haitalliseksi, sillä suojuuston taholta tuleva kilpailu vedestä alkaa tällöin — suojuuston laadusta riippuen — enemmän tahi vähemmän ehkäistä niiden kasvua.

Tässä yhteydessä sopii mainita, että Keski-Euroopassakin puulajien välillä on selviä eroavaisuuksia menestymiseen nähden aukealla maalla. Niinpä RUBNER<sup>2</sup> huomauttaa kosketellessaan taimien tuulensuojaa, että mänty menestyy avomaalla varsin hyvin ja kuusikin jotakuinkin, jalkuusi vaatii jo enemmän suojaa ja pyökki on enimmänsen tarpeessa. Yleensä on tunnettua, että eteläisempien ja alempien seutujen varjokasvit pohjoisempina tahi ylhäällä vuoristoissa tulevat hyvin toimeen aukealla maalla.

Nämä ilmiöt ovat nähtävästi selitettävissä puulajien erilaisen vesibilanssin perusteella. Esim. kulon maassa aiheuttamat muutokset eivät voi olla sen laatuksia, että kuusi olisi niiden takia ainakaan mäntyyn verrattuna huonommassa asemassa. Hallatuhot eivät myöskään voi olla niin yleisiä ja niin suuria, että ne selittäisivät tätä ilmiötä. Kosteussuhteisiin nähden olot sitävastoin ovat kuloalalla kuusen taimille epäilemättä huo-

<sup>1</sup> »Taimikkoa» pitäisin kielellisesti luontevampana kuin »taimisto». Luontainen nuorenno olisi taimikkoa, viljelyksellä saatu nuorenno taimistoa.

<sup>2</sup> S. 8<sup>1</sup>), s. 94.

mattavasti epäedullisemmat kuin männyn taimille. Sama on asianlaita kaikilla vähän laajemmilla aukeilla aloilla. Paitsi sitä, että kuusi transpiroi voimakkaammin kuin mänty, on kuusen vesitalouden kannalta tärkeänä seikkana huomattava, että kuusen juuristo on pinnallisempi kuin männyn. Kuusen enempää kuin männynkään taimien juuristoja erilaisissa oloissa luonnossa ei tosin ole riittävän perusteellisesti ja tarkasti tutkittu, mutta kaikki havainnot käyvät siihen suuntaan, että kuusen taimien juuristo on suhteellisen matalalla ja taimia pidetään juuri tästä syystä arkoina kuivuustuhoille. Koska pienet taimet vielä transpiroivat suhteellisesti runsaimmin ja niiden vararavintovarasto on pieni, tuhoutuvat ne vielä helpommin kuin vanhemmat taimet.

Ilmaston kuivuuden merkitys kuuselle tulee hyvin selvänä näkyviin myöskin niissä kuusikon kasvun seisauksissa, joita WIEDEMANN<sup>1</sup> on selvittellyt Saksassa. Siellä (Saksassa) ovat kesän kuivimmat kuukaudet (sademäärä alle 40 mm) osoittautuneet hyvin tuhoisiksi kuuselle. Siirryttäessä eteläisemmiltä korkeilta seuduilta pohjoisiin alempiin, joilta kuusi luonnostaan puuttuu, lisääntyy kuivien periodien runsaus 30—45 % aina 100 m:n korkeuseroa kohti, vaikka kasvukauden sademäärä samaa korkeuseroa kohti vähentyy vain 4—5 %. Tässä yhteydessä ansaitsee edelleen kiinnittää huomiota myöskin kuusen kuivumisilmiöihin hakkuiden takia tahi muista syistä harvoiksi tulleissa metsiköissä ja erityisesti mm. siihen HEIKINHEIMON<sup>2</sup> toteamaan seikkaan, että tämä kuivuminen Pohjois-Suomen kuusikkoalueilla esiintyy vaarojen alaosien ja tasankojen kuusikoissa tuhoisampana kuin ylempänä.

Vaikkakin kuusen ja männyn taimien välillä todettava ero niiden esiintymiseen nähden avomaalla näyttää olevan selitettävissä taimien erilaisen vesitalouden perusteella, voidaan kuitenkin kysyä, ovatko olot todella kuusen taimille tässä suhteessa suotuisemmat metsikössä kuin avomaalla. Ainakin haihdunnan pitäisi siis olla pienemmän metsikössä ja myöskin kasvualustan l. maan riittävän kostean.

Tässä on taas todettava, ettei omista oloistamme voida näissä suhteissa esittää asiaa valaisevia tutkimustuloksia. Tällaisten puutteessa selostan seuraavassa lyhyesti eräiden keski-eurooppalaisten tutkimusten tuloksia metsikön ja avomaan ilmastosta.

<sup>1</sup> EILHARD WIEDEMANN, Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte... Aus der Abtlg. für Standortslehre und der botan. Abtlg. der forstl. Versuchsanst. Tharandt. Tharandt 1925.

<sup>2</sup> OLLI HEIKINHEIMO, Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. Metsätieteell. koelait. julk. 5, 1922. S. 64.

Metsikön ja avomaan sademäärää koskevia mittauksia on aikojen kuluessa tehty paljonkin. Mainitsen tässä vain erään koesarjan Schweizistä.<sup>1</sup> Sen mukaan tuli 5-vuotiskautena sateesta maahan pyökikössä keskimäärin 74 % ja kuusikossa 52 % aukean alan sademäärästä (huomioon ei tällöin ole otettu runkoa pitkin valuvaa vettä). Kesällä oli sama prosentti pyökikössä 69, kuusikossa 52. Haihdunnassa (mitattuna WILDIN evaporimetrillä) oli ero suurempi kuin sademäärässä.<sup>1</sup> Prosenttimäärät haihdunnasta aukealla alalla olivat seuraavat:

	pyökikkö	kuusikko
koko vuosi .....	40 %	27 %
kesä .....	38 »	28 »
talvi .....	45 »	25 »

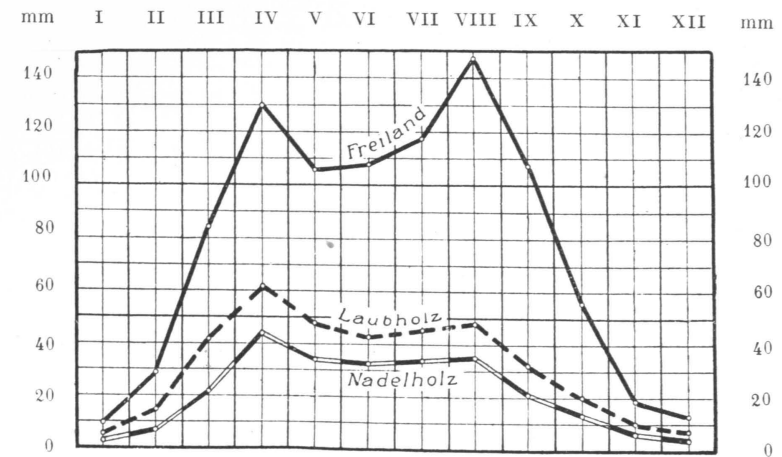
Eräissä toisessa koesarjassa, jossa haihdunta mitattiin atmometrillä, se oli tasaikäisessä kuusikossa 27 % avomaan haihdunnasta. Laskelma osoitti, että erosta johtui 40—45 % relativisen kosteuden erilaisuudesta metsikössä ja avomaalla, 15 % lämpötilan erilaisuudesta ja 40—45 % pääasiallisesti tuulisuuden erilaisuudesta.<sup>2</sup> Keskimääräinen kuukausittainen lämpötilan vaihtelu oli avomaalla 2.6—3.4° suurempi ja relativinen kosteus keskimäärin kuukausittain 12—21 % pienempi kuin metsikössä. — Yleensä ovat tutkimukset metsän ja avomaan ilmastosta osoittaneet, että metsikön ilmasto on kautta vuoden oseanisempi. Tulosten johdosta on vielä huomattava, että mittaukset eivät ole kohdistuneet maan pinnan läheiseen ilmakerrokseen, joka tietenkin puuntaimien elämän kannalta on ennen kaikkea tärkeä. Esim. ilman lämpötilaan ja relativiseen kosteuteen nähden on ero avomaan ja metsikön välillä melkoista suurempi, jos pidetään silmällä maan pintaa, esim. sammal- ja varpupeitteen korkeutta.<sup>3</sup>

Edellä selostettujen tulosten ei tietenkään sellaisinaan tarvitse soveltua meidän oloihimme, mutta epäilemättä niitä kuitenkin voidaan jossain määrin käyttää todistajina täälläkin. Yleensä voi meikäläisiä metsiköitä pitää harvempina kuin ne, joita keskieuropalaiset tulokset koskevat, mutta vaikka meillä siten voisi esim. haihdunta olla metsikössä suurempi,

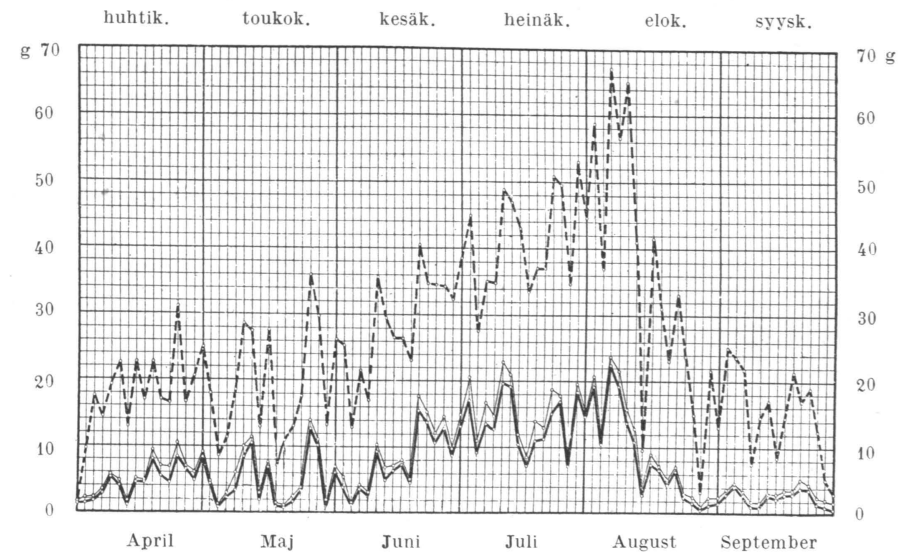
<sup>1</sup> HANS BURGER, Waldklimafragen, II. u. III. Mitteilung. Mitteil. der Schweizer. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, XVIII. Band, 1. Heft, 1933.

<sup>2</sup> Huomattava on, ettei kasvien haihduntaa i. transpiratiota kuitenkaan voida täysin rinnastaa evaporimetrillä tahi atmometrillä mitattuun evaporationiin.

<sup>3</sup> Vrt. esim.: RUDOLF GEIGER, Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1927.



4. Keskimääräinen kuukausittainen haihdunta (evaporimetrillä) metsikössä ja avomaalla. Freiland = avomaan, Laubholz = lehtimetsikkö, Nadelholz = havumetsikkö. I = tammik., II = helmik. jne. (Burgerin muk.). — Mittlere monatliche Verdunstung (im Evaporimeter) im Wald und im Freien. I = Januari, II = Februari usw. (Nach Burger).



5. Haihdunta avomaalla ja metsikössä kesällä v. 1928 (atmometrillä). — Verdunstung im Freien und im Wald im Sommer 1928 (im Atmometer).

----- avomaan    ——— kuusikko    ——— harsintametsikkö  
Freiland    Fichtenbestand    Plenterwald  
(Burgerin muk. — nach Burger).



on meillä myöskin sateesta maahan pääsevä osa suhteellisesti suurempi. Voimme hyvällä syyllä olettaa, että meilläkin on metsikössä haihdunta pienempi kuin avomaalla. Lisäksi on huomattava, että kasvien »varjo-lehdet» eivät transpiroi yhtä voimakkaasti kuin »valolehdet».

Haihdunnan heikkomuus yksinään ei kuitenkaan ole ratkaiseva. Huomioon on otettava lisäksi maan kosteussuhteet. Nämä ovat metsikössä toisenlaiset kuin avomaalla paitsi erilaisen haihdunnan takia myöskin siksi, että puut pidättävät osan sateesta ja lisäksi kuluttavat maan vesivarjoja haihduntaansa.

Kuten esim. HALDENIN<sup>1</sup> tutkimuksista (Ruotsissa) selviää, on hiekka- ja soramaan pintakerros metsikössä kuivempi kuin avomaalla. Aivan maan pinta oli kuitenkin esim. RAMANNIN<sup>2</sup> tekemissä mittauksissa metsikössä kosteampi. Mitenkä asianlaita on meikäläisissä moreni- ja muissa hienohajaisissa maissa, jollaisista maista tässä yhteydessä pääasiallisesti on kysymys, siitä meillä ei ole mitään varmoja tietoja. Hyvin luultavaa kuitenkin on, ettei näissä maissa ero metsikön ja avomaan välillä ole yhtä selvä kuin karkeahajaisemmissa maalajeissa. Tässä tulee sitäpaitsi kysymykseen pääasiallisesti maan ohut pintakerros ja lähinnä humuskerros. Kun otetaan huomioon, että m.m. seinäsammalen menestymiselle otetun avomaalla ovat selvästi huonommat kuin metsikössä (HERTZ<sup>3</sup>) ja että seinäsammal ilmeisesti ehkäisee haihduntaa maasta, täytynee olettaa, että metsikössä ainakin humuskerros pysyisi jonkin verran kosteampana kuin avomaalla.<sup>4</sup> Vasta yksityiskohtaiset tutkimukset kuitenkin voivat lopullisesti osoittaa, miten asianlaita on. Tärkeintä olisi tällöin tietää, minkälaiset kosteussuhteet ovat metsikössä ja avomaalla kesän kuivimpana aikana.

Pitäisin siis todennäköisenä, että kuusettuvassa männikössä kosteusolot ovat kuusen taimille suotuisemmat kuin avomaalla (muuten samantyyppisissä olosuhteissa). Tästä huolimatta ei oloja männikön alla voi pitää kuusen taimille erityisen ihanteellisina. Kyseessä on niin sanoakseni valinta isomman pahan ja pienemmän pahan välillä.

<sup>1</sup> BERTIL E. HALDEN, Studier över skogsbeståndens inverkan på markfuktighetens fördelning hos skilda jordarter. Skogsvårdsför. tidskr. 1926. S. 125—243. — Marktorkan å sand- och grusmarker. Svenska Skogsvårdsför. tidskr. 1932, heft I—II. S. 39—131.

<sup>2</sup> E. RAMANN, Wassergehalt diluvialer Waldböden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 38, 1906. S. 13—38.

<sup>3</sup> S. 6<sup>2</sup>.

<sup>4</sup> Vrt. myös: F. K. HARTMANN, Über den Wasserverbrauch einiger Bodendecken des märkischen Kiefernwaldes auf Sandboden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 60, 1928. S. 449—70.

Vaikka edellä kosketeltu seikka, kuusen suhteellisen suuri veden kulu- tus, auttaa ymmärtämään kuusen yleistä esiintymistä alikasvoksena muiden puulajien metsiköissä, ei sekään voi selittää männikön kuusettumista muuta kuin osittain. Tässä näet nousee kysymys, miksi männyn taimet eivät menesty metsikön suojassa. Vaikkakin männyn taimet voivat menestyä kuivassa maassa paremmin kuin kuusen, pitäisi niillekin edullisem- mista kosteussuhteista metsikön alla olla vain hyötyä. Yleensä männyn taimet kasvavat kosteassa maassa paremmin niinkuin muutkin kasvit tiettyyn rajaan saakka. Tunnettua on myöskin, että ainakin kuivimmilla kankailla männynkin taimille suoja on eduksi; niinpä on näillä mailla todettu männyn taimien aukeilla hakkuualoilla menestyvän parhaimmin hakkuutähteiden suojassa.<sup>1</sup> — Männyn taimien puuttuminen männikön alta selitetään kyllä niin, että taimet eivät tässä tapauksessa saa riittä- västi valoa, mutta tavallisissa meikäläisissä männiköissä, esim. juuri sel- laisissa, joissa on kuusialikasvos, on valoa siksi runsaasti, että männyn taimet eivät voi kuolla valon puutteeseen. Pienet taimet sitäpaitsi, kuten tunnettua, tulevat toimeen heikossakin valaistuksessa.

Tulemme sitten kysymykseen, onko männyn ja kuusen taimien välillä joitakin eroja suhteessaan maan muihin ominaisuuksiin kuin kosteusoloihin.

Männyn ja kuusen esiintyminen luonnossa osoittaa, että kuusi vaatii hyvin kasvaakseen viljavampaa maata kuin mänty. Koska tällainen maa kuitenkin yleensä on myöskin tuoreempaa, on itse asiassa vaikeaa sanoa, missä määrin kasvu kulloinkin riippuu maan kosteudesta, missä määrin ravintoaineista. Jos ajatellaan esim. kuusen ylivoimaisuutta korvissa ja männyn rämeillä, joissa molemmissa tapauksissa vettä on runsaasti, on tähän vaikeaa keksiä muuta selitystä kuin että ero johtuu maan erilaisesta kivennäisainepitoisuudesta. Juoksevassa vedessä on tosin enemmän hap- peakin, mutta esim. Pohjois-Suomessa eivät ole harvinaisia laihat rinnesuot (rämeet), joiden vesi on liikkuvaa. Kivennäisaineisiin nähden tekee räme- maan l. -turpeen vielä laiheemmaksi se seikka, että kolloidisesti liuennut humus vaikeuttaa kivennäisaineiden, ainakin kalkin ottoa, ja tällaista humusta on nähtävästi rämevedessä runsaammin kuin korpivedessä.<sup>2</sup> Huomattava on tässä yhteydessä myös, että mänty kasvaa parhaissa metsätyypeissä huonommin kuin kuusi.

<sup>1</sup> V. T. AALTONEN, Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa I. Metsätieteell. koelait. julk. 1, 1919.

ERKKI LAITAKARI, Hakkaustähteet metsänhoidolliselta kannalta. Acta forest. fenn. 42, 1, 1935.

<sup>2</sup> On kyllä väitetty niinkin, että rämevesi olisi ainakin erälle kasveille jollakin tavoin myrkyllistä.

Nämä seikat kaipaivat välttämättä kokeellista selvitystä. Puiden juuristojen veden ja ravinnon otosta ovat tiedot toistaiseksi kovin vähäiset verrattuna lehdistöä ja fotosynteesiä koskeviin tietoihin. Joka tapauksessa osoittaa tähänastinenkin kokemus, että kuusen taimet käyttävät kivennäisravintoaineita huomattavasti runsaammin kuin männyn taimet. Kuusen runsaampi ravinnon käyttö on ehkä selitettävissä sen suuremman veden kulutuksen ja suuremman neulasmäärän perusteella.

Ne pienet kokeet, joita itse olen voinut tehdä männyn ja kuusen 1-vuotilla taimilla, osoittavat mm., että mänty ei siedä väkevää ravintoliuosta yhtä hyvin kuin kuusi.<sup>1</sup> Kokeessa, jossa koemaana oli kuusettuvasta männiköstä otettua tavallista kangashumusta, kasvoivat kuusen taimet jonkin verran paremmin kuin männyn. Viimeksi tekemässäni kokeessa käytin kivennäismaata, joka otettiin samanlaisesta metsiköstä kuin edellisenkin kokeen maa heti humuskerroksen alta luonnollisessa asussaan litran vetoisiin terässylintereihin. Kokeissa käytettiin kahta kosteusastetta, 30 ja 60 % maan suurimmasta vesikapasiteetista ja kussakin tapauksessa kahta paralleliastiaa. 111 päivää kylvöstä oli taimien kuiva paino seuraava (siemeniä kylvettiin kuhunkin astiaan 100 ja seuraavat painot tarkoittavat astioiden kaikkien taimien yhteistä painoa):

kosteusaste	30 %	60 %
	paino g	
mänty .....	0.30	0.32
kuusi .....	0.18	0.28

Mänty kasvoi siis paremmin kuin kuusi ainakin kuivemmassa maassa ja veden lisäys edisti kuusen kasvua huomattavasti enemmän kuin männyn. Maa oli tässä tapauksessa tavallista hiekkamaata.

Vaikka kuusi olisikin vaativaisempi kivennäisaineisiin nähden tahi voisi sietää ravintoliuoksen suurempaa väkevyyttä, ei tällä seikalla männikön kuusettumisen kannalta voi olla ainakaan mitään ratkaisevaa merkitystä. Jos metsiköstä, jossa on kuusialikasvos, poistetaan ylikasvos, menestyvät männyn taimet samassa maassa — ainakin kivennäismaassa — epäilemättä varsin hyvin, eikä voida olettaa, että maan kivennäisaineissa olisi ylikasvoksen poistamisen johdosta tapahtunut mitään erikoisia muutoksia.

<sup>1</sup> V. T. AALTONEN, Die Entwicklung des Waldbestandes und die Wachstumsfaktoren. (Selostus: Metsikön kehitys ja kasvutekijät). Acta forest. fenn. 40, 1934. — Julkaisun s:lla 19 olevassa taulukossa ilmoitetut painot ovat milligrammoja, eikä grammoja, niinkuin on erehdyksestä mainittu!

Toistaiseksi ei ole riittävästi selvitetty, missä määrin männyn ja kuusen taimet eroavat toisistaan suhteessaan maan happamuuteen, mutta mitään suurta eroa ei niiden välillä ilmeisesti voi olla.

Vallan tutkimatta on, missä määrin mänty ja kuusi ovat samanlaisia vai erilaisia typpiravinnon ottoon nähden. Näyttää mm. siltä, että kuusi kasvaisi tavallisessa kangashumuksessa paremmin kuin mänty, mutta tähän eroon voi olla muitakin syitä kuin ero typen otossa.

Kuusen ja männyn välisessä kilpailussa voi ehkä jotain vaikuttaa sekin seikka, että ne voivat ottaa samaa ravintoainetta eri aikoina kasvukauden kuluessa.<sup>1</sup>

Yleensä on kuitenkin mänty- ja kuusialikasvoksen esiintymisessä mänty-ylikasvoksen alla siksi suuri ero, että männyn ja kuusen taimien välillä todennäköisesti on jokin biologisesti tuntuvampi ero niiden suhteessa maahan, kuin ne erot, joita edellä on kosketeltu. Tämä ero on ehkä niiden juuristojen anatomiasa ja fysiologiassa.

Mänty-alikasvoksen puuttumisen männiköstä täytynee olla pääasiallisesti seurauksena siitä, että emäpuut ovat voimakkaampia siinä kilpailussa, jonka taimien ja emäpuiden välillä täytyy vallita maan vedestä ja sen mukana ravintoaineista. Syystä tai toisesta kuusen taimet ovat tässä kilpailussa mänty-ylikasvoksen kanssa voimakkaampia kuin männyn taimet. Ovatko kuusen taimet niin sanoakseni passiivisesti voimakkaampia, siis siten, ettei niiden ja ylikasvoksen välillä yleensä ole kilpailua tahi vain heikkoa sellaista, vai ovatko ne aktiivisesti, siis suorastaan voimakkaampia, siitä ei nykyisten tietojen perusteella voi saada mitään varmaa käsitystä. Silti on olemassa sekin jo edellä sivuttu mahdollisuus, että kuusen ja männyn taimet eivät jostakin toistaiseksi tuntemattomasta muusta syystä menesty yhtä hyvin männikön humusallustassa. Kuivilla kangasmailla, joiden humuskerros on ohut, on yleensä runsaammin pieniä männyn taimia kuin tuoreemmilla mailla ja kun sattuu käymään niin, että kulo tuorehkon maan männiköstä enemmän tahi vähemmän polttaa pintakasvillisuuden ja humuspeitteen tappamatta silti puita, voi männikön alle ilmestyä melkoisen hyvä taimikon alku (vrt. esim. kuv. 2, s. 10).

On selitetty kuusen voivan menestyä männikön alla mm. siksi, että sen juuristo on pinnallisempi kuin männyn, mikä lieventäisi kilpailua ylikasvoksen ja alikasvoksen välillä.<sup>2</sup> Voi olla näinkin, mutta toiselta puolen

<sup>1</sup> RAMANNIN, BAUERIN ym. tutkimusten mukaan. (Vrt.: BÜSGEN, MÜNCH, THOMSON, The Structure and Life of Forest Trees. London 1929. S. 327—8).

<sup>2</sup> ERKKI LAITAKARI, Die Wurzelforschung in ihrer Beziehung zur praktischen Forstwirtschaft. Acta forest. fenn. 33, 1929.

esim. männyn taimien vaakasuora juuristo on pinnallisempi kuin mäntyemäpuiden eivätkä taimet kuitenkaan pääse kehittymään. Myöskin koivikossa tapaa harvoin mäntyalikasvosta, vaikka ylikasvoksen juuristo tässä tapauksessa on vielä syvempänä kuin männikössä.<sup>1</sup> Harmaalepikössä, jossa on kuusialikasvos, ovat ylikasvoksen ja alikasvoksen juuristot samassa syvyydessä; tässä tapauksessa alikasvos menestyy hyvin ja ehkäisee myöhemmällä ikäasteella ylikasvoksen kasvua hyvin tuntuvasti (ERKKI K. KALELAN vielä julkaisemattomien tutkimustulosten mukaan). Varsinkin tämä todento panee otaksumaan, että kuusi olisi ravinnon otossaan jollakin tavalla myöskin mäntyä voimakkaampi, vaikka ero kuusen ja männyn välillä on pienempi kuin kuusen ja harmaalepän välillä. Tunnettu tosiasia on sitäpaitsi, että kuusialikasvos menestyy paremmin lepikössä ja koivikossa kuin männikössä. Kuusikossa kuusialikasvos sitävastoin ei menesty sen paremmin kuin mäntyalikasvoskaan männikössä. Esim. PÖNTYSEN<sup>2</sup> Raja-Karjalassa tekemistä tutkimuksista selviää, että kuusialikasvokset ovat heikkoja tahi puuttuvat kokonaan sieltä, missä ylikasvos on kuusta tahi runsaasti kuusensekaista. Edellä sanotusta jo myöskin selviää, ettei esim. mäntyalikasvoksen esiintyminen kuusikossa voi tulla kysymykseen juuri ollenkaan.

Kaiken kaikkiaan on tulos edellä esitetystä männikön kuusettumista koskevasta tarkastelusta se, että tämä ilmiö tuskin voi perustua yhteen tahi edes muutamaan harvaan syyhyn. Niillä käsityksillä ja teorioilla, joita puheena olevan ilmiön selittämiseksi on esitetty, on merkitystä pääasiallisesti vain työhypoteeseinä. Sellaisena pidän sitäkin omaa käsitystäni, että pääsyyinä olisi jokin ero kuusen ja männyn veden ja ravinnon otossa.

Kysymyksen edelleen selvittämiseksi on yksityiskohtaisesti tutkittava, minkälaisissa oloissa kasvupaikan laatuun, ylikasvokseen ym. nähden kuusi esiintyy alikasvoksena, mitenkä se kulloinkin kasvaa, vaikuttaako se jotakin ylikasvoksen kasvuun jne. Tärkeää olisi myöskin päästä selville alikasvoksen ja ylikasvoksen puiden juuristojen leviämistä maassa ja asemasta toisiinsa nähden. Yksi kysymys on, onko joitakin eroja kuusen ja männyn välillä taimien juuriston kokoon ja laatuun nähden verrattuna niiden lehdistöön.

Edelleen olisi selvitettävä haihdunnan suuruutta sekä maan pintaosien, varsinkin humuskerroksen kosteussuhteita avomaalla ja metsikössä eri-

<sup>1</sup> ERKKI LAITAKARI, Koivun juuristo. Acta forest. fenn. 41, 1935.

<sup>2</sup> S. 5<sup>o</sup>).

tyisesti pitkäaikaisen kuivan sään vallitessa. Eri kasvutekijöiden kuten valon, veden, kivennäsravinnon ja typen merkityksestä kuusen ja männyn taimille ei päästä selvyyteen ilman järjestelmällisiä astiakokeita. Samanlaisilla kokeilla olisi koetettava selvittää, mikä merkitys ilman kosteudella ja maan ilmapitoisuudella on männylle ja kuuselle. Kokeellisesti voitaisiin myöskin tutkia eri lämpötilojen vaikutusta samassa valaistuksessa. Koska näyttää siltä, että juurten veden ja ravinnon absorptiossa olisi jokin ero kuusen ja männyn välillä, ovat tätä seikkaa koskevat tutkimukset erityisen tärkeitä. Kun ajattelee, miten tavattoman määrän tämäläisiä kokeita ja tutkimuksia kasvifysiologian ja maanviljelyskemian tutkijat ovat aikojen kuluessa suorittaneet eri kasvilajeilla, on oikeastaan merkittävää, että puukasvit ja erityisesti tavallisimmat taloudellisesti tärkeät puulajit ovat jääneet edellä mainituissa suhteissa melkein kokonaan tutkimatta. Kysymyksen ollessa esim. puiden transpiratiosta voidaan viitata vain HÖHNELIN yli 50 vuotta sitten tekemiin kokeisiin.

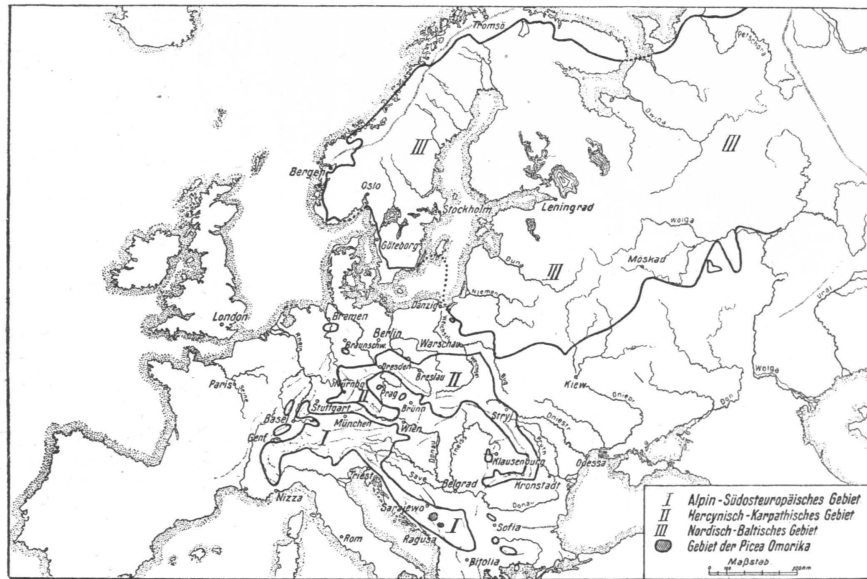
## 2.

Kuusen ja männyn maantieteellisten levintäalueiden rajat sattuvat suurin piirtein yksiin, joten tämän perusteella näyttäisi siltä, että näiden puulajien biologiset ominaisuudet eivät voisi sanottavasti poiketa toisistaan. On kuitenkin syytä hiukan lähemmin tutustua noihin rajoihin ja niiden ilmasto- sekä maasuhteisiin ynnä männyn ja kuusen menestymiseen yleensä niiden levintäalueiden sisäpuolella.

Kuusen ja männyn laajat levintäalueet (kuvat 6 ja 7, s. 22—3) osoittavat heti, että nämä puulajit pystyvät tulemaan toimeen sangen erilaisissa oloissa. Esim. heinäkuun keskilämpötila vaihtelee + 10 asteesta (metsänrajalla) vähän yli 20 asteeseen (Etelä-Venäjällä). Länsi-Euroopassa on kylmimmän kuukauden keskilämpö 0-asteen tienoilla, Siperiassa se voi olla useita kymmeniä pakkasasteita. Sademäärä on toisaalla kymmenen kertaa suurempi kuin toisaalla. Myöskin maan laatu vaihtelee suuressa määrin sekä maalajin että maannostumisen<sup>1</sup> puolesta. Puheena olevien puulajien levinnässä osoittautuu kuitenkin sitä lähemmin tarkasteltaessa olevan eräitä eroavaisuuksia.

Jos rajoitutaan vain Euroopan oloihin, jotka ovat paremmin tunnetut, niin huomataan, että männyn luontainen, horisontaalinen levintäalue

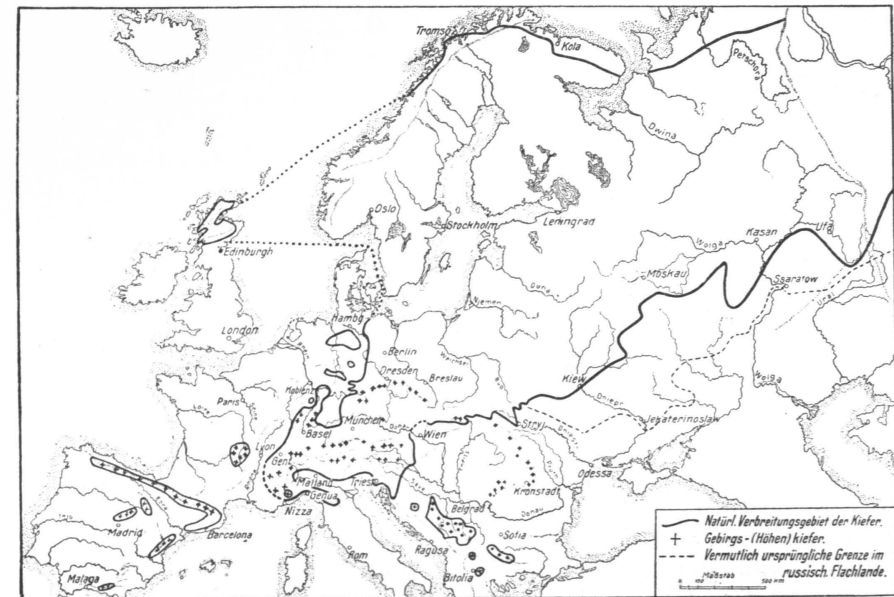
<sup>1</sup> Maannostuminen = esim. saksan Bodenbildung. Vrt. muuten: V. T. AALTONEN, Maa, maaperä ja niitä selvittelevä tiede. Metsätieteell. tutkimuslait. julk. 20, 1, 1934.



6. Kuusen luontainen levintäalue Euroopassa. I = alpinis-kaakkoiseurooppalainen alue, II = hercynis-karpaattinen alue, III = pohjois-baltialainen alue. Gebiet der *Picea Omorika* = Omorika-kuusen alue. (Rubnerin muk. — Natürl. Verbreitungsgebiet der Fichte in Europa (nach Rubner).

yleensä on vähän laajempi kuin kuusen. Vuoristoissa sitä vastoin kuusi nousee mäntyä korkeammalle, lukuun ottamatta Skandinavian pohjoisosien tunturialuetta, jolla mänty etenee vähän kauemmaksi. Keski-Euroopassa kuusi on vuoristopuu, jonka levinnällä on selvä alaraja ja yläraja. Mänty taas on tasankojen puu, mutta sekin alkaa etelämpänä muuttua vuoristopuuksi. Keski-Euroopassa kuusi siis ei yleensä esiinny männyn kilpailijana sillä tavalla kuin meillä. Omassa maassamme näyttävät kuusi ja mänty yleensä olevan yhtä levinneinä kaikkialla, mutta tämä johtuu nähtävästi vain siitä, että meillä korkeuserot ovat pienempiä kuin Keski-Euroopassa. Itse asiassa meilläkin on Pohjois-Suomessa alueita, joilla kuusi on niin vallalla, että niitä voi nimittää erityisiksi kuusikkoalueiksi, ja huomattava on, että nämä alueet ovat Pohjois-Suomen korkeimpia seutuja. HEIKINHEIMON<sup>1</sup> mukaan on 66. leveysasteen pohjoispuolella ole-

<sup>1</sup> OLLI HEIKINHEIMO, Pohjois-Suomen kuusimetsien esiintyminen, laajuus ja puuvarastot. Acta forest. fenn. 15, 1920.



7. Männyn luontainen levintäalue Euroopassa. + = vuoristomänty; katkoviiva kaakkois-Euroopassa esittää männyn otaksuttavaa alkuperäistä rajaa Venäjän tasangoilla. (Rubnerin muk. — nach Rubner).

vista kuusimetsäalueista noin puolet yli 300 metriä korkealla ja noin  $\frac{1}{4}$  250—300 metrin välillä. 65—66. leveysasteiden välisistä kuusikkoalueista ovat melkein kaikki 200—300 metriä korkealla ja 64—65. leveysasteiden väliset alueet ovat tästä noin 50 metriä alempana.

Männyn ja kuusen rajoja pohjoista ja etelää vastaan pidetään selvästi ilmastollisina, tarkemmin sanoen lämpörajoina. Pohjoisessa on raja seurauksena liian alhaisesta, etelässä liian korkeasta kesän lämmöstä. Mänty etenee vähän etelämmäksi siksi, että se sietää korkeampaa lämpötilaa. Esim. Etelä-Venäjällä, jossa männyn raja on 400—500 km kuusen rajaa etelämpänä, on mäntymetsän rajaseuduilla (Saratowissa) heinäkuun keskilämpö noin 3 astetta korkeampi kuin kuusen rajaseuduilla. Siemenen tuleentumisesta meillä tehdyt tutkimukset osoittavat, että neljän kesäkuukauden keskilämpötilan tulee olla vähintään  $+9.5^{\circ}$ , jotta kuuselle kehittyisi käyttökelpoista siementä, mutta männylle on saman lämpötilan oltava vähintään  $+10.5^{\circ}$ , joten mänty siis tämän mukaan vaatisi lämpimämmän

kesän kuin kuusi.<sup>1</sup> CAJANDERIN<sup>2</sup> mukaan kuusen jääminen Lapissa mäntyä etelämmäksi johtuisi siitä, että kyseessä olevilla seuduilla sademäärä on suhteellisen alhainen ja yleensä katsotaan niiden laajojen kuivien kankaiden estävän kuusen leviämistä pohjoisemmaksi.

Männyn ja kuusen länsirajojen suhde ilmastollisiin elementteihin ei näytä yhtä selvältä kuin pohjois- ja etelärajojen.

Ainakin mänty on aikaisemmin ollut levinneenä kaikkialle Euroopan länsiosiin, mutta sen raja on sittemmin siirtynyt itäänpäin paikoitellen hyvinkin pitkälle. Onko tämä perääntyminen johtunut suorastaan ilmaston muuttumisesta leudommaksi ja kosteammaksi vai onko myöhemmin tullut pyökki karkoittanut männyn, jossa tapauksessa nykyinen raja ei olisi suoraan ilmastollinen, siitä on esitetty erilaisia käsityksiä. Yleensä kuitenkin otaksutaan, että mänty ja kuusi vaativat jonkin ajan kestäväää talvilepoa ja että ne tästä syystä eivät menesty Euroopan länsiosien rannikon leutotalvisessa ilmastossa. Esim. kuusen länsiraja sattuu yksiin vuoden kylmimmän kuukauden — helmikuun — 0-asteen isotermin kanssa. Tällaisessa ilmastossa varsinkin kuusi kärsii sikäli, että sen puu kehittyy leveälustoiseksi ja on heikko vastustamaan sienituhoja. Kun kasvu alkaa aikaisin keväällä, kärsii kuusi myöskin paljon hallatuhoista. Sitäpaitsi niin mänty kuin kuusikin esim. RUBNERIN<sup>3</sup> mukaan vaativat lännempänä enemmän valoa ja olisivat tästä syystä heikompia kilpailemaan varsinkin pyökin kanssa.

ENQVISTIN mukaan jonkin kasvilajin esiintymisen sen levintärajojen ulkopuolella tekevät mahdottomaksi epäsuotuiset lämpösuhteet; kasvin pakkasrajalla on kyseessä lämmön vaatimus, lämpörajalla kylmyyden vaatimus. Lämpötilaan nähden kasvit vaativat tietyn, jonkin lyhimmän tahi pisimmän ajan kestävään ekstremilämpötilan. Tästä lämpötilasta ja sen kestämisajasta ENQVIST on laskenut levintärajoille ns. konstantit. Kuusen ja männyn rajat meri-ilmastoisia seutuja vastaan määrää ENQVISTIN mukaan tietyn ajan kestävä minimilämpötila. Kuuselle on välttämättömän talvi, jonka kuluessa on yli 120 pakkaspäivää, männylle on tällaisia päiviä oltava yli 90.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> VILJO KUJALA, Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. (Selostus: Tutkimuksia männyn- ja kuusensiemenen rakenteesta ja itäväisyydestä Suomessa.) Metsätieteell. koelait. julk. 12, 1927.

<sup>2</sup> A. K. CAJANDER, Metsänhoidon perusteet II. Porvoo 1917. S. 165.

<sup>3</sup> S. 8<sup>1</sup>), s. 154, 158—9, 194.

<sup>4</sup> F. ENQVIST, Studier över samtida växlingar i klimat och växtlighet. Svensk geografisk årsbok 1929.

Hiljakkoin tätä asiaa selviteltyt PRINTZ<sup>1</sup> on tullut siihen tulokseen hänkin, että leuto talvi on määräävä tekijä männyn ja kuusen länsirajoihin nähden. Fysiologisesti tämä on selitettävissä siten, että talvella on epäsuhte lämpötilan ja valomäärän välillä. Valoa on vähän, mutta lämpöä siihen verrattuna runsaasti Golf-virran läheisyyden vuoksi. Heikossa valossa täytyy lämpötilan olla riittävän alhainen, muuten hengityksen aiheuttama aineen hukka tulee liian suureksi. Siksi kuusi Norjassa etenee meren rannikolle saakka vain niillä seuduilla, joilla talven lämpötila on riittävän alhainen. PRINTZIN mukaan mänty on perääntymässä leudoksi ja kosteaksi muuttuneen ilmaston takia ja tästä samasta syystä — myöhemmin tullut — kuusi ei pääse etenemään. Mänty kärsii enemmän, koska se vaatii enemmän valoa ja se tulee siten vähitellen vetäytymään kuusta idemmäksi.

Mitä männyn ja kuusen viljelyksen onnistumiseen niiden levintäalueiden ulkopuolella Euroopan länsiosissa tulee, niin näyttävät tiedot ja kokemukset tässä suhteessa vaihtelevilta ja ristiriitaisilta. Esim. RUBNERIN<sup>2</sup> mukaan voitaisiin mäntyä huoletta levittää keinollisesti rannikolle saakka, kuuselle se taas olisi luonnonvastaista. PRINTZIN<sup>1</sup> mukaan olisi männyn viljely Länsi-Euroopan atlanttisessa ilmastossa yleensä antanut huonoja tuloksia, kuusi sitävastoin olisi menestynyt paremmin. Myöskin CAJANDERIN<sup>3</sup> mukaan voidaan kuusta Pohjanmeren ympäristössä, missä sademäärä on suuri, menestyksellä käyttää kuivienkin kankaiden metsittämiseen. Omien havaintojeni mukaan esim. Hollannin nummilla kuusiviljelykset näyttävät menestyvän paremmin kuin mäntylviljelykset (kuva 8, s. 26). Kokemukset Englannista ovat samansuuntaisia.

Kun on kyseessä niin erilaisten ilmastoalueiden kautta kulkeva levintäraja kuin tässä tapauksessa, johtaa jonkin yksityisen ilmastotekijän merkityksen yleistäminen helposti harhaan. Näin on sitä enemmän siksi, ettei olla riittävästi selvillä eri tekijöiden fysiologisesta vaikutuksesta. Esim. lämpötila on tietenkin erinomaisen tärkeä kasvien kannalta, mutta tavallisesti sekin on vain yksi tekijä. Jonkin maantieteellis-tilastollisesti johdetun lämpötilan arvon, olkoon, että se seuraa jonkin kasvin levintärajaa, ei ilman muuta tarvitse määrätä tätä levintärajaa vaikuttamalla välittömästi kasvin fysiologisiin reaktioihin, kuten esim. LANGLET<sup>4</sup> huomauttaa

<sup>1</sup> S. 8<sup>3</sup>).

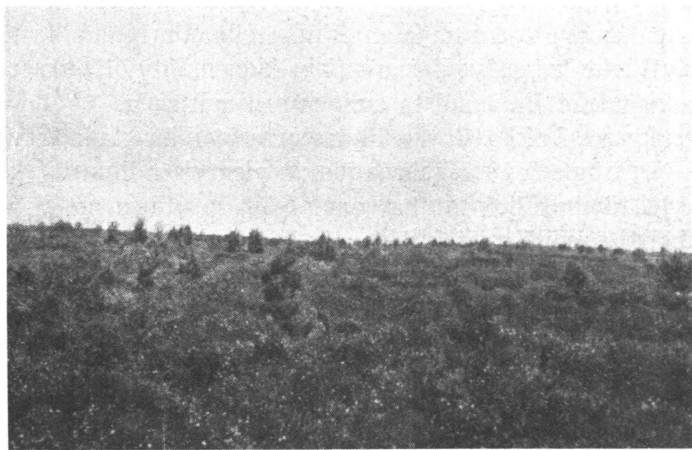
<sup>2</sup> S. 8<sup>1</sup>), s. 154, 158—9, 194.

<sup>3</sup> S. 24<sup>2</sup>), s. 165.

<sup>4</sup> OLOF LANGLET, Till frågan om sambandet mellan temperatur och växtgränser. Meddel. fr. stat. skogsförsöksanst., häfte 28, n:r 3, 1935. — Julkaisussa on laaja, asiaa koskeva kirjallisuusluettelo.



8. Viljelyskuusikkoa eräällä Hollannin kanervanummella. — *Kulturjichtenbestand auf einer holländischen Heide.*



9. Istutettua hyväkasvuista männyn taimikkoa eräällä Skottlannin kanervanummella. — *Gepflanzt, gutwüchsiger Kiefernjungwuchs auf einer Calluna-Heide in Schottland.*

arvostellessaan edellä mainittua ENQVISTIN teoriaa. Kysymyksen tekee vielä monimutkaisemmaksi kasvien muuntelu; esim. kuusi ja mänty saattavat levintäalueensa eri osissa edustaa biologisesti enemmän tahi vähemmän erilaisia rotuja.

Niin ENQVISTIN kuin PRINTZINKIN teoriat ovat osoitetut useissa suhteissa kestävämmiksi. Toisten tutkijain mukaan on kuusen ja männyn länsirajoja ainakin Skandinaviassa pidettävä historiallisina ja kilpailubiologisina eikä ilmastollisina.<sup>1</sup>

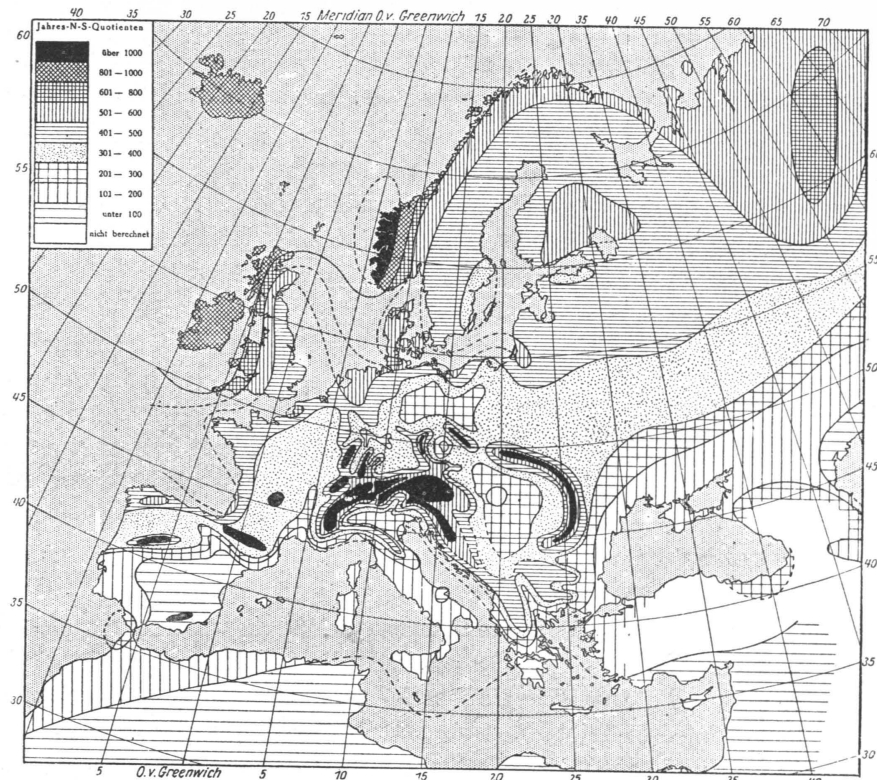
Tästä rajakysymyksestä ja yleensäkin puulajien levintärajojen suhteesta ilmastollisiin tekijöihin käydyssä keskustelussa herättää huomiota, että sellainen eri tekijöiden yhteisvaikutusta edustava ilmaston ominaisuus kuin haihdunta on jäänyt jotensakin syrjään. Koska haihdunnalla on hyvin ratkaiseva merkitys kasvien vesibilanssin kannalta ja puut ovat lisäksi suuria veden kuluttajia, näyttäisi haihdunta erityisesti tässä yhteydessä vaativan huomiota. Edellä tulimme sitäpaitsi jo siihen tulokseen, että kuusi transpiroi tuntuvasti runsaammin kuin mänty.

Haihdunta on suorassa suhteessa ilman kyllästysvajaukseen, lisäksi se riippuu ilmanpaineesta ja ilman liikunnasta. Se on vaikeammin mitattavissa kuin esim. lämpötila tahi sademäärä, eikä haihdunnan suuruudesta ole saatavissa tietoja läheskään siinä määrässä kuin muista ilmaston tavallisista ominaisuuksista. Kasvien transpiratio ei lisäksi täysin vastaa haihduntaa veden pinnasta, mikä tekee oikean kuvan saamisen haihdunnan kasvibiologisesta merkityksestä sitäkin vaikeammaksi.

Jonkinlaisen käsityksen haihdunnan suhteellisesta suuruudesta antaa ilmaston ns. humiditeetti, jonka määrittelemiseksi on käytännössä useita eri koeffisienttejä, kuten LANGIN sadetekijä, MARTONNEN humiditeettiluku ja MEYERIN N/S-osamäärä. Jos verrataan toisiinsa esim. kuusen levintää ja vuotuista N/S-osamäärää (vuoden sademäärän suhde kyllästysvajaukseen, kuva 10, s. 28), niin voidaan todeta, että kuusi pysyttelee suurin piirtein alueella, jonka N/S on suurempi kuin 400. Poikkeuksen muodostavat kuitenkin Brittein saaret sekä mantereella Pohjanmeren ja Atlantin rannikot.

N/S-osamäärän suhteen on huomattava, että se vuotuista keskimäärää edustavana ei sano mitään haihdunnan suuruudesta kesän kuivimpana aikana, mikä tässä yhteydessä juuri on tärkein seikka. Missä määrin

<sup>1</sup> Paitsi edellä main. LANGLETIN julkaisua vrt. myös esim.: OSCAR HAGEM, Ändingsvekkelse som skogbegrensande faktor i Vest-Norge. Skogbrukeren 1935.



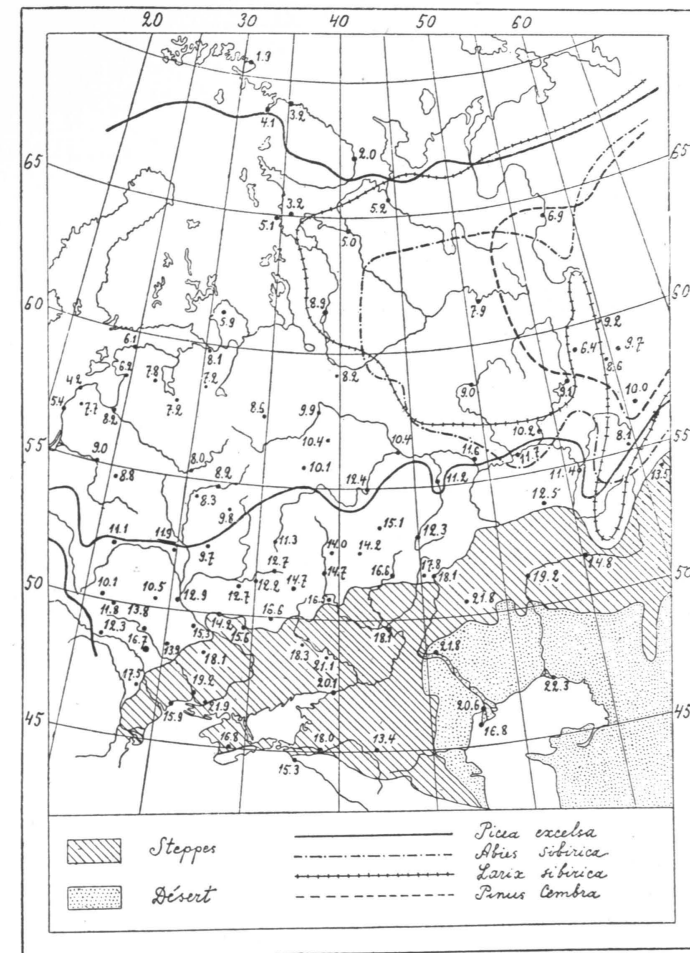
10. Euroopan vuotuinen N/S-osamäärä (Meyerin mukaan). — Jährlicher N/S-Quotient für Europa (nach Meyer).

KOTILAISEN<sup>1</sup> oseaniteetti-indeksi olisi kyseessä olevaan tarkoitukseen käyttökelpoinen, sitä en osaa sanoa. Joka tapauksessa sillä pyritään ilmaistamaan erityisesti ilmaston merellisyyttä ja mantereellisuutta, mikä ei ole tässä pääasia. Kysymykseen voisi tulla myöskin yksistään kyllästysvajakuksen ilmoittaminen tahi ehkä vielä paremmin esim. SZYMKIEWICZIN<sup>2</sup> käyttämä haihduntaindeksi. Niinpä kuusen levintäraja Itä-Euroopassa

<sup>1</sup> MAUNO J. KOTILAINEN, Zur Frage der Verbreitung des atlantischen Florenelementes Fennoskandias. Suomal. Eläin- ja Kasvitiet. Seuran Vanamon Kasvitiet. Julk., osa 4, n:o 1, 1933.

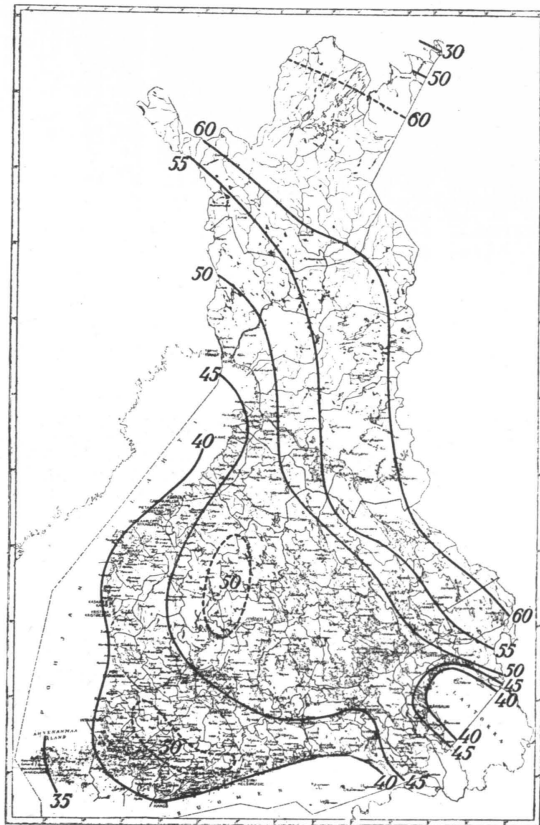
<sup>2</sup> DEZYDERY SZYMKIEWICZ, Etudes climatologiques V. Acta Societ. Botanic. Poloniae Vol. II, Nr. 4, 1925. S. 239—264.

SAMA, Etudes climatologiques IV. Acta Societ. Botanic. Poloniae, Vol. III, Nr. 1, 1925. S. 115—137.



11. Heinäkuun (klo 13:n) haihduntaindeksi Szymkiewiczin mukaan. — Steppes = aroa, Désert = aavikkoa. — Verdunstungsindex des Juli Monats (13 Uhr), nach Szymkiewicz.

seuraa jotenkin tarkalleen seutuja, joiden kuivimman kuukauden kyllästysvajakus on n. 10 mm ja metsän ynnä aron raja sattuu n. 15 mm kohdalle. Haihduntaindeksi on kuusen rajaseuduilla n. 11 (kuva 11). Käytettävissäni ei ole vastaavia tietoja muualta, mutta esim. Parisin, Nantesin, Bordeauxin ja Lyonin haihduntaindeksi on jo suurempi kuin yleensä kuusen levintäalueella. Huomautettakoon tässä yhteydessä myös jo



12. Suomen ilmaston keskimääräinen vuotuinen humiditeetti (Martonnen mukaan).<sup>1</sup> —  
Mittlere jährliche Humidität des Klimas in Finnland (nach Martonne).<sup>1</sup>

mainituista WIEDEMANNIN selvittelemistä kuusikoiden kasvun seisauksista Saksissa.

Oman maamme ilmastosuhteista ei ole siksi yksityiskohtaisia tietoja, että niiden pohjalla voitaisiin koetella, missä määrin aikaisemmin mainittu kuusialueiden esiintyminen on ilmastollisten vaikutteiden tulos. Maan podsoloitumisesta olevat tiedot kuitenkin osoittavat, että juuri puheena olevat alueet ovat voimakkaimmin podsoloituneita ja että niiden ilmasto siis on suhteellisen kostea, toisin sanoen, haihdunta on pieni.

<sup>1</sup> V. T. AALTONEN, Über die postglazialen, natürlichen Veränderungen des Waldbodens in Finnland. (Selostus: Suomen metsämaaperän luontaisista muutoksista jääkauden jälkeen). Metsätieteell. tutkimuslait. julk. 18, 4, 1933.

MARTONNEN humiditeettiluvuista saadaan samanlainen kuva ilmastomme kosteussuhteista (kuva 12). Yleensä näyttävät itärajan tienoot — Laatokasta Sallaan — maamme kosteimmilta seuduilta. Huomattava on kuitenkin, että Perä-Lapissa ja metsänrajan tienoilla podsoloituminen näyttää heikommalta kuin mitä ilmaston humiditeetti edellä mainitulla tavalla laskettuna edellyttäisi. Kuivien kangasmetsien ylivoimaisuus näillä seuduilla, kuusen esiintymisen verraten jyrkkä rajoittuminen kostempiin paikkoihin, ym. ilmiöt viittaavat epäilemättä verraten kuivaan ilmastoon, siis voimakkaaseen haihduntaan. Sitäpaitsi kyseessä oleva koefisientti kuten edellä mainittu N/S-osamääräkin kohdistuu koko vuoteen.

Kuusen ja männyn vaatimuksiin maahan nähden enempää kuin maannostumiseenkaan niiden levintäalueilla ei ole kiinnitetty huomiota sanottavasti ollenkaan, kun on ollut kyseessä näiden puulajien levintärajojen selvittely. Tämä on puute mm. sikäli, että maannostumisen nojalla voidaan tehdä päätelmiä ilmaston laadusta.

Tunnettua on, että ilmastotyyppejä suurin piirtein vastaavat omat maannostumistyyppinsä. Näistä on podsoli vallitsevana nyt kyseessä olevilla alueilla (kuva 13, s. 32).

Podsolin suhteesta kuusen esiintymiseen voi sanoa pääpiirtein samaa kuin mitä edellä mainittiin N/S-osamäärän suhteesta siihen. N/S 400 merkitsee suunnilleen myöskin podsolin alueen alarajaa, vaikka kuusen levintäalue seuraa jossain määrin tarkemmin podsolin aluetta kuin tätä N/S-osamäärää. Mänty ei nähtävästi ole sidottu podsolimaahan aivan samassa määrässä kuin kuusi.

Edellä sanottu pitää paikkansa kuitenkin vain osittain. Brittein saaretkin ovat suurelta osalta podsoloituneita, samoin Atlantin ja Pohjanmeren rannikkoalueet mantereella, mutta kuusi ja mänty puuttuvat näistä seuduista. Maannostumisen perusteella arvioiden pitäisi kyseessä olevien seutujen olla ilmastoltaan kosteita ja viileitä, siis yleensä ainakin kuuselle sopivia. Huomattava kuitenkin on, että esim. Jyllannin ja Luoteis-Saksan ym. länsieurooppalaisten nummien maa on podsoloitumiselle alttiimpaa kuin meikäläinen maa. Lisäksi esim. Jyllannin nummi-  
maa olisi MÜLLERIN<sup>1</sup> mukaan podsoloitunut nykyiselle asteelleen jo myöhäisglasialisen ajan tundrailmastossa. Lopuksi puheena olevien seutujen maa voi huuhtoutua kautta vuoden ja siten olla suhteellisen voimakkaasti podsoloitunut, vaikka kesä olisi kuivahkokin.

<sup>1</sup> P. E. MÜLLER, Bidrag til de jyske Hedesletters Naturhistorie. Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biolog. Meddel. IV, 2, 1924.





13. Euroopan maannoskartta. Braunerde = ruskomaa, Tschernosiom = mustamaa, Podsol = podsolimaa, Roterde = punamaa. (Stebuttin julkaisusta — nach Stebutt).

Kuusen ja männyn länsirajojen yksityiskohtainen pohtiminen ei ole tässä yhteydessä tarpeellista, enkä ole riittävästi perehtynyt tähän kysymykseen koko laajuudessaan, mutta käsitykseni on, että asia saisi lisävalaistusta, jos sitä koskevissa tutkimuksissa enemmän kuin tähän asti kiinnitettäisiin huomiota haihduntaan sekä maahan ja varsinkin maannostumiseen. Tältä pohjalta lähtien olisi kyseessä olevien rajojen asema ja luonne Länsi-Euroopassa selitettävissä pääpiirtein seuraavasti.

Rannikkoalueen ja kuusen levintäalueen välissä on laaja, heikosti huuhtoutunut ruskomaa-alue. Myöskin N/S-osamäärästä päätellen tätä aluetta nähtävästi on pidettävä kuuselle liian kuivana. Asianlaita olisi sama Englannin ruskomaa-alueella. Muista osista Brittein saaria samoin kuin mannermaan rannikkoalueelta, siis podsolimaan alueilta, puuttuu kuusi siksi, että se on täällä nuorempi puulaji ja sen leviämistä ehkäisevät edellä mainitut ruskomaa-alueet, joilla pyökki on biologisesti voimakkaampi.

Mänty menee kuusta jonkin verran lännemmäksi, mutta sen pitäisi kyllä ilmaston puolesta voida menestyä rannikolle saakka sekä Brittein

saarilla ja Jyllannilla. Korkeintaan voi ajatella, että ruskomaa olisi männylle liian viljavaa. Huomattava on, että kanervanummet rannikko-seuduilla, Englannissa, Skotlannissa ym. suurelta osalta ovat verraten kosteita ja sellaisina nähtävästi kuuselle paremmin soveltuvia kuin männylle. Yleensä täytynee männyn rajaa Länsi-Euroopassa pitää kilpailubiologisenä ja sen pääkilpailijana pyökkiä. Kokemukset männyn luontaisesta uudistumisesta Keski-Euroopassa näyttävät yleensä huonoilta ja sen uudistamiseen käytetäänkin yleisesti viljelystä (istutusta). Pyökki sitävastoin uudistetaan melkein kokonaan luontaisesti.

Kuten jo mainitsin, ovat tiedot kuusen ja männyn viljelysten menestymisestä niiden »länsirintamalla» puutteellisia ja ristiriitaisia. Ei myöskään luontaisesta uudistumisesta ole saatavissa luotettavia ja riittäviä tietoja. Itse rajojen asemakin on monin paikoin epävarma ja eri puulajien historia on vain osittain selvitetty. Puulajien levintärajojen lisäksi tarvittaisiin tietoja niiden esiintymisrunsaudesta sekä kasvusta eri seuduilla. Paitsi mäntyyn ja kuuseen nähden kaivataan kaikista näistä seikoista selvitystä myös niiden kilpailijoihin ja varsinkin pyökkiin nähden. Haihduntasuhteista ja maannostumisesta varsinkin rajojen seuduilla ei liioin toistaiseksi ole mitään yhtenäistä yksityiskohtaista yleiskatsausta. Syystä, että kulttuurin vaikutus metsiin kyseessä olevilla seuduilla on kauan ollut ja edelleenkin on erittäin tuntuva, ovat monet näistä kysymyksistä epäilemättä vaikeasti selitettävissä.

Pyökki muuten näyttää mäntyyn ja kuuseen verrattuna biologisesti erittäin voimakkaalta puulajilta. Niin mainitaan esimerkkejä siitä, miten kuusimetsät ovat saaneet väistyä syrjään myöhemmin saapuneen pyökin tieltä<sup>1</sup>. Mihin tämä pyökin voimakkaamuus perustuu, siitä ei tiedetä sanottavasti enempää kuin kuusen suhteesta mäntyyn.<sup>2</sup> Kuusen ja männyn länsirajakysymyksen kannalta olisi epäilemättä hyödyksi saada yksityiskohtaisesti selvitettyksi kuusikon ja männikön pyökittyminen samaan tapaan kuin männikön kuusettuminen. — Omituista on, että Keski-Euroopassa ainakin DENGLERIN<sup>3</sup> mukaan pyökkialueella laajalti istutetaan kuusta pyökin alle.

<sup>1</sup> Vrt. esim.: ALOIS ZLATNIK, Entwicklung und Zusammensetzung der Naturwälder in Podkarpatská Rus und ihre Beziehung zum Standort. Deutsche Zusammenfassung aus »Studie o státních lesích na Podkarpatské Rusi II—III». Recueil de travaux Instituts des recherches agronomiques de la République Tchecoslovaque. Vol. 127, p. 1—205. Praha 1935.

<sup>2</sup> Huomattava on tässä yhteydessä mm., että pyökin juuristo leviää syvemmälle kuin kuusen.

<sup>3</sup> ALFRED DENGLER, Waldbau auf ökologischer Grundlage. Berlin 1930.

Mitä kuuseen männyn kilpailijana tulee, jää päätulokseksi edellä esitetystä katsauksesta kuusen ja männyn esiintymiseen niiden levintä-alueilla, että kuusi yleensä reagoi ilmastollisia vaikutteita kohtaan herkemmin kuin mänty ja että se on ainakin kosteaan ilmastoon enemmän sidottu kuin mänty. Mänty näyttää vaativan ja paremmin sietävän lämpimämpää ilmastoaa kuin kuusi; männyn parempi viihtyminen lämpimässä ilmastossa johtuu ehkä siitä, että se sietää kuivuutta paremmin kuin kuusi. Kuusen ja männyn suhteesta maahan on toistaiseksi vaikeaa saada selvää käsitystä syystä, että maata ja maannostumista sekä niiden suhdetta ilmastoon kyseessä olevilla alueilla ja varsinkin kuusen ja männyn raja-alueilla ei ole vielä riittävästi selvitetty.

Johdonmukaisena seurauksena siitä, mitä edellä on mainittu, on mm., että niillä seuduilla, joilla ilmaston kosteus on suurempi l. haihdunta pienempi, kuusen taimet eivät ole suojan tarpeessa samassa määrässä kuin kuivemmilla seuduilla. Onko tällä seikalla jotakin käytännöllistä kantavuutta meidän oloissamme, se on ainakin toistaiseksi vaikeasti arvioitavissa. Vaikka meillä eivät varsin suuret ilmastolliset erot voikaan tulla kysymykseen, viittaavat kuitenkin maan podsoloitumisesta eri tahoilta olevat tiedot siihen, kuten jo mainitsin, että haihdunta ainakin Pohjois-Suomen kuusikkoalueilla olisi huomattavasti pienempi kuin maamme eteläisemmissä osissa. Maan eteläpuoliskon itärajan tienootkin tuntuvat suhteellisen kosteilta, samoin Suomenselkä. Onko metsän ja varsinkin kuusikon uudistumisessa joitakin eroja esim. eri tahoilla maan eteläpuoliskoa, sitä en osaa sanoa. Siltä kuitenkin näyttäisi, että Raja-Karjala olisi kuusen kasvulle ilmastollisesti otollisinta seutua meidän maassamme.

## Die Fichte als Konkurrentin der Kiefer um den Standort

### Referat

In der natürlichen Entwicklung der finnischen Wälder ist die Überlegenheit der Fichte gegenüber den anderen Holzarten in dem gegenseitigen Wettkampf eine allgemein bekannte Erscheinung. Wo die Beschaffenheit des Standortes einmal günstig für die Fichte ist, dort wird sie früher oder später die dominierende Holzart des Bestandes. Die Frage, worauf sich die Überlegenheit der Fichte über die anderen Holzarten gründet, ist wissenschaftlich besonders interessant und praktisch von grosser Bedeutung. In der vorliegenden Veröffentlichung, die in der Hauptsache einen Überblick über die forstwissenschaftliche Literatur in dieser Frage gibt, ist nur das Verhältnis der Fichte zur Kiefer behandelt. Ausser experimentellen Untersuchungen über die biologischen Eigenschaften der Fichte und Kiefer und den in dem Verhältnis der beiden Holzarten zueinander zu Tage tretenden Erscheinungen vor allem in Finnland sind auch kurz die geographische Verbreitung der Fichte und Kiefer sowie ihre Verbreitungsgrenzen behandelt.

#### 1.

Zwischen Fichte und Kiefer bestehen in bezug auf solche Eigenschaften wie Vermehrung (geschlechtlich und ungeschlechtlich), Samenerzeugung, Verbreitungsfähigkeit des Samens, Wachstumsgeschwindigkeit der Keimlinge und das Verhältnis der Bodenvegetation zur Verjüngung nicht so grosse Unterschiede, dass sich dadurch die Verdrängung der Kiefer durch die Fichte erklären liesse. Die Pilz-, Insekten-, Schnee- und Frostschäden können diesen Vorgang ebenso wenig erklären.

Die Ausdehnung der Fichte auf Kosten der Kiefer und der Laubholzarten wird im allgemeinen so erklärt, dass die erstere reichlicher Beschattung erträgt, m.a.W. dass sie auch in schwächerem Lichte zu assimilieren vermag. Eine Reihe von Untersuchungen und Versuchen haben gezeigt, dass die Fichte in dieser Beziehung der Kiefer überlegen ist. Da die Veränderungen der Beleuchtung jedoch immer auch eine solche der Wärme bedeuten und da diese beiden Faktoren ausser der Photosynthese auch die Transpiration und Respiration beeinflussen, ist es sehr schwer zu sagen, ob die Schattenfestigkeit der Fichte gerade auf ihrem geringerem Lichtbedarf beruht. In einem gewöhnlichen verlichtenden Kiefernbestand kann ausserdem nicht so wenig Licht vorhanden sein, dass die Kiefernpflanzen aus Mangel an Licht eingehen.

Deutlicher als in bezug auf Licht und Wärme scheint der Unterschied zwischen Fichte und Kiefer jedoch in der Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe in Erscheinung zu treten.

Die Fichte transpiriert, soweit wir heute wissen, ca. fünfmal mehr als die Kiefer. Wichtig für den Wasserhaushalt der Fichte ist noch der Umstand, dass ihr Wurzelsystem flacher

ist als das der Kiefer. Mehrere Erscheinungen in dem Auftreten der Kiefer und Fichte in der Natur sowie gewisse waldbauliche Erfahrungen beruhen wahrscheinlich auf dem verschiedenartigen Wasserhaushalt dieser Holzarten, sie sind m.a.W. so zu erklären, dass die Kiefer besser Trockenheit verträgt als die Fichte.

Darauf deutet u.a. die allgemeine Erfahrung hin, dass die Brandflächen nicht gern verlichten. Weiter ist bekannt, dass die Fichtensaart leicht missglückt, auch wenn die Bodenvegetation die Pflanzen nicht erstickt oder ihre Keimung hemmt. Die Erfahrungen in der Pflege des Fichtenbestandes zeigen überall, dass die Fichtenpflanzen in den ersten Jahren schutzbedürftig sind. Je frischer der Boden ist, umso weniger bedürfen sie anscheinend dieses Schutzes (vgl. Abb. 3, S. 12).

Im Schutze eines Kiefernbestandes scheinen die Feuchtigkeitsverhältnisse für die Fichtenpflanzen günstiger zu sein als auf offenen Flächen. Zwar hält der Oberwuchs einen Teil der Niederschläge zurück und verbraucht Wasser zur Transpiration, aber unter dem Oberwuchs ist auch die Verdunstung bedeutend geringer und die oberste Bodenschicht, wenigstens die Humusschicht, bleibt wahrscheinlich etwas und zwar gleichmässig feuchter. Doch sind darum die Verhältnisse unter Kiefernoberwuchs natürlich keineswegs als besonders günstig für die Fichtenpflanzen anzusehen. Es handelt sich hier nur darum zwischen dem grösseren und kleineren Übel zu wählen. Der verhältnismässig grosse Wasserverbrauch der Fichte würde also eine Erklärung für das Auftreten der Fichte als Unterwuchs geben, aber auch dadurch lässt sich die Verlichtung eines Kiefernbestandes nur teilweise erklären. Es erhebt sich nämlich die Frage, warum die Kiefernpflanzen nicht im Schutze des Bestandes fortkommen, obwohl auch sie von den vorteilhafteren Feuchtigkeitsverhältnissen unter dem Bestande nur Nutzen haben müssten.

Wie Beobachtungen in der Natur und Versuche zeigen, verwendet die Fichte reichlicher mineralische Nährstoffe als die Kiefer. Dies wird vielleicht verständlich, wenn man den grösseren Wasserverbrauch und die grössere Nadelmenge der Fichte berücksichtigt. Andererseits scheint es, als ob die Kiefer nicht ebenso konzentrierte Nährlösung vertragen könnte wie die Fichte. Ob sich Fichte und Kiefer in der Aufnahme der Stickstoffnahrung voneinander unterscheiden, ist vorläufig noch nicht bekannt. In bezug auf die Azidität des Bodens verhalten sich Fichte und Kiefer anscheinend ziemlich gleich. Es ist auch nicht sicher, ob die Fichtenwurzeln — wie behauptet wird — mehr Sauerstoff nötig haben als die Kiefernwurzeln.

Wahrscheinlich beruht die Verlichtung eines Kiefernbestandes auf einem Unterschied in der Funktion oder Physiologie des Wurzelwerks der Kiefer und Fichte. Doch besteht auch die Möglichkeit, dass die Fichten- und Kiefernpflanzen aus einem bisher unbekanntem sonstigen Grunde in der Rohhumusunterlage des Kiefernbestandes nicht gleich gut fortkommen.

Um diese Frage näher untersuchen zu können wäre der Verlauf der Verlichtung in der Natur eingehend zu verfolgen und zwar wären dabei sowohl die oberirdischen Teile wie das Wurzelwerk besonders zu berücksichtigen<sup>1</sup>. Ausserdem wären die Grösse

<sup>1</sup> In bezug auf die Notwendigkeit von Wurzelforschungen muss man immer noch die Worte wiederholen, die Theodor Hartig schon vor etwa 60 Jahren niederschrieb (Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen, Berlin 1878, S. 249): »Uebrigens steht unsere Bekanntschaft mit den Arteigenthümlichkeiten der Wurzelbildung noch in den Kinderschuhen. Es fehlen uns noch alle eingehenden vergleichenden Untersuchungen,

der Verdunstung und die Feuchtigkeitsverhältnisse der oberen Bodenschichten, vor allem der Humusschicht im Wald und auf offenen Flächen bei anhaltendem Trockenwetter zu untersuchen. Ohne planmässige Vegetationsversuche lässt sich die Bedeutung der verschiedenen Wachstumsfaktoren, wie Licht, Wasser, mineralische Nahrung und Stickstoff nicht nachweisen; dabei wäre auch zu untersuchen, welche Bedeutung die Feuchtigkeit der Luft und der Luftgehalt des Bodens für die Fichte und Kiefer hat. Mit Hilfe von Versuchen liesse sich auch die Einwirkung verschiedener Temperaturen in der gleichen Beleuchtung feststellen. Untersuchungen betr. die Wasser- und Nahrungsabsorption des Wurzelwerks wären besonders wichtig. Wenn man bedenkt, welche grosse Anzahl derartiger Versuche und Untersuchungen von den Pflanzenphysiologen und Agrikulturchemikern im Laufe der Zeit ausgeführt worden sind, ist es auffallend, dass die Holzpflanzen, besonders die gewöhnlichsten Holzarten in den oben erwähnten Beziehungen fast noch gar nicht untersucht sind.

## 2.

Das grosse Verbreitungsgebiet der Fichte und Kiefer zeigt, dass diese Holzarten sowohl in klimatischer wie edaphischer Beziehung in sehr verschiedenen Verhältnissen fortkommen. Da die Verbreitungsgrenzen der beiden Holzarten im allgemeinen zusammenfallen, dürften sich ihre biologischen Eigenschaften nicht wesentlich voneinander unterscheiden.

Wenn wir uns hier nur auf die europäischen Verhältnisse beschränken, die besser bekannt sind, so ist die Fichte in Mitteleuropa ein Gebirgsbaum, die Kiefer dagegen ein Baum der Ebene. Auch in N-Finnland herrscht in den höchsten Gegenden die Fichte vor. Die Grenzen der Fichte und Kiefer nach N und S zu gelten als Wärmegrenzen. Die Nordgrenze ist eine Folge zu niedriger, die Südgrenze eine Folge zu hoher Sommertemperatur. Die Kiefer scheint einen etwas wärmeren Sommer zu verlangen und ihn besser zu vertragen. So muss z.B. in Finnland die mittlere Temperatur der vier Sommermonate wenigstens  $+9.5^{\circ}\text{C}$  sein, damit die Fichte brauchbaren Samen entwickeln kann, bei der Kiefer aber mindestens  $+10.5^{\circ}\text{C}$ .

Das Verhältnis der W-Grenze der Fichte und Kiefer zu den klimatischen Elementen scheint nicht so deutlich ausgeprägt zu sein wie das der N- und S-Grenzen.

Allgemein wird angenommen, dass die Fichte und Kiefer eine gewisse Zeit Winterruhe benötigen und dass sie aus diesem Grunde nicht in dem milden Klima, wie es in den westeuropäischen Küstengegenden herrscht, gedeihen. So fällt z.B. die W-Grenze der Fichte mit der  $0^{\circ}$ -Isotherme des kältesten Monats (im Jahre) zusammen. In einem solchen Klima leidet vor allem die Fichte insofern, als sie breitringiges Holz bildet und empfindlicher gegen Pilze ist. Wenn das Wachstum zeitig im Frühjahr einsetzt, ist die Fichte ausserdem den Nachfrösten sehr ausgesetzt. Ausserdem würden sowohl

nicht allein über die Unterschiede der Wurzelbildung verschiedener Holzarten, sondern auch derselben Holzart in verschiedenem Lebensalter und unter verschiedenen Standortverhältnissen. Bei der Bedeutung, welche die Kenntniss dieser Arteigenthümlichkeiten für das forstliche Culturwesen, besonders für das Pflanzengeschäft besitzt, ist das sehr zu bedauern, und wäre es eine der wichtigsten Aufgaben forstlicher Versuchsanstalten, durch eingehende, v e r g l e i c h e n d e Untersuchungen unsere Kenntnisse in dieser Richtung zu erweitern».

Fichte wie Kiefer im W mehr Licht verlangen als im E und wären im Konkurrenzkampf mit anderen Holzarten, besonders mit der Buche, benachteiligt.

Nach ENQVIST verlangt die Fichte einen Winter mit über 120 Frosttagen, die Kiefer über 90. Nach PRINZ besteht in einem milden Winter ein Missverhältnis zwischen Temperatur und Licht; die Lichtmenge ist zu gering und die Temperatur demgegenüber zu hoch. In schwachem Licht muss die Temperatur genügend niedrig sein, sonst wird der durch die Respiration verursachte Stoffverlust zu gross.

Die Angaben und Erfahrungen betr. das Gelingen von Fichten- und Kiefernkulturen ausserhalb ihrer eigentlichen Verbreitungsgebiete in W-Europa sind widerspruchsvoll.

Wenn es sich um eine Verbreitungsgrenze handelt, die durch so verschiedenartige Klimagebiete verläuft wie in diesem Falle, führt die Verallgemeinerung der Bedeutung eines einzigen klimatischen Faktors leicht zu Fehlschlüssen, und zwar um so mehr, als die physiologische Bedeutung der einzelnen Faktoren nicht genügend aufgeheilt ist. So ist z.B. die Temperatur natürlich wichtig für die Pflanzen, aber gewöhnlich bedeutet auch sie nur einen Faktor. So haben sich u.a. die erwähnten Theorien von ENQVIST und PRINZ in vieler Beziehung als unhaltbar erwiesen. Nach anderen Forschern ist die W-Grenze der Fichte und Kiefer wenigstens in Skandinavien als historisch und konkurrenzbiologisch, aber nicht als klimatisch zu betrachten.

Es ist auffallend, dass in der Diskussion über diese Grenzenfrage wie überhaupt über das Verhältnis der Verbreitungsgrenzen der Holzarten zu klimatischen Faktoren eine Klimateigenschaft wie die Verdunstung, die doch ein Zusammenwirken verschiedener Faktoren vertritt, ziemlich unbeachtet geblieben ist.

Über die Verdunstung in den hier in Frage stehenden Gegenden haben wir vorläufig noch keine statistische Zusammenstellung. Wenn man z.B. MEYER's Jahres-N/S-Quotient (Abb. 10, S. 28) mit der Verbreitung der Fichte vergleicht, stellt man fest, dass die Fichte im grossen und ganzen in einem Gebiet verbreitet ist, dessen  $N/S > 400$  ist. Eine Ausnahme bilden jedoch die Britischen Inseln und auf dem Festland die Küsten der Nordsee und des Atlantischen Ozeans. Beachtenswert ist, dass dieser N/S-Quotient nichts über die Grösse der Verdunstung während der trockensten Zeit des Sommers besagt, was in diesem Zusammenhang sehr wichtig ist. In Frage kommen könnte auch das Sättigungsdefizit allein oder z.B. der von SZYMKIEWICZ verwendete Verdunstungsindex. So folgt z.B. die Fichtengrenze in E-Europa Gegenden, deren Sättigungsdefizit und Verdunstungsindex im trockensten Monat ca. 10 mm bzw. ca. 11 mm beträgt (Abb. 11, S. 29). So ist der Verdunstungsindex für Paris, Nantes, Bordeaux und Lyon schon grösser als im allgemeinen im Verbreitungsgebiet der Fichte.

Dem Boden und der Bodenbildung im Verbreitungsgebiet der Fichte und Kiefer hat man vielleicht noch weniger Aufmerksamkeit geschenkt als der Verdunstung, wenn es sich um die Feststellung der Verbreitungsgrenzen dieser Holzarten handelte. Dies ist schon deswegen ein Mangel, weil sich mit Hilfe der Bodenbildung Schlüsse über die Art des Klimas in der Gegenwart und Vergangenheit ziehen lassen.

Von den Bodentypen herrscht in den hier in Frage kommenden Gegenden der Podsolboden vor (Abb. 13, S. 32). Über das Verhältnis des Podsolbodens zur Fichte lässt sich im allgemeinen dasselbe sagen wie über das Verhältnis des oben erwähnten N/S-Quotienten zu dieser Holzart. N/S 400 bedeutet ungefähr auch die untere Grenze des Podsolboden-Gebietes, obwohl das Verbreitungsgebiet der Fichte etwas genauer

dem Podsolgebiet folgt als diesem N/S-Quotienten. Die Kiefer ist offenbar nicht ganz in gleichem Grade vom Podsolboden abhängig wie die Fichte.

Das oben Gesagte gilt jedoch nur teilweise. Auch die Britischen Inseln sind zum grossen Teil podsoliert, ebenso auf dem Festlande, die Küstengebiete des Atlantischen Ozeans und der Nordsee, aber die Fichte und die Kiefer fehlen in diesen Gebieten. Der Bodenbildung nach zu urteilen müssten diese Gebiete feuchtes und kühles Klima haben, also im allgemeinen für die Fichte günstig sein. Bemerkenswert ist jedoch, dass z.B. der Boden der jütischen, nordwestdeutschen und sonstigen westeuropäischen Heiden leichter podsoliert als derjenige in nördlicheren Gegenden. Ausserdem wäre nach MÜLLER der jütische Heideboden schon im Tundrenklima der Spätglazialzeit bis zu dem heutigen Stadium podsoliert. Schliesslich kann der Boden der in Frage stehenden Gegenden das ganze Jahr hindurch ausgewaschen werden und somit verhältnismässig kräftig podsolieren, auch wenn der Sommer ziemlich trocken wäre.

Auf Grund des oben Gesagten wäre die Lage und der Charakter der betr. Grenzen in W-Europa in der Hauptsache folgendermassen zu erklären:

Zwischen dem Küstengebiet und dem Verbreitungsgebiet der Fichte befindet sich ein ausgedehntes, schwach ausgewaschenes Braunerde-Gebiet. Auch auf Grund des N/S-Quotienten ist dieses Gebiet offenbar als zu trocken für die Fichte anzusehen. Dasselbe dürfte in dem Braunerde-Gebiet Englands der Fall sein. In den übrigen Teilen der Britischen Inseln wie auch in dem Küstengebiet auf dem Festland, d.h. im allgemeinen im Gebiet des Podsolbodens, fehlt die Fichte deswegen, weil sie hier die jüngere Holzart ist und ihre Verbreitung durch die oben genannten Braunerde-Gebiete gehindert wird, wo die Buche biologisch stärker ist.

Die Kiefer geht etwas weiter nach W als die Fichte, aber sie müsste eigentlich klimatisch sowohl auf den Britischen Heiden wie auf Jütland bis zur Küste hin gedeihen. Höchstens liesse sich denken, dass die Braunerde für die Kiefer zu nährstoffreich wäre. Beachtenswert ist, dass die *Calluna*-Heiden in den Küstengegenden, in England und Schottland usw. zum grossen Teil verhältnismässig feucht sind und deswegen der Fichte besser zusagen als der Kiefer. Im allgemeinen ist wohl die Kiefernngrenze in W-Europa als konkurrenzbiologisch und als Hauptkonkurrent die Buche anzusehen. Die Erfahrungen mit der natürlichen Verjüngung der Kiefer in Mittel-Europa scheinen im allgemeinen schlecht zu sein und man verwendet statt dessen Kulturen (Pflanzung). Die Buche dagegen wird fast ganz auf natürlichen Wege verjüngt.

Was die Fichte als Konkurrentin der Kiefer betrifft, so ergibt sich aus dem obigen Übersicht über das Auftreten der Fichte und Kiefer in ihren Verbreitungsgebieten, dass die Fichte im allgemeinen empfindlicher auf klimatische Faktoren reagiert als die Kiefer und dass sie wenigstens von feuchtem Klima abhängiger ist als die Kiefer. Diese scheint wärmeres Klima als die Fichte zu erfordern und besser zu vertragen und zwar anscheinend deswegen, weil sie besser Trockenheit aushält als die Fichte. Über das Verhältnis der Fichte und Kiefer zum Boden lässt sich vorläufig nur schwer eine deutliche Vorstellung gewinnen, weil der Boden und die Bodenbildung sowie ihr Verhältnis zum Klima in den in Frage stehenden Gebieten und vor allem in den Grenzgebieten der Fichte und Kiefer noch nicht genügend untersucht sind.