

METSÄPUIDEN KASVUHÄIRIÖT
Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti

Kimmo K. Kolari

Vantaa 1988

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja .

310

METSÄPUIDEN KASVUHÄIRIÖT
Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti

Kimmo K. Kolari

Vantaa 1988

SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	3
1. KASVUHÄIRIÖPROJEKTI.....	4
11. Projektin taustaa.....	4
12. Tiedotustilaisuudet, kongressit ja retkeilyt..	6
2. TURVEMAIDEN PUUSTOJEN KASVUHÄIRIÖ.....	6
21. Kasvuhäiriön kehitys ja tuntomerkit.....	6
211. Mänty	6
212. Kuusi	8
213. Koivu	10
22. Kasvuhäiriön laajuus ja esiintymisalueet.....	11
23. Kasvuhäiriö ja metsänparannustoimenpiteet.....	12
231. Metsäojitus	12
232. Metsänlannoitus	12
233. Metsänviljely	13
24. Kasvuhäiriön haittavaikutukset.....	14
25. Kasvuhäiriön syyt.....	15
251. Ekologiset tutkimukset	15
252. Fysiologiset tutkimukset	16
253. Patologiset tutkimukset	17
26. Kasvuhäiriön torjunta käytännön metsä- taloudessa.....	18
3. KIVENNÄISMAIDEN PUUSTOJEN KASVUHÄIRIÖ.....	20
4. KASVUHÄIRIÖTUTKIMUSTEN JATKOTARVE.....	22
KIRJALLISUUS.....	24
KASVUHÄIRIÖÖN LIITTYVÄ MUU KIRJALLISUUS.....	33

ALKUSANAT

Käytännön metsäojitusalueilla ja lannoituskoekentillä tehtiin etenkin 1970-luvulla runsaasti havaintoja nuorten männiköiden tuntemattomista kasvuhäiriöistä. Suontutkimusosastolla alkanut kasvuhäiriötutkimus johti lopulta kasvuhäiriöprojektin perustamiseen Metsäntutkimuslaitoksella vuonna 1977.

Tässä yhteenvedossa esitetään tuloksia prof. Olavi Huikarin aloittaman kasvuhäiriöprojektin puustotutkimuksista. Ne on koottu projektin 1. vaiheen (1976-81) väliraportista sekä 2. vaiheen (1982-87) erillisistä julkaisuista, tutkimusartikkeleista, opinnäytetöistä ja vielä julkaisemattomista aineistoista.

Käsitteilytyön ovat tarkastaneet professori Eero Paavilainen suontutkimusosastolta, professori Eino Mälkönen maantutkimusosastolta, professori Timo Kurkela metsänsuojelun tutkimusosaston metsäpatologian tutkimussuunnalta sekä FL Antti Reinikainen ja LuK Heikki Veijalainen.

Kasvuhäiriöprojektin tutkimuksia ovat olleet edistämässä Metsäntutkimuslaitoksen ulkopuolelta mm. metsähallitus, Kml Tapio, Csn Skogskultur, monet yksityiset metsänomistajat, Viljavuuspalvelu Oy, Kemira Oy, Opex Ky, Oy Keskuslaboratorio Ab sekä useat metsäteollisuusyritykset (mm. A. Ahlström Oy, Kajaani Oy, Kymi-Kymmene Oy, Enso-Gutzeit Oy). Lisäksi on apua saatu Helsingin yliopiston fysiikan laitokselta ja Oulun yliopiston kasvitieteen laitokselta. Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiö sekä maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön rahoittama HAPRO-projekti ovat myös tukeneet eräitä osatutkimuksia.

Mieluisa tehtäväni on lausua kaikille kasvuhäiriöprojektiin osallistuneille ja projektia edistäneille parhaimmat kiitokset.

Kimmo K. Kolari

1. KASVUHÄIRIÖPROJEKTI

11. Projektin taustaa

Männyn (Pinus sylvestris L.) kasvuhäiriöihin viittaavia havaintoja tehtiin ojitetuilla ja lannoitetuilla soilla jo 1950-luvulla (Huikari 1951). Havainnot ojitusalueiden metsittymisen epäonnistumisista ja niiden tuntemattomista kasvuhäiriöistä panivat alulle tutkimushankkeita sienitautien vaikutusten osoittamiseksi (Kurkela 1965) sekä pääravinteiden puuteoireiston kuvaamisen (Reinikainen 1967). Kasvuhäiriö ei ollut mikään tunnettu ravinnepuutosoire, ei myöskään mikään hyönteis-, sieni- tai muu tunnettu biottinen tai abioottinen tuho. Ilmiö yleistyi 1970-luvulle tultaessa ja sitä esiintyi myös kuusella (Picea abies Karst.) sekä koivuilla (Betula sp.).

Vuosina 1969-75 edettiin suontutkimusosastolla professori Olavi Huikarin johdolla kasvuhäiriötutkimuksen työryhmävaiheeseen. Tällöin laadittiin männyn kasvuhäiriöitä koskevat ensimmäiset luokittelut, informoitiin metsähallitusta, Kml Tapiota ja Csn Skogskultur'ia kasvuhäiriötilanteesta sekä laadittiin alustava tutkimusohjelma. Lisäksi aloitettiin hivenravinteiden puutehypoteesiin perustuvat kasvuhäiriönsyitä selvittelevät hivenlannoituskokeet, kasvuhäiriöpuiden laatu- ja ravinneanalyysit sekä kasvuhäiriöinventoinnit ja -tutkimukset (Huikari 1974, Janson 1975, Veijalainen 1974, 1975).

Tutkimustarpeen kasvaessa suontutkimusosasto haki kasvuhäiriötutkimukseen rahoitusta metsäteollisuudelta tuolloin perityistä suhdannepidätysvaroista. Myönnetyt varat mahdollistivat kasvuhäiriöprojektin aloittamisen suontutkimusosaston sisäisenä tutkimushankkeena vuonna 1976. Vuonna 1977 Metsäntutkimuslaitos asetti kasvuhäiriöprojektin, johon

osallistuivat aluksi suontutkimusosaston ohella metsäninven-
toinnin ja metsäpatologian tutkimussuunnat.

Vuosina 1981-86 projektiin liittyivät metsänhoidon tutki-
musosasto, maantutkimusosasto ja metsäeläintieteen tutkimus-
suunta. Taimitarhoilla männyntaimissa lisääntyneiden kasvu-
häiriöiden johdosta projektin työohjelmaan otettiin niiden
syiden ja torjuntakeinojen selvittäminen. Vuosina 1983-86
projektin tutkimusten pääpaino siirtyi taimitarhataimien
kasvuhäiriötutkimuksiin, mikä johti "Metsäpuiden taimien
kasvuhäiriöt"-projektin perustamiseen vuonna 1987.

Pohjanmaalla turkistarhojen läheisyydessä tehdyt havainnot
puustojen kasvuhäiriöistä ja puiden kuolemista panivat
vuonna 1986 projektissa alkuun esitutkimuksen yhteistyössä
Kannuksen tutkimusaseman kanssa. Vuonna 1987 tätä esitutki-
musta rahoitti myös HAPRO-projekti (Ferm ym. 1987).

Merkittävimpänä kansainvälisenä tapahtumana voidaan pitää
projektin yhdessä IUFRO:n Working Party SI.05-01 (Peatland
Forestry) kanssa 10.-13. lokakuuta 1982 Jyväskylässä jär-
jestämää kasvuhäiriökokousta (workshop), johon osallistui
yhteensä 42 asiantuntijaa Suomesta, Ruotsista, Norjasta,
Neuvostoliitosta, Länsi-Saksasta, Italiasta, Japanista ja
Kanadasta. Lisäksi kokoukseen lähetettiin artikkeleita Neu-
vostoliitosta (Virosta), Puolasta, Japanista, Länsi-Saksasta
ja Australiasta. Kokouksen yhteydessä järjestettiin myös
retkeily Leivonmäen Kivisuon lannoituskoekentälle. Ko-
kouksen esitelmä- ja tutkimusartikkelit julkaistiin Metsän-
tutkimuslaitoksen Communicationes -sarjassa (Kolari 1983).

Metsäpuiden kasvuhäiriöistä on raportoitu myös kivennäis-
mailta Ruotsissa (Albrektson ym. 1977, Aronsson 1980, 1985,
Burgtorf 1981, Möller 1982, 1983, 1984) sekä turvemailta
Norjassa (Braekke 1977, 1979, 1980, 1983a,b). Kasvuhäiriö-
projektin suontutkimusosaston tutkijat perehtyivät pohjois-

maisiin kasvuhäiriö- ja hivenravinnetutkimuksiin vierailemalla useita kertoja vuosina 1981-87 Ruotsissa ja Norjassa.

Kasvuhäiriöprojekti päätettiin vuonna 1987.

12. Tiedotustilaisuudet, kongressit ja retkeilyt

Kasvuhäiriöprojekti järjesti turvemaiden puustojen kasvuhäiriöistä tiedotustilaisuuksia vuosina 1977-78 sekä kansainvälisen retkeilyn Suomessa vuonna 1980.

Vuosina 1985-86 suontutkimusosasto aloitti lisäksi Ruotsissa sikäläisen Maakiinteistöviraston (Domänverket) kanssa hivenlannoitustutkimukset perustamalla Tukholman hoitoalueelle kasvuhäiriön torjuntakokeita.

2. TURVEMOIDEN PUUSTOJEN KASVUHÄIRIÖ

21. Kasvuhäiriön kehitys ja tuntomerkit

211. Mänty

Männyllä kasvuhäiriön varhaisia oireita ovat tavallisesti yleinen neulasmassan runsaus ja oksien voimakas kasvu (Reinikainen ja Silfverberg 1983). Kasvukauden alussa häiriön oireita ovat latvakasvaimen päätesilmujen eriaisteiset vioittumiset tai kuoleminen. Myöhemmin kasvukauden aikana kehittyvä kasvuhäiriö ilmenee latvakasvaimen heikentyneenä pituuskasvuna, kasvaimen kärkiosan neulasten häiriönä sekä kärkikasvupisteen ja latvakasvaimen kuolemisena (Veijalainen 1975, Raitio 1977, Raitio ja Rantala 1977, Silfverberg 1979, Kurkela 1983).

Latvakadon seurauksena puu pyrkii korvaamaan menetetyn latvan yhdellä tai useammalla ns. ohituskasvaimella (si-
vuoksalla), jolloin puusta tulee aluksi 1-3 -latvainen. Puu
voi toipua kasvuhäiriöstä, mutta pahassa häiriötilassa siitä
muodostuu toistuvien latvakatojen ja korjausyritysten seu-
rauksena tasalatuksinen ja pensasmainen (kuva 1). Tässä
tilassa mänty on myös erityisen altis lumi-, sieni- ja hyön-
teistuhoilille (Veijalainen 1975, Raitio 1977, 1979, 1983a,
Raitio ja Rantala 1977, Silfverberg 1979, 1983).



Kuva 1. Männyn kasvuhäiriö.

Lähes kaikki edellä kuvatut kasvuhäiriöpuille ominaiset ulkoasuoireet vastaavat boorinpuutteen tunnettuja oireita havupuilla (Kolari 1979). Kasvuhäiriöpuilla on myös ilmoitettu esiintyneen eräiden muiden hivenravinteiden puutteen liittyviä osaoireita. Monioireisena kasvuhäiriöön saattaa liittyä esim. kuparin samanaikainen puutos kupariköyhillä alueilla (Veijalainen ym. 1984).

Ulkoasuoireiden lisäksi kasvuhäiriöpuiden päätesilmuissa, latvakasvaimissa, neulasissa ja juurissa on havaittu sisärakennemuutoksia ja -vaurioita (Kolari ym. 1977, Raitio 1977, 1983a, Raitio ja Rantala 1977, Silfverberg 1979). Nämä oireet muistuttavat eri puulajeilla havaittuja boorinpuutosoireita, mutta toisaalta on projektin tutkimuksissa voitu havaita, että männyn neulasissa esiintyy samankaltaisia oireita myös fosforin- ja kalinpuutteessa (Raitio 1981). Täten kasvuhäiriön anatomisten oireiden syiden tulkintaan on ainakin neulasten osalta toistaiseksi syytä suhtautua varauksin.

212. Kuusi

Kuusen ja männyn kasvuhäiriön peruspiirteet ovat samat (Veijalainen 1974, Silfverberg 1980). Kuusen kasvuhäiriölle on tunnusomaista latvakasvaimen kärkikasvun heikentymisen ja latvakadon ohella latvuksen kulmikas ulkonäkö, joka erottaa kasvuhäiriökuuset latvukseltaan pallomaisista, hallavauriosta kärsineistä kuusista (kuva 2).

Joissain tapauksissa voi esiintyä latvojen liikakasvun yhteydessä neulasten kierteisyyttä ja mutkaisuuutta ennen latvakatoa. Kasvuhäiriökuusien neulasten sisärakenteessa ei männystä poiketen (Raitio ja Rantala 1977) selvää ontelonmuodostusta ole todettu (Silfverberg 1980). Kuusella oksat eivät yleensä kehity yhtä tanakoiksi, eikä latvan monihääräisyys ole yhtä selvä kuin männyllä. Latvan korvaava sivu-

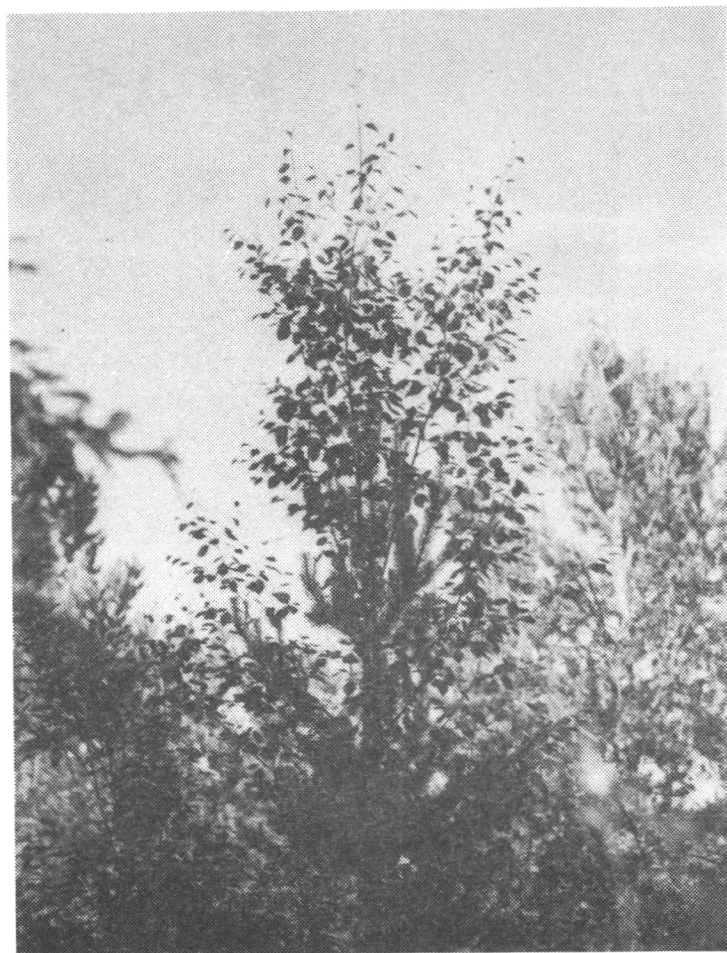
kasvain jättää yleensä runkoon pienemmän mutkan kuin männyn vastaavassa elpymistapahtumassa on tavallista.



Kuva 2. Kuusen kasvuhäiriö.

213. Koivu

Kasvuhäiriölle ominaista latvakatoa ja pensastumista on havaittu myös hies- ja rauduskoivulla (kuva 3). Hieskoivulla kasvupisteiden ja kasvainten toistuva kuoleminen, jota usein esiintyy koko latvuksen yläosassa, johtaa tasalatuaiseen ja luutamaiseen ulkoasuun (Veijalainen 1984, Ferm ja Markkola 1985). Tällaista oireistoa on tavattu ojitusalueilla yleisesti männyn kasvuhäiriön rinnalla. Näyttää siltä, että männyn kasvuhäiröalueilla myös lehtipuut, kuten leppä, haapa ja pajut, ovat alttiita kasvuhäiriöihin (Huikari 1977).



Kuva 3. Koivun kasvuhäiriö.

Rauduskoivulla tunnetaan lisäksi edellä esitetystä poikkeava kasvuhäiriötapaus, jonka syyksi on esitetty turpeen liiallisen kosteuden ja maan erikoisten kemiallisten ominaisuuksien indusoima mangaanimyrkytys (Raitio 1982, 1983b).

22. Kasvuhäiriön laajuus ja esiintymisalueet

Käytännön metsätalouden kenttäorganisaatioille suunnatun kyselyn mukaan Suomessa arvioitiin vuosina 1976-81 olleen kasvuhäiriöiden vaivaamia, etupäässä nuoria mäntyvaltaisia suometsiä n. 100 000 ha eli n. 2 % ojitettujen soiden pinta-alasta. Eniten kasvuhäiriöitä esiintyi maan keskiosissa, Pori-Joensuu-linjan pohjoispuolella (Veijalainen 1978, 1983, Veijalainen ym. 1984).

Valtaosa ilmoitetuista männyn kasvuhäiriöalueista oli ojitettuja ja lannoitettuja soita tai metsitettyjä turvemaan peltuja. Yksittäisten kasvuhäiriöalueiden pinta-alat olivat yleisimmin 1-8 hehtaaria.

Kasvuhäiriöalueiden suotyyppitarkastelun perusteella kasvuhäiriöpuustoiset rämeet olivat varsin ravinnerikkaita: suursaraisia, ruohoisia tai lettoisia. Karuilla rämeillä kasvuhäiriötä esiintyi harvoin. Piensaraisilla ja tupasvilmaisilla rämeillä kasvuhäiriö esiintyi lähes aina päätyyppiä ravinnerikkaammissa painanteissa tai osakuvioissa. Myös lähes kaikki nevaksi tai korveksi luokitetut kasvupaikat, joissa kasvuhäiriötä esiintyi, olivat ravinteisuusasteikon yläpäästä.

Edellä esitettyjä tuloksia tukee vuosina 1979-81 tehty ojitusaluiden metsien kuntoa selvittänyt tutkimus, jonka yhteydessä tarkasteltiin myös puiden kasvuhäiriöitä (Laine ja Puttonen 1983).

Kasvuhäiriön esiintymistä selvitettiin myös 7. valtakunnan

metsien inventoinnissa (1974-1984) keräämällä havaintoja puiden monilatvaisuudesta. Tähän mennessä suoritetun inventoinnin mukaan kasvuhäiriön laajuudessa ei turvemaiden puustojen osalta ole havaittu hälyttäviä muutoksia aiempaan tarkasteluun verrattuna.

23. Kasvuhäiriö ja metsänparannustoimenpiteet

231. Metsäojitus

Soita on maassamme metsänkasvatusta varten ojitettu yli 5,8 milj. ha, joista suuri osa 1970-luvulla. Metsäojitetuista soista ravinnerikkaat rämeet ja nevat, harvemmin karut rämeet ja korvet, osoittautuivat kasvuhäiriön riskialueiksi. Vuodesta 1979 lähtien avosoiita ja siniheinäisiä (*Molinia coerulea*) soita on ojitettu erittäin vähän, mikä ilmeisesti on vähentänyt uusien kasvuhäiriöalueiden syntymistä. Vaikka metsäojitustoiminnan ei sinänsä ole todettu olevan kasvuhäiriön syy, niin useimmiten vasta ojituksen jälkeen kasvuhäiriöriski on paljastunut puustoisillakin soilla. Näin ollen soita, joilla kasvuhäiriöriski on suuri, ei tulisi ojittaa (Veijalainen 1983a, Veijalainen ym. 1984).

232. Metsänlannoitus

Käytännön metsätaloudessa kasvupaikkaluokittelun vaihtelevasta tarkkuudesta, lannoitusohjeiden horjuvasta tulkinnasta ja epätasaisesta lannoituksesta voi aiheutua eriasteisia lannoitusvirheitä, joiden seurauksena eräissä tapauksissa syntyy kasvuhäiriöitä (Veijalainen 1974, 1975). Valtaosa (85 %) tunnetuista kasvuhäiriöalueista oli joskus lannoitettu, tai sitten kyseessä olivat luontaisesti erittäin ravinnerikkaat turvemaan kasvupaikat (Veijalainen 1978). Suopeltojen voimakas kalkitus voi johtaa metsityksen jälkeen kasvuhäiriöihin (Raitio 1979). Epätasapainoisella lannoituksella voidaan aiheuttaa myös kasvuhäiriöitä (Reinikainen

1967, Veijalainen 1974, 1975, 1983a).

Avosoiden metsitysalueilla on todettu typen kasvuhäiriöitä lisäävä vaikutus (Kaunisto 1978). Myös runsastyyppisillä vanhoilla ojitusalueilla kaikki tyyppiä sisältäneet lannoitukset ovat lisänneet pahojen kasvuhäiriöiden määrää NK-lannoitusta lukuunottamatta (Paavilainen 1978, 1979), kun taas yleensä voimakkaakaan NPK-lannoituksen ei ole karuilla rämeillä (PsR, TR ja IR) havaittu aiheuttaneen kasvuhäiriötä (Paavilainen 1976, 1977). Typpilannoituksen ajoitukseen, annosteluun ja lannoituskohteen valintaan tulisikin kiinnittää huomiota ravinne-epätasapainohäiriöiden välttämiseksi, etenkin jatkolannoitusten yhteydessä (Kaunisto ja Paavilainen 1977, Paavilainen 1978, 1979).

Nopealiukoiset fosforilannoitteet, kuten superfosfaatti, voivat lisätä kasvuhäiriöriskiä enemmän kuin hidasliukoiset (Karsisto 1976). On epäilty, että tämä olisi yhteydessä siihen, että fosforilannoitus aiheuttaa hivenravinteiden ohentumista neulasissa. Myös PK-lannoituksen vaikutus ohentumisilmiöön on ollut suuri. PK-lannoitus - etenkin jatkolannoituksena - voikin lisätä kasvuhäiriöitä alueilla, joissa kasvuhäiriöitä jo esiintyy (Veijalainen 1975, Paavilainen 1978, Mannerkoski ja Miyazawa 1983).

233. Metsänviljely

Metsänviljelyalueiden kasvuhäiriötapauksissa on usein vaikuttanut siltä, että kasvuhäiriön syy on väärin valitussa puulajissa tai heikossa istutusmateriaalissa. Mäntyä on istutettu tällöin liian typpirikaille kasvupaikoille. Kun lisäksi on vielä suoritettu yksipuolisia lannoituksia, ovat kasvuhäiriön syntymisen edellytykset olleet olemassa (Veijalainen ym. 1984). Myös vanhojen suopeltojen metsitysalueilla kasvuhäiriöriski on osoittautunut suureksi (Paavilainen 1977b, Veijalainen 1978). Tähän voi olla syynä maan-

viljelystä aiheutunut maan hivenravinnevarastojen ehtyminen ja niukkuus tai kalkitus, mitä vielä on kärjistänyt metsänlannoituksen (NPK, PK) aiheuttama hivenravinteiden ohentumissilmiö.

24. Kasvuhäiriön haittavaikutukset

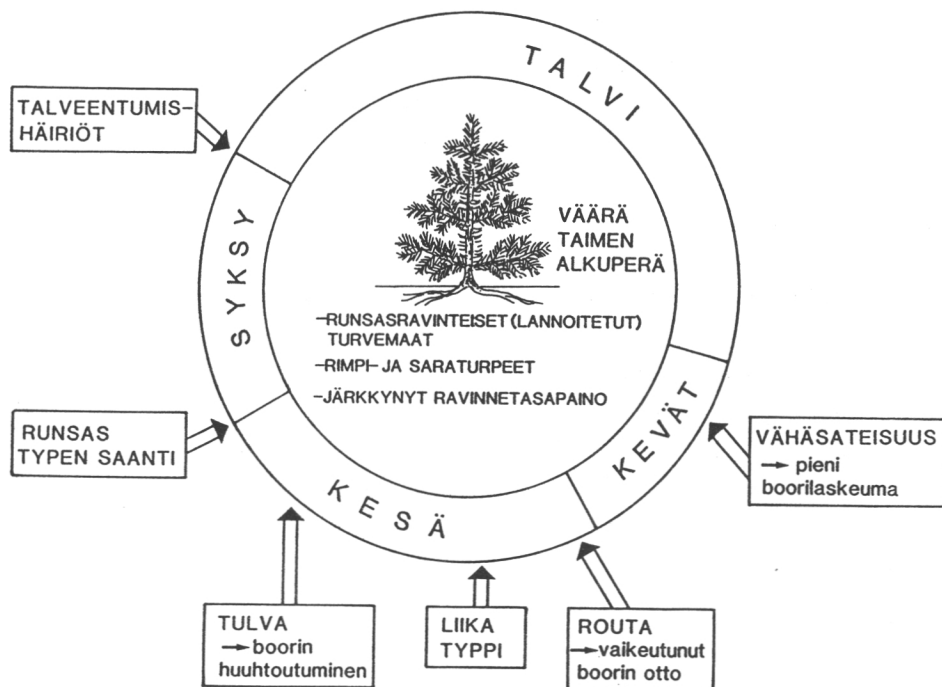
Puuyksilöiden tasolla männyn kasvuhäiriö on osoittautunut eräänlaiseksi "liikalihavuussilmiöksi" (Reinikainen ja Silfverberg 1983). Häiriön ilmestymistä edeltää voimakas puun biomassan tuotanto. Häiriöalueiden mäntyjen runko on tyvekäs, mikä aiheutuu puun pituuskasvun taantumisesta paksuuskasvun pysyessä ainakin aluksi hyvänä. Latvakato kärjistää tilannetta. Oksien ja neulasten biomassa on poikkeuksellisen runsas suhteessa runkopuun määrään. Kasvuhäiriö suuntaa täten kasvua oksiin ja neulasiin. Tappioita syntyy puiden kuolemista, pituuskasvun tyrehtymisestä ja mutkan tai rungon haarautuman jäämisestä puun tyviosaan. Voimakas oksien kehitys on ollut puun teknisen laadun kannalta kielteinen ilmiö. Vain osasta kasvuhäiriöön kuolleista puista saadaan ainespuuta. Kasvuhäiriön on myös todettu vähentäneen puuaineksen muodostusta (puukuidun seinämän paksuutta), mutta puuaines on massateknisesti samantaista kuin terve puu (Janson 1975).

Kasvuhäiriöalueiden pinta-alojen perusteella arvioituna kasvuhäiriön haittavaikutus on toistaiseksi jokseenkin vähäinen, vaikka kasvuhäiriön pelättiin lisääntyvän 1970-luvun laajojen ojitus- ja lannoitusalueiden puustojen saavuttaessa riski-ikä (8-20v.) Paikoin kasvuhäiriöt ovat kuitenkin vähentäneet metsänparannusinvestointien kannattavuutta aiheuttamalla puustojen vajaatuottoisuutta (Veijalainen 1984).

25. Kasvuhäiriön syyt

251. Ekologiset tutkimukset

Kasvuhäiriön esiintymiseen ja sen riskiin on havaittu liittyvän erilaisia ympäristötekijöitä (kuva 4). Turvemaileda kasvuhäiriö on esiintynyt yleensä puustoissa laikuttaisena, kuten rimpikuvioissa tai märiissä painanteissa (Paavilainen 1977a, Pietiläinen 1978, Veijalainen 1978). Kuivat alku-kesät (Kosonen ja Silfverberg 1976) tai maan pitkään routiminen ts. vaikeutunut veden saanti ovat myös liittyneet kasvuhäiriötapauksiin (Silfverberg 1979, Kunelius 1982). Ekologisella tasolla onkin esitetty turvemaiden kasvupaikoista tiettyjä kasvutekijöitä ja niiden rajaeh-toja (mm. turpeen ravinteisuudesta, happamuudesta ja vesitaloudesta), jotka - varauksin - kuvaavat männyn kasvuhäiriöriskiä (Veijalainen ym. 1984).



Kuva 4. Männyn kasvuhäiriöriskiä lisäävät tekijät.

252. Fysiologiset tutkimukset

Ravinneanalyysien mukaan nuorilla männyillä (pituus n. 2-8 m.) kasvuhäiriöriskiä ilmensivät neulasten korkeat typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet ($N > 1,7 \%$, $P > 1,8 \text{ mg/g}$, $K > 5,0 \text{ mg/g}$) sekä alhaiset boori-, kupari- ja sinkkipitoisuudet ($B < 7,0 \text{ ppm}$, $\text{Cu} < 2,5 \text{ ppm}$, $\text{Zn} < 40 \text{ ppm}$), näistä selvimmin typpi ja boori. Boorin osalta on alle 5 ppm:n pitoisuuksien todettu yleensä merkitsevän kasvuhäiriötä ja 5-10 ppm:n pitoisuuksien boorinpuutosaluetta, jossa kasvuhäiriö usein puhkeaa (Pietiläinen 1984, Veijalainen ym. 1984).

Kuusella selvin kasvuhäiriölle tyypillinen piirre on ollut neulasten alhainen booripitoisuus (alle 8 ppm), jota on esitetty myös erottavaksi tuntomerkiksi kasvuhäiriöisten ja vain hallavaurioista kärsivien puiden välillä (Silfverberg 1980).

Kasvuhäiriöisillä hieskoivuilla selvin häiriöpiirre on ollut myös lehtien alhainen (alle 5 ppm) booripitoisuus sekä lisäksi pääravinteiden ja boorin (N/B, P/B, Ca/B) korkeat suhdeluvut (Ferm ja Markkola 1985).

Kasvuhäiriöalueiden mäntypuustojen aineenvaihduntatutkimukset rajattiin ja suunniteltiin projektissa tehtyjen kirjallisuusselvitysten perusteella (Kolari 1977a, b). Päähypoteesin mukaisesti keskityttiin boorin säätelemän aineenvaihdunnan väli- ja lopputuotteisiin sekä siinä oleellisten entsyymien analysointiin. Tutkituilla kasvuhäiriöalueilla havaittiin puilla eroja eri aineenvaihduntatuotteiden pitoisuuksissa ja entsyymien aktiivisuuksissa kasvukauden aikana.

NPK-lannoitetuilla puilla neulasten tärkkelyspitoisuus ja tärkkelys/sakkaroosi-suhde sekä 6-P-glukonaatti dehydrogenaasi -entsyymin aktiivisuus olivat suurempia ja neulasten booripitoisuudet pienempiä kuin lannoittamattomilla tai tuhkalannoitetuilla puilla (Pietiläinen 1983, 1984, Veijalainen ym. 1984). Latvasilmujen ja -kasvainten indolietikkahappo (IAA) -kasvuhormonin pitoisuuksissa oli myös eroja NPK-lannoitettujen ja tuhka- tai NPK-hivenlannoituksen saaneiden puiden välillä (Kolari 1983, 1988 julkaisematon aineisto).

Aineenvaihduntatutkimusten tulokset tukevat pääosin booripuutoshypoteesia. Havaitut erot yhdessä neulasten alhaisten booripitoisuuksien kanssa viittasivat näissä tapauksissa häiriökasvupaikkojen (tuhka- tai hivenlannoittamattomien) puiden potentiaaliseseen fysiologiseen booripuutteeseen, mikä kasvuhäiriöpuiden tapauksissa oli johtanut akuuttiin kasvuhäiriöön latvakatoineen.

253. Patologiset tutkimukset

Kasvuhäiriöalueilla on puustoissa havaittu usein männynharmaakaristetta (*Lophodermella sulcigena* Rostr.), etenkin pahoissa kasvuhäiriöpuissa. Sen ei kuitenkaan ole katsottu olevan yhteydessä kasvuhäiriön syntymiseen. Sitä on esiintynyt myös kasvuhäiriöalueen terveissä puissa (Kurkela ja Jalkanen 1981).

Kasvuhäiriöisten mäntyjen latvakasvainten sienistöä on tutkittu havainnoimalla itiöemien esiintymistä sekä viljelemällä vioittuneiden kasvainten solukoista sienirihmastoja (Kurkela 1981, Vuorinen 1982). Aineisto kerättiin turve- maalle perustetuista nuorista männiköistä, joissa oli havaittu kasvuhäiriöitä tai latvakasvainten kuolemista.

Itiöemähavaintojen perusteella yleisin sieni latvakasvaimissa oli versosyöpäsieni, Ascocalyx abietina (Lagerb.) Schläpfer. Myös muita sienilajeja löytyi. Rihmastoviljelmässä yleisin oli Sydowia polyspora-sieni. Havaituista runsaana esiintyneistä sienistä versosyöpäsieni oli ainoa patogeenisena pidettävä sienilaji, joka myös ainoana pystyi tehyissä ympäyskokeissa tappamaan versoja. Versosyöpäsienen runsas osuus kasvuhäiriöalueilla selittyy aineiston keruujankohtana vuosina 1978-79 koko eteläisessä Suomessa esiintyneestä versosyöpäepidemiasta. S. polyspora taas kasvaa epifyyttinä terveiden männynversojen pinnalla ja tunkeutuu kuoren solukkoon vasta verson kuoltua.

Yleisesti voidaan tuloksista päätellä, ettei patogeenisillä sienillä ollut osuutta tarkasteltavana olleen kasvuhäiriön syntyyn. Versosyöpäsieni saattaa kuitenkin tappaa kasvuhäiriöpuustoja, jotka muuten voisivat selvitä ranganvaihdoksilla kasvuhäiriöstä.

Kasvuhäiriömäntyjen ja -kuusten neulasissa on myös havaittu virusten kaltaisia partikkeleja sekä virusten aiheuttamiksi epäiltyjä solunsisäisiä vaurioita (Soikkeli 1983). Tutkimuksessa ei kuitenkaan ole voitu varmistaa virusinfektiota kasvuhäiriöpuiden neulasoireiden syyksi.

26. Kasvuhäiriön torjunta käytännön metsätaloudessa

Kasvuhäiriöprojektin aikana on mitattu yli 50 kasvuhäiriön torjuntakoetta. Näistä valtaosa on perustettu mäntyvaltaisiin puustoihin ojitetuille soille. Tähän mennessä julkaisujen ja uusien julkaisemattomien tulosten perusteella voidaan todeta seuraavaa (Veijalainen 1979, 1980, 1981, 1983, Veijalainen ja Pietiläinen, julkaisematon aineisto, Veijalainen ym. 1984, Silfverberg ja Issakainen 1987):

- Kasvuhäiriö parantuu usein itsestään

- Kesätulvien estäminen ojitusalueella on torjunut kasvuhäiriöitä; usein riittänee kunnostusojitus.

- Puun ja kuoren tuhka sekä booria sisältävät lannoiteyhdistelmät ovat osoittautuneet parhaiksi torjuntalannoitteiksi. Ns. frittilannoitteet (hivenlasitteet) ja Agromax-hivenliuosvalmisteet eivät ole antaneet kasvuhäiriön torjunnassa toistaiseksi tuloksia

-Yksittäisten hivenravinteiden käyttöä voidaan suositella harkittavaksi tapauksissa, joissa ko. hivenravinteen puute on maa- tai neulasanalyttisesti varmasti osoitettavissa.

Kasvuhäiriön torjuntatutkimusten tulosten tärkeimpinä sovellettuksina voidaan pitää boorilisäystä (0,2 % B) suometsien PK-lannokseen vuonna 1977 sekä tuhkalannoitussuositusta kasvuhäiriön ennaltaehkäisyssä ja torjunnassa.

Edellä mainittujen torjuntakokeiden ja -tutkimusten perusteella kasvuhäiriön mahdollisuus tulisi ottaa huomioon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa riskialueilla, mieluummin jo metsiköiden perustamisen tai uudistamisen yhteydessä. Männyn viljelyä suursaraisuustasoa paremmilla nevoilla ja rämeillä sekä näiden sekamuodoilla tulisi välttää niiden suuren kasvuhäiriöriskin takia. Epäonnistumisen riski on suuri eräillä siniheinäisillä soilla, vesijätöillä sekä maanviljelyn köyhdyttämällä suopelloilla. Jos tällaisille alueille syntyy metsiköitä, on niiden pääravinnelannoituksessa noudatettava suurta varovaisuutta ja hivenravinnepuutteen hoidettava ajoissa.

Metsänlannoitustoiminnassa kasvuhäiriöriskiä voidaan torjuntakokeiden perusteella yleisesti vähentää käyttämällä lannoitteita, joihin on lisätty hivenravinteita. Usein kuitenkin kasvuhäiriöt todetaan vasta, kun puut menettävät latvansa ja alkavat kuolla. Tällöin on vielä mahdollista parantaa kasvuhäiriöpuusto, jos torjuntatoimiin ryhdytään viivyttämättä. Aina torjunta ei onnistu, mutta joskus

puustot elpyvät itsestään.

Jos lannoitus- tai jatkolannoituskohteet ovat kasvuhäiriöstä kärsiviä puustoja tai taimikoita, on neulasanalyysin käyttö lannoitustarpeen määrittämisessä suositeltavaa. Pahoin vaurioituneissa kasvuhäiriöpuustoissa ei kuitenkaan elvytyslannoitusta katsota kannattavaksi vaan vaurioitunut puusto tulisi hakata pois, etenkin koska kuoleva kasvuhäiriöpuusto voi toimia myös sienitautien ja tuhohyönteisten leviämiskeskuksena. Kasvupaikan ravinnetalous tulisi korjata pää- ja hivenravinteiden osalta, jos kasvuhäiriöalueita lähdetään uudelleen metsittämään. Vaikeimmissa häiriökohteissa on aiheellista harkita metsänkasvatuksesta luopumista.

3. KIVENNÄISMAIDEN PUUSTOJEN KASVUHÄIRIÖ

Pohjois-Suomen typpilannoitetuissa kangasmetsissä on havaittu kasvuhäiriöitä etenkin jatkolannoituksen jälkeen (kuva 5). Häiriöt ovat ilmenneet nuorissa lannoitusmetsiköissä turvemaiden puustojen kasvuhäiriön tapaan latvojen eriasteisena vaurioitumisena tai neulasten ruskettumisena (Mälkönen ja Kukkola 1988, julkaisematon aineisto).

Näiden kasvuhäiriöiden syistä on esitetty kaksi hypoteesia: 1) typpilannoituksesta aiheutunut boorin ohentumisilmiö (boorin puute, N/B- ja N/P-suhde) ja 2) typen yliannostuksen yhdessä kevättalven epäsuotuisten sääolojen kanssa aiheuttama versojen pakkaskuivuminen.



Kuva 5. Toistetun typpilannoituksen aiheuttamia latvavaurioita kuivahkon kankaan keski-ikäisessä männikössä Sodankylässä. Valok. EM.

Tutkimusten tavoitteena on selvittää typpilannoituksen indusoimiin kasvuhäiriöihin vaikuttavia tekijöitä, näistä erityisesti epätasapainoisten ravinnesuhteiden osuutta ja niiden korjaamista. Tutkimus käsittää 7 männyn ja 8 kuusen faktoriaalista lannoituskoetta, joille on annettu toistuvasti typpeä ja fosforia sekä yksittäin että yhdessä.

Näiltä kokeilta on tähän mennessä inventoitu kasvuhäiriön yleisyys ja sen aiheuttamat muutokset latvuksen kehityksessä sekä analysoitu neulasten ravinnepitoisuuksia eri ajankohdina. Aineiston käsittely on vielä kesken, mutta esitulososten perusteella kasvuhäiriö näyttäisi selittyvän boorinpuutoshypoteesin avulla.

4. KASVUHÄIRIÖTUTKIMUSTEN JATKOTARVE

Osa projektin perustamista kokeista tulee jatkossakin olemaan seurannan alaisena lannoitustutkimusten yhtenä osana. Tämän lisäksi näyttäisivät seuraavat tehtävät tarpeellisilta:

1. Käytännön metsätaloudessa ja metsäntutkimuksessa tarvitaan värikuvin varustettu opas ravinnepuutosoireiden ja kasvuhäiriöiden tunnistamiseksi.

2. Boorinpuutoshypoteesiin liittyvä kasvuhäiriöalueiden mäntyjen fenoliaineenvaihduntaa tarkasteleva tutkimus tulisi voida saattaa loppuun (analyysit). Puiden typpiaineenvaihduntatutkimuksia (Pietiläinen ja Sarjala 1983, Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986, 1988, Lähdesmäki ja Pietiläinen 1988a,b) tulisi laajentaa ja puiden fosfori- ja kaliumaineenvaihduntaa tarkasteleva ravinnetaloustutkimus käynnistää hyödyttämään sekä lannoitustarpeen määritys- että kasvuhäiriötutkimuksia

3. Kivennäismaiden puustojen ravinneperäisiä kasvuhäiriöitä tulee jatkossakin seurata ja selvittää, mm. tehostamalla ja laajentamalla torjuntalannoitustutkimuksia.

4. Pohjanmaan rannikkoalueiden turkistarhojen ympäristömetisien kasvuhäiriöt ovat osoittautuneet olevan yhteydessä eläinlannasta vapautuvaan ammoniakkiin. Nämä typpipäästöihin liittyvät puustovauriot ja ympäristöongelmat vaativat jatkossa lisätutkimuksia.

5. Vaikka kasvuhäiriöiden määrä ei ole lisääntynyt pelätyllä tavalla, on kuitenkin osoittautunut, että kasvuhäiriöitä voi syntyä monista eri syistä. Näiden, osin vielä täysin selvitystä vaille jääneiden häiriöoireyhtymien tutki-

musta tulisi jatkaa.

6. Valtakunnan metsien inventoinnissa tulisi kasvuhäiriö voida kuvata omana luokkana ainakin turvemaiden puustojen osalta erotukseksi muista monilatvaisuustuhoista.

KIRJALLISUUS

- Albrektson, A., Aronsson, G. & Tamm, C.O. 1977. The effect of forest fertilization on primary production and nutrient cycling in the forest ecosystem. *Silva Fennica* 11(3): 233-239.
- Aronsson, A. 1980. Frost hardiness in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). II. Hardiness during winter and spring in young trees of different mineral nutrient status. *Studia Forestalia Suecica* 155: 1-27.
- 1985. Indikationer på stress vid obalans i trädens växtnäringssinnehåll. Summary: Indications of stress at unbalanced nutrient contents of spruce and pine. *Kungliga Skogs- och Lantbruks akademiens tidskrift. Supplement* 17: 40-51.
- Braekke, F.H. 1977. Fertilization for balanced mineral nutrition of forests on nutrient poor peatland. *Lyhennelmä: Turvemaiden tasapainoinen lannoitus. Suo* 28(3): 53-61.
- 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. *Meddelerser Norsk institutt for skogforskning* 35(3): 213-236.
- 1980. Boron deficiency on afforested peatlands in Norway. *Proc. 6th Int. Peat Congress, Duluth, Minnesota, U.S.A. Aug. 17-23, 1980. s.* 369-375.
- 1983a. Occurrence of growth disturbance problems in Norwegian and Swedish forestry. *Teoksessa: Kolari, K. K. (toim.). Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 20-25.
- 1983b. Micronutrients - prophylactic use and cure of forest growth disturbances. *Teoksessa: Kolari, K. K. (toim.). Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 159-169.
- Burgtorf, H. 1981. Effekten av växtnäringstillförsel till några tallbestånd på näringsfattig mark i kyliga klimatlägen. Summary: The effects of supply of plant nutrients

to some pine stands on poor and cold sites. Rapporter skogsekologi och skoglig marklära 37: 1-34.

- Ferm, A. & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in Betula pubescens stands during the growing season. Folia Forestalia 613: 1-28.
- , Hytönen, J., Kolari, K.K. & Veijalainen, H. 1987. Growth disturbances of forest trees close to fur animal farms. Poster at EUROSAP-symposium "Ammonia and Acidification" 13.-15.4.1987, Bilthoven, Holland.
- Huikari, O. 1951. Havaintoja ojitettujen rimpinevojen taimetumista ehkäisevistä tekijöistä. Suo 2(1): 1-4.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. Metsä ja Puu 11: 24-25.
- 1977. Micro-nutrient deficiencies cause growth disturbances in trees. Silva Fenn. 11(3): 251-255.
- Janson, J. 1975. Eskimoosis-tautia (Dieback) sairastavan männyn tutkiminen. Oy Keskuslaboratorio. Seloste 1227: 1-26.
- Karsisto, K. 1976. Metsänlannoitus. Eripainos. Metsä ja Puu 5-9: 1-12.
- Kaunisto, S. 1978. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus istutustaimien kehitykseen ja kasvuhäiriöihin avosoilla, välituloksia. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7: 1-12.
- & Paavilainen, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpilannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 92(1): 1-54.
- Kolari, K.K. 1977a. Boori kasvien fysiologiassa - kirjallisuuskatsaus. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1: 1-86.
- 1977b. Näkökohtia mikroravinnepuutteiden (B,Zn,Cu ja Mn) vaikutuksista kasvien aineenvaihdunnassa. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 7: 1-7.

- 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa - kirjallisuuskatsaus. Abstract: Micronutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland - a review. *Folia Forestalia* 389: 1-37.
- 1983a. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings of International Workshop and Excursion on Growth Disturbances of Forest Trees. 10-13. October, 1982, Jyväskylä, Finland. Seloste: Metsäpuiden kasvuhäiriöt Jyväskylässä ja Kivisuolla 10-13. lokakuuta 1982 pidetyn kansainvälisen symposiumin esitelmäraportit. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 1-208.
- 1983b. Physiological and biochemical role of micronutrients in growth disturbances of forest trees. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116: 39-43.
- , Paavilainen, E. & Raitio, H. 1977. Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella. Summary: Pine root condition and growth disturbances. *Folia Forestalia* 313: 1-16.
- Kosonen, R. & Silfverberg, K. 1976. Havaintoja "eskimosis" ilmiöstä männyllä Kivisuolla. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 8: 1-15.
- Kunelius, K. 1982. Männyn kasvuhäiriöt metsitetyllä suopelolla ja ojitetulla rämeellä. *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. 68 s.
- Kurkela, T. 1965. Männyn lumikaristetaudin ja lannoituksen suhteesta Kivisuon metsänlannoitusalueella. Summary: On the relationship between the snow blight (Phacidium infestans Karst.) and the fertilization in Scots pine seedlings. *Folia Forestalia* 14: 1-8.
- 1981. Versosyöpä (Gremmeniella abietina) riukuasteen männiköissä. Summary: Canker and die-back of Scots pine at precommercial stage caused by Gremmeniella abietina. *Folia Forestalia* 485: 1-12.
- 1983a. Early observations on die-back of Scots pine in the

- fertilization experiments at Kivisuo. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 10-12.
- 1983b. Fungal diseases associated with nutritional growth disturbances of Scots pine. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 73-76.
- & Jalkanen, R. 1981. Deformations and susceptibility of pine needles to Lophodermella sulcigena resulting from imbalanced nutrient status. Teoksessa: Millar, C.S (toim.). Current research on conifer needle diseases. Proceedings of IUFRO Working Party on Needle diseases, Sarajevo, 1980. s. 37-41.
- Lähdesmäki, P. & Pietiläinen, P. 1988a. Seasonal changes in nitrate reductase activity and the concentrations of inorganic nitrogen compounds in Scots pine buds and needles. Aquilo. Painossa.
- & Pietiläinen, P. 1988b. Seasonal variation in the nitrogen metabolism of young Scots pine. Tiivistelmä: Männyn taimien typpiaineenvaihdunnan vuodenaikaisvaihtelusta. Silva Fennica 22(3): 233-240.
- Möller, G. 1982. Borbristskador efter upprepad kvävegödsling på fastmark. Summary: Growth disturbances from boron deficiency on mineral soil after refertilization with nitrogen. Föreningen skogsträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1982. s. 47-70.
- 1983. Variation of boron concentration in pine needles from trees growing on mineral soil in Sweden and response to nitrogen fertilization. Teoksessa: Kolari, K. (toim.). Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 111-115.
- 1984. Synpunkter på mikronäringsämnen inom skogsbruket med särskild hänsyn till borsituationen. Summary: Aspects of micronutrients in forestry with special regard to the boron situation. Kungliga Skogs och Lantbruks akademiens tidsk-

- rift. Supplement 16: 41-58.
- Paavilainen, E. 1976. Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä. Summary: Nitrogen fertilization on shallow-peated Carex globularis pine swamps. Folia Forestalia 272: 1-16.
- 1977a. Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia Forestalia 327: 1-32.
 - 1977b. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Abstract: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. Folia Forestalia 326: 1-27.
 - 1978. PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results. Folia Forestalia 343: 1-17.
 - 1979a. Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. Folia Forestalia 414: 1-23.
 - 1979b. Turvemaiden metsänlannoitustutkimuksista. Teoksessa: Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15.2.1979. Folia Forestalia 400: 29-42.
- Pietiläinen, P. 1978. Kasvuhäiriöistä. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 17: 43-50.
- 1983. 6-phosphogluconate dehydrogenase activity in Scots pine vegetative buds on a growth disturbance area. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 141-147.
 - 1984. Foliar nutrient content and 6-phosphogluconate dehydrogenase activity in vegetative buds of Scots pine on a growth disturbance area. Seloste: Kasvuhäiriöalueen männyn vegetatiivisten silmujen 6-fosfoglukonaatti dehydrogenaasiaktiivisuuden ja neulasten ravinnepitoisuus. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 123: 1-18.
 - & Lähdesmäki, P. 1986. Free amino acids and protein levels,

- and γ -glutamyltransferase activity in Pinus sylvestris apical buds and shoots during the growing season. Scandinavian Journal of Forest Research 4(1): 387-395.
- & - 1988. Effect of various concentrations of NO_3^- and NH_4^+ on nitrate reductase activity in the roots and needles of Scots pine seedlings. Annales Botanici Fennici 25: 201-206.
 - & Sarjala, T. 1983. Nitraattitypen muuttuminen nitriitiksi männyn päätesilmuissa ja neulasissa. Ennakkotuloksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 119: 19-28.
 - & Veijalainen, H. 1979. Koe hivenlannoitteiden vaikutuksesta rimpisuon metsityksessä. Summary: Effect of some micronutrient fertilizers on the height growth of pine seedlings in a flark. Suo 30(4-5): 78-80.
- Raitio, H. 1977. Tallarnas växtstörningar, markens näringsbalans och mikronäringsbrist. Silva Fennica 11(3): 255-257.
- 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsityllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. Folia Forestalia 412: 1-16.
 - 1981. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla. Summary: Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. Folia Forestalia 456: 1-10.
 - 1982a. Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä. Summary: Growth disturbance of Betula pendula in the Torajärvi experimental field. Folia Forestalia 536: 1-15.
 - 1983a. Macro- and microscopic symptoms in growth disturbed forest trees. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 35-38.
 - 1983b. Growth disturbance of Betula pendula in the

- Torajärvi experimental field. In: Kolari, K.K. (ed.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 104-110.
- & Rantala, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(1): 1-30.
- Reinikainen, A. 1967. The appearance of nutrient deficiency in plants growing in the experimental area for forest fertilization in Kivisuo. Proc. Colloq. For. Fert. Jyväskylä, Finland, 1967. Bern Int. Potash Inst. s. 345-361.
- & Silfverberg, K. 1983. Significance of whole-tree nutrient analysis in the diagnosis of growth disorders. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 48-57.
- & Veijalainen, H. 1983. Diagnostical use of needle analysis in growth disturbed Scots pine stands. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 44-47.
- Silfverberg, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorinpuutosalueella. Summary: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland. Folia Forestalia 396: 1-19.
- 1980. Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinteet. Abstract: Micronutritional growth disorder in Norway spruce. Folia Forestalia 432: 1-13.
- 1983. Development of growth disturbance in Scots pine. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 31-34.
- & Issakainen, J. 1987. Tuhkanmäärän ja laadun vaikutus neulasten ravinnepitoisuuksiin ja painoon rämemänniköissä.

- Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 271: 1-25.
- Soikkeli, S. 1983. Viruses in conifer needles in Finland: Description of visible symptoms and ultrastructural aberrations of mesophyll tissue. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.). Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 77-83.
- Veijalainen, H. 1974. Makro- ja mikrolannoituskoe kuusen "eskimosis"- alueella. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6: 1-8.
- 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 26(5): 87-92.
 - 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 92(4): 1-30.
 - 1980a. Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Neulasanalyysiin perustuva tarkastelu. Summary: Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests. Report basing on needle analysis. Folia Forestalia 443: 1-13.
 - 1980b. Tuhka kasvuhäiriön torjunnassa. Metsäntutkimuslaitos. Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja 20: 28-30.
 - 1981. Hivenlannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen turvemilla. Summary: Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil. Folia Forestalia 477: 1-15.
 - 1983a. Geographical distribution of growth disturbances in Finland. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 13-16.
 - 1983b. Preliminary results of micronutrient fertilization experiments in disordered Scots pine stands. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.). Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae

116: 153-159.

- , Reinikainen, A. & Kolari, K.K. 1984. Metsäpuiden kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. Summary: Growth disturbances of forest trees. Interim report. Folia Forestalia 601: 1-41.
- Vuorinen, M. 1982. Männyn latvakasvainten sienituhoista kasvuhäiriöalueilla. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, Kasvitieteen laitos, Metsäntutkimuslaitos. 70 s.

KASVUHÄIRIÖPROJEKTIIN LIITTYVÄ MUU KIRJALLISUUS

- Huikari, O. 1976. Puiden kasvuhäiriöt. Tutkimuspäivä Haapa-vedellä. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 15: 37-38.
- 1977. Metsien hivenravinnepuutteet. Metsäntutkimuslaitos. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 16. 4 s.
- 1983. History of growth disturbance research in Finland. In: Kolari, K.K. (ed.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 9-10.
- & Reinikainen, A. 1978. Growth disturbances caused by exhaustion of micro-nutrients in well-growing stands on peat. Discussion paper presented at IUFRO division 1. meeting, September 3.-9.1978, Edinburgh. 2 s.
- Kolari, K. 1983a. Hivenravinteiden puutteen esiintyminen ja puutosoireet havu- ja lehtipuilla. Teoksessa: Raitio, H. (toim.) Metsäpuiden fysiologiaa I. Ravinnetalouden perusteita. HY/Metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 39: 136-176.
- 1983b. (ed.) Boron in forestry. Borax Holding Limited, Borax House. London. Reprint from Growth disturbances of forest trees. Proceedings of international workshop Finland, 10th - 12th October, 1982. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116. s. 111-169.
- & Veijalainen, H. 1981. Boorin, kuparin ja kalkin vaikutus rauduskoivun alkukehitykseen kasvuhäiriöalueen turpeella. Summary: Effect of boron, copper and calcium on the initial growth of Betula pendula on peat from a growth disturbance area. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 31: 1-26.
- Moilanen, E. 1979. Männyn kasvuhäiriöt turvemaiden metsänparrannusalueilla. Opinnäytetyö. Tuomarniemen metsäopisto. 10 s.
- Paavilainen, E. 1986. Mikronährstoffe in der Ernährung und Düngung von Koniferen. "175 Jahre forstliche Lehre in Tha-

- rand 1811-1986". Wissenschaftliche Tagung vom 8-10. Oktober, 1986 in Tharand. Vorträge, Band 1: 120-126.
- Pietiläinen, P. 1979. Growth disturbances on Scots pine caused by exhaustion of micronutrients. Sammendrag XII Nordiske Kongress for Plantefysiologi. Tromsø 2.-6. July. s. 67.
- 1980. Kasvuhäiriön laajuus ja merkitys. Metsäntutkimuslaitos. Muhoksen tutkimusasetaman tiedonantoja 18: 1-8.
 - 1983. 6-phosphogluconate dehydrogenase activity in vegetative buds of Scots pine on a growth disturbance area. Licensiaattitutkielma. Oulun yliopisto. Kasvitieteen laitos. 61 s.
- Raitio, H. 1978. Eräiden metsänparannusmenetelmien vaikutuksesta karun avosuon pintakasvillisuuden kenttäkerrokseen sekä puiden kasvuhäiriöiden ja niiden ravinnetilanteen välistä suhteesta. FL-tutkielma. Oulun yliopisto. Kasvitieteen laitos. 73 s.
- 1982. Tallarnas växtstörningar. Årskrift for Nordiska Skogsplanteskoler 1982: 31-33.
- Raunemaa, T., Samela, J. & Erkinjuntti, R. 1983. Comparison of PIXE method and chemical analysis in measurement of needle samples from growth disturbance Scots pine trees. Teoksessa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Proceedings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 58-67.
- Silfverberg, K. 1982. Näringsanalys i två spårämnesgödslade granplanteringar. Abstract: Nutrient analysis of Norway spruce after application of micro-nutrients. Seloste: Kahden hivenlannoitetun istutuskuusikon ravinneanalyysi. Folia Forestalia 526: 1-12.
- Sipola, J. 1979. Metsäpuiden latvakadon esiintymisestä Suomessa. Opinnäytetyö. Rovaniemen metsäopisto. 15 s.
- Veijalainen, H. 1978a. Metsäpuiden latvakadon esiintyminen Suomessa. Summary: Occurrence of die-back of forest trees in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1: 1-22.

- 1978b. Kuparilannoitteiden vaikutus rauduskoivun pituuskasvuun kasvuhäiriöalueen turpeella. Kasvihuonekoe. Esitulkoksia. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2: 1-6.
- 1979a. Hivenlannoitteiden Cu, B ja Mn vaikutus kasvuhäiriöpuuston elpymiseen Kivisuolla. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6: 1-8.
- 1979b. Neulasanalyysi ja sen tulkinta erityisesti turvemaiden mäntypuustojen lannoitustarpeen määrittämisessä. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 10. 6 s.
- 1980. Mäntylajeilla suoritettuja Cu- ja B-kokeita. Kirjallisuuskatsaus ulkomaisista tutkimuksista. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 3: 1-67.
- 1983a. Preliminary results of micronutrient fertilization experiments in disordered Scots pine stands. Teoksessa: Boron in forestry. Reprint from Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 153-159.
- 1983b. International Workshop and Excursion on Growth Disturbance of forest trees. Bulletin of the International Peat Society No. 14. March 1983. 1 s.
- 1984. Hivenlannoituksen vaikutus erään istutusmännikön ravinnetalouteen turvemaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 126: 1-19.

