

### Metsien kunto ja bioottiset tuhonaiheuttajat<sup>1</sup>

Erkki Annila

Metsäntutkimuslaitos, metsänsuojelun tutkimusosasto

Viime aikoina käydyissä metsätuhokeskusteluissa eräs olennainen kysymys on ollut, missä määrin metsät altistuvat bioottisille tuhonaiheuttajille parhailtaan tai lähitulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvien ympäristömuutosten seurauksena. Aleneeko metsien kunto ilmansaasteiden tai voimistuvan kasvihuoneilmiön seurauksena niin, että erilaiset sien- ja hyönteistuhot pääsevät valloilleen?

Käydyissä keskusteluissa näyttää usein unohtuneen puiden ja niiden tuhonaiheuttajien väliset, pitkän kehityksen tuloksena syntyneet lainalaisuudet ja ääritapauksissa kaikki metsissä havaitut tuhot on selitetty johtuvaksi muuttuneista ympäristöoloista. Käsittelemme ensiksi puiden yleisiä puolustusstrategioita tuhonaiheuttajia vastaan ja puiden tuhojen kestokykyä sekä sen jälkeen meneillään olevien ympäristömuutosten todennäköisiä vaikutuksia tuhonaiheuttajiin.

Metsien bioottiset tuhonaiheuttajat on perinteisesti jaettu primaarisiiin ja sekundaarisiiin. Ensin mainittujen on katsottu kykenevän iskeytymään täysin terveisiin, mutta jälkimmäisten vain jollakin tavalla heikentyneisiin tai kuoleviin puihin.

Tällainen ryhmittely on luonnollisesti keinoitekoinen ja primaarisuus ja sekundaarisuus edustavat vain tuhonaiheuttajien suuressa joukossa saman akselin ääripäitä. Eri tuhonaiheuttajalajeilla on tällä akselilla oma paikansa, joka saattaa ajoittain jopa muuttua. Myöskään puitten terveys tai kunto ei ole mikään staattinen tila, vaan se vaihtelee monien tekijöitten vaikutuksesta. Sairaalta näyttävä puu voi pysyä elossa vuosia, jopa vuosikymmeniä.

#### Puiden puolustusstrategiat

Puiden puolustusstrategiat tuhonaiheuttajia vastaan voidaan jakaa kahteen perustyyppiin. Ensinnäkin puihin on evoluution kuluessa, valinnan kautta, kehittynyt erilaisia pysyviksi katsottavia ominaisuuksia, varustuksia siltä varalta, että puu joutuu alttiiksi tuhonaiheuttajalle. Näitä on sekä fyysikaalisia että kemiallisia. Ensin mainittuihin kuuluu esimerkiksi pihka, jota valuu välittömästi tuhonaiheuttajan iskeytymiskohtaan tai syntyneeseen haavaan estäen tuhonaiheuttajan tunkeutumisen solukkoon. Kemialliset puolustusaineet kuten terpeenit, fenolit ja tanniinit ovat tuhonaiheuttajille myrkyllisiä tai estävät jo ennalta tuhonaiheuttajia tunkeutumasta puuhun. Jalokuusissa on jopa todettu aineita, jotka jäljittelevät hyönteisten juveniilihormoneja ja estävät tai ainakin hidastavat näin toukkien kehittymistä kohti aikuisastetta.

Pysyvät puolustusmekanismit ovat joissakin puulajeissa muodostuneet niin vahvoiksi, että ne yksistään antavat puulle riittävän suojan tuhonaiheuttajia vastaan. Tällaisia lajeja ovat esim. marjakuusi (*Taxus*), punapuut (*Sequoia*) ja tuija (*Thuja*). Niillä elävät hyvin harvat hyönteis- tai sienilajit, jotka nekään eivät aiheuta olennaista vaaraa puulle. Huonommin varustautuneita ovat männyt, kuuset ja jalokuuset.

Toinen strategia muodostuu niistä reaktioista, joilla puut pyrkivät puolustautumaan sen jälkeen, kun iskeytyminen on tapahtunut. Tätä kutsutaan indusoituvaksi, dynaamiseksi puolustautumiseksi. Reaktio voi olla hyvin nopea ja on välttämätön silloin, kun tuhonaiheuttajan iskeytyminen johtaisi puun nopeaan kuolemiseen kuten kaarnakuoriaisten yrittäessä iskeytyä puuhun.

Sellaiset kaarnakuoriaislajit kuten kirjanpainaja (*Ips typographus*) ja eräät pohjois-amerikkalaiset *Dendroctonus*-lajit, jotka tap-

<sup>1</sup> Suomen Metsätieteellisen Seuran järjestämässä Metsätieteen päivä -tilaisuudessa 27.4.1989 pidetty esitelmä

pavat hyväkuntoisia puita, kykenevät murtaamaan puun vastustuskyvyn ainoastaan sinistäjäsiemien avulla (Horntvedt ym. 1983). Kaarnakuoriaisten iskeytyessä puu muodostaa iskeytymiskohdan ympärille vyöhykkeen pihkan täyttämistä soluista, joissa on hyvin vähän sienelle sopivaa ravintoa. Mikäli kaarnakuoriaisia ei ole kovin runsaasti, puu kykenee tällä tavalla torjumaan niiden iskeytymisyritykset.

Tuhonaiheuttajan indusoima reaktio voi olla myös paljon hitaampi. Näin tapahtuu silloin, kun puuta ei uhkaa välitön vaara iskeytymisen jälkeen kuten esimerkiksi neulas- ja lehtituholaisten kohdalla. Tuhonaiheuttajalle haitallisten aineitten muodostuminen on niin hidasta, että se vaikuttaa vasta tuhonaiheuttajan seuraaviin sukupolviin tai muihin, jälkeen päin tuleviin tuhonaiheuttajiin (Neuvonen ym. 1988). Muodostuvat kemikaalit eivät ole useinkaan kovin myrkyllisiä tuhonaiheuttajalle vaan yleensä vain hidastavat kehitystä.

Erään keskieuropalaisen lehtikuusella elävän pikkuperhosen (*Semasia diniana*) runsaus noudattelee melko tarkkaan kymmenvuotista rytmiä (Bovey 1978). Säännöllinen rytmi johtuu tuhon aikana puuhun indusoituneista ominaisuuksista, jotka tekevät lopun tuhoista. Syntyneet ominaisuudet katoavat kuitenkin vähitellen ja tuholaisten määrä alkaa jälleen kohota.

Puut eivät aina onnistu puolustuksessaan tuhonaiheuttajia vastaan. Joidenkin ns. pioneeripuulajien kohdalla näyttää jopa siltä, että puu on sopeutunut tuhonaiheuttajan dynamiikkaan ja käyttää sitä hyväkseen. Vanhettessaan kontortamänty tulee ennemmin tai myöhemmin kaarnakuoriaisten tappamaksi (Safranyik ym. 1974). Kun metsikössä on runsaasti kuolleita, kuivia puita, syttyy siinä helposti metsäpalo. Kontortamänty kykenee uudistumaan parhaiten juuri metsäpalon jälkeen. Näin se pysyy jatkuvasti metsikön valtapuuna. Jos metsäpaloa ei sattuisi, kehittyisi metsä vähitellen kohti kliimaks-vaihetta, jossa pääpuulajeina ovat erilaiset kuusi- ja jalkuusilajit sekä douglaskuusi.

Kun tuhonaiheuttaja leviää alueelle, jossa se aikaisemmin ei ole esiintynyt, saattaa kokonainen puulaji olla uhattuna. Esimerkkejä tällaisista tuhoista ovat mm. jalavataudin leviäminen Pohjois-Amerikkaan ja mäntyankeroiden kulkeutuminen Japaniin. Kummassa-

kin tapauksessa taudinaiheuttajan, sinistäjäsiemen tai ankeroiden, levittäjänä ja siirtäjänä isäntäpuuhun toimii hyönteinen, joka puolestaan lisääntyy taudin tappamassa puussa. Tuhonaiheuttajat kykenevät yhdessä murtamaan tehokkaasti puun vastustuskyvyn ja tuhot jatkuvat niin kauan kuin altista puustoa on jäljellä. Puulajin ja tuhonaiheuttajien yhteisen evoluution puuttuessa puihin ei ole kehittynyt luontaista kestävyyttä tuhonaiheuttajaa vastaan eivätkä tuhonaiheuttajan lisääntymistä rajoittavat tekijät ole kyllin voimakkaita vähentämään lisääntynyttä tuhonaiheuttajakantaa. Luonnon itsesäätelymekanismi puuttuu. Tällaisissakin tapauksissa saattaa kuitenkin lopulta tulla esiin kestäviä puuyksilöitä. Niinpä Japanissa on aivan äskettäin todettu paikallisissa mäntylajeissa (*Pinus densiflora*, *P. thunbergii*) mäntyankeroidelle kestäviä yksilöitä (Kanamitsu 1988).

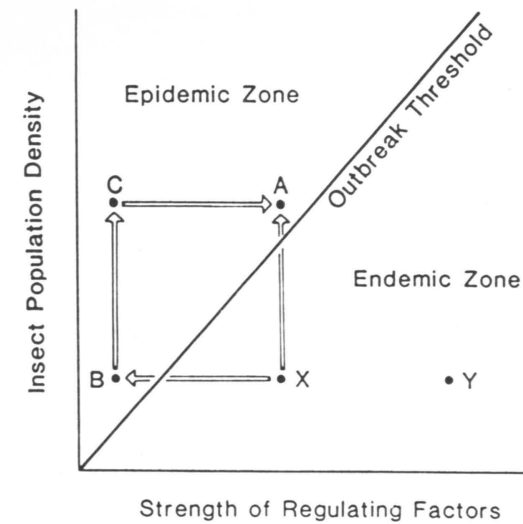
### Puuston altistuminen

Tuhojen ennakkotorjunnassa on olennaista tietää, mitkä ovat ne tekijät, joiden johdosta tuhot pääsevät valloilleen. Mikäli pohjoinen havumetsä saa kehittyä rauhassa kohti kliimaks-vaihetta, osa puista jää kilpailussa jälkeeseen. Ne heikentyvät ja joutuvat lopulta tuhonaiheuttajien tappamiksi. Kuolevat puita vapautuvan elintilan ja resurssit käyttävät hyväkseen jäljelle jääneet puut. Kehitys kulkee siis kohti tilaa, jossa puut ovat kunnoltaan samanlaisia ja keskenään tasavahvoja.

Luontaisesti kehittyvässä metsässä kuolevat puut ylläpitävät tuhonaiheuttajia, jotka sopivan tilaisuuden tullen voivat lisääntyä ja iskeytyä myös terveisiin puihin. Koko metsikkö saattaa joutua epideemiseen tilaan. Talousmetsien terveydenhoito perustuu siihen, että poistetaan heikot puut ennenkuin tuhonaiheuttajat ehtivät iskeytyä niihin. Näin estetään tuhonaiheuttajien lisääntyminen ja kohotetaan jäljelle jäävien puitten kuntoa.

Metsien käsittelyllä ei kuitenkaan kyetä täysin estämään tuhojen valtaantäpääsyä vaan myös talousmetsissä sattuu laaja-alaisia, epideemian luonteisia tuhoja. Metsikön joutumista epideemiseen tilaan voidaan kuvata yksinkertaisella mallilla (kuva 1, Berryman 1986). Piste X osoittaa terveen metsän asemaa koordinaatistossa, endeemisessä tilassa, jossa tuhonaiheuttaja ei esiinny tai se elää

vain sekundaarisena isäntäpuussa. Se voi joutua epideemiseen tilaan, siis tuhon kohteeksi, pisteeseen A sen seurauksena, että tuhonaiheuttajakanta on jostain syystä noussut niin korkeaksi, että tuhonaiheuttajat kykenevät iskeytymään terveisiin puihin. Tuhot voivat päästä valloilleen myös sen seurauksena, että puuston kunto on alentunut (piste B). Usein kummatkin tekijät vaikuttavat samanaikaisesti.



Kuva 1. Tuhojen valtaantäpääsyn riippuvuus puuston kunnosta ja tuhonaiheuttajan runsaudesta Berrymanin (1986) mukaan. Selitys tekstissä.

Jos tuhot ovat alkaneet sen johdosta, että puuston kunto on heikentynyt (piste B), pääsee tuhonaiheuttaja lisääntymään ja niin epideemia laajenee ja voimistuu (piste C). Vaikka tällöin puuston kuntoa heikentävät tekijät olisivatkin väistyneet ja puusto voimistunut, ollaan yhä epideemisellä alueella (piste A), koska tuhonaiheuttajakanta on edelleen korkea. Vasta kun tapahtumiin vaikuttavat sellaiset tekijät, jotka vähentävät tuhonaiheuttajaa, palataan takaisin endeemiselle tasolle ja tuhot loppuvat. Mitä paremmassa kunnossa puusto on (piste Y), sitä suurempia muutoksia tarvitaan tuhojen valtaantäpääsyyn.

### Tuhonaiheuttajien lisääntyminen

Kirjanpainajatuho, joka usein on saanut alkunsa myrskytuhojen jälkeen, on hyvä esimerkki siitä, miten tuhonaiheuttajakannan lisääntyminen voi johtaa terveinkin metsän epideemiseen tilaan. Kirjanpainajat lisäänty-

vät kaatuneessa puustossa, joka tuoreutensa mutta vähäisen vastustuskyvynsä vuoksi on erinomaista lisääntymismateriaalia. Seuraavana kesänä hyönteiset iskeytyvät hyväkuntoisiin puihin, joiden vastustuskyvyn ne kykenevät murtamaan runsaslukuisuutensa ansiosta. Tuhot jatkuvat yleensä useita vuosia ja loppuvat vasta, kun kirjanpainajakantaa rajoittavien tekijöitten kuten epäedullisten säiden tai petojen ja loisten vaikutus on kasvanut riittävän suureksi.

Tuhoriskin arvioimista ja ennustamista varten on kehitetty erilaisia menetelmiä, joilla voidaan seurata ja mitata tuhonaiheuttajakannan suuruutta. Eri tuhonaiheuttajille on olemassa tietyt kynnyksarvoja, joiden ylittyminen merkitsee sitä, että tuhoja on odotettavissa. Monien tuohyönteisten runsauden arvioimiseen käytetään nykyään synteettisesti valmistettuja feromoneja. Tällainen menetelmä on äskettäin kehitetty pohjoismaisena yhteistyönä myös kirjanpainajakannan suuruuden ja tuhoriskin määrittämiseen (Weslien ym. 1989).

### Puuston heikkeneminen

Metsän joutuminen epideemiseen tilaan sen johdosta, että puuston kunto on heikentynyt, johtuu usein poikkeuksellisista sääoloista. Kylmänä ja sateisena kasvukautena pääsevät joskus tietyt tuhosienet iskeytymään. Hyvänä esimerkkinä on versosyöpä (*Ascolyxa abietina*), jonka esiintymisen riski on sitä suurempi mitä kylmempi ja sateisempi kasvukausi on. Itse asiassa ei ole kysymys puun kunnan alenemisesta vaan siitä, ettei puu ehdi hankkia kasvukauden aikana riittävää vastustuskykyä syksyllä solukoihin tunkeutuvaa tautia vastaan. Versosyöpää aiheuttava sieni on sopeutunut juuri tällaiseen tilanteeseen eikä näin ollen ole erityisen todennäköistä, että versosyöpä iskeytyisi aina, kun puusto on jostain syystä heikentynyt. Mäntyn ja versosyöpän välinen suhde on eräs esimerkki siitä, miten mänty on sopeutunut kasvukauden keskimääräiseen pituuteen. Mitä tarkemmin mänty pyrkii käyttämään kasvukauden tehoisan lämpösunnan sitä suuremaksi käy tuhojen riski.

Tavallista lämpimämpien säiden seurauksena lisääntyy yleensä hyönteistuhojen riski. Lämpimät kuivat säät merkitsevät puille vai-

keuksia vesi- ja ravinnetaloudessa, mutta hyönteisille parempaa ravintoa ja parempia lisääntymismahdollisuuksia. Tällaisessa tilanteessa saavat usein alkunsa hyönteisten tekemät neulastuhot.

### Tuhojen kestoiky

Puuston joutuminen epideemiselle alueelle ei aina merkitse puuston kuolemista. Se millä tavalla puu kestää erilaisia tuhoja, antaa viitteitä siitä, mikä on puun elossa pysymisen kannalta olennaista. Esimerkiksi männyn neulastuhon välillä on tässä suhteessa suuria eroja, jotka eivät näytä riippuvan niinkään menetetyneen neulasmassan määrästä vaan enemmänkin menetettyjen neulasten iästä. Mänty sietää hyvin koko vanhan neulasmassan menetyksen jopa kahtena perättäisenä kesänä kuten tapahtuu ruskomäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) tuhoissa. Tuhoista on seurauksena vain kasvutappioita.

Elintärkeätä männylle näyttää olevan uusien versojen ja silmujen sekä ilmeisesti myös juurien kasvattaminen seuraavaa kasvukautta varten. Näyttää jopa siltä, että kasvuolojen tilapäisesti huonontuessa se käyttää omaehtoisesti vanhojen neulasten ravinteet uuteen kasvuun. Uusimman neulaskerran suurta merkitystä puulle osoittaa myös se, että pelkästään sen avulla mänty kykenee käyttämään tehokkaasti ja nopeasti annetun typpilannoituksen ruskomäntypistiäistuhon jälkeen kuten äskettäin Suomessa tehdyissä kokeissa on todettu (Kukkola ym. 1986).

Sen sijaan rungon vuotuinen tilavuuskasvu ei näytä välttämättömältä, vaan sitä tapahtuu vasta sen jälkeen, kun elossa pysymisen vaatimukset ovat täyttyneet. Tästä ilmeisesti johtuu myös se, ettei puun vuotuinen paksuuskasvu ole osoittanut erityisen varmaaksi puun kunnan ja vastustuskyvyn mittariksi kuten todettiin mm. vastikään ilmestyneessä yhteispohjoismaisessa kirjanpainajatutkimuksessa (Weslien ym. 1989).

Jos tuho kohdistuu uusiin neulasiin, kuten pilkkumäntypistiäisen (*Diprion pini*) ja mäntymittarin (*Bupalus piniarius*) tuhoissa, puista kuolee huomattava osa. Kuitenkin myös näiden tuholaisten välillä on eroa siten, että mäntymittarin, jonka toukat syövät neulasien talven tulon asti, tuhojen jälkeen puiden kuolleisuus on huomattavasti runsaampaa.

Näyttääkin siltä, että sillä kasvukauden ajankohdalla, jolloin tuho tapahtuu, on myös merkitystä. Mitä myöhemmin tuho sattuu sitä vakavammalla näyttävät seuraukset olevan. Syksyllä puussa leviävän versosyövän ja pystykarsintahaavoihin iskeytyvän syysaavakan (*Phacidium coniferum*) vaarallisuus puulle osoittavat myös männyn heikkoa vastustuskykyä syksyllä. Mitä pidemmälle kasvukausi kuluu sitä huonommin mänty näyttää kykenevän puolustautumaan biologisia tuhonaiheuttajia vastaan.

### Lannoitus

Mitä paremmin puu kasvaa sitä parempana on totuttu pitämään myös sen kuntoa. Lannoituksella, ennen kaikkea typpilannoituksella, joka lisää puuston kasvua, pitäisi siis olla metsän kuntoa kohottava vaikutus. Yleinen käsitys on, että puu on sitä vastustuskykyisempi biottisia tuhonaiheuttajia vastaan mitä enemmän siinä on ns. sekundaariaineita, hiiltä sisältäviä aineita, joita ei käytetä kasvuun. Näitä ovat esim. terpeenit, fenolit jne.

Typpilannoituksen vaikutuksesta on esitetty teoria, että se parantaa puun energiataloutta ja tekee mahdolliseksi valmistaa myös rakenteeltaan usein monimutkaisia sekundaariaineita. Eräitä neulastuholaisia onkin todettu esiintyvän lannoitetuissa metsiköissä vähemmän kuin lannoittamattomissa (Larsson & Tenow 1984).

Viime aikoina on esitetty edelliselle lähes vastakkainen teoria (Bryant ym. 1987), jonka mukaan parantuneen typensaannin seurauksena kaikki käytettävissä oleva hiili tulee kulutetuksi kasvuun eikä sitä jää sekundaariainettien muodostamiseen. Näin typpilannoitus vähentäisi tuhonaiheuttajille haitallisten aineiden suhteellista määrää puiden solukoissa. Tällä puolestaan olisi positiivisia vaikutuksia tuholaisten menestymiseen. Puu olisi siis sitä kestävämpi tuhonaiheuttajia vastaan mitä pienempi on sen typpi-hiilisuhde. Vahvistusta tälle teorialle on saatu mm. eräällä pohjoisamerikkalaisella pikkuperhoslajilla (*Choristoneura occidentalis*), jonka lisääntyminen lannoitetuilla koeruuduilla oli eräessä koesarjassa runsaampaa kuin lannoittamattomilla (Wickman & Mason 1988). Tosin lannoituksen kokonaisvaikutus jäi positiiviseksi.

si, sillä neulasmassan lisäys oli suurempi kuin lisääntynyt neulastuho.

### Saasteet

Ilman kautta kulkeutuvat saasteet ovat tuoneet aivan uuden näkökulman puiden kunnan ja biottisten tuhonaiheuttajien väliseen problematiikkaan. Saasteet vaikuttavat sekä puuhun että tuhonaiheuttajaan. Nämä vaikutukset puolestaan aiheuttavat muutoksia puiden ja tuhonaiheuttajien keskinäisissä suhteissa.

Vaikka saasteiden vaikutuksista biottisiin tuhonaiheuttajiin tarvitaan vielä paljon lisää tietoa, on erilaisia tutkimustuloksia julkaistu varsinkin viime aikoina melko runsaasti (Führer 1988). Saasteiden aiheuttamien muutosten on todettu lisäävän mm. kirvoja ja muita imemällä ravintoa ottavia hyönteisiä. Tämä johtuu todennäköisesti muutoksista puun nesteissä, joita nämä hyönteiset käyttävät ravintonaan. Kuusenneulaspistiäisen (*Pristiphora abietina*) on havaittu runsastuneen alueilla, joilla typpilaskeuma on lisääntynyt. Saasteiden vaikutuksesta puusta haihtuvien aineiden määrien ja keskinäisten suhteiden on todettu muuttuneen, jolloin puun alttius lisääntyy erälle hyönteisille kuten kuusen tähtikirjaajalle, mutta vähenee toisille kuten kirjanpainajalle.

Saasteiden vaikutukset voivat olla myös välillisiä, ts. ne vaikuttavat esim. biottisen tuhonaiheuttajan kannan säätelijöihin. Niinpä maaperän happamoituminen vähentää erästä ankeroislajia, joka on kuusen neulasia syövän pistiäisen (*Cephalcia abietis*) loinen. Ankeraisen vähenemisellä katsotaan olevan huomattava merkitys siihen, että pistiäinen on runsastunut eräillä Keski-Euroopan saastealueilla (Führer 1988).

Tärkeimmät lahottajasienet juurikäpää (*Heterobasidion annosum*) ja mesisieni (*Armillaria mellea*) samoin kuin neulasissa elävien karistetautien aiheuttajat runsastuvat saasteiden tuomien muutosten seurauksena (Nevalainen & Liukkonen 1988). Toisaalta ruostesienet kuten tervasroso (*Cronartium asclepiadum*) ja versoruoste (*Melampsora pinitorqua*) vähenevät saasteisuuden lisääntymisessä. Sen sijaan männynversosyövän ei ole toistaiseksi todettu olevan riippuvainen saasteiden määrästä. Tämä on tulkittavissa niin,

etteivät saasteet ilmeisestikään aiheuta männynsä samanlaisia muutoksia kuin viileä ja sateinen kesä.

Eräiden tuhonaiheuttajien on havaittu esiintyvän runsaimmillaan tietyllä etäisyydellä saastelähteestä kehänmuotoisena vyöhykkeenä (Heliövaara & Väisänen 1986, Führer 1988). Tämän katsotaan johtuvan siitä, että vähäiset saastemäärät parantavat eräiden tuhonaiheuttajien lisääntymismahdollisuuksia mutta runsaat saasteet vähentävät niitä.

Jo edellä esitetyt esimerkit riittävät osoittamaan, kuinka vaikeata on yleistää saasteiden vaikutuksia biottisiin tuhonaiheuttajiin. Jokainen laji on tutkittava erikseen ja vielä jokaisen saasteen vaikutukset erikseen. Puiden ja niiden tuhonaiheuttajien väliset suhteet ovat pitkän kehityksen tulos ja biottiset tuhonaiheuttajat kykenevät käyttämään hyväksi yleensä vain aivan tietynlaista puun heikkouden tilaa. Saasteet ovat vaikuttaneet laaja-alaisesti vasta niin lyhyen aikaa, että niiden aiheuttaman puun kunnan alenemisen hyväksikäyttöön on tuskin mikään tuhonaiheuttaja vielä ehtinyt varsinaisesti spesialisoitua. Tämä saattaa olla syy siihen, ettei saasteiden vaivaamissa metsissä ole toistaiseksi esiintynyt epidemian luonteisia, laaja-alaisia biottisten tekijöitten aiheuttamia tuhoja eivätkä saasteiden tappamissa puissa lisääntyneet tuhonaiheuttajat ole sanottavasti levinneet ympäristömetsiin. Toinen, todennäköisempi syy on se, että useimmat saasteet ovat myrkyllisiä tuhonaiheuttajille.

Käsitykset, että saasteiden lisääntymisestä olisi automaattisesti seurauksena erilaisten biottisten tuhonaiheuttajien valtaanpääsy, eivät saa kovin paljon tukea tutkimuksista. Saasteiden vaikutus metsiin ei ole niin vakava, se on vielä vakavampi. Saasteet eivät ole haitallisia vain puille vaan koko luonnolle, myös puuta hyväksi käyttäville organismeille, joita me kutsumme biottisiksi tuhonaiheuttajiksi.

### Kasvihuoneilmiö

Lähitulevaisuudessa mahdollisesti voimistuvalla kasvihuoneilmiöllä on epäilemättä vaikutuksia biottisten tuhonaiheuttajien ja puiden välisiin suhteisiin. Vaikutusten suuruus riippuu tietysti siitä, kuinka suuria muutoksia



ilmastossa tapahtuu. Tarkastelun lähtökohdaksi voidaan ottaa ennuste, jonka mukaan Suomessa vallitsisi noin 50 vuoden kuluttua suurin piirtein samanlainen ilmasto kuin tällä hetkellä Pohjois-Saksassa. Ennusteen mukaan kesät olisivat nykyistä lämpimämpiä ja kuivempia, syksyt puolestaan kosteampia ja talvet lauhempia.

Suomessa bioottisten tekijöitten aiheuttamat metsätuhot ovat olleet selvästi vähäisempiä kuin monissa muissa maissa. Tämän on katsottu johtuvan ennen kaikkea ilmastomme viileydestä ja kosteudesta. Yleisesti ottaen ilmaston lämpenemisestä olisi siis seurauksena erilaisten tuhojen esiintymistodennäköisyyden lisääntyminen.

Hyönteistuhojen osalta kuivuuden lisääntyminen keskikesällä merkitsee toisaalta puiden vastustuskyvyn heikkenemistä toisaalta tuhohyönteisten lisääntymismahdollisuuksien paranemista. Kuusikoitten alttius kirjanpainajatuhoille näyttäisi lisääntyvän olennaisesti. Kirjanpainajatuhot ovat olleet Keski-Euroopassa ja jo Ruotsissa huomattavasti yleisempiä ja ankarampia kuin Suomessa. Pidempi ja lämpimämpi kasvukausi mahdollistaa lisäksi sen, että kirjanpainajalla olisi myös Suomessa kaksi sukupolvea kesässä kuten Keski-Euroopassa.

Männiköissä ennustetut ilmastomuutokset merkitsevät ennen kaikkea neulastuhojen riskin lisääntymistä. Kuivilla ja lämpimillä kesillä on todettu olevan huomattava merkitys mäntypistiäisten ja mäntymittarin joukko-esiintymisessä. Metsälle tuhoisan mäntymittarin tuhoja on maassamme sattunut jokseenkin harvoin, mutta Keski-Euroopassa ne ovat yleisiä. Mänty-yökkönen (*Panolis flammea*) ja mäntykehrääjä (*Dendrolimus pini*) ovat yleisiä hyönteisiä metsissämme, mutta eivät ole koskaan aiheuttaneet vakavia tuhoja maassamme. Sen sijaan Keski-Euroopassa molemmat lajit ovat pahimpia metsätuholaisia. Männyn neulastuhojen riskiä lisää myös se, että pilkkumäntypistiäisellä, joka on meillä vaarallisin mäntypistiäislaji, saattaa ilmaston lämmettyä olla kaksi sukupolvea kesässä kuten Keski-Euroopassa.

Ilmaston lämpenemisestä on seurauksena, että muutamat keskieuropalaiset tuholaiset todennäköisesti leviävät Suomeen. Kuuselle vaarallisimpana lajina on pidettävä havununnaa (*Lymantria monacha*) (Wellenstein & Schwenke 1978),kehrääjäperhosta, jota sil-

loin tällöin tavataan maamme etelärannikolla. Se on jo Etelä-Ruotsissa ja Tanskassa aiheuttanut kuusikoitten kuivumista. Toukat voivat tehdä tuhoa myös männyssä.

Myös Pohjois-Amerikan havumetsävyöhykkeellä on monia sellaisia tuhonaiheuttajia, joiden aiheuttama potentiaalinen riski lisääntyy olennaisesti, jos ilmastomme muuttuu lämpimämmäksi.

Ilmaston lämpeneminen ja kosteuden lisääntyminen syksyllä ja talvella tulevat lisäämään kuusen tyvilahon ja männyn tyvitervastaudin tuhojen riskiä. Se aika, jolloin sienien itiöt voivat saastuttaa tuoreita kantoja, tulee pitenemään nykyisestä. Näiden tautien aiheuttajan, *Heterobasidion annosum* -sienen tekemät tuhot ovat pahimmat niissä maissa, joissa talvet ovat leutoja ja kosteita, kuten esim. Englannissa.

Vaikutukset muiden sienitautien esiintymiseen ovat vaikeammin arvioitavissa. Versosyvän epidemioiden edellytys on viileä ja sateinen kasvukausi, joten tässä suhteessa riski olisi pienempi. Toisaalta lämpimät ja kosteat syksyt edesauttavat sienien leviämistä puun solukossa. Männynversoruosteen (*Melampsora pinitorqua*) ja kuusensuopursuruosteen (*Chrysomyxa ledi*) esiintyminen on ennen kaikkea riippuvainen sopivasta säätilasta itiöitten leviämisaikana alkukesällä, joten vaikutukset niiden osalta eivät myöskään ole helposti ennustettavissa.

Tuhoriskin suuruutta lisää vielä se, että metsiemme alttius muualta leviävillä tuhoaiheuttajille on todennäköisesti suurempi kuin niiden metsien, joissa tuhoaiheuttajat kuuluvat luontaiseen lajistoon. Puiltamme puuttuu luontaisen valinnan kautta muodostunut vastustuskyky. Historian tuntemat pahimmat metsätuhot ovat olleet juuri seurausta tällaisesta tilanteesta.

### Kirjallisuus

- Berryman, A. 1986. Forest insects. Principles and practice of population management. New York-London. 279 s.
- Bovey, P. 1978. Eucosmini. Sponota und Zeiraphera. Julkaisussa: Schwenke, W. Die Forstschädlinge Europas, 3. Band Schmetterlinge. Hamburg-Berlin. 467 s.
- Bryant, J.P., Clausen, T.P., Reichardt, P.B., McCarthy M.C. & Werner, R.A. 1987. Effect of nitrogen fertilization upon the secondary chemistry and nutritional value of quaking aspen (*Populus tre-*

*muloides* Michx.) leaves for the large aspen tortrix (*Choristoneura conflictana* (Walker)). *Oecologia* 73: 513-517.

- Führer, E. 1988. Zur Epidemiologie von Schädlingpopulationen unter Immissionseinfluss. FIW-Symposium 1988. Waldsterben in Österreich, Theorien, Tendenzen, Therapien. Wien.
- Heliövaara, K. & Väisänen, R. 1986. Industrial air pollution and the pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* Panz. (Het., Aradidae). *Journal of Applied Entomology* 101: 469-478.
- Hornqvist, R., Christiansen, E., Solheim, H. & Wang, S. 1983. Artificial inoculation with *Ips typographus*-associated blue-stain fungi can kill healthy Norway spruce trees. *Meddelelser Norsk Inst. Skogforskning* 38 (4): 1-20.
- Kanamitsu, K. 1988. Selection of resistant trees against pine-wood nematode. Proceedings of the XVIII International Congress of Entomology, Vancouver, B.C., Canada, 1988. s. 436.
- Kukkola, M., Löyttyniemi, K. & Varama, M. 1986. Growth impact in Scots pine from defoliation by *Neodiprion sertifer* Geoffr. (Hym., Diprionidae) and the effect of fertilization on tree recovery. Käsikirjoitus. Metsäntutkimuslaitos.
- Larsson, S. & Tenow, O. 1984. Areal distribution of a *Neodiprion sertifer* (Hym., Diprionidae) outbreak on Scots pine as related to stand condition. *Holarctic Ecology* 7: 81-90.

- Nevalainen, S. & Liukkonen, K.M. 1988. Ilman epäpuhtauksien vaikutus bioottisiin metsätuhoihin. Kirjallisuuskatsaus. *Folia Forestalia* 716. 25 s.
- Neuvonen, S., Hanhimäki, S., Suomela, J. & Haukioja, E. 1988. Early season damage to birch foliage affects the performance of a late season herbivore. *Journal of Applied Entomology* 105: 182-189.
- Safranyik, L., Shrimpton, D.M. & Whitney, H.S. 1974. Management of lodgepole pine to reduce losses from the mountain pine beetle. *Forestry Technical Report* 1.
- Wellenstein, G. & Schwenke, W. 1978. *Lymantria*. Julkaisussa: Schwenke, W. Die Forstschädlinge Europas, 3. Band Schmetterlinge. Hamburg-Berlin. 467 s.
- Weslien, J., Annala, E., Bakke, A., Broder, B., Eidmann, H.H., Narvestad, K., Nikula, A. & Ravn, H.P. 1989. Estimating risks for spruce bark beetle (*Ips typographus* (L.)) damage using pheromone-baited traps and trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 87-98.
- Wickman, B.E. & Mason, R.R. 1988. The effects of thinning and fertilization on western spruce budworm, *Choristoneura occidentalis* Freeman (Lepidoptera: Tortricidae), and grand fir growth. Proceedings of the XVIII International Congress of Entomology, Vancouver, B.C., Canada, 1988. s. 419.

## Kestävä metsätalous<sup>1</sup>

Pekka Kilkki

Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioimisen tutkimusosasto

Kestävän metsätalouden lähtökohtana on metsän luonne uudistuvana luonnonvarana. Perusajatuksena on se, että kasvupaikan ja puuston kunnosta huolehtimalla metsää voidaan kasvattaa samalla kasvupaikalla ikuisuuteen asti. Jos metsän tuottamalla hyödykkeillä on jatkuvasti kysyntää, turvaa kestävän metsätalouden periaatteen noudattaminen elinkeinon jatkuvuuden. Samassa merkityksessä ei kestävyttä voida tavoitella esimerkiksi kaivannaisteollisuudessa, jossa sen sijaan uskotaan uusien esiintymien löytymiseen ja ehtyviä mineraaleja korvaavan tekniikan kehittämiseen.

Alunperin kestävyys kuului pelkästään metsäalan terminologiaan. Öljykriisin jälkei-

sinä vuosina on kuitenkin huomattu, että luonnon ja luonnonvarojen kestävä käyttö on perusta ihmiskunnan hyvinvoinnille. Kysymys on erityisen polttava kehitysmaissa, joiden asukkaat eivät pysty nopeasti vaihtamaan tuotantotekniikkaa eivätkä korvaamaan omia hupenevia luonnonvarojaan tuonnilla muista maista.

Hedelmällisten tasankojen aavikoituminen, elämää ylläpitävän ruokamultakerroksen huuhtoutuminen vuorten rinteiltä valtameriin ja kehitysmaiden polttopuupula ovat varoittavia esimerkkejä kestävyiden periaatteen hylkäämisen seurauksista.

Kestävälle metsätaloudelle on esitetty lukuisia määritelmiä. Saksalaisen Judeichin (1904) mukaan metsätalous on kestävä, jos metsämaa säilyy jatkuvasti puuta kasvavana. Tähän kestävyiden vaatimukseen perustuu

<sup>1</sup>Suomen Metsätieteellisen Seuran järjestämässä Metsätieteen päivä -tilaisuudessa 27.4.1989 pidetty esitelmä