

➤ Havaintoja tyvitervastaudista turvemaiden männiköissä

Observations of *Heterobasidion* root rot in Scots pine stands
on peatlands in southern Finland

Timo Silver ja Tuula Piri

*Timo Silver, Suomen metsäkeskus, Kuralankatu 2, 20540 Turku,
email: timo.silver@metsakeskus.fi*

Tuula Piri, Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Ensimmäiset varmistetut havainnot männynjuurikäävän (*Heterobasidion annosum*) aiheuttamasta tyvitervastaudista tehtiin ojitettujen turvekankaiden männiköissä vuosina 2016–2017. Juurikääpä tartunnan saaneita mäntyjä havaittiin kuudella eri turve-
maakohteella Länsi- ja Keski-Suomessa. Tuhokohteet ovat alun perin olleet märkiä, vähäpuustoisia tai puuttomia soita, jotka on ojitettu vuosina 1930–1972. Selvitystä tehtäessä turvekerroksen paksuus vaihteli 0,3:sta kahteen ja puoleen metriin ja suotyyppi niukkatyyppisestä varputurvekankaasta runsastyyppiseen mustikkaturvekankaaseen. Osa tartunnan saaneista männyyistä kärsi kaliumin puutteesta. Kaikki kohteet olivat runsaspuustoisia (arvioituna puustoa oli yli 100 m³/ha). Juurikääpä tartuntojen alkuperä jäi epäselväksi. On kuitenkin epätodennäköistä, että tautia olisi esiintynyt märillä soilla ennen ojitusta. Puusto on todennäköisesti altistunut juurikäävän itiötartunnalle kesällä tehtyjen hakkuiden tai taimikon hoitotöiden seurauksena. Tartuntaa on voinut tapahtua myös ojien kaivussa katkenneiden ja vaurioituneiden juurten kautta. Tyvitervastaudin esiintymisrunsaudesta samoin kuin männynjuurikäävän itiö- ja rihmastolevinnästä turvemaidella tarvitaan lisätutkimusta. Tämän selvityksen perusteella näyttää kuitenkin siltä, että turvemaiden männiköt altistuvat kesähakkuissa juurikääpä tartunnalle ja kantokäsittelyn laajentaminen myös näille kohteille olisi tarpeellista, vaikkei nykyinen laki metsätuhojen torjunnasta sitä edellytäkään.

Avainsanat: turvemaa, mänty, männynjuurikääpä, tyvitervastauti, kantokäsittely

1. Johdanto

1.1 Juurikäävät tuhoniheuttajina

Suomessa esiintyy kaksi juurikääpäälajia, männynjuurikääpä (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.)

ja kuusenjuurikääpä (*Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen). Männynjuurikääpä aiheuttaa männyllä tyvitervastautia. Sieni tartuttaa myös muita havupuita ja tyvitervastautimänniköissä sekapuuna kasvavia lehtipuita. Puhtaassa lehtipuumetsässä männynjuurikääpä ei sen sijaan pysty leviämään. Kuusenjuurikäävän pääasiallinen

isäntäkasvi on kuusi, jolla se aiheuttaa tyvilahoa. Myös lehtikuusi on altis kuusenjuurikäävälle. Lisäksi se voi tappaa lahon kuusen kannon ympärillä kasvavia nuoria männyn taimia (Korhonen 1978, Piri 1996).

Vaikka männyn- ja kuusenjuurikäpä eroavat toisistaan isäntäkasvien suhteen, molemmat lajit leviävät samalla tavalla. Sienen itiöt tartuttavat ensisijaisesti tuoreita havupuiden kantoja ja joskus myös hakkuuvaurioita. Tartunnan jälkeen juurikäpärihmasto leviää metsikössä juuriyhteyksien kautta. Juurikäpä leviää seuraavaan puusukupolveen lahoista päätehakkuukannoista samoin kuin tartunnan saaneista ylis- ja siemenpuista. Jos tartunnan saanutta kasvupaikkaa ei voida uudistaa kestäväällä puulajilla, tautikierre jatkuu ja tuhot lisääntyvät seuraavassa puusukupolvessa (Redfern & Stenlid 1998, Stenlid & Redfern 1998).

Metsikön juurikäpärtartunta voidaan välttää ajoittamalla hakkuut talvikauteen, jolloin yölämpötila on laskenut pysyvästi nollan alapuolelle eikä päivälämpötila nouse yli viiden asteen. Sulan maan aikana tehtävissä hakkuissa taudin leviämistä voidaan rajoittaa käsittelemällä kannot hakkuun yhteydessä torjunta-aineella – joko urealla tai harmaaorvakalla. Torjunnan onnistuminen edellyttää, että torjunta-aine peittää koko kaatopinnan. Korjuussa lähelle puun tyveä syntyviä korjuuvaurioita on vältettävä, koska ne ovat alttiita itiötartunnalle ja koska niitä ei voi suojata torjunta-aineella.

1.2 Tyvitervastaudin levinneisyys ja torjunnan historia

Tyvitervastaudin levinneisyyttä on kartoitettu Etelä-Suomessa melko kattavasti 1960-luvulla. Tuolloin tautia oli runsaasti Kaakkois-Suomessa, erityisesti Saimaan ympäristön männiköissä. Muualla Etelä-Suomessa lieviä tyvitervastautituhoja esiintyi paikoin harjumaitten männiköissä (Laine 1976). Sittemmin tyvitervastaudin esiintymisalue on laajentunut. Lounais-Suomessa on löydetty tyvitervastautia erityyppisiltä kangasmaiden kasvupaikoilta (Silver & Piri 2013). Myös Etelä-Pohjanmaalla on tehty runsaasti uusia tyvitervastautihavaintoja vuosina 2010–2013

(Pajula & Piri; julkaisematon aineisto). Yksi tärkeä syy tyvitervastaudin leviämiselle on todennäköisesti ollut sulan maan aikana ja erityisesti kesäkuukausina tehtyjen hakkuiden yleistyminen 1970-luvulta lähtien. Ilman kantokäsittelyä juurikäpä on tuolloin levinnyt uusille kasvupaikoille. Etelä-Suomessa kantoja on käsitelty systemaattisesti vasta 2000-luvun alusta kangasmaiden kuusikoissa. Kangasmaiden männiköissä torjunta on monin paikoin aloitettu selvästi myöhemmin; esimerkiksi Lounais-Suomessa vasta vuodesta 2012 lähtien. Turvemaiden männiköissä kantoja ei ole käsitelty ollenkaan ja kuusikoissakin käsittely on ollut hyvin vähäistä ennen vuoden 2016 lakimuutosta (Laki metsätuhojen torjunnasta annetun lain muuttamisesta 228/2016), jolloin käsittely tuli pakolliseksi turvemaiden kuusikoissa pohjoista Suomea lukuun ottamatta.

1.3 Juurikäävän esiintymisestä turvemaidella

Lähes 50 vuotta sitten tehdyssä kartoituksessa juurikäävän aiheuttamat tuhot olivat harvinaisia turvemaiden kuusikoissa ja turvemaiden männiköiden todettiin olevan täysin vapaita juurikäpärtartunnoista (Laine 1976). Tähän mennessä Suomessa on raportoitu ainoastaan yksi varmistettu havainto männynjuurikäävän aiheuttamasta tyvitervastaudista hyvin ohuttuneissa, soistuneissa kangasmaan männiköissä (Savolainen 2010). Myöskään muissa pohjoismaissa ei ole raportoitu tyvitervastaudin esiintymisestä ojitetuilla turvemaidella. Englannissa on todettu kontortamännyn (*Pinus contorta*) olevan kestävämpi männynjuurikäävän itiötartunnalle ja taudin etenemisen olevan hitaampaa turvemaidella (turvekerroksen paksuus > 45 cm) kuin kivennäismaalla. Toisaalta turvemaidella kontortamännyn oli alttiimpi männynjuurikäävälle kuin sitkankuusi (*Picea sitchensis*) (Redfern 1982).

Latviassa juurikäpä on yleinen turvemaiden kuusikoissa, joista noin 16 % on juurikäävän lahottamia. Tuhot painottuvat reheville turvemaidelle (Arhipova ym. 2011). Myös Suomessa kuusenjuurikäävän aiheuttamaa tyvilahoa esiintyy turvemaiden kuusikoissa, joskin tauti on harvinaisempi turve- kuin kivennäismailla. Valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI8) keskimäärin 3,3 prosenttia

turvemaiden ja 7,3 prosenttia kivennäismaiden kuusikoista luokiteltiin juurikäävän tartuttamiksi (Mattila & Nuutinen 2007). Kasvupaikalla (suo, turvekangas, kivennäismaa) ei ympäyskokeissa todettu kuitenkaan olevan merkittävää vaikutusta kuusen juurikääpäkestävyyteen (Niemi 2011). Turvekankaan ja kivennäismaan välillä ei myöskään löytynyt eroa kuusenjuurikäävän saprotrofisessa lahotuskyvyssä. Luonnontilaisella suolla kuusenjuurikäävän kyky lahottaa kuollutta kuusipuuta oli sen sijaan heikompi verrattuna kivennäismaahan tai ojitettuun turvekankaaseen (Rainio 2013). Kaakkois-Suomen kuusivaltaisilta päätehakkuuleimikoilta kerätyssä aineistossa lahoppuun osuus oli kuitenkin jopa hieman suurempi ojitetuilla soilla (9,8 %) kuin tuoreilla (9,4 %) tai kuivahkoilla kankailla (9,6 %) joskaan erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Kaarna-Vuorinen 2000).

1.4 Turvemaiden ojitukset ja hakkuut – riski juurikäävän leviämislle?

Suomessa on ojitettu soita noin 5 miljoonaa hehtaaria. Uudisojitustoiminta alkoi Suomessa lapiokaivuna 1800-luvun lopulla. Säännöllinen ojitustoiminta alkoi metsähallituksen mailla 1910-luvulla ja yksityismetsissä vuoden 1928 jälkeen ensimmäisen metsänparannuslain tultua voimaan. Vuoteen 1940 mennessä soita ja soistuneita kankaita oli ojitettu 700 000 ha (Seppälä 1980). Valtaosa turvemaista (noin 4 miljoonaa hehtaaria) uudisojitettiin vuosina 1955–1987 huippuvuosien ajoittuessa 1960-luvulle ja 1970-luvun alkuun. Näin ollen turvemaiden ojitusalueilla kasvaa valtaosin ensimmäinen puusukupolvi, joka Etelä- ja Keski-Suomessa koostuu tällä hetkellä pääosin 02–03 (nuori-varttunut kasvatusmetsikkö) kehitysluokan metsistä. Esimerkiksi Lounais-Suomessa metsämaan soiden puuston keskikuutiomäärä (156 m³/ha) ylitti kankaiden vastaavan arvon (149 m³/ha) (VMI11 2012). Yhdeksi syyksi on arvioitu hakkuiden vähäisyyttä.

Turvemaiden metsiä on hakattu pääosin talvela, koska sulan maan aikana tehtävään hakkuuseen soveltuvaa korjuukalustoa on suhteellisen vähän käytössä. Tämän on osaltaan rajoittanut juuri-

käävän leviämistä turvemaille. Turvemaat eivät kuitenkaan ole kokonaan jääneet kesähakkuiden ulkopuolelle, sillä 1980-luvulta lähtien on Etelä-Suomessa ollut käytössä kevyitä ajokoneita ja pienharvestereita, jotka mahdollistavat kesäkorjuun paksuturpeisilla ojitusalueilla. Myös kesällä tehdyt taimikon hoitotyöt ovat voineet altistaa turvemaiden männiköitä juurikäpätartunnalle. Jokinen (1984) on tutkinut kesäaikaisen taimikonhoidon vaikutusta juurikäävän leviämislle kangasmaan mäntytaimikoissa ja todennut myös pienten kantojen, läpimitaltaan 3–5 cm, olevan alttiita juurikäävän itiötartunnalle. Taimikonhoitoa on ainakin 1960-luvulta lähtien tehty laajalajaisesti kesäaikaan myös turvemaiden männiköissä ja kuusikoissa.

Juurikäpä on voinut tartuttaa puita myös ojen kaivun yhteydessä katkenneiden juurten ja syvien juurenniskavaurioiden kautta. Etelä- ja Keski-Suomessa kunnostusojituksia on toteutettu ympäri vuoden, siis myös sulan maan aikana, joten juurikäävän tartuntariski on ollut olemassa. Kaarna-Vuorinen (2000) onkin todennut, että kasvupaikan kuivuminen ja sen suorat ja epäsuorat vaikutukset kuusen lahoisuuden lisääntymiseen sekä mahdollisesti myös ojituksesta johtuvat juurten vioitukset voivat olla syynä siihen, että lahoa esiintyi enemmän ojitetuilla kuin ojitamattomilla turvemaille.

Kunnostusojituksissa ongelmana on ollut 1980-luvun lopulta harvennusten heikko toteutuminen ojitusalueilla (mm. Silver & Saarinen 1995), mikä on johtanut siihen, että perkausojia on jouduttu kaivamaan ilman, että puustoa on poistettu riittävästi vanhalta ojalinjalta. Mäntyjen ja kuusten juurenniskat ovat tämän seurauksena saattaneet vaurioitua pitkältikin matkalta ojan vieressä. Lauhanen (1994) selvitti kaivukaluston aiheuttamia vaurioita reunapuustolle kunnostusojituksissa ja totesi vauriopuita olevan 6,5–14,5 runkoa 100 ojameriä kohden konetyypistä ja kunnostusojituksen työmuodosta riippuen. Osa vaurioista (noin 1 % kokonaispuustosta) oli syviä juurenniskavaurioita. Juurikäävän tartuntariski on sitä suurempi, mitä lähempänä runkoa vaurio on (Nilsson & Hyppel 1968). Myös ajouravaurio juurenniskassa voi aiheuttaa samanlaisen juurikäävän tartuntariskin.

1.5 Maaperän ominaisuudet ja juurikäpäriske

Juurikäävän leviämiseen vaikuttavia turvemaiden ominaisuuksia ei tunneta riittävästi. Mm. turpeen alhaisen pH:n, kivennäismaista poikkeavan mikrobilajiston ja juurten fysiologisten ominaisuuksien arvellaan vaikuttavan epäedullisesti juurikäpäsiementen menestymiseen turvemaidella (Lindberg & Johansson 1991, Redfern 1998). Kuusen juuriston endofyytitilajiston määrässä tai lajirunsaudessa ei kuitenkaan ole todettu merkittäviä eroja kivennäismaan, turvekankaan ja luonnontilaisen suon välillä (Terhonen ym. 2014).

Kuusenjuurikäävän aiheuttaman tyvilahon määrä lisääntyy pH:n noustessa (Evers 1973, Hietala ym. 2016). Optimaalinen pH-arvo juurikäpärihmaston kasvulle saattaa kuitenkin vaihdella runsaasti juurikäpäpöksilöiden välillä (Curtois 1973, Majewska ym. 2004). Hyvin happamassa (pH < 2,6) maassa juurikäpä ei esiinny (Evers 1973). Männyllä erittäin pahoja juurikäpätuhoja on todettu emäksisillä kasvupaikoilla (pH > 6) (Rishbeth 1951, Wallis 1962), mutta tuhoja esiintyy yleisesti myös kasvupaikoilla, joilla pH-arvo vaihtelee 4:stä 5:een (Alexander ym. 1975).

Varputurvekankaille (Vatkg) tyypillisen happaman rakkaturpeen pH on keskimäärin 3,5. Puolukka- ja mustikkaturvekankaille (Ptkg II ja Mtkg II) tyypillisen saraturpeen happamuus on yleensä välillä 4,0–5,0 (Heikurainen 1960, Silfverberg & Huikari 1985). Yleisimpien ojitettujen turvemaiden happamuudet soveltuisivat siis juurikäävälle. Turvemaidella ainoastaan lettojen ruskosammalturpeessa esiintyy korkeita pH-lukuja (5,7) (Heikurainen 1960). Letot ovat suhteellisen harvinaisia suotyyppejä ja painottuvat lähes täysin Pohjois-Suomeen. Ojitettuna niidenkin turpeen pH laskee, mutta ne säilyttävät silti asemansa turvemaiden korkeimman pH:n omaavina.

Ravinteisuuden ja metsänlannoituksen merkityksestä juurikäävän leviämiseen männiköissä tarvitaan lisätietoa. Etelä-Suomessa tehdyissä juurikäävän tartutuskokeissa seoslannos (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, B) hidasti männynjuurikäävän rihmaston kasvua männyn juurissa kuivalla kankaalla (CT). Tällä lannoksella oli vähäinen juurikäpätartuntaa vähentävä vaikutus myös silloin, kun siihen oli lisätty hidasliukoista typpeä.

Kalkin lisäys sen sijaan lisäsi lievästi juurikäävän kasvunopeutta (Piri 2000). Ukrainassa ja Valko-Venäjällä tehdyissä tutkimuksissa seoslannoksen (NPK) on niin ikään todettu lisäävän männyn kestävyyttä juurikäpäpää vastaan sekä ensimmäisen puusukupolven mäntyviljelmillä että vanhoilla metsämailla (Fedorov ym. 1979, Pasternak 1979, Raptunovich 1989). Toisaalta Belyi ja Alekseev (1980) eivät todenneet seoslannoksella olevan vaikutusta männikön juurikäpätuhoihin. Myös typen osalta tulokset ovat osittain ristiriitaisia, mutta varsinkin lannoitus suurilla typpimäärillä on lisännyt juurikäävän aiheuttamia tuhoja männiköissä (Alekseev 1973, Pasternak 1979). Ratkaisevimmin männyn kestävyys juurikäpäpää vastaan on arveltu vaikuttavan kaliumin määrän (Jokinen 1988). Paksaturpeisille (turvetta yli 0,4–0,5 m) mustikka- ja puolukkaturvekankaille (Mtkg II ja Ptkg II) on tyypillistä typen runsaus suhteessa kaliumin ja fosforin niukkuuteen (mm. Kaunisto 1988). Tällaisia potentiaalisia lannoituksen tarpeessa olevia soita on arvioitu olevan noin miljoona hehtaaria Suomessa (Kaunisto 1997). Näillä kasvupaikoilla olisi em. tutkimusten pohjalta mahdollista, että typen runsaus ja ravinne-epätasapaino altistaisivat mäntyjä juurikäävälle. Varputurvekankaan paksaturpeisilla soilla kaikkia pääravinteita (N, P, K) on niukasti, mutta tasapainoisesti. Myös puuston ikääntymisen seurauksena kehittyvä kaliumin puutos paksaturpeisilla karuimmilla varputurvekankailla (Saarinen & Silver 2011) saattaa altistaa juurikäävälle (Jokinen 1988).

1.6 Selvityksen tarkoitus

Juurikäävän torjuntaa turvemaidella on rajoitettu metsätuholaissa (asetus 264/2016) koskemaan ainoastaan kuusikoita, koska juurikäpätuhojen esiintymisestä turveaan männiköissä ei ole ollut havaintoja. Torjuntatarpeen arvioimiseksi on tärkeää selvittää, ovatko turvemaiden männiköt kestäviä juurikäävälle vai onko tauti vain jäänyt huomaamatta. Selvityksen tarkoituksena on saada tietoa siitä, esiintyykö tyvitervastautia turvemaidella. Kiinnitimme erityistä huomiota juurikäpätartuntaan viittaaviin merkkeihin (kaatopinnan pihkalaikut, tuulenkaadot, puiden

harsuuntuminen) ojitusalueilla tehtävien maastokäyntien yhteydessä.

2. Aineisto ja menetelmät

Ensimmäiset havainnot tyvitervastaudista tehtiin kesällä 2016 kolmesta talvella 2015–2016 hakatusta kannosta turvemaalla Multialla. Kyseisten löydösten jälkeen tyvitervastaudin esiintymistä havainnointiin tuoreista kannoista ja pystypuustosta turvemaan ojitusalueilla tehtävien muiden maastokäyntien yhteydessä vuosina 2016–2017. Kohteet ovat siten valikoituneet sattumanvaraisesti, sillä maastokäyntien päätarkoitus ei ollut tyvitervastaudin kartoitus.

Juurikäävän esiintymisrunsausta havaintokohteilla ei ollut mahdollista selvittää tässä yhteydessä niukkojen resurssien vuoksi.

2.1 Havaintokohteet

Havaintokohteiden sijainti ja kuviotiedot on esitetty taulukossa 1.

Multia, Havusuo

Suometsäkuvio on Metsähallituksen maalla ja suotyypiltään mustikkaturvekangas (Mtkg II), jossa turpeen paksuus vaihtelee 0,6–0,9 metrin välillä. Kuvio on ojitettu 1930-luvulla, jolloin se on ollut niukkapuustoinen ja märkä, sarainen suo (RhSR–VSK). Ojituksen jälkeen kuvio on käsitelty harvennuksin. Keväällä 2016 siellä tehtiin uudistuskypsään metsään eri-ikäisrakenteisen metsän hakkuu tutkimustarkoituksiin.

Pystyyn jääneissä kuusissa näkyi selvät kaliumin puutosoireet. Pintaturpeen korkean maatumisasteen (maatumisaste yli 5, von Post 1922)

Taulukko 1. Männynjuurikäävän havaintopaikat kasvupaikkatietoineen Etelä-Suomessa.

Table 1. Location of Scots pines infected by *Heterobasidion annosum* in Southern Finland and site descriptions.

Kunta	Koordinaatit (ETRS89)	Suo- tyyppi	Turve- kangas- tyyppi	Turpeen paksuus, m	Uudis-/ kunnostus- ojitus, vuosi	Kehitys- luokka	Maatu- misaste 0–20 cm	Muut tiedot
Municipality	Coordinates (ETRS89)	Peatland site type	Drained site type	Depth of peat layer, m	Stand drainage, year(s)	Development class	Degree of humification of peat	Other info
Multia Havusuo	62°32.450' 24°34.476' 62°32.452' 24°34.452' 62°32.411' 24°34.544'	RhSR –VSK	Mtkg II	0,6–0,9	n. 1930	04	5+	K-puutos
Eura Hyvä- suo	61°06.863' 22°11.001'	ITR	Vatkg	2,0+	n. 1970	03	2	
Pöytyä Vuo- hensuo	60°49.081' 22°25.548'	VSR (neulas- näyte*)	Ptkg II	2,0+	n. 1950 / K-oj. 1993	04	5	K-puutos
Pöytyä Kuljun- rahka	60°56.082' 22°32.734' 60°56.079' 22°32.611' 60°56.033' 22°32.539' 60°56.060' 22°32.702'	LkR	Vatkg	2,0+	1972 / K-oj. 1995	02–03	2–3	
Eurajoki Karhusuo	61°13.163' 21°44.651' 61°13.152' 21°44.650'	RhSN	Mtkg II –Rhtkg	0,3–0,4	1967/ K-oj. 1997	04	5+	
Sastamala Harju	61°29.303' 22°38.683'	RhSR	Mtkg II	1,2+	n. 1930 K-oj. 1964 K-oj. 1989	04	5	K-puutos

ja suotyypin perusteella voidaan arvioida, että turpeessa on runsaasti typpeä suhteessa kaliumiin ja fosforiin. Uudisojituksen jälkeisistä ojituksista ei ole tietoa. Tällä hetkellä ojat ovat matalia ja huonossa kunnossa. Myöskään aikaisemmista harvennusten ajankohdista ja toteutusten vuodenaajasta ei ole tietoa.

Sastamala, Harju

Suometsäkuvio on nykyisin Sastamalaan kuuluvan Kiikoisten kunnan maalla. Suotyyppi on mustikkaturvekangas (Mtkg II), jossa turpeen paksuus on yli 1,2 metriä. Luonnontilassa suo on ollut märkä, vähäpuustoinen (RhSR). Suo on osittain kuivahtanut viljelysaltaoijan perkauksen yhteydessä 1930-luvulla. Kuvio on ojitettu lapiokaivuna vuonna 1964 harvaan ojaverkostoon ja kunnostusojitus on tehty vuonna 1989. Kuviolla tehtiin järeiden ylispuiden poisto kuusialikasvoksen päältä talvella 2016–2017.

Kuusialikasvoksessa näkyi selvät kaliumin puutteen oireet. Pintaturpeen korkea maatumisaste (maatumisaste yli 5) ja suotyyppi indikoivat turpeessa olevan runsaasti typpeä suhteessa kaliumiin ja fosforiin. Kuviolla on tehty harvennus kevättalvella 1990. Harvennusta lienee tehty myös aiemmin, mutta sen ajankohdasta ja toteutuksen vuodenaajasta ei ole tietoa.

Eura, Hyväsuu

Suometsäkuvio on A. Ahlström Oy:n maalla ja suotyypiltään varputurvekangas (Vatkg), jossa turpeen paksuus on yli 2 metriä. Uudisojitus kuviolla tehtiin 1970-luvun alussa. Luonnontilassa suo on ollut kitukasvuista mäntyä kasvava isovarpuinen tupasvillaräme (ITR). Nyt kuvion puusto on varttunutta (kl 03) kasvatusmetsää.

Varputurvekankaan soille on tyypillistä kaikkien pääravinteiden (N, P, K) osalta niukkaa, mutta tasapainoinen ravinnetalous. Pintaturve on maatumatonta (maatumisaste 2, von Post 1922) rahkaturvetta, mikä indikoi typen niukkuutta. Puustossa ei näkynyt ravinnepuutosten oireita.

Kuviolla ei ole tehty kunnostusojitusta. Tällä hetkellä ojat ovat matalia ja huonokuntoisia. Viimeksi puustoa on harvennettu kevättalvella 2011. Aiempien harvennusten ajankohdasta ja toteutuksen vuodenaajasta ei ole tietoa.

Pöytyä, Vuohensuo

Suometsäkuvio on Raasinkorven yhteismetsän hallinnassa ja suotyypiltään puolukkaturvekangas II (Ptkg II), jossa turpeen paksuus on yli 2 metriä. Uudisojitus on tehty vuosina 1964–1966, jolloin kuviolla on jo ollut nuorta mäntymetsää. Kuviolla on vanhempaa kuivatusvaikutusta ja aiempi ojitus ajoittunee 1930-luvulle, jolloin metsä oli vielä Metsähallituksen hallinnassa. Luonnontilassa suo on ollut vähäpuustoinen, märkä sarainen suo (VSR–VSN). Kuvio on tällä hetkellä uudistuskypsää mäntymetsää.

Männynjuurikäävän saastuttaman puun latvasta otettiin neulasanalyysi, joka osoitti ankaraa kaliumin puutetta ja erittäin korkeaa typpipitoisuutta. Kaliumin puute oli myös havaittavissa neulasistossa paikoin koko kuviolla. Myös maatonut pintaturve (maatumisaste 5) ja suotyyppi indikoivat turpeessa olevan runsaasti typpeä suhteessa kaliumiin ja fosforiin.

Tehtyjen harvennusten ajankohdasta ja toteutuksen vuodenaajasta ei ole tietoa. Sen sijaan tiedossa on, että ojat kunnostettiin vuonna 1993 todennäköisesti kesällä, siis sulan maan aikana.

Pöytyä, Kuljunrahka

Kuvio on Vampulan yhteismetsän hallinnassa ja tyypiltään varputurvekangas (Vatkg), turpeen paksuus on yli 2 m. Uudisojitus on tehty vuosina 1973–1974, jolloin suokuvio on ollut niukkapuustoinen lyhytkortinen räme (LkR). Uudisojitusta oli edeltänyt kunnostushakkuu kesällä 1970, jolloin kuviolta hakattiin isot, tasalatvaiset, elpymiskyvyttömät männyt. Kuvio lannoitettiin NPK:lla vuonna 1982. Alueella on tehty taimikonhoito kesäaikaan. Kunnostusojitus toteutettiin 1995.

Puustossa ei havaittu ravinnepuutoksen merkkejä. Ravinnetalous on tasapainoinen. Pintaturve on maatumatonta (maatumisaste 2–3) rahkaturvetta, mikä osoittaa alhaista typpitasoa.

Eurajoki, Karhusuo

Karhusuo on yksityisen omistama suokuvio, tyypiltään Mtkg II–Rhtkg. Päätehakkuussa poistettiin järeät männyt kuusialikasvoksen päältä.

Uudisojitus ja kuoppamätästys on tehty vuonna 1967, jolloin suo oli hyvin märkä ja puuton, rehevä avoneva (RhSN). Turpeen paksuus

Kuva 1. Tyvitervastautiin sairastuneen männyn kanto mustikkaturvekan-kaalla (MtkgII) Multian Havusuolla. Alkuperäinen suotyyppe RhSR–VSK. Turvekerroksen paksuus on 0,6–0,9 m. (Kuva: Timo Silver)

Fig. 1. Stump of a Scots pine suffering from Heterobasidion root rot on a Vaccinium myrtillus II -type site of drained peatland forest in Central Finland (Havusuo, Multia). The original mire site type has been RhSR–VSK before drainage. The thickness of the peat layer was 0.6–0.9 m. (Photo: Timo Silver).



oli 0,3–0,4 m. Mättäille istutettiin avojuuriset männyn taimet vuonna 1968. Ohutturpeisuuden vuoksi mättäissä on maatumeseen turpeeseen sekoittuneena kivennäismaata.

Näkyviä ravinnepuutosoireita ei havaittu. Ohutturpeisuudesta johtuen kaliumista tai fosforista ei ole puutetta ja ravinnetalouden voidaan arvioida olevan tasapainoisen pääravinteiden osalta.

Kuviolle tehtiin kemiallinen vesakontorjunta vuonna 1971. Harvennushakkuut toteutettiin loppusyksystä vuosina 1986 ja 1996, jolloin maa oli jäässä. Kunnostusojitus tehtiin kesällä 1997.

2.2 Näytteiden käsittely

Näytekiekot sahattiin joko tuoreista, tervastuneista kannoista tai harsuuntuneiden pystymäntyjen tai tuulenskaatojen tyveltä. Mikäli näytekiekossa näkyi jälkiä epäsäännöllisestä tervastumisesta, kiekko paketoitiin sanomalehteen ja toimitettiin välittömästi laboratorioon juurikäpätartunnan varmistamista varten. Laboratoriossa näytekiekot

kuorittiin ja pestiin juoksevan veden alla. Kosteat kiekot laitettiin muovipusseihin ja niitä inkuboitiin huoneen lämmössä kaksi viikkoa. Kiekot mikroskoipoitiin ensimmäisen kerran viikon kuluttua. Jos kiekoissa ei tuolloin näkynyt juurikäpärihmastoa, inkubointia jatkettiin vielä viikko, minkä jälkeen näyte mikroskoipoitiin uudelleen. Kiekon pinnalle kasvanut juurikäpärihmasto siirrostettiin pinsettien avulla mallasmaljalle. Juurikäpäälajin määrittäminen tehtiin puhdasviljelmistä paritustestien avulla (Korhonen 1978). Näytekiekkoja tutkittiin kaikkiaan 16 kappaletta ja ne oli kerätty kuudelta eri turvemaakohteelta.

3. Tulokset

3.1 Männynjuurikäpäesiintymät kohteittain

Multian Havusuolta löytyi männynjuurikäpä kolmesta männyn kannosta (kuva 1). Juurikäpä tartuttamien puiden tyviläpimitta oli ojitushetkellä (1930-luvulla) noin 5 cm.

Juurikäävän saastuttamat kannot eivät sijainneet ojan varressa.

Sastamalan Harjun suolta löytyi männynjuurikäpä yhdestä järeästä männyn kannosta. Tyvitervastautinen mänty on saanut alkunsa 1930-luvulla, jolloin suo on osittain kuivahtanut viljelysaltaoan perkauksen yhteydessä. Tartunnan saanut mänty ei sijaitse lähellä ojaa, joten syytä taudin iskeytymiseen ko. mäntyyn ei voi esittää.

Euran Hyväsuolta löytyi männynjuurikäpä yhdestä tuulen kaatamasta puusta. Juurikäävän saastuttama mänty oli ojitushetkellä 1970-luvulla kitukasvuinen, tyviläpimitaltaan noin 7 cm.

Pöytyän Vuohensuolta varmistettiin männynjuurikäpä yhdestä ojan varren harsuuntuneesta pystypuusta. Kyseinen männynjuurikäävän saastuttama puu on n. 50 vuotta vanha, joten puu lienee saanut alkunsa vuosina 1964–1966 toteutetun ojituksen yhteydessä ojan penkalla. Kuvion muutamissa jo kuolleiden puiden kannoissa näkyi myös tyvitervastaudin merkkejä, kun puut kaadettiin.

Juurikäpä on mahdollisesti iskeytynyt ojan varressa olevaan mäntyyn kunnostusojituksen yhteydessä kesällä 1993. Varmaa syytä taudin iskeytymiseen ei kuitenkaan voida sanoa.

Pöytyän Kuljunrahkalta löytyi männynjuurikäpä neljästä kannosta kuviolla, jossa tehtiin harvennushakkuu syksyllä 2016. Kolme neljästä männynjuurikäävän saastuttamasta puusta sijaitse ojan varressa (kuva 2). Kuviolla kesäaikaan tehty kunnostushakkuu ja taimikonhoito sekä kunnostusojitus ovat voineet altistaa puuston juurikäpätartunnalle.

Eurajoen Karhusuolta varmistettiin männynjuurikäpä kahdesta ojan varren kannosta. Kesällä 1997 perkaamalla tehty kunnostusojitus on voinut olla mahdollinen männynjuurikäävän tartunnan aiheuttaja.

3.2 Männynjuurikäävän tunnistus

Juurikäpää eristettiin 12 näytekiekosta. Neljästä kiekosta juurikäpärihmasto ei lähtenyt kasvamaan pihkoittumisesta huolimatta. Kaikki juurikäpäeristykset olivat männynjuurikäpää.

4. Tulosten tarkastelu

Tässä selvityksessä tehtyjen havaintojen perusteella tyvitervastautia aiheuttava männynjuurikäpä voi levitä turvemaiden männiköihin. Tautia voi esiintyä sekä ohut- että paksuturveisilla turvekankailla. Havaintokohteista vain Eurajoki oli ohutturpeinen (0,3–0,4 m). Muissa kohteissa turpeen paksuus vaihteli 0,6 metristä yli 2 metriin. Myös kasvupaikan ravinteisuudessa esiintyi vaihtelua ja havaintoja tehtiin niin karulta varputurvekankailla kuin reheviltä mustikkaturvekankailla. Ennen ojitusta suot ovat olleet vähäpuustoisia tai puuttomia märkeä soita (suotyypit LkR, ITR, VSR, VSK–RhSR ja RhSN). Tarkasteltujen kuvioiden kehitysluokka vaihteli nuoresta kasvatsumetsästä uudistuskypsään metsään. Näin ollen turpeen mahdolliset juurikäävälle epäedulliset biologiset tai kemialliset ominaisuudet eivät pysty ainakaan täysin estämään männynjuurikäävän iskeytymistä mäntyihin turvemaidella. Myöskään yleisimmille ojitetuille turvekankailla tyypilliset turpeiden happamuudet eivät näytä olevan este juurikäävän esiintymiselle.

Lähtökohtaisesti havaintosuometsät ovat olleet todennäköisesti terveitä, sillä ojitamattomat, vähäpuustoiset ja märät suot eivät luonnontilassa liene kovinkaan otollisia juurikäävälle. Selvää syytä männynjuurikäävän iskeytymiseen tämän tarkastelun turvemaan tautitapauksissa ei voida esittää, koska kohteiden metsänkäsittelyn historia ei ole kattavasti tiedossa. Voidaan kuitenkin olettaa, että tartunta on voinut tapahtua kesäaikaisessa taimikonhoidossa tai hakkuissa kanto-tartuntana. Myös kaivussa tai korjuussa syntyneet juuristovauriot ovat voineet altistaa tartunnalle. Kaliumin ja fosforin puute suhteessa korkeaan tyypeen on myös voinut olla altistava tekijä paksuturveisilla puolukka- ja mustikkaturvekangas II ojitusalueilla. Toisaalta kaksi tyvitervastaudin havaintokuvioista oli niukkaravinteisia varputurvekankaita, joissa ko. ravinne-epätasapainoa ei yleensä esiinny, vaan kaikkia pääravinteita on niukasti. Näin ollen ravinne-epätasapaino ei liene määräävä tekijä tyvitervastaudin esiintymiselle turvemailla.

Turvemailta on arvioitu lähitulevaisuudessa mahdollisesti saatavan jopa neljäsosa metsä-



Kuva 2. Varputurvekankaan (Vatkg II) kasvupaikka Pöytyän Kuljunrahkalla, jossa varmistettiin tyvitervastauti neljästä männyn kannosta. Alkuperäinen suotyypyi LkR. Turvekerroksen paksuus on yli 2 m. (Kuva: Timo Silver)

*Fig. 2. A Dwarf shrub drained peatland forest site in Kuljunrahka, Pöytyä in southwestern Finland. *Heterobasidion annosum* fungus was isolated from four pine stumps. The original mire site type has been LkR before drainage. The thickness of the peat layer was > 2 m. (Photo: Timo Silver).*

teollisuuden tarvitsemasta puusta eli noin 15 milj. m³. Viime vuosina turvemaan soilta on hakattu vuosittain alle 10 milj. m³ puuta. Lähtulevaisuudessa turvemaiden hakkuita pitäisi siis lisätä merkittävästi. Esimerkiksi Äänekosken sellutehtaan hankinta-alueesta iso osa on Etelä- ja Keski-Pohjanmaan suovaltaisissa kunnissa. Myös UPM:n Rauman sellutehtaan hankinta-alueella varsinkin Pohjois-Satakunnassa on laajasti suometsiä. Puunkorjuun lisääminen turvemailta edellyttää hakkuiden tekemistä myös roudattomaan ja lumettomaan aikaan. Se selvästikin mahdollistaa männynjuurikäävän leviämisen, mikäli tuoreita kantoja ei suojata juurikääpärtartunnalta.

Vaikka tämä selvitys on hyvin suppea käsittelen vain kuusi sattumavaraisesti valikoitunutta ojitettua turvemaakuviota, eikä esiintymisrunsautta havaintokohteilla ollut mahdollista selvittää tässä yhteydessä niukkojen resurssien vuoksi, osoittaa se kuitenkin, että juurikääpä voi levitä eteläisessä Suomessa myös turvemaille kasvaviin männiköihin. Juurikäävän leviämisen estämiseksi kannot tulisi käsitellä torjunta-aineella myös turvemaiden

männiköissä, vaikka nykyinen lainsäädäntö ei sitä edellytäkään.

Lisätutkimusta tarvitaan selvittämään männynjuurikäävän esiintymisen laajuus ja leviämismisriski turvemaiden männiköissä. Mahdollista laajamittaista tartuntaa ei saa syntyä sen vuoksi, ettei kantokäsittelyä katsota aiheelliseksi puuteellisen tutkimustiedon takia.

Kirjallisuus

- Alexander, S.A., Skelly, J.M. & Morris, C.L. 1975. Edaphic factors associated with the incidence and severity of disease caused by *Fomes annosus* in Loblolly pine plantations in Virginia. *Phytopathology* 65: 585–591.
- Alekseev, I.A. 1973. Use of chemicals and mineral fertilizers for controlling *Fomes annosus* in stands of *Pinus*. *Visn. Sil's Kohspod Nauki* 5: 66–70.
- Arhipova, N., Gaitnieks, T., Donis, J., Stenlid, J. & Vasaitis, R. 2011. Butt rot incidence, causal fungi, and related yield loss in *Picea abies*

- stands of Latvia. *Canadian Journal of Forest Research* 41: 2337–2345.
- Belyi, G.D. & Alekseev, I.A. 1980. Growth and resistance of Scots pine plantations to *Heterobasidion annosum*. *Lesnoe Khozyaistvo* 2: 55–57.
- Courtois, H. 1973. Relations between mycelial growth of *Fomes annosus* and the pH of the nutrient solution. *Phytopathologische Zeitschrift* 77: 169–177.
- Evers, F.-H. 1973. Zusammenhang zwischen chemischen Bodeneigenschaften und Kernfäulebefall in Fichtenbeständen. *Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 22: 65–71.
- Fedorov, N.I., Raptunovich, E.S. & Snigirev, G.S. 1979. Effect of mineral fertilizers on the condition of pine plantations damaged by butt rot. *Lesovedenie i Lesnoe Khozyaistvo* 14: 87–93.
- Heikurainen, L. 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. *WSOY*. 378 s.
- Hietala, A.M., Nagy, N.E., Burchardt, E.C. & Solheim, H. 2016. Interactions between soil pH, wood heavy metal content and fungal decay at Norway spruce stands. *Applied Soil Ecology* 107: 237–243.
- Jokinen, K. 1984. Männyn tyvitervastaudin leviäminen ja torjunta harmaaorvakalla (*Phlebiopsis gigantea*) männyn taimikoiden harvennuksessa. *Folia Forestalia* 607. 12 s.
- Jokinen, K. 1988. Metsänlannoituksen vaikutus puiden tuhonkestävyyteen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 287. 57 s.
- Kaarna-Vuorinen, L. 2000. Kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) lahoisuus, sen taloudelliset vaikutukset ja syyt Kaakkois-Suomen päätehakkuissa. *Helsingin yliopiston metsäekonomian laitoksen julkaisuja* 8. 82 s.
- Kaunisto, S. 1988. Metsäojitettujen turvemaiden ravinnevaroista ja niiden riittävydestä. Summary: On nutrient amounts and their sufficiency for wood production on drained peatlands. *Suo* 39: 1–7.
- Kaunisto, S. 1997. Suometsien kasvu turvattava metsänparannus- ja metsänhoitotoimilla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedote* 27.11.1997. 1 s.
- Korhonen, K. 1978. Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 94(6). 25 p.
- Laine, L. 1976. The occurrence of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. in woody plants in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 90(3). 53 s.
- Lauhanen, R. 1994. Kaivukaluston aiheuttamat puustovauriot kunnostusojituksessa. Abstract: Tree damage caused by excavating machines in ditch network maintenance. *Suo* 45(2): 33–46.
- Lindberg, M. & Johansson, M. 1991. Growth of *Heterobasidion annosum* through bark of *Picea abies*. *European Journal of Forest Pathology* 21: 377–388.
- Majewska, B., Werner, A. & Łakomy, P. 2004. Tolerance of intersterility group isolates of *Heterobasidion annosum* to low pH and aluminium on solid medium. *Dendrobiology* 51: 37–41.
- Mattila, U. & Nuutinen, T. 2007. Assessing the incidence of butt rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica* 41(1): 29–43.
- Nilsson, P.O. & Hyppel, A. 1968. Studier över rötangrepp i sårskador hos gran. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 66(8): 675–713.
- Niemi, S. 2011. Resistance of Norway spruce (*Picea abies*) to root and butt rot (*Heterobasidion annosum*) in peatland and mineral soil. Master's thesis. University of Helsinki. Department of Forest Sciences. 84 s.
- Pasternak, G.M. 1979. Effect of root nutrition (fertilizer treatment) under conditions of *Heterobasidion annosum* attack on the nucleic acid content of Scots pine tissues. *Lesovodstvo i Agrolesomelioratsiya* 54: 53–59.
- Piri, T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology* 26: 193–204.
- Piri, T. 2000. Response of compensatory-fertilized *Pinus sylvestris* to infection by *Heterobasidion annosum*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 218–224.
- Rainio, P. 2013. Saprotrophic growth of *Heterobasidion parviporum* on spruce wood (*Picea abies*) in mineral soil, drained and undrained mire. Master's thesis. University of Helsinki, Department of Forest Sciences. 44 s.
- Raptunovich, E.S. 1989. Effect of site preparation and fertilizer application on the growth and

- health status of Scots pine stands. *Lesovedenie i Lesnoe Khozyaistvo* 24: 79–83.
- Redfern, D.B. 1982. Infection of *Picea sitchensis* and *Pinus contorta* stumps by basidiospores of *Heterobasidion annosum*. *European Journal of Forest Pathology* 12: 11–25.
- Redfern, D.B. 1998. The effect of soil on root infection and spread by *Heterobasidion annosum*. *Root and Butt Rots of Forest Trees, 9th International Conference on Root and Butt Rots. Les Colloques No. 89, 1998 Paris, France INRA. Ss. 267–273.*
- Redfern, D.B. & Stenlid, J. 1998. Spore dispersal and infection. Teoksessa: S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen & A. Hüttermann (toim.). *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control. CAB International. ISBN 0-85199-275-7. Ss.105–124,*
- Risbeth, J. 1951. Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. III Natural and experimental infection of pines, and some factors affecting severity of the disease. *Annals of Botany NS* 15(58): 221–246.
- Saarinen, M. & Silver, T. 2011. Pääravennesuhteet ja kaliumin riittävyys karujen rämeiden ojitusalueilla. Summary: Macronutrient ratios and sufficiency of soil potassium in drained nutrient-poor Scots pine peatlands. *Suo* 62(1):13–29.
- Savolainen, E. 2010. Juurikäävän esiintyminen ja leviäminen ojitetuilla turvekankailla. Examenarbete för naturbruk och miljö (YH)-examen. Utbildningsprogrammet för skogsbruksingenjör. Novia yrkeshögskolan, Raseborg. 34 s.
- Seppälä, K. 1980. Soiden käyttö metsätaloudessa. Suomen luonto 3/Suot. Kirjayhtymä.
- Silfverberg, K. & Huikari, O. 1985. Tuhkalanhoitus metsäojitetuilla turvemaidilla. *Folia Forestalia* 633. 25 s.
- Silver, T. & Piri, T. 2013. Tyvitervastauti Lounais-Suomessa – esiintyminen, tunnistaminen ja torjunta. Raportti 24.1. 2013. 17 s.
- Silver, T. & Saarinen, M. 1995. Hakkuiden tarve ja toteutuminen yksityismetsien kunnostus- ojitusalueilla Satakunnassa. Summary: The need for and realization of cuttings in connection with ditch network maintenance in private forests in Satakunta, southwest Finland. *Suo* 46(2): 55–61.
- Stenlid, J. & Redfern, D.B. 1998. Spread within the tree and stand. Teoksessa: S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen & A. Hüttermann (toim.). *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control. CAB International. ISBN 0-85199-275-7. Ss. 125–141.*
- Terhonen, E., Keriö, S., Sun, H. & Asiegbu, F.O. 2014. Endophytic fungi of Norway spruce roots in boreal pristine mire, drained peatland and mineral soil and their inhibitory effect on *Heterobasidion parviporum* in vitro. *Fungal Ecology* 9: 17–26.
- Wallis, G.W. 1962. Survey of *Fomes annosus* in East Anglian pine plantations. *Forestry* 33(2): 203–214.
- Von Post, L. 1922. Sveriges geologiska undersöknings torv inventring och några av dess hittills vunna resultat. Svenska Mosskulturföreningens Tidskrift 1: 1–27.

Summary: Observations of Heterobasidion root rot in Scots pine stands on peatlands in southern Finland

To our knowledge, these are the first observations, made in 2016–2017, of Heterobasidion root rot (*Heterobasidion annosum*) in Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands on drained peatlands. Infected pines were found on six different peatland locations in southwestern and central Finland. Originally, the sites were wet, nearly treeless or open mires. The mires were drained during the period of 1930–1972 and the current thickness of the peat layer varied from 0.3 to more than two meters. The site types varied from drained nitrogen-poor sedge fen to fertile herb-rich fen. Some infected pines suffered from potassium deficiency. The current stand volume on all sites was moderately high i.e. over 100 m³/ha. The origin of the *Heterobasidion* infections remains unclear. However, it is unlikely that *H. annosum* had occurred in wet pristine mires before drainage. The possible reasons of infections are cuttings and seedling stand treatments carried out at summertime, when air-borne infection by *Heterobasidion* spores is possible. Also, root damages caused by excavators during ditch network maintenance are possible sources of infections. Further research is needed to clarify the frequency and spreading of *H. annosum* in Scots pine stands on peatland. In order to prevent a build-up of Heterobasidion root rot in Scots pine stands on peat soils, stump treatment with Rotstop® or urea may be necessary in summer cuttings, especially on disease free or only slightly infested sites in the southern part of Finland.

Keywords: peatland, Scots pine, *Heterobasidion annosum*, root rot, stump treatment

(Received 2.5.2017, Accepted 20.6.2017)