

Tõrjemeetmete tegevuskava ohtlikele kultiveerimismaterjali kahjustajatele punavöötaudile ja pruunvöötaudile

Kokkuvõttev aruanne

Koostajad: **Rein Drenkhan, Kalev Adamson ja Marili Laas**

Metsakasvatuse ja metsaökoloogia õppetool
Metsandus- ja maaehitusinstituut
Eesti Maaülikool

Tartu
2019

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Ohtliku kahjustaja iseloomustus ja identifitseerimise võimalused.....	4
1.1 Punavöötaud	4
1.2. Pruunvöötaud.....	8
1.3. Vöötaudide määramine	11
2. Rahvusvahelise kaubanduse olulisus patogeenide levitamisel.....	13
3. Ohtliku kahjustaja ennetavad tõrjemeetmed ja võimalik majanduslik kahju	15
4. Tegutsemisjuhised puna- ja pruunvöötaudi tekitajate proovide kogumiseks ja nende tuvastamiseks ning omaniku informeerimiseks.....	18
5. Teavitamise põhimõtted kahjustajatest järelvalvet teostavale ametile ja kultiveerimismaterjali tootjatele ning turustajale	20
6. Ohtlike kahjustajate tõrjemeetmete tegevuskava koostamine	20
7. Patogeenide tuvastamine ja tõrje järgne kontroll	21
Kokkuvõte ja järeldused.....	22
Viidatud kirjandus	23

Sissejuhatus

Invasiivsete patogeenide koloniseerimisprotsessi on vallandanud peamiselt kliima soojenemine ja kasvav majanduse globaliseerumine. Viimasel aastakümnel on Balti- ja Põhjamaades dokumenteeritud ligi tosin invasiivset puude haiguse tekitajat, sealhulgas ka männi okkahaigused pruunvöötaud (*Lecanosticta acicola* (Thümen) A. Sydow) ja punavöötaud (tekitajad *Dothistroma septosporum* (Dorog.) M. Morelet ja *Dothistroma pini* Hulbary).

Käesoleva töö eesmärk on saada tegevusjuhised kultiveerimismaterjali ohtlike kahjustajate punavöötaudi ja pruunvöötaudi ennetamiseks või siis juhuks, kui nimetatud kahjustajad on avastatud kultiveerimismaterjali tootvas ja importivas taimlas. Punavöötaudi tekitaja kottseen *Dothistroma septosporum* (varasemad nimed *Mycosphaerella pini*, *Scirrhia pini*) ja *D. pini* ning pruunvöötaudi tekitaja kottseen *Lecanosticta acicola* (varasemad nimed *Mycosphaerella dearnessii*, *Scirrhia acicola*, *Lecanosticta pini*) on ohtlike kahjustajate nimekirjas juhul, kui need esinevad männi *Pinus* L. istutamiseks ette nähtud taimedel, välja arvatud seemned (Nõukogu direktiivi 2000/29/EÜ II lisa). Ohtlike kahjustajate levitamine on keelatud ning nende leviku piiramiseks tuleb rakendada tõrjeabinõusid.

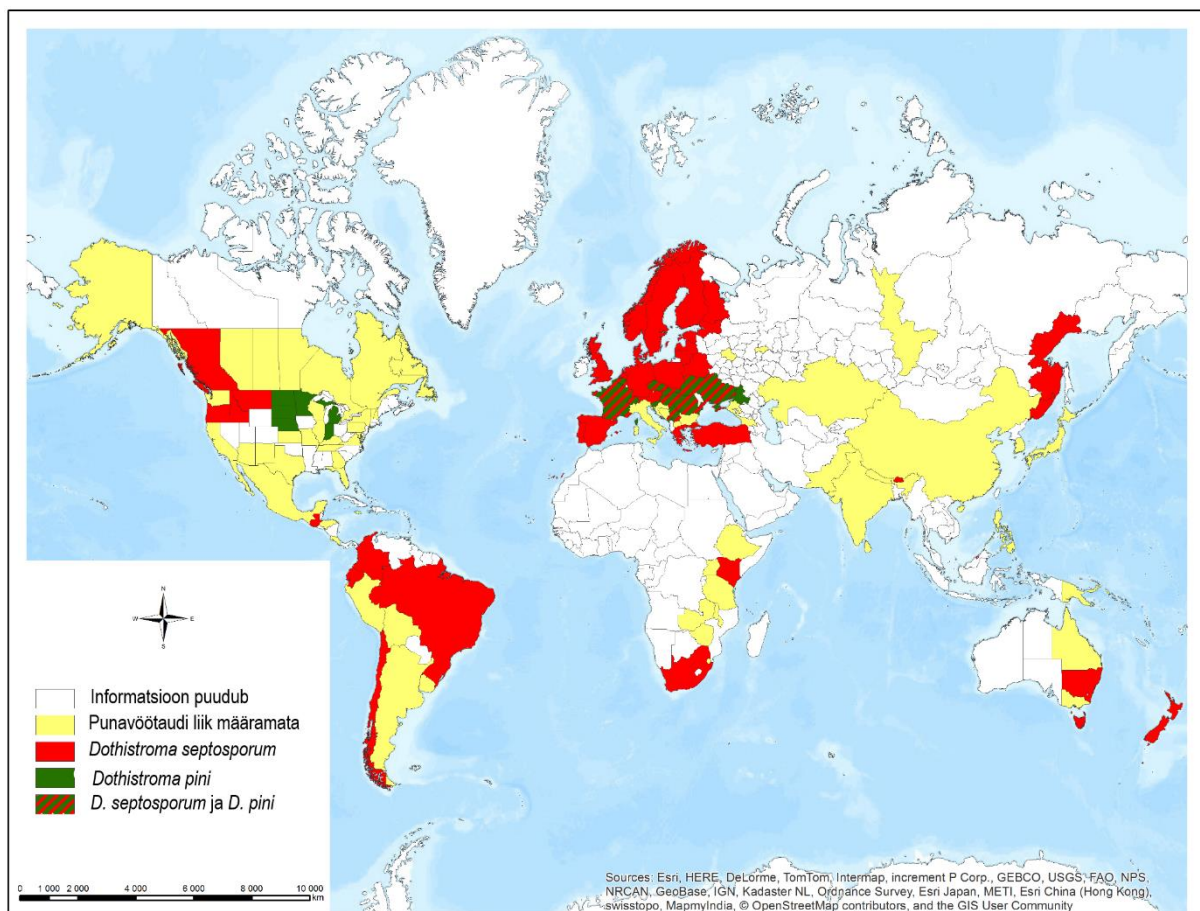
Töös antakse põhjalik Eesti teadlaste-patoloogide poolt tehtud tööde baasil ning asjakohasel teaduskirjandusel baseeruv ülevaade puna- ja pruunvöötaudide tekitajate bioloogiast, ökoloogiast, levikust nende sümptomitest ja diagnostikast ning võimalikest tõrjeabinõudest üldiselt ja siis kui taimlas on avastatud eelpoolnimetatud ohtlik kahjustaja. Kirjeldatud on riske importiva taimla ja ainult kodumist materjali kasutava taimla vahel. Lisaks on analüüsitud majanduslikku kahju ning kahju minimeerimise võimalusi taimlates

1. Ohtliku kahjustaja iseloomustus ja identifitseerimise võimalused

1.1 Punavöötaud

Punavöötaudi tekitajate levik

Punavöötaudi tekitab kaks morfoloogiliselt väga lähedast seeneliiki, *Dothistroma septosporum* ja *D. pini*. Molekulaarseid meetodeid kasutamata on neid peaaegu võimatu eristada. *D. septosporum* on globaalse levikuga, esinedes kõikjal seal, kus kasvab mände. Seevastu *D. pini* on levinud vaid kahes piirkonnas – Põhja-Ameerika keskosas ning Lõuna- ja Kesk-Euroopas, kusjuures tema kõige lähedasem levikupiirkond Eestile asub teadaolevalt Ukrainas (Joonis 1) (Drenkhan et al. 2016). Põhja-Euroopas, sealhulgas Baltikumis on levinud ainult käesoleva ajani vaid üks punavöötaudi tekitaja *D. septosporum*. Teine liik *D. pini* Eestis, ega teadaolevalt kogu Põhja-Euroopas käesoleva ajani levinud ei ole.



Joonis 1. Punavöötaudi tekitajate levik maailmas (Drenkhan et al. 2016).

Punavöötaudi tekitajate peremeestaimed

Tänaseks on *D. septosporum* Eestis dokumenteeritud 11 peremeestaimel: harilikul männil (*Pinus sylvestris* L.), mägimännil (*P. mugo* Turra), mustal männil (*P. nigra* J. F. Arnold), siberi seedermännil (*P. sibirica* Du Tour), kollasel männil (*P. ponderosa* Dougl. Ex P. et C. Laws), makedoonia männil (*P. peuce* Griseb), keedermännil (*P. contorta* Dougl. Ex Loud.), konksmännil (*P. mugo* subsp. *uncinata* (Ramond) Domin.), alpi seedermännil (*P. cembra* L.), hallil nulul (*Abies concolor* (Gord. & Glend) Hildebr.) ja serbia kuusel (*Picea omorika* (Panic) Purkyne) (Drenkhan & Hanso, 2009; Drenkhan et al., 2014; Drenkhan et al., 2016; Luha, 2016).

Maailmas on *D. septosporum*-t tuvastatud 52 peremeestaimelt (s.o. molekulaarne kinnitus) perekondadest (*Abies*, *Cedrus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus* ja *Pseudotsuga*) ning *D. pini*-t on leitud 12 peremeestaimel perekonnas *Pinus*, sealhulgas ka harilik mänd (Drenkhan et al., 2016).

Punavöötaudi tekitaja *D. septosporum* sümptomid

Dothistroma septosporum-le iseloomulikuks tunnuseks on eelkõige võra alumises osas 2. ja 3. aasta okaste kuivamine ning varisemine, kuid nakatuda võivad ka jooksva aasta ehk kõige nooremad okkad (Joonis 2).



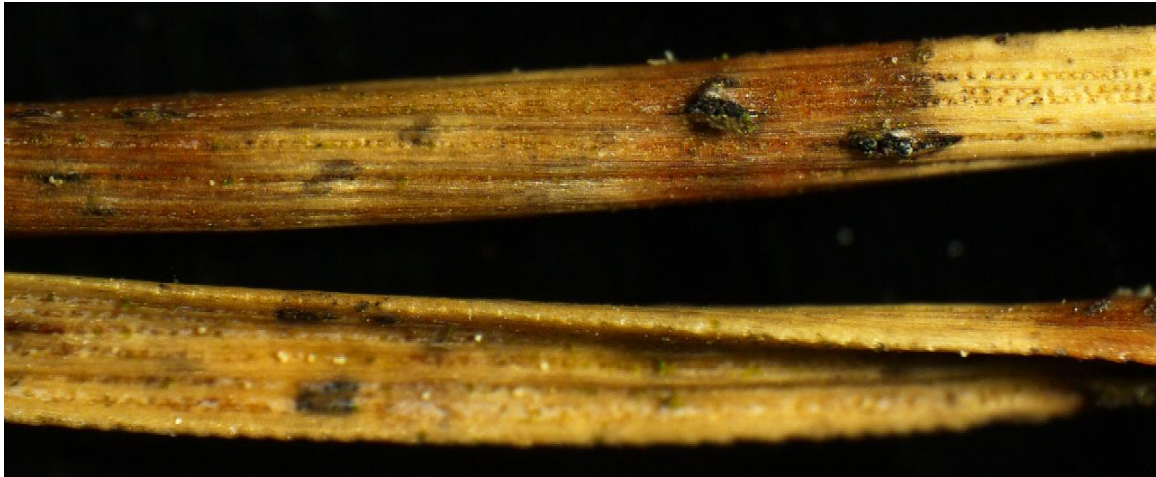
Joonis 2. *D. septosporum*-i nakkus teise aasta okastel harilikul männil.

Esmaseks nakkustunnuseks on kollased nakkuspunktid rohelistel okastel, millel võivad olla aga ka teised tekitajad. Aja möödudes omandab kahjustatud okkapiirkond punaka värvuse ning areneb nekrootiline laik. Okastele tekivad punased vöödid, mis on ka antud haiguse olulisemaks visuaalseks määramistunnuseks (Joonis 3). Punase vöödi piirkonnas areneb tume seene anamorfse staadiumi viljakeha ehk algeosla ehk acervulus, mis ulatub läbi epidermise okka pinnale (Joonis 4).



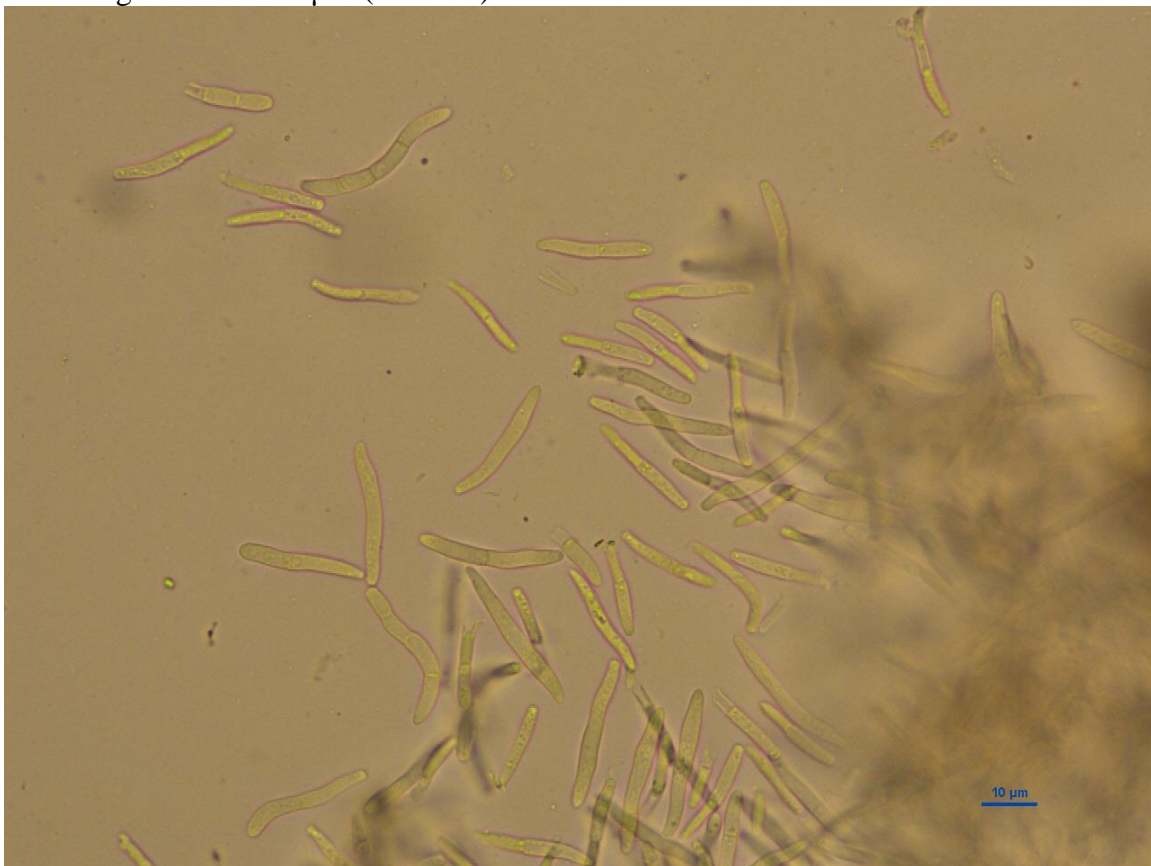
Joonis 3. Punavöötaudi tekitajale *Dothistroma septosporum* omane punane vööt ja viljakehad hariliku männi okkal.

Oluline on, et vanadel ja kuivanud okastel ei pruugi punane vööt olla selgelt eristatav ning see võib omandada pruunika tooni (vt. Joonis 3). Lisaks kõikidel peremeestaimedel ei pruugi areneda erkpunast vööti, näiteks mägimännil. Eriti erksad punased vöödid on nähtavad kollasel ja mustal männil.



Joonis 4. *Dothistroma septosporum*-i viljakehad hariliku männi okkal.

Koniidid (suguta arengujärgu eosed) on hüaliinsed, sileda pinnaga, 1-2 (0-4) ristvaheseinaga, mõõtudega 12-48 x 2-3 μm (Joonis 5).



Joonis 5. *D. septosporum*-i koniidid halli nulu okastelt.

Teist liiki punavöötaudi tekitaja *D. pini* sümptomid

Dothistroma pini sümptomid on väga sarnased *D. septosporum*-i omadega, mistõttu on neid kahte krüptilist liiki morfoloogiliselt peaaegu võimatu eristada. Liikide eristamiseks tuleb kasutada molekulaarseid meetodeid.

Sarnased liigid puna ja pruunvöötaudile

Sarnased liigid puna- ja pruunvöötaudile on välja toodud „Perekond männi (*Pinus*) okkahaiguste tekitajate lühimäärajas“ (http://ph.emu.ee/~drenkhan/okas/manni_okkahaiguste_lyhimaaraja.pdf).

Vektorid punavöötaudi tekitajatel (*D. septosporum* ja *D. pini*)

Peamiseks patogeeni levitajaks peetakse inimest, seda siis eelkõige kaubanduse ja reisimise tulemusel. Eriti ohtlikuks peetakse nakatunud taimede importi/eksporti (Ganley et al. 2015; Millberg et al. 2016). Patogeeni tuvastamise teeb keeruliseks latentne faas tema arengus, mil taim on nakatunud, kuid mingeid väliseid sümptomeid peremeestaimel ei esine. Veelgi enam on dokumenteeritud punavöötaudi tekitaja levik seemnepartiidega, mis on saastunud patogeeni poolt nakatunud okastega (Gibson 1974).

***D. septosporum* ja *D. pini* bioloogia ja eoste levik**

Eestis punavöötaudi tekitaja bioloogiat pole piisaval detailsel tasemel uuritud. Esitada saab mujal maailmas tehtud teadustöö tulemusi, kuid need ei pruugi sobida Eesti kliimasse. Seega täiendavad teadusuuringud on vaja tellida. Välja võib tuua vaid rohke viljakehade arvukuse niiskel sügisel (oktoober) ajal ning varakevadel lume sulamise paiku.

Tainter ja Baker (1996) on välja toonud, et koniidid levivad vihma piiskadega ning seda maist kuni oktoobrini Kesk-USAs. Samuti on leitud, et okastik on nakkusele vastuvõtlik kogu vegetatsiooni perioodi. Esimesed sümptomid tekivad varasügisel ning hilissügisel on nähtavad juba viljakehad. Uus-Meremaal peetakse punavöötaudi tekitajale optimaalseks õhutemperatuuriks 18°C, kuid Nebraskal 24°C. Samas Gilmour (1981) on leidnud, et alla 7°C või kui okkad on märjad vähem kui 7 tundi, ei toimu okaste nakatumist. Tšehhi Vabariigis on leitud, et koniidide sporulatsioon algab alates mai algusest ja kestab kuni oktoobri alguseni, kusjuures limiteerivaks faktoriks on miinuskraadidega päevad, mis peatavad sporulatsiooni (Dvorak et al. 2012). Tšehhis peetakse optimaalseks sporulatsiooni tingimuseks 15-20°C ning õhuniiskust üle 90%. Kusjuures, õhuniiskust alla 75% lõpetab mõne päevaga sporulatsiooni (Dvorak et al. 2012). Sümptomite arenguks alates nakkusest peetakse 1-6 kuud, olenevalt kliimast (Gilmour 1981; Karadzic 1989).

Vihmapiiskadega levivad koniidid üldjoontes ainult naaberpuule lühikese distantssi taha (Peterson 1973). Kuid, Gibson (1964) on dokumenteerinud, et koniidid võivad väikestes vihmapiiskades levida palju kaugemale, kui mõni meeter, näiteks on ta leidnud punavöötaudi eoseid 3 meetri kõrguselt puude latvadest, kust ta levib udu ja vihmapiiskadega. Mullett et al (2016) on aga Inglismaal dokumenteerinud punavöötaudi tekitaja koniidide leviku enam kui 1400 meetri kaugusele nakkusega puust.

Punavöötaudi tekitaja suguline arengujärk areneb väga harva, seega äärmiselt oluliseks peetakse tema levikut just suguta arengujärgu koniididega levikut (Gibson 1974; Evans 1984).

Kokkuvõtteks võib öelda, et temperatuur 15-20°C ning niiskus üle 90% on soodne punavöötaudi eoste levikuks.

Kuna *D. pini* on suhteliselt uus liik, siis tema bioloogiast on väga vähe teada ning seda pole aruandes võimalik kirjeldada, isegi mitte teiste riikide näitel. *D. pini* ohtlikkuse hindamiseks on vaja teha nakatmiskatseid.

1.2. Pruunvöötaud

Levik maailmas

Pruunvöötaudi tekitaja (*Lecanosticta acicola*) on levinud nii Põhja- kui ka Lõuna-Ameerikas, Euroopas ja Aasias (Evans 1984; Gibson 1980; Janoušek et al. 2016; Suto ja Ougi 1998). Euroopas on patogeeni dokumenteeritud Hispaanias, Prantsusmaal, Saksamaal, Serbias, Horvaatias, Šveitsis, Bulgaarias, Austrias, Itaalias, Tšehhis, Sloveenias, Iirimaa, Eestis, Lätis ja Leedus (Chandelier et al. 1994; Drenkhan ja Hanso 2009; EPPO 2012; Hintsteiner et al. 2012; Holdenrieder ja Sieber 1995; Jankovský et al. 2009; Jurc ja Jurc 2010; Karadžić 1989; La Porta ja Capretti 2000; Markovskaja et al. 2011; Mullett et al. 2018; Novak-Agbaba ja Halambek 1997; Pehl 1995). Seni puuduvad dokumenteeritud leiud Soomest, kuid patogeen leiti Lõuna-Rootsist (Cleary et al. 2019).

Peremeestaimed

Seni on *L. acicola* Eestis leitud kuuel männi taksonil: kollasel männil (*Pinus ponderosa* Dougl. Ex P. et C. Laws), mägimännil (*P. mugo* Turra), *P. mugo* var. *pumilio*-l, harilikul männil (*P. sylvestris*), *P. x rhaetica*-l ja konksmännil (*P. uncinata*) (Adamson et al. 2015; Adamson et al. 2018; Drenkhan ja Hanso, 2009). Maailmas on haigust dokumenteeritud enam kui 30 männiliigil (Sinclair ja Lyon 2005; Tainter ja Baker, 1996), kuid kõiki mände peetakse potentsiaalseteks peremeestaimedeks (EPPO/CABI 2013).

Sümptomid

Sarnaselt punavöötaudile, on ka pruunvöötaudi esimesteks sümptomiteks kollakas-oranžikad laigud okastel. Aja jooksul laigud suurenevad pruunideks vöötideks, mille servas on sageli kollakas triip (Joonis 6).



Joonis 6. *Lecanosticta acicola* poolt kahjustatud mägimänni okas, sümptomiks pruun vööt.

Iseloomulik on, et nakatunud okkad hakkavad otstest kuivama ning varisevad. Tugevalt kahjustatud puudel on sageli alles vaid viimase aasta okkad ning needki võivad olla juba nakatunud (Joonis 7).



Joonis 7. *Lecanosticta acicola* nakkusega okkad mägimänni võrsel.

Okka kahjustatud piirkonnas arenevad suguta arengujärgu viljakehad (Joonis 8), milles valmivad koniidid. Viljakehad on musta värvusega, piklik-ovaalsed, okka epidermisega kaetud või ulatuvad läbi selle okka pinnale.



Joonis 8. Pruunvöötaudi tekitaja suguta arengujärgu viljakeha mägimänni okkal.

Koniidid on silinderjad, oliivroheline värvusega, paksu ja krobeline seinaga, sirged või kergelt kõverdunud, 1-2 (0-4) ristvaheseinaga, mõõtudega 10-55 x 2-4,5 μm (Joonis 9).



Joonis 9. *Lecanosticta acicola* koniidid mägimänni okastelt.

Bioloogia ja eoste levik

Pruunvöötaudi tekitajal esineb suguline ja suguta arengujärk. Sugulise arengujärgu eosed võivad õhuvooludega läbida ka suuri vahemaid, kuid kuna sugulist arengujärku on leitud väga harva, peetakse peamiseks koniididega levikut. Seene koniidide vabanemisel ja levikul on oluline tähtsus temperatuuril, niiskusel ja sademetel, sest levik toimub peamiselt vihmapiiskadest tekkivate pritsmete, udu või kastepiiskadega (Skilling ja Nicholls 1974). Seetõttu levib patogeen koniididega vaid väikeste vahemaade kaugusele. Kuid on leitud, et väike hulk koniide võib levida kuni 60 meetrit nakatunud puust (Wyka et al. 2018). Kuna kirjeldatav patogeen on väga sarnane *Dothistroma septosporum*-le, mille koniide on leitud isegi 1400 meetri kaugusel nakkusega puust (Mullett et al. 2016), siis võib sama eeldada ka *L. acicola* kohta, kuid selle kohta teaduslikud tõendid puuduvad.

Kuna tegemist on Põhja-Euroopa jaoks uue patogeeniga, siis pole veel andmeid, millal *L. acicola* koniidid Eestis valmivad ja vabanevad ning kuidas ilmastikutingimused seda mõjutavad. USA põhjaosas on koniidide levikut ja taimede nakatumist kirjeldatud maist kuni septembrini (Skilling ja Nicholls 1974, Wyka et al. 2018). Temperatuur peaks koniidide vabanemiseks olema vähemalt 2-3°C (Skilling ja Nicholls 1974; Tainter ja Baker 1996), kuid päeva keskmine temperatuur üle 25°C pärsib koniidide eraldumist (Wyka et al. 2018). Wyka et al. (2018) leidis ka, et koniidid vabanevad harva, kui keskmine õhuniiskus on alla 70%. Alates nakatumisest kulub sümptomite arenguks 1-7 kuud (EPPO/CABI 2013). Valgel männil (*Pinus strobus*) on kirjeldatud aga ka aasta pikkust inkubatsiooni perioodi (Munck et al. 2012; Stanosz et al. 1991).

Vektorid

Peamine levitaja on inimene nakatunud taimedega (Janoušek et al. 2016; Skilling ja Nicholls 1974). Ka sellele patogeenile on omane latentne faas, mil taim on juba nakatunud, kuid sümptomeid veel pole. Patogeeni on levitatud ka okastega saastunud seemnepartiidega (Smith et al. 1997) ning kleepuva pinnaga koniidid võivad levida ka putukate, lindude ja tööriistadega (Skilling ja Nicholls 1974).

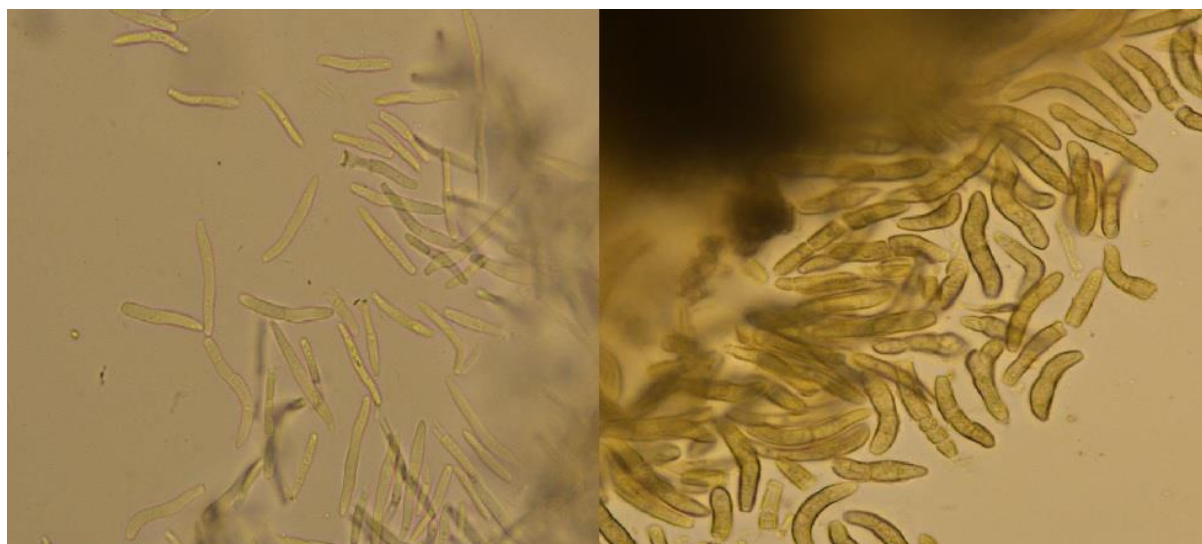
Äsja Eestis tehtud pruunvöötaudi populatsiooni analüüs kinnitab niisamuti inimese poolset levitamist riigi siseselt, kus täpselt identsed patogeeni järglased on levinud enam kui 100 km järele (Laas 2017). Viimast vahemaad seene identsed tüved looduslikult läbida ei saa.

1.3. Vöötaudide määramine

Vöötaudide määramine mikroskoobiga

Mikroskopeerimine tähendab patogeeni generatiivsete organite (nt eoste) morfoloogia järgi liigi tuvastamist valgusmikroskoopi kasutades. Meetodi kasutamine eeldab, et proovis on olemas eoste või koniididega viljakehad. Oluline on silmas pidada, et pruun- ja punavöötaudi tekitajate koniidid on väga sarnased ning punavöötaudi tekitajaid (s.o. *Dothistroma septosporum* ja *D. pini*) polegi võimalik morfoloogiliselt eristada. Seega sõltub patogeeni määrangu usaldusväärsus määraja kogemustest, kuid usaldusväärselt saab antud liike tuvastada siiski vaid molekulaarseid analüüse kasutades.

Vöötaudide tekitajate koniide on kirjeldatud aruandes eelnevalt. Mikroskopeerides on oluline tähelepanu pöörata koniidide värvusele ja koniidi seina paksusele. *Dothistroma* spp. koniidid on hüaliinsed ja siledapinnalise seinaga, *L. acicola* koniidid on aga oliivrohelist ja paksu kurrulise/ebatasase seinaga (Joonis 10).



Joonis 10. *Dothistroma septosporum*-i (vasakul) ja *Lecanosticta acicola* (paremal) koniidid 600 korda suurendatult.

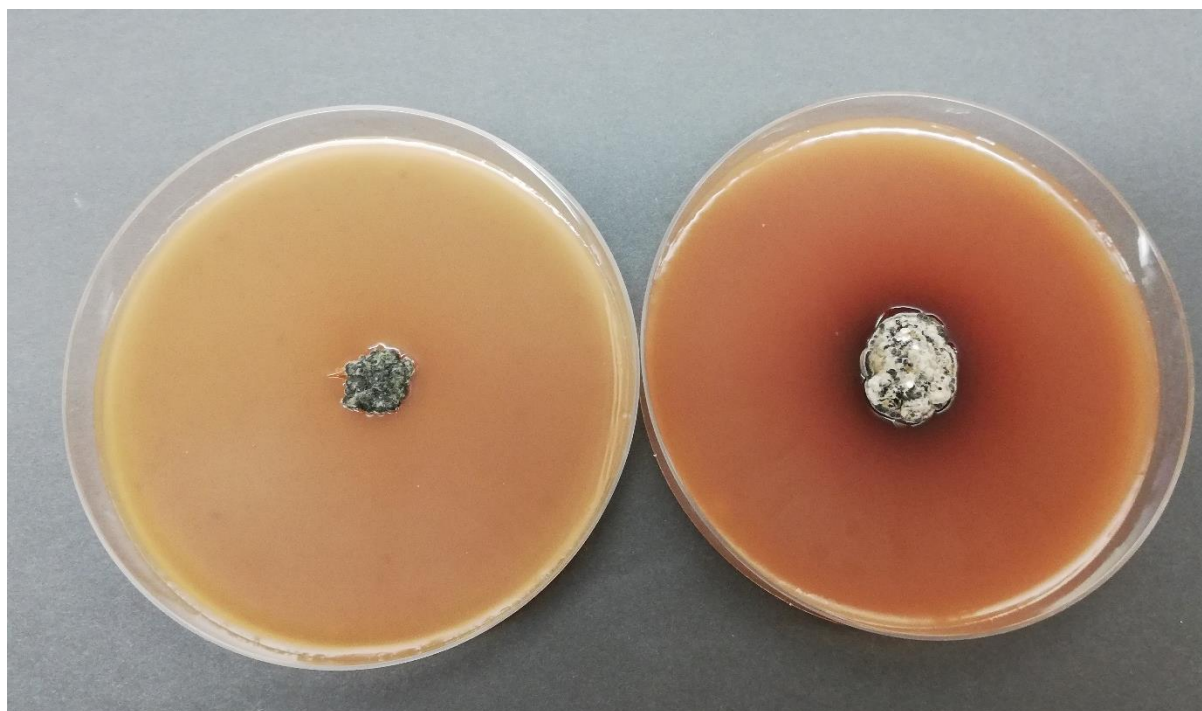
Töötades välismaalt imporditud taimede proovidega, mis võivad sisaldada ohtlikke, Eestis mitte esinevaid haiguseltekkitajaid või juba olemasolevate patogeenide uusi genotüüpe, on oluline kõik proovidega kokku puutunud tööpinnad ja -vahendid steriliseerida. Proovidega töötades kanda ühekordseid kindaid, mis hiljem hävitatakse.

Vöötaudide määramine puhaskultuuri meetodil

Okkapatogeenide puhaskultuuri meetodil määramine on ajakulukas ning nõuab siiski hilisemat molekulaarset analüüsi. Puhaskultuuri morfoloogia järgi on küll võimalik otsustada, kas tegemist on pigem pruun- või punavöötaudiga, kuid kahte erinevat punavöötaudi tekitajat siiski sel teel eristada ei saa.

Puna- ja pruunvöötaudi tekitajate isoleerimisel lähtuda Mullett ja Barnes (2012) avaldatud juhendist. Isoleerimine toimub laminaarkapis steriilsetes tingimustes. Kuna tegemist on okkapatogeenidega, siis nende kiiremaks ja õnnestunumaks isoleerimiseks kasutatakse söötmena okka-agarit (vt. Drenkhan et al. 2013).

Dothistroma spp. ja *Lecanosticta acicola* puhaskultuuride tunnuseid on kirjeldanud Mullett ja Barnes (2012) ning EPPO (2015). Patogeenide puhaskultuurid võivad morfoloogialt varieeruda sõltuvalt nende geneetilistest tüvedest ja kasutatud söötmest. Mõlema patogeeni koniidide idanedes tekib esmalt valge mütseel. *Dothistroma* spp. puhaskultuuridele on iseloomulik mütseeli hallikas värvus ja söötme punaseks värvumine (Joonis 11). *Lecanosticta acicola* puhaskultuurid varieeruvad värvuselt tumedast oliiv-rohelisest kuni mustani ning kohati võib esineda heledamaid mütseeli laike (Joonis 11).



Joonis 11. *Lecanosticta acicola* (vasakul) ja *Dothistroma septosporum*-i (paremal) puhaskultuurid

Molekulaarne vöötaudide määramine

Kõige korrektsem ja ühtlasi ka täpsem viis määrata vöötaude on kasutades DNA põhised määramised ehk erinevad molekulaarsed meetodid. Nendest kõige kiirem ja kuluefektiivsem on liigispetsiifiline PCR praimerid (Ioos et al. 2010 järgi), seda nii konventsionaalse PCR või qPCR meetodil. Selle meetodi juures on vajalik referents DNA olemasolu, mis on sekveneerimise (ehk tuvastatud liigile kohane nukleotiidide järjestus) teel kindlaks määratud, ilma milleta usaldusväärseid tulemusi pole võimalik saada. Teiseks, on vajalik igal laboril läbi viia spetsiifilisuse testid kasutatavate praimeritega. Seda selleks, et vältida valesid negatiivseid ja positiivseid tulemusi.

Teiseks võimaluseks on DNA järjestuse sekveneerimine nn Sangeri sekveneerimine. Kasutades selleks ITS piirkonna primereid. Olukorra teeb keerukaks *D. septosporum* ja *D. pini* sarnane DNA järjestus. Antud olukorras peab teadma, milliseid nukleotiide tuleb ITS piirkonnas omavahel võrrelda, et olla kindel millise liigiga on tegemist, ehk tuleb kasutada õigeid referents DNA järjestusi (vt. Mullett ja Barnes, 2012; Barnes et al. 2016). Eelpool nimetatud kahe liigi eristamine ITS DNA järjestuse puhul nõuab professionaalseid teadmisi ja oskusi. *L. acicola* ITS sekveneerimise määrangut võib lugeda lihtsamini teostatavaks, kuna pole hetkel kirjeldatud väga lähedasi krüptilisi liike. Kuid siiski tuleb kõigi kolme liigi määramise puhul sekveneerimist kasutades meeles pidada, et alati mõne nukleotiidi erinevus referents DNA järjestusest ei tähenda veel uut liik, vaid võib olla tegemist sama liigi mõne teise genotüübiga.

Kui sekveneerimise järel võtta referents DNA järjestused rahvusvahelisest geenpangast, siis tuleb arvestada, et *D. pini* on kirjeldatud suhteliselt uue liigina, seega mõlema liigi puhul võib olla andmebaasis vigu. Vigu ei saa välistada ka hilisemast ajast, kuna teadlaste tase on väga erinev, kes liikide andmeid üles laevad, seetõttu tuleb kasutada õigeid referentse, nt Drenkhan jt, Barnes jt, Mullett jt poolt deponeeritud DNA järjestusi (Mullett ja Barnes, 2012; Barnes et al. 2016).

Uue põlvkonna sekveneerimist (new generation sequencing) saab kasutada võõrtaudide määramiseks küll, kuid liigi tuvastamise sarnasus (liigihüpotees) tuleb seada 99-100%-seks. Isegi siis võib tulla vigu eelpool mainitud geenpanga valemäärangutest. Uue põlvkonna sekveneerimist tuleb pidada eelnevaga võrreldes kulukamaks ja ajamahukaks määramise meetodiks. Antud meetod nõuab kõrgel tasemel treenitud oskustööjõudu, kellel on suured teadmised molekulaarbioloogiast ning bioinformaatikast (vt. Tedersoo et al. 2019). Eelpool nimetatud põhjustel tuleks antud meetodikat liigimääranguteks kasutada vaid siis, kui teised eelnevalt mainitud meetodid ei anna tulemust. Kuid siiski on uue põlvkonna sekveneerimise tugevus see, mida teised molekulaarsed võimalused ei paku, näiteks kogu mikroorganismide elustiku kindlaks määramine suvalises bioloogilises proovis.

Soovitus on kasutada seente molekulaarseks määramiseks korrigeeritud andmetega seenete andmebaasi UNITE (<https://unite.ut.ee/>).

Kõikide molekulaarete meetodite puhul on vajalik steriilne labor, koos oskustööjõuga ning sisseadega DNA eraldamiseks, PCR analüüsiks, tulemuse kontrollimiseks geelelektroforeesis ning vajalikud programmid analüüsise tegemiseks, s.h. bioinformaatikaks. Kui vastav labor eelnevalt nimetatud tingimustele vastab, siis on patogeene täpne tuvastamine võimalik.

2. Rahvusvahelise kaubanduse olulisus patogeene levitamisel

Uueks ohuteguriks on tänapäeval globaalne kaubandus, mille käigus liigub arvestatav (nii massi kui liigilise koosseisu poolest) hulk bioloogilist materjali pikkade vahemaade taha (Santini et al. 2013). Taimse materjali transpordil jäetakse tihti arvestamata, et ka visuaalselt terved taimed võivad eneses peita nn latentses staadiumis patogeene. Seesama kehtib ka teiste bioloogiliste materjalide puhul, nt kasvusubstraat, seemned, puit (kaubana ja pakendimaterjalina), jne. Invasiivsete haiguste risk metsanduses ja haljastuses on seepärast paari viimase sajandi jooksul pidevalt kasvanud, kliimamuutuste tendents soojenemise ja ka niiskuse kasvu suunas niisamuti.

Kõige olulisim põhimõte invasiivsete patogeenide (s.h. vöötaudid) ohjamiseks on kohaliku päritoluga, meie keskkonnaga kohastunud puuliikide kasutamine ning sellel on taimede impordiga võrreldes mitu eelist: 1) suure tõenäosusega on meie oma taimed elujõulisemad ja taluvad paremini siinseid keskkonnatingimusi, eelistatult järglaskatsetes testitud puude järglased ja 2) kaob impordiga kaasneda võiva uute patogeenide (või tuntud patogeenide uute genotüüpide) saabumise oht.

Täiesti erinevalt tuleb käsitleda impordiga tegelevaid taimlaid ja puukoole võrreldes nendega, kes tegelevad omamaist päritolu puutaimede tootmisega, s.h. ka Eestist pärit ja testitud seemnest puutaimede (ka eksoot-puuliigid) kasvatamisega. Viimased on oluliselt väikesema riskiga. Sellepärast tuleb kaaluda võimalust import taimlatele ja puukoolidele maksu kehtestamist elusa bioloogilise materjali (eelkõige elustaimed) sisseveole, et võimaldada selle abil katta hilisemaid invasiivsetest patogeenidest tekkivaid kahjusid ning seeläbi parandada omamaist taimlamajandust (vt. lisaks Drenkhan et al. 2017). Kui maksu kehtestamine ei osutu võimalikuks siis on vajalik tugevam ja sisukam järelevalve, mis on teatavasti kulukas, sest analüüsid maksavad. Antud põhimõte on leidnud käsitlust ka uues metsanduse arengukavas aastani 2030.

Punavöötaudi tõrjeks on testitud erinevaid bioloogilisi preparaate, nt teised seened *Trichoderma* ja *Bacillus* ning bakter *Aneurinibacillus migulanus*, viimasel juhul saadi *D. septosporum*'i nakkustaseme vähenemine keerdmännil 6% kuni 1%-ni (Bulman et al. 2016). Vöötaudide seen-antagonistide kohta on lubavaid tulemusi teada vaid laborist ja mitte väliskeskkonnast. See näitab, et hetke teadmiste kohaselt ei ole töötavaid bioloogilisi tõrjevahendid punavöötaudi, ega ka pruunvöötaudi tekitaja tõrjeks. Mõlema patogeeni tõrjeks toimivad hetkel kõige efektiivsemalt siiski vaske sisaldavad keemilised preparaadid. Kõige tavalisem ja efektiivsem vasepreparaat on juba ammu tuntud Bordoo vedelik, kuid mida tänapäeval keskkonnakaitse põhjustel ei propageerita. Uus-Meremaal on testitud ja kasutatud punavöötaudi tõrjeks enim vaskoksiidkloriidi ja häid tulemusi saadi siis kui oli 2,08 kg/ha vaskoksiidkloriidi 50L vees (Bulman et al. 2016). Tugeva keskkonnakaitse surve tõttu on tänapäeval testitud hariliku männi puistute kaitseks Uus-Meremaal eriti väikeste koguste vaskoksiidkloriidi pritsimiseks nn "Micronair" meetodil, s.o. 1,66 kg/ha 5 L vees (Bulman et al. 2016).

Naabermaade näited vöötaudide tõrjel

Põhja- ja Baltimaades ning Venemaal (Rostov oblast) pritsitakse punavöötaudi tekitajate (*Dothistroma* sp.) vastu vaid taimlas. Soome, Leedu ja Venemaa kohta on täpsustatud, et taimlates fokuseeritud tõrjet punavöötaudile ei tehta, vaid kasutatakse laia kemikaalide spektrit erinevatele haiguse tekitajatele (Bulman et al. 2016; Drenkhan et al. 2016).

Pruunvöötaudi tekitaja (*L. acicola*) tõrje spetsiifikast naabermaades pole midagi teada, sest liiga äsjane külaline ning Põhjamaades (Lõuna-Rootsis) leidis kinnitust patogeeni esmaleid alles 2018. aastal. Lätis, Salaspilsi Botaanikaaias peale pruunvöötaudi esmaleidu 2012. aastal hävitati nakkusega puud, kuid 4 aastat hiljem tuvastati samast botaanikaaiast pruunvöötaud uuesti (Mullett et al. 2018). Seega loodusesse levinud vöötaude ja ka teisi invasiivseid seenpatogeene on väga keeruline hävitada. Sellepärast on olulisim ja efektiivsem ennetav tõrje.

3. Ohtliku kahjustaja ennetavad tõrjemeetmed ja võimalik majanduslik kahju

Vöötaudide ennetavad tõrjemeetmed ja võimalik majanduslik analüüs koosneb alljärgnevast (1) taimekasvatustalude kulud avajuurse hariliku männi kasvatamisel ning ennetamine või hävitamine, (2) võimalik vöötaudide kahju metsas, s.o juurdekasvu vähenemine või hukkumine.

Taimla kulud ja seenhaiguste tõrje põhimõtted

Avajuurse hariliku männi 2 aastase seemiku kasvatamise kulude %-ne jaotus on tehtud põhimõttel, kus taime omahind on 0,03 eurot (Tabel 1). Selline hind on saadud kolme erineva Eesti taimla keskmiste kulude baasil. Kulude jaotus tuleneb sellest kui avajuurseid hariliku männi taimi on kasvatatud korraga enam kui 100 000 tükki ehk need taimed on jõudnud turustamiseni ehk põllult viidud metsa istutamiseks. Selles arvutuses ei kajastu kasum, ega ka taimede hävitamisest tulenev kahju ettevõttele. Taimede hävitamise kulu on hinnanguliselt 10% taimede kasvatamise omahinnast, mis on võrreldav turustamise hinnaga.

Tabel 1. Kahe aastase avamaa hariliku männi seemikute kasvatamise kulud seemnete ostust kuni turustamiseni

Jrk.	Kulude kirjeldus	Kulud, %
1	Seemne kulu koos puhtimisega	51
2	Maa ettevalmistamiskulud: kultiveerimine, libistamine, väetis jms	2
3	I aasta hooldus, s.o rohimine, vahelt harimine, seenhaiguste tõrje, muud kulud	17
4	II aasta hooldus, s.o rohimine, vahelt harimine, seenhaiguste tõrje, muud kulud	19
5	Turustamine: taimede välja võtmine, pakkimine, sorteerimine, transport, kärsaka tõrje	10
6	KOKKU kulud	100

Antud näite (Tabel 1) puhul on arvestatud 700 000 hariliku männi seemiku kasvatamise kuludega avamaal (ca 0,45 ha) ehk nende kasvatamine kahe aastasteks seemikuteks. Kokku on selle koguse taimede kasvatamise kulud 21 000 eurot, sellest taimekaitse osakaal on ca 3% ehk 630 eurot. Antud näite puhul taimekaitse tähendab otseselt seenhaiguste tõrjet kahel aastal kokku. Seenhaiguste tõrje algab tõusmepõletiku tõrjega 3-4 nädalat peale külvi ning jätkub männi-pudetõve (*Lophodermium seeditiosum*) tõrjega (preparaadid vaata allpool) sõltuvalt ilmast. Niiske aasta korral tuleb esimene männi-pudetõve tõrje teha juba enne jaanipäeva ning edasi korrata pitsimist vastavalt fungitsiidi toimele ja ilmastiku oludele 4 – 10 korda ühe sesooni jooksul. Männi-pudetõve epidemioloogia põhimõtted on lahti räägitud järgmistes artiklites, s.o Drenkhan (2011) ning Hanso ja Drenkhan (2012).

Eelnevalt kokku võttes on avajuurse hariliku männi 2 aastaste seemikute seenhaiguste ennetavad kulud ca 3% taimede kasvatamise omahinnast. Teisisõnu on seenhaigusi ennetavad kulud tühisel võrreldes hilisemate probleemidega taimlas. Potitaimede kasvatamise kulud on teistsuguste proportsioonidega ja neid pole vaja kaks aastat hooldada, kuna taimed saavutavad istutamiseks sobiliku mõõdu ühe kasvuperioodiga. Nende taimede seenhaiguste tõrje peab toimuma peale kasvuhooajast välja viimist kuni sügiseni. Kui võrrelda avajuurse hariliku männi kasvatamise kuludega ning arvestada ühe kasvusesooni seenpatogeenide tõrjega siis on taimekaitsekulud potitaimedel hinnanguliselt 1,5-2% omahinnast. Männi istikute (enam kui 2

aastased taimed) kasvatamise kulud vajavad eraldi analüüsi, sest istikutel on nakatumise oht mitu korda suurema tõenäosusega võrreldes 2 aastase seemikuga. Sellepärast, et fungitsiididega tõrjefektiivsus kahaneb taimede vanuse kasvades oluliselt.

Vöötaudide ennetav tõrje taimlas saaks toimuda järgmiste põhimõtete alusel:

- a. Puna- ja pruunvöötaudi tekitajad on eriti sensitiivsed vaske sisaldavatele preparaatidele, nt vaskoksiidkloriid (Bulman et al. 2016). Seega kui soovida efektiivset tulemust vöötaudide tõrjel siis kasutada vaske sisaldavaid preparaate.
- b. Kemikaalide kasutamine toimub vastavalt lubatud nimekirjale, sellepärast tuleb toimetada vastava nimekirja piires ja eriti siis kui vase preparaadid pole lubatud. Sellisel juhul, RMK Räpina taimla kogemused avajuurse 2 aastase hariliku männi kasvatamisel on näidanud, et tavapärase männi-pudetõve tõrje tulemusena ei tuvastatud mändidel ka vöötaudide nakkust.
- c. Tavapärase seenhaigusi ennetav tõrje RMK Räpina taimla näitel tähendas sisuliselt vahelduvalt järgmiste fungitsiidide kasutamist: Previcur, Tilt, Bumper Super ja Amistar. Previcuri kasutatakse 3L/ha vaid tõusmepõletiku tõrjeks, siis kui mänd on tärnanud ja idu tipus on seemnekest veel nähtav. Umbrohutõrjet tehakse Goltix'iga 2,0 L/ha 5 päeva peale külvi 1. a mänd ning Fenix-it 3 L/ha kasutatakse aprilli lõpus 2. a männi ja 4. a kuuse põldudel. Fenixit tohib kasutada siis kui taimel pungad ei ole veel puhkenud (Valdur Paats, kogemustel baseeruvad andmed).

Pudetõve tõrjeks on kasutatud fungitsiide järgmiste põhimõtete alusel (Valdur Paats, kogemustel baseeruvad andmed):

- a. Esimene juuni nädalal pritsitakse 2. a. mändi, Tilt 1L/ha;
- b. Enne Jaanipäeva 1. aastane mänd Tilt 0,5L/ha + Betanali 3L/ha ning samal ajal ka 2. aasta männile Tilt 1L/ha;
- c. Juulis 2 nädalat eelmisest pritsimisest kasutatakse Bumper Super 2-3 L/ha nii 1. kui ka 2. aasta männile;
- d. Juuli lõpp 1. a. männile Tilt 0,5L/ha ning samal ajal ka 2. a. männile Tilt 1L/ha;
- e. Augusti algus 1. a. männile Amistar 0,5L/ha ning samal ajal ka 2. a. männile Amistar 1L/ha;
- f. September kasutada TILT ja Bumper Super vahelduvalt ja sama kogusega eespool mainitule ning soodsate ilmade jätkudes TILT ja Bumper Super'it kasutada ka oktoobris;
- g. Fungitsiide võib kasutada rangelt vegetatsiooni perioodil 2 nädalase intervalliga ja mitte tihedamalt. Fungitsiidide kasutamine sõltub sademete hulgast, kui on soe ja üle keskmise normi sademeid (nt. kahe nädala järel!) tuleb alustada profülaktiliste pritsimistega juba juuni algusest ja sellisel juhul see kestab kuni oktoobrini. Kui on kuiv ja põuane kasvuperiood võib vähendada pritsimise sagedust.

Fungitsiidi Dithane on kasutatud 1kg/ha kuuse, kase ja ka männi taimede kaitsel. Sobib kasutada, sest kahjustusi puu taimedel ei täheldatud. Bolt XL kasutamise info Eesti metsataimlatest puudub.

Eelnevate tõrjepõhimõtte juures tuleb arvestada sellega, et mürgita mürki pole olemas. Kui efektiivsemat fungitsiidi (s.o. vasepreparaat) vöötaudidele ei saa kasutada siis kulub vähem efektiivseid fungitsiide mahult rohkem. Siin on põhimõtteliselt oluline küsimus selles, milline on tasakaal keskkonnanohiu ning kvaliteetsete taimede kasvatamisel. Viimasele küsimusele saab vastuse eraldi analüüsiga.

Kas ennetamine või hävitamine?

Ilmselt on odavam läbimõeldud ennetamine kui hävitamine. Näiteks, 700 000 hariliku männi 2 aastase seemiku majanduslik kahju hävitamise järel on 21 000 eurot ehk taimede kasvatamise omahind ning lisaks hävitamise kulud hinnanguliselt 10% taimede omahinnast (ca 2000 eurot), kokku 23 000 eurot. Ennetamise kulu seejuures on ca 640 eurot ja see on ka ilmne põhjus, miks ennetamine on oluliselt otstarbekam. Peenemaid majanduslikke kahjusid ei ole arvestatud, s.o. mõjud ettevõtte käibe, kasumile jms.

Looduses vähelevinud vöötaudide (*Lecanosticta acicola* ja *Dothistroma pini*) leiu korral taimlas peab olema 0 tolerant ja nakkusega taimedepartii tuleb hävitada (vt allpool). Looduses levinud patogeeni (*Dothistroma septosporum*) esinemise korral taimlas sõltub nakkusega taimedepartii hävitamine nakatunud taimede hulgast antud partiis ning taimla tüübist. Importival taimlal tuleb hävitada imporditud taimede partii ka *D. septosporum*'i esinemise korral. Kodumaise toodanguga taimlal tuleb partii hävitada siis kui *D. septosporum*'i nakkusega taimede osakaal on 5% ja enam partiist, sest sellisel juhul on tõrjumine keeruline ja ebaefektiivne ning viitab ebaõigetele taimekaitse võtetele.

Vöötaudide võimalikud kahjud metsas

Vöötaudi nakkusega männi taimi ei ole otstarbekas metsa vedada järgnevatel olulistel põhjustel: 1) segame olemasolevaid patogeeni tüvesid, mis võivad muutuda agressiivsemaks kui olemasolevad, s.o. *D. septosporum*; 2) meie looduses vähe levinud patogeeni levikule kaasa aitamine (s.o. *Lecanosticta acicola* ja *Dothistroma pini*), kusjuures patogeeni võimalikud kahjud on veel teadmata; 3) okkahaigused vähendavad puude juurdekasvu ning suurendavad nende hukkamise tõenäosust.

Punavöötaudi nakkuse tulemusel on teada vanemate vanusklassi okaste kadu ja sellest tingitud puude juurdekasvu oluline vähenemine ning pruunvöötaudi tõttu massiline okaste kadu ja selle tulemusel puude juurdekasvu vähenemine ja hukkamine (Drenkhan et al. 2016, Adamson et al. 2018a). Näiteks, värske uuringu tulemusel Suurbritanniast on teada kogu võra haarava punavöötaudi (*D. septosporum*) nakkuse korral korsika männil (*Pinus nigra* subsp. *laricio*) kõrguskasvu vähenemine kuni 30% (Mullett ja Brown 2018). Punavöötaud harilikku mändi seniajani pole oluliselt kahjustanud, sest harilik mänd on geneetiliselt piisvalt kirju ning värske populatsioonigeneetilise analüüsi valguses selgub, et punavöötaud on meie aladel eksisteerinud pikemat aega ning *D. septosporum* on ilmselt evolutsiooni käigus männile teada kaaslane (Adamson et al. 2018b). Kindlasti nõrgestab punavöötaud harilikku mändi ja vähendab juurdekasvu, kuid täpsemaid andmeid ei ole. Teise punavöötaudi tekitaja *D. pini* võimalike kahjude kohta ei ole midagi teada. Täpsemad okkahaigustest tingitud juurdekasvu muutuste arvutused Eesti päritolu mändide kohta on tegemisel.

Eestis pruunvöötaudi tekitaja (*L. acicola*) kahjustab eksoot-mände ja eelkõige meie haljastuses hästi teada mägimändi (*Pinus mugo*) (Adamson et al. 2015). Äsjase analüüsi tulemusena on pruunvöötaud leitud harilikul männil tugeva nakkusega mägimänni vahetus läheduses kuni 2,5m, kaugemalt mitte (Adamson et al. 2018a). Milline on haiguse mõju hariliku männi füsioloogiale ja juurdekasvule on hetkel teadmata.

Kuna patogeeni geneetika muutumine ja uute haplotüüpide teke on suur oht peremeestaimedele ja ühtlasi ka ennustamata mõjuga siis tuleb vältida nende kunstlikku metsa viimist. Rahvusvaheline analüüs näitab, et patogeenide hävitamine on oluliselt tõhusam

tehistingimustes (nt kasvuhoone või taimla) kui looduses (Pluess et al. 2012b) ning mida varasemas nakatumise staadiumis ja väiksemal alal seda parem tulemus (Pluess et al. 2012a).

4. Tegutsemisjuhised puna- ja pruunvöötaudi tekitajate proovide kogumiseks ja nende tuvastamiseks ning omaniku informeerimiseks

Vastavalt eelnevalt kirjeldatud vöötaudide kahtlusele on vajalik koguda proovid ja need lasta analüüsida vähemalt ühel päeval laboril (vt. peatükk 1.3). Taimlas proovide kogumisel tuleb meeles pidada, et vöötaudid on okkapatogeenid, seega proov peab sisaldama okkaid. Okkaproovid tuleks peale kogumist säilitada lühiajaliselt (kuni 3 päeva) +4°C või sellest pikemal perioodil -20°C juures. Vastasel juhul proovid hallitavad või kuivavad ja patogeenide määramine ei õnnestu. Proovide kogumisel tuleb kanda ühekordseid kindaid, mida peab desinfitseerima 96% piiritusega iga proovi kogumise järel ning enne igat uut proovivõtu kohta. Kasutatud kindad tuleb hiljem hävitada. Kui kasutatakse tööriistu (näiteks käärid), siis tuleb need desinfitseerida 5% NaOCl lahuses või pihustada 96% piiritusega ja seejärel desinfitseerida leegis.

Vöötaudide testimisel tuleb igast partiist võtta proov vastavalt FAO (2008) toodud proovide kogumise sagedusele 95% usaldatavuse taseme puhul (vt. Tabel 2). Proov peab sisaldama vastavalt arvult taimedelt, s.t. igalt taimelt ca 10 sümptomaatilist okast (okka kimpu) või sümptomaatiliste puudumisel juhuslikku asümptomaatilist okast (okka kimpu). Okkad koguda koondproovina, mis sisaldab kuni kümne juhusliku puu proovi, s.t. näiteks 500 taimepartii suuruse korral tuleb koguda kokku proovid kuude proovkotti, kus viies kotis on kümnelt taimelt pärinev koondproov ja kuuendas proovikotis kuuelt taimelt pärinev koondproov. Valimi hulka tuleb arvata väliste sümptomaatiliste tunnustega taimed, nende puudumisel juhuslikud taimed. Proovide kogumine tähendab juhuslikku proovide võtmist kogu taimepartii ulatuses.

Tabel 2. Minimaalne proovide kogus 95% usaldatavuse taseme puhul (FAO, 2008).

Taimepartii suurus (taime, tk)	Taimede arv proovis analüüsiks (tk)
25	24
50	39
100	45
200	51
300	54
400	55
500	56
600	56
700	57
800	57
900	57
1000	57
2000	58
3000	58
4000	58
5000	59

Proovi kogumine tuleb dokumenteerida järgmise infoga: proovi kogumise kuupäev, täpne asukoht, peremeestaimetäpne liik, kui on importtaim siis märkida päritolumaad ja taimla, partii number, koguja nimi ja kontakt. Proovid pakendada hermeetilisse plastikkotti. Iga koondproov pakendada eraldi steriilsesse kotti.

Kui taimlast on dokumenteeritud *D. pini* või *L. acicola* leid, siis tuleb koguda proove 2 korda aastas (varakevadel ja hilissügisel) ja kahe aasta jooksul peale esmaleidu. Proove tuleb koguda varakevadel ja hilissügisel seetõttu, sest siis on antud patogeen kõige aktiivsemas kasvufaasis (tekivad selged sümptomid ja moodustuvad viljakehad) ning sel ajal on patogeenide tuvastamine labori poolt teostatav kõige suurema usaldatavusega. Sarnasele proovide kogumise intervalli põhimõttele viitab ka äsjane proovide kogumine invasiivsete patogeenide tuvastamiseks (Morales-Rodríguez et al. 2019). Vastavalt vajadusele võib proove koguda ka tihedamini, kuid antud juhul tuleb arvestada mõistlikkuse ja kuluefektiivsuse printsiibiga. Proovid tuleb koguda sümptomaatilistelt taimedelt/puudelt või nende puudumisel juhuslikult valitud taimedelt/puudelt. Proovid tuleks koguda puude võra alumisest osast, taimedel juhuslikult kohast.

Positiivse leiu korral on soovitus taimla ümbert koguda okkaid või võrseid koos okastega kasvavatel okaspuudelt (perekond mänd, eelistatult mägi- ja mustmänd) ehk nn püünispuudelt (Eschen et al. 2015), et testida kas patogeen on levinud taimlast välja. Taimla või puukooli ümbruses kuni 100 m raadiusega (vöötaudid levivad koniididega üldiselt ainult naaberpuudele (Tainter ja Baker 1996)) ja mitte kaugemalt kui 1400m. Kuna kaugemale vöötaudide eosed tavaliselt ei levi! Kui on sobivad puud ümber taimla, siis proove koguda taimla ümber neljast ilmakaarest. Iga püünispuu proov koguda eraldi proovikotti.

Vöötaudide kindlaks tegemisel tuleb kasutada molekulaarseid meetodeid ja määrang tuleb lugeda kinnitatuks, kui analüüsid on tehtud pädevas laboris (vt. peatükk 1.3). Taimla tuleb lugeda patogeenist puhtaks siis kui kahe aasta jooksul peale esmaleidu ning selle järgset tõrjet patogeeni ei tuvastatud (Ganley ja Bulman 2016).

Nakatunud taimede hävitamine

Nakatunud taimed tuleb hävitada vastavalt Eesti Vabariigis kehtivale seadusandlusele ja regulatsioonidele nõnda, et teiste taimepartiide nakatamise oht oleks viidud miinimumini.

Üheks võimaluseks on nakatunud taimede põletamine, mida peetakse väga efektiivseks ning elimineerib saastunud materjali ka mahuliselt (Sosnowski et al. 2009). Põletamist on kasutatud paljude erinevate kahjustajate nakkuse hävitamisel ning ka *L. acicola* hävitamisel (Hardison 1976). Jälgida tuleb, et kogu nakatunud materjal oleks ära põlenud, et ei jääks põletuskoha ümbrusesse taimejäänuseid, mis pole põlenud. Sama kehtib ka põletuskoha kohta, et alles jäänud muld ja tuhk tuleb hoolikalt läbi segada ja kontrollida, et lõkkekohas ei ole taime jääke jäänud mulla alla ja takistanud seeläbi temperatuuri ligipääsemist ning hävitamist vajavale materjalile. Parim on kasutada põletamiseks konteinerit, milles nakatunud materjali põletamist teostada. Põletamist teha kohe taimlas või sobiva põletamiskoha ja tingimuste puudumisel transportida saastunud materjal sobivasse põletamise kohta. Saastunud taimede transportil teise põletamispaika tuleb saastunud materjal katta transpordivahendi koormas selliselt, et nakatunud taimede osad ei pudeneks ega kahjustaja eosed leviks transpordivahendist

keskkonda (Ganley ja Bulman 2016), sest lohakuse tõttu võivad nakatuda terved taimed uuesti, nagu juhtus USAs tsitruseliste vähiga (Ebbels 2003).

Teiseks nakatunud taimede hävitamise viisiks võib kasutada matmist (Sosnowski et al. 2009). Eriti sobib antud meetod kohtadesse, kus põletamine on mingil põhjusel takistatud või on põletamiseks sobiv koht ebaratsionaalselt kaugel. Matmisel kaetakse saastunud materjal vähemalt 30 cm mullakihi, sest mullaga kokkupuutel vöötaudide tekitajad üldjuhul hävivad.

Kuna nakatunud taimedega kokku puutudes võivad eosed kleepuda tehnika või inventari (liikurtehnika, töövahendid, potid, kastid jne) külge ja sealt edasi võivad eosed kanduda juba tervetele taimedele. Seega nakatunud taimedega kokku puutunud inventar ja tehnika tuleb desinfitseerida 5% NaOCl lahusega. Näiteks, Lõuna-Ameerikas Tšiilis on seenpatogeeni (*Fusarium circinatum*) tõrjel kasutatud kuuma vett eelkõige pottide ja kastide desinfitseerimiseks (s.t. hoida muumas vees) temperatuuril 90°C 10 sekundit või 80°C ja 30 s (Zamora et al. 2019). Kuid kuuma vee kasutamist vöötaudide tõrjel tuleb eelnevalt testida ja analüüsida.

5. Teavitamise põhimõtted kahjustajatest järelevalvet teostavale ametile ja kultiveerimismaterjali tootjatele ning turustajale

Üldised teavitamise põhimõtted toimivad vastavalt Taimekaitseametile. Mõningad üldised põhimõtted on järgmised:

- a. Kultiveerimismaterjali tootja analüüsib eelnevalt ise võimalikke taime kahjutusi ning dokumenteerib kahjustuse koha, aja ja ulatuse;
- b. Seejärel konsulteerib Keskkonnaameti metsaosakonna spetsialistiga ja vastavalt sellele kogutakse kontrollproovid;
- c. Vastava ametkonna spetsialisti soovitusel analüüsitakse proovid pädevas laboris;
- d. Tulemused teatab labor vastava ametkonna spetsialistile ja paralleelselt ka taimla omanikule;
- e. Vastavalt pädeva labori kinnitusele toimib edasine tegevus vastavalt eelpool kirjeldatule ning ohtliku taimekahjustaja leidmisel võtab juhtimise üle Põllumajandusamet.

6. Ohtlike kahjustajate tõrjemeetmete tegevuskava koostamine

Importiv taimla

Kui imporditud taimepartiiist tuvastati *D. septosporum*, *D. pini* või *L. acicola*, siis tuleb antud partii hävitada. Samuti tuleb täiendavalt kontrollida teiste männi taksonite partiisid samas importtarnes.

Kui ohtliku kahjustajaga partii on olnud vahetus läheduses juba taimlas olevate okaspuu taimedega, siis tuleb ka neid taimi täiendavalt analüüsida.

Peale ohtliku kahjustaja tuvastamist peab koguma kogu taimlast kontrollproovid koheselt kõigist kasvatatavatest partiidest (männi taksonitelt) ning täiendav kontroll viia läbi iga kuue

kuu tagant kahe aasta jooksul. Kui kahe aasta jooksul ohtlikku kahjustajat ei leita, võib lugeda taimla vöötaudide vabaks (vt. täiendavalt ptk. 4).

Kui nakatunud taimed on kasvatatud pottides peenrakattel, siis peale taimede hävitamist tuleb potid, peenrakate ja seadmed puhastada mullast ja taimejäänustest ning need jäätmed hävitada. Seejärel tuleb potid, peenrakate ja seadmed desinfitseerida 5% NaOCl-ga või kuuma veega. Kui nakatunud taimed kasvasid peenras, siis peale taimede hävitamist tuleb taimede jäänused (okkad, võrsed jne) peenralt kokku koguda ning hävitada. Pindmine kiht peenramullast tuleb koorida ning komposteerida või künnda sisse nõnda, et pindmine mulla kiht pööratakse mulla alla. Peale neid toiminguid võib eelnevalt nakatunud peenral uuesti mände kasvatada.

Kui taimlast tuvastatakse mõni vöötaudidest, siis tuleb taimlal kuni vöötaudidest vabaks saamiseni dokumenteerida kõik müüdavad partiid nõnda, et oleks võimalik hiljem kõik taimede ostjad tuvastada.

Importtaimla peab tõendama imporditud taimepartiide patogeeni (s.o. eelkõige ohtlike ja karantiinsete) puhtust pädeva labori tõendiga. Taimepartiit saab tollida siis kui on vastav tõend olemas.

Kodumaist päritolu taimi kasvatav taimla

Kui tuvastatakse *D. pini* või *L. acicola*, siis tuleb nakkusega taimepartiit hävitada ning kehtestada täiendav kontroll kogu taimlale 2 korda aastas (vt peatükk 4). Kui taimlast tuvastatakse *D. septosporum*, siis ei tohi neid taimi väljastada enne, kui õigete tõrjevõtete on patogeeni nakkus eemaldatud, s.o. nakatunud taimede eemaldamine (LOE: hävitamine) ja fungitsiidide õige kasutamine (vt. peatükk 3 ja 4). Kui *D. septosporum*'i nakkuse osakaal on 5% ja üle selle taimepartiis siis tuleb hävitada kogu partii (vt. EL Nõukogu Direktiiv 1999/105/EÜ). Küsimus ei ole vaid direktiivis, sest see viitab väga selgelt taimekaitse puudumisele. Kui nakkusega taimede osakaal on alla 5% taimepartiist siis see ei tähenda, et nakkusega taimi võib taimlast metsa viia. See tähendab võimalust tõrje võtete rakendamiseks ehk kahjustusest vabanemiseks, sest nakkusega (s.o. igasuguse patogeeni kahjustusega) taimi ei tohi looduskeskkonda viia.

Peale ohtliku kahjustaja tuvastamist peab koguma kogu taimlast kontrollproovid koheselt kõigist männi partiidest ning täiendavat kontrolli viima iga kuue kuu tagant kahe aasta jooksul. Kui kahe aasta jooksul ohtlikku kahjustajat ei leita, võib lugeda taimla vöötaudide vabaks (vt. täiendavalt ptk. 4).

Kui nakatunud taimed on kasvatatud pottides peenrakattel, siis peale taimede hävitamist tuleb potid, peenrakate ja seadmed puhastada mullast ja taimejäänustest ning need jäätmed hävitada (vt. edasi Importiva taimla osa).

Kui taimlast tuvastatakse mõni vöötaudidest, siis tuleb taimlal kuni vöötaudidest vabaks saamiseni dokumenteerida kõik müüdavad partiid nõnda, et oleks võimalik hiljem taimede ostjad tuvastada.

7. Patogeeni tuvastamine ja tõrje järgne kontroll

Vastav info on esitatud kokkuvõtlikult peatükkides 4.- 6.

Kokkuvõtlikult on tegutsemisjuhused järgmised:

- a. Enne tuvastamist ja kontrolli on hädavajalik teada kõikidel ametnikel, nõustajatel, taimla- ja ka metsaomanikel seda, et haigeid taimi loodusesse ei viida ja see on kõige olulisim kontrolli põhimõte ja vajadus. Selle kõige vältimise efektiivseim kontroll on haigusetekitajate ennetamine ning ennetamispõhimõtteid ei tutvustata taimlapidajatele siis kui jama on käes, vaid enne seemne mulda panekut.
- b. Kultiveerimismaterjali tootja analüüsib eelnevalt ise võimalikke taime kahjutusi ning dokumenteerib kahjustuse koha, aja ja ulatuse ning seejärel vajadusel kogutakse kontrollproovid vastavalt nõuetele.
- c. Kui taimlast on dokumenteeritud ohtlik patogeen siis tuleb koguda proove 2 korda aastas (varakevadel ja hilissügisel) ja kahe aasta jooksul peale esmaleidu vastavalt FAO (2008) toodud proovide kogumise sagedusele 95% usaldatavuse taseme puhul (vt. Tabel 2). Proove tuleb koguda varakevadel ja hilissügisel seetõttu, sest siis on antud patogeen kõige aktiivsemas kasvufaasis (vt. Morales-Rodríguez et al. 2019). Vastavalt vajadusele võib proove koguda ka tihedamini, kuid antud juhul tuleb arvestada mõistlikkuse ja kuluefektiivsuse printsiibiga. Proovid tuleb koguda sümptomaatilistelt taimedelt/puudelt või nende puudumisel juhuslikult valitud taimedelt/puudelt. Proovid tuleks koguda puude võra alumisest osast, taimedel juhuslikust kohast.
- d. Positiivse leiu korral on soovitus koguda proove (vöötaudide testiks okkaproove) taimla ümbert kasvavatelt okaspuudelt (perekond mänd, eelistatult mägi- ja mustmänd) ehk nn püünispuudelt (Eschen et al. 2015), et testida kas patogeen on levinud taimlast välja. Seda teha vaid siis kui uuritav patogeen pole meie metsades laialt levinud, antud juhul siis *L. acicola* ja *D. pini*. Taimla või puukooli ümbruses kuni 100 m raadiusega (vöötaudid levivad koniididega üldiselt ainult naaberpuudele (Tainter ja Baker 1996)) ja mitte kaugemalt kui 1400m. Kuna kaugemale vöötaudide eosed tavaliselt loodulikult ei levi! Kui on sobivad puud taimla lähedal, siis proove koguda taimla ümber neljast ilmakaarest vähemalt ühelt puult. Iga püünispuu proov koguda eraldi proovikotti ning proovile märkida vajalikud andmed ning puu kaugus aiast.
- e. Vöötaudide (aga ka teiste ohtlike patogeenide) kindlaks tegemisel tuleb kasutada molekulaarseid meetodeid ja määrang loetakse kinnitatuks, kui analüüsid on tehtud pädevas laboris (vt. peatükk 1.3). Taimla hinnatakse patogeenist puhtaks siis kui kahe aasta jooksul peale esmaleidu ning tõrje järgselt patogeeni ei tuvastatud (Ganley ja Bulman 2016).

Kokkuvõte ja järeldused

Käeolev tegevuskava baseerub olemasoleva teadmiste ja kirjanduse andmete põhjal. Mis tähendab seda, et mitmetele küsimustele ei ole teaduslikel analüüsidel baseeruvaid vastuseid. Selletõttu on parima ja efektiivseima tulemuse saamiseks vajalikud edasised rakendusuuringud, mis peavad vastama järgmistele olulistele küsimustele seoses vöötaudide ja ka teiste sarnaste patogeenide parima ja efektiivseima tõrje saavutamiseks:

1. Vöötaudide sporulatsiooni aeg ehk tõrje efektiivseim suunamine;
2. Optimaalseim fungitsiidide kasutamise intervall lähtudes ilmastiku tingimustest;
3. Saastunud inventari desinfitseermimise optimaalseim lahendus, nt kuuma vee või veeauru kasutamine;

4. Importtaimedel patogeenide analüüs.

Millised on tegelikud kahjud vöötaudidest loodusele ja majandusele? Selleks on vajalik hinnata nende mõju puude juurdekasvule ja hukkumisele, seda hetkel tehakse RMK hariliku männi katsekultuurides. *L. acicola* ja *D. pini* ohtlikkust tuleb nakatmiskatsetega testida meie parimate loodusliku hariliku männi järglastel, et võimalikku ohtu tulevikus hinnata.

Viidatud kirjandus

- Adamson, K., Drenkhan, R., Hanso, M. 2015. Invasive brown spot needle blight caused by *Lecanosticta acicola* in Estonia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30(7), 587-593.
- Adamson, K., Laas M., Drenkhan, R., Hanso, M. 2018a. Quarantine pathogen *Lecanosticta acicola*, observed at its jump from an exotic host to the native Scots pine in Estonia. *Baltic Forestry*, 24 (1), 36-41.
- Adamson, K., Mullett, M.S., Solheim, H., Barnes, I., Müller, M.M., Hantula, J., Vuorinen, M., Kačergius, A., Markovskaja, S., Musolin, D.L., Davydenko, K., Keča, N., Ligi, K., Priedite, R.D., Millberg, H., Drenkhan, R. 2018b. Looking for relationships between the populations of *Dothistroma septosporum* in northern Europe and Asia. *Fungal Genetics and Biology*, 110, 15-25.
- Barnes, I., Van Der Nest, A., Mullett, M.S., Crous, P.W., Drenkhan, R., Musolin, D.L., Wingfield, M.J. 2016. Neotypification of *Dothistroma septosporum* and epitypification of *D. pini*, causal agents of Dothistroma needle blight of pine. *Forest Pathology*, 46(5), 388-407.
- Bulman, L.S., Tubby, K., Bradshaw, R.E., Fraser, S., Martín-García, J., Barnes, I., Musolin, D.L., Porta, N.La, Woods, A.J., Diez, J.J., Koltay, A., Drenkhan, R., Ahumada, R., Poljakovic-Pajnik, L., Queloz V., Piškur, B., Doğmuş-Lehtijärvi, H.T., Chira, D., Tomešová-Haataja, V., Georgieva, M. ... Tubby, K. 2016. A worldwide perspective on the management and control of Dothistroma needle blight. *Forest Pathology*, 46 (5), 472–488.
- Zamora, C., et al. 2019. Pine Pitch Canker (PPC): pathways of disease spread and preventive measures. *Käsikiri*.
- Chandelier, P., Lafaurie, C., Maugard, F. 1994. Decouverte en France de *Mycosphaerella dearnessii* sur *Pinus attenuata* x *radiata*. *Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France*, 80, 103-108.
- Cleary, M., Laas, M., Oskay, F., Drenkhan, R. 2019. First report of *Lecanosticta acicola* on non-native *Pinus mugo* in southern Sweden. *For Path.* 2019;e12507.
- Drenkhan, R. 2011. Okkajäljemeetodi kasutamisest männi okkahaiguste epidemioloogilises uurimistöös. *Doktortöö. Eesti Maaülikool*, 207 lk.
- Drenkhan, R., Adamson, K., Drenkhan, T., Agan, A., Laas, M. 2017. New problems in dendropathology – new and invasive pathogens. *Metsanduslikud Uurimused*, 67, 50–71.
- Drenkhan, R., Adamson, K., Jürimaa, K., Hanso, M. 2014. *Dothistroma septosporum* on firs (*Abies* spp.) in the northern Baltics. *Forest Pathology*, 44(3), 250–254.

- Drenkhan, R., Hanso, M. 2009. Recent invasion of foliage fungi of pines (*Pinus* spp.) to the northern Baltics. *Metsanduslikud Uurimused*, 51, 49–64.
- Drenkhan, R., Hantula, J., Vuorinen, M., Jankovský, L., Müller, M.M. 2013. Genetic diversity of *Dothistroma septosporum* in Estonia, Finland and Czech Republic. *European Journal of Plant Pathology*, 136(1), 71-85.
- Drenkhan, R., Tomešova-Haataja, V., Fraser, S., Bradshaw, R. E., Vahalik, P., Mullett, M. S., MartinGarcia, J., Bulman, L. S., Wingfield, M. J., Kirisits, T., Cech, T. L., Schmitz, S., Baden, R., Tubby, K., Brown, A., Georgieva, M., Woods, A., Ahumada, R., Jankovsky, L., Thomsen, I. M., Adamson, K., Marcais, B., Vuorinen, M., Tsopelas, P., Koltay, A., Halasz, A., La Porta, N., Anselmi, N., Kiesnere, R. D., Markovskaja, S., Kačergius, A., Papazova-Anakieva, I., Risteski, M., Sotirovski, K., Lazarević, J., Solheim, H., Boroń, P., Braganca, H., Chira, D., Musolin, D. L., Selikhovkin, A. V., Bulgakov, T. S., Keča, N., Karadžić, D., Galovic, V., Pap, P., Markovic, M., Poljakovic Pajnik, L., Vasic, V., Ondruškova, E., Piškur, B., Sadiković, D., Diez-Casero, J. J., Solla, A., Millberg, H., Stenlid, J., Angst, A., Queloz, V., Lehtijarvi, A., DoğmusLehtijarvi, H. D., Oskay, F., Davydenko, K., Meshkova, V., Craig, D., Woodward, S., Barnes, I. 2016. Global geographic distribution and host range of *Dothistroma*: a comprehensive review. *Forest Pathology*, 46, 408–442.
- Dvorak, M., Drapela, K., Jankovsky, L., 2012. *Dothistroma septosporum*: spore production and weather conditions. *Forest Systems*, 21(2), 323-328.
- Ebbels, D.L., 2003. Principles of plant health and quarantine. CABI.
- EPPO. 2012. First report of *Mycosphaerella dearnessii* in Latvia. EPPO Reporting Service. 2012/168.
- EPPO. 2015. *Lecanosticta acicola* (formerly *Mycosphaerella dearnessii*), *Dothistroma septosporum* (formerly *Mycosphaerella pini*) and *Dothistroma pini*. EPPO Bulletin, 45 (2), 163-182.
- EPPO/CABI. 2018. *Mycosphaerella dearnessii* (brown spot needle blight). Datasheet.
- Eschen, R., Britton, K., Brockerhoff, E., Burgess, T., Dalley, V., Epanchin-Niell, R.S., Gupta, K., Hardy, G., Huang, Y., Kenis, M., Kimani, E. 2015. International variation in phytosanitary legislation and regulations governing importation of plants for planting. *Environmental Science & Policy*, 51, 228-237.
- Evans, H.C. 1984. The genus *Mycosphaerella* and its anamorphs *Cercoseptoria*, *Dothistroma* and *Lecanosticta* on pines. *Mycological Papers*, 153, 102 pp.
- FAO. 1999. ISPM 10 - Requirements for the establishment of pest free places of production and pest free production sites. FAO, Rome
- FAO. 2008. ISPM 31 - METHODOLOGIES FOR SAMPLING OF CONSIGNMENTS. FAO, Rome.
- Ganley, B., Bulman, L. 2016. *Fusarium circinatum* Incursion Management Plan for New Zealand. Käsikiri. Ganley, R. J., Hargreaves, C. L., Donaldson, L. A. 2015. Detection of asymptomatic fungal microorganisms in *Pinus radiata* tissue culture material. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 45, 1–9.
- Gibson, I., Christensen, P.S., Munga, F.M. 1964. First observations in Kenya of a foliage disease of pines caused by *Dothistroma pini* Hulbary. *Commonwealth Forestry Review*, 43, 31–48.
- Gibson, I.A.S. 1974. Impact and control of dothistroma blight of pines. *European Journal of Forest Pathology*, 4, 89-100.

- Gibson, I.A.S. 1980. Two pine needle fungi new to Columbia. *Tropical Pest Management*, 26, 38-40.
- Gilmour, J.W. 1981. The effect of season on infection of *Pinus radiata* by *Dothistroma pini*. *European Journal of Forest Pathology*, 11, 265-269.
- Hanso, M., Drenkhan, R. 2012. Lophodermium needle cast, insect defoliation and growth responses of young Scots pines in Estonia. *Forest Pathology*, 42 (2), 124–135.
- Hardison, J.R. 1976. Fire and flame for plant disease control. *Annual Review of Phytopathology*, 14(1), 355-379.
- Hintsteiner, M., Cech, T.L., Halmschlager, E., Stauffer, C. Kirisits, T. 2012. First report of *Mycosphaerella dearnessii* on *Pinus nigra* var. *nigra* in Austria. *Forest Pathology*, 42(5), 437-440.
- Holdenrieder, O., Sieber, T.N. 1995. First report of *Mycosphaerella dearnessii* in Switzerland. *Forest Pathology*, 25(5), 293-295.
- Ioos, R., Fabre, B., Saurat, C., Fourrier, C., Frey, P., Marçais, B. 2010. Development, comparison, and validation of real-time and conventional PCR tools for the detection of the fungal pathogens causing brown spot and red band needle blights of pine. *Phytopathology*, 100, 105-114
- Jankovský, L., Palovčíková, D., Dvořák, M., Tomšovský, M. 2009. Records of brown spot needle blight related to *Lecanosticta acicola* in the Czech Republic. *Plant Protection Science*, 45 (1), 16-18.
- Janoušek, J., Wingfield, M. J., Marmolejo Monsivais, J. G., Jankovský, L., Stauffer, C., Konečný, A., Barnes, I. 2016. Genetic analyses suggest separate introductions of the pine pathogen *Lecanosticta acicola* into Europe. *Phytopathology*, 106(11), 1413-1425.
- Jurc D., Jurc M., 2010. *Mycosphaerella dernessii* occurs in Slovenia. *Plant Pathology*, 59(4), 808.
- Karadžić, D. 1989. *Scirrhia pini*. Life cycle of the fungus in plantations of *Pinus nigra* in Serbia. *European Journal of Forest Pathology*, 19, 231-236.
- Laas, M. 2017. Invasiivse pruunvöötaudi tekitaja *Lecanosticta acicola* populatsiooni geneetilise analüüsi. Magistritöö. Eesti Maaülikool, 70 lk.
- La Porta, N., Capretti, P. 2000. *Mycosphaerella dearnessii*, a Needle-cast Pathogen on Mountain Pine (*Pinus mugo*) in Italy. *Plant Disease*, 84(8), 922.
- Luha, E. 2016. Ohtlikud patogeenid importpuidus ja -taimedes. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool, 33 lk.
- Markovskaja S., Kačergius A., Treigienė A., 2011. Occurrence of new alien pathogenic fungus *Mycosphaerella dearnessii* in Lithuania. *Botanica Lithuanica*, 17 (1), 29-37.
- Millberg, H., Hopkins, A. J. M., Boberg, J., Davydenko, K., Stenlid, J. 2016. Disease development of *Dothistroma* needle blight in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta* under Nordic conditions. *Forest Pathology*, doi: 10.1111/efp.12242
- Morales-Rodríguez et al. 2019. Forewarned is forearmed: techniques and diagnostic approach for early detection of potentially invasive pests and pathogens in sentinel plantings. *Käsikiri*.
- Mullett, M., Adamson, K., Bragança, H., Bulgakov, T.S., Georgieva, M., Henriques, J., Jürisoo, L., Laas, M., Drenkhan, R. 2018. New country and regional records of the pine needle blight pathogens *Lecanosticta acicola*, *Dothistroma septosporum* and *Dothistroma pini*. *Forest Pathology* 2018. <https://doi.org/10.1111/efp.12440>

- Mullett, M., Barnes, I. 2012. *Dothistroma* isolation and molecular identification methods. Available from: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/DIAROD_052012_Isolation_and_identification.pdf/\\$FILE/DIAROD_052012_Isolation_and_identification.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/DIAROD_052012_Isolation_and_identification.pdf/$FILE/DIAROD_052012_Isolation_and_identification.pdf), 22 pp.
- Mullett, M.S., Brown, A.V. 2018. Effect of dothistroma needle blight on needle and shoot lengths. *Forest Pathology*, 48(1), e12382.
- Mullett, M.S., Tubby, K.V., Webber, J.F., Brown, A.V. 2016. A reconsideration of natural dispersal distances of the pine pathogen *Dothistroma septosporum*. *Plant Pathology*, 65(9), 1462-1472.
- Munck, I., Burns, B., Ostrofsky, W., Lombard, K., Weimer, J. 2012. Eastern white pine needle damage survey, 2011 in Maine, New Hampshire, and Vermont. U.S. Dep. Agric. For. Serv. https://extension.unh.edu/resources/files/Resource003566_Rep5105.pdf
- Novak-Agbaba, S., Halambek, M. 1997. The most important plant diseases on forest trees in the coastal region of Croatia. *Proceedings of the 10th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union*. 1997-06-01/05, Montpellier (FR), pp. 67-73.
- Pehl, L. 1995. *Lecanosticta*-Nadelbraune – Eine neue Kiefernkrankheit in der Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 47, 305-309.
- Peterson, G.W. 1973. Infection of Austrian and ponderosa pines by *Dothistroma pini* in Eastern Nebraska. *Phytopathology*, 63, 1060–3.
- Pluess T, Cannon R, Jarošík V, Pergl J, Pyšek P, et al. 2012a. When are eradication campaigns successful? A test of common assumptions. *Biol Invas* 14: 1365–1378.
- Pluess, T., Jarošík, V., Pyšek, P., Cannon, R., Pergl, J. Breukers, A. Bacher, S. 2012b. Which factors affect the success or failure of eradication campaigns against alien species? *PLoS One*. 2012; 7(10): e48157
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M.L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M.B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabo, I., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A.M., Webber, J., Woodward, S., Stenlid, J. 2013. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist*, 197, 238–250.
- Skilling, D. D., Nicholls, T. H. 1974. Brown spot needle disease – biology and control in Scotch pine plantations. *USDA Forest Science Research Paper*, 109, 19 pp.
- Smith, I.M., McNamara, D.G., Scott, P.R., Holderness, M. 1997. *Quarantine pests for Europe*. Second Edition. Data sheets on quarantine pests for the European Union and for the European and Mediterranean Plant Protection Organization.
- Sosnowski, M.R., Fletcher, J.D., Daly, A.M., Rodoni, B.C. and Viljanen-Rollinson, S.L.H. 2009. Techniques for the treatment, removal and disposal of host material during programmes for plant pathogen eradication. *Plant Pathology*, 58(4), pp.621-635.
- Stanosz, G., Cummings, J., Jackson, W. 1991. Pest Alert: Brown spot needle blight of eastern white pine. U.S. Dep. Agric. For. Serv. Northeastern Area, NA-PR-03-91.
- Suto, Y., Ougi, D. 1998. *Lecanosticta acicola*, causal fungus of brown spot needle blight in *Pinus thunbergii*, new to Japan. *Mycoscience*, 39, 319-325.
- Tainter, F. H., Baker, F. A. 1996. *Principles of forest pathology: foliage pathology*. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc. 805 pp.

- Tedersoo, L., Drenkhan, R., Anslan, S., Morales-Rodriguez, C., Cleary, M. 2019. High-throughput identification and diagnostics of pathogens and pests: Overview and practical recommendations. *Mol Ecol Resour.* 2018;00:1–30. doi.org/10.1111/1755-0998.1295930
- Wyka, S. A., McIntire, C. D., Smith, C., Munck, I. A., Rock, B. N., Asbjornsen, H., Broders, K. D. 2018. Effect of Climatic Variables on Abundance and Dispersal of *Lecanosticta acicola* Spores and Their Impact on Defoliation on Eastern White Pine. *Phytopathology*, 108 (3), 374-383.