

**19:n SUOMESSA VIJELLYN OMENALAJIKKEEN
HEDELMÄPUUNSYÖVÄN KESTÄVYYS**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Puutarhatalouden koulutusohjelma, Lepaa

Kevät, 2018

Irene Karlstedt

Puutarhatalous
HAMK Lepaa

Tekijä	Irene Karlstedt	Vuosi 2018
Työn nimi	19:n Suomessa viljellyn omenalajikkeen hedelmäpuun- syövän kestävyys	
Työn ohjaaja	Sirkka Jaakkola	

TIIVISTELMÄ

Neonectria ditissima -sieni aiheuttaa omenapuussa kasvitautia nimeltä hedelmäpuunsyöpä. Suomessa tautia esiintyy runsaana ainakin Ahvenanmaalla ja rannikkoalueilla. Ilmaston muuttuessa yhä lauhemmaksi ja sateisemmaksi sekä omenanviljelyn kehittyessä hillittykasvuisia perusrunkoja suosivaksi taudin oletetaan lisääntyvän myös Manner-Suomen sisämaassa. Taudin katsotaan olevan taloudellisesti merkittävä kasvintuhooja useimilla sen esiintymisalueilla maailmassa. Miltään omenalajikkeelta ei ole löydetty täydellistä kestävyttä tautia vastaan, sen sijaan eri lajikkeiden välillä on havaittu suuriakin eroja alttiudessa taudille. Taudinkestävyydeltään hyvillä lajikkeilla luodaan suotuisa pohja omenanviljelylle.

Prebreeding for future challenges in Nordic apples (Nordic Apples -hanke) pyrkii, kasvinjalostuksen näkökulmasta, selvittämään pohjoismaisten omenalajikkeiden hedelmäpuunsyövän kestävyttä. Tämä opinnäytetyö on osa Nordic Apples -hanketta. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Luonnonvarakeskus.

Keväällä 2017 Luonnonvarakeskuksen, Piikkiön toimipaikan, kasvihuoneessa tehtiin usean eri omenalajikkeen tartutuskoe, jossa vuoden ikäisiä piiska-astiataimia tartutettiin *Neonectria ditissima* -sienen talvi-itiöillä taimiin tehtyjen haavojen kautta. Tässä opinnäytetyössä on esitetty näistä lajikkeista 19:n tulokset. Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia, löytyykö näiden koko Suomessa merkittävien omenalajikkeiden välillä eroja alttiudessa hedelmäpuunsyöväälle. Kokeen tulosten perusteella lajikkeiden taudinkestävyksissä on eroja: 'Valkea Kuulas' oli yksi kokeen altteimmista lajikkeista, 'Punakaneli' ja 'Dolgo' olivat kokeen kestävimpiä lajikkeita.

Avainsanat hedelmäpuunsyöpä, *Neonectria ditissima*, *Malus domestica*, taudinkestävyys, lehtipuunkoro

Sivut 47 sivua, joista liitteitä 6 sivua

Degree Programme in Horticulture
HAMK Lepaa

Author	Irene Karlstedt	Year 2018
Subject	Resistance to apple canker of 19 apple cultivars cultivated in Finland	
Supervisors	Sirkka Jaakkola	

ABSTRACT

The plant disease apple canker is caused by the fungus *Neonectria ditissima*. In Finland, the disease occurs at high levels in the Åland Islands and the coastal areas. While the rainy and temperate weather types increase due to the climate change, and the use of dwarfing rootstocks become more common with the intensified cultivation techniques, also the incidences of apple canker can increase in mainland and interior of Finland. Apple canker is an economically significant plant disease in most areas in the world where it occurs. Complete resistance to *Neonectria ditissima* is not yet known in the apple, but different cultivars have differences in their levels of susceptibility. By the selection of varieties that possess good resistance to apple canker one creates a proper basis to apple cultivation.

Prebreeding for future challenges in Nordic apples (the Nordic Apples project) aims, from the perspective of plant breeding, to find out the level of resistance to apple canker for apple cultivars from the Nordic Countries. This thesis is a part of the Nordic Apples project. The commissioner of this thesis was the Natural Resources Institute Finland (Luke).

In the spring 2017 the resistance and susceptibility to apple canker of several apple cultivars known in Finland were studied in Luke's greenhouse, in Piikkiö. Apple cultivars (1-year-old potted trees) were infected with winter spores of *Neonectria ditissima* through cutting wounds. This thesis represents the results of 19 of these apple cultivars. The aim of this thesis work was to find out whether there were differences in susceptibility to apple canker between this subset of cultivars relevant for cultivation in the main parts of Finland. The results of this study demonstrated that there were differences between cultivars' performance: The variety 'Valkea Kuulas' was one of the most susceptible to apple canker in this study and varieties 'Punakaneli' and 'Dolgo' were among the most resistant ones.

Keywords apple canker, European canker, *Neonectria ditissima*, *Malus domestica*, resistance

Pages 47 pages including appendices 6 pages

KÄSITTEET JA LYHENTEET

μl	tilavuusmitta, litran miljoonasosa
AUDPC-arvo	Area Under the Disease Progress Curve-arvo kuvaa taudin vakavuutta ja taudin etenemistä ajassa
Finnpipette™	laboratoriossa käytetty pienten nestemäärien annosteluun soveltuva pipetti
hemasytometri	mikroskopointinäytteen aluslasi, jonka avulla voidaan laskea solujen lukumäärä/ tunnettu nestemäärä
itiöemä	joidenkin sieniryhmien rakenne, jossa lisääntymistä välittävät itiöt syntyvät, esimerkiksi kotelopullo
kallusolukko	kasvien erilaistumaton solukko
kenttäkestävyys	kasvin taudinkestävyys yhtä tai kaikkia taudin rotuja vastaan
korkkihuokonen	kasvin pintasolukon korkkiutuneiden solujen ympäröimä aukko, jonka läpi voi tapahtua kaasu- ja veden vaihtoa, esimerkiksi omenan kuorella on korkkihuokosia
kotelopullo, <i>perithecium</i>	kotelosienten pullomainen itiöemä
kotelosieni, <i>Ascomycetes</i>	eräs sienikunnan kaari. Kotelosienten sienirihmoissa on väliseinät, suvullisessa lisääntymisessä muodostuu itiökoteloita (<i>ascus</i>)
kuromaitiö	kuroutumalla muodostunut sienien suvuton itiö
kuromapahka	kuromaitiömassan kiinnittymispaikka sienirihmastossa
latentti	taudin oireeton itämisvaihe
ml	tilavuusmitta, litran tuhannesosa

piiska-astiataimi	1-vuotinen haaroittumaton taimi, joka kasvaa ruukussa
systeminen	solukkoihin laajasti leviävä, ei-paikallinen
tartutus	taudinaiheuttajalla tehty käsittely, jolla keino- tekoisesti saadaan aiheutumaan tartunta
valetartutus	tartutusta matkiva, mutta ilman taudinaiheut- tajaa tehty käsittely, jonka tarkoituksena on toi- mia kokeessa vertailuryhmänä varsinaisille tar- tutuksille

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	HEDELMÄPUUNSYÖPÄ	2
2.1	Hedelmäpuunsyövän leviämiskeinot.....	3
2.2	Hedelmäpuunsyövän oireet.....	3
2.3	Hedelmän mätäoire	6
2.4	<i>Neonectria ditissima</i> -sienen elinkierto	7
2.5	Hedelmäpuunsyöväälle altistavat tekijät.....	8
2.6	Hedelmäpuunsyövän levinneisyys	10
2.7	Hedelmäpuunsyövän taloudellinen merkitys	10
2.8	<i>Neonectria ditissima</i> -sienen muut isäntäkasvit	11
3	HEDELMÄPUUNSYÖVÄN TORJUNTA	12
3.1	Viljelijän tietolähteet.....	12
3.2	Hyvän viljelyhygienian ylläpitäminen.....	13
3.3	Kemiallinen sienentorjunta	14
3.4	Biologinen torjunta	15
3.5	Taudinkestävyydeltään sopivat lajikevalinnat	15
4	AINEISTO JA MENETELMÄT	15
4.1	Koeyksilöt	16
4.2	Koecosasto ja kokeen perustaminen.....	16
4.3	Valetartuke, tartuke ja tartutusten teko.....	17
4.4	Kokeen havainnointi ja kokeen purkamisen.....	19
4.5	Kasvatusolosuhteet	21
4.6	Hoitotoimet kasvatuksen aikana.....	21
4.6.1	Kastelulannoitus ja muu hoito.....	21
4.6.2	Tauti- ja tuholaistarkkailu sekä kasvinsuojelutoimenpiteet.....	22
4.7	Tulosten analysointi	22
5	TULOKSET	23
5.1	Tautioireiden määrän kehitys kokeen aikana	23
5.2	Tartuntaprosentit	24
5.3	Rungon kiertäneiden kuoliolaikkujen lukumäärä	25
5.4	AUDPC-arvojen keskiarvot	25
5.5	Suurimpien kuoliolaikkujen keskiarvot ja keskihajonnat.....	26
5.5.1	Hajontakuvio.....	27
5.6	Valetartutushaavojen infektoituminen.....	28
5.7	Taudin kehittyminen eri osissa koehuonetta.....	29
6	TULOSTEN TARKASTELU	29
6.1	Tautioireiden määrän kehitys	29
6.2	Tartuntaprosentit	30
6.3	Rungon kiertäneiden kuoliolaikkujen lukumäärä	30

6.4	AUDPC-arvojen keskiarvot	31
6.5	Suurimpien kuoliolaikkujen keskiarvot ja -hajonnat.....	31
6.6	Valetartutushaavojen infektoituminen.....	32
6.7	Tartuntojen sijainnit koehuoneessa.....	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	33
	LÄHTEET	35

Liitteet

Liite 1	Koekartta
Liite 2	Koelajikkeiden numerot
Liite 3	Koelajikkeiden tartuntaprosentit viikoilla 12 ja 14
Liite 4	Lajikkeiden suurimpien kuoliolaikkujen keskiarvot ja -hajonnat
Liite 5	Lajikkeiden suurimpien kuoliolaikkujen AUDPC-arvojen keskiarvot ja -hajonnat
Liite 6	Lajikkeiden arvot hajontakuviota varten

1 JOHDANTO

Suomi kuuluu maapallon pohjoisimpiin omenanviljelyalueisiin (Krannila & Paalo 1996, 15). Ammattimainen omenanviljely on keskittynyt vahvasti Ahvenanmaalle, Lounais-Suomen saaristoon, Varsinais-Suomen ja Uusimaan rannikkoalueelle sekä Lohjan alueelle (Saario 2007, 27). Tuoreimpien tilastojen mukaan omenaa viljellään Suomessa 302 tilalla, noin 670 ha:n alalla ja niiltä saadaan satoa 6400 t vuodessa (Luonnonvarakeskus 2017). Vuosien 2003-2007 välisenä aikana omenapuiden uusia istutuksia on tehty paljon erityisesti Ahvenanmaalle. Huomattavan iso osa istutuksista on tehty hillittykasvuisilla perusrungoilla (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2009). Viimeisten 15 vuoden aikana on tuontitaimien osuus kasvanut ammattiviljelijöiden keskuudessa ja tänä päivänä on esimerkiksi Uudenmaan ja Varsinais-Suomen viljelyksillä taimien alkuperämaa 90 % Saksa, Hollanti tai Belgia (Björklund 2017). Kaupallisen viljelyn lisäksi omena on suosittu myös kotipuutarhoissa.

Vuonna 2009 valmistuneessa ILMASOPU-hankkeen loppuraportissa todetaan, että kotimainen omenanviljely tulee hyötymään ilmastonmuutoksesta. Ilmaston lämpenemisen myötä ammattimaisella omenanviljelyllä olisi mahdollisuus levitä Kaakkois-Suomen järviolueille (Kaukoranta, Tahvonen & Ylämäki 2010, 157) ja viljely kävisi kannattavaksi yhä pohjoisempaan, kesä- ja syyslajikkeiden osalta aina Jyväskylän korkeudella asti (Kaukoranta & Tahvonen 2009, 6). Toisaalta talvien leudontumisen ja sadannan lisääntymisen myötä monet kasvitaudit ja tuhohyönteiset tulevat myös hyötymään muuttuneista olosuhteista (Tahvonen & Kaukoranta 2014). Tutkimusten mukaan erilaiset virukset, sienet ja bakteerit tuovat oman haasteensa kasvintuotantoon ilmaston muuttuessa. Kasvitautien aiheuttajina sienien osuus on 30 %. (Andersson, Cunningham, Patel, Morales, Epstein & Daszac 2004, 539.)

Neonectria ditissima -sieni aiheuttaa omenapuussa tautia nimeltä hedelmäpuunsyöpä (Haikonen, Rantanen, Karhu, Tahir, Gustavsson, Røen & Nybom 2014, 1). Sientä tavataan yleisimmin kostean ja leudon ilmaston alueilla (Ghasemkhani 2015). Tautia pidetään taloudellisesti merkittävänä kasvintuhoojana ja sitä on tavattu miltei kaikilla omenantuotantoalueilla maailmassa (Seemüller 1988, 281). Hedelmäpuunsyöpä leviää itiöiden välityksellä. Tuuli, sade ja huono viljelyhygieniat auttavat sieni-itiöitä kulkeutumaan puusta puuhun. Toisaalta saastunut taimimateriaali on yhä useammin taudin lähde. Hedelmäpuunsyöpä tarttuu puun pinnalla olevien haavojen kautta, mutta sopivissa olosuhteissa itiöt voivat tartuttaa myös hedelmän. (Creemers 2014, 49-51.) Hedelmäpuunsyöpä aiheuttaa puussa laajoja, syviä kasvannaisia (Parikka 2007, 99–100), hedelmissä kuoliolajikkuja (Grove 1990, 36). Käytössä olevista torjuntakeinoista tärkeimpiä ovat hyvä viljelyhygieniat, sairaiden kasvosien poistaminen, oikein ajoitettu kemiallinen torjunta sekä lajikevalinnat (Creemers 2014, 51).

Kasvipatologi Zeller kirjoittaa kirjassaan 'European Canker of Pomaceus Fruit Trees', että jo 1920-luvulla eri omenalajikkeiden kestävydestä hedelmäpuunsyövälle oli tehty havaintoja niin Euroopassa kuin Yhdysvalloisakin (Zeller 1926). 1990-luvulta lähtien on omenalajikkeiden hedelmäpuunsyövän kestävyttä tutkittu Euroopassa yhä enemmän. Suomen oloissa menestyvien omenalajikkeiden kestävydestä hedelmäpuunsyövälle ei ole tutkittua tietoa vielä paljoakaan saatavilla, myöskään koottua käytännön tietoa viljelijöiltä ei aiheesta ole (Haikonen ym. 2014, 1–5).

Prebreeding for future challenges in Nordic apples eli Nordic Apples -hanke on yksi Pohjoismaista kasvinjalostusta tukevista esijalostushankkeista, joita rahoitetaan Pohjoismaiden ministerineuvoston päätöksellä. Hanke-toimijat tutkivat ja testaavat, kasvinjalostuksen näkökulmasta, pohjoismaisten omenalajikkeiden taudinkestävyysominaisuuksia, muun muassa hedelmäpuunsyövän perinnöllistä kestävyttä. (NordGen n.d.) Suomessa menestyvien lajikkeiden tarkempaan testaamiseen on saatu lisärahoitus Suomen Kulttuurirahastolta. Tämä opinnäytetyö on osa Nordic Apples -hanketta ja toimeksiantajan (Luonnonvarakeskus) puolesta työn ohjaajana on toiminut tutkija Tuuli Haikonen.

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli tutkia kokeellisesti 19:n Suomessa viljelyssä olevan omenalajikkeen alttiutta ja kestävyttä hedelmäpuunsyövälle sekä kerätä tietoa aiheesta suomenkielellä työn kirjallisuuskatsaukseen. Varsinaiseksi tutkimuskysymykseksi muodostui: Onko opinnäytetyön omenalajikkeilta löydettävissä eroja hedelmäpuunsyövän kestävydessä? Taudinkestävyttä tutkittiin tartutuskokeen avulla, jossa omenantaimia altistettiin *Neonectria ditissima* -sienen eläville talvi-itiöille taimeen tehtyjen haavojen kautta. Tartutusmenetelmä on ollut käytössä kasvinjalostustyössä 1980-luvulta lähtien (Van de Weg 1987, 853) ja soveltuu hyvin hedelmäpuunsyövän kestävyden arviointiin astiataimilla (Garkava-Gustavsson, Ghasemkhani, Zborowska, Englund, Lateur & Van de Weg 2016, 80). Lajikkeen taudinkestävyttä tarkasteltiin taudin aiheuttamien kuoliolaikkujen koon perusteella sekä taudin kehityskulun ja leviämisen voimakkuudella. Opinnäytetyöstä ja sen tuloksista tulevat hyötymään taudinkestävyden tutkijat ja kasvinjalostajat, omenan ammattiviljelijät ja hedelmäpuita tuottavat taimistot sekä alan opiskelijat.

2 HEDELMÄPUUNSYÖPÄ

Suomenkielisessä kirjallisuudessa *Neonectria ditissima* -sienen aiheuttamasta taudista omenalla esiintyy nimityksiä lehtipuunsyöpä, versosyöpä ja hedelmäpuunsyöpä. Yleisesti lehtipuilla esiintyessään taudin nimitys on lehtipuunkoro. Englanninkielisistä taudin nimistä yleisimpiä ovat nectria

canker, apple canker ja European canker. Ruotsinkielessä käytössä tavaataan fruktträdskräfta ja lövträdskräfta nimityksiä.

2.1 Hedelmäpuunsyövän leviämisreitit

Neonectria ditissima -sieni kuuluu kotelopullon tekeviin kotelosieniin (Bremer 1991, 32). Sieni pääsee tunkeutumaan omenapuuhun erilaisten pinnan vioitusten kautta. Vuodenkierrossa omenapuun kuoreen syntyy halkeamia puun ja versojen kasvaessa, silmujen puhjetessa, hedelmien ja lehtien pudotessa sekä hedelmiä poimittaessa. Talven kovat pakkaset ja lämpötilojen suuret vaihtelut aiheuttavat omenapuulla pakkasvaurioita, myös kesän ankarat raekuurot voivat vioittaa puun kuorta. (Weber 2014, 98–99.) Sienen leviämisreittinä voi toimia hyönteisten ja jyrsijöiden vioitukset (Tanska 2016, 20–21) sekä muiden sienitautien, kuten esimerkiksi omenaruven muodostamat haavat (Krannila & Paalo 2010, 89). Edellä mainittujen lisäksi myös ihmisen itsensä tekemät hoitoleikkaukset luovat mahdollisen kulkeutumisväylän sienelle (Weber 2014, 98–99), samoin varrentaminen (Creemers 2014, 50).

2.2 Hedelmäpuunsyövän oireet

Tartunnan saaneen omenapuun ensioireita ovat soikeat, ympäristöään tummemmat, painuneet laikut rungolla tai oksilla (Grove 1991, 35–36). Laikun reuna-alueet voivat nousta koholle (Seemüller 1988, 280). Aivan nuorissa puissa, hedelmäpuunsyövän tunnusmerkkejä ovat lehtiarpien ja silmujen ympärille ilmestyvät kehämäiset, poimuuntuneet ja tummat vyöhykkeet (Bremer 1991, 32). Tyypillisiä paikkoja hedelmäpuunsyöväälle ovat myös oksantyngät ja -haarat (Seemüller 1988, 280). Kohtalokkain hedelmäpuunsyöpä on nuorille taimille ja ohuille oksille, sillä edetessään syöpälaikku kiertyy versojen ja oksien ympäri, aiheuttaen syöpäkohdan yläpuolella olevan solukon näivettymisen.

Tartunnan saanut puu voi puolustautua sientä vastaan muodostamalla kallussolukkoa tartuntakohdan ympärille. Olosuhteiden ollessa edulliset sienelle voi sieni nujertaa syntyneen kallussolukon. Tämä sienen ja omenapuun välinen taistelu ilmenee toinen toistaan seuraavina rengasmaisina vyöhykkeinä. (Grove 1991, 36.) Syntyneestä avoimesta syöpäkasvaimesta käytetään englanninkielisissä lähteissä osuvasti nimitystä 'target canker' eli 'maalitaulusyöpä' (Seemüller 1988, 281; Australian Government 2013). Reunukseltaan epäsäännöllisen muotoisia kuoliolaikkuja muodostuu, kun sieni pääsee laajentumaan puussa vaivatta (Grove 1991, 36). Suljetun mallin syöpäkasvain on haavamaisempi, kuori on vahvasti halkeillutta ja itse syöpä voi levitä syväälle puun keskustaa kohden (Seemüller 1988, 281; Australian Government 2013). Keväällä hedelmäpuunsyövän voi tunnistaa *Neonectria ditissima* -sienen punaisista tai oranssinpunaisista kotelopul-

loista (Parikka & Lemmetty 2012, 276). Kotelopulloja muodostuu vanhempiin syöpäkasvaimiin (Seemüller 1988, 281), josta ne erottuvat parhaiten kuivalla säällä.



Kuva 1. *Neonectria ditissima* -sienen punaisia kotelopulloja vanhassa, avoimessa syöpäkasvaimessa (Karlstedt 2017)

Hedelmäpuunsyövän sanotaan olevan systeeminen tauti, jossa sieni, sienitartunnan ollessa vakava, leviää puun sisällä johtosolukoita myöten aiheuttaen uusia tartuntoja (Garkava-Gustavsson ym. 2016, 75); Tanska 2016, 21; Weber 2014, 101). Toisaalta tutkija Weber itse selventää tekemiensä tutkimusten perusteella, ettei tätä ole kyetty näyttämään toteen. Kokeissa 2010 ja 2013 tutkittiin saman omenapuuksilön syöpälaikkujen välistä, kuoren alaista, tartunnan saanutta puuainesta. Tutkijat eivät kyenneet eristämään *Neonectria ditissima* -sientä näytteistä. Johtopäätöksenä oli, että saman omenapuuksilön tartunnat ovat selitettävissä sieni-itiöiden valumisella runkoa pitkin kuoren pinnalla ja tartuntojen mahdollistuneen kuoreissa olleiden vaurioiden kautta. (Weber 2014, 101.)



Kuva 2. Hedelmäpuunsyöpä hillittykasvuisen omenapuun oksassa (Karlstedt 2017)



Kuva 3. Hedelmäpuunsyövän oireita 20 vuotta vanhan omenapuun oksistossa (Karlstedt 2017)



Kuva 4. Hedelmäpuunsyövän runtelema vanha omenapuu (Haikonen 2017)

2.3 Hedelmän mätäoire

Hedelmäpuunsyöpää aiheuttava sieni voi puuaineksen lisäksi tartuttaa myös hedelmän. Tartunnan tapahtuessa kukintavaiheessa voi tauti levitä verhiön kautta kohti kotaa ja aiheuttaa mätäoiretta omenan raakileissa. Toisaalta sieni voi tartuttaa myös korjuukypsiä omenoita. Tällöin pintatartunta tapahtuu hyönteis- ja omenarupivioitusten sekä korkkihuokosten kautta. Tauti voi jäädä myös piileväksi, jolloin se voi puhjeta vasta varastossa kuukausienkin varastoinnin jälkeen. (Weber 2014, 103–104.) Omenalajikkeilla joiden silmäkuoppa on avoin voi taudinoireena kehittyä siemenkotaan mätää. Tämän toteamiseen koko omena pitää halkaista (Australian Government 2013). Tyypillistä *Neonectria ditissima* -sienen aiheuttamalle hedelmän mätäoireelle on, että tartunnan saanut solukko irtoaa helposti terveestä solukosta (Weber 2014, 104). Englanninkielisiä nimityksiä hedelmässä esiintyvälle oireille on 'fruit rot', 'eye rot', 'blossom-end rot'

ja 'storage rot' (Seemüller 1988; Creemers 2014; Weber 2014). On huomattava, että useat muutkin hedelmiä pilaavat sienitaudit aiheuttavat samankaltaisia oireita.

Englannissa vuosina 2006-2008 tehdyissä kokeissa havaittiin, että koelajikkeet olivat kaikkein herkimmillään hedelmäpuunsiiväälle noin neljän viikon ajan hedelmöittymisen jälkeen ja niiden vastustuskyky oli vahvimmitaan noin kahden kuukauden jälkeen hedelmöittymisestä. Aluksi lajikkeiden herkkyys taudille lisääntyy ja omenan kypsymisen myötä herkkyys vähenee. (Xu & Robinson 2010, 542–547.) Omenalajikkeiden alttius sairastua hedelmän mätäoireseseen vaihtelee, mutta sitä esiintyy eniten alueilla, joiden sadanta on suuri (Creemers 2014, 50) ja joilla sateet edeltävät sadonkorjuuta (Grove 1991, 36). Suomen oloissa vaara hedelmien sato- tai varastotappioihin on pieni, mutta riskin suuruutta pyritään selvittämään, sillä omenan varastointi lisääntyy samaan aikaan, kun ilmasto muuttuu taudille suotuisammaksi (Haikonen 2017).

2.4 *Neonectria ditissima* -sienen elinkierto

Hedelmäpuunsiivän tartunnan ensivaiheessa syntyviä itiöitä kutsutaan kuromaitiöiksi (Seemüller 1988, 281). Kuromaitiöt syntyvät vaaleissa kuromapahkoissa syöpäoireen pinnalla (Grove 1991, 36) ja ne edustavat *Neonectria ditissima* -sienen suvutonta astetta (Valkonen, Bremer & Tapio 1999, 32). Kuromaitiöiden leviäminen tapahtuu veden välityksellä. Sadeveden valuessa kuromapahkaa myöten, kuromaitiöt kulkeutuvat alaspäin rungolla tai putoavat alla oleville oksille ja hedelmille veden mukana. (Bremer 1991, 32.) Myös vesiroiskeet auttavat kuromaitiöitä leviämään (Seemüller 1988, 281).

Koteloitiöt ovat sienen suvullisen kehitysasteen lisääntymisyksiköitä. Ne kehittyvät kotelopulloissa eli sienen pullomaisissa itiöemissä. (Valkonen ym. 1999.) *Neonectria ditissima* -sienen kotelopullojen muodostuminen voi viedä muutamia kuukausia (Bremer 1991,32) tai jopa vuosia tartunnasta. Sienen kirkkaan punaiset kotelopullot muodostuvat syksyllä ja koteloitiöt talven ja kevään aikana. Koteloitiöiden leviäminen tapahtuu pääasiallisesti tuulen välityksellä (Grove 1991, 36) ja ne leviävät kaikkina aikoina keväästä syksyyn. Euroopassa koteloitiöiden leviämishuiput vaihtelevat alueittain. Iäkkäissä hedelmäpuunsiiväkasvaimissa sekä kuroma- että koteloitiöitä esiintyy kaikkina vuoden aikoina, mutta niiden tuotanto ja leviäminen riippuvat ilmasto-oloista ja sateiden esiintyvyydestä. (Seemüller 1988, 281.) Kesän kuivat jaksot ja talven pakkaset rajoittavat sieni-itiöiden tuotantoa ja tartutuskykyä (Weber 2014, 98). Ilmalevintäisten koteloitiöiden ensisijainen tehtävä on tartuttaa naapuripuita ja uusia kohteita, kun taas vesilevintäisten kuromaitiöiden tehtävä on levittää tautia jo tartunnan saaneessa puussa (Creemers 2014, 51). Kirjallisissa lähteissä mainitaan myös hyönteisten levittävän *Neonectria ditissima* -sienen itiöitä (Agrios 2005, 479; Zeller 1926, 29).

Sieni säilyy epäsuotuisien olosuhteiden yli sienirihmastona kuorella ja esimerkiksi kuivien ajanjaksojen jälkeen, kun kosteus on riittävä, se voi jälleen muodostaa itiöitä (Grove 1991, 36). Sieni ei myöskään aina aiheuta oireita välittömästi, vaan se voi elää piilevänä puussa ja puhjeta vasta myöhemmin. Tästä syystä sienien leviämistä saastuneen taimimateriaalin mukana on vaikea ehkäistä. (Tanska 2016.) 1990-luvulla toteutettiin kolmella Brittein saarelaisella taimistolla tartutuskoe. Kokeessa havaittiin, että *Neonectria ditissima* -sieni voi säilyä latenttina nuorissa omenapuissa jopa kolme vuotta tartutuksesta, ennen kuin sen aiheuttamia oireita voitiin havaita. Tämä voisi selittää aika ajoin Keski- ja Pohjois-Euroopassa tavatut omenapuiden syöpäkuolemat 3–4 vuoden jälkeen istutuksesta. (McCracken, Berrie, Barbara, Locke, Cooke, Phelps, Swinburne, Brown, El-lerker & Langrell 2003, 553–556.)



Kuva 5. Omenapuun kuorella hedelmäpuunsyövän kotelopulloja ja niistä purkautuvia valkoisia koteloitiöitä. Oranssit rakenteet ovat nuoria tai kehittymässä olevia kotelopulloja. Kuvattu Q-skoopilla suurennuskertoimena 20–50. (Karlstedt 2017)

2.5 Hedelmäpuunsyöväälle altistavat tekijät

Lähekkä eteläisten lajikkeiden kestävyttä hedelmäpuunsyöpää kohtaan on tutkittu viime vuosina melko paljon (Haikonen ym. 2014, 1–5). Millään omenalajikkeella ei ole todettu olevan täydellistä suojaa hedelmäpuunsyöpää vastaan. Sienirihmasto kykenee tunkeutumaan kaikenlaisiin omenapuun soluihin, niin kuoreen, johtosolukon nilaan ja puuosaan, kuin tylypysolukoonkin. Hedelmäpuunsyöväälle alttiiden omenalajikkeiden soluissa sienirihmasto pääsee lisääntymään nopeammin kuin sille kestävämpien lajikkeiden soluissa. Tämän onkin arveltu viittaavaan muun muassa

siihen, että lajikkeen hedelmäpuunsyövänkestävyyden takana on jokin lajikkeen kemiallisessa puolustuksessa oleva tekijä. (Garkava-Gustavsson, Zborovska, Sehic, Rur, Nybom, Lateur, Van de Weg & Holefors 2011.) Meineillään olevassa Nordic Apples -hankkeessa etsitään DNA-markkeria eli geenimerkkiä taudin kenttäkestävyydelle (Haikonen ym. 2014, 1).

Sienet tarvitsevat kosteutta kasvaakseen (Valkonen ym. 1999, 20). On havaittu, että taudin tarttuminen lehtiarven kautta voi tapahtua, kun riittävä kosteutta on ollut vähintään kuuden tunnin ajan ennen tartunta-ajankohtaa. Tauti myös tarttuu sitä helpommin mitä pidemmäksi kostea ajanjakso käy (Seemüller 1988, 281). Uudessa-Seelannissa tutkittiin vuonna 2010 omenanviljelyalueiden ilmasto-olojen ja hedelmäpuunsyövän yhteyttä. Tutkitut alueet sijaitsivat Pohjois- ja Etelä-Amerikassa, Australiassa, Uudessa-Seelannissa sekä Englannissa ja Pohjois-Irlannissa. Tutkimuksissa kävi ilmi, että hedelmäpuunsyöpä muodostui ongelmaksi alueilla, missä sadetta esiintyi keskimääräisesti usean kuukauden ajan yli 30 % päivistä ja missä lämpötila pysytteli 11–16 asteessa yli 8 tuntia päivässä. (Beresford & Kim 2011, 143.) Pelto-olosuhteissa sienien tiedetään olevan toimintakykyinen, kun lämpötila ylittää viisi astetta, mutta tartunnat tapahtuvat pääasiassa, kun lämpötila on 10–16 C°:tta (Grove 1991, 36).

Tutkijat Dubin ja English määrittivät jo 1970-luvulla, että hedelmäpuunsyövän tartunnan kannalta merkittäviä tekijöitä ovat kuromaitiöiden kyky sietää kuivumista sekä niiden määrä vaurioalueella. Heidän tekemissään kokeissa havaittiin, että 500-5000 kuromaitiötä/ lehtiarpi aiheuttaa kohtalaisen suuren määrän tartuntoja omenapuussa. (Dubin & English 1974, 549.) Tuoreissa leikkaushaavoissa todettiin 200 kuromaitiön riittävän 32 % hedelmäpuunsyövän esiintyvyyteen koeyksilöissä. Samaisessa, tutkijoiden Xu, Butt ja Ridout, tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että eri omenalajikkeiden haavojen parantumisnopeudet vaihtelivat ja tuoreissa leikkaushaavoissa esiintyi enemmän tartuntoja. (Xu, Butt & Ridout 1998, 511–519.) Uusi norjalainen tutkimus kesältä 2017 tuotti samankaltaisia tuloksia leikkaushaavojen iän vaikutuksesta tartunnan riskiin. Tartutuskokeissa omenapuun riski saada tartunta väheni voimakkaasti jo päivä haavan muodostumisen jälkeen, verrattaessa tuoreeseen haavaan tehtyyn tartutukseen. Myös omenapuun kudoksen iän havaittiin vaikuttavan taudin kestävyyteen. Uudessa vuosikasvussa eli nuoressa kudoksessa oli enemmän tartuntoja, kuolioiden laajuus kuoren päällä ja alla olivat suuremmat ja kuromaitiötä muodostui nopeammin. (Børve, Kolltveit, Talgø & Stensvand 2017, 16–25.)

Omenapuiden herkkyyteen sairastua hedelmäpuunsyöpään vaikuttaa myös yleiset kasvuolot viljelmällä. Huonosti salaojitettu maa sekä raskaat maalajit voivat edesauttaa taudin kehittymistä. Voimakas typpilannoitus voi luoda sienien tarttumiselle hyvät olosuhteet, sillä voimakkaassa kasvussa olevat omenapuut ovat alttiimpia hedelmäpuunsyöväälle. (Seemüller 1988, 281.) Voimakkaalla typpilannoituksella voidaan niin ikään häiritä omenapuun talvehtimistä (Jokela 2007, 44). Hyvin tuleentunut eli talveen

valmistautunut puu kestää paremmin talven pakkasia (Saario 2007, 23). Eri omenalajikkeiden talvenkestävyydessä on suuria vaihteluja. Ne lajikkeet, jotka kestävät talven olosuhteita huonommin, saavat enemmän talvivaurioita ja altistuvat helpommin hedelmäpuunsyöväälle. (Haikonen ym. 2014, 2.) Myös hillittykasvuisten perusrunkojen kerrotaan lisäävän omenapuun alttiutta sairastua hedelmäpuunsyöpään, näistä on mainittu M9 (Agriculture and Horticulture Development Board n.d.), joka on maailmanlaajuisesti käytetyin kääpiöivä perusrunko omenatarhoilla (Orange Pippin Fruit Trees 2017). Myös perusrunkojen B9, MM109 ja M26 tiedetään käytännössä olevan alttiita taudille (Björklund 2017).

2.6 Hedelmäpuunsyövän levinneisyys

1800-luvun puolivälissä hedelmäpuunsyöpä oli jo tunnettu omenan tauti Euroopassa. Pohjois-Amerikassa se on raportoitu vuonna 1899. Hedelmäpuunsyövän alkuperää ei tiedetä, mutta sitä on tavattu miltei kaikilla omenanviljelyalueilla maailmassa. (Seemüller 1988, 280.) Hedelmäpuunsyöpää esiintyy Yhdysvalloissa ja Kanadassa, erityisesti Yhdysvaltojen koillisosissa, Kanadan kaakkoisosissa sekä Tyynenmeren puoleisella rannikolla. Myös Chilessä, Uudessa-Seelannissa ja Japanissa tautia tavataan. (Grove 1991, 35.) Australia lienee ainoita omenantuotantomaita, jossa tällä hetkellä ei tavata hedelmäpuunsyöpää (NSW Government 2012). Euroopassa taudin levinneisyysaluetta on Britteinsaaret, Keski-Euroopan pohjoisosat (Grove 1991, 35), Itämeren eteläiset alueet sekä muut Pohjoismaat. Suomessa hedelmäpuunsyöpä esiintyy runsaana Ahvenanmaalla. (Haikonen ym. 2014, 2.) Varsinais-Suomen rannikkoalueiden iäkkäissä omenatarhoissa on tehty havaintoja vanhoista taudinoinneista (Haikonen 2018), myös viljelyneuvoja Fredrik Björklundin havainto on, että hedelmäpuunsyöpää esiintyy Manner-Suomen puolella. Viljelyssä on perinteisesti käytetty voimakaskasvuisia omenan perusrunkoja, puut ovat olleet kookkaita ja ovat pärjänneet paremmin, vaikka tautia onkin esiintynyt. (Björklund 2017.)

2.7 Hedelmäpuunsyövän taloudellinen merkitys

Hedelmäpuunsyöpä on taloudellisesti merkittävä taudinaiheuttaja omenalla monilla sen esiintymisalueilla Euroopassa (Seemüller 1988, 281) ja muualla päin maailmaa. Taloudellisia menetyksiä syntyy taudin tappaessa omenapuiden oksia, nuoria taimia, jopa kokonaisia hedelmätarhoja (Grove 1991, 35). Tauti myös heikentää hedelmäpuiden sadontuottokykyä (Seemüller 1988, 281). Suoria taloudellisia tappioita muodostuu kasvinuojeluaikojen lisääntyneestä käytöstä sekä työvoimakustannusten noususta, kasvinuojelutoimenpiteiden ja muiden hoitotöiden lisääntyessä. Tämän päivän neuvonnan ammattilaiset painottavat nopeaa puuttumista tilanteeseen, jos hedelmäpuunsyöpäoireita havaitaan hedelmätarhalla. Mitä

nopeammin tilanteessa ryhdytään vaadittaviin torjuntatoimiin, sen alhaisemmat ovat kustannukset. (Björklund 2017.)



Kuva 6. Vanhan syöpäkasvaimen aiheuttamaa tuhoa omenapuussa. Paksun oksantyngän alapuolella näkyy myös tuore leikkaushaava keväältä 2017. (Karlstedt 2017)

Hedelmäpuunsyöpä aiheuttaa mätää hedelmissä (Haikonen ym. 2014, 5), joka voi johtaa taloudellisiin menetyksiin jo ennen sadonkorjuuta tai vasta varastoinnin aikana (Seemüller 1988, 281). Sienen aiheuttamaa mätää hedelmässä esiintyy Euroopassa lähinnä Britteinsaarilla (Grove 1991, 35). Australiassa hedelmäpuunsyöpä luetaan vierasmaalaiseksi kasvintuhoojaksi sekä vakavaksi uhaksi omenan ja päärynän tuotannolle, joka tulee välittömästi ilmoittaa viranomaisille (NSW Government 2012). Australiaan tuodut omenat käyvät läpi tiukat bioturvallisuustoimet jo alkuperämaassaan, kuten esimerkiksi Uudessa-Seelannissa, joka sai vasta muutama vuosi sitten luvan tuoda omenoita Australiaan (Apple and Pear Australia Limited 2016). Suomen Maa- ja metsätalousministeriö on julkaissut vuonna 2012 Kansallisen vieraslajistrategian, jossa metsäntuhoojien puolella lehtipuunkoron (hedelmäpuunsyövän toinen nimitys) aiheuttajasieni luokitellaan haitalliseksi maa- ja metsätalouden vieraslajiksi. Vuonna 2012 sen vaikutus on määritelty tuntemattomaksi, mahdollisesti vähäiseksi. (Maa- ja metsätalousministeriö 2012.)

2.8 *Neonectria ditissima* -sienen muut isäntäkasvit

Sienellä tiedetään olevan myös muita isäntäkasveja kuin omenat (*Malus*) ja päärynät (*Pyrus*). Näitä ovat monet lehtipuut, kuten vaahterat (*Acer*),

koivut (*Betula*), valkopyökkit (*Carpinus*), hikkorit (*Carya*), orapihlajat (*Crataegus*), kvitteni (*Cydonia*), pyökkit (*Fagus*), saarnet (*Fraxinus*), jalopähkinät (*Juglans*), magnoliat (*Magnolia*), haavat (*Populus*), *Prunus*-suvun kasvit, tammet (*Quercus*), pajut (*Salix*) sekä pihlajat (*Sorbus*). (Seemüller 1988, 280.) Myös lehmüksissa (*Tilia*) tavataan *Neonectria ditissima* -sientä (Kranila & Paalo 2010, 89).

3 HEDELMÄPUUNSYÖVÄN TORJUNTA

Integroitu kasvinsuojelu luo välttämättömän perustan hedelmäpuunsyövän torjunnalle. Tähän kuuluvat hyvän viljelyhygienian ylläpitäminen, sairaiden kasvinosien ja kasvien poistaminen viljelmältä, oikein ajoitettu sienentorjunta-aineiden käyttö (Creemers 2014, 51) sekä terve lisäysmateriaali (Tanska 2016, 20). Viljelijän ja ympäristön kannalta parasta kasvinsuojelua on ennaltaehkäisy (ProAgrida 2014).

3.1 Viljelijän tietolähteet

Internetistä löytyy englanninkielisiä ammattiviljelijöille suunnattuja sivustoja hedelmäpuunsyövästä. Sivustoilta löytyy selkeitä toimintaohjeita taudin ennaltaehkäisyyn, kasvuston tarkkailuun, taudin varhaiseen tunnistamiseen ja tehokkaaseen torjuntaan (Pipfruit New Zealand 2008; Agriculture and Horticulture Development Board n.d; Australian Government Department of Agriculture 2013.) Viljelijöitä palvelevat myös erilaiset internetin sääpalvelut, joissa tuotetaan tietoa muun muassa paikallisesta säästä, sadekertymästä ja lämpösummasta. Sääpalveluita tarjoavat Ilmanet ja Maatalouden sääpalvelut (Ilmatieteenlaitos n.d.), OmaSää (Farmit n.d.), sekä Meteox (Meteox 2017). Vaikka sääpalveluissa ei anneta tautienusteita, saa viljelijä niiden kautta tärkeää tietoa sääoloista, jotka vaikuttavat muun muassa kasvitautien esiintyvyyteen. Näiden palveluiden lisäksi voi viljelijä ylläpitää omaa sääasemaa, jossa viljelytoimien suunnittelun apuna toimii erilaisia lämpötilaa, kosteutta, ilman suhteellista kosteutta sekä lehtien pinnan kosteutta mittaavia laitteita. Tietoa on mahdollista kerätä myös sadannasta, tuulesta sekä säteilytysvoimakkuudesta. (Agrios 2005, 282–283.) Luonnonvarakeskuksen ylläpitämässä Kasper-palvelussa tiedotetaan ajankohtaisista kasvintuhoajiin liittyvistä asioista, kuten omenarupi- ja omenan tuholaisilanteista (Luonnonvarakeskus 2015).

Hedelmäpuunsyövän tautiriskiä voidaan ennustaa ja ajoittaa kasvinsuojelua käyttämällä erilaisia ennustemalleja. 1990-luvun puolivälissä kehitettiin Iso-Britanniassa tietokonepohjainen omenapuun tautiennusteiden mallinnus. Tuotemerkki Adem™ sisältää ennustemallit omenaruvulle (*Venturia inaequalis*), omenanhärmälle (*Podosphaera leucotricha*) sekä hedelmäpuunsyöväälle ja hedelmän mätäoireelle (*Neonectria ditissima*). (AHDB

Horticulture n.d.) Ennustemalli käyttää hyväkseen koneelle syötettyjä tietoja omenalajikkeiden herkkyydestä kyseenomaiselle taudille, kasvitaudin tarttumisriskin vakavuutta sekä ajankohtaisia tietoja säästä. Adem™ huomioi myös omenapuun vuodenkierrossa tapahtuvat muutokset, kuten täyden kukinnan ajankohdan keväällä ja lehtiarprien muodostumisen syksyllä. (Xu & Butt 1996, 293–296.) Vuodesta 1993 on myös hollantilainen RIMPro-tietokoneohjelma tarjonnut ennustemalleja ensin omenaruvelle, myöhemmin tulipoltteelle (*Erwinia amylovora*) ja hedelmäpuunsyöväälle sekä esimerkiksi omenakääriäiselle (*Cydia pomonella*) (Milkovich 2016). RIMPro-ohjelmistoa käytetään jonkin verran Ahvenanmaalla. Paikallinen viljelyneuvoja tekee myös itse tautiennusteita hedelmänviljelijöille kerättyään ensin viljelijöiden yhteisten sääasemien tiedot. (Björklund 2017.)

Suomessa viljelyneuvojat järjestävät vuosittain ryhmäneuvontatilaisuuksia hedelmänviljelijöille, yksin Uudenmaan ja Varsinais-Suomen alueella 4–5 joka vuosi. Tilaisuuksissa käydään läpi ajankohtaisia kasvitaueteja, tuholaisia ja viljelytekniikkaan liittyvää teoriaa sekä vierailaan tiloilla. Näiden tilaisuuksien lisäksi neuvojat tekevät tilakäyntejä tarvittaessa. (Björklund 2017.)

3.2 Hyvän viljelyhygienian ylläpitäminen

Syöpäoireinen puuainees olisi hyvä poistaa viljelmältä aina, kun se on mahdollista. Joskus voi olla tarpeellista poistaa koko puu viljelmältä. Nämä toimenpiteet vähentävät tautipainetta ja näin ollen taudin leviämisen riskiä. (Seemüller 1988, 281.) Nuoret, taudin vaivaamat oksat voidaan leikata pois kokonaan (Tanska 2016, 21). Mahdollista on myös säästää oksan terve osa, jolloin oksaa leikataan aina sen terveeseen osaan asti (Seemüller 1988, 282). Isommat kuoliolaikut voidaan kaivertaa pois erilaisilla taltoilla ja käsityökaluilla (Huw's Nursery 2012 & 2016) tai akkukäyttöisillä käsijyrsimillä (Górecki 2015). Sienen tartuttama, sairas kasvinosa on poistettava kokonaan. Kaikissa omenapuiden hoitoleikkauksissa olisi syytä välttää kostealla ilmalla leikkaamista. Hedelmäpuunsyöväälle herkkien omenalajikkeiden kohdalla tämän huomioiminen on erityisen tärkeää. Paras aika leikkauksille on talven pakkasilla ja kuivalla säällä. (Seemüller 1988, 281–282.)

Hoitoleikkauksista syntyvä leikkausjäte kerätään talteen ja hävitetään esimerkiksi polttamalla. Näin ehkäistään leikkausjätteessä kehittyvien itiöiden leviäminen takaisin viljelmälle. (Bremer 1991, 32.) Työvälineiden huolellisella desinfioinnilla varmistetaan myös, ettei *Neonectria ditissima* -sieni pääse kulkeutumaan puusta puuhun hoitoleikkausten aikana. Monissa lähteissä suositellaan myös erilaisten haavanhoitoaineiden käyttöä välittömästi hoitoleikkausten jälkeen. Haavanhoitoaineissa on usein sieniä tuhoavia kemikaaleja. (Agriculture and Horticulture Development Board n.d.; Creemers 2014, 51; Seemüller 1988, 281.) Myös mekaanisia suojaaineita on markkinoilla, kuten hollantilaisten kehittämä BlocCade™. Ainetta voidaan levittää traktoriruiskulla, reppuruiskulla tai puutarhasaksiin

yhdistettävällä ruiskulla (HortiPro 2015; HortiPro 2017.) Valmiste sisältää akrylaattiemulsiota (Fargrow 2017).

3.3 Kemiallinen sienentorjunta

Kemiallisessa hedelmäpuunsyövän torjunnassa kiinnitetään erityistä huomiota syksyyn, jolloin lehtien pudotessa syntyvät lehtiarvet sekä omenoiden jättämät arvet muodostavat merkittävän kulkeutumisväylän sieni-itiöille, jotka syntyvät kesän aikana ja loppukesästä. Kemiallinen sienentorjunta voi vähentää tai jopa estää sieni-itiöiden muodostumisen jo olemassa olevissa syöpäaikuissa. Toisaalta se voi luoda suojan mahdollisille infektoitumisalueille. (Creemers 2014, 51.) Omenaruven torjuntaan käytetyillä valmisteilla on todettu hedelmäpuunsyöpää hillitsevä vaikutus (See-müller 1988, 282).

Suomessa ei ole erityisesti hedelmäpuunsyövän torjuntaan rekisteröityjä kasvinsuojeluvälineitä. Omenaruven (*Venturia inaequalis*) ehkäisyyn vuonna 2018 voidaan käyttää seuraavia valmisteita: Candit, Signum, Delan WDG, Scala, Syllit 544 SC ja Malakite. Sienitautien torjuntaan tarkoitettua Switch 62.5 WG:tä voidaan käyttää omenalla hedelmäpuunsyövän ehkäisyyn ja minor use-luvalla Don-Q valmistetta aina 30.10.2018 saakka. (Tanska 2016, 20-21; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes n.d.) Viljelijän on mahdollista käyttää Don-Q:ta sadonkorjuun jälkeen kerran kasvukaudella. Viljelyneuvoja Fredrik Björklundin mukaan paras ruiskutusajankohta on, kun lehdistä on pudonnut noin 80 % (Björklund 2017). Kasvukaudella 2017 Merpan 80 WG valmiste oli käytettävissä 1.4.–29.7.2017 välisenä aikana 120 vuorokauden poikkeusluvalla kasvinsuojelun hätätilanteissa. Ainetta sai käyttää silmujen puhkeamisen aikaan sekä heti kukinnan jälkeen terälehtien varisemisen aikaan. (Tukes n.d.) Poikkeuslupaa on tarkoitus hakea vuosittain (Tanska 2016, 21), mutta opinnäytetyötä varten ei Turvallisuus- ja kemikaaliviraston sivuilta löytynyt kasvukauden 2018 tietoa.

Muualla päin maailmaa, esimerkiksi Yhdysvalloissa, hedelmäpuunsyövän torjuntaan käytetään erilaisia kuparipohjaisia valmisteita, kuten Bordeaux mixture (Agrios 2005, 479). Professori Weberin mukaan useissa saksalaisissa tutkimuksissa on havaittu, että kuparihydroksidi on ollut hedelmäpuunsyövän torjunnassa kuparioksidia tehokkaampi (Graf, 1985; Palm, 2009; Palm & Kruse, 2012; Weber, 2014, 105), toisaalta kolmannella kupariyhdisteellä, kuparioksidilla, saadaan hyvä torjuntatuloks (Walter, Stevenson, Amponsah, Scheper, Rainham, Hornblow, Kerer, Dryden, Latter & Butler 2015, 241–249). Suomessa kupariyhdisteitä on saatavilla vain lannoitteina. Sammutettua kalkkia (kalsiumhydroksidi) on myös käytetty torjuntaan muun muassa Hollannissa (Creemers, 2014, 51).

3.4 Biologinen torjunta

Hedelmäpuunsyövän biologinen torjunta on jo muutaman vuosikymmenen askarruttanut tutkijoita. *Bacillus subtilis* -bakteerin isolaattien ja *Trichoderma viride* -sienen on havaittu kokeissa toimivan *Neonectria ditissima* -sienen vastavaikuttajina (Seemüller 1988, 282). Toisaalta eri biologisen torjunnan valmisteiden tehosta kenttäolosuhteissa ei ole saatu luotettavaa tietoa tutkimuksista huolimatta (Walter, Campbell, Amponsah, Turner, Rainham, Kerer & Butler 2017, 63–72).

3.5 Taudinkestävyydeltään sopivat lajikevalinnat

Integroidun kasvinsuojelun ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin kuuluvat viljelykierrot, maankasvukuntoa ylläpitävät muokkausmenetelmät, sekä lajikevalinnat (ProAgria 2014). Hedelmäpuunsyöväälle kestävillä ja yhteensopivilla perusrunkolajikkeilla ja runkopuulajikkeilla luodaan suotuisa pohja omenanviljelylle (Björklund 2017). Taudin esiintyminen rajoittaa lajikevalintoja niin tavanomaisessa, kuin luomuviljelyssäkin (Haikonen 2017), jossa käytettävissä olevien kasvinsuojeluaineiden määrä on vähäinen (Elintarviketurvallisuusvirasto 2017).

Nordic Apples -hankkeen aiemmissa tutkimuksissa, Ruotsissa ja Norjassa, on selvitetty useiden omenalajikkeiden kestävyyttä hedelmäpuunsyöväälle. Tartutuskokeita on toteutettu eri vuosina 1-vuotiailla astiataimilla ja versojen maljakkokokeilla, joissa kasvimateriaali on maljakoissa. Eri maissa tai eri vuosina toteutettujen kokeiden tulokset ovat vaihdelleet jonkin verran. (Haikonen ym. 2014, 4.) 2011–2012 Ruotsissa tehdyissä astiataimien tartutuskokeissa 'Sävstaholm' ja 'Elise' olivat melko kestäviä lajikkeita, kun taas 'Åkerö', 'Gyllenkrookin Astrakaani' sekä 'Gloster' olivat kokeen altteimpia lajikkeita taudille (Ghasemkhani, Sehic, Ahmadi-Afzadi, Nybom & Garkava-Gustavsson 2015, 687-690). Niin ikään ruotsalaisten tutkijoiden astiataimikokeissa, vuosina 2012–2014, 'Aroma', 'Santana' ja 'Golden Delicious' olivat kestävimpiä lajikkeita, kun taas 'Harlamovsky' ja 'Elise' olivat selvästi taudinkestävyydeltään heikkoja lajikkeita. (Garkava-Gustavsson ym. 2016, 78–79.)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Omenalajikkeiden hedelmäpuunsyövän kestävyyskoe toteutettiin Luonnonvarakeskuksen Piikkiön toimipaikan kasvihuoneessa kevään 2017 aikana. Kokeessa oli mukana 66 omenalajiketta, yleisesti Suomessa viljelyssä olevia sekä harvinaisempia lajikkeita. Opinnäytetyössä oli mukana 19 näistä lajikkeista. Lajikkeet valittiin ennen tartutuskokeen aloittamista. Valitsin nämä 19 lajiketta opinnäytetyöhöni, koska ne edustavat perinteisiä kotimaisia omenalajikkeita, niissä on kesä-, syys- ja talvilajikkeita ja niiden

kasvuvyöhykkeet kattavat kokonaisuutena koko Suomen. Kokeessa oli jokaista lajiketta yhteensä 6 kappaletta. Lajikekokeen toisto tehdään vuoden 2018 keväällä. Koelajikkeita oli säilytetty kasvihuoneen lämmittämättömässä osastossa edellisestä syksystä saakka. Tammikuun 1-3 viikon ajan osaston lämpötila oli 5 °C ja ilman suhteellinen kosteus 90 %.

4.1 Koeyksilöt

Koelajikkeet olivat Luonnonvarakeskuksessa kasvatettuja, vuoden ikäisiä, piiska-astiataimia. Perusrunkona oli käytetty B9, sillä se varttuu yleensä hyvin. Jokainen taimi yksilöitiin niin, että taimen mukana kulkevasta muovisäleestä löytyi tieto lajikkeesta (1–66), rivistä (1–12), sijainnista pöydällä (A–G, F puuttuu) sekä astian sijainnista rivillä (1–6). Koeyksilöt merkittiin ennen kuin ne siirrettiin varsinaiseen koeosastoon.

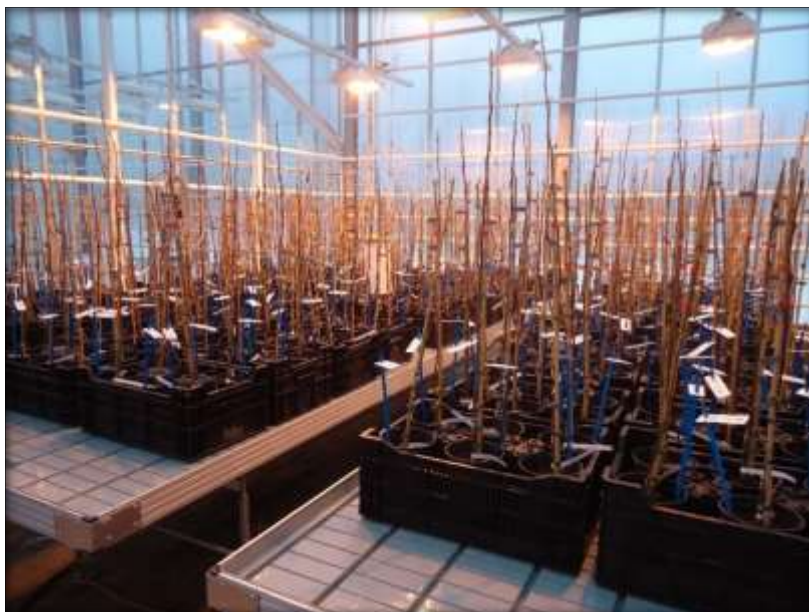
Työssä käytetyt lajikkeet olivat:

- *Malus domestica* 'Aroma'
- *Malus domestica* 'Collina'
- *Malus domestica* 'Discovery'
- *Malus Prunifolia* -Ryhmä 'Dolgo'
- *Malus domestica* 'Eliakselan Nauris'
- *Malus domestica* 'Harlamovsky'
- *Malus domestica* 'Jaspi'
- *Malus domestica* 'Konsta'
- *Malus domestica* 'Lobo'
- *Malus domestica* 'Make'
- *Malus domestica* 'Norland'
- *Malus domestica* 'Pirja'
- *Malus domestica* 'Punakaneli'
- *Malus domestica* 'Åkerö Hassel'
- *Malus domestica* 'Samo'
- *Malus domestica* 'Sariola'
- *Malus domestica* 'Sokerimiron'
- *Malus domestica* 'Särsö'
- *Malus domestica* 'Valkea Kuulas'

4.2 Koeosasto ja kokeen perustaminen

Koeosasto oli 50 m² suuruinen. Osastossa oli neljä kasvatuspöytää, joille koeyksilöt asetettiin koekartan mukaiseen järjestykseen. Koeyksilöiden paikka koekartassa oli satunnaistettu ja satunnaistamisessa oli huomioitu, että sama lajike ei esiinny kertaakaan samalla pysty- tai vaakarivillä (Liite 1 ja Liite 2). Satunnaistaminen tehtiin CycDesigN-ohjelmalla ja kartta muo- toiltiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla. Koe perustettiin kol-

messa eri erässä. Näin rytmitettiin myös tulevien havainnointikertojen työmäärää sopivaksi. Taimet siirrettiin koeosastoon kaksi päivää ennen varsinaista tartutuspäivää. Siirtämisen yhteydessä jokaisen taimen pituus ja rungon läpimitta mitattiin. Rungon halkaisija mitattiin varttamiskohdan yläpuolelta, kohdasta, jossa taimen uusi kasvu oli alkanut. Myös tulevat tartutuskohdat merkittiin teipillä tukikeppiin taimen viereen. Tartutuskohdissa pyrittiin huomioimaan niiden sijainti rungolla niin, että ne eivät olisi lähellä juurenniskaa tai latvusta ja että ne eivät sijaitsisi rungon samalla puolella allekkain. Ensimmäinen erä (rivit 1–3) siirrettiin viikolla 3 ja kaksi viimeistä erää (rivit 4–7 ja rivit 8–11) viikolla 4. Tilan puutteen vuoksi ei kokeessa ollut mahdollista käyttää reunarivejä tasaamaan reunavaikutuksia. Reunavaikutuksilla tarkoitetaan koealueen reunoilla sijaitsevien koeyksilöiden erilaisia elinolosuhteita, esimerkiksi kuivempaa elinympäristöä, suhteessa keskellä koealuetta oleviin koeyksilöihin.



Kuva 7. Koeosasto kokeen alussa (Karlstedt 2017)

4.3 Valetartuke, tartuke ja tartutusten teko

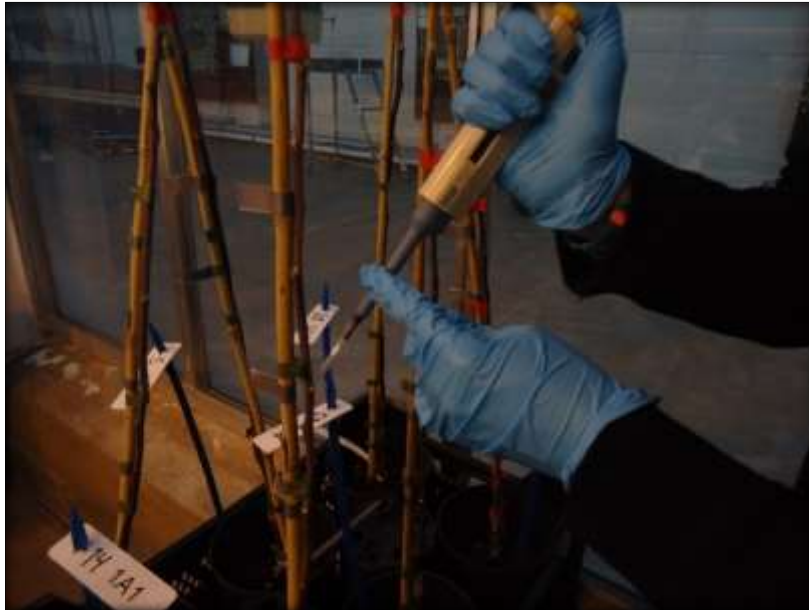
Tartutusten tekeminen aloitettiin jokaisessa koe-erässä valetartutuksilla. Jokaiseen lajikkeeseen tehtiin kolmelle eri koeyksilölle yhteen silmuun valetartutus. Tartutuskohta oli satunnaistettu. Valetartutukset tehtiin ensimmäisenä, jotta vältyttäisiin sekaannuksilta myöhemmissä oikeissa tartutuksissa. Näin saatiin aikaiseksi haavat, joita voitiin käyttää vertailuryhmänä. Valetartukkeena käytettiin steriiliä tislattua vettä. Tavallisessa kraanavedessä on epäpuhtauksia, eikä se tämän vuoksi sovi tieteelliseen tutkimukseen (Helmenstine 2017). Varsinaisen tartukkeen tekemiseen käytettiin sairaasta omenapuusta eristettyjä *Neonectria ditissima* -sienen kotolopeli talvi-itiöitä. Omenapuun kuoresta leikattiin skalpellilla kotolopulloja.

Kotelopullot upotettiin steriiliin tislattuun veteen noin 2–3 tunnin ajaksi, hierottiin rikki lasisauvalla ja saadut koteloitiöt suodatettiin. Koteloitiöiden lukumäärä tilavuusyksikköä kohden laskettiin mikroskoopilla hemasytometrin avulla. Tavoitteena oli 200–300 itiötä/ haava. Koteloitiöiden itävyys varmistettiin mikroskoopilla tartutusta seuraavana päivänä.



Kuva 8. Tartukkeen valmistamista laboratoriossa (Karlstedt 2017)

Kaikki tartutukset aloitettiin poistamalla, etukäteen tartutuksiin valitut, hankasilmut. Silmut poistettiin partakoneenterällä tekemällä viilto pystysuoraan silmun takaa ja vaakasuoraan silmun alta. Valetartutus ja varsinainen tartutus tehtiin Finnpipetten™ avulla, jolla saatiin pieni pisara nestettä (15 µl eli noin $1,5\text{--}2 \times 10^4$ itiötä/ml) jäämään haavakohtaan. Hetken kuluttua haava suljettiin hammastikkua apuna käyttäen vaseliinilla (Vaseline®, Unilever). Vaseliinin tarkoitus oli suojata haavaa ilmassa olevilta taudinaiheuttajilta sekä kuivumiselta. Vaseliini poistettiin jokaisesta haavasta vasta 7 päivän kuluttua tartutuksesta, jotta tartukkeessa olleilla itiöillä olisi aikaa tartuttaa. Kaikki työvaiheet tehtiin puhtailla työvälineillä ja käsien suojana olleita kumihansikkaita vaihdettiin usein tai steriloidtiin 70 % etanolilla.



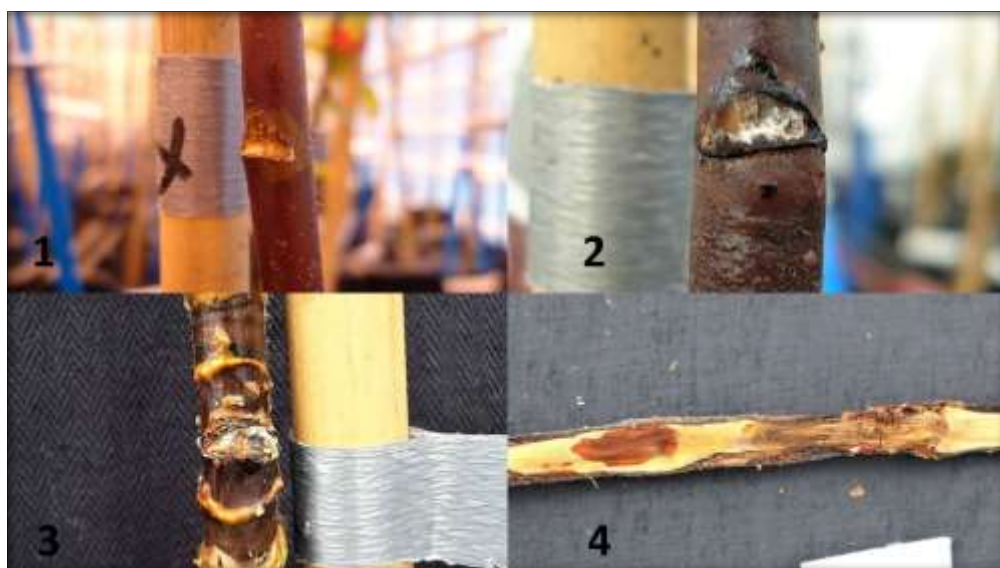
Kuva 9. Tartutusten tekoa kasvihuoneosastossa (Karlstedt 2017)

4.4 Kokeen havainnointi ja kokeen purkaminen

Kasvuston havainnointi aloitettiin 6 viikkoa tartutuksen jälkeen ja jatkettiin aina kahden viikon välein. Viimeinen kerta oli 14 viikkoa tartutuksesta. Havainnointihetkellä ei havainnoitsijalla ollut tietoa siitä, oliko tarkasteltava haava tartutettu vai valetartutettu, sillä kaikki haavakohtat oli merkitty samankaltaisesti taimen tukikeppiin. Ensimmäisellä havainnointikerralla jokainen haavakohta käytiin läpi ja taimista merkittiin ylös mahdollisten hedelmäpuunsyöpäoireiden lisäksi myös niiden kasvuunlähtö. Taudin aiheuttamien kuoliolaikkujen koko mitattiin digitaalisella työntömitalla ja kirjattiin havainnointilomakkeeseen. Havainnointikerroilla 2 ja 3 taimista käytiin läpi vain hedelmäpuunsyöpäoireet samoin kuin aiemminkin. Neljännellä havainnointikerralla merkittiin ylös tieto taimien yleiskunnosta, lehtien puhkeamisasteesta sekä tieto onko syöpälaikku kiertänyt verson. Näiden lisäksi tehtiin tavanomaiset mittaukset haavakohdista kuoliolaikkujen koosta. Kokeen aikana kasvustoa, taimia ja yksittäisiä haavakohtia ja syöpälaikkuja valokuvattiin useaan otteeseen. Viimeiset havainnot koeyksilöistä tehtiin kokeen purkamisen yhteydessä. Ennen varsinaista purkua taimien haavakohdista mitattiin vielä kertaalleen hedelmäpuunsyöpävän aiheuttamien kuoliolaikkujen koko. Purkutilanteessa taimet ja jokainen haavakohta valokuvattiin. Tautioireiden alkuperän selvittämiseksi kuoliolaikun laitamat kuorittiin ja puuaineksessa näkyvän kuolion sijainti havainnoitiin. Kuoren alaisen eli rungon sisäisen kuolion tai värjäymän esiintyminen ja sijainti versossa havainnoitiin rungon poikkileikkauksista.

Taulukko 1. Kokeen havainnointikertojen ja purun rytmitys

Havainnointikerta	Päivämäärä	Havainnoitavat yksilöt
1 (6vko tartutuksesta)	1.3.2017	rivit 1–3
1 (6vko tartutuksesta)	8.3.2017	rivit 4–7
1 (6vko tartutuksesta)	9.3.2017	rivit 8–11
2 (8 vko tartutuksesta)	16.3.2017	rivit 1–3
2 (8 vko tartutuksesta)	22.3.2017	rivit 4–7
2 (8 vko tartutuksesta)	24.3.2017	rivit 8–11
3 (10 vko tartutuksesta)	28.3.2017	rivit 1–3
3 (10 vko tartutuksesta)	4.4.2017	rivit 4–7
3 (10 vko tartutuksesta)	5.4.2017	rivit 8–11
4 (12 vko tartutuksesta)	12.4.2017	rivit 1–3
4 (12 vko tartutuksesta)	20.4.2017	rivit 4–7
4 (12 vko tartutuksesta)	21.4.2017	rivit 8–11
Purku	vko 17	rivit 1–3
Purku	vko 18	rivit 4–7
Purku	vko 19	rivit 8–11



Kuva 10. 1. Ensimmäinen kuoliolaikku 2. Kuromapahka, jossa kuromaitiöt muodostuvat (valkoinen massa) 3. Taudinkuvassa on kehämäisyyttä taimen yrittäessä vastustaa taudin etenemistä. Kuvassa myös kuromapahkoja. 4. Tauti on edennyt kuoren alla taimen puuosassa (Karlstedt 2017)

4.5 Kasvatusolosuhteet

Koeosaston ilmastonsäädöillä oli tarkoitus luoda olosuhteet, jotka mukailivat sellaisia luonnon kevätolosuhteita (lauhkea ja kostea), joissa hedelmäpuunsyöpä menestyy hyvin. Valotuksessa seurattiin luonnon omaa rytmiä. Osastossa oli 9 kpl:tta 400 W:n suurpainenatrium-lamppua. Hiilidioksidilannoitus ei ollut käytössä kokeen aikana.

Pääpiirteissään kokeen aikaiset ilmastonsäädöt olivat seuraavanlaiset:

Tammikuu

- päivälämpötila noin 12 °C, yölämpötila noin 8,5 °C
- suhteellinen ilmankosteus päivällä noin 85 %, yöllä noin 80 %
- valotus päällä klo 8–18

Helmikuu

- päivälämpötila noin 13 °C, yölämpötila noin 8,5 °C
- suhteellinen ilmankosteus päivällä noin 88 %, yöllä noin 83 %
- valotus päällä klo 7.30–18

Maaliskuu

- päivälämpötila noin 17 °C, yölämpötila noin 12,5 °C
- suhteellinen ilmankosteus päivällä noin 80 %, yöllä noin 73 %
- valotus päällä klo 7–18 (maaliskuun alkupuolella), klo 6.30-18.30 (maaliskuun loppupuolella)
- 21.3.2017 yölämpötila nostettu 16 °C kirvasääskien ja ravinteiden paremman kulkeutumisen vuoksi

Huhtikuu

- päivälämpötila noin 19 °C, yölämpötila noin 16 °C
- suhteellinen ilmankosteus päivällä noin 80 %, yöllä noin 72 %

4.6 Hoitotoimet kasvatuksen aikana

4.6.1 Kastelulannoitus ja muu hoito

Kokeen alussa, kun koeosaston lämpötilaa pidettiin melko alhaisena, ei taimia tarvinnut kastella niin usein, sillä ne haihduttivat vain vähän. Ulkolämpötilan noustessa kevään mittaan ja koeosaston lämpötilan nostamisen jälkeen, kastelua tiuhennettiin. Osaston lämpötilan nostamiseen vaikutti ravinteiden huono kulkeutuminen omenan taimissa sekä biologisen kasvinsuojelun toteutuminen. Keskimääräinen kastelulannoitusrytmi oli keran viikossa, mutta myöhemmin keväällä jouduttiin lisäksi kastelemaan myös yksittäisiä taimia, jos ne olivat hyvässä kasvussa tai ikkunan puoleisessa päädyssä. Kastelulannoitus tehtiin käsin letkulla, siirrettävän lannoitteensekoittajan avulla. Lannoitteena käytettiin vuorokerron joko Ferticare Kombi 2 (Yara, Suomi) tai Calcinit-kalkkisalpietaria (Yara, Suomi). Emoliuosten vahvuus oli 15 % ja käyttöliuos 1:100. Lannoitus aloitettiin viikolla 6.

Viikolla 11 annettiin lisälannoitteena Ducanit:a (Duslo, Slovakia) koko kasvustolle alhaisen johtokyvyn ja silmin havaittavan ravinnepuutoksen vuoksi. Kastelulannoituksen ja kasvinsuojelutoimenpiteiden lisäksi asiataimet kitkettiin kerran viikossa, samalla poistettiin perusrunkoversot. Myös kukat poistettiin, jotta taimet keskittyisivät kasvuun.

4.6.2 Tauti- ja tuholaistarkkailu sekä kasvinsuojelutoimenpiteet

Kasvustoa tarkkailtiin jokaisella havainnointikerralla. Jo ensimmäisen havainnoinnin yhteydessä löytyi taimista kirvoja sieltä täältä. Koetta perustettaessa oli päätetty, ettei kokeessa käytetä kemiallista kasvinsuojelua, mikäli se vain oli mahdollista. Tilanteessa konsultoitii Biotuksen asiantuntijoita, jotta löydettiin koeosaston olosuhteisiin sopiva torjuntaeliö. Ensimmäiset kirvasääsket levitettiin huoneeseen 9.3.2017, toinen erä 16.3.2017. Kun kasvustosta ei alkanut löytyä kirvasääsken toukkia, päätettiin 21.3.2017 nostaa koeosaston yölämpötilaa kirvasääskille suotuisammaksi. Samalla koeosastoon tuotiin pöytälamppu, jota pidettiin päällä öisin, sillä kirvasääsket hyötyivät tästä. Koska tilanne oli joidenkin taimien osalta päässyt jo pahaksi, päätettiin tehdä kolme pesäketorjuntaa mäntysuopaliuksella. Mäntysuopakäsittelyt toteutettiin 22.3.2017 4 %:lla, 24.3.2017 3 %:lla ja 5.4.2017 2 %:lla liuksella. 23.3.2017 tuli kolmas kirvasääskierä ja siitä viiden päivän kuluttua 28.3.2017 löytyivät ensimmäiset kirvasääsken toukat. Toukat olivat hyvin tehokkaita ja niitä levitettiin vielä kaksi kertaa tämän jälkeen (30.3.2017 ja 6.4.2017). Kirvatilanne saatiin hyvään hallintaan kirvasääskien avulla, mutta muutamien taimien lehtiin jäi kirvojen jäljiltä imentävioituksia. Koekasvustosta löytyi alussa myös muutamia perhosentoukkia, jotka olivat syöneet taimien kärkisilmut, mutta toukista ei ollut merkittävää haittaa. Tavattaessa ne nitistettiin sormin.

4.7 Tulosten analysointi

Omenalajikkeiden hedelmäpuunsyövän kestävyyskokeen tuloksien tarkasteluun käytettiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaa tai ohjelman Pivot-taulukkoraporttitoimintoa. Oirekohtainen AUDPC-arvo (Area Under the Disease Progress Curve) on havainnoista laskettu arvio pinta-alasta, joka jää kuoliolaikun koon kehitystä kuvaavan käyrän alle. Oirekohtaisesti AUDPC-arvon laskeminen aloitettiin laskemalla pinta-ala osissa: kertomalla kuolio-oireen pituuden muutos joko tartutuksesta kuluneella ajalla (1. havaintokerta) tai edellisestä havaintokerrasta kuluneella ajalla (kaikki muut havaintokerrat). Nämä osat summaamalla saatiin kokonaispinta-ala (AUDPC-arvo).

5 TULOKSET

Opinnäytetyössä mukana olleiden 19 omenantaimen, kuoliolaikkujen pituudet laskettiin jokaisesta haavasta ylös- ja alaspäin mitattujen kuolioiden summana. Taudin etenemistä ja vakavuutta kuvaavat käyrät muodostettiin kuoliolaikkujen ko' oista eri aikapisteissä eli jokaisella havainnointikerrolla, ja niiden alainen pinta-ala, Area Under the Disease Progress Curve eli AUDPC-arvo, laskettiin haavakohtaisesti.

5.1 Tautioireiden määrän kehitys kokeen aikana

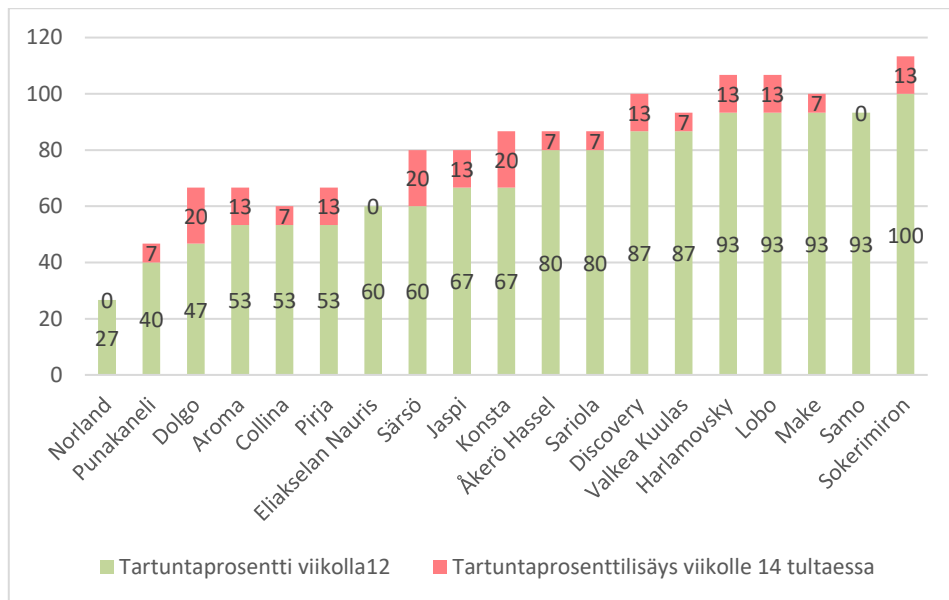
Tautioireiden määrän selvittämiseksi ja oireiden kehitystä kuvaamaan laskettiin tartuntojen lukumäärät lajikkeittain (Taulukko 2). Havainnointiviikkojen 12 ja 14 välillä oli tautioireiden lukumäärissä eroja, sillä viikolla 14 ei mitattu pienikokoisimpia kuoliolaikkuja laisinkaan. Tämä johtui siitä, että viikkojen 12 ja 14 havainnointikerroilla havainnoitsija vaihtui. Tällaisia havaintoeroja oli 14 lajikkeessa, yhteensä 31 tartutuskohdassa. Taulukossa 2 tautioireiden lukumäärä esitetään niin, että viikolla 12 mitatut kuoliolaikut ovat laskettu mukaan viikon 14 havaintoihin.

Taulukko 2. Tautioireiden lukumäärän kehitys eri havainnointikerroilla

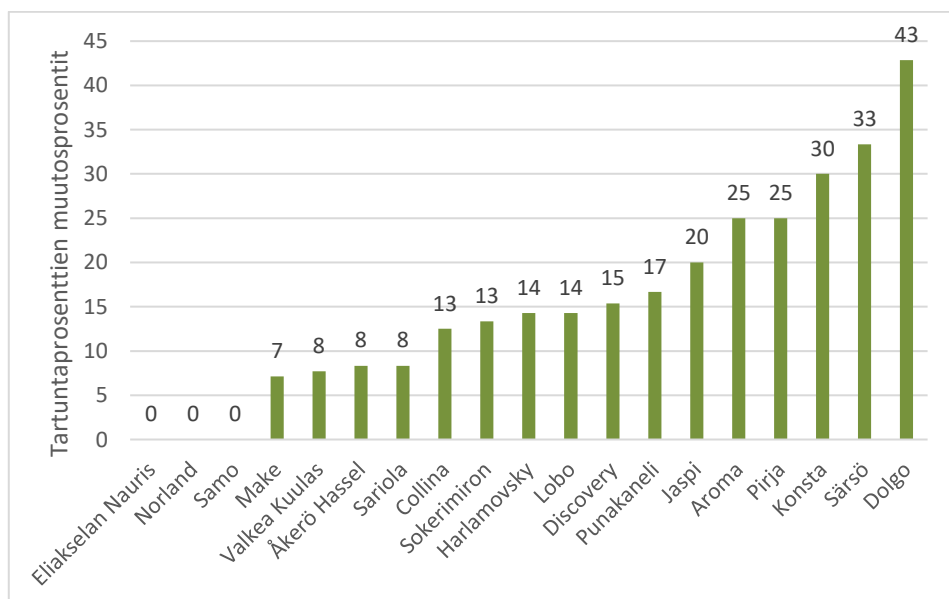
Lajike	6. viikko	8. viikko	10. viikko	12. viikko	14. viikko
Aroma			1	8	10
Collina		1	2	8	9
Discovery	1	1	3	13	15
Dolgo			1	7	10
Eliakselan Nauris		3	5	9	9
Harlamovsky		4	8	14	16
Jaspi		2	5	10	12
Konsta		1	3	10	13
Lobo		1	9	14	16
Make			4	14	15
Norland			1	4	4
Pirja		2	3	8	10
Punakaneli				6	7
Åkerö Hassel		2	10	12	13
Samo		1	3	14	14
Sariola			4	12	13
Sokerimiron		1	7	15	17
Särsö		2	3	9	12
Valkea Kuulas		3	12	13	14
Yhteensä	1	24	84	200	229

5.2 Tartuntaprosentit

Lajikekohtaisten tautioireiden lukumäärää (Taulukko 2) käytettiin pohjana laskettaessa havainnointiviikoille 12 ja 14 lajikkeiden tartuntaprosentit (Kuva 11). Yleisesti tartuntojen määrä kasvoi viikosta 12 viikkoon 14 useimilla lajikkeilla. Tätä kuvaamaan laskettiin kahdessa viikossa tapahtunut muutos lajikkeiden tartuntaprosenteissa (Kuva 12). Tarkat arvot on esitetty Liitteessä 3.



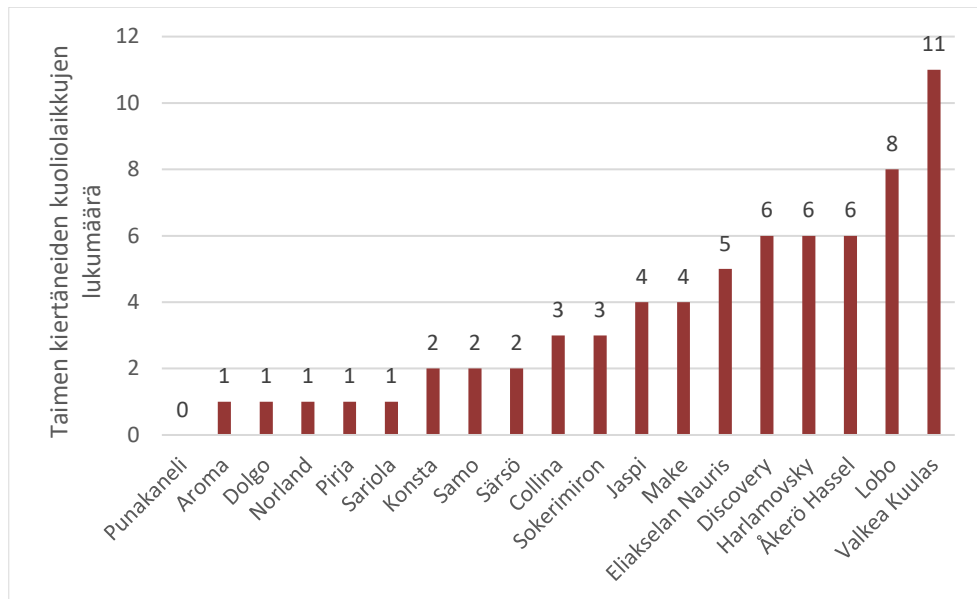
Kuva 11. Lajikekohtaiset tartuntaprosentit havainnointiviikolla 12 (vihreä pylvään alaosa) sekä tartunnoissa tapahtunut lisäys viikolle 14 tultaessa (punainen pylvään yläosa). Koko pylväs kertoo lajikekohtaisen tartuntaprosentin viikolla 14.



Kuva 12. Viikkojen 12 ja 14 välisenä aikana tapahtunut muutos tartuntaprosenteissa lajikkeittain

5.3 Rungon kiertäneiden kuoliolaikkujen lukumäärä

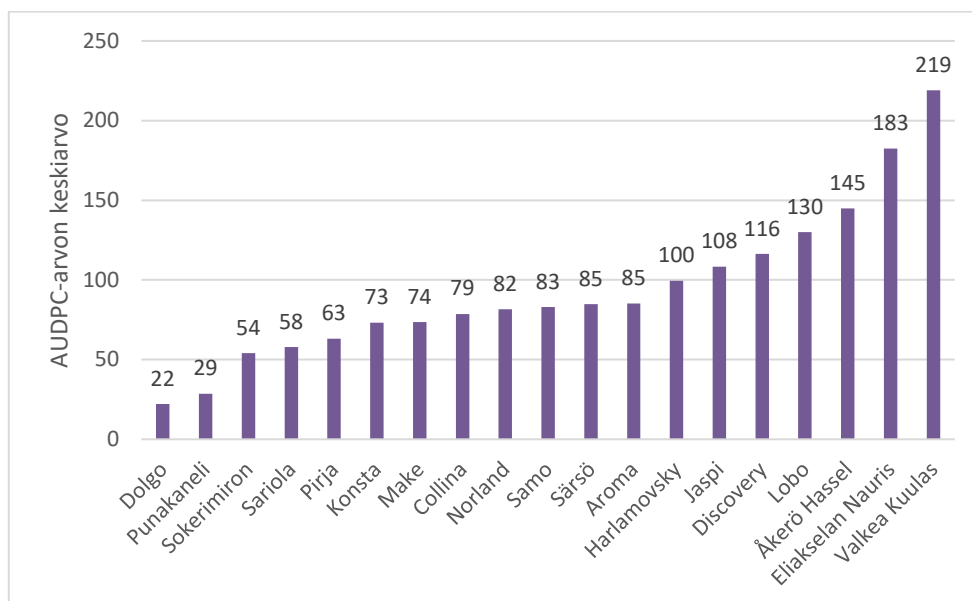
Koetaimista laskettiin myös haavakohtaisesti ne kuoliolaikut, jotka olivat kiertäneet taimen rungon ympäri. Laskelmat tehtiin viimeisen havainnointikerran (Viikko 14) tuloksista. Niistä muodostettiin Kuvan 13 esittämä pylväskaavio.



Kuva 13. Koetaimien rungon kiertäneiden kuoliolaikkujen lukumäärä lajikkeittain viikolla 14

5.4 AUDPC-arvojen keskiarvot

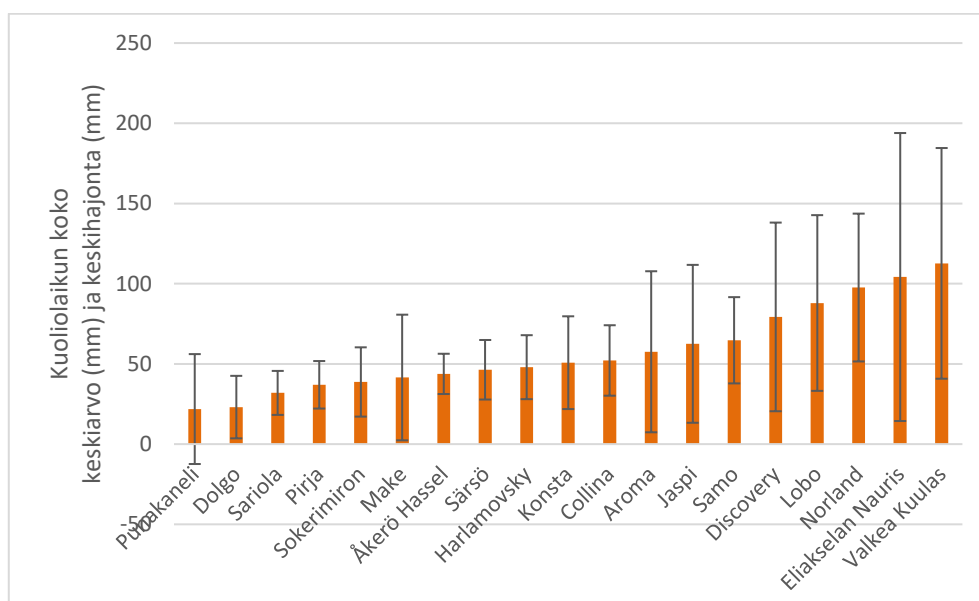
AUDPC-arvojen keskiarvot, eri aikapisteissä, laskettiin lajikekohtaisesti. Keskiarvon laskennassa otettiin huomioon vain ne tartutuskohdat, joissa mitattavaa kuoliota havaittiin.



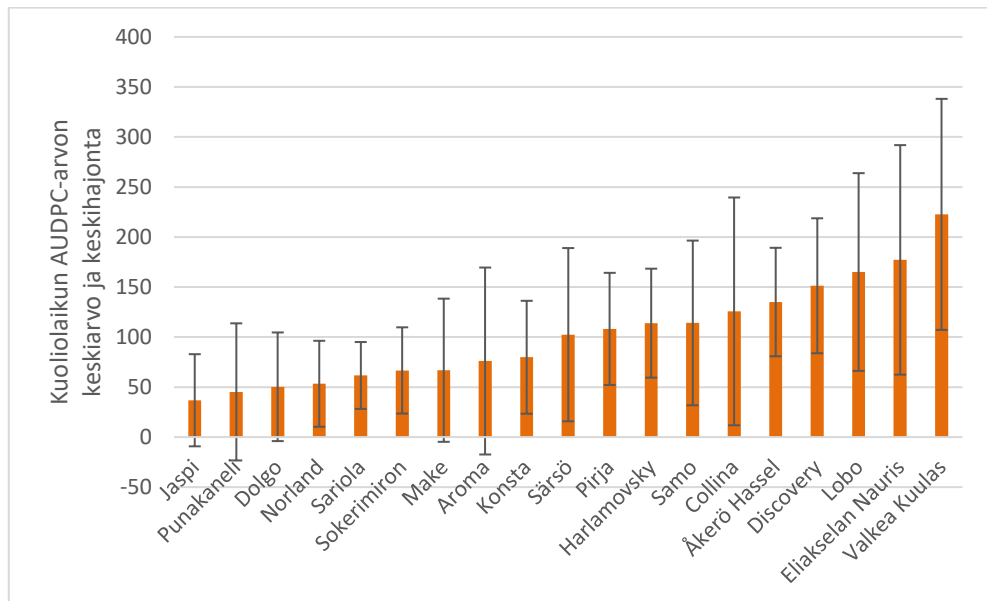
Kuva 14. Lajikekohtainen AUDPC-arvojen keskiarvo 14:nneen viikon havaintopisteen mukaan

5.5 Suurimpien kuoliolaikkujen keskiarvot ja keskihajonnat

Havainnointituloksista laskettiin kuoliolaikun pituus, viikolla 14, tartutuskohtasta ylös- ja alaspäin mitattujen kuolioiden summana. Taimikohtaisesti valittiin suurin laikku, jonka perusteella laskettiin keskiarvo ja keskihajonta. Vertailun vuoksi taimien suurimmista laikuista laskettiin myös niiden AUDPC-arvoista keskiarvo ja -hajonta viikolla 14. Tiedoista tehtiin pylväskaaviot (Kuva 15 ja Kuva 16). Tarkat arvot on esitetty Liitteissä 4 ja 5.



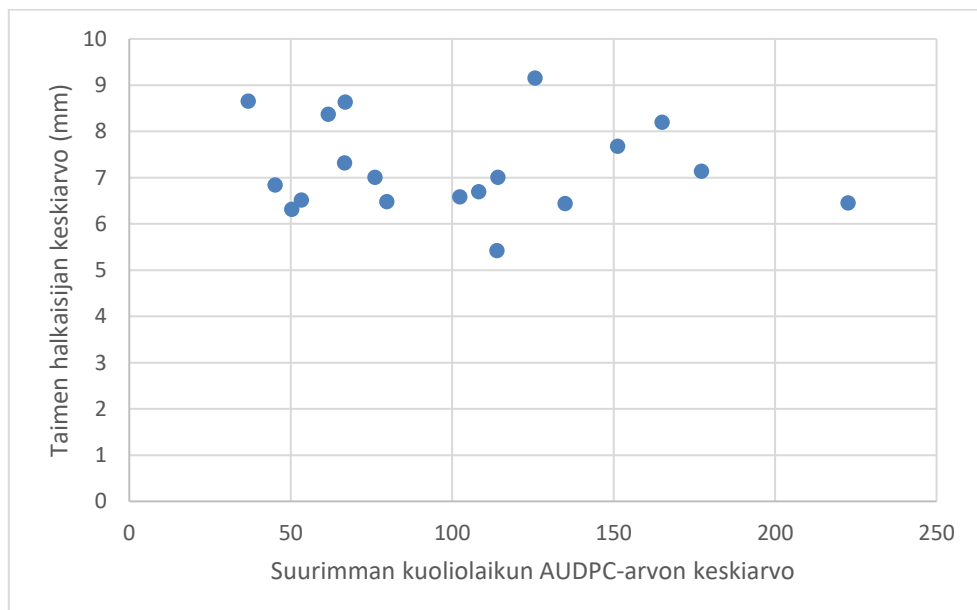
Kuva 15. Omenalajikkeiden koetaimien suurimpien kuoliolaikkujen halvaisjoiden keskiarvo ja keskihajonta viikolla 14



Kuva 16. Omenalajikkeiden koetaimien suurimpien kuoliolaikkujen AUDPC-arvojen keskiarvot ja keskihajonnat viikolla 14

5.5.1 Hajontakuvio

Omenalajikkeiden suurimpien kuoliolaikkujen AUDPC-arvojen keskiarvoja (Kuva 16) verrattiin koetaimien rungon halkaisijoiden keskiarvoihin. Rungon halkaisijat oli mitattu varttamiskohdan yläpuolelta, kohdasta, jossa taimen uusi kasvu oli alkanut. Vertailusta tehtiin hajontakuvio (Kuva 17). Tarkat arvot on esitetty Liitteessä 6.



Kuva 17. Hajonta-eli pistekaavio koetaimien suurimpien kuoliolaikkujen AUDPC-arvojen, sekä taimien halkaisijoiden keskiarvoista

5.6 Valetartutushaavojen infektoituminen

Kokeen tuloksia tarkasteltaessa havaittiin, että myös joissakin kontrolli- eli valetartutushaavoissa oli hedelmäpuunsyövän oireita. Oireiden lukumäärä laskettiin lajikkeittain niin, että laskennoissa huomioitiin havainnointiviikolla 14 tehdyt kuolio-oirehavainnot, kun oire havaittiin joko kuoren päällä, kuoren alla tai molemmissa. Neljän lajikkeen osalta ('Dolgo', 'Konsta', 'Samo', 'Sokerimiron') oireita löytyi valetartutushaavoista sekä kuoren päältä, että alta. Kuuden lajikkeen osalta ('Discovery', 'Harlamovsky', 'Jaspi', 'Lobo', 'Make', 'Sariola') oireita löytyi viikolla 14 kuoren päältä, mutta kuoren alainen puuaines oli niin huonossa kunnossa, ettei mittauksia voitu sieltä suorittaa. Kahden lajikkeen osalta ('Åkerö Hassel' ja 'Valkea Kuulas') oireita havaittiin viikolla 14 kuoren alta, mutta ei kuoren päältä. Taimien yleiskuntoa kuvaamaan laskettiin niissä esiintyvien kuromapahkojen lukumäärä. Seitsemällä lajikkeella ei valetartutushaavojen infektoita havaittu laisinkaan viikolla 14 ('Aroma', 'Collina', Eliakselan Nauris', 'Norland', 'Pirja', 'Punakaneli', 'Särsö'). Havainnoista koottiin taulukko (Taulukko 3).

Taulukko 3. Valetartutushaavoissa olleiden kuolio-oireiden lukumäärä lajikkeittain havainnointiviikolla 14, kun kuolio-oire havaittiin kuoren päällä, kuoren alla tai molemmissa. Myös niiden taimien lukumäärä, joissa esiintyi kuromapahka/-pahkoja samassa taimiyskilössä sekä taimet, joiden kuoren alla oleva puuaines oli niin huonossa kunnossa, ettei mittauksia kyetty tekemään.

Lajike	Havainto kuoren päällä	Taimessa kuromapahka	Havainto kuoren alla	Ei mittauksia kuoren alta
Aroma	-	-	-	-
Collina	-	-	-	-
Discovery	1	1	-	1
Dolgo	1	1	1	-
Eliakselan Nauris	-	-	-	-
Harlamovsky	2	1	-	1
Jaspi	1	1	-	1
Konsta	2	2	1	1
Lobo	1	1	-	1
Make	2	2	-	1
Norland	-	-	-	-
Pirja	-	-	-	-
Punakaneli	-	-	-	-
Åkerö Hassel	-	-	1	-
Samo	1	1	1	-
Sariola	1	-	-	1
Sokerimiron	1	1	1	-
Särsö	-	-	-	-
Valkea Kuulas	-	-	1	-
Yhteensä	13	11	6	7

5.7 Taudin kehittyminen eri osissa koehuonetta

Koko kokeessa saatujen tartuntojen sijainnit kartoitettiin rivitarkkuudella (Taulukko 4).

Taulukko 4. Tartuntojen sijainnit koehuoneessa.

Rivi	Tartuntojen lukumäärä
1	47
2	62
3	47
4	73
5	72
6	76
7	70
8	59
9	60
10	47
11	55

6 TULOSTEN TARKASTELU

Hedelmäpuunsyövän kestävyttä eri omenalajikkeilla päädyttiin esittämään pääosin havainnoista laskettujen AUDPC-arvojen keskiarvojen sekä tartuntaprosenttien avulla. AUDPC-arvoa käytetään kasvien taudinkestävyyden ilmaisemiseen ja vertailemiseen (Jackson 2017). AUDPC-arvot kuvaavat taudin oireiden pahenemista ajassa ja kertovat lajikkeiden suhteellisesta alttiudesta tai kestävydestä taudille. Tartuntaprosentit kertovat kuinka suuressa osassa tartutetuista haavoista kehittyi taudin oireita ja voi osaltaan kertoa lajikkeen alttiudesta saada tartunta. Tulosten tarkastelun tukena on ollut hyvin rajallinen määrä kirjallista aineistoa käytössä, sillä hedelmäpuunsyövän kestävyden tutkimus pohjoismaisilla ja erityisesti suomessa viljellyillä omenalajikkeilla on ollut käynnissä vasta muutaman vuoden ajan.

6.1 Tautioireiden määrän kehitys

Laskettujen AUDPC-arvojen lukumäärän perusteella voitiin havaita, miten kuoliolaikut olivat kehittyneet ajassa lajikkeittain (Taulukko 2). Ensimmäinen kuoliolaikku havaittiin ensimmäisellä havainnointikerralla eli 6 viikkoa tartutuksesta, viikolla 8 oli tartuntoja jo 24 kappaletta. Viikkojen 10 ja 12

välissä oireiden määrä kaksinkertaistui, ollen yhteensä 200 kappaletta viikolla 12. Kahden viimeisen havaintokerran välisenä aikana oireiden määrän lisääntyminen hidastui ja kokeen päättyessä, viikolla 14, oli kuoliolaikkuja kaiken kaikkiaan 229 kappaletta. Tyypillisimmillään taudin ensimmäiset oireet olivat tulleet havaittaviksi viikolla 8, mutta tämän jälkeen oli tauti voinut edetä nopeammin tai hitaammin. Tietoa taimen kyvystä vastustaa tautia, pitää tautia niin sanotusti kurissa, voidaan pitää myös tärkeänä lajikeominaisuutena. Lajikkeilla 'Harlamovsky', 'Lobo' ja 'Sokerimiron' oli yli 15 haavassa kuolio-oireita. Kaikkien lajikkeiden osalta tämä selittyy sillä, että myös niiden valetartutushaavoista löytyi oireita.

6.2 Tartuntaprosentit

Pienimmät tartuntaprosentit viikolla 14 (Kuva 11) olivat 'Norlandilla' (27 %) ja 'Punakanelilla' (47 %). Suurimmat olivat 'Sokerimironilla' (113 %), 'Harlamovskyllä' (107 %), 'Lobolla' (107 %), sekä 'Discoverylla' (100 %) ja 'Makella' (100 %). Yli 100 %:n menevät tartuntaprosentit selittyvät sillä, että koetaimissa oli myös valetartutushaavoissa kuoliolaikkuja. Ruotsalaisissa astiataimien tartutuskokeissa, vuosina 2012–2014, jäi 'Keltakaneli' kokonaan vaille tartuntaa (Garkava-Gustavsson ym. 2016, 79). Lajikkeen ollessa kanelilajikkeiden värimuunnos (Hirvensalmen taimisto n.d.), voidaan sen taudinkestävyyden ominaisuuksia vertailla suuntaa antavina 'Punakanelin' kanssa. Piikkiön kokeessa 'Punakanelilla' oli toiseksi pienin tartuntaprosentti, mutta silti kokeen loppuun tultaessa, oli miltei puolessa sen haavoista taudin oireita. 'Aroma' oli niin ikään, kumpanakin koevuonna, Ruotsissa kestävimpien lajikkeiden joukossa (Garkava-Gustavsson ym. 2016, 79), myös Piikkiössä lajike pärjäsi melko hyvin ja oli viidenneksi kestävin, yhdessä 'Pirjan' kanssa. 'Harlamovsky' oli selkeästi kaikkein alttein lajike ruotsalaisissa kokeissa molempina vuosina (Garkava-Gustavsson ym. 2016, 79), eikä lajike Piikkiössäkään pärjännyt kovin hyvin.

Tartuntaprosenteissa havaittiin myös muutoksia viikkojen 12 ja 14 välisenä aikana (Kuva 12). Lajikkeilla 'Eliakselan Nauris', 'Norland' ja 'Samo' ei tapahtunut enää minkäänlaisia muutoksia viimeisten kahden viikon aikana. 'Dolgolla', oli sitä vastoin, 43 %:n muutos taudin oireissa, 'Särsöllä' 33 %:n ja 'Konstalla' 30 %:n muutokset. Näistä ainakin 'Eliakselan Naurilla' ja 'Norlandilla' taudin eteneminen oli kaiken kaikkiaan hillittyä (Taulukko 2). Suurimpien muutosten lajikkeilla tauti eteni kumminkin tasaisesti. Kaikkien opinnäytetyön omenalajikkeiden keskimääräinen tartuntaprosentti kokeen päättyessä oli 80 %.

6.3 Rungon kiertäneiden kuoliolaikkujen lukumäärä

Kuvaa 13 tarkasteltaessa havaitaan, että kokeen päättyessä 'Punakaneli' oli ainut lajike, jonka yhdessäkään koetaimessa ei ollut koko runkoa kiertänyttä kuoliolaikkua. 'Aromassa', 'Dolgossa', 'Norlandissa', 'Pirjassa' ja 'Sariolassakin' oli vain yhdessä haavassa rungon ympäri kiertänyt laikku.

Eniten rungon kiertäneitä laikkuja oli 'Valkea Kuulaassa', peräti yhdeksätoista haavassa viidestätoista. 'Lobo' oli toisella sijalla kahdeksan haavan osalta ja kolmanneksi sijoittuivat 'Åkerö Hassel', 'Harlamovsky' sekä 'Discovery', joissa kaikissa oli kuudessa haavassa laikku kiertänyt koko rungon. Käytännössä taimi kuolee, kun kuoliolaikku pääsee kiertämään rungon ympäri. Kun sama tapahtuu oksalle, joudutaan tuottava oksa poistamaan. Tämä voi aiheuttaa suuriakin taloudellisia menetyksiä taimistoilla ja omenatarhoilla. (Grove 1991, 36.)

6.4 AUDPC-arvojen keskiarvot

AUDPC-arvojen keskiarvojen avulla päästiin vertailemaan lajikkeiden oireiden vakavuutta suhteessa toisiinsa. Kuvassa 14 lajikkeiden taudin oireet kasvavat vasemmalta oikealle mentäessä. Työssä mukana olleilla omenalajikkeilla selkeästi vähäisimmät taudin oireet havaittiin 'Dolgolla' ja 'Punakanelilla'. Melko vähäiset oireet löytyivät 'Sokerimironilta', 'Sariolalta' ja 'Pirjalta'. Kaikkein vakavimmat oireet havaittiin lajikkeilta 'Valkea Kuulas' ja 'Eliakselan Nauris', joita seurasivat 'Åkerö Hassel', 'Lobo', sekä 'Discovery'. Suurin osa lajikkeista sijoittui pylväskaavion keskivaiheille. Vaikka 'Åkerö Hassel' onkin 'Åkerön' muunnos (Hirvensalmen taimisto n.d.), voidaan sen taudinkestävyyden ominaisuuksia vertailla, suuntaa antavina, aiemmissa tutkimuksissa 'Åkeröstä' tehtyjen havaintojen kanssa. Ruotsalaisten tekemissä astiataimien tartutuskokeissa, 2011–2012, 'Åkerö' havaittiin altteimmaksi lajikkeeksi hedelmäpuunsyövälle (Ghasemkhani ym. 2015). Vuosien 2012–2014 tartutuskokeissa taasen 'Harlamovskyn' todettiin olevan kaikkein herkin lajike (Garkava-Gustavsson ym. 2016, 79). Piikkiön 2017 tutkimuksessa lajike oli kumminkin vasta seitsemänneksi alttein. Ruotsissa 'Aroma' oli lajikkeena kestävimpien joukossa, mutta Piikkiössä se oli keskisarjaa, sijoittuen vasta kahdenneksitoista kestävyydeltään. (Garkava-Gustavsson ym. 2016, 79.) 'Lobon' sijoittuminen Piikkiön kokeessa neljänneksi altteimmaksi lajikkeeksi tukee siitä tehtyjä havaintoja kenttäolosuhteissa. Viljelmillä 'Lobon' on havaittu olevan altis lajike hedelmäpuunsyövälle. (Björklund 2017.)

6.5 Suurimpien kuoliolaikkujen keskiarvot ja -hajonnat

Eri lajikkeiden suurimpien kuoliolaikkujen kokojen keskiarvojen (Kuva 15) perusteella havaittiin, että ne vaihtelivat 'Punakanelin' 22 mm:n mittaisista 'Valkea Kuulaan' 113 mm:n kuoliolaikkuihin. Loppuhavainnoissa 'Punakanelin' oireet olivat yleisesti ottaen vähäiset, kun 'Valkea Kuulaan' koetaimissa oireet olivat vakavat. Tauti oli päässyt leviämään tartutuskohtien välissä, kuoren alla. Taimen rungon kiertäneitä laikkuja löytyi viidessä kuudesta koetaimesta ja tauti oli kehittänyt kuromapahkan neljään taimeen jo viikolle 12 tultaessa. Lajikkeiden suurimpien kuoliolaikkujen keskihajontojen suuruus selittyy ainakin osaksi sillä, että koetaimia/ lajike oli melko vähän (6/ lajike) ja että osassa niiden taimia ei ollut taudin oireita laisinkaan.

Kun verrattiin Kuvan 14 pylväskaavion AUDPC-arvojen keskiarvojen mukaan lajikejärjestyksessä Kuvan 15 kaavioon lajikkeiden suurimpien kuoliolaikkujen keskiarvoista havaittiin, että niissä oli samankaltaisuutta. Esimerkiksi vähäisimmät oireet omaavilla lajikkeilla 'Dolgo' ja 'Punakaneli' olivat myös keskimääräisesti pienimmät kuoliolaikut. Taasen 'Valkea Kuulas', jolla oli vakavimmat oireet, omasi myös keskimääräisesti suurimmat kuoliolaikut. Lajikkeiden suurimpien kuoliolaikkujen AUDPC-arvojen keskiarvoja (Kuva 16) verrattaessa taimien halkaisijoiden keskiarvoihin, todettiin, ettei niistä tehdyn hajontakuvion perusteella ollut havaittavissa arvojen välistä riippuvuutta (Kuva 17), toisin sanoen koetaimet olivat sopivan paksumaisia, eikä lajikkeiden rungon paksuuden vaihteluilla ollut vaikutusta oireiden esiintyvyyteen.

6.6 Valetartutushaavojen infektoituminen

Valetartutushaavojen infektoitumista voisi selittää näiden taimien huonolla yleiskunnolla ja runsailla tautioireilla. On mahdollista, että valetartutussilmut saivat tartunnan taimista itsestään taudin edetessä kuoressa ja taimen puuosassa kuoren alla. Miltei kaikilla taimilla, joissa valetartutushaavojen infektoitumista havaittiin, esiintyi myös kuromapahkoja eli tauti oli päässyt kehittymään nopeasti taimiyksilössä. Kun verrataan saatuja tietoja pylväskaavion AUDPC-arvojen keskiarvoihin lajikkeittain (Kuva 14), ei voida havaita, että vakavista oireista kärsineet lajikkeet olisivat olleet sen alttiimpia valetartutussilmujen infektoitumiseen. Voi siis olla, että valetartutusten sijoittamisessa tai vaseliinin poistossa oli tapahtunut virhe. Taimet olivat myös voineet kantaa hedelmäpuunsyöpää piilevänä.

6.7 Tartuntojen sijainnit koehuoneessa

Tarkasteltaessa kaikkien kokeessa mukana olleiden koetaimien taudin esiintyvyyttä koehuoneessa (Taulukko 5) havaittiin, että tartuntojen määrä oli suurin keskellä huonetta (rivit 4–7), vaihdellen 70 ja 76 välillä, kun käytävän puolella (rivit 8–11) tartuntojen määrä oli 47 ja 60 välillä. Alhaisin tartuntojen määrä oli kasvihuoneen eteläisen seinän puolella (rivit 1–3), pysytellen 47 ja 62 välillä. On vaikea tietää mikä vaikuttaa taudin epätasaiseen esiintyvyyteen koehuoneessa, ilmasto-olot vai itse tartuke. Koehuoneen eteläinen pääty kuivui herkimmin siihen paistavan auringon vaikutuksesta. Toisaalta on myös mahdollista, että tartukkeissa on ollut eroja, sillä jokaista tartutuskertaa varten tehtiin oma tartuke. Nämä tekijät ovat voineet vaikuttaa kokeen lopputulokseen ja joidenkin lajikkeiden osalta tartunta-alttiuteen. Esimerkiksi viljelmillä alttiiksi lajikkeeksi havaitun 'Lobon' (Björklund 2017) kaikki koetaimet sijoittuivat koehuoneen kaikkein kosteimmille keskimmaisille riveille. Tässä kokeessa kestäväksi havaitun 'Dolgo'-lajikkeen koetaimet taas olivat enimmäkseen huoneen reunoilla eli parhaiten tuulettuvilla alueilla. Tosin 'Valkea Kuulaan', joka oli tämän kokeen alttein lajike, koetaimet olivat tasaisesti ympäri koehuonetta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyö tarkastelee 19 kotimaisen omenalajikkeen kestävyden eroja hedelmäpuunsiiväälle. Tutkimustulokset osoittivat, että lajikkeiden välillä oli eroja taudinkestävydessä. 'Valkea Kuulas' (*Malus domestica*) nousi tämän kokeen altteimmaksi lajikkeeksi tarkasteltaessa AUDPC-arvojen keskiarvoja, taimien rungot kiertäneiden kuoliolaikkujen lukumäärää sekä suurimpien kuolio-oireiden esiintyvyyttä lajikkeittain. Samoilla mittareilla tarkasteltuna 'Punakaneli' (*Malus domestica*) ja paratiisiomenapuihin kuuluva 'Dolgo' (*Malus Prunifolia* -Ryhmä) olivat kestävimpiä lajikkeita. Kaikilta tutkimuksen lajikkeilta havaittiin hedelmäpuunsiivävän oireita kokeen aikana ja lajikkeista suurin osa oli taudinkestävydeltään melko alttiita tai melko kestäviä, mikä vahvistaa käsitystä siitä, että omenalajikkeiden vastustuskyky on osittaista. Tämä tutkimus tuotti uutta tietoa 13 omenalajikkeen osalta, jota voidaan hyödyntää tulevien tartutuskokeiden analyyseissä. Muutamien lajikkeiden osalta saatiin vertailukelpoista tietoa aiempiin Ruotsissa tehtyihin lajikekokeisiin.

Tutkimusmenetelmänä tartutukset vuoden ikäisiin piiska-astiataimiin toimivat toivotulla tavalla, kokeen keskimääräisen tartuntaprosentin ollessa 80 %. Kasvihuonekoe on pääsääntöisesti toistettavissa kasvatusolojen puolesta. Eroavuutta kokeen toistossa voi ilmetä esimerkiksi tartukkeessa olevan taudinaiheuttajan alkuperässä ja elinvoimassa sekä itse omenantaimissa. Eri kasvukausina (2016 ja 2017) kasvaneiden omenantaimien ominaisuuksiin voivat vaikuttaa kasvu- ja kasvatusolojen vaihtelut. Syy valetartutushaavoissa havaittuihin tartuntoihin jäi epäselväksi, mutta antaa aiheutta kiinnittää erityistä huomiota työn toteutukseen valetartutustilanteissa sekä hygieniaan vaseliinin poiston yhteydessä.

Tutkimustulokset saatiin vakioidussa ympäristössä, kasvihuoneessa, jossa ilmasto-olot oli säädetty halutunlaisiksi: taudinaiheuttajan kannalta optimaalisiksi (kosteus ja lauhkeus), omenantaimien kannalta vastaamaan kevään ilmasto-oloja ja kasvuunlähden ajankohtaa. Viljelmillä omenapuiden kasvuun, elinvoimaisuuteen ja sadontuottokykyyn vaikuttavat useat kasvutekijät aina ravinteista lämpötilaan sekä monet stressitekijät, kuten kylmyys, tuholaiset ja kasvitaudit. Hedelmäpuunsiivävän esiintyvyyteen viljelmillä vaikuttavat ilmasto, yleiset kasvuolot, maalaji, maaperän vedenläpäisykyky sekä lannoituskäytäntö. On sattuman varaista minkälaiset sääolot vallitsevat esimerkiksi lehtien putoamisen aikaan hedelmätarhalla, osuvatko tuulet ja sateet parahiksi levittämään sieni-itiöitä syntyneisiin lehtiarpiin. Itiömäärät eivät myöskään välttämättä vastaa kokeen itiömääriä/ syntyneitä haava. Kokeessa tartutus tehtiin heti haavan teon jälkeen, ajankohtana, jolloin haavakohta on herkimmillään saamaan tartunnan. Täysin suoraa vertailua ei voida tehdä kasvihuonekokeen tulosten ja viljelmiltä tulevien havaintojen välillä. Suuntaa kokeen tulokset voivat kumminkin antaa: Hedelmäpuunsiivävän tarkkailu viljelmillä kannattaa aloittaa altteimmista omenalajikkeista.

Hahmottaaksemme, kuinka yleinen hedelmäpuunsyöpä on Manner-Suomessa ja mikä on maassamme viljeltyjen omenalajikkeiden taudinkestävyys viljelmillä, tulisi taudin esiintyvyyttä ja omenapuiden kasvuoloja kartoittaa järjestelmällisesti. Tämä koe palveli ensisijaisesti ennaltaehkäisevää taudintorjuntaa, mutta voidaksemme vastata tulevaisuuden torjunnan haasteisiin, myös kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käydessä harvalukuisemmiksi, tulisi biologisen torjunnan mahdollisuuksia selvittää työelämälähtöisesti kenttäolosuhteissa.

LÄHTEET

Agriculture and Horticulture Development Board (n.d.). Apple Best Practice Guide, Apple Canker *Neonectria ditissima*. Haettu 16.4.2017 osoitteesta <http://apples.ahdb.org.uk/apple-canker-additional%20information.asp#link8>

Agrios, G. (2005). *Plant Pathology*. Massachusetts USA: Elsevier.

Andersson, P., Cunningham, A., Patel, N., Morales, F., Epstein, P. & Daszac, P. (2004). Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *TRENDS in Ecology and Evolution* 19, 10/2004, 535–544. Haettu 24.2.2017 osoitteesta <http://www.stoppinginvasives.org/dotAsset/d39702f8-6aa5-4fc2-88b6-a93fb8a7f668.pdf>

Australian Government (2013). National Diagnostic Protocol for Detection of *Neonectria ditissima* (European canker). Haettu 24.2.2017 osoitteesta <http://plantbiosecuritydiagnostics.net.au/wordpress/wp-content/uploads/2015/03/NDP-21-European-canker-Neonectria-ditissima-V1.2.pdf>

Beresford, R. & Kim, K. (2011). Identification of Regional Climatic Conditions Favorable for Development of European Canker of Apple. *Ecology and Epidemiology* 101, 1/2011, 135–146. Haettu 24.2.2017 osoitteesta <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdfplus/10.1094/PHYTO-05-10-0137>

Björklund, F. (2017). Viljelyneuvojan puhelinhaastattelu 30.10.2017

Bremer, K. (1991). Lehtipuunsyöpä. I., Markkula (toim.) *Hedelmä- ja marjakasvien taudit*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 32.

Børve, J., Kolltveit, S., Talgø, V. & Stensvand, A. (2017). Apple rootstocks may become infected by *Neonectria ditissima* during propagation. *Acta Agriculturae Scandinavica, section B – Soil & Plant Science* 2017. 68, NO 1, 16–25. Viitattu 22.11.2017 paperiseen kopioon.

Cale, J., Garrison-Johnston, M., Teale, S. & Castello, J. (2017). Beech bark disease in North America: Over a century of research revisited. *Forest Ecology and Management* 394, 86–103. Haettu 16.4.2017 osoitteesta <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.hamk.fi/science/article/pii/S0378112717301470>

Creemers, P. (2014). Nectria Canker. Teoksessa T. Sutton, H. Aldwinckle, A. Agnello & J. Walgenbach (toim.) *Compendium of Apple and Pear Diseases*, second edition. Minnesota USA: The American Phytopathological Society, 49–51.

Dubin, H. & English, H. (1974). Epidemiology of European Apple Canker in California. *Phytopathology* 65, 542-550. Haettu 14.4.2017 osoitteesta https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1975Articles/Phyto65n05_542.PDF

Elintarviketurvallisuusvirasto (2017). Kasvinsuojelu. Haettu 17.4.2017 osoitteesta <https://www.evira.fi/yhteiset/luomu/kasvit/kasvinsuojelu/>

Fargrow (2017). BlocCade. Haettu 2.11.2017 osoitteesta <http://www.fargrow.co.uk/products/agrochemicals/bloccade/bloccade.asp>

Farmit (n.d.). Sää. Haettu 17.4.2017 osoitteesta <http://www.farmit.net/saa>

Garkava-Gustavsson, L., Ghasemkhani, M., Zborowska, A., Englund, J.-E., Lateur, M. & Van de Weg, E. (2016). Approaches for evaluation of resistance to European canker (*Neonectria ditissima*) in apple. *Acta Horticulturae* 1127, 75–81. Viitattu 17.4.2017 paperiseen kopioon.

Garkava-Gustavsson, L., Zborovska, A., Sehic, J., Rur, M., Nybom, H., Lateur, M., Van de Weg, E. & Holefors, A. (2011). Screening of apple cultivars for resistance to European canker, *Nectria galligena*. Haettu 24.2.2017 osoitteesta http://www.nordgen.org/ngdoc/plants/ppp_apples/canker/PosterLGWarszava2011.pdf

Ghasemkhani, M. (2015). Resistance against fruit tree canker in apple. Evaluation of Disease Symptoms, Histopathological and RNA-Seq Analyses in Different Cultivars, Genetic Variation of *Neonectria ditissima*. Väitöskirja. Haettu 24.2.2017 osoitteesta http://pub.epslu.se/12495/7/ghasemkhani_m_150819.pdf

Ghasemkhani, M., Sehic, J., Ahmadi-Afzadi, M., Nybom, H. & Garkava-Gustavsson, L. (2015). Screening for Partial Resistance to Fruit Tree Canker in Apple Cultivars. *Acta Horticulturae* 1099, 687–690. Haettu 10.2.2018 osoitteesta <file:///C:/Users/Medusa/Downloads/showpdf.pdf>

Górecki, J. (2015). You Tube-päivitys sellaisenaan. You Tube-päivitys 14.2.2015. Haettu 16.4.2017 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=ehK7W6bpZ0>

Grove, G. (1991). Nectria Canker. Teoksessa A. Jones & H. Aldwinckle (toim.) *Compendium of Apple and Pear Diseases*. Minnesota: The American Phytopatological Society, 35–36.

Haikonen, T. (2017) Hedelmäpuunsyövän runtelema vanha omenapuu.

Haikonen, T. (2017). Ohjaajan kommentit opinnäytetyöntekijälle kirjallisuusselvitykseen. Sähköpostiviesti tekijälle 21.4.2017.

Haikonen, T. (2018). Puhelu ohjaajan kanssa 22.1.2018.

Haikonen, T., Rantanen, M., Karhu, S., Tahir, I., Gustavsson, L., Røen, D. & Nybom, H. (2014). Omenanviljelyyn kestävyyttä paikallislajikkeista. Suomen maataloustieteellinen Seura. Haettu 16.2.2017 osoitteesta http://www.smts.fi/fi/Haikonen_ym_2016

Helmenstine, A. (2017). ThoughtCo. The Difference Between Distilled and Deionized Water. Haettu 28.2.2017 osoitteesta <https://www.thoughtco.com/distilled-versus-deionized-water-609435>

Hirvensalmen taimisto (n.d.) Lajikekuvaukset. Haettu 19.12.2017 osoitteista <http://www.omenapuu.com/akero-hassel-ii-iii-talvi/> ja <http://www.omenapuu.com/keltakaneli-v-vi-syys/>

HortiPro (2015). BlocCade™, physical coating to prevent Eutypa, Nectria and Esca. You Tube-päivitys sellaisenaan. You Tube-päivitys 8.2.2015. Haettu 2.11.2017 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=kwj1TN-NIDl>

HortiPro (2017). BlocCade™. Haettu 2.11.2017 osoitteesta <http://www.hortipro.net/bloccade>

Huw's Nursery (2012). How to get rid of fruit tree canker. You Tube-päivitys sellaisenaan. You Tube-päivitys 12.3.2012. Haettu 16.4.2017 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=pg7G7Cuox7E>

Huw's Nursery (2016). How to Identify and Remove Canker from Apple Trees. You Tube-päivitys sellaisenaan. You Tube-päivitys 8.12.2016. Haettu 16.4.2017 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=lnZiupul1V0>

Ilmatieteenlaitos (n.d.). Haettu 17.4.2017 osoitteesta <http://ilmatieteenlaitos.fi/>

Jackson, C. (2017). Sciencing. How to Calculate Audpc. Haettu 28.12.2017 osoitteesta <https://sciencing.com/calculate-audpc-12033613.html>

Jokela, J. (2007). Omenanviljely Suomessa. R., Tahvonen (toim.) *Omenan viljely*. Helsinki: Puutarhaliitto, 38–54.

Karlstedt, I. (2017) 1. Ensimmäinen kuoliolaikku 2. Kuromapahka, jossa kuromaitiöt muodostuvat (valkoinen massa) 3. Taudinkuvassa on kehämäisyyttä taimen yrittäessä vastustaa taudin etenemistä. Kuvassa on myös kuromapahkoja. 4. Tauti on edennyt kuoren alla taimen puuosassa.

Karlstedt, I. (2017) Hedelmäpuunsyövän oireita 20 vuotta vanhan omenapuun oksistossa.

Karlstedt, I. (2017) Hedelmäpuunsyöpä hillittykasvuisen omenapuun oksassa.

Karlstedt, I. (2017) Koeosasto kokeen alussa.

Karlstedt, I. (2017) *Neonectria ditissima* -sienen punaisia kotelopulloja vanhassa, avoimessa syöpäkasvaimessa.

Karlstedt, I. (2017) Omenapuun kuorella hedelmäpuunsyövän kotelopulloja ja niistä purkautuvia valkoisia koteloitiöitä. Oranssit rakenteet ovat nuoria tai kehittymässä olevia kotelopulloja. Kuvattu Q-skoopilla suurenuskertoimena 20–50.

Karlstedt, I. (2017) Tartukkeen valmistamista laboratoriossa.

Karlstedt, I. (2017) Tartutusten tekoa kasvihuoneosastossa.

Karlstedt, I. (2017) Vanhan syöpäkasvaimen aiheuttamaa tuhoa omenapuussa. Kuvassa myös tuore leikkaushaava keväältä 2017.

Kaukoranta, T. & Tahvonen, R. (2009). Ilmastonmuutokseen sopeutuminen maa- ja elintarviketaloudessa ILMASOPU (2006-2009) Loppuraportti. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Kaukoranta, T., Tahvonen, R. & Ylämäki, A. (2010). Climatic potential and risks for apple growing by 2040. *Agricultural and Food Science*. 19/2010. 144–159. Haettu 24.2.2017 osoitteesta [file:///C:/Users/Medusa/AppData/Local/Temp/Climatic_potential_and_risks_for_apple_growing_by .pdf](file:///C:/Users/Medusa/AppData/Local/Temp/Climatic_potential_and_risks_for_apple_growing_by.pdf)

Krannila, A. & Paalo, A. (1997). *Omenapuu*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Krannila, A. & Paalo, A. (2010). *Omenapuu*. Vantaa: Kustannusosakeyhtiö Moreeni.

Luonnonvarakeskus (2015). Kasper. Ajankohtaista tietoa pelto- ja puutarhaviljelystä sekä kasvinsuojelusta. Haettu 17.4.2017 osoitteesta <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper>

Luonnonvarakeskus (2017). Puutarhatilastot. Haettu 28.3.2017 osoitteesta

http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_04%20Tuotanto_20%20Puutarhatilastot/10_Marjan_hedelmanvilj_ava_maa_kokonaistuot.px/table/tableViewLayout1/?rxid=f9feee7c-c240-40d3-b8ef-e235e8ffd2b8

Maa- ja metsätalousministeriö (2012). Kansallinen vieraslajistrategia. Haettu 16.2.2017 osoitteesta http://www.vieraslajit.fi/sites/default/files/Vieraslajistrategia_web.pdf

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus (2009). Puutarhayritysrekisteri 2008. Haettu 2.11.2017 osoitteesta <https://ju-kuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540551/Puutarhayritysrekisteri%202008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

McCracken, A., Berrie, A., Barbara, D., Locke, T., Cooke, L., Phelps, K., Swinburne, T., Brown, A., Ellerker, B. & Langrell, S. (2003). Relative significance of nursery infections and orchard inoculum in the development and spread of apple canker (*Nectria galligena*) in young orchards. (*Plant Pathology* 52, Issue 5. 553–556. Haettu 10.4.2017 osoitteesta <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3059.2003.00924.x/full>

Meteox.com (2017). Haettu 2.11.2017 osoitteesta <http://www.meteox.com/forecast/finland/helsinki/weather.aspx?view=Hour&c=finland&lat=60.1756&lon=24.9342>

Milkovich, M. (2016). RIMpro technology can help manage apple scab, other pests. *Fruit Growers News* 10.5.2016. Haettu 2.11.2017 osoitteesta <https://fruitgrowersnews.com/news/rimpro-technology-helps-manage-apple-scab-pests/>

NordGen (n.d.). Prebreeding for future challenges in Nordic Apples. Haettu 24.2.2017 osoitteesta <https://sites.google.com/a/nordgen.org/ppp-apples/home>

NSW Government, Department of Primary Industries (2012). Exotic Pest Alert: European Canker. Haettu 12.2.2017 osoitteesta http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/427512/Exotic-Pest-Alert-European-canker.pdf

Orange Pippin Fruit Trees (2017). Apple Tree Rootstocks and Tree Sizes. Haettu 16.4.2017 osoitteesta <https://www.orangepippintrees.com/articles/fruit-tree-advice/rootstocks-for-apple-trees>

Parikka, P. (2007) Omenanviljely Suomessa. R., Tahvonen (toim.) *Omenan viljely*. Helsinki: Puutarhaliitto, 99–100.

- Parikka, P. & Lemmetty, A. (2012). *Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita*. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- Pipfruit New Zealand (2008). Managing European Canker. Haettu 17.4.2017 osoitteesta <http://hortinfo.co.nz/canker/#tech-box=0&sm=0&sm0=2>
- ProAgria (2014). Integroitu kasvinsuojelu. Haettu 17.4.2017 osoitteesta <https://www.proagria.fi/sisalto/integroitu-kasvinsuojelu-311>
- Saario, M. (2007). Omenanviljely Suomessa. R., Tahvonen (toim.) *Omenan viljely*. Helsinki: Puutarhaliitto, 20–28.
- Seemüller, E. (1988). *Nectria galligena* Bresad. Teoksessa I. Smith, J. Dunez, R. Lelliot, D. Phillips & S. Archer (toim.) *European Handbook of Plant Diseases*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 280–282.
- Tahvonen, R. & Kaukoranta, T. (2014). Ilmastonmuutos ja omenanviljely-pdf. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Haettu 24.2.2017 osoitteesta <http://blogs.helsinki.fi/monipuolinen-omena/files/2014/12/ILMASTON-MUUTOS-JA-OMENANVILJELY.pdf>
- Tanska, T. 2016. Versosyövästä yhä enemmän haittaa. *Puutarha & Kauppa* 20, 20–21.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (n.d.). Kasvinsuojeluainerekisteri. Haettu 9.1.2018 osoitteesta <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Hyvaksytyt-valmis-teet/Kasvinsuojeluainerekisteri/>
- Valkonen, J., Bremer, K. & Tapio, E. (1999). *Kasvi sairastaa-oppi kasvi-taudeista*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Van de Weg, E. (1987). Note on an inoculation method to infect young apple seedlings with *Nectria galligena* A Bres. *Euphytica* 36 (1987), 853–854.
- Walter, M., Stevenson, O., Amponsah, N., Scheper, R., Rainham, D., Hornblow, C., Kerer, U., Dryden, G., Latter, I. & Butler, R. (2015). Control of *Neonectria ditissima* with copper based products in New Zealand. *New Zealand Plant Protection* 68, 241–249. Haettu 27.3.2018 osoitteesta http://nzpps.org/journal/68/nzpp_682410.pdf
- Walter, M., Campbell, R., Amponsah, N., Turner, L., Rainham, D., Kerer, U. & Butler, R. (2017). Can biological products control *Neonectria ditissima*

picking wound and leaf scar infections in apple? *New Zealand Plant Protection* 70, 63–72. Haettu 14.12.2017 osoitteesta <https://journal.nzpps.org/index.php/nzpp/article/view/29/14>

Weber, R. W. S. (2014). Biology and control of the apple canker fungus *Neonectria ditissima* (syn. *N. galligena*) from a Northwestern European perspective. *Erwerbs-Obstbau* 56, Issue 53, 95–107. Haettu 22.2.2017 Su-bito dokumenttien hankintapalvelusta.

Xu, X.-M. & Butt, D. (1996). Adem a PC-based multiple disease warning system for use in the cultivation of apples. R., Habib & Ph., Blaise (toim.) *Acta Horticulturae* 416. Netherlands: International Society for Horticultural Science, 293–296.

Xu, X.-M., Butt, D. & Ridout, M. (1998). The effects of inoculum dose, duration of wet period, temperature and wound age on infection by *Nectria galligena* of pruning wounds on apple. *European Journal of Plant Pathology* 1998. 104, 511–519. Viitattu 22.11.2017 paperiseen kopioon.

Xu, X.-M. & Robinson, J. (2010). Effects of fruit maturity and wetness on the infection of apple fruit by *Neonectria galligena*. *Plant Pathology* 59, Issue 3, 2010, 542–547. Haettu 24.2.2017 osoitteesta <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3059.2009.02232.x/full>

Zeller, S. (1926). *European Canker of Pomaceus Fruit Trees*. Oregon USA: Oregon Agricultural College Experiment Station. Haettu 24.2.2017 osoitteesta <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/14527/StationBulletin222.pdf?sequence=1>

KOEKARTTA

Liite 1

Kasvihuoneen eteläinen seinä

	Pöytä 1		Pöytä 2		Pöytä 3	
	A	B	C	D	E	G
RIVI 1	14 5 28 35 59 47	3 58 49 51 8 55	12 20 45 37 32 6	43 36 64 40 29 50	52 22 13 23 9 25	38 65 11 16 56 61
RIVI 2	44 21 53 54 38 6	59 18 48 27 26 50	29 35 62 66 34 32	17 28 9 57 52 24	55 49 12 61 4 20	33 8 31 36 47 42
RIVI 3	56 8 7 62 35 1	2 30 19 33 14 59	48 4 5 57 17 55	63 10 37 3 16 26	65 24 46 60 32 45	34 31 58 13 25 44
RIVI 4	45 25 32 30 37 28	27 65 22 52 17 4	51 26 34 44 46 31	60 56 50 63 38 6	43 21 47 39 13 41	54 49 10 57 42 2
RIVI 5	40 48 51 2 6 61	19 53 58 62 9 3	15 5 7 27 36 30	28 11 22 47 14 46	39 16 35 13 18 21	26 63 23 12 52 1
RIVI 6	15 40 42 23 22 54	60 25 34 65 57 41	32 29 61 7 64 66	59 5 48 10 44 19	46 36 33 27 24 17	43 3 18 58 9 21
RIVI 7	54 62 45 41 24 60	40 36 39 35 11 58	50 18 10 28 20 19	56 64 33 66 3 53	12 8 61 30 49 1	63 15 37 42 29 55
RIVI 8	22 4 33 64 40 57	12 14 46 18 41 53	38 28 60 8 62 11	23 31 7 30 39 43	10 55 25 34 1 6	3 29 51 45 2 20
RIVI 9	53 16 39 44 17 19	36 50 2 20 61 7	41 66 24 43 37 18	14 21 13 34 60 23	5 51 48 4 56 52	11 6 54 15 8 32
RIVI 10	46 54 25 59 42 65	31 38 20 57 55 5	16 63 49 2 47 45	48 24 29 51 1 15	35 23 66 44 40 27	13 17 9 64 26 50
RIVI 11	31 37 59 49 30 16	26 11 38 56 39 47	10 22 9 15 14 64	12 27 52 53 66 62	42 33 41 65 43 58	21 7 1 4 19 63

Kasvihuoneen käytävä

KOELAJIKKEIDEN NUMEROT

Liite 2

Lajikenumero	Lajike
3	Aroma
5	Collina
7	Discovery
8	Dolgo
9	Eliakselan Nauris
17	Harlamovsky
22	Jaspi
29	Konsta
34	Lobo
36	Make
38	Norland
41	Pirja
45	Punakaneli
48	Åkerö Hassel
51	Samo
52	Sariola
54	Sokerimiron
57	Särsö
61	Valkea Kuulas

KOELAJIKKEIDEN TARTUNTAPROSENTIT VIIKOILLA 12 JA 14 (KUVAT 11 JA 12) Liite 3

Lajike	Tartuntaprosentti viikolla 12 (%)	Tartuntaprosentti viikolla 14 (%)	Muutosprosentti viikosta 12 viik- koon 14 (%)
Aroma	53	67	25
Collina	53	60	13
Discovery	87	100	15
Dolgo	47	67	43
Eliakselan Nauris	60	60	0
Harlamovsky	93	107	14
Jaspi	67	80	20
Konsta	67	87	30
Lobo	93	107	14
Make	93	100	7
Norland	27	27	0
Pirja	53	67	25
Punakaneli	40	47	17
Åkerö Hassel	80	87	8
Samo	93	93	0
Sariola	80	87	8
Sokerimiron	100	113	13
Särsö	60	80	33
Valkea Kuulas	87	93	8

LAJIKKEIDEN SUURIMPIEN KUOLIOLAIKKUJEN KESKIVÄRTÖT JA -HAJONNAT (KUVA 15)

Lajike	Kuoliolaikun koko keskiarvo (mm)	Kuoliolaikun koko keskihajonta (mm)
Punakaneli	22	34
Dolgo	23	19
Sariola	32	14
Pirja	37	15
Sokerimiron	39	22
Make	42	39
Åkerö Hassel	44	13
Särsö	46	19
Harlamovsky	48	20
Konsta	51	29
Collina	52	22
Aroma	58	50
Jaspi	63	49
Samo	65	27
Discovery	79	59
Lobo	88	55
Norland	98	46
Eliakselan Nauris	104	90
Valkea Kuulas	113	72

Liite 5

LAJIKKEIDEN SUURIMPIEN KUOLIOLAIKKUJEN AUDPC-ARVOJEN KESKIARVOT JA -
HAJONNAT (KUVA 16)

Lajike	Suurimman kuoliolaikun AUDPC keskiarvo	Suurimman kuoliolaikun AUDPC keskihajonta
Jaspi	36,8	46,1
Punakaneli	45,2	68,5
Dolgo	50,3	54,3
Norland	53,3	43,0
Sariola	61,6	33,4
Sokerimiron	66,6	43,1
Make	66,8	71,6
Aroma	76,0	93,4
Konsta	79,8	56,4
Särsö	102,4	86,6
Pirja	108,2	56,0
Harlamovsky	113,9	54,5
Samo	114,1	82,3
Collina	125,7	113,9
Åkerö Hassel	135,0	54,2
Discovery	151,3	67,4
Lobo	165,0	98,8
Eliakselan Nauris	177,1	114,7
Valkea Kuulas	222,6	115,5

LAJIKKEIDEN ARVOT HAJONTAKUUVIOTA VARTEN (KUVA 17)

Lajike	Suurimman kuoliolaikun AUDPC keskiarvo	Taimen halkaisijan keskiarvo (mm)
Aroma	76	7
Collina	126	9
Discovery	151	8
Dolgo	50	6
Eliakselan Nauris	177	7
Harlamovsky	114	5
Jaspi	37	9
Konsta	80	6
Lobo	165	8
Make	67	9
Norland	53	7
Pirja	108	7
Punakaneli	45	7
Åkerö Hassel	135	6
Samo	114	7
Sariola	62	8
Sokerimiron	67	7
Särsö	102	7
Valkea Kuulas	223	6