

Pro Gradu –tutkielma

**Kantojen ja hakkuutähteiden vaikutukset
kaarnakuoriaisten parveiluun päätehakkuualoilla**

Eemeli Saarikoski



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian opettajankoulutus

15.2.2018

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Biologian opettajankoulutus

Saarikoski, E.: Kantojen ja hakkuutähteiden vaikutukset kaarnakuoriaisten parveiluun päätehakkuualoilla

Pro Gradu –tutkielma: 24 s. + 1 liite

Työn ohjaajat: Dos. Jari Haimi

Tarkastajat: Dos. Atte Komonen, Dos. Jari Haimi

Helmikuu 2018

Hakusanat: avohakkuu, hakkuutähteet, kaarnakuoriaiset, kannot, kantojen korjuu, lahopuu

TIIVISTELMÄ

Kantojen ja hakkuutähteiden korjuu on viime vuosina yleistynyt metsänhoidollinen toimenpide, jolla voidaan lisätä uusiutuvan metsäperäisen bioenergian tuotantoa. Etenkin kantojen korjuu on voimaperäinen toimenpide, jonka kaikkia ympäristövaikutuksia ei vielä tiedetä. Kantojen korjuu heikentää esimerkiksi lahopuusta riippuvaisten kaarnakuoriaisten (*Scolytinae*) elinmahdollisuuksia. Kaarnakuoriaisilla on tärkeä rooli metsien luontaisessa häiriödynamiikassa ja ne tuottavat metsiin monille eliölajeille elintärkeää lahopuuta tappamalla heikentyneitä puita. Kaarnakuoriaisten kyky tappaa hyväkuntoisiakin puita massaesiintymien aikaan aiheuttaa kuitenkin huolta metsänomistajien keskuudessa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, houkuttelevatko päätehakkuualojen kannot ja hakkuutähdekasat kaarnakuoriaisia. Tutkimuksessa selvitettiin myös, onko kannon koolla, muiden sen ympärillä olevien kantojen etäisyydellä tai lähialueen kantojen kokonaisuudella yhteyttä kannoille päätyvien kaarnakuoriaisten yksilö- ja lajimäärien kanssa. Aineisto kerättiin Keski-Suomessa kuusta (*Picea abies*) kasvaneilta päätehakkuualoilta ristikkoikkunapyödyksillä. Hakkuualoja oli kaksi, joille molempiin asetettiin kaksi kuuden ikkunapyödyksen muodostamaa pyydysryhmää (toistoa). Pyydyksiä asetettiin kussakin toistossa kolmeen eri kohteeseen: kannoille, hakkuutähdekasoihin ja erilleen näistä kahdelle etäisyydelle metsän reunasta. Aineisto kerättiin 7.4.–1.7.2017. Aineistosta analysoitiin kantojen ja hakkuutähteiden houkuttelevuutta vertaamalla eri kohteille päätyneiden kaarnakuoriaisten yksilö- ja lajimääriä sekä viiden runsaimman lajin yksilömääriä. Kantomuuttujien ja kaarnakuoriaisten kokonaisuusyksilö- ja lajimäärien sekä viiden runsaimman lajin yksilömäärien välistä yhteyttä analysoitiin Pearsonin korrelaatiokertoimien avulla. Tutkimuksessa saatiin yhteensä 3641 kaarnakuoriaisyksilöä 20 lajista. Kaarnakuoriaisten kokonaisuusyksilömäärät olivat korkeampia kannoilla kuin muilla kohteilla. Kaarnakuoriaislajeja tuli enemmän kannoille kuin muille kohteille etenkin myöhemmillä pyyntijaksoilla, ja runsaimmista lajeista esimerkiksi havutikaskuoriaisen ja kannonhutikirjaajan havaittiin suosivan kantoja. Hakkuutähdekasat eivät houkutteleet minkään kaarnakuoriaislajin yksilöitä. Kannon koko, muiden sen lähellä olleiden kantojen etäisyys tai lähiympäristön kantojen kokonaisuus eivät vaikuttaneet kannolle päätyvien kaarnakuoriaisten yksilö- tai lajimääriin tai viiden runsaimman lajin yksilömääriin. Koska kannot houkuttelevat kaarnakuoriaisia ja niiden tiedetään olevan tärkeä resurssi monelle lajille, voi kantojen laajamittainen korjuu heikentää kaarnakuoriaisten elinmahdollisuuksia metsämaisemassa.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science

Department of Biological and Environmental Science

Teacher Training of Biology

Saarikoski, E.: Effects of stumps and logging residues on swarming of the bark beetles

Master of Science Thesis: 24 p. + 1 appendix

Supervisors: PhD. Jari Haimi

Inspectors: PhD. Atte Komonen, PhD. Jari Haimi

February 2018

Key words: Bark beetles, clear-cut, dead wood, logging residues, stump, stump harvesting

ABSTRACT

Harvesting of stumps and logging residues has become more common practise in Finland in last few years. These practises increase the amount of renewable bioenergy that can be harvested from clear cutting areas. All environmental effects of stump harvesting have not been investigated and it might threaten diversity of saproxylic organisms. Bark beetles (*Scolytinae*) are saproxylic beetles whose biodiversity might be affected by these new practises. Bark beetles have an important role in natural disturbance dynamics because they increase the volume of dead wood by killing weakened trees. During mass outbreaks bark beetles can also kill healthy trees. Bark beetles may cause economical risk and therefore their population sizes are controlled by forest hygienic practises. The aim of this study was to find out whether stumps or logging residues attract bark beetles. The aim was also to find out if the stump size, the number of nearby stumps or the distance to few other stumps affects the abundance of bark beetles on stumps. Bark beetles were collected with window-traps at two Norway spruce (*Picea abies*) dominated clear-cuts in Jyväskylä in Central-Finland. Two replicate trap groups were set up in both clear cuts. In each replicate group traps were set in three different locations (at two distances from the clear-cut edge): on stumps, piles of logging residues and open ground. Bark beetles were collected from the end of April to the beginning of July. Effects of trap location on the numbers of barks beetles, number of species and numbers of individuals in the most common species were analysed. Correlations between the number of bark beetles and the stump data were tested with Pearson's correlation coefficients. Totally, 3641 bark beetle individuals were caught, and they belonged to 20 species. There were more beetles on stumps than on other locations. There were more bark beetle species on stumps than on other locations especially on later sampling periods. *Trypodendron lineatum* and *Dryocoetes autographus* were more abundant on stumps than on other locations. Logging residues did not attract individuals of any bark beetle species. The size of stumps, the number of nearby stumps or the distance of few other stumps didn't affect the abundance of bark beetles on stumps. According to these results stumps attract bark beetles in clear cutting areas. Stumps constitute a great part of dead wood resources in Finnish coniferous forests and they play an important role in biodiversity conservation. Therefore, they should not be systematically harvested from clear cutting areas.

Sisältö

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	11
2.1 Tutkimusalueet ja tutkimusasetelma	11
2.2. Aineistonkeruu	11
2.3. Aineiston analysointi	12
3. TULOKSET	13
4. TULOSTEN TARKASTELU	18
KIITOKSET	22
KIRJALLISUUS	22
LIITTEET	

1. JOHDANTO

Voimaperäinen metsätalous on muokannut suomalaista metsämaisemaa, metsien rakennetta ja niissä elävää lajistoa jo vuosikymmenien ajan (Keto-Tokoi ym. 2004). Suomen metsien käyttöä ohjaavat monet säädökset, jotka ovat tavoitteiltaan osittain ristiriitaisia keskenään. Esimerkiksi kansallinen metsästrategia 2025 ohjaa Suomen metsien käyttöä ennen kaikkea talouden näkökulmista (Maa- ja metsätalousministeriö 2016). Biodiversiteettistrategian keskeisenä tavoitteena sen sijaan on monimuotoisuuden säilyttäminen (Valtioneuvosto 2012). Näiden strategioiden vastuu on suuri, sillä maamme maapinta-alasta kolme neljäsosaa on edelleen metsän peitossa (Keto-Tokoi & Kuuluvainen 2010). Tästä metsäpinta-alasta kuitenkin vain noin 5 % voidaan luokitella luonnontilaiseksi (Keto-Tokoi & Kuuluvainen 2010). Metsätalouden tuotantopaineet eivät ole laskemassa lähiaikoina, sillä Suomen tavoite vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä 80–95 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä edellyttää muun muassa voimakasta bioenergian tuotannon lisäämistä (Härmälä ym. 2014).

Härmälän ym. (2014) mukaan bioenergian tuotannon merkittävimpiä tehostamiskeinoja Suomessa ovat metsänhakkuiden ja metsähakkeen korjuun lisääminen. Metsähake valmistetaan hakkuualoilta korjattavista pienläpimittaisista rangoista, oksista, latvuksista ja kannoista. Valtioneuvoston teettämän simulaation mukaan metsähakkeen korjuumäärät voitaisiin jopa kaksinkertaistaa vuosien 2008–2012 tasosta 22 miljoonaan kuutiometriin vaarantamatta metsien kestävää käyttöä (Härmälä ym. 2014). Näissä suunnitelmissa ei kuitenkaan oteta riittävästi huomioon yhtä kestävän kehityksen merkittävintä osatekijää eli ekologista kestävyyttä.

Vaikka metsähakkeen korjuuta lisäämällä voitaisiin lisätä kutakuinkin hiilineutraalin energian tuotantoa, se ei suinkaan ole ympäristön kannalta riskitöntä. Yksi merkittävimmistä riskeistä tuotannon lisäyksissä piilee hakkuualoille jäävän lahoppuun määrän vähenemisessä. Lahoppuun väheneminen on jo nykyisin yleisin yksittäinen metsälajien uhanalaisuuteen johtava syy (Rassi ym. 2010). Lahoppuuta on Suomen metsissä keskimäärin 5,4 m³/ha, kun luonnontilaisissa metsissä lahoppuun määrä vaihtelee noin 20–120 m³/ha välillä (Siitonen 2001). Rassin ym. (2010) arvioiden mukaan kaikista Suomen uhanalaisista metsälajeista noin 20,6 % on uhanalaisia ensisijaisesti lahoppuun vähenemisen takia. Kovakuoriaiset (*Coleoptera*) ovat yksi monimuotoisuudeltaan merkittävimmistä lahoppuun vähydestä kärsivistä hyönteislahkoista, ja noin joka kolmannen kovakuoriaisen uhanalaisuuden syyksi arvioidaan lahoppuun vähäisyys metsissä (Rassi ym. 2010). Lahoppuun nykyiset määrät eivät riitä turvaamaan kovakuoriaisten monimuotoisuutta ja tuoreen lahoppuun korjuun lisääminen ajaisi lahoppuusta riippuvaiset lajit entistä ahtaammalle.

Talousmetsissä lahoppuun vähäisyys johtuu ihmisen vaikutuksista metsien häiriödynamiikkaan. Luonnontilaisissa metsissä esiintyy monenlaisia toisistaan laajuudeltaan ja taajuudeltaan eroavia häiriöitä, jotka pitävät yllä metsämaiseman monimuotoisuutta ja synnyttävät tuoretta lahoppuuta (Keto-Tokoi ym. 2004). Laajamittaiset myrskytuhot ja metsäpalot ovat esimerkkejä harvakseltaan toistuvista, mutta laajuudeltaan merkittävistä häiriöistä. Pienalaisia, mutta usein toistuvia häiriöitä ovat esimerkiksi tuulien ja tuhohyönteisten aiheuttamat yksittäisten puiden kuolemat. Mittakaavaltaan toisistaan poikkeavia häiriöitä tapahtuu jatkuvasti ja luonnontilaisissa metsissä on nähtävissä useiden erilaisten häiriöiden vaikutuksia samanaikaisesti.

Talousmetsissä ihminen pyrkii minimoimaan luonnolliset häiriöt, koska niistä koituu usein taloudellisia menetyksiä. Esimerkiksi metsäpalojen estäminen on monimuotoisuuden kannalta merkittävimpiä talousmetsien häiriömuutoksia (Hyvärinen ym. 2005). Myös

metsänhoito vähentää lahopuun määrää, sillä metsälaissa määrätään maanomistajaa korjaamaan vahingoittuneet puut pois metsästä, jos alueella on yli 10 m³/ha vahingoittunutta puuta, kun kyseessä on kuusimetsä ja yli 20 m³/ha, kun kyseessä on mäntymetsä (Finlex 2013). Näin pyritään minimoimaan kuolleen puun laadun heikkeneminen, jota aiheuttavat muun muassa lahottajasienet ja erilaiset selkärangattomat eläimet, sekä estämään metsätuholaisten, kuten joidenkin kaarnakuoriaisten (*Scolytinae*) leviäminen ympäröiviin metsiin (Oksanen & Pouttu 2011).

Kaarnakuoriaiset ovat kovakuoriaisten lahkoon kuuluvan kärsäkkäiden (*Curculionidae*) heimon alaheimo (*Scolytinae*) johon kuuluvia lajeja on tavattu Suomessa 68 (Heliövaara ym. 1998). Maailmanlaajuisesti lajeja on kuitenkin dokumentoitu yli 6000, joten kyseessä on varsin lajirikas selkärangatonryhmä (Wood 1982). Kaarnakuoriaislajit tunnistetaan joko kuoriaisen rakenteellisten piirteiden perusteella tai sen lajityypillisiä syömäkuvioita tarkastelemalla (Heliövaara ym. 1998). Kaarnakuoriaisten elinkiertoon kuuluu täydellinen muodonvaihdos muna-, toukka-, kotelo- ja aikuisvaiheineen (Nuorteva 2010). Aikuiset kaarnakuoriaiset parittelevat alkukesällä, jonka jälkeen naaras munii itsensä tai koiraan kaivamaan käytävään puun kuoren alle (Heliövaara ym. 1998). Munasta kuoriutuva toukka syö puun nilaa sekä siinä kasvavaa sienirihmastoja ja lopulta koteloituu (Nuorteva 2010). Koteloitumisen aikana kehittyvä uusi aikuinen kaarnakuoriainen, joka kuoriutuu ja alkaa syödä puun nilaa. Lopulta puun kuoren alla kehittynyt kaarnakuoriainen kaivautuu ulos puusta ja lentää yleensä pintamaahan talvehtimaan (Nuorteva 2010). Talvehdittuaan kaarnakuoriainen lentää uudelle lisääntymisalueelle, ja tätä lentoa kutsutaan parveiluksi (Nuorteva 2010). Jos kaarnakuoriainen löytää sopivan lisääntymispaikan, se erittää feromoneja ja ilmoittaa näin muille kaarnakuoriaisille sijaintinsa (Wood 1982, Heliövaara 1998).

Kaarnakuoriaisilla on suuri ekologinen merkitys boreaalisissa metsissä. Ne nopeuttavat hajotustoimintaa syömällä puumateriaalia, mutta myös kuljettamalla lahottajasieneitä mukanaan kohdepuihin (Nuorteva 2010). Kaarnakuoriaiset ja niiden kuljettamat lahottajasienet muodostavat yhden lenkin metsien ravinteiden kierrossa (Berryman ym. 1987). Massaesiintymien aikaan kaarnakuoriaiset lisäävät metsiin monille lajeille arvokasta lahopuuta tappamalla vanhoja ja jollain tapaa heikentyneitä puita. (Nuorteva 2010). Kaarnakuoriaiset luovat monimuotoisuudelle tärkeää vaihtelua vanhoihin metsiin, ja niillä on siis oleellinen rooli metsien luontaisessa häiriödynamiikassa (Liikanen 2008).

Kaarnakuoriaisten levittäytymistä ohjaa vaurioituneesta puusta haihtuvat ja muiden kaarnakuoriaisten tuottamat kemialliset viestiaineet, feromonit. Jos kaarnakuoriainen ei pysty suunnistamaan muiden kaarnakuoriaisten erittämien feromonien avulla, se pyrkii seuraamaan vaurioituneesta puusta erittyviä kemiallisia viestejä (Byers 1989). Vaurioituneesta puusta, jonka hajoamisprosessi on aluillaan, erittyy muun muassa etanolia, jonka hajun on havaittu houkuttelevan useita kaarnakuoriaislajeja (Montgomery & Wargo 1982). Myös vaurioituneesta puusta vapautuvat terpeenit houkuttelevat useita kaarnakuoriaislajeja (Byers 1992). Terpeenien on havaittu houkuttelevan voimakkaasti esimerkiksi männynniluria (*Hylastes brunneus*) (Löyttyniemi ym. 1988). Etanoli ja terpeenit vaikuttavat kaarnakuoriaislajien levittäytymiseen eri tavoin, ja joidenkin kaarnakuoriaisten levittäytymistä ohjaa puusta haihtuvia aineita vahvemmin toisten kuoriaisten erittävät feromonit (Vité & Pitman 1969). Pelkät kemialliset viestit eivät välttämättä riitä kohdepuun valinnan perusteeksi, vaan joidenkin kuoriaislajien, kuten esimerkiksi kirjanpainajien (*Ips typographus*), on havaittu testaavan kohdepuuta ennen lopullista lisääntymiskohteen valintaa (Byers 1993). Byersin (1993) mukaan kirjanpainajat voivat testata kohteen soveltuvuutta kaivamalla lyhyen käytävän puun kuoren läpi laukaisten näin puun puolustusreaktion. Heikentyneen puun puolustautumiskyky on huono,

minkä seurauksena kirjanpainaja voi jatkaa kaivautumistaan. Sopivan puun löydyttyä kirjanpainajat erittävät feromoneja ja houkuttelevat näin lajitovereitaan paikalle tukemaan iskua (Wood 1982, Heliövaara ym. 1998). Mitä useampi kirjanpainaja iskeytyy puuhun, sitä parempi mahdollisuus niillä on läpäistä puun puolustusreaktiot (Wood 1982).

Kaarnakuoriaiset käyttävät ravintonaan tuoretta puun nilaa, mikä saattaa johtaa puun kuolemaan sen vesitalouden häiriinnyttyä (Nuorteva 2010). Kaarnakuoriaiset eivät yleensä pysty tunkeutumaan terveisiin puihin, vaan ne iskevät pääsääntöisesti eri tavoin heikentyneisiin puihin (Wood 1982, Nuorteva 2010). Esimerkiksi kuivuus, neulaskato tai loiset voivat kuitenkin altistaa puun kaarnakuoriaisten iskeytymiselle (Wood 1982, Berryman ym. 1987). Puun kuolemisriski riippuu myös iskeytyvien kaarnakuoriaisten määrästä, sillä mitä enemmän iskeytyviä kaarnakuoriaisia on, sitä parempikuntoisen puun ne pystyvät tappamaan (Wermelinger 2004). Terveet puut pystyvät yleensä puolustautumaan kaarnakuoriaisten iskeytymiseltä esimerkiksi erittämällä pihkaa, mikä pysäyttää kaarnakuoriaisten etenemisen (Wood 1982). Terveitä puita pyritään silti suojelemaan metsähygieenisin toimenpitein, ja yleisesti käytetty suojelukeino on poistaa metsistä kuoriaisten asuttamat puut, millä ehkäistään kaarnakuoriaisten voimakas lisääntyminen ja levittäytyminen ympäröiviin puihin. Kaarnakuoriaisten hyödyntämien tuoreiden lahopuiden korjuun hyödyistä metsän suojelussa ei ole vahvaa tutkimusnäyttöä. Kaarnakuoriaisten levittäytyminen ei ole välttämättä tehokasta edes sellaisten alojen ympäristöissä, joilla on suuria määriä kaarnakuoriaisia houkuttelevaa tuoretta lahoppuuta (Toivanen 2007, Liikanen 2008). Kuoriaisten levittäytymisen onnistumiseen vaikuttaa kuitenkin monet seikat, joista yksi tärkeimmistä on sää. Lämmin sää tehostaa joidenkin kaarnakuoriaisten levittäytymistä, ja lämpiminä kesinä kaarnakuoriaistuhojen riski kasvaa (Annala 2001, Nuorteva 2010). Kaikki kaarnakuoriaislajit eivät kuitenkaan pysty aiheuttamaan laajamittaisia vahinkoja edes suotuisissa oloissa.

Kaarnakuoriaisten ja muiden tuhohyönteisten aiheuttamat puiden kuolemat ovat luonnollinen osa boreaalisen metsän häiriödynamiikkaa (Rassi ym. 2010) Siitä huolimatta osa kaarnakuoriaislajeista luetaan metsätuholaisiksi, koska niillä on kyky vaurioittaa tai tappaa puita (Metla 2010). Metsätuho-oppaassa tuholajeiksi on luokiteltu yhteensä 19 kaarnakuoriaislajia, mutta Annilan (2001) mukaan vain kirjanpainajalla, kuusentähtikirjaajalla (*Pityogenes chalcographus*), havutikaskuoriaisella (*Trypodendron lineatum*), pystynävertäjällä (*Tomicus piniperda*) ja vaakanävertäjällä (*Tomicus minor*) on metsätaloudellista merkitystä. Kirjanpainajaa pidetään metsätalouden kannalta pahimpana tuholaisena, mutta sekään ei ole aiheuttanut Suomessa laaja-alaisia vahinkoja (Annala 2001). Kirjanpainajien aiheuttamien tuhojen määrä on toisaalta vaihdellut suuresti viime vuosina. Metsäkeskukselle tehtävistä metsänkäyttöilmoituksista ilmenee, että kirjanpainajatuhoista johtuvia hakkuita tehtiin vuonna 2016 239 ha, kun vuonna 2013 vastaava luku oli 2750 ha (Metsäkeskus 2014, 2017). Sen sijaan ilmastoltaan Suomen kaltaisissa oloissa on esiintynyt mittavia kaarnakuoriaistuhon, ja esimerkiksi Ruotsissa epideemisesti lisääntyneet kirjanpainajat aiheuttivat 1970-luvulla merkittäviä vahinkoja (Annala 2001). Kirjanpainajien epideemistä lisääntymistä edesauttoivat laaja-alaiset myrskytuhot ja myrskyjä seuranneet lämpimät kesät. Tulevaisuudessa kaarnakuoriaistuhon pelätään kuitenkin lisääntyvän, sillä ilmaston lämpenemisen johdosta kaarnakuoriaiset saattavat kyetä lisääntymään aiempaa tehokkaammin myös Pohjoismaissa (Wermelinger 2004). Esimerkiksi kirjanpainajat saattavat ilmaston lämpenemisen ansiosta kyetä tuottamaan kaksi jälkeläissukupolvea kesässä nykyisen yhden sijaan (Wermelinger 2004, Liikanen 2008). Lisäksi kovien tuulien arvioidaan lisääntyvän, ja näin ollen kaarnakuoriaisille sopivaa lahoppuuta tulee olemaan tuulienkaatojen muodossa tarjolla nykyistä enemmän (Carter ym. 2016). Carterin ym.

(2016) arvioiden mukaan myös mahdollisesti lisääntyvä kuivuus saattaa altistaa puita kaarnakuoriaistuhonille, sillä pitkät kuivat jaksot heikentävät puiden puolustuskykyä.

Myrskytuhoja paljon yleisempi häiriö talousmetsissä on kuitenkin ihmisen tekemät metsänhakkuut. Kustannustehokkuutensa vuoksi metsää uudistetaan tavallisimmin avohakkaamalla. Avohakkuiden yhteydessä syntyvät hakkuualat ovat monella tapaa poikkeuksellisia ympäristöjä. Ne ovat paahteisia paikkoja, joissa lämpötilavaihtelut vuorokauden aikana voivat olla suuria (Barkman & Stoutjesdijk 1992). Niillä ei myöskään ole tuulen nopeutta rajoittavaa puustoa, joten varsinkin isoilla hakkuuaukoilla tuulen nopeudet voivat olla kovia (Laiho ym. 2016). Suuret tuulen nopeudet altistavat aukon reunoilla kasvavan puuston tuulituhoille. Hakkuuaukot tarjoavat myös kaarnakuoriaisille sopivan ympäristön, sillä kaarnakuoriaisten tiedetään suosivan lämpimiä ja kuivia elinympäristöjä (Duelli ym. 2007, Nuorteva 2010, Kacprzyk 2012). Myös hakkuuaukoille jäävä tuore lahoppu houkuttelee kaarnakuoriaisia. Siitonen ym. (2002) vertasivat hakkuukypsien talousmetsien ja hakkuualojen kaarnakuoriaislajistoa ja havaitsivat, että osa lajeista esiintyi ainoastaan tuoreilla avohakatuilla alueilla. Tulos selittyi hakkuuaukkojen runsaalla lahoppuulla ja niiden tarjoamalla paahteisilla olosuhteilla. Lahoppua oli enemmän hakkuuaukoilla kantoina, oksina ja muina hakkuutähteinä kuin mitä oli tarjolla hakkuukypsissä talousmetsissä. Siitonen ym. (2002) totesivat lahoppuun määrän olevan merkittävin yksittäinen kaarnakuoriaisten yksilö- ja lajimääriä selittävä tekijä. Hakkuualueita suosineita lajeja olivat kuusentähkikirjaaja, männynniluri ja pystynävertäjä.

Hakkuualueille jäävä lahoppu on myös voimakkaasti kaarnakuoriaisia houkuttelevaa sen vaurioituneisuuden vuoksi, sillä juuri rikkoutuneesta ja heikentyneestä puusta erittyy paljon kaarnakuoriaisia houkuttelevia tuoksujia (Montgomery & Wargo 1982, Byers 1992, Nuorteva 2010). Hakkuualojen rikkoutuneen puun houkuttelevuus on havaittu muun muassa, kun on tutkittu ennallistamisaloille tuotetun maapuumäärän vaikutusta kaarnakuoriaisten määrään. Tuotetulla maapuumäärillä ei ole havaittu olevan juurikaan vaikutusta aloilla esiintyvien kaarnakuoriaisten määriin. (Hyvärinen 2006, Toivanen 2007, Liikanen 2008). Havainnot ovat selittyneet sillä, että ennallistamisaloilla on keskenään suurin piirtein saman verran harvennushakkuiden yhteydessä syntyneitä hakkuutähteitä ja kantoja, jotka houkuttelevat voimakkaasti kaarnakuoriaisia ja täten vähentävät tuotetun maapuun merkitystä kaarnakuoriaisille. Myös vaurioituneesta puusta haihtuvien kaarnakuoriaisia houkuttelevien yhdisteiden haihtumisvoimakkuuden on havaittu kasvavan lämpötilan noustessa (Baier ym. 2005). Koska avohakkuualat ovat paahteisia ympäristöjä, joilla on paljon rikkoutunutta lahoppua, niillä on myös paljon kaarnakuoriaisia houkuttelevia tuoksujia (Eidmann ym. 1993). Avoimuutensa vuoksi hakkuualueilla vallitsee myös otolliset olosuhteet vaurioituneiden puiden ja kaarnakuoriaisten itsensä erittämien yhdisteiden leviämiseksi, sillä niillä ei ole esimerkiksi puustoa joka estäisi aineiden leviämistä.

Avohakkuun jälkeen aloille jäävä tuore lahoppu koostuu suurimmaksi osaksi kannoista ja hakkuutähteistä. Etenkin hakkuualojen kannot ovat tärkeitä lahoppuusta riippuvaisten saproksyyllilajien monimuotoisuudelle, koska ne muodostavat suuren osan talousmetsämaisemassa olevasta tuoreesta lahoppuusta (Jonsell & Schroeder 2014). Kantojen tiedetään olevan merkittävä resurssi myös osalle kaarnakuoriaislajeista (Hansson & Jonsell 2011, Juuso 2015, Jonsell 2016). Juuso (2015) tutki, kuinka kannot houkuttelevat kaarnakuoriaisia avohakkuualueilla, kantojenkorjuualueilla ja tienvarsivarastojen kantokasoissa. Hän havaitsi kannonhutikirjaajan (*Dryocoetes autographus*) ja kuusennilurin (*Hylastes cunicularius*) suosivan hakkuualueille jätettyjä kantoja verrattaessa niitä muihin ympäristöihin. Sen sijaan kuusentähkikirjaaja oli ainoa laji, joka käytti ensisijaisena resurssinaan kantokasoja. Tämän vuoksi kantokasojen arvioitiin toimivan ekologisenä ansana kuusentähkikirjaajalle. Koska kuusentähkikirjaaja on yleinen ja runsas

laji, ei kantojenkorjuun kuitenkaan arvioitu vaikuttavan sen populaatiokokoihin. Juuso (2015) kannusti kuitenkin varovaisuuteen kantojen korjuussa, sillä tutkimustietoa toimenpiteen vaikutuksista saproksyylikovakuoriaisiin on niukasti. Myös Hansson & Jonsell (2011) havaitsivat kantojen olevan monien kaarnakuoriaisten resurssi, ja osa kaarnakuoriaislajeista suosi kantoja elinympäristönään jopa yli kaadettujen puiden runkojen. Erityisesti havupuiden kannot osoittautuivat tärkeäksi resurssiksi kaarnakuoriaisille, minkä vuoksi tutkijat kannustivat varovaisuuteen korjuutoimenpiteissä. Samankaltaisia tuloksia sai myös Jonsell (2016), joka löysi kannoista runsaslukuisena muun muassa pikkukääpiökirjaajaa (*Crypturgus pusillus*), karvakääpiökirjaajaa (*Crypturgus hispidulus*) ja kannonhutikirjaajaa. Myös Jonsell (2016) painottaa kantojen tärkeyttä resurssina, sillä hän havaitsi kuusen kannoissa 44 % kaikista Ruotsin saproksyylikovakuoriaislajeista, jotka on luokiteltu kuusella eläviksi. Näin ollen kantojen korjuun lisääminen vähentäisi merkittävästi tarjolla olevia lahoppuresursseja, mikä vääjäämättä johtaisi joidenkin kovakuoriaislajien taantumiseen. Myös Abrahamsson & Lindblad (2006) havaitsivat kääpiökirjaajien ja kannonhutikirjaajan suosivan kantoja yli kaadettujen runkojen ja hakkuutähteiden. Heidän mukaansa tulos saattaa selittyä sillä, että nämä lajit pyrkivät välttämään lajienvälistä resurssikilpailua hyödyntämällä lajiköyhempää resurssia. Myös kantojen kosteusolot vaikuttavat niiden sopivuuteen kaarnakuoriaisten resurssiksi ja kuivien kantojen on havaittu houkuttelevan enemmän kaarnakuoriaislajeja kuin kosteiden kantojen (Clementine 2012).

Myös hakkuutähteiden tiedetään sopivan joidenkin kaarnakuoriaisten resurssiksi (Nuorteva 2010). Esimerkiksi kuusentähtikirjaajan, nelihammaskirjaajan (*Pityogenes quadridens*), pystynävertäjän, vaakanävertäjän ja vaippanilurin (*Hylurgops pallitatus*) mainitaan käyttävän hakkuutähteitä resurssinaan (Metla 2010). Kacprzyk (2012) havaitsi kuusentähtikirjaajan käyttävän oksista ja latvuksista koostuneita hakkuutähteitä resurssinaan. Hakkuutähteisiin iskeytyi enemmän kuusentähtikirjaajia, jos ne olivat tasaisesti levitettynä maastoon, mutta hakkuutähdemasoihin iskeytyneiden kaarnakuoriaisten lisääntymismenestys oli muualle iskeytyneitä kaarnakuoriaisia parempi. Kacprzyk (2012) arvioi tämän johtuvan siitä, että nämä kaarnakuoriaiset suosivat lämpimiä elinympäristöjä, minkä vuoksi ne iskeytyivät mieluummin levitettyihin hakkuutähteisiin. Tähteet kuitenkin kuivuivat liikaa lisääntymiskauden aikana, eivätkä ne sen vuoksi turvanneet hyvää lisääntymismenestystä. Myös Foit (2015a) ja Bednarz & Kacprzyk (2015) havaitsivat levitettyjen hakkuutähteiden houkuttelevan enemmän kaarnakuoriaisia kuin kasattujen hakkuutähteiden, ja myös he arvelivat tuloksen johtuvan resurssien lämpötila- ja kosteuseroista. Lisäksi hakkuutähteiden kaarnan paksuuden ja oksien halkaisijan on havaittu vaikuttavan niiden sopivuuteen kaarnakuoriaisten resurssina (Foit 2015a, Foit 2015b). Paksumpia oksia suosineita lajeja olivat vaippaniluri, himmeäniluri (*Hylastes opacus*) ja himmeäkääpiökirjaaja, kun taas *P. pityographus* hyödynsi ohuempia oksia (Foit 2015b). Kaarnan paksuuden havaittiin vaikuttavan esimerkiksi kuusentähtikirjaajan kohteen valintaan, ja tämä laji suosi ohutkuoriaisia puunoksia kuten ohuita oksia (Foit 2015a).

Kuolleen puun merkitys kaarnakuoriaisten resurssina muuttuu kuitenkin ajan saatossa. Kaarnakuoriaiset kuuluvat primäärilahottajiin eli ne hyödyntävät ravintonaan ainoastaan suhteellisen tuoretta lahoppua ja siinä elävää sienirihmastoja (Siitonen ym. 2002). Kaarnakuoriaisten määrien on havaittu olevan suurimmillaan puun kuolemaa seuranneena kesänä ja niitä on esiintynyt runsaasti myös parina puun kuoleman jälkeisenä kesänä (Jacobs ym. 2007). Ennen pitkää kaarnakuoriaisten määrät lähtevät kuitenkin laskuun, kun puun lahoamisprosessi etenee ja sekundäärilahottajat alkavat hyödyntää puuta. Myös lämpö- ja tuuliolojen on havaittu vaikuttavan lahoppuresurssien laadun muuttumiseen (Fossetol & Sverdrup-Thygeson 2009). Fossetol & Sverdrup-Thygeson

(2009) havaitsivat että tuulisilla ja lämpimillä alueilla lahoppu kuivuu nopeasti niin paljon, ettei se enää sovellu kaarnakuoriaisten resurssiksi. Esimerkiksi kirjanpainajan havaittiin hyödyntävän hakkuiden yhteydessä katkaistujen puiden latvuksien tarjoamia resursseja pääosin hakkuita seuraavana kesänä. Vuotta myöhemmin kirjanpainajat eivät enää hyödyntäneet latvuuksia, koska ne olivat kuivuneet liikaa. Latvuksien kaarnan rikkoutuminen hakkuutoimenpiteiden yhteydessä nopeutti lahoppuun kuivumista ja täten laadun heikkenemistä. Kaarnakuoriaisten, kuten monien muidenkin saproksyylikovakuoriaisten kannalta olisikin tärkeää, että metsissä olisi tarjolla tarpeeksi paljon laadultaan vaihtelevia lahoppuresursseja (Ehnström ym. 1998).

Resurssien määrä ja laatu ovat tärkeimpiä tietyn alueen lajistollista monimuotoisuutta ja eri lajien runsautta sääteleviä tekijöitä (Begon ym. 2015). Eliöiden yksilö- ja lajimäärät kasvavat yleensä niiden hyödyntämien resurssien määrän kasvaessa. Toisinaan resurssien määrän kasvu ei kuitenkaan vaikuta lajimäärään, joka voi olla vahvemmin kytketty resurssien laatuun. Mitä enemmän ympäristö tarjoaa laadultaan erilaisia resursseja, sitä useampi laji pystyy elämään alueella (Begon ym. 2015). Hakkuualat poikkeavat resursseiltaan merkittävästi kaarnakuoriaisten luonnollisista elinympäristöistä, kuten esimerkiksi heikentyneitä puuta sisältävistä metsistä tai myrskytuhoalueista. Järeä runkopuu puuttuu hakkuutoimenpiteiden seurauksena täysin hakkuualoilta, minkä takia niiden tarjoamien resurssien laadullinen vaihtelu on luonnollisten ympäristöjen vaihtelua vähäisempää. Hakkuualat eroavat pystymetsistä ja myrskytuhoalueista myös lahoppuresurssin määrän suhteen. Hakkuualoilla voi olla enemmän tuoretta lahoppuuta kuin talousmetsissä (Siitonen ym. 2002). Myrskytuhoalueilla ja luonnontilaisissa metsissä tuoreen lahoppuun määrät voivat olla kuitenkin merkittävästi hakkuualueiden määriä korkeammat, koska näissä luonnollisissa ympäristöissä voi olla suuria määriä tuulenskaatoja. Tuore lahoppu tarjoaa kaarnakuoriaisille resursseja ravinnon ja lisääntymisalustan muodossa, joten hakkuualojen kaarnakuoriaisyhteisöjen voisi olettaa poikkeavan luonnollisten ympäristöjen yhteisöistä.

Kaarnakuoriaisilla on siis tärkeä ekologinen rooli muun muassa hajotusprosessin aloittajina ja tuoreen lahoppuun tuottajina. Niiden tuottama lahoppu on monille saproksyytilajeille tärkeä resurssi. Toisaalta kaarnakuoriaisten kyky tuottaa taloudellisia tappioita tappamalla heikentyneitä puuta ja huonontamalla puutavaran laatua aiheuttaa huolta metsänomistajien keskuudessa. Tutkimalla kaarnakuoriaisten levittäytymistä ohjaavia tekijöitä voidaan arvioida niiden vaikutuksia muun muassa ympäristön monimuotoisuuteen ja metsätuhoriskiin. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, houkuttelevatko tuoreiden kuusta kasvaneiden päätehakkualojen kannot ja hakkuutähdekasat kaarnakuoriaisia. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako kantojen tarjoaman resurssin määrä tai sijainti hakkuualalla kaarnakuoriaisten levittäytymiseen hakkuuaukolla. Tulosten perusteella voidaan arvioida kantojen ja hakkuutähdekasojen merkitystä monimuotoisuuden ylläpitäjänä ja toisaalta niiden vaikutusta mahdolliseen metsätuhoriskiin. Tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset ovat:

1) Houkuttelevatko hakkuuaukkojen kannot tai hakkuutähdekasat kaarnakuoriaisia? Houkuttelevuutta tutkittiin vertaamalla kannoille ja hakkuutähdekasaille päätyvien kaarnakuoriaisten yksilö- ja lajimääriä avomaalle, eli etäämmälle kannoista ja hakkuutähdekasastoista päätyvien kuoriaisten määriin.

2) Onko kantoresurssien määrällä, kohdekannon koolla tai kohdekannon lähikantojen etäisyydellä yhteyttä kaarnakuoriaisten yksilö- ja lajimääriin kannoilla?

Nollahypoteesi oli, ettei kannoilla tai hakkuutähdekasoilla tavata enempää kaarnakuoriaisia kuin muualla hakkuuaukossa ja että kantoressurssin määrällä, kohdekannon koolla tai kohdekannon lähikantojen etäisyydellä ei ole yhteyttä kaarnakuoriaisten määriin. Vaihtoehtohypoteesina oli, että kannoilla ja/tai hakkuutähdekasoilla tavataan enemmän kaarnakuoriaisia kuin muualla hakkuuaukossa ja että kaarnakuoriaisia päätyy enemmän sinne missä kantojen tarjoamia resursseja on enemmän.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusalueet ja tutkimusasetelma

Aineisto kerättiin talvella 2016–2017 päätehakuilta Jyväskylän kaupungin omistamilta kuusta (*Picea abies*) kasvaneilta päätehakuualoilta Keski-Suomesta. Koealoja oli kaksi, joista toinen oli Ylä-Myllyjärvellä (ETRS-TM35FIN N:6898630,492, E:431559,162) ja toinen Keljonkankaalla (ETRS-TM35FIN N:6896496,831, E:430805,308). Koealojen etäisyys toisistaan oli noin kaksi kilometriä. Ylä-Myllyjärven hakkuuala oli kooltaan 2 ha ja Keljonkankaan 1,9 ha. Päätehakkuissa Ylä-Myllyjärven hakkuualalta korjattiin puuta yhteensä 923,6 m³, josta kuusta oli 882,3 m³ ja Keljonkankaalta 582,2 m³, josta kuusta oli 514,5 m³. Hakkuualoille oli jätetty kaadettujen puiden kannot ja hakkuukoneen jälkeensä jättämät hakkuutähdekasat, jotka koostuivat kaadettujen puiden latvuksista ja oksista. Tutkimukseen liittymättömät hakkuutähdekasat korjattiin pois aloilta viikolla 20. Hakkuualoille tehtiin viikolla 22 kääntömätöstys ja niille istutettiin kuusen taimia viikolla 23.

Molempiin hakkuuaukkoihin asetettiin kaksi kuuden ikkunapyydyksen muodostamaa pyydysryhmää (toistoa). Kolme pyydysistä asetettiin riviin 20 m ja kolme 50 m etäisyydelle hakkuuaukon reunasta. Kaikissa toistoissa molemmilla etäisyyksillä oli siten kolme pyydystä, joista yksi asetettiin kannolle, yksi hakkuutähdekasaan kiinni ja yksi kontrollipyydyks avomaalle vähintään 5 m etäisyydelle kannoista ja hakkuutähdekasoista. Tutkimuksen kokonaispyydysmäärä oli 24. Pyydykset sijoitettiin eri etäisyyksille metsänreunasta, jotta Maczulskej (2017) pystyi tutkimaan ympärillä kasvavan metsän vaikutuksia kaarnakuoriaisten jakautumiseen hakkuualoilla samalla koeasetelmalla. Edellä mainitulla pyydysten sijoittelulla varmistettiin myös edustavan aineiston saaminen molemmilta koealoilta.

2.2. Aineistonkeruu

Aineisto kerättiin ristikkoikkunapyydyksillä, jotka koostuivat kahdesta ristikkäin asetetusta 40 cm korkeasta ja 30 cm leveästä läpinäkyvästä muovilevystä. Ristikon alapuolelle kiinnitettiin muovinen pesuvati, jonka yläreunaan tehtiin pieni harsolla peitetty ylivuotoikkuna, josta ylimääräinen sadevesi pääsi tarvittaessa valumaan vadista pois. Pyydyksiin kaadettiin maastossa 3 l väkevää suolaliuosta (NaCl 250g/l), johon lisättiin muutama pisara pesuainetta liuoksen pintajännityksen alentamiseksi. Liuoksen tehtävänä oli säilöä ikkunoihin lentäneet ja pesuvatiin pudonneet kaarnakuoriaiset pyydysten tyhjentämiseen saakka. Avomaalla ja hakkuutähdekasoilla olleet pyydysasettelut asetettiin 4 mm paksusta rautatangosta tehtyyn kehikkoon ja kantojen päälle asetetut pyydysasettelut tuettiin paikoilleen kolmelta kohtaa pitkällä rautanauhoilla, jotta tuulenpuuskat eivät pääsisi kaatamaan pyydysiksiä. Tuulisimpien paikkojen pyydysten pohjalle asetettiin lisäksi painoksi laakea kivi tukevoittamaan pyydystä. Pyynti aloitettiin 27.4.2017, ja pyydysasettelut tyhjennettiin kahden tai kolmen viikon välein. Tyhjennykset tehtiin 11.5., 26.5., 8.6. ja 1.7.2017, ja samalla pyydysiksiä estettiin kuivumasta lisäämällä niihin vettä.

Pyyntiajankohta valittiin siten, että se kattaisi kirjallisuudessa esitetyt eri kaarnakuoriaislajien parveiluajankohdat mahdollisimman hyvin.

Pyydyksiä tyhjennettäessä niiden sisältö kaadettiin lasipurkkeihin siivilän, jonka silmäkoko oli 0,5 mm, ja suppilon avulla, ja lasipurkkeihin lisättiin säilöntäalkoholia. Lasipurkkeihin merkittiin pyydyksen tunnistetiedot ja pyyntiajankohta. Näytteet kuljetettiin laboratorioon, kylmiöön (+4 °C). Kaarnakuoriaiset eroteltiin muista selkärangattomista stereomikroskooppien avulla ja kuoriaiset siirrettiin näytepulloihin 70 % alkoholiin odottamaan lajitason määrittystä. Myös näytepulloja säilytettiin kylmiössä. Kuoriaiset määritettiin lajitasolle käyttäen apuna Jyväskylän yliopiston stereomikroskooppeja ja Heliövaaran ym. (1998) Suomen kaarnakuoriaiset -kirjan määrittyskaavaa.

Koealojen kannoista mitattiin aineistonkeruun päätyttyä tunnuslukuja, jotta kantojen vaikutuksista kaarnakuoriaisten parveiluun saataisiin parempi käsitys. Tutkittavia tekijöitä olivat kantojen koon sekä, ympärillä olevien kantojen määrän ja etäisyyden yhteys kaarnakuoriaisten parveiluun. Kunkin kolmen pyydyksen ryhmän pyydyskannon ympäristöstä merkittiin nauhoitetuilla kepeillä 20 m x 20 m laskenta-ala. Laskenta-ala pyrittiin sijoittamaan siten, että sen keskikohta olisi pyydyskannon kohdalla. Joissakin tapauksissa laskenta-alaa jouduttiin hieman siirtämään, jotta siihen ei osuisi huonosti koealaa edustavia märkeä maaston kohtia. Merkityn alueen sisällä olleiden kantojen lukumäärä laskettiin ja kantojen leikkuupinnan halkaisija mitattiin senttimetrin tarkkuudella käyttäen rullamittaa. Halkaisijoiden avulla laskettiin kantojen pinta-alat käyttäen ympyrän pinta-alan laskukaavaa $A = \pi r^2$. Leikkuupintojen pinta-alat summattiin, jotta saatiin selville, paljonko kunkin pyydyskannon ympäristössä oli tuoreiden kantojen tarjoamaa resurssia. Koealoilta mitattiin lisäksi kunkin pyydysryhmän kantopyydyksen leikkuupinnan halkaisija käyttäen rullamittaa. Halkaisijan avulla laskettiin pyydyskannon pinta-ala. Aloilta mitattiin myös pyydysryhmien pyydyskantoa kolmen lähimpänä olleen kannon etäisyys pyydyskannosta 10 cm tarkkuudella käyttäen nauhamittaa. Kolmen lähimmän kannon etäisyydet summattiin yhdeksi tunnusluvuksi tilastoanalyysjä varten.

2.3. Aineiston analysointi

Tämän tutkimuksen tilastollisia analyysjä varten 20 m ja 50 m etäisyydellä metsänreunasta olleiden kunkin kohteen (toiston) pyydysten aineisto summattiin, koska Maczulskij (2017) havaitsi, ettei metsän reunan etäisyydellä ollut vaikutusta kaarnakuoriaisten parveiluun. Aineiston normaalisuus tarkistettiin ja varianssien yhtäsuuruus testattiin Levenen testillä. Kokonaisyksilömäärille sekä kuusentähkirjaajan, havutikaskuoriaisen, kannonhutikirjaajan ja kuusennilurin yksilömäärille tehtiin logaritmuunnokset ($\ln X + 1$), koska alkuperäisessä aineistossa varianssit olivat eri pyydysryhmissä erisuuria. Kohteen (pyydyksen paikan) vaikutusta kokonaisyksilömääriin, lajimääriin sekä kuusentähkirjaajan, havutikaskuoriaisen ja kuusennilurin yksilömääriin testattiin toistomittausten varianssianalyysillä. Kohteen vaikutus kannonhutikirjaajan yksilömääriin testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä kahden viimeisen pyyntijakson osalta, koska kannonhutikirjaajia ei saatu lainkaan muissa pyyntijaksoissa. Kohteen vaikutusta vaippanilurin yksilömääriin testattiin Kruskal-Wallis testillä ei-parametrisellä testillä, koska varianssit olivat erisuuria aineiston muuntamisesta huolimatta. Lajimäärien toistomittausten varianssianalyysissä ilmeni yhdysvaikutus kohteen ja pyyntijakson välillä, minkä vuoksi kohteen vaikutusta kaarnakuoriaisten lajimäärään testattiin kunkin pyyntijakson kohdalla yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Eri kohteilla olleiden pyydysten kuoriaismäärien väliset parittaiset vertailut tehtiin Tukey'n testillä.

Pyydyskannon leikkuupinnan pinta-alan, 20 m x 20 m laskenta-alalla olleiden kantojen pinta-alojen summan ja kolmen pyydyskantoja lähimpänä olleiden kantojen etäisyyksien summan yhteyttä kaarnakuoriaisten laji- ja yksilömääriin sekä viiden tutkimuksessa runsaimman kaarnakuoriaislajin yksilömääriin analysoitiin Pearsonin korrelaatiokerrointen avulla. 20 m x 20 m laskenta-alan kantojen pinta-alojen summan korrelaatiota kaarnakuoriaisten määrien kanssa testattiin kunkin pyydysryhmän kolmessa eri kohteessa olleiden pyydysten summatulla aineistolla. Pyydyskannon leikkuupinnan pinta-alan ja kolmen pyydyskantoa lähimpänä olleen kannon etäisyyden summan korrelaatiota kaarnakuoriaisten määrien kanssa tutkittiin käyttämällä kunkin pyydysryhmän kannolla olleen pyydyksen aineistoa. Tilastotestit tehtiin IBM Statistics SPSS 24 -ohjelmalla.

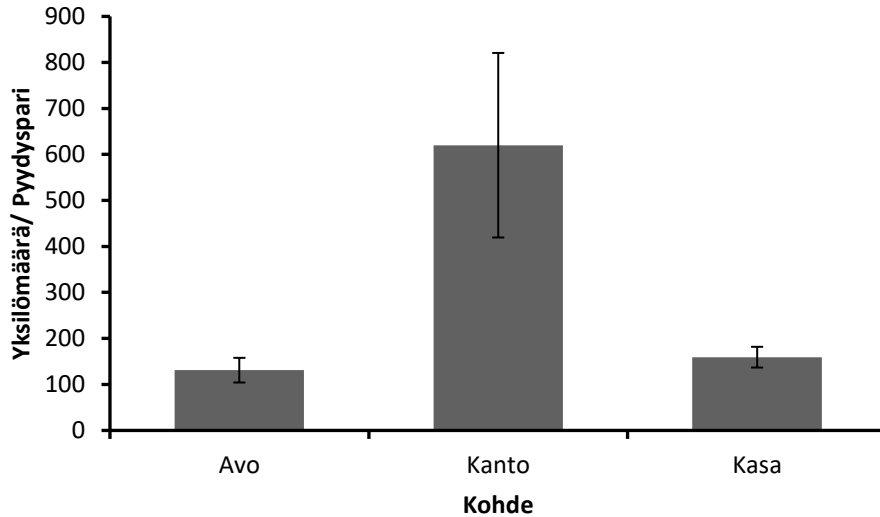
3. TULOKSET

Tutkimuksessa saatiin yhteensä 3641 kaarnakuoriaista ja ne kuuluivat 20 lajiin. Yksilömääriltään runsaimpia lajeja olivat kuusentähkirjaaja (kaikkiaan 941 yksilöä), havutikaskuoriainen (836 yksilöä), kannonhutikirjaaja (647 yksilöä), vaippaniluri (471 yksilöä) ja kuusenniluri (315 yksilöä) (Taulukko 1). Kunkin lajin yksilömäärät (sekä kaarnakuoriaisten kokonaisyksilö- ja lajimäärä) kullakin pyyntijaksolla ovat liitetaulukossa (Liite 1).

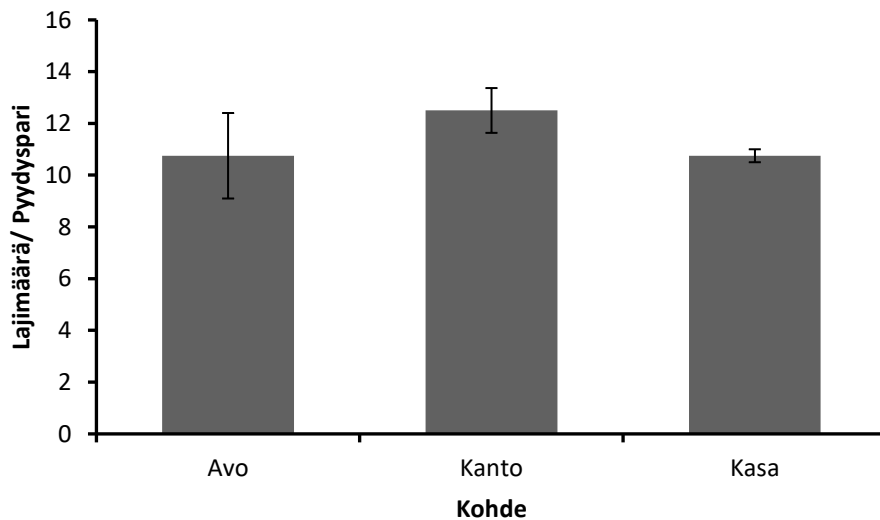
Taulukko 1. Lajien yksilömäärät eri kohteiden pyydyksissä.

Laji		Kohde			
		Avo	Kanto	Kasa	Yhteensä
Kuusentähkirjaaja	<i>(Pityogenes chalcographus)</i>	199	459	283	941
Havutikaskuoriainen	<i>(Trypodendron lineatum)</i>	31	784	21	836
Kannonhutikirjaaja	<i>(Dryocoetes autographus)</i>	83	463	101	647
Vaippaniluri	<i>(Hylurgops palliatus)</i>	77	280	114	471
Kuusenniluri	<i>(Hylastes cunicularius)</i>	82	191	42	315
Himmeäniluri	<i>(Hylastes opacus)</i>	13	127	26	166
Kerokaarnakuoriainen	<i>(Orthotomicus laricis)</i>	4	62	3	69
Pystynävertäjä	<i>(Tomicus piniperda)</i>	7	30	9	46
Kirjanpainaja	<i>(Ips typographus)</i>	2	21	19	42
Kulokaarnakuoriainen	<i>(Orthotomicus suturalis)</i>	4	29	2	35
Karvakääpiökirjaaja	<i>(Crypturgus hispidulus)</i>	4	24	2	30
Rungonhutikirjaaja	<i>(Dryocoetes hectographus)</i>	13	2	4	19
Kaljuniluri	<i>(Hylurgops glabratus)</i>	1	4	3	8
Silokätkökaarnuri	<i>(Cryphalus saltuarius)</i>	1	0	3	4
Lustokuoriainen	<i>(Xyleborus dispar)</i>	2	1	0	3
Idäntähkirjaaja	<i>(Pityogenes irkutensis)</i>	0	1	2	3
Pikkutikaskuoriainen	<i>(Trypodendron domesticum)</i>	0	1	1	2
Nyhäkaarnakuoriainen	<i>(Orthotomicus proximus)</i>	1	1	0	2
Kaksihammaskirjaaja	<i>(Pityogenes bidentatus)</i>	0	0	1	1
Kuusenoksakirjaaja	<i>(Pityophthorus micrographus)</i>	0	0	1	1

Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärät olivat korkeampia kannoilla kuin hakkuutähdeksöissä ja avomaalla (Taulukko 2, Kuva 1; Tukey'n testit, $p < 0,05$). Kaarnakuoriaisten kokonaislajimäärissä ei havaittu eroja eri kohteiden välillä kahdessa ensimmäisessä pyyntijaksossa (Taulukko 2). Sen sijaan kolmannessa pyyntijaksossa lajeja oli enemmän kannoilla kuin avomaalla ja viimeisessä pyyntijaksossa lajeja oli enemmän kannoilla kuin muissa kohteissa (Taulukko 2; Tukey'n testit, $p < 0,05$; Kokonaislajimäärät: Kuva 2).

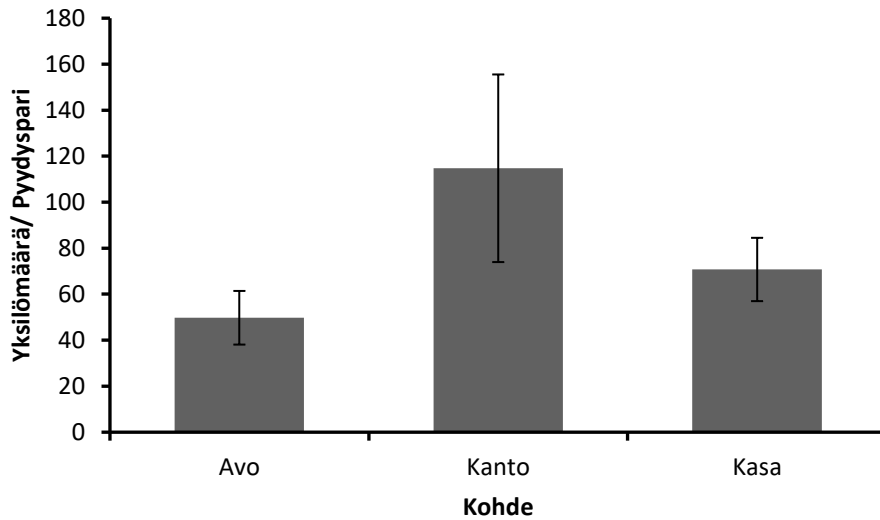


Kuva 1. Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärät pyydyspareissa kohteittain ($\bar{x} \pm S.E$). Pyydysparin muodostivat 20 m ja 50 m etäisyydellä metsänreunasta olleet saman kohteen pyydykset ($n=4$).

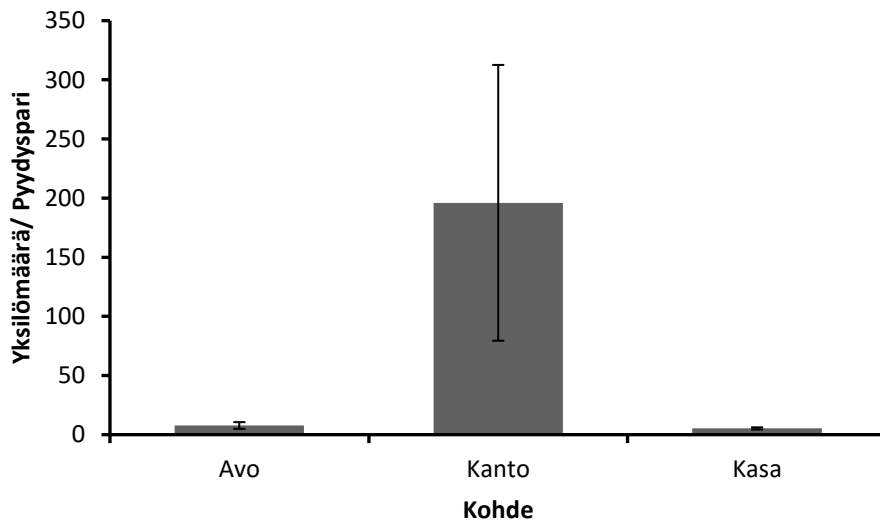


Kuva 2. Kaarnakuoriaisten kokonaislajimäärät pyydyspareissa kohteittain ($\bar{x} \pm S.E$). Pyydysparin muodostivat 20 m ja 50 m etäisyydellä metsänreunasta olleet saman kohteen pyydykset ($n=4$).

Kuusentähkirjaajan kokonaisyksilömäärät eivät eronneet eri kohteiden välillä (Taulukko 2, Kuva 3). Havutikaskuoriaisen kokonaisyksilömäärät olivat korkeampia kannoilla kuin hakkuutähdekasioissa tai avomaalla (Taulukko 2, Kuva 4; Tukey'n testit, $p < 0,05$).

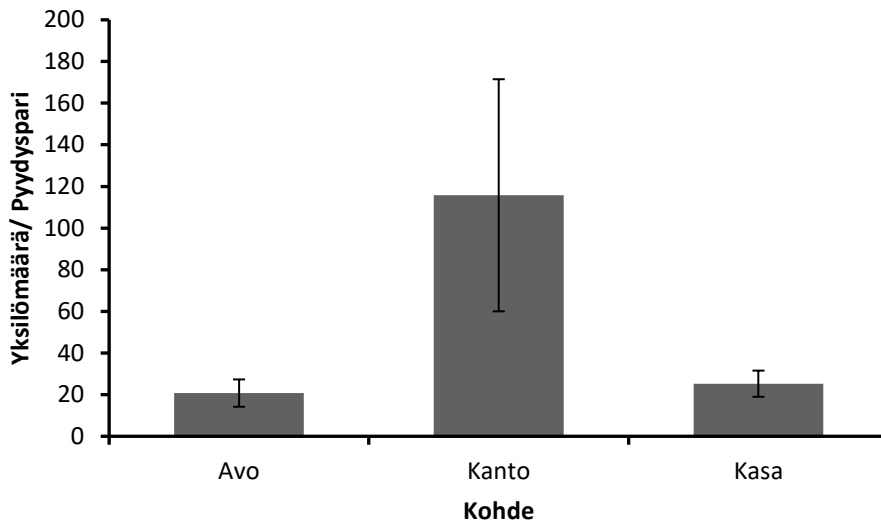


Kuva 3. Kuusentähkirjaajan kokonaisyksilömäärät pyydyspareissa kohteittain ($\bar{x} \pm S.E.$). Pyydysparin muodostivat 20 m ja 50 m etäisyydellä metsänreunasta olleet saman kohteen pyydykset (n=4).

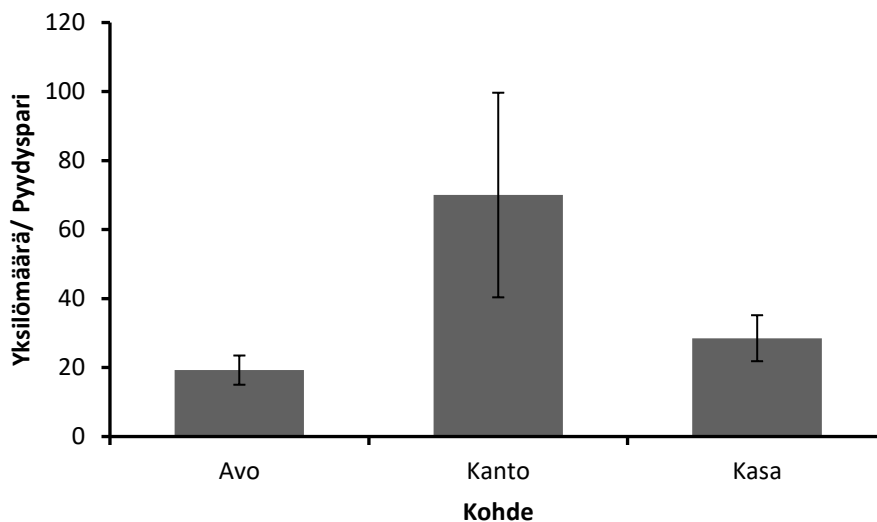


Kuva 4. Havutikaskuoriaisen kokonaisyksilömäärät pyydyspareissa kohteittain ($\bar{x} \pm S.E.$). Pyydysparin muodostivat 20 m ja 50 m etäisyydellä metsänreunasta olleet saman kohteen pyydykset (n=4).

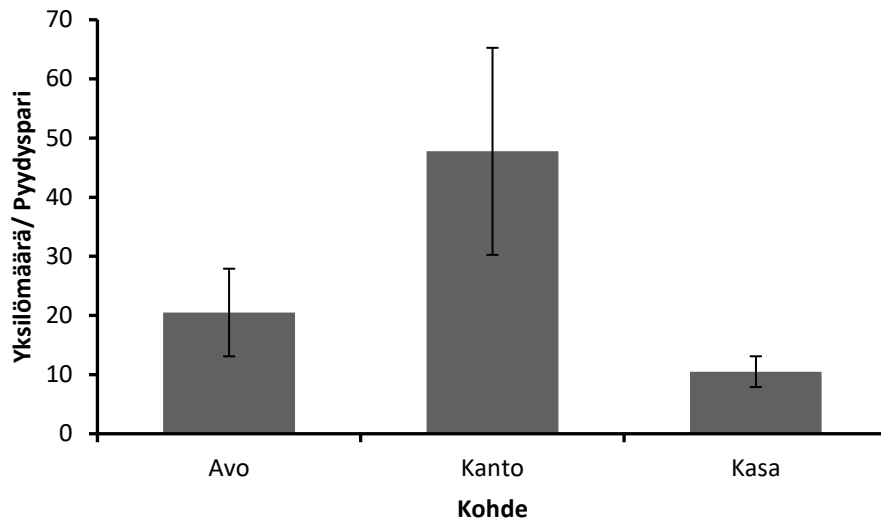
Kannonhutikirjaajaa tavattiin vain kahdessa viimeisessä pyyntijaksossa (Liite 1). Kohteella ei ollut vaikutusta kannonhutikirjaajan yksilömääriin kolmannessa pyyntijaksossa (Taulukko 2). Neljännessä pyyntijaksossa niitä tavattiin enemmän kannoilla kuin avomaalla (Taulukko 2; Tukey'n testit, $p < 0,05$; Kannonhutikirjaajan kokonaisyksilömäärät: Kuva 5). Vaippanilurin yksilömäärät eivät eronneet eri kohteiden välillä pyyntijaksossa 1, 2, ja 4. Kolmannessa pyyntijaksossa vaippanilureita tuli ainoastaan kannoilla olleisiin pyydyksiin, joten kolmannessa pyyntijaksossa ne suosivat kantoja yli muiden kohteiden (vaippanilurin kokonaisyksilömäärät: Kuva 6). Kuusennilurin yksilömäärissä ei havaittu eroja eri kohteiden välillä (Taulukko 2, Kuva 7).



Kuva 5. Kannonhutikirjaajan kokonaisyksilömäärät pyydyspareissa kohteittain ($\bar{x} \pm S.E.$). Pyydysparin muodostivat 20 m ja 50 m etäisyydellä metsänreunasta olleet saman kohteen pyydykset ($n=4$).



Kuva 6. Vaippanilurin kokonaisyksilömäärät pyydyspareissa kohteittain ($\bar{x} \pm S.E.$). Pyydysparin muodostivat 20 m ja 50 m etäisyydellä metsänreunasta olleet saman kohteen pyydykset ($n=4$).



Kuva 7. Kuusennilurin kokonaisyksilömäärät pyydyspareissa kohteittain ($\bar{x} \pm S.E$). Pyydysparin muodostivat 20 m ja 50 m etäisyydellä metsänreunasta olleet saman kohteen pyydykset (n=4).

Taulukko 2. Pyydyksen sijainnin vaikutus kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömääriin, kokonaislajimääriin ja runsaimpien lajien yksilömääriin. Merkitsevät p-arvot on lihavoitu. Tulokset eri testeissä.

Toistomittausten ANOVA	Tekijä	df	F	p
Kokonaisyksilömäärä	Kohde	2	8,167	0,009
	Pyyntijakso * kohde	3,733	0,357	0,824
Kokonaislajimäärä	Kohde	2	2,870	0,109
	Pyyntijakso * kohde	3,515	3,350	0,040
Kuusentähkirjaaja	Kohde	2	1,790	0,222
	Pyyntijakso * kohde	3,211	0,804	0,539
Havutikaskuoriainen	Kohde	2	25,424	0,000
	Pyyntijakso * kohde	4,167	1,255	0,323
Kuusenniluri	Kohde	2	2,920	0,105
	Pyyntijakso * kohde	2,850	0,341	0,787
1-ANOVA	Tekijä	df	F	p
Kokonaislajimäärä				
1. Pyyntijakso	Kohde	2	0,079	0,925
2. Pyyntijakso	Kohde	2	2,921	0,105
3. Pyyntijakso	Kohde	2	5,756	0,025
4. Pyyntijakso	Kohde	2	8,741	0,008
1-ANOVA	Tekijä	df	F	p
Kannonhutikirjaaja				
3. Pyyntijakso	Kohde	2	1,774	0,224
4. Pyyntijakso	Kohde	2	4,687	0,040

Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärä, kokonaislajimäärä ja viiden runsaimman lajin yksilömäärät eivät korreloineet merkitsevästi pyydyskannon leikkuupinta-alan, kolmen pyydyskantoa lähimpänä olleen kannon etäisyyden summan tai pyydyskannon lähiympäristössä olleiden kantojen leikkuupinta-alojen summan kanssa (Taulukko 3).

Taulukko 3. Kokonaisyksilömäärän, kokonaislajimäärän ja runsaimpien lajien yksilömäärien korrelaatio kantomuuttujien kanssa.

Pearsonin korrelaatiokerroin	Pyydyskannon pinta-ala		3:n lähikannon etäisyys		Alan kantojen pinta-alojen summa	
	Kerroin	p	Kerroin	p	Kerroin	p
Kokonaisyksilömäärä	0,585	0,128	0,497	0,210	0,115	0,786
Kokonaislajimäärä	0,693	0,057	0,024	0,955	0,251	0,548
Kuusentähtikirjaaja	0,403	0,322	0,616	0,104	-0,167	0,693
Havutikaskuoriainen	0,408	0,316	0,259	0,535	0,250	0,550
Kannonhutikirjaaja	0,379	0,355	0,216	0,607	0,058	0,891
Vaippaniluri	0,403	0,322	0,678	0,065	-0,184	0,663
Kuusenniluri	0,508	0,199	-0,227	0,589	0,298	0,474

4. TULOSTEN TARKASTELU

Kaarnakuoriaisten yksilömäärät olivat suurempia kannoilla kuin hakkuutähdekasoissa ja avomaalla. Kolmannessa pyyntijaksossa kaarnakuoriaislajeja oli enemmän kannoilla kuin avomaalla ja neljännessä pyyntijaksossa kannoilla oli enemmän lajeja kuin muissa kohteissa. Tämän tutkimuksen mukaan päätehakkuualoille jäävien kantojen voidaan todeta houkuttelevan ainakin tiettyjä kaarnakuoriaisia. Kantojen on myös aiemmissa tutkimuksissa havaittu houkuttelevan kaarnakuoriaisia, joten tämän tutkimuksen tulos vahvisti aiempia havaintoja (mm. Abrahamsson & Lindbladh 2006, Juuso 2015 ja Jonsell 2016). Kantojen houkuttelevuus on ymmärrettävää, sillä hakkuiden yhteydessä kantoihin jää paljon vaurioitunutta puuainesta, josta haihtuvien yhdisteiden on todettu ohjaavan ainakin joidenkin kaarnakuoriaisten levittäytymistä (Byers 1992). Kannot tarjoavat myös läpimitaltaan järeää lahopuuta, jonka on havaittu olevan tärkeä resurssi monelle saproksyylikovakuoriaiselle (Jonsell & Schroeder 2014). Tämän tutkimuksen runsaimmista lajeista havutikaskuoriainen suosi kantoja yli muiden kohteiden ja neljännessä pyyntijaksossa kannonhutikirjaaja käyttäytyi samoin. Havainto tukee aiempien tutkimusten tuloksia, sillä myös Abrahamsson & Lindbladh (2006) ja Juuso (2015) havaitsivat kannonhutikirjaajan suosivan hakkuualojen kantoja. Myös esimerkiksi himmeänilurin, kerokaarnakuoriaisen (*Orthotomicus laciris*), karvakääpiökirjaajan ja pystynävertäjän yksilömäärät olivat tässä tutkimuksessa korkeampia kannoilla kuin hakkuutähdekasoissa ja avomaalla, mutta näiden lajien pienten yksilömäärien takia tuloksia ei voida tilastollisesti vahvistaa. Siitonen ym. (2002) havaitsivat pystynävertäjän ja Jonsell (2016) karvakääpiökirjaajan suosivan kantoja resurssinaan, joten on mahdollista, että kannot houkuttelivat näitä kuoriaislajeja myös tämän tutkimuksen hakkuualoilla. Kuusentähtikirjaaja oli tämän tutkimuksen runsaslukuisin kaarnakuoriainen, ja sitä on tavattu runsaana hakkuuaukoilta aiemmissäkin tutkimuksissa (Abrahamsson & Lindbladh 2006). Abrahamsson & Lindbladh (2006) eivät havainneet kuusentähtikirjaajan suosivan mitään tiettyä hakkuualojen resurssia, ja tämän tutkimuksen tulokset tukevat aiempia havaintoja. Hakkuualat kaikkine resursseineen ovat siis kokonaisuudessaan kuusentähtikirjaajia houkuttelevia ympäristöjä. Juuso (2015) havaitsi kuusennilurin suosivan hakkuualojen kantoja, mutta tässä tutkimuksessa kuusennilurin yksilömäärissä ei havaittu eroja eri kohteiden välillä. Kuusennilureita tavattiin tässä tutkimuksessa kuitenkin

enemmän kannoilla (191 yksilöä) kuin avomaalla (82 yksilöä) tai hakkuutähdekasoilla (42 yksilöä), joten näiden tutkimusten tulokset eivät välttämättä ole jyrkässä ristiriidassa keskenään.

Vaikka kantojen havaittiin houkuttelevan kaarnakuoriaisia, ei pyydyskannon koolla, lähikantojen etäisyydellä tai pyydyskannon lähiympäristön kantojen tarjoamien resurssien määrällä ollut merkitsevää korrelaatiota kaarnakuoriaisten laji- tai yksilömäärän tai viiden runsaimman kaarnakuoriaislajin yksilömäärien kanssa. Teorian mukaan resurssien määrän kasvaminen johtaa niitä hyödyntävien eliöiden yksilö- ja lajimäärien nousuun (Begon ym. 2015). Tämän tutkimuksen tulokset vaikuttaisivat olevan osittain ristiriidassa kyseisen teorian kanssa. Tulos selittynee niillä tekijöillä, jotka ohjaavat kaarnakuoriaisten levittäytymistä. Molemmat tämän tutkimuksen koealat olivat edellisenä talvena avohakattuja kuusikoita, joille jäi paljon läpimitaltaan suuria kantoja. Hakkuualojen kantojen koot eivät välttämättä vaihdelleet tarpeeksi, jotta niiden houkuttelevuuden erot olisivat tulleet esiin. Kustakin kannosta on voinut haihtua niin paljon kaarnakuoriaisia houkuttelevia yhdisteitä, että niiden houkuttelevuudessa ei ollut eroja. Kaarnakuoriaisten on myös havaittu suosivan talvehtimispaikkojensa läheisyydessä olevia kohteita ja näin minimoivan kohdepuun etsintään kuluva energia (Dworschak ym. 2011). Talvehtimispaikan lähikohteiden suosinta on voinut häivyttää tämän tutkimuksen kantojen välisiä houkuttelevuuseroja. Kaarnakuoriaisten kohteen valintaan on voinut vaurioituneesta puusta haihtuvien tuoksujen lisäksi vaikuttaa esimerkiksi toisten kaarnakuoriaisten erittämät feromonit ja erilaiset visuaaliset tekijät.

Tuoreen lahoppuun kokonaismäärä ei ole selittänyt kaarnakuoriaisten runsauden vaihtelua aiemmissa tutkimuksissa (Hyvärinen 2006, Toivanen 2007, Liikanen 2008). Aiempien tutkimuksien perusteella on ymmärrettävää miksi kantojen kokonaismäärän ja kuoriaisten yksilö- ja lajimäärien välillä ei havaittu korrelaatiota tässä tutkimuksessa. Tietyille alalle päätyvien kaarnakuoriaisten yksilömäärät eivät voi kasvaa rajattomasti lahoppumäärän kasvun seurauksena, koska yksilömääriä rajoittaa muun muassa lähtöpopulaatioiden koot ja sääolot. Nämä seikat ovat voineet rajoittaa myös tämän tutkimuksen koealoilla parveilleiden kaarnakuoriaisten määriä. Kaarnakuoriaisten tapauksessa teoria siitä, että resurssien määrän kasvaminen lisää niitä hyödyntävien eliöiden laji- ja yksilömääriä (Begon ym. 2015) ei täysin pitänyt paikkaansa. Toisaalta yleistettävien johtopäätöksiä tekeminen resurssien määrän ja laadun vaikutuksista kaarnakuoriaisten yksilö- ja lajimäärään vaatisi pidemmän aikavälin tutkimusta. Kaarnakuoriaisten on myös havaittu välttelevän kilpailua etenkin suurissa yksilötiheyksissä, joissa kilpailu olisi voimakasta (Abrahamsson & Lindblad 2006, Dworschak ym. 2011). Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan selvitetty, kuinka paljon kantoihin oli iskeytynyt kuoriaisia, joten kilpailun voimakkuudesta kannoissa ja sen vaikutuksista kaarnakuoriaisten kohteen valintaan ei pysty tekemään johtopäätöksiä.

Kantojen koon ja kaarnakuoriaisten lajimäärän välinen korrelaatio oli kuitenkin lähellä merkitsevän rajaa ($p = 0,057$). Isommissa kannoissa on enemmän rikkoutunutta puuainesta, minkä seurauksena niistä voi olettaa haihtuvan suurempia määriä kaarnakuoriaisia houkuttelevia yhdisteitä. Isommat kannot sisältävät myös enemmän tuoretta lahoppuuta kuin pienemmät kannot, joten niissä riittää resursseja useammalle kaarnakuoriaislajille. Havainnot tukevat osittain teoriaa, jonka mukaan tarjolla olevien resurssien määrä ja laatu vaikuttavat niitä hyödyntävien lajien monimuotoisuuteen (Begon ym. 2015). Kannon koon on kuitenkin havaittu vaikuttavan eri tavalla eri kaarnakuoriaislajien runsauteen (Lindelöw ym. 1999). Esimerkiksi kirjanpainajan havaittiin suosivan suurempia kantoja, kun taas vaippanilurin ja havutikaskuoriaisen havaittiin hyödyntävän pienempiä kantoja. Eri kokoisten kantojen voidaan siis arvella tarjoavan kaarnakuoriaisille laadultaan erilaisia resursseja. Tässä tutkimuksessa näiden

kuoriaisten yksilömäärien ja kantojen koon välillä ei toisaalta havaittu korrelaatiota. Tämän tutkimuksen tulokset antavat kuitenkin viitteitä siitä, että suuremmat kannot voivat houkuttaa enemmän kaarnakuoriaisia. Tutkittaessa kaikkia saproksyylikovakuoriaisia yhdessä on havaittu, että isommat kannot pitävät yllä suurempia laji- ja yksilömääriä kuin pienemmät kannot (Lindelöw & Lindhe 2004). Monimuotoisuuden kannalta olisi tärkeää, että etenkin hakkuualojen suuret kannot jätettäisiin korjaamatta.

Hakkuutähdekasat eivät näyttäeneet merkittävästi houkuttelevan kaarnakuoriaisia, sillä hakkuutähdekasojen kaarnakuoriaisten yksilö- ja lajimäärät eivät eronneet avomaalla parveilleiden kaarnakuoriaisten määristä. Aiemmin esimerkiksi kuusentähkikirjaajan on kuitenkin havaittu hyödyntävän hakkuutähteitä resurssinaan (Kacprzyk 2012). Myös kannonhutikirjaajan on havaittu hyödyntävän hakkuutähteitä (Bednarz & Kacprzyk 2015). Tässä tutkimuksessa näiden kahden kaarnakuoriaislajin ei havaittu suosivan hakkuutähdekasoja yli muiden kohteiden. Näin ollen kannot ovat voineet tarjota kannonhutikirjaajalle hakkuutähdekasoja houkuttelevamman resurssin. Näiden tulosten valossa hakkuutähteiden korjuu voisi olla monimuotoisuuden säilymisen kannalta kantojen korjuuta turvallisempi tapa lisätä bioenergian tuotantoa. Toisaalta aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet hakkuutähteiden sopivan resurssiksi ainakin joillekin kaarnakuoriaisille (mm. Kacprzyk 2012, Bednarz & Kacprzyk 2015, Foit 2015a). Hakkuutähteet lisäävät myös pieniläpimittaisen ja ohutkuorisen lahopuun määrää hakkuualoilla, mikä voi hyödyttää esimerkiksi kuusentähkikirjaajaa ja muita pienläpimittaista puuta hyödyntäviä kaarnakuoriaislajeja (Foit 2015a). Hakkuutähteet olivat tässä tutkimuksessa kerätty kasoihin mikä on voinut vaikuttaa hakkuutähteiden mikroilmastoon ja täten myös houkuttelevuuteen. Kacprzyk (2012) havaitsi hakkuualalla levällään olevien hakkuutähteiden houkuttelevan enemmän kaarnakuoriaisia kuin kasattujen tähteiden, mikä johtui siitä, että levitettyt tähteet tarjosivat kuoriaisille lämpimämmän mikroilmaston. Hakkuutähdekasojen sisäosien varjoisuus on voinut rajoittaa hakkuutähdekasosta haihtuvien yhdisteiden haihtumisvoimakkuutta ja täten heikentää kasojen houkuttelevuutta. Resurssien laadullisen vaihtelun tiedetään ylläpitävän resursseja hyödyntävien eliöiden lajistollista monimuotoisuutta (Begon ym. 2015). Hakkuutähteet lisäävät hakkuualueiden tarjoamien lahopuuresurssien laadullista vaihtelua, minkä vuoksi niiden korjaamatta jättäminen voisi olla perusteltua. Hakkuutähteiden merkityksestä monimuotoisuudelle tulisi tehdä lisätutkimusta ennen laajamittaisiin ja systemaattisiin korjuutoimenpiteisiin ryhtymistä.

Metsäteollisuus on tärkeä elinkeino Suomessa, minkä vuoksi hakkuissa ja metsähakkeen korjuussa tulee ottaa huomioon myös taloudellinen näkökulma. Hakkuutähteiden korjuumääriä voitaisiin tämän tutkimuksen tulosten perusteella nostaa vaarantamatta monimuotoisuutta, mutta lisätutkimukselle olisi kuitenkin tarvetta. Kannoilla sen sijaan on suuri merkitys monimuotoisuuden ja lahopuumäärien turvaajana, eikä niiden laajamittaiseen korjuuseen ole tämän tutkimuksen valossa syytä ryhtyä. Talousmetsissä lahopuumäärät ovat muutenkin pieniä, eivätkä ne tarjoa riittävästi resursseja saproksyyililajeille. Tämän vuoksi hakkuualojen kantojen arvo kaarnakuoriaisten ja muiden saproksyylikovakuoriaisten monimuotoisuuden turvaajana voi olla merkittävä. Päätehakkuualojen kannot muodostavat ison osan monille saproksyyililajeille tärkeästä avoimien paikkojen järeästä lahopuusta talousmetsissä (Jonsell & Schoeder 2014). Jos kantoja aletaan korjaamaan systemaattisesti, poistuvat niiden tarjoamat resurssit metsämaisemasta, millä taas voi olla haitalliset seuraukset monelle lajille. Uhattuna eivät ole pelkästään kaarnakuoriaiset, vaan monet muut harvinaisemmat kantoja hyödyntävät selkärangattomat. Esimerkkejä tällaisista eliöistä ovat pikkukujaakko (*Acanthocinus griseus*) ja vyöseppä (*Drapetes mordelloides*), jotka ovat päätehakkuualojen kantoja hyödyntäviä punaisen listan kovakuoriaislajeja (Jonssel 2016). Kantojen korjuu ei ainoastaan poista

metsistä tärkeää lahoppuuta, vaan sen seurauksena muun muassa korjuualojen maanpinnasta rikkoutuu suurempi osuus (Kataja-aho ym. 2011). Kantojen korjuu on siis hyvin voimakas hakkuualaa muokkaava toimenpide, jolla on moniin metsän eliöihin kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella kantojen korjuussa tulisi noudattaa varovaisuutta, sillä toimenpiteillä voi olla haitallisia vaikutuksia kaarnakuoriaisten monimuotoisuuteen.

Kantojen ja hakkuutähteiden korjuun taloudellisia ja ekologisia vaikutuksia voidaan pohtia myös metsähygienian näkökulmasta. Etenkin kannot houkuttelevat hakkuualoille kaarnakuoriaisia, joista osa on metsätuholaisia. Tässäkin tutkimuksessa Suomen merkittävimmistä metsätuholaisista tavattiin kirjanpainajaa, kuusentähtikirjaajaa, havutikaskuoriaista ja pystynävertäjää. Pahimpia metsätuholaisia eli kirjanpainajia havaittiin tutkimuksessa vain 42 yksilöä. Vähälukuisuutensa vuoksi kirjanpainajat eivät ainakaan lähiaikoina uhkaa tämän tutkimuksen hakkuualojen lähimetsiä. Kirjanpainajien levittäytyminen myös runsaasti lahoppuuta sisältäneiden ennallistamisalojen lähimetsiin on ollut vähäistä (Toivanen 2007, Liikanen 2008). Eri tekijät ovat kuitenkin voineet rajoittaa kirjanpainajien yksilömääriä, joista yksi merkittävimmistä on tutkimuksen aikana vallinnut viileä sää. Terminen kesä on alkanut Jyväskylässä vuosina 1981–2010 keskimäärin 20.5.–25.5., kun taas kesällä 2017 terminen kesä alkoi vasta 6.6. (Ilmatieteen laitos 2017). Kirjanpainajien määrää on voinut rajoittaa myös lähdepopulaation koko, joka vaikuttaa myös alueella parveilevien kirjanpainajien määriin. Samanlaisia johtopäätöksiä voidaan vetää myös pystynävertäjän osalta. Tätä lajia tavattiin vain 46 yksilöä, joten nekään tuskin uhkaavat hakkuualueita ympäröiviä metsiä. Kuusentähtikirjaaja ja havutikaskuoriainen sen sijaan olivat tämän tutkimuksen runsaimmat kaarnakuoriaislajit. Molemmat lajit ovat kuitenkin sekundaarisia kaarnakuoriaisia eli ne hyödyntävät pääosin jo jollain tavoin heikentyntä puuta, eivätkä ne kykene tappamaan terveitä puuta. Myöskään näiden kuoriaisten suuret yksilömäärät hakkuualoilla eivät siis todennäköisesti lisää terveiden lähimetsien metsätuhoriskiä. Tulosten perusteella kantojen ja hakkuutähteiden poistaminen hakkuualoilta ei ole tarpeellista lähimetsien suojelun kannalta. Toisaalta kannot ja hakkuutähteet voivat suotuisissa oloissa toimia hyvänä lisääntymisalustana ainakin joillekin kaarnakuoriaislajeille, ja hakkuualoille voi muodostua lähdepopulaatioita (Metla 2011). Jos hakkuualan lähimetsissä on kaarnakuoriaisia houkuttelevia heikentyneitä puuta, on kaarnakuoriaisten levittäytyminen lähimetsiin mahdollista.

Aiemmissä tutkimuksissa kääpiökirjaajien yksilömäärät ovat olleet merkittävästi tämän tutkimuksen yksilömääriä suurempia (mm. Abrahamsson & Lindblad 2006, Jonsell 2016). Tässä tutkimuksessa tavattiin vain karvakääpiökirjaajia ja niitäkin vain 30 yksilöä. Oleellinen ero tämän tutkimuksen ja edellä mainittujen tutkimuksien välillä on kuoriaisten pyyntitapa. Tämän tutkimuksen aineisto kerättiin ikkunapyydyksillä, kun taas edellä mainittujen tutkimusten aineisto on kerätty kuoriuttamalla kaarnakuoriaisia maastossa tai laboratoriossa tai seulomalla kannoista irrotettuja kaarnanäytteitä. Ikkunapyydykset näyttäisivät keräävän kääpiökirjaajia huonosti ja tämä havainto tulisi ottaa huomioon jatkotutkimuksissa. Edellä mainitut menetelmät pyydystävät elinkiertoensa eri vaiheissa olevia kaarnakuoriaisia. Kuoriuttamalla saatu aineisto koostuu pääosin puuhun munineiden kuoriaisten jälkeläisistä, kun taas ikkunapyydyksin kerätty aineisto koostuu parveilevista kuoriaisista. Menetelmät soveltuvat siis erilaisten ilmiöiden tutkimiseen.

Jatkotutkimuksille on yhä tarvetta ja niissä voisi selvittää, millaisia määriä kantoja ja hakkuutähteitä pätehakkuualoille tulee jättää, jotta mahdolliset korjuutoimenpiteet eivät vaaranna lahoppuusta riippuvaisten lajien monimuotoisuutta. Hakkuualojen kantojen ja hakkuutähteiden tarjoamien resurssien laatu muuttuu ajan saatossa ja näiden laadullisten muutosten vaikutuksia resurssien sopivuuteen saproksyytilajeille tulisi selvittää pidemmän aikavälin tutkimuksilla. Näiden tutkimuksien avulla voisi myös arvioida kantojen ja

hakkuutähteiden houkuttelevuutta lahoamisen myöhemmissä vaiheissa. Jatkotutkimuksissa tulisi myös ottaa huomioon kantojen ja hakkuutähdekasojen mahdollinen rooli ekologisena ansana. Toistojen määrä tulisi jatkotutkimuksissa olla suurempi, jotta tässä tutkimuksessa harvalukuisina esiintyneiden kaarnakuoriaislajien käyttäytymisestä saataisiin lisätietoa, ja näin ollen niitä koskeva uhka saataisiin kartoitettua. Tutkimuksia tulisi tehdä myös säältään erilaisina kesinä, sillä kaarnakuoriaisten lisääntymismenestys riippuu pitkälti lämpö- ja kosteusoloista. Näin metsätuhoriskiä voitaisiin myös arvioida paremmin.

KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajaani Jari Haimia väsymättömästä ja asiantuntevasta ohjauksesta sekä kaikesta avusta, jota olen opintojeni aikana saanut. Kiitos Kaisamari Maczulskij sujuvasta yhteistyöstä aineistonkeruussa ja määrittästyössä. Kiitokset myös Mustapha Boucelhamille avusta maastotöissä ja laboratoriossa sekä Jyväskylän kaupungin metsäosaston Merja Kytömäelle tutkimusalueiden tarjoamisesta. Iso kiitos kuuluu myös läheisilleni, joiden tuella on ollut ratkaisevan suuri merkitys tämän työn valmistumiselle.

KIRJALLISUUS

- Annala E. 2001. Kaarnakuoriaistuhot vältettävissä hyvällä metsänhoidolla. *Metsätieteen aikakauskirja* 2: 265–269.
- Abrahamsson M. & Lindbladh M. 2006. A comparison of saproxylic beetle occurrence between man-made high- and low-stumps of spruce (*Picea abies*). *Forest. Ecol. Manag.* 226: 230–237.
- Baier P., Führer E., Offenthaler I., Richter H. & Rosner S. 2005. Tree temperatures, volatile organic emissions, and primary attraction of bark-beetles. *Phyton Austria*: 45: 1–14.
- Barkman J. & Stoutjesdijk P. 1992. *Microclimate, vegetation and fauna*. Opulus press, Knivsta Sweden.
- Bednarz B. & Kacprzyk M. 2015. The occurrence of bark beetles on cut Norway spruce branches left in managed stands relative to the foliage and bark area of the branch. *J. Forest. Res.-Jpn.* 20: 143–150.
- Begon M., Harper J. & Townsend C. 2005. *Ecology. From Individuals to Ecosystems*. Blackwell, Oxford.
- Berryman A., Christiansen E & Waring R. 1987. Resistance of conifers to bark beetle attack: Searching for general relationships. *Forest. Ecol. Manag.* 22: 89–106.
- Byers J. 1989. Chemical ecology of bark beetles. *Experientia* 45: 271–283.
- Byers J. 1992. Attraction of bark beetles *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus* and *Trypodendron domesticum* and other insects to short-chain alcohols and monoterpenes. *J. Chem. Ecol.* 18: 2385–2402.
- Byers J. 1993. Simulation and equation models of insect population control by pheromone-baited traps. *J. Chem. Ecol.* 19: 1939–1956.
- Carter V., Clear J., Clement J., DeRose R., Cottrell S., Fettig C., Hansen W., Hicke J., Higuera P., Mattor K., Morris J., Seddon A., Seppä H., Seybold S., Sherriff R. & Stednick J. 2016. Managing bark beetle impacts on ecosystems and society: priority questions to motivate future research. *J. Appl. Ecol.* 54: 750–760.
- Clémentine O., Jonsell M. & Victorsson J. 2012. Saproxylic insect fauna in stumps on wet and dry soil: Implications for stump harvest. *Forest. Ecol. Manag.* 290: 15–21.
- Duelli P., Fluckiger P., Obrist M. & Wermelinger B. 2007. Horizontal and vertical distribution of saproxylic beetles (Col., Buprestidae, Cerambycidae, Scolytinae) across sections of forest edges. *J. Appl. Entomol.* 131: 104–114.
- Dworschak K., Gruppe A., Kautz M., & Reinhard S. 2011. Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions. *Forest. Ecol. Manag.* 4: 598–608.

- Ehnström B., Jonsell M. & Weslien J. 1998. Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodivers. Conserv.* 7: 749–764.
- Eidmann H., Lindelöw Å. & Nordenhem H. 1993. Response on the ground of bark beetle and weevil species colonizing conifer stumps and roots to terpenes and ethanol. *J. Chem. Ecol.* 19: 1393–1403.
- Finlex 2013. Laki metsätuhojen torjunnasta. 6 § (20.12.2013/1087) <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131087#Pidp451244944> luettu 20.9.2017.
- Foit J. 2015a. Bark- and wood-boring beetles on Scots pine logging residues from final felling: Effects of felling date, deposition location and diameter of logging residues. *Ann. For. Res.* 58: 67–79.
- Foit J. 2015b. Factors affecting the occurrence of bark- and wood-boring beetles on Scots pine logging residues from pre-commercial thinning. *Entomol. Fennica* 26: 74–87.
- Fossestol K & Sverdrup-Thygeson A. 2009. Saproxylic beetles in high stumps and residual downed wood on clear-cuts and in forest edges. *Scand. J. Forest. Res.* 24: 403–416.
- Hansson J. & Jonsell M. 2011. Logs and stumps in clearcuts support similar saproxylic beetle diversity: implications for bioenergy harvest. *Silva Fenn.* 45:1053–1064.
- Heliövaara K., Peltonen M., Mannerkoski I. & Siitonen J. 1998. *Suomen kaarnakuoriaiset*. Helsingin yliopisto, Soveltavan eläintieteen laitos, julkaisuja. 25: 91.
- Hyvärinen E., Kouki J., Martikainen P. & Lappalainen H. 2005. Short-term effects of controlled burning and green-tree retention on beetle (Coleoptera) assemblages in managed boreal forests. *Forest. Ecol. Manag.* 212: 315–332.
- Härmälä E., Kinnunen M., Rinne S., Turunen M. & Vapaavuori J. 2014. Energia- ja ilmastotiekartta 2050. *Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja* 31: 1–73.
- Ilmatieteen laitos 2017. Vuodenaikojen tilastot. <http://ilmatieteenlaitos.fi/kesa-2017> Luettu 27.12.2017.
- Jacobs M., Langor D. & Spence J. 2007. Influence of boreal forest succession and dead wood qualities on saproxylic beetles. *Agr. Forest Entomol.* 9: 3–16.
- Jonsell M. 2016. Stubbrytning – ett hot mot vedskalbaggarna?. *Entomologisk Tidskrift* 137: 151–161.
- Jonsell M. 2014 & Schroeder M. 2014. Proportions of saproxylic beetle populations that utilize clear-cut stumps in a boreal landscape – Biodiversity implications for stump harvest. *Forest Ecol. Manag.* 334: 313–320.
- Juuso M. 2015. *The effect of stump extraction on the diversity of saproxylic insects in the roots of Norway spruce (Picea abies) stumps*. Ekologian Pro gradu –tutkielma. Uppsalan yliopisto, 20 s.
- Kacprzyk M. 2012. Feeding habits of *Pityogenes chalcographus* (L.) (Coleoptera: Scolytinae) on Norway Spruce (*Picea abies*) L. (Karst.) logging residues in wind-damaged stands in southern Poland. *Int. J. Pest. Manage* 58: 121–130.
- Kataja-aho S., Fritze H. & Haimi J. 2011. Short-term responses of soil decomposer and plant communities to stump harvesting in boreal forests. *Forest Ecol. Manag.* 262: 379–388.
- Keto-Tokoi P., Kostamo J., Kuuluvainen J., Kuuluvainen T., Kuusinen M., Ollikainen M., Saaristo L. & Salpakivi-Salomaa P. 2004. *Metsän kätköissä. Suomen metsäluonnon monimuotoisuus*. Edita Publishing Oy, Helsinki.
- Keto-Tokoi P. & Kuuluvainen T. 2010. *Suomalainen aarniometsä*. Maahenki, Helsinki.
- Laiho O., Lähde E. & Pukkala T. 2016. Continuous cover management reduces wind damage. *Forest Ecol. Manag.* 372: 120–127.
- Liikanen V. 2008. *Metsien ennallistamisen vaikutus kaarnakuoriaisten populaatioihin ja metsätuhorisktiin*. Ekologian ja Ympäristöhoidon Pro gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto, 31 s.
- Lindelöw Å., Lindhec A., Schroeder L. & Weslien J. 1999. Attacks by bark- and wood-boring Coleoptera on mechanically created high stumps of Norway spruce in the two years following cutting. *Forest Ecol. Manag.* 123: 21–30.
- Lindelöw Å. & Lindhe A. 2004. Cut high stumps of spruce, birch, aspen and oak as breeding substrates for saproxylic beetles. *Forest. Ecol. Manag.* 203:1–20.
- Löyttyniemi K., Heliövaara K. & Repo S. 1988. Pine turpentine strongly attracts *Hylastes brunneus* (coleoptera, scolytidae). *Ann. Entomol. Fenn.* 54: 145–148.

- Maa- ja metsätalousministeriö. 2016. Kansallinen metsästrategia 2025. <http://mmm.fi/documents/1410837/1504826/Kansallinen+mets%C3%A4strategia+2025/c8454e55-b45c-4b8b-a010-065b38a22423> Luettu 13.1.2018
- Maczulskij K., 2017. *Kantojen ja metsänreunan etäisyyden vaikutus kaarnakuoriaisten jakautumiseen hakkuuaukoissa*. Biologian Pro gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto, 19 s.
- Metla 2010. Metsätuho-opas. <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/opas/index.htm> Luettu 4.10.2017.
- Metla 2011. Metsien tuhohyönteisiä. http://www.metla.fi/tiedotteet/2011/pdf/tuhohyonteiset_metinfo.pdf Luettu 12.1.2018
- Metla 2012. Tiedote 20.6.2012. Kirjanpainajahyönteisten määrä on lisääntynyt paikoin epidemiaasteelle Etelä- ja Kaakkois-Suomessa. <http://www.metla.fi/tiedotteet/2012/2012-06-20-kirjanpainaja.htm> Luettu 10.10.2017.
- Metsäkeskus 2014. Vuonna 2013 ilmoitetut hyönteistuhohakkuukuviot. https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/hyonteistuhohakkuukuviot_2013.pdf Luettu 27.12.2017.
- Metsäkeskus 2017. Vuonna 2016 ilmoitetut hyönteistuhohakkuukuviot. https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/hyonteistuhohakkuut_2016.pdf Luettu 27.12.2017.
- Metsäteollisuus 2017. Tilastot. <https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/metsateollisuus/> Luettu 25.12.2017.
- Montgomery M. & Wargo P. 1982. Ethanol and other host-delivered volatiles as attractants to beetles that bore into hardwoods. *J. Chem. Ecol.* 9: 181–190.
- Nuorteva M. 2010. *Puun ja kuoren välissä. Kaarnakuoriaisten eliöyhteisöjen elämää*. Maahenki Oy, Helsinki.
- Oksanen E. & Pouttu A. 2011. Myrskyjen vaikutukset ulottuvat pitkälle. *Metsäntutkimus*. 4: 3–4.
- Rassi P., Hyvärinen E., Juslén A. & Mannerkoski I. 2010. *Suomen lajien uhanalaisuus 2010*. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 685 s.
- Siitonen J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecol. Bull.* 49: 11–41.
- Siitonen J., Sippola A-L. & Punttila P. 2002. Beetle diversity in timberline forests: a comparison between old-growth and regeneration areas in Finnish Lapland. *Ann. Zool. Fenn.* 39: 69–86.
- Toivanen T. 2007. *Short-term effects of forest restoration on beetle diversity*. Jyväskylä studies in biological and environmental science. 175: 1–33.
- Valtioneuvosto. 2012. Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön strategiasta vuosiksi 2012-2020, Luonnon puolesta – Ihmisen hyväksi. <https://www.cbd.int/doc/world/fi/fi-nbsap-v3-fi.pdf> Luettu 13.1.2018
- Vité P. & Pitman G. 1969. Insect and host odors in the aggregation of the western pine beetle. *Can. Entomol.* 101: 113–117.
- Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecol. Manag.* 202: 67–82.
- Wood, D. L. 1982. The bark and ambrosia beetles of north and central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great. Basin. Nat.* 6: 1–1359 s.

Liite 1.

Taulukko 4. Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärät, kokonaislajimäärät ja kaikkien lajien yksilömäärät eri pyyntijaksoissa kohteittain.

	Pyyntijakso 1			Pyyntijakso 2			Pyyntijakso 3			Pyyntijakso 4		
	Avo	Kanto	Kasa	Avo	Kanto	Kasa	Avo	Kanto	Kasa	Avo	Kanto	Kasa
Kokonaisyksilömäärä	21	62	20	213	1155	299	92	382	125	198	881	193
Kokonaislajimäärä	4	4	6	10	11	10	8	12	11	9	13	10
Kuusentähtikirjaaja	0	0	0	100	184	144	45	152	71	54	123	68
Havutikaskuoriainen	6	42	2	22	535	15	1	74	1	2	133	3
Kannonhutikirjaaja	0	0	0	0	0	0	10	32	13	73	431	88
Vaippaniluri	10	8	12	66	259	101	0	8	0	1	5	1
Kuusenniluri	0	0	0	8	13	3	25	49	18	49	129	21
Himmeäniluri	0	0	1	7	103	23	5	19	1	1	5	1
Kerokaarnakuoriainen	0	0	0	2	32	2	2	8	0	0	22	1
Pystynävertäjä	4	11	2	0	2	0	3	17	7	0	0	0
Kirjanpainaja	0	0	0	2	8	5	0	7	9	0	6	5
Kulokaarnakuoriainen	0	0	0	4	15	2	0	12	0	0	2	0
Karvakääpiökirjaaja	0	0	0	1	0	0	0	3	1	3	21	1
Rungonhutikirjaaja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	2	4
Kaljuniluri	0	0	0	1	3	3	0	0	0	0	1	0
Silokätkökaarnuri	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lustokuoriainen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
Idäntähtikirjaaja	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
Pikkutikaskuoriainen	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nyhäkaarnakuoriainen	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Kaksihammaskirjaaja	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Kuusenoksakirjaaja	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0