

LuK-tutkielma

**Vanhenevat havupuiden kannot kaarnakuoriaisten
resurssina**

Anni Järvenpää & Lasse Minkkinen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologia

18.10.2018

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Biologia

Järvenpää A. & Minkkinen L.: Vanhenevat havupuiden kannot
kaarnakuoriaisten resurssina
Kandidaatin tutkielma: 21 s
Työn ohjaajat: Dos. Jari Haimi
Tarkastajat: Dos. Jari Haimi
Lokakuu 2018

Hakusanat: Avohakkuuala, kaarnakuoriaiset, kannot, lahopuu, metsänhoito,
metsätalous, monimuotoisuus, Scolytinae

Kaikenlaisen energiapuun, myös kantojen, korjaaminen metsästä vähentää lahopuun ja siinä elävien eliöiden määrää metsässä, mikä osaltaan pienentää alueen monimuotoisuutta. Hakkuualoille jätetyt kannot ovat yksi mahdollinen resurssi kaarnakuoriaisille. Kaarnakuoriaiset ovat kovakuoriaisia, jotka saattavat aiheuttaa metsätuhoja tappamalla puita. Monien kaarnakuoriaislajien tiedetään iskeytyvän juuri kuolleisiin sekä puolustuskyvyltään heikentyneisiin puihin. Tietoa vanhenevista kannoista kaarnakuoriaisten resurssina ei kuitenkaan ole. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuinka paljon reilun vuoden vanhat kuusen kannot houkuttelevat kaarnakuoriaisia avohakkuualoille. Tutkimus toteutettiin kesällä 2018 Jyväskylässä kahdella avohakkuualalla. Aineisto kerättiin ristikkoikkunapyydyksillä, joita oli yhteensä kymmenen molemmilla hakkuualoilla. Pyydyksiä asetettiin yhdelle hakkuualalle viisi kannoille sekä viisi avomaalle. Pyydystetyt kaarnakuoriaiset määritettiin lajilleen *Dryocoetes*-sukua lukuunottamatta. Lajeja oli aineistossa yhteensä 11. Kaarnakuoriaisia saatiin yhteensä 839 yksilöä, joista kannoilla tuli 721 ja avomaalla olleisiin pyydyksiin 118, eli kannoille saatiin enemmän kaarnakuoriaisia. Lajimäärä oli pienempi reilun vuoden vanhalla kuin tuoreella avohakkuualalla. Myös yksilömäärä oli yli kolmasosan pienempi vähän yli vuoden vanhalla hakkuualalla. Saatujen tulosten mukaan kantojen jättäminen hakkuualoille olisi viisasta monimuotoisuuden kannalta, koska reilun vuoden vanhat kannot houkuttelevat edelleen kaarnakuoriaisia. Vanhenevat kannot toimivat siis kaarnakuoriaisten resurssina. Kantojen jättäminen hakkuualalle ei aiheuta pitkäaikaista uhkaa kaarnakuoriaisista metsätaloudelle, koska pahimpia tuholaislajeja tuli kannoille vähän.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science
Department of Biological and Environmental Science
Biology

Järvenpää A. & Minkkinen L.: Decaying spruce stumps as a resource for bark
beetles

Bachelor of Science Thesis: 21 p

Supervisors: Dos. Jari Haimi

Inspectors: Dos. Jari Haimi

October 2018

Keywords: Bark beetles, clearcut, coarse woody debris, diversity, forestry, logging
area, Scolytinae, silviculture, stumps

In Finland tree stumps are being harvested for energy production. Stump removal in logging areas reduces the amount of coarse woody debris in forests which in turn reduces number of species that live in dead wood. Stumps left in logging area are a potential habitat for bark beetles. Bark beetles may cause vast timber-losses by killing trees. Many bark beetle species are known for attacking recently dead trees or trees whose defence mechanisms have been weakened. However, there is no information available for beetles using dead or dying tree stumps as a resource. The aim of this study was to find out how well more than a year-old spruce stumps attract bark beetles in clearcutting areas. The study was conducted in spring 2018 in two clearcutting areas in Jyväskylä, Finland. The data was collected with window-traps, ten for both study areas. For both clearcutting areas there were five traps placed on stumps and five on the ground. Bark beetles were identified at species-level with the exception of *Dryocoetes*-genus. The number of species caught was 11. There were more bark beetles and bark beetle species in stump-traps than the ground-traps. The data consisted of 839 individuals from which 721 were caught from stumps and 118 from the ground. Compared to a fresh clearcut area species richness was lower. In addition, number of individuals was one third of that in a fresh clear-cut area. Our results indicate that leaving stumps to clearcutting areas is beneficial for the local biodiversity. In addition leaving stumps to a clear-cut area will not cause a long-term threat to forestry. This is because there are very few bark beetles in the old stumps that are actually harmful for trees in forestry point of view.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	5
3	TULOKSET	9
4	TULOSTEN TARKASTELU	15
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	19
	KIITOKSET.....	19
	KIRJALLISUUS.....	20

1 JOHDANTO

Suomessa uudistushakkuiden yhteydessä metsistä korjataan usein energiapuuksi hakkuutähteitä ja kantoja (Koistinen ym. 2016). Energiapuun korjuussa metsästä poistuu enemmän ravinteita ja biomassaa kuin perinteisissä hakkuissa, joissa metsästä korjataan vain runkopuu latvusten ja oksien jäädessä metsään. Liian runsas energiapuun korjuu voi olla uhka luonnon monimuotoisuudelle (Jonsell & Schroeder 2014). Esimerkiksi kun metsä avohakataan ja kannot korjataan pois, kantoja elinympäristönään käyttäviä lajeja häviää alueellisesti (Victorsson & Jonsell 2013, Jonsell & Schroeder 2014). Myös lahopuun määrä metsässä vähenee. Lahopuun määrän väheneminen vaikuttaa usein laajasti ja negatiivisesti lahopuuta hyödyntäviin eliöihin (Berg ym. 1994, de Jong ym. 2017). Esimerkiksi kannot saattavat toimia korvike-elinympäristönä lajeille, jotka käyttävät normaalisti kaatuneita runkoja elinympäristönään (Brin ym. 2013). Kantojen korjaaminen bioenergiaksi voi johtaa jopa lajien uhanalaistumiseen.

Nykyään Suomen metsätaloudessa kantoja korjataan energiapuuksi usein siksi, että metsänomistajat saavat näin lisätuloja (Koistinen ym. 2016). Pienistä aukoista kantojen korjuu on tosin saatuun tuottoon nähden kallista, joten kantoja nostetaan yleensä vain taloudellisesti kannattavilta yli hehtaarin kokoisilta päätehakkuualoilta. Lisäksi suositellaan, että kantoja nostetaan vain alueilta, joissa haitat ympäristölle eivät ole kohtuuttomat. Esimerkiksi karuilla kasvupaikoilla tai välittömässä vesistöjen läheisyydessä kantojen korjuun haitat ympäristölle ovat suuret. Avohakkuualoilla merkittävä kantojen korjaaminen (75 % kannoista) vähentää myös kovakuoriaisten lajimäärää (26 % pienempi lajimäärä) (Work ym. 2016). Kantojen jättäminen maahan ehkäisee monimuotoisuuden vähenemistä hakatulla alueella (Jonsell & Schroeder 2014). Kantojen korjuu pitäisikin tehdä niin, että se aiheuttaisi mahdollisimman vähän haittaa ympäristölle (Koistinen ym. 2016).

Hyvän metsänhoidon ohjeistuksessa kehoitetaan tekemään kantojen korjuu tiettyjen periaatteiden mukaisesti, jotta alueen eliöstön monimuotoisuus ja maaperän tuottokyky säilyvät mahdollisimman hyvinä (Äijälä ym. 2014). Suositusten mukaan osa kannoista tulisi aina jättää maahan.

Vanhenevissa tai kuolleissa puissa elää suuri määrä eliöitä, joista suurin osa ovat lahottajasieniä ja hyönteisiä (Stokland 2012). Hyönteisistä kovakuoriaiset (Coleoptera) on yksi merkittävimmistä lahkoista, jonka lajeja elää kuolevassa puuaineksessa. Monet kuolevassa puuaineksessa elävistä kovakuoriaisista käyttävät myös kantoja elinympäristönään (Hjältén ym. 2010). Kannoissa on kuoriaisten osalta samankaltainen yksilö- ja lajimäärä kuin muissa vastaavissa puuainestyypeissä, kuten kaatuneissa puunrungoissa (Hjältén ym. 2010, Jonsell & Hansson 2011). Aurinkoisella paikalla olevissa kannoissa on enemmän kovakuoriaislajeja kuin varjossa olevissa kannoissa (Lindhe & Lindelöw 2004). Suurin kovakuoriaisten lajirikkaus on läpimitaltaan keskikokoisissa kannoissa. Kannot toimivat elinympäristönä myös joillekin kaarnakuoriaislajeille (Wood 1982, Heliövaara ym. 1998, Nuorteva 2010). Esimerkiksi Suomessa yleinen havutikaskuoriainen (*Trypodendron lineatum*) käyttää yhtenä elinympäristönään kantoja (Heliövaara ym. 1998).

Kaarnakuoriaiset (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) ovat kovakuoriaisia, jotka muodostavat kärsäkkäiden heimossa oman alaheimonsa (Heliövaara ym. 1998). Kaarnakuoriaisia on tavattu Suomessa 68 lajia. Koko maailman kaarnakuoriaislajimäärä on yli 6000 (Wood 1982). Kaarnakuoriaisten ulkonäkö on hyvin tunnistettava, sillä ne ovat muodoltaan lieriömäisiä (Heliövaara ym. 1998). Kaarnakuoriaisten tunnusomaisiin piirteisiin kuuluvat myös suuri etuselkä, lyhyet nuijapäiset tuntosarvet sekä voimakkaat ja piikikkäät sääret (Olsen ym. 2012). Niiden koko vaihtelee yhden ja yhdeksän millimetrin välillä (Heliövaara ym. 1998). Kaarnakuoriaiset ovat väritykseltään usein tummia. Osa kaarnakuoriaislajeista on kuitenkin väritykseltään vaaleanruskeita ja osa hyvinkin punertavia.

Kaarnakuoriaiset elävät puiden tietyissä osissa, useimmiten puun nilassa (Heliövaara ym. 1998). Kaarnakuoriaiset suosivat tuoretta nilaa (Nuorteva 2010). Kaarnakuoriaiset hakeutuvat usein vastikään vaurioituneisiin tai puolustukseltaan heikentyneisiin puihin (Wood 1982). Kuolleet puut eivät yleensä houkuttele kaarnakuoriaisia, tosin muutamat lajit suosivat täysin kuolleita puita.

Ihmisen tekemät hakkuut voivat tarjota myös elinympäristön kaarnakuoriaisille. Muun muassa harvennushakkuut lisäävät kaarnakuoriaisten määrää metsässä (Hindmarch & Reid 2001). Kaarnakuoriaiset esiintyvät runsaampina vanhoissa metsissä kuin täysikasvuisissa talousmetsissä (Martikainen ym. 1999).

Kaarnakuoriaiset porautuvat puun kuoren läpi heikentyneeseen puuhun lisääntymään (Wood 1982). Eri kaarnakuoriaislajit käyttävät puun eri osia kilpailun välttämiseksi. Kaarnakuoriaiset käyttävät usein tiettyä puuta vain yhden kerran lisääntymiseen. Usein koiraskaarnakuoriainen saapuu ensimmäisenä paikalle ja kaivaa käytävän puun nilaan (Nuorteva 2010). Seuraavana saapuvat naaraat, jotka kaivavat omat käytävänsä koiraan tekemästä käytävästä. Naaras laskee munia kaivamansa käytävän reunoille lajista riippuen eri etäisyyksille. Tarpeeksi suuri etäisyys munien välillä mahdollistaa kuoriutuville toukille tarpeeksi tilaa ja ravintoa kehitykseen. Puun nilan on oltava tarpeeksi tuoretta, jotta kaarnakuoriaisten jälkeläiset pystyvät kehittymään. Kaarnakuoriaisten toukat ovat raajattomia ja vaaleita, ja ne syövät omat käytävänsä edelleen pois päin emon käytävästä. Eri kaarnakuoriaisilla on omat lajityypilliset syömäkuvionsa, joista pystyy tunnistamaan usein kaarnakuoriaisen lajilleen.

Kaarnakuoriaiset talvehtivat puussa tai maassa lajista riippuen (Nuorteva 2010). Talvehtimisen jälkeen kaarnakuoriaiset lähtevät liikkeelle yleensä touko-kesäkuussa (Nuorteva 1982, Wood 1982). Tätä liikkumista uusille lisääntymisalueille kutsutaan parveiluksi (Wood 1982). Parveilu kestää sääoloista riippuen yleensä kaksi viikkoa (Nuorteva 1982). Parveilua ohjaa puusta ilmaan erittyvät aineet, kuten terpeenit, sekä kaarnakuoriaisten omat feromonit (Wood

1982, Nuorteva 2010). Kaarnakuoriaiset erittävät feromoneja löydettyään sopivan kohdepuun houkutellakseen oman lajin sekä naaras- että koirasyksilöitä paikalle (Wood 1982).

Kaarnakuoriaisia pidetään Suomen metsätalouden näkökulmasta haitallisina metsätuholaisina (Nuorteva 1982). Kaarnakuoriaiset voivat otollisissa oloissa tehdä suurtakin tuhoa metsälle, sillä joskus kaarnakuoriaiset voivat tappaa myös hyväkuntoisia puita, jos niiden parveilu on onnistunut hyvin ja kuoriaisia on alueella runsaasti. Yleensä kaarnakuoriaiset kuitenkin iskeytyvät jo valmiiksi heikentyneisiin puihin. Luonnontilaisissa metsissä kaarnakuoriaiset ovat hyödyllisiä eliöitä, sillä niillä on tärkeä tehtävä metsän kiertokulussa (Nuorteva 2010). Tappamalla heikentyneitä puita ne tuovat metsään tilaa uusille puusukupolville ja niiden kuljettamina monet hajottajasienet pääsevät lahottamaan puita.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, käyttävätkö kaarnakuoriaiset vanhentuneita kantoja elinympäristönään (resurssinaan). Tutkimuksen avulla saatiin lisätietoa kaarnakuoriaisten ekologiasta ja niiden käyttämistä resursseista. Tutkimuskysymyksenä oli: Houkuttelevatko reilun vuoden vanhat kuusen kannot kaarnakuoriaisia?

Tutkimuksen hypoteesi oli, että kannot houkuttelevat kaarnakuoriaisia eli ne käyttävät myös reilun vuoden vanhoja kantoja resurssinaan. On havaittu, että kannot houkuttelevat kaarnakuoriaisia (Maczulskij 2017, Saarikoski 2018). Toisaalta Maczulskij:n (2017) ja Saarikosken (2018) tutkimuksissa kannot olivat tuoreita, ja hakkuualoilla oli hakkuutähdekasvoja, jotka myös houkuttelevat kaarnakuoriaisia. Tämän tutkimuksen hypoteesia ajatellen tiedettiin lisäksi, että eräät kaarnakuoriaislajit jopa suosivat kantoja elinympäristönään, ainakin kantojen ollessa tuoreita (Wood 1982, Heliövaara ym. 1998, Nuorteva 2010). Aikaisempaa tutkimustietoa vanhojen kantojen toiminnasta kaarnakuoriaisten houkuttimena ei ole.

Tutkimuksen tuloksia pystytään käyttämään suoraan kantojen korjuun suunnittelussa. Kaarnakuoriaiset ovat joissain tapauksissa haitallisia tuholaishyönteisiä, joten tietämys niiden käyttäytymisestä on hyödyllistä metsätalouden kannalta. Tulosten avulla voidaan myös mahdollisesti saada tietoa kantojen korjuun vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen aineisto kerättiin Keski-Suomesta Jyväskylästä touko-kesäkuun 2018 aikana kahdelta kuusta (*Picea abies*) kasvavalta hakkuualalta, jotka molemmat oli päätehakattu talvella 2016-2017. Jyväskylän kaupungin omistamat hakkuualat sijaitsivat Keljonkankaan Härkösuolla (ETRS-TM35FIN N:6896496,831, E:430805,308) ja Ylämyllyjärvellä (ETRS-TM35FIN N:6898630,492, E:431559,162). Kahden koealueen välinen etäisyys oli noin kaksi kilometriä.

Kuoriaisnäytteet kerättiin ristikkoikkunapyydyksillä (Kuva 1). Kukin pyydys koostui kahdesta ristikkäin asetetusta läpinäkyvästä muovilevystä ja muovivadista. Kukin muovilevy oli 40 cm korkea ja 30 cm leveä, ja muovivadin halkaisija oli 30 cm. Levyt kiinnitettiin rautalangalla vadin reunoihin. Pyydyksen toimintaperiaatteena on, että hyönteiset törmäävät lentäessään läpinäkyviin muovilevyihin ja putoavat vatiin. Vadissa oli kolme litraa suolavettä, johon hyönteiset hukkuivat ja jossa ne säilyivät tyhjennykseen asti. Suolaa (NaCl) sekoitettiin veteen suhteessa 250 g/litra. Lisäksi pyydyksen suolaveteen lisättiin pari pisaraa astianpesuainetta poistamaan nesteen pintajännitys.

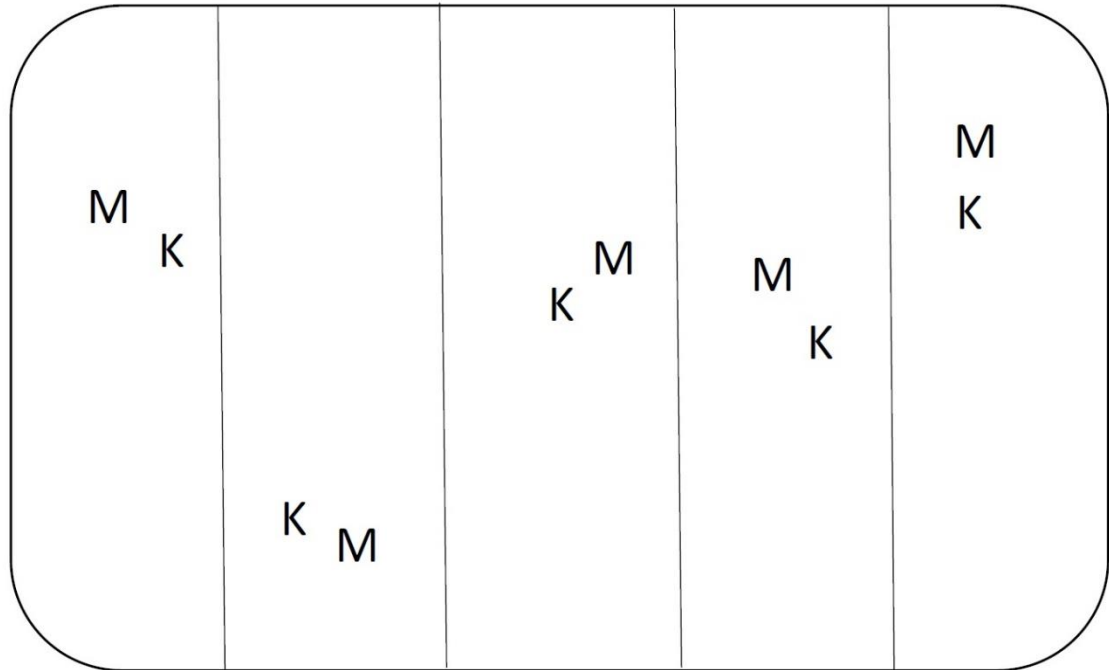


Kuva 1. Ristikkoikkunapyydys kannolla ja maalla. Kuva: Järvenpää & Minkkinen.

Pyydykset vietiin hakkuualoille 2.5.2018. Molemmille hakkuualoille asetettiin viisi pyydysparia eli yhteensä 10 pyydystä. Pyydyspari koostui kannon päällä olevasta pyydyksestä (kantopyydys) ja maassa olevasta pyydyksestä (maapyydys) (Kuva 1, Kuva 2). Maassa oleva pyydys toimi kontrollina. Yhteensä pyydiksiä oli 20 kappaletta.

Pyydysten sijoittamisen satunnaistaminen toteutettiin jakamalla hakkuuala lohkoihin (Kuva 2). Alojen lohkotus tapahtui siten, että hakkuuala jaettiin viiteen suurin piirtein yhtä suureen alueeseen eli lohkoon. Jokaisesta lohkoista valittiin sopivat kannot (halkaisija vähintään 35 cm ja etäisyys metsän reunasta vähintään 50 metriä) mukaan kantopyydyksen paikan arvontaan. Lohkon kannot numeroitiin, ja sen jälkeen numeroiduista kannoista arvottiin pyydyskanto numeroitujen paperilappujen avulla. Kun pyydyskanto saatiin arvottua, arvottiin pyydyskannolta satunnainen ilmansuunta, jonka osoittamaan suuntaan sijoitettiin maapyydys. Maapyydyksen tuli olla vähintään viiden metrin etäisyydellä kaikista ympärillä olevista kannoista, eikä se saanut olla esimerkiksi kuusen taimien päällä.

Jos arvotusta ilmansuunnasta ei löytynyt maapyydykselle sopivaa paikkaa, siirryttiin maastossa pyydyskannosta arvotusta suunnasta myötöpäivään niin kauan, kunnes kriteerit täyttävä paikka maapyydykselle löytyi.



Kuva 2. Kaavakuva, joka mallintaa pyydysten sijaintia hakkuualalla. K = kantopyydyks, M = maapyydyks.

Kantopyydykset tuettiin kannoille nauhojen avulla ja maapyydykset asetettiin maahan telineisiin, jotta vadit saatiin tukevasti pystyyn. Maapyydyksien telineet olivat rautaiset pyöreät jalalliset kehyköt, joiden päälle keräysvadit pystytettiin asettamaan. Telineissä oli neljä jalkaa, joiden avulla ne saatiin upotettua tukevasti maahan.

Kaarnakuoriaisten pyynnin aikana pyydyksiin vietiin tarvittaessa lisää vettä pyydysten kuivumisen estämiseksi. Sekä touko- että kesäkuu olivat keskimääräistä lämpimämpiä, ja toukokuussa myös satoi tavallista vähemmän (Ilmatieteen laitos 2018a, b). Vuonna 2018 toukokuun sademäärä oli Jyväskylässä 22 mm (vuosien 1981-2010 keskiarvo: 44 mm) ja kesäkuun 66 mm (vuosien 1981-2010 keskiarvo: 67

mm). Vuonna 2018 toukokuun keskilämpötila oli 15,7 °C (vuosien 1981-2010 keskilämpötila: 8,9 °C) ja kesäkuun 14,1 °C (vuosien 1981-2010 keskilämpötila: 13,7 °C).

Kaarnakuoriaisia pyydystettiin kahdeksan viikon aikana, ja tänä aikana pyydykset tyhjennettiin neljästi. Tyhjennyspäivät olivat 17.5., 31.5., 14.6. ja 27.6.. Pyydykset tyhjennettiin maastossa siten, että pyydyksissä oleva neste kaadettiin suppilon ja seulan, jonka silmäkoko oli 0,5 mm, läpi ämpäriin, jolloin hyönteiset jäivät seulalle. Seulasta hyönteiset huuhdeltiin 70 % säilöntäalkoholia sisältäviin lasipurkkeihin. Ämpäriissä oleva suolainen säilöntäneste kaadettiin takaisin pyydykseen. Lasipurkit merkittiin pyydysten tiedoilla ja tyhjennyskerran numerolla. Lasipurkkeja säilytettiin kylmiössä, jonka lämpötila oli +4 °C. Myöhemmin kaarnakuoriaiset poimittiin erilleen muista hyönteisistä mikroskooppien avulla ja siirrettiin pienempiin näytepulloihin 70 % alkoholiin. Tämän jälkeen kaarnakuoriaiset tunnistettiin lajilleen käyttäen apuna Heliövaaran ym. (1998) kaarnakuoriaisten määrityskaavaa sekä mikroskooppeja. Pyydykset kerättiin hakkuualoilta pois viimeisen tyhjennyksen yhteydessä 27.6., jolloin kaarnakuoriaisten parveiluajat olivat pääosin päättyneet.

Aineistosta testattiin toistomittausten varianssianalyysillä (toistotekijä: kanto- ja maapyydys kussakin lohossa) erosivatko kannoille tulleiden kaarnakuoriaisten määrät maapyydyksiin tulleiden kaarnakuoriaisten yksilö- ja lajimääristä. Lisäksi testattiin, oliko kahden hakkuualan välillä eroa edellä mainituissa muuttujissa. *Dryocoetes*-suvun yksilömäärä piti testata edelleen erikseen molemmilla tutkimusalueilla parittaisella t-testillä, koska lajin yksilömäärät erosivat Härkösuon ja Ylämyllyjärven pyydysten välillä. Aineiston varianssien yhtäsuuruus testattiin Levenen testillä. Lisäksi laskettiin Shannonin diversiteetti-indeksin arvot jokaiselle tutkimuksen pyydykselle. Shannonin diversiteetti-indeksi laskettiin kaavalla $H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ (S = kokonaislajimäärä, P_i = i osuus kokonaislajimäärästä S) (Begon ym. 1986). Tilastolliset testit tehtiin IBM SPSS Statistics 24 -ohjelmalla.

3 TULOKSET

Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärä tutkimuksen aineistossa oli 839, ja nämä edustivat 11 eri kaarnakuoriaislajia (Taulukko 1). Eniten yksilöitä saatiin *Dryocoetes*-suvusta (316 yksilöä) (Taulukko 1). Suomessa tavattavien kahden *Dryocoetes*-suvun lajin kannonhutikirjaajan (*Dryocoetes autographus*) ja rungonhutikirjaajan (*Dryocoetes hectographus*) morfologiset erot ovat hyvin pieniä, minkä takia tähän aineistoon nämä lajit ovat ilmoitettu vain sukutasolla. Aineistossa runsaita kaarnakuoriaisia olivat myös havutikaskuoriainen (*Trypodendron lineatum*) (186 yksilöä), kuusenniluri (*Hylastes cunicularius*) (156 yksilöä) ja himmeäniluri (*Hylastes opacus*) (90 yksilöä) (Taulukko 1).

Taulukko 1. Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärät kaikkien pyydysten summina sekä yksilömäärät kannoilla ja avomaalla lajeittain.

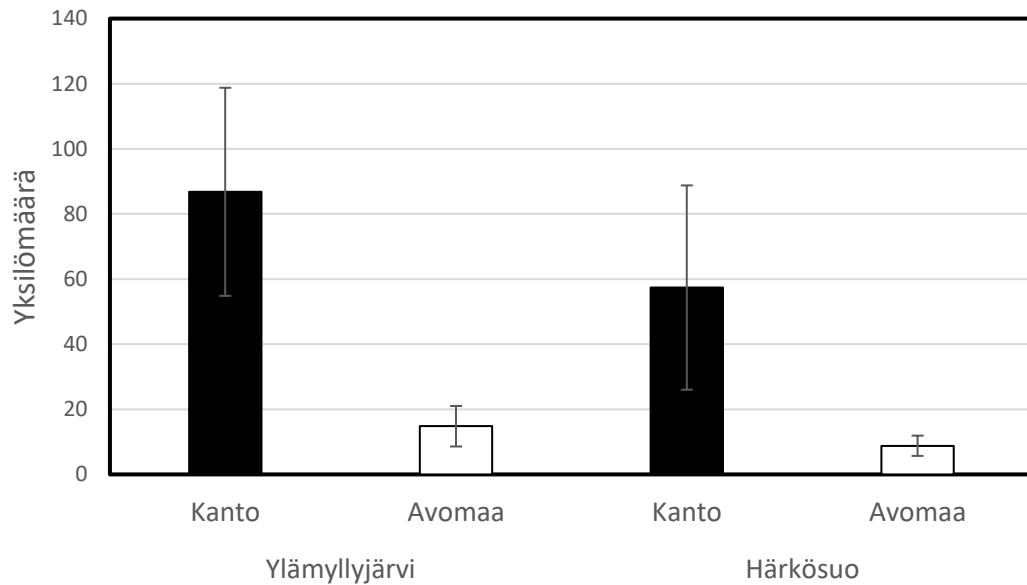
LAJI	Yhteensä	Kannoilla	Avomaalla
<i>Dryocoetes</i> spp.	316	292	24
Havutikaskuoriainen (<i>Trypodendron lineatum</i>)	186	172	14
Kuusenniluri (<i>Hylastes cunicularius</i>)	156	127	29
Himmeäniluri (<i>Hylastes opacus</i>)	90	66	24
Vaippaniluri (<i>Hylorgops palliatus</i>)	54	35	19
Kuusentähtikirjaaja (<i>Pityogenes chalcographus</i>)	16	12	4
Kulokaarnakuoriainen (<i>Orthotomicus suturalis</i>)	9	8	1
Karvakääpiökirjaaja (<i>Crypturgus hispidulus</i>)	7	6	1
Lustokuoriainen (<i>Xyleborus dispar</i>)	3	1	2
Kuusenoksakirjaaja (<i>Pityophthorus micrographus</i>)	1	1	0
<i>Trypodendron proximum</i>	1	1	0
Yhteensä	839	721	118

Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärä ja lajimäärä olivat korkeampia kannoilla kuin avomaalla (Taulukko 2). Myös runsaimpia lajeja oli enemmän kannoilla kuin avomaalla (Taulukko 2). *Dryocoetes*-suvun yksilöitä oli enemmän Ylämyllyjärvellä kuin Härkösuolla. Toisaalta himmeäniluri oli runsaampi Härkösuolla kuin Ylämyllyjärvellä (Taulukko 2).

Taulukko 2. Tilastollisten testien tulokset. Merkitsevät p-arvot on lihavoitu. Pyydyksen sijainti vertaa kantoa ja avomaata keskenään. Hakkuuala vertaa kahta koealaa Ylämyllyjärveä ja Härkösuota. Interaktio on pyydyksen sijainnin ja hakkuualan yhdysvaikutus. ln = logaritimuunnettu aineisto.

Toistomittausten varianssianalyysi	Pyydyksen sijainti		Hakkuu- ala		Interaktio	
	$F_{(1,8)}$	p	$F_{(1,8)}$	p	$F_{(1,8)}$	p
Kokonaisyksilömäärä	35,135	< 0,001	3,076	0,118	1,323	0,283
Lajimäärä	10,8	0,011	4,8	0,060	0,533	0,486
<i>Dryocoetes</i> spp.	43,622	< 0,001	8,539	0,019	7,619	0,025
<i>Trypodendron lineatum</i>	11,959	0,009	0,015	0,905	0,324	0,585
<i>Hylastes cunicularius</i>	6,914	0,03	4,845	0,059	1,27	0,292
<i>Hylastes opacus</i>	4,78	0,06	24,712	0,001	1,312	0,285
Diversiteetti-indeksi (ln)	0,819	0,392	1,126	0,320	4,176	0,075
Parittainen t-testi						
<i>Dryocoetes</i> spp.	$t_{df=4}$		p			
Ylämyllyjärvi	5,374		0,006			
Härkösuu	3,917		0,017			

Kaikkiaan kantopyydyksiin saatiin 721 kaarnakuoriaista, ja avomaalla olleisiin pyydyksiin 118 (Kuva 3, Taulukko 1). Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärässä ei ollut merkitsevää eroa Ylämyllyjärven ja Härkösuon välillä (Kuva 3, Taulukko 2).



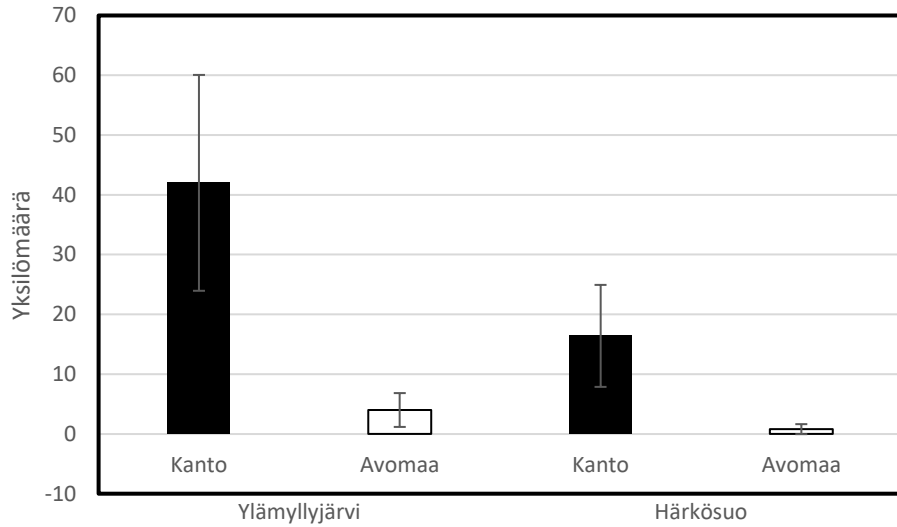
Kuva 3. Kanto- ja maapyydysten kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärien keskiarvot (+/- keskihajonnat; n = 5) molemmilla hakkuualoilla.

Diversiteetti-indeksin mukaan korkein monimuotoisuus oli Ylämyllyjärvellä maapyydyksissä (Taulukko 3). Diversiteetti-indeksin arvoissa ei kuitenkaan ollut eroa pyydysten tyyppin (kantopyydyks/maapyydyks) eikä hakkuualojen välillä (Ylämyllyjärvi/Härkösuo) (Taulukko 2).

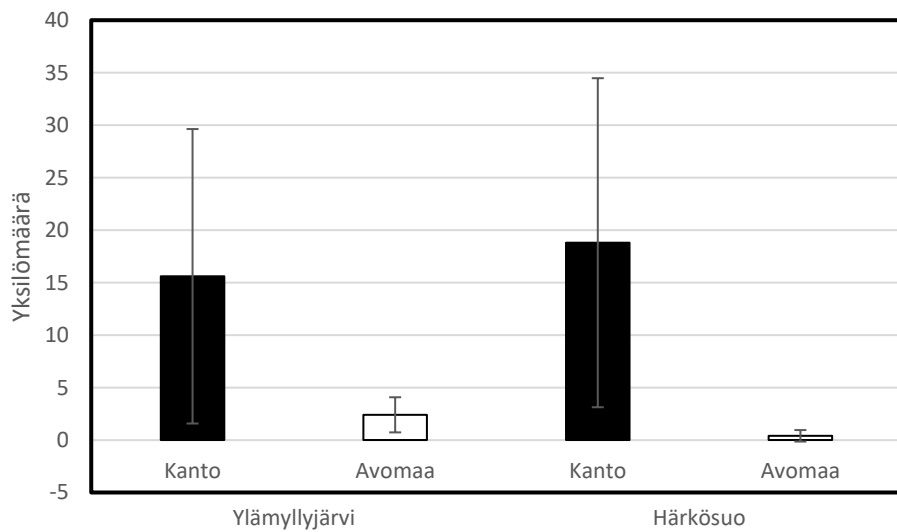
Taulukko 3. Shannonin diversiteetti-indeksin keskiarvot kanto- ja maapyydyksissä. Hajonta on suluissa.

		Diversiteetti-indeksi
Ylämyllyjärvi	Kanto	1,29 (0,17)
	Avomaa	1,53 (0,12)
Härkösuo	Kanto	1,50 (0,04)
	Avomaa	1,02 (0,61)

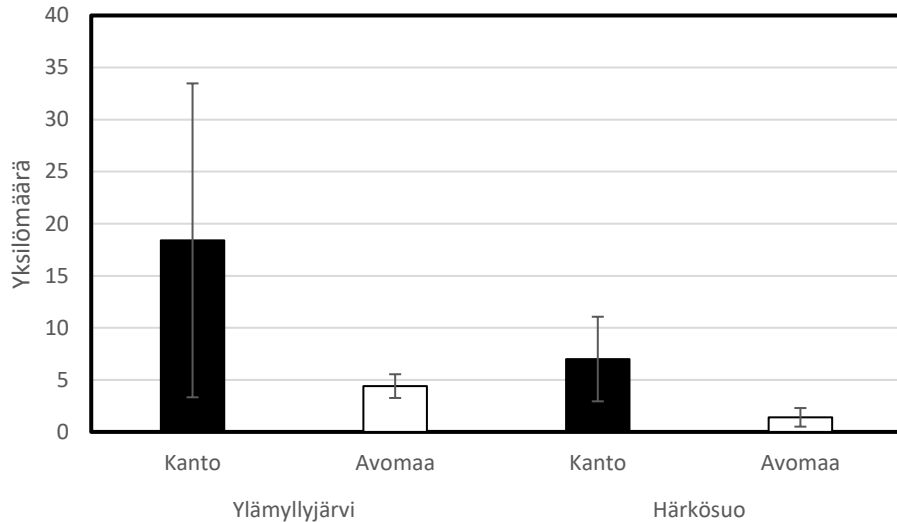
Runsaimpia lajeja (*Dryocoetes* spp. (Kuva 4), havutikaskuoriainen (Kuva 5), kuusenniluri (Kuva 6) ja himmeäniluri (Kuva 7)) oli kaikkia enemmän kannoilla kuin avomaalla (Taulukko 2).



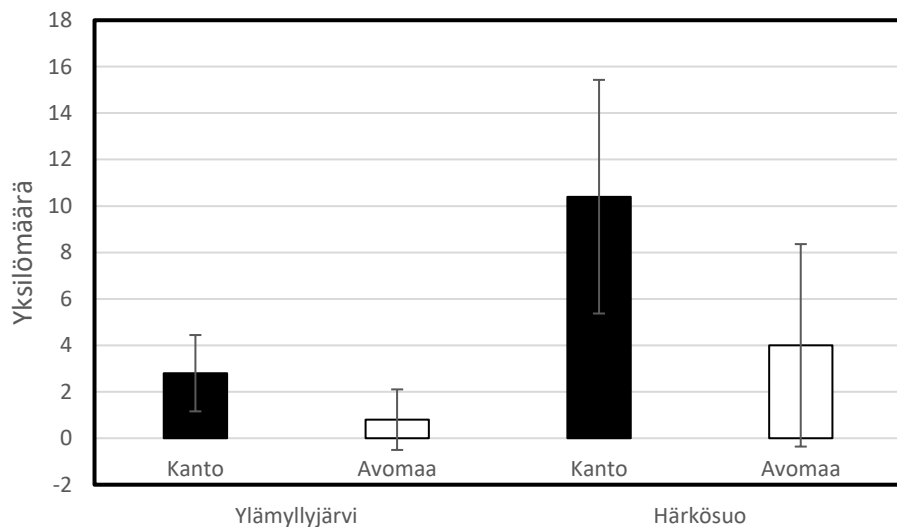
Kuva 4. *Dryocoetes* spp.:n yksilömäärien keskiarvot (+/- keskihajonnat; n = 5) molempien hakkuualojen kannoilla ja avomaalla.



Kuva 5. Havutikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum*) yksilömäärien keskiarvot (+/- keskihajonnat; n = 5) molempien hakkuualojen kannoilla ja avomaalla.

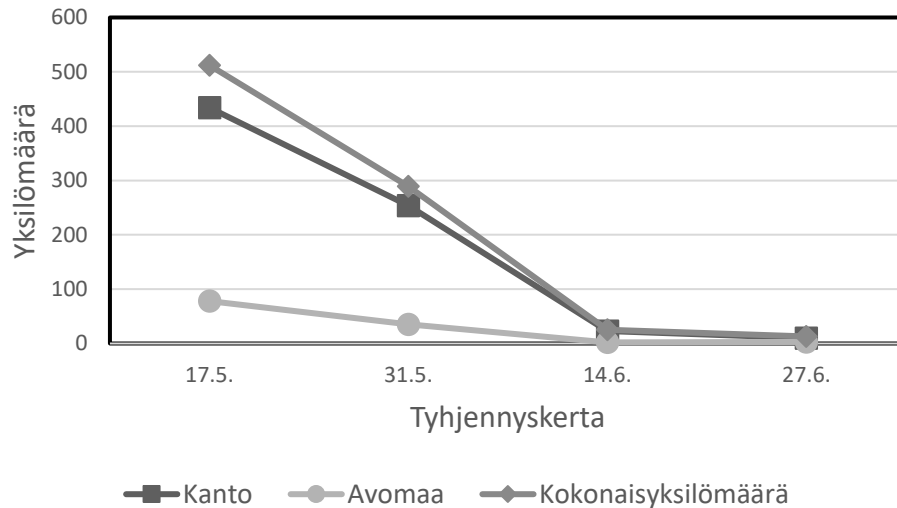


Kuva 6. Kuusennilurin (*Hylastes cunicularius*) yksilömäärien keskiarvot (+/- keskihajonnat; n = 5) molempien hakkuualojen kannoilla ja avomaalla.



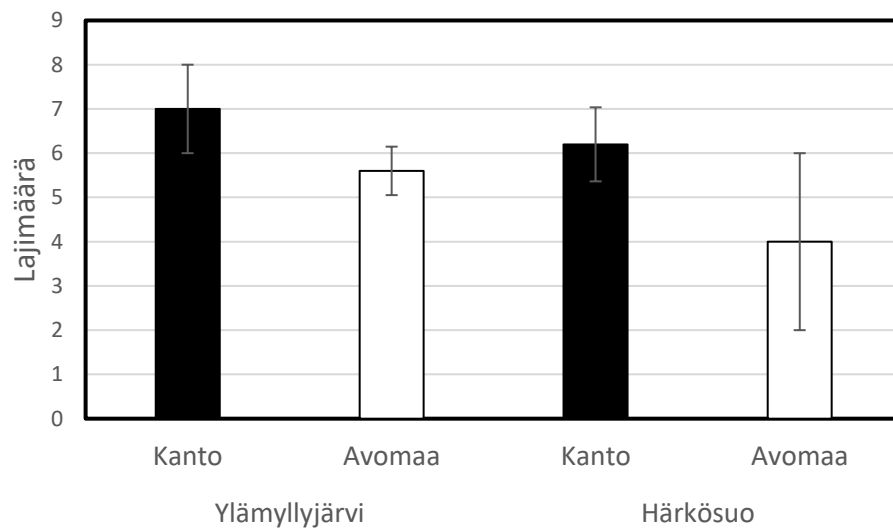
Kuva 7. Himmeänilurin (*Hylastes opacus*) yksilömäärien keskiarvot (+/- keskihajonnat; n = 5) molempien hakkuualojen kannoilla ja avomaalla.

Kaarnakuoriaisten parveilu ajoittui kesällä 2018 toukokuulle ja varsinkin toukokuun alkupuolelle, sillä toukokuun pyydysten tyhjennyskerroilla kaarnakuoriaisia oli pyydyksissä selvästi eniten (Kuva 8).



Kuva 8. Kaarnakuoriaisten yksilömäärät kullakin pyydysten tyhjennyskerralla.

Kantopyydyksissä oli enemmän lajeja kuin maapyydyksissä ja Ylämyllyjärven pyydyksissä oli enemmän lajeja kuin Härkösuon pyydyksissä (Kuva 9, Taulukko 2). Ylämyllyjärven ja Härkösuon lajimäärien ero oli toisaalta pieni ($p=0,06$).



Kuva 9. Kaarnakuoriaisten lajimäärien keskiarvot (+/- keskihajonnat; $n = 5$) molemmilla hakkuuaukoilla kanto- ja maapyydyksissä.

4 TULOSTEN TARKASTELU

Vähän yli vuoden vanhat kannot houkuttelivat kaarnakuoriaisia, sillä kaarnakuoriaisia oli enemmän kanto- kuin maapyydyksissä. Aineistossa tarkasteltiin erikseen neljää runsainta kaarnakuoriaislajia. Näitä jokaista erikseen tarkasteltua kaarnakuoriaislajia ja sukua oli enemmän kannoilla kuin avomaalla. Biodiversiteetti-indeksin mukaan lajimonimuotoisuus ei eronnut kanto- ja maapyydyksien eikä Ylämyllyjärven ja Härkösuon välillä.

Aikaisemmin on havaittu, että kannoissa esiintyy kovakuoriaislajeja yhtä paljon kuin puunrungoissa (Jonsell & Hansson 2011). Kannot näyttäisivät siten toimivan elinympäristönä monille kovakuoriaislajeille (Hjältén ym. 2010, Jonsell & Hansson 2011). Tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia kuin Hjälténin (2010) sekä Jonsellin & Hanssonin (2011) tutkimuksissa. Kannot ovat houkuttelevia elinympäristöjä; kovakuoriaisten on havaittu hakeutuvan jopa mieluummin avohakkuualojen kannoille kuin metsän reunoilla oleville kannoille ja puunrungoille (Fossestoel & Svedrup-Thygeson 2009). Monimuotoisuuden kannalta kantojen jättäminen avohakkuualoille olisi tämän tutkimuksen perusteella suotavaa, koska vanhentuvat kannot näyttävät olevan sopiva resurssi kaarnakuoriaisille.

Tuoreet hakkuualat houkuttelevat kaarnakuoriaisia (Maczulskij 2017, Saarikoski 2018). Tässä tutkimuksessa kannot ovat kuitenkin reilun vuoden vanhoja eivätkä tuoreita. Tutkimustulokset kuitenkin osoittavat, että myös vanhentuneet kannot näyttävät houkuttelevan kaarnakuoriaisia tuorempien kantojen ohella. Aiemmissä tutkimuksissa (Maczulskij 2017, Saarikoski 2018) kaarnakuoriaisia toisaalta saatiin pyydyksiin huomattavasti enemmän (3641 kpl) kuin tämän tutkimuksen pyydyksiin (839 kpl), vaikka pyydykset olivat samoilla alueilla ja yhtä kauan. Kaarnakuoriaisia saatiin vain kolmasosa tuoreisiin hakkuualoihin verrattuna (Maczulskij 2017, Saarikoski 2018). Tuoreilta hakkuualoilta saatiin keskimäärin 152 kaarnakuoriaista jokaista pyydystä kohti. Tässä tutkimuksessa saatiin keskimäärin

42 kaarnakuoriaista per pyydys. Yksilömääriin todennäköisesti vaikutti se, että tuoreet kannot ehkä kuitenkin houkuttelivat kaarnakuoriaisia enemmän kuin vuoden vanhemmat kannot. Kyseessä voi olla myös kaarnakuoriaispopulaatioiden vuosittainen vaihtelu. Kannoille hakeutuminen ja vuosittainen yksilömäärän vaihtelu voivat vaikuttaa yhdessä tai erikseen. Suuri osa kaarnakuoriaisista suosii tuoretta puuainesta (Wood 1982, Nuorteva 2010), mikä selittäisi ainakin osittain suuremman kaarnakuoriaisten yksilömäärän tuoreemmissa kuin vanhemmissa kannoissa.

Tutkimuksen runsaimmat kaarnakuoriaiset olivat *Dryocoetes*-suvun edustajat sekä seuraavat lajit: havutikaskuoriainen (*Trypodendron lineatum*), kuusenniluri (*Hylastes cunicularius*) ja himmeäniluri (*Hylastes opacus*). Ne ovat kaikki hyvin yleisiä ja runsaita Suomessa (Heliövaara ym. 1998). Nämä tutkimuksen runsaimmat kaarnakuoriaiset elävät kaikki kannoilla paitsi kuusenniluri. Tutkimuksen runsaimmilla lajeilla isäntäkasvi on kuusi, paitsi himmeänilurilla isäntäkasvi on mänty. *Dryocoetes*-suvun kaarnakuoriaiset ja havutikaskuoriainen käyttävät isäntälajinaan tosin kuusen lisäksi myös mäntyä. Tässä tutkimuksessa lajisto oli siis lajin yleisyyden, isäntäkasvin (kuusi) sekä kantojen osalta kirjallisuutta vastaava.

Dryocoetes-suvun kahta Suomessa esiintyvää lajia kannonhutikirjaajaa (*Dryocoetes autographus*) ja rungonhutikirjaajaa (*Dryocoetes hectographus*) ei tunnistettu omiksi lajeikseen, koska ne ovat keskenään erittäin saman näköiset. Näiden kahden lajin ekologian perusteella tämän tutkimuksen *Dryocoetes*-suvun edustajat ovat kuitenkin todennäköisesti kannonhutikirjaajia. Kannonhutikirjaaja esiintyy kannoilla toisin kuin rungonhutikirjaaja (Heliövaara ym. 1998). Kannonhutikirjaajia esiintyy puissa myös mahdollisesti useita vuosia puun kuoleman jälkeen. *Dryocoetes*-suku ja himmeäniluri pystyvät käyttämään vanhentunutta tai kuollutta puuainesta resurssinaan (Heliövaara ym. 1998). Havutikaskuoriainen ja kuusenniluri taas käyttävät vain tarpeeksi tuoretta puuainesta resurssinaan (Heliövaara ym. 1998, Metla 2013). Kaikkia näitä lajeja kuitenkin tuli tämän

tutkimuksen pyydyksiin, ja myös kannoille, joten todennäköisesti kannot olivat vanhentumisesta huolimatta vielä useille lajeille riittävän tuoretta resurssia.

Pyydyksiin jääneiden kuusentähtikirjaajien (*Pityogenes chalcographus*) määrä oli tässä tutkimuksessa suhteellisesti pienempi kuin aiemmissa samankaltaisissa tutkimuksissa (Maczulskij 2017, Saarikoski 2018), joissa kuusentähtikirjaajia saatiin 941; ne muodostivat noin 25 % koko aineistosta. Tässä tutkimuksessa kuusentähtikirjaajia saatiin yhteensä vain 16 yksilöä, ja ne ovat noin 2 % koko aineistosta. Tämän tutkimuksen kuusentähtikirjaajien määrä oli vähäinen, vaikka kuusentähtikirjaaja on Suomen yleisin kaarnakuoriainen ja erittäin yleinen nimenomaan Keski-Suomessa (Heliövaara ym. 1998). Tämän perusteella näyttäisi siltä, että kuusentähtikirjaaja ei käytä vanhenevaa puuainesta resurssinaan. Suomessa tavataan yleisenä 31 kaarnakuoriaislajia, ja tässä tutkimuksessa aineistoon kuului näistä 11. Tutkimuksen kaarnakuoriaislajimäärä ei siis ollut kovin laaja. Tämä kuitenkin selittyy sillä, että osa kaarnakuoriaisista suosii vain täysin tuoretta puuta, osan isäntäpuu on eri kuin kuusi, osa kaarnakuoriaisista ei käytä kantoja resurssinaan ja osa lajeista ei esiinny Keski-Suomessa niin yleisenä kuin esimerkiksi Etelä-Suomessa (Heliövaara ym. 1998).

Tutkimuksen pyydysten ensimmäisellä tyhjennyskerralla 17.5.2018 kerättiin eniten kaarnakuoriaisia, jolloin useimpien kaarnakuoriaisten parveilu on runsaimmillaan (Heliövaara ym. 1998). Toukokuu oli tutkimuksen aikaan poikkeuksellisen lämmin (Ilmatieteen laitos 2018a), mikä oletettavasti aikaisti ainakin hieman kaarnakuoriaisten parveilua. Osa kaarnakuoriaisista kuitenkin parveilee vielä myös kesä- ja heinäkuulla (Heliövaara ym. 1998), mutta tässä tutkimuksessa kesäkuun tyhjennyskerroilla kaarnakuoriaisia oli pyydyksissä todella vähän verrattuna toukokuuhun. Tutkimuksen runsaimpien kaarnakuoriaisten parveiluaajat ovat seuraavat: *Dryocoetes* spp. keskikesällä, havutikaskuoriainen huhti-toukokuussa (kunhan lämpötila on yli +15 °C), kuusenniluri touko-kesäkuun vaihteessa ja himmeäniluri touko- ja kesäkuussa (Heliövaara ym. 1998). Kaikkien runsaimpien

lajien parveilu siis osui juuri tämän tutkimuksen pyynnin kanssa samaan aikaan, mikä osaltaan selittää juuri kyseisten lajien runsautta tutkimuksen aineistossa.

Metsätalouden näkökulmasta tämän tutkimuksen neljästä runsaimmasta kaarnakuoriaislajista haitallisimmat ovat havutikaskuoriainen ja kuusenniluri (Heliövaara ym. 1998). Havutikaskuoriainen vahingoittaa kaadettua puutavaraa tekemällä siihen käytäviä sekä tuomalla siihen puutavaraa sinistävästä sienikasvustoa. Kuusenniluri taas tappaa paikallisesti paljonkin kuusentaimia muutamia vuosia niiden istutuksen jälkeen. Havutikaskuoriainen ja kuusenniluri eivät aiheuta Suomessa vahinkoja suuressa mittakaavassa, mutta ne saattavat aiheuttaa taloudellista tappiota paikallisesti (Heliövaara ym. 1998). Merkittävintä kuusen tuholaista kirjanpainajaa (*Ips typographus*) ei saatu tutkimusaineistoon ollenkaan, koska kirjanpainaja käyttää vain tuoretta puuta (Metla 2014). Toista merkittävää tuholaista, kuusentähtikirjaajaa, saatiin tutkimusaineistoon, mutta vain vähän. Pidemmän aikavälin tarkastelussa kantojen ei siten pitäisi aiheuttaa kaarnakuoriaisuhkaa metsätaloudelle, sillä pahimpien tuholaislajien määrä laskee merkittävästi yli vuoden vanhoissa kannoissa.

Tähän tutkimukseen liittyy joitakin potentiaalisia virhelähteitä. Yksi niistä on otoskoko, eli oliko kaarnakuoriaisten pyyntiin tarkoitettuja ikkunapyydyksiä tarpeeksi. Lisäksi kaarnakuoriaisten yksilömäärä jäi tutkimuksessa suhteellisen pieneksi. Tulosten yleistettävyyttä heikentää hieman myös säätilat, sillä tutkimuksen kenttäosuuden ajan säät olivat poikkeuksellisen lämpimät, ja vettä satoi vähän (Ilmatieteenlaitos 2018a, b). Kuivan ja kuumen kelin seurauksena pyydyksiin täytyi viedä lisää vettä usein, etteivät pyydykset olisi päässeet kuivumaan. Kovan tuulen takia tutkimuksen aikana yhteensä viisi pyydystä kaatui kesken tutkimuksen. 31.5. - 5.6. välillä Härkösuolla oli kaatuneena yksi kantopyydys ja yksi maapyydys, sekä Ylämyllyjärvellä oli kaatuneena kaksi kantopyydystä. Lisäksi 14.6. - 20.6. Ylämyllyjärvellä oli kaatunut yksi kantopyydys. Tämä luo tutkimukseen epävarmuustekijän, sillä ei voida tietää, paljonko kaatuneissa pyydyksissä oli ollut kaarnakuoriaisia. Todennäköisesti menetetty

kaarnakuoriaismäärä ei kuitenkaan ollut suuri, koska kaarnakuoriaisten parveilu oli kesäkuussa jo hiipumaan päin.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Reilun vuoden vanhat kannot houkuttelivat kaarnakuoriaisia. Vastaavanlaista tutkimusta vanhentuneista kannoista kaarnakuoriaisten resurssina ei ole, joten tämä tutkimus tuo kaarnakuoriaisten ekologiasta lisää tietoa. Lisäksi tarvittaisiin vielä pidempiaikaisempaa tutkimusta vanhenevasta tai kuolleesta puuaineksesta kaarnakuoriaisten resurssina. Kaarnakuoriaisten laji- ja yksilömäärät laskivat verrattuna tuoreisiin hakkuualoihin (Maczulskij 2017, Saarikoski 2018). Yksilömäärät olivat yli kolmasosan pienemmät vähän yli vuoden vanhoissa hakkuualoissa. Hakkuualan houkuttelevuus on vähentynyt vuodessa, ja sen lisäksi pahimpina tuholaisina pidettyjä lajeja löytyi vähän. Kantojen jättäminen ei aiheuta pitkäaikaista kaarnakuoriaisuhkaa metsätaloudelle. Toisaalta kannot ovat yli vuoden vanhoina edelleen resurssi kaarnakuoriaisille, joten niiden jättäminen monimuotoisuuden kannalta on kannattavaa.

KIITOKSET

Haluamme kiittää ohjaajaamme Jari Haimia erittäin kannustavasta ohjauksesta sekä suuresta työpanoksesta kandidaatin tutkielmamme eri vaiheissa. Haluamme myös kiittää lähipiirejämme tärkeästä taustatuesta.

KIRJALLISUUS

- Begon M., Harper J. & Townsend C. 1986. Ecology: Individuals, Populations and Communities. Blackwell Scientific Publications.
- Berg Å., Ehnstrom B., Gustafsson L., Hallingback T., Jonsell M. & Weslien J. 1994. Threatened plant, animal, and fungus species in Swedish forests: Distribution and habitat associations. *Conservation Biology* 8: 718-731.
- Brin A., Bouget C., Valladares L. & BRUSTEL H. 2013. Are stumps important for the conservation of saproxylic beetles in managed forests? - Insights from a comparison of assemblages on logs and stumps in oak-dominated forests and pine plantations. *Insect Conservation and Diversity* 6: 255-264.
- de Jong J., Akselsson C., Egnell G., Löfgren S. & Olsson B.A. 2017. Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable? *Forest Ecology and Management* 383: 3-16.
- Fossestoel K.O. & Sverdrup-Thygeson A. 2009. Saproxylic beetles in high stumps and residual downed wood on clear-cuts and in forest edges. *Scand J For Res* 24: 403-416.
- Heliövaara K., Peltonen M., Mannerkoski I. & Siitonen J. 1998. SUOMEN KAARNAKUORIAISET (COLEOPTERA: Scolytidae). Helsingin yliopisto, Soveltavan eläintieteen laitos. Yliopistopaino, Helsinki.
- Hindmarch T. & Reid M. 2001. Thinning of mature lodgepole pine stands increases scolytid bark beetle abundance and diversity. *Canadian Journal of Forest Research/Revue Canadienne de Recherche Forestiere* 31: 1502-1512.
- Hjältén J., Stenbacka F. & Andersson J. 2010. Saproxylic beetle assemblages on low stumps, high stumps and logs: Implications for environmental effects of stump harvesting. *Forest Ecology and Management* 260: 1149-1155.
- Ilmatieteen laitos. 2018a. <http://ilmatieteenlaitos.fi/toukokuu> (luettu 23.7.2018)
- Ilmatieteen laitos. 2018b. <http://ilmatieteenlaitos.fi/kesakuu> (luettu 23.7.2018)
- Jonsell M. & Hansson J. 2011. Logs and Stumps in Clearcuts Support Similar Saproxylic Beetle Diversity: Implications for Bioenergy Harvest. *Silva Fenn* 45: 1053-1064.
- Jonsell M. & Schroeder M. 2014. Proportions of saproxylic beetle populations that utilise clear-cut stumps in a boreal landscape – Biodiversity implications for stump harvest. *Forest Ecology and Management* 334: 313-320.
- Koistinen A., Luiro J-P. & Vanhatalo K. (toim.) 2016. Metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen, työopas. Tapion julkaisuja.

- Lindhe A. & Lindelöw Å. 2004. Cut high stumps of spruce, birch, aspen and oak as breeding substrates for saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management* 203: 1-20.
- Maczulskij K. 2017. Kantojen ja metsänreunan etäisyyden vaikutus kaarnakuoriaisten jakautumiseen hakkuuaukoissa. Biologian Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, 19 s.
- Martikainen P., Siitonen J., Kaila L., Punntila P. & Rauh J. 1999. Bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) and associated beetle species in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 116: 233-245.
- Metla. 2013. Havutikaskuoriainen (Trypodendron lineatum). http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/trline-n.htm#copyright Luettu 10.8.2018
- Metla. 2014. Kirjanpainaja (Ips typographus) http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/iptypo-n.htm#alku Luettu 27.9.2018
- Nuorteva M. 1982. Metsätuholaiset. Kirjayhtymä, Helsinki.
- Nuorteva M. 2010. Puun ja kuoren välissä. Kaarnakuoriaisten eliöyhteisöjen elämää. Maahenki Oy, Helsinki.
- Olsen L-H. & Sunesen J. 2012. Pikkuötökät talossa ja puutarhassa. Suomentanut Kaaro J. Gummerus Kustannus Oy.
- Saarikoski E. 2018. Kantojen ja hakkuutähteiden vaikutukset kaarnakuoriaisten parveiluun päätehakkuualoilla. Biologian Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, 24 s.
- Stokland J.N., Jonsson B.G. & Siitonen J. 2012. Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press, Cambridge ; New York.
- Victorsson J. & Jonsell M. 2013. Effects of stump extraction on saproxylic beetle diversity in Swedish clear-cuts. *Insect Conservation and Diversity* 6: 483-493.
- Wood S.L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs* 6: 1-1359.
- Work T.T., Andersson J., Ranius T. & Hjältén J. 2016. Defining stump harvesting retention targets required to maintain saproxylic beetle biodiversity. *Forest ecology and management* 371: 90-102.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.