

Tekopökkelöiden lintulajisto

Eveliina Stigell

Ekologian ja evoluutiobiologian
maisteriohjelma

Helsingin yliopisto

Tiivistelmä

Tiedekunta: Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta

Koulutusohjelma: Ekologian ja evoluutiobiologian maisteriohjelma

Opintosuunta: Ekologia ja evoluutiobiologia

Tekijä: Eveliina Stigell

Työn nimi: Tekopötkkelöiden lintulajisto

Työn laji: Maisterintutkielma

Kuukausi ja vuosi: Joulukuu 2022

Sivumäärä: 40 + liitteet

Avainsanat: monimuotoisuus, luonnonhoito, tekopötkkelö, luonnonpötkkelö, lahopuu, lintu, kolopesijät

Ohjaaja tai ohjaajat: Heidi Björklund, Jenna Purhonen, Juho Paukkunen

Säilytyspaikka: HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto

Muita tietoja: -

Tiivistelmä: Talousmetsissä on huomattavasti vähemmän lahopuuta kuin luonnontilaisissa metsissä. Noin 25 % metsälajeista on riippuvaisia lahopuusta, ja lahopuun väheneminen on syynä monen lajin uhanalaisuuteen. Talousmetsiin on luotu lisää lahopuuta tekopötkkelöiden avulla. Tekopötkkelöitä tehdään harvennus- tai päätehakkuissa katkaisemalla puu noin 1–5 m korkeudelta. Tekopötkkelöiden teko on yleistynyt 1990-luvulta lähtien, mutta niitä hyödyntävää lajistoa, etenkin lintuja, on tutkittu Suomessa vasta vähän. Tutkin, mitkä lintulajit käyttävät teko- ja luonnonpötkkelöitä ja eroavatko niiden lajistot toisistaan. Lisäksi tutkin, millaisia pötkkelöitä linnut käyttävät.

Keräsin tutkimusaineistoni Viitasaarelta Keski-Suomesta tuoreilta päätehakkuilta, vanhoilta päätehakkuilta ja harvennushakkuilta. Laskin yhteensä 78 tekopötkkelöstä ja 69 luonnonpötkkelöstä (puulajeina kuusi ja koivu) lintujen syönnösjälkien ja pesäkolojen määrän sekä määritin ne tehneet lajit. Mittasin myös pötkkelöistä ja tutkimuskuvioista ympäristömuuttujia selvittääkseni, millaisia pötkkelöitä linnut käyttävät. Tutkimuskuvioilla ja niiden lähistöllä suoritettiin lisäksi lintujen linjalaskennat, jotta pystyin vertaamaan, eroavatko tutkimuskuvioiden lintulajiston laji- tai parimäärät lähialueen lintulajistosta. Vertasin tutkimusalueen linjalaskenta-aineistoa myös pohjoisen Keski-Suomen lintujen vakiolinjalaskenta-aineistoon saadakseni tietää, eroaako tutkimusalue yleisesti pohjoisen Keski-Suomen lintulajistosta laji- tai parimäärän suhteen. Käytin tilastollisissa analyyseissä lineaarisia sekamalleja ja yleistettyjä lineaarisia sekamalleja.

Tutkimukseni perusteella linnut käyttävät tekopötkkelöitä pesintään ja ruokailuun. Suurin osa syönnösjäljistä ja koloista oli tikkojen tekemiä, todennäköisesti käpytikan. Pötkkelötyypillä (teko- tai luonnonpötkkelö) ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä pötkkelön syönnösjälkien tai pesäkolojen määrään. Pötkkelöllä oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän syönnösjälkiä, kun pötkkelö oli korkeampi, paksumpi, pidemmälle lahonnut, kaarnan peittävyys oli alhaisempi tai pötkkelö sijaitsi lähellä metsän reunaa. Kolojen määrä oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi, kun pötkkelö oli korkeampi, paksumpi tai kun metsäkuviolla oli vähemmän maalahopuuta. Kolojen tai syönnösjälkien määrään ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi se, sijaitsiko pötkkelö harvennushakkuulla vai päätehakkuulla säästöpuuryhmässä, keskellä päätehakkuuta tai päätehakkuun reunassa.

Linjalaskennoissa tutkimuskuvioiden lintulajisto ei eronnut laji- tai parimäärältään lähialueen linnustosta. Tutkimusalueen lintulajisto ei myöskään poikennut pohjoisen Keski-Suomen linnustosta lajimäärältään, joten tuloksiani voi pitää yleistettävissä laajemminkin. Parimäärät olivat tutkimusalueen laskentalinjoilla alhaisempia, koska linjat olivat lyhyempiä kuin vakiolinjat.

Tulosteni perusteella linnut hyötyvät eniten korkeammista ja paksummista tekopötkkelöistä, jotka sijaitsevat lähellä metsän reunaa. Ajan myötä pötkkelön lahotessa siitä tulee paremmin lintujen käyttöön soveltuva.

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
1.1 Mitä tekopökkelöt ovat ja miksi niitä tehdään.....	1
1.2 Miten linnut voisivat hyötyä tekopökkeloistä	2
1.3 Mitä tekopökkelöiden lajistosta tiedetään.....	3
1.4 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit.....	3
2. Aineisto ja menetelmät	5
2.1 Tutkimuskuviot ja -pökkelöt	5
2.2 Tutkimuskuvioiden ja pökkelöiden muuttujat.....	6
2.3 Syönnös jäljet.....	8
2.4 Pesäkolot.....	8
2.5 Lintujen tarkkailu	8
2.6 Linjalaskennat	9
2.7 Tilastolliset menetelmät	10
3. Tulokset	14
3.1 Tutkimuskuvioiden lintulajisto	14
3.2 Lintuhavainnot pökkelöillä	14
3.3 Tutkimuspökkelöt	14
3.4 Syönnös jäljet pökkelöillä	15
3.4.1 Syönnös jälkien määrä ja niitä tehneet lajit.....	15
3.4.2 Syönnös jälkien etäisyys maasta	20
3.5 Pesäkolot pökkelöillä	21
3.5.1 Pesäkolojen määrä ja pesäkoloja tehneet lajit	21
3.5.2 Pesäkolojen etäisyys maasta.....	24
3.6 TEKOPÖLYn tutkimus- ja kontrollilinjojen lajisto	25
3.7 TEKOPÖLY-linjojen vertaaminen vakiolinjoihin	26

4. Tulosten tarkastelu.....	27
4.1 Tutkimuskuvioiden lintulajisto	27
4.2 Lintuhavainnot pötkelöillä	28
4.3 Syönnösjäljet.....	28
4.4 Pesäkolot.....	31
4.5 Linjalaskennat	33
5. Johtopäätökset	33
6. Kiitokset	34
7. Viitteet	35
8. Liitteet	41

1. Johdanto

1.1 Mitä tekopökkelöt ovat ja miksi niitä tehdään

Fennoskandiassa lahopuun määrä talousmetsissä on alueesta riippuen noin 90–98 % matalampi kuin luonnontilaisissa metsissä (Siitonen 2001). Syynä talousmetsien lahopuun vähäisyyteen on muun muassa se, että puut korjataan ennen kuin ne ehtivät lahota, ja kuolleet sekä huonokuntoiset puut usein poistetaan (Siitonen 2001, Korhonen ym. 2016). Nopean hakkuukierron takia etenkin halkaisijaltaan suurta lahopuuta ei ehdi kertyä talousmetsiin. Noin 25 % metsässä elävistä lajeista on riippuvaisia elinympäristöistä, joissa on kuollutta puuta, ja lahopuun väheneminen onkin yksi tärkeimmistä syistä metsälajien häviämisen ja uhanalaisuuden takana (Hyvärinen ym. 2019, Siitonen 2001). Lahopuusta riippuvaisille lajeille on erittäin tärkeää, että lahopuuta on metsässä kaikissa metsänkasvatuksen vaiheissa. Etelä-Suomessa vain noin 3 % metsäpinta-alasta on suojeltua (Korhonen ym. 2020). Pohjois-Suomessa suojellun metsän osuus on suurempi, noin 16 % metsämaasta. Koska suurin osa Suomen metsäpinta-alasta on talousmetsää, on tärkeää kehittää keinoja, jotka lisäävät talousmetsien lahopuun määrää ja monimuotoisuutta sekä parantavat lahopuujatkumoa.

Yksi tapa lisätä nopeasti lahopuun määrää talousmetsissä on luoda pääte- tai harvennushakkuiden yhteydessä tekopökkelöitä. Tekopökkelöt luodaan katkaisemalla elävän puun runko noin 1–5 metrin korkeudelta hakkuiden yhteydessä (Fossestøl & Sverdrup-Thygeson 2009, Koivula & Vanha-Majamaa 2020). Puunrungot kuolevat, kun niiden latva katkaistaan, minkä jälkeen ne alkavat lahota ja tuottavat siten pystylahopuuta. Keto-Tokoin ym. (2021) mukaan metsäluonnon monimuotoisuutta hakkuualueilla lisäksi tehokkaimmin säästöpuiden määrän lisääminen, kaikkien luontaisesti kuolleiden puiden säästäminen ja tekopökkelöiden luominen harvennus- ja uudistushakkuiden yhteydessä. Näin talousmetsään olisi mahdollista luoda lahopuujatkumo, jossa lahopuuta on jatkuvasti metsässä. Lahopuuta syntyisi myös eri aikoina ja eri tavoin, jolloin kuolleen puun monimuotoisuus on suurempaa.

Fennoskandiassa tekopökkelöiden luominen on yleistynyt 1990-luvun puolivälin jälkeen (Koivula & Vanha-Majamaa 2020). Niitä tehdään Suomen lisäksi ainakin Ruotsissa ja Norjassa (Gustafsson ym. 2010). Tällä hetkellä esimerkiksi Metsä Group ilmoittaa tekevänsä hakkuiden yhteydessä neljä tekopökkelöä hehtaarille, jos metsänomistaja suostuu tähän (Metsä Group, ei pvm.) Vuonna 2020 Metsä Group kertoo tehneensä 84 prosentilla puukaupoistaan tekopökkelöitä. Tekopökkelöiden

kerrotaan lisäävän metsien monimuotoisuutta lisäämällä lahopuun määrää metsässä ja tarjoavan esimerkiksi linnuille pesäpuita. Tekopötkelöitä hyödyntävää lajistoa on kuitenkin tutkittu vasta vähän, erityisesti linnuston osalta. Sen vuoksi on tärkeää tutkia, käyttävätkö linnut tekopötkelöitä, mitkä lajit niitä käyttävät ja miten.

1.2 Miten linnut voisivat hyötyä tekopötkelöistä

Vanhoissa luonnontilaisissa metsissä pesäkolojen puute ei yleensä rajoita kolopesijöiden määrää, kun taas talousmetsissä pesäkolojen määrä on usein kolopesijöiden määrää rajoittava tekijä (Newton 1994). Tämä johtuu siitä, että talousmetsissä kuolleet ja huonokuntoiset puut poistetaan, joten kolopesijöille sopivia pesäpuita ei ole riittävästi. Tekopötkelöt voisivat lisätä kolopesijöiden pesäpaikkojen määrää talousmetsissä, jos linnut käyttävät niitä pesintään.

Niin kutsutut primaariset kolopesijät kaivertavat itse oman kolonsa puuhun. Primaarisia kolopesijöitä ovat esimerkiksi eri tikkalajit sekä hömötiainen (*Poecile montanus*; Orell & Ojanen 1983, Newton 1994). Sekundaariset kolopesijät pesivät koloissa, mutta eivät koverra itse pesäkolojaan, vaan etsivät valmiin kolon. Sekundaariset kolopesijät käyttävät joko primaaristen kolopesijöiden kovertamia pesäkoloja tai esimerkiksi hyönteisten ja lahottajasienten aikaansaamia koloja (Newton 1994). Suomessa käpytikan (*Dendrocopos major*) ja pohjantikan (*Picoides tridactylus*) kovertamissa pesäkoloissa on havaittu pesivän esimerkiksi varpuspöllöjä (*Glaucidium passerinum*; Pakkala ym. 2018, Baroni ym. 2020). Tikkojen tekemissä pesäkoloissa voi pesiä myös esimerkiksi liito-oravat (*Pteromys volans*; Hokkanen ym. 1982). Pohjantikkojen kovertamissa pesäkoloissa on Suomessa tavattu varpuspöllöjen lisäksi muun muassa kirjosiippoja (*Ficedula hypoleuca*), talitiaisia (*Parus major*) ja sinitiaisia (*Cyanistes caeruleus*). Sopivien pesäpuiden tarjoaminen primaarisille kolopesijöille lisää siis myös sekundaarisille kolopesijöille soveltuvien pesäpaikkojen määrää ympäristössä. Pesimisen lisäksi esimerkiksi varpuspöllöjen on havaittu käyttävän pesäkoloja myös ruuan varastointiin (Baroni ym. 2020).

Pesäpuiden lisäksi linnut voivat hyödyntää tekopötkelöitä ravinnonhankinnassa. Esimerkiksi pohjantikka käyttää ravinnokseen kaarnakuoriaisia (Scolytidae) ja sarvijäärien toukkia (Cerambycidae; Pechacek & Kristin 2004). Kaarnakuoriaisia ja sarvijääriä on havaittu elävän myös tekopötkelöillä (Schroeder ym. 1999). Tekopötkelöt voisivat tarjota siis esimerkiksi pohjantikalle soveltuvia ravintohyönteisiä. Myös muut tikkalajit kuten palokärki (*Dryocopus martius*) ja

harmaapäätikka (*Picus canus*) ruokailevat lahoppuulla (Rolstad & Rolstad 1995, 2000). Tekopötkkelöt voivat tarjota myös esimerkiksi petolinnuille soveltuvia tähytyspaikkoja saalistamiseen.

1.3 Mitä tekopötkkelöiden lajistosta tiedetään

Tekopötkkelöitä käyttävää lintulajistoa on tutkittu vasta vähän. Lintujen on kuitenkin todettu hyödyntävän tekopötkkelöitä. Esimerkiksi Unkarissa on havaittu eri tikkalajien hyödyntävän tekopötkkelöitä ruokailuun tutkimusalueella, jonka tikkalajistossa on suurimmaksi osaksi myös Suomessa tavattavia lajeja, kuten palokärki, käpytikka, pikkutikka (*Dendrocopos minor*) ja harmaapäätikka (Aszalós ym. 2020). Lintujen on havaittu käyttävän tekopötkkelöitä pesintään ja ruoan etsintään myös Yhdysvaltojen Michiganissa, missä 35 tekopötkkelössä oli yhteensä 252 syönnös jälkeä ja kolme pesäkoloa (Weiss ym. 2018). Ruotsissa on havaittu tekopötkkelöiden vaikuttavan myös alueen lintulajistoon (Söderström 2009). Esimerkiksi kuusitiaisten ja puukiipijöiden määrä on korkeampi hakkuualueilla, joille on jätetty enemmän pystylahoppuuta, joko luonnonlahoppuuta tai tekopötkkelöitä.

Tekopötkkelöitä hyödyntävää hyönteislajistoa on tutkittu enemmän kuin lintulajistoa. Esimerkiksi Ruotsissa ja Norjassa on havaittu kovakuoriaisten käyttävän tekopötkkelöitä (Schroeder ym. 2006, Hedgren 2007, Fossetøl & Sverdrup-Thygeson 2009, Hjältén ym. 2010, Andersson ym. 2015). Ruotsissa vaarantuneen kovakuoriaislajin isopehkiäisen (*Peltis grossa*) populaatiokoko on kasvanut tekopötkkelöiden luomisen myötä (Djupström ym. 2012). Kovakuoriaisten lisäksi tekopötkkelöillä on havaittu esimerkiksi luteita ja loispistiäisiä sekä sieniä ja jäkäliä (Lindhe ym. 2004, Hedgren 2007, Hämäläinen ym. 2021).

Tekopötkkelöiden lajiston on havaittu poikkeavan luonnollisesti syntyneen lahoppuun lajistosta jonkin verran esimerkiksi kovakuoriaisten osalta (Jonsell ym. 2004). Tekopötkkelöiltä on myös puuttunut joitain alueen luonnonlahoppuulla tavattavia jäkälälajeja (Hämäläinen ym. 2021). Tekopötkkelöillä esiintyi kummassakin tutkimuksessa vähemmän lajeja kuin luonnonpötkkelöillä.

1.4 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Maisterintutkielmassani selvitän tekopötkkelöitä käyttävää lintulajistoa Suomessa. Tutkin, mitkä lintulajit hyödyntävät tekopötkkelöitä ja miten, sekä millaisia tekopötkkelöitä linnut käyttävät. Vertaan tekopötkkelöiden käyttöä luonnonpötkkelöihin. Tutkimukseni avulla saadaan parempi käsitys tekopötkkelöiden merkityksestä lahoppuuta käyttävälle lintulajistolle. Lisäksi voidaan antaa suosituksia siitä, millaisia tekopötkkelöitä kannattaa tehdä, jotta ne olisivat linnuille hyödyllisiä.

1. Mitkä lintulajit käyttävät teko- ja luonnonpötkelöitä ruokailuun ja pesintään, ja eroavatko niiden lintulajistot toisistaan?

Hypoteesi: Teko- ja luonnonpötkelöitä käyttävät lajit, jotka hyödyntävät muutenkin lahoppuuta. Ruokailuun teko- ja luonnonpötkelöitä käyttävät todennäköisesti tikat, jotka syövät lahoppuulla elävien hyönteisten toukkia. Pesintään tekopötkelöitä käyttävät todennäköisesti primaariset kolopesijät sekä sekundaariset kolopesijät, jos pötkelöissä on niille sopivia pesäkoloja. Muilla eliöryhmillä on havaittu eroja teko- ja luonnonpötkelöiden lajistossa, joten on mahdollista, että eroja on myös lintulajistossa.

2. Millaisia pötkelöitä linnut käyttävät?

Hypoteesi: Linnut voivat käyttää ruokailuun erilaisia pötkelöitä kuin pesintään. Odotan, että pesintää varten pötkelöiden on oltava halkaisijaltaan riittävän paksuja, jotta lintu mahtuu kovertamaan itselleen sopivan kokoisen pesäkolon rungon sisälle. Esimerkiksi hömötiaiset pesivät usein puissa, jotka ovat halkaisijaltaan vain 7–8 cm (Cramp 1985), kun taas käpytikka suosii puita, jotka ovat pesän korkeudelta halkaisijaltaan 21–40 cm (Kosiński & Ksit 2007). Odotan myös, että pötkelön tulee olla riittävän korkea, jotta linnut pesisivät niillä. Suomessa tehtyjen tutkimusten mukaan esimerkiksi pikkutikkojen pesät sijaitsevat puissa keskimäärin noin 3,3 metrin korkeudella maasta (Pakkala ym. 2019). Pötkelön paksuus ja korkeus eivät ehkä ole ruokailun kannalta yhtä tärkeitä ominaisuuksia kuin pesimisen kannalta.

3. Miten tekopötkelöt kannattaa sijoittaa hakkuulla, jotta niistä olisi eniten hyötyä linnustolle?

Hypoteesi: Odotan, että linnut suosivat pesintään ja ravinnonhankintaan sijainniltaan erilaisia pötkelöitä eri hakkuutyypeillä. Koska monet hyönteiset viihtyvät aurinkoisilla paikoilla (Jonsell ym. 1998), voivat keskelle hakkuuta sijoitetut pötkelöt tarjota enemmän ravintoa kuin harvennusemetsässä, metsän reunassa tai säästöpuuryhmässä sijaitsevat pötkelöt. Petolinnuille keskelle hakkuuta sijoitetut pötkelöt voivat tarjota parempia saaliin tähytyspaikkoja kuin metsän reunassa tai säästöpuuryhmässä sijaitsevat pötkelöt. Odotan lintujen suosivan pesäpuunaan suojaisia, harvennushakkuilla, säästöpuuryhmässä tai lähellä metsän reunaa sijaitsevia pötkelöitä.

2. Aineisto ja menetelmät

Maisterintutkielmani on osa METSO-ohjelmaan kuuluvaa TEKOPÖLY-hanketta (METSO ei pvm., TEKOPÖLY ei pvm.). Hankkeessa selvitettiin tekopötkelöiden merkitystä lahoppuuta käyttävälle lajistolle kolmessa eri lajiryhmässä, joita olivat linnut, sienet ja pistiäiset.

Keräsin osan aineistosta itse ohjaajani Heidi Björklundin kanssa. Pötkelöiden lahoasteen sekä kuvioiden lahoppuun ja kantojen määrän mittasivat maisterintutkielman tekijä Salla Pitkänen, tutkimusavustajat Anette Ursin ja Tapio Tervala, sekä ohjaajani Jenna Purhonen. Lintujen linjalaskennat teki Pekka Kyllönen lintujen pesimäaikaan touko-kesäkuussa. Aineisto on kerätty vuonna 2021.

2.1 Tutkimuskuviot ja -pötkelöt

Keräsimme aineiston Metsä Groupin toteuttamilta hakkuilta Viitasaareltä. Viitasaari sijaitsee Keski-Suomessa keskiboreaalaisella vyöhykkeellä (Ahti ym. 1968). Keräsimme aineistoa yhteensä 36 tutkimuskuvioilta, joista 14 oli tuoreita päätehakkuita, 11 oli vanhempia päätehakkuita ja 11 oli harvennushakkuita. Tutkimuskuviot sijaitsivat kuusivaltaisissa kangasmetsissä. Metsä Group valitsi tutkimuskuvioiksi mahdollisimman samankaltaisissa metsissä sijaitsevia hakkuukohteita, jotta tutkimustulokset kertoisivat mahdollisimman luotettavasti metsänkäsitteytävän erojen vaikutuksesta tekopötkelöiden käyttöön ja niiden lajistoon. Kaikki hakkuukuviot kuuluivat samalle metsänomistajalle (Finsilva), mikä vähentää metsänomistajan metsänhoitovalinnoista aiheutuvaa vaihtelua. Tutkimuskuviot ovat kooltaan 0,4–11,8 hehtaaria, keskimäärin 2,9 ha. Tuoreiksi päätehakkuita luokiteltiin hakkuut, jotka on tehty vuosina 2017–2018 ja vanhoiksi hakkuut, jotka on tehty vuosina 2006–2015. Harvennushakkuut on tehty vuosina 2017 ja 2018. Keräsimme aineistoa eri aikoihin tehdyiltä hakkuilta, jotta saisin tietää, missä metsänkasvun vaiheissa linnut mahdollisesti käyttävät tekopötkelöitä. Eri lintulajit suosivat kovuudeltaan erilaisia pesäpuita (Schepps ym. 1990). Eri-ikäiset tekopötkelöt ovat lahoamisen eri vaiheissa, mistä johtuen lajisto saattaa vaihdella eri aikoihin tehtyjä tekopötkelöitä.

Saimme Metsä Groupilta kuviokartat tutkimuskuvioilta, joille oli luotu tekopötkelöitä. Pyrimme valitsemaan tutkimuskuvioilta satunnaisesti yli metrin korkuisia ja halkaisijaltaan vähintään 10 cm olevia teko- ja luonnonpötkelöitä. Tutkitut pötkelöt olivat kuusia (*Picea abies*) ja koivuja (*Betula pendula* ja *Betula pubescens*). Tavoitteena oli kerätä jokaiselta kuviolta aineistoa sekä luonnonpötkelöistä että tekopötkelöistä, jotta voin verrata niiden lajistoa ja käyttöä toisiinsa.

Kaikilla kuvioilla ei kuitenkaan ollut saatavilla luonnon- ja tekopötkelöitä, joten joiltakin kuvioilta on tutkittu vain toisen pötkelötyypin pötkelöitä. Lisäksi vanhoilla hakkuilla tekopötkelöt oli tehty suurimmaksi osaksi kuusista, minkä takia vanhojen koivutekopötkelöiden otoskoko aineistossa on vain kaksi. Tutkin yhteensä 147 pötkelöä (taulukko 1).

Taulukko 1. Pötkelöiden määrät hakkuutyypeittäin, puulajeittain ja pötkelötyypeittäin. Teko- ja luonnonpötkelöiden kokonaismäärä, sekä pötkelöiden kokonaismäärä eri hakkuutyypeillä on esitetty suluissa.

	Tekopötkelöt (69)		Luonnonpötkelöt (78)	
	Kuusi	Koivu	Kuusi	Koivu
Harvennus (2017–2018, N = 51)	9	14	14	14
Tuore päätehakkuu (2017–2018, N = 51)	13	12	13	13
Vanha päätehakkuu (2006–2015, N = 45)	19	2	13	11
Yhteensä (N = 147)	41	28	40	38

2.2 Tutkimuskuvioiden ja pötkelöiden muuttujat

Merkitsimme tutkimuspötkelöt yksilöllisillä laattakoodeilla, jotta jokainen pötkelö on tunnistettavissa myöhemmin. Kirjasimme jokaisesta pötkelöstä ylös puulajin sekä tiedon siitä, oliko se teko- vai luonnonpötkelö. Lisäksi kirjasimme ylös pötkelön koordinaatit ja sijainnin hakkuulla. Jaottelin aineiston niin, että päätehakkuulla 5 m tai lähempänä metsän reunaa sijaitsevat pötkelöt katsottiin olevan reunassa ja sitä kauempana metsän reunasta olevat pötkelöt olivat hakkuulla. Jos harvennushakkuu sijaitsi päätehakkuun vieressä ja pötkelö oli alle 5 m päätehakkuun reunasta, pötkelö luokiteltiin olevan reunassa. Harvennushakkuilla yli 5 m päässä kuvion reunasta olevat pötkelöt luokiteltiin kuuluvan harvennushakkuulle ja säästöpuuryhmässä sijaitsevat pötkelöt luokiteltiin kuuluvan säästöpuuryhmään. Mittasimme kelamitalla pötkelön etäisyyden metsän reunaan pötkelön keskikohdalta alkaen. Jos pötkelö sijaitsi säästöpuuryhmässä, mittasimme pötkelön etäisyyden säästöpuuryhmän reunaan. Pötkelön etäisyys metsän reunaan kirjattiin positiiviseksi, jos se oli päätehakkuulla. Säästöpuuryhmässä ja harvennushakkuilla sijaitsevien pötkelöiden etäisyys metsän reunaan kirjattiin negatiiviseksi. Aivan harvennuksen tai säästöpuuryhmän rajalla olevan pötkelön etäisyys reunaan oli nolla. Mittasimme jokaisen pötkelön ympäriltä 10 metrin säteellä halkaisijan elävistä puista, joiden halkaisija oli 10 cm tai enemmän, sekä määritimme niiden lajit. Arvioimme myös pötkelöä ympäröivän taimikon keskimääräisen korkeuden puulajeittain. Hakkuukuvioiden pinta-alat saimme tietoomme Metsä Groupilta.

Mittasimme pötkelön halkaisijan mittasaksilla ja korkeuden taittomitalla tai rullamitalla. Jos pötkelö oli kolmea metriä korkeampi, arvioimme etäämpää pötkelön korkeuden käyttäen apuna kolmen metrin pituisia taittomittaa ja kiikaria. Kuvioilla oli kesän ajan pötkelöihin kiinnitettyinä EasyLog EL-USB-2 dataloggerit, jotka mittasivat lämpötilaa ja kosteutta. Niitä oli kuvion koosta ja pötkelöiden määrästä riippuen yhdellä kuviolla 1–6. Dataloggerit kiinnitettiin aina pötkelöiden pohjoispuolelle, jotta ilmansuunnan vaihtelu ja suora dataloggeriin kohdistuva auringonpaiste ei vaikuttaisi mittaustuloksiin. Niitä pyrittiin kiinnittämään sekä kuvion reunalla että keskellä kuviota sijaitseviin pötkelöihin, koska olosuhteet voivat vaihdella kuvion eri osissa. Dataloggereiden keräämästä aineistosta laskettiin lämpötilan (°C) sekä kosteuden (%) keskiarvo ja keskihajonta toukokuusta syyskuuhun.

Jenna Purhonen ja Salla Pitkänen määrittivät pötkelöiden lahoasteen Renvallin (1995) viisiasteisella menetelmällä. Menetelmässä aste 1 kuvaa kovaa puuta, johon puukko uppoaa vain muutamia millimetrejä ja aste 2 melko kovaa puuta, johon puukko uppoaa muutamia senttimetrejä. Lahoasteen ollessa 3 puu on melko pehmeää ja puukko uppoaa helposti 3–5 cm syvyyteen ja asteessa 4 puu on pehmeää ja puukon koko terä uppoaa siihen helposti. Lahoasteen ollessa 5, puu on erittäin pehmeää ja hajoaa helposti sormien välissä. Pötkelön lahoaste saattoi vaihdella eri korkeuksilla, mutta he valitsivat lahoasteen, joka kuvasi parhaiten koko pötkelöä. He arvioivat myös, kuinka suuri prosenttiosuus pötkelöstä on kaarnan peitossa. He arvioivat kaarnan peittävyys silmämääräisesti sekä pötkelön tyvestä 120 cm:n korkeuteen asti että koko pötkelöllä.

Purhonen, Pitkänen, Ursin ja Tervala arvioivat kantojen ja lahoppuun määrän tutkimuskuvioilla lahoppuulinjojen avulla. Yksi lahoppuulinja oli 50 m pitkä ja 10 m leveä, ja niitä tehtiin kuvion koosta ja pötkelöiden määrästä riippuen 1–3 jokaiselle kuviolle (keskimäärin kaksi). Lahoppuulinjat lähtivät aina tutkimuspötkelöltä. Lähtösuunta arvottiin satunnaisesti 1–365 asteesta, paitsi jos pötkelö sijaitti aivan kuvion reunalla, jolloin lähtösuunta arvottiin asteista 0–180, jotta lahoppuulinja pysyy kuvion sisäpuolella. Arvottuun suuntaan vedettiin mittanauhaa 50 m matkalle. Jos 50 m matkalla vastaan tuli kuvion reuna, lahoppuulinjaan tehtiin 90° kulma, jotta linja pysyisi tutkimuskuviolla. Mittanauhan kummaltakin puolelta laskettiin 5 m etäisyydeltä lahoppuun ja kantojen määrä. Lahoppuun tuli olla halkaisijaltaan vähintään 10 cm ja pituudeltaan vähintään 120 cm, jotta se otettiin huomioon. Lahoppuusta mitattiin sen pituus ja halkaisija ja kannoista halkaisija. Maassa olevista lahoppuupötkelöistä mitattiin halkaisija niiden kummastakin päästä. Jos linjalle osui pystyssä olevia pötkelöitä, niiden korkeus ja yläosan halkaisija arvioitiin, koska ne olivat yleensä liian korkeita

mitattaviksi. Kokonaisten kuolleiden puiden halkaisija mitattiin rinnankorkeudelta. Kokonaiset kuolleet ja kaatuneet puut mitattiin vain, jos niiden tyvi sijaitsi 5 m etäisyydellä mittanauhasta.

Lisäksi Jenna Purhonen ja Salla Pitkänen mittasivat hypsometrillä korkeuden joidenkin puulajien yksilöistä, joiden halkaisijat olivat tiedossa. Mittaustulosten perusteella muodostettiin puulajikohtainen taulukko, jossa halkaisijaltaan samankokoisten puiden oletettiin olevan samanpituisia. Katkenneiden lahopuiden tilavuus laskettiin katkaistun kartion kaavalla.

2.3 Syönnösjäljet

Tutkimme pötkelöistä lintujen tekemät syönnösjäljet, joita olivat nokalla hakkaamalla tehdyt reiät ja onkalot sekä käpytikan kävyn hakkaamiseen tekemät halkeamat eli pajat. Laskimme syönnösjälkien lukumäärän ja otimme niistä mittoja. Mittasimme syönnösjälkien alareunan korkeuden maasta taittomitalla tai rullamitalla. Syönnösjälkien leveyden ja korkeuden mittasimme työntömitalla, rullamitalla tai taittomitalla, jos ne olivat riittävän matalalla. Korkealla pötkelöllä sijaitsevia syönnösjälkien leveyttä, korkeutta ja etäisyyttä maasta arvioimme kiikaroimalla ja vertaamalla pötkelön vierelle asetettuun mittaan, sillä taittomitta oli vain 3 m pitkä. Määritimme syönnösjälkien koon ja ulkonäön perusteella ne tehneet lajit.

2.4 Pesäkolot

Tutkimme pötkelöistä myös lintujen tekemät pesäkolot samalla menetelmällä kuin syönnösjäljetkin (ks. alaluku 2.3). Pesäkolojen koon perusteella määritimme sen tehneen lajin. Palokärjen pesäkolot ovat kooltaan noin 11–12 cm korkeita ja 8–11 cm leveitä, joten ne on mahdollista erottaa suuren kokonsa vuoksi käpytikan ja pohjantikan pesäkoloista (Cramp 1985). Pohjantikan pesäkolojen suuaukot ovat halkaisijaltaan noin 4,7 cm ja käpytikan noin 5–6 cm. Pohjantikan ja käpytikan pesäkolojen suuaukot ovat muodoltaan pyöreitä. Koska pohjantikka ja käpytikka tekevät hyvin samankokoisia ja samanmuotoisia koloja, määritimme tämän kokoiset kolot vain heimotasolla tikkojen tekemiksi. Jos näimme linnun menevän koloon, määritimme sen lajin.

2.5 Lintujen tarkkailu

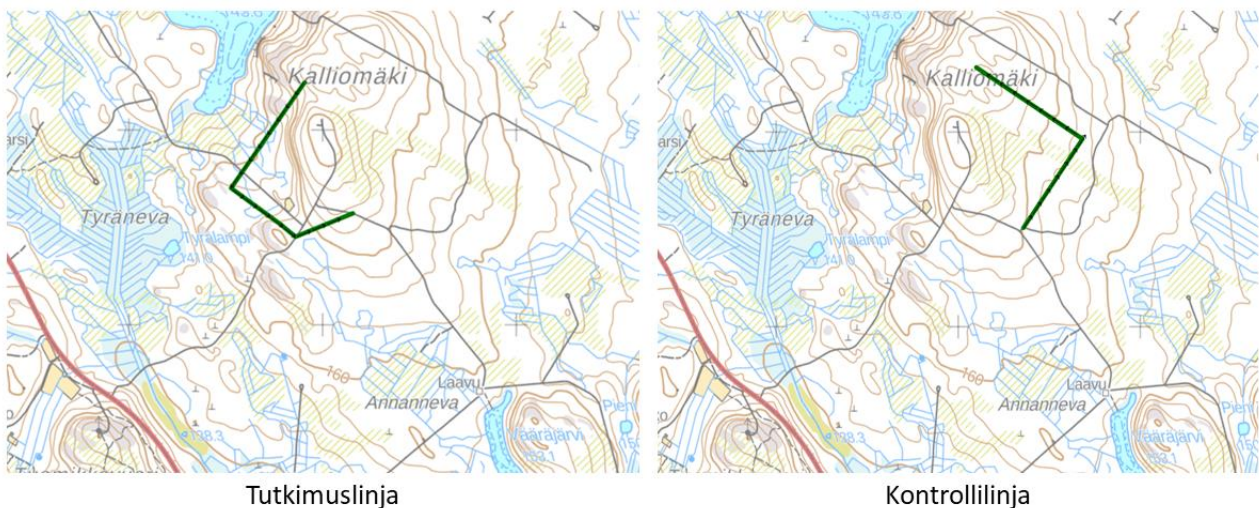
Tutkimuskuviolle saapuessamme kirjasimme ylös mahdolliset pötkelöillä nähdyt linnut. Pidimme jokaisella kuviolla viiden minuutin pituisen lintujen tarkkailujakson, jolloin kirjasimme ylös kaikki sinä aikana kuullut ja nähdyt lajit kuviolta. Lintujen tarkkailujaksoja tehtiin pienillä kuvioilla yksi ja suurilla paljon pötkelöitä sisältävillä kuvioilla 2–4. Lisäksi kuvioilta on kirjattu ylös kaikki sillä havaitut lintulajit minun ja Heidi Björklundin tekemien maastotöiden aikana. Viiden minuutin tarkkailujakson

aikana kuvioilla esiintyi yleensä vain vähän lajeja tai ei lainkaan. Sen takia päätin yhdistää kuvion lintulajeiksi kaikki kuviolla tutkimuksen aineiston keruun aikana havaitut lintulajit, sekä linjalaskennoissa havaitut lajit (ks. alaluku 2.6). Kuvion yli lentäneitä lintuja ei tulkittu kuvion lajistoon kuuluviksi.

2.6 Linjalaskennat

Linjalaskentojen avulla selvitettiin tutkimusalueella esiintyvät lintulajit ja niiden runsaudet. Näin voin tarkastella, poikkeako tutkimuskuvioilla havaittu lintulajisto lähiympäristön linnustosta, mikä voisi vaikuttaa kolojen ja syönnösten määrään pöckelöissä. Linjalaskentojen avulla pystyin myös vertaamaan poikkeako, tutkimuskuvioiden lajisto tutkimusalueen muusta lajistosta laji- tai parimäärän suhteen.

Heidi Björklund suunnitteli tutkimuskuvioille 16 lintulaskentalinjaa, sekä jokaiselle niistä kontrollilinjan, joka sijoittui tutkimuslinjaa vastaavaan maastoon (kuva 1). Emme tiedä oliko kontrollilinjojen läheisyydessä tekopöckelöitä. Tutkimuslinja kulki yhden tai useamman tutkimuskuvion läpi. Saman alueen tutkimus- ja kontrollilinjat oli jaettu yhteensä kuuteen eri linja-alueeseen. Tutkimuskuviot sijaitsivat kuudella eri alueella löyhinä keskittyminä, joten myös tutkimuksemme lintulaskentalinjat sijaitsivat lähellä toisiaan näillä keskittymillä. Määrittelin saman keskittymän laskentalinjojen kuuluvan samaan linja-alueeseen.



Kuva 1. Esimerkkikuva yhdestä TEKOPÖLYn tutkimuslinjasta ja sen kontrollilinjasta. Vihreä viiva kuvaa lintulaskijan kulkemaa reittiä.

Lintulaskija käytti Järvisen ja Väisäsen (1975) kehittämää linjalaskentamenetelmää, jossa lintuhavainnot jaetaan pää- ja apusaralle. Lintulaskijan kulkiessa linjaa pitkin hän kirjasi pääsaran havaintoihin kaikki lintuhavainnot, jotka olivat 25 m etäisyydellä linjasta, jolloin linjan pääsaraksi muodostui yhteensä 50 m leveä kaistale. Kaikki yli 25 m päästä linjasta saadut havainnot kirjattiin apusaralle. Tutkimuslinjoilta tutkimuskuvioiden kohdalla tehdyt pääsaran havainnot huomioitiin kuvioiden lajimäärässä (ks. alaluku 2.5). Tutkimus- ja kontrollilinjat olivat 750–2 400 m pitkiä. Linjalaskennat ovat yleisesti Suomessa käytössä oleva linnustonseurantamenetelmä (Lehikoinen ym. 2015).

Lisäksi vertasin keräämäämme linjalaskenta-aineistoa vakiolinjojen aineistoon selvittääkseni, poikkeako tutkimusalueen linnusto muusta pohjoisen Keski-Suomen linnustosta. Vakiolinjoja on Suomessa 25 km välein ja yksi vakiolinja on noin 6 km pitkä (Lehikoinen ym. 2015). Vakiolinjalaskennoissa käytetään edellä mainittua Järvisen ja Väisäsen kehittämää linjalaskentamenetelmää. Valitsimme vertailuun vakiolinjoja, jotka on laskettu mahdollisimman lähellä tutkimuslinjojamme joko samana tai edellisenä vuonna, kun tutkimusaineisto on kerätty (2020 tai 2021). Näin päädyimme valitsemaan yhteensä 24 vakiolinjaa (vakiolinjojen numerot: 299, 277, 301, 278, 279, 253, 232, 233, 256, 234, 235, 315, 316, 317, 319, 320, 302, 280, 257, 215, 214, 213, 212, 210 ja 275; Laji.fi, ei pvm.).

2.7 Tilastolliset menetelmät

Käytin aineiston tarkasteluun Microsoft Office Excelin Pivot-taulukoita. Laskin Excelin avulla syönnösjalkien ja pesäkolojen määrät eri pötkelötyypeillä ja hakkuutyypeillä, sekä syönnösjalkien ja pesäkolojen keskimääräisen leveyden, korkeuden ja etäisyyden maanpinnasta eri pötkelötyypeillä. Lisäksi käytin sitä pötkelötyyppien keskimääräisen korkeuden, halkaisijan, kaarnan peittävyysprosentin sekä lahoasteen mediaanin laskemiseen.

Tein tilastolliset analyysit R-studion versiolla 4.1.2 (R core team 2021). Käytin analyyseissä yleistettyjä lineaarisia sekamalleja glmmTMB-paketista ja lineaarisia sekamalleja nlme-paketista (Brooks ym. 2017, Pinheiro ym. 2021). En tehnyt mallinvalintaa, jossa poistetaan ei-merkitseviä muuttujia. Käytin analyyseissä täysiä malleja, joissa oli kaikki selittävät muuttujat, joiden yhteyttä vastemuuttujaan halusin tutkia.

Aineiston korkein tekopötkelö oli korkeudeltaan 5,8 metriä, kun taas luonnonpötkelöissä oli 23 sitä korkeampaa pötkelöä, joista korkein oli 11 m. Jotta erot teko- ja luonnonpötkelöiden korkeuksissa

eivät vaikuttaisi tuloksiin, otin luonnonpötkelöistä analyysiin mukaan alaosan 5,8 metriin asti, mikä vastasi korkeinta tekopötkelöä. Poistin aineistosta sitä korkeammalla olevat luonnonpötkelöiden kolot ja syönnökset ja muunsin yli 5,8 metriä korkeiden luonnonpötkelöiden korkeuden 5,8 metriin. Tuloksissa ja tulosten tarkastelussa on käytetty pötkelöiden leikattua korkeutta.

Käytin yleistettyä lineaarista sekamallia selvittäessäni, mitkä muuttujat vaikuttavat syönnösten määrään pötkelöillä. Vastemuuttujassa oli paljon nollia sekä ylihajontaa, minkä takia käytin mallissa zero-inflated-negatiivista binomijakaumaa. Satunnaismuuttujana käytin hakkuukuvion koodia. Tein ensin mahdollisista selittävästä muuttujista korrelaatiomatriisin, jotta malliin ei tulisi keskenään korreloivia selittäviä muuttujia. Kuvion lämpötila ja kosteus sekä kaarnan pinta-ala koko pötkelöllä ja ensimmäisen metrin matkalta korreloivat keskenään. Poistin mallin selittävästä muuttujista pötkelön kosteuden, koska pidin lämpötilaa helpommin tulkittavana muuttujana, sekä kaarnan peittävyys koko pötkelöllä, koska se on riippuvainen koko pötkelön korkeudesta, toisin kuin kaarnan peittävyys ensimmäisen 120 cm matkalla tyvestä mitattuna. Selittävinä muuttujina mallissa oli kuviokohtaisia muuttujia, joita olivat hakkuutyypin, kuvion koko (ha), kuvion lintulajien lukumäärä, maalahopuun määrä (m^3/ha), pystylahopuun määrä (m^3/ha) ja kantojen määrä (lkm/ha). Muut mallin selittävät muuttujat olivat pötkelökohtaisia, ja ne olivat pötkelötyyppi (tekopötkelö, luonnonpötkelö), puulaji (kuusi, koivu), kaarnan peittävyys (%), lahoaste (1–5), korkeus (m), halkaisija (cm), etäisyys metsän reunaan (m), puuston tilavuus 10 m säteellä pötkelöstä (m^3/ha) ja taimikon korkeus 10 m säteellä pötkelöstä (m) sekä pötkelön lämpötilan keskiarvo ja keskihajonta ($^{\circ}C$). Ennen analyysin tekoa standardoin kaikki jatkuvat selittävät muuttujat, koska selittävien muuttujien arvoilla oli eri vaihteluvälit. Käytin vegan-paketin decostand-funktion standardize-menetelmää (Oksanen ym. 2022), jonka jälkeen muuttujien keskiarvo oli nolla ja keskihajonta yksi. Mallissa oli yhtenä selittävästä muuttujana luokkamuuttuja hakkuutyypin, jolla oli kolme eri luokkaa. Tarkastelin hakkuutyypin merkitystä mallissa käyttämällä malliin car-paketin Anova-komentoa, jolloin sain luokkamuuttujille yhden yhteisen p-arvon. Kolojen lukumäärää selittäviä muuttujia analysoin muuten samanlaisella mallilla kuin syönnösten, mutta käytin zero-inflated Poissonin jakaumaa, koska mallissa oli paljon nollia, mutta ei ylihajontaa.

Syönnösten lukumäärää selittävässä mallissa selvitin, mikä yhteys syönnösjälkien määrällä ja pötkelön etäisyydellä metsän reunaan on, mutta halusin lisäksi tietää, vaikuttaako syönnösjälkien määrään pötkelön sijainnin tyyppi hakkuulla. Analysoin erikseen sijainnin yhteyttä syönnösjälkien

määrään yleistetyllä lineaarisella sekamallilla negatiivisella binomiaalisella jakaumalla. Selittäväenä muuttujana mallissa oli pötkelön sijainti keskellä hakkuuta, hakkuun reunassa, säästöpuuryhmässä ja harvennushakkuulla (ks. 2.2). Satunnaismuuttujana käytin tutkimuskuvion koodia. Pötkelön sijainnin yhteyttä kolojen lukumäärään selvitin muutoin samanlaisella analyysillä, mutta jakaumana käytin zero-inflated-Poissonin jakaumaa, koska aineistossa oli paljon nollija. Kokeilin myös kummassakin mallissa yhdistää muuttujan luokat, jotka kuvasivat pötkelön sijaintia metsän reunassa ja säästöpuuryhmässä, koska kumpikin muuttujan luokka sisälsi melko vähän aineistoa. Metsän reunassa ja säästöpuuryhmässä myös voidaan ajatella olevan ekologisesti samankaltaiset olosuhteet. Muuttujan luokkien yhdistäminen ei kuitenkaan parantanut mallia tai muuttanut tuloksia, joten päädyin säilyttämään tuloksissa nämä muuttujan luokat erillään.

Käytin lineaarisesta sekamallista selvittäessäni, mitkä tekijät vaikuttavat syönnösjälkien etäisyyteen maasta. Selittävinä muuttujina mallissa olivat pötkelötyyppi sekä pötkelön puulaji, korkeus ja halkaisija. Tein korkeus-muuttujalle weights-määrittelyn, koska ilman sitä residuaalien hajonta kasvoi liian suureksi. Lisäsin vastemuuttujaan arvon 0,1 ja muutin sen logaritmiseksi, jotta vastemuuttuja noudattaisi paremmin lineaarisen mallin odotuksia. Satunnaismuuttujana mallissa oli pötkelökohtainen koodi pesitettyinä tutkimuskuvion koodiin, koska saman kuvion pötkelöillä ovat todennäköisesti liikkuneet samat linnut, jolloin myös syönnösjäljet voivat olla todennäköisemmin samoilla korkeuksilla. Myös saalishyönteisten lajisto on todennäköisesti kaikilla kuvion pötkelöillä samankaltaista ja suosii samankaltaisia olosuhteita, mikä voi myös vaikuttaa siihen, että samalla kuviolla pötkelöiden syönnösjäljet ovat samalla korkeudella. Kokeilin myös mallia, jossa satunnaismuuttujana oli vain pötkelökohtainen koodi. Vertasin näiden kahden mallin AIC-arvoja (Akaiken informaatiokriteeri) ja valitsin satunnaismuuttujaksi pötkelökohtaisen koodin pesitettyinä tutkimuskuviokohtaiseen koodiin, sillä sitä käyttäessä mallin AIC-arvo oli matalampi.

Analysoidessani mitkä muuttujat vaikuttavat kolojen etäisyyteen maasta, käytin myös lineaarisesta sekamallista ja samoja selittäviä muuttujia kuin vastaavassa syönnösjälkiä koskevassa analyysissä. Tässä mallissa en tehnyt weights-määrittelyä korkeus-muuttujalle, koska sille ei ollut tarvetta. Satunnaismuuttujana mallissa oli pötkelökohtainen koodi. Kokeilin myös malleja, joissa satunnaismuuttujina oli kuviokohtainen koodi ja pötkelökohtainen koodi pesitettyinä kuviokohtaiseen koodiin. Valitsin satunnaismuuttujan kokeilemistani vaihtoehdoista matalimman AIC-arvon perusteella. Tarkistin vielä mallin sopivuuden residuaalikuvaajista.

Halusin selvittää, eroaako tutkimuskuvioiden lintulajisto tutkimusalueen muusta lintulajistosta. Tämä voisi vaikuttaa siihen, mitä merkkejä tutkimuspötkelöillä havaittiin linnuista. Tutkin tätä vertailemalla tutkimuskuvioiden läpi kulkevien tutkimuslinjojen aineistoa lähimaastosta kerättyjen kontrollilinjojen aineistoon. Käytin parimäärän analysoinnissa yhteenlaskettua pää- ja apusaran parimäärää. Tutkiessani eroavatko tutkimus- ja kontrollilinjoilla lintujen kokonaisparimäärät toisistaan, käytin yleistettyä lineaarista sekamallia Poissonin jakaumalla. Kokeilin eri satunnaismuuttujan rakenteita ja valitsin sen, jossa mallin AIC-arvo oli matalin. Satunnaismuuttujana mallissa oli linjapari pesitettyinä linja-alueeseen. Linjaparilla tarkoitetaan tutkimuslinjaa ja sitä vastaavaa kontrollilinjaa. Tarkistin mallin sopivuuden vielä residuaalikuvaajista. Offset-muuttujana käytin logaritmiseksi muunnettua linjan pituutta, jotta tutkimus- ja kontrollilinjojen pituuserot eivät vaikuttaisi tuloksiin. Yritin myös selvittää, eroavatko tutkimus- ja kontrollilinjojen lajimäärät toisistaan, mutta mallin laskenta ei päätynyt lopputulokseen.

Halusin lisäksi selvittää, onko tutkimusalueen lintulajisto samanlaista kuin muualla pohjoisessa Keski-Suomessa. Tutkin tätä vertaamalla TEKOPÖLY-linjojen lintujen pari- ja lajimääriä vakiolinjojen pari- ja lajimääriin. Yrittäessäni verrata TEKOPÖLY-linjojen parimäärää vakiolinjojen parimäärään mallinnus ei onnistunut. Se johtui todennäköisesti siitä, että vakiolinjat olivat noin 4 km TEKOPÖLY-linjoja pidempiä, jolloin parimäärät poikkesivat erittäin paljon toisistaan, eikä edes linjan pituuden käyttäminen offset-muuttujana auttanut korjaamaan mallia riittävästi. Koska TEKOPÖLY-linjojen tutkimus- ja kontrollilinjat eivät eronneet parimääriltään toisistaan, yhdistin tutkimuslinjan aineiston sitä vastaavan kontrollilinjan aineiston kanssa. Tällöin yhdistetyn TEKOPÖLY-linjan pituudeksi tuli noin 4 km ja ero linjojen pituudessa ja aineiston määrässä ei ollut yhtä suuri yhdistettyjen TEKOPÖLY-linjojen ja vakiolinjojen välillä. Näin 16 tutkimuslinjaa ja 16 kontrollilinjaa muodostivat yhteensä 16 yhdistettyä TEKOPÖLY-linjaa. Pari- ja lajimäärän analysoinnissa käytin yhteenlaskettua pää- ja apusaran pari- ja lajimäärää. Käytin kummassakin analyysissä yleistettyä - lineaarista sekamallia negatiivisella binomijakaumalla ja asetin logaritmiseksi muunnetun linjan pituuden offset-muuttujaksi, jotta yhdistettyjen TEKOPÖLY-linjojen ja vakiolinjojen pituuserot eivät vaikuttaisi tuloksiin. Satunnaismuuttujana malleissa oli aineiston keräysvuosi, koska vakiolinjojen aineistoa oli kerätty kahtena eri vuonna ja lintujen pari- tai lajimäärässä on saattanut olla vaihtelua vuosien välillä.

3. Tulokset

3.1 Tutkimuskuvioiden lintulajisto

Tutkimuskuvioiden lajeiksi tulkittiin yhteensä 44 lintulajia. Keskimäärin yhdellä kuviolla oli viisi lajia (vaihteluväli 0–13). Yleisin kuviolla esiintynyt lintulaji oli metsäkirvinen (*Anthus trivialis*), jota havaittiin yhteensä 23 tutkimuskuviolla (64 % kaikista tutkimuskuvioista). Muita yleisiä lajeja tutkimuskuvioilla olivat peippo (*Fringilla coelebs*), jota tavattiin 19 tutkimuskuviolla (53 %), pajulintu (*Phylloscopus trochilus*), jota tavattiin 12 tutkimuskuviolla (33 %) sekä vihervarpunen (*Spinus spinus*), jota tavattiin 10 kuviolla (28 %).

Havaitsin uhanalaisia lajeja kahdella tutkimuskuviolla. Yhdellä niistä esiintyi erittäin uhanalaisia hömötiaisia ja vaarantuneita töyhtötiaisia (*Lophophanes cristatus*; 0,36 % kaikista tutkimuskuvioista). Toisella tutkimuskuviolla havaittiin vaarantunut pensastasku (*Saxicola rubetra*; 0,36 %) Tikoista tutkimuskuvioilla havaittiin käpytikkoja yhteensä seitsemällä tutkimuskuviolla (19 %) ja palokärkiä kahdella kuviolla (6 %).

3.2 Lintuhavainnot pötkelöillä

Teimme vain vähän suoria lintuhavaintoja pötkelöiltä, kaksi tekopötkelöiltä ja kolme luonnonpötkelöiltä. Havaitsimme metsäkirvisen istumassa koivutekopötkelön päällä tuoreella hakkuulla. Kuviolla lensi myös laulava metsäkirvinen, joka oli todennäköisesti sama yksilö, kuin pötkelön päällä istunut. Toinen tekopötkelöllä havaitsemamme lintu oli kuollut ja osittain syöty pyy kuusitekopötkelön päällä harvennushakkuulla.

Tuoreella hakkuukuviolla havaitsimme rastaan istumassa kuusiluonnonpötkelön päällä. Toisella tuoreella hakkuulla havaitsimme kirjosiappokoiraan laulamassa koivuluonnonpötkelöllä, jonka jälkeen se kävi pötkelössä olevassa kolossa. Harvennushakkuulla havaitsimme koivuluonnonpötkelön läheisyydessä kirjosiappo koiraan ja naaraan, jotka saattoivat pesiä pötkelön yläosassa olevassa kolossa.

3.3 Tutkimuspötkelöt

Mittausten perusteella tekopötkelöt olivat keskimäärin matalampia kuin luonnonpötkelöt, mutta halkaisijaltaan keskimäärin suurempia kuin vastaavan lajin luonnonpötkelöt (taulukko 2). Koivuluonnonpötkelöt poikkesivat muista pötkelöistä olemalla hieman pidemmälle lahonneita.

Sekä teko- että luonnonkuusipötkkelöissä oli mittausten perusteella keskimäärin vähemmän kaarnaa jäljellä pötkkelön pinta-alasta kuin koivuissa.

Taulukko 2. Teko- ja luonnonpötkkelöiden korkeus, halkaisija, lahoaste ja kaarnan peittävyys. Puulajin perässä on ilmoitettu suluissa kyseisen pötkkelötyypin ja puulajin pötkkelöiden kokonaismäärä.

	Tekopötkkelö		Luonnonpötkkelö	
	Kuusi (41)	Koivu (28)	Kuusi (40)	Koivu (38)
Korkeus (m), keskiarvo	2,9	2,6	4,7	4,1
Halkaisija (cm), keskiarvo	26,0	18,6	21,7	16,5
Lahoaste (asteikko 1–5), mediaani	2	2	2	3
Kaarnan peittävyys (%), keskiarvo	55,6	94,7	54,4	85,9

3.4 Syönnösäljet pötkkelöillä

3.4.1 Syönnösälkien määrä ja niitä tehneet lajit

Pötkkelöillä oli yhteensä 297 syönnösälkeä, joista 154 oli tekopötkkelöillä ja 143 luonnonpötkkelöillä (taulukko 3). Tutkimuspötkkelöistä 48:lla oli syönnösälkiä ja 99:llä ei ollut lainkaan syönnösälkiä. Yhdellä pötkkelöllä oli keskimäärin kaksi syönnösälkeä (vaihteluväli 0–38). Vanhoilla hakkuilla sijaitsevista kuusitekopötkkelöistä yli puolella (58 %) esiintyi syönnösälkiä. Kaikista kuusitekopötkkelöistä keskimäärin 37 prosentilla oli syönnösälkiä, koivutekopötkkelöistä vastaava osuus oli 11 %, kuusiluonnonpötkkelöistä 30 % ja koivuluonnonpötkkelöistä 47 %.

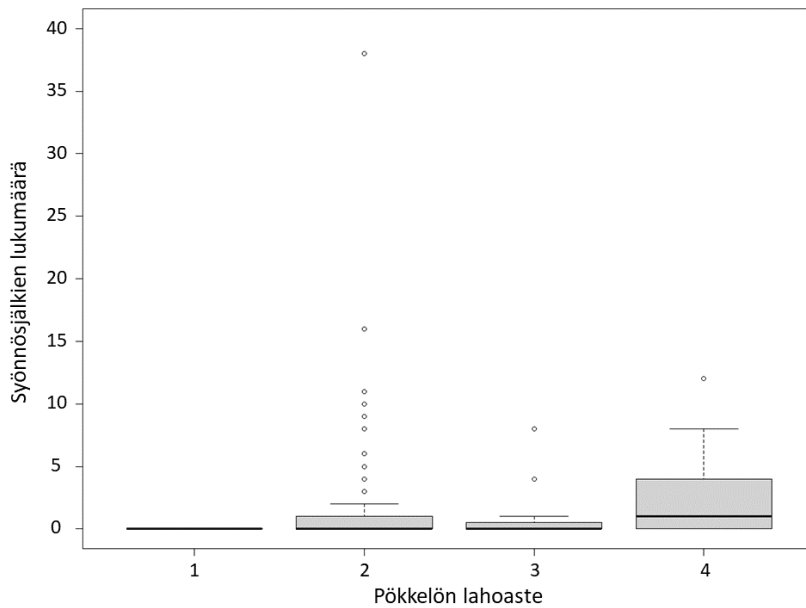
Taulukko 3. Syönnösälkien ja syönnöspötkkelöiden määrä sekä pötkkelöiden kokonaismäärä eri hakkuutyypeillä puulajeittain ja pötkkelötyypeittäin. Syönnöspötkkelöllä tarkoitetaan pötkkelöä, jolta on löytynyt yksi tai useampi syönnösälki.

	Tekopötkkelö		Luonnonpötkkelö	
	Kuusi, Syönnösäljet / Syönnöspötkkelöt (pötkkelömäärä)	Koivu, Syönnösäljet / Syönnöspötkkelöt (pötkkelömäärä)	Kuusi, Syönnösäljet / Syönnöspötkkelöt (pötkkelömäärä)	Koivu, Syönnösäljet / Syönnöspötkkelöt (pötkkelömäärä)
Tuore hakkuu	9 / 2 (13)	2 / 1 (12)	4 / 4 (13)	38 / 7 (13)
Vanha hakkuu	136 / 11 (19)	3 / 1 (2)	19 / 2 (13)	27 / 5 (11)
Harvennus- hakkuu	3 / 2 (9)	1 / 1 (14)	29 / 6 (14)	26 / 6 (14)
Yhteensä	148 / 15 (41)	6 / 3 (28)	52 / 12 (40)	91 / 18 (38)

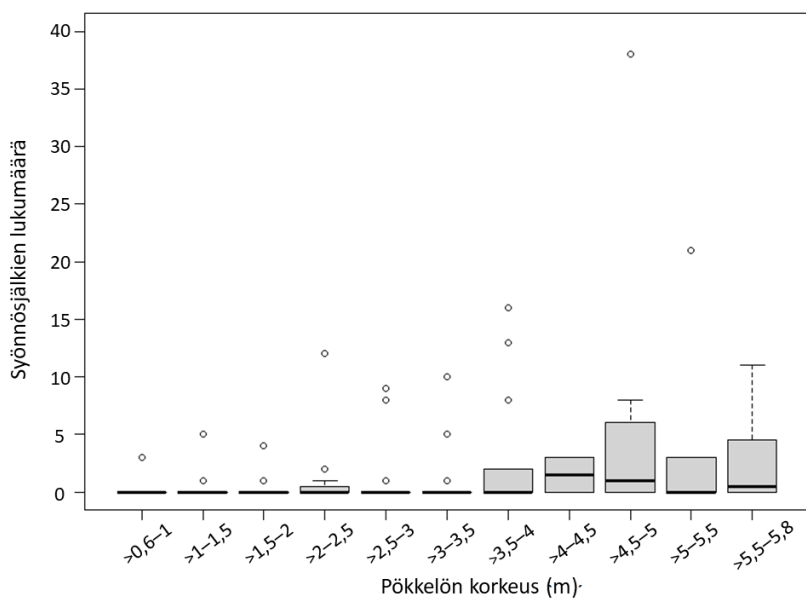
Syönnösjälkien määrään pötkelöllä vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi pötkelön kaarnan peittävyys ensimmäisen 120 cm korkeudelta maan pinnasta, lahoaste, korkeus, halkaisija sekä etäisyys metsän reunasta (taulukko 4). Syönnösjälkiä oli enemmän, kun pötkelön lahoaste, korkeus ja halkaisija olivat suuremmat (kuva 2, 3 ja 4). Syönnösjälkien määrä oli suurempi myös, kun kaarnan peittävyys pötkelön alaosassa oli alhaisempi ja etäisyys metsän reunaan pienempi (kuva 5 ja 6). Esimerkiksi pötkelötyyppi, hakkuutyyppi tai pötkelön puulaji eivät vaikuttaneet merkitsevästi syönnösjälkien määrään. Myöskään tarkasteltaessa hakkuutyypin eri luokkia yhdessä hakkuutyyppi ei osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi ($X^2(2, N = 143) = 0,46, p = 0,79$). Syönnösjälkien määrään ei vaikuttanut myöskään merkitsevästi se, sijaitisiko pötkelö hakkuulla säästöpuuryhmässä, reunassa tai keskellä päätehakuuta, vai harvennushakkuiden osalta metsässä ($X^2(3, N = 147) = 5,88, p = 0,12$).

Taulukko 4. Eri selittävien muuttujien yhteys syönnösjälkien määrään pötkelöllä.

Muuttujat	Kulmakerroin	SE	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-2,64	1,52	-1,74	0,08 .
Hakkuutyyppi, tuore	0,27	1,26	0,22	0,83
Hakkuutyyppi, vanha	0,83	1,63	0,51	0,61
Pötkelötyyppi, teko	-0,00	0,62	-0,05	1,00
Puulaji, kuusi	-0,29	0,52	-0,55	0,58
Kaarnan peittävyys (%)	-0,74	0,29	-2,59	0,01 **
Lahoaste	1,07	0,42	2,56	0,01 *
Korkeus (m)	0,96	0,317	3,03	0,00 **
Halkaisija (cm)	0,91	0,27	3,37	0,00 ***
Etäisyys metsän reunaan (m)	-1,05	0,49	-2,15	0,03 *
Kuvion koko (ha)	0,25	0,26	0,97	0,33
Ympäröivän puuston tilavuus (m ³)	-0,25	0,27	-0,90	0,37
Ympäröivän taimikon korkeus (m)	-0,10	0,34	-0,29	0,78
Lämpötilan keskiarvo (°C)	0,26	0,25	1,01	0,31
Lämpötilan keskihajonta (°C)	0,26	0,25	1,01	0,31
Kuvion lajien lukumäärä	-0,13	0,32	-0,42	0,67
Maalahopuun määrä (m ³ / ha)	0,13	0,17	0,77	0,44
Pystylahopuun määrä (m ³ / ha)	-0,35	0,33	-1,07	0,28
Kantojen lukumäärä / ha	0,25	0,26	0,97	0,33

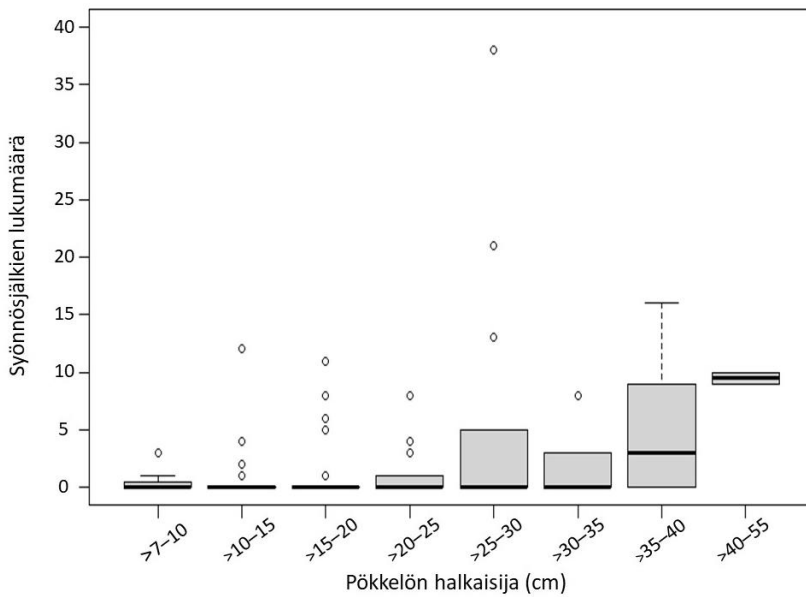


Kuva 2. Syönnösjälkien lukumäärä pötkelön lahoasteen suhteen. Pötkelön lahoasteen ollessa suurempi syönnösjälkiä on enemmän. Harmaat laatikot sisältävät puolet havainnoista ja arvojen mediaani on merkitty laatikon sisään poikkiviivalla. Laatikoista lähtevät janat kuvaavat havaintojen ylä- ja alakvartiileja. Ääriarvot on esitetty ympyröillä.

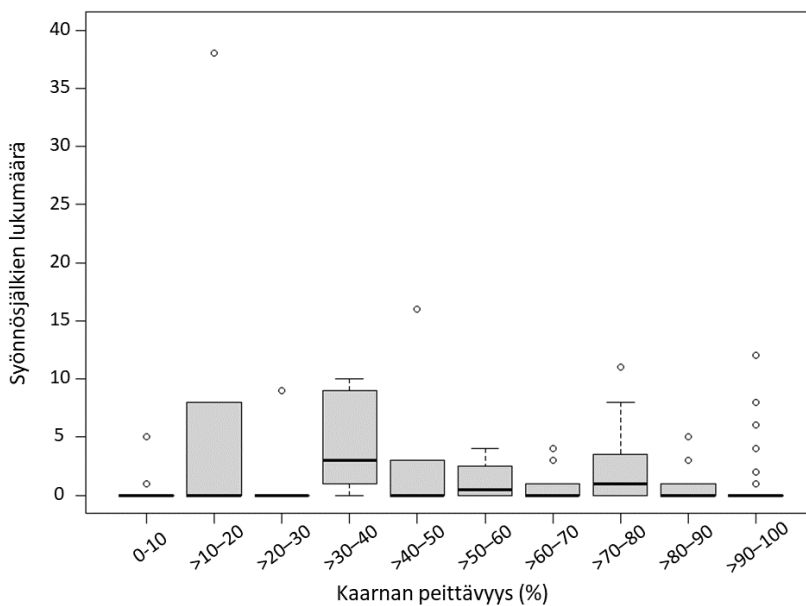


Kuva 3. Syönnösjälkien lukumäärä pötkelön korkeuden suhteen. Korkeammilla pötkelöillä syönnösjälkien määrä on suurempi. Pötkelön korkeus on jatkuva muuttuja, mutta se on luokiteltu kuvaajaa varten. Harmaat laatikot sisältävät puolet havainnoista ja arvojen mediaani on merkitty

laatikon sisään poikkiviivalla. Laatikoista lähtevät janat kuvaavat havaintojen ylä- ja alakvartiileja. Ääriarvot on esitetty ympyröillä.

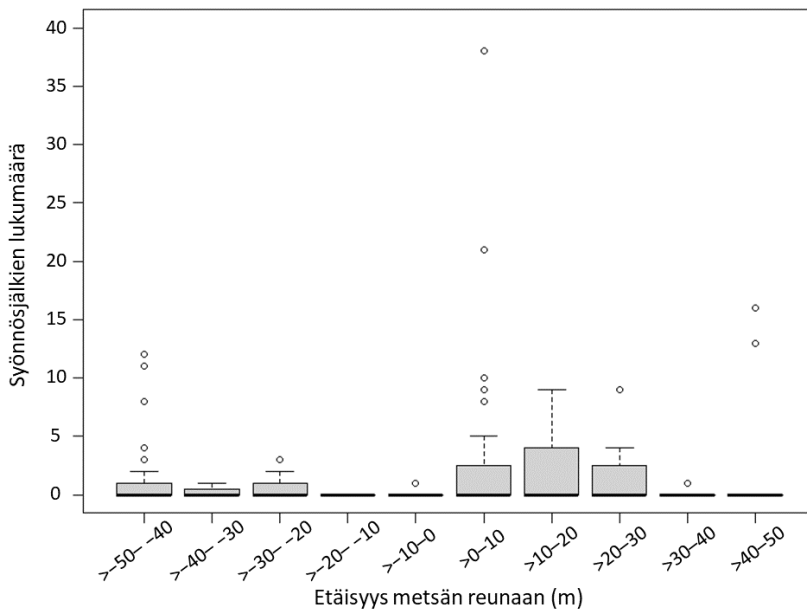


Kuva 4. Syönnösjälkien lukumäärä pötkelön halkaisijan suhteen. Pötkelön halkaisijan ollessa suurempi syönnösjälkiä on enemmän. Pötkelön halkaisija on jatkuva muuttuja, mutta se on luokiteltu kuvaajaa varten. Harmaat laatikot sisältävät puolet havainnoista ja arvojen mediaani on merkitty laatikon sisään poikkiviivalla. Laatikoista lähtevät janat kuvaavat havaintojen ylä- ja alakvartiileja. Ääriarvot on esitetty ympyröillä.



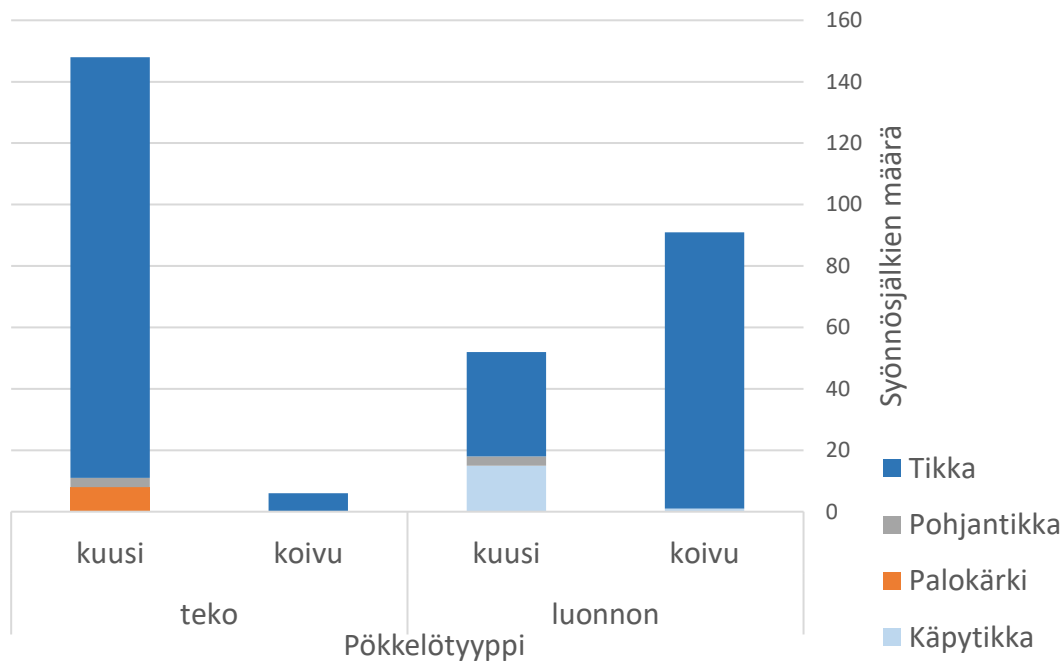
Kuva 5. Syönnösjälkien lukumäärä kaarnan peittävyys suhteen. Kaarnan peittävyys ollessa pienempi syönnöksiä on enemmän. Kaarnan peittävyys on arvioitu jatkuvana muuttujana prosentteina 0–100 %, mutta se on luokiteltu kuvaajaa varten. Harmaat laatikot sisältävät puolet

havainnoista ja arvojen mediaani on merkitty laatikon sisään poikkiviivalla. Laatikoista lähtevät janat kuvaavat havaintojen ylä- ja alakvartiileja. Ääriarvot on esitetty ympyröillä.



Kuva 6. Syönnösjälkien lukumäärä suhteessa pötkelön etäisyyteen metsän reunasta. Kun pötkelö sijaitsee hakkuulla, syönnösten lukumäärä on suurempi lähellä metsän reuna sijaitsevilla pötkelöillä. Negatiivinen etäisyys kuvaa metsässä olevaa ja positiivinen etäisyys päätehakkuulla olevaa pötkelöä. Pötkelön etäisyys metsän reunaan on jatkuva muuttuja, mutta se on luokiteltu kuvaajaa varten. Harmaat laatikot sisältävät puolet havainnoista ja arvojen mediaani on merkitty laatikon sisään poikkiviivalla. Laatikoista lähtevät janat kuvaavat havaintojen ylä- ja alakvartiileja. Ääriarvot on esitetty ympyröillä.

Kaikki syönnösjäljet olivat tikkojen tekemiä, ja suurin osa syönnösjäljistä pystyttiin määrittämään vain heimotasolle (kuva 7). Todennäköisesti suurin osa tikkojen syönnösjäljiksi tulkituista jäljistä oli kuitenkin käpytikkojen tekemiä, koska ne sopivat lajille ja käpytikka on tutkimuksemme linjalaskenta-aineiston mukaan yleisin tikkalaji tutkimusalueella. Syönnösjäljistä 16 oli käpytikan pajoja. Tulkitsimme palokärjen tekemiksi 8 melko isokokoista syönnösjälkeä. HavaitSIMME myös 6 pohjantikan tekemää syönnösjälkeä, joista 3 sijaitsi vanhalla hakkuuviolla olevassa kuusitekopötkelössä ja 3 harvennushakkuulla olevassa kuusiluonnonpötkelössä. Eräällä vanhalla hakkuuviolla olevassa kuusitekopötkelössä näimme tikan syönnösjäljissä puun sisällä liikkuvan muurahaisia, joita lintu on todennäköisesti tavoitellut.



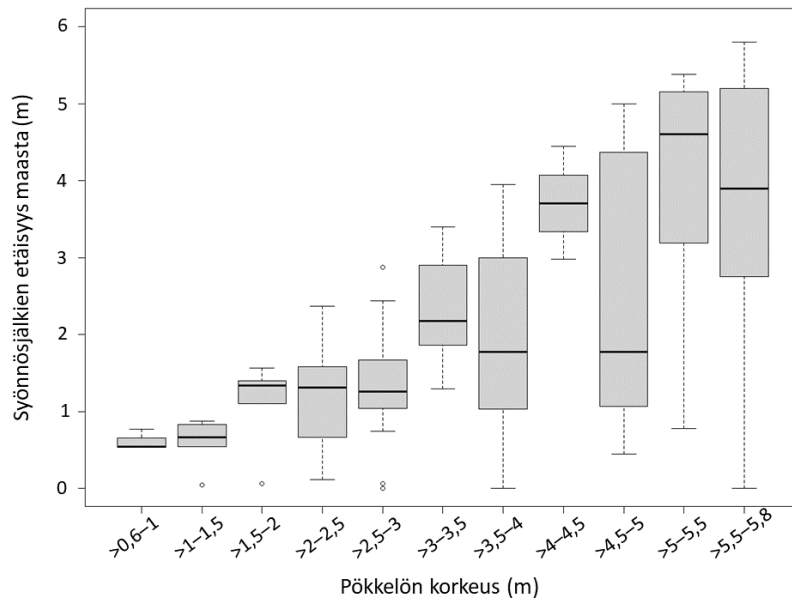
Kuva 7. Syönnösjälkien määrä ja syönnösjälkiä tehneet lajit eri pötkelötyypeillä.

3.4.2 Syönnösjälkien etäisyys maasta

Korkeammassa pötkelöissä syönnösjäljet sijaitsivat korkeammalla kuin matalammassa pötkelöissä (taulukko 5, kuva 8). Pötkelötyyppi, puulaji tai pötkelön halkaisija eivät vaikuttaneet siihen millä korkeudella syönnösjäljet sijaitsivat.

Taulukko 5. Pötkelötyypin ja pötkelön puulajin, korkeuden ja halkaisijan yhteys syönnösjälkien etäisyyteen maasta.

	Kulmakerroin	SE	Vapausaste	t-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-0,20	0,30	216	-0,68	0,50
Tekopötkelö	0,01	0,22	15	0,06	0,95
Puulaji, kuusi	-0,06	0,19	15	-0,30	0,77
Korkeus (m)	0,27	0,05	15	5,05	0,00 ***
Halkaisija (cm)	-0,00	0,01	15	-0,45	0,66



Kuva 8. Syönnösjälkien etäisyys maasta suhteessa pötkelön korkeuteen. Korkeammissa pötkelöissä syönnösjäljet sijaitsivat korkeammalla maan pinnasta. Pötkelön korkeus on jatkuva muuttuja, mutta se on luokiteltu kuvaajaa varten. Harmaat laatikot sisältävät puolet havainnoista ja arvojen mediaani on merkitty laatikon sisään poikkiviivalla. Laatikoista lähtevät janat kuvaavat havaintojen ylä- ja alakvartiileja. Ääriarvot on esitetty ympyröillä.

3.5 Pesäkolot pötkelöillä

3.5.1 Pesäkolojen määrä ja pesäkoloja tehneet lajit

Pötkelöissä oli yhteensä 47 pesäkoloa, joista 11 oli tekopötkelöissä ja 36 luonnonpötkelöissä (taulukko 6). Keskimäärin koloja oli yhdellä pötkelöllä 0,3 ja pesäkolojen määrä yhdessä pötkelössä vaihteli välillä 0–5. Pesäkoloja oli 19 pötkelössä ja 128 pötkelössä ei ollut pesäkoloja. Eniten pesäkoloja oli koivuluonnonpötkelöissä (29 % koivuluonnonpötkelöistä), kun taas koivutekopötkelöissä pesäkoloja ei ollut lainkaan. Kuusitekopötkelöistä 17 prosentilla ja kuusiluonnonpötkelöistä viidellä prosentilla oli pesäkoloja.

Taulukko 6. Kolojen ja kolopötkelöiden määrä sekä pötkelöiden kokonaismäärä eri hakkuutyypeillä puulajeittain ja pötkelötyypeittäin Kolopötkelöllä tarkoitetaan pötkelöä, jolta on löytynyt yksi tai useampi kolo.

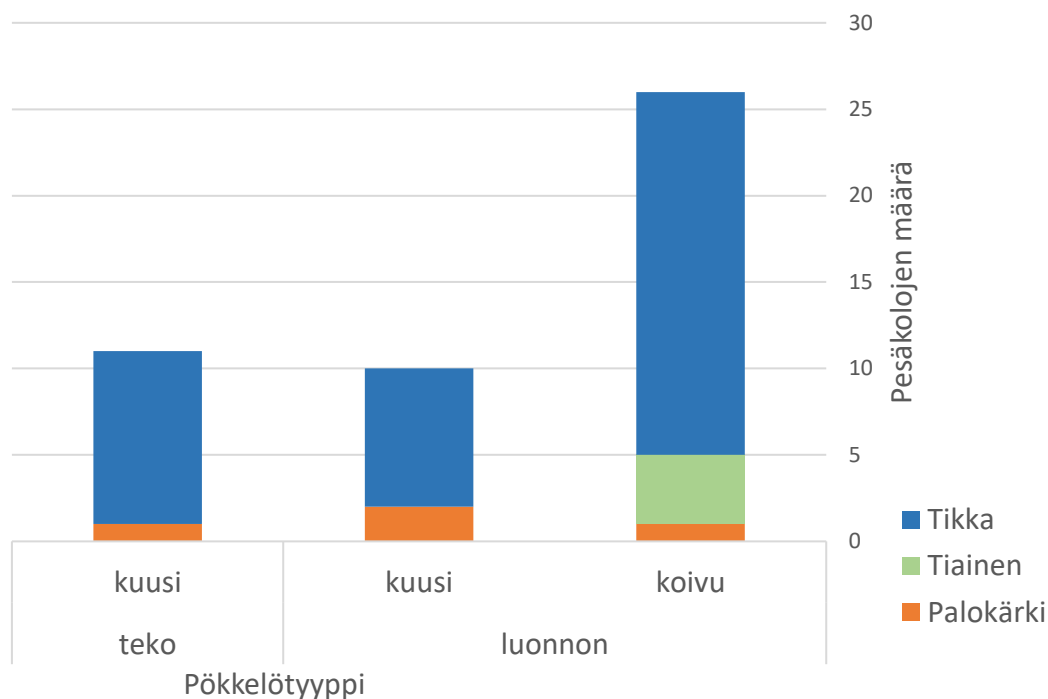
	Tekopötkelö		Luonnonpötkelö	
	Kuusi, kolojen määrä / kolopötkelöiden määrä (pötkelömäärä)	Koivu, kolojen määrä / kolopötkelöiden määrä (pötkelömäärä)	Kuusi, kolojen määrä / kolopötkelöiden määrä (pötkelömäärä)	Koivu, kolojen määrä / kolopötkelöiden määrä (pötkelömäärä)
Tuore hakkuu	0 / 0 (13)	0 / 0 (12)	0 / 0 (13)	10 / 3 (13)
Vanha hakkuu	11 / 7 (19)	0 / 0 (2)	5 / 1 (13)	10 / 3 (11)
Harvennushakkuu	0 / 0 (9)	0 / 0 (14)	5 / 1 (14)	6 / 5 (14)
Yhteensä	11 / 7 (41)	0 / 0 (28)	10 / 2 (40)	26 / 11 (38)

Kolojen määrään pötkelöillä vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi pötkelön korkeus ja halkaisija sekä maalahopuun määrä (taulukko 7). Kolojen määrä korkeammilla ja halkaisijaltaan suuremmilla pötkelöillä oli suurempi kuin pienemmillä pötkelöillä. Kolojen määrä pötkelöillä oli suurempi, kun kuviolla oli vähemmän maalahopuuta. Kolojen määrällä pötkelöllä ei ollut yhteyttä esimerkiksi pötkelön puulajiin, pötkelötyyppiin tai hakkuutyypin. Hakkuutyypin eri luokat eivät osoittautuneet tilastollisesti merkitseviksi myöskään yhdessä tarkasteltuina ($\chi^2(2, N = 143) = 1,75$, $p = 0,42$). Kolojen määrään pötkelöillä ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi se, sijaitsiko pötkelö hakkuulla säästöpuuryhmässä, reunassa tai keskellä pätehakkuuta, vai harvennushakkuiden osalta metsässä ($\chi^2(3, N = 147) = 1,41$, $p = 0,70$).

Taulukko 7. Eri muuttujien yhteys kolojen lukumäärään pötkelöillä.

Muuttujat	Kulmakerroin	SE	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-3,40	1,89	-1,80	0,07 .
Hakkuutyyppe, tuore	-2,54	1,99	-1,28	0,20
Hakkuutyyppe, vanha	-2,61	2,03	-1,29	0,20
Pötkelötyyppe, teko	-0,78	0,76	-1,02	0,31
Puulaji, kuusi	-1,06	1,02	-1,03	0,30
Kaarnan peittävyys (%)	0,21	0,50	0,43	0,67
Lahoaste	1,01	0,57	1,76	0,08 .
Korkeus (m)	1,63	0,49	3,29	0,00 ***
Halkaisija (cm)	1,47	0,52	2,84	0,00 **
Etäisyys metsän reunaan (m)	0,82	0,63	1,29	0,20
Kuvion koko (ha)	0,05	0,59	0,08	0,93
Ympäröivän puuston tilavuus (m ³)	-1,43	0,93	-1,53	0,13
Ympäröivän taimikon korkeus (m)	-0,40	0,52	-0,77	0,44
Lämpötilan keskiarvo (°C)	-0,65	0,37	-1,76	0,08 .
Lämpötilan keskiahajonta (°C)	-0,72	0,72	-1,00	0,32
Kuvion lajien lukumäärä	0,51	0,36	1,42	0,16
Maalahopuun määrä (m ³ / ha)	-1,29	0,61	-2,12	0,03 *
Pystylahopuun määrä (m ³ / ha)	0,13	0,37	0,35	0,73
Kantojen lukumäärä / ha	0,63	0,59	1,07	0,28

Havaitut pesäkolot olivat koon perusteella pääasiassa tikkojen tekemiä (kuva 9). Tutkimusalueellamme esiintyi linjalaskennoissa käpytikkoja, palokärkiä ja pohjantikkoja. Käpytikkojen ja pohjantikkojen pesäkoloja ei ole mahdollista erottaa luotettavasti toisistaan koon perusteella, mutta linjalaskennoissa käpytikka oli kuitenkin huomattavasti pohjantikkaa yleisempi laji tutkimusalueella, joten todennäköisesti tämän kokoluokan pesäkolot tutkuspötkelöissä olivat suurimmaksi osaksi käpytikkojen tekemiä. Havaitimme koivuluonnonpötkelöissä yhteensä neljä eri kolon alkua, jotka määritimme tiaisten tekemiksi, mutta yhtäkään niistä ei ollut tehty loppuun asti. Näiden kolojen leveys oli 1,5–3 cm ja korkeus 1–3 cm.



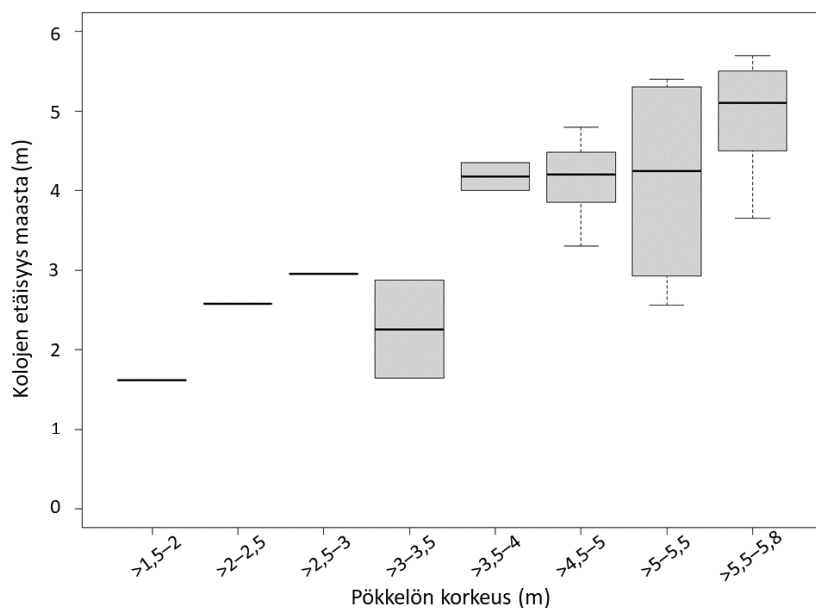
Kuva 9. Pesäkolojen määrä ja pesäkoloja tehneet lajit eri pötkelötyypeillä. Koivutekopötkelöt eivät näy taulukossa, koska niillä ei ollut yhtäkään koloa. Tiaisten tekemät pesäkolot olivat pesäkolojen alkuja, joita ei ollut koverrettu loppuun.

3.5.2 Pesäkolojen etäisyys maasta

Pesäkolojen etäisyyden maasta vaikutti pötkelön korkeus (taulukko 8, kuva 10). Korkeammilla pötkelöillä pesäkolot olivat korkeammalla maan pinnasta. Pötkelötyyppi, puulaji tai pötkelön halkaisija eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi siihen, millä korkeudella pesäkolot sijaitsivat.

Taulukko 8. Pötkelötyypin ja pötkelön puulajin, korkeuden ja halkaisijan yhteys kolojen etäisyyden maasta.

	Kulmakerroin	SE	Vapausaste	t-arvo	p-arvo
Vakiotermi	0,18	0,78	19	0,23	0,82
Pötkelötyyppi, teko	-0,11	0,38	10	-0,30	0,77
Puulaji, kuusi	-0,47	0,42	10	-1,11	0,29
Korkeus (m)	0,86	0,15	10	5,79	0,00 ***
Halkaisija (cm)	-0,00	0,02	10	-0,06	0,95



Kuva 10. Kolojen etäisyys maasta suhteessa pötkelön korkeuteen. Korkeammilla pötkelöillä pesäkolot sijoittuivat korkeammalle. Pötkelön korkeus on jatkuva muuttuja, mutta se on luokiteltu kuvaajaa varten. Harmaat laatikot sisältävät puolet havainnoista ja arvojen mediaani on merkitty laatikon sisään poikkiviivalla. Laatikoista lähtevät janat kuvaavat havaintojen ylä- ja alakvartiileja.

3.6 TEKOPÖLYN tutkimus- ja kontrollilinjojen lajisto

TEKOPÖLYN tutkimuslinjojen linjalaskennoissa havaittiin yhteensä 48 lajia ja kontrollilinjalla 44 lajia (liite 1). Yhdellä tutkimuslinjalla havaittiin keskimäärin 13 lajia (vaihteluväli 6–21; liite 2). Myös kontrollilinjalla tavattiin keskimäärin 13 lajia yhdellä linjalla (7–22). Keskimäärin yhdellä tutkimuslinjalla havaittiin 25 paria lintuja (11–42) ja kontrollilinjalla 22 paria (10–36).

Tutkimuslinjoilla yleisin havaittu laji oli peippo, jota tavattiin keskimäärin 4,8 paria yhdellä tutkimuslinjalla (liite 1). Kaikilla 16 tutkimuslinjalla oli peippoja, yhteensä 76 paria. Seuraavaksi yleisimmät lajit olivat pajulintu, jota tavattiin keskimäärin 3,2 paria / tutkimuslinja, yhteensä 51 paria 15 tutkimuslinjalla (94 % tutkimuslinjoista), metsäkirvinen, jota tavattiin keskimäärin 2,2 paria tutkimuslinjalla, yhteensä 35 paria 14 tutkimuslinjalla (88 %), sekä vihervarpunen, jota tavattiin keskimäärin 1,6 paria tutkimuslinjalla, yhteensä 25 paria 12 tutkimuslinjalla (75 %). Kontrollilinjojen kolme yleisintä lajia olivat samat kuin tutkimuslinjoillakin. Yleisimpiä lajeja, peippoja ja pajulintua, tavattiin jokaisella kontrollilinjalla. Peippoja oli yhdellä kontrollilinjalla keskimäärin 4,3 paria, yhteensä 69 paria, ja pajulintuja keskimäärin 3,2 paria yhdellä kontrollilinjalla, yhteensä 51.

Metsäkivisiä oli keskimäärin 1,7 paria kontrollilinjalla ja yhteensä 28 paria 14 kontrollilinjalla (88 %) ja vihervarpusia keskimäärin 0,9 paria kontrollilinjalla, yhteensä 14 paria 9 kontrollilinjalla (19 %).

Uhanalaisista tiaisista tutkimuslinjojen linjalaskennoissa havaittiin yksi pari töyhtötaisia yhdellä tutkimuslinjoista (6 %) ja kolme paria hömötaisia kolmella tutkimuslinjalla (19 %; liite 1 ja 2). Kontrollilinjalla uhanalaisista tiaisista havaittiin neljä hömötaisparia kolmella kontrollilinjalla (19 %) ja kaksi paria töyhtötaisia kahdella kontrollilinjalla (13 %). Lisäksi tutkimuslinjoilla havaittiin kolme vaarantuneiksi luokiteltua lajia, jotka olivat pensastasku, pajusirkku (*Schoeniclus schoeniclus*) ja pyy (*Tetrastes bonasia*). Pensastaskuja havaittiin kolme paria kolmella tutkimuslinjalla (19 %), pajusirkkuja tavattiin yksi pari yhdellä tutkimuslinjalla (6 %) sekä pyitä kolme paria kolmella tutkimuslinjalla (19 %). Kontrollilinjalla havaittiin metsätiaisten lisäksi uhanalaisista lajeista kaksi paria pensastaskuja kahdella kontrollilinjalla (13 %) ja yksi pyypari yhdellä kontrollilinjalla (6 %).

Tutkimuslinjoilla havaittiin kolme tikkalajia (liite 1 ja 2). Yleisin oli käpytikka, jota tavattiin kuusi paria viidellä tutkimuslinjalla (31 %). Palokärkiä tavattiin kolme paria yhdellä tutkimuslinjalla (6 %) ja pohjantikkoja tavattiin yksi pari yhdellä tutkimuslinjalla (6 %). Kontrollilinjalla yleisin tikkalaji oli käpytikka, joita havaittiin seitsemän paria seitsemällä linjalla (44 %). Palokärkiä havaittiin kuusi paria neljällä kontrollilinjalla (25 %).

Kontrolli- ja tutkimuslinjojen lajistoissa oli joitain eroavaisuuksia (liite 1). Tutkimuslinjoilla havaittiin närhiä (*Garrulus glandarius*) yhteensä kolme paria kahdella eri tutkimuslinjalla (13 %) ja lehtokurppia (*Scolopax rusticola*) kaksi paria kahdella eri tutkimuslinjalla (13 %). Näistä lajeista ei ollut lainkaan havaintoja kontrollilinjoilta. Kontrollilinjalla esiintynyt laji, jota ei havaittu lainkaan tutkimuslinjoilla, oli punatulkku (*Pyrrhula pyrrhula*), joita havaittiin neljä paria kolmella linjalla (19 %). Näiden lajien lisäksi tutkimuslinjoilla oli yksittäisiä havaintoja lajeista, joita ei tavattu kontrollilinjalla ja päinvastoin.

Tutkimus- ja kontrollilinjojen parimäärät eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($\chi^2(1, N = 32) = 2,35, p = 0,13$). Yritin myös vertailla tutkimus- ja kontrollilinjojen lajimääriä, mutta malli ei toiminut.

3.7 TEKOPÖLY-linjojen vertaaminen vakiolinjoihin

TEKOPÖLYn tutkimus- ja kontrollilinjat eivät eronneet toisistaan parimääriltään (ks. 3.6), joten kukin tutkimus- ja kontrollilinjapari yhdistettiin yhdeksi pidemmäksi linjaksi. Yhdistetyn linjan pituus (1,7–

4,1 km) oli siten lähempänä vakiolinjojen pituutta (noin 6 km). Yhdistettyjen TEKOPÖLY-linjojen lintutietoja verrattiin sitten vakiolinjoihin. TEKOPÖLY-linjoilla lintujen parimäärä oli keskimäärin 46,7 paria yhdellä linjalla (vaihteluväli 24–72 paria), kun taas vakiolinjoilla oli keskimäärin 263,1 paria / linja. Yhdistetyillä TEKOPÖLY-linjoilla havaittu lintujen parimäärä oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi kuin vakiolinjoilla havaittu parimäärä ($\chi^2(1, N = 41) = 121,46, p = <0,001$).

Yhdistettyjen TEKOPÖLY-linjojen lajimäärä oli keskimäärin 18 lajia yhdellä linjalla (vaihteluväli 11–27) ja vakiolinjojen lajimäärä keskimäärin 39 lajia / linja (vaihteluväli 26–56). Yhdistettyjen TEKOPÖLY-linjojen ja vakiolinjojen lajimäärät eivät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($\chi^2(1, N = 41) = 0,27, p = 0,61$).

4. Tulosten tarkastelu

Selvitin tutkimuksessani tekopötkelöitä ja luonnonpötkelöitä käyttävää lintulajistoa, sekä millaisia pötkelöitä linnut käyttävät. Linnut käyttivät pötkelöitä ruokailuun ja pesintään, koska teko- ja luonnonpötkelöiltä löytyi syönnösjälkiä ja koloja. Emme havainneet pötkelöillä merkkejä uhanalaisista lajeista, vaan lajisto koostui pääasiassa yleisistä lajeista. Suurin osa syönnösjäljistä ja pesäkoloista oli tikkojen, todennäköisesti käpytikkojen tekemiä. Tulosteni perusteella linnut käyttävät enemmän korkeampia ja paksumpia pötkelöitä pesintään ja ruokailuun. Ajan myötä pötkelön lahotessa siitä tulee myös paremmin linnuille soveltuva.

4.1 Tutkimuskuvioiden lintulajisto

Tutkimuskuvioilla havaitsemamme yleisimmät lintulajit metsäkirvinen, peippo, pajulintu ja vihervarpunen ovat koko Suomessa elinvoimaisia ja yleisiä lajeja (Valkama ym. 2011, Hyvärinen ym. 2019). Kuvioiden yleisimmät lajit olivat samoja lajeja, jotka myös TEKOPÖLY-linjojen linjalaskennoissa olivat yleisimpiä. Tämä kertoo siitä, että tutkimuskuvioiden lajisto oli samankaltaista kuin muun maiseman lajisto. Yleisesti ottaen tutkimuskuvioilla oli vähän lajeja, mutta myös aiemmin on havaittu, että hakkuualueilla lintujen parimäärät ovat matalampia useita vuosia hakkuuden jälkeen verrattuna vanhempiin metsiin (Helle 1985).

Uhanalaisista lajeista erittäin uhanalaisia hömötiäisiä sekä vaarantuneita töyhtötiäisiä ja pensastaskuja havaitsimme kutakin vain yhdellä metsäkuviolla (Hyvärinen ym. 2019). Hömö- ja töyhtötiäiset olivat samalla vanhalla hakkuukohteella, jossa oli tehty päätehakkuu 15 vuotta ennen

tutkimusaineiston keruuta. Hömötiaisen kuulimme myös laulavan, mikä kertoo siitä, että lintu oli reviirillään. Laulavan pensastaskun havaitsimme tuoreella hakkuukohteella, jossa päätehakkuu oli tehty neljä vuotta ennen tutkimusaineiston keruuta. Vaarantunut pensastasku onkin laji, joka viihtyy avoimilla alueilla, kuten hakkuuaukoilla (Valkama ym. 2011, Hyvärinen ym. 2019). Uhanalaisista metsälajeista emme havainneet esimerkiksi metsien petolintuja, kuten haukkoja tai pöllöjä. Yhdellä harvennuskuviolla havaitsimme kuitenkin vanhan kanahaukan pesän ja kuulimme kanahaukan läheisellä suojelualueella.

Tutkimuskuvioilla havaitsemamme tikkalajit käpytikka ja palokärki ovat elinvoimaisia lajeja (Hyvärinen ym. 2019). Käpytikka ei vaadi elinympäristöltään lahopuuta toisin kuin monet muut tikkalajit, ja se voi kovertaa pesänsä elävään tai lahopuuhun (Rolstad ym. 1995, Valkama ym. 2011, Hebda ym. 2017).

4.2 Lintuhavainnot pötkelöillä

Tekopötkelöllä havaitsemamme metsäkirvinen on yksi Suomen yleisimmistä pesimälajeista, joka viihtyy myös hakkuualueilla (Valkama ym. 2011). Metsäkirviset tähytävät mielellään korkealla paikalla ja lähtevät siitä laululentoon. Samalla kuviolla lensi myös laulava metsäkirvinen. Todennäköisesti kyseessä oli sama yksilö. Tämän havainnon perusteella voidaan olettaa, että linnut voivat käyttää tekopötkelöitä laulu- ja tähytyspaikoina. Tekopötkelöllä havaitsemamme kuollut pyy on todennäköisesti ollut jonkun petolinnun, luultavasti kanahaukan, saalis, jota se on syönyt pötkelön päällä. Havainto kertonee siitä, että myös petolinnut voivat hyödyntää tekopötkelöitä ruokailussaan ikään kuin ruokapöytänä. Emme nähneet petolintuja tähyilemässä saalista pötkelöiden päällä, mutta tämä saattaa johtua myös siitä, että petolinnut ovat poistuneet paikalta jo lähestyessämme tutkimuskuviota. Mahdollisesti tekopötkelöt voisivat toimia petolinnuille myös saaliin tähytyspaikkoina tai koloissa pesiville petolinnuille pesäpaikkana.

Luonnonpötkelöillä havaitsemamme mahdollisesti pesivät linnut olivat Suomessa yleisiä ja runsaslukuisia kirjosiippoja (Valkama ym. 2011). Kirjosiippo on sekundaarinen kolopesijä, joka tarvitsee lisääntyäkseen pesiksi soveltuvia koloja, joita tutkimuskuvioiltamme löytyikin. Todennäköisimpiä pötkelöissä pesiviä lintuja ovatkin yleiset kolopesijälajit.

4.3 Syönnösjäljet

Hypoteesini oli, että löydämme pötkelöiltä tikkojen syönnös jälkiä. Tulokseni tukevat hypoteesia. Hypoteesini mukaan teko- ja luonnonpötkelöiden lajistossa saattaisi olla eroja, mutta tulokseni

eivät tukeneet hypoteesia. Kummallakin pötkelötyypillä oli suurimmaksi osaksi tikan, todennäköisesti käpytikan tekemiä syönnösjälkiä. Pohjantikan tekemiä syönnösjälkiä oli yhdellä tekopötkelöllä ja yhdellä luonnonpötkelöllä. Sen sijaan palokärjen tekemiä syönnösjälkiä havaitsimme vain kolmella tekopötkelöillä, emmekä lainkaan luonnonpötkelöillä. Palokärjen tekemiä syönnösjälkiä oli kuitenkin niin vähän, että ne saattoivat olla sattumalta tekopötkelöillä. Niiden perusteella ei voi vielä tehdä johtopäätöksiä siitä, että palokärjet erityisesti suosivat tekopötkelöitä. Palokärkien tiedetään käyttävän myös luonnonlahopuuta ravinnonhankintaan (Rolstad & Rolstad 2000).

Syönnösjälkiä oli enemmän korkeammilla ja paksummilla pötkelöillä. Eri kovakuoriaislajit suosivat eri osia tekopötkelöistä, ja joitain lajeja tavataan selvästi useammin korkeilla tekopötkelöillä kuin matalilla kannoilla (Abrahamsson & Lindblad 2006). Jos tikkojen suosimat kovakuoriaislajit elävät lähinnä korkeiden tekopötkelöiden yläosissa, se voisi selittää, miksi korkeammilla pötkelöillä oli enemmän syönnösjälkiä ja korkeammilla pötkelöillä syönnösjäljet olivat myös korkeammalla. Rolstadin ym. (1995) mukaan käpytikat kuitenkin viettävät lähes yhtä paljon aikaa maassa syöden kuin puun rungoilla syöden. Maasta ne syövät perhosten (Lepidoptera) toukkia. Tähän perustuen tikat siis syövät myös matalalla, jos sieltä löytyy ravintoa. Saalishyönteisten runsauden lisäksi tulokseen voi vaikuttaa myös esimerkiksi se, että korkeiden ja paksujen pötkelöiden löytäminen hakkuulta voi olla helpompaa kuin pienten ja isommissa pötkelöissä voi riittää enemmän hyönteisyksilöitä syötäväksi.

Syönnösjälkiä oli enemmän pötkelöillä, joissa kaarnan peittävyys ensimmäisen 120 cm matkalta oli alhaisempi. Lahoamisen edetessä kaarna irtoaa pötkelön pinnasta (Renvall 1995). Myös pötkelön lahoasteen ollessa suurempi syönnösjälkiä oli enemmän. Nämä muuttujat kertovat todennäköisesti siitä, että pötkelön lahotessa se tarjoaa enemmän ravintoa linnuille. Todennäköisesti pidemmälle lahonneet pötkelöt ovat myös olleet kuolleena kauemmin kuin vähemmän lahonneet pötkelöt, jolloin ravintohyönteiset ovat ehtineet löytää pötkelöt ja lisääntyä niillä. Myös linnuilla on ollut enemmän aikaa löytää kauemmin lahonnut pötkelö ja hyödyntää sillä eläviä hyönteisiä. Kaarnaa voi myös irrota pötkelöstä tikan syödessä kaarnan alla eläviä ravintohyönteisiä.

Hypoteesini oli, että linnut suosivat keskellä päätehakuuta sijaitsevia pötkelöitä, koska monet ravintohyönteiset suosivat paahteisia paikkoja. Tulokseni eivät tukeneet hypoteesia, vaan päätehakuulla sijaitsevilla pötkelöillä oli enemmän syönnösjälkiä, jos ne sijaitsevat lähellä metsän

reunaa. Pötkelöillä ruokailevat linnut voivat pitää metsää turvallisempuna ympäristönä kuin avointa hakkuuta, jolloin ne myös etsivät ruokaa mieluummin läheltä metsän reunaa kuin keskeltä hakkuuta. Etenkin metsässä eläville lajeille onkin luonnollista suosia lähellä metsän reunaa sijaitsevia pötkelöitä. Odotin, että linnut voisivat löytää enemmän ravintohyönteisiä keskeltä hakkuuta olevista pötkelöistä, mutta tulosteni perusteella vaikuttaa siltä, että myös lähellä metsän reunaa olevilla pötkelöillä riittää syötävää tikoille. Hypoteesini mukaan myös petolinnut suosivat keskelle päätehakkuita sijoitettuja pötkelöitä tähytyspaikkoinaan. Hypoteesini ei saanut vahvistusta, koska ainoa merkki petolinnuista pötkelöillä oli tekopötkelön päälle joltain petolinnulta jäänyt kuollut pyy harvennushakkuulla. Tähän kuitenkin voi myös vaikuttaa jo aiemmin mainitsemani aineiston keruutapa. Mahdolliset pötkelöillä tähytäneet petolinnut ovat voineet poistua pötkelöiltä ennen kuin olimme ehtineet havaita niitä saapuessamme tutkimuskuvioille. Ohjaajani Heidi Björklund ja Jenna Purhonen näkivät kuitenkin tutkimuskuvion vierellä olevalla pötkelöllä tuulihaukan tähytämässä luonnonpötkelön päällä, joten on luultavaa, että esimerkiksi tuulihaukka voisi hyödyntää myös tekopötkelöitä yrittäessään havaita hakkuulla liikkuvia saaliseläimiä.

Syönnösjälkien määrä ei ollut riippuvainen pötkelön sijaintiluokasta, joita olivat pötkelön sijainti metsän reunassa, keskellä päätehakkuita, harvennushakkuulla ja säästöpuuryhmässä. Vaikka syönnösjälkiä oli enemmän lähellä metsän reunaa sijaitsevilla pötkelöillä, arvelen että sijaintiluokaltaan reunassa olevilla pötkelöillä ei ollut tilastollisesti merkitsevästi enemmän syönnösjälkiä sen takia, että reuna-luokkaan katsottiin kuuluvan vain enintään 5 m päässä reunasta sijaitsevat pötkelöt. Syönnösjälkien määrä ei kuitenkaan laske nopeasti metsän reunalta poistuttaessa.

On mielenkiintoista, että vanhojen hakkuiden kuusitekopötkelöiltä löytyi huomattavasti enemmän syönnösjälkiä kuin kuusiluonnonpötkelöiltä. Aineistossa vanhojen hakkuiden kuusitekopötkelöitä oli 6 enemmän kuin kuusiluonnonpötkelöitä. Vanhojen hakkuiden kuusitekopötkelöistä 58 prosentilla oli syönnösjälkiä, kun taas vanhojen hakkuiden kuusiluonnonpötkelöistä vain noin 15 prosentilla oli syönnösjälkiä, joten erot syönnösjälkien määrässä tuskin johtuvat vain tutkimuspötkelöiden eri määristä. On mahdollista, että vanhoilla kuusitekopötkelöillä oli enemmän syönnösjälkiä kuin vanhoilla kuusiluonnonpötkelöillä sen takia, että ne olivat keskimäärin hieman paksumpia. Todennäköisesti pötkelöiden syönnösjälkien määrään vaikuttaa myös sattuma sekä

tekijät, joita ei ole mitattu ja siten voitu ottaa analyyseissä huomioon, kuten lahoppuulla elävien hyönteisten määrät tutkimuskuvioilla.

4.4 Pesäkolot

Hypoteesini oli, että näemme tekopötkelöillä tiaisten ja tikkojen pesäkoloja. Tikkojen osalta hypoteesini sai vahvistusta, mutta tiaisten osalta ei, sillä emme havainneet tekopötkelöillä yhtään tiaisten tekemää pesäkoloa. Luonnonpötkelöissäkin havaitsimme vain neljä todennäköisesti tiaisten tekemää pesäkolon alkua pötkelön pinnalla. Kaikki neljä olivat koivuluonnonpötkelöissä ja harvennushakkuissa. Parry ja Broughtonin (2018) havaintojen mukaan hömötiaiset saattavat kovertaa mahdollisiin pesäpötkelöihin pieniä koloja testatakseen pötkelön soveltuvuutta ennen lopullisen pesäpötkelön valintaa. Tutkimukseni tulokset ovat samansuuntaisia kuin Carlsonin (1994), jonka mukaan tiaiset välttelevät hakkuuaukeilla pesimistä, mutta tikat eivät. Hypoteesini mukaan teko- ja luonnonpötkelöiden lajistossa saattaisi olla eroavaisuuksia, mutta pesäkolojen osalta tulokseni eivät tukeneet hypoteesia. Kaikki loppuun asti koverretut pesäkolot teko- ja luonnonpötkelöillä olivat palokärkien ja tikkojen tekemiä.

Aineistossa oli vain kaksi vanhojen hakkuiden koivutekopötkelöä, ja harvennushakkuiden ja tuoreiden hakkuiden tekopötkelöt oli tehty vain 3–4 vuotta ennen aineiston keruuta, jolloin ne saattoivat olla vielä liian tuoreita pesäpötkelöiksi. Tekopötkelöiden soveltuvuudesta hömötiaisten pesäpuuksi voisi saada enemmän tietoa toistamalla tutkimus alueella, jossa olisi enemmän pidemmälle lahonneita koivupötkelöitä, joita hömötiaisen suosii pesäpuunaan (Orell & Ojanen 1983). Vaikka Orell ja Ojanen (1983) ovat havainneet hömötiaisten pesintöjä erilaisissa metsissä ja toisinaan myös hakkuualueilla, hömötiaiset vaikuttavat kuitenkin suosivan pesimäelinympäristöinänsä kuusivaltaisia soita. Hömötiaisten on havaittu myös talvehtiessään karttavan avoimia ja nuoria metsiä ja suosivan vanhoja havumetsiä (Siffczyk ym. 2003), joten tutkimuskuvioimme eivät todennäköisesti olleet muutoinkaan hömötiaisten suosimaa elinympäristöä, vaikka niiltä olisikin löytynyt enemmän lajille soveltuvia vanhoja koivupötkelöitä pesäpuiksi. Tähän viittaa sekin, että tutkimusalueen luonnonpötkelöissäkään ei ollut yhtään loppuun asti koverrettua tiaisen tekemää pesää. Myös töyhtötiainen suosii vanhoja metsiä (Raivio & Haila 1990). Skotlannissa on yritetty tehdä töyhtötiaisille tekopötkelöitä männyistä (Denny & Summers 1996). Vaikka kyseisen alueen töyhtötiaiset pesivät mäntyluonnonpötkelöillä ja kuolleilla männyillä, ne eivät olleet käyttäneet mäntytekopötkelöitä. Toisaalta Skotlannissa tehdyt pötkelöt ovat olleet vain noin metrin korkuisia ja siten ehkä liian matalia pesäpötkelöiksi. Hömö- ja

töyhtöiaisten on kuitenkin havaittu käyttävän puihin sidottuja koivupötkkelöiden pätkiä pesintään (Orell & Ojanen 1983, Ojanen & Orell 1985), joten mahdollisesti myös tekopötkkelöt voisivat kelvata niille pesäpötkkelöiksi.

Vaikka tekopötkkelöillä oli pesäkoloja, emme tehneet yhtäkään havaintoa pesinnöistä tekopötkkelöillä, toisin kuin odotin. Toisaalta havaitsimme myös alueen luonnonpötkkelöillä vain kaksi mahdollista pesintää, joissa kummassakin oli kyseessä kirjosiippo. Vierailimme pötkkelöillä vain kerran lintujen pesimäaikaan, ja pesäkolot sijaitsivat niin korkealla, että niissä olevia mahdollisia munia tai hautovia emoja ei ollut mahdollista nähdä. Sen takia on myös mahdollista, että tutkimuspötkkelöillä oli pesintöjä, joita emme havainneet.

Kuten odotinkin, pötkkelön korkeus ja paksuus vaikuttavat sen houkuttelevuuteen pesäpuuna. Korkeammilla ja paksummilla pötkkelöillä oli enemmän koloja kuin pienillä pötkkelöillä. Tähän tulokseen vaikutti todennäköisesti se, että tutkimusalueen pesäkolot olivat käpytikkojen ja palokärkien tekemiä. Hebdan ym. mukaan (2017) käpytikon pesäkolojen mediaanikorkeus maanpinnasta on noin 11 m. Palokärki tekee pesäkolonsa keskimäärin 7–8 m korkeudelle maanpinnasta (Johnsson ym. 1993), eli tutkimusalueella tavatut tikkalajit pesivät mielellään korkealla. Lisäksi käpytikkojen ja palokärkien on aiemminkin havaittu suosivan paksuja pesäpuita (Rolstad ym. 2000, Kosiński & Winiecki 2004). Puolassa käpytikkojen pesäpuiden mediaanihalkaisija on rinnankorkeudelta 50 cm (Hebda ym. 2017). Jos alueella olisi pesinyt esimerkiksi hömötiaisia, jotka suosivat halkaisijaltaan pieniä pesäpuita, pötkkelön halkaisija ei olisi todennäköisesti ollut yhtä merkitsevä pesäkolojen määrän kannalta.

Kun maalahopuun määrä kuviolla oli alhainen, pötkkelöillä oli enemmän pesäkoloja. En odottanut maalahopuun määrän vaikuttavan pesäkolojen määrään negatiivisesti. Pikemminkin odotin, että maalahopuulla elävät hyönteiset saattaisivat houkutellessa tikkoja syömään kuvioille, ja tikat voisivat pesiä mielellään kuviolla, jolla on paljon syötävää. Koska aineistossa pesäkolojen määrä oli alhainen, sattuman vaikutus tuloksiin kasvaa, eli maalahopuun määrä on voinut olla sattumalta alhaisempi niillä kuvioilla, joilla koloja oli. Sattuma on voinut vaikuttaa myös muuttujan mittaamiseen. Yhden kuvion maalahopuun määrää mitattiin vain 1–3 lahopuulinjalla, jolloin linjalle sattunut lahopuun määrä ei ole välttämättä kuvannut kuvion todellista maalahopuun määrää.

Hypoteesini oli, että linnut suosivat pesäpötkkelöitä, jotka sijaitsevat lähellä metsän reunaa. Vastoin odotuksiani pötkkelön etäisyys metsän reunasta ei vaikuttanut pötkkelön pesäkolojen määrään.

Pesäkolojen määrä ei ollut myöskään riippuvainen pötkelön sijaintiluokasta. Tuloksiin voi osaltaan vaikuttaa se, että kolot olivat pääasiassa tikkojen tekemiä, jotka eivät Carlsonin (1994) mukaan karta päätehakkuillakaan pesimistä toisin kuin esimerkiksi tiaiset. Rolstadin ym. (2000) mukaan palokärjet jopa suosivat aukeita pesimäympäristöjä kuten hakkuualueita, jos niille on jätetty pötkelöitä ja eläviä puita. Rolstadin ym. (2000) mukaan hakkuuaukeilla ja nuorissa metsissä pesiviin palokärkiin ja niiden poikasiin kohdistui pienempi saalistuspaine kuin vanhemmissa metsissä pesiviin.

4.5 Linjalaskennat

TEKOPÖLY-linjojen linjalaskennoissa havaitut yleisimmät lajit ovat samoja lajeja, joita havaitsimme myös maastotöitä tehdessä tutkimuskuvioilla. Tutkimus- ja kontrollilinjojen yleisimmät lajit olivat keskenään samoja. Tutkimus- ja kontrollilinjojen lajistoerot olivat lähinnä yksittäisiä pareja joistakin lajeista, eivätkä parimäärät näiden linjojen välillä eronneet merkitsevästi toisistaan. Tutkimuskuvioiden ja niiden lähiympäristön lajisto ei siis juurikaan poikennut muusta tutkimusalueen maiseman lajistosta. Sen perusteella tutkimuspötkelöillä havaitut merkit lajeista kuvastivat alueen tekopötkelöitä hyödyntävää lajistoa. Aineiston perusteella ei kuitenkaan voi tehdä johtopäätöksiä siitä, vaikuttavatko tekopötkelöt lahoppuuta käyttävien lintulajien määrään tai runsauteen tutkimusalueella, koska emme tiedä, oliko kontrollilinjojen läheisyydessä tai muualla tutkimusalueella tekopötkelöitä.

TEKOPÖLY-linjojen parimäärät olivat alhaisempia kuin pohjoisen Keski-Suomen vakiolinjoilla, mikä johtunee siitä, että TEKOPÖLY-linjat olivat vakiolinjoja lyhyempiä. Sen sijaan TEKOPÖLY-linjojen lajimäärät eivät poikenneet vakiolinjojen lajimäärästä, eli tutkimusalueen lajimäärä ei ollut poikkeuksellinen muuhun pohjoisen Keski-Suomen maisemaan verrattuna, mikä voisi vaikuttaa tulosteni yleistettävyyteen. Siten voidaan ajatella, että tulokseni ilmentävät lintujen tekopötkelöiden käyttöä myös laajemmassa mittakaavassa.

5. Johtopäätökset

Tutkimukseni mukaan ainakin tikat käyttävät tekopötkelöitä ruokailuun ja pesintään samaan tapaan kuin luonnonpötkelöitä. Tulosteni perusteella tekopötkelöiden tekeminen yhtenä metsien luonnonhoitokeinona voi hyödyttää lahoppuusta riippuvaista lintulajistoa, ainakin melko yleisiä lajeja. Tuloksissa korostui erityisesti se, että linnut käyttävät enemmän korkeampia ja paksumpia pötkelöitä, eli lintujen kannalta kannattaa tehdä korkeita tekopötkelöitä paksuista puista.

Päätehakuilla tekopökkelöt kannattaa sijoittaa lähelle hakkuun reunaa. Tekopökkelöillä voidaan lisätä nopeasti lahopuun määrää metsässä, mutta esimerkiksi uhanalaiset hömötiaiset suosivat elinympäristöinä vanhoja metsiä, jolloin esimerkiksi päätehakuun yhteydessä tehdyt tekopökkelöt tuskin ovat hömötiaisille soveltuvia pesäpökkelöitä. Tutkimuspökkelöt kannattaisi kuitenkin tutkia myöhemmin uudelleen, jotta voisi havaita, alkavatko metsätiaiset käyttää esimerkiksi harvennushakkuiden yhteydessä tehtyjä koivutekopökkelöitä niiden lahotessa pidemmälle.

6. Kiitokset

Suuret kiitokset ohjaajilleni Heidi Björklundille, Jenna Purhoselle ja Juho Paukkuselle korvaamattomasta avusta ja neuvoista maisterintutkielmani eri vaiheissa. Haluan kiittää myös kaikkia niitä, jotka osallistuivat aineiston keräämiseen. Kiitän myös Metsä Groupia, jonka toteuttamilta hakkuilta saimme kerätä aineiston, ja joka tarjosi käyttöömmme tietoja hakkuukuvioista. Lisäksi kiitän Societas pro Fauna et Flora Fennicaa apurahasta, jonka turvin pystyin keskittymään maisterintutkielmani tekoon.

7. Viitteet

- Abrahamsson, M. & Lindbladh, M. 2006: A comparison of saproxylic beetle occurrence between man-made high- and low-stumps of spruce (*Picea abies*). *Forest ecology and management*, 226(1): 230–237. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.01.046>
- Ahti, T., Hämet-Ahti, L. & Jalas, J. 1968: Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Annales Botanici Fennici*, 5(3): 169–211. <https://www.jstor.org/stable/23724233>
- Andersson, J., Hjältén, J. & Dynesius, M. 2015: Wood-inhabiting beetles in low stumps, high stumps and logs on boreal clear-cuts: implications for dead wood management. *PLOS ONE*, 10(3): e0118896. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118896>
- Aszalós, R., Szigeti, V., Harnos, K., Csernák, S., Frank, T. & Ónodi, G. 2020: Foraging activity of woodpeckers on various forms of artificially created deadwood. *Acta Ornithologica*, 55(1): 63–76. <https://doi.org/10.3161/00016454AO2020.55.1.007>
- Baroni, D., Korpimäki, E., Selonen, V. & Laaksonen, T. 2020: Tree cavity abundance and beyond: Nesting and food storing sites of the pygmy owl in managed boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 460: 117818. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117818>
- Brooks, M. E., Kristensen K., van Benthem, K. J., Magnusson, A. Berg, C. W., Nielsen, A., Skaug, H. J., Maechler, M. & Bolker B. M. 2017: glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, 9(2): 378-400.
- Carlson, A. 1994: Cavity breeding birds and clearcuts. *Ornis Fennica*, 71: 120–122.
- Cramp S. & Perrins C M. (toim.) 1985: *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. The birds of the Western Palearctic IV*. Oxford University Press.
- Denny, R. E. & Summers, R. W. 1996: Nest site selection, management and breeding success of Crested Tits *Parus cristatus* at Abernethy Forest, Strathspey. *Bird Study*, 43(3): 371–379. <https://doi.org/10.1080/00063659609461031>
- Djupström, L. B., Weslien, J., ten Hoopen, J. & Schroeder, L. M. 2012: Restoration of habitats for a threatened saproxylic beetle species in a boreal landscape by retaining dead wood on clear-cuts. *Biological Conservation*, 155: 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.009>

- Fossestøl, K. O. & Sverdrup-Thygeson, A. 2009: Saproxylic beetles in high stumps and residual downed wood on clear-cuts and in forest edges. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(5): 403–416.
- Hebda, G., Wesołowski, T. & Rowiński, P. 2017: Nest sites of a strong excavator, the Great Spotted Woodpecker *Dendrocopos major*, in a primeval forest. *Ardea*, 105(1): 61–71. <https://doi.org/10.5253/arde.v105i1.a8>
- Hedgren, P. O. 2007: Early arriving saproxylic beetles (Coleoptera) and parasitoids (Hymenoptera) in low and high stumps of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 241(1): 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.020>
- Helle, P. 1985: Effects of forest regeneration on the structure of bird communities in Northern Finland. *Holarctic ecology*, 8(2): 120–132.
- 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(7): 1149–1155.
- Hokkanen, H., Törmälä, T., & Vuorinen, H. 1982: Decline of the flying squirrel *Pteromys volans* L. populations in Finland. *Biological Conservation*, 23(4): 273–284. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(82\)90083-0](https://doi.org/10.1016/0006-3207(82)90083-0)
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kempainen, E., Liukko, U.-M. & Uddström, A. 2019: Suomen lajien uhanalaisuus : Punainen kirja 2019 = The red list of finnish species 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.
- Hämäläinen, A., Ranius, T. & Strengbom, J. 2021: Increasing the amount of dead wood by creation of high stumps has limited value for lichen diversity. *Journal of Environmental Management*, 280: 111646. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111646>
- Johnsson, K., Nilsson S. G. & Tjernberg, M. 1993: Characteristics and utilization of old Black Woodpecker *Dryocopus martius* holes by hole-nesting species. *Ibis*, 135(4): 410–416.

Jonsell, M., Weslien, J. & Ehnström, B. 1998: Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and Conservation*, 7(6): 749–764. <https://doi.org/10.1023/A:1008888319031>

Jonsell, M., Nittérus, K. & Stighäll, K. 2004: Saproxylic beetles in natural and man-made deciduous high stumps retained for conservation. *Biological Conservation*, 118(2): 163–173. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.08.017>

Järvinen, O. & Väisänen, R. A. 1975: Estimating relative densities of breeding birds by the line transect method. *Oikos*, 26(3): 316–322.

Koivula, M. & Vanha-Majamaa, I. 2020: Experimental evidence on biodiversity impacts of variable retention forestry, prescribed burning, and deadwood manipulation in Fennoscandia. *Ecological Processes*, 9(1): 1–22.

Korhonen, K. T., Auvinen, A.-P., Kuusela, S., Punttila, P., Salminen, O., Siitonen, J., Ahlroth, P., Jäppinen, J.-P. & Kolström, T. 2016: Biotalouskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 51/2016: 1–36.

Korhonen, K., Ihalainen, A., Kuusela, S., Punttila, P., Salminen, O. & Syrjänen, K. 2020: Metsien monimuotoisuudelle merkittävien rakennepiirteiden muutokset Suomessa vuosina 1980–2015. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020–10198. <https://doi.org/10.14214/ma.10198>

Kosiński, Z. & Ksit, P. 2007: Nest holes of Great Spotted Woodpeckers *Dendrocopos major* and Middle Spotted Woodpeckers *D. medius*: Do they really differ in size? *Acta Ornithologica*, 42(1): 45–52. <https://doi.org/10.3161/068.042.0112>

Kosiński, Z. & Winiecki, A. 2004: Nest-site selection and niche partitioning among the Great Spotted Woodpecker *Dendrocopos major* and Middle Spotted Woodpecker *Dendrocopos medius* in riverine forest of Central Europe. *Ornis Fennica*, 81(4), 145–156. https://lintulehti.birdlife.fi:8443/pdf/artikkelit/272/tiedosto/of_81_145-156_artikkelit_272.pdf#view=FitH

Laji.fi (viitattu 16.12.2022): <https://laji.fi/project/MHL.1/form/MHL.1/places>

Lehikoinen, A., Honkala, J. & Sirkiä, P. 2015: Maalintujen alueelliset kannanarviot. *Linnut-vuosikirja 2014*: 68–77.

Lindhe, A., Åsenblad, N. & Toresson, H.-G. 2004: Cut logs and high stumps of spruce, birch, aspen and oak – nine years of saproxylic fungi succession. *Biological Conservation*, 119(4): 443–454. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.01.005>

METSO-ohjelma (viitattu 19.12.2022): <https://metsonpolku.fi/etusivu>

Metsä Group (viitattu 19.12.2022): <https://www.metsagroup.com/fi/puunhankinta/kestava-kehitys/metsanomistajan-monimuotoisuusteot/teko-pokkelot-lisaavat-monimuotoisuutta>

Newton, I. 1994: The role of nest sites in limiting the numbers of hole-nesting birds: A review. *Biological Conservation*, 70(3): 265–276. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(94\)90172-4](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)90172-4)

Ojanen, M. & Orell, M. 1985: Changes in the breeding parameters of the crested tit *Parus cristatus*. *Ornis Fennica*, 62(4): 161–167.

Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H. B. A., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M. O., Lahti, L., McGlinn, D., Ouellette, M.-H., Cunha, E. R., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C. J. F., & Weedon, J. 2022: vegan: Community ecology package. R package version 2.6-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Orell, M. & Ojanen, M. 1983: Breeding biology and population dynamics of the willow tit *Parus montanus*. *Annales Zoologici Fennici*, 20(2): 99–114. <http://www.jstor.org/stable/43923433>

Pakkala, T., Tiainen, J., Piha, M. & Kouki, J. 2018: How important are nest cavities made by the Three-Toed Woodpecker *Picoides tridactylus* for cavity-nesting forest bird species? *Acta Ornithologica*, 53(1): 69–79. <https://doi.org/10.3161/00016454AO2018.53.1.007>

Pakkala, T., Tiainen, J., Pakkala, H., Piha, M. & Kouki, J. 2019: Nest tree characteristics of the Lesser Spotted Woodpecker (*Dendrocopos minor*) in boreal forest landscapes. *Ornis Fennica* 96: 169–181.

Parry, W. & Broughton, R. K. 2018: Nesting behaviour and breeding success of Willow Tits (*Poecile montanus*) in north-west England. *Ringing & Migration*, 33(2): 75–85. <https://doi.org/10.1080/03078698.2018.1631610>

Pechacek, P. & Kristin, A. 2004: Comparative diets of adult and young three-toed woodpeckers in a European alpine forest community. *The Journal of Wildlife Management*, 68(3): 683–693. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2004\)068\[0683:CDOAAY\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2004)068[0683:CDOAAY]2.0.CO;2)

Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. & R Core Team 2021: nlme: Linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-153, <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.

Raivio, S. & Haila, Y. 1990: Bird assemblages in silvicultural habitat mosaics in southern Finland during the breeding season. *Ornis Fennica*, 67: 73–83.

R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Renvall, P. 1995: Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia*, 35: 1–51.

Rolstad, J. & Rolstad E. 1995: Seasonal patterns in home range and habitat use of the Grey-headed Woodpecker *Picus canus* as influenced by the availability of food *Ornis Fennica*, 72(1):1–13.

Rolstad, J., Rolstad, E. & Stokke, P. K. 1995: Feeding habitat and nest-site selection of breeding Great Spotted Woodpeckers *Dendrocopos major*. *Ornis Fennica*, 7(2): 62–71.

Rolstad, J. & Rolstad E. 2000: Influence of large snow depths on Black Woodpecker *Dryocopus martius* foraging behaviour. *Ornis Fennica*, 77(2): 65–70.

Rolstad, J., Rolstad, E. & Saeteren, Ø. 2000: Black Woodpecker nest sites: Characteristics, selection, and reproductive success. *The Journal of Wildlife Management*, 64(4): 1053–1066. <https://doi.org/10.2307/3803216>

Schepps, J., Lohr, S. & Martin, T.E. 1999: Does tree hardness influence nest-tree selection by primary cavity nesters? *The Auk*, 116(3): 658–665.

Schroeder, L. M., Weslien, J., Lindelöw, Å. & Lindhe, A. 1999: Attacks by bark- and wood-boring Coleoptera on mechanically created high stumps of Norway spruce in the two years following cutting. *Forest Ecology and Management*, 123(1): 21–30. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00013-4)

Schroeder, L. M., Ranius, T., Ekbom, B. & Larsson, S. 2006: Recruitment of saproxylic beetles in high stumps created for maintaining biodiversity in a boreal forest landscape. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(9): 2168–2178. <https://doi.org/10.1139/x06-119>

Siffczyk, C., Brotons, L., Kangas K. & Orell M. 2003: Home range size of Willow Tits: A response to winter habitat loss. *Oecologia* 136(4): 635–642.

Siitonen, J. 2001: Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*, 49: 11–41.

Söderstrom, B. 2009: Effects of different levels of green- and dead-tree retention on hemi-boreal forest bird communities in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 257(1): 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.08.030>

TEKOPÖLY-projekti (viitattu 19.12.2022): <https://www.luomus.fi/fi/tekopoly>

Valkama, J., Vepsäläinen, V. & Lehikoinen, A. 2011: Suomen III Lintuatlas. – Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö. ISBN 978-952-10- 6918-5.

Weiss, S., Corace, R. G., Toman, E. L., Herms, D. A. & Goebel, P. C. 2018: Wildlife implications across snag treatment types in jack pine stands of Upper Michigan. *Forest Ecology and Management*, 409: 407–416. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.013>

8. Liitteet

Liite 1. TEKOPÖLYn tutkimus- ja kontrollilinjalla havaitut lajit ja niiden uhanalaisuusluokat. Tutkimus- ja kontrollilinjalla havaittujen lajien parimäärä, kuinka monella linjalla lajia on havaittu, sekä kuinka monella prosentilla tutkimuslinjoista tai kontrollilinjasta linjoista lajia on tavattu.

Tutkimuslinjan lajit (uhanalaisuusluokka)	Tutkimuslinja: Parimäärä / Linjojen määrä / %	Kontrollilinja: Parimäärä / Linjojen määrä / %
Harakka – <i>Pica pica</i> (NT)	-	1 / 1 / 6
Harmaasieppo – <i>Muscicapa striata</i> (LC)	5 / 5 / 31	2 / 2 / 13
Hernekerttu – <i>Curruca curruca</i> (LC)	5 / 5 / 31	5 / 4 / 25
Hippiäinen – <i>Regulus regulus</i> (LC)	22 / 10 / 63	15 / 8 / 50
Hömötiainen – <i>Poecile montanus</i> (EN)	3 / 3 / 19	4 / 3 / 19
Isokäpylintu – <i>Loxia pytyopsittacus</i> (LC)	1 / 1 / 6	-
Keltasirkku – <i>Emberiza citrinella</i> (LC)	9 / 6 / 38	3 / 3 / 19
Kirjosieppo – <i>Ficedula hypoleuca</i> (LC)	4 / 3 / 19	5 / 5 / 31
Korppi – <i>Corvus corax</i> (LC)	-	1 / 1 / 6
Kulorastas – <i>Turdus viscivorus</i> (LC)	6 / 6 / 38	2 / 2 / 13
Käki – <i>Cuculus canorus</i> (LC)	2 / 2 / 13	3 / 3 / 19
Käpytikka – <i>Dendrocopos major</i> (LC)	6 / 5 / 31	7 / 7 / 44
Laulujoutsen – <i>Cygnus cygnus</i> (LC)	1 / 1 / 6	-
Laulurastas – <i>Turdus philomelos</i> (LC)	14 / 9 / 56	13 / 11 / 69
Lehtokerttu – <i>Sylvia borin</i> (LC)	4 / 4 / 25	2 / 2 / 13
Lehtokurppa – <i>Scolopax rusticola</i> (LC)	2 / 2 / 13	-
Leppälintu – <i>Phoenicurus phoenicurus</i> (LC)	3 / 3 / 19	4 / 3 / 19
Metso – <i>Tetrao urogallus</i> (LC)	1 / 1 / 6	1 / 1 / 6
Metsäkirvinen – <i>Anthus trivialis</i> (LC)	35 / 14 / 88	28 / 14 / 88
Metsäviklo – <i>Tringa ochropus</i> (LC)	4 / 2 / 13	6 / 5 / 31
Mustarastas – <i>Turdus merula</i> (LC)	4 / 3 / 19	1 / 1 / 6
Närhi – <i>Garrulus glandarius</i> (NT)	3 / 2 / 13	-
Pajulintu – <i>Phylloscopus trochilus</i> (LC)	51 / 15 / 94	51 / 16 / 100
Pajusirkku – <i>Schoeniclus schoeniclus</i> (VU)	1 / 1 / 6	-
Palokärki – <i>Dryocopus martius</i> (LC)	3 / 1 / 6	6 / 4 / 25
Peippo – <i>Fringilla coelebs</i> (LC)	76 / 16 / 100	69 / 16 / 100
Pensaskerttu – <i>Curruca communis</i> (NT)	1 / 1 / 6	2 / 2 / 13
Pensastasku – <i>Saxicola rubetra</i> (VU)	3 / 3 / 19	2 / 2 / 13
Peukaloinen – <i>Troglodytes troglodytes</i> (LC)	18 / 11 / 69	10 / 9 / 56
Pikkukäpylintu – <i>Loxia curvirostra</i> (LC)	6 / 6 / 38	9 / 8 / 50
Pikkulepinkäinen – <i>Lanius collurio</i> (LC)	1 / 1 / 6	2 / 2 / 13
Pikkusieppo – <i>Ficedula parva</i> (LC)	1 / 1 / 6	1 / 1 / 6
Pohjantikka – <i>Picoides tridactylus</i> (LC)	1 / 1 / 6	-
Punakylkirastas – <i>Turdus iliacus</i> (LC)	9 / 7 / 44	7 / 6 / 38
Punarinta – <i>Erithacus rubecula</i> (LC)	18 / 12 / 75	22 / 12 / 75
Punatulkku – <i>Pyrrhula pyrrhula</i> (LC)	-	4 / 3 / 19
Pyy – <i>Tetrastes bonasia</i> (VU)	3 / 3 / 19	1 / 1 / 6
Rautiainen – <i>Prunella modularis</i> (LC)	8 / 6 / 38	8 / 5 / 31

Ruokokerttunen – <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> (NT)	2 / 1 / 6	-
Räkättirastas – <i>Turdus pilaris</i> (LC)	6 / 3 / 19	5 / 4 / 25
Sepelkyyhky – <i>Columba palumbus</i> (LC)	5 / 4 / 25	1 / 1 / 6
Sinitiaainen – <i>Cyanistes caeruleus</i> (LC)	1 / 1 / 6	5 / 4 / 25
Sirittäjä – <i>Rhadina sibilatrix</i> (LC)	4 / 1 / 6	-
Taivaanvuohi – <i>Gallinago gallinago</i> (NT)	3 / 3 / 19	2 / 2 / 13
Talitiaainen – <i>Parus major</i> (LC)	4 / 4 / 25	5 / 5 / 31
Teeri – <i>Lyrurus tetrrix</i> (LC)	2 / 2 / 13	1 / 1 / 6
Telkkä – <i>Bucephala clangula</i> (LC)	1 / 1 / 6	-
Tiltalti – <i>Phylloscopus collybita</i> (LC)	10 / 7 / 44	13 / 8 / 50
Töyhtötiainen – <i>Lophophanes cristatus</i> (VU)	1 / 1 / 6	2 / 2 / 13
Tuulihaukka – <i>Falco tinnunculus</i> (LC)	-	1 / 1 / 6
Valkoviklo – <i>Tringa nebularia</i> (NT)	-	1 / 1 / 6
Varis – <i>Corvus corone cornix</i> (LC)	1 / 1 / 6	1 / 1 / 6
Vihervarpunen – <i>Spinus spinus</i> (LC)	25 / 12 / 75	14 / 9 / 56

Liite 2. Linjan numero, joka on sama tutkimuslinjalla ja sen kontrollilinjalla. Linjan nimi, (T = tutkimuslinja, K = kontrollilinja), tutkimuskuviot joiden läpi tutkimuslinjat kulkivat, linjan lajimäärä, linjalla havaittujen tikkojen, metsätiaisten (töyhtö- ja hömötiainen) lajit ja lajimäärät sekä uhanalaiset lajit ja niiden parimäärät.

TEKOPÖLY-linjan nimi (T/K)	Kuviot	Lajimäärä	Tikat	Metsätiaiset	Uhanalaiset lajit
1. Viitasaari, Kärnä, Talasvuori (T)	11, 31, 32, 34, 88, 89	13	0	0	0
1. Viitasaari, Kärnä, Valkeisvuori-Mustikkavuori (K)		10	0	0	0
2. Viitasaari, Viitajärvi, Kettukangas (T)	65, 66	13	0	0	Pensastasku 1
2. Viitasaari, Viitajärvi, Soidinneva (K)		13	0	Hömötiainen 1	Hömötiainen 1
3. Viitasaari, Löökkö, Iponkangas-1 (T)	19, 24	16	Käpytikka 1	Hömötiainen 1	Hömötiainen 1, Pyy 1
3. Viitasaari, Löökkö, Iponkangas-2, Rasinkangas (K)		11	Käpytikka 1	0	0
4. Viitasaari, Löökkö, Kierinniemenkangas-1 (T)	4, 6	16	Palokärki 3, Käpytikka 1	0	Pensastasku 1
4. Viitasaari, Löökkö, Kierinniemenkangas-2, Pienikorpi (K)		22	Palokärki 2, Käpytikka 1	Töyhtötiainen 1	Töyhtötiainen 1, Pensastasku 1
5. Viitasaari, Valkeisjärvi, Itälahdenkangas (T)	23	16	Käpytikka 2	0	Pensastasku 1, Pyy 1
5. Viitasaari, Valkeisjärvi, Itälahdenniitty (K)		17	0	0	0
6. Viitasaari, Viitalahti, Valkeisjärvi, Sahinniitty (T)	1, 3, 12, 29, 30	11	0	Hömötiainen 1	Hömötiainen 1
6. Viitasaari, Viitalahti, Valkeisjärvi, Rämeneva (K)		11	Palokärki 1	Hömötiainen 2	Hömötiainen 2
7. Viitasaari, Viitajärvi, Viitajärvi (T)	60, 71	14	0	0	0
7. Viitasaari, Viitajärvi, Haapamäki (K)		11	0	0	Pyy 1
8. Viitasaari, Viitajärvi, Keski-Viitajärvi (T)	221, 224, 224A	21	0	0	0
8. Viitasaari, Viitajärvi, Ylä-Viitajärvi (K)		16	0	0	Pensastasku 1
9. Viitasaari, Viitajärvi, Kalliomäki-2 (T)	91	10	0	0	0

9. Viitasaari, Viitajärvi, Kalliomäki-1 (K)		11	0	0	0
10. Viitasaari, Taimoniemi, Kangaslampi (T)	3, 4, 30	16	0	Hömö- tiainen 1	Pyy 1, Pajusirkku 1, Hömö- tiainen 1
10. Viitasaari, Taimoniemi, Puskala (K)		19	Palokärki 2	Hömö- tiainen 1, Töyhtö- tiainen 1	Hömö- tiainen 1, Töyhtö- tiainen 1
11. Viitasaari, Taimoniemi, Toponsuo (T)	9, 14, 33	20	Käpytikka 1	0	0
11. Viitasaari, Taimoniemi, Salinkangas (K)		14	Käpytikka 1	0	0
12. Viitasaari, Taimoniemi, Lepikkovuori (T)	47	8	0	0	0
12. Viitasaari, Taimoniemi, Lähteelä (K)		8	Käpytikka 1	0	0
13. Viitasaari, Viitajärvi, Salomoninrasi (T)	95	9	0	0	0
13. Viitasaari, Viitajärvi, Salomoninrasi (K)		7	0	0	0
14. Viitasaari, Viitajärvi, Vääräjärvi-N (T)	14laavu	10	Käpytikka 1	Töyhtö- tiainen 1	Töyhtö- tiainen 1
14. Viitasaari, Viitajärvi, Vääräjärvi-E, Pässilänlehto (K)		12	Käpytikka 1, Palokärki 1	0	0
15. Viitasaari, Kiminki, Syrjälänmäki (T)	67	14	0	0	0
15. Viitasaari, Kiminki, Hiekkainmäet (K)		11	Käpytikka 1	0	0
16. Viitasaari, Kiminki, Ketunpesäkangas, Heposuo (T)	34A	6	Pohjan- tikka 1	0	0
16. Viitasaari, Kiminki, Ketunpesäkangas, Kangassuo (K)		9	Käpytikka 1	0	0