



HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUS-METSÄTIETEELLINEN TIEDEKUNTA

Aukkohakkuiden vaikutus maassa pesivien lintujen pesäpredaatioon – koepesätutkimus

Janne Kotanen

Pro Gradu

Helsingin yliopisto

Metsätieteiden maisteriohjelma

Metsien ekologia ja käyttö

Maaliskuu 2021

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Metsätieteiden maisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author Janne Kotanen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Aukkohakkuiden vaikutus maassa pesivien lintujen pesäpredaatioon – koepestutkimus			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Metsien ekologia ja käyttö			
Työn laji – Arbetets art – Level Maisterintutkielma	Aika – Datum – Month and year 03/2021	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 41 + liitteet 1	
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Pesäpredaatio eli pesien ryöstely kuuluu luontaisena osana peto–saalis vuorovaikutukseen. Se ohjaa lintujen elinkiertojen evoluutiossa muun muassa pesäpaikan valintaa, munamäärää, pesäpoikasajan pituutta sekä monia muita tekijöitä, jotka vaikuttavat lisääntymismenestykseen. Riistakameroiden avulla pystytään luotettavasti tutkimaan, mitkä eläimet pesiä predatoivat, kun taas aiemmissa menetelmissä pesän ryöstäjä on yleensä jäänyt epäselväksi. Maassa pesivien lintujen, kuten metsäkanalintujen, pesä on alttiina niin maa- kuin lintupedoille. Yleisesti on tiedossa, että suuret hakkuualat elättävät suuremman määrän jyrjsijöitä, jolloin ne voivat elättää myös suuremman määrän petoja. Aiemmissä tutkimuksissa on todettu, että predatio on suurinta reuna-alueella. Reunavaikutus syntyy, kun osa predattoreista käyttää esimerkiksi hakkuuaukkoa ja osa metsää saalistusalueenaan, mutta näiden kahden rajapinnalla, reunavaikutusalueella, oleva pesä altistuu molemmille predattoreille yhteisestä metsästä tai avointa aluetta herkemmin.</p> <p>Tutkimukseni käsittelee metsäkanalintujen pesäpredaatiota erikokoisissa hakkuuaukoissa ja niiden ympärillä metsän puolella. Tutkimus on osa Helsingin yliopiston Kosteikkoekologian ryhmän pesäpredaatiohanketta, jossa selvitetään pesien predatioriskiä liittyviä tekijöitä erilaisissa ympäristöissä. Tässä työssä tutkitaan koepestien ja riistakameroiden avulla pesiä ryöstäviä petoja ja mitkä tekijät uudistusalojen koossa tai sijainnissa suhteessa erilaisiin ympäristömuutajiin, kuten sähkölinjoihin ja metsäteihin, mahdollisesti altistavat pesiä predatioriskille. Tutkimuksesta saatavien tulosten avulla voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa minimoida avohakkuualueita suunniteltaessa maassa pesivien lintujen, kuten metsäkanalintujen, pesäpredatioriskiä.</p> <p>Tutkimuksen aineiston keräys toteutettiin Metsähallituksen omistamilla maa-alueilla kaukana asutuksesta, joten voitiin olettaa, että pesät saavat olla rauhassa ihmisiltä. Tutkimuksessa mukana olevat kohteet sijaitsivat Suomenselällä, Etelä-Pohjanmaan ja Keski-Suomen maakunnissa. Tutkimuksessa käytettiin fasaanin (<i>Phasianus colchicus</i>) munia, joita laitettiin neljä kappaletta yhteen pesään. Pesät tehtiin maahan luonnollisen kaltaiseen pesimäpaikkaan siten, että kullakin koealalla yksi pesä oli hakkuuaukossa, toinen aukon ja metsän reunalla ja kolmas metsässä noin sadan metrin päässä aukon reunasta. Jokaisella pesällä oli riistakamera kuvaamassa pesää viikon ajan. Kaikkiaan koealueita oli 52, joista kussakin sekä aukossa, reunalla ja metsässä oli yksi pesä (koepestiä yhteensä 156).</p> <p>Aineiston analysoimiseen käytettiin R-ohjelmistoa. Ajankohdan vaikutuksen mallintamiseen käytettiin yleistettyä lineaarista mallia (GLM; Generalised linear model), selviytymisanalyysi tehtiin binaarisen logistisen regression avulla ja ympäristöanalyysiin käytettiin yleistettyjä lineaarisia sekamalleja (GLMM; Generalised linear mixed model). Aineistoa analysoitaessa uudistusalat luokiteltiin pinta-alan mukaan kuuteen luokkaan, jotka ovat 0,1-2,0 ha, 2,1-4,0 ha, 4,1-6,0 ha, 6,1-10,0 ha, 10,1-15,0 ha ja >15,1 ha. Pienin mukana oleva hakkuuaukko oli 0,3 ha.</p> <p>Tutkimus osoittaa, että nisäkäspedot eivät ole karuilla laajoilla metsäalueilla suurena uhkana metsäkanalintujen pesinnälle. Sen sijaan toiset linnut ovat, sillä korppi (<i>Corvus corax</i>), talitiainen (<i>Parus major</i>), närhi (<i>Garrulus glandarius</i>) ja käpytikka (<i>Dendrocopos major</i>) olivat eniten pesiä ryöstäneitä lajeja. Nisäkäspedoista pesiä tuhosi kettu (<i>Vulpes vulpes</i>) ja hirvi (<i>Alces alces</i>). Hieman yllättävää oli, että supikoira (<i>Nyctereutes procyonoides</i>) ei tuhonnut ainuttakaan pesää. Supikoira on ollut yleisin pesien saalistaja monissa rehevimmissä ympäristöissä tehdyissä kokeissa, joten tulokseni viitanee supikoiran olevan yleisesti ajateltua harvalukuisampi karuilla laajoilla metsäalueilla. Pesäiä ryöstettiin lukumääräisesti eniten aukossa ja reuna-alueella ja vähiten metsässä. Analyysissä pesien selviytymiseen vaikutti eniten 250 metrin säteellä pesästä olevat tiet ja sähkölinjat. Analyysien perusteella pesän etäisyys reunaan selittää yhtä hyvin pesän kohtaloa metsäisessä ympäristössä kuin se, millaista ympäristöä 250 metrin säteellä pesästä on. Aukon koolla ei suoranaisesti ollut merkitystä pesän selviytymiseen. Pesän selviytymistodennäköisyys oli yli 99 % ensimmäisenä ja seitsemäntenä koevuorokautena, joten ajallakaan ei ollut vaikutusta pesän selviytymiseen syrjäisellä metsäalueella. Matalan pesäpredaation tulokset viittaavat, että yksittäisen pesän löytämisen todennäköisyys ei ole kovin suuri, kun kyseessä on syrjäinen, kaukana asutuksesta oleva yhtenäinen metsäalue, vaikka se on tavanomaisten metsänhoitotoimien kohteena.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords metsäkanalintu, pesäpredaatio, reunavaikutus			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Helsingin yliopisto: post.doc Sari Holopainen & yliopistonlehtori Veli-Matti Väänänen			
Säilytyspaikka – Förvaringsställe – Where deposited HELDA - Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto / HELDA - Helsingfors universitets digitala publikationsarkiv / HELDA - Digital Repository of the University of Helsinki			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Taustaa.....	5
1.2	Metsäkanalinnut.....	6
1.3	Pesäpredaatio	7
1.4	Hakkuuaukko	9
1.5	Riistakamerat tutkimuksessa.....	10
1.6	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	11
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	12
2.1	Aineiston hankkiminen	12
2.2	Aineiston analysoiminen.....	17
2.3	Tilastolliset menetelmät.....	18
2.3.1	Selviytymisanalyysi ja ajankohdan vaikutus.....	18
2.3.2	Ympäristöanalyysi.....	19
3	TULOKSET.....	22
3.1.1	Selviytymisanalyysin tulokset.....	26
3.1.2	Ympäristöanalyysin tulokset	27
4	TULOSTEN TARKASTELU.....	30
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	33
	KIITOKSET	35
	LÄHTEET.....	36
	LIITE 1 — MAASTOLOMAKE	42

Kuva 1. Tutkimuksessa mukana olleiden kohteiden sijainnit.....	13
Kuva 2. Kuvien a) ja b) tyyppiset hakkuuaukot olivat tyyppillisiä aukkoja, joita tutkimuksessa käytettiin.	14
Kuva 3. Neljä fasaanin munaa keinopesässä hakkuuaukolla.....	15
Kuva 4. Hakkuuaukossa riistakamerat jouduin kiinnittämään puukeppiin, koska sopivia puita ei ollut.	16
Kuva 5. Keinopesät yritin mahdollisuuksien mukaan sijoitella vähän suojaiseen paikkaan, kuten tässä kuvassa pesä on katajan suojassa.....	16
Kuva 6. Reunalla ja metsässä olevaa pesää kuvaava riistakamera kiinnitettiin sopivalla paikalla olleeseen puuhun.....	17
Kuva 7. Predatoitu pesä.....	22
Kuva 8. Korppi ryöstämässä keinopesää.....	23
Kuva 9. Talitiainen ryöstämässä keinopesää.....	23
Kuva 10. Pesien ensisijaiset ryöstäjät eli predaattorit ja niiden osuus ryöstettyjen pesien predaattoreina.	23
Kuva 11. Pesien ensisijaiset ryöstäjät aukolla, reunassa ja metsässä.....	26
Kuva 12. Keinopesien selviytymistodennäköisyys tutkimusjakson aikana.....	27
Taulukko 1. Pesien määrä päivän alussa.....	18
Taulukko 2. Ympäristöanalyseissä käytetyt mallit ja niissä käytetyt selittäjät.....	21
Taulukko 3. Ajankohdan vaikutuksella, kun selittäjänä oli koeviikko, ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta.....	24
Taulukko 4. Tutkimuksen aikana ryöstettyjen pesien predatointi päivät.....	25
Taulukko 5. Selviytymisanalyysin tulokset.....	26
Taulukko 6. Predaation jakautuminen pesän sijainnin ja aukon koon mukaan.....	28
Taulukko 7. Viiden parhaiten pesän kohtaloa selittävän mallin tulokset sekä nollamalli.....	29

1 JOHDANTO

1.1 TAUSTAA

Pesien ryöstäminen eli pesäpredaatio on yksi tärkeimmistä lintupopulaatioiden menestykseen vaikuttavista tekijöistä (Newton 1998). Pesien ryöstöastetta ja ryöstäjiä on tutkittu paljon, mutta vasta riistakamera-avusteiset tutkimukset paljastavat tarkkaa tietoa pesäpredaattoreista (Andrén & Angelstam 1988, Andrén 1992, Larivière 1999, Jahren 2017).

Tuoreiden, riistakameroiden avulla tehtyjen, tutkimusten mukaan maassa pesivien lintujen pesiin kohdistuu vaihtelevan suuruinen pesäpredaatio, jonka suuruus eri ympäristöissä voi vaihdella paljon (Krüger ym. 2018, Holopainen ym. 2020a). Myös pesien ryöstäjissä on paljon alueellista vaihtelua. Pesäpredaation on havaittu olevan suurta lähellä reuna-aluetta (Andrén 1992). Tämän niin sanotun reunavaikutuksen merkityksen pitäisi korostua erityisesti fragmentoidussa ympäristössä, kuten suomalaisen metsätalouden muokkaamissa metsissä.

Uutena kiinnostavana piirteenä suomalaisessa ja laajemminkin eurooppalaisessa petoyhteisössä on vieraspetojen, kuten supikoiran (*Nyctereutes procyonoides*), voimakas runsastuminen. Supikoira on runsastunut nopeasti Suomessa ja siitä kertoo esimerkiksi se, että sen osuus metsästyssaaliina on kasvanut viimeisen 20 vuoden aikana noin kolminkertaiseksi, nostaen supikoiran lukumäärällisesti eniten metsästettävien lajien joukkoon (Luke 2019). Silti vieraspetojen osuutta lintujen pesäpredaattorina on tutkittu niukalti (Salo ym. 2007, Krüger ym. 2018, Hakala ym. 2020).

Tämä tutkimus kuuluu osana Helsingin yliopiston Kosteikkoekologian ryhmän pesäpredaatiohankkeeseen, jossa selvitetään pesien predaatorisikiin liittyviä tekijöitä erilaisissa ympäristöissä. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan jatkossa avohakkuiden laajuutta määrittäessä mahdollisesti myös minimoida pesien ryöstöriskiä. Näin olisi mahdollista auttaa maassa pesivien lintujen, kuten metsäkanalintujen, pesintää.

1.2 METSÄKANALINNUT

Metsäkanalintuja esiintyy vain pohjoisella pallonpuoliskolla ja ne kuuluvat omaan heimoonsa (*Tetraonidae*), joka kuuluu kanalintujen lahkoon (*Galliformes*). Heimoon kuuluu kaikkiaan 18 lajia, joista Suomessa elää viisi: metso (*Tetrao urogallus*), teeri (*Lyrurus tetrrix*), pyy (*Tetrastes bonasia*), riekko (*Lagopus lagopus*) ja kiiruna (*Lagopus muta*) (mm. Malinen & Väänänen 2012).

Metsäkanalintuja uhkaavat monet nykyajan ilmentymät suoraan ja välillisesti. Esimerkkeinä ovat muun muassa elinympäristöjen pirstoutuminen sekä ilmastonmuutos, jotka ovat merkittäviä kanalintujen kuolleisuuteen vaikuttavia tekijöitä (Kurki ym. 2000). Metsokantojen vähenemisen ovat tutkimuksissa huomanneet muun muassa Norjassa Wegge (1979), kuten myös Suomessa Helle & Helle (1991). Yhdeksi syyksi on arveltu vanhojen metsien pirstoutumista ja vähenemistä.

Metsäkanalinnut ovat yleensä habitaattispesialisteja eli niiden elinympäristövaatimukset ovat suhteellisen tiukat (Lindén 2002a). Jotta metsäkanalintukanta olisi hyvinvoiva, vaativat ne laajoja luontaisia tai luontaisen kaltaisia elinympäristöjä (Lindén 2002a). Lindén kuitenkin muistuttaa, että kaikki metsäkanalintulajit ovat erikoistuneet tietynlaiseen elinympäristöön, jonka vuoksi muutokset elinympäristössä voivat vaikuttaa erilaila eri metsäkanalintulajien hyvinvointiin. Metsäkanalinnuista teeri ja metso kuitenkin pesivät monenlaisissa elinympäristöissä (Storaas & Wegge 1987). Lindénin (1981) mukaan keskimäärin vain 11 prosenttia teeren ja noin seitsemän prosenttia metson munista tuottaa yksilön, joka säilyy hengissä talven yli. Tämä tarkoittaa sitä, että metsojen ja teerien muniin ja poikasiin kohdistuu suuri predaatio- ja metsästyspaine. Angelstam (1984) havaitsi vuosina 1978–1981 tehdyissä tutkimuskissaan, että vuotuinen aikuislintujen kuolleisuus on ollut metsäkanalinnuilla suurempaa kuin lisääntymisikään selvinneiden poikasten määrä, jolloin metsäkanalintukanta on laskenut.

Metsäkanalinnut tekevät pesänsä maahan ja se voi sijaita lähes missä vain (Storaas & Wegge 1987). Usein pesiä löytyy hakkuualueilta, mutta syynä tähän on se, että hakkuualueella työskennellään istutustyössä pesinnän aikaan, jolloin pesien löytymisen todennäköisyys kasvaa. Storaas & Wegge (1987) ovat havainneet, että pesiä on hakkuuaukoissa samassa pinta-alaosuuden suhteessa, kuin muuallakin metsässä. Metsäkanalinnun pesä on vain painauma maassa, ja usein jonkin katveen piilossa.

1.3 PESÄPREDAATIO

Lindén (2002b) kertoo, että *predaatio* sana tulee englannin kielestä ja sen käyttö on varsinkin tieteellisissä teksteissä yleistynyt, koska suomen kielessä ei ole hyvää vastinetta sanalle. Predaatio sana tarkoittaa koko saalistustapahtumaa. Siihen kuuluu saaliin etsiminen, pedon ja saaliseläimen kohtaaminen, petojen ja saaliseläimien vuorovaikutus ja myös koko tapahtuman lopputulos (Lindén 2002b).

Newton (1998) mukaan pesäpredaatio kuuluu luontaisena osana peto–saalis vuorovaikutukseen. Se ohjaa luontaisesti lintujen elinkiertojen evoluutiossa muun muassa pesäpaikan valintaa, munamäärää, pesäpoikasajan pituutta sekä monia muita tekijöitä, jotka vaikuttavat lisääntymismenestykseen. Luontaisesti lintukannat ovat sopeutuneet saalistukseen, ja normaalisti pesintä onnistuu siten, että lintukannat säilyvät elinvoimaisina. Pitkällä aikavälillä lintukannan koko on vakaa, vaikka saalistusta tapahtuukin (Newton 1998).

Ihminen voi vaikuttaa lintujen populaatioon samalla tavalla kuin luontaiset pedot (Newton 1998). Riistanhoitotoimilla tähdätään kantojen hyvinvoinnin lisäksi siihen, että metsästettävät kannat olisivat metsästyskauden alkaessa runsaita. Jotta metsästys voisi olla kestävä käytön mukaista, tulisi metsästyksen kohdistua nuoriin, samana vuonna syntyneisiin, lintuihin (Newton 1998). Muun muassa Lindén (1981) mukaan nuorten yksilöiden selviytyminen talvesta on muutenkin heikko. Mikäli poikasajan kuolleisuus ei ole voimakkaasti kantojen tiheydestä riippuvaa on pesäpredaatiolla suuri merkitys lintukantojen kokoon ja varsinkin nuorien yksilöiden määrään.

Vuosittain ryöstettyjen pesien määrä on kymmenestä prosentista jopa yli kahdeksaan-kymmeneen prosenttiin (Wegge & Storaas 1990). Pesäpredaatiossa on kuitenkin suurta alueellista vaihtelua (Kurki 1999), mutta joka puolella se vaikuttaa merkittävästi nuorten yksilöiden määrään alueen kannassa. Holopainen ym. (2020b) ovat koepesiiin perustuvassa tutkimuksessa huomanneet, että jos ensimmäinen pesää ryöstävä saalistaja on rikkonut munia, kasvaa sen jälkeen riski nisäkäspetojen vierailulle toissijaisena predاتورina. Tämä lisää pesiin kohdistuvaa saalistusta, sillä pesää ryöstävä peto, kuten närhi (*Garrulus glandarius*) ei aina saa ryöstettyä koko pesyettä. Hajuvihjeen avulla nisäkäspeto voi löytää helposti ryöstön kohteeksi joutuneen pesän.

Poikasaikana predaatio kasvaa huomattavasti haudonta-aikaan verrattuna. Kurki (1999) mukaan poikueiden ”kuihtuminen” saattaa johtua nisäkäspedoista, mutta muitakaan tekijöitä ei voida varmuudella sulkea pois. Tähän saattaa vaikuttaa se, että varislinnut etsivät ravintoa näkönsä perusteella ja nisäkäspedot hajuistinsa avulla (Kurki 1999). Nisäkäspedoista pesiä ryöstävät muun muassa kettu (*Vulpes vulpes*), näätä (*Martes martes*) ja kärppä (*Mustela erminea*). Aiemmin tehdyssä tutkimuksessa supikoiran, ketun ja mäyrän (*Meles meles*) ulosteiden perusteella selvitetystä ravinnosta supikoiran uloste sisälsi niistä eniten munan kuoria (Kauhala ym. 1999). Vähiten munan kuoria oli ketun ulosteessa 3,9 % ja eniten supikoiran ulosteessa 15,2 % sekä mäyrällä 10,0 %. Munan kuorien osuudesta ulosteessa ei voi kuitenkaan päätellä tarkasti kunkin pedon munien osuutta ravinnossa, sillä toistaiseksi ei ole julkaistua tietoa, kuinka paljon pedot nielevät munan kuoria.

Varislintujen tiheyden ja samoin pesien tuhoutumisriskin on Etelä-Ruotsissa havaittu lisääntyvän pellon osuuden kasvaessa. Peltoalueiden ravintoresursseja hyödyntävänä varis (*Corvus corone cornix*) etsii ravintoa myös metsästä (Andrén 1992). Harakka (*Pica pica*) ja naakka (*Corvus monedula*) eivät etsi ravintoa metsistä vaan pysyttelevät peltoympäristössä, eivätkä siten juuri aiheuta metsässä pesiville linnuille pesätappioita (Holopainen ym. 2020a). Sen sijaan närhi ja korppi (*Corvus corax*) elävät metsissä, eikä pelloilla ole paljoa merkitystä niiden ravinnonhankintaan (Andrén 1992).

Kanalintunaaras pystyy hautoessaan naamioimaan pesässä olevat munat näkönsä avulla saalistavilta varislinnuilta (Kurki 1999). Näin ollen keinopesätutkimuksessa varislintujen osuus saattaa korostua enemmän kuin se todellisessa luonnon tilanteessa olisi. Jahren (2017) huomauttaa, että hautova naaras kuitenkin luonnon oloissa houkuttelisi todennäköisesti enemmän nisäkäspetoja kuin keinopesän munat.

Vaihtoehtoisuus ja reunavaikutus ovat kaksi useimmin tarkastelun kohteena olevaa ekologista ilmiötä, jotka vaikuttavat lintujen pesätuhoihin. Vaihtoehtoisuushypoteesi on esitetty jo 1950-luvulla ja sen on kehittänyt Hagen ja Lack, jotka pitävät hypoteesia eräänlaisena luonnonlakina (Hagen 1952, Lack 1954). Savola ym. (2013) mukaan vaihtoehtoisuusasteoria liittyy myyrien jaksottaiseen kannanvaihteluun, sillä myyrät ovat yksi tärkeimmistä saalistuskohteista monelle nisäkäs- ja lintupedolle. Kun myyräkannat ovat korkeita, myyriä syövät pedot keskittyvät enimmäkseen saalistamaan jyrsijöitä. Kun myyräkannat romahtavat, niin pedot siirtyvät käyttämään vaihtoehtoista ravintoa,

esimerkiksi linnun munia ja poikasia, jolloin pesäpredaatio ja poikasten saalistus lisääntyvät voimakkaasti (Wegge & Storaas 1990, Savola ym. 2013). Elmhagen ym. (2011) ovat huomanneet jyrsijöiden kannanvaihtelun vaikuttavan myös predaattoreiden kantojen suuruuteen, aiheuttaen jaksottaista vaihtelua myös niissä. Tällä myyrien kannanvaihtelusta johtuvasta petojen ravinnon vaihtelun oletetaan usein myös metsäkanalintujen jaksottaisten kannan vaihteluiden johtuvan.

Toinen lintujen pesäpredaatioon vaikuttava tekijä on reunavaikutus (Kurki 1997). Sillä tarkoitetaan, että pesiin kohdistuva saalistuspaine on voimakkainta kahden erilaisen ympäristötyypin reunassa, jolloin pesä joutuu molempien alueiden petojen vaikutukselle alttiiksi (Andrén 1992, Kurki 1997). Andrén (1992) mukaan reunavaikutukseen vaikuttaa se, onko alue peltojen vai hakkuiden pirstomassa metsäalueessa ja kuinka eri pedot käyttävät reunan rajaamia elinympäristöjä. Andrén (1992) ja Kurki ym. (1998) ovat todenneet, että metsien pirstoutuminen lisää mahdollisesti erityisesti metsäkanalintujen pesiin ja poikasiin kohdistuvaa saalistusta. Saalistus voi lisääntyä joko lisäämällä petotiheyttä tai petojen kykyä löytää pesiä.

Hakkuiden pirstoessa metsämaisemaa edellä esitetyt ilmiöt liittyvät tiiviisti yhteen. Metsien pirstoutuminen eli fragmentoituminen tarkoittaa tapahtumasarjaa, jossa aiemmin yhtenäinen metsäalue jakautuu hakkuiden vuoksi pienemmiksi eri-ikäisten metsälaikkujen palasiksi. Avohakkuilla ei vain lisätä metsänreunan määrää, vaan kuten Henttonen (1989) on todennut, ne vaikuttavat ja mahdollisesti lisäävät myös myyrien ja niitä saalistavien petojen määrää.

1.4 HAKKUUAUKKO

Hakkuuaukko syntyy, kun metsä uudistetaan avohakkuumenetelmällä (Äijälä ym. 2014). Avohakkuussa poistetaan lähes kaikki uudistuslalla olevat puut. Hyvän metsänhoidon suositusten mukaisesti hakkuuaukoille jätetään säästöpuuryhmiä, luontaisia taimiryhmiä, riistatiheikköjä ja säästettäviä luontokohteita, joista puita ei poisteta. Nämä säästettävät puut lisäävät monimuotoisuutta ja tarjoavat suojaa ja ravintoa eliöille hakkuuaukossa (Äijälä ym. 2014). Taloudellisessa mielessä avohakkuu ja siihen liitetty metsänviljely on nopea ja varma uudistusmenetelmä. Äijälä ym. (2014) muistuttavat kuitenkin, että avohakkuulla on voimakas vaikutus metsämaisemaan.

Metsät ovat monelle uhanalaiselle ja Punaisen listan lajille merkittäviä elinympäristöjä (Hyvärinen ym. 2019). Hakkuut, ja etenkin avohakkuut, köyhdyttävät luonnon monimuotoisuutta ja muuttavat metsikön ekosysteemiä, koska metsät fragmentoituvat (Kurki 1997, Äijälä ym. 2014, Hyvärinen ym. 2019). Uudet valoisat olot ovat edullisia pioneerilajeille, jotka valtaavat pian hakkuuaukon (mm. Äijälä ym. 2014). Samalla varjoisissa kasvupaikoissa viihtyvät lajit syrjäytyvät. Hakkuuaukkoon suositeltavaksi jätettävät säästöpuuryhmät, pötkelöt, maapuut, kuivuneet tai lahoavat pystypuut ja riistatiheiköt tuovat ympäristöön vaihtelua ja antavat suojaa monille eliöille. Metsänkäsittelyssä, luonnon- ja riistanhoitoa painottaen, säästöpuustoa voidaan jättää tavanomaista enemmän, jolloin esimerkiksi pienialaisten suopainanteiden, kitumaiden ja kosteikkojen puustot rajataan hakkuun ulkopuolelle (Äijälä ym. 2014). Toistaiseksi ei ole tieteellistä näyttöä säästöpuuryhmien tai riistatiheiköiden positiivisesta vaikutuksesta esimerkiksi metsäkanalinnuille.

Henttonen (1989) mukaan avohakkuut, kuten soiden ojitukset, lisäävät heinämaiden osuutta metsäpinta-alasta, joka on johtanut myyrien runsastumiseen. Myyrät käyttävät ravinnokseen eri kasveja ja kasvinosia, joten alueen kasvillisuus vaikuttaa myyrien lajimäärään. Peltomyyrät (*Microtus spp.*) syövät vihreitä kasveja ja metsämyyrä (*Myodes glareolus*) enemmän siemeniä ja silmuja. Pedot ovat kiinnostuneempia peltomyyristä, koska ne ovat kookkaampia ja kömpelömpiä kuin metsämyyrä. Tämän takia peltomyyrien lisääntyminen alueella kasvattaa myös pienpetojen määrää (Henttonen 1989).

Hakkuuaukko lisää metsänreunaa, jolla oletetaan olevan vaikutusta pesäpredaation määrään. Cox ym. (2012a) havaitsivat, että osa predattorilajeista ryöstää pesiä enemmän reunan tuntumassa kuin metsässä tai avonaisella alueella.

1.5 RIISTAKAMERAT TUTKIMUKSESSA

Riistakamera reagoi liike- ja lämpöantureilla kohteeseen ja ottaa kuvia automaattisesti (Kucera & Barrett 2010, Eränetti 2016, Riistakamerat.com 2018). Riistakameran on tarkoitus olla pieni ja huomaamaton valvontakamera, jotka toimivat paristojen tai akun avulla (Eränetti 2016, Riistakamerat.com 2018). Niitä on käytetty haastavissa olosuhteissa ja ne ovat käytettävissä vuorokauden ympäri (esim. Cox ym. 2012b, Jahren

2017). Käyttäjä saa siis tietoa esimerkiksi alueen eläimistöä. Riistakameroita käytetään muun muassa tutkimukseen, alueiden valvontaan ja virkistyskäyttöön.

Riistakameran avulla saadaan selville pesän ryöstäjä ja ryöstöaika. Ilman riistakameraa predaattoria tai eri petojen pesillä käyntijärjestystä on mahdoton tunnistaa luotettavasti pelkistä syömäjäljistä (Larivière 1999, Pietz & Granfors 2000 ja Thompson & Burhans 2003). Cox ym. (2012b) ovat selvittäneet, kuinka riistakameroiden käyttö on lisääntynyt viime vuosina pesäpredaatiotutkimuksissa. He ovat todenneet, että nykyteknikkaa hyödyntävät pienikokoiset kamerat ovat lisänneet tutkimuksiin saatavan tiedon määrää ja laatua. Riistakameroiden saatavuus ja luotettavan aineiston kerääminen ovat kasvattaneet niiden suosiota tutkimuskäytössä.

1.6 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimukseni tavoitteena on selvittää, vaikuttaako pesäpredaation määrään hakkuuaukon koko ja sijainti suhteessa metsän muihin tunnuspiirteisiin, kuten aukkojen ja teiden pinta-alat. Tutkimuksen aksioomien mukaan luonnossa pesäpredaatiota tapahtuu hakkuuaukon koosta riippumatta, ja kuten aiemmin todettiin, pesien ryöstäjissä on paljon alueellista vaihtelua.

Tutkimuksen postulaatteina ovat: 1) Reunavaikutus lisää pesäpredaation määrää, koska silloin pesä altistuu monenlaisille predaattoreille. 2) Hakkuuaukkojen koolla on vaikutusta pesien ryöstöasteeseen. Suuret uudistusalat elättävät suuremman petokannan, koska jyrsijöiden määrä on suurella hakkuuaukolla suurempi kuin pienellä hakkuuaukolla.

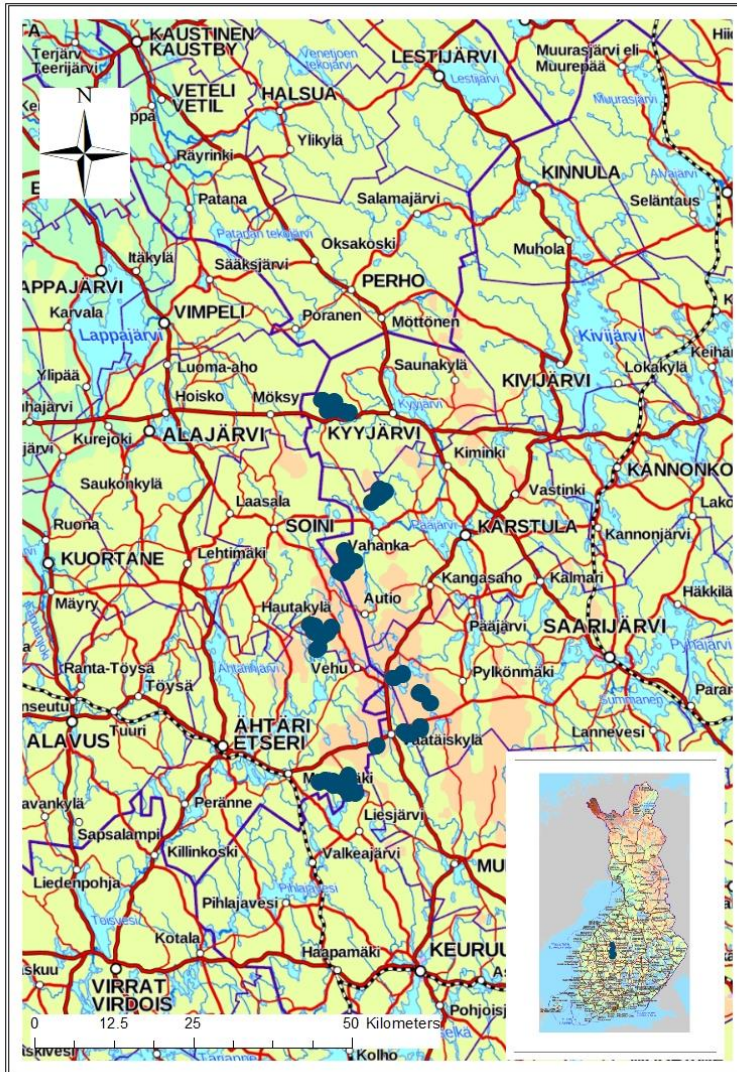
Tutkimuksen hypoteeseina ovat: 1) Koska isot uudistusalat elättävät pieniä uudistusaloja suuremman petokannan, niin pesätuhot ovat isoilla avohakkuilla ja niiden reunassa suurempia kuin pienillä aukoilla ja niiden reunassa. 2) Useat lähekkäin olevat hakkuuaukot metsämaisemassa lisäävät myyrien ja petojen määriä, joten tällaisella alueella maassa pesivät linnut altistuvat suuremmalle pesäpredaatiolle kuin yksittäisellä hakkuuaukolla pesivät.

Pesiä ryöstävien petojen laji on myös käyttökelpoinen tieto luonnonhoidon kannalta, jolloin pienpetopoistot voidaan kohdentaa eniten pesiä ryöstäviin lajeihin. Näin voidaan auttaa maassa pesivien lintujen pesintää.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 AINEISTON HANKKIMINEN

Tutkimuksessa mukana olevat hakkuuaukot valitsin Metsähallituksen mailta. Tutkimuksen kohteet sijaitsivat Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan maakunnissa Karstulan, Kyyjärven, Multian, Saarijärven, Soinin ja Ähtärin kunnissa (kuva 1). Tutkimusalueet olivat osa laajaa yhtenäistä boreaalista havupuuvaltaista metsää. Maasto tutkimusalueella oli karua ja se sisälsi niin kivennäis- kuin turvemaata. Saadusta aineistomateriaalista karsin pois sellaiset hakkuuaukot, joiden ympärillä olevasta alueesta ei ollut tietoja saatavilla. Käytännössä en tiennyt esimerkiksi oliko hakkuuta suoritettu tai ne sijaitsivat sellaisilla paikoilla, että käytettävissä olevan ajan puitteissa ei olisi ollut mahdollista alueen ympäristöä tarkastaa. Nämä olivat yleensä Metsähallituksen kiinteistön rajojen reunoilla olevia hakkuuaukkoja, eikä ympärillä olevista muiden omistajien omistamista kiinteistöistä ollut tietoja. Tutkimukseen soveltuvia hakkuuaukkoja löytyi yhteensä 107 kappaletta ja niistä satunnaistain arpomalla 50 hakkuuaukkoa. Lisäksi arvoisin 20 niin saottua vara-aukkoa, jos syystä tai toisesta esimerkiksi jollekin hakkuuaukolle ei olisi päässyt vuodenaikasta ja maastosta johtuen. Silloin oli mahdollisuus hyödyntää reservistä varalla olevia tutkimusaukkoja.



Kuva 1. Tutkimuksessa mukana olleiden kohteiden sijainnit (Maanmittauslaitos, Esri Finland, peruskartta).

Keräsin aineiston touko-kesäkuussa 2019, mikä on metsäkanalintujen pesimäaika. Ajan ja käytettävissä olevien kameroiden puitteissa, keräsin aineistoa 52 hakkuuaukosta eli aineistoa sain hiukan useammalta paikalta kuin tavoite oli. Kuvissa 2a ja 2b on maisematyypiltään sellaisia kohteita, joita tutkimuksessa oli mukana. Koska tutkimuskohdet sijaittivat usean kunnan alueella, oli kauimmaisilla tutkimuskohteilla etäisyyttä suoraan mitattuna yli 60 kilometriä.



Kuva 2. Kuvien a) ja b) tyyppiset hakkuuaukot olivat tyyppisiä aukkoja, joita tutkimuksessa käytettiin.

Tutkimuksessa käytin keinopesiä, jotka olin sijoittanut jokaiselle tutkittavalle koealalle niin, että yksi pesä oli metsässä, toinen metsän ja hakkuualueen reuna-alueella sekä kolmas hakkuualueella mahdollisimman keskellä aukkoa. Pesät tein maahan mahdollisimman luontaiselle paikalle puukepillä pyörittämällä maassa olevaa kasvustoa pesän näköiseksi (kuva 3). Keinopesissä käytin fasaanin (*Phasianus colchicus*) munia ja niitä laitoin neljä yhteen pesään. Munia käsittelin suojakäsineiden kanssa, jolla minimoin ihmisen hajun. Asetin pesille riistakamerat, jotka olivat paikoillaan vähintään seitsemän vuorokautta, enkä tänä aikana liikkunut pesien läheisyydessä. Riistakameran sijoitin noin 1,5–2 metrin etäisyydelle pesästä. Kameroiden kiinnitysnauhat oli korvattu rautalangalla hajujen minimoimiseksi. Kaikissa riistakameroissa käytin samanlaisia asetuksia

eli riistakamera otti kolme kuvaa peräkkäin ja sen jälkeen oli yhden minuutin tauko ennen seuraavan mahdollisen kuvasarjan ottamista. Osa kameroista oli maastossa yli seitsemän vuorokautta, mutta tutkimukseen huomioin vain sen, mitä seitsemän vuorokauden aikana tapahtui. Seurattavia pesiä tuli yhteensä 156 kappaletta, joista sekä aukossa, reunalla ja metsässä oli 52 pesää.



Kuva 3. Neljä fasaanin muna keinospesässä hakkuuaukolla. Pesä on sijoitettu suojaiseen paikkaan, mutta metsäkanalinnuille tyypillisesti sitä ei ole peitetty mitenkään.

Aukossa olevan pesän sijoitin mahdollisimman keskelle avohakkuu aluetta niin, että se oli metsäkanalinnulle luonnollisen näköisessä pesäpaikassa. Aukossa riistakameralle ei luonnollisesti ollut puuta, johon kameran olisi voinut kiinnittää. Tästä syystä aukkojen kamerat kiinnitin puukeppiin, kuten kuvista 4 ja 5 näkyy.



Kuva 4. Hakkuuaukossa riistakamerat jouduin kiinnittämään puukeppiin, koska sopivia puita ei ollut.



Kuva 5. Keinopesät yritin mahdollisuuksien mukaan sijoitella vähän suojaiseen paikkaan, kuten tässä kuvassa pesä on katajan suojassa.

Reunavyöhykkeellä olevan pesän sijoitin siten, että se sijaitisi mahdollisimman lähellä hakkuuaukon ja metsän reunaa potentiaalisessa metsäkanalintujen pesimäpaikassa. Pesän sijoitin maaston mukaan kuitenkin niin, että se oli reuna-alueella olevalla kymmenen metrin vyöhykkeellä. Vyöhyke ulottui viisi metriä metsän puolelle ja viisi metriä hakkuuaukon puolelle.

Metsässä sijaitseva pesä oli aukon reunasta noin sadan metrin päässä. Tällöin voin olettaa, että pesä on riittävän kaukana aukosta, jolloin aukon mahdollinen vaikutus ei ulot-

tunut pesään asti. Metsässä ja reunalla olevien pesien riistakamerat kiinnitin puihin kuvan 6 mukaisesti.



Kuva 6. Reunalla ja metsässä olevaa pesää kuvaava riistakamera kiinnitettiin sopivalla paikalla olleeseen puuhun.

2.2 AINEISTON ANALYSOIMINEN

Aineiston analysoimisen aloitin jo maastossa siltä osin, että maastolomakkeelle kirjasin pesän kohtalon ja mitä pesässä oli jäljellä. Tarkemmin analysointia jatkoin riistakameran muistikortille tallentuneiden kuvien tarkastelulla. Kuvista tunnistin pesällä käyneet eläimet, joiden perusteella sain myös selville pesän ryöstäjän. Kaikki pesällä vierailevat lajit kirjasin muistiin ja ensimmäinen pesän ryöstänyt eläin on ensisijainen predaattori. Pesän määritin ryöstetyksi, jos sieltä vietiin muna tai munia tai jos yhdenkin munan kuori rikottiin.

Aineiston tilastollisessa analysoinnissa käytin R-ohjelmointikieltä. Käytettävissä oli R 3.6.3-versio (R 3.6.3 2020) ja paketit lme4 (Bates ym. 2019) ja MASS (Ripley ym. 2019).

2.3 TILASTOLLISET MENETELMÄT

2.3.1 SELVIYTYMISANALYYSI JA AJANKOHDAN VAIKUTUS

Selviytymisanalyysin toteutin aineistolle Shafferin (2004) binaarisen logistisen regressioon mukaan. Siinä selitettävänä on pesän kohtalo ja selittäjänä ovat vuorokaudet, jotka pesä on selvinnyt. Satunnaistekijänä on hakkuuaukon ID (1).

$$\text{Kohtalo} \sim \text{Vuorokaudet} + \text{Satunnaistekijä} \quad (1)$$

Mallissa on käytetty linkkitoimintoa, jonka avulla on voitu analysoida koko seitsemän vuorokauden jakso niin, että jokainen päivä on erillinen koe. Analyysiin on hyväksytty vain ne pesät, joiden predatointipäivä on varmasti tiedossa (N=151). Ne pesät, joiden predatointiajankohdasta ei ole tarkkaa tietoa, on jätetty tästä analyysistä pois, näitä pesiä oli viisi kappaletta. Taulukossa 1 on esitetty jokaisen päivän alussa olevien ryöstämättömien pesien määrä (N). Koeaika jokaisella pesällä oli yhteensä seitsemän vuorokautta.

Taulukko 1. Pesien määrä päivän alussa.

	1. vrk	2. vrk	3. vrk	4. vrk	5. vrk	6. vrk	7. vrk	pesä vuorokausia yhteensä
Pesien määrä (N)	151	151	147	145	144	141	137	1016

Ajankohdan vaikutusta pesien selviytymiseen testasin myös niin, että koeviikot olivat selittäjänä. Tämän mallinnuksen tein yleistettyä lineaarista mallia GLM (Generalised linear model) käyttäen, jossa ei ollut satunnaistekijää (2). Satunnaistekijän käytöllä ei olisi ollut vaikutusta tulokseen, koska jokainen pesä saa vain yhden arvon.

$$\text{Kohtalo} \sim \text{Koeviikot} \quad (2)$$

2.3.2 YMPÄRISTÖANALYYSI

Ympäristöanalyysin toteutin Metsähallituksen kuviokartan pohjalta. Siitä erottelin hakkuuaukot, metsät, tiet ja sähkölinjat. Vesistöt sain Suomen ympäristökeskuksen ladattavasta aineistosta Ranta10 (2018). Turvesuot, suot, pellot ja rakennusten pihat digitoin tarvittavilta osin ilmakuvasta. Maankäyttöluokkia oli kaikkiaan kahdeksan:

- 0 = aukko
- 1 = metsä
- 2 = pelto
- 3 = turvesuo
- 4 = vesistö
- 5 = tie tai sähkölinja
- 6 = rakennus ja sen piha
- 7 = suo tai kosteikko

Aukossa olevasta pesästä muodostin ArcGis:n avulla säteeltään 500 metrin ja 250 metrin ympyräalat. Ympyräalojen alueelta laskin maankäytön pinta-alat eri maankäyttöluokille siltä osin, kuin ne ovat pesän ympärille muodostetun alueen sisällä. Lisäksi mitasin pesän etäisyyden lähimpään reunaan.

Tulosten analysoinnissa käytin yleistettyä lineaarista sekamallia GLMM (Generalised linear mixed model) (Bolker ym. 2009, Zuur ym. 2009). Malli edellyttää, että muuttujat ovat normaalisti jakautuneita ja vaikutus on lineaarinen, joten sen vuoksi poistin malleista turvesuon, vesistön, rakennusten ja suon pinta-alat. Näitä neljää luokkaa oli vain muutaman ympyräalan alueella, joten ne eivät olleet normaalisti jakautuneita. Peltoa ei ympyräalojen alueelle tullut ollenkaan, joten pellon osalta luokka jäi tyhjäksi. Näin olleen tarkastelussa mukana olevat maankäyttöluokat olivat aukko, metsä ja tie tai sähkölinja. Näistä luokista tein molempien ympyräalojen mukaiset pinta-alat maankäytöstä, joita käytin selittäjinä.

Tutkimuksessa mukana olleet hakkuuaukot luokittelin pinta-alan mukaan kuuteen luokkaan:

- luokka 1 = 0,1–2,0 ha
- luokka 2 = 2,1–4,0 ha
- luokka 3 = 4,1–6,0 ha
- luokka 4 = 6,1–10,0 ha
- luokka 5 = 10,1–15,0 h
- luokka 6 = > 15,1 ha

Pienin tutkimuksessa mukana oleva hakkuuaukko oli 0,3 ha. Tein luokittelun, koska tismalleen samankokoisia hakkuuaukkoja ei ole ja alustavassa analyysissä myös ilmeni, ettei aukon vaikutus ole välttämättä lineaarinen. Luokittelu jakaa aukot samaa suuruusluokkaa olevien muiden aukkojen kanssa samoihin luokkiin. Luokittelua puolsi myös se, että pinta-aloissa on joka tapauksessa virhettä GPS-paikannuksesta (Global Positioning System) johtuen.

Ympäristöanalyysissä selitin pesän kohtaloa sitä ympäröivillä tekijöillä. Selittäjinä käytin luokiteltua aukon kokoa, pesän sijaintia (aukossa, reunalla, metsässä), pesän ympärillä ympyräalalla olevia maankäyttöluokkien pinta-aloja ja näiden yhdistelmiä sekä pesän etäisyyttä lähimpään reunaan. Satunnaistekijänä oli aukon ID (3).

$$\textit{Kohtalo} \sim \textit{Selittäjä1} + \textit{Selittäjä2} + \dots + \textit{Satunnaistekijä} \quad (3)$$

Kaiken kaikkiaan mallivaihtoehtoja tein 35 erilaista, jotka muodostuivat eri selittäjistä ja niiden yhdistelmistä. Taulukossa 2 on esitetty, mistä selittäjistä eri mallit koostuvat. Ympyräaloilla olevat metsän ja aukon pinta-alat eivät voineet olla selittäjinä samassa mallissa, koska niiden korrelaatiokerroin $r < -0,6$, joten selittäjillä oli vahva riippuvuus toisistaan. Samassa mallissa ei selittäjinä käytetty kahden eri säteisen ympyräalan maankäyttöluokkien pinta-aloja, eikä hakkuuaukkojen pinta-alaluokat olleet ympyräalojen kanssa samoissa malleissa. Tehdyistä malleista kuusi mallia oli hakkuuaukon koon vaikutuksen tarkasteluun liittyviä ja yksi oli nollamalli eli satunnainen malli, jossa selittäjänä on vain vakiotermin.

Malleja vertailin keskenään Akaiken informaatiokriteerin (AIC) sekä muuttujien p-arvojen perusteella. AIC-arvon muutos on merkityksellinen, jos $\Delta\text{AIC} > 2$. Kaikkien mallien AIC-arvoja vertasin myös nollamallin AIC-arvoon. Nollamallin AIC-arvoon vertaamalla sain selville, onko malleillani selitysarvoa.

Kuudessa hakkuuaukon koon vaikutuksen tarkasteluun liittyvässä mallissa on muutettu jokainen hakkuuaukon kokoluokka vuorotellen vakiotermiksi, koska malli vertaa muita luokkia vakiotermiin. Näin sain paremmin selville vaikuttaako hakkuuaukon koko pesän selviytymiseen.

Taulukko 2. Ympäristöanalyseissä käytetyt mallit ja niissä käytetyt selittäjät. Lisäksi tein nollamallin malli 0, joka kuvaa satunnaista mallia.

mal- li	selittäjät								
	pinta- alaluok- ka	pesänsijain- ti	pesän etäisyys reu- naan	500 metrin ympyräala			250 metrin ympyräala		
				met- sä	auk- ko	tie ja sähkölin- ja	met- sä	auk- ko	tie ja sähkölin- ja
2	X (vakio- termi luokka 1)								
3	X (vakio- termi luokka 1)	X							
4		X							
5					X	X			
6		X			X	X			
7					X				
8						X			
9		X			X				
10		X				X			
11				X		X			
12		X		X		X			
13				X					
14		X		X					
15								X	X
16		X						X	X
17								X	
18									X
19		X						X	
20		X							X
21							X		X
22		X					X		X
23							X		
24		X					X		
25			X						

3 TULOKSET

Tutkimuksessa mukana oli kaikkiaan 156 keinopesää. Pesät jakautuivat tasan kaikkien kolmen mahdollisen ympäristön kesken eli hakkuuaukossa, reuna-alueella ja metsässä oli kaikissa 52 pesää. Predatoituja pesiä oli kaikkiaan 26 kappaletta eli predaatioprosentti oli 17 %. Hakkuuaukossa predatoituja pesiä oli 10 kpl eli predaatioprosentti oli 19 %. Vastaavasti reunalla ryöstettyjen pesien määrä oli 9 kpl (17 %) ja metsässä 7 kpl (13 %).



Kuva 7. Predatoitu pesä. Tutkimuksessa pesä katsottiin ryöstetyksi jos sieltä oli viety muna tai munia tai jokin muna oli rikottu, kuten kuvassa.

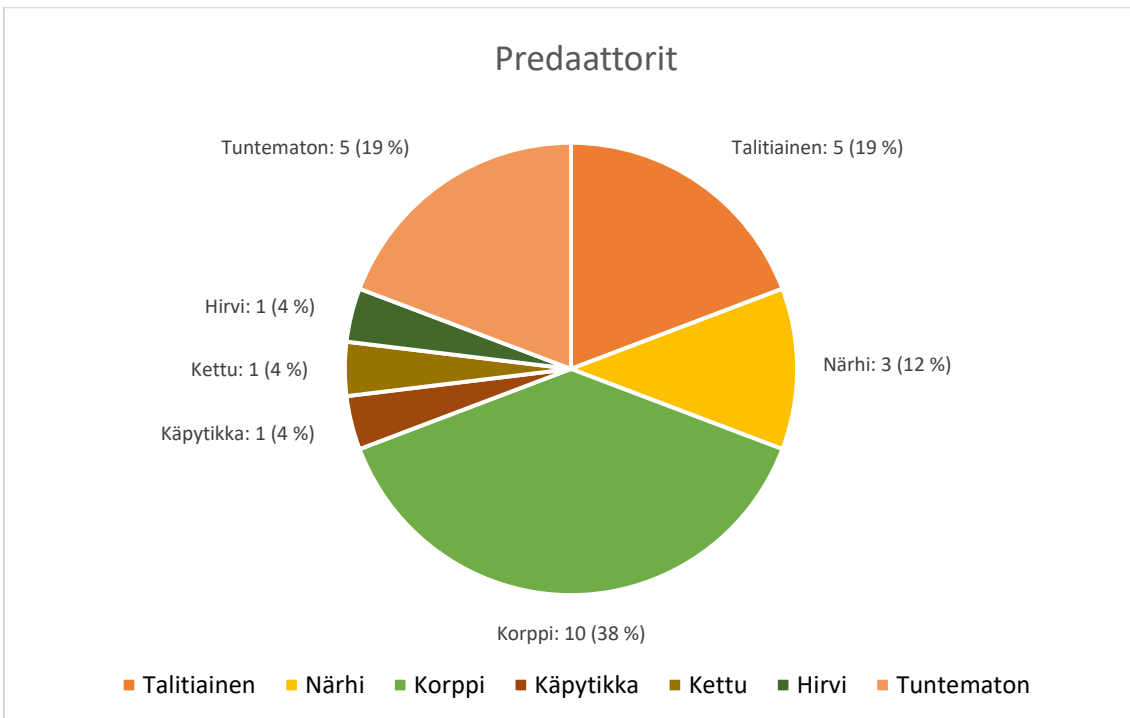
Tutkimuksessa pesiä ryöstivät pääasiassa linnut. Kuvassa 7 on tutkimuksen aikana predatoitu pesä. Ryöstettyjen pesien predaattoreista 50 prosenttia oli varislintuja, joista yleisin oli korppi (kuva 8). Ensisijaisena predaattorina korpit ryöstivät kymmenen pesää, talitiainen (*Parus major*) (kuva 9) viisi pesää, närhi kolme pesää, käpytikka (*Dendrocopos major*) yhden pesän, nisäkkäistä kettu ryösti yhden pesän ja hirvi (*Alces alces*) tallasi yhden pesän. Tuntemattomaksi jäi viiden pesän predaattorit, joista ei syystä tai toisesta ollut tallentunut riistakameraan kuvaa. On esimerkiksi mahdollista, että lintu on ottanut pesästä munan niin nopeasti, ettei riistakamera ole ehtinyt ottaa kuvaa siitä. Kuvassa 10 on esitetty predaattorit lajeittain.



Kuva 8. Korppi ryöstämässä keinopesää. Korppi oli tutkimuksessa eniten pesiä ryöstänyt peto.



Kuva 9. Talitiainen ryöstämässä keinopesää.



Kuva 10. Pesien ensisijaiset ryöstäjät eli predaatit ja niiden osuus ryöstettyjen pesien predaattoreina.

Pesien ryöstely lisääntyi aineiston keräämisen loppua kohti, sillä ensimmäiset korpit predatoivat vasta kesäkuun lopulla. Ajankohdan vaikutusta testasin GLM-mallilla, mutta sillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta (taulukko 3). Keinopesistä ryöstettiin tutkimuksen alkupuoliskolla, 13.5.–4.6., yhteensä viisi pesää ja loppupuoliskolla, 5.6.–27.6., yhteensä 21 pesää (taulukko 4).

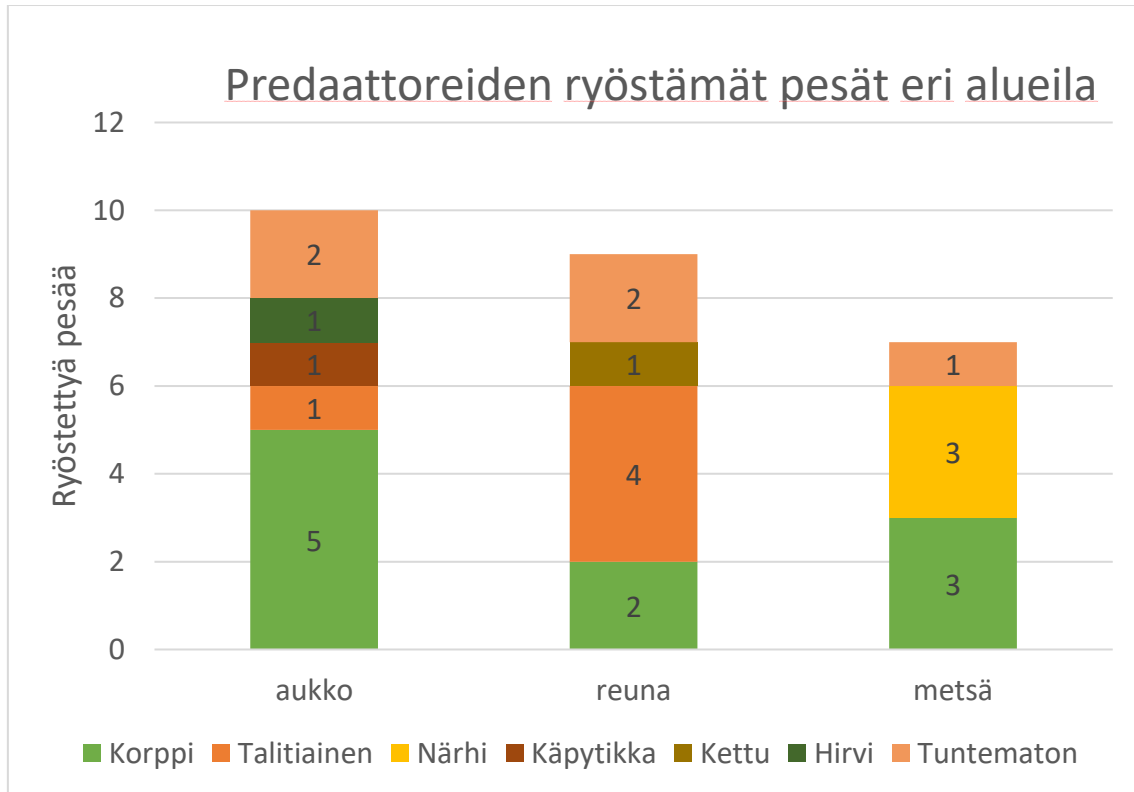
Taulukko 3. Ajankohdan vaikutuksella, kun selittäjänä oli koeviikko, ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta. AIC-arvo on 128,46.

	estimaatti	keskivirhe	z-arvo	p-arvo
vakiotermi	18,57	1537,40	0,012	0,990
koeviikko 2	-16,31	1537,40	-0,011	0,992
koeviikko 3	-15,83	1537,40	-0,010	0,992
koeviikko 4	-17,08	1537,40	-0,011	0,991
koeviikko 5	-17,23	1537,40	-0,011	0,991
koeviikko 6	-19,26	1537,40	-0,013	0,990
koeviikko 7	-17,12	1537,40	-0,011	0,991

Taulukko 4. Tutkimuksen aikana ryöstettyjen pesien predatointi päivät. Keskellä ja oikealla olevissa sarakkeissa on pesä, joiden predatointipäivästä ei ole tarkempaa tietoa, mutta predatointi on tapahtunut taulukossa olevalla aikavälillä. Luku kertoo ryöstettyjen pesien määrän kyseisenä vuorokautena.

pvm.	Ryöstettyjen pesien määrä, kpl			
13.touko				
14.touko				
15.touko				
16.touko				
17.touko				
18.touko				
19.touko				
20.touko				
21.touko				
22.touko				
23.touko	1			
24.touko	1			
25.touko				
26.touko				
27.touko				
28.touko				
29.touko				
30.touko				
31.touko				
1.kesä	1	1		
2.kesä	1			
3.kesä				
4.kesä				
5.kesä				
6.kesä				
7.kesä				
8.kesä		1	1	
9.kesä	1			
10.kesä				
11.kesä	1			
12.kesä				
13.kesä	1			
14.kesä		1	1	
15.kesä	1			
16.kesä	1			
17.kesä	1			
18.kesä				
19.kesä	2			
20.kesä	3			
21.kesä	3			
22.kesä	1			
23.kesä		1		
24.kesä				
25.kesä	1			
26.kesä				
27.kesä	1			

Eri predaatorilajit käyttävät eri alueita pesien ryöstämiseen (kuva 11). Tutkimuksen aikana tunnistetuista predaattoreista korppi oli ainoa predaattori, joka ryösti pesiä kaikilla alueilla. Närhi ryösti vain metsässä olevia pesiä, talitiainen aukossa ja reunavyöhykkeellä, mutta ei metsässä.



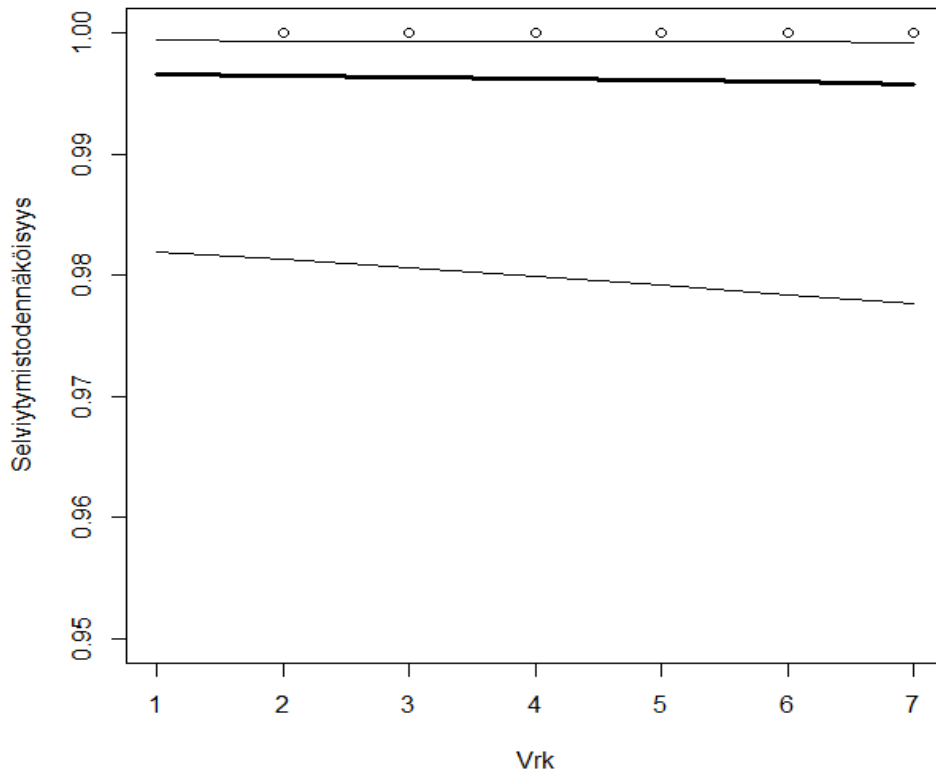
Kuva 11. Pesien ensisijaiset ryöstäjät aukolla, reunassa ja metsässä.

3.1.1 SELVIYTYMISANALYYSIN TULOKSET

Aika ei vaikuttanut pesän selviytymistodennäköisyyteen (taulukko 5). Pesän selviytymistodennäköisyys oli yli 99 prosenttia ensimmäisenä ja seitsemäntenä vuorokautena, kuten kuvasta 12 näkyy.

Taulukko 5. Selviytymisanalyysin tulokset. Satunnaistekijän varianssi 0,746 ja keskihajonta 0,864.

	estimaatti	keskivirhe	z-arvo	p-arvo
vakiotermi	5,725	0,764	7,492	< 0,001
vrk	-0,037	0,128	-0,286	0,775



Kuva 12. Keinopesien selviytymistodennäköisyys tutkimusjakson aikana. Paksu musta viiva kuvaa logistista altistumismallia, johon sisältyy tutkimuspäivien lineaarinen vaikutus. Ohuet viivat kuvaavat 95 %:n luottamusväliä.

3.1.2 YMPÄRISTÖANALYYSIN TULOKSET

Ympäristöanalyyseissä käytettiin pesän ympärille muodostettuja ympyräaloilla olevia maankäyttöluokkien pinta-aloja, aukon kokoluokkia, pesän sijaintia ja etäisyyttä reunaan. Predaation jakautuminen pesän sijainnin ja aukon koon mukaan on kuvattu taulukossa 6. Tutkimuksen aikana predaatioprosentti vaikutti aineiston esitarkastelussa olevan suurinta pienissä, alle kahden hehtaarin, ja suurissa, yli 15 hehtaarin, hakkuuaukoissa sekä niiden reuna-alueella olevissa pesissä. Hakkuuaukon koolla tai pesän sijainnilla ei kuitenkaan ollut tilastollista merkitsevyyttä analyysien perusteella pesän tuhoutumiseen, eivätkä ne olleet viiden parhaiten selviytymistä selittävän mallin joukossa (taulukko 7).

Taulukko 6. Predaation jakautuminen pesän sijainnin ja aukon koon mukaan.

Pinta-alaluokka	Sijainti	Pesiä yhteensä	Ryöstettyjä pesiä	%
0,1-2,0 ha	Aukko	15	5	33 %
	Reuna	15	3	20 %
	Metsä	15	3	20 %
2,1-4,0 ha	Aukko	13	2	15 %
	Reuna	13	2	15 %
	Metsä	13	0	0 %
4,1-6,0 ha	Aukko	6	0	0 %
	Reuna	6	0	0 %
	Metsä	6	2	33 %
6,1-10,0 ha	Aukko	6	1	17 %
	Reuna	6	1	17 %
	Metsä	6	0	0 %
10,1-15,0 ha	Aukko	6	0	0 %
	Reuna	6	1	17 %
	Metsä	6	1	17 %
> 15,1 ha	Aukko	6	2	33 %
	Reuna	6	2	33 %
	Metsä	6	1	17 %

Akaiken informaatiokriteerien perusteella kolme mallia selitti parhaiten pesän tuhoutumista. Kahdessa kolmesta parhaiten tuhoutumista selittävässä mallissa oli 250 metrin ympyräaloilla tehdyt selittäjät ja yhdessä selittäjänä oli etäisyys reunaan (taulukko 7). 500 metrin ympyräaloilla olevat mallit saivat suuremmat Akaiken informaatiokriteerien arvot, eikä niissä ollut tilastollisesti merkitseviä p-arvoja. 500 metrin säteellä olevat mallit eivät kuvanneet pesien tuhoutumista yhtä hyvin kuin 250 metrin säteellä olevat.

Kun nollamallin AIC-arvoa verrataan muiden mallien AIC-arvoihin, niin vain nollamallin ja mallin 18 AIC-arvojen erotus on suurempi kuin kaksi ($AIC_{\text{vakiotermi}} - AIC_{\text{min}} > 2$). Tämän perusteella vain malli, joka sisälsi 250 metrin säteellä olevat tiet ja sähkölinjat, toimi selittäjänä paremmin kuin satunnainen malli ja siten muilla malleilla ei ole selitysarvoa.

Taulukko 7. Viiden parhaiten pesän kohtaloa selittävän mallin tulokset sekä nollamalli. Malli sarakkeessa on mallin numero, AIC tarkoittaa Akaiken informaatiokriteeriä, df kertoo mallin vapausasteet. Kaikissa muissa, tässä taulukossa olevista malleista, paitsi mallissa 25 oli selittäjänä 250 metrin säteellä olevan ympyräalan maankäyttöluokkia.

Malli	AIC	df	selittäjät	estimaatti	keskivirhe	z-arvo	p-arvo	satunnaistekijän keskihajonta
18	141,4	3	vakiotermi	2,28	0,48	4,76	< 0,001	0,686
			r = 250 m tiet ja sähkölinjat	-13,73	7,17	-1,91	0,056	
25	142,3	3	vakiotermi	1,36	0,39	3,49	< 0,001	0,731
			etäisyys lähimpään reunaan	0,01	0,01	1,76	0,078	
15	143,4	4	vakiotermi	2,54	0,65	3,88	< 0,001	0,674
			r = 250 m aukot	-0,84	1,33	-0,63	0,526	
			r = 250 m tiet ja sähkölinjat	-14,46	7,30	-1,98	0,048	
0	143,7	2	vakiotermi	1,80	0,34	5,35	< 0,001	0,760
21	143,8	4	vakiotermi	2,21	0,94	2,34	0,019	0,687
			r = 250 m metsät	0,12	1,27	0,09	0,927	
			r = 250 m tiet ja sähkölinjat	-13,71	7,17	-1,91	0,056	
20	145,1	5	vakiotermi	2,10	0,55	3,79	< 0,001	0,701
			pesän sijainti (reunalla)	0,14	0,53	0,27	0,790	
			pesän sijainti (metsässä)	0,47	0,56	0,83	0,408	
			r = 250 m tiet ja sähkölinjat	-13,86	7,23	-1,92	0,055	

Vaikka mallin 15 AIC-arvo oli lähellä nollamallia, ja sillä ei ollut selitysarvoa, siinä olevat tiet ja sähkölinjat olivat p-arvoltaan tilastollisesti merkitsevä negatiivinen tekijä pesien säilymiselle (taulukko 7). Tiet ja sähkölinjat saivat tuloksista ainoana tilastollisesti merkitsevän p-arvon, kun säteenä käytettiin 250 metriä. Kun säde kasvoi niin myös p-arvo teille ja sähkölinjoille kasvoi, eikä ollut enää tilastollisesti merkitsevä.

4 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksessa predatoitiin 17 % pesistä, mikä osoittaa, että maassa olevat pesät säilyvät tässä ympäristössä suhteellisen hyvin pedoilta (vrt. Krüger ym. 2018, Holopainen ym. 2020a). Predatoituja pesiä vaikutti aineiston esitarkastelussa olevan eniten hakkuuaukoissa ja vähiten metsässä, mutta sijainnilla ei ollut analyysin mukaan vaikutusta predaation määrään. Pesän selviytymistodennäköisyys ei muuttunut koejakson aikana, ja jakson seitsemäntenä vuorokautena pesän selviytymisen todennäköisyys oli edelleen yli 99 %. Tekemäni malli ajankohdan vaikutuksesta myös vahvistaa pesien hyvää selviytymistä metsäympäristössä. Ajankohta ei mallin mukaan vaikuttanut tilastollisesti merkittävästi pesän selviytymiseen. Tämä vahvistaa sitä käsitystä, että pesä säilyy metsämaisemassa, avoimia paikkoja paremmin, pedoilta suojassa (ks. Krüger ym. 2018, Holopainen ym. 2020a).

Alustavan analyysin mukaan pesiä tuhoutui eniten pienten, eli enintään kahden hehtaarin, ja suurten, yli 15 hehtaarin, hakkuuakkojen alueella niin avoimessa hakkuuaukossa kuin aukon ja metsän reunavyöhykkeellä. Hakkuuaukon koolla tai pesän sijainnilla ei kuitenkaan ollut tilastollista merkitsevyyttä, joten tämän tutkimuksen mukaan hakkuuaukon koko ei vaikuta metsässä olevien pesien tuhoutumiseen. Pienten, eli enintään kahden hehtaarin, hakkuuakkojen ympärillä pesien ryöstämistä tapahtuu myös metsässä tutkimuksen mukaan samassa suhteessa kuin reunavyöhykkeelläkin. Ympäristöllä on jonkin verran merkitystä maassa pesivien kanalintujen pesien säilymiselle. Norjalaiset Storaas ym. (2001) ovat myös päätyneet tutkimuksessaan saman suuntaiseen lopputulokseen.

On mahdollista, että alle kahden hehtaarin hakkuuaukoissa reunavaikutus saattaa korostua vaikuttaen myös aukossa tapahtuvaan pesien ryöstämiseen. Henttosen (1989) mukaan suuret uudistusalat elättävät suuremman myyräkannan ja siten yhä suuremman petokannan. Savola ym. (2013) mukaan myyräkantojen ollessa korkeita myyriä syövät pedot keskittyvät enimmäkseen saalistamaan jyräjyitä. Kun myyräkannat romahtavat, niin pedot siirtyvät käyttämään vaihtoehtoisia ravintoa, jolloin pesäpredaatio ja poikasten saalistus lisääntyvät voimakkaasti (Wegge & Storaas 1990, Savola ym. 2013). Muun muassa Andrén (1992) ja Kurki ym. (1998) ovat tutkimuksissaan todenneet, että metsien pirstoutuminen voi lisätä erityisesti metsäkanalintujen pesiin ja poikasiin kohdistu-

vaa saalistusta. Lisääntynyt saalistus voi ilmentyä joko kasvaneella petotiheydellä tai petojen parantuneella kyvyllä löytää pesiä.

Ympäristöanalyysien perusteella pesän etäisyys reunaan selittää yhtä hyvin pesän kohtaloa metsäisessä ympäristössä kuin se, millaista ympäristöä 250 metrin säteellä pesästä on. Tekemistäni malleista vain yhdellä mallilla on selitysarvoa, kun niitä verrataan satunnaismalliin. Mallissa selittäjinä olivat 250 metrin säteellä olevalla ympyräalalla olevat tiet ja sähkölinjat. Teillääkään ei ollut enää tilastollista merkitsevyyttä, jos ympyräalan säteenä käytettiin 500 metriä. Näiden perusteella voi todeta, että etäisyydet reunaan selittävät pesän kohtaloa osittain. Tätä tukee myös aiemmat tutkimukset, muun muassa Andrén (1992) ja Kurki ym. (1998), joissa on reunavaikutuksen todettu vaikuttavan pesien selviämiseen negatiivisesti. Toisin sanoen pesien säilymistä ja petojen kykyä löytää pesiä selittää maisemarakenteessa pienempi mittakaava selvästi isompaa paremmin.

Tämän tutkimuksen mukaan predaattori oli lähes aina lintu, toisin kuin Norjassa on havaittu (Jahren 2017). Jahren (2017) tutkimuksessa havainnoitiin aitoja metson pesiä, ja kettu ja näätä ryöstivät eniten pesiä. Norjassa Storaas ym. (2001) ovat kuitenkin havainneet, että pesien löytämisen todennäköisyys on pieni metsämaisemassa. He arvioivat, että nisäkäspetojen vähäinen osuus predaattorina johtuu siitä, että ne havaitsevat pesät lyhyeltä etäisyydeltä, eivätkä siksi hyödy satunnaisesti maastossa sijaitsevista pesistä (Storaas ym. 2001). Storaas ym. (2001) ovat saaneet tutkimuksessaan myös tuloksia, jotka osoittavat, että kanalintupoikueisiin kohdistuva saalistus voi kasvaa maiseman pirstoutumisen vuoksi, vaikka petojen määrä ei olisi kasvanut. Holopainen ym. (2020a) ovat todenneet, että jos petoja on paljon, niin myös maassa olevien pesien predaatioaste kasvaa. Nämä tukevat päätelmäni, että petojen määrä karuilla metsäalueilla on ollut vähäinen, koska pesät säilyivät hyvin nisäkäspedoilta.

Tutkimus osoittaa, että nisäkäspedot eivät ole karuilla laajoilla metsäalueilla suurena uhkana metsäkanalintujen pesinnälle. Nisäkkäistä pesiä tuhosi tässä tutkimuksessa kettu ja hirvi (tallasi pesän). Kiinnostavaa oli, että supikoira ei tuhonnut ainuttakaan pesää, vaikka niitä yleisesti pidetään suurena uhkana maassa pesivien lintujen pesille. Yleinen käsitys metsästäjien keskuudessa johtunee alan lehdissä esiintyvistä kirjoituksista, jotka eivät pohjautu aina tutkimukseen. Tällaisia ovat esimerkiksi Svensberg (2006) artikkeli ja Metsälä (2020) kolumni sekä Jahti 1/2019-lehdessä oleva uutinen (Jahti 2019), joissa

supikoiran haitallisuutta myös metsäkanalintujen muniin ja poikasiin korostetaan. Tulosteni mukaan supikoiran roolia metsäkanalintujen pesien tuhoutumiseen tuntuu olevan liioiteltu karussa metsämaisemassa, jossa ei juuri ole vesistöjä. Ympäristöllä, eli vesistöjen määrällä, ja pesän maantieteellisellä sijainnilla on luultavasti paljon vaikutusta supikoiran osuuteen pesäpredaattorina (ks. Krüger 2018, Holopainen ym. 2020a). Tutkimuksen tulokset eivät tarkoita, että pienpetopyynti olisi kuitenkaan turhaa, vaikka pienpedot eivät koepesiä juurikaan predatoineet tässä tutkimuksessa. Esimerkiksi vieraslaji supikoira on ollut yleisimpien pesien ryöstäjien joukossa rehevimmissä ympäristöissä tehdyissä pesäpredaatiokokeissa (Krüger 2018, Hakala ym. 2020, Holopainen ym. 2020a), joten tulos viitanee supikoiran harvalukuisuuteen karuilla laajoilla metsäalueilla. Matalan pesäpredaation tulokset osoittavat enemmänkin, että yksittäisen pesän löytämisen todennäköisyys ei ole kovin suuri, kun kyseessä on syrjäinen, kaukana asutuksesta ja pelloista oleva yhtenäinen metsäalue, vaikka se on tavanomaisten metsänhoitotoimien kohteena.

Varislinnuista korppi, närhi ja varis ovat aiheuttaneet merkittävästi pesätuhoja aiemmissä tutkimuksissa (Andrén 1992, Krüger ym. 2018, Holopainen ym. 2020a). Pitkään vaikutti siltä, että talitiainen olisi ollut tämän tutkimuksen pääpredaattori, mutta korpit ryöstivät loppuvaiheessa useita pesiä ja loppujen lopuksi eniten tässä tutkimuksessa. Tähän saattaa olla syynä se, että varislintujen poikaset lähtevät pesästä ja liikkuvat sen jälkeen oman pesänsä lähiympäristössä. Tässä tutkimuksessa ryöstettyjen pesien predattoreista 50 prosenttia oli varislintuja ja niiden ryöstämät pesät sijaitsivat niille tyypillisillä alueilla. Närhi ryösti pesiä metsässä ja korppi kaikissa tutkimuksen ympäristötyypissä. Andrén (1992) ja Krüger ym. (2018) mukaan varikset ryöstävät pesiä peltojen läheisyydessä, niin metsän kuin pellon puolellakin, ja samalla aiheuttavat kasvavan saalistuspaineen reuna-alueella. Tutkimusalueeni läheisyydessä ei kuitenkaan ollut peltoja, eikä varikset myöskään ryöstäneet pesiä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Hakkuuaukon koolla ei ollut tilastollista merkitsevyyttä, kuten ei myöskään pesän sijainnilla tai koejakson ajankohdalla, joten ne eivät tämän tutkimuksen mukaan vaikuta merkittävästi metsässä maassa olevien pesien tuhoutumiseen. Tämä on käyttökelpoinen tieto tulevia hakkuita suunniteltaessa. Hakkuiden suunnittelussa on kuitenkin muistettava, että pesien tuhoutumista selittää maisemarakenteessa pienempi mittakaava isompaa enemmän. Lisäksi pesän tuhoutumista selitti yhtä hyvin myös sen etäisyys reunaan. Tästä voisi varovaisesti ajatella, että pitkät ja kapeat hakkuuaukot eivät paranna metsäkanalintujen pesien selviytymistä ja tähän seikkaan voisi kiinnittää huomiota hakkuuta toteuttaessa. Pitkissä ja kapeissa hakkuuaukoissa reunavaikutus lisääntyy verrattuna neliön muotoiseen aukkoon, jolloin reunavaikutus ylittää koko hakkuuaukkoon (ks. Kurki ym. 1998). Tämä voisi olla myös jatkotutkimuksen arvoinen asia.

Predaattori oli tässä tutkimuksessa lähes aina lintu. Ryöstettyjen pesien predaattoreista 50 prosenttia oli varislintuja ja niiden ryöstämät pesät sijaitsivat niille tyypillisillä alueilla. Nisäkäspetojen määrä karuilla metsäalueilla on todennäköisesti ollut vähäinen, koska pesät säilyivät hyvin nisäkäspedoilta. Tämän perusteella nisäkäspedot eivät vaikuta olevan laajoilla karuilla metsäalueilla suurena uhkana metsäkanalintujen pesinnälle. Ehkä hieman yllättävää oli, että supikoira ei tuhonnut ainuttakaan pesää, vaikka niitä yleisesti pidetään suurena uhkana maassa pesivien lintujen pesille.

Pienpetopyynnin merkitys korostuu luultavasti enemmän lähellä asutusta metsä–pelto maisemassa kuin syrjäisillä metsäalueilla (ks. Krüger ym. 2018). Lintujen osuus predaattorina saattaa korostua, koska pesä oli tyhjä eikä hautova naaras peittänyt munia. Toisaalta hautova naaras saattaisi houkutella paikalle enemmän nisäkäspetoja, joten tulos keinopesätutkimuksessa on suuntaa antava.

Toteutin tutkimuksen keskisessä Suomessa karuilla yhtenäisillä metsäalueilla, joten tulokset eivät välttämättä sovi suoraan esimerkiksi Etelä-Suomessa oleviin kohteisiin, jotka usein ovat pelto- ja metsälaikkujen mosaiikkia. Maantieteellisellä sijainnilla saattaa olla vaikutusta ja siksi olisi mielenkiintoista, jos pesäpredaatiota tutkittaisiin myös pohjoisessa ja etelässä olevissa metsämaisemissa. Petojen määrä saattaisi olla etelämpänä suurempi, jolloin predaatioaste voisi kohota. Olisi myös mielenkiintoista tietää, onko

predaattorilajeissa eroa, jos verrataan keskisessä Suomessa tehtyä tutkimusta muualla Suomessa tehtyyn tutkimukseen.

Kaiken kaikkiaan tutkimuksen tulokset olivat melko odotettavissa olevat, pois lukien nisäkäspestojen vähyys. Predaatioprosentti jäi odotusten mukaisesti alhaiseksi, kun kyseessä oli yhtenäinen karu metsämaisema. Hakkuuaukon koolla ei ollut tilastollista merkitsevyyttä pesän kohtaloon, kuten ei myöskään sillä, kauanko pesä maastossa oli. Tutkimukseni kohtuullisen suuresta aineistosta huolimatta on tuloksiin syytä tehdä varoen johtopäätöksiä, sillä aineiston koko saattoi rajoittaa ilmiöiden näkymistä analyysissäni. Useita muuttujia jäi mallinnuksessa hiukan tilastollisesti merkitsevän rajan alapuolelle. Siksi aiheesta kannattaisi tehdä lisätutkimuksia uusilla koealueilla.

KIITOKSET

Kiitokset kaikille minua tutkimuksessa tukeneille henkilöille. Erityisesti kiitosta ansaitsevat ohjaavat opettajat post.doc. Sari Holopainen ja yliopistonlehtori Veli-Matti Väänänen sekä perheeni ja ystävät. Kiitos Metsähallitukselle mahdollisuudesta aineiston keräämiseen. Kiitos myös työtä rahallisesti tai aineellisesti tukeneille tahoille. Työtä tukivat Suomen Riistanhoito-Säätiö ja Valwood Oy. Hanketta on rahoittanut myös Metsämiesten Säätiö. Lahjoitukset ja säätiöfuusiot ovat tärkeä osa Säätiön yleishyödyllisen toiminnan vaikuttavuutta. Lisätietoa www.mmsaatio.fi

LÄHTEET

- Andrén, H. 1992. Corvid density and nest predation in relation to forest fragmentation: a landscape perspective. *Ecology* 73: 794–804. Saatavana: <https://search-proquest-com.libproxy.helsinki.fi/scholarly-journals/corvid-density-nest-predation-relation-forest/docview/218987451/se-2?accountid=11365>
- Andrén, H. & Angelstam, P. 1988. Elevated predation rates as an edge effect in habitat islands: experimental evidence. *Ecology* 69: 544–547. Saatavana: www.jstor.org/stable/1940455
- Angelstam, P. 1984. Sexual and seasonal differences in mortality of the Black Grouse *Tetrao terix* in boreal Sweden. *Ornis Scandinavica* 15: 123–134. Saatavana: <https://www.jstor.org/stable/3675951>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., Christensen, R.H.B., Singmann, H., Dai, B., Scheipl, F., Grothendieck, G., Green, P. & Fox, J. 2019. Viitattu: 9.4.2020. Saatavana: <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/lme4.pdf>
- Bolker, B.M., Brooks, M.E., Clark, C.J., Geange, S.W., Poulsen, J.R., Stevens, M.H.H. & White, J.S.S. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 24:127–135. Saatavana: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- Cox, W.A., Thompson, F.R.III. & Faaborg, J. 2012a. Landscape forest cover and edge effects on songbird nest predation vary by nest predator. *Landscape Ecology* 27: 659–669. Saatavana: <http://dx.doi.org.libproxy.helsinki.fi/10.1007/s10980-012-9711-x>
- Cox, W.A., Pruett, M.S., Benson, T.J., Chiavacci, S.J. & Thompson, F.R.III. 2012b. Development of camera technology for monitoring nests. In: Ribic, C.A., Richard, F., Thompson, F.R.III. & Pietz, P.J. Video Surveillance of nesting birds. *Studies in Avian Biology Ser* 43: 231–248. Saatavana: <https://ebookcentral-proquest-com.libproxy.helsinki.fi/lib/helsinki-ebooks/detail.action?docID=943700>

- Elmhagen, B., Hellström, P., Angerbjörn, A. & Kindberg, J. 2011. Changes in vole and lemming fluctuations in northern Sweden 1960-2008 revealed by fox dynamics. *Ann. Zool. Fennici* 48: 167–179. Saatavana: <https://doi.org/10.5735/086.048.0305>
- Eränetti. 2016. Perinteinen riistakamera. Viitattu: 16.3.2019.
<http://www.riistakamera.pro/tietoa-riistakameroista/riistakamera/>
- Hagen, Y. 1952. *Rovfuglene og viltpleien*. Gyldendal Norsk Forlag. Oslo. Saatavana: <https://www.jstor.org/stable/3797397>
- Hakala, M., Holopainen, S. & Vehkaoja, M. 2020. Kettu ja supikoira sorsanpesien saalistajina pääkaupunkiseudulla. *Suomen Riista* 66: 38–48.
- Helle, P. & Helle, T. 1991. Miten metsärakenteen muutokset selittävät metsäkanalintujen pitkän aikavälin kannanmuutoksia. *Suomen Riista* 37: 56–66.
- Henttonen, H. 1989. Metsien rakenteen muutoksen vaikutuksesta myyräkantoihin ja sitä kautta pikkupetoihin ja kanalintuihin – hypoteesi. *Suomen Riista* 35: 83–90.
- Holopainen, S., Väänänen, V-M. & Fox, A. D. 2020a. Landscape and habitat affect frequency of artificial duck nest predation by native species, but not by an alien predator. *Basic and Applied Ecology* 48: 52–60. Saatavana: <https://doi-org.libproxy.helsinki.fi/10.1016/j.baae.2020.07.004>
- Holopainen, S., Väänänen, V-M. & Fox, A. 2020b. Artificial nest experiment reveals inter-guide facilitation in duck nest predation. *Global Ecology & Conservation* 24, e01305. Saatavana: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01305>
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.
- Jahren, T. 2017. The role of nest predation and nest predators in population declines of capercaillie and black grouse. A PhD Thesis. Saatavana: <http://hdl.handle.net/11250/2469015>
- Jahti 2019. Valot ja yöttäimet käyttöön supikoirajahdissa. *Jahti* 1: 9.

- Kauhala, K., Laukkanen, P. & Inez von Rége. 1999. Supikoiran, ketun ja mäyrän ravinnon koostumus ja riistan osuus ravinnossa alkukesällä. *Suomen Riista* 45: 63–72.
- Krüger, H., Väänänen, V-M., Holopainen, S. & Nummi, P. 2018. New faces for nest predation – a wildlife camera survey with artificial nests in agricultural landscapes. – *Journal of European Wildlife Research* (2018) 64:76. Saatavana: <https://doi.org/10.1007/s10344-018-1233-7>
- Kucera, T. & Barrett, R. 2010. A history of camera trapping. Julkaisussa: O’Connell, A. F., Nichols, J. D. & Karanth, K. U. (toim.) *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*: 9–26. Springer Science & Business Media. Saatavana: https://doi-org.libproxy.helsinki.fi/10.1007/978-4-431-99495-4_2
- Kurki, S. 1997. Spatial variation in the breeding success of forest grouse: The role of predation in fragmented boreal forest landscapes. *Turun yliopiston julkaisuja*: 1–24.
- Kurki, S. 1999. Metsäkanalintujen poikastuotanto pirstoutuneessa metsämaisemassa. *Suomen Riista* 45: 16–24.
- Kurki, S., Nikula, A., Helle, P. & Lindén, H. 1998. Abundances of red fox and pine marten in relation to the composition of boreal forest landscapes. *Journal of Animal Ecology* 67: 874–886. Saatavana: <https://www.jstor.org/stable/2647418>
- Kurki, S., Nikula, A., Helle, P. & Lindén, H. 2000. Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forests. *Ecology* 81: 1985–1997. Saatavana: <https://www-proquest-com.libproxy.helsinki.fi/scholarly-journals/landscape-fragmentation-forest-composition/docview/219011428/se-2?accountid=11365>
- Lack, D. 1954. *The natural regulation of animal numbers*. Oxford University Press. London.
- Larivière, S. 1999. Reasons why predators cannot be inferred from nest remains. *The Condor* 101: 718–721. Saatavana: <https://www-proquest-com.libproxy.helsinki.fi/scholarly-journals/reasons-why-predators-cannot-be-inferred-nest/docview/211272865/se-2?accountid=1136>

- Lindén, H. 1981. Changes in Finnish tetraonid populations and some factors influencing mortality. Finnish Game Res. 39: 3–11.
- Lindén, H. (toim.) 2002a. Metsäkanalintutkimuksia: Metsäkanalinnut meillä ja muual- la. – Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Metsästäjien Keskusjärjestö. Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi.
- Lindén, H. (toim.) 2002b. Metsäkanalintutkimuksia: Saalistus. – Riista- ja kalatalou- den tutkimuslaitos, Metsästäjien Keskusjärjestö. Gummerus Kirjapaino Oy, Saari- järvi.
- Luke. 2019. Pienriistasaalis metsästysvuosina 1976/1977–1994/1995 ja kalenterivuosi- na 1996–2019. Viitattu: 18.11.2020. Saatavana:
http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_06%20Kala%20ja%20riista_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_16%20Metsastys/9_Mets_saalis_aikasarja_px/?rxid=21289640-ded2-4672-8b4f-88454080c4d5
- Malinen, J. & Väänänen, V-M. (toim.) 2012. Kanalinnustus: s. 11. Otavan Kirjapaino Oy.
- Metsälä, H. 2020. Pieni suuri peto. Metsästäjä 6: 19. Saatavana:
<https://www.lehtiluukku.fi/lehti/metsastaja/read/6-2020/263257.html?p=19>
- Newton, I. 1998. Population Limitation in Birds. London: Academic Press Ltd. 597 s.
- Pietz, P.J. & Granfors, D.A. 2000. White-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) predation on grassland songbird nestlings. The American Midland Naturalist 144: 419–422.
- Ranta10. (14.2.2018). Rantaviiva 1:10 000 ja uomaverkosto. Suomen ympäristökeskus Syke. Viitattu: 4.2.2020. Saatavana:
<http://metatieto.ymparisto.fi:8080/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid={A40A94CB-4905-4489-9C03-52B6CE9F66CD}>
- Riistakamerat.com. 2018. Mikä on riistakamera?. Viitattu: 16.3.2019. Saatavana:
<https://www.riistakamerat.com/page/5/mika-riistakamera-on>

- Ripley, B., Venables, B., Bates, D.M., Hornik, K., Gebhardt, A. & Firth, D. 2019. Viitattu: 9.4.2020. Saatavana: <https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/MASS.pdf>
- Salo, P., Korpimäki, E., Banks, P.B., Nordström, M. & Dickman, C.R. 2007. Alien predators are more dangerous than native predators to prey populations. *Proceedings of the Royal Society. B, Biological sciences* 274: 1237–1243. Saatavana: <https://dx-doi-org.libproxy.helsinki.fi/10.1098%2Frspb.2006.0444>
- Savola, S., Henttonen, H. & Lindén, H. 2013. Vole population dynamics during the succession of a commercial forest in northern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 50: 79–88. Saatavana: <https://doi-org.libproxy.helsinki.fi/10.5735/086.050.0107>
- Shaffer, T.L. 2004. A unified approach to analyzing nest success. *Auk* 121: 526–540. Saatavana: <https://www-proquest-com.libproxy.helsinki.fi/scholarly-journals/unified-approach-analyzing-nest-success/docview/196444622/se-2?accountid=11365>
- Storaas, T., Kastdalen, L. & Wegge, P. 2001. Metsien pirstoutuminen tehostaa metsäkanalintuihin kohdistuvaa saalistusta: hypoteesi. *Suomen Riista* 47: 86–93.
- Storaas, T. & Wegge, P. 1987. Nesting habitats and predation in sympatric populations of capercaillie and black grouse. *J. Wildl. Manage.* 51: 167–172. Saatavana: <https://www.jstor.org/stable/3801649>
- Svensberg, M. 2006. Supikoiran metsästys onnistuu kaikilta. *Metsästäjä* 5: 50–53. Saatavana: <https://www.lehtiluukku.fi/lehti/metsastaja/read/5-2006/37184.html?p=73>
- Thompson, F.R.III. & Burhans, D.E. 2003. Predation of songbird nests differs by predator and between field and forest habitats. *Journal of wildlife management* 67: 408–416. Saatavana: <https://www.jstor.org/stable/3802781>
- Wegge, P. 1978. Status of capercaillie and black grouse in Norway. *Woodland Grouse Symposium. Inverness 1978*: 16–26.

- Wegge, P. & Storaas, T. 1990. Nest loss in capercaillie and black grouse in relation to the small rodent cycle in southeast Norway. *Oecologia* 82: 527–530. Saatavana: <https://www.jstor.org/stable/4219276>
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A. & Smith, G. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset: 79–80. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

LIITE 1 — MAASTOLOMAKE

Aukon ID	Pesän sijainti	Predaatio	Predaattori	Predaattorilaji	Predatointipäivä(t)	Predatointi kellonaika	Pesän tekopäivä	Pesän hakupäivä	Muut huomiot
	1 = keskellä 2 = reunalla 3 = metsässä	0 = ei syöty 1 = syöty	1 = esisijainen 2 = toissijainen						