

# **Metsänhakkuiden vaikutukset merikotkan (*Haliaeetus albicilla*) pesintään**

Pinja Mäkinen

Pro gradu -tutkielma

Turun yliopisto  
Biologian laitos  
12.10.2012

Linja: ekologian linja  
Erikoistumisala: ympäristöekologia

Laajuus: 40 op

Tarkastajat:

1:

2:

Hyväksytty:

Arvolause:

TURUN YLIOPISTO  
Biologian laitos  
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

MÄKINEN, PINJA: Metsänhakkuiden vaikutukset merikotkan (*Haliaeetus albicilla*) pesintään [*Impacts of logging on nesting of sea eagle (Haliaeetus albicilla)*]

Pro gradu -tutkielma, 40 s.  
Ekologia  
Lokakuu 2012

---

Suomen merikotkapopulaatio kasvaa ja levittäytyy saaristosta mantereen puolelle. Sen seurauksena tehometsätalouden intressit ja merikotkan pesimähabitaattien suojelutarve törmäävät yhä useammin. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tuloksia, joiden perusteella voidaan laatia entistä tarkemmat ohjeet pesien huomioonottamisesta metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä. Käytin tutkimusaineistona WWF:n merikotkatyöryhmän vuosittain keräämiä pesimätietoja sekä metsänkäyttöilmoituksista kokoamiani hakkuutietoja vuosilta 2000–2009. Tarkastelin yleistettyjen lineaaristen sekamallien avulla säteeltään 600-metrinen pesäalueen hakkuiden vaikutusta mm. pesinnän jatkumiseen samalla pesällä ja pesimäyritysten onnistumiseen. Havaitsin, että edellisvuoden pesinnän epäonnistuminen lisää merikotkien pesänvaihtodennäköisyyttä, ja uudistushakkuuaukot pesäalueella lisäävät tätä epäonnistumisen jälkeistä pesänvaihtoherkkyttä. Merikotkat ovat kuitenkin monissa tapauksissa pesineet ja myös onnistuneet pesinnässään hyvinkin lähellä hakkuuaukkoa. Pesäalueen hakkuut pesimäkauden ulkopuolella eivät siis haittaa ainakaan kaikkien merikotkayksilöiden pesinnän aloitusta tai pesimäyrityksen onnistumista. Uudistushakkuutapahtuma pesäalueella laskee vähintään suuntaa-antavasti samanaikaisen tai seuraavan pesinnän onnistumistodennäköisyyttä. Reviireillä, joiden ytimessä on hakkuuta, pesinnän väliinjättövuosia on ainakin suuntaa-antavasti enemmän kuin hakkaamattomilla reviireillä. Hakkuiden haittavaikutuksista huolimatta poikastuotto on niilläkin reviireillä, joiden ytimessä on hakkuuta, niin hyvä, että populaatio kasvaa. Nykyisen tasoinen hakkuuhäiriö ei siis uhkaa merikotkien suotuisan suojelun tasoa. Tutkimukseni perusteella pidän ELY-keskuksen käyttämää 50–100 metrin levyistä näkyvyyden mukaan sovellettavaa suojavyöhykettä sopivana pesimäkauden ulkopuolisille hakkuille. Varsinaisesti en saanut näyttöä tämänkään suojavyöhykkeen tarpeellisuudesta, mutta aineisto ei ollut edes sopiva näin lähellä pesää olevien hakkuiden vaikutusten tilastolliseen testaamiseen. Sen sijaan näyttää melko varmalta, että ainakaan isompi suojavyöhyke ei ole tarpeen merikotkan suotuisan suojelun tason varmistamiseksi. Hakkuuaineiston ajoitusongelmien vuoksi en voi ottaa kantaa pesimäkautisen suojavyöhykkeen leveyteen. Merikotkapopulaation kasvun myötä lajin uhanalaisluokitus saattaa lähivuosina muuttua, mikä vaikuttanee myös pesimähabitaattien suojaan lainsäädännössä. Siinäkin tilanteessa tämä tutkimus auttane vapaaehtoisen suojelun toteutusta.

---

ASIASANAT: merikotka, *Haliaeetus albicilla*, metsätalous, hakkuu, pesintä, suojele, petolinnut

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	1
___1.1. Habitaatinmuutos haasteena habitaatinvalinnalle .....	1
___1.2. Merikotka.....	2
_____1.2.1. Uhat ennen ja nyt.....	2
1.2.2. Pesimähabitaattivaatimuksista .....	3
_____1.2.3. Metsänkäsittelyn lainsäädäntö ja ohjeet pesien lähellä.....	4
___1.3. Aikaisempi tutkimus aiheesta .....	6
___1.4. Tutkimuksen aihe, keinot ja tavoitteet.....	7
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	9
___2.1. Tutkimuslaji .....	9
___2.2. Aineisto ja sen keruumenetelmät .....	10
___2.3. Tilastoanalyysit .....	14
3. TULOKSET.....	18
___3.1. Uudistushakkuuaukon etäisyys ei vaikuta pesimäyritysten onnistumiseen.....	18
___3.2. Uudistushakkuutapahtumat lisännevät pesimäyritysten epäonnistumisia .....	19
___3.3. Hakkuut eivät vaikuta pesimämuuttujiin ennen/jälkeen -vertailussa.....	21
___3.4. Pesinnän onnistuminen määrää, lisääkö uudistushakkuuaukko pesänvaihtoja	22
___3.5. Pesintä voi onnistua lähellä hakkuuaukkoakin .....	24
___3.6. Hakatuilla reviiireillä on runsaasti pesimättömiä vuosia.....	24
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	25
___4.1. Ongelmia ja virhelähteitä.....	30
___4.2. Tulosten soveltaminen metsänkäsittelyssä .....	32
___4.3. Suojelun tarpeesta ja habitaattimuutokseen sopeutumisesta .....	34
___4.4. Yhteenveto .....	36
KIITOKSET .....	37
KIRJALLISUUS.....	37

# 1. JOHDANTO

## *1.1. Habitaatinmuutos haasteena habitaatinvalinnalle*

Elinympäristöjen eli habitaattien muutos on eräs suurimmista lajien olemassaoloa uhkaavista ongelmista (Cody 1985; Jarvis 1993). Habitaatilla tarkoitetaan resursseja ja olosuhteita alueella, jolla lajin on mahdollista säilyä elossa ja lisääntyä (Hall ym. 1997). Eläimet valitsevat habitaattinsa hierarkkisessa prosessissa, jossa maisematason valinnat vaikuttavat elinpiirin ja lopulta pesäpaikan valintaan (Johnson 1980; Klopfer & Ganzhorn 1985).

Aktiivinen habitaatinvalinta tulee erottaa habitaattikorrelaatiosta, joka on luonnonvalinnan passiivista, kuhunkin ympäristöön kelpoisimmat eloon jättävää karsintaa (Klopfer 1969). Linnut ovat tyypillisiä habitaatinvalitsijoita hyvän liikkumiskykynsä ja kehittyneiden aistiensa ansiosta (Klopfer 1969) ja niillä onkin selkeät habitaattipreferenssit (Löhmus 2003). Habitaatit eivät täyty sattumanvaraisessa järjestyksessä, vaan ensimmäisenä saapuvat yksilöt varaavat parhaat habitaatit (Svärdson 1949). Käytännössä habitaatin laatua voidaan arvioida lisääntymismenestystä mittaamalla (Löhmus 2003). Eläimillä voi olla habitaatinvalinnassaan psykologisia rajoitteita. Tällöin eläin hylkii habitaattia, jossa se pystyisi lisääntymään yhtä tehokkaasti kuin suosimassaan habitaatissa. (Klopfer 1969.) Psykologiset rajoitteet voivat liittyä poikasajan kokemuksiin tietynlaisesta habitaatista (Lack 1933; Davis & Stamps 2004).

Habitaatinvalinnassa on tärkeää mm. pesäpaikan ja saaliin saatavuus, maiseman yleisrakenne ja lajitovereiden levittäytyminen. Linnuilla habitaatinvalinnassa korostuu habitaatin fyysinen, esimerkiksi kasvillisuuden, rakenne. Kasvillisuus tarjoaa pesäpaikkoja ja suojaa pedoilta ja sääolosuhteilta. Myös predaation eli saaliiksi joutumisen välttäminen vaikuttaa habitaatinvalintaan. (Cody 1985.) Petolinnuilla predaatio liittyy yleensä suoraan tai epäsuorasti ihmiseen. Newtonin (1979) mukaan aiempi vainohistoria vaikuttaa pesimäaikaisen, ihmisen aiheuttaman häiriön sietokykyyn.

Merikotkalle pesimähabitaattien häviämisestä ja häirinnästä tuli vakava uhka 1960-luvulla, jolloin avohakkuut yleistyivät metsänuudistusmenetelmänä (Stjernberg 2002). Tarkastelen tässä tutkimuksessa, vaikuttavatko merikotkan pesän lähistöllä tehtävät metsänhakkuut alueen sopivuuteen merikotkan pesimähabitaatiksi. Tutkin sekä pesäalueen hakkuiden vaikutusta yritettyjen pesintöjen onnistumiseen ja poikastuottoon että hakkuiden vaikutusta pesinnän jatkumiseen kyseisellä pesällä.

## *1.2. Merikotka*

### *1.2.1. Uhat ennen ja nyt*

Merikotka on kärsinyt ensin systemaattisesta vainosta 1800-luvulla ja 1900-luvun alkupuolella ja sitten haitallisten aineiden biokerääntymisestä 1950–1970-luvulla (Koivusaari ym. 1980; Génsböl 2008). Merikotkan pesimätulos romahti 1950–1970-luvulla pääosin DDT:n ja sen johdannaisten vuoksi (Saurola 1993). 1960-luvulta eteenpäin saaristometsien hävitys, kesämökkiasutuksen leviäminen ja tiestön rakentaminen autioittivat merikotkien reviirejä ja johtivat pesinnän epäonnistumisiin (Koivusaari ym. 1988).

Suomen merikotkapopulaatio oli aallonpohjassa 1970-luvun alussa. Vuonna 1970 Suomessa oli arviolta 40 merikotkaparia (Lappalainen 2008). WWF käynnisti vuonna 1973 kansainvälisen merikotkansuojeluprojektin, jonka myötä Suomeenkin perustettiin merikotkan suojelua edistävä Merikotkatyöryhmä (Koivusaari 1993). Suojelutoimien ansiosta merikotkan populaatiokoko on Suomessa ja yleisesti ottaen muuallakin ollut jo 1970–1980-luvulta alkaen jatkuvasti voimakkaassa nousussa (Stjernberg & Below 2000).

Merikotkan aktiivinen vaino on lähes loppunut Suomessa (Joutsamo 2003), ja ympäristömyrkytkin on saatu melko hyvin hallintaan (Stjernberg & Below 2000). Nykyisin merikotkan suurimpina uhkina pidetäänkin sopivien pesimäympäristöjen ja pesäpuiden puutetta sekä häirintää (Koivusaari 1993; Saurola 1993; Stjernberg & Below 2000). Niiden syynä ovat metsien uudistamis- ja hoitotoimet, liikenne ja rakentaminen (Rassi ym. 2010) sekä metsien ja vesien virkistyskäyttö.

Kannan alkaessa toipua ensin uudelleen asutettiin vanhastaan tunnetut merikotkareviirit. Sitten merikotkat levisivät rannikolla sellaisille alueille, joilla ne eivät olleet pesineet sataan vuoteen. Nykyisin yhä useampi uusi reviiri perustetaan alueelle, jolla merikotka ei ole pesinyt historiallisena aikana eli sinä ajanjaksona, josta on säilynyt varmoja tietoja nykypäivään. (Stjernberg ym. 2003b.) Myös populaatiotiheys on kasvanut (Wallgren ym.1998). Esiintymisalueen laajentuessa Etelä-Suomen sisämaahan merikotkien kohtaamiset ihmisen kanssa lisääntyvät entisestään (Stjernberg & Below 2000). Siten merikotkat ovat yhä useammin lakisääteisten suojelutoimien kohteena samalla, kun lajin yleistyminen vähentää sen uhanalaisuutta. On mahdollista, että pesiminen kaukana asutuksesta ja metsänhakuista on vain merikotkan pesäpaikkapreferenssi. Siksi suojelua ja metsänhakkuita yhteen sovitettaessa onkin tärkeintä arvioida, minkälaisen metsänkäsittelyjen jälkeen merikotkat pystyvät hyväksymään pesäpaikan ja minkälainen metsänkäsittely todella laskee merikotkien pesimätulosta.

### 1.2.2. Pesimähabitaattivaatimuksista

Merikotkan pesimäympäristön valinnassa oleellisimpia seikkoja ovat ravinnonsaantimahdollisuudet ja sopiva pesäpuu (Gerdehag & Helander 1988), sillä sopivia pesäpuita on niukasti tarjolla (Kulves 1973). Koivusaari ym. (1980) sekä Stjernberg ym. (1998) korostavat näiden lisäksi alueen rauhallisuuden tärkeyttä. Puuston ikä (Koivusaari 1993) ja lajisto sen sijaan vaihtelevat merikotkan pesimäympäristöissä huomattavasti. Joskus merikotkat hyväksyvät pesäpuukseen jopa hakkuulle jätetyn säästö- tai siemenpuun, vähintäänkin väliaikaisratkaisuna (Gerdehag & Helander 1988).

Koivusaaren ym. (1980) mukaan ihmistoiminta pesäpaikan lähistöllä erityisesti lisääntymisaikana voi johtaa pesinnän epäonnistumiseen. Arinta aikaa on muninta- ja haudonta-aika maaliskuun alusta toukokuun puoleen väliin. Ihmisen lähestyminen ajaa munia tai poikasia lämmittävän merikotkaemon pesältäään, jolloin paleltumiskuolema tai pesärosvot saattavat tuhota pesinnän. Jo ennen munintaa pesää rakentavat emot ovat herkkiä ihmisen toimille pesimäalueella. Häiriö voi johtaa pesimäyrittelyn keskeytymiseen tai siirtymiseen vaihtopesälle, jos vaihtopesä tai sopiva paikka sen rakentamiseen on reviirillä tarjolla. (Koivusaari ym. 1980.)

### 1.2.3. Metsänkäsittelyn lainsäädäntö ja ohjeet pesien lähellä

Merikotkan pesien ja pesimähabitaattien suojelemiseksi on säädetty useita lakeja ja asetuksia. Jo vuoden 1926 luonnonsuojelulaki suojeli merikotkan sekä sen pesäpuun, pesän, munat ja poikaset, mutta ei pesimähabitaattia. 1970- ja 1980-luvulla keskusmetsälautakunnat Tapio ja Skogskultur antoivat suosituksia yksityisille maanomistajille. 1970-luvulta lähtien Merikotkatyöryhmä neuvotteli yksityisten maanomistajien ja metsäteollisuuden kanssa hakkuiden toteuttamisesta. Vuonna 1987 Suomen lakiin lisättiin käsitteet ”uhanalainen laji” ja ”erityisesti suojeltava laji”. Vuonna 1991 säädettiin, että erityisesti suojeltaville lajeille tuli laatia tarvittaessa suojeleohjelmat. (Stjernberg 2002.)

Vuonna 1997 voimaan astuneen uudistetun Luonnonsuojelulain 47 § on tärkeä merikotkan pesimähabitaattien suojelun kannalta. Tämän pykälän mukaan sellainen uhanalainen eliölaji, jonka häviämishuhto on ilmeinen, voidaan säätää erityisesti suojeltavaksi lajiksi. Erityisesti suojeltavan lajin säilymiselle tärkeän esiintymispaikan hävittäminen tai heikentäminen on kielletty. Merikotka määriteltiin erityisesti suojeltavaksi lajiksi vuonna 2005 Luonnonsuojeluasetuksen muutoksella. Ahvenanmaan luonnonsuojelulaki suojelee jokaisen tunnetun pesäpaikan siten, että suojavaöhykkeen sisällä tietyt häiritsevät toimet on kielletty, ja maanomistaja voi saada korvausta taloudellisesta menetyksestä (Joutsamo 2003).

Luonnonsuojelulain- ja asetuksen sekä Ahvenanmaan maakuntalakien lisäksi merikotkan suojelustatus Suomessa perustuu muun muassa Euroopan Unionin lintudirektiiviin, Uhanalaisten lajien seurantatoimikunnan arviointiraportteihin, alueellisiin merikotkan suojelusuunnitelmiin sekä ohjeisiin petolintujen pesimäalueiden metsänkäsittelystä (Joutsamo 2003).

Merikotkien pesien ympärille on määritelty puskurivyöhykkeitä, jotka rajoittavat metsänkäsittelyä ja muuta toimintaa. Usein vyöhykkeitä on kaksi: sisempi A-vyöhyke tarjoaa kokoaikaista suojaa, ja ulompi B-vyöhyke koskee vain pesimäkautta. (Newton 1979.) Suomessa viranomaiset ovat antaneet suojavaöhykesuosituksia 1970-luvulta lähtien (Stjernberg 2002). Vuoden 1993 ohjeissa (Metsähallitus 1993) A-vyöhykkeen säde oli 100 metriä (500 metriä suojametsäalueilla) ja pesimäkauden alku määriteltiin helmikuun alkuun. Ohjeiden mukaan vyöhykkeet tuli rajata noudattaen maaston

luontaisia muotoja. Pesimäajan ulkopuolellakin ulommalla säteeltään 500-metrisellä B-vyöhykkeellä tuli tehdä vain varovaisia harvennushakkuita tai pienialaisia (korkeintaan yhden hehtaarin kokoisia) kaistalehakkuita. Lisäksi suositeltiin, että helmi–huhtikuussa metsätaloustoimenpiteitä tulisi välttää yhden kilometrin säteellä pesästä. Uusimmassa Metsätalouden ympäristöoppaassa (Metsähallitus 2004) sanotaan, että kullakin pesällä toimitaan laaditun pesäkohtaisen suojelusuunnitelman mukaisesti. Ympäristöviranomaisten, metsätalouden edustajien ja luonnonsuojelujärjestöjen yhteishankkeena toimittama Metsänkäsittely- ja linnusto -opas (Hokajärvi ym. 2002) suosittaa A-vyöhykkeen rajaksi vähintään 50 metriä ja B-vyöhykkeen rajaksi 500 metriä.

Metsähallituksen ohjeet koskevat varsinaisesti valtion metsiä. Yksityismailla ohjeet ovat suosituksen luonteisia lukuun ottamatta Ahvenanmaata, missä pesäympäristöt on suojeltu maanomistuksesta riippumatta. Periaatteessa pesän ympäristö on suojeltu yksityismaillakin vuoden 1997 Luonnonsuojelulain, jos pesä on lajin suotuisan suojelun kannalta merkittävä. Suojelu vaatii voimaan astuakseen ELY-keskuksen rajauspäätöksen. (Stjernberg & Below 2000.) ELY-keskus saa tiedon pesäalueella suunnitteilla olevista hakkuista Metsäkeskukselta, jonne hakkaajan on toimitettava metsänkäyttöilmoitus viimeistään 14 vuorokautta ennen hakkuun aloittamista. Luonnonsuojelulain mukaisissa rajauksissa A-suojavyöhykkeen leveys on Varsinais-Suomen ELY-keskuksen ylitarkastajan Olli Mattilan (17.11.2009, suullinen tiedonanto) mukaan tyypillisesti 50 tai 100 metriä. Mattila sanoo, että rajauspäätöksen leveyteen vaikuttavat maastonmuodot ym. näköesteet: jopa viidenkymmenen metrin päähän pesästä voidaan tehdä avohakkuu, jos pesältä ei muodostu näköyhteyttä mökille, tielle tms. Varsinainen luonnonsuojelulain mukainen rajauspäätös tehdään Mattilan mukaan vain, jos pesällä on ollut hyvä poikastuotto edellisinä vuosina. ELY-keskuksen rajauskäytännön pohjana ovat Mattilan mukaan Tapion opas sekä Petolinnut ja metsätalous -opas (Kontkanen & Nevalainen 2002). Viimeksi mainittu opas kuitenkin suosittaa sekä avo- että harvennushakkuun rajaksi 100 metriä pesältä. Tapio ei ole julkaissut aiheesta itsenäistä opasta, vaan ainoastaan Metsätehon oppaaseen (Hokajärvi ym. 2002) perustuvan metsänhoitokortin ”Petolinnut ja metsänkäsittely” (tieto Anne Bondarew, 12.10.2012 sähköposti). Metsätehon opas sallii hakkuut 50 metrin etäisyydellä pesästä. Maanomistaja ei saa automaattisesti korvausta luonnonsuojelulain mukaisen rajauspäätöksen seurauksena. Korvausta voi kuitenkin saada hakemuksen



perusteella. Käytännössä suojele pyritään hoitamaan yksityismailla vapaaehtoisin keinoin. Jos pesäalue täyttää METSO-ohjelman kriteerit, alue voidaan rauhoittaa määrääjäksi korvausta vastaan. (O. Mattila 17.11.2009, suullinen tiedonanto.)

Merikotkan pesän olemassaolo siis rajoittaa alueella tehtäviä metsätaloustoimenpiteitä, mikä aiheuttaa kiistoja suojeleuasiantuntijoiden ja metsänomistajien välillä. Tällä hetkellä tunnetaan jo noin 800 merikotkan pesäpuuta, joten niiden ympäristön suojelesta aiheutuu suuria kustannuksia. Ongelmana on se, että merikotkien pesän lähiympäristössä tehtävien metsänhakkuiden vaikutuksista merikotkien pesintään ei ole tutkittua tietoa. Aikaisemmat suositukset ovat perustuneet lähinnä näppituntumaan. Tiedolle on kiireellinen tarve metsänkäsitteilyn sopivan ohjeistuksen ja suojelealueiden rajaamisen kustannus/hyötysuhteen kannalta.

### *1.3. Aikaisempi tutkimus aiheesta*

Petolintujen habitaateista on tehty paljon tutkimuksia, ja yleisimmin ne käsittelevät nimenomaan pesimäympäristöä (Löhmus 2003). Merikotkan pesäpaikkavaatimuksia ovat tutkineet mm. Kulves (1973) ja Munsterhjelm (2006). Myös muun ihmistoiminnan kuin hakkuiden vaikutusta merikotkan pesimämenestykseen ja pesäpaikan valintaan on tutkittu. Esimerkiksi Folkestad (2003) havaitsi, että pesimämenestys on parempi yli 1 km kuin alle 1 km yleisistä teistä ja asutuksesta sijaitsevilla pesillä. Tutkimusalue oli vähäpuustoinen, mikä saattoi lisätä häiriöetäisyyttä.

Sen sijaan hakkuiden vaikutuksia merikotkan pesintään koskeva tieto perustuu lähinnä yksittäistapauksiin tai pitkän ajan kuluessa kertyneeseen mielikuvaan. Koivusaari ym. (1980) toteavat, että muutamissa tapauksissa pesän läheisyydessä tehdyt hakkuut ja puunajo ovat häirinneet pesintää niin paljon, että poikaset ovat kuolleet hoidon ja ravinnon puutteeseen. Toisaalta hakkuuaukon olemassaolonkin on havaittu häiritsevän pesintää. Koivusaaren ym. (1980) mukaan hakkuu muuttaa pesäympäristön yleensä merikotkalle sopimattomaksi. Heidän mukaansa tällaisen pesän autioituminen johtuu lisääntyneen näkyvyyden tuomasta lisääntyneestä ihmisten vierailusta pesän luona. Koivusaari ym. (1980) viittaavat tässä tosin tapauksiin, joissa pesän ympärille on jätetty vain muutaman puun suojavaiohyke. Munsterhjelminkin (2006) tutkimus sivusi hakkuiden mahdollisia vaikutuksia merikotkan pesintään, vaikkei hän suoraan

tarkastellutkaan itse hakkuutapahtumien vaikutuksia. Munsterhjelm näet totesi, että merikotkan pesimämenestys on sitä parempi, mitä kauempana pesä on metsänreunasta, tosin 80 % näistä metsänreunoista oli luontaisesti syntyneitä. Munsterhjelm (2006) totesi myös, että merikotkien pesimämenestys on parempi siemenpuuasentoisissa metsissä kuin hakkaamattomissa tai avohakatuissa pesämetsissä.

Kokemuksen aiemmista pesäpaikoista ja pesimämenestyksestä niissä on havaittu vaikuttavan lintujen pesäpaikanvalintaan (Klopper & Ganzhorn 1985). Esimerkiksi hiirihaukat (*Buteo buteo*) ja haarahaukat (*Milvus migrans*) vaihtavat pesää helpommin epäonnistuneen kuin onnistuneen pesinnän jälkeen (Newton 1979). Siksi minäkin huomioin edellisen kauden pesimämenestyksen pesänvaihtotodennäköisyyttä selittävässä mallissa.

#### *1.4. Tutkimukseni aihe, keinot ja tavoitteet*

Tässä tutkimuksessa selvitän pesän lähistöllä tehtyjen hakkuiden vaikutusta merikotkan pesintään. Pääasiassa tutkin hakkuuaukon olemassaolon vaikutusta pesimämuuttujiin, kuten pesinnän jatkumiseen samalla pesällä ja pesimäyritysten onnistumiseen. Testaan kuitenkin myös hakkuun välitöntä vaikutusta saman tai seuraavan pesimäkauden pesintään, minkä avulla yritän selvittää itse hakkuutapahtuman häiriövaikutusta.

Tutkimukseni hypoteeseja ovat, että metsätaloustoimet häiritsevät merikotkien pesintää sekä suoraan hakkuu aikaisten häiriöiden kautta että epäsuorasti lisäämällä näkyvyyttä pesän ympäristössä. Paremman näkyvyyden ansiosta merikotkaemo havaitsee pesän lähistöllä liikkuvan ihmisen kauempaa. Siksi pesäalueen hakkuut saattavat vaikuttaa merikotkaemojen arvioon pesäpaikan predaatoriskistä ja johtaa sitä kautta merikotkaparin siirtymiseen toiselle vaihtopesälle tai johtaa pesimäyrityksen epäonnistumiseen munien tai poikasten paleltumisen vuoksi emon paetessa pesältä.

Tutkin hakkuiden ja pesimämenestyksen yhteyttä havainnoivasti. Toki parempi olisi lähestyä kysymystä kokeellisesti, jotta voisin kontrolloida kaikkia tuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Merikotkan pesimäympäristön kokeellinen manipulointi olisi kuitenkin mahdotonta johtuen mm. rauhoitusmääräyksistä, mittakaavasta ja kustannuksista. Käytän mikrohabitaatinvalintatutkimuksessa yleistä eläinlähdistä lähestymistapaa

(Morrison ym. 2006), jossa merikotkan pesä määrää sen alueen ja ajankohdan, jolta hakkuut on mitattu.

Tutkin hakkuiden vaikutusta sekä pesätasolla että reviiritasolla. Yksittäisen hakkuun mahdollisia vaikutuksia voidaan tutkia luotettavimmin pesätasolla. Oletan, että pesän ympäristön hakkuut voivat laskea pesimämenestystä myös reviiritasolla, jos sopivia vaihtopesäpaikkoja ei ole saatavilla tai jos hakkuutapahtuman ja pesimäkauden välissä ei ole aikaa rakentaa uutta vaihtopesää. Reviiritasonkin tarkastelu on tärkeää, jos halutaan selvittää, onko metsätaloustoimilla vaikutusta merikotkaparin lisääntymiseen ja sitä kautta merikotkakannan kehitykseen.

Vertaan niitä pesiä ja reviierejä, joilla on vähintään yksi hakkuu 600 metrin säteellä pesästä, kokonaan hakkaamattomiin pesiin ja reviiereihin. Tarkastelen hakkuutapahtuman välitöntä vaikutusta vertaamalla hakkuuvuosia hakkuuttomiin vuosiin niillä pesillä, joiden alueella on tehty hakkuuta 2000-luvulla. Tutkin myös, miten hakkuun etäisyys pesästä ja hakkuun tyyppi (uudistushakkuu vai kasvatushakkuu) vaikuttavat mahdolliseen häiriöön. Tarkastelen hakkuiden vaikutusta pesimiseen eri tasoilla: pesivätkö merikotkat vai eivät, vaihtavatko ne pesää ja onnistuvatko pesimäyritykset. Poikastuottoa tarkastelen tapauksesta riippuen joko poikasluvun tai poikastuottovuosien yleisyyden kannalta. Hakkuun etäisyyden vaikutusta pesintään tutkin ainoastaan pesätasolla, sillä reviiritasolla lähimmän hakkuun etäisyys vaihtelee paljon eri vaihtopesillä.

Pesintään liittyvät muuttujat riippuvat mahdollisten hakkuiden aiheuttamien häiriöiden lisäksi myös muista ympäristötekijöistä ja merikotkien yksilöllisistä eroista. Koska näiden tekijöiden vaihtelua ei voida havainnoivassa tutkimuksessa poistaa verrattaessa eri yksilöiden pesintää eri paikoissa, tarkastelen myös pesintään liittyvien muuttujien muutosta samalla pesällä. Lasken pesimäyritysten onnistumisen ja poikastuoton muutoksen sekä pesänvaihtotodennäköisyyden kahden vuoden aikana ja tutkin, riippuuko muutos siitä, onko näiden vuosien välillä tehty uudistus- tai kasvatushakkuu pesäalueella. Lisäksi tutkin mahdollisen hakkuun etäisyyden vaikutusta pesimämuuttujien kahden vuoden aikaiseen muutokseen.

Tutkin myös, vähentääkö edellisvuoden pesimäyrityksen epäonnistuminen pesänvaihtotodennäköisyyttä. Selvitän myös pesinnän onnistumisen ja pesän

uudistushakkuutilanteen yhdysvaikutusta pesinnän jatkumiseen samalla vaihtopesällä. Siltä varalta, että lähellä pesää olevilla hakkuilla on kyseinen yhdysvaikutus, mutta kauemmilla hakkuilla ei, tutkin sekä 600 metrin että 300 metrin säteellä pesästä olevien uudistushakkuuaukkojen ja edellisvuoden pesinnän onnistumisen yhdysvaikutusta pesänvaihtoon. Lopuksi tarkastelen sitä, monessako tapauksessa merikotkat ovat yrittäneet pesiä yleisiä suojavajöhykerajoja lähempänä uudistushakkuuaukkoa, ja miten nämä pesimäyritykset ovat onnistuneet.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1. Tutkimuslaji

Merikotka (*Haliaeetus albicilla*) on suurikokoinen petolintu, joka kuuluu lahkoon Falconiformes ja heimoon Accipitridae (Hailer 2006). Merikotkan levinneisyysalue ulottuu Tyyneltämereltä Grönlantiin, mutta levinneisyyden ydinaluetta on Itämeren rannikko ja Norjassa Atlantin rannikko (Génsböl 2008). Suomessa merikotkan levinneisyysalue kattaa nykyisin lähes koko rannikkoalueen. Sisämaassa lajin vahvoja asuinalueita on Lapin tekojärvien ja Kuusamon seudulla, mutta yksittäisiä sisämaapesintöjä on havaittu myös Etelä- ja Keski-Suomessa. (Valkama ym. 2011.)

Merikotka on pitkäikäinen laji, joka muodostaa elinikäisen parisiteen (Koivusaari ym. 1980). Parilla on pesimäreiviiri, jota se puolustaa (Forsman 2007). Tavallisesti suomalaiset merikotkat talvehtivat saaristoa kierrellen eivätkä pysy reviirillään (Koivusaari ym. 1980), tosin Suomen lounaisrannikon merikotkat talvehtivat usein ainakin reviirien lähialueilla (Koivusaari 1993). Merikotkaparilla on yleensä kaksi tai useampia vaihtopesiä, joista yksi on yleensä suosikkipesä (Gerdehag & Helander 1988). Asuttujen (eri reviirien) pesien väli on havaittu olevan Suomessa vähintään 1,5 kilometriä (Stjernberg & Below 2000). Merikotkat saattavat käyttää pesää vuosikymmeniä (Koivusaari ym. 1980), jopa yli sata vuotta (Gerdehag & Helander 1988). Koivusaaren ym. (1980) mukaan vaihtopesät ovat sattumanvaraisesti käytössä vuorovuosina. Tutkimusaineistossani vaihtopesien käyttö ei kuitenkaan vaikuta satunnaiselta, vaan on tavallista, että pari käyttää samaa pesää 5–10 vuotta yhteen menoon. Joskus vaihtopesät voivat sijaita hyvinkin lähekkäin, mutta yleensä pesän vaihdossa myös pesimäympäristö vaihtuu.

Merikotkat aloittavat pesänrakennuksen kevättalvella (Koivusaari ym. 1980), joskus jo syksyllä (Koivusaari 1993). Pesinnän aluksi merikotkapari koristelee pesänsä sammalilla, heinillä, tuoreilla havuilla tai puunlehdillä (Kulves 1973; Koivusaari ym. 1980). Muninta tapahtuu useimmiten maaliskuussa (Stjernberg & Below 2000). Naaras hautoo munia 5–6 viikkoa. Pesäpoikasaika kestää kymmenisen viikkoa. (Koivusaari ym. 1980.) Poikaset ovat lentokykkyisiä heinäkuussa (Stjernberg & Below 2000).

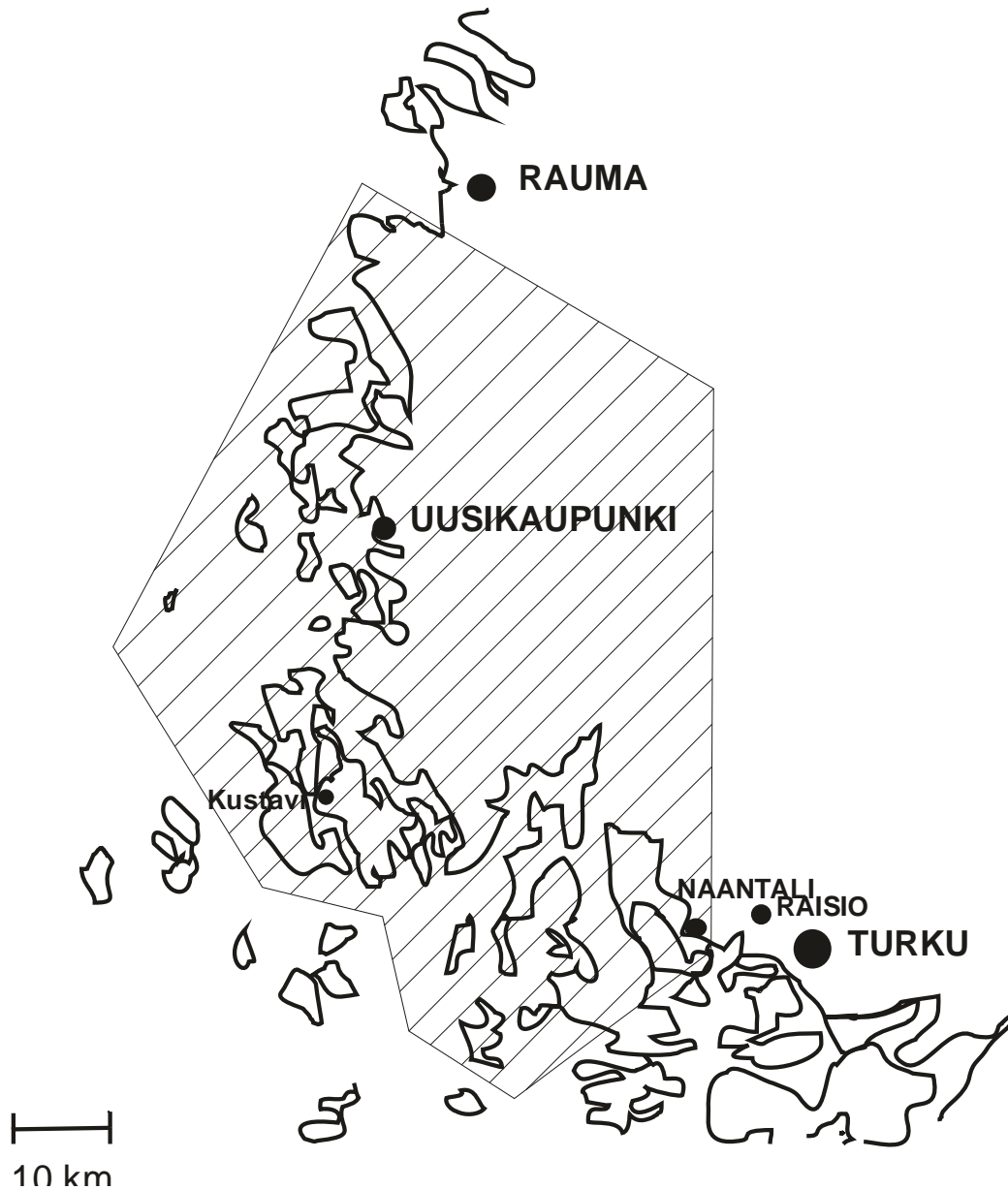
Suomessa merikotkan yleisin pesäpuu on mänty (Koivusaari ym. 1980). Puuttomilla luodoilla pesä voi olla jopa maassa (Stjernberg ym. 2003a). Pesä sijaitsee useimmiten jonkin verran latvuksen alapuolella (Koivusaari ym. 1980). Pesäpuussa pitää olla jyrkät tukihaarat kannattelemaan jopa 1200 kg (Gerdehag & Helander 1988) painavaa pesää ja latvuksessa on oltava lentotila pesälle. Silti pesäpuu ei yleensä herätä huomiota, ja pesän sijaintia tuntemattoman ihmisen voikin olla vaikea havaita pesää.

Merikotkan uhanalaisuusluokitus on lieventynyt populaatiokoon kasvaessa. Vuosina 1973 ja 1985 merikotka luokiteltiin Suomessa erittäin uhanalaiseksi (Koivusaari ym. 1980; Rassi ym. 1986). Vuonna 1992 uhanalaisuusluokitus pudotettiin vaarantuneeksi, mikä johtui lähinnä Ahvenenmaan parantuneesta tilanteesta (Rassi ym. 1992). Vuoden 2000 uhanalaisuusluokituksessa merikotka määriteltiin yhä vaarantuneeksi ja sitä esitettiin nimettäväksi erityisesti suojeltavaksi lajiksi (Rassi ym. 2001). Kansainvälisen luonnonsuojeluliiton uhanalaisluokituksessa merikotka arvioitiin jo vuonna 2005 luokkaan elinvoimaiset (LC) (BirdLife International 2012). Merikotkapopulaatio on Suomessakin jatkuvassa nousussa, mutta ainakaan vielä vuoden 2010 uhanalaisluokituksessa (Rassi ym. 2010) merikotkan uhanalaisluokitusta ei ole lievennetty luokasta vaarantunut. Suomessa arvioidaan olevan noin 1500 merikotkayksilöä (WWF 2012). Maailman kokonaispopulaatiokooksi arvioitiin jo vuonna 2004 karkeasti 20300–39600 yksilöä, joista 50–74 % elää Euroopassa (BirdLife International 2012).

## *2.2. Aineisto ja sen keruumenetelmät*

Rajasin tutkimukseni Lounais-Suomen Metsäkeskuksen alueelle. Käytännössä tämän alueen pesät sijaitsivat Rauman ja Naantalin välisellä rannikko- ja saaristovyöhykkeellä.

Alueen eteläosassa Saaristomerellä tutkimusalueeseeni kuului mantereen lisäksi vain sisäsaaristo ja osa välisaaristosta (kuva 1).



Kuva 1. Tutkimukseni sijoittui vinoviivituksella kuvatulle alueelle.

Ajallisesti tutkimus koski pesimäkausia 2000–2009, sillä hakkuutietoja ei ollut saatavilla aikaisemmilta vuosilta. Tutkimus on kokonaistutkimus eikä otantatutkimus, sillä tutkin kaikki kyseisellä alueella ja ajankohtana olevat reviirit, pesät ja pesintävuodet. Päädyin kokonaistutkimukseen, jotta otoskoosta tulisi mahdollisimman suuri. Otokokoa ei ollut mahdollista kasvattaa tutkimuksen maantieteellistä ulottuvuutta laajentamalla, koska hakkuutiedot piti kerätä pesäalueiden metsähallinnosta vastaavan Lounais-Suomen Metsäkeskuksen tiloissa. Resurssisyistä en voinut

matkustaa useaksi viikoksi vieraalle paikkakunnalle jonkin toisen Metsäkeskuksen toimipisteeseen.

Pesimätietoaineistona käytin WWF:n valtakunnallisen merikotkatyöryhmän vuosittain keräämiä tarkkoja tietoja merikotkien pesimämenestyksestä. Vapaaehtoiset inventoijat ovat tarkastaneet jokaisen tunnetun reviirin vuosittain, ja uusia reviirejä on etsitty tehokkaasti. Pesillä on vierailtu toukokuun lopulla – kesäkuun alussa rengastamassa poikaset, jolloin on selvitetty vuotuinen lisääntymistulos. (Stjernberg ym. 2003b.) Laki kieltää merikotkan pesinnän häiritsemisen, joten pesien tarkastukset on tehty erikoisluvalla. Pesäkäynti rengastuksineen on tehty vasta siinä vaiheessa, kun poikaset ovat 4–5-viikkoisia ja noin 2,5 kg painavia. Tällöin poikasilla on riittävä suojaava höyhenpeite, jotta ne eivät palellu emon ollessa pois pesältä lämmittämästä. Toisaalta poikaset eivät vielä ole niin kehittyneitä, että ne pakenisivat rengastajaa liian aikaiseen lentoyritykseen. (Koivusaari ym. 1980; Koivusaari 1993.) Tiedot on tallennettu sähköisessä muodossa Haliaeetus-tietokantaan.

Hakkuuaineiston keräsin Metsäkeskuksen sähköisessä tietokannassa ja paperiarkistossa olevista metsänkäyttöilmoituksista. Metsänkäyttöilmoitukset ovat ilmoituksia suunnitelluista hakkuista. Toteutuneista hakkuista ei ole olemassa yhtenäistä tietokantaa. Metsänkäyttöilmoituksessa kuvattu hakkuu on voitu tehdä 14 vuorokauden – kahden vuoden kuluessa ilmoituksen jättämisestä. Kävin läpi Lounais-Suomen Metsäkeskuksen alueelta kaikki metsänkäyttöilmoitukset kunkin pesän alueelta (600 metrin säteeltä) vuodesta 1997 lähtien. Myöhemmin kuin vuonna 2000 löytyneiden pesien osalta kävin läpi hakkuutiedot aloittaen kaksi vuotta ennen pesän löytymistä. Valitsin tutkittavien hakkuiden etäisyysrajaksi 600 metriä aikaisempien pesäalueen rajaussuosituksen perusteella. Yleisimmin käytetty B-vyöhykkeen raja on ainakin Suomessa 500 metriä (Metsähallitus 1993; Hokajärvi ym. 2002), ja suositukset perustuvat parhaisiin olemassa oleviin asiantuntija-arvioihin. Siksi oletin, että ainakaan 600 metriä kauempana pesästä tehtävät hakkuut eivät häiritse pesintää.

Kopioin metsänkäyttöilmoituksista hakkuiden rajat Maanmittauslaitokselta hankkimiini ilmakuvatulosteisiin käsin piirtäen ja mittasin ilmakuvatulosteesta hakkuun etäisyyden pesän sijaintikoordinaatteja vastaavalle pisteelle. Kaiken kaikkiaan sain hyvin kattavasti kerättyä käyttöpuuta tuottavat (ei taimikon harvennukset tms.) 2000-luvulla tehdyt hakkuut kunkin pesän ympäristöstä siltä ajalta, jonka pesä on ollut olemassa. Tarkensin

hakkuiden ajoitusta alueen metsänhoitoyhdistysten ja metsäyhtiöiden (Metsäliitto ja UPM, Stora Ensosta ei vastattu tiedusteluihini) hakkuutiedoilla. Osan hakkuista sain ajoitettua jopa kuukauden tarkkuudella, mutta monien hakkuiden kohdalla en saanut varmistettua edes sitä, että ne on toteutettu. Tämä ei ole merkittävä ongelma, sillä vain noin 5–10 % ilmoitetuista hakkuista jää toteuttamatta (Uitamo, Janne (Lounais-Suomen Metsäkeskuksen johtava esittelijä), suullinen tiedonanto 22.5.2009). Aineistossani toteutumattomien hakkuiden määrä lienee vielä tätä pienempi, sillä en ottanut aiemmin ilmoitettua hakkuuta mukaan aineistooni, jos totesin samalta paikalta ilmoitetun myöhemmin samanlaisen hakkuun.

Yhteensä Lounais-Suomen Metsäkeskuksen alueen kunnissa oli vuoteen 2009 mennessä havaittu 31 merikotkareviiriä, joilla oli tiedossa kaikkiaan 66 pesää. Näistä 37 pesällä (jotka sijaitsivat 18 eri reviirillä) oli tehty hakkuuta 600 metrin säteellä pesästä tutkittuna ajankohtana. Kolmellatoista reviirillä ei ollut tehty hakkuuta pesäalueilla 2000-luvulla. Kaikkiaan hakattuja metsäkuvioita oli 553 kpl, joista 212 oli uudistushakkuuta (ns. aukkohakkuuta) ja 341 kasvatushakkuuta (ns. harvennushakkuuta). Yhdistin ja karsin metsäkuvioita hakkuuaineistosta vastaamaan paremmin merikotkien kokemaa haittaa. Oletin, että jos hakkuut häiritsevät merikotkan pesintää, lähin tietyn tyyppin hakkuu haittaa merikotkaa eniten. Oletin myös, että yhtä kaukana olevista hakkuista uudistushakkuu on kasvatushakkuuta haitallisempi. Yhdistin saman maanomistajan samana päivänä jättämät metsänkäyttöilmoitukset, jos ne koskivat samaa hakkuutyyppeä (uudistushakkuu/kasvatushakkuu). Laskin etäisyyden vain hakatun alueen lähimpään kohtaan. Poistin kasvatushakkuut eli ”harvennushakkuut” aineistosta, jos lähempänä pesää oli samanaikainen uudistushakkuu. Jos yhtäaikaisista hakkuista harvennushakkuu oli uudistushakkuuta lähempänä, jätin molemmat hakkuutyypit aineistoon. Edellä kuvattujen yhdistelyjen jälkeen aineistossa oli jäljellä 182 hakkuuta, joista 93 oli uudistushakkuuta ja 89 kasvatushakkuuta. Hakkuut painottuivat mantereelle ja sisäsaaristoon (taulukko 1).

Taulukko 1. Reviirien sijainti suhteessa mantereeseen (montako kappaletta milläkin vyöhykkeellä). Sijaintijaottelu on tehty seuraavin perustein: Sisäsaaristolla tarkoitetaan saaria, joihin pääsee autolla sillan tai lossin kautta. Välisaaristossa on asutusta, mutta sinne ei kulje siltaa tai lossia. Ulkosaaristossa ei ole asutusta eikä autoteitä.

<b>Reviirin hakkuustatus</b>	<b>Mantereella</b>	<b>Sisäsaaristossa</b>	<b>Välisaaristossa</b>	<b>Ulkosaaristossa</b>
Hakattu reviiri	7	8	3	0
Hakkaamaton reviiri	1	2	6	4



Tutkimuksen havainnoivan luonteen vuoksi en voinut korjata hakkuiden epätasaista maantieteellistä jakaumaa.

Useimmissa tapauksista täytyi tietää hakkuun ajoitus joko tarkasti (vähintään yhden vuoden tarkkuudella eli mikä oli ensimmäinen pesimäkausi, johon hakkuu vaikutti) tai niin, että onko hakkuuaukko ollut olemassa tietyssä vuonna. Määritin hakkuun tapahtumavuoden siten, että hakkuu oli tapahtunut (vähintäänkin aloitettu) joko kyseisen vuoden pesimäkaudella tai edellisen pesimäkauden jälkeen. Jos hakkuusta ei ollut tarkkaa ajoitusta, laskin hakkuuvuodeksi sen vuoden, jolloin oli ensimmäinen metsänkätöilmoituksen jättöä seuraava pesimäkausi (kun metsänkätöilmoituksen 14 vuorokauden varoaika lasketaan mukaan). Laskin pesimäkauden olevan hakkuiden mahdollisten haittojen osalta 15.1.–15.6. Arvioin pesimäkauden siis melko lyhyeksi. Kesäkuun puolivälin jälkeen olevat hakkuut saattavat vielä vaikuttaa merikotkan pesimiseen, koska poikaset ovat vielä tällöin pesässä (Koivusaari ym. 1980). Valitsin kuitenkin tällaisen pesimäkausirajauksen siksi, että kesällä tapahtuva hakkuu ei luultavasti johtaisi poikasten kuolemaan, vaikka emot pelästyisivätkin hakkuutta. (Tämä arvioni perustuu siihen, että Koivusaari ym. (1980) arvioivat, etteivät pesäinventoinnit johda poikasten kuolemaan. Pesäinventoinnit on suoritettu suurelta osin ennen kesäkuun puoltaväliä (Stjernberg ym. 2003b). Toki hakkuun aiheuttama häiriö on paljon pitkäaikaisempi kuin pesäinventoinnin aiheuttama häiriö.) Toisaalta seuraavan vuoden pesinnässä näkyisi, jos hakkuusta olisi pysyvää haittaa.

### *2.3. Tilastanalyysit*

Aineiston tilastollisen analyysin tein SAS-ohjelman versiolla 9.2. Proseduurina käytin GLIMMIX:iä, koska tämä proseduuuri soveltuu yleistyttä lineaarisiin sekamalleihin. Siksi se sopi aineistolleni, jonka vastemuuttujat eivät ole normaalijakautuneita vaan binaarisia, binomiaalisia tai Poisson-jakautuneita, ja jonka selittävässä muuttujassa on sekä kiinteitä tekijöitä että satunnaistekijöitä. Monissa testeissä yhdeltä reviiriltä ja toisinaan myös pesältä oli useita havaintoja. Käsittelin pesää ja reviiriä satunnaistekijöinä huomioidakseni tämän havaintojen keskinäisriippuvuuden. Pesän ollessa satunnaistekijä pesitin sen reviirin alle. Laitoin pesän ja reviirin yleensä R-puolen satunnaismuuttujaksi (katso lisätietoja R- ja G-puolen satunnaismuuttujista

esimerkiksi SAS-ohjeen (SAS Institute Inc. 2008) sivulta 2081), sillä en varsinaisesti halunnut testata pesän ja reviirin merkitystä selittäjinä, vaan ainoastaan huomioida, että muuttujani eivät ole täysin toisistaan riippumattomia toistoja.

Aineiston pienen otoskoon takia käytin vapausasteiden laskentamenetelmänä Kenward–Roger-menetelmää (Kenward & Roger 1997). Ainoastaan silloin, kun testissä oli mukana sekä satunnaistekijä että tapahtumaa/yritystä (events/trials) -muotoinen vastemuuttuja, käytin vapausasteidenlaskentamenetelmänä valintaa DDFM=CONTAIN. Näin siksi, että kyseiset testit vaativat satunnaismuuttujan epälineaarisuuden vuoksi proseduurilauseessa valintaa METHOD=LAPLACE, jonka kanssa ei sovi Kenward–Roger-vapausasteidenlaskentamenetelmä (SAS Institute Inc. 2008).

En hyväksynyt sellaisia tilastollisia malleja, joissa dispersioparametri oli yli 1,35. Dispersioparametrin poikkeaminen tavoitetasosta 1 ylöspäin eli ylidispersio lisää hylkäämisvirheen mahdollisuutta. Esimerkiksi 1,5 on sellainen dispersioparametrin taso, jolla vahvasti merkitsevässä testissä ei saada väärää merkitsevää tulosta. Dispersioparametri 1,5 johtaa kuitenkin väärään merkitsevään tulokseen 0,05:n merkitsevyystasolla, jos testin p-arvo on 0,03–0,05. Alidispersio lisää testin konservatiivisuutta, eikä siksi vaaranna tilastollisten testien luotettavuutta samalla tavalla kuin ylidispersio. (Zuur ym. 2009.) Alidispersio kertoo kuitenkin ongelmista aineiston rakenteessa, joten en hyväksynyt malleja, joiden dispersioparametri oli alle 0,5. Käytännössä raportoimissani testeissä suurin dispersioparametri oli 1,35 ja pienin 0,59.

Kaikkien testien vastahypoteesi oli yksisuuntainen, sillä oletin hakkuista olevan pesinnälle korkeintaan haittaa, ei hyötyä. Hypoteesien yksisuuntaisuudesta johtuen raportoin p-arvot puolta pienempinä kuin ne ovat tilastotestien tulosteissa, joissa ilmoitetaan kaksisuuntaisen hypoteesin p-arvo.

Otin pesätason testeihin mukaan vain ne vuodet, joina kyseinen vaihtopesä oli tarkastettu. Reviiritason testeihin otin mukaan kultakin reviiriltä ne havaintojakson vuodet, joina kyseiseltä reviiriltä oli tarkastettu vähintään yksi vaihtopesä.

Tarkastellessani pesän tai reviirin hakkuustatuksen (onko pesäalueella hakkuuta vai ei välittämättä etäisyydestä) vaikutusta pesintään käytin ”montako vuotta monestako

vuodesta” -muotoisia selitettäviä muuttujia (esimerkiksi pesinnän epäonnistumisvuosia/ pesimäyritysvuosia). Tulkitsin reviirin olevan hakattu, jos vähintään yhdellä vaihtopesällä oli hakkuu vuosien 2000–2009 välillä alle 600 metrin etäisyydellä pesästä (vain kahdella reviirillä oli sekä hakattuja että hakkaamattomia vaihtopesiä). On tärkeää huomioida, että monissa tapauksissa termi hakattu reviiri voi antaa mielikuvan todellisuutta voimakkaammasta pesän ympäristön käsittelystä, sillä hakkuun etäisyydet, pinta-alat ja hakkuutyypit vaihtelevat huomattavasti.

Määrittelin selitettävät muuttujat seuraavalla tavalla: Pesätasolla tulkitsin pesinnän epäonnistuneen kyseisenä vuonna, jos pesällä oli havaittu pesimäyritys (vähintään koristeltu pesä), mutta ei rengastusikäisiä poikasia. Reviiritasolla määrittelin pesinnän epäonnistuneen, jos reviirillä oli havaittu pesimäyritys vähintään yhdellä pesällä, mutta ei rengastusikäisiä poikasia millään pesällä. Pesänvaihdon tulkitsin pesätason testeissä tapahtuneeksi, jos kyseisellä pesällä oli ollut edellisenä vuonna pesimäyritys ja seuraavana vuonna ei. Reviiritason testeissä määrittelin parin vaihtaneen pesää, jos sillä vaihtopesällä, jolla edellisvuonna oli pisimmälle viety pesimäyritys, ei ollut pesimäyritystä kyseisenä vuonna. Pesimättömiksi vuosiksi laskin reviiritasolla ne vuodet, joina vähintään yksi reviirin vaihtopesä oli tarkastettu, mutta pesimäyritystä ei ollut havaittu millään reviirin pesällä. Tämä muuttuja sisältää suurehkon virheriskin, koska kaikkia (varsinkaan uusia) vaihtopesiä ei tunneta, joten niitä ei ole voitu tarkastaa. Poikastuottovuosiksi tulkitsin ne vuodet, joina pesätason testeissä kyseisellä vaihtopesällä tai reviiritason testeissä reviirin jollakin vaihtopesällä oli rengastusikäisiä poikasia.

Pesimätulosaineiston keruuseen liittyvistä käytännön syistä poikastuotto on laskettu rengastusikäisistä poikasista. Rengastusikäisten poikasten tuotto kuvastaa hyvin lentopoikastuottoa, sillä rengastusikäisistä poikasista harva kuollee ennen lentoa lähtöään, ja vielä harvemmin koko poikue tuhoutuu. Tässä iässä poikaset eivät ole enää riippuvaisia emon lämmöstä (Koivusaari ym. 1980), joten pesän häirintäkään ei johda kovin helposti poikasten kuolemaan. Poikastuottovuosien yleisyyttä voidaan pitää pesimisen yrittämisen ja onnistumisen yhteismittana, joka kuvaa monipuolisesti pesäpaikan laatua. Siinä yhdistyvät hakkuiden mahdollisten pesäpaikanvalintavaikutusten ja pesinnän aikaisten haittavaikutusten mittaaminen.

Tutkin etäisyyden vaikutusta pesimämuuttujiin sekä luokittelemalla etäisyyksiä että käyttäen etäisyyttä jatkuvana muuttujana. Luokittelevassa lähestymistavassa jaoin hakkuuvuodet etäisyysluokkiin 200 metrin välein aina 600 metriin asti. Näin sain huomioitua mahdollisuuden, että esimerkiksi alle 200 metrin tai alle 400 metrin etäisyydellä oleva hakkuu vaikuttaa pesinnän onnistumiseen, mutta 400–600 metrin etäisyydellä oleva hakkuu ei vaikuta. Luokittelevassa etäisyydestissä otin mukaan omana luokkana myös hakattujen pesien ne vuodet, joina ei ollut hakkuuta 600 metrin säteellä pesästä. Tutkin hakkuun etäisyyden vaikutusta pesimäyrittysten onnistumiseen luokittelemattomalla etäisyydellä ainoastaan uudistushakkuiden osalta, koska toisten testien perusteella vaikutti siltä, että ainakaan kasvatushakkuilla ei ole välitöntä vaikutusta pesinnän onnistumiseen.

Testeissä, joissa tarkastelin hakkuun etäisyyden vaikutusta pesimäyrittäjien onnistumiseen pesätasolla, vain yhdessä tapauksessa samalta pesältä oli kaksi eri hakkuuetäisyyttä (tarkastelujaksolla vuosina 2000–2009 oli tehty kaksi eri hakkuuta, joiden molempien jälkeen pari oli yrittänyt pesiä kyseisellä vaihtopesällä). En lähtenyt yhden tapauksen takia määrittelemään pesää satunnaismuuttujaksi, vaan poistin kauemman hakkuun jälkeiset pesimäkaudet testiaineistosta.

Tutkiessani hakkuiden yhteyttä pesimämuuttujien muutokseen samalla pesällä kahden vuoden aikana laskin myöhemmän ja aiemman pesimäkauden pesimämuuttujien erotuksen. Otin mukaan testeihin vain ne kahden vuoden pituiset vuosivälit, joina kahden vuoden jakson aloittavalla pesimäkaudella (ennen-pesimäkausi) kyseisellä pesällä oli pesimäyrittäjä. Onnistumisen muutos -testeihin karsin havaintoja lisäksi sillä perusteella, että pesinnän piti jatkua samalla pesällä myös kahden vuoden jakson lopettavalla pesimäkaudella (jälkeen-pesimäkausi). Ei-hakatuiksi vuosiväleiksi hyväksyin vain ne kahden vuoden jaksot, joina ei ollut hakkuuta vertailtavien pesimäkausien välissä, eikä näillä pesimäkausilla. Ei-hakatuissa vuosiväleissä olivat mukana myös kokonaan 2000-luvulla hakkaamattomien pesien ja reviirien havainnot. Hakatuiksi vuosiväleiksi hyväksyin ainoastaan ne vuosivälit, joina hakkuu oli ennen- ja jälkeen -pesimäkauden välissä, ei näillä pesimäkausilla. Tein näin, jotta sain selkeät vertailutilanteet, joista ensimmäiseen ei vaikuta mikään hakkuu ja jälkimmäiseen vaikuttaa hakkuu. Kahden vuoden pesimämuuttujien erotus -testeissä käytin binaarisia muuttujia poikasluvun lasku (laski/ei laskenut), pesinnän jatkuminen samalla

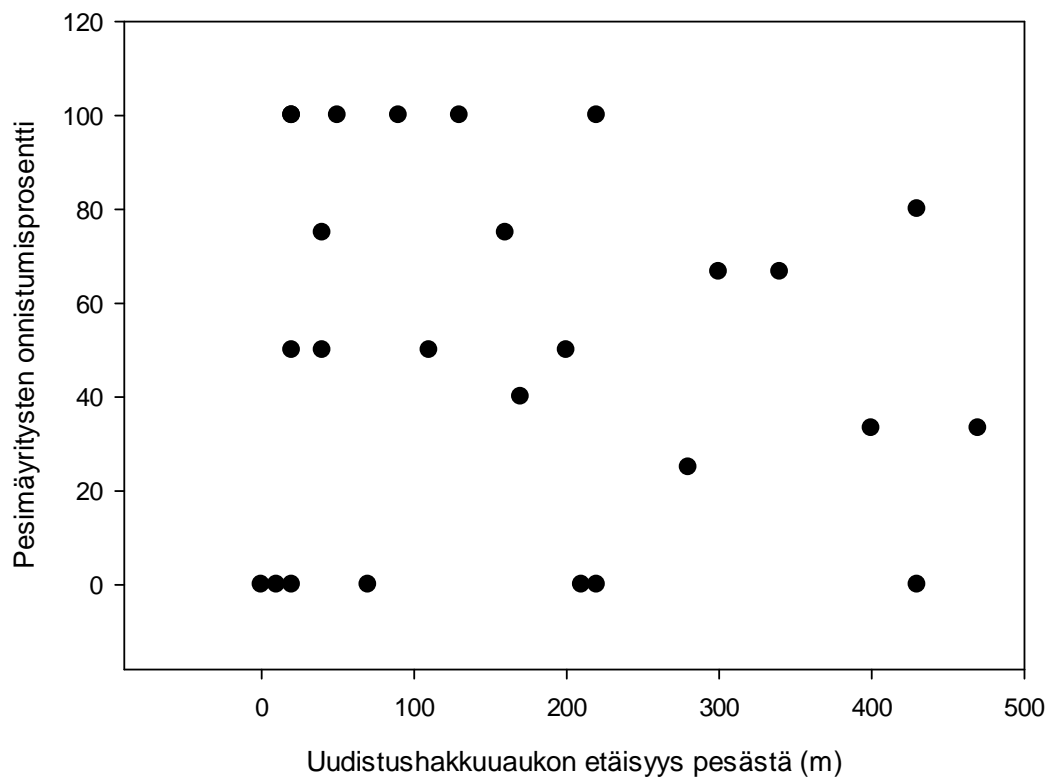
vaihtopesällä (jatkui/ei jatkunut) ja pesintäyrittelyn onnistumisen huononeminen (huononi/ei huonontunut).

Kun tutkin edellisvuoden pesinnän onnistumisen ja pesäalueen uudistushakkuuaukkojen yhdysvaikutusta pesänvaihtoon, testasin lopuksi Lsmeans-lauseen SLICE-option avulla, miten uudistushakkuun olemassaolo vaikuttaa pesänvaihtoon pesinnän onnistumisen eri tasoilla (onnistui/ei onnistunut).

### 3. TULOKSET

#### 3.1. Uudistushakkuuaukon etäisyys ei vaikuta pesimäyrittelyn onnistumiseen

Olemassa olevan uudistushakkuuaukon etäisyys pesästä ei vaikuttanut yritettyjen pesintöjen onnistumiseen ( $F_{1,9} = 0,61$ ,  $p = 0,227$ ,  $n = 75$ , kuva 2).



Kuva 2. Olemassa olevan uudistushakkuuaukon etäisyys pesästä ei vaikuttanut pesimäyrittelyiden onnistumiseen.

### 3.2. Uudistushakkuutapahtumat lisännevät pesimäyrittäjien epäonnistumisia

Uudistushakkuutapahtuma lisäsi jopa tilastollisesti merkitsevästi samanaikaisen tai hakkuuta välittömästi seuraavan (mikäli hakkuu oli tehty pesimäkausien välissä) pesimäyrittäjien epäonnistumistodennäköisyyttä. Kasvatushakkuutapahtumalla sen sijaan ei ollut vaikutusta pesimäyrittäjien onnistumiseen. Hakkuun etäisyys pesään ei kuitenkaan vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi pesimäyrittäjien onnistumiseen (taulukko 2).

Taulukko 2. Hakkuun välitön vaikutus pesintäyrittäjien onnistumiseen hakkuun aikaisena tai sitä seuraavana (jos hakkuu pesimäkausien välissä) pesimäkautena. Ensimmäisessä sarakkeessa on kunkin testin selittävä muuttuja. Num DF = osoittajan vapausasteet, Den DF = nimittäjän vapausasteet. Otokoot (N) vaihtelevat sen mukaan, ovatko kunkin testin aineistossa mukana vain hakatut pesät vai myös hakkaamattomat pesät. Viimeisen kohdan otoskoko on erityisen pieni, koska mukana ovat vain uudistushakatut vuodet.

#### 1) Luokittelu: hakkuu joko on 600 m sisällä tai sitten sitä ei ole:

<u>Aineistossa vain hakatut pesät</u>	<i>F</i>	Num DF	Den DF	N	p-arvo
Uudistushakkuu	1,92	1	91,69	95	<b>0,085</b>
Kasvatushakkuu	0,41	1	81,46	95	0,263

<u>Aineistossa sekä hakatut että hakkaamattomat pesät</u>	<i>F</i>	Num DF	Den DF	N	p-arvo
Uudistushakkuu	3,22	1	164,9	169	<b>0,037</b>
Kasvatushakkuu	0,00	1	160,1	169	0,498

#### 2) Hakkuut on luokiteltu etäisyyden mukaan 200 m välein nolasta 600 metriin asti, sitten luokka yli 600 metriä:

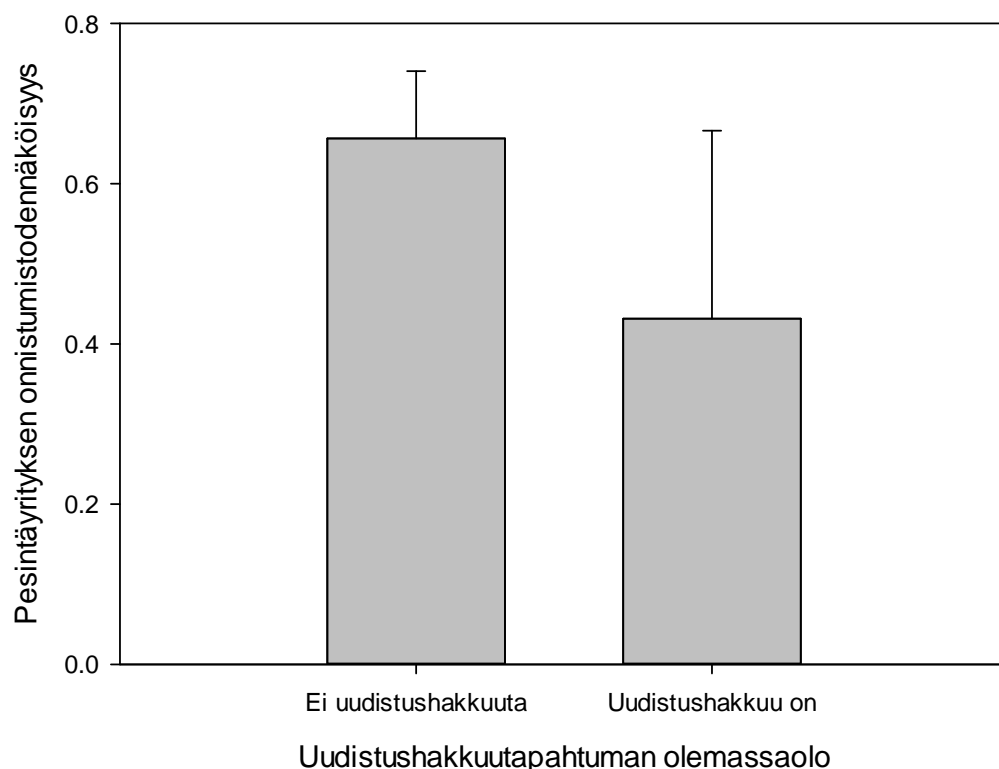
<u>Aineistossa vain hakatut pesät</u>	<i>F</i>	Num DF	Den DF	N	p-arvo
Uudistushakkuun etäisyys	0,99	3	86,24	95	0,201
Kasvatushakkuun etäisyys	0,83	3	84,98	95	0,242

#### 3) Hakkuun etäisyys on jatkuva muuttuja:

<u>Aineistossa vain ne pesät, joilla on hakkuuta 600 metrin säteellä, ja vain uudistushakatut vuodet</u>	<i>F</i>	Num DF	Den DF	N	p-arvo
Uudistushakkuun etäisyys	0,18	1	15,99	18	0,338

Näissä testeissä on kyse hakkuun välittömistä vaikutuksista hakkuun aikaisella tai sitä välittömästi seuraavalla pesimäkaudella. Siksi vertaan hakkuuvuosien pesintöjä hakkuuttomien vuosien pesintöihin, jotka voivat olla samaltakin pesältä eri vuosilta. Niillä pesillä, joiden ympärillä oli tehty hakkuuta, pesimäyritysten onnistumisen todennäköisyys oli uudistushakkuuvuosina 46,11 % (95 %:n luottamusvälin alaraja = 23,80 % ja yläraja = 70,11 %) ja hakkuuttomina vuosina 62,49 % (95 % CI 47,91–75,11 %). Tämä hakkaamattomien vuosien ja uudistushakkuuvuosien onnistumistodennäköisyyksien ero oli kuitenkin vain suuntaa-antavasti merkitsevä ( $p = 0,085$ ). Kasvatushakkuuvuosien onnistumistodennäköisyys oli 60,27 % (95 % CI 35,69–80,58 %).

Uudistushakkuutapahtumat säteeltään 600-metrisellä pesäalueella näyttivät laskevan tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,037$ , kuva 3) pesinnän onnistumistodennäköisyyttä hakkuun aikaisella tai hakkuuta seuraavalla pesimäkaudella silloin, kun vertailukohtana



Kuva 3. Uudistushakkuutapahtumat vähensivät samanaikaisen tai välittömästi hakkuutapahtumaa seuraavan pesinnän onnistumistodennäköisyyttä. Kuvan aineistossa olivat mukana myös ne reviirit, joiden millään vaihtopesällä ei ollut hakkuuta säteeltään 600-metrisellä pesäalueella. Kuvassa on mukana 95 %:n luottamusvälin yläraja.

olevissa hakkaamattomissa vuosissa olivat mukana myös havainnot niiltä reviiireiltä, joiden millään vaihtopesällä ei ollut hakkuita säteeltään 600-metrisellä pesäalueella. Tällöin uudistushakkuuvuosina pesinnän onnistumistodennäköisyys oli 43,16 % (95 % CI 22,40–66,63 %). Jos pesäalueella ei ollut uudistushakkuuta kyseisenä vuonna, pesinnän onnistumistodennäköisyys oli 65,64 % (95 % CI 56,11–74,06 %). Viimeksi mainittu testi on kuitenkin kyseenalainen, sillä ilmeisesti tulokseen vaikuttivat muutkin tekijät kuin pesällä tehdyt hakkuut. Käsittelen asiaa tulosten tarkastelussa.

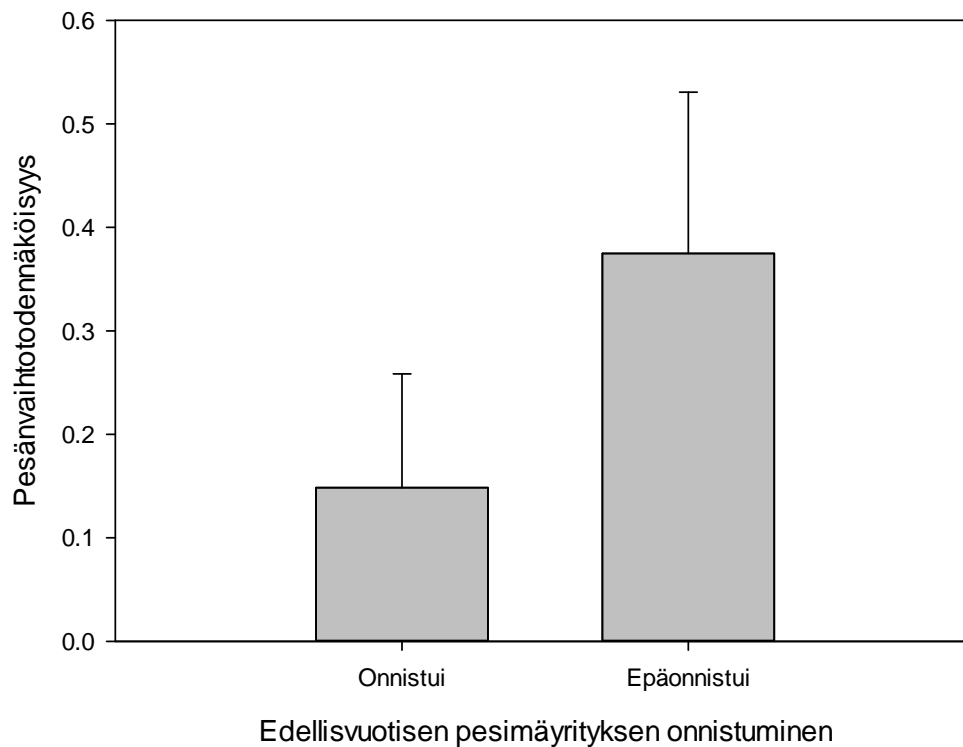
### *3.3. Hakkuut eivät vaikuta pesimämuuttujiin ennen/jälkeen -vertailussa*

Tarkastelin pesimämuuttujien muutosta samalla pesällä kahden vuoden aikana sulkeakseni pois muista syistä kuin hakkuista johtuvat erot. Vertailuvuosien välissä joko oli tai ei ollut hakkuuta. Hakkuun tekeminen korkeintaan 600 metrin etäisyydelle pesästä tarkasteluvuosien välisenä vuonna ei lisännyt pesimäyritysten epäonnistumisen todennäköisyyttä (kaikki hakkuutyypit  $F_{1; 13,08} = 1,69$ ,  $p = 0,108$ ,  $n = 64$ ; vain uudistushakkuut  $F_{1; 28,18} = 1,53$ ,  $p = 0,113$ ,  $n = 64$ ), poikastuoton heikkenemisen todennäköisyyttä (kaikki hakkuutyypit  $F_{1; 5,23} = 0,43$ ,  $p = 0,270$ ,  $n = 88$ ; vain uudistushakkuut  $F_{1; 51,6} = 0,13$ ,  $p = 0,361$ ,  $n = 88$ ) eikä pesänvaihtodennäköisyyttä (kaikki hakkuutyypit  $F_{1; 85,09} = 0,94$ ,  $p = 0,168$ ,  $n = 88$ ; vain uudistushakkuut  $F_{1; 80,35} = 0,61$ ,  $p = 0,215$ ,  $n = 88$ ). Myöskään tarkasteluvuosien välillä tehdyn hakkuun (uudistus- ja kasvatushakkuu yhdessä) etäisyys pesästä ei vaikuttanut pesänvaihtodennäköisyyteen ( $F_{1; 20,93} = 1,55$ ,  $p = 0,113$ ,  $n = 23$ ). Hakkuun etäisyyden vaikutusta pesimäyritysten onnistumisen muutokseen ja poikastuoton muutokseen tarkastelevat testit eivät konvergoituneet tilasto-ohjelmassa, minkä todennäköisin syy on pieni otoskoko ( $n = 14$  ja  $n = 12$ ). Esitän vielä estimaatit niistä testeistä, jotka olivat lähimpänä tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoa ( $p < 0,05$ ): pesinnän epäonnistumisten lisääntymisen todennäköisyys oli 34,36 % (95 % CI 13,61–63,49 %), jos tarkasteluvuosien välissä oli hakkuu (joko uudistus- tai kasvatushakkuu); 40,67 % (95 % CI 11,42–78,47 %), jos tarkasteluvuosien välissä oli uudistushakkuu; 15,31 % (95 % CI 0,76–80,99 %), jos tarkasteluvuosien välissä ei ollut mitään hakkuuta ja 16,59 % (95 % CI 4,42–46,11 %), jos tarkasteluvuosien välissä ei ollut uudistushakkuuta.



### 3.4. Pesinnän onnistuminen määrää, lisääkö uudistushakkuuaukko pesänvaihtoja

Edellisvuoden pesimäryityksen epäonnistuminen lisäsi pesänvaihtotodennäköisyyttä ( $F_{1;123} = 8,28$ ,  $p = 0,002$ ,  $n = 125$ , kuva 4).

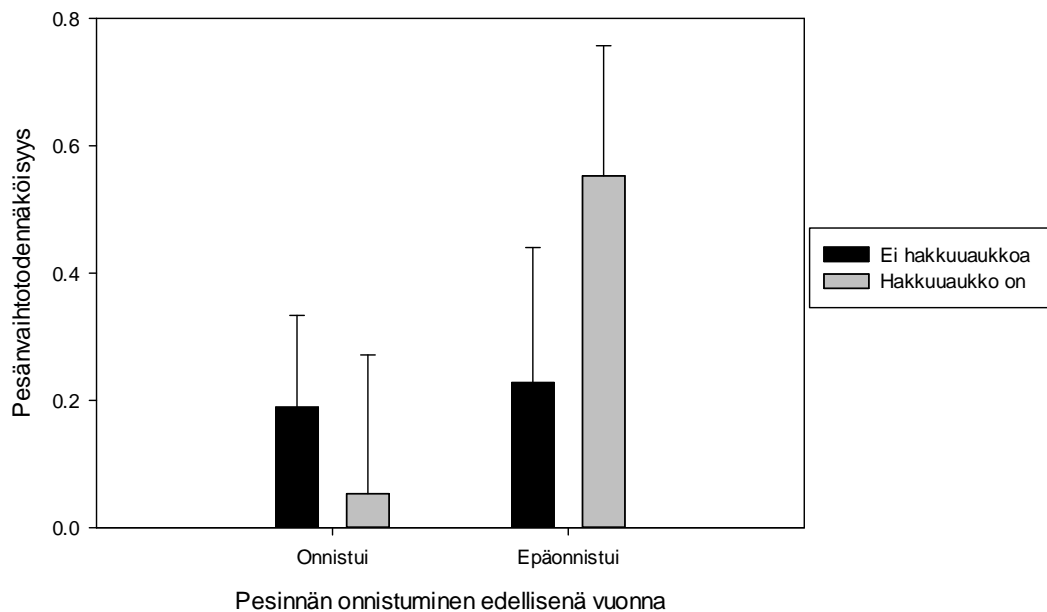


Kuva 4. Pesinnän epäonnistuminen lisäsi seuraavan vuoden pesänvaihtotodennäköisyyttä. Kuvassa on myös 95 %:n luottamusvälin yläraja.

Onnistunutta pesimäryitystä seuraavana vuonna pesänvaihtotodennäköisyys oli 14,85 % (95 % CI 8,03–25,84 %), kun epäonnistuneen pesinnän jälkeisenä vuonna merikotkat vaihtoivat pesää 37,49 %:n todennäköisyydellä (95 % CI 24,13–53,07 %).

Edellisvuoden pesinnän onnistumisella ja korkeintaan 300 metrin etäisyydellä pesästä (2000-luvulla ennen tarkasteluvuotta) tehdyillä uudistushakkuilla oli tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus ( $F_{1;116,4} = 6,27$ ,  $p = 0,007$ ,  $n = 125$ ) pesinnän jatkumiseen samalla pesällä (kuva 5). Jos edellisvuotinen pesimäryitys oli epäonnistunut, uudistushakkuuaukon olemassaolo lisäsi pesänvaihtotodennäköisyyttä. Epäonnistuneen pesinnän jälkeen pesänvaihtotodennäköisyys oli 55,28 % (95 % CI 32,86–75,73 %)

korkeintaan 300 metrin säteellä uudistushakkuuaukosta, kun ilman pesän lähellä olevaa uudistushakkuuaukkoa pesänvaihtotodennäköisyys oli tällöin 22,80 % (95 % CI 9,99–44,01 %). Jos pesintä oli edellisvuonna onnistunut, uudistushakkuun olemassaolo näytti jopa vähentävän pesänvaihtotodennäköisyyttä. Onnistuneen pesinnän jälkeen pesänvaihtotodennäköisyys oli 5,33 % (95 % CI 0,84–27,12 %) korkeintaan 300 metrin säteellä uudistushakkuuaukosta, kun ilman pesän lähellä olevaa uudistushakkuuaukkoa pesänvaihtotodennäköisyys oli tällöin 18,93 % (95 % CI 9,83–33,34 %).



Kuva 5. Edellisvuoden pesinnän onnistumisella ja 300 metrin säteellä pesästä sijaitsevan uudistushakkuuaukon olemassaololla oli merkitsevä yhdysvaikutus pesänvaihtotodennäköisyyteen. Kuvassa on myös 95 %:n luottamusvälin yläraja.

Testasin hakkuun olemassaolon vaikutuksen pesinnän onnistumisen eri tasoilla (onnistui/ei onnistunut). Jos edellisvuotinen pesimäyritys oli epäonnistunut, hakkuuaukon olemassaolo todella lisäsi pesänvaihtotodennäköisyyttä tilastollisesti merkitsevästi ( $F_{1; 93,81} = 4,45$ ,  $p = 0,038$ ,  $n = 125$ ). Jos edellisvuotinen pesintä oli onnistunut, hakkuun olemassaolo ei kuitenkaan vähentänyt pesinnän onnistumistodennäköisyyttä tilastollisesti merkitsevästi ( $F_{1; 57,67} = 1,96$ ,  $p = 0,1672$ ,  $n = 125$ ).

Myös edellisvuotisen pesinnän onnistumisen ja korkeintaan 600 metrin päässä olevien uudistushakkuuaukkojen yhdysvaikutus pesänvaihtotodennäköisyyteen oli tilastollisesti

merkitsevä ( $F_{1; 119,9} = 2,88$ ,  $p = 0,046$ ,  $n = 125$ ). Epäonnistuneen pesinnän jälkeen pesänvaihtotodennäköisyys oli 45,75 % (95 % CI 27,38–65,36 %) korkeintaan 600 metrin säteellä uudistushakkuuaukosta, kun ilman pesän lähellä olevaa uudistushakkuuaukkoa pesänvaihtotodennäköisyys oli tällöin 24,42 % (95 % CI 9,47–49,95 %). Onnistuneen pesinnän jälkeen pesänvaihtotodennäköisyys oli 10,40 % (95 % CI 3,29–8,33 %) korkeintaan 600 metrin säteellä uudistushakkuuaukosta, kun ilman pesän lähellä olevaa uudistushakkuuaukkoa pesänvaihtotodennäköisyys oli tällöin 18,26 % (95 % CI 8,78–34,15 %).

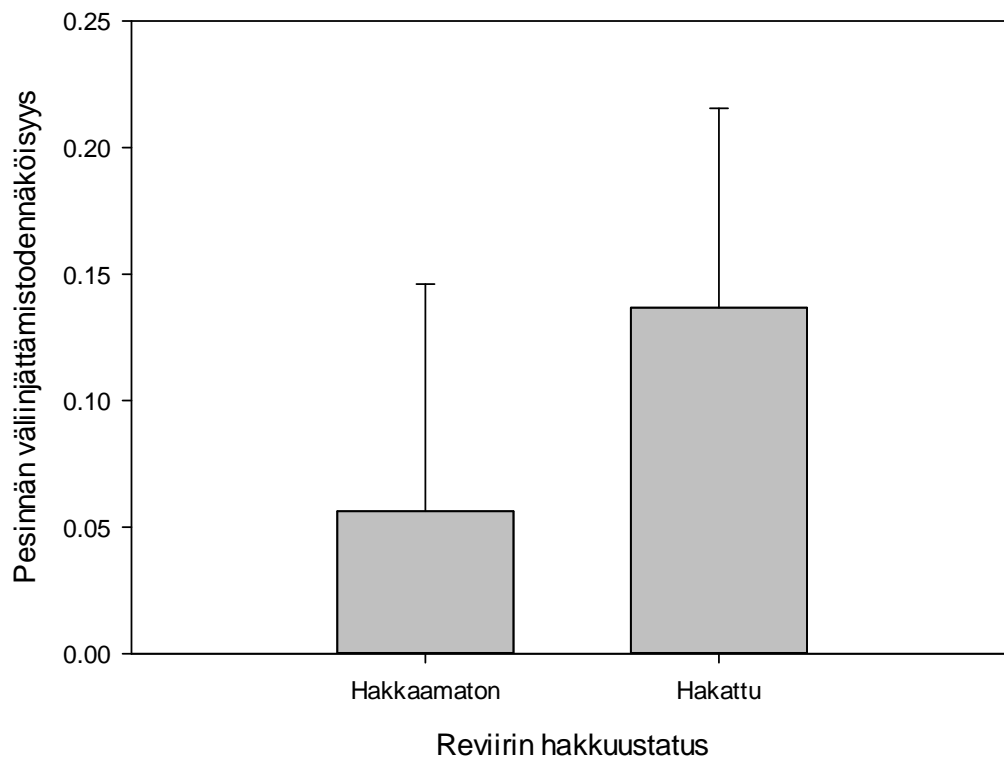
### *3.5. Pesintä voi onnistua lähellä hakkuuaukkoakin*

Merikotkat pesivät joissakin tapauksissa lähempänä uudistushakkuuaukkoa, kuin ELY-keskuksen yleisimmin käyttämä (O. Mattila 17.11.2009, suullinen tiedonanto) 50–100 metrin raja. Tutkimusaineistossani kahdeksalla pesällä (kuudella reviiirillä) hakkuiden ajoitus- ja toteutumistiedot huomioiden voidaan pitää varmana, että merikotkapari todella yritti pesiä huolimatta uudistushakkuuaukosta alle 100 metrin etäisyydellä pesästä (hakkuiden etäisyydet olivat 0 m, 20 m (3kpl), 40 m, 50 m, 70 m ja 90 m). Näistä kahdeksasta tapauksesta viidessä ainakin osa pesimäyrityksistä onnistui (onnistuneiden pesintöjen viereisen hakkuun etäisyydet pesään olivat 20 m (3 kpl), 40 m ja 50 m).

### *3.6. Hakatuilla reviiireillä on runsaasti pesimättömiä vuosia*

Reviirin hakkuustatus eli 2000-luvulla tehtyjen hakkuiden olemassaolo korkeintaan 600 metrin säteellä vähintään yhdellä reviiirin vaihtopesistä vaikutti suuntaa-antavasti merkitsevästi pesinnän väliinjättämistodennäköisyyteen ( $F_{1; 29} = 2,82$ ,  $p = 0,052$ ,  $n = 188$ , kuva 6), mutta ei reviiirin pesänvaihtotodennäköisyyteen ( $F_{1; 28} = 1,68$ ,  $p = 0,103$ ,  $n = 123$ ). Reviiireillä, joiden vaihtopesien ympäristössä oli hakkuita ( $n = 18$ ), pesinnän väliinjättämisen todennäköisyys oli 13,68 % (95 % CI 8,37–21,55 %), kun pesäalueiltaan hakkaamattomilla reviiireillä ( $n = 13$ ) pesinnän väliinjättämistodennäköisyys oli 5,63 % (95 % CI 2,04–14,61 %). Niillä reviiireillä, joiden vaihtopesien ympäristössä oli hakkuita, vuotuinen pesänvaihtotodennäköisyys oli 28,05 % (95 % CI 19,07–39,21 %). Pesäalueiltaan hakkaamattomilla reviiireillä pesänvaihtotodennäköisyys oli 18,00 % (95 % CI 9,36–31,81 %). Muiden reviiiritason

testien dispersioparametrit poikkesivat niin paljon ykkösestä, että testien tulokset ovat epäluotettavia eikä siksi raportoi niitä. Pesinnän epäonnistumistodennäköisyyttä tarkastelevan testin dispersioparametri oli 2,07, keskimääräistä poikaslukua tarkastelevan testin dispersioparametri 0,31 ja poikastuottovuosien yleisyydestin dispersioparametri jopa 2,39.



Kuva 6. Reviirin vaihtopesien säteeltään 600-metrisillä pesäalueilla tehdyt hakkuut lisäsivät suuntaantavasti merkitsevästi pesinnän väliinjättämistodennäköisyyttä. Kuvassa on myös 95 %:n luottamusvälin yläraja.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

Olemassa olevan uudistushakkuuaukon etäisyys pesästä ei vaikuta pesimäyritysten onnistumiseen kyseisellä pesällä. On huomioitava, että tässä testissä ovat mukana vain ne tapaukset, joissa pari on aloittanut pesinnän hakkuuaukon lähistöllä. Jos merikotkat kokevat tietyllä etäisyydellä olevan hakkuuaukon uhkaavaksi, ne eivät välttämättä edes aloita pesintää kyseisellä vaihtopesällä.

Uudistushakkuutapahtuma laskee vähintään suuntaantavasti tilastollisesti merkitsevästi samanaikaisen tai hakkuuta välittömästi seuraavan pesimäyrityksen onnistumistodennäköisyyttä. Pelkillä kasvatushakkuilla ei havaittu olevan vaikutusta

pesimäyrittäjien onnistumiseen. Pesillä, joiden pesäalueella oli tehty hakkuita, hakkaamattomien vuosien ja uudistushakkuuvuosien onnistumistodennäköisyyksien ero on vain suuntaa-antavasti merkitsevä. Uudistushakkuutapahtumien vaikutus onnistumistodennäköisyyteen on jopa tilastollisesti merkitsevä siinä tapauksessa, että hakkaamattomissa vuosissa ovat mukana myös ne reviirit, joiden vaihtopesien lähistöllä ei ole tehty lainkaan hakkuita. Viimeksi mainittu testi on kuitenkin kyseenalainen, sillä pesäalueiltaan hakkaamattomat reviirit poikkeavat pesäalueiltaan osin hakatuista reviiereistä muutenkin kuin hakkuiden suhteen. Pesäalueiltaan hakkaamattomien ja hakattujen reviirien sijainti manner-ulkosaaristoakselilla on keskenään erilainen. Tähän liittyy myös eroja esimerkiksi emojen arkuudessa, ihmisen aiheuttaman häiriön määrässä ja ravinnossa. Toisaalta pesillä, joiden lähistöllä on hakkuita, pesinnän onnistumista voivat tutkittavien uusien hakkuutapahtumien lisäksi laskea myös aikaisempien hakkuutapahtumien hakkuuaukot. Joka tapauksessa kyseessä ei ole puhdas koe-kontrolliasetelma (edes havainnoivan tutkimuksen kannalta), vaan hakattujen pesien uudistushakkuuvuosien ja pesäalueiltaan hakkaamattomien reviirien pesintöjen onnistumistodennäköisyyksien eroa selittämässä lienee muitakin tekijöitä kuin samanvuotinen uudistushakkuu. Tätä päätelmää tukee sekin, että pesäalueiltaan hakkaamattomien reviirien pesimäyrittäjien onnistumistodennäköisyys on 71,62 %, kun niillä pesillä, joiden lähistöllä on hakattu, hakkaamattomienkin vuosien onnistumistodennäköisyys jää 62,49 %:iin.

Uudistushakkuutapahtuman välitöntä vaikutusta koskevat tulokset ovat hämmentäviä. Toisaalta näyttää suuntaa-antavasti siltä, että uudistushakkuutapahtuma 0–600 metrin etäisyydellä pesästä lisää pesinnän epäonnistumistodennäköisyyttä samalla tai välittömästi seuraavalla pesimäkaudella. Toisaalta hakkuutapahtuman tarkemmalla etäisyydellä pesään ei näytä olevan merkitystä pesinnän onnistumiselle. Ristiriita voi johtua monesta syystä. Tuoreen uudistushakkuutapahtuman tilastollinen merkitsevyys voi olla virhetulos, joka johtuu ”koe- ja kontrolliryhmien” erilaisuudesta. Käsittelin tätä kysymystä jo edellisessä kappaleessa. Toisaalta myös ”koe- ja kontrolliryhmiltään” melko samanlainen testi antoi suuntaa-antavan tuloksen, että uudistushakkuutapahtuma lisää pesinnän epäonnistumistodennäköisyyttä. Mikäli uudistushakkuutapahtuman vaikutus pesinnän epäonnistumiseen ei ole virhetulos, todennäköisin selitys sille, ettei hakkuun etäisyydellä havaittu olevan merkitsevää vaikutusta, on hakkuiden ajankohdan vaihtelu suhteessa pesimäkauteen. Pesimäkautinen hakkuutapahtuma häirintä merikotkia selvästi enemmän ja kauempaa kuin pesimäkauden ulkopuolinen

hakkuutapahtuma (jos itse hakkuutapahtumalla on tällöin mitään vaikutusta). Hakkuiden välittömän vaikutuksen tutkimisen suurin ongelma onkin hakkuiden ajoituksen puutteellisuus. Pieni otoskoko ( $n = 18$ ) puolestaan lisää todennäköisyyttä, että hakkuiden etäisyys pesästä yhteisvaihtelee sattumalta hakkuiden ajankohdan kanssa.

Uudistus- tai kasvatushakkuualueen olemassaolo korkeintaan 600 metrin säteellä pesästä ei vaikuta pesänvaihtotodennäköisyyteen, pesimäyritysten onnistumiseen eikä poikastuottoon, kun suljetaan pois muiden tekijöiden kuin hakkuiden vaikutusta tarkastelemalla pesimämuuttujien muutosta samalla pesällä kahden vuoden aikana. Tarkasteluvuosien välillä tehdyn hakkuun (uudistus- ja kasvatushakkuu yhdessä) etäisyys pesästä ei myöskään vaikuta pesänvaihtotodennäköisyyden muutokseen. En voinut tarkastella pelkän uudistushakkuun etäisyyden vaikutusta pesimämuuttujiin, koska otoskoko olisi ollut vain 12. Tämä testi olisi ollut mielenkiintoinen, sillä kasvatus- eli harvennushakkuiden pitkäaikaisvaikutus merikotkalle on teoreettisestikin hyvin kyseenalainen, niistä kun ei synny hakkuuaukkoa. Nämä ennen-/jälkeen -vertailut kuvaavat hakkuuaukon, ei itse hakkuutapahtuman, vaikutusta ainakin pesintäyrityksen onnistumisen ja poikastuoton osalta, sillä jälkeen-vuonna pesäalueella ei enää ollut hakkuuta käynnissä.

Edellisvuoden pesimäyrityksen epäonnistuminen lisää pesänvaihtotodennäköisyyttä. Merikotkat saattavat koristella useita vaihtopesiä, kuten monet muutkin petolinnut (Newton 1979), esimerkiksi maakotka (*Aquila chrysaetos*) (Suominen 1967). Merikotkatyöryhmällä on pesimätietoaineiston keruussa ollut oletuksena, että vähintään yksi vähintään koristeltu pesä/reviiri tulee löytää. Jos se on löytynyt, loppuja pesiä ei ole tarvinnut tarkastaa. (Stjernberg ym. 2003b.) Tämä pesimätietoaineiston keruuseen liittyvä oletus saattaa vääristää aineistoa, koska joitakin samalla pesällä jatkuneita pesintöjä on voinut jäädä löytymättä. Toisaalta pesien tarkastus lienee usein aloitettu siltä pesältä, jolla pesintä tapahtui edellisenä vuonna. Tarkastustavan vuoksi löytymättä on itse asiassa voinut jäädä enemmän pesän vaihtoja kuin pesinnän jatkumisia samalla vaihtopesällä. Löytymättömien tapausten määrä lienee kuitenkin pieni, eikä ole syytä olettaa, että ne korreloisivat edellisvuoden pesinnän onnistumisen kanssa. Asia ei siis vaikuttane tuloksen luotettavuuteen.

Edellisvuoden pesinnän onnistumisella ja korkeintaan 300 metrin, tai toisaalta korkeintaan 600 metrin, etäisyydellä pesästä sijaitsevilla uudistushakkuuaukoilla on tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus pesinnän jatkumiseen samalla pesällä. Jos edellisvuotinen pesimäyritys epäonnistuu, hakkuuaukon olemassaolo pesäalueella lisää pesänvaihtotodennäköisyyttä. Syy tähän voi olla esimerkiksi se, että merikotkat kokevat hakkuuaukon uhkaavaksi ihmisen läsnäolon symboliksi. Jos pesintä on edellisvuonna onnistunut, hakkuun olemassaolo näyttää jopa vähentävän pesänvaihtotodennäköisyyttä, mutta tämä vaikutus ei ole tilastollisesti merkitsevä. Kannattaa huomioida, että kyseinen hakkuu on voitu tehdä milloin vain 2000-luvun aikana aina siihen pesimäkauteen asti, jonka pesänvaihtoja tarkastelen. Merikotkat ovat siis pesineet hakkuun lähellä joissakin tapauksissa jo monta pesimäkautta, toisissa taas eivät vielä yhtäkään. Tuloksen voi tätä taustaa vasten tulkita niin, että merikotkat yleensä jatkavat pesintäänsä, vaikka pesäalueella olisi uudistushakkuuaukko. Kuitenkin pesinnän jostakin syystä epäonnistuessa merikotkat vaihtavat pesää tavallista helpommin, ja uudistushakkuuaukon olemassaolo pesäalueella lisää tätä pesänvaihtotodennäköisyyttä. En voinut tutkia pelkän uudistushakkuuaukon olemassaolon vaikutusta pesänvaihtoon tilastollisesti merkitsevän yhdysvaikutuksen takia.

Merikotkat pesivät kahdeksalla pesällä lähempänä uudistushakkuuaukkoa kuin ELY-keskuksen yleisimmin käyttämä (O. Mattila 17.11.2009, suullinen tiedonanto) 50–100 metrin suojavyöhykerajaus. Viidellä pesällä ainakin osa pesimäyrityksistä myös onnistui. Kaikissa tapauksissa, joissa onnistuneita yrityksiä ei ollut, merikotkapari vaihtoi pesää heti ensimmäisen ja epäonnistuneen pesimäyrityksen jälkeen. Tämä tukee havaintoani, että pesän läheisen uudistushakkuuaukon olemassaololla ja pesimäyrityksen onnistumisella on merkittävä yhdysvaikutus pesänvaihtoon. Hakkuuaukon olemassaolo ei siis aiheuta pesänvaihtoa ilman pesinnän epäonnistumista. Folkestadin (2003) tutkimuksen mukaan nuoret merikotkaparit voivat asettua lähellekin ihmistä, mutta harvoin jäävät sinne moneksi vuodeksi pesimään. Tämän tutkimuksen mukaan näyttäisi siltä, että Folkestadin havainnon taustalla ei ole emojen ikääntyminen. Pesinnän epäonnistuminen, vaikka sattumankin takia, yhdistettynä lähellä olevaan ihmistoimintaan, kuten hakkuuseen, vain usein johtaa pesänvaihtoon. Ja vuosien kuluessa jokin pesintäyritys yleensä epäonnistuu.

Muutkin tutkijat ovat todenneet merikotkien pesivän usein lähellä avoimia alueita. Koivusaaren ym. (1980) mukaan merikotkan pesä on ainakin Merenkurkussa

useimmiten soiden tai hakkuiden reunametsissä. Kulves (1973) sanoo, että Ahvenanmaalla merikotkanpesät sijaitsevat lähes aina jonkin avoimen alueen, kuten suon, hakkuun tai metsäaukion reunassa. Oehmen (1961) tutkimuksessa merikotkan pesäpuista 83,4 % sijaitsi metsänreunassa ja loputkin korkeintaan 100–150 metrin päässä metsänreunasta. Oehmen (1961), Kulvesin (1973) ja Koivusaaren ym. (1980) havainnot viittaavat siihen, että merikotka suorastaan suosii pesäpaikanvalinnassaan aukkojen reuna-alueita. Tässä mielessä havaintoni hakkuuaukkojen lähellä onnistuneesti pesivistä merikotkista ei ole yllättävä. Paremminkin voisi pitää yllättävänä sitä, että uudistushakkuuaukot pesäalueella lisäävät pesinnän epäonnistumisen aiheuttamaa pesänvaihtolttiutta. Tämä kuitenkin selittyy sillä, että hakkuuaukko ei ole merikotkan kannalta neutraali avoin alue, vaan se symboloi ihmisen läsnäoloa ja sitä kautta vainon aikana kehittyneiden vaistojen ohjaamana predaation uhkaa.

Reviirin hakkuustatus vaikuttaa suuntaa-antavasti pesinnän väliinjättämistodennäköisyyteen, mutta ei pesänvaihtotodennäköisyyteen. Sekä pesinnän väliinjättämisen että pesänvaihdon todennäköisyydet ovat kuitenkin selvästi suurempia niillä reviiireillä, joiden vaihtopesien lähistöllä on tehty hakkuita kuin pesäalueiltaan hakkaamattomilla reviiireillä. Saattaa siis olla, että isommalla aineistolla hakkuilla havaittaisiin olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta näihin pesimämuuttujiin. Varsinkin reviiirin hakkuustatuksen vaikutus pesinnän väliinjättämiseen on jo nyt hyvin lähellä tilastollista merkitsevyyttä. On kuitenkin huomioitava, että reviiiritasolla aidosti pesimättömän vuoden tunnistaminen on epävarmaa, sillä merikotkat voivat milloin vain perustaa uusia, aluksi sijainniltaan tuntemattomia vaihtopesiä.

Muiden reviiiritason testien dispersioparametrit poikkeavat niin paljon ykkösestä, että testien tulokset ovat liian epäluotettavia raportoitaviksi. Etenkin hakkuiden vaikutusta poikastuottoon olisi ollut mielenkiintoista päästä tarkastelemaan, sillä juuri reviiiritason poikastuotto määrää populaation kehityksen. Keskimääräinen poikastuotto on aineistossani pesäalueiltaan hakatuilla reviiireillä 0,87 poikasta/vuosi, kun pesäalueiltaan hakkaamattomilla reviiireillä se on 1,07. Kooltaan vakaassa populaatiossa pitää olla vähintään 0,7 lentoon päässyttä poikasta/pari vuotta kohden (Génsböl 2008). Hakkuilla lienee vähintään suuntaa-antava vaikutus reviiiritason poikastuottoon, vaikka asian tilastollinen testaus ei onnistunutkaan. Tämä vaikutus ei kuitenkaan aiheuta biologisesti merkitsevää haittaa, sillä pesäalueiltaan hakattujenkin reviiirien poikastuotto on



kestävällä tasolla ja jopa mahdollistaa populaation kasvun. Helanderin (1994) mukaan häiritsemättömien populaatioiden poikastuotto on 0,8–1,2 poikasta/vuosi/pari, joten tässäkin mielessä nykyisen tasoista hakkuista ei näytä olevan kovin suurta haittaa reviiritasolla tarkasteltuna.

#### *4.1. Ongelmia ja virhelähteitä*

Otoskoon pienuus laskee tilastollisten testien voimaa löytää hakkuumuuttujien mahdollinen vaikutus pesimämuuttujiin. Aineistoani pienentää se, että hakkuut sotkevat toisiaan: kauempien hakkuualueiden vaikutusta ei voida tutkia, jos pesällä on lähempi hakkuualue. Tosin hakkuutapahtuman vaikutusta tutkittaessa vain samanaikaiset hakkuut häiritsevät toistensa analysointia. Myös vaihtopesien olemassaolo laskee erittäin paljon monien testien otoskokoja. Hakkuiden vaikutusta pesimämuuttujiin ei nimittäin yleensä voida testata silloin, jos merikotkapari ei ole pesinyt kyseisellä vaihtopesällä juuri ennen hakkuuta ja/tai yritä pesimistä hakkuuvuonna tai vähintään hakkuun jälkeen. Erityisen pieni otoskoko on reviiritason testeissä ( $n = 15\text{--}31$ ) ja hakkuutapahtuman vaikutusta tarkastelevissa testeissä.

Eräs tutkimukseni suurimmista ongelmista on pesäalueen koon määrittely. Pesäalueen rajan määrittäminen niinkin kauas kuin 600 metriin on ongelma käytettäessä binaarista selittävää muuttujaa (hakkuuta on tai ei ole pesäalueella tai reviirin pesien alueella). Jos hakkuut häiritsevät pesää, mutta vain paljon lähempänä kuin 600 metrin päässä pesästä, väärin määritelty pesäalueen raja saattaa estää olemassa olevan vaikutuksen havaitsemisen. Toisaalta aineiston pienen koon takia en voisikaan testata vain esimerkiksi 100 metrin tai edes 200 metrin säteellä pesästä teytyjen hakkuiden vaikutusta. Täytyy kuitenkin muistaa, että tutkin omissa testeissään myös hakkuun etäisyyden vaikutusta pesimämuuttujiin.

Eräs tutkimukseni teoreettisista ongelmista on havaintojen keskinäisriippuvuus, mikä johtuu siitä, että samalta reviiriltä on useita vaihtopesiä, ja joissakin tapauksissa on myös havaintoja useilta vuosilta samalta pesältä. Tämä ongelma ei kuitenkaan liene kovin merkittävä, sillä olen käsitellyt tarvittaessa reviiriä ja/tai pesää satunnaisuuttujana.

Hakkuut painottuvat mantereelle ja sisäsaaristoon. On oletettavaa, että niillä reviiereillä, joiden pesien lähistöllä on hakkuita, on sijaintinsa takia enemmän muutakin ihmistoimintaa pesien lähellä. Näillä reviiereillä merikotkparit ovat myös oletettavasti keskimäärin nuorempia kuin ulompana saaristossa vanhoilla reviiereillä pesivät parit. Edellä luetellut ja muutkin tekijät, joita en ole tutkinut enkä pystynyt satunnaistamaan, saattavat osaltaan vaikuttaa pesimämuuttujiin.

Hakkuiden ajoituksen puutteellisuus on eräs tutkimukseni suurimmista ongelmista.

Tavallisimmin hakkuu tehdään muutaman kuukauden kuluessa metsänkätöilmoituksen jättämisestä, mutta se voidaan tehdä myöhemminkin kahden vuoden kuluessa. Koska vain pienestä osasta hakkuista on riittävän tarkkaa ja varmaa ajoitustietoa, en voinut tarkastella hakkuiden ajankohdan (suhteessa pesimäkauteen) vaikutusta hakkuista mahdollisesti pesinnälle aiheutuvaan häiriöön. Hakkuun ajoitusongelma koskee tutkimuksessani etenkin hakkuutapahtuman välitöntä vaikutusta tarkastelevia testejä sekä niitä testejä, joilla tutkin hakkuista johtuvaa pesimämuuttujien muutosta kahden vuoden ajanjaksolla. Mielestäni voidaan kuitenkin pitää todennäköisenä, että tieto ensimmäisestä hakkuun jälkeisestä pesimäkaudesta on oikein. Näin ollen pidän pesimämuuttujien muutosta samalla pesällä kahden vuoden ajanjaksolla tarkastelevia testejä melko luotettavina. Hakkuutapahtuman välitöntä vaikutusta tutkiviin testeihin suhtaudun sen sijaan hyvin varauksellisesti, sillä hakkuutapahtuman ajoittuminen suhteessa pesintään (pesimäkaudella vai sen ulkopuolella) vaikuttanee hyvin merkittävästi hakkuutapahtuman mahdolliseen häirintävaikutukseen. On hyvin kyseenalaista, eroaako tuore hakkuuaukko merikotkien kannalta millään tavalla muutaman vuoden vanhasta, ellei hakkuuta tehdä pesimäkaudella. Havaitsin saman vuoden uudistushakkuiden vaikuttavan lähinnä suuntaa-antavasti pesinnän onnistumiseen. Kasvatushakkuiden en havainnut vaikuttavan siihen lainkaan. Hakkuiden ajoitusongelmien vuoksi tämä ei vielä todista, ettei itse hakkuutapahtumalla olisi juuri suurempaa merkitystä merikotkien pesintään kuin hakkuuaukon olemassaololla.

Gerdehagin ja Helanderin (1988) mukaan merikotkilla on yksilöllistä vaihtelua ihmisarkuudessa. Yksilöiden väliset erot ovat voineet joissakin tapauksissa estää todellisten hakkuun häiriövaikutusten havaitsemisen. Eräs virhelähde on se, että hakkuiden etäisyys pesälle ei ole aivan tarkka. Tärkeimpänä syynä tähän on se, että

hakkuun toteutunut rajausta voi olla hieman eri kuin metsänkätöilmoituksen karttapiirroksessa.

Tarkastelen vain 2000-luvun hakkuuta, joten hakkaamattomiksi määritellyillä pesillä tai reviereillä voi olla ennen 2000-lukua tehtyjä hakkuuaukkoja. Tämä ongelma koskee vain hakkuuaukkojen ja harvennushakkuualueiden olemassaolovaikutusta tarkastelevia testejä. Reviiritason hakkuustatuksen tarkastelut puolestaan ovat sikäläkin kyseenalaisia, että merikotkilla on samalla revierillä tavallisesti useampia vaihtopesiä, joiden hakkuutilanne ja hakkuuden etäisyys pesästä vaihtelevat. Tosin lähes kaikilla reviereillä oli hakkuuta joko kaikkien tai ei minkään vaihtopesän pesäalueilla. Kaiken kaikkiaan reviiritason testeissä on enemmän teoreettisia heikkouksia kuin pesätason testeissä, joten päähuomio tulee kiinnittää pesätason testien tuloksiin.

Hakkuun koolla saattaa olla vaikutusta siihen, häiritsevätkö hakkuut merikotkien pesintää. En kuitenkaan testannut hakkuiden koon vaikutusta, vaikka minulla oli tieto hakattujen metsäkuvioiden pinta-alasta. Yksi syy tähän oli hakkuun koon määrittämisen vaikeus: usein samassa metsänkätöilmoituksessa oli ilmoitettu hakattavaksi useita lähekkäisiä metsäkuvioita, jotka saattoivat koskea tai olla koskematta toisiinsa.

Ehkä merkittävin ongelma tulosteni luotettavuudelle on tutkimuksen havainnoiva luonne. Havainnoivassa tutkimuksessa muita selittäviä muuttujia ei voida kontrolloida, jolloin merkitsevien tulosten saaminen vaikeutuu. Lisäksi tilastollisesti merkitseväkään korrelaatio ei todista syy-seuraussuhteesta. Soveltava luonnonsuojelubiologinen tutkimus joutuu kuitenkin hyvin usein turvautumaan havainnoivaan tutkimukseen kokeellisen tutkimuksen sijaan. Jos havainnoivalla menetelmällä saadaan useita merkitseviä korrelaatioita, niistä voidaan yhdessä saada suuntaa antavia tuloksia ja vähintäänkin pohjaa jatkotutkimusten kohdentamiseen.

#### *4.2. Tulosten soveltaminen metsänkäsittelyssä*

Tutkimukseni ei tue oletusta, että metsänhakkuista olisi suurta haittaa merikotkan pesinnälle pesimäkauden ulkopuolella suoritettuna ja kun käytetään vähintään 50–100 metrin suojavyöhykettä. Pesäalueen uudistushakkuuaukot kyllä lisäävät pesänvaihtotodennäköisyyttä silloin, kun edellisvuotinen pesimäyrittäminen on

epäonnistunut. Lisäksi reviiritasolla hakkuualueet lisännevät suuntaa-antavasti pesinnän väliinjättövuosien määrää. Toisaalta niilläkin reviireillä, joiden pesien lähistöllä on tehty hakkuita, poikastuotto on niin iso, että se sallii populaation kasvun. Pesäalueen uudistushakkuutapahtumat lisäävät vähintään suuntaa-antavasti saman pesimäkauden pesintäyrityksen epäonnistumistodennäköisyyttä. Hakkuuaineiston ajoitusongelmien vuoksi en voi sulkea pois mahdollisuutta, että pesimäkauden aikana tehdyt hakkuut haittaisivat merikotkan pesintää enemmänkin ja useiden satojen metrien päässä pesästä. En voinut arvioida aivan pesän lähistöllä, esimerkiksi alle sadan metrin säteellä pesästä tehtyjen hakkuiden vaikutusta, koska tällaisia hakkuita oli aineistossa liian vähän. Kuitenkin ainakin jotkut merikotkayksilöt pesivät alle 50 metrin etäisyydellä hakkuuaukosta. Tämän tutkimuksen tulokset voidaan yleistää koskemaan ainakin merikotkan pesimäalueen metsävaltaisia alueita Fennoskandiassa.

Vaikka jotkin merikotkayksilöt pesivät lähelläkin hakkuuta onnistuneesti, toiset yksilöt saattavat jättää samoissa olosuhteissa edes yrittämättä pesintää. Kriittisesti uhanalaisilla lajeilla on tarvetta intensiiviseen suojeluun, jossa jokaisen yksilön lisääntyminen ja eloonjääminen pyritään optimoimaan (Jones 2004). Merikotka ei kuitenkaan ole nykyisellään kriittisesti uhanalainen laji, joten yksittäisen parin tai varsinkaan yksittäisen pesän pesimämenestyksen varmistamisen ei voida katsoa olevan välttämätöntä. Lisäksi on oleellisempaa, säilyykö pesäpaikka ja varsinkin reviiri asumiskelpoisena, kuin että epäonnistuuko yksittäisen vuoden pesintä. Näin ollen suojavyöhykesuosituksia ei ole tarvetta tehdä kaikkein arimpien yksilöiden mukaan.

Tutkimukseni perusteella pidän ELY-keskuksen käyttämää 50–100 metrin näkyvyyden mukaan sovellettavaa suojavyöhykettä sopivana pesimäkauden ulkopuolisille hakkuille. Varsinaisesti en saanut kunnon näyttöä tämänkään suojavyöhykkeen tarpeellisuudesta, mutta aineistoni ei ollut edes sopiva näin lähellä pesää olevien hakkuiden vaikutusten tilastolliseen testaamiseen. Sen sijaan tutkimukseni perusteella näyttää melko varmalta, että ainakaan isompi suojavyöhyke ei ole tarpeen merikotkan suotuisan suojelun tason varmistamiseksi. Aineiston ajoitusongelmien vuoksi en voi ottaa kantaa pesimäkauden aikaisten hakkuiden suojavyöhykkeen leveyteen. Yksilöllisiä, tietyn parin kohdalla sovellettavia turvaetäisyyksiä voidaan käyttää, jos tämän parin pesimähistoriasta on kokemusta poikkeavasta reagoinnista metsänhakkuisiin ja muihin ihmistoimiin. Oleellista tarkkojen metrimäärien sijaan lienee se, että pesä ei näy hakkuulle.

Eräs metsätalouden merikotkille aiheuttamista uhista on sopivien pesäpuiden väheneminen (Saurola 1993). Kulvesin (1973) mukaan Ahvenanmaalla merikotkan pesäpuiksi soveltuvia puita on vähemmän kuin yksi tuhannesta puusta. Pesäpuiden ikä on Ruotsin itärannikolla keskimäärin 157 vuotta ja Lapissa 350 vuotta (Gerdehag & Helander 1988). Etelä-Suomessa 70–90 vuoden ikäiset metsät määritellään hakkuukypsiksi, ja päätehakkuissa talousmetsistä poistetaan lähes kaikki puut. Toisaalta mäntymetsää uudistetaan usein siemenpuumenetelmällä. (Lyytimäki & Hakala 2008.) Jos kaikki tai nykyistä suurempi osa siemenpuista jätettäisiin pystyyn taimikon muodostumisen jälkeen, merikotkien pesäpuupula helpottuisi.

Merikotkien suojelussa sujuva yhteistyö maanomistajien, viranomaisten, merikotkatyöryhmän, lainlaatijoiden ja muiden tahojen kesken on tärkeää. Vapaaehtoinen suojelu on keskeinen keino pesimäympäristöjen turvaamiseksi. Maanomistajat ovat suhtautuneet merikotkiin (Koivusaari ym. 1980) ja muihin petolintuihin yllättävän myönteisesti. Kaiken kaikkiaan ihmisten myönteistä suhtautumista luonnonsuojeluun edistää se, että he saavat riittävästi tietoa asioista, heihin suhtaudutaan tasa-arvoisina keskustelukumppaneina ja suojelutoimet ovat vapaaehtoisia. Hyvänä esimerkkinä tästä on petolintujen pesien suojelua edistänyt Pohjois-Karjalan metsäluonnonhoitohanke (Metsäkeskus Pohjois-Karjala 2007). Merikotkan pesien sijaintitietojen julkaisemista rajoittaa kuitenkin vainon, mm. kansainvälisen munakaupan, uhka. Neuvottelu maanomistajien kanssa pitääkin suorittaa harkitusti ja oikealle kohderyhmälle suuntautuen. Olisi tärkeää, että uusista pesistä tiedotettaisiin myös suoraan pesäalueen maanomistajille, jotta metsänkäyttöilmoituksen jättämisen jälkeen löydettyjen pesien läheltä ei vahingossa hakattaisi. Myös korvauspäätösten nopeuttaminen olisi tärkeää, jotta METSO-ohjelman kautta tehtyjen vapaaehtoisten suojelupäätösten houkuttelevuus lisääntyisi. Nykyisin maanomistaja saa METSO-korvausrahat usein myöhemmin kuin puukaupasta saisi (O. Mattila 17.11.2009, suullinen tiedonanto).

### *4.3. Suojelun tarpeesta ja habitaattimuutokseen sopeutumisesta*

Merikotkan nykyinen populaatiokehitys antaa olettaa, että merikotkaa ei enää kauan luokitella vaarantuneeksi: vuonna 2012 Suomessa arvioitiin olevan noin 1500 merikotkayksilöä (WWF 2012). Vuonna 2010 merikotkan vaarantuneeksi

luokittelamisen ainoana kriteerinä oli se, että merikotkan populaatiokoko (Suomessa) oli vähemmän kuin 1000 lisääntymiskykyistä yksilöä (Rassi ym. 2010). Uhanalaisluokituksen lieveneminen silmälläpidettäviin lajeihin voisi aiheuttaa myös merikotkan erityisesti suojeltavan lajin statuksen uudelleenarviointitarpeen, sillä luonnonsuojelulain 47 §:n mukaan erityisesti suojeltavan lajin häviämisuhan on oltava ilmeinen. Erityisesti suojeltavan lajin status puolestaan on perusteena sille, että ELY-keskus voi rajata sen osan pesän ympäristöä, jonka hävittäminen tai heikentäminen on kielletty. Ilman erityisesti suojeltavan lajin statusta on hyvin kyseenalaista, onko suojavaivähykesuosituksille käyttöä muuten kuin enintään vapaaehtoisena suojelun tarkoituksiin.

Lajin sisäinen kilpailu laajentaa habitaatinvalintaa (Svärdson 1949). Rosenzweigin (1985) mukaan habitaatinvalintateoria on osa MacArthurin ja Piankan (1966) muotoilemaa optimaalisen ravinnonhankinnan teoriaa. Teorian mukaan populaatiokoon kasvaessa aiempaa huonolaatuisempia pesimähabitaatteja voidaan ottaa käyttöön (Klopfer & Ganzhorn 1985), koska paremman pesimähabitaatin etsimiseen tarvittava aika on suuri. Merikotkapopulaation kasvaessa lisääntyy samalla paine hyväksyä aiempaa heikkolaatuisempia pesäpaikkoja ja sietää niissä ihmisen läheisyyttä pakenematta. 1800-luvun lopulta 1900-luvun puolivälin paikkeille kestänyt vaino toimi voimakkaana valintapaineena muokaten merikotkakantaa ihmisaraksi (Koivusaari 1993). Nykyisin ihmisen lähellä pesiminen ei enää johda pesinnän epäonnistumiseen paitsi korkeintaan ihmisarkuuden takia, jos pesältä pakeneminen johtaa munien ja poikasten paleltumiseen. Sopeutuminen hakkuisiin ja ihmiseen voi tapahtua osin oppimisen kautta, mutta geneettinen sopeutuminenkin lienee tarpeen. Pitkäikäisellä merikotkalla populaationgeneettinen muutos on kuitenkin hidasta.

Merikotkien pesäpaikkavaatimusten löyhentymisestä onkin jo viitteitä. Nykyisin jotkut merikotkparit pesivät aivan mökkirantojen tuntumassa onnistuen pesinnässään yllättävän hyvin (Stjernberg & Below 2000). Etenkin vasta-asettuneet merikotkparit ovat aiempaa sietokykyisempiä ihmisen häiriölle (Stjernberg 2002; Wallgren 2003). Merikotkat ovat jatkaneet pesintäänsä pesän ohi rakennetusta metsä- tai huvilatiestä huolimatta, ja joskus linnut ovat rakentaneet pesänsä jo valmiiksi tien viereen (Koivusaari 1993). Tutkimukseni kannalta keskeisintä kuitenkin on, että Koivusaaren (1993) mukaan merikotkat ovat hyväksyneet valmiin pesän hakkuun keskellä ja jopa

rakentaneet uuden pesän hakkuun keskelle, vaikka läheisiltä mökeiltä oli esteetön näkyvyys pesälle.

Merikotkan sopeutumiskykyä habitaatinmuutokseen on myös kyseenalaistettu. Folkestadin (2003) mukaan merikotka ei pysty sopeutumaan ihmisen läheisyyteen pesimäalueillaan. Toisaalta Folkestad esittää, että jatkuvasti häirityillä pesillä on satunnaisesti häirittyjä parempi poikastuotto. Tämä antaisi olettaa jonkinlaista häirintään sopeutumista tapahtuvan. Kuitenkin piilossa olevien ja näkyvien pesien osuudet sekä pesien etäisyys asutukseen ovat Wallgrenin (2003) mukaan pysyneet vakioina 1970-luvulta 2000-luvulle. Forsman (2007) uskoo merikotkan habitaattivaatimusten olevan lievenemässä, mutta hän asettaa kyseenalaiseksi sen, onko muutos riittävän nopeaa.

Menestyksenkäs ihmisen ja metsänhakkuiden läheisyyteen sopeutuminen vaatii merikotkalta sekä pesäympäristönvalinnan että pesäpakoisuuskäyttäytymisen muutosta. Jos merikotka tulevaisuudessa hyväksyy pesäpaikan läheltä ihmistoimintoja, mutta pysyy säikkynä ihmisen lähestymiselle, pesivien parien määrä kyllä kasvaa, mutta poikastuotto samalla vähenee. Jos poikastuotto tietyssä habitaatissa ei korvaa kuolleisuutta ja populaatio pysyy yllä vain tulomuuton avulla, kyseistä habitaattia kutsutaan nieluhabitaatiksi (Hanski 1999). Suojavyöhykerajausten olisi syytä varmistaa, että nieluhabitaatin osuus ei kasva niin suureksi, että se uhkaa merikotkan suotuisan suojelun tasoa. Kaiken kaikkiaan merikotkan suojelutoimet pitää sopeuttaa lajin nykyisen tilanteen, ei mahdollisen tulevan käyttäytymissopeutumisen mukaan. Siksi suosittelen nykyisen rajauskäytännön jatkamista.

#### *4.4. Yhteenveto*

Uudistushakkuut vaikuttavat jonkin verran merikotkien pesintään. Edellisvuoden pesinnän epäonnistuminen lisää merikotkien pesänvaihtotodennäköisyyttä. Uudistushakkuuaukot pesäalueella lisäävät tätä epäonnistumisen jälkeistä pesänvaihtoherkkyyttä. Merikotkat ovat kuitenkin monissa tapauksissa pesineet ja onnistuneet pesinnässään hyvinkin lähellä hakkuuaukkoa. Uudistushakkuutapahtuma pesäalueella laskee vähintään suuntaa-antavasti samanaikaisen tai seuraavan pesinnän onnistumistodennäköisyyttä. Niillä reviiireillä, joiden pesien lähistöllä korkeintaan 600

metrin säteellä pesästä on tehty hakkuita, pesinnän väliinjättövuosia on suuntaantavasti enemmän kuin pesäalueiltaan hakkaamattomilla reviireillä. Hakkuiden haittavaikutuksista huolimatta pesäalueiltaan hakatuillakin reviireillä poikastuotto on niin hyvä, että populaatio kasvaa. Nykyisen tasoinen hakkuuhäiriö ei siis uhkaa merikotkien suotuisan suojelun tasoa. Tutkimukseni perusteella pidän ELY-keskuksen käyttämää 50–100 metrin levyistä näkyvyyden mukaan sovellettavaa suojavyöhykettä sopivana pesimäkauden ulkopuolisille hakkuille. Hakkuuaineiston ajoitusongelmien vuoksi en voi ottaa kantaa pesimäkautisen suojavyöhykkeen leveyteen. Merikotkapopulaation kasvun myötä lajin uhanalaisluokitus saattaa lähivuosina muuttua, mikä vaikuttanee myös pesimähabitaattien suojaan lainsäädännössä. Siinäkin tilanteessa tämä tutkimus auttaneen vapaaehtoisen suojelun toteutusta.

## KIITOKSET

Kiitän pro graduni ohjaajia Toni Laaksosta ja Harri Hakkarasta neuvoista ja tuesta, ja Samuli Hellettä vinkeistä tilastollisten testien hienosäädössä. Kiitän Heikki Lokkia avusta Haliaeetus-tietokannan käytössä, Päivi Mäkistä Maanmittauslaitoksen valokuvaaineiston käytön opastuksesta ja Lounais-Suomen Metsäkeskuksen henkilökuntaa avusta hakkuutietojärjestelmien ja arkistojen kanssa. Kiitän myös Metsäliiton, UPM:n ja paikallisten metsänhoitoyhdistysten väkeä avusta hakkuiden ajoituksen tarkentamisessa sekä kaikkia niitä merikotkatyöryhmän jäseniä, jotka ovat vuosikymmenten kuluessa keränneet ja tallentaneet merikotkan pesimämenestystietoja. Ja lopuksi kiitän tutkielman tekoa rahoittaneita Väinö Ahlqvistin stipendirahastoa ja Suomen Luonnonsuojelun Säätiötä.

## KIRJALLISUUS

BirdLife International (2012) *Haliaeetus albicilla*. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. Viitattu 27.6.2012. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

Cody, ML (1985) An introduction to habitat selection in birds. Teoksessa: *Habitat selection in birds* (Cody ML, toim.), s. 3–56. Academic Press, New York.

Davis JM, Stamps JA (2004) The effect of natal experience on habitat preferences. *Trends in ecology and evolution* 19(8):411–416.

Folkestad AO (2003) Nest site selection and reproduction in the white-tailed sea eagle in Møre & Romsdal county, western Norway in relation to human activity. Teoksessa: *SEA EAGLE 2000. Proceedings from an international conference at Björkö, Sweden, 13–17 september 2000* (Helander B, Marquiss M, Bowerman W, toim.), s. 365–370. Swedish Society for Nature Conservation, Tukholma.



- Forsman D (2007) *Petolinnut*. Otava, Helsinki, 144 s.
- Génsböl B (2008) *Birds of prey*. HarperCollins Publisher, Lontoo, 414 s.
- Gerdehag P, Helander B (1988) *Havsörn*. Bonnier, Tukholma, 143 s.
- Glutz von Blotzheim UN, Bauer KM, Bezzel E (1971) *Handbuch der Vögel Mitteleuropas 4*. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt Am Main, 943 s.
- Hailer F (2006) Conservation genetics of the white-tailed eagle. Acta Universitatis Upsaliensis. *Digital comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of science and technology* 190. Uppsala, 57 s. Viitattu 28.6.2012.  
<http://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?searchId=1&pid=diva2:168446>
- Hall SH, Krausman PR, Morrison ML (1997) The habitat concept and plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25(1):173–182.
- Hanski I (1999) *Metapopulation ecology*. Oxford University Press, New York, 313s.
- Helander B (1994) Pre-1954 breeding success and productivity of white-tailed sea eagles *Haliaeetus albicilla* in Sweden. Teoksessa: *Raptor conservation today* (Meyburg BU, Chancellor RD, toim.), s. 731–733. WWGBP/The Pica Press, Berliini (Stjernbergin ym. 2003, Population trends and breeding success of the white-tailed sea eagle in Finland, 1970–2000 mukaan).
- Hokajärvi T, Jylhä L, Lehesvirta T, Lehtiniemi T, Lindén H, Pigg J, Ågren P, Raivio S, Soimasuo J, Strandström M, Virkkala R, Väisänen RA (2002) *Metsänkäsittely ja linnusto. Metsätehon opas*. Metsäteho Oy, Helsinki, 28 s.
- Jarvis PJ (1993) Environmental changes. Teoksessa: *Birds as Monitors of Environmental Change* (Furness RW & Greenwood JJD, toim.), s. 42–85. Chapman & Hall, Cornwall.
- Johnson DH (1980) The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61:65–71.
- Jones CG (2004) Conservation management of endangered birds. Teoksessa: *Bird ecology and conservation. A handbook of techniques* (Sutherland WJ, Newton I, Green RE, toim.), s. 269–301. Oxford University Press, New York.
- Joutsamo E (2003) Legal protection status of the white-tailed sea eagle in Finland. Teoksessa: *SEA EAGLE 2000. Proceedings from an international conference at Björkö, Sweden, 13–17 september 2000* (Helander B, Marquiss M, Bowerman W, toim.), s. 343–347. Swedish Society for Nature Conservation, Tukholma.
- Kenward MG, Roger JH (1997) Small sample inference for fixed effects from restricted maximum likelihood. *Biometrics* 53:983–997.
- Klopfer PH (1969) *Habitats and territories: a study of the use of space by animals*. Basic books, New York, 117 s.
- Klopfer PH, Ganzhorn JU (1985) Habitat selection: behavioral aspects. Teoksessa: *Habitat selection in birds* (Cody ML, toim.), s. 435–453. Academic Press, New York.
- Koivusaari J (1993) Merikotka. Teoksessa: *Suomen haukat ja kotkat* (Forsman D, toim.), s. 64–79. Kirjapaino Oy West Point, Rauma.
- Koivusaari J, Nuuja I, Palokangas R (1980) *Uhattu Merikotka*. Gummerus, Jyväskylä, 112 s.
- Koivusaari J, Nuuja I, Palokangas R (1988) Merenkurkun merikotkain perikato II. *Suomen luonto*. 47(3):13–17.
- Kontkanen H, Nevalainen T (2002) Petolinnut ja metsätalous. *Siipirikko* 29(2):1–80.

- Kulves H (1973) *Havsörnens (Haliaeetus albicilla albicilla L.) ekologi på Åland*. Ålands kulturstiftelse, Mar iehamn, 126 s.
- Lack D (1933) Habitat selection in birds. *Journal of Animal Ecology* 2:239–262.
- Lappalainen M (2008) Ison linnun komea paluu. *Suomen luonto* 67(4):42–49.
- Lõhmus A (2003) Habitat preferences and quality for birds of prey: from principles to applications. *Dissertationes biologicae universitatis Tartuensis*, 78. Tartu University Press, Tartto, 160 s.
- Lyytimäki J, Hakala H (2008) *Ympäristön tila ja suojele Suomessa*. Gaudeamus, Helsinki, 447 s.
- MacArthur RH, Pianka ER (1966) On optimal use of a patchy environment. *American Naturalist* 100:603–609.
- Metsähallitus (1993) *Metsätalouden ympäristöopas*. Tuokinprint, Helsinki, 112 s.
- Metsähallitus (2004) *Metsätalouden ympäristöopas*. Edita Prima, Helsinki, 159 s.
- Metsäkeskus Pohjois-Karjala (2007) *Petolintujen pesäpaikkojen turvaaminen talousmetsien metsänkäsittelyissä– metsäluonnonhoitohanke. Loppuraportti 2003–2006*. Viitattu 28.6.2012. [http://www.metsakeskus.fi/fi\\_FI/c/document\\_library/get\\_file?uuid=8b0004aa-4ca6-4276-a200-d6c1e776e923&groupId=10156](http://www.metsakeskus.fi/fi_FI/c/document_library/get_file?uuid=8b0004aa-4ca6-4276-a200-d6c1e776e923&groupId=10156)
- Morrison ML, Marcot BG, Mannan RW (2006) *Wildlife-Habitat Relationships. Concepts and Applications*. Island Press, Lontoo, 494 s.
- Munsterhjelm R (2006) *Havörnens val av boplats – en studie I boplatsens struktur och dess inverkan på häckningsresultatet*. Pro gradu avhandling i miljöbiologi. Institutionen för biologi, Åbo Akademi, Turku, 83 s.
- Newton I (1979) *Population ecology of raptors*. Poyser, Berkhamsted, 399 s.
- Oehme G (1961) Die Bestandsentwicklung des Seeadlers in Deutschland mit Untersuchungen zur Wahl der Brutbiotope. Teoksessa: *Beiträge zur Kenntnis deutscher Vögel* (Schildmacher H), s. 1–61. Gustav Fischer, Jena (Glutzin ym.1971, *Handbuch der Vögel Mitteleuropas* 4 mukaan).
- Rassi P, Alanen A, Kanerva T, Mannerkoski I, toim. (2001) *Suomen lajien uhanalaisuus 2000*. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus, Helsinki, 432 s.
- Rassi P, Alanen A, Kemppainen E, Vickholm M, Väisänen R, toim. (1986) *Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelutoimikunnan mietintö. II Suomen uhanalaiset eläimet*. Komiteamietintö 1985:43. Ympäristöministeriö, Helsinki, 466 s.
- Rassi P, Hyvärinen E, Juslén A, Mannerkoski I, toim. (2010) *Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja*. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus, Helsinki, 685 s.
- Rassi P, Kaipainen H, Mannerkoski I, Ståhls G, toim. (1992) *Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantatoimikunnan mietintö*. Komiteamietintö 1991:30. Ympäristöministeriö, Helsinki, 328 s.
- Rosenzweig ML (1985) Some theoretical aspects of habitat selection. Teoksessa: *Habitat selection in birds* (Cody ML, toim.), s. 517–540. Academic Press, New York.
- SAS Institute Inc. (2008) SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Viitattu 14.3.2011. <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statuglmmix/61788/PDF/default/statuglmmix.pdf>
- Saurola P (1993) Petolinnut ihmisen Suomessa. Teoksessa: *Suomen haukat ja kotkat* (Forsman D, toim.), s. 20–32. Kirjapaino Oy West Point, Rauma.
- Stjernberg T (2002) Protection of nesting areas of the white-tailed sea eagle in Finland. Teoksessa: *SEA EAGLE 2000. Proceedings from an international conference at Björkö, Sweden, 13–17 september 2000*

(Helander B, Marquiss M, Bowerman W, toim.), s. 355–363. Swedish Society for Nature Conservation, Tukholma.

Stjernberg T, Below A (2000) Merikotka – *Haliaeetus albicilla*. Teoksessa: *Suojelualueverkoston merkitys eräille nisäkäs- ja lintulajeille. Metsähallituksenluonnonsuojelujulkaisuja*. Sarja A, No 121 (Below A, toim.), s. 55–63. Metsähallitus, Helsinki.

Stjernberg T, Ekblom H, Högmänder J, Joutsamo E, Keränen S, Koivusaari J, Munsterhjelm G, Ojala S, Ollila T, Wallgren H (2003a) Suomen merikotkat 2001–2002. Teoksessa: *Linnut-vuosikirja 2002* (Ruokolainen K, toim.), s. 13–19. Birdlife Suomi, Helsinki.

Stjernberg T, Koivusaari J, Högmänder J (2003b) Population trends and breeding success of the white-tailed sea eagle in Finland, 1970–2000. Teoksessa: *SEA EAGLE 2000. Proceedings from an international conference at Björkö, Sweden, 13–17 september 2000* (Helander B, Marquiss M, Bowerman W, toim.), s. 103–112. Swedish Society for Nature Conservation, Tukholma.

Stjernberg T, Koivusaari J, Koskimies P (1998) Merikotka. Teoksessa: *Muuttuva pesimälinnusto* (Väisänen RA, Lammi E, Koskimies P), s. 112–113. Otava, Helsinki.

Suominen T (1967) *Lintujemme katoava aateli*. WSOY, Porvoo, 156 s.

Svärdson G (1949) Competition and habitat selection in birds. *Oikos* 1:157–174.

Valkama J, Vepsäläinen V, Lehikoinen A (2011) *Suomen III Lintuatlas*. Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö. Viitattu 28.6.2012. <http://atlas3.lintuatlas.fi/tulokset/laji/merikotka>

Wallgren H (2003) Nest visibility – no trend over 27 years despite changed behavior of the eagles. Teoksessa: *SEA EAGLE 2000. Proceedings from an international conference at Björkö, Sweden, 13–17 september 2000* (Helander B, Marquiss M, Bowerman W, toim.), s. 371–375. Swedish Society for Nature Conservation, Tukholma.

Wallgren H, Stjernberg T, Franzen J (1998) The white-tailed eagle on the Åland islands. *Kungsörnen* 4:9–15 (Stjernbergin ym. 2003 Population trends and breeding success of the white-tailed sea eagle in Finland, 1970–2000 mukaan).

WWF (2012) *Merikotka*. Viitattu 27.6.2012. <http://wwf.fi/maapallomme/uhanalaiset/kotimaiset/merikotka/>

Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA, Smith GM (2009) *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer, New York, 574 s.