

# Ilmastonmuutoksen vaikutukset päiväpetolintujen levinneisyyteen Suomessa

Petteri Kiilunen

790351A  
LuK-tutkielma  
Maantieteen tutkimusryhmä  
Oulun yliopisto  
27.4.2017

# Sisällys

Johdanto .....	3
Teoria .....	5
Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen ilmastoon .....	5
Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen lajistoon ja ekosysteemeihin .....	6
Lajien levinneisyyteen vaikuttavat tekijät.....	6
Ilmastonmuutoksen vaikutukset lajien levinneisyyteen .....	8
Päiväpetolintujen ekologia.....	10
Aineisto .....	13
Piekanan, mehiläishaukan ja ruskosuohaukan levinneisyyden muutokset.....	14
Ilmastonmuutos ja päiväpetolinnut tulevaisuudessa .....	19
Lähteet .....	23

## Johdanto

Ilmastonmuutoksella on todettu olevan ekologisia vaikutuksia ympäristöihin eri puolilla maailmaa (Walther ym. 2002; Root ym. 2003; Böhning-Gaese & Lemoine 2004; Hickling ym. 2006; Parmesan 2006). Muutoksia on havaittu kasveista eläinkuntaan sekä merellisissä että terrestrisissä ekosysteemeissä. Tutkimusten kohteena ovat olleet esimerkiksi ilmastonmuutoksen vaikutukset organismien fenologiaan ja fysiologiaan, lajien levinneisyyteen ja populaatioiden jakautumiseen eri maapallon alueilla, eliöyhteisöjen rakentamiseen ja niiden lajien välisiin suhteisiin sekä ekosysteemien rakenteeseen ja dynamiikkaan (Walther ym. 2002). Ilmaston lämpeneminen yhdistettynä muihin ympäristön lajeille aiheuttamiin stressitekijöihin, kuten elinympäristöjen pirstoutumiseen, voi helposti häiritä lajien välisiä vuorovaikutussuhteita eliöyhteisöissä (Root ym. 2003). Useissa ekosysteemeissä peto-saalissuhteet ovat vaarantuneet, kun eri trofiatasoilla olevat lajit ovat reagoineet eri tavoilla ympäristön olosuhteiden muutoksiin (Parmesan 2006). Erityisesti levinneisyydeltään rajoittuneet specialistilajit ovat vaarassa hävitä kokonaan tyypillisistä elinympäristöistään kasvaneiden lämpötilojen aiheuttamien muutosten vuoksi. Ilmastonmuutoksen aiheuttamia sukupuuttoja on huomattu esimerkiksi polaarialueiden ja vuoristojen eliölajeilla.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia boreaalisiin ekosysteemeihin on tutkittu paljon (Vatka 2014; Han & Wang 2016). Petolintujen ja ilmastonmuutoksen suhdetta käsittelevistä tutkimuksista taas pääosa tarkastelee petolintujen fenologiassa tapahtuneita muutoksia: tällaisia ovat esimerkiksi ajalliset muutokset lintujen pesinnässä (Rodriguez & Bustamante 2003; Nielsen & Møller 2006; Both ym. 2009; Rosenfield ym. 2017) sekä kevät- ja syysmuutossa (Van Buskirk 2002; Hull & Girman 2005). Myös Suomessa on tehty vastaavaa fenologista tutkimusta petolintujen reagoimisesta ilmastonmuutokseen esimerkiksi Helsingin yliopistossa (Lehikoinen ym. 2009, 2010, 2011). Tarkastelussa ovat olleet myös ilmastonmuutoksen vaikutukset boreaalisen vyöhykkeen peto-saalissuhteisiin vertailemalla esimerkiksi myyrien populaatiosyklejä suhteessa niitä saalistaviin petoihin, kuten petolintuihin (Korpela 2014; Terraube ym. 2016). Petolintujen pesinnän kannalta olennaista on, että se ajoittuu aikaan, jolloin ravintoa on mahdollisimman paljon saatavilla (Møller ym. 2008; Both 2010: 131–133). Ilmastonmuutos voi muuttaa saaliseläinten vuotuisia runsaushuippuja aiheuttaen haasteita pesinnän onnistumiselle (Visser

ym. 2004). Ilmastonmuutoksen vaikutukset lintujen levinneisyyteen liittyvät osin myös populaatiodynamiikkaan (Sæther & Engen 2010: 207-208), jonka suhdetta ilmaston lämpenemisen aiheuttamiin levinneisyyden muutoksiin on tutkinut esimerkiksi Gregoryn (2009) tutkimusryhmä. Mahdollisia muutoksia lajien levinneisyydessä ilmaston lämpenemisen seurauksena on pyritty havainnollistamaan erilaisilla kuorimalleilla (mm. habitat suitability models, HSM), joiden tarkoituksena on arvioida lajien levinneisyyden muutoksia erilaisissa ilmastoskenaarioissa (Thuiller & Münkemüller 2010: 77–83).

Petolintujen ja ilmastonmuutoksen välistä suhdetta on tutkittu pohjoisella pallonpuoliskolla, mutta tutkimukset ilmastonmuutoksen vaikutuksista petolintujen maantieteelliseen levinneisyyteen, erityisesti boreaalisen havumetsävyöhykkeen alueella, ovat edelleen harvinaisia. Tutkielmassani perehdyn ilmastonmuutoksen vaikutuksiin Suomen petolintujen levinneisyydessä: onko petolintujen levinneisyydessä tapahtunut muutoksia viimeisten vuosikymmenten aikana ja miten ilmastonmuutos mahdollisesti muuttaa lajien levinneisyyttä tulevaisuudessa. Tutkimuskohteena ovat Suomessa ja Euroopassa tavattavat päiväpetolinnut (*Accipitriformes*). Tarkoitukseni on perehtyä muutamisiin erityislajeihin, jotka eroavat toisistaan muun muassa ravinnon ja ympäristövaatimusten mukaan. Aikaisemmissa tutkimuksissa on löydetty viitteitä siitä, että lintulajin käyttämällä ravinnolla ja muilla ekologisilla erityispiirteillä on suuri vaikutus lajin levinneisyyden rajoihin muuttuvassa ilmastossa (Brommer 2008; Brommer & Møller 2010). Kyseisiä tekijöitä voidaan käyttää hyväksi ennustettaessa levinneisyydessä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia. Ilmastonmuutos muuttaa ekosysteemien toimintaa ja rakennetta, millä uskotaan olevan enemmän merkitystä lajeille kuin ilmastonmuutoksen suorilla vaikutuksilla (Tylianakis ym. 2008; Brommer & Møller 2010). Sivuan tutkielmassa myös ilmastonmuutoksen vaikutuksia lajien populaatiodynamiikkaan, jolla on vaikutusta lajien levinneisyyteen (Best ym. 2007; Gregory ym. 2009) mutta pääpaino on mahdollisten levinneisyyden muutosten tarkastelussa.

## Teoria

### **Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen ilmastoon**

Ilmaston lämpeneminen on ollut nopeaa viimeisen vuosisadan aikana: vuosien 1880–2012 välillä lämpötila on kasvanut keskimäärin 0,85 °C (IPCC 2013). Ihmisten toiminnalla on ollut tärkeä osa tähän viime vuosikymmenten aikana havaittuun nopeaan ilmaston lämpenemiseen johtuen sekä lisääntyneistä suorista kasvihuonekaasupäästöistä että muista antropogeenisista maapallon kasvihuoneilmiötä vahvistavista tekijöistä. Tällaisia ovat esimerkiksi metsien raivaaminen asutuksen tieltä tai maatalouden käyttöön — maatalous tuottaa myös huomattavia metaanipäästöjä. Hiilidioksidin, metaanin ja dityppioksidin määrät ilmakehässä ovat kasvaneet huomattavasti ja vaikuttavat yhdessä luonnollisten tekijöiden, kuten auringon säteilytasapainon muutosten, rinnalla lämpötilan kohoamiseen maapallolla. Kasvihuonekaasujen määrän ja lämpötila ovat kasvaneet tasaisesti: kasvu on ollut jopa alun perin ennakoitua nopeampaa (IPCC 2013). Todennäköisesti ilmaston lämpenemisen vaikutukset maapallon biodiversiteetissä näkyvät vasta vuosien kuluttua – näyttäisi myös siltä, että ilmaston lämpeneminen jatkuu nopeana vielä vuosikymmenten ajan.

Ilmastonmuutos aiheuttaa eri puolilla maailmaa lämpötiloissa ja sateisuudessa erilaisia muutoksia. Suomen vuotuiset keskilämpötilat ovat nousseet tasaisesti (Tietäväinen ym. 2010). Tulevaisuudessa on odotettavissa, että lämpötilat jatkavat nousuaan, millä on muun muassa laajoja ekologisia, taloudellisia ja sosiaalis-kulttuurillisia vaikutuksia esimerkiksi lisääntyneiden sateiden, kuivuuden ja sään ääri-ilmiöiden vuoksi (IPCC 2013). Suomessa ilmastonmuutoksen odotetaan nostavan vuotuisia keskilämpötiloja jopa kahdesta kuuteen astetta – talvien odotetaan lämpenevän suhteessa enemmän kuin kesien (Jylhä ym. 2009). Näin ollen myös sateisuus lisääntyisi ympäri vuoden ja talvinen lumipeite vähenisi. Sateisuuden ja lämpötilojen kasvun odotetaan olevan suurempaa pohjoisessa kuin etelässä.

## **Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen lajistoon ja ekosysteemeihin**

Lämpötilassa ja sateisuudessa tapahtuvat muutokset voivat muuttaa Suomen ympäristöä ja ekosysteemien rakennetta (Jylhä ym. 2009). Lämpötilojen kasvu ja ilmassa olevan hiilidioksidipitoisuuden nousu kasvattavat kasvien perustuotanto lisäämällä muun muassa yhteytyksen tehoa (Pöyry & Toivonen 2005). Tämä yhdessä kasvukauden pitenemisen kanssa lisää ekosysteemien tuottavuutta. Ekosysteemien tuottavuuden kasvu yhdessä lajien fenologian muutosten kanssa voi muuttaa Suomen ekosysteemien lajistoa ja vaikuttaa esimerkiksi ravintoverkostoihin tai ekosysteemin perustoimintoihin.

Heikosti leviävillä lajeilla, kuten puilla, ilmastonmuutoksen aiheuttamat levinneisyyden muutokset näkyvät hitaasti. Boreaalisten havumetsien etelärajan odotetaan kuitenkin siirtyvän tulevaisuudessa pohjoisemmaksi havupuiden korvautuessa lauhkean vyöhykkeen lehtipuilla (Han & Wang 2016).

Ilmaston lämpeneminen uhkaa erityisesti pohjoisia lajeja, joiden elinympäristöt kutistuvat (Walther ym. 2002; Parmesan 2006). Useiden Suomessa tavattavien lintulajien levinneisyyden eteläraja on siirtynyt kohti pohjoista viime vuosikymmenten aikana, kun taas pääosin etelässä tavattavien lajien levinneisyyden pohjoisraja on siirtynyt samanaikaisesti pohjoisemmaksi. Nämä vaikutukset ovat todennäköisesti seurausta muuttuvista ilmasto-oloista ja niiden aiheuttamista muutoksista elinympäristöille ja lajien vuorovaikutussuhteille (Virkkala ym. 2008; Brommer & Møller 2010: 251 – 271; Virkkala & Rajasärkkä 2011). Lajien elinympäristöjen yhtäläistyminen lisää lajien kilpailua resursseista kuten ravinnosta tai sopivista pesimäpaikoista. Eteläiset lajit ovat useimmiten parempia kilpailijoita ja työntävät näin ollen pohjoiseen sopeutuneita lajeja yhä pohjoisemmaksi (Parmesan & Yohe 2003).

## **Lajien levinneisyyteen vaikuttavat tekijät**

Evoluutioekologien mukaan lajien maantieteellisen levinneisyyden rajat määräytyvät lajien fenologisten ominaisuuksien mukaan: nämä ominaisuudet estävät tai mahdollistavat lajin sopeutumisen vallitseviin olosuhteisiin (Brommer & Møller 2010: 249). Perinteinen

ekologia taas painottaa abioottisten – kuten lämpötilan ja sadannan – ja bioottisten tekijöiden – kuten peto–saalis -suhteiden ja kilpailun – vaikutusta lajien levinneisyyteen. Tutkimusten mukaan lajien levinneisyyden ääri rajoja rajoittavat pääosin abioottiset tekijät (Root 1988; Gaston 2009): ilmastoa pidetään usein tärkeimpänä lajien levinneisyyttä rajoittavana tekijänä. Lämpötilalla on huomattu olevan suurempi suora vaikutus lajeihin kuin sadannalla sillä esimerkiksi fysiologia voi suoraan rajoittaa lajin esiintymistä kylmällä tai erityisen lämpimällä alueella. Kuitenkin myös sateisuus ja vuodenaikojen vaihtelu vaikuttavat lämpötilojen rinnalla lajien populaatioihin rajoittamalla esimerkiksi poikasten selviytymistä (Lehikoinen ym. 2009), mikä voi rajoittaa pesintää tietyillä alueilla. Tutkimuksissa on havaittu varsinkin talven lämpötilojen rajoittavan selkeästi lintujen levinneisyyttä pohjoisessa (Root 1988).

Lajien levinneisyyttä rajoittavat pohjoisessa lähinnä abioottiset tekijät ja päiväntasaajalla rajat määrittävät lähinnä bioottisten vuorovaikutussuhteiden mukaan (Böhning-Gaese ym. 2004). Tätä on perusteltu päiväntasaajan läheisyyden lajirikkuudella, joka pienenee siirryttäessä kohti napoja. Pohjoisten alueiden lajien levinneisyysalueet taas ovat usein laajempia kuin lähempänä päiväntasaajaa (Stevens 1989). Alhaisia lämpötiloja pidetään suurempina stressitekijöinä kuin korkeita, jolloin napojen lähellä levinneisyyden rajat määräytyvät lähinnä sen mukaan, miten laji kestää vallitsevia abioottisia olosuhteita. Tällöin siis lajien välinen ja lajin sisäinen kilpailu, predaatio tai muut bioottiset tekijät eivät vaikuta lajien levinneisyyteen yhtä paljon kuin lähellä päiväntasaajaa, jossa lämpötilat ovat lajien kannalta suotuisia. Lajien levinneisyysalueen pohjois- ja etelärajalla levinneisyyteen vaikuttavat tekijät voivat olla erilaisia, jolloin ympäristön muuttumisen aiheuttamat muutokset levinneisyyden rajoissa voivat poiketa toisistaan eri alueilla (Brommer & Møller 2010: 250). Ilmaston oletetaan vaikuttavan enemmän lajien ja populaatioiden dynamiikkaan levinneisyysalueiden rajoilla, kuin mitä se vaikuttaa esimerkiksi lajien levinneisyyden keskivaiheilla (Parmesan & Yohe 2003).

Lajien erilaiset ominaisuudet ovat avainasemassa ennustettaessa eri lajien reaktioita ilmastonmuutokseen. Tällaisia ovat esimerkiksi koko ja fysiologia, ekologinen erilaistuminen ja ympäristön valinta, levittäytyminen eli dispersaali sekä lajien yksilöllinen elämänhistoria, kuten kehitysvaiheet ja sukukypsyys (Böhning-Gaese ym. 2006; Brommer & Møller 2010: 250). Viitteitä on löydetty esimerkiksi siitä, että linnun aivojen koolla voi olla vaikutusta lajin sopeutumisessa ilmastonmuutokseen (Brommer & Møller

2010: 269). Parempi kognitiivinen kapasiteetti voi auttaa löytämään vaihtoehtoisia keinoja esimerkiksi ravinnon hankinnassa.

Ekologisissa teorioissa levittäytymismekanismeilla ja -nopeudella on erityisen tärkeä rooli lajien levinneisyyden kannalta, sillä nopea dispersaali helpottaa sopivien elinympäristöjen löytämistä (Walther ym. 2002; Böhning-Gaese ym. 2006). Nopeasti leviävien lajien – esimerkiksi lintujen – pitäisi ainakin teoriassa olla lähellä potentiaalisen levinneisyytensä rajoja, koska ne voivat reagoida nopeammin muuttuvaan ilmastoon kuin hitaasti dispersoivat lajit (Brommer & Møller 2010: 250). Linnut myös kykenevät tehokkaasti ylittämään useimmat maantieteelliset leviämissesteet, jotka hidastavat monien muiden taksonien dispersaalia. Muita ongelmia lajien leviämiseen aiheuttavat myös esimerkiksi suuri erikoistuminen tietynlaiseen ympäristöön tai niin sanottujen ekologisten käytävien puuttuminen matkalla, mikä näkyy esimerkiksi maanpeitteeltään epäsopivien ympäristöjen yleisyytenä alueella. Tällöin dispersaali uudelle alueelle on suuri riski sopivien levähdyspaikkojen puuttuessa (Hanski 2007).

## **Ilmastonmuutoksen vaikutukset lajien levinneisyyteen**

Ilmastonmuutos vaikuttaa lajien levinneisyyteen ja populaatioihin muuttamalla elinympäristöjen abioottisia tekijöitä sekä vaikuttamalla bioottisiin vuorovaikutuksiin lajien välillä, minkä seurauksena lajien levinneisyydessä voi tapahtua muutoksia (Walther ym. 2002). Yksittäisten lajien, taksonien tai maantieteellisten alueiden kohdalla havaitulla muutoksilla voi olla useita selityksiä, mutta laajasta tutkimusaineistosta johdetut meta-analyysit ovat paljastaneet selkeitä viitteitä siitä, että ilmastonmuutos on systemaattisesti vaikuttanut eri lajien ja biomien esiintymiseen sekä elinympäristöjen muutoksiin maapallolla (Parmesan & Yohe 2003).

Viime vuosikymmenten nopean ilmaston lämpenemisen aikana on havaittu, että useiden eliöiden levinneisyyden rajat ovat muuttuneet (Walther ym. 2002; Root ym. 2003; Böhning-Gaese & Lemoine 2004; Hickling ym. 2006; Parmesan 2006). Eliöt useissa eri taksonomisissa ryhmissä ovat siirtyneet kohti pohjoisia leveyksiä ja ylemmäs vuoristoihin kasvaneiden lämpötilojen ja sateisuuden muutosten seurauksena. Muuttuva ilmasto pakottaa lajit mukautumaan muutoksiin esimerkiksi evolutiivisten adaptaatioiden kautta; jos tämä ei ole mahdollista, laji joutuu etsimään sopivampia olosuhteita muualta



(Huntley ym. 1997). Tämä on johtanut monilla lajeilla levinneisyysrajojen muutoksiin kohti napoja. Tutkijat ovat kuitenkin havainneet useita lajeja, joiden levinneisyys ei ole muuttunut ilmastonmuutoksen myötä, mikä viittaisi siihen, että ilmasto ei ole ainoa levinneisyyttä rajoittava tekijä (Parmesan 2006).

Eri lajien leviämisenopeudessa on eroja, joten lajien levinneisyysrajojen siirtyminen kohti napoja vaihtelee. Osa lajeista on parempia kolonisoimaan uusia alueita, minkä seurauksena ekosysteemien rakenteet muuttuvat (Brommer & Møller 2010: 249). Lajin runsaus ja sen populaatioiden elinvoimaisuus korreloivat usein lajin esiintymisalueen koon kanssa, joten lajin taipumus olla seuraamatta muuttuvia ilmasto-olosuhteita voidaan nähdä negatiivisena lajin kannalta (Gregory ym. 2009). Kuitenkin lajin levinneisyyden säilyminen muuttumattomana voi kertoa esimerkiksi sopivien habitaattien puuttumisesta tai hitaasti kolonisaationopeudesta (Sekercioglu ym. 2008). Myös erilaiset sopeumat esimerkiksi lajin geneeissä voivat helpottaa sopeutumista vaihtuviin olosuhteisiin (Huntley ym. 1997; Parmesan 2006). Lajin sopeutuminen vallitseviin ja muuttuviin olosuhteisiin voi olla seurausta esimerkiksi muutoksista lajin geneeissä tai fenotyypin plastisuudesta eli sen kyvystä muuttaa ilmiänsuaan ympäristön mukaan, mikä ilmenee esimerkiksi kykynä sopeutua ympäristössä tapahtuviin muutoksiin (Parmesan 2006). Esimerkiksi levinneisyyden rajoilla olevat populaatiot ovat luultavasti parempia sietämään ympäristön muutoksia ja mukautumaan niihin kuin keskimääräiset genotyypit (Botkin ym. 2007). Lintupopulaatioiden tutkimuksissa ei ainakaan vielä ole havaittu evolutiivista valintaa ilmastonmuutoksen suhteen (Sheldon 2010).

Lajien levinneisyysalueiden siirtyminen ilmastonmuutoksen seurauksena vaihtelee lajeittain. Mahdollisia vaihtoehtoja pohjoiseen päin siirtyvien lajien kohdalla ovat; koko levinneisyysalueen siirtyminen pohjoiseen, pelkän levinneisyysalueen pohjoisrajan siirtyminen ja niin pohjois- kuin etelärajankin siirtyminen pohjoisemmaksi (Brommer & Møller 2010: 266–267). Jos ilmasto vaikuttaa sekä lajin levinneisyyden etelä- että pohjoisrajaan, on odotettavissa koko levinneisyysalueen siirtyminen pohjoiseen. Erilaiset esteet, kuten sopivien elinympäristöjen puuttuminen, voivat kuitenkin aiheuttaa levinneisyysalueen siirtymiselle haasteita, mikä taas vaikuttaa populaatioiden selviytymiseen. Tämä skenaario on todennäköinen, jos lajin levinneisyyteen vaikuttavat sekä pohjoisessa että etelässä bioottiset tekijät. Levinneisyysalueen pohjoisrajan tai mo-

lempien rajojen siirtyminen puolestaan kasvattavat lajin esiintymisaluetta, mikä voi parantaa sen selviytymistä useampien paikallispopulaatioiden muodostumisen ja yksilöiden lisääntymisen kautta. Pelkän pohjoisrajan siirtyminen viittaisi siihen, että abiottiset tekijät rajoittavat lajin esiintymistä lähinnä pohjoisessa, kun taas etelässä levinneisyyttä ohjaisivat bioottiset vuorovaikutussuhteet. Etelärajan siirtyminen yhä etelämmäksi voisi taas olla seurausta esimerkiksi populaatiotason muutoksista, kuten yksilöiden määrän runsaasta kasvusta.

Tutkimustyön suurin haaste on erottaa ilmastonmuutoksen vaikutukset muista eliöstön populaatioihin, fenologiaan ja levinneisyyteen vaikuttavista tekijöistä (Parmesan 2006; Jetz ym. 2007). Ihmisten nopeuttaman ilmaston muuttumisen lisäksi on olemassa myös monia muita antropogeenisiä eli ihmisten toiminnasta johtuvia tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa muutoksia lajien levinneisyydessä. Tällaisia ovat esimerkiksi maankäytön muutokset, jotka liittyvät muun muassa maa- ja metsätalouteen. Nämä tekijät vaikuttavat todennäköisesti yhdessä ilmastonmuutoksen rinnalla muuttaen kasvien ja eläinten elinympäristöjä sekä lajistoa. Paikallisissa lyhytaikaisissa biologisissa muutoksissa ovat taustalla usein ilmastosta riippumattomat tekijät (Parmesan & Root 2003), mikä vaikeuttaa ilmastonmuutoksen suorien ja epäsuorien vaikutusten havaitsemista. Virkkala ja Rajasärkkä (2010) tutkivat ilmastonmuutoksen vaikutuksia lintupopulaatioihin suoje-lualueilla, joilla esimerkiksi maankäytön aiheuttamat muutokset on minimoitu – he pysyivät näin korostamaan ilmastotekijöiden roolia havaituissa populaatiomuutoksissa. Keskilämpötilat olivat nousseet viimeisen parin vuosikymmenen aikana 0,7–0,8 °C, ja samalla pohjoisten lajien populaatiot olivat pienentyneet eteläisten lajien populaatioiden kasvaessa.

## **Päiväpetolintujen ekologia**

Petolinnut ovat olleet tutkijoille perinteisesti hyviä bioindikaattoreita, sillä useat lajit ovat erikoistuneita tietynlaiseen ravintoon ja elinympäristöön ja reagoivat herkästi ympäristön tilan muutoksiin (Forsman 2007). Esimerkiksi 1950- ja 1960-luvuilla huomattu maailmanlaajuinen ympäristömyrkkykatastrofi ilmeni tutkijoiden selvittäessä syytä romahtaneisiin petolintukantoihin (Gensbøl ym. 1995). Hitaasti hajoavat ympäristömyrkyt kertyvät ekosysteemien korkeimmilla trofiatasoilla sijaitseviin petolintuihin ja vaikuttavat

muun muassa niiden pesimätulokseen ja kelpoisuuteen. Muuttolintujen kantoja harventavat vuosittain myös laitton ampuminen Etelä-Euroopassa ja Pohjois-Afrikassa.

Lintulajien ekologialla on havaittu olevan merkitystä, kun tarkastellaan niiden levinneisyydessä tapahtuneita muutoksia viime vuosikymmeninä (Brommer & Møller 2010: 268—269). Näin ollen esimerkiksi lajin käyttämä ravinto vaikuttaa todennäköisesti levinneisyyden muutoksiin ilmastomuutoksen seurauksena. Teoriassa spesialistilajit vastaavat hitaammin ympäristönmuutoksiin kuin generalistilajit heikosta mukautuvuudesta johtuen ja ovat näin alttiimpia muutosten tuomille haitoille. Tämä ei välttämättä pidä paikkaansa kaikkien lajien kohdalla – merkityksellisempää vaikuttaisi olevan käytetty ravinto ja ravinnon hankintapa. Useimmat Suomen päiväpetolinnuista ovat erikoistuneet tiettyyn ravintoon — esimerkiksi jyrsiöihin tai toisiin lintuihin — mutta useat lajit kykenevät huonoina saalisvuosina hyödyntämään myös erilaista ravintoa (Gensbøl ym. 1995; Malling Olsen & Tofte 2009).

Ilmastomuutoksen vaikutukset pohjoisilla leveyksillä ovat voimakkaampia kuin etelässä (Brommer & Møller 2010: 269): muutokset Suomen lämpötilassa ja kasvien tuottavuudessa voivat näkyä voimakkaampina tietyissä ravintoekologioissa. Siemeniä ja kasvinosia ravintonaan käyttävät linnut esimerkiksi voivat reagoida voimakkaasti kasvien biomassan lisääntymiseen, kasvilajien levinneisyyden muutoksiin tai pohjoisten alueiden elinympäristöjen parantuneisiin olosuhteisiin lisääntyneen yhteytyksen myötä. Myös hyönteissyöjien on havaittu levinneen uusille alueille. Saalislajeissa tapahtuvat muutokset heijastuvat petolintuihin hitaasti eikä niiden levinneisyydessä ole havaittu yhtä nopeita muutoksia kuin monilla muilla linnuilla. Pitkät sukupolven välit ja vuosittainen poikasten vähäisyys hidastavat petolintujen sopeutumista verrattuna pieniin, nopeasti lisääntyviin lajeihin (Rosenfield ym. 2017).

Päiväpetolintujen levinneisyyteen vaikuttavat erityisesti niiden suosimien saaliseläinten levinneisyys ja suotuisten pesintä- ja saalistusympäristöjen sijainti (Gensbøl 1995; Malling Olsen & Tofte 2009). Useat lajit suosivat esimerkiksi ympäristöä, jossa metsät ja avoimet alueet vuorottelevat tarjoten näin suotuisan pesäpaikan ja saalistusmaaston; lajin ominaisuudet ja lajien omaksumat saalistustavat vaikuttavat kuitenkin elinympäristön valintaan. Lintuja pääravintonaan käyttävät kanahaukansukuiset lajit saalistavat esimerkiksi metsissä, kun taas lintuihin erikoistuneet jalohaukat suosivat pääosin

avointa maastoa (Gensbøl ym. 1995). Sopivien saaliseläinten saatavuus ohjailee päiväpetolintulajien vuotuisia runsaussuhteita ja elinympäristöjen valintaa: jos ravintoa on jokin kesä tarjolla vähän, voi pesintä jäädä kokonaan välistä.

Suurin osa pohjoisen Euroopan petolintulajeista on muuttolintuja, sillä vain maa- ja merikotkat, kanahaukat sekä tunturihaukat viettävät talvensa Suomessa (Malling Olsen & Tofte 2009). Hyvinä myyrätalvina voidaan tavata myös hiirihaukkoja ja piekanoita, jotka ovat jääneet talvehtimaan Suomeen. Muuttolinnut ovat tutkimusten mukaan alttiimpia siirtämään levinneisyysrajaansa pohjoiseen päin, kun taas paikkalinnuilla rajat ovat liikkuneet selkeästi vähemmän (Brommer & Møller 2010: 258—260).

Piekanoita (*Buteo lagopus*) tavataan pääosin Lapissa (Valkama ym. 2011), mutta pesiviä pareja voi silloin tällöin tavata myös Keski-Suomessa ja Suomen länsirannikolla. Pohjoisessa ne pesivät tuntureiden kallionseinämällä ja levinneisyyden eteläosissa harvakasvuisissa mäntymetsissä mutta saalistus tapahtuu avoimilla alueilla. Piekana käyttää ravinnokseen myyriä ja muita pieniä jyrsijöitä, joiden runsauden vaihtelut ohjaavat piekanoiden levinneisyyttä ja pesintää. Huonompina myyrävuosina lintujen osuus kasvaa ravinnossa. Piekanat muuttavat 1000—1500 km:n päähän pesimäalueistaan elo-syyskuussa. Kevätmuutto Suomeen tapahtuu huhtikuun puolivälissä, Lapin yksilöt saapuvat pesimäpaikoilleen huhti—toukokuun vaihteessa (Gensbøl ym. 1995 168—173).

Mehiläishaukat (*Pernis apivorus*) pesivät Suomen etelä- ja keskiosissa – pohjoisimmat levinneisyysalueet ovat Etelä-Lapissa ja Kuusamon seudulla (Valkama ym. 2011). Ne suosivat reheviä lehtimetsiä pesimäpaikkoina, mutta pohjoisessa niille kelpaavat myös havumetsät. Ravintonaan mehiläishaukat käyttävät pääosin ampiaisia, mehiläisiä ja kimalaisia sekä muita hyönteisiä: niille kelpaavat aikuisten yksilöiden lisäksi myös toukat ja kotelot. Pohjoisilla pesimäseuduilla hyönteisravintoa on tarpeeksi tarjolla vasta kesäkuun puolesta välistä eteenpäin, joten pesimäkauden alussa ne joutuvat turvautumaan muuhun ravintoon, kuten pikkulintujen poikasiin tai pikkunisäkkäisiin. Mehiläishaukka on ainoa hyönteisiin erikoistunut päiväpetolintu – myös nuolihaukat suosivat hyönteisravintoa mutta ruokkivat poikasensa pikkulinnuilla. Syysmuutto päiväntasaajan pohjoispuolen alueille alkaa jo elokuun puolivälissä, kun kevätmuutto puolestaan tapahtuu vasta touko-kesäkuun vaihteessa (Gensbøl ym. 1995: 56—60).

Ruskosuohaukkaa (*Circus aeruginosus*) tavataan säännöllisesti lähes koko Suomen alueella Lappia lukuun ottamatta: pesiviä pareja on kuitenkin havaittu Ruotsin rajalla Tornionjoen lähetyvillä ja joitakin yksilöitä silloin tällöin myös pohjoisessa (Valkama ym. 2011). Laji suosii muun muassa lintujärvien, merenlahtien ja jokisuistojen ruovikkoja, joihin ne myös rakentavat pesänsä. Ruskosuohaukka ei ole erikoistunut mihinkään tiettyyn saalistyyppiin – ravintonaan ne käyttävät esimerkiksi pikkulintuja, vesilintujen poikasia, myyriä ja muita pieniä jyrsojia sekä myös kaloja. Suomalaiset ruskosuohaukat alkavat muuttaa jo elokuun alussa; kohteena ovat Välimeren maat ja Pohjois-Afrikka, josta ne saapuvat Suomeen huhtikuun puolivälissä (Gensbøl ym. 1995: 115–120).

## Aineisto

Lintujen levinneisyyttä on dokumentoitu hyvin verrattuna muihin taksoneihin. Myös tietomme lintujen biologiasta on hyvä verrattuna moniin muihin organismeihin. Suomi on levinneisyyden muutosten ja ilmastonmuutoksen kannalta oiva tutkimuskohde, sillä useiden eurooppalaisten lintujen levinneisyyden pohjoisraja – ja joillakin pääosin polaarialueilla esiintyvillä lajeilla myös eteläraja – sijaitsevat rajojemme sisäpuolella (Gensbøl 1995).

Pyrin valitsemaan lähempään tarkasteluun Suomessa vakituisesti pesivistä 15:sta päiväpetolinnusta sellaisia lajeja, jotka poikkeavat toisistaan esimerkiksi käytetyn ravinnon, levinneisyysalueen tai suositun elinympäristön perusteella. Piekana valikoitui sen pohjoiseen painottuvan levinneisyyden ja pienjyrsoihin painottuvan ruokavalion vuoksi. Ruskosuohaukka puolestaan on ollut Suomessa eteläinen laji, joka pesii vesien äärellä ja käyttää erilaista ravintoa monipuolisesti tarjolla olevan saaliin mukaan. Mehiläishaukkaa tavataan Suomessa Etelä-Lapissa saakka ja se on erikoistunut muista päiväpetolinnuista poiketen hyönteisiin.

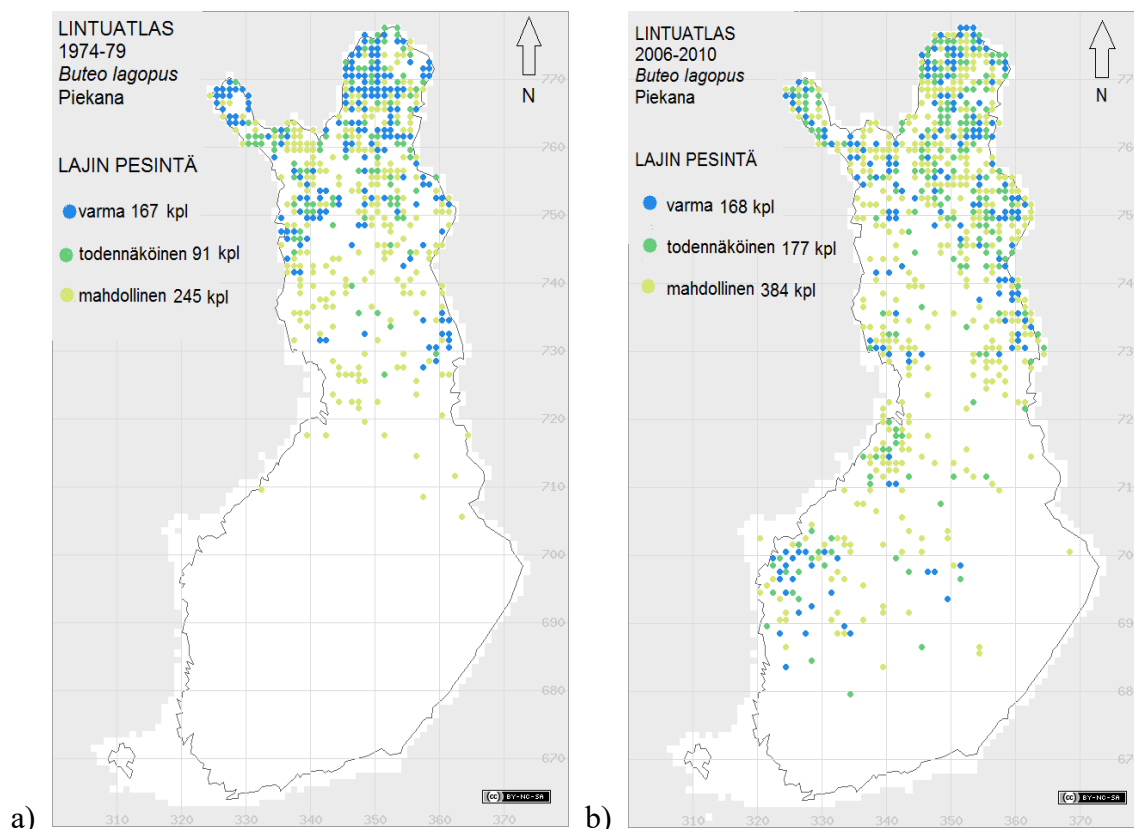
Levinneisyyden muutoksia tarkastelin Suomen lintuatlaksen tietokannasta (Valkama ym. 2011). Vertasin vuosien 1974–1979 atlasta vuosien 2006–2010 atlakseen. Atlaksia varten Suomi on jaettu 10x10 km kokoisiin ruutuihin, jonka jälkeen ruutuihin on kirjattu lajin varmat, todennäköiset ja mahdolliset pesinnät havaintojen varmuuden perusteella. Varmat pesinnät ovat tärkeitä ilmastonmuutostutkimuksen näkökulmasta

(Brommer & Møller ym. 2010: 251), koska pesintä on merkki onnistuneesta kolonisatiosta – tällöin voidaan olettaa, että vallitsevat olosuhteet ovat lajin esiintymiselle sopivat. Ruudut eivät suoraan kerro pesivien parien määriä, sillä yhdessä ruudussa voi olla useampia pareja. Levinneisyyskarttojen tekeminen ruutujen perusteella voi myös aiheuttaa harhaa, sillä ne näyttävät vain, missä lajia esiintyy ja missä sitä ei ole. On esimerkiksi mahdollista, ettei lajin levinneisyysrajoissa näy muutoksia, vaikka suuri osa populaatiosta olisikin todellisuudessa siirtynyt pohjoiseen (Brommer & Møller 2010: 266). Ongelmia aiheuttavat myös esimerkiksi ruutujen suuri koko (100 km<sup>2</sup>), pesinnän varmistamisen ongelmallisuus ja mahdolliset puutteet ruutujen tarkastamisessa, joita voi ilmentyä esimerkiksi syrjäisillä seuduilla.

Jätin tarkastelun ulkopuolelle lajeja, joiden esiintymiseen Suomessa on viime vuosikymmeninä vaikuttanut pääosin ihmisen toiminta. Esimerkiksi merikotkia tavattiin aikaisemmin koko rannikolla ja suurten järvien alueella mutta 1900-luvun ihmisen aiheuttamat vainot ja ympäristömyrkköjen vaikutus hävittivät Suomen merikotkapopulaatiot: nykyään lajia tavataan taas kaikilla rannikoilla ja Lapissa, mikä johtuu pikemminkin kantojen elpymisestä kuin lämmenneestä ilmastosta (Gensbøl ym. 1995). Sama koskee muun muassa muuttohaukkoja, joiden kanta on ollut sittemmin vahvassa kasvussa.

## Piekanan, mehiläishaukan ja ruskosuohaukan levinneisyyden muutokset

Piekanan (*Buteo lagopus*) levinneisyydessä (Kuva 1) ei ole tapahtunut suuria muutoksia vuosina 1974—2010 (Valkama ym. 2011). Myyrien runsaus määrittelee piekanoiden pesinnän onnistumista (Gensbøl ym. 1995: 171; Valkama ym. 2011). Vuosina 2006—2010 Keski- ja Etelä-Suomessa havaittiin erityisen paljon pesiviä piekanapareja: tätä havaintoa voivat selittää Kokkola–Kainuu –linjan eteläpuolen erityisen runsaat myyräkannan huiput vuosina 2008—2009 (Myyräkannat vahvassa nousussa 2010). Pesivien parien määrässä ei ole ollut suuria muutoksia – mahdollisten ja todennäköisten pesintöjen määrä on tosin ollut hieman nousussa (Valkama ym. 2011). Tämäkin tosin voi selittyä sillä, että Keski- ja Länsi-Suomesta on löydetty paljon uusia ruutuja.

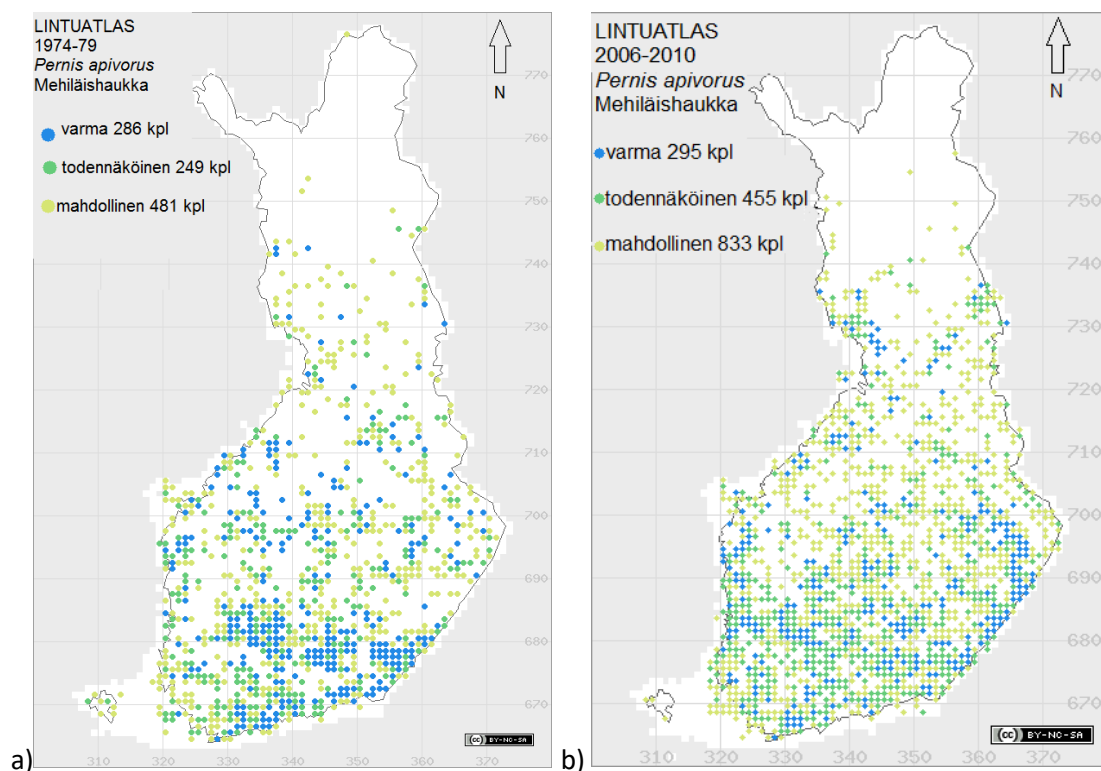


**Kuva 1.** Piekanan levinneisyys Suomessa a) vuosina 1974—79 ja b) vuosina 2006—2010 (Valkama ym. 2011, pienin muutoksin).

Myyriä ja sopulien maantieteelliset ja ajalliset kannanvaihtelun syklit voivat muuttua ja hävitä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta (Schmidt ym. 2012; Korpela 2014), mikä vaikuttaisi haitallisesti piekanapopulaatioihin ja muihin jyrsijöihin erikoistuneisiin petolintuihin. Ilmastonmuutos vaikuttaa todennäköisesti voimakkaasti Suomen talven lämpötiloihin ja sateisiin: lumipeitteen odotetaan vähenevän ja lumisen ajan lyhenevän (Jylhä ym. 2009). Sateen myös odotetaan tulevan useammin talvella vetenä lumen sijasta. Tämä voi vaikuttaa haitallisesti pienjyrsijöiden talvehtimiseen, sillä ne saavat talvella lumesta suojaa niin pakkaselta kuin petoeläimiltäkin (Duchesne ym. 2011). Erityisesti voimakkaiden myyrä- ja sopulihuippujen esiintymisen loppuminen Pohjois-Suomessa olisi piekanoille kohtalokasta (Korpela 2014). Vuosina 2008–2009 useita piekanoita tavattiin tavanomaista etelämpänä johtuen juurikin myyriä runsaasta esiintymisestä: tämän kaltaisten piekanan huippuvuosien esiintyminen voi tulevaisuudessa olla yhä harvemmassa.

Piekanoiden levinneisyysalueen eteläraja voi siirtyä tulevaisuudessa yhä pohjoisemmaksi, jos samoista pesimäpaikoista ja ravinnosta kilpailevat eteläiset lajit leviävät pohjoista kohti. Erityisesti kilpailevien ja generalistilajien runsastuminen Pohjois-Suomessa voi työntää piekanapopulaatioita pois niiden eteläisemmiltä esiintymisalueilta (Parmesan & Yohe 2003). Piekanoiden levinneisyysalueen kutistuminen olisi todennäköisesti haitallista lajille, sillä pienentynyt esiintymisalue näkyy populaatioiden elinvoimaisuudessa heikentävästi (Gaston ym. 1997; Gregory ym. 2009). Piekanoille ei ole mahdollista levitä itse enää pohjoisemmaksi Jäämeren vuoksi. Ilmaston lämpeneminen todennäköisesti kaventaa piekanan elinympäristöä pohjoisessa Skandinaviassa 85—96 % vuosiin 2051—2080 mennessä (Cox 2010: 151). Piekanat ovat myös viime vuosina saapuneet hieman normaalia aiemmin Suomeen.

Mehiläishaukan (*Pernis apivorus*) levinneisyys ei ole juuri muuttunut 1970-luvun atlaksesta 2000-luvulle tultaessa (Kuva 2); mahdolliset pesimähavainnot ovat kuitenkin lisääntyneet Keski-Suomen ruuduissa. Lajin kannat ovat kuitenkin pienentyneet 1980-luvun puolivälin jälkeen (Valkama ym. 2011). Levinneisyyden pohjoisraja on säi-



**Kuva 2.** Mehiläishaukan levinneisyys Suomessa a) vuosina 1974—1979 ja b) vuosina 2006—2010 (Valkama ym. 2011, pienin muutoksin).

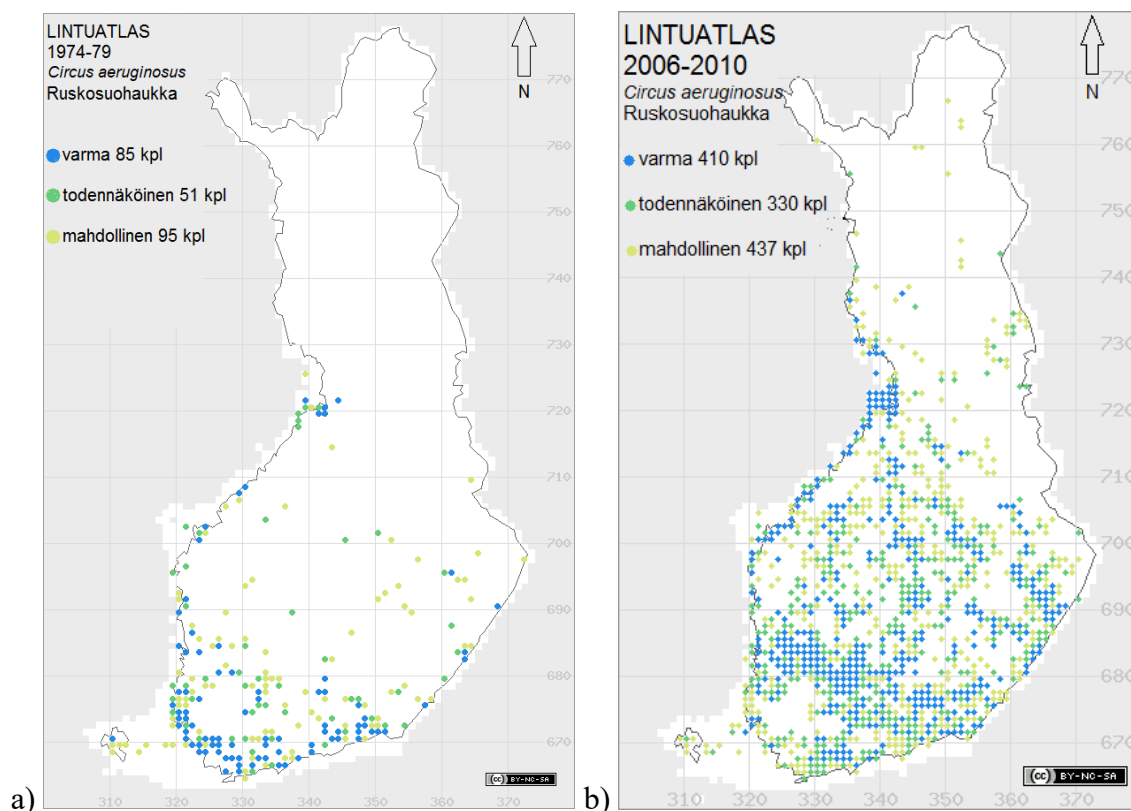


lynyt lähes samana – pohjoisen varmat pesinnät ovat rajoittuneet Etelä-Lappiin. Muualla Suomessa mehiläishaukkaa tavataan edelleen tasaisesti. Hyönteisravinnon saatavuuden vaihtelu ei välttämättä ohjaa mehiläishaukkojen vuosittaista runsautta ja levinneisyyttä yhtä paljon kuin vaikkapa myyrien runsauden vaihtelu piekanoilla (Gensbøl ym. 1995). Esimerkiksi kylminä keväinä, jolloin hyönteisten saatavuus voi viivästyä, voivat mehiläishaukat turvautua muuhun ravintoon. Pesäpoikasille ampiaiset ovat kuitenkin tärkeintä ravintoa.

Hyönteissyöjälinnuilla on havaittu levittäytymistä kohti pohjoista (Brommer ja Møller 2010: 258, 268–269). Hyönteiset ovat vaihtolämpöisiä, joten ilmaston lämpeneminen varmasti näkyisi suomalaisten hyönteislajien levinneisyyden laajentumisena kohti pohjoista, lajeissa tapahtuvina fenologisina muutoksina sekä uusien lajien leviämisenä Suomeen (Parmesan ym. 1999). Jos ravinnon saatavuus ohjaa mehiläishaukan levinneisyyttä ja populaatioiden runsautta, olisi odotettavissa, että nämä muutokset vaikuttavat positiivisesti mehiläishaukkojen populaatioihin ja mahdollistavat mehiläishaukan yleistymisen erityisesti Suomen pohjoisemmissa osissa, joissa hyönteisiä ei tällä hetkellä ole saatavilla yhtä runsaasti ja yhtä pitkälle ajalle kesästä kuin Etelä-Suomessa.

Mehiläishaukat saapuvat Suomeen muihin päiväpetolintuihin verrattuna melko myöhään, touko-kesäkuussa, jotta niiden pesintä tapahtuisi aikaan, jolloin hyönteisiä on runsaasti saatavilla (Gensbøl ym. 1995; Both 2010). Hyönteisten kesän runsaus-huippujen muuttuminen voisi vaikuttaa haitallisesti mehiläishaukkojen pesintään. Myös lajin kilpailukyky suhteessa samasta ravinnosta kilpaileviin lajeihin voi heikentyä, jos ne pystyvät mehiläishaukkaa paremmin mukautumaan muuttuviin olosuhteisiin ja hyönteisten saatavuuteen. Näin ollen lajin fenologiassa voi tapahtua selkeitä muutoksia tulevaisuudessa, vaikkei sen levinneisyys Suomessa juuri muuttuisikaan (Visser ym. 2006; Both ym. 2009). Mehiläishaukka pesii mieluiten lehtimetsissä (Gensbøl ym. 1995: 58; Malling Olsen & Tofte 2009: 42), joten havumetsien taantuminen pohjoisemmaksi lehtimetsien tieltä (Han & Wang 2016) voisi tuoda lajille uusia pesimäpaikkoja.

Ruskosuohaukan (*Circus aeruginosus*) levinneisyydessä (Kuva 3) on tapahtunut selkeästi muutoksia: aiemmin lajin levinneisyys on painottunut Etelä- ja Lounais-Suomeen – myös Oulun seudulla ja länsirannikolla useista ruuduista löydettiin pesiviä haukkapareja. Nyt ruskosuohaukkaa tavataan selkeästi myös sisämaan vesistöillä ja soilla. Varmojen pesintöjen määrittelyä levinneisyyden rajaa voidaan pitää Pohjois-



**Kuva 3.** Ruskosuohaukan levinneisyys Suomessa a) vuosina 1974—1979 ja b) vuosina 2006—2010 (Valkama ym. 2011, pienin muutoksin).

Pohjanmaalla: pesiviä pareja on havaittu myös Itä-Lapissa aivan Ruotsin rajalla sekä yhdestä ruudusta Rovaniemen lähetyvillä. Mahdollisia ja todennäköisiä pesintöjä on myös Lapissa siellä täällä. Mielenkiintoista on myös Lounais-Suomen varmistettujen pesimäruutujen vähentyminen.

Syitä ruskosuohaukan leviämislle pohjoista kohti voi olla monia. Ilmastonmuutoksen vaikutus Suomen ilmasto-oloihin, biotettiin vuorovaikutussuhteisiin ja haukkojen elinympäristöihin voi olla yksi tekijä (Brommer 2004; Jetz ym. 2007). Myös ihmisten toiminnalla, kuten maankäytön muutoksilla (Jetz ym. 2007), ympäristömyrkkyykäytön ja petolintujen vainon loppumisella, voi olla vaikutusta ruskosuohaukan populaatioihin Suomessa 1970-luvulta lähtien (Gensbøl ym. 1995: 115-116). Ruskosuohaukkoja ei kuitenkaan juuri tavattu Suomessa ennen ympäristömyrkkyykatastrofia toisin kuin esimerkiksi merikotkia. Ruskosuohaukkojen runsastuminen ja levittäytyminen kohti pohjoista on ollut todella nopeaa. Lajin kannat ovat olleet kasvussa myös muualla Euroopassa (Gensbøl ym. 1995:121) ja leviämistä pohjoiseen on huomattu muuallakin kuin Suomessa

(Cox 2010: 150). Myös ruskosuohaukan kanssa samaan sukuun suosiva kuuluva – ja samanlaisia elinympäristöjä suosiva – niittysuohaukka (*Circus pygargus*), jota tavataan Suomessa satunnaisesti, on pesinyt 2000-luvulla joitain kertoja Länsi-Suomessa, kun 1970-luvun pesinnät olivat tapahtuneet aivan etelärannikolla (Valkama ym. 2011).

Brommerin (2008) mukaan useiden Suomen vesilintulajien levinneisyydessä on tapahtunut muutoksia kohti pohjoista johtuen mahdollisesti ilmastonmuutoksesta. Lämpeneminen voi vähentää talven jääpeitteen kestoa ja lämmittää vesiä. Myös maatalouden tehostuminen on voinut nopeuttaa vesistöjen rehevöitymistä ja näin ollen lisätä erityisesti pohjoisempien järvien tuottavuutta. Nämä seikat ovat voineet vaikuttaa myös ruskosuohaukkaan, kun saaliseläinten määrä lisääntyy ja laajentuneet ruovikot tarjoavat suojaisampia pesimäpaikkoja. Ruskosuohaukan leviäminen kohti pohjoista voi vaikuttaa samasta ravinnosta ja pesimäpaikoista kilpailevien lajien populaatioihin ja levinneisyyteen (Parmesan 2006; Huntley ym. 2006).

Brommer ja Møller (2010: 251–271) vertailivat kolmea eri tutkimusta (Thomas & Lennon 1999; Brommer 2004; Zuckerberg ym. 2009), jotka käsittelivät Iso-Britannian, Suomen ja Yhdysvaltojen lintujen levinneisyydessä tapahtuneita muutoksia suhteessa ilmastonmuutokseen. Petolinnuilla ei havaittu merkittävää levinneisyysrajojen siirtymistä verrattuna muihin ravintoekologioihin: 12 tutkitulla lajilla siirtymät olivat keskimäärin noin kaksi kilometriä vuodessa. Selkeimpiä muutoksia havaittiin siemensyöjillä ja hyönteissyöjillä. Pääosin pohjoisessa pesivien lajien levinneisyyden etelärajat eivät olleet siirtyneet mutta eteläisissä lajeissa havaittiin selkeää leviämistä kohti pohjoista – myös Suomessa. Ainoastaan New Yorkin osavaltiossa huomattiin pohjoisten lajien etelärajan liikkumista pohjoiseen, mikä ei kuitenkaan näyttänyt vaikuttavan lajien populaatioihin. Tämä voi selittyä sillä, että näiden lajien liikkuminen pohjoiseen ei rajoitu toisin kuin Iso-Britanniassa tai Suomessa, joissa Atlanti ja Jäämeri rajoittavat siirtymistä.

## Ilmastonmuutos ja päiväpetolinnut tulevaisuudessa

Ilmastonmuutos ei todennäköisesti vaikuta suoraan Suomen päiväpetolintujen levinneisyyteen lämpötilan ja sateisuuden lisääntymisen kautta – suurimmat ilmastonmuutoksen vaikutukset levinneisyyden muutoksiin syntyvät luultavasti monimukaisten vuorovaiku-

tusten kautta (Walther ym. 2002; Root ym. 2003; Brommer & Møller 2010: 270). Lämpötilojen ja sateisuuden muutos voi esimerkiksi vaikuttaa kasvillisuuteen, joka puolestaan vaikuttaa alempien trofiatasojen lajien populaatioihin ja fenologiaan: nämä lajit voivat olla koko ekosysteemin tasapainon kannalta tärkeitä, minkä seurauksena lajisto ja perinteiset elinympäristöt voivat muuttua. Kasvillisuuden muuttuminen Suomessa (Jylhä ym. 2009) voi vaikuttaa myös suoraan päiväpetolintujen elinympäristöihin esimerkiksi metsien puuston muuttumisen kautta (Han & Wang 2016). Elinympäristöjen pirstaloituminen yhdessä ilmastonmuutoksen kanssa voi olla kohtalokasta monille lajeille (Root ym. 2003).

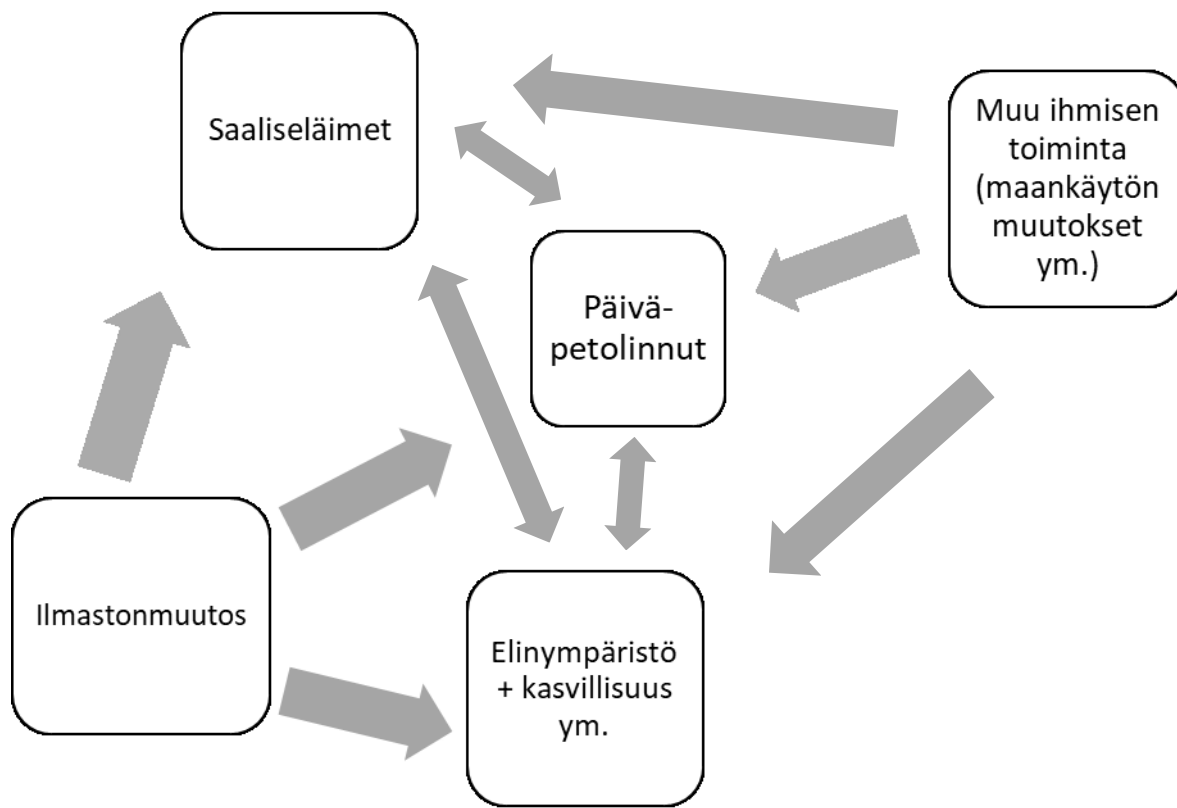
Lämpötilan ja sateiden muuttuminen ilmastonmuutoksen seurauksena (Root ym. 2003) voi vaikuttaa petolintujen kohdalla erityisesti niiden populaatioihin. Rungas sateisuus voi esimerkiksi olla haitallista päiväpetolintujen kevään pesinnän onnistumiselle (Lehikoinen ym. 2009) ja syksyllä häiritä peto-saalisinteraktioita (Terraube ym. 2016). Lämpimät ja sateiset talvet voivat kuitenkin nopeuttaa boreaalisten alueiden petojen levittäytymistä pohjoiseen (Sokolov ym. 2016). Päiväpetolintujen fenologiassa on tapahtunut jo muutoksia esimerkiksi muuton (Lehikoinen ym. 2009, 2010; Rosenfield ym. 2017) ja pesinnän suhteen (Van Buskirk 2012). On myös havaittu, että lajien, joilla ei ole tapahtunut fenologisia muutoksia, populaatioissa on tapahtunut heikentymistä (Møller ym. 2008, Gregory ym. 2009). Nämä seikat kuitenkin ovat lajikohtaisia, sillä on havaittu myös, että levinneisyyden tai fenologian muuttumattomuus ei välttämättä ole johtanut populaatiotason muutoksiin (Brommer 2008). Muutokset populaatiossa ja elinympäristön bioottisissa interaktioissa voivat johtaa lajien levinneisyyden kaventumiseen tai etelä- ja pohjoisrajojen siirtymiseen (Best ym. 2007; Gregory ym. 2009; Brommer & Møller 2010: 249—271).

Päiväpetolintulajeistamme lähes kaikki ovat muuttolintuja. Muuttolinnut ovat levittäytyneet kohti pohjoista keskimäärin enemmän kuin paikkalinnut: erityisesti lyhyen matkan muuttajat ovat siirtyneet pohjoisemmaksi, mikä luultavasti jatkuu myös tulevaisuudessa (Brommer & Møller 2010). Ilmastonmuutos voi lyhentää lintujen muuttomatkoja (Visser ym. 2009) ja vaikuttaa muuttolintujen talvehtimisalueisiin (Cotton 2003). Erityisesti pitkän matkan muuttajissa ilmastonmuutos voi näkyä haitallisesti (Böhning-Gaese & Lemoine 2003; Cox 2010): paikkalinnut ja lyhyen matkan muuttajat ehtivät

vallata parhaat pesimäseudut ja muuttaa fenologiaansa siten, että ne hyötyvät kevään aikaistumisesta, sillä pitkän matkan muuttajat reagoivat muutoksiin viiveellä (Lehikoinen & Sparks 2010). Muuttolintujen Euroopan kannoissa on myös tapahtunut muutoksia – pääosin ne ovat olleet negatiivisia mutta esimerkiksi sääksi (*Pandion haliaetus*) on yleistynyt (Cox 2010: 151). Tulevaisuudessa on mahdollista, että jotkin muuttavista lajeista – todennäköisesti Suomen lähialueilla talvea viettävistä – voivat talvehtia pesimäseuduillaan (Van Buskirk 2002; Visser ym. 2009; Cox 2010).

Odotettavaa on siis, että lämpenevä ilmasto mahdollistaa eteläisten petolintulajien siirtymisen kohti pohjoisia leveyksiä (Böhning-Gaese & Lemoine 2004; Hickling ym. 2006), mikä puolestaan voi johtaa pohjoisen Suomen ympäristöoloihin sopeutuneiden lajien syrjäytymiseen niiden alkuperäisiltä pesimäalueiltaan (Parmesan 2006). Jäämeri estää pohjoisen lajien levinneisyysalueen siirtymisen yhä pohjoisemmaksi (Brommer & Møller 2010: 266), mikä voi olla lajin kannalta haitallista. Ilmastonmuutos luultavasti myös muuttaa joitakin boreaalisten alueiden peto-saalisinteraktioita (Schmidt ym. 2012; Korpela 2014) johtuen lajien erilaisista sopeutumismuutoksista ilmasto-olojen muutoksiin (Parmesan 2006). Monille päiväpetolinnuille tärkeiden jyrksijäsyklien häviäminen voi aiheuttaa kasvanutta saalistuspainetta muihin saaliseläimiin (Korpela 2014).

Ilmastonmuutoksen vaikutusten ennustaminen päiväpetolintujen levinneisyyteen on ongelmallista, koska se vaikuttaa, paitsi suoraan petolintuihin, myös niiden elinympäristöön ja niiden suosimiin saaliseläimiin (Walther ym. 2002; Brommer & Møller 2010). Lämpötilan ja sateisuuden muutokset vaikuttavat lajien elinympäristöihin eri alueilla eri tavoin, eikä niiden yhteisvaikutusta ole helppo ennustaa etukäteen. Lisäksi ilmastonmuutoksen rinnalla petolintujen levinneisyyteen voivat vaikuttaa myös muutkin ihmisen toiminnasta aiheutuvat vaikutukset, kuten maankäytön muutokset (Parmesan 2006; Jetz ym. 2007) ja elinympäristöjen häviäminen ja pirstoutuminen (Root ym. 2003). Olen pyrkinyt havainnollistamaan ilmastonmuutoksen vaikutusten ennustamisen ongelmallisuutta kaaviossa, joka esittää päiväpetolintujen, elinympäristöjen ja saaliseläinten välistä vuorovaikutusta ihmisen toiminnan muuttamissa ekosysteemeissä (Kuva 4). Varmaa näyttäisi tällä hetkellä olevan vain, että kaikissa eliöryhmissä lajit siirtyvät myös tulevaisuudessa kohti pohjoista, mikä voi muuttaa pohjoisten alueiden ekosysteemejä (Walther ym. 2002; Parmesan 2006).



**Kuva 4.** Ilmastonmuutoksen ja muun ihmisen toiminnan vaikutus päiväpetolintuihin sekä niiden elinympäristöihin ja saaliseläimiin (Walther ym. 2002; Brommer & Møller 2010 tietojen pohjalta).

## Lähteet

- Beale, C. M., J. J. Lennon & A. Gimona (2008). Opening the climate envelope reveals no macroscale associations with climate in European birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 14908-14912.
- Best, A. S., K. Johst, T. Münkemüller & J. M. J. Travis (2007). Which species will successfully track climate change? The influence of intraspecific competition and density dependent dispersal on range shifting dynamics. *Oikos* 116: 1531-1539.
- Böhning-Gaese, K., T. Caprano, K. Ewijk & M. Veith (2006). Range Size: Disentangling Current Traits and Phylogenetic and Biogeographic Factors. *The American Naturalist* 167: 555-567.
- Böhning-Gaese, K. & N. Lemoine (2004). Importance of Climate Change for the Ranges, Communities and Conservation of Birds. *Advances in Ecological Research* 35: 211-236.
- Both, C. (2010). Teoksessa Møller, A. P., W. Fiedler & P. Berthold (toim.): *Effects of Climate Change on Birds*, 129-148. OUP Oxford, New York.
- Both, C., M. Van Asch, R. G. Bijlsma, A. B. Van Den Burg & M. E. Visser (2009). Climate change and unequal phenological changes across four trophic levels: Constraints or adaptations? *Journal of Animal Ecology* 78: 73-83.
- Botkin, D. B., H. Saxe, M. B. Araújo, R. Betts, R. H. W. Bradshaw, T. Cedhagen, P. Chesson, T. P. Dawson, J. R. Etterson, D. P. Faith, S. Ferrier, A. Guisan, A. S. Hansen, D. W. Hilbert, C. Loehle, C. Margules, M. New, M. J. Sobel & D. R. B. Stockwell (2007). Forecasting the effects of global warming on biodiversity. *Bioscience* 57: 227-236.
- Brommer, J. E. (2004). The range margins of northern birds shift polewards. *Annales Zoologici Fennici* 41: 391-397.
- Brommer, J. E. & A. P. Møller (2010). Teoksessa Møller, A. P., W. Fiedler & P. Berthold (toim.): *Effects of Climate Change on Birds*, 249-274. OUP Oxford, New York.
- Cotton, P. A. (2003). Avian migration phenology and global climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 12219-12222.
- Cox, G. W. (2010). *Bird Migration and Global Change*. 304 s. Island Press, Washington, DC.
- Duchesne, D., G. Gauthier & D. Berteaux (2011). Habitat selection, reproduction and predation of wintering lemmings in the Arctic. *Oecologia* 167: 967-980.
- Forsman, D. (2007). *Petolinnut*. 143 s. Otava, Helsingissä.
- Gaston, K. J. (2009). Geographic range limits: Achieving synthesis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276:1395-1406.
- Gaston, K. J., T. M. Blackburn & J. H. Lawton (1997). Interspecific Abundance-Range Size Relationships: An Appraisal of Mechanisms. *Journal of Animal Ecology* 66: 579-601.
- Gensbøl, B., P. Koskimies & B. Bertel (1995). *Suomen ja Euroopan päiväpetolinnut*. 408 s. WSOY, Porvoo; Helsinki; Juva.
- Gregory, R. D., S. G. Willis, F. Jiguet, P. Vorišek, A. Klvanová, A. van Strien, B. Huntley, Y. C. Collingham, D. Couvet & R. E. Green (2009). An indicator of the impact of climatic change on European bird populations. *PLoS ONE* 4: 3.
- Han, S. -. & Q. -. Wang (2016). Response of boreal forest ecosystem to global climate change: a review. *Beijing Linye Daxue Xuebao/Journal of Beijing Forestry University* 38: 1-20.
- Hanski, I. (2007). *Kutistuva maailma: elinympäristöjen häviämisen populaatioekologiset seuraukset*. 295 s. Gaudeamus, Helsinki.
- Hickling, R., D. B. Roy, J. K. Hill, R. Fox & C. D. Thomas (2006). The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology* 12: 450-455.

- Hull, J. M. & D. J. Girman (2005). Effects of Holocene climate change on the historical demography of migrating sharp-shinned hawks (*Accipiter striatus velox*) in North America. *Molecular ecology* 14: 159-170.
- Huntley, B., Y. C. Collingham, R. E. Green, G. M. Hilton, C. Rahbek & S. G. Willis (2006). Potential impacts of climatic change upon geographical distributions of birds. *Ibis* 148: 8-28.
- Huntley, B., W. Cramer, A. Morgan, H. Prentice & J. Allen (1997). Predicting the response of terrestrial biota to future environmental changes. *Past and Future Rapid Environmental Changes: the Spatial and Evolutionary Responses of Terrestrial Biota* 47: 487-504.
- IPCC. (2013). Summary for Policymakers. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. 1-30.
- Jetz, W., D. S. Wilcove & A. P. Dobson (2007). Projected impacts of climate and land-use change on the global diversity of birds. *PLoS Biology* 5: 1211-1219.
- Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. ja Seitola, T (2009). *Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009*. Ilmatieteen laitos: Raportteja 2009: 4, 102 s.
- Lehikoinen, E. & T. H. Sparks (2010). Teoksessa Møller, A. P., W. Fiedler & P. Berthold (toim.): *Effects of Climate Change on Birds*, 89-112. OUP Oxford, New York.
- Lehikoinen, A., P. Byholm, E. Ranta, P. Saurola, J. Valkama, E. Korpimäki, H. Pietiäinen & H. Henttonen (2009). Reproduction of the common buzzard at its northern range margin under climatic change. *Oikos* 118: 829-836.
- Lehikoinen, A., E. Ranta, H. Pietiäinen, P. Byholm, P. Saurola, J. Valkama, O. Huitu, H. Henttonen & E. Korpimäki (2011). The impact of climate and cyclic food abundance on the timing of breeding and brood size in four boreal owl species. *Oecologia* 165: 349-355.
- Lehikoinen, A., P. Saurola, P. Byholm, A. Lindén & J. Valkama (2010). Life history events of the Eurasian sparrowhawk *Accipiter nisus* in a changing climate. *Journal of Avian Biology* 41: 627-636.
- Malling Olsen, K. & C. C. Tofte (2009). *Petolintuopas*. 185 s. Otava, Helsinki.
- Metla 2010. Myyräkannat vahvassa nousussa. <<http://www.metla.fi/tiedotteet/2010/2010-11-03-myyratiedote>> 2.4.2017
- Nielsen, J. T. & A. P. Møller (2006). Effects of food abundance, density and climate change on reproduction in the sparrowhawk *Accipiter nisus*. *Oecologia* 149: 505-518.
- Parmesan, C., N. Ryrholm, C. Stefanescu, J. K. Hill, C. D. Thomas, H. Descimon, B. Huntley, L. Kaila, J. Kullberg, T. Tammaru, W. J. Tennent, J. A. Thomas & M. Warren (1999). Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583.
- Parmesan, C. & G. Yohe (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Pöyry, J. & H. Toivonen (2005). *Climate change adaptation and biological diversity. FINADAPT working paper 3*. Finnish Environment Institute.
- Rodríguez, C. & J. Bustamante (2003). The effect of weather on lesser kestrel breeding success: Can climate change explain historical population declines? *Journal of Animal Ecology* 72: 793-810.
- Root, T. (1988). Environmental factors associated with avian distributional boundaries. *Journal of Biogeography* 15: 489-505.
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig & J. A. Pounds (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- Rosenfield, R. N., M. G. Hardin, J. Bielefeldt & E. R. Keyel (2017). Are life history events of a northern breeding population of Cooper's Hawks influenced by changing climate? *Ecology and Evolution* 7: 399-408.



- Sæther, B.-E. & S. Engen (2010). Teoksessa Møller, A. P., W. Fiedler & P. Berthold (toim.): *Effects of Climate Change on Birds*, 67-76. OUP Oxford, New York.
- Schmidt, N. M., R. A. Ims, T. T. Høye, O. Gilg, L. H. Hansen, J. Hansen, M. Lund, E. Fuglei, M. C. Forchhammer & B. Sittler (2012). Response of an arctic predator guild to collapsing lemming cycles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 4417-4422.
- Sekercioglu, C. H., S. H. Schneider, J. P. Fay & S. R. Loarie (2008). Climate Change, Elevational Range Shifts, and Bird Extinctions. *Conservation Biology* 22: 140-150.
- Sheldon, B. C. (2010). Teoksessa Møller, A. P., W. Fiedler & P. Berthold (toim.): *Effects of Climate Change on Birds*. 149-168. OUP Oxford, New York.
- Sokolov, A. A., N. A. Sokolova, R. A. Ims, L. Brucker & D. Ehrich (2016). Emergent rainy winter warm spells may promote boreal predator expansion into the arctic. *Arctic* 69: 121-129.
- Stevens, G. C. (1989). The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. *American Naturalist* 133: 240-256.
- Terraube, J., A. Villers, L. Poudré, R. Varjonen & E. Korpimäki (2016). Increased autumn rainfall disrupts predator-prey interactions in fragmented boreal forests. *Global Change Biology*. 23: 1361-1373.
- Thomas, C. D. & J. J. Lennon (1999). Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213.
- Thuiller, W. & T. Münkemüller (2010). Teoksessa Møller, A. P., W. Fiedler & P. Berthold (toim.): *Effects of Climate Change on Birds*. 77-88. OUP Oxford, New York.
- Tietäväinen, H., H. Tuomenvirta & A. Venäläinen (2010). Annual and seasonal mean temperatures in Finland during the last 160 years based on gridded temperature data. *International Journal of Climatology* 30: 2247-2256.
- Tylianakis, J. M., R. K. Didham, J. Bascompte & D. A. Wardle (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters* 11: 1351-1363.
- Valkama, J., V. Vepsäläinen & A. Lehikoinen (2011). Suomen III Lintuatlas. Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö. <<http://atlas3.lintuatlas.fi>> 13.4.2017
- Van Buskirk, J. (2012). Changes in the annual cycle of North American raptors associated with recent shifts in migration timing. *Auk* 129: 691-698.
- Virkkala, R., R. K. Heikkinen, N. Leikola & M. Luoto (2008). Projected large-scale range reductions of northern-boreal land bird species due to climate change. *Biological Conservation* 141: 1343-1353.
- Virkkala, R. & A. Rajasärkkä (2011). Climate change affects populations of northern birds in boreal protected areas. *Biology Letters* 7: 395-398.
- Visser, M. E., L. J. M. Holleman & P. Gienapp (2006). Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. *Oecologia* 147: 164-172.
- Visser, M. E., A. C. Perdeck, J. H. van Balen & C. Both (2009). Climate change leads to decreasing bird migration distances. *Global Change Biology* 15: 1859-1865.
- Walther, G. -, E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. J. C. Beebee, J. -. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg & F. Bairlein (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
- Zuckerberg, B., A. M. Woods & W. F. Porter (2009). Poleward shifts in breeding bird distributions in New York State. *Global Change Biology* 15: 1866-1883.