

Koon vaikutus sinitiaisen (*Parus caeruleus*) selviytymiseen talvesta

Ina-Sabrina Tirri

Pro gradu -tutkielma

Turun yliopisto
Biologian laitos
26.10.2015

Linja: ekologian linja
Erikoistumisala: ympäristöekologia

Laajuus: 40 op

Tarkastajat:

1:

2:

Hyväksytty:

Arvolause:

TURUN YLIOPISTO
Biologian laitos
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

TIRRI, INA-SABRINA: Koon vaikutus sinitiaisen (*Parus caeruleus*)
selviytymiseen talvesta

Pro gradu -tutkielma, 27 s.
Ekologia
Lokakuu 2015

Tiivistelmä

Sinitiaisen levinneisyysalue on laajentunut nopeasti pohjoista kohti muutamassa vuosikymmenessä. Lajin talvikanta on samanaikaisesti runsastunut Suomessa moninkertaiseksi. Pohjoisessa ravinnon saatavuus talven aikana on yksi selviytymiseen vaikuttavista päätekijöistä. Kilpailu niukoista resursseista on olennainen tekijä talviolosuhteissa eläville linnuille. Lyhyiden ja kylmien talvipäivien aikana sekä ankarimpien ajanjaksojen aikana parhaiten energiantarpeen täyttämään pystyvillä yksilöillä on suurimmat selviytymismahdollisuudet. Linnun koko on ominaisuus, jonka oletetaan seuraavan ympäristötekijöistä johtuvasta valinnasta. Luonnonvalinta suosii yksilöitä, joiden ominaisuudet auttavat yksilöä selviytymään vallitsevissa olosuhteissa. Dominoivammassa asemassa olevat yksilöt yleensä saavat enemmän ravintoa ja pystyvät olemaan suojaisemmissa paikoissa parven sisäisesti. Ruokintapaikoilla isokokoiset koirassinitiaiset ovat usein dominoivampia kuin naaraat ja pienempikokoiset koiraat. Suuremmasta ruumiinkoosta on hyötyä myös kylmästä talviyöstä selviämiseen, koska energiankulutus on suhteellisesti pienempi kuin pienillä yksilöillä. Tämä edellyttää kuitenkin, että ravinnon absoluuttinen määrä ei ole rajoittavana tekijänä. Bergmannin säännön mukaan lämpimämmillä alueilla tasalämpöisen lajin yksilöt ovat pienempiä kuin kylmillä alueilla elävät. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, vaikuttaako linnun koko nuorten sinitiaisten selviytymiseen talvesta, ja millä tavalla talven ankaruus vaikuttaa erikokoisten sinitiaisyksilöiden selviytymiseen niiden ensimmäisestä elintalvesta, sekä vaikuttaako talven ankaruus sukupuolten elossasäilyvyyteen samalla tavalla. Tutkimusaineisto on kerätty Turun Ruissalossa talvina 1975/76–1985/86 ja 1999/2000–2013/14. Sinitiaiskoiraiden elossasäilyvyys oli pienempi kylmien talvien jälkeen. Koirailta suuremmat yksilöt selvisivät kylmistä talvista suuntaa antavasti pienikokoisia yksilöitä paremmin, mutta naarailta ero elossasäilyvydessä erikokoisten yksilöiden välillä oli vähäisempi. Tulos viittaisi siihen, että sinitiaisella suuremmasta koosta on hyötyä varsinkin koiraille kylmimmistä talvista selviytymisen kannalta.

ASIASANAT: energiankulutus, luonnonvalinta, siiven pituus, talvi, varpuslinnut

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	6
2.1 Tutkimusaineisto.....	6
2.2 Mittausmenetelmät.....	8
2.3 Siipisulkien kasvu	8
2.4 Sinitiaisen sukupuolen määrittäminen	9
2.5 Aineiston laadun varmistaminen	10
2.6 Mittausaineiston analysointi.....	11
3. TULOKSET.....	15
4. POHDINTA.....	19
KIITOKSET	22
LÄHTEET	23

1. JOHDANTO

Sinitiainen (*Parus caeruleus*) on levinnyt Pohjois-Suomeen muutamassa vuosikymmenessä, ja sen levinneisyysalue Suomessa on laajentunut viime aikoihin asti. Lounais-Suomessa sinitiainen on esiintynyt 1800-luvulta lähtien, mutta vielä 1960-luvulla sinitiainen oli harvalukuinen laji Suomessa, ja pesi pääasiassa vain eteläisimmässä Suomessa. (von Haartman et al. 1963–1972, Lehikoinen E. 1983, Väisänen et al. 1998, Lehikoinen E. 2014). Edelleenkin sinitiaisen pesimäkanta on tihein Lounais-Suomen lehtimetsissä (Väisänen & Lehikoinen A. 2013). Sinitiaisen pesimäkanta kasvoi kymmenkertaiseksi vuodesta 1979 vuoteen 2010, ja samanaikaisesti lajin levinneisyysalue laajeni yli kaksinkertaiseksi ulottuen jo Lappiin. (Valkama et al. 2011, Väisänen & Lehikoinen A. 2013, Lehikoinen E. 2014). Sinitiaisen talvikanta samoin runsastui moninkertaiseksi muutamassa vuosikymmenessä (Lehikoinen A. & Väisänen 2014). Sinitiainen on runsastunut myös Norjassa ja Ruotsissa (Hauge 1994, Svensson 2000). Kannan kasvu on ollut hyvin vakaata eri vuosien talvien sääoloista riippumatta (Lehikoinen E. 2014).

Sinitiaisen runsastumiseen olennaisesti vaikuttaneita syitä ovat lintujen talviruokinnan yleistyminen sekä talviravinnon lähteinä tärkeiden järviruokokasvustojen voimakas runsastuminen, joka on seurausta vesien rehevöitymisestä. Myös paikallisesti kasvanut tiaisille soveltuvien linnunpönttöjen määrä on lisännyt lajin pesimämahdollisuuksia. (Lehikoinen E. 1983, van Balen & Hage 1989, Väisänen et al. 1998, Avela & Palmu 2011, Lehikoinen E. 2014).

Pohjoisessa ravinnon saatavuus talven aikana on yksi selviytymiseen vaikuttavista päätekijöistä, ja se rajoittaa joidenkin paikallisten lintujen populaatioita (Jansson et al. 1981, Brittingham & Temple 1988, Desrochers et al. 1988, Rogers et al. 1991). Tiaisilla on useita strategioita talvesta selviytymiseen. Lisätäkseen energiansaantia ne viettävät suuren osan päivästä ruokailemassa. (Brittingham & Temple 1988). Pienten varpuslintujen pitää ruokailla lähes koko lyhyen talvipäivän ajan täyttääkseen minimienergiatarpeensa. (Brittingham & Temple 1988, Houston et al. 1993, Brotons 1997, Hogstad 2010). Kylmässä energiantarve on suurempi (Källander & Karlsson 1981, Avela & Palmu 2011). Vähentääkseen yön aikaista energianmenetystä tiaiset yöpyvät koloissa ja muissa suojaisissa paikoissa, ja tarvittaessa voivat vaipua säädeltyyn yölliseen hypotermiaan (Haftorn 1972, Hohtola 2007). Monien muiden pohjoisessa

talvehtivien pienten varpuslintujen tavoin ne eivät kuitenkaan varastoi rasvaa tarpeeksi selvitäkseen kahden yön yli ruokailematta (Lehikoinen E. 1986c, Brittingham & Temple 1988). Luonnonravintolähteet ovat joko hajallaan tai liian niukat, jotta pienet varpuslinnut voisivat pitkäaikaisissa kylmissä olosuhteissa korvata yön aikaisen energianmenetyksensä joka päivä (Brittingham & Temple 1988). Talven jälkipuolisko on kriittisin ajanjakso linnuille, koska ravintovarot vähenevät talven aikana (Källander & Karlsson 1981). Ruoan niukkuus yhdessä matalan talvilämpötilan ja petoriskin kanssa alentaa talvesta selviytymistä (Källander & Karlsson 1981, Orell 1988). Sinitiaiset eivät varastoi ruokaa talven varalle (Hauge 1994, Brotons 2000). Lyhyen talvipäivän ja huonojen sääolosuhteiden aikana talviruokinnalla on olennainen merkitys pienille linnuille (Havas & Sulkava 1987, Brittingham & Temple 1988, Houston et al. 1993, Brotons 1997, Hogstad 2010). Ruokintapaikkojen läheisyydessä elävät linnut kykenevät korvaamaan pienentyneet energiavarastot mahdollisimman lyhyellä ruokailuun käytetyllä ajalla (Brittingham & Temple 1988).

Kilpailu niukoista talviresursseista on olennainen tekijä vuodenaikaisessa ympäristössä eläville linnuille (Orell 1988). Lyhyiden ja kylmien talvipäivien aikana sekä ankarimpien ajanjaksojen aikana parhaiten energiantarpeen täyttämään pystyvillä tiaisyksilöillä on suurimmat selviytymismahdollisuudet. Ruokailevassa lintuparvessa dominoivammassa asemassa olevat yksilöt yleensä saavat enemmän ravintoa ja pystyvät olemaan saalistajilta suojaisemmissa paikoissa parven sisäisesti. (Lehikoinen E. 1986a, Hogstad 1987b, Brittingham & Temple 1988, Koivula & Orell 1988, Hogstad 2010). Niiden on myös todettu selvinneen talvesta paremmin kuin muiden saman populaation yksilöiden (Baker & Fox 1978, Desrochers et al. 1988, Koivula & Orell 1988). Saalistajien välttely hidastaa energiavarastojen keräämistä pienillä varpuslinnuilla, koska ruokailuteho laskee. Huonoissa olosuhteissa on kuitenkin edullisempaa hankkia energiaa maksimaalisella teholla. (Jansson et al. 1981, De Laet 1985, Hegner 1985, Hogstad 1988, Houston et al. 1993, McNamara & Houston 1994). Kun lämpötila laskee erityisen paljon, kaikilla yksilöillä on vaikeuksia hankkia riittävästi ravintoa riippumatta niiden sosiaalisesta asemasta parvessa (Brittingham & Temple 1988).

Ruokintapaikoilla isokokoiset koirassinitiaiset usein ovat dominoivampia kuin naaraat ja pienempikokoiset koiraat. Tämä on todettu monilla varpuslintulajeilla. (Kluyver 1957, Fretwell 1969, Krebs et al. 1972, Garnett 1976, Saitou 1979, Kikkawa 1980, Johnston & Fleischer 1981, Ulfstrand et al. 1981, De Laet 1985, Lehikoinen E. 1986a, Smith & Nilsson 1987, Koivula & Orell 1988, Richner et al. 1989, Rogers et al. 1991,

Hogstad 2014). Sinitiaisella koiraat ovat keskimäärin isompia kuin naaraat (Dorsch 2010). Nuorilla sinitiaisilla koiraan siipi on keskimäärin 68,6 mm ja naaraan 65,6 mm (Tirri, julkaisematon). Koiraat painavat keskimäärin 0,5–0,6 grammaa enemmän kuin naaraat (Dorsch 2010). Tiaisilla koiraat ovat joka ikäluokassa dominoivammassa asemassa naaraisiin verrattuna, ja sukupuolikohtaisesti vanhat yksilöt dominoivat nuoria yksilöitä. (Kluyver 1957, Smith & Nilsson 1987, Koivula & Orell 1988, Hogstad 1987a, 1988, 2010). Kuitenkin talitiaisella (*Parus major*) ja viitataisella (*Parus palustris*) on havaittu, että vanhat naaraat ovat dominoivammassa asemassa nuoriin koiraisiin nähden. HömötiAISella (*Parus montanus*) puolestaan vaihtelee talviparvikohtaisesti, dominoivatko vanhat naaraat nuoria koiraita vai dominoivatko kaikki koiraat naaraita. (Hogstad 1987a, Smith & Nilsson 1987, Koivula & Orell 1988, Hogstad 2010, 2014). Pienempikokoiset joutuvat lähtemään kauemmas etsimään ravintoa tai odottamaan, että muut poistuvat ruokinnalta. Yksilön voi olla parempi siirtyä vähemmän optimaaliseen elinympäristöön kuin jäädä kilpailemaan vahvempien yksilöiden kanssa parempaan elinympäristöön. (Fretwell 1969, Dhont et al. 1979, Burgess 1982, De Laet 1985, Hegner 1985, Hogstad 2014). Tällöin olisi odotettavissa, että ruokintapaikoille jäävät isommat yksilöt, jolloin niiden elossatapaamistodennäköisyys kasvaa.

Suuremmasta ruumiinkoosta on hyötyä kylmästä talviyöstä selviämiseen, koska energiankulutus on suhteellisesti pienempi kuin pienillä yksilöillä (Murphy 1985, Lehikoinen E. 1986b, Hogstad 2011). Äärimmäisten sääjaksojen aikana ruokailun ollessa vaikeaa, hyvin ravittujen yksilöiden kantama lisärasva lisää niiden selviytymistodennäköisyyttä (Brittingham & Temple 1988). Energiavarastoja tarvitaan varauduttaessa ajanjaksoihin, jolloin ruokailu ei ole mahdollista (Lehikoinen E. 1986c, Ekman 1993). Jos energiavarastot ovat suhteessa ruumiinkokoon nähden, niin suuremmilla yksilöillä pitäisi olla suuremmat energiavarastot suhteessa niiden perusaineenvaihduntaan. Tällöin isokokoisemmat yksilöt selviäisivät paremmin lyhytaikaisista ravinnonvajauksista. (Smith & Nilsson 1987, Brittingham & Temple 1988). Pienten yksilöiden varastorasvat toimivat puskurina huonojen olosuhteiden varalta, kun taas isommat yksilöt voivat päästää ihonalaisen rasvan määrän välillä laskemaan, koska ne pystyvät puolustamaan ravintolähdettään (Ekman 1993). Dominoivilla yksilöillä on paras pääsy ravintolähteelle, jonka takia niillä ei normaalisti ole vaikeuksia kompensoida suurempaa energianhukkaansa. Kuitenkin tavallista pidemmän kylmän sääjakson aikana suurempi energiantarve voi vaikuttaa negatiivisesti selviytymiseen. (Hogstad 2010). Tiaiset osittain kompensoivat talvipäivän lyhyen

valoisan ajan olemalla aktiivisia jo aamuhämärissä. Subdominantit yksilöt saapuvat ruokailemaan aikaisemmin aamulla kuin dominoivat yksilöt, ja vastaavasti ne jatkavat ruokailua myöhempään hämärän tultua kuin dominoivat yksilöt. (Kluyver 1950, De Laet 1985, Hogstad 1988, Ekman 1993).

Linnun koko on ominaisuus, jonka oletetaan seuraavan ympäristötekijöistä johtuvasta valinnasta (Fleischer & Johnston 1982). Bergmannin säännön mukaan lämpimämmillä alueilla tasalämpöiset eläimet ovat pienempiä kuin kylmillä alueilla elävät (Yom-Tov et al. 2006, Salewski et al. 2010, Gardner et al. 2011). Suhteellisesti suurempi eläimen pinta-ala pienemmillä yksilöillä aiheuttaa lämpöhukkaa lämpimässä ilmastossa, kun taas tilavuuden kasvaessa suhteellinen ulkopinta-ala pienenee, jolloin lämmönmenetys ympäristöön vähenee (Bergmann 1847, Hamilton 1960, Yom-Tov et al. 2006). Ilmaston lämpenemisen yhteys koon pienenemiseen viime aikoina on todettu muun muassa joillain lintulajeilla (Yom-Tov et al. 2006, Salewski et al. 2010 Gardner et al. 2011). Yksi mahdollinen lähestymistapa selvittää lämpötilamuutosten vaikutuksia koon muutoksiin, on tutkia lämpötilan ja koon yhteyttä (Salewski et al. 2010). Saksassa sinitiaipopulaatiossa esiintyi siiven pituudessa tilastollisesti merkitsevää vuosien välistä vaihtelua. Siipi oli keskimäärin lyhyempi lämpötilan ollessa korkeampi. (Salewski et al. 2010). Viherpeipolla (*Carduelis chloris*) ja tiaisilla ruumiinkoko korreloi negatiivisesti talven kylmimmän kuukauden keskilämpötilan kanssa, jonka takia ne ovat suurempia pohjoisessa (Snow 1954, Hamilton 1960, Prill 1975). Tässä kuvattiin maantieteellistä vaihtelua Bergmannin säännön alkuperäisen ajatuksen mukaisesti.

Lauhkean vyöhykkeen linnuille talven sääolosuhteilla on pääasiallinen vaikutus kuolleisuuteen, ja se on todennäköisesti myös tärkeä tekijä valinnassa koon osalta. Luonnonvalinta suosii yksilöitä, joiden ominaisuudet auttavat yksilöä selviytymään esimerkiksi epäsuotuisissa lyhytaikaisissa sääolosuhteissa. (Murphy 1985, Schluter & Smith 1986, van Noordwijk et al. 1988, Richner et al. 1989, Salewski et al. 2010). Esimerkiksi varpuspopulaatiossa (*Passer domesticus*) ankara talvisää aiheutti merkittäviä muutoksia kokoluokkien jakautumiseen (Johnston 1976, Fleischer & Johnston 1982, Murphy 1985). Varpuskoiraista isokokoisemmat yksilöt selvisivät kylmistä talvista paremmin kuin pienemmät yksilöt. Naaraista puolestaan pienikokoiset yksilöt selvisivät kylmistä talvista muunkokoisia yksilöitä paremmin. Niillä oli siten havaittavissa suuntaavaa valintaa. (Fleischer & Johnston 1982). Toisen varpustutkimuksen mukaan naaraista ankarista talvista selviytyivät parhaiten

keskikokoiset yksilöt. Niillä esiintyi siis tasapainottavaa valintaa. (Johnston et al. 1972, Murphy 1980, Johnston & Fleischer 1981). Varpusilla on todettu keskikokoisten naaraiden pystyvän keräämään suurimmat rasvavarastot pieniin ja suuriin yksilöihin verrattuna. Isoilla yksilöillä olisi siten vaikeuksia ylläpitää suotuisaa energiatasapainoa, koska niiden täytyy syödä enemmän kuin pienempien yksilöiden, ja kuitenkin samalla ne joutuvat välttelemään koiraita ravintokilpailussa. Siten säätekijöistä riippuvaa valintaa monimutkaistavat yksilöiden välisistä käyttäytymiseen vaikuttavista suhteista johtuvat tekijät. (Murphy 1985). Muutamalla muullakin varpuslintulajilla havaittiin tasapainottavaa valintaa ankarien talvien aikana (Fretwell 1969, 1977). Koska lauhoina talvina isokokoiset varpuskoiraat eivät selvinneet muita paremmin, osoittaa se optimaalisen koon vaihtelevan talvien välillä (Johnston 1976, Lehikoinen E. 1986a, 1986b). Talitiaisella havaittiin samansuuntaista suuntaavaa valintaa ankarina talvina kuin varpusellakin. Joinain kylminä talvina talven aikainen kuolleisuus oli kuitenkin samanlaista kaikissa kokoryhmissä iästä ja sukupuolesta riippumatta. Tämä viittaisi siihen, että yksilön vaihtoehtoiset käyttäytymiseen liittyvät asiat voivat ohittaa koon vaikutuksen. (Lehikoinen E. 1986a).

Saattaa olla, että ruumiinkokoon kohdistuva vaikutus kohtaa jossain vaiheessa rajan, jonka takia koko ei voi kasvaa enempää, jotta lintu pystyisi pitämään energiavarastonsa riittävinä ankarissakin talviolosuhteissa. Rajoittavana tekijänä voisi siten olla talvipäivän lyhyys. (Snow 1954, Hamilton 1960). Talitiainen ruokailee useammin lähellä runkoa ja puun tyveä, kun taas sinitiaisen ketterämpänä ruokailee useammin lehvästössä ja lähellä ohuiden oksien kärkiä (Krebs et al. 1972). Koon rajoituksena olisi siten ravintokilpailu, jolloin ruokailutaktiikkansa takia sinitiaisen ei voi olla kovin isokokoinen.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, vaikuttaako linnun koko nuorten sinitiaisten selviytymiseen talvesta, ja vaihteleeko erikokoisten lintujen selviäminen niiden ensimmäisestä elintalvesta talven ankaruuden mukaan. Linnun koon mittana käytettiin siiven pituutta. Tutkimuksessa selvitettiin, onko sinitiaisella koiraiden ja naaraiden välillä eroa elossaäilyvyydessä, ja vaikuttaako talven ankaruus tai linnun koko sukupuolten elossaäilyvyyteen samalla tavalla. Aiempien tutkimustulosten perusteella voisi olettaa, että isokokoiset, dominoivat yksilöt tavattaisiin todennäköisemmin uudelleen ensimmäisen elintalven jälkeen, ja että ne saattaisivat selvitä ankarista talvista pienikokoisia yksilöitä todennäköisemmin parempien energiavarojensa takia. Nuoret yksilöt valittiin tutkimuksen kohteeksi, koska niiden

avulla saatiin selkeä alkukohortti, johon ensimmäisen talven mahdollinen koosta riippuva valinta kohdistuu. Vanhat linnut ovat jo eläneet yhden tai useamman talven yli, jonka takia niitä koskevasta aineistosta on hankalampi tehdä johtopäätöksiä tutkimuskysymyksen kannalta.

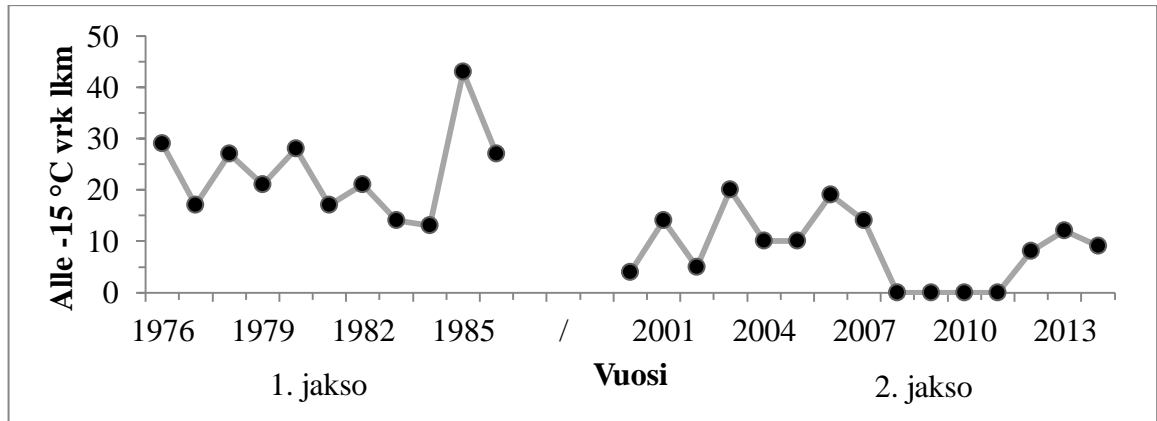
2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusaineisto

Sinitiaiset on mitattu Turun Ruissalossa (N 60° 43', E 22° 17') talvina 1975–1986 ja 1999–2014. Aineisto on koottu Turun yliopiston Biologian laitoksen Ekologian osastolla Esa Lehikoisen johdolla. Pyyntipaikkojen sijainti on vaihdellut pinta-alaltaan 23 km²:n kokoisella Ruissalon saarella vuosien välillä. Jälkimmäisen kauden mittausaineisto on kertynyt projektista, joka aloitettiin Ruissalon kasvitieteellisessä puutarhassa talvella 1999/2000, ja pyyntejä on jatkettu siitä lähtien joka vuosi samalla paikalla viikoittain elo–syyskuun vaihteesta toukokuun alkuun. Linnut on saatu kiinni verkkopyynnin avulla. Tässä ns. ruokintavakioprojektissa kolme yhdeksän metrin pituista pyyntiverkkoa on pystytetty kolmiomaiseen muotoon lintujenruokintapaikan ympärille. Kesäisin Ruissalossa on rengastettu sinitiaisten pesäpoikasia ja hautovia emoja 50–500 pöntöstä eri puolilta saarta.

Tutkimuksen aineisto muodostuu 3608 sinitiaisyksilöstä, joista on yhteensä 5666 yksittäistä siivenmittausta. Aineistossa on 2262 koirasta, joista on yhteensä 3740 yksittäistä siivenmittausta. Naaraita on 1235 yksilöä, joista on yhteensä 1792 siivenmittausta. Loput ovat sukupuolelleen määrittämättömiä yksilöitä.

Ankarat ja lauhat talvet ryhmittivät tutkimusjaksoittain. Ensimmäisessä tutkimusjaksossa kylmiä talvia oli enemmän kuin jälkimmäisessä tutkimusjaksossa (Kuva 1). Ensimmäisen tutkimusjakson talvina (tammi–maaliskuu) alle -15 °C:een vuorokausien lukumäärä oli keskimäärin 23, mutta toisen tutkimusjakson talvina (tammi–maaliskuu) keskimäärin vain kahdeksan vuorokautta. Toisella jaksolla neljänä talvena vuorokauden keskilämpötila ei laskenut alle -15 °C:een, kun ensimmäisellä jaksolla alle -15 °C oli vähintään 13 vuorokautena talvea kohden. Lämpötilatiedot saatiin Ilmatieteen laitoksen Avoimen datan palvelusta.



Kuva 1. Niiden päivien lukumäärä Turussa tammi–maaliskuussa, jolloin vuorokauden alin lämpötila oli alle -15 °C.

Lintuihin, joita ei tavattu enää talven jälkeen uudelleen, sisältyivät sekä kuolleet että muualle siirtyneet yksilöt, joita ei sen takia saatu enää uudelleen kiinni, ja myös ne yksilöt, jotka pysyivät alueella, mutta jäivät tapaamatta uudelleen. Samanlainen tulkinta tehtiin myös aiemmissa tuiastutkimuksissa (Lehikoinen E. 1986b, Koivula & Orell 1988, Hogstad 2010). Muualle siirtyneiden osuus voi olla jälkimmäisessä jaksossa suurempi kuin ensimmäisessä jaksossa, koska ensimmäisessä jaksossa lintuja pyydettiin laajemmalla alueella.

Lintujen myöhempi tapaamattomuus voi johtua kuolevuudesta, lähtömuutosta, tai alhaisesta pyyntitehosta tutkimusalueella. Näiden osuutta ei voida erottaa toisistaan. Näin saatavaa laskennallista elossäilyvyyttä kutsutaan ”paikalliseksi elossäilyvyydeksi” Eron ruokinnalla käyvien ja käymättömien lintujen välisessä kuolleisuudessa todettiin esimerkiksi amerikanhömötiäisellä (*Parus atricapillus*) olevan suurin loka–marraskuussa eli dispersaaliajanjaksona. Tästä voidaan päätellä ruokintojen vaikuttaneen niillä pikemminkin vaelluksiin kuin todelliseen selviytymiseen. (Egan & Brittingham 1994). Dispersaali vaikuttaa tutkimusalueella rengastettujen lintujen uudelleentapaamisen todennäköisyyteen.

2.2 Mittausmenetelmät

Käsittelyllä tarkoitetaan linnun rengastamista tai jo rengastetun linnun kontrolloimista ja mittaamista. Siiven pituus mitattiin suoristamalla suljettu siipi mittana toimivaa viivainta vasten. Käytetyllä mittausmenetelmällä saadaan ns. siiven maksimimitta (Svensson 1997). Siiven pituus mitattiin pisimmän käsisulan kärkeen saakka yleensä puolen millimetrin tarkkuudella.

Tutkimuksessa käytettyä sinitiaisen siivenmittausaineistoa on Ruissalossa kerännyt yhteensä 27 rengastajaa. Kolme rengastajaa on mitannut 65 % koko tutkimusaineiston siivenmitoista ja kymmenen eniten mitannutta rengastajaa 94 %. Lintujen mittaajia on koulutettu ja mittaajien välisiä toistettavuustestejä tehty Ruissalossa vuodesta 1972 alkaen (Laaksonen et al. 1974, E. Lehikoinen, henkilökoht. tiedonanto).

Mittausten toistaminen kaikilla lintuyksilön tapaamiskerroilla on tärkeää biometriikkatutkimuksille kahdesta syystä. Ensinnäkin niiden avulla selviää, tekevätkö mittaajat tasalaatuista ja yhdenmukaista työtä. Toiseksi, ne voivat auttaa havaitsemaan ja arvioimaan muutoksia ominaisuudessa. Kaksi mittaajaa voivat molemmat tehdä toistettavia mittauksia, mutta mittaustulokset eroavat mittaajien välillä. (Harper 1994).

2.3 Siipisulkien kasvu

Linnun koon kuvaamiseen käytetään usein siiven pituutta (Hamilton 1960, Fretwell 1969, Rising & Somers 1989, Salewski et al. 2010, Hogstad 2011). Tähän tutkimukseen on otettu mukaan vain elo–joulukuussa mitatut sinitiaiset sen takia, että ensimmäisen kalenterivuoden lintujen siivet ovat vielä kasvussa kesä–heinäkuussa. Siipi ei myöskään ole vielä ehtinyt kulumaan syksyllä. Postjuvenaalinen sulkasato alkaa pesäpoikasvaiheen jälkeen samana kesänä (Glutz & Bauer 1993, Lehikoinen E. 2001). Sinitiaiset eivät kuitenkaan tässä osittaisessa sulkasadossa vaihda käsisiiven peitinhöyheniä eivätkä siipisulkia (Svensson 1997). Nuorilla linnuilla siipi saavuttaa ensimmäisen talven täyden pituutensa viimeistään elokuun alusta alkaen (E. Lehikoinen, henkilökohtainen tiedonanto).

Linnun paino ei kuvaa linnun kokoa kovin hyvin, koska se vaihtelee vuorokaudenajan ja vuodenajan mukaan (Rising & Somers 1989, Hogstad 2011). Muun muassa rasvan

määrä vaikuttaa painoon (Richner et al. 1989). Painon lajinsisäinen ajallinen vaihtelu riippuu myös sukupuoli- ja ikäluokasta. Painon suuri varianssi tekee massan käytön linnun kokonaisuuteen mittana vaikeaksi (Richner et al. 1989). Kolmas varsinkin poikastutkimuksissa käytetty linnun kokoa kuvaava mitta on nilkan pituus, joka pysyy vakiona linnun aikuisiän. Tiaisilla nilkka saavuttaa täyden pituutensa pesästä lähdön aikaan, kun siipi on vielä kasvussa eikä se sen jälkeen vaihtelee. (Garnett 1979, Brotons 2000). Siiven pituus on käyttökelpoinen kokoa kuvaava mitta, jos siiven kärki ei vielä ole liian kulunut. Kuluminen lyhentää siipeä. Varpuslintujen siivet ovat biometrisen tutkimuksen kannalta liian kuluneet touko–elokuussa. Hogstadin (2011) mukaan nilkan pituus antoi vähemmän vakuuttavan kuvan koosta. Talitiaisella on todettu nilkan pituuden olevan hyvä pesäpoikasten koon mitta, mutta ei täysikasvuisten lintujen (Hogstad 2011). Nilkan pituuden käyttö koon mittana hylättiin tässä tutkimuksessa, koska sen mittaaminen on hidasta ja mittausten toistettavuus on heikompi kuin siiven pituuden osalta. Norjassa hömötiaisilla siiven pituus kuvasi linnun kokoa paremmin nuorilla kuin vanhoilla, koska nuorilla siiven pituus korreloi sekä nilkan että pyrstön pituuden kanssa (Hogstad 2011). Siiven pituuden vaihtelu on tässä tutkimuksessa hyvin hallinnassa runsaiden toistettavuustestien vuoksi sekä sen takia, että käytettiin vain syksyisiä mittaustuloksia, joissa kuluminen ei vaikuta tuloksiin.

2.4 Sinitiaisen sukupuolen määrittäminen

Sinitiaisten sukupuoli määritetään siiven peitinhöyhenten ja pääläen sinisen värin sävyn ja värin voimakkuuden perusteella (Svensson 1997). Koirilla väri on keskimäärin syvemmän sininen ja naarailla haaleampi. Kuitenkin nuorilla linnuilla väri on haaleampi, joten nuori koiras voi varsinkin huonommissa valaistusolosuhteissa muistuttaa värisävyltään vanhaa naarasta. Lisäksi sinisen syvyys vaihtelee yksilöittäin, minkä voi havaita hyvissä ja vakioituissa valaistusolosuhteissa. Koirilla niskavyö on yleensä hieman leveämpi kaulan sivuilta kuin naarailla, mutta tämä ei ole yksinään käytettynä kovin luotettava tuntomerkki, koska niskavyön leveys vaihtelee myös pään ja höyhenten asennon mukaan.

Osalla linnuista sukupuoli on määritetty käyttämällä merkintöjä ”luultavasti koiras” ja ”oletettavasti naaras” Rengastustoimiston ohjeistuksen mukaisesti. Tätä tutkimusta varten kaikki epävarmat sukupuolen määrittäykset on muunnettu joko koiriksi tai

naaraiksi vertailemalla niitä muihin samoista linnuista tehtyihin määrityksiin. Muunnos tehtiin aineistoon sen mukaan, oliko yksilö määritetty koiraaksi vai naaraaksi useammin. Siiven pituutta ei tässä yhteydessä käytetty sukupuolen määrittämiseen. Osalle linnuista sukupuolesta ei kuitenkaan saatu varmuutta tälläkään tavalla. Lintujen ensimmäisenä elinsyksenä mitatuista siiven pituuksista jätettiin tämän takia pois 111 yksilöä (3 % tutkimusaineiston yksilöistä).

Värisävyyden perustuvan sukupuolen määrityksen luotettavuutta on myös verrattu geneettisiin menetelmiin saatuihin tuloksiin. Tutkimuksen mukaan naaraista 97,6 % (n=42) ja koiraista 93,8 % (n=64) oli määritetty oikein. (Pajula, julkaisematon). Osalla värisävyn perusteella määritetyistä linnuista oli vielä sulkasato käynnissä tai sukupuoli määritetty huonoissa valaistusolosuhteissa (E. Lehikoinen, henkilökohtainen tiedonanto). Koska DNA-määrityksessäkin voi esiintyä virhettä, on näiden menetelmien välillä joitain määritysristiriitoja, mutta yleisesti sukupuolen määrityksen yhdenmukaisuus on ollut korkea.

2.5 Aineiston laadun varmistaminen

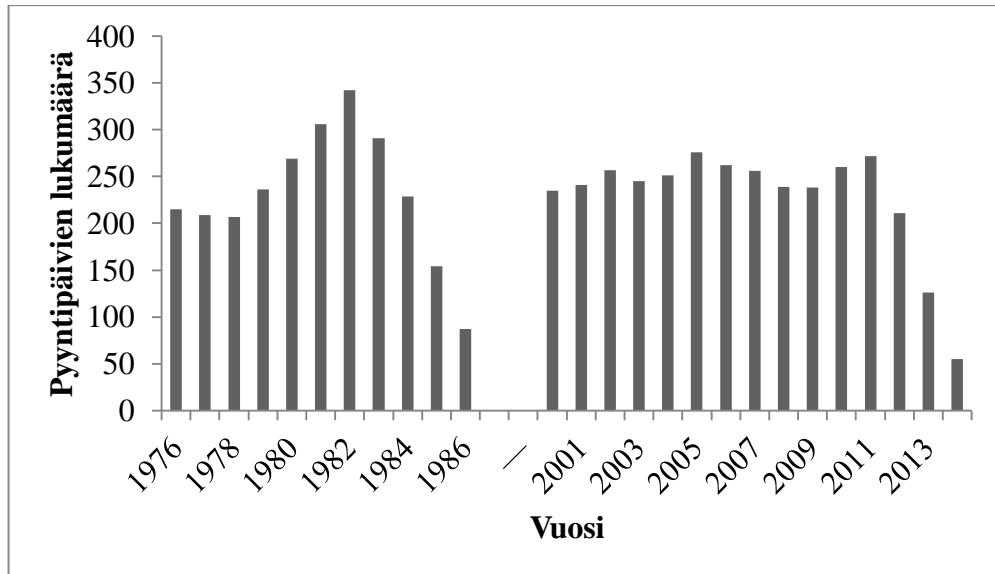
Aineiston keruuseen ja tallentamiseen sisältyviä virhelähteitä ovat mahdolliset tietojen luku- ja kirjaamisvirheet sekä rengastusaineistojen siirroissa aikojen kuluessa tapahtuneet tiedon muuntumiset, joita näin laajassa ja näin pitkän aikavälin aineistossa esiintyy. Koko aineisto tarkistettiin huolellisesti ennen analyysien ja päätelmien tekemistä. Löydetyt virheet korjattiin, kun voitiin olla varmoja, että korjaukset vastaavat todellisuutta. Poikkeavalta vaikuttavat siiven pituudet tarkistettiin Turun yliopiston Biologian laitoksen arkistossa sijaitsevilta alkuperäislomakkeilta, ja selvät virheet korjattiin. Ikä- ja sukupuolimääritysten sekä siiven pituuden kirjaamisten tarkkuus saatiin varmistettua samoista yksilöistä tehtyjen kontrollihavaintojen avulla.

Renkaiden lukuvirheet havaittiin, jos siiven pituus poikkesi liian paljon muista käsittelykerroista, eikä sitä voitu korjata edellä kuvatulla tavalla. Lukuvirheiksi tulkittiin myös tapaukset, joissa sama yksilö oli kahden Ruissalossa tapahtuneen käsittelykerran välissä käsitelty liian kaukana Ruissalosta sijaitsevalla paikalla lyhyellä aikavälillä, mutta molemmat pyyntipaikat olivat oikein. Aineiston laadun parantaminen tehtiin siis tavalla, jolla varmistettiin, ettei aineistoa tule muokattua keinotekoisesti, ja että kunkin yksilön mittaukset eri käsittelykerroilla ovat varmasti samoista yksilöistä.

2.6 Mittausaineiston analysointi

Aineisto analysoitiin logistisella regressioanalyysillä. Binäärisenä vastemuuttujana mallissa oli muuttuja, joka kuvaa sitä, onko syksyllä (elo–joulukuu) mitattu nuori yksilö tavattu uudelleen ensimmäisen talven (tammi–maaliskuu) jälkeen vai ei. Aineiston analysoinnissa käytettiin SAS-tilasto-ohjelmiston versiota 6.1 (SAS Institute Inc.).

Yhtenä selittävänä tekijänä mallissa oli linnun koko, jota kuvasi siiven pituus. Kaikille yksilöille laskettiin ensimmäisen syksyn keskiarvosiiivenpituus, koska monet yksilöt mitattiin monta kertaa. Toiseksi selittäväksi tekijäksi valittiin aluksi vuosi, joka oli mallissa sekä kiinteänä (jatkuva muuttuja) kuvaamassa ajallista trendiä että satunnaistekijänä (luokitteleva muuttuja). Mallissa oli myös mukana yksilön uudelleentapaamisen mahdollistavien pyyntipäivien lukumäärä (Kuva 2), koska molempien jaksojen (1975–1986 ja 1999–2014) viimeisimpinä vuosina rengastetuilla yksilöillä on ollut pienempi todennäköisyys tulla pyydetyksi uudelleen. Pyyntipäivien lukumäärä tarkoittaa pyyntipäivien määrää ensimmäisen talven (tammi–maaliskuu) jälkeisen huhtikuun alusta saman vuoden loppuun saakka sekä siitä kolme kalenterivuotta eteenpäin ulottuvalta aikajaksolta. Tämä aikaraja valittiin, koska 97 % tutkimusaineiston sinitiaisista on elänyt enintään kolmen kalenterivuoden ikäisiksi. Taulukossa 1 on esitetty eri ikäluokissa ensimmäisen kerran uudelleen tavattujen yksilöiden osuudet. Pyyntipäivien lukumäärä laitettiin kiinteäksi selittäväksi tekijäksi analyysimalliin.



Kuva 2. Pyyntipäivien lukumäärät kunkin talven sinitiaiskohortille. Molemmat tutkimusjaksot on esitetty samassa kuvassa.

Taulukko 1. Uudelleentavattujen sinitiaisten määrät ja osuudet kussakin ikäluokassa ensimmäisellä uudelleentapaamiskerralla. Ikä on ilmoitettu höyhenpukujen mukaisina vuosina (syyskuusta elokuuhun).

Ikä	Yksilöitä	Osuus
1	383	51,3 %
2	306	41,0 %
3	43	5,8 %
4	13	1,7 %
5	1	0,1 %
6	1	0,1 %

Lisäksi mallissa oli selittävänä tekijänä talven ankaruutta kuvaava säämuuttuja. Säätekijät ovat merkittävä tekijä sen määrittelemisessä, millä tavalla linnut ovat vuorovaikutuksessa elinympäristöönsä (Brotons 1997). Lyhyen ja keskipitkän aikavälin lämpötilat ennustavat paremmin kylmässä ilmastossa talvehtivien varpuslintujen aineenvaihduntatehoa kuin pitkän aikavälin lämpötilat (Swanson & Olmstead 1999). Aluksi mallissa oli mukana kaksi säämuuttujaa: niiden vuorokausien talvikohtainen lukumäärä, jolloin vuorokauden alin lämpötila oli alle $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ sekä niiden vuorokausien talvikohtainen lukumäärä, jolloin vuorokauden keskilämpötila oli alle $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jälkimmäinen lämpötilamuuttujista jätettiin kuitenkin alustavien analyysien jälkeen pois mallista, koska tarkasteluun otetut lämpötilamuuttujat korreloivat voimakkaasti keskenään. Malliin jäljelle jääneestä muuttujasta käytetään tässä tutkimuksessa nimitystä talven ankaruus.

Lämpötilaraja $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ valittiin melko mielivaltaisesti, mutta se sai tukea amerikanhömötiäisillä tehdystä tutkimuksesta, jossa niiden havaittiin yli kaksinkertaistavan energiantarpeensa $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa siihen verrattuna mitä niillä on termoneutraaleissa olosuhteissa. (Brittingham & Temple 1988). Sinitiaisen termoneutraalin vyöhykkeen alaraja on $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja yläraja ainakin $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Haftorn & Reinertsen 1985, Nilsson et al. 2011). Lisäksi tässä lämpötilassa tiaisten havaittiin alkavan laittaa jalkojaan höyhenyksen suojaan, joten ne selvästi olivat lämpötaloudellisesti stressitilassa. Erilaista talvesta selviytymistä esiintyi pääasiassa ankarien talvikuukausien aikana, jolloin viiden vuorokauden keskilämpötila oli alle $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ihonalaisen rasvan lisäys $0,13$ grammalla auttaa tiaisia selviämään noin kaksi tuntia pidemmästä talviyöstä $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa. (Brittingham & Temple 1988). Kyseisessä tutkimuksessa ei otettu huomioon lumipeitteen tai paikallisten tuuliolosuhteiden vaikutusta. Lämpötilan ollessa $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ linnut käyttävät 60% rasvavarastoistaan yhden talviyön aikana (Johnston & Fleischer 1981).

Hypoteesien testaamista varten tehtiin aluksi yksinkertaiset mallit, joissa tutkittiin, vaihteleeiko erikokoisten lintujen selviäminen ensimmäisestä talvesta talven ankaruuden mukaan, onko sinitiaisella koiraiden ja naaraiden välillä eroa elossasäilyvyydessä, vaikuttaako talven ankaruus elossasäilyvyyteen samalla tavalla koirilla ja naarilla, sekä eroavatko erikokoiset yksilöt elossasäilyvyydessä sukupuolikohtaisesti. Näiden alustavien analyysien perusteella päädyttiin malliin, jossa olivat selittävinä tekijöinä siiven pituus, vuosi (jatkovana muuttujana), linnun sukupuoli, pyyntipäivien lukumäärä, sellaisten vuorokausien talvikohtainen lukumäärä, jolloin vuorokauden alin lämpötila

oli alle $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, sekä siiven pituuden ja talven ankaruuden yhdysvaikutus. Vuosi oli myös satunnaistekijänä (luokittelevana muuttujana). Mallista jätettiin pois siiven pituuden ja sukupuolen yhdysvaikutus, koska siiven pituus todennäköisesti korreloi lintuylesilön sukupuolen kanssa. Mallista jätettiin pois myös vuoden ja säämuuttujien yhdysvaikutustermit, koska vuosi ja säämuuttujat selittävät osittain samaa vaihtelua. Akaiken informaatiokriteeriä (AIC) ei sovellettu mallien vertailuihin, koska selittäviä muuttujia oli vähän.

Analyysimalli rakennettiin näiden pohjalta vielä uudelleen. Talven ankaruutta kuvaavaksi muuttujaksi tuli edellä mainittu talvikohtainen alle $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ vuorokausien lukumäärä. Muina selittävinä tekijöinä mallissa olivat siiven pituus ja pyyntipäivien lukumäärä sekä yhdysvaikutustermi siiven pituuden ja talven ankaruuden välillä. Vuosi oli mallissa edelleen satunnaistekijänä (jatkovana muuttujana). Vuosi selittäväna muuttujana pudotettiin mallista pois. Vuoden vaikutus linnun elossatapaamistodennäköisyyteen ei ollut tilastollisesti merkitsevä, ja todennäköisesti sen vaikutus liittyi enemmänkin pyyntiaktiivisuuteen kuin lintuun itseensä. Pyyntiaktiivisuuden mittaamiseen puolestaan oli oma muuttuja.

Aineiston analysointi tehtiin erikseen koiraille ja naaraille, koska lajilla on kokodimorfia. Koiraat ovat keskimäärin naaraita isompia, jolloin samanpituinen siipi ei tarkoita samaa koiralle ja naaralle. Tarkasteluun otettiin talven ankaruutta kuvaava muuttuja, ja tutkittiin, muuttaako talven ankaruus yksilön elossa säilymisen ja koon suhdetta. Mallissa olivat selittävinä tekijöinä siiven pituus, talven ankaruus, pyyntipäivien lukumäärä sekä siiven pituuden ja talven ankaruuden yhdysvaikutus. Vuosi oli mallissa satunnaistekijänä. Lumipeitteen määrää ei huomioitu tässä tutkimuksessa, koska sinitiaisen ravintolähteet sijaitsevat sellaisissa paikoissa, jotka vain harvoin peittyvät lumeen.

3. TULOKSET

Syksyllä mitatuista nuorista koiraista tavattiin uudelleen 741 yksilöä eli 32,8 % ja nuorista naaraista 331 yksilöä eli 26,8 %. Ero oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0,0003$). Ensimmäisessä jaksossa koiraista tavattiin ensimmäisen elintalven jälkeen uudestaan merkitsevästi enemmän (23,4 %, $n=591$, $p<0,0001$) kuin naaraista (12,8 %, $n=358$). Toisessa jaksossa koiraista tavattiin uudestaan suuntaa antavasti enemmän (36,1 %, $n=1671$, $p=0,0711$) kuin naaraista (32,5 %, $n=877$).

Talven ankaruus vaikutti koirilla merkitsevästi ensimmäisen elintalven jälkeiseen elossatapaamistodennäköisyyteen (Taulukko 2). Linnun koon vaikutus yksilön uudelleentapaamiseen riippui talven ankaruudesta. Koiraista pienikokoiset yksilöt tavattiin suuntaa antavasti todennäköisemmin uudelleen leutojen kuin kylmien talvien jälkeen, mutta isokokoisimmilla yksilöillä talven ankaruus ei vaikuttanut elossatapaamisen todennäköisyyteen (Kuva 4). Leutojen talvien jälkeen pienikokoiset koirat tavattiin isoja todennäköisemmin uudelleen, kun taas kylminä talvina tilanne oli päinvastoin (Kuva 4). Pienikokoiset koirat tavattiin merkitsevästi isokokoisia koiraita todennäköisemmin uudelleen talven jälkeen (Taulukko 2). Tulos johtuu siitä, että leutoina talvina pienet koirat tavattiin niin paljon isoja todennäköisemmin uudelleen, että vaikutus heijastui koko siiven pituuden vaikutuksen antamaan tulokseen. Naarailla yksilön koon tai talven ankaruuden vaikutus talvesta selviämiseen oli vähäisempi (Taulukko 2, Kuva 4). Kun siiven pituuden ja talven ankaruuden yhdysvaikutustermi jätettiin pois mallista, oli talven ankaruuden vaikutus naaraiden uudelleentapaamisen todennäköisyyteen suuntaa antava ($p=0,0814$). Talven ankaruuden tai linnun koon vaikutus yksilön uudelleentapaamisen todennäköisyyteen ei eronnut merkitsevästi koiraiden ja naaraiden välillä ($t = -0,367$, $t = -1,150$, $p>0,10$). Talvea seuraavien pyyntipäivien lukumäärä vaikutti merkitsevästi linnun elossatapaamistodennäköisyyteen koirilla, mutta ei naarailla (Taulukko 2).

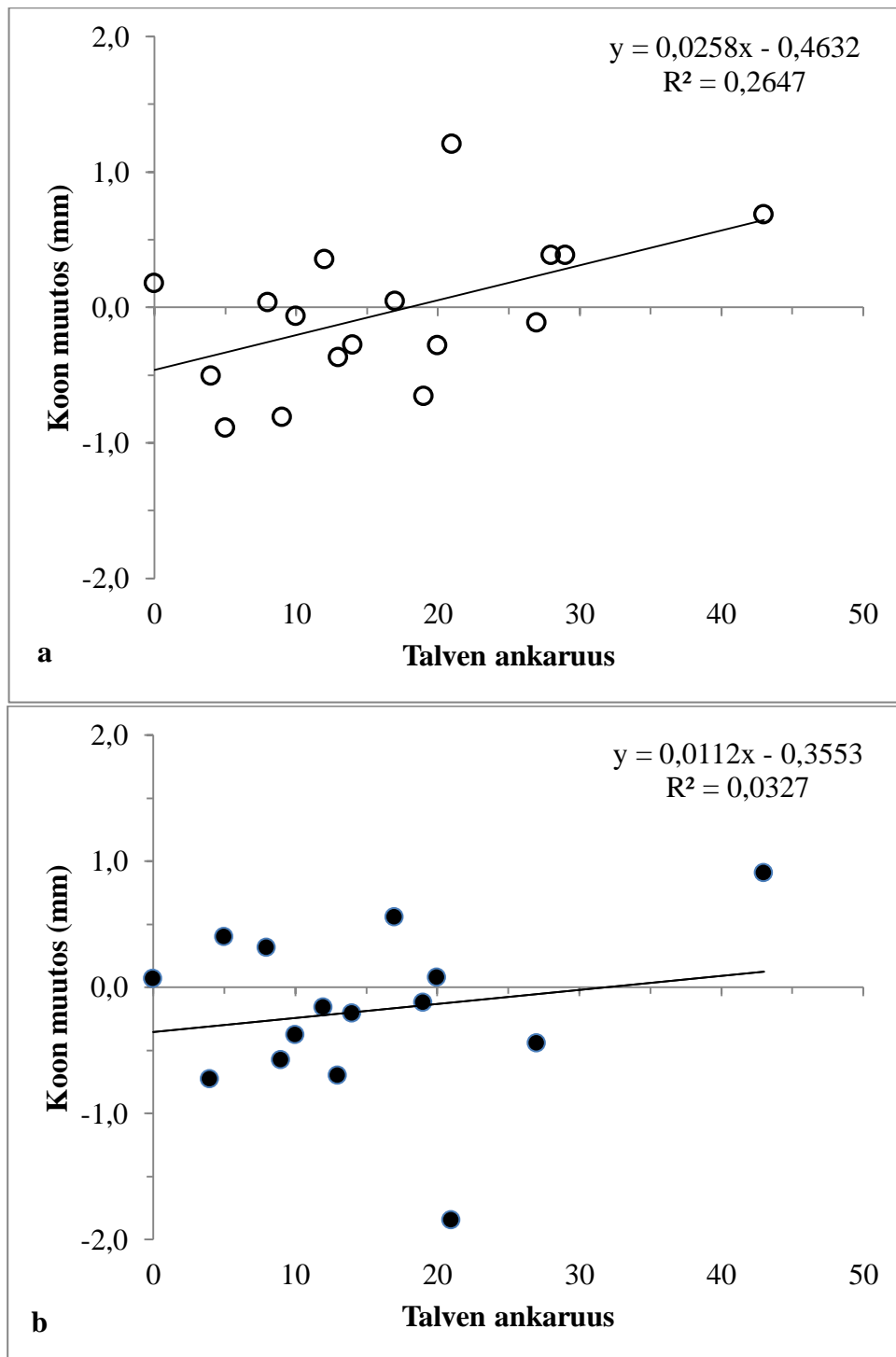
Taulukko 2. Sinitiaisen siiven pituuden, rengastuspäivien lukumäärän ja talven ankaruuden vaikutus yksilön uudelleentapaamisen todennäköisyyteen **a)** koirilla ja **b)** naarailla.

a

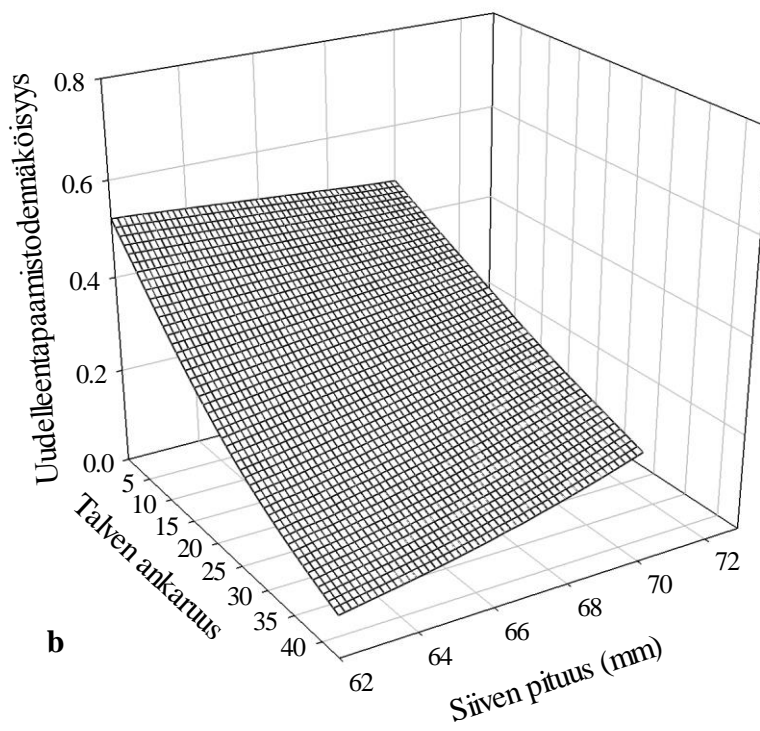
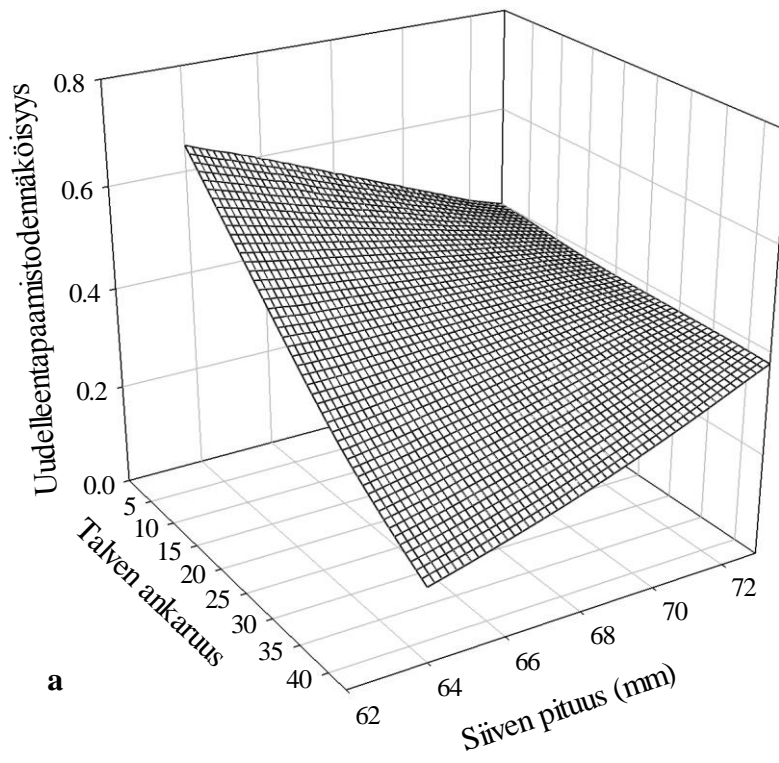
Muuttuja	Estimaatti	SE	DF ₁	DF ₂	F	p
Vakiotermi	6,914	3,121				
Siiven pituus	-0,118	0,045	1	3705	6,89	0,0087
Pyyntipäivien määrä	0,005	0,002	1	30	5,09	0,0315
Talven ankaruus	-0,428	0,212	1	3705	4,10	0,0431
Siipi * talven ankaruus	0,006	0,003	1	3705	3,76	0,0526

b

Muuttuja	Estimaatti	SE	DF ₁	DF ₂	F	p
Vakiotermi	0,644	4,642				
Siiven pituus	-0,023	0,069	1	1780	0,11	0,7444
Pyyntipäivien määrä	0,003	0,003	1	27	1,09	0,3047
Talven ankaruus	-0,287	0,319	1	1780	0,81	0,3679
Siipi * talven ankaruus	0,004	0,005	1	1780	0,63	0,4282



Kuva 3. Ensimmäisen talven jälkeen elossa tavattujen sinitiaiskoiraiden (a) ja -naaraiden (b) keskimääräisen koon muutos populaatiossa suhteessa talven ankaruuteen. Muutos kuvaa ensimmäisen talven jälkeen elossa tavattujen yksilöiden ensimmäisenä syksynä mitatun keskimääräisen siiven pituuden ja populaation kaikkien ensimmäisenä syksynä mitattujen saman ikäluokan sinitiaisten siiven pituuden erotusta. Talven ankaruus kuvaa syksyä seuraavan talven kylmien vuorokausien lukumäärää.



Kuva 4. Siiven pituuden vaikutus sinitiaisyksilön uudelleentapaamisen todennäköisyyteen suhteessa talven ankaruuteen **a)** koirilla ja **b)** naarailla. Selkeyden vuoksi pyyntipäivien määrän vaikutus on jätetty pois kuvista.

4. POHDINTA

Sinitiaiskoiraiden elossasäilyvyys oli suurempaa leutojen kuin kylmien talvien jälkeen. Naarilla suuntaus oli samanlainen, mutta vähäinen. Tulos viittaa siihen, että varsinkin koirilla isommasta koosta on hyötyä kylmistä talvista selviytymisen kannalta. Tämä on yhtäpitävä aiempien tutkimustulosten kanssa. Suuremmasta ruumiinkoosta on hyötyä kylmästä talviyöstä selviämiseen, koska energiankulutus on suhteellisesti pienempi kuin pienillä yksilöillä. Tämä korostuu etenkin ankarien sääjaksojen aikana ruokailun ollessa vaikeaa, jolloin linnun kantama lisärasva lisää sen selviytymistodennäköisyyttä. Isokokoiset ja siten dominoivammassa asemassa olevat yksilöt yleensä saavat enemmän ravintoa ja pystyvät olemaan saalistajilta suojaisemmissa paikoissa. Jos leutojen talvien osuus kasvaa, sinitiaisten keskimääräinen koko saattaa kuitenkin pienentyä. Tämä seuraisi Bergmannin säännön mukaan odotettavissa olevaa suuntausta.

Sinitiaiskoiraat tavattiin ensimmäisen elintalven jälkeen uudelleen naaraita useammin. Ero elossa tavattujen yksilöiden osuuksissa pyyntikausien välillä voi johtua pyynnin erilaisesta toteutuksesta. Ensimmäisessä jaksossa pyyntipaikkojen sijainti ja lukumäärä vaihtelivat tutkimusalueella. Jälkimmäisessä jaksossa taas pyyntipaikka pysyi vakiona. Heinäkuun lopussa pesimäkauden jälkeen sinitiaiset siirtyvät pääasiassa ruokailemaan ruovikoihin, joissa ne syövät järviruokojen sisällä talvehtivia hyönteisiä ja muita selkärangattomia eläimiä (Lehikoinen E. 1983, Avela & Palmu 2011). 1970–80-luvuilla sinitiaiset siirtyivät sieltä ruokintapaikoille usein vasta tammi–helmikuussa (Lehikoinen E. 1983). Nykyään ruokintapaikalla käyvien uusien yksilöiden määrä on Turun Ruissalossa suurin marraskuusta joulukuun puoliväliin. Jaksojen välinen ero voi johtua siitä, että ensimmäisellä jaksolla sinitiaiset tulivat saaren ruokinnoille myöhemmin kuin toisella jaksolla, ja varsinkin naaraita suurempi osa jäi ensimmäisellä jaksolla tapaamatta uudelleen, koska huhtikuun pyynnit olivat tuolloin suppeita. Jälkimmäisellä tutkimusjaksolla naaraiden saapuminen vasta myöhään takaisin tutkimusalueelle saatiin paremmin havainnoitua. Toinen selitys voisi olla, että naaraita olisivat selvinneet paremmin lauhempina jälkimmäisen jakson talvina, ja sen lisäksi tai vaihtoehtoisesti naaraiden sopeutuminen Suomen talveen olisi ollut nopeaa tutkimusjaksojen välillä.

Naaraat ovat saattaneet hyötyä talviruokinnasta koiraita enemmän, jos hyvän ravinnon saatavuuden takia dominanssisuhteiden vaikutus ja sen myötä lajin sisäinen kilpailu on

heikentynyt. Talviruokinnan on esitetty usein lisäävän tiiasten selviytymistä erityisesti kylminä talvina (Jansson et al. 1981, Orell 1988, Balen & Hage 1989, Rogers et al. 1991, Egan & Brittingham 1994). Yleensä näissä tutkimuksissa ei ole otettu huomioon sitä, millaisiin yksilöihin vaikutus on suurin. Aihetta on tutkittu ainoastaan amerikanhömötiäisellä (Egan & Brittingham 1994). Subdominantit yksilöt saattavat selvittää ainakin runsastarjontaisilla ruokinnoilla talvesta luonnontilannetta paremmin, jolloin kokoon kohdistuva valinta jäisi kulttuuriympäristöissä olemattomaksi tai voisi johtaa jopa keskimääräisen ruumiinkoon pienenemiseen.

Koiraiden liikkumisetäisyydet ovat lyhyemmät, millä voi olla vaikutusta siihen, että niiden suhteellinen osuus ruokintapaikalla oli suurempi. Ruissalossa ruokintapaikalla syys–maaliskuussa käyvistä nuorista sinitiaisista 64 % oli koiraita. Samansuuntainen lukumääräsuhde esiintyy myös esimerkiksi Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa, jossa pesäpoikasena rengastetuista sinitiaisyksilöistä seuraavana talvena ruokintapaikalta tavatuista 70 % oli koiraita. Koiraiden osuus ruokintapaikalla oli samanlainen sekä loka–marraskuussa että joulukuussa–helmikuussa. Sen seurauksena voidaan päätellä, että suurempi osa nuorista naaraista kuin koiraista lähti muutolle pesimäkauden jälkeen. Samanaikaisesti muualla kuoriutuneita naaraita saapui tutkimusalueelle. (Smith & Nilsson 1987). Rajatulla alueella olevassa populaatiossa, jossa kaikki yksilöt on rengastettu, voidaan säännöllisessä pyyntiprojektissa havaita immigraatiota uusien renkaattomien lintujen ilmestymisestä alueelle (Ekman 1993). Tämä tilanne on havaittavissa myös Ruissalon tutkimusalueella.

Useilla lintulajeilla, kuten sinitiaisella, nuoret linnut liikkuvat kauemmas vanhojen lintujen jäädessä keskimäärin useammin talveksi pesimäpaikkojen läheisyyteen (Winkel & Frantzen 1991). Sinitiaisella vanhojen koiraiden paikkauskollisuus on suurempi kuin vanhoilla naarilla. Vaeltavien lintujen joukossa onkin yleisesti pääasiassa naaraita ja nuoria lintuja. (Zeh et al. 1985). Suurin osa nuorista tiiaisyksilöistä katoaa kuoriutumisalueeltaan loka–marraskuun vaihteeseen mennessä (Perrins 1980). Tämän jälkeen nuorten ja vanhojen lintujen lukumääräsuhde pysyy talvipyyntien kohtalaisen vakiona. Sinitiaisella nuoret naaraat vaeltavat ennen pesimäkautta laajemmalla alueella kuin koiraat. Tämä on havaittu tutkimusalueiden välillä liikkuvien lintujen perusteella sekä talvella ruokintapyyntipaikalla kiinni saatujen yksilöiden sukupuolten lukumääräsuhteista. (Burgess 1982). Sinitiaisvaellusta havaitaan muutonseurantapaikoilla erityisesti syys–lokakuussa, ja vaelluksia esiintyy vuosittain (Väisänen et al. 1998, Lehikoinen E. et al. 2003, Solonen et al. 2010, Lehikoinen E.

2014). Hangon lintuaseman rengastusaineiston perusteella sinitiaisen syysvaellus käynnistyy syyskuun puolivälin jälkeen, ja sen mediaani on lokakuun alkupuolella (Lehikoinen A. et al., painossa). Ruotsin Falsterbossa kolme neljäsosaa vaeltavista sinitiaisista oli nuoria naaraita ja vain viidennes nuoria koiraita. Vanhat linnut olivat pääasiassa naaraita. (Smith & Nilsson 1987, Nilsson et al. 2008). Kauempaa Ruissaloon saapuvien sinitiaisten esiintyminen on vähäistä, koska niistä on vain vähän kontrolleja.

Suurin osa tutkimusalueelta kadonneista yksilöistä on menehtymisen sijaan pikemminkin siirtynyt muualle. Emigraatiota tapahtuu jo aikaisin syksyllä johtuen reviireitään puolustavista vanhoista yksilöistä. (Perrins 1980). Syyskuun jälkeen ruokintapaikalle voi tulla kauempaakin kuin Ruissalosta lähtöisin olevia lintuja (E. Lehikoinen, henkilökoht. tiedonanto). Talvella sinitiaiset liikkuvat Suomessa pienimmällä alueella joulukuusta helmikuuhun. Sinitiaisen vaellustaipumuksessa esiintyy eroja esimerkiksi englantilaisten ja suomalaisten populaatioiden välillä. Englannissa nuoret sinitiaiset liikkuvat syksyllä paljon pienemmällä alueella kuin Suomessa. Sinitiaisen poikaslevittäytymistä on tutkittu Suomessa pesäpoikasena rengastettujen yksilöiden myöhempien kontrollien avulla. Koiraista 95 % pesii enintään kilometrin päässä syntymäalueestaan ja naaraita vastaava osuus pesii enintään kahden kilometrin päässä syntymäalueestaan. Koiraista 62 % ja naaraita 47 % pesii syntymäpaikallaan. (Lehikoinen E. 2014). Ero koiraiden ja naaraiden poikasdispersaalissa saattaa selittää eroa uudelleentapaamisen todennäköisyyksissä.

Tiaspopulaation tiheydellä on yleisesti todettu olevan vaikutusta talviseen selviytymistodennäköisyyteen. Tiheyden ollessa pieni, selviytymistodennäköisyys on ollut suurempi. Havaittu ero on saattanut johtua vähentyneestä kilpailusta olennaisista resursseista, kuten ravinnosta. (Brittingham & Temple 1988). Hollantilaisessa tutkimuksessa todettiin, että tiheämmästä populaatiosta peräisin olevat talitiaisyksilöt liikkuvat suhteellisesti kauemmas tutkimusalueelta kuin pienemmässä populaatiotiheydessä elävät yksilöt (van Balen & Hage 1989). Ruissalon talvilintulaskentojen perusteella talvehtivan sinitiaiskannan tiheys jälkimmäisellä tutkimusjaksolla vaihteli vuosien välillä ollen enimmillään yli kaksinkertainen pienimpään tiheyteen verrattuna (J. Laine, julkaisematon aineisto).

Varpuslinnuilla vuosikuolevuus on keskimäärin 50 % (Kluyver 1951, Kluyver 1971, Lehikoinen E. 1986a). Nuorilla linnuilla se on koko ensimmäisen elintalven ajan suurempaa vanhoihin lintuihin verrattuna (Kluyver 1951, Lehikoinen E. 2014).

Ensimmäisen vuoden aikainen kuolleisuus sinitiaisilla ja talitiaisilla on 75 % (Thielemans & Eyckerman 1975, Avela & Palmu 2011). Oulussa 22 % lentopoikasina rengastetuista talitiaisista havaittiin seuraavan pesimäkauden alussa (Orell & Ojanen 1979). Elossasäilyvyys vanhemmissa ikäluokissa oli selvästi korkeampi kuin linnun ensimmäisen vuoden aikana. Elossasäilymisen tarkastelu nuorilla linnuilla on siten perusteltua, koska kuolevuuden vaikutukset luonnonvalintaan ovat tällöin potentiaalisesti voimakkaimmat. Sinitiaisen kannankasvun vakaus Suomessa eri vuosien talvien sääoloista riippumatta on yhteneväinen sen kanssa, että linnun koolla on vain vähän vaikutusta talvesta selviämiseen.

KIITOKSET

Kiitokset Esa Lehikoiselle ja Tapio Eevalle asiantuntevasta ohjauksesta ja neuvoista tutkielman teossa. Esalle kiitos myös aineiston luovuttamisesta käyttöni ja työhuoneensa käyttömahdollisuudesta aineiston tarkistamista varten. Turun Yliopistosäätiö ja Turun yliopiston opiskelijoiden stipendirahasto myönsivät apurahan tutkielman tekoon.

LÄHTEET

- Avela, EP & Palmu, AP (2011) *Sinitiainen. Neljän tuuman hurrikaani*. Satakunnan kirjateollisuus Oy. Pori. 90 s.
- Baker, MC & Fox, SF (1978) Dominance, survival, and enzyme polymorphism in Dark-eyed Juncos, *Junco hyemalis*. *Evolution* 32: 697–711.
- van Balen, JH & Hage, F (1989) The effect of environmental factors on tit movements. *Ornis Scandinavica* 20: 99–104.
- Bergmann, C (1847) *Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse*. Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen. 116 s.
- Brittingham, MC & Temple, SA (1988) Impacts of supplemental feeding on survival rates of Black-capped Chickadees. *Ecology* 69: 581–589.
- Brotons, L (1997) Changes in foraging behavior of the Coal Tit *Parus ater* due to snow cover. *Ardea* 85: 249–257.
- Brotons, L (2000) Winter spacing and non-breeding social system of the Coal Tit *Parus ater* in a subalpine forest. *Ibis* 142: 657–667.
- Burgess, JPC (1982) Sexual Differences and Dispersal in the Blue Tit *Parus caeruleus*. *Ringing and Migration* 4: 25–32.
- De Laet JF (1985) Dominance and anti-predator behaviour of Great Tits *Parus major*: a field study. *Ibis* 127: 372–377.
- Desrochers, A, Hannon, SJ & Nordin, KE (1988) Winter survival and territory acquisition in a northern population of Black-capped Chickadees. *The Auk* 105: 727–736.
- Dhont, AA, Eyckermann, R & Huble, J (1979) Will Great Tits become Little Tits? *Biological Journal of the Linnean Society* 11: 289–294.
- Dorsch, H (2010) Zur Biometrie von Kleinvögeln. *Ringfundmitteilung der Vogelwarte Hiddensee 2/2007*. Mitteilungen des Vereins Sächsischer Ornithologen. Band 10, Sonderheft 2. s. 82–86. Verein Sächsischen Ornithologen e. V. und Pro Ring e. V.
- Egan, E S & Brittingham, MC (1994) Winter survival rates of a southern population of Black-capped Chickadees. *Wilson Bulletin* 106: 514–521.
- Ekman, JB (1993) Using priority to food access: fattening strategies in dominance-structured Willow Tit (*Parus montanus*) flocks. *Behavioral Ecology* 4: 232–238.
- Fleischer, RC & Jonhston, RF (1982) Natural selection on body size and proportions in House Sparrows. *Nature* 298: 747–749.
- Fretwell, SD (1969) Dominance behavior and winter habitat distribution in Juncos *Junco hyemalis*. *Bird-Banding* 40:1–25.
- Fretwell, SD (1977) Stabilizing selection in Field Sparrows. A retraction. *The American Naturalist* 111: 1209–1210.
- Gardner, JL, Peters, A, Kearney, MR, Joseph, L & Heinson, R (2011) Declining body size: a third universal response to warming? *Trends in Ecology and Evolution* 26: 285–291.
- Garnett, MC (1976) *Some aspects of the body size in the Great Tit*. D. Phil. Thesis, University of Oxford.
- Garnett, MC (1979) Body size, its heritability and influence on juvenile survival among Great Tits, *Parus major*. *Ibis* 123: 31–40.

- Glutz, UN & Bauer, KM (1993) *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 13. Passeriformes. Teil 4: 579–662. Aula-Verlag. Wiesbaden.
- von Haartman, L, Hildén, O, Linkola, P, Suomalainen, P & Tenovuo, R (toim.) (1963–1972) *Pohjolan linnut värikuvin*. s. 722–726. Otava, Helsinki.
- Haftorn, S (1972) Hypothermia of Tits in the arctic winter. *Ornis scandinavica* 3: 153–166.
- Haftorn, S & Reinertsen, RE (1985) The effect of temperature and clutch size on the energetic cost of incubation in a free-living Blue Tit (*Parus caeruleus*). *The Auk* 102: 470–478.
- Hamilton, TH (1960) The adaptive significance of intraspecific trends of variation in wing length and body size among bird species. *Evolution* 15: 180–195.
- Harper, DGC (1994) Some comments on the repeatability of measurements. *Ringing and Migration* 15: 84–90.
- Hauge, KO (1994) Blåmeis. *Parus caeruleus*. *Teoksessa: Gjershaug, JO, Thingstad, PG, Eldøy, S & Byrkjeland, S (toim.): Norsk fugleatlas*. s. 424–425. Norsk Ornitologisk Forening, Klæbu.
- Havas, P & Sulkava, S (1987) *Suomen luonnon talvi*. Kirjayhtymä Oy, Helsinki. 222 s.
- Hegner, RE (1985) Dominance and anti-predator behavior in Blue Tits (*Parus caeruleus*). *Animal Behavior* 33: 762–768.
- Hogstad, O (1987a) Social rank in winter flocks of Willow Tit *Parus montanus*. *Ibis* 129: 1–9.
- Hogstad, O (1987b) It is expensive to be dominant. *The Auk* 104: 333–336.
- Hogstad, O (1988) Social rank and antipredator behaviour of Willow Tits *Parus montanus* in winter flocks. *Ibis* 130: 45–56.
- Hogstad, O (2010) Does high social rank position affect winter survival of Willow Tits *Poecile montanus* negatively under prolonged conditions of extremely low ambient temperature? *Ornis Norvegica* 33: 130–134.
- Hogstad, O (2011) Wing length as a predictor of body size in the Willow Tit *Poecile montanus*. *Ornis Norvegica* 34: 24–27.
- Hogstad, O (2014) Ecology and behavior of winter floaters in a subalpine population of Willow Tits, *Poecile montanus*. *Ornis Fennica* 91: 29–38.
- Hohtola, E (2007) Lämmönsäätely ja energiatalous. *Teoksessa: Södersved, J, Hohtola, E, Lehikoinen, E, Valste, J, Aalto, T: Luonnossa. Linnut 1*. ss. 203–211. Weilin + Göös, Helsinki.
- Houston, AI, McNamara, JM & Hutchinson, JMC (1993) General results concerning the trade-off between gaining energy and avoiding predation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 341: 375–397.
- Ilmatieteen laitos. Avoin data. [22.10.2014]
- Jansson, C, Ekman, J & von Brömssen, A (1981) Winter mortality and food supply in tits *Parus* spp. *Oikos* 37: 313–322.
- Johnston, RF (1976) Evolution in the House Sparrow. V. Covariation of skull and hindlimb sizes. *Occasional papers of the Museum of Natural History* 56: 1–8.
- Johnston, RF & Fleischer, RC (1981) Overwinter mortality and sexual size dimorphism in the House Sparrow. *The Auk* 98: 503–511.
- Johnston, RF, Niles, DM & Rohwer, SA (1972) Hermon bumpus and natural selection in the House Sparrow *Passer domesticus*. *Evolution* 26: 20–31.
- Kikkawa, J (1980) Winter survival in relation to dominance classes among Silvereyes *Zosterops lateralis chlorocephala* of Heron Island, Great Barrier Reef. *Ibis* 122: 437–446.

- Krebs, JR, MacRoberts, MH & Cullen, JM (1972) Flocking and feeding in the Great Tit *Parus major* – an experimental study. *Ibis* 114: 507–530.
- Kluyver, HN (1950) Daily routines of the Great Tit, *Parus m. major* L. *Tijdschrift der Nederlandsche Ornithologische Vereeniging* 38: 99–135.
- Kluyver HN (1951) The population ecology of the Great Tit, *Parus m. major* L. *Ardea* 39: 1–135.
- Kluyver, HN (1957) Roosting habits, sexual dominance and survival in the great tit. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*: 281–285.
- Kluyver, HN (1971) Regulation of numbers in populations of Great Tits (*Parus m. major*). *Proceedings of the Advanced Study Institute on Dynamics of numbers in populations, Oosterbeek*. s. 507–523.
- Koivula, K & Orell, M (1988) Social rank and winter survival in the Willow Tit *Parus montanus*. *Ornis Fennica* 65: 114–120.
- Källander, H & Karlsson, J (1981) Population fluctuations of some North European bird species in relation to winter temperatures. *Proceedings of the Second Nordic Congress of Ornithology, 1979*: 111–117. Norwegian Ornithological Society.
- Laaksonen, M, Lehtikoinen, E & Myrsky, H (1974) Miksi, miten ja missä laajuudessa aikuislintuja rengastavien tulisi suorittaa lintujen mittausta? *Lintumies* 9: 3–4, 65–76.
- Lehtikoinen, A, Laitasalo, J, Lehtikoinen, P, Lindholm, A, Piha, M, Santaharju, J, Seimola, T, Tirri, IS, Vattulainen, M & Välimäki, K (2015; *painossa*): Muuton ajoittuminen eri ikäluokilla ja sukupuolilla Hangon lintuasemalla rengastuksen perusteella. Osa 3: syksyiset varpuslinnut hippiäisestä sirkkuihin. *Tringa* 4/2015.
- Lehtikoinen, A & Väisänen RA (2014) Suomen talvilinnuston muutokset eri elinympäristöissä 1987–2014. *Linnut-vuosikirja 2013*: 80–95.
- Lehtikoinen, E (1983) Sinitiainen. *Parus caeruleus*. *Teoksessa: Hyytiä, K, Kellomäki, E & Koistinen, J (toim.): Suomen lintuatlas*. s. 398. SLY:n Lintutieto Oy, Helsinki.
- Lehtikoinen, E (1986a) Dependence of winter survival on size in the Great Tit *Parus major*. *Ornis Fennica* 63: 10–16.
- Lehtikoinen, E (1986b) Is fat fit? – A field study of survival and fatness in the Great Tit, *Parus major* L. *Ornis Fennica* 63: 112–119.
- Lehtikoinen, E (1986c) *Winter ecology of passerines: significance of weight and size*. Reports from the Department of Biology / University of Turku. No 14. Turku.
- Lehtikoinen, E (2001) Varpuslintujen sulkasadon tutkimus. *Linnut-vuosikirja 2000*: 55–65. BirdLife Suomi. Helsinki.
- Lehtikoinen, E (2014) Sinitiainen. *Parus caeruleus*. *Teoksessa: Valkama, J, Saurola, P, Lehtikoinen, A, Lehtikoinen, E, Piha, M, Sola, P & Velmala, W: Suomen Rengastusatlas. Osa II*. s. 578–586. Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö, Helsinki.
- Lehtikoinen, E, Gustafsson, E, Aalto, T, Alho, P, Laine, J, Klemola, H, Normaja, J, Numminen, T & Rainio K (2003) *Varsinais-Suomen linnut*. Turun Lintutieteellinen Yhdistys r.y. 416 s.
- McNamara, JM & Houston, AI (1994) The effect of a change in foraging options on intake rate and predation rate. *The American Naturalist* 144: 978–1000.
- Murphy, EC (1980) Body size of House Sparrows: Reproductive and survival correlates. *Acta XVII*. 1155–1161. Institute of Arctic Biology. University of Alaska, Fairbanks.
- Murphy, EC (1985) Bergmann's rule, seasonality, and geographic variation in body size of House Sparrows. *Evolution* 39: 1327–1334.
- Nilsson, ALK, Alerstam, T & Nilsson, JÅ (2008) Diffuse, short and slow migration among Blue Tits. *Journal of Ornithology* 149: 365–373.

- Nilsson, ALK, Nilsson, JÅ & Alerstam, T (2011) Basal metabolic rate and energetic cost of thermoregulation among migratory and resident blue tits. *Oikos* 120: 1784–1789.
- van Noordwijk, AJ, van Balen, JH & Scharloo, W (1988) Heritability of body size in a natural population of the Great Tit *Parus major* and its relation to age and environmental conditions during growth. *Genetics Research* 51:149–162.
- Orell, M (1988) Population fluctuations and survival of Great Tits *Parus major* dependent on food supplied by man in winter. *Ibis* 131: 112–127.
- Orell, M & Ojanen, M (1979) Mortality rates of the Great Tit *Parus major* in a northern population. *Ardea* 67: 130–133.
- Pajula, T: Identifying the gender of Blue Tits (*Cyanistes caeruleus*). Evolutionary Biology Research Project. Turun yliopisto. *Julkaisematon*.
- Perrins, CM (1980) Survival of young Great Tits, *Parus major*. XVII Congressus Internationalis Ornithologicus. 159-174. *Deutsche Ornithologen Gesellschaft*.
- Prill, H (1975) Flügellänge und Flügelform beim Grünfink in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. *Institut für Landschaftsforschung und Naturschutz Halle*. 92–94.
- Richner, H, Schneiter, P, Stirnimann, H (1989) Life-history consequences of growth rate depression: an experimental study on Carrion Crow (*Corvus corone corone* L.). *Functional Ecology* 3:617–624.
- Rising, JD & Somers, KM (1989) The measurement of overall body size in birds. *The Auk* 106: 666–674.
- Rogers, CM, Smith, JNM, Hochachka, WM, Cassidy, ALEV, Taitt, MJ, Arcese, P & Schluter, D (1991) Spatial variation in winter survival of Song Sparrows *Melospiza melodia*. *Ornis Scandinavica* 22: 387–395.
- Saitou, T (1979) Ecological study of social organization in the Great Tit, *Parus major* L III. Home range of the basic flocks and dominance relationship of the members in a basic flock. *Yamashina Institute for Ornithology* 11:149–171.
- Salewski, V, Hochachka, WM & Fiedler, W (2010) Global warming and Bergmann's rule – do central European passerines adjust their body size to rising temperatures? *Oecologia* 162: 247–260.
- Schluter, D & Smith, JNM (1986) Natural selection on beak and body size in the Song Sparrow. *Evolution* 40: 221–231.
- Smith, HG & Nilsson, JÅ (1987) Intraspecific variation in migratory pattern of a partial migrant, the Blue Tit (*Parus caeruleus*): An evaluation of different hypotheses. *The Auk* 104: 109–115.
- Snow, DW (1954) Trends in geographical variation in Palaearctic members of the genus *Parus*. *Evolution* 8: 19–28.
- Solonen, T, Lehtikoinen, A & Lammi, E (toim.) (2010) *Uudenmaan linnusto*. Helsingin seudun lintutieteellinen yhdistys *Tringa* ry. 509 s.
- Svensson, L (1997) *Euroopan varpuslinnut. Sukupuolen ja iän määrittäminen*. 4. p. Lintutieto Oy. Helsinki. 396 s.
- Svensson, S (2000) *Svensk fågelatlas*. Sveriges ornitologiska förening. Stockholm. 552 s.
- Tirri, IS: Sinitiaisen (*Parus caeruleus*) siivenpituuden muutos iän myötä. LuK-tutkielma. Turun yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Biologian laitos. *Julkaisematon*. 21 s.
- Ulfstrand, S, Alatalo, R, Carlson, A & Lundberg, A (1981) Habitat distribution and body size of the Great tit *Parus major*. *Ibis* 123: 494–499.
- Valkama, J, Vepsäläinen, V & Lehtikoinen, A (2011) *Suomen III Lintuatlas*. Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö. <<http://atlas3.lintuatlas.fi>> [21.10.2014]
- Väisänen, RA, Lammi, E & Koskimies, P (1998) *Muuttuva pesimälinnusto*. Otava, Helsinki. s. 408–409.

Väisänen, RA & Lehtikoinen, A (2013) Suomen maalinuston pesimäkannan vaihtelut vuosina 1975–2012. *Linnut-vuosikirja 2012*: 62–81.

Winkel, W & Frantzen, M (1991) Zur Populationsdynamik der Blaumeise (*Parus caeruleus*): Langfristige Studien bei Braunschweig. *Journal für Ornithologie* 132: 81–96.

Yom-Tov, Y, Yom.Tov, S, Wright, J, Thorne, CJR & Du Feu, R (2006) Recent changes in body weight and wing length among some British passerine birds. *Oikos* 112: 91–101.

Zeh, H, Schmidt, KH & Croon, B (1985) Gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede in der Ortstreue, Ansiedlung und Mortalität bei Blaumeisen (*Parus caeruleus*)? *Die Vogelwarte* 33: 131–134.