



WWF

RAPORTTI  
2016



# JÄÄHYVÄISET?

RAPORTTI ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSISTA  
SUOMEN ARKTISEEN ELÄINLAJISTOON

# SISÄLLYSLUETTELO

Esipuhe	4
Tiivistelmä	5
Johdanto	6
Taustaa ilmastonmuutoksesta	8
Muutokset elinympäristöissä	11
Naali	14
Ahma	16
Saimaannorppa	18
Tunturisopuli	20
Linnut	22
Kalat	25
Selkärangattomat	28
Barentsinmeri ja sen lajisto	30
Lähteet	32

WWF Suomen raportteja nro 35  
ISSN 1238-4186  
ISBN 978-952-5242-43-0  
2016

Julkaisija: WWF Suomi, Lintulahdenkatu 10, 00500 Helsinki, 09 774 0100

Kannen kuva: Naali © Andrew Astbury/shutterstock

Teksti: Laura Forsström

Toimituskunta: Joonas Fritze, Jari Luukkonen, Petteri Tolvanen, Sampsa Vilhunen

Graafit ja kuvitukset: Alexandra Antell

Taitto: Johanna Kulmalainen



Lamor Corporation on tukenut tämän julkaisun tekemistä.

# ESIPUHE

Ilmaston lämpeneminen koettelee arktisen alueen luontoa. Niinpä tämän ainutlaatuisen alueen ja sen lumesta ja jäästä riippuvaisten lajien suojeleminen on entistä tärkeämpää.

Kun puhutaan ilmastonmuutoksen vaikutuksista pohjoiseen luontoon, mieleen nousevat usein kuvat riutuvista jääkarhuista. Unohdamme, että myös Suomi on arktinen maa, ja monet lajeistamme ovat arktisia lajeja. Tässä raportissa tarkastellaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomessa esiintyviin lajeihin, jotka ovat tottuneet hyisiin oloihin.

Lämpenemisen seurauksena pohjoinen luonto on ahtaalla jo nyt, eli suojelutoimilla on kiire. Niinpä arktiset asiat tulevat olemaan tulevaisuudessa korkealla WWF:n prioriteettilistalla. Jotta voisimme turvata arktisten lajien säilymistä myös tulevaisuudessa, tulee ilmastonmuutoksen torjuntaan, arktisten alueiden suojelemaan sekä arktisen luonnon seurantaan ja tutkimukseen panostaa entistä voimakkaammin. Tämän eteen tulemme tekemään kaikkemme.

Raportin tekoa on auttanut suuresti Lamorilta saatu taloudellinen tuki. Siitä valtava kiitos!

Liisa Rohweder  
Pääsiihteri, WWF Suomi



© AKI-PEKKA SINIKOSKI / WWF

# TIIVISTELMÄ

Ilmaston lämpeneminen on yksi suurimmista maailmanlaajuisista kriiseistämme. Etenkin pohjoisessa ilmastonmuutoksen vaikutukset tuntuvat jo, sillä ilmasto lämpenee arktisella alueella kaksi kertaa nopeammin kuin maapallolla keskimäärin. Myös Suomen luonnossa on jo nähtävissä monia lämpenemisen merkkejä: vesistöjen jääpeiteajat ovat lyhentyneet, kasvillisuus on muuttunut ja metsänraja on siirtynyt pohjoisemmaksi ja korkeammalle. Pohjoisen eläimillä onkin jo kiire sopeutua muuttuviin olosuhteisiin ja uusiin, etelästä tuleviin kilpailijoihin. Monille lajeille ratkaisu on siirtyminen kohti pohjoista, mutta toisilla lajeilla pakeneemismahdollisuudet ovat rajalliset. Suomen uhanalaisin nisäkäs, naali, on maassamme enää satunnainen vierailija ketun vallatessa siltä elintilaa. Ahmaa ja saimaannorppaa uhkaavat pesimiseen soveltuvien lumikinosten katoaminen. Lohikalat kärsivät vesien lämpenemisestä, kun taas särkikalojen ennustetaan runsastuvan ja leviävän yhä pohjoisemmaksi. Huonoja esimerkkejä riittää – valitettavasti.

Ilmastonmuutoksen lisäksi moniin lajeihin kohdistuu muitakin suoria tai epäsuoria uhkia, kuten elinalueiden tuhoutumista, häirintää, laitonta pyyntiä tai pyydyksiin takertumista. Lajit eivät myöskään elä toisistaan erillään: esimerkiksi uudet kilpakumppanit voivat syrjäyttää lumesta ja jäästä riippuvaiset lajimme. Voi myös olla, ettei sopivaa ravintoa olekaan tarjolla poikasten selviytymisen kannalta kriittiseen aikaan, tai ilmastonmuutos tuo mukanaan monimutkaisia ekologisia vuoro-vaikutuksia, joiden seurauksia on vaikeaa, ellei mahdotonta, ennustaa.

Vaikka ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat hälyttäviä, voidaan ilmastokriisin ehkäisemiseen edelleen vaikuttaa. Aikaa vain ei ole hukattavaksi.



© GLOBAL WARMING IMAGES / WWF

# JOHDANTO

**ARKTINEN ALUE LÄMPENEE MUUTA MAAPALLOA NOPEAMMIN, MIKÄ TEKEE LAJIEN SOPEUTUMISESTA MONIN VERRON HAASTAVAMPAA.**

Maapallon pohjoisilla alueilla elävät kasvi- ja eläinlajit ovat sopeutuneet ainutlaatuisella tavalla kylmiin ja ankariin olosuhteisiin. Lajeilla on useita keinoja selviytyä Pohjolan pitkistä talvista. Siinä missä naali pysyy lämpimänä jopa 40 asteen pakkasella paksun turkkinsa ansiosta, kanalinnut hakevat suojaa kaivautumalla yöksi lumen alle. Myös lämmittävä rasvakerros, pienet korvat ja muut lyhyet ulokkeet, hengitysilman lämpötilan ja kosteuden säätely sekä ääreisverenkierron kontrollointi ovat toimivia tapoja pitää kylmyys loitolla.

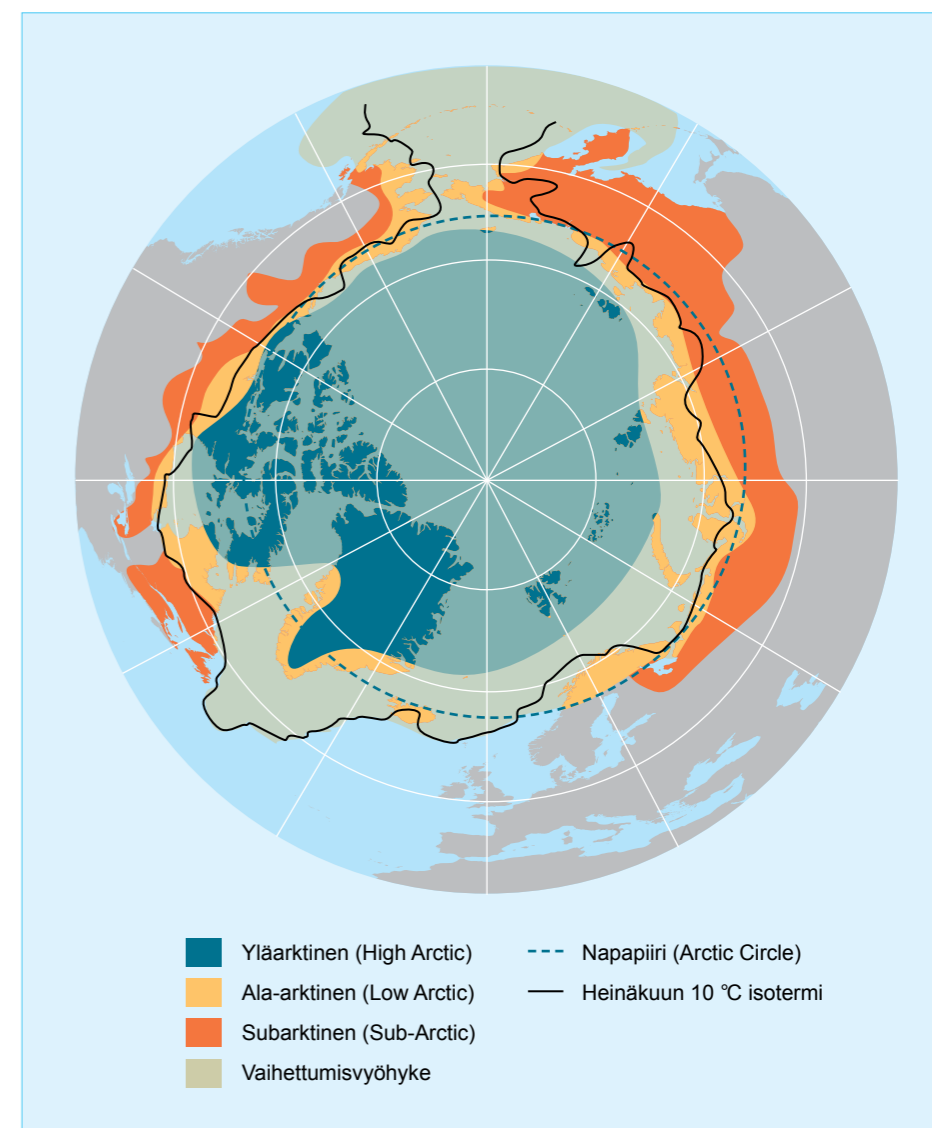
Arktiset lajit pärjäävät ihailtavasti hyytävässä olosuhteissa, mutta tulevaisuudessa niiltä vaaditaan sopeutumista toisenlaisiin, aina vain lämpimämpiin, oloihin. Arktinen alue lämpenee muuta maapalloa nopeammin, mikä tekee lajien sopeutumisesta monin verroin haastavampaa. Arktiset ekosysteemit ovat suhteellisen yksinkertaisia: ravintoverkot koostuvat vain muutamasta tasosta, ja kullakin tasolla lajien lukumäärä on muihin maapallon alueisiin verrattuna pieni. Tästä johtuen jokaisen lajin painoarvo koko ekosysteemin toiminnan kannalta on suuri, eivätkä yksittäiset lajit ole korvattavissa. Lajit eivät myöskään voi paeta loputtomasti pohjoisemmaksi tai korkeammalle tunturiin ilmastonmuutoksen edetessä.

Arktisen alueen lämpenemisen vaikutukset eivät rajoitu pelkästään alueen sisälle. Lumen, jään ja ikiroudan sulaminen vaikuttaa koko maapallon lämpötiloihin, ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksiin ja ilmajvirtoihin. Tämän lisäksi merijäiden sulaminen nostaisi merenpintaa ja saattaisi muuttaa esimerkiksi merivirtauksia.

Tämä tuoreimpaan tieteelliseen tutkimustietoon perustuva raportti keskittyy ilmastonmuutoksen vaikutuksiin Pohjolassa. Kansainvälisessä yhteistyössä Suomen arktisena alueena pidetään napapiirin pohjoispuolelle jäävää Lappia. Arktinen alue voidaan rajata myös esimerkiksi kasvillisuuden, ikiroudan tai lämpötilan perusteella. Raportissa tarkasteltavat lajit eivät välttämättä elä pelkästään Suomen, Ruotsin ja Norjan arktiseksi luokitelluilla alueilla, vaan mukaan on valittu esimerkinomaisesti muuallakin tavattavia lajeja, jotka ovat sopeutuneet elämään lumen ja jään keskellä ja joille ilmaston lämpeneminen on erityisen tuhoisaa.

Ilmastonmuutoksen myötä arktisten merialueiden, muun muassa Barentsinmeren, strateginen merkitys kasvaa. Rahtilaivaliikenne Koillisväylällä tulee luultavasti lisääntymään jäiden sulaessa, ja paine hyödyntää alueen energia- ja raaka-ainevarantoja kasvaa. Vaikka rannikkoyhteys meiltä puuttuukin, on Suomi ollut halukas hyötymään muuttuvasta tilanteesta taloudellisesti muun muassa tarjoamalla jäänmurto-osaamista yritysten käyttöön. Suunnitelmat ovat herättäneet myös huolta, minkä vuoksi raporttiin haluttiin sisällyttää lyhyt kuvaus ilmastonmuutoksen vaikutuksista tämän Suomelle läheisen merialueen luontoon.

Ilmaston lämpenemiseen liittyviin uhkakuviin on syytä suhtautua suurella vakavuudella. Lämpimiä jaksoja on esiintynyt maapallon historiassa aiemminkin, mutta lämpeneminen on tällöin ollut hitaampaa eikä siihen ole yhdistynyt muita



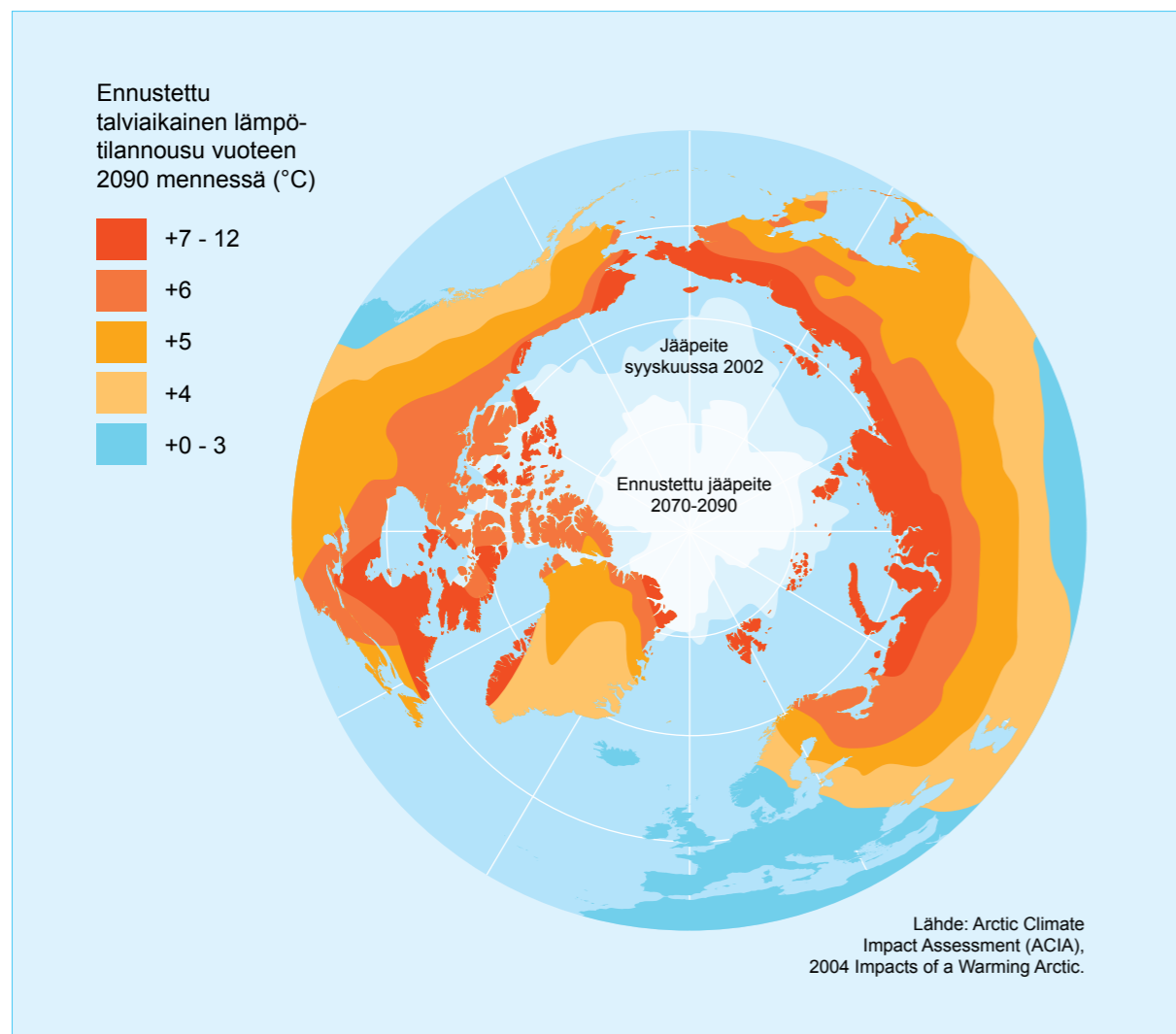
**Kuva 1:** Arktiselle alueelle on monta eri määritelmää. Kuvassa esitettynä usein käytetyt napapiiri ja heinäkuun lämpötila. Lähteet: AMAP, 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. AMAP, 1997. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. CAFF, 2001. Arctic Flora and Fauna: Status and Conservation.

haitallisia ilmiöitä, kuten kohonneita pienhiukkas- ja raskasmetallipitoisuuksia, painetta luonnonvarojen aiempaa tehokkaampaan hyödyntämiseen ja kasvavaa liikennöintiä. Ilmastonmuutos onkin yhä suurempi uhka sekä arktisen luonnon monimuotoisuuden että perinteisten elinkeinojen harjoittamisen kannalta.

# TAUSTAA ILMASTONMUUTOKSESTA

## Uusia lämpöennätyksiä

Maailman ilmatieteen järjestön WMO:n mukaan vuosi 2015 oli mittaushistorian lämpimin ja vuosien 2011 ja 2015 välinen ajanjakso lämpimin koskaan mitattu viisivuotiskausi<sup>1</sup>. Sama suuntaus näyttäisi jatkuvan myös vuonna 2016: muun muassa Huippuvuorilla tammi-helmikuu 2016 oli peräti kymmenen astetta normaalia lämpimämpi. Maapallon keskilämpötilaan vuonna 2015 vaikutti osaltaan Tyynen valtameren El Niño -ilmiö, mutta sen vaikutus Suomen sähän on vain vähäinen. Silti Suomessakin syksy ja erityisesti marras-joulukuu 2015 jää tilastoihin



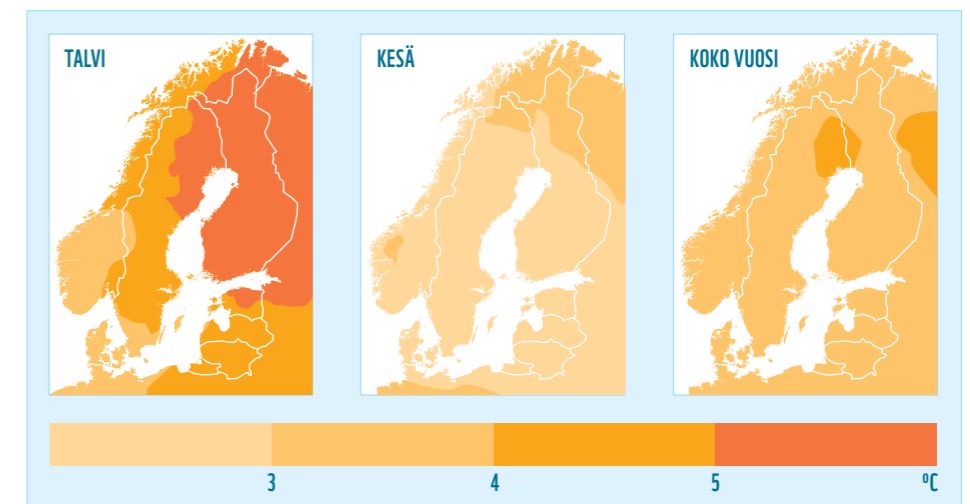
**Kuva 2:** Ilmaston ennustettu lämpeneminen, Arktisen merijään supistuminen sekä ikiroudan vetäytyminen vuoteen 2090 mennessä. Lähde: Arctic Climate Impact Assessment (ACIA), 2004 Impacts of a Warming Arctic.

poikkeuksellisen lauhana<sup>2</sup>. Uusi marraskuun lämpöennätys, 14,3 astetta, mitattiin marraskuun alussa Kemiön havaintoasemalla Varsinais-Suomessa. Joulukuun kaikkien aikojen lämpöennätys, 11,3 astetta mitattiin puolestaan Porin Kokemäellä 20. joulukuuta. Suomessa mitattu vuoden 2015 keskilämpötila, 4,2 astetta on lähes 2 astetta pitkän ajan keskiarvoa lämpimämpi. Viimeisen 15 vuoden aikana kaikkiaan kymmentä vuotta on luonnehdittu Suomessa ennätysellisen, harvinaisen tai poikkeuksellisen lämpimiksi, minkä lisäksi keskilämpötiloiltaan melko tavanomaiset vuodet 2004 ja 2010 sisälsivät nekin äärimmäisiä sääilmiöitä, kuten helle-ennätyksiä, rajuilmoja ja poikkeuksellisen rankkoja sateita.

Ilmasto lämpenee kaikkialla, mutta arktisella alueella lämpeneminen tapahtuu kaksi kertaa muuta maapalloa nopeammin<sup>3,4,5</sup>. Voimakkaimmin lämpeneminen näkyy loppusyksystä ja alkutalvesta<sup>4</sup>. Vuodenaikaisen vaihtelun lisäksi lämpenemisessä on myös alueellisia eroja Arktisen sisällä: Siperia lämpenee jopa neljä kertaa nopeammin kuin maapallo keskimäärin<sup>6</sup>. Arktisen alueen muuta maapalloa nopeampaa lämpenemistä (ns. arktinen vahvistuminen, *arctic amplification*) ei ole täysin osattu selittää, mutta nykytiedon valossa merkittävimpiä syitä ilmiölle ovat ilmahan eri osien lämpötilaeroihin ja auringon säteilyn heijastavuuteen liittyvät palautevaikutukset<sup>7</sup>. Myös arktisen merijään laajuuden on todettu vaikuttavan osaltaan tähän ilmiöön<sup>8</sup>.

**KASVUKAUSI ON PIDENTYNYT LAPIN POHJOISOSISSA 8-10 PÄIVÄLLÄ VIIMEISEN 50 VUODEN AIKANA.**

Suomessa vuoden keskilämpötila on kohonnut suurella todennäköisyydellä yli kahdella asteella 1850-luvulta tähän päivään<sup>9</sup>. Samaan aikaan maapallon keskilämpötila on kohonnut 0,8 astetta<sup>3</sup>. Enontekiön tunturialueet ovat lämmenneet keskimäärin 0,17 astetta vuodessa vuosien 1995 ja 2009 välillä, kaikkein voimakkaimmin huhti-toukokuussa ja marras-joulukuussa<sup>10</sup>. Kasvukausi on pidentynyt samalla alueella 8–10 päivällä viimeisen viidenkymmenen vuoden aikana<sup>11,12</sup>. Pohjois-Suomen osalta ilmaston ennustetaan lämpenevän kuudella asteella vuosisadan loppuun mennessä.<sup>13</sup>



**Kuva 3:** Ilmaston ennustetaan lämpenevän merkittävästi koko Fennoskandiassa vuosisadan loppuun mennessä. Voimakkainta lämpeneminen on talvella. Lähde: Swedish Regional Climate Modelling Programme (SWECLIM).

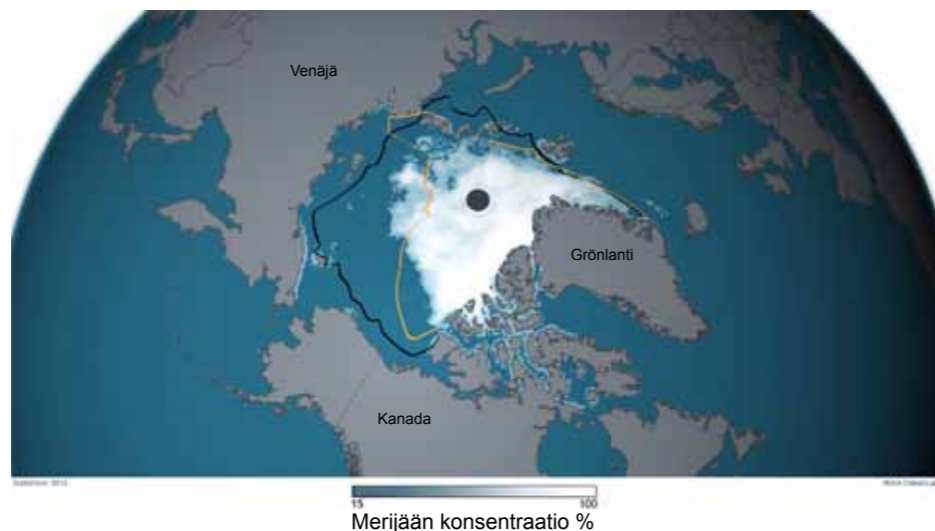
# MUUTOKSET ELINYMPÄRISTÖISSÄ

## Itämerellä vähemmän ankaria jäätalvia, arktinen merijää hupenee ennätysvauhtia

Monille arktisen alueen lajeille merijää on elinehto. Ilmastonmuutoksen myötä huomattava osa jääpeitteestä uhkaa kuitenkin huveta niin Itämerellä kuin Jäämerelläkin.

Itämeren jääpeitteen laajuudessa on suurta vuosien välistä vaihtelua. Kaikkein ankarimpina talvina, noin neljä kertaa vuosisadassa, koko Itämeri on peittynyt jäähän<sup>14</sup>. Vastaavasti ennätyskellisen huonona jäätalvena 2008 jää peitti vain reilun kymmenesosan Itämeren pinta-alasta. Leudoimpinakin talvina ainakin Perämeri on tähän mennessä kuitenkin aina jäänyt. Selvää trendiä Itämeren jääpeitteen laajuudessa ei ole mittaus historian – yli sadan vuoden – ajalta nähtävissä, mutta ankarat jäätalvet ovat käyneet hyvin harvinaisiksi 1980-luvun lopun jälkeen. Tulevaisuudessa Itämerelle ennustetaan yhä heikompia jääolosuhteita, mutta täysin jäättömiä talvia ei uusimpien mallien mukaan luultavasti nähdä vielä tällä vuosisadalla<sup>15</sup>.

Pohjoisen napa-alueen merijään laajuudessa on suurta vuosien välistä vaihtelua, mutta pitkän aikavälin satelliittihavainto-aineisto osoittaa monivuotisen merijään vähentyneen noin 13 prosenttia vuosikymmenessä vuodesta 1979 alkaen<sup>16</sup>. Ennätyskellisen pieni jääpeite mitattiin syyskuussa vuonna 2012, jolloin jäätä oli 3,4 miljoonaa neliökilometriä, eli vain noin puolet vuotta 2000 edeltävästä keskimääräisestä tasosta. Arktisen merijään sulaminen on ollut huomattavasti nopeampaa kuin mallit ovat ennustaneet, ja tällä hetkellä tutkijat arvioivatkin Jäämeren olevan kesäisin täysin sulaa jo paljon ennen kuluvan vuosisadan loppua.



**Kuva 4:** Arktisen merijään laajuudessa on huomattavaa vuosien välistä vaihtelua. Kuvassa arktinen merijääpeite pienimmillään, syyskuussa 2012. Keltainen viiva kuvaa aiempaa minimilaajuutta vuodelta 2007. Musta viiva kuvaa jääpeitteen mediaanilaajuutta syyskuussa vuosina 1979-2000. Lähde: Dan Pisut - NOAA Environmental Visualization Lab.

JÄÄMERI MUUTTUU  
KESÄISIN JÄÄTTÖMÄKSI  
JO PALJON ENNEN  
VUOSISADAN LOPPUA.



JÄÄKARHUUT © SCR PAUL NICKLEN NATIONAL GEOGRAPHIC/STOCK-WWF CANADA

Merijää on ainutlaatuinen ekosysteemi. Muun muassa tietyt levälajit ovat erikoistuneet elämään vain jään sisälle muodostuvissa runsassuolaisissa sulavesikanavissa tai kiinnittyneinä jään alapinnalle. Jäälevillä ja muilla jääkerroksessa elävillä eliöillä on tärkeä merkitys sekä Jäämeren että Itämeren talviaikaisessa ravintoverkossa<sup>17,18</sup>. Näiden eliöiden vuosirytmien muuttuminen ja tuotantohuipun aikaistuminen ilmastonmuutoksen myötä voi aiheuttaa ongelmia, sillä ravintoverkon ylemmillä tasoilla elämä perustuu oikea-aikaiseen ravinnonsaantiin eikä sopeutuminen uuteen rytmiin välttämättä onnistu<sup>19</sup>.

Merijääpeitteellä ja sen laajuudella on suuri merkitys myös monien lajien liikku-  
misen kannalta. Lajista riippuen merijääpeite voi olla tervetullut kulkureitti tai  
liikkumisen katkaiseva este, joten sen kutistumisella on lajista riippuen erilaisia  
vaikutuksia<sup>20</sup>. Jääpeite vaikuttaa eristäytyneiden populaatioiden ja perinnöllisen  
monimuotoisuuden, mutta myös erilaisten tautien ja taudinaiheuttajien, leviämi-  
seen. Jääpeitteen kutistuminen voi tuottaa myös uusia lajiristeymiä, muun muassa  
jääkarhu ja harmaakarhu saattavat lisääntyä keskenään muuttuvien olosuhteiden  
pakottaessa ne samalle elinalueelle<sup>21</sup>.

## Hiihto- ja pilkkikausi lyhenee, vesistöihin valuu lisää ravinteita

Talviaikaisen sademäärän ennustetaan kasvavan Pohjois-Euroopassa, mutta tämä ei  
valitettavasti tarkoita paksuja lumihankia: varsinkin leudoilla alueilla sade tulee ai-  
empaa useammin vetenä ja lumipeite sulaa nopeammin<sup>22</sup>. Tulevia talvia luonnehtivat  
toistuvat sulamis- ja jäätymisvaiheet, vesisateet ja jäisen kuorikerroksen muodostu-  
minen lumipeitteen päälle<sup>4</sup>. Lumipäivien määrän ennustetaan Pohjois-Euroopassa  
vähenevän keskimäärin 45–60 päivällä<sup>23</sup>. Enontekiön Lapissa vuotuinen pakkaspäi-  
vien määrä vähenee 2100-luvulle tultaessa lähes 25 prosentilla vuosien 1961–1990  
tasosta<sup>10</sup>. Tunturirinteiden alueet, joilla lumi viipyy pitkään, ovat tulevaisuudessa yhä  
harvinaisempi näky<sup>10</sup>, kuten myös kevähankien erikoisuus, lumen pinnan punaiseksi  
värjäävä lumilevä. Lisäksi näiden niin sanottujen lumenviipymäalueiden kasvillisuus  
muuttuu ja köyhtyy, muun muassa niiden sammalbiomassa ja -lajimäärä vähene-  
vät<sup>24,25</sup>. Monet lumenviipymistä riippuvaiset sammalat ovat jo nyt taantuneet<sup>26</sup>, ja  
sammalpatjojen katoaminen vaikuttaa haitallisesti esimerkiksi talviaikaisesta sam-  
malravinnosta riippuvaiseen tunturisorpuliin.

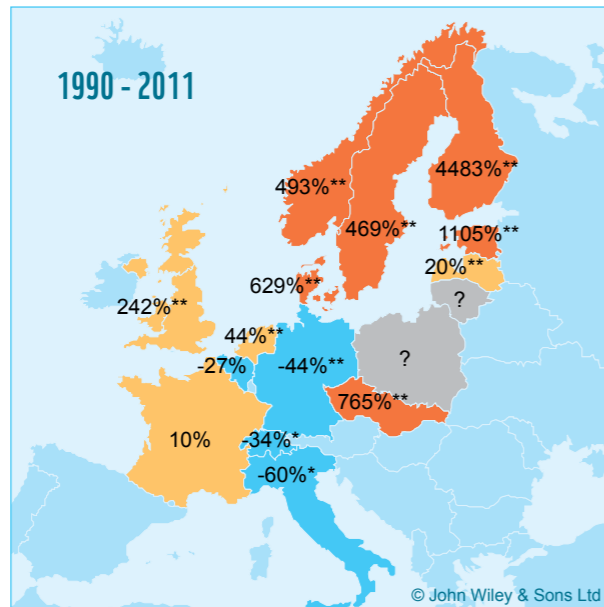
LUMIPÄIVÄT VÄHENEVÄT  
POHJOIS-EUROOPASSA  
45-60 PÄIVÄLLÄ.

Arktisille järville on ominaista hyvin pitkä jääpeiteaika. Maailman pohjoisimmat järvet ovat jään peitossa ympäri vuoden, ja Suomessakin jääpeiteaika voi kestää yli seitsemän kuukautta. Ilmaston lämpenemisen myötä jääpeiteajat lyhenevät ja vesi on entistä lämpimämpää. Pohjois-Euroopan järvet näyttäisivät lämpenevän nopeammin kuin maapallon järvet keskimäärin<sup>27</sup>. Järvissä ja niiden valuma-alueilla tapahtuvan lämpenemisen seurauksena karut tunturijärvet muuttuvat rehevämmiksi<sup>28</sup>. Kasviplanktonin runsastuessa myös eläinplanktonin määrä kasvaa. Tämä mahdollistaa kalojen runsastumisen, erityisesti jos muutokseen yhdistyy runsaslukuisten lämpimämmän veden lajien leviäminen pohjoisiin järviin. Kirkasvetisille ja karuille tunturijärville luonteenomaiset pohjalevyhteisöt ovat vaarassa kadota, mikä aiheuttaa muutoksia koko ravintoverkossa.

### Tunturipaljakat muuttuvat metsiksi, uusia lajeja muuttaa pohjoiseen

Ilmaston lämpeneminen siirtää metsänrajaa noin 100 metriä ylemmäs jokaista 0,6 asteen lämpötilan nousua kohden<sup>29</sup>. Tämä tarkoittaa, että Suomessa metsänraja nousisi ainakin 350 metriä ylemmäs vuosisadan loppuun mennessä. Ruotsissa on arvioitu metsänrajan nousevan tunturialueilla paikoin jopa 670 metriä nykyistä ylemmäksi<sup>30</sup>, jolloin puuton paljakkala-alue pienenee alle neljäsosaan nykyisestä. Suomessa tunturikoivikot ja -paljakat katoaisivat arvioiden mukaan lähes kokonaan<sup>31</sup>. Käsivarren kivikkoiset ja louhikkoiset alueet tosin säilyisivät myös jatkossa puuttomina, ja kasvipeitteisellä paljakallakin paikalliset tekijät vaikuttavat suuresti metsittymisnopeuteen.

Monet ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat jo nähtävissä Tunturi-Lapin luonnossa. Järvet ovat jäässä yhä lyhyemmän aikaa<sup>32,33</sup>, puut ovat hiirenkorvalla ja kukat kukkivat aiemmin kuin on totuttu<sup>34</sup>. Myös uudet lajit levittäytyvät kohti pohjoista: esimerkiksi Pohjois-Ruotsissa kasvilajien määrä on lisääntynyt paikoin jopa 50 prosenttia viimeisen sadan vuoden aikana<sup>35</sup>. Ilmastonmuutos ja siihen liittyvä lajien levinneisyysalueiden siirtyminen pohjoisemmaksi luo haasteita luonnonsuojelulle, sillä aikanaan perustetut suojelualueet eivät tulevaisuudessa välttämättä vastaa suojelun tarpeisiin parhaalla mahdollisella tavalla<sup>36</sup>. Esimerkiksi monien vesilintujen



**Kuva 5:** Uivelo on alkanut talvehtia yhä pohjoisempana. Kartta kuvaa uiveloiden talviaikaisessa runsaudessa tapahtunutta suhteellista muutosta vuosina 1990-2011. Lähde: Pavon-Jordan ym. 2015. Diversity and Distributions 1-12. Kuva uudelleenmuokattu John Wiley & Sons Ltd:n luvalla.

**METSÄNRAJA NOUSEE SUOMESSA AINAKIN 350 METRIÄ YLEMMÄKSI VUOSISADAN LOPPUUN MENNESSÄ.**

**MUUTTOLINTUJEN LISÄÄNTYMISKAUSI EI TULEVAISUUDESSA OSU RAVINNON SAATAVUUDEN KANNALTA PARHAASEEN AIKAAN, MIKÄ HUONONTAA POIKASTEN SELVIYTYMISMAHDOLLISUUKSIA.**



UIVELO © CLAIRE SPELLING

kuten **uivelon** (*Mergellus albellus*) talvehtimisalueet ovat siirtyneet aiempaa pohjoisemmaksi, eivätkä linnut välttämättä enää talvehdi niitä varten perustetuilla suojelualueilla<sup>37</sup>. Suojelemattomat alueet ovat luonnollisesti alttiimpia talvehtivia lintuja haittaavalle ihmistoiminnalle kuin suojellut alueet, joten suojelualueverkostoa tulisi kehittää ja täydentää vastaamaan muuttuneita olosuhteita.

Lajien levinneisyyden kannalta lämpötilalla on tärkeä merkitys, mutta levinneisyyteen vaikuttavat monet muutkin tekijät, esimerkiksi monimutkaiset vuorovaikutussuhteet kilpailijoiden, petojen, saaliseläinten ja ravintokasvien välillä. Selviytymiseen ei riitä pärjääminen tietyssä lämpötilassa, vaan myös ravinnoksi käytettävien eläinten tai kasvien on viihdyttävä samoissa olosuhteissa. Lajien vuosirytmii, esimerkiksi lisääntymisen tai muuton ajankohta, voi puolestaan riippua lämpötilan sijaan esimerkiksi lumen sulamisesta tai valon määrästä samaan tapaan kuin kevätaurinko houkuttelee meidät ikkunanpesuun. Ongelmia syntyy, kun ravintoverkon eri tasoilla reagoidaan muuttuviin oloihin eri tahdissa: esimerkiksi muuttolintujen lisääntymiskausi ei muuttuneissa ilmasto-olosuhteissa enää osu ravinnon saatavuuden kannalta parhaaseen aikaan, jolloin jälkeläisten selviytymismahdollisuudet huononevat<sup>38,39</sup>. Leudommat olosuhteet mahdollistavat monien lauhkean vyöhykkeen lajien leviämisen arktiselle alueelle, ja vaikka alkuperäiset lajit selviäisivätkin lämpenevässä ympäristössä, ne saattavat hävitä kilpailussa tulokaslajeille. Myös risteymät alkuperäis- ja tulokaslajien välillä lisääntyvät ilmastonmuutoksen myötä, mikä heikentää lajien perinnöllistä monimuotoisuutta<sup>40</sup>. Tulokkaita ovat myös erilaiset loiseläimet sekä muut taudinaiheuttajat, joiden kokonaisvaikutuksia on toistaiseksi vaikeaa ennustaa. Joidenkin tutkimusten mukaan arktisten eläinten arvellaan olevan erityisen herkkiä uusille loistartunnoille ja sairauksille<sup>41,42</sup>.

Ilmastonmuutos on suuri uhka erityisesti tunturiluonnolle sekä kylmiin ja lumisiin olosuhteisiin sopeutuneille arktisille eläinlajeille, sillä niillä ei ole useinkaan mahdollisuutta paeta muuttuvia olosuhteita enää yhtään pohjoisemmaksi tai ylemmäs. Myös eteläisemmät, jäästä ja lumesta riippuvaiset, lajit ovat haavoittuvaisia ilmaston lämpenemisen vaikutuksille. Muutoksen nopeus sekä useiden lajien, muun muassa saimaannorpan, kohdalla alentunut geneettinen monimuotoisuus tekee uusiin olosuhteisiin sopeutumisesta entistäkin vaikeampaa.

# NAALI



**Lukumäärä Suomessa:** yksittäisiä vaeltelevia yksilöitä, viimeisin varma pesintä vuonna 1996

**Uhanalaisuus:** Suomen uhanalaisin nisäkäslaji, äärimmäisen uhanalainen (CR), erityisesti suojeltava, rauhoitettu, luontodirektiivin liitteiden II ja IV laji, liitteen II priorisoitu laji

**Suurimmat uhat:** ilmaston lämpeneminen, ketun levittäytyminen naalin pesimäalueille

**Tärkeimmät suojelutoimet:** ilmastonmuutoksen torjunta, kettujen poisto pesimäalueilta, lisäruokinta

## Heikot myyrävuodet ja ketun tulo tunturiin ovat ajaneet naalin ahtaalle

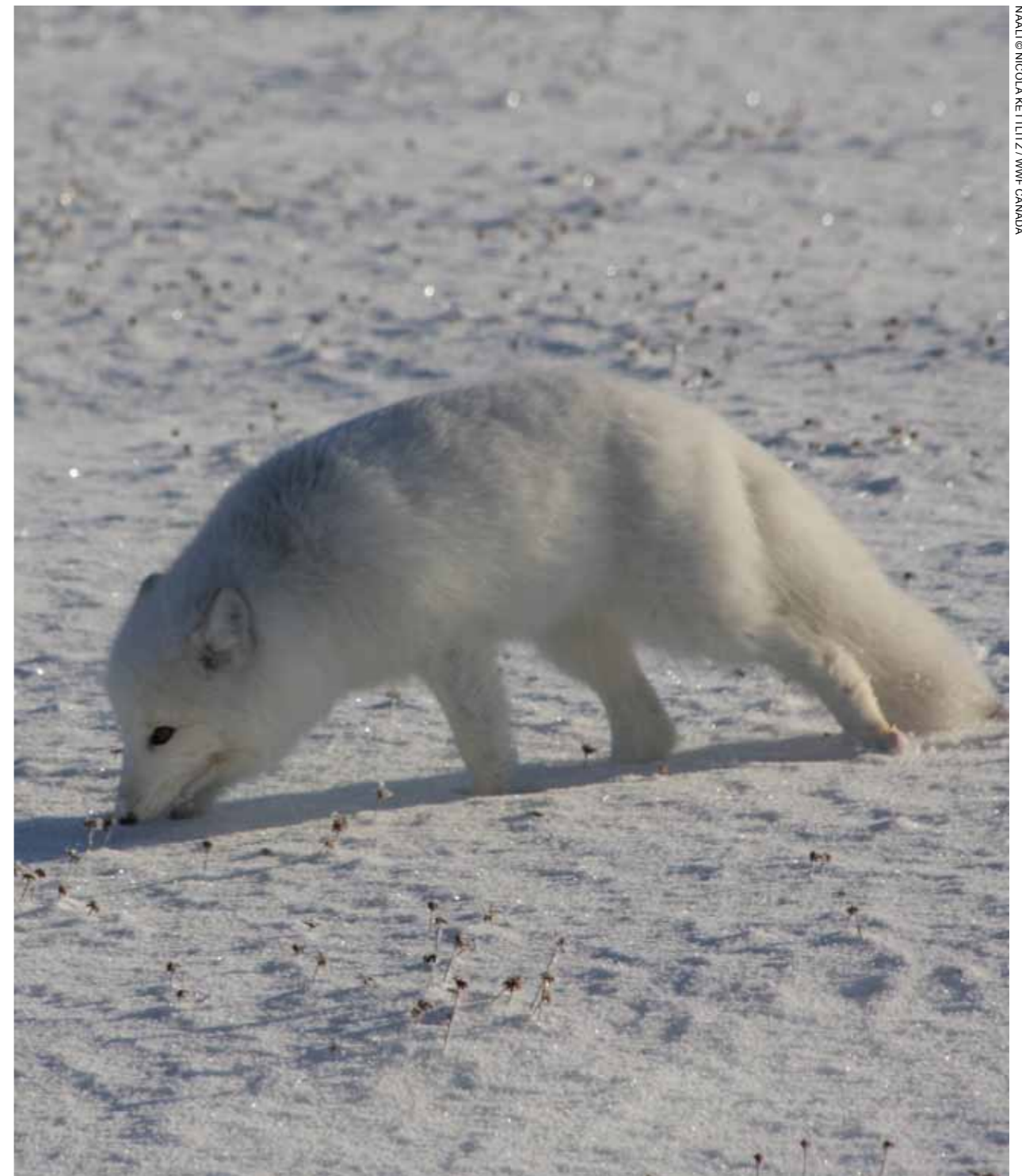
**Naali** (*Vulpes lagopus*) kuului pohjoisen Suomen nisäkäslajistoon melko runsaslukuisena vielä 1800-luvulla, mutta metsästys hävitti sen lähes kokonaan Pohjo-lasta 1900-luvun alkuun mennessä. Vaikka naali rauhoitettiin Suomessa vuonna 1940 ja muissa Pohjoismaissa tätäkin aiemmin, ei kanta enää elpynyt entiselleen. Viimeinen varma poikuehavainto Suomesta on vuodelta 1996<sup>43</sup>. Edelleen Suomessa tavataan muutamia naaleja vuosittain, mutta ne ovat luultavasti vain läpikul-kumatkalla naapurimaista. Kesällä 2016 havaittiin mahdollinen pesinnän yritys.

**Kettu** (*Vulpes vulpes*) levittäytyi tunturialueille viimeistään 1980-luvun lopulla, ja samaan aikaan naalikantamme romahti lopullisesti. Kettu syö samankaltaista ravintoa kuin naali, mutta isokokoisempaan se tarvitsee enemmän ruokaa eikä naalilla ole asiaa ketun kertaalleen valtaamille alueille<sup>44-48</sup>. Kettu pystyy myös valtaamaan naalin pesäkoloja sekä tappamaan poikasia ja jopa aikuisia naaleja. Ketun esiintymisalueen laajentumiseen on luultavasti monia syitä, jotka liittyvät paitsi ilmastoon myös ihmisen toimintaan. Ilmaston lämpenemisen on arveltu li-sänneen ketulle tarjolla olevan ravinnon määrää, mutta todisteita tästä on heikosti<sup>44-49</sup>. Lumipeitteen paksuus ja siihen liittyvä talviravinnon, erityisesti pikkunisäkkäiden, saatavuus säätelee osaltaan ketun levinneisyyden pohjoisrajaa. Apua on tullut myös ihmiseltä, sillä poronhoidossa yleistynyt talvilaidunnus tunturialueilla ja muu lisääntynyt toiminta pohjoisessa tarjoavat ketuille tarpeellista lisäravintoa myös runsaslumisina talvina<sup>48,50</sup>.

Syynä naalin vaikeuksiin pidetään paitsi ketun leviämistä naalin pesimäalueille myös muutoksia myyrä- ja sopolimäärissä<sup>47</sup>. Naali on valikoiva peto ja syö lähinnä pikkunisäkkäitä eli myyriä ja sopleita. Se on sopeutunut nimenomaan voimakkaasti vaihteleviin myyrä- ja sopolikantoihin: naali voi saada kerralla jopa 18 poikasta, mutta heikkoina myyrävuosina se ei lisääny lainkaan. Aiemmin säännön-mukaiset myyrien kannanvaihtelut eli myyräsyklit katosivat 1900-luvun lopulla, ja naaleille oli tarjolla pelkkiä laihoja vuosia. 2010-luvulla myyräsyklit vaikuttavat palanneen, mutta toistaiseksi ei voida arvioida kuinka pysyvästä ilmiöstä on kysymys.

## Suojelutoimet tuottaneet tulosta Norjassa ja Ruotsissa

Pohjoismaisen naalikannan seuraamiseksi ja pelastamiseksi on käynnistetty useita suojelutoimia. WWF Suomen naalityöryhmä toimi vuosina 1985–1998, ja tämän jälkeen suojelutyö jatkui pohjoismaisten EU-hankkeiden muodossa 1998–2008. Hankkeiden yhteydessä kokeiltiin lisäruokinnan ja ketunmetsästyksen vaikutuksia naalien pesimismenestykseen. Suojelutoimet yhdessä myyräsykliin paluun kanssa ovat saaneet naalikannat elpymään monilla Ruotsin ja Norjan tunturialueilla<sup>51</sup>. Siellä arvioidaan elävän tällä hetkellä neljä eristynyttä naalipopulaatiota, joissa on kussakin 10–50 aikuista yksilöä. Positiivinen kehitys naapurimaissa ei ole valitettavasti ainakaan toistaiseksi heijastunut Suomeen. Syynä tähän on luultavasti se, ettei meillä ole riittävän laajoja ja korkeita tunturiylänköjä, vaan kettu



NAALI © NICOLA KETTLITZ / WWF CANADA

pystyy pesimään koko naalin mahdollisella esiintymisalueella Suomessa. Tämän lisäksi metsästettynäkin kettukanta uusiutuu liian tehokkaasti, kun läheiseltä metsävyöhykkeeltä vaeltaa uusia yksilöitä avoimelle paljakalle. Vuonna 2009 kansainvälinen luonnonsuojeluliitto IUCN valitsi naalin yhdeksi lippulaivalajiksi ilmentämään erityisesti lajien väliseen vuorovaikutukseen, naalin tapauksessa naalin ja ketun yhteiseloon, liittyviä uhkia<sup>52</sup>.



# AHMA



**Lukumäärä Suomessa:**  
230–250 yksilöä, joista poronhoitoalueella noin 100, kanta poronhoitoalueen eteläpuolella hienoisessa nousussa

**Uhanalaisuus:**  
erittäin uhanalainen

**Suurimmat uhat:**  
laiton tappaminen ja häirintä, tulevaisuudessa ilmastomuutos

**Tärkeimmät suojelutoimet:** ihmisen ja ahman yhteiselon mahdollistaminen, uudenlainen petovahinkojen korvausjärjestelmä

**Ahma** (*Gulo gulo*) kuuluu pohjoisen pallonpuoliskon harvinaisimpiin ja vähiten tunnettuihin isoihin petoeläimiin. Pohjois-Suomessa ahman pääasiallista ravintoa on poro, Itä-Suomessa se on riippuvainen susien tappamista hirvistä. Lisäksi ahman ravintoon kuuluvat metsäjänis, pikkunisäkkäät sekä metsäkanalinnut<sup>53,54</sup>. Ahmakanta kasvaa hitaasti, koska naaras saa keskimäärin vain 2–3 pentua, ja aikuisista naaraista vain noin puolet lisääntyy vuosittain<sup>55,56</sup>.

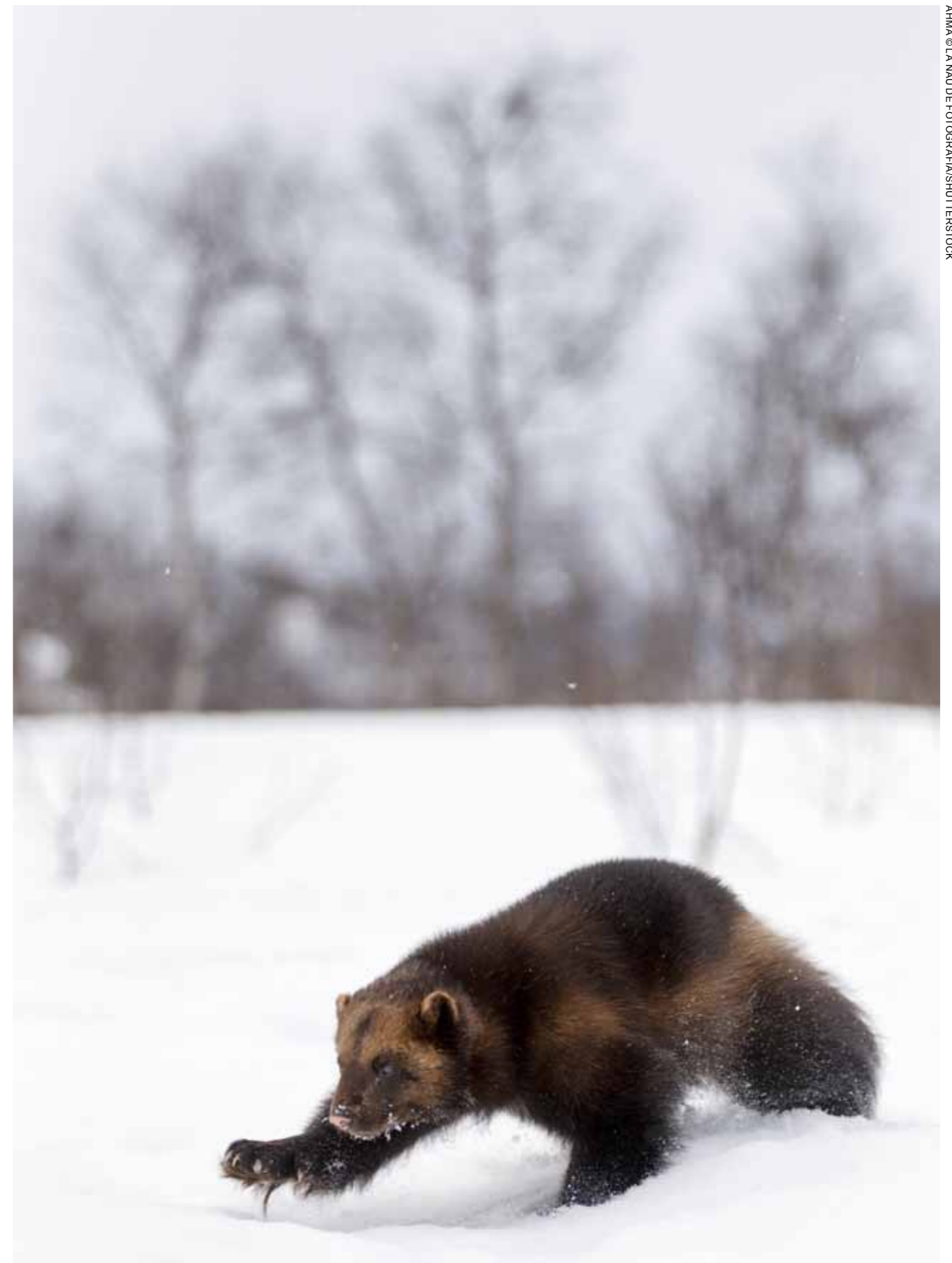
Fennoskandiassa elää tällä hetkellä noin 900 ahmaa, joista hieman yli puolet Ruotsin pohjoisosissa<sup>57</sup>. Norjassa kannan kooksi arvioitiin 340 yksilöä vuonna 2015<sup>58</sup>, ja Suomessa tuorein kanta-arvio vuodelta 2013 on 230–250 yksilöä<sup>59</sup>. Suomen ahmoista noin 100 elää poronhoitoalueella. Pohjoismainen ahmakanta on ollut 2000-luvulla kasvussa, mutta vuoden 2012 jälkeen suunta on kääntynyt laskuun<sup>56</sup>.

Norjassa ahmakanta on nykyisellään valtion asettamaa ”tavoitekantaa” (250 yksilöä) suurempi, ja sitä säädelään vuosittaisten pyyntilupakiintiöiden avulla. Vuotuiset pyynti- ja poistoluvat kattavat noin 15–20 prosenttia populaatiosta. Ruotsissa laillisia pyyntilupia myönnetään vain muutama vuodessa. Suomessa ahma rauhoitettiin poronhoitoalueen ulkopuolella vuonna 1978 ja koko maassa vuonna 1982, eikä pyynti- tai poistolupia nykyisellään myönnetä. Viimeisimmän uhanalaisuusluokituksen mukaan ahma on Suomessa erittäin uhanalainen laji<sup>60</sup>.

## Ahman uhkana ihminen ja vähenevä lumipeite

Ahma karttaa ihmistä, ja pitkään sen ajateltiin elelevän erämaa-alueilla nimenomaan välttääkseen ihmisasutusta. Nykyisin uskotaan, että ahman levinneisyys on enemmän kiinni pesimäkauden lumiolosuhteista<sup>61,62</sup>, sillä monien muiden pohjoisten eläinten tavoin myös ahma rakentaa pesänsä lumeen. Vaikka niiden elinpiiri on laaja, eivät ahmat juuri liiku pesimäkauden lumirajaa etelämpänä kauden ulkopuolellakaan<sup>62</sup>. Pohjoisen niukoissa ja epäsäännöllisissä ravintoolosuhteissa ruuan kätkemisellä on ahman selviytymisen kannalta tärkeä merkitys. Onkin esitetty, että ahma tarvitsee ”jääkaappilämpötiloja” pystyäkseen varastoimaan syömäkelpoista ruokaa<sup>63</sup>. Ilmastoennusteiden mukaan ahmalle suotuisia elinympäristöjä tulee jatkossakin Pohjolassa säilymään, mutta tulevaisuuden ahmapopulaatiot ovat yhä eristyneempiä, mikä johtaa geneettisen monimuotoisuuden rajuun vähenemiseen<sup>61</sup>. Lisäksi ilmastomuutos saattaa vähentää saatavilla olevaa ravintoa, vaikeuttaa ruuan varastointia sekä muuttaa lajien välisiä vuorovaikutussuhteita, kun eteläisemmät peto- ja saalisajit levittäytyvät pohjoiseen.

Poronhoitoalueella elävälle ahmalle ilmastomuutosta suurempi välitön uhka on laitton tappaminen ja häirintä, jonka on arvioitu aiheuttavan jopa 60 prosenttia aikuisten yksilöiden kuolleisuudesta<sup>64</sup>. Norjassa kannanhoidollisen metsästyksen on arvioitu olevan suurempaa kuin kanta kestäisi<sup>65</sup>. Myös Ruotsissa ahmakanta on viime vuosina pienentynyt, ainakin osin sen takia että Norjassa harjoitettava metsästys toimii ”nieluna” Ruotsin ahmakannalle<sup>66</sup>. Suomessa poronhoitoalueen eteläpuolella elävä ”metsäahmakanta” on viime vuosina ollut lievässä kasvussa, mutta pohjoisemmilla ahmoilla menee edelleen huonosti.



# SAIMAANNORPPA



**Lukumäärä Suomessa:**  
320, hienoisessa nousussa

**Uhanalaisuus:**  
erittäin uhanalainen

**Suurimmat uhat:** kalanpyydyksiin hukkuminen, pesinnän epäonnistuminen heikon jää- ja lumitilanteen vuoksi, pesimäaikainen häirintä

**Tärkeimmät suojelutoimet:** kalastuksen rajoittaminen, apukinosten teko, pesimäaikaisen häirinnän vähentäminen

Norpat ovat pienikokoisia arktisten alueiden hylkeitä. Kaikki norpat ovat riippuvaisia talvesta: ne lisääntyvät jään päällä ja hakevat lumikinoksista suojaa pesimäkaudella<sup>67</sup>. Suomessa elävät norpan alalajit, **saimaannorppa** (*Pusa hispida saimensis*) ja **itämerennorppa** (*P. h. botnica*), eriytyivät omiksi populaatioikseen 8 000–9 000 vuotta sitten. Molemmat norppamme ovat eristyneet arktisesta pääkannasta, eikä niillä ole ilmaston lämmetessä mahdollisuutta siirtyä pohjoiseen nykyiseltä esiintymisalueeltaan.

Erittäin uhanalainen saimaannorppa on yksi maailman harvinaisimmista hylkeistä, ja vastuu sen suojelusta on kokonaan suomalaisilla. Vielä 1900-luvun alussa Saimaalla eli arvioiden mukaan jopa 1 000 norppaa<sup>68</sup>, mutta 1980-luvulle tultaessa kanta oli romahtanut alle 150 yksilöön<sup>69</sup>. Tähän olivat syynä muun muassa metsästys, kalanpyydyksiin hukkuminen, saasteet sekä liian voimakkaat vedenpinnan vaihtelut norpan pesimäaikana. Saimaannorpasta maksettiin pyyntipalkkiota vuoteen 1948 asti, mutta vuonna 1955 laji rauhoitettiin lailla. Poikaskuolleisuuden vähentämiseksi Saimaan talviaikaista vedenkorkeutta on säännelty vuodesta 1991 lähtien<sup>70</sup>. Suojelutoimien ansiosta norppakanta on vahvistunut, ja nykyisin norppia arvioidaan olevan Saimaalla noin 360 yksilöä<sup>71</sup>. Saimaannorpan suojelustrategian<sup>69</sup> välitavoitteena on 400 hylkeen kanta vuonna 2025.

Saimaannorppa tulee lisääntymisikään myöhään, noin 4–6-vuotiaana<sup>68,72</sup>. Poikasia eli kuutteja syntyy Saimaalla nykyisellä kannan koolla vuosittain noin 65–70<sup>70</sup>. Norpat kaivavat pesäluolansa lumikinokseen jään alta. Norppaemo imettää ainokaista poikastaan hyvin pitkään, jopa 12 viikkoa<sup>73</sup>. Poikasten luontainen pesäkuolleisuus on normaaleina lumisina talvina noin 13–14 prosenttia, mutta se voi jopa tuplaantua lumitilanteen ollessa huono<sup>68,71</sup>. Vähäinen lumipeite lisää kuuttien todennäköisyyttä joutua alttiiksi ankarille sääoloille, pedoille ja ihmisen aiheuttamalle häirinnälle. Kettu kykenee todistettavasti tappamaan kaksi kertaa itsensä painoisen kuutin, minkä lisäksi koirat, ilves sekä suuret petolinnut saattavat uhata norpan poikasia<sup>71</sup>. Saimaannorppien poikaskuolleisuus on poikkeuksellisen suurta lähinnä kalaverkkoihin hukkumisen takia: lähes 70 prosenttia poikasista voi menehtyä ensimmäisen elinvuoden aikana<sup>68,74</sup>.

Ilmastonmuutos on jäästä riippuvaisille norpille yhä pahempi uhka. Saimaannorppa ei voi paeta ilmastonmuutosta siirtymällä pohjoisemmaksi toisin kuin monet merialueilla elävät hylkeet, ja koska saimaannorpan geneettinen monimuotoisuus on vähäistä, on sen kyky sopeutua muuttuviin ympäristöoloihin heikko<sup>75</sup>.

Myös Itämerellä ja arktisilla merialueilla eläville norpille ilmaston lämpeneminen on kohtalokasta: jääpeitteisen alueen supistumisen, jäänmuodostuksen viivästyminen ja riittämättömän lumipeitteen vuoksi arktisilla merialueilla elävien norppien elinalueiden on arvioitu kutistuvan lähes 70 prosenttia tällä vuosisadalla<sup>76</sup>.

Ilmastonmuutos aiheuttaa suorien vaikutusten lisäksi myös monia epäsuoria uhkia norpille. Tällaisia voivat olla muun muassa muutokset saaliskalojen määrässä ja laadussa, tautien ja loisten runsastuminen, ihmisvaikutuksen kasvu sekä lisääntynyt altistuminen saasteille. Ilmastonmuutoksen on ennustettu lisäävän elohopean pitoisuuksia ja vapautumista vesistöistä<sup>77</sup>. Elohopea aiheuttaa nisäkkäille monenlaisia lisääntymis-



SAIMAANNORPPAEMO JA KUUTTI © JUHA TASKINEN / WWF SUOMI

häiriöitä sekä hermovaurioita<sup>78</sup>, ja korkeita elohopeapitoisuuksia on arveltu osasyiksi hyljepopulaation jyrkkään laskuun Saimaalla 1900-luvulla<sup>79</sup>. Norppien elohopeapitoisuudet ovat laskeneet huomattavasti 1970-luvun tasosta, mutta tuoreen tutkimuksen mukaan erityisesti aikuisten naaraiden elohopeapitoisuudet ovat yhä suhteellisen korkeita, ja kuutit altistuvat raskaus- ja imetyksena haitallisen korkeille pitoisuuksille<sup>80</sup>.

Ilmastonmuutos ei ole saimaannorpan ainoa uhka: Hajanaisessa ja pienessä norppapopulaatiossa sopivan kumppanin löytyminen voi olla vaikeaa. Lisäksi erityisesti nuoret norpat kuolevat kalanpyydyksiin, ja vedenpinnan liiallinen vaihtelu aikaansaa kohtalokkaita pesäluolien romahtamisia<sup>68,74,81</sup>. Saimaannorpan geneettinen monimuotoisuus on alhaisin kaikista hylkeistä. Lisäksi populaation arvioidaan olevan liian pieni, jotta monimuotoisuus säilyisi tulevaisuudessa edes nykyisellä tasolla<sup>74</sup>. Tilanne ei kuitenkaan ole toivoton: norppakanta on ollut hienoisessa kasvussa, ja kalastusrajoituksia laajentamalla, ilmastonmuutosta torjumalla sekä apukinostointia kehittämällä norppia voidaan nähdä Saimaalla myös tulevaisuudessa.

## Apukinokset turvaavat norpan pesinnän huonoina talvina

Norppien pesinnän turvaamiseksi Itä-Suomen yliopisto toteutti osana kansallista ilmastonmuutoksen sopeuttamisohjelmaa (ISTO) vuosina 2010–2012 WWF:n taloudellisesti tukeman hankkeen, jossa selvitettiin ihmisen tekemien apukinosten soveltuvuutta saimaannorpan suojelukeinoksi vähälumisina talvina. Tämä kokeilu oli ensimmäinen laatuaan hylkeillä, ja tulokset olivat lupaavia. Norpat hyväksyivät ihmisten rakentamat kinospesät melko hyvin: tutkimushankkeen aikana yli puolet ihmisen tekemistä apukinoksista kelpasi norpalle pesäpaikaksi, vaikka tutkimusjaksolle ei osunut erityisen vähälumisia talvia<sup>82</sup>. Ensimmäinen poikanen apukinospesään syntyi vuonna 2011. Lisäksi ihmisten rakentamien kinosten avulla norppien pesintää voitiin ohjailta alueille, joilla ihmisen aiheuttama häiriö on vähäistä. WWF julkaisi vuonna 2014 apukinostyön tueksi oppaan, jossa annetaan käytännönläheiset ohjeet muun muassa työhön tarvittavasta kalustosta, sopivan paikan valinnasta sekä oikeaoppisen apukinoksen teosta<sup>81</sup>. Samana vuonna apukinoksia myös kolattiin ensimmäistä kertaa laajassa mitassa Saimaalla. Helmikuun alussa 2014 Saimaalle kolattiin Metsähallituksen johtamassa operaatiossa noin 240 apukinosta, ja työ tuotti tulosta: apukinoksiin syntyi peräti 90 prosenttia sen vuoden kuuteista<sup>71</sup>. Apukinoksia on kolattu myös seuraavina talvina. Ilmastonmuutoksen edetessä Saimaan alueelle on odotettavissa lumettomia talvia<sup>21</sup>, jolloin norppien onnistuneen pesinnän edellytyksenä olisivat täysin keinotekoiset, pysyvät pesärakenteet.

**VUONNA 2014 PERÄTI  
90% KUUTEISTA SYNTYI  
APUKINOKSIIN.**

# TUNTURISOPULI



**Lukumäärä Suomessa:**  
vaihtelee syklisesti

**Uhanalaisuus:**  
elinvoimainen

**Suurimmat uhat:** ilmas-  
tonmuutokseen liittyvä  
lumipeitteen heikentyminen

**Tärkeimmät suojelu-  
toimet:** ilmastomuutok-  
sen torjunta

Pieni kelta-musta **tunturisopuli** (*Lemmus lemmus*) on tunturiylänköjen asukas, ja Pohjolan ainoa endeeminen eli kotoperäinen nisäkäslaji. Tunturisopuli poikkeaa muista myyrälajeistamme paitsi ulkonäkönsä myös elintapojensa suhteen. Sopulien pääravintoa ovat lähes yksinomaan sammalet. Pitkän, jopa 10 kuukautta jatkuvan, talven aikana tunturisopulit ruokailevat ja lisääntyvät lumen alla. Huippuvuosina sopulit vaeltavat suurina joukkoina alas tunturien rinteiltä ja niitä on vaellusten aikana esiintynyt jopa Rovaniemellä saakka.

Voimakkaat sykliset kannanvaihtelut kuuluvat myyrien ja sopulien elämään. Huippuvuosia on Etelä-Suomessa noin kolmen ja Pohjois-Suomessa noin viiden vuoden välein. Heikkoina vuosina kanta romahtaa lähes olemattomiin. Pikkunisäkäskantojen syklisyys oli vaihtelevaa ja epäsäännöllistä 1980-luvulta 2000-luvun lopulle saakka, mutta viime vuosina syklisyys on jälleen ollut voimakasta ja säännöllistä. Voimakkaiden syklien palautumisen on arveltu liittyvän peräkkäisiin kylmiin ja runsaslumiisiin talviin 2009–10 ja 2010–11<sup>83</sup>. Tunturisopulipopulaatio ei Suomessa noudata muiden myyrien syklisyyttä vaan huippuvuosia on harvakseltaan: vuoden 1970 sopulivaelluksen jälkeen seuraavaa huippua saatiin odotella aina vuoteen 2011. Norjan ja Ruotsin suur tunturien alueella sopuleita esiintyy säännöllisemmin, koska siellä on enemmän laajoja, talvehtimiseen sopivia lumenviipymäalueita sekä riittävästi ravintoa läpi kesän.

Myyrien voimakkaalle kannanvaihteluille on tarjottu monenlaisia selityksiä. Esimerkiksi 1500-luvulla sopulien uskottiin syntyvän pilvissä ja satavan taivaalta myrskyjen ja rajuilmojen mukana alas. Sopulivaelluksia on verrattu kulkusirkkojen massaesiintymisiin, ja papit ovatkin mananneet ja rukoilleet pahan poistumista. Nykyisin yksi eniten tukea saaneista myyräsykleihin liittyvistä teorioista perustuu erikoistuneisiin petoihin, erityisesti lumikkoon<sup>84</sup>. Myyriä saalistavat pedot reagoivat myyrämääriin pienellä viiveellä. Kun myyrätiheys on suuri, pedot runsastuvat niin paljon, että ne syövät myyrät lähes loppuun. Seurauksena on pula ravinnosta, jolloin suuri osa pedoista kuolee, siirtyy muualle tai vaihtaa ravintokohdetta. Tämä tarjoaa pienelle myyräjoukolle mahdollisuuden voimakkaaseen lisääntymiseen, mikä johtaa jälleen petojen lisääntymiseen. Myyräsyklit ovat sidoksissa myös lintujen pesimämenestykseen: myyrien huippuvuosina kylläiset pedot jättävät linnunpoikaset rauhaan, mutta myyräkantojen romahdettua lintuihin kohdistuu huomattavan suuri saalistuspaine<sup>85,86</sup>. Myyräsykliä on havaittu viime aikoina heikentyneen koko Euroopan alueella, mikä on yhdistetty moniin suoriin tai epäsuoriin ilmastovaikutuksiin<sup>84,87</sup>.

## Tunturisopuli kaipaa kunnan lumitalvia

Tunturisopulien esiintymishuipun edellytyksenä on pitkä, kylmä ja luminen talvi – mielellään useampi peräkkäin. Sopulien uskotaankin olevan muita myyriä herkempiä paitsi saalistukselle<sup>88</sup> myös ilmaston lämpenemiselle<sup>89</sup>. Lumipeitteen laadulla on suuri merkitys: lumen ja maan rajapinta ei saa jäätyä, vaan lumen alla tulee olla vapaata tilaa syömiseen ja lisääntymispuuhiin. Talviaikaiset vesisateet ovat erityistä myrkyä sopuleille, sillä sadevedet valuvat maanpinnalle ja muodostavat jääkuoren, jonka alta sopulit eivät pääse syömään sammalta. Ruotsin tunturialueilla



TUNTURISOPULI © BMJSHUTTERSTOCK

lumipeitteen laatu on jo paikoin muuttunut sopulin kannalta heikompaan suuntaan, eli kovan ja jäisen lumen osuus on runsastunut voimakkaasti erityisesti maanpinnan tuntumassa<sup>90</sup>. Suotuisan talven lisäksi sopulit hyötyvät muiden myyrälajien samanaikaisesta runsaslukuisuudesta, mikä vähentää sopuleihin kohdistuvaa saalistuspainetta<sup>88</sup>. Sekä myyräsykliä että ankarien talvien on ennustettu harvinaistuvan Fennoskandian alueella, joten tulevaisuudessa tunturisopulien vaelluksia päästään todistamaan entistä harvemmin<sup>88,91</sup>.

# LINNUT

SUOMESSA PESIVIEN  
LINTULAJIEN ESIINTYMIS-  
ALUEET OVAT SIIRTYNEET  
KESKIMÄÄRIN 1,5 KM VUO-  
DESSA KOHTI POHJOISTA.

## Pohjoiset tunturiylänköjen linnut taantuneet, vesilinnut siirtyneet talvehtimaan Suomessa

Nisäkkäisiin ja kaloihin verrattuna lintujen on lentokykyisinä helppo etsiä suosuisampiin oloihin ympäristössä tapahtuvien muutosten myötä. Lintulajit hakevatkin uusia asemia lämpenevässä ilmastossa: niiden esiintymisalueet ovat siirtyneet keskimäärin puolitoista kilometriä vuodessa kohti pohjoista<sup>92</sup>. Suomessa lajimäärä tulee kasvamaan ilmastonmuutoksen myötä, kun uusia eteläisiä lajeja leviää maamme. Toisaalta pohjoiset lajit ovat joutumassa ahdinkoon ja niiden on jo nyt havaittu taantuneen<sup>93-96</sup>. Fennoskandiassa kylmempiä pakopaikkoja ei kovin pitkään riitä, sillä tuntureiden laet ja Jäämeri tulevat nopeasti vastaan. Pohjoiseen siirtymisen lisäksi linnut myös aikaistavat pesintäänsä. Arktisilla linnuilla pesintä on aikaistunut viime vuosikymmeninä noin puolen päivän vuosivauhtia, ja tämä on useimmissa tutkimuksissa liitetty aiempaa varhaisempaan lumien sulamiseen<sup>97-100</sup>. Ilmastonmuutoksella on vaikutusta myös lintujen kevät- ja syysmuuttojen ajankohtaan sekä talvehtimispaikan valintaan<sup>101,102</sup>.

## Miten käy tunturilintujen? Miten porot ja myyrät vaikuttavat lintujen runsauteen?

Arktisten lintujen tulevaisuus ei näytä hyvältä. Lajit vetäytyvät yhä pohjoisemmaksi ja muuttuvat elinalueillaan harvalukuisemmiksi<sup>95,103,104</sup>. Suomen avotuntureilla on jo nyt suhteessa enemmän uhanalaisia lintulajeja kuin koko maan lajistossa<sup>25</sup>. Tulevaisuudessa monien pohjoisten tunturiylänkölajien, kuten **kiirunan** (*Lagopus muta*), **tunturipöllön** (*Bubo scandiacus*), **tunturihaukan** (*Falco rusticolus*), **keräkurmitsan** (*Charadrius morinellus*) ja **pulmusein** (*Plectrophenax nivalis*), kannat ovat vaarassa heikentyä voimakkaasti tai kadota Suomesta sekä muista Pohjoismaista kokonaan<sup>95,103,105</sup>. Toistaiseksi muun muassa tunturipaljakkoilla viihtyvällä kiirunalla menee melko hyvin Suomessa, mutta laji on taantunut huomattavasti Ruotsissa ja Norjassa<sup>95</sup>. Suomessakin kiirunan uhanalaisuusluokitusta nostettiin tuoreimmassa arvioinnissa elinvoimaisesta silmälläpidettäväksi<sup>106</sup>. Äärimmäisen uhanalainen tunturipöllö pesii Suomessa vain satunnaisesti erittäin hyvinä myyrävuosina. Vuonna 2015 onnistuneita pesintöitä oli Suomessa varmuudella kaksi, pesinnän yrityksiä tai epävarmoja pesintöitä seitsemän<sup>107</sup>. Tunturipöllö käyttää ravintonaan lähes yksinomaan myyrää ja sopuleita, ja myyrähuippujen ennustettu harvinaistuminen<sup>84,86</sup> tekee tästä lumenvälkeasta pöllöstä meillä ja muissa pohjoismaissa entistä harvinaisemman vieraan.

Jos ilmastonmuutos ja siihen liittyvät muutokset muun muassa lintujen ravinnonsaannissa ovat arktisten lintujen taantumisen syynä, on ilmastonmuutoksen torjunta ainoa tehokas suojelutoimi levinneisyysmuutosten ja lajien häviämisen ehkäisemiseksi. Ilmastonmuutoksen lisäksi myös porojen liikalaidunnus ja sen aiheuttamat kasvillisuuspeitteen muutokset saattavat olla syynä joidenkin lintulajien taantumiseen. Esimerkiksi Pohjois-Norjassa on havaittu lintujen lajimäärän olevan voimakkaasti laidunnetuilla pajukkoalueilla alle puolet vastaavien ei-laidunnettujen alueiden lajimäärästä<sup>108</sup>. Myös myyräsykleillä on yhteys



KIIRUNA © DEBORAH GAINER / WWF US

lintukantoihin: petoeläimet käyttävät hyvinä pikkunisäkäs vuosina lintuja ravintonaan vähän, ja pesinnät onnistuvat hyvin. Heikkoina pikkunisäkäs vuosina petojen saalistus kohdistuu puolestaan voimakkaammin lintuihin ja muun muassa kana- ja vesilintujen pesinnät epäonnistuvat herkemmin<sup>85,109,110,111</sup>. Pitkällä tähtäimellä pikkunisäkkäiden huippuvuosien harvinaistuminen voi siis johtaa lintupopulaatioiden laskuun vaikka kyseinen laji ei itse käyttäisi pikkunisäkkäitä ravintonaan<sup>112,113</sup>.

## Vesilintujen talvikannat Suomen vastuulle

Vesilinnut ovat erityisen herkkiä ilmastovaihteluille<sup>114</sup>. Pohjois-Euroopassa pesivien vesilintujen syysmuutto on viime aikoina myöhästynyt ja yhä isompi osa niistä jää Suomeen talvehtimaan, oletettavasti ilmastomuutoksen vaikutuksesta<sup>101,115</sup>. Joidenkin Euroopassa pesivien kahlaajien<sup>116</sup> sekä vesilintujen talvehtivien populaatioiden levinneisyysrajat ja esiintymisen painopiste ovat siirtyneet voimakkaasti koilliseen. **Isokoskelon** (*Mergus merganser*), **telkän** (*Bucephala clangula*) ja **tukkasotkan** (*Aythya fuligula*) yhteenlasketut talviaikaiset yksilömäärät ovat kasvaneet Suomessa ja Ruotsissa yhteensä 140 000 yksilöllä viimeisen kolmen vuosikymmenen aikana<sup>117</sup>. Lähes vastaava populaatiokoon väheneminen on tapahtunut näiden lajien talvehtimisalueen lounaisosissa. Suomessa ja muilla Pohjoismailla tuleekin olemaan kasvava vastuu vesilintujen talvikannoista. Suomessa vesilintujen talvehtimisalueita ei ole suojelunäkökulmasta mietitty toistaiseksi juuri ollenkaan, ja suurin osa vesilinnuista talvehtiikin meillä suojelualueiden ulkopuolella<sup>36</sup>. Suomen liittyessä EU:hun vuonna 1995 EU:n lintudirektiivin perusteella rauhoitetut vesilintukohteet valittiin 1980- ja 1990-luvun alun lintutietojen perusteella ja nämä tiedot ovat auttamatta vanhentuneet. Suojelualueverkostoa tulisikin arvioida uudelleen ja kehittää nykyisten tietojen perusteella.

Ilmastomuutos tarkoittaa Suomessa myös lisääntyviä talvisateita, jolloin kosteikkoihin virtaa valuma-alueelta enemmän ravinteita. Monet lintujen pesinnän kannalta tärkeät kosteikot ovat jo nyt ylitäytymisen vuoksi huonossa kunnossa, ja ilmastomuutos pahentaa tilannetta entisestään<sup>118</sup>.

SUURIN OSA  
VESILINNUISTA  
TALVEHTII SUOMESSA  
SUOJELUALUEIDEN  
ULKOPUOLELLA.

LOHIKALAT SEKÄ MUUT  
KYLMIEN VESIEN KALAT  
TAANTUVAT JA VOIVAT  
HÄVITÄ KOKONAAN,  
MIKÄLI NIILLE EI LÖYDY  
RIITTÄVÄN VIILEÄÄ JA  
HAPEKASTA VETTÄ.

Kalat ovat vaihtolämpöisiä eläimiä, joten veden lämpötilalla on keskeinen merkitys niiden levinneisyyteen, aineenvaihduntaan ja elinkierron vaiheisiin. Kalat voidaan jakaa niiden suosimien lämpötilojen perusteella karkeasti lämpimän, viileän ja kylmän veden lajeihin<sup>119</sup>. Pohjoisen vesissä yleisimpiä kalalajeja ovat kylmän veden lajit, kuten **siika** (*Coregonus lavaretus*), **taimen** (*Salmo trutta*), **nieriä** (*Salvelinus alpinus*) ja **made** (*Lota lota*), sekä viileän veden lajit, kuten **ahven** (*Perca fluviatilis*), **hauki** (*Esox lucius*) ja **harjus** (*Thymallus thymallus*)<sup>120</sup>.

## Lämpenemisellä on sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia kaloille

Yleisesti kalojen aineenvaihdunta, yksilönkehitys ja kasvu nopeutuvat veden lämmetessä, mutta eri lajien ja elinvaiheiden välillä on eroja. Pohjoisilla alueilla kalat saavuttavat sukukypsyyden sitä nuorempina ja pienikokoisempina, mitä korkeampi veden lämpötila on<sup>121-123</sup>. Kohoava lämpötila aikaistaa kevätkutuihin (muun muassa ahven, hauki, **kiiski** (*Gymnocephalus cernuus*) ja **särki** (*Rutilus rutilus*)) viileän ja lämpimän veden kalojen kutua, mutta viivästyttää syyskutuihin (muun muassa ahven, hauki, **lohi** (*Salmo salar*) ja taimen) kutua ja lyhentää mädin kehitysaikaa. Kevätkutuihin kalojen runsaus on lisääntynyt viime vuosina muun muassa Inarissa ja Käsivarren Lapissa.

Vaikka lämpenemisellä on positiivisia vaikutuksia muun muassa tarjolla olevan ravinnon määrään sekä kalojen kasvuun, on liiallinen lämpeneminen (yli 3 °C) haitallista<sup>124</sup>. Lohikalajien osalta lämpeneminen lisää mätimunien tuhoutumista ja vastakuoriutuneiden poikasten kuolleisuutta. Myös talvilämpötiloilla, talvikauden pituudella ja jääpeiteajan kestolla on merkitystä: esimerkiksi Pohjois-Amerikan **kelta-ahvenet** (*Perca flavescens*) lisääntyvät selvästi heikommin lämpimän ja lyhyen talven jälkeen<sup>125</sup>. Pohjoisilla lohikalajilla tehtyjen kokeellisten tutkimusten mukaan talvisen jääkannen puute heikentää kalojen selviytymistä, koska jokivesissä jääkansi lisää olosuhteiden vakautta verrattuna avovesitilanteeseen<sup>126</sup>. Lyhentyneen talvikauden saattaa lisäksi johtaa siihen, että kalanpoikaset kuoriutuvat ravinnon saatavuuden kannalta epäsuotuisaan aikaan eli ennen eläinplanktonin runsastumista<sup>127</sup>.

## Lohikalat taantuvat, särkikalat runsastuvat

Ilmastomuutos aiheuttaa muutoksia kalalajien levinneisyyteen, runsaussuhteisiin, elinkierron vaiheisiin ja ravinnonkäyttöön. Kalojen kyky sopeutua ilmastomuutokseen vaihtelee lajikohtaisesti – esimerkiksi lohikalat sekä muut kylmien vesien kalat taantuvat ja voivat hävitä kokonaan, mikäli niille ei löydy riittävän viileää ja hapekasta vettä<sup>119</sup>. Vesien lämmetessä ja rehevöityessä eteläisemmille kaloille tarjoutuu puolestaan mahdollisuus levitä kohti pohjoista. **Muikku** (*Coregonus albula*) istutettiin 1960-luvulla Inarinjärveen<sup>128,129</sup>, mistä se on levinnyt pohjoisemmaksi Paatsjoen vesistöalueen alaosaan. Nykyisin se on tällä maailman pohjoisimmalla levinneisyysalueellaan kaikkein runsain ulapalla viihtyvä kala<sup>130,131</sup>. Muikun leviäminen uusiin vesistöihin on ollut ulappa-alueen siian kannalta tuhoisaa, sillä muikku on siikaa tehokkaampi

eläinplanktonin saalistaja<sup>129,132</sup>. Lisäksi muikku risteytyy siian kanssa<sup>133</sup>, ja tämä on pahimmillaan johtanut ulappa-alueen siikamuodon katoamiseen<sup>134</sup>. Vesien lämpeneminen todennäköisesti suosii muikkua siian kustannuksella entisestään, sillä siika viihtyy muikkua viileämissä vesissä ja on tätä heikompi lisääntyjä<sup>131,135,136</sup>. Myös kiiski, ahven, särki, **salakka** (*Alburnus alburnus*) ja **lahna** (*Abramis brama*) ovat laajentamassa elinalueitaan yhä pohjoisemmaksi, ja odotettavissa on kiristyvää kilpailua ravinnosta siian ja tulokaslajien välillä<sup>137-140</sup>. On kuitenkin huomattava, että sekä luontaiset että ihmisen rakentamat esteet kuten padot rajoittavat kalojen leviämistä, eivätkä tulokaslajit koskaan pysty valloittamaan kaikkia vesistöjä<sup>141</sup>. Samasta syystä myöskään alkuperäislajit eivät usein pysty siirtymään pohjoisemmaksi, vaan niiden on yritettävä sopeutua muuttuviin olosuhteisiin.

### Punakylkinen nieriä on kirkkaiden tunturijärvien valtiias

Nieriä on maailman pohjoisin ja monien tunturijärvien ainut kalalaji. Sille kelpaavat monenlaiset elinympäristöt: nieriä kykenee hyödyntämään järven eri osia ravintotilanteen, kilpailun tai saalistuksen mukaa<sup>142,143</sup>. Siian tavoin myös nieriästä saatetaan tavata samassa järvessä ulkoisesti hyvin erinäköisiä ja -kokoisia muotoja, jotka käyttävät erilaista ravintoa<sup>141,142,144</sup>. Tällainen erikoistuminen on kannattavaa, koska se mahdollistaa niukkojen ravintoresurssien mahdollisimman tehokkaan hyödyntämisen. Nieriä on taantunut lämpötilan kohoamisen myötä eri puolilla Eurooppaa, muun muassa Islannin Elliöavatn-järvessä<sup>145,146</sup>. Suomessa nieriän mahdollisuudet sopeutua pohjoisten järvien muuttuviin olosuhteisiin vaikuttavat rajallisilta, sillä sen geneettinen monimuotoisuus on verraten vähäinen ja eri järvien populaatiot ovat toisistaan eristyneitä<sup>147</sup>. Hauen ennustetaan vievän nieriältä huippupedon aseman ainakin sellaisissa järvissä, joissa molemmat lajit esiintyvät jo tällä hetkellä<sup>148,149</sup>. Hauen leviäminen yhdessä kohoavan lämpötilan kanssa uhkaa pienentää nieriän elinaluetta Ruotsissa merkittävästi<sup>140,150</sup>, ja saman voidaan olettaa tapahtuvan myös Suomessa.



NIERIÄ © JOHANNES SIPONEN

### Vaelluskalat päätyvät mereen liian aikaisin

Vaelluskalat altistuvat elämänsä aikana useiden eri elinympäristöjen muutoksille laajalla maantieteellisellä alueella. Suurin osa Pohjois-Atlantin ja Itämeren lohista elää poikasvaiheensa makeassa vedessä tai joessa, vaeltaa meriin syömään ja kasvamaan ja palaa muutaman meressä vietetyn vuoden jälkeen takaisin jokeen kutemaan<sup>151</sup>. Ilmastonmuutoksella on monenlaisia ja keskenään vastakkaisia vaikutuksia lohien elinkierron eri vaiheissa.

Lämpeneminen nopeuttaa mädin kehitystä. Tämä voi kuitenkin johtaa siihen, että kuoriutumishetkellä ravintoa on huonosti tarjolla. Lisäksi ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät talvitulvat voivat tuhota mätiä ja lisätä veden happamuutta. Toisaalta lämpimämpi vesi tarjoaa myöhemmissä kasvuvaiheissa enemmän ravintoa ja nopeuttaa poikasten kasvua joessa. Tämä saattaa kasvattaa pohjoisia lohikantoja, mutta vastakkaisetkin vaikutukset ovat mahdollisia: koska joet lämpenevät merialueita nopeammin, lähtevät vaelluspoikaset mereen liian aikaisin ja voivat päätyä jälleen ravintotilanteen kannalta epäsuotuisiin olosuhteisiin.

Laajassa, yhteensä 67 Pohjois-Atlantin jokea kattaneessa, tutkimuksessa havaittiin Pohjois-Atlantin lohien vaelluksen mereen aikaistuneen 2,5 päivää vuosikymmenessä<sup>152</sup>. Toisaalta lämpimän veden ja matalan vedenpinnan vuoksi nousu takaisin jokiin viivästyy, ja lohet altistuvat aiempaa enemmän taudeille. Lohen kyvystä sopeutua ilmastonmuutokseen ei ole toistaiseksi riittävästi tietoa, ja lohienkalastuksen ohjauksessa tulisikin noudattaa riittävää varovaisuutta, jotta paikalliset lohikannat voisivat säilyä elinkelpoisina ympäristöolosuhteiden muuttuessa<sup>153</sup>. Suomessa yli 90 prosenttia lohikannoista on jo menetetty jokien patoamisen seurauksena<sup>154</sup>.

POHJOIS-ATLANTIN LOHIEN  
VAELLUS MEREEN ON  
AIKAISTUNUT 2,5 PÄIVÄÄ  
VUOSIKYMMENESSÄ.

# SELKÄRANGATTOMAT

Hyönteisillä ja muilla selkärangattomilla eläimillä on keskeinen merkitys paitsi suoraan osana arktisia ravintoverkkoja myös muun muassa ravinteiden kiertossa, pölytyksessä, hajotustoiminnassa ja loislajeina. Arktisten selkärangattomien osalta tutkimustieto on erityisen puutteellista ja hajanaista, mutta joitakin ilmastonmuutoksen vaikutuksia on jo nähtävissä myös hyönteismaailmassa. Arktisiin olosuhteisiin sopeutuneet hyönteislajit kärsivät ja taantuvat siinä missä isommat selkärangattomatkin: lämpeneminen on liitetty muun muassa arktisten perhoslajien aiempaa pienempään kokoon ja heikentyneeseen leviämiskykyyn<sup>155</sup>. Alkuperäiskansojen havainnot puolestaan viittaavat huomattaviin muutoksiin, kuten kokonaan uusien hyönteislajien ilmaantumiseen sekä perinteisten lainalaisuuksien murtumiseen – esimerkiksi mäkäräiset ovat paikoin runsastuneet ennen hyttysiä<sup>156</sup>. Tulevaisuudessa halla- ja tunturimittarituhot lisääntyvät ja ulottuvat entistä pohjoisemmaksi<sup>157</sup>, ja luultavasti kokonaan uusiakin tuholaisia on odotettavissa.

## Puutiaiset runsastuvat ja leviävät yhä pohjoisemmaksi

**Punkit** eli puutiaiset ovat viime aikoina runsastuneet voimakkaasti sekä Suomessa että muualla Euroopassa. Suomessa tavataan kahta ihmiselle haitallista punkkilajia: tavallista puutiaista (*Ixodes ricinus*) ja taigapunkkia (*I. persulcatus*). Molemmat lajit levittävät borrelioosia ja puutiaisaivokuumeita ja niiden isäntäeläimetkin, eli luonnonvaraiset nisäkkäät, lemmikki- ja kotieläimet sekä ihminen, ovat samat. *Borrelia*-bakteerit ja puutiaisaivokuumevirukset lisääntyvät erityisesti myyrissä ja muissa pikkunisäkkäissä, mutta kauriit ja muut isot nisäkkäät vaikuttavat punkkien runsauteen, sillä ne levittävät punkkeja tehokkaasti uusille alueille ja tarjoavat naaraille riittävän suuren veriaterian runsaan munamäärän tuottamiseen<sup>158</sup>.

Pohjoisin havainto puutiaisaivokuumeesta Suomessa ja samalla koko maailmassa on Perämeren rannikolla sijaitsevasta Simon kunnasta<sup>159</sup>. Leudommat talvet ja lisääntynyt sadanta johtavat luultavasti punkkien leviämiseen ja runsastumiseen yhä pohjoisempana<sup>160</sup>.

## Tunturijärvien pienet äyriäiset

Suomen tunturijärvissä uiskentelee muutamia selkärangattomia lajeja, jotka ovat sopeutuneet kylmiin, vähäravinteisiin vesiin eikä niitä tavata meillä missään muualla. **Lehtijalkaiset** ovat muutaman senttimetrin mittaisia äyriäisiä, jotka viettävät aikaansa uiden rauhallisesti selällään, keskiruumiissa oleva lehtijalkarivistö rytmikkäästi aaltoillen. Suomesta on löydetty kaksi lehtijalkaislajia, *Polyartemia forcipata* ja *Branchinecta paludosa*. Näistä ainakin *B. paludosa* näyttäisi selviävän ainoastaan alle 13 asteisessa vedessä<sup>161</sup>. **Kilpikidusjalkaiset** (*Lepidurus arcticus*) ovat puolestaan ulkoisesti hiukan sammakon nuijapäitä muistuttavia, viileiden puurajan yläpuolisten vesien eläviä fossiileja, jotka ovat säilyneet muuttumattomina 250 miljoonaa vuotta<sup>162</sup>. Koska nämä pienvesien selkärangattomat äyriäiset ovat hyvin herkkiä monille ympäristötekijöiden muutoksille, on niillä tärkeä rooli paitsi osana ravintoverkkoa myös niin sanottuina



LEHTIJALKAINEN © MILLA RAUTIO

ilmentäjälajeina. Lehtijalkaisia on verrattu kaivoksissa aikoinaan käytettyihin kanarialintuihin, jotka toimivat varhaisina varoitusmerkkeinä muuttuvista olosuhteista<sup>160</sup>. Norjassa lehtijalkaisten esiintymisalueen on jo todettu kutistuneen ja esiintymisen alaraja on kivunnut neljäskymmenessä vuodessa tunturirinnettä noin 200 metriä ylöspäin<sup>160</sup>. Suomessa kattavia tutkimuksia ei ole toistaiseksi tehty.

MAAILMAN POHJOISIN  
PUUTIAISAIVOKUUME-  
HAVAINTO ON TEHTY SIMON  
KUNNASTA PERÄMEREN  
RANNIKOLTA.

# BARENTSINMERI JA SEN LAJISTO

BARENTSINMEREN KESÄ-  
KAUSI ON PIDENTYNYT  
20 VIIKOLLA VIIMEISEN  
30 VUODEN AIKANA.

Barentsinmeri on Suomea lähin arktinen meri, lähimmillään etäisyyttä Suomen rajalta Varanginvuonon rantaan on alle 30 kilometriä. Barentsinmeri on Pohjoiseen Jäämereen kuuluva, noin 1,4 miljoonan neliökilometrin mannerjalustalla sijaitseva merialue, joka rajautuu idässä Franz Josefin maahan, pohjoisessa Huippuvuoriin ja lännessä Norjanmereen. Barentsinmeri on perinteisesti ollut tärkeä valaanpyynti- ja kalastusalue, ja suuri kalastuspaine yhdessä kalakantojen luontaisten vaihteluiden kanssa on johtanut useisiin kannanromahduksiin viime vuosikymmeninä. Barentsinmeren lämpötila on kohonnut 1970-luvulta lähtien, erityisen voimakkaasti 1990-luvun puolivälistä<sup>163</sup>. Lämpeneminen on muun muassa pidentänyt kesäkautta 20 viikolla viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana ja johtanut vuotuisen kasviplanktonmaksimin aikaistumiseen 50 päivällä<sup>164,165</sup>. Lisäksi monet lajienväliset riippuvuussuhteet ovat katkenneet tai muuttuneet<sup>162</sup>.

**Kalasto.** Barentsinmeren kalaston tärkeimmät lajit ovat **villakuore** (*Mallotus villosus*), **jäämerenseiti** (*Boreogadus saida*), **turska** (*Gadus morhua*), **kolja** (*Melanogrammys aeglefinus*) ja **silli** (*Clupea harengus*). Eri kalalajien runsaudessa on suurta vuosittaista vaihtelua, joka liittyy paitsi kalastuspaineeseen ja lajien väliseen vuorovaikutukseen myös polaaririntaman eli kylmän ja lämpimän meriveden kohtaamisalueen sijaintiin.

**Linnut.** Barentsinmerellä sijaitsevat, pääosin ruokki- ja loppilinnuista koostuvat, lintuyhdyskunnat kuuluvat maailman suurimpiin<sup>166</sup>. Linnuilla on suuri merkitys alueen kalakannoille, sillä on arveltu, että alueen 20 miljoonaa merilintua kuluttavat noin 1,2 miljoonaa tonnia meribiomassaa vuosittain<sup>167</sup>.

**Valaat.** Merinisäkkäistä Barentsinmerellä tavataan säännöllisesti seitsemää hyljelajia, 12 valaslajia sekä viittä pyöriäis- ja delfinilajia. Osa lajeista lisääntyy muualla ja ainoastaan ruokailee Barentsinmerellä, osa elää alueella pysyvästi. Valaslajeista Koillis-Atlantilla runsaslukuisimpia ovat lahtivalaat (*Balaenoptera acutorostrata*), sillivalaat (*Balaenoptera physalus*) ja ryhävalaat (*Megaptera novaeangliae*). Myös maitovalaita (*Delphinapterus leucas*) ja grönlanninvalaita (*Baleana mysticetus*) esiintyy säännöllisesti alueella. Hylkeistä grönlanninhylje (*Pagophilus groenlandicus*) on yleisin. Barentsinmeren-Huippuvuorten grönlanninvalaspopulaation on arveltu olleen kaikkein suurin maailman neljästä osapopulaatiosta ennen kaupallisen valaanpyynnin aloittamista, mutta nykyisin se on äärimmäisen uhanalainen. Valaanpyyntiä tai muuta haitallista toimintaa ei ole harjoitettu alueella viimeisen vuosisadan aikana, mutta populaatio ei ole oleellisesti elpynyt<sup>168</sup>. Arvioiden mukaan alueella elää nykyisin korkeintaan 50–120 grönlanninvalasta<sup>169</sup>.

**Jääkarhu** (*Ursus maritimus*). Barentsinmeren jääkarhupopulaation tuorein kanta-arvio, 2 650 karhua, on vuodelta 2004<sup>170</sup>. Norjan alueella vuonna 2015 toteutettu jääkarhulaskenta antaa viitteitä siitä, että Barentsinmeren kanta olisi kasvussa<sup>171</sup>, mutta toisaalta heikkojen jääolosuhteiden on raportoitu vähentäneen pesintää alueella viime vuosina<sup>172</sup>.

## Odotettavissa lajistomuutoksia ja lisääntyvää liikennettä

Ilmaston lämpenemisen aiheuttama jääpeitealueen pieneneminen, jään haurastuminen sekä alueiden välisten yhteyksien katkeaminen on vakava uhka kaikille jäästä riippuvaisille lajeille, kuten jääkarhulle, mursuille ja hylkeille. Suorien ilmastovaihteluiden lisäksi myös muutokset saaliseläinten määrässä, ympäristömyrkyt sekä lisääntynyt ihmistoiminta eläinten elinalueilla heikentävät niiden selviytymismahdollisuuksia. Meriveden lämpeneminen ja jääolosuhteiden heikkeneminen mahdollistavat boreaalisten lajien leviämisen Barentsinmerelle sekä joidenkin nykyisten lajien runsastumisen.

Todennäköisesti lämpenemisestä hyötyviä lajeja ovat muun muassa turska, lahtivalas, villakuore ja silli. Vastaavasti esimerkiksi pohjankatkaravun ennustetaan kärsivän<sup>173</sup>. Lajien lisääntymis- ja elinalueet luultavasti muuttuvat, ja ylempien ravintoverkon tasojen perustana oleva levätuotanto voi laskea. Eläinplankton- ja äyriäislajistossa tapahtuvat muutokset saattavat johtaa ravintoarvoltaan ja energiapitoisuudeltaan heikompien lajien runsastumiseen<sup>171,174</sup>, mikä voi olla kohtalokasta alueen linnuille ja merinisäkkäille<sup>175</sup>.

Lintuihin ilmastonmuutos vaikuttaa myös epäsuorasti: merijään sulaessa yhä aiemmin keväällä joutuvat jääkarhut etsimään ravintoaan kuivalta maalta ja voivat rosvoja jopa 90 prosenttia muun muassa valkoposkihanhiin, haahkojen sekä isolokkien pesistä<sup>176</sup>. Monimutkaisten vuorovaikutusten vuoksi ilmastonmuutoksen vaikutuksia alueen eläimistöille on kuitenkin lähes mahdotonta ennustaa.

Ilmastonmuutoksen ohella suuri uhka alueen eläimistöille muodostuu öljy- ja kaasuteollisuudesta. Ankarat olosuhteet ja yksinkertainen, vähälajinen ravintoverkko tekevät Barentsinmeren ekosysteemistä erityisen haavoittuvasen mahdollisen öljyonnettomuuden suhteen. Öljykuljetusten ja muun rahtiliikenteen ennustetaan lisääntyvän alueella ilmaston lämmetessä, ja samalla onnettomuusriski, meluhaitat ja muu häirintä kasvavat.

**El Niño** = 3-7 vuoden välein esiintyvä sääilmiö, joka aiheutuu Tyynellämerellä tapahtuvista ilmapaineen muutoksista. Heikentynyt ilmapaineen ero valtameren itä- ja länsiosien välillä heikentää ilmavirtauksia ja johtaa muutoksiin meren pintalämpötiloissa. El Niñon vallitessa Tyynenmeren itäosissa sataa tavallista enemmän, kun taas Indonesian ja Australian alueella on normaalia kuivempaa.

**Palautevaikutus (palauteilmiö, palautekytkentä)** = Ilmaston lämpenemiseen liittyvät, ilmiötä vahvistavat vaikutukset. Esimerkiksi ilmaston lämmetessä jää- ja lumipeitteisen maan pinta-ala pienenee. Paljas maa heijastaa huomattavasti vähemmän auringon säteilyä lumeen verrattuna, jolloin suurempi osa säteilystä imeytyy ja lämmittää maan pintaa, voimistaen ilmaston lämpenemistä edelleen. Sama ilmiö vaikuttaa myös merialueilla.

**Fennoskandia** = Maantieteellinen alue, johon sisältyy Skandinavian niemimaa, Suomi, Itä-Karjala ja Kuolan niemimaa.

**Arktinen vahvistuminen, arctic amplification** = Arktisten alueiden muuta maapalloa voimakkaampi lämpeneminen.

**Tulokaslaji** = Alkuperäiseen lajistoon kuulumaan, parin viime vuosisadan aikana Suomeen itse levinnyt eliölaji. Esimerkiksi lämpimien ajanjaksojen myötä luontaisesti elinalueitaan lähialueilta laajentava laji.

**Endeeminen** = Eliölaji tai alalaji, joka esiintyy vain tietyllä, suhteellisen rajatulla maantieteellisellä alueella, jolla se on myös kehittynyt omaksi lajiksi.

**Populaatio** = Samaan lajiin samanaikaisesti samalla alueella kuuluvien yksilöiden joukko.



# LÄHTEET

- 1 WMO 2016: Press Release N° 2. 2015 is hottest year on record. <https://www.wmo.int/media/content/2015-hottest-year-record>
- 2 Ilmatieteenlaitos 2016, vuositilastot. <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot>
- 3 IPCC2014: Climate Change 2014. Synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core writing team, Pachauri, R.K. & Meyer, L.A. (toim.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151s.
- 4 AMAP 2011: Snow, water, ice and permafrost in the Arctic (SWIPA): climate change and the cryosphere. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo, Norway. xii + 583 s.
- 5 ACIA 2014: Impacts of a warming arctic: Arctic Climate Impact Assessment. ACIA Overview report. Cambridge University Press. 140 s.
- 6 Mokhov, I.I. 2008: Possible regional consequences of global climate changes. Russian Journal of Earth Sciences 10, ES6005. doi:10.2205/2007ES000228.
- 7 Pithan, F. & Mauritsen, T. 2014: Arctic amplification dominated by temperature feedbacks in contemporary climate models. Nature Geoscience. doi: 10.1038/NGEO2071.
- 8 Screen, J.A. & Simmonds, I. 2010: The central role of diminishing sea ice in recent Arctic temperature amplification. Nature 464. doi:10.1038/nature09051.
- 9 Mikkonen, S., Laine, M., Mäkelä, H.M., Gregow, H., Tuomenvirta, H., Lahtinen, M. & Laaksonen, A. 2015: Trends in the average temperature in Finland, 1847-2013. Stoch Environ Res Risk Assess 29:1521-1529.
- 10 Kivinen, S., Kaarlejärvi, E., Jylhä, K. & Räisänen, J. 2012: Spatiotemporal distribution of threatened high-latitude snowbed and snow patch habitats in warming climate. Environ Res Lett 7: 034024.
- 11 Virtanen, R., Luoto, M., Rama, T., Mikkola, K., Hjort, J., Grytnes, J. & Birks, H.J.B. 2010: Recent vegetation changes at the high-latitude tree line ecotone are controlled by geomorphological disturbance, productivity and diversity. Global Ecology and Biogeography 19: 810-821.
- 12 Kauppi, P.E., Posch, M. & Pirinen, P. 2014: Large impacts of climatic warming on growth of boreal forests since 1960. PLoS ONE 9(11): e111340. doi:10.1371.
- 13 Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. & Seitola, T. 2009: Arvioita Suomen muuttavasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCCLIM-hankkeen raportti 2009. Raportteja No.2009:4. Ilmatieteenlaitos.
- 14 Seinä, A., Palosuo, E. & Grönvall, H. 1997: Merentutkimuslaitoksen jääpalvelu 1919-1994. MERI – Report Series of the Finnish Institute of Marine Research No. 32.
- 15 Luomaranta, A., Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Gregow, H., Haapala, J. & Laaksonen, A. 2014: Multimodel estimates of the changes in the Baltic Sea ice cover during the present century. Tellus A 66:22617.
- 16 NSIDC 2015: National Snow & Ice Data Center, NASA Observatory. State of the cryosphere. Sea Ice. [http://nsidc.org/cryosphere/sotc/sea\\_ice.html](http://nsidc.org/cryosphere/sotc/sea_ice.html)
- 17 Legendre, L., Ackley, S.F., Dieckmann, G.S., Gulliksen, B., Horner, R., Hoshiai, T., Melnikov, I.A., Reeburgh, W.S., Spindler, M. & Sullivan, C.W. 1992: Ecology of sea ice biota. Polar Biology 12:429-444.
- 18 Kaartokallio, H. 2004: Food web components, and physical and chemical properties of Baltic Sea ice. Marine Ecology Progress Series 273:49-63.
- 19 Gosselin, M., Levasseur, M., Wheeler, P.A., Horner, R.A. & Booth, B.C. 1997: New measurements of phytoplankton and ice algal production in the Arctic Ocean. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 44(8): 1623-1644.
- 20 Post, E., Bhatt, U.S., Bitz, C.M., Brodie, J.F., Fulton, T.L., Hebblewhite, M., Kerby, J., Kutz, S.J., Stirling, I. & Walker, D.A. 2013: Ecological consequences of sea-ice decline. Science 341, 519. DOI: 10.1126/science.1235225.
- 21 Kelly, B.P., Whiteley, A. & Tallmon, D. 2010: The Arctic melting pot. Nature 468, 891. doi: 10.1038/468891a
- 22 Räisänen, J. & Eklund, J. 2012: 21st Century changes in snow climate in Northern Europe: a high-resolution view from ENSEMBLES regional climate models.
- 23 Jylhä, K., Fronzek, S., Tuomenvirta, H., Carter, T.R. & Ruosteenoja, K. 2008: Changes in frost, snow and Baltic sea ice by the end of the twenty-first century based on climate model projections for Europe. Climatic Change 86:441-462.
- 24 Schöb, C., Kammer, P.M., Choler, P., Veit, H. 2009: Small-scale plant species distribution in snowbeds and its sensitivity to climate change. Plant Ecol 200:91-104.
- 25 Alatalo, J.M., Jägerbrand, A.K. & Molau, U. 2015: Testing reliability of short-term responses to predict longer-term responses of bryophytes and lichens to environmental change. Ecological Indicators 58: 77-85.
- 26 Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.) 2010: Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 685 s.
- 27 O'Reilly, C.M., Sharma, S., Gray, D.K. & Hampton, S.E.Kumagai, M., Kuusisto, E., Leshkevich, G., Livingstone, D.M., MacIntyre, S., May, L., Melack, J.M., Mueller-Navarra, D.C., Naumenko, M., Noges, P., Noges, T., North, R.P., Plisnier, P.-D., Rigosi, A., Rimmer, A., Rogora, M., Rudstam, L.G., Rusak, J.A., Salmaso, N., Samal, N.R., Schindler, D.E., Schladow, S.G., Schmid, M., Schmidt, S., Silow, E., Soylu, M.E., Teubner, K., Verburg, P., Voutilainen, A., Watkinson, A., Williamson, C.E. & Zhang, G. 2015: Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. Geophys. Res. Lett. 42, doi:10.1002/2015GL066235.
- 28 Flanagan, K.M., McCauley, E., Wrona, F. & Prowse, T. 2003: Climate change: the potential for latitudinal effects on algal biomass in aquatic ecosystems. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 60:635-639.
- 29 Kalliola, R. 1973: Suomen kasvimaantiede. WSOY, Porvoo-Helsinki. 308 s.
- 30 Moen, J., Aune, K., Edenius, L. & Angerbjörn, A. 2004: Potential effects of climate change on treeline position in the Swedish mountains. Ecology and Society 9(1): 16.
- 31 Mikkola, K. & Virtanen, T. 2006: Ilmaston ja maastonmuotojen vaikutus männyn metsänrajaan. Julkaisussa: Nikula, A. & Varmola, M. (toim.). Ilmastonmuutos Lapissa – näkyvät muutokset – sopeutustoimintat. Metsäntutkimuslaitos. Metlan työraportteja 25.
- 32 Korhonen, J. 2006: Long-term trends in lake ice cover in Finland. Proceedings of the 18th IAHR International Symposium on Ice.
- 33 Lei, R., Leppäranta, M., Cheng, B., Heil, P. & Li, Z. 2012: Changes in ice-season characteristics of a European Arctic lake from 1964 to 2008. Climatic Change 115(3): 725-739.
- 34 Linkosalo, T., Häkkinen, R., Terhivuo, J., Tuomenvirta, H. & Hari, P. 2009: The time series of flowering and leaf bud burst of boreal trees (1846-2005) support the direct temperature observations of climatic warming. Agricultural and Forest Meteorology 149:453-461.
- 35 Callaghan, T.V., Jonasson, C., Thierfelder, T., Yang, Z., Hedenäs, H., Johansson, M., Molau, U., Van Bogaert, R., Michelsen, A., Olofsson, J., Gwynn-Jones, D., Bokhorst, S., Phoenix, G., Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Christensen, T.R., Hanna, E., Koller, E.K. Sloan, V.L. 2013: Ecosystem change and stability over multiple decades in the Swedish subarctic: complex processes and multiple drivers. Phil Trans R Soc B 368:20120488.
- 36 Gillingham, P.K., Bradbury, R.B., Roy, D.B., Anderson, B.J., Baxter, J.M., Bourn, N.A.D., Crick, H.Q.P., Findon, R.A., Fox, R., Franco, A., Hill, J.K., Hodgson, J.A., Holt, A.R., Morecroft, M.D., O'Hanlon, N.J., Oliver, T.H., Pearce-Higgins, J.W., Procter, D.A., Thomas, J.A., Walker, K.J., Walmsley, C.A., Wilson, R.J. & Thomas, C.D. 2015: The effectiveness of protected areas in the conservation of species with changing geographical ranges. Biological Journal of the Linnean Society. 115(3): 707-717.
- 37 Pavón-Jordán, D., Fox, A.D., Clausen, P., Dagsy, M., Deceuninck, B., Devos, K., Hearn, R.D., Holt, C.A., Hornman, M., Keller, V., Langendoen, T., Lawicki, L., Lorentsen, S.H., Luigujõe, L., Meissner, W., Musil, P., Nilsson, L., Paquet, J.-Y., Stipnicca, A., Stroud, D.A., Wahl, J., Zenatello, M. & Lehikoinen, A. 2015: Climate-driven changes in winter abundance of a migratory waterbird in relation to EU protected areas. Diversity and Distributions. 1-12.
- 38 Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. & Visser, M.E. 2006: Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. Nature 441: 81-83.
- 39 Lehikoinen, A., Byholm, P., Ranta, E., Saurola, P., Valkama, J., Korpimäki, E., Pietiäinen, H. & Henttonen, H. 2009: Reproduction of the common buzzard at its northern range margin under climatic change. Oikos 118: 829-836.
- 40 Muhlfeld, C.C., Kovach, R.P., Jones, L.A., AL-Chokhachy, R., Boyer, M.C., Leary, R.F., Lowe, W.H., Luikart, G. & Allendorf, F.W. 2014: Invasive hybridization in a threatened species is accelerated by climate change. Nature Climate Change 4: 620-624.
- 41 Kutz, S.J., Jenkins, E.J., Veitch, A.M., Ducrocq, J., Polley, L., Elkin, B. & Lair, S. 2009: The Arctic as a model for anticipating, preventing, and mitigating climate change impacts on host-parasite interactions. Veterinary Parasitology 163: 217-228.
- 42 Altizer, S., Ostfeld, R.S., Johnson, P.T.J., Kutz, S. & Harvell, C.D. 2013: Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework. Science 341: 514-519.

- 43 Henttonen H 2014: Käsivarren myyrät ja naali. Kirjassa Järvinen A, Heikkilä T & Lahti S. Tieteen ja taiteen tunturit. Gaudeamus Oy.
- 44 Elmhagen, B., Tannerfeldt, M. & Angerbjörn, A. 2002: Food-niche overlap between Arctic and red foxes. Canadian Journal of Zoology 80: 1274-1285.
- 45 Gallant, D., Slough, B.G., Reid, D.G. & Berteaux, D. 2012: Arctic fox versus red fox in the warming Arctic: four decades of den surveys in north Yukon. Polar Biology 35:1421-1431.
- 46 Meijer T 2013: To survive and reproduce in a cyclic environment – demography and conservation of the Arctic fox in Scandinavia. Doctoral thesis in Animal Ecology at Stockholm University, Sweden.
- 47 Killengreen, S.T., Ims, R.A., Yoccoz, N.G., Bråthen, K.A., Henden, J.-A. & Schott, T. 2007: Structural characteristics of a low Arctic tundra ecosystem and the retreat of the Arctic fox. Biological Conservation 135: 459-472.
- 48 Hamel, S., Killengreen, S.T., Henden, J.-A., Yoccoz, N.G. & Ims, R.A. 2013: Disentangling the importance of interspecific competition, food availability, and habitat in species occupancy: Recolonization of the endangered Fennoscandian arctic fox. Biological Conservation 160: 114-120.
- 49 Killengreen, S.T., Lecomte, N., Ehrlich, D., Schott, T., Yoccoz, N.G. & Ims, R.A. 2011: The importance of marine vs. human subsidies in the maintenance of an invasive mesocarnivore in the Arctic tundra. Journal of Animal Ecology 80:10494-11060.
- 50 Selås, V. & Vik, J.O. 2006: Possible impact of snow depth and ungulate carcasses on red fox (*Vulpes vulpes*) populations in Norway, 1897-1976. Journal of Zoology 269(3): 299-308.
- 51 Angerbjörn A, Eide N, Dalén L, Elmhagen B, Hellström P, Ims R, Killengreen S, Landa A, Meijer A, Mela M, Niemimaa J, Norén K, Tannerfeldt M, Yoccoz N & Henttonen H 2013: Carnivore conservation in practice: replicated management actions on a large spatial scale. Journal of Applied Ecology 50:1, 59-67.
- 52 IUCN 2009: Species and climate change: more than just a polar bear. Verkkojulkaisu, ladattavissa osoitteesta: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-051.pdf>
- 53 Landa, A., Strand, O., Swenson, J.E. & Skogland, T. 1997: Wolverine and their prey in southern Norway. Can J Zool 75: 1292-1299.
- 54 Koskela, A. 2013: Wolverine habitat selection, diet and conservation genetics. Väitöskirja. Acta Universitatis Ouluensis. A Scientiae Rerum Naturalium 614.
- 55 Persson, J. 2003: Population ecology of Scandinavian wolverines. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå.
- 56 Persson, J., Landa, A., Andersen, R. & Segerström, P. 2006: Reproductive characteristics of female wolverines (*Gulo gulo*) in Scandinavia. J Mammal 87:75-79.
- 57 Naturvårdsverket, 2015: Rovdjursinventering Järv 2015. Järvstammen i Sverige – något minskande. ISBN 978-91-620-8739-5.
- 58 Brøseth, H. & Tovmo, M. 2015: Yngleregistering av jerv i Norge I 2015. NINA rapport 1196.
- 59 Luonnonvarakeskus 2015: Ahman kanta-arviot (www-dokumentti). Viitattu 9.10.2015. [http://www.rktl.fi/riista/suurpedot/ahma/ahman\\_kanta\\_arviot.html](http://www.rktl.fi/riista/suurpedot/ahma/ahman_kanta_arviot.html)
- 60 Liukko, U.-M., Henttonen, H., Hanski, I.K., Kauhala, K., Kojola, I., Kyheröinen, E.-M. & Pitkänen, J. 2016: Suomen nisäkkäiden uhanalaisuus 2015 – The 2015 Red List of Finnish Mammal Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. 34 s.
- 61 Copeland, J.P. McKelvey, K.S., Aubry, K.B., Landa, A., Persson, J., Inman, R.M., Krebs, J., Lofroth, E., Golden, H., Squires, J.R., Magoun, A., Schwatz, M.K., Wilmot, J., Copeland, C.L., Yates, R.E., Kojola, I. & May, R. 2010: The bioclimatic envelope of the wolverine (*Gulo gulo*): do climatic constraints limit its geographic distribution? Can J Zool 88:233-246.
- 62 McKelvey, K.S., Copeland, J.P., Schwartz, M.K., Littell, J.S., Aubry, K.B., Squires, J.R., Parks, S.A., Elsner, M.M. & Mauger, G.S. 2011: Climate change predicted to shift wolverine distributions, connectivity, and dispersal corridors. Ecological Applications 21(8): 2882-2897.
- 63 Inman, R.M., Magoun, A.J., Persson, J. & Mattisson, J. 2012: The wolverine's niche: linking reproductive chronology, caching, competition, and climate. Journal of Mammalogy 93(3): 634-644.
- 64 Persson, J., Ericsson, G. & Segerström, P. 2009: Human caused mortality in the endangered Scandinavian wolverine population. Biological Conservation 142: 325-331.
- 65 Sæther, B.E., Engen, S., Persson, J., Brøseth, H., Landa, A. & Willebrand, T. 2005: Management strategies for the wolverine in Scandinavia. J Wildlife Manage 69:1001-1014.
- 66 Gervasi, V., Brøseth, H., Nilsen, E.B., Ellegren, H., Flagstad, Ø. & Linnell, D.C. 2015: Compensatory immigration counteracts contrasting conservation strategies of wolverines (*Gulo gulo*) within Scandinavia. Biological Conservation 191: 632-639.
- 67 Smith, T.G., Hammill, M.O., Taughbøl, G. 1991: A review of the developmental, behavioural and physiological adaptations of the ringed seal, *Phoca hispida*, to life in the Arctic winter. Arctic 44:124-131.
- 68 Kokko, H., Helle, E., Lindström, J., Ranta, E., Sipilä, T. & Courchamp, F. 1999: Backcasting population sizes of ringed and grey seals in the Baltic and Lake Saimaa during the 20th century. Annales Zoologici Fennici 36: 65-73.
- 69 Sipilä, T. 2003: Conservation biology of Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) with reference to other European seal populations. Väitöskirja. Department of Ecology and Systematics, Division of Population Biology, University of Helsinki, Finland.
- 70 Ympäristöministeriö 2011: Saimaannorpan suojelun strategia ja toimenpidesuunnitelma. [www.ymparisto.fi/saimaannorppa](http://www.ymparisto.fi/saimaannorppa)
- 71 Metsähallitus 2015: Hyjkekanta 2015. URL <http://www.metsa.fi/saimaannorppa/hyjkekanta2015>
- 72 Auttila, M. 2015: The endangered Saimaa ringed seal in a changing climate – challenges for conservation and monitoring. Publications of the University of Eastern Finland. Dissertations in Forestry and Natural Sciences 194.
- 73 Niemi, M. 2013: Behavioural ecology of the Saimaa ringed seal – implications for conservation. Dissertations in Forestry and Natural Sciences No 129. University of Eastern Finland, Joensuu. 56s.
- 74 Kokko, H., Lindström, J., Ranta, E., Sipilä, T. & Koskela, J. 1998: Estimating the demographic effective population size of the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis* Nordq.). Animal Conservation 1: 47-54.
- 75 Valtonen, M. 2014: Conservation genetics of the Saimaa ringed seal – insights into the history of a critically endangered population. Dissertations in Forestry and Natural Sciences, No 159, Publications of the University of Eastern Finland, Joensuu.
- 76 Hezel, P.J., Zhang, X., Bitz, C.M., Kelly, B.P. & Massonnet, F. 2012: Projected decline in spring snow depth on Arctic sea ice caused by progressively later autumn open ocean freeze-up this century. Geophysical Research Letters 39, L17505.
- 77 Stern, G.A., MacDonald, R.W., Outridge, P.M., Wilson, S., Chételat, J., Cole, A., Hintelmann, H., Loseto, L.L., Steffen, A., Wang, F. & Zdanowicz, C. 2012: How does climate change influence arctic mercury? Science of The Total Environment 414: 22-42.
- 78 Wolfe, M.F., Schwarzbach, S., Sulaiman, R.A. 1998: Effects of mercury on wildlife: A comprehensive review. Environmental Toxicology and Chemistry 17(2): 146-160.
- 79 Hyvärinen, H., Sipilä, T., Kunnasranta, M. & Koskela, J.T. 1998: Mercury pollution and the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*). Marine Pollution Bulletin 36(1): 76-81.
- 80 Lyytikäinen, M., Pätynen, J., Hyvärinen, H., Sipilä, T. & Kunnasranta, M. 2015: Mercury and selenium balance in endangered Saimaa ringed seal depend on age and sex. Environ. Sci. Technol. 49(19): 11808-11816.
- 81 Kovacs, K.M., Aguilar, A., Aurióles, D., Burkanov, V., Campagna, C., Gales, N., Gelatt, T., Goldsworthy, S.D., Goodman, S.J., Hofmeyr, G.J.G., Härkönen, T., Lowry, L., Lydersen, C., Schipper, J., Sipilä, T., Southwell, C., Stuart, S., Thompson, D. & Trillmich, F. 2012: Global threats to pinnipeds. Marine Mammal Science 28: 414-436.
- 82 Kunnasranta, M., Levänen, R., Auttila, M., Niemi, M. & Viljanen, M. 2014: Saimaannorpan pesimäolosuhteiden ennallistaminen muuttuvassa ilmastossa. WWF Suomen raportteja 31.
- 83 Huitu, O. & Henttonen, H. 2011: Myyrrien kannanvaihtelut aikojen ja ilmojen saatossa. Metsätieteen aikauskirja 4: 281-284.
- 84 Sundell, J., O'Hara, R.B., Helle, P., Hellstedt, P., Henttonen, H. & Pietiäinen, H. 2013: Numerical response of small mustelids to vole abundance: delayed or not? Oikos 122(7): 1112-1120.
- 85 Kausrud, K.L., Mysterud, A., Steen, H., Vik, J.O., Ostbye, E., Cazelles, B., Framstad, E., Eikeset, A.M., Mysterud, I., Solhøy, T., Stenseth, N.C. 2008: Linking climate change to lemming cycles. Nature 456(6): 93-97.
- 86 Ims, R.A., Henden, J.-A., Thingnes, A.V. & Killengren, S.T. 2013: Indirect food web interactions mediated by predator – rodent dynamics: relative roles of lemmings and voles. Biol. Lett. 9:20130802.
- 87 Cornulier, T., Yoccoz, N.G., Bretagnolle, V., Brommer, J.E., Butet, A., Ecke, F., Elston, D.A., Framstad, E., Henttonen, H., Hörnfeldt, B., Huitu, O., Imholt, C., Ims, R.A., Jacob, J., Jedrzejewska, B., Millon, A., Petty, S.J., Pietiäinen, H., Tkadlec, E., Zub, K. & Lambin, X. 2013: Europe-wide dampening of population cycles in keystone herbivores. Science 340: 63-66.
- 88 Stenseth, N.C. & Ims, R.A. 1993: The biology of lemmings. London, UK. Academic Press.
- 89 Ims, R.A., Yoccoz, N.G. & Killengreen, S.T. 2011: Determinants of lemming outbreaks. PNAS 108(5): 1970-1974.

- 90 Johansson, C., Pohjola, V.A., Jonasson, C. & Callaghan, T.V. 2011: Multi-decadal changes in snow characteristics in sub-arctic Sweden. *Ambio* 40: 566-574.
- 91 Korpela, K. 2014: Biological interaction in the boreal ecosystem under climate change. Are the vole and predator cycles disappearing? *Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science* 291. University of Jyväskylä, 578.
- 92 Lehtikoinen, A. & Virkkala, R. 2015: North by north-west: climate change and directions of density shifts in birds. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/gcb.13150.
- 93 Virkkala, R. & Rajasärkkä, A. 2011: Climate change affects populations of northern birds in boreal protected areas. *Biol. Lett.* 7: 395-398.
- 94 Virkkala, R. & Rajasärkkä, A. 2011: Northward density shift of bird species in boreal protected areas due to climate change. *Boreal Env. Res.* 16(suppl. B): 2-13.
- 95 Laaksonen, T. & Lehtikoinen, A. 2013: Population trends in boreal birds: continuing declines in agricultural, northern, and long-distance migrant species. *Biological Conservation* 168: 99-107.
- 96 Lehtikoinen, A., Green, M., Husby, M., Källås, J.A. & Lindström, Å. 2014: Common montane birds are declining in northern Europe. *Journal of Avian Biology* 45:3-14.
- 97 Meltofte, H., Høye, T.T., Schmidt, N.M. & Forchhammer, M.C. 2007: Differences in food abundance cause inter-annual variation in the breeding phenology of High Arctic waders. *Polar Biol* 30:601-606.
- 98 Høye, T.T., Post, E., Meltofte, H., Schmidt, N.M. & Forchhammer, M.C. 2007: Rapid advancement of spring in the high arctic. *Curr Biol* 17:449-451.
- 99 Grabowski, M., Doyle, F.L., Reid, D.G., Mossop, D. & Talarico, D. 2013: Do arctic nesting birds respond to earlier snowmelt? A multi-species study in north Yukon, Canada. *Polar Biol* 36:1097-1105.
- 100 Liebbezeit, J.R., Gurney, K.E.B., Budde, M., Zack, S. & Ward, D. 2014: Phenological advancement in arctic bird species: relative importance of snow melt and ecological factors. *Polar Biol* 37:1309-1320.
- 101 Lehtikoinen, A. 2011: Advanced autumn migration of sparrowhawk has increased the predation risk of long-distance migrants in Finland. *PLoS ONE* 6(5): e20001. doi:10.1371/journal.pone.0020001.
- 102 Lehtikoinen, A. & Jaatinen, K. 2012: Delayed autumn migration in Northern European waterfowl. *Journal of Ornithology* 153:563-570.
- 103 Lindström, Å. & Agrell, J. 1999: Global change and possible effects on the migration and reproduction of arctic-breeding waders. *Ecological Bulletins* 47:145-159.
- 104 Virkkala, R., Heikkinen, R.K., Leikola, N. & Luoto, M. 2008: Projected large-scale range reductions of northern-boreal land bird species due to climate change. *Biological Conservation* 141:1343-1353.
- 105 Pedersen, Å.Ø., Blanchet, M.-A., Hörnell-Willebrand, M., Jepsen, J.U., Biuw, M. & Fuglei, E. 2014: Rock ptarmigan (*Lagopus muta*) breeding habitat use in northern Sweden. *Journal of Ornithology* 155(1): 195-209.
- 106 Tiainen, J., Mikkola-Roos, M., Below, A., Jukarainen, A., Lehtikoinen, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Sirkkiä, P. & Valkama, J. 2016: Suomen lintujen uhanalaisuus 2015 – The 2015 Red List of Finnish Bird Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. 49 s.
- 107 Metsähallitus 2015. Uutisarkisto. Tunturipölyllä hyvä vuosi Pohjoismaissa. [http://www.luontoon.fi/uutisarkisto/-/asset\\_publisher/6OPbu9FTyaPz/content/tunturipölylla-hyva-vuosi-pohjoismaissa;jsessionid=90D58E08037340ADED104E78186A4570](http://www.luontoon.fi/uutisarkisto/-/asset_publisher/6OPbu9FTyaPz/content/tunturipölylla-hyva-vuosi-pohjoismaissa;jsessionid=90D58E08037340ADED104E78186A4570)
- 108 Ims, R.A. & Henden, J.-A. 2012: Collapse of an arctic bird community resulting from ungulate-induced loss of erect shrubs. *Biol. Cons.* 149:2-5.
- 109 Angelstam, P., Lindström, E. & Widén, P. 1984: Role of predation in short-term population fluctuations of some birds and mammals in Fennoscandia. *Oecologia* 62(2): 199-208.
- 110 Sutherland, W.J. 1988: Predation may link the cycles of lemmings and birds. *Trends in Ecology and Evolution* 3: 29-30.
- 111 Summers, R.W., Underhill, L.G. & Syroechkovski, E.E. 1998: The breeding performance of dark-bellied brent geese and curlew sandpiper in relation to changes in the numbers of Arctic foxes and lemmings of the Taimyr Peninsula, Siberia. *Ecography* 21: 573-580.
- 112 Nolet, B.A., Bauer, S., Feige, N., Kokorev, Y.I., Popov, I.Y. & Ebbinge, B. 2013: Faltering lemming cycles reduce productivity and population size of migratory Arctic goose species. *Journal of Animal Ecology* 82: 804-813.
- 113 Aharon-Rotman, Y., Soloviev, M., Minton, C., Tomkovich, P., Hassell, C. & Klaassen, M. 2015: Loss of periodicity in breeding success of waders links to changes in lemming cycles in Arctic ecosystems. *Oikos* 124(7): 861-870.
- 114 Rainio, R., Laaksonen, T., Ahola, M. ym. 2006: Climatic responses in spring migration of boreal and arctic birds in relation to wintering area and taxonomy. *Journal of Avian Biology*. 37:507-515.
- 115 Meller, K., Vähätalo, A.V., Hokkanen, T., Rintala, J., Piha, M. & Lehtikoinen, A. 2016: Inter-annual variation and long-term trends in proportions of resident individuals in partially migratory birds. *Journal of Animal Ecology*, doi:10.1111/1365-2656.12486.
- 116 MacLean, I.M.D., Austin, G.E., Rehfish, M.M. ym. 2008: Climate change causes rapid changes in the distribution and site abundance of birds in winter. *Global Change Biology* 14:2489-2500.
- 117 Lehtikoinen, A., Jaatinen, K., Vähätalo, A.V., Clausen, P., Crowe, O., Deceuninck, B., Hearn, R., Holt, C.A., Hornman, M., Keller, V., Nilsson, L., Langendoen, T., Tománková, I., Wahl, J. & Fox, A.D. 2013: Rapid climate driven shifts in wintering distributions of three common waterbird species. *Global Change Biology* 19:2071-2081.
- 118 Lehtikoinen, A., Rintala, J., Lammi, E. & Pöysä, H. 2015: Habitat-specific population trajectories in boreal waterbirds: alarming trends and bioindicators for wetlands. *Animal Conservation*, doi:10.1111/acv.12226.
- 119 Magnuson, J.J., Crowder, L.B. & Medvick, P.A. 1979: Temperature as an ecological resource. *American Zoologist* 19: 331-343.
- 120 Lehtonen, H., Rask, M., Pakkasmaa, S. & Hesthagen, T. 2008: Freshwater fishes, their biodiversity, habitats and fisheries in the Nordic countries. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 11(3): 298-309.
- 121 Heibo, E., Magnhagen, C. & Völlestad, L.A. 2005: Latitudinal variation in life-history traits in Eurasian perch. *Ecology* 86: 3377-3386.
- 122 Lappalainen, J., Tarkan, A.S. & Harrod, C. 2008: A meta-analysis of latitudinal variations in life-history traits of roach, *Rutilus rutilus*, over its geographical range: linear or non-linear relationships? *Freshwater Biology* 53: 1491-1501.
- 123 Jonsson, B. & Jonsson N. 2009: A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of Fish Biology* 75:2381-2447.
- 124 Elliott, J.M. & Elliott, J.A. 2010: Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology* 77: 1793-1817.
- 125 Farmer, T.M., Marschall, E.A., Dabrowski, K. & Ludsin, S.A. 2015: Short winters threaten temperate fish populations. *Nature Communications* 6:7724, doi:10.1038/ncomms8724.
- 126 Finstad, A.G., Forseth, T., Næsje, T.F. & Ugedal, O. 2004: The importance of ice cover for energy turnover in juvenile Atlantic salmon. *Journal of Animal Ecology* 73: 959-966.
- 127 Edwards, M. & Richardson A.J. 2004: Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature* 430: 881-884.
- 128 Amundsen, P.-A., Staldvik, F.J., Reshetnikov, Y.S., Kashulin, N., Lukin, A., Bohn, T., Sandlund, O.T. & Popova, O.A. 1999: Invasion of vendace (*Coregonus albula*) in a subarctic watercourse. *Biol. Conserv.* 88: 405-413.
- 129 Præbel, K., Gjelland, K.-Ø., Salonen, E. & Amundsen, P.-A. 2013: Invasion genetics of vendace (*Coregonus albula* (L.)) in the Inari-Pasvik watercourse: revealing the origin and expansion pattern of a rapid colonization event. *Ecol. Evol.* 3:1400-1412.
- 130 Bohn, T., Amundsen, P.-A. & Sparrow, A. 2008: Competitive exclusion after invasion? *Biol. Invasions* 10: 359-368.
- 131 Sandlund, O.T., Gjelland, K.Ø., Bohn, T., Knudsen, R. & Amundsen, P.-A. 2013: Contrasting life history responses of a young morph-pair of European whitefish to the invasion of a specialised coregonid competitor, vendace. *PLoS One* 8(7): e68156.
- 132 Amundsen, P.-A. 2015: Activity 4: Effects of hazardous substances, water level regulation and climate change on the ecological condition on the River Pasvik and Inari Lake. Trilateral Cooperation on Environmental Challenges in the Joint Border Area.
- 133 Kahilainen K., Østbye, K., Harrod, C., Shikano, T., Malinen, T. & Merilä, J. 2011: Species introduction promotes hybridization and introgression in *Coregonus*: is there sign of selection against hybrids? *Mol. Ecol.* 20:3838-3855.
- 134 Bhat, S., Amundsen, P.-A., Knudsen, R., Gjelland, K.Ø., Fevolden, S.-E., Bernatchez, L. & Præbel, K. 2014: Speciation reversal in European whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) caused by competitor invasion. *PLoS ONE* 9(3): e91208. doi:10.1371/journal.pone.0091208.
- 135 Eckmann, R. & Rösch, R. 1998: Lake Constance fisheries and fish ecology. *Advanc. Limnol.* 53: 285-301.
- 136 Tapaninen, M., Marjomäki, T.J. & Keskinen, T. 1998: The seasonal final temperature preference of immature vendace, *Coregonus albula* (L.). *Ergebnisse der Limnologie* 50: 131-141.
- 137 Lappalainen, J. & Lehtonen, H. 1997: Temperature habitats for freshwater fishes in a warming climate. *Boreal Environment Research* 2: 69-84.
- 138 Hayden, B., Holopainen, T., Amundsen, P.-A., Eloranta, A.P., Knudsen, R., Præbel, K. & Kahilainen, K.K. 2013: Interactions between invading benthivorous fish and native whitefish in subarctic lakes. *Freshwater Biology* 58:1234-1250.
- 139 Hayden, B., Harrod, C. & Kahilainen, K. 2014: Lake morphometry and resource polymorphism determine niche segregation between cool- and cold-water-adapted fish. *Ecology* 95: 538-552.
- 140 Hayden, B., Harrod, C., Sonninen, E. & Kahilainen, K. 2015: Seasonal depletion of resources intensifies trophic interactions in subarctic freshwater fish communities. *Freshwater Biology* 60:1000-1015.
- 141 Hein, C.L., Öhlund, G. & Englund, G. 2011: Dispersal through stream networks: modelling climate-driven range expansions of fishes. *Diversity and Distributions* 17: 641-651.
- 142 Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. 2003: Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* 12:1-59.
- 143 Eloranta, A. 2013: The variable position of arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)) in subarctic lake food webs. *Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science* 261. Jyväskylä University Printing House, Jyväskylä.
- 144 Jonsson, B. & Jonsson, N. 2001: Polymorphism and speciation in Arctic charr. *Journal of Fish Biology* 58(3): 605-638.
- 145 Malmquist, H.J., Antonsson, P., Ingvason, H.R. & Árnason, F. 2009: Salmonid fish and warming of shallow Lake Elliðavatn in Southwest Iceland. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung der Limnologie* 30: 1127-1132.
- 146 Jeppesen, E., Mehner, T., Winfield, L.J., Kangur, K., Sarvala, J., Gerdeaux, D., Rask, M., Malmquist, H.J., Holmgren, K., Volta, P., Romo, S., Eckmann, R., Sandström, A., Blanco, S., Kangur, A., Ragnarsson Stabo, H., Tarvainen, M., Ventelä, A.-M., Sondergaard, M., Lauridsen, T.L. & Meerhoff, M. 2012: Impacts of climate warming on the long-term dynamics of key fish species in 24 European lakes. *Hydrobiologia* 694:1-39.
- 147 Shikano, T., Järvinen, A., Marjomäki, P., Kahilainen, K.K. & Merilä, J. 2015: Genetic variability and structuring of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) populations in northern Fennoscandia. *PLoS ONE* 10(10): e0140344. doi:10.1371/journal.pone.0140344.
- 148 Byström, P., Karlsson, J., Nilsson, P., Van Kooten, T., Ask, J. & Olofsson, F. 2007: Substitution of top predators: effects of pike invasion in a subarctic lake. *Freshwater Biology* 52: 1271-1280.
- 149 Hein, C.L., Öhlund, G. & Englund, G. 2014: Fish introductions reveal the temperature dependence of species interactions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281: 20132641.
- 150 Hein, C.L., Öhlund, G. & Englund, G. 2012: Future distribution of Arctic char *Salvelinus alpinus* in Sweden under climate change: effects of temperature, lake size and species interactions. *Ambio* 41: 303-312.
- 151 Thorstad, E.B., Whoriskey, F., Rikardsen, A.H. & Aarestrup, K. 2011: Aquatic nomads: the life and migrations of the Atlantic Salmon. Kirjassa: Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. (toim.) *Atlantic salmon ecology*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. Sivut 1-32
- 152 Otero, J., L'Abée-Lund, J. H., Castro-Santos, T., Leonardsson, K., Størvik, G. O., Jonsson, B., Dempson, B., Russell, I. C., Jensen, A. J., Bagliniere, J.-L., Dionne, M., Armstrong, J. D., Romakkaniemi, A., Letcher, B. H., Kocik, J. F., Erkinaro, J., Poole, R., Rogan, G., Lundqvist, H., MacLean, J. C., Jokikokko, E., Arnekleiv, J. V., Kennedy, R. J., Niemelä, E., Caballero, P., Music, P. A., Antonsson, T., Gudjonsson, S., Veselov, A. E., Lamberg, A., Groom, S., Taylor, B. H., Taberner, M., Dillane, M., Arnason, F., Horton, G., Hvidsten, N. A., Jonsson, I. R., Jonsson, N., McKelvey, S., Næsje, T. F., Skaala, Ø., Smith, G. W., Segrov, H., Stenseth, N. C. and Völlestad, L. A. 2014: Basin-scale phenology and effects of climate variability on global timing of initial seaward migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Glob Change Biol*, 20: 61-75. doi:10.1111/gcb.12363.
- 153 Todd, C.D., Friedland, K.D., MacLean, J.C., Hazon, N. & Jensen, A.J. 2010: Getting into hot water? Atlantic salmon responses to climate change in freshwater and marine environments. Kirjassa: Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. (toim.) *Atlantic salmon ecology*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. Sivut 409-443.
- 154 Romakkaniemi, A., Jutila, E., Pakarinen, T., Saura, A., Ahola, M., Erkinaro, J., Heinimaa, P., Karjalainen, T.P., Keinänen, M., Oinonen, S., Møilanen, P., Pulkkinen, H., Rakkonen, R., Setälä, J. & Söderkotalahti, P. 2014: Lohistrategian taustaselvitykset. Maa- ja metsätalousministeriön Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 91(1-2014).
- 155 Bowden, J.J., Eskildsen, A., Hansen, R.R., Olsen, K., Kurlle, C.M. & Høye, T.T. 2015: High-Arctic butterflies become smaller with rising temperatures. *Biol. Lett.* 11: 20150574.
- 156 Hodkinson, I.D. (pääkirjoittaja) 2013: Terrestrial and freshwater invertebrates. Kirjassa: Meltofte, H. (toim.) *Arctic Biodiversity Assessment. Status and trends in Arctic biodiversity*. Conservation of Arctic Flora and Fauna, Akureyri.
- 157 Jepsen, J.U., Hagen, S.B., Ims, R.A. & Yoccoz, N.G. 2008: Climate change and outbreaks of the geometrids *Operophtera brumata* and *Epirrita autumnata* in subarctic birch forest: evidence of a recent outbreak range expansion. *Journal of Animal Ecology* 77:257-264.
- 158 Jaenson, T.G., Hjertqvist, M., Berström, T., Lundkvist, A. 2012: Why is tick-borne encephalitis increasing? A review of the key factors causing the increasing incidence of human TBE in Sweden. *Parasit Vectors* 5:184. doi:10.1186/1756-3305-5-184.
- 159 Tonteri, E. 2014: Factors in the environment, viruses and host responses affecting the epidemiology of tick-borne encephalitis virus in Northern Europe. Helsinki University Biomedical Dissertations No. 198.
- 160 Medlock, J.M., Hansford, K.M., Bormane, A., Derdakova, M., Estrada-Peña, A., George, J.-C., Golovljova, I., Jaenson, T.G.T., Jensen, J.-K., Jensen, P.M., Kazimirova, M., Oteo, J.A., Papa, A., Pfister, K., Plantard, O., Randolph, S.E., Rizzoli, A., Santos-Silva, M.M., Sprong, H., Vial, L., Hendrickx, G., Zeller, H. & Van Bortel, W. 2013: Driving forces for changes in geographical distribution of Ixodes ricinus ticks in Europe. *Parasites & Vectors* 6:1. doi:10.1186/1756-3305-6-1.
- 161 Lindholm, M., Stordal, F., Hessen, D.O., Moe, S.J. & Aass, P. 2012: Climate driven range retraction of an Arctic freshwater crustacean. *Freshwater Biology* 57:2591-2601.
- 162 Lakka, H.-K. 2013: The ecology of a freshwater crustacean: *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda; Notostraca) in a high arctic region. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto ja Huippuvuorten yliopisto.
- 163 Johannessen, E., Ingvaldsen, R.B., Bogstad, B., Dalpadado, P., Eriksen, E., Gjøsaeter, H., Knutsen, T., Skern-Mauritzen, M. & Stiansen, J.E. 2012: Changes in Barents Sea ecosystem state, 1970-2009: climate fluctuations, human impact, and trophic interactions. *ICES Journal of Marine Science* 69(5): 880-889.
- 164 Kahru, M., Brotas, V., Manzano-Sarabia, M. & Mitchell, B.G. 2011: Are phytoplankton blooms occurring earlier in the Arctic? *Global Change Biology* 17: 1733-1739.
- 165 Laidre, K.L., Stern, H., Kovacs, K.M., Lowry, L., Moore, S.E., Regehr, E.V., Ferguson, S.H., Wiig, Ø., Boveng, P., Angliss, R.P., Born, E.W., Litovka, D., Quakenbush, L., Lydersen, C., Vongraven, D. & Ugarte, F. 2015: Arctic marine mammal population status, sea ice habitat loss, and conservation recommendations for the 21st century. *Conservation Biology* 29(3): 724-737.
- 166 Anker-Nilssen, T., Bakken, V., Strøm, H., Golovkin, A.N., Blanki, V.V. & Tatarinkova, I.P. (toim.) 2000: The status of marine birds breeding in the Barents Sea region. Norsk Polarinstittutt rapport 113. 213s.
- 167 Barrett, R.T., Anker-Nilssen, A., Gabrielsen, G.W. & Chapdelaine, G. 2002: Food consumption by seabirds in Norwegian waters. *ICES Journal of Marine Science* 59:43-57.
- 168 Reilly, S.B., Bannister, J.L., Best, P.B., Brown, M., Brownell Jr., R.L., Butterworth, D.S., Clapham, P.J., Cooke, J., Donovan, G., Urbán, J. & Zerbini, A.N. 2012: *Baleana mysticetus* (Svalbard-Barents Sea (Spitsbergen) subpopulation). The IUCN Red List of Threatened Species 2012. e.T2472A17879836.
- 169 Thomas, P.O., Reeves, R.R. & Brownell, R.L. 2015: Status of the world's baleen whales. *Marine Mammal Science*. DOI: 10.1111/mms.12281.
- 170 Aars, J., Marques, T.A., Buckland, S.T., Andersen, M., Belikov, S., Boltunov, A. & Wiig, Ø. 2008: Estimating the Barents Sea polar bear subpopulation size. *Marine Mammal Science* DOI:10.1111/j.1748-7692.2008.00228.x
- 171 Polar bears in Svalbard in good condition – so far. News, Norwegian Polar Insitute. <http://www.npolar.no/en/news/2015/12-23-counting-of-polar-bears-in-svalbard.html>
- 172 IUCN/SSC Polar bear Specialist Group 2015, Summary of polar bear population status per 2014. <http://pbsg.npolar.no/en/status/status-table.html>
- 173 Wassmann, P., Reigstad, M., Haug, T., Rudels, B., Carroll, M.L., Hop, H., Gabrielsen, G.W., Falk-Petersen, S., Denisenko, S.G., Arashkevich, E., Slagstad, D. & Pavlova, O. 2006: Food webs and carbon flux in the Barents Sea. *Progress in Oceanography* 71:232-287.
- 174 Scott, C.L., Kwasniewski, S., Falk-Petersen, S. & Sargent, J.R. 2000: Lipids and life strategies of *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis* and *Calanus hyperboreus* in late autumn, Kongsfjorden, Svalbard. *Polar Biology* 23:510-516.
- 175 Bogstad, B., Gjøsaeter, H., Haug, T. & Lindstrom, U. 2015: A review of the battle for food in the Barents Sea: cod vs. marine mammals. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3:29. doi: 10.3389/fevo.2015.00029.
- 176 Prop, J., Aars, J., Bårdsen, B.-J., Hanssen, S.A., Bech, C., Bourgeon, S., de Fouw, J., Gabrielsen, G.W., Lang, J., Noreen, E., Oudman, T., Sittler, B., Stempniewicz, L., Tombre, I., Wolters, E. & Moe, B. 2015: Climate change and the increasing impact of polar bears on bird populations. *Front. Ecol. Evol.* dx.doi.org/10.3389/fevo.2015.00033.



**Miksi meitä tarvitaan?**

Tavoitteemme on pysäyttää luonnon köyhtyminen ja rakentaa tulevaisuus, jossa ihmiset ja luonto elävät tasapainossa.

---

[wwf.fi](http://wwf.fi)