

Saimaannorpan suojelubiologiaa: tutkimuksista toimenpiteisiin

Mervi Kunnasranta, Marja Niemi ja Miina Auttila



Photo: Mervi Kunnasranta

Saimaannorpan ja ihmisen yhteisessä historiassa näkyy muutos riistaeläimestä ja vainotusta haittaeläimestä uhanalaiseksi suojelusymboliksi ja tutkimuskohteeksi. Saimaannorpan, kuten muidenkin uhanalaisten lajien hoidossa, tutkimuksella on vankka rooli suojelun kohdentamisessa ja toimenpiteiden yhteiskunnallisessa hyväksyttävyydessä.

Uhanalainen saimaannorppa *Phoca hispida saimensis* on vanha suomalainen riistaeläin. Esihistorialliset sisämaan norpanluulöydöt yli 7 000 vuoden takaa ovat silloisen Päijänne-Saimaan rannan nuotiopaikoilta (Ukkonen ym. 2002). Myöhemmin aikoina hylkeenlihaa Saimaalla ei nähtäväästi juuri käytetty ravinnoksi, mutta nahasta tehtiin rukkasia, laukkuja ja kengänvarsia. Arvokasta rasvaa eli traania sen sijaan hyödynnettiin monin eri tavoin aina kyllästysaineesta lääkkeeksi asti (Becker 1984, Ylimaunu 2000, Hyvärinen ym.

2004). Saimaannorppa poistui riistaeläinluettelosta vasta vuonna 1993, vaikka se oli ollut rauhoitettu jo lähes 40 vuotta. Tämä Suomen ainoa endeeminen nisäkäs rauhoitettiin samalla metsästysasetuksella (110/1955) yhdessä vieraslaji supikoiran *Nyctereutes procyonoides* kanssa, mutta jälkimmäisen osalta rauhoitus kumottiin pian.

Paikalliset metsästysorganisaatiot ovat olleet aktiivisia saimaannorppansuojelun historiassa. Suomen Metsästysyhdistyksen Mikkelin läänin yhdysmies ehdotti jo vuonna 1871 saimaanhylkeen



Kuva 1. Hylkeenpyytäjä Viktor Kärkkäinen aseineen ja saaliineen Saimaan Joutenvedellä vuonna 1934. Hylkeharrastus on säilynyt Kärkkäisten suvussa nykyisiin sukupolviin, sillä Viktorin tyttärenpoika Juha Taskinen on arvostettu saimaannorppakuvaaja. Kuva: Paavo Autere.

Fig. 1. Seal hunter Viktor Kärkkäinen with his gun and seal catch on Joutenvesi basin of Lake Saimaa in 1934. Seal hobby has remained in Kärkkäinen's family until these days, since Viktor's grandson Juha Taskinen is a recognized Saimaa ringed seal photographer. Photo: Paavo Autere.

rauhottamista vähintään 20 vuodeksi ja toinenkin suojeluesitys tehtiin 30 vuotta myöhemmin – sekin metsästäjien ajamana (Ylimaunu 2000). Ehdotukset jäivät kuitenkin ilman vastakaikua ja norppaa alettiin pyytää tehostetusti haittaeläimenä. Kalastuksentarkastaja Oscar Nordqvist vaati merihylkeiden ohella myös saimaannorpan täydellistä hävittämistä kalastukselle aiheutuvien vahinkojen takia (Nordqvist 1892). Hävittämistä edistettiin tapporahalla, josta luovuttiin vasta vuonna 1948. Saimaannorppaa metsästettiin pääasiallisesti ampumalla (kuva 1) ja pyynti oli aktiivisinta sotien molemmin puolin olevina vuosikymmeninä (Becker 1984, Ylimaunu 2000, Hyvärinen ym. 2004). Samaan aikaan eläintieteilijät kirjoittivat sisäjärvien hylkeiden vähälukuisuudesta ja sukupuutouhasta (Lönnerberg 1937) ja myöhemmin myös paikalliset hylkeenpyytäjät alkoivat huolestua norppakannan tulevaisuudesta (Marttinen 1950). Keskeisessä roolissa saimaannorpan rauhoittamisessa vuonna 1955 olivat paikalliset riistanhoitoyhdistykset ja maa- ja metsätalousministeriön virkamies Göran Bergman (Ylimaunu 2000).

Metsästys aloitti Saimaan norppakannan alamäen, jota myöhemmin voimistivat ympäristömyrkyt (Hyvärinen & Sipilä 1984) ja kalastuksen tahaton sivusaalisuolleisuus yhdessä elinympäristön yleisen heikkenemisen kanssa (Sipilä 2003). Viime vuosisadan alussa norppakannan on arvioitu olleen jopa yli 1000 yksilöä (Kokko ym. 1998, 1999, kuva 2). Nykyistä selkeästi suurempaa po-

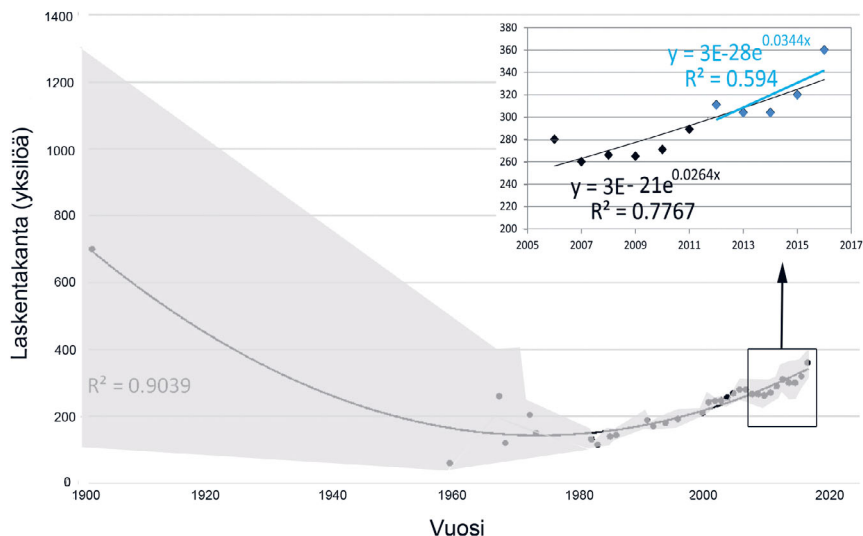
pulaatiokokoa tukevat myös tapporahatilastot. Esimerkiksi vuosina 1909–1918 Mikkelin läänissä maksettiin tapporaha 142 norpasta. Eräs punkaharjulainen pyytäjä kertoi ampuneensa yksinomaan Puruvedeltä yli 60 norppaa. Vasta viimeisen vuosikymmenen aikana pysyvä norppakanta on palannut Puruvedelle. Metsästyksen seurauksena norpat katosivat aikoinaan myös Yövedeltä, Luonterilta ja Lietvedeltä (Hyvärinen ym. 2004).

Suojelun ja tutkimuksen alku

Rauhoituksen ajan alkuvuosien saimaannorppakannan koosta ei ole muuta arviota kuin se, että hylkeitä oli vähän ja joistakin järvistä ne olivat hävinneet jo vuosikymmeniä aikaisemmin. Bergman (1958) arvioi riistanhoitoyhdistyksille tehdyn kyselyn perusteella kannan kooksi noin 60 eläintä. Hylkeestä ei enää koettu olevan haittaa kalastukselle, mutta pienenkin kannan nousun epäiltiin aloittavan vahingot. Tällöin Bergman suosittelee vahinkojen korvaamista kannan säätelyn sijasta. Kuitenkin Maatalousministeriö myönsi vielä 1960-luvun alussa poikkeuslupia kalastajille saimaannorppien ampumiseen (Koivisto 1972). Havaituminen norppakannan heikkoon tilaan alkoi kymmenen vuoden viiveellä ja 1966 saimaannorppa liitettiin ensimmäisenä alalajina maailman uhanalaisten eliölajien punaiseen kirjaan (Becker 1984). Tällöin saimaannorpista mitattiin ennätyksellisiä akuutin myrkytystason elohopeapitoisuuksia.

Kuva 2. Saimaannorppakannan kehitys 1900–2016.

Fig. 2. Development of the Saimaa ringed seal population 1900–2016 (references: Bergman 1958, Koivisto 1972, IUCN 1973, Koivisto 1983, Kokko ym. 1999, Sipilä ym. 1990, Sipilä 1991, Hyvärinen ym. 1998, Kunasranta ym. 1999, Sipilä 2003, Sipilä & Kokkonen 2009, Ympäristöministeriö 2011, Metsähallitus 2016).



sia (lihas noin 190 $\mu\text{g/g}^1$, Helminen ym. 1968 ja maksa 510 $\mu\text{g/g}^1$ tuorepaino, Kari & Kauranen 1978). Nämä määritykset ovat edelleen korkeimpia elohopeapitoisuuksia mitä hylkeille on koskaan mitattu. Luontaisen raskasmetallihuuhtouman lisäksi, puunjalostusteollisuudessa vuoteen 1963 saakka liman estoaineena käytetty elohopea kuormitti Saimaata. Hermomyrkkynä se todennäköisesti heikensi norpan lisääntymismenestystä (Hyvärinen & Sipilä 1984). Elohopean toksisuus korostuu Saimaassa, koska järviympäristössä on vain vähän seleeniä, joka sitoo elohopean hylkeen elimistössä vaarattomampaan muotoon (Hyvärinen & Sipilä 1984, Hyvärinen ym. 1998). Samaan aikaan korkean ympäristömyrkkynuormituksen kanssa kalaverkot muuttuivat puuvillalankaisista tekokuituisiksi, mikä tehosti kalastuksen ohella myös norppien pyydyskuolleisuutta (Becker 1984, Hyvärinen ym. 2004).

Vuonna 1966 Valtion riistantutkimuslaitos teki Ilkka Koiviston johdolla ensimmäisen otantatyypin laskennan jäältä ja päättyi 260 saimaannorpan kanta-arvioon. Myöhemmin tehtiin eri laajuisia laskentoja ja 1970-luvun kanta-arviot vaihtelevat 150–400 norpan välillä (Koivisto 1972, 1983, Sipilä ym. 1990, Hyvärinen ym. 1998). Koordinoidun suojelu- ja tutkimustoiminnan aloitti Maailman Luonnon Säätiön perustama saimaanhyljetyöryhmä, joka keskittyi kannan koon ja suojelukeinojen arviointiin. Systemaattiset ja lähes koko Saimaan kattavat laskennat 1980-luvun alus-

sa viittasivat 113–160 yksilöön (Sipilä ym. 1990, Sipilä 2003). Työryhmä arvioi kannan uhkatekijät ja aloitti suojelutoimenpiteinä vapaaehtoisohjaisen verkkokalastuksen rajoittamisen pesimäalueilla kuuttien eloonjäännin parantamiseksi. Lisäksi ryhmä esitti ammattikalastajille aiheutuvien haittojen korvaamista sekä korosti tutkimustarpeina ympäristömyrkkytuilanteen ja vedenpinnan vaihtelun seurantaa (Becker 1984). Samalla todettiin, että saimaannorpan pesimärauhan kannalta pesäpaikat olisi tärkeä saada luonnonsuojelualueiksi, mikä toteutuikin tuolloin jo Linnansaaren kansallispuiston alueella. Pitkälti näihin tekijöihin perustuvat myös nykyiset saimaannorppakannan suojelukykyisyydet. Viime vuosikymmenet ovat nostaneet saimaannorpan sukupuuttoeriskilistaan lisäksi vielä ilmastomuutoksen ja pienen populaation mukanaan tuomat ongelmat (Kovacs ym. 2012, Liukko ym. 2016), joita ei 1980-luvulla osattu vielä nykyisessä laajuudessaan ennustaa.

Tutkimus luo pohjaa suojelulle

Missään muualla maailmassa kokonainen hyljekanta ja ihminen eivät elä niin lähellä toisiaan kuin Saimaalla. Pienen ja rajallisen levinneisyydsalueensa takia saimaannorppa on myös yksi tarkimmin tutkituista hyljekannoista. Professori Heikki Hyvärisen ryhmä aloitti järveen sopeutuneen hylkeen tutkimuksen Joensuun yliopistossa 1980-luvulla puhtaalta pöydältä, sillä aikaisempi



Kuva 3. Satelliittipaikantimella varustettu saimaannorppa. Laitte liimataan selkakarvaan ja se putoaa seuraavan karvavaihdon yhteydessä. Kuva: Itä-Suomen yliopisto / Saimaannorppatutkimus.

Fig. 3. A Saimaa ringed seal equipped with a satellite tag. The tag is glued on the dorsal fur of the seal and it drops off with the next molt. Photo: UEF / ringed seal research.

tietämys perustui enimmäkseen merihylkeistä saatuihin tuloksiin. Tietoa onkin sitemmin karttunut ja kahdenkymmen vuoden aikana parin-kolmensadan yksilön norppapopulaatiosta on kirjoitettu jo kymmenen väitöskirjaa (Käkelä 1996, Moisseinen 1997, Kunnasranta 2001, Sipilä 2003, Palo 2003, Tonder 2005, Strandberg 2012, Niemi 2013, Valtonen 2014, Auttila 2015) ja tuloksia on hyödynnetty suojelun suuntaamisessa ja kehittämisessä (Sipilä 1991, Ympäristöministeriö 2011).

Laaja-alainen saimaannorppatutkimus on selvittänyt pesintäkäyttäytymistä (Helle ym. 1984, Sipilä 1990, Rautio ym. 2009), aistifysiologiaa (Hyvärinen & Katajisto 1984, Hyvärinen 1989, Hyvärinen ym. 2009), ravintoa (Kunnasranta ym. 1999, Auttila ym. 2015), loisia (Valtonen & Helle 1988, Sinisalo ym. 2003, 2004), morfologiaa (Hyvärinen & Nieminen 1990, Usenius ym. 2007, Auttila ym. 2016a), ekofysiologiaa (mm. Käkelä ym. 1993a,b, 1995, 1997, Käkelä & Hyvärinen 1998, 2002, Strandberg ym. 2008, 2011), ympäristömyrkykuormitusta (Helle ym. 1983, 1985, Hyvärinen & Sipilä 1984, Koistinen ym. 1995, Hyvärinen 1998, Kostamo ym. 2000, 2002, Lyytikäinen ym. 2015) ja genetiikkaa (Palo ym. 2002, Valtonen ym. 2012, 2014, 2015, Nyman ym. 2014). Käyttäytymisekologisessa tutkimuksessa tietämys laajentui merkittävästi, kun norppien liikkumista ja elinympäristön valintaa alettiin tutkia radiolähettimillä (Hyvärinen ym. 1995, Koskela ym. 2002, Kunnasranta ym. 2002, Niemi

ym. 2013a). Seurantatieto niin sukeltamisesta kuin liikkumisesta on edelleen tarkentunut satelliittipohjaisiin menetelmin (Niemi ym. 2012, 2013b, kuva 3). Perustutkimuksen lisäksi on alusta saakka kehitetty myös menetelmiä, esimerkiksi talvipesien lukumäärään perustuva laskentatapa (Sipilä 1990, Sipilä ym. 1990), jolla saimaannorppien määriä nykyisinkin arvioidaan. Norppia yritettiin 1980-luvulla jopa tarhata lammessa lisääntymistuoton parantamiseksi (Becker 1984), mutta kokeilu ei ollut menestyksellinen. Saimaannorppan siirto vesistöalueelta toiselle sen sijaan oli onnistuneempi yksittäinen kokeilu (Kunnasranta & Hyvärinen 1996). Suojelubiologisen näkökulman ohelle on tutkimukselliseen tarkasteluun 2000-luvulla nousut yhä enemmän myös suojelun sosioekonomiset vaikutukset ja yhteiskunnallinen hyväksyttävyys (Salmi ym. 2000, 2013, Tonder & Jurvelius 2004, Tonder & Salmi 2004, Auvinen ym. 2005, Bell ym. 2008, Ratamäki & Salmi 2015).

Verkkokalastusrajoituksen alueellinen laajentuminen perustuu telemetriatutkimuksissa saatuaan tietoon saimaannorppien liikkumisesta. Ennen liikkumistutkimusten alkua vieroitettuna kuutiin oletettiin liikkuvan keskimäärin kolmen kilometrin säteellä syntymäpaikastaan ensimmäisen kesän aikana. Tämä perustui poikaspesien sijanteihin suhteessa kuolleena löydettyihin kuutteihin (Sipilä 1991). Radiolähetintulosten perusteella kuutiin liikkuminen voi olla tähän nähden jopa viisinkertainen pelkästään yhden vuorokauden sisällä ja

aikaisemmista oletuksista poiketen kuutit viihtyvät selkävesien lisäksi myös matalissa rantavesissä. Kuutin elinpiiri on ensimmäisenä kesänä keskimäärin 90 ± 70 (SD) km²:n suuruinen (Niemi ym. 2013a). Todellisuudessa se voi olla vielä suurempi, sillä radiotelemetrialla saadut elinpiiriarviot ovat tyypillisesti aliarvioita verrattuna satelliittiseurantaan (Niemi 2013). Tähän viittaa myös yhden satelliittipaikantimella merkityn saimaannorppakuutin elinpiiri, joka oli touko-kesäkuussa vajaat pari kuukautta kestäneen seurannan aikana yli 150 km² (Niemi & Kunnasranta, julkaisematon aineisto). Kuuttien runsas liikkuminen ei sinällään ole yllättävää, sillä esimerkiksi nuorten itämerennorppien *P. h. botnica* keskimääräinen elinpiiri on runsaat 8700 km² (Oksanen ym. 2015), mikä on lähes kaksinkertainen alue Saimaan pinta-alaan nähden. Nuorten liikkumisesta huolimatta saimaannorppa on toisaalta erittäin paikkauskollinen (Hyvärinen ym. 1995, Kunnasranta 2001, Koskela ym. 2002, Niemi ym. 2013b). Viimeisimmät genetiikan (Valtonen ym. 2012, 2014) ja käyttäytymisekologian (Koivuniemi ym. 2016) tutkimukset viittaavat synnyinpaikkauskollisuuteen, sillä nuoruusiän dispersaalin jälkeen norpat näyttäsivät palaavat syntymävesilleen lisääntymään. Selkeintä synnyinpaikkauskollisuus on naarailla (Valtonen ym. 2014). Voimakas paikkauskollisuus tekee saimaannorpasta erityisen herkän sen elinympäristössä tapahtuville muutoksille (Kunnasranta 2001).

Norpan uhanalaisuuden biologiaa

Saimaannorppakanta on yhä erittäin pieni, vaikka se kasvaa. Keväisiin pesälaskentoihin perustuva laskentakanta on viimeisen kymmenen vuoden aikana kasvanut keskimäärin 2.6 % vuodessa ja viimeisen viiden vuoden jaksolla 3.4 % (kuva 2). Suojelutoimenpiteet ovat tehonneet, vaikka kasvu on hidasta verrattuna siihen, että hyljekannan kasvupotentiaali voi suurimmallaan olla 10–12 % vuodessa (esim. Hardin & Härkönen 1999). Keväällä 2016 löydettiin ennätykselliset 85 kuuttia, kun määrä on viitenä edellisenä keväänä vaihdellut 57–62 havaitun kuutin välillä. Metsähallituksen arvion mukaan kanta on kasvanut noin 360 yksilöön (Metsähallitus 2016). Osaltaan viimeaikaista kasvua selittää kevät aikaisten (15.4.–30.6.) verkkokalastuskieltoalueiden merkittävä laajeneminen vuonna 2011 (VNA 294/2011), jolloin keskeisimmät lisääntymisalueet siirtyivät asetuksella

rajoitusten piiriin vapaaehtoisten sopimusten lisäksi. Vuonna 2016 asetukseen perustuva kieltoalue laajeni edelleen noin 2560 neliökilometriin (VNA 14.4.2016/259), mikä on lähes 60 % Saimaan vesipinta-alasta. Sen lisäksi reuna-alueille tehdään vapaaehtoisia rauhoituksia. Samalla ulottui myös norpalle vaarallisten pyydysten (mm. kalatäkyiset koukut, riimuverkot) ympärivuotinen kielto samalle alueelle.

Vaikka kaupallisia kalastajia on Saimaalla vain noin 30, norppa-alueilla verkkoja käyttäviä 100 000–200 000 vapaa-ajankalastajaa (Salmi ym. 2013). Kalastuksen rajoittaminen kohdistuu siis merkittävään pyydysmäärään ja mahdollistaa nyt aikaisempaa useamman vieroitetun kuutin henkiinjäämisen ensimmäisten kriittisten elinkautausien aikana. Havaittu kalanpyydyskuolleisuus näyttää kuitenkin siirtyneen keväästä heinäkuulle ja talvivierokkalastusaikaan helmikuulle (Auttila 2015). On arvioitu, että vain osa todellisesta kuolleisuudesta tulee Metsähallituksen suorittaman kannanseurannan tietoon (Ympäristöministeriö 2011) ja jopa 70 % norpista kuolisi ensimmäisen elinvuoden aikana (Kokko ym. 1998, Sipilä 2003). Laajemmista rajoituksista huolimatta suuri osa syntyneistä kuuteista näyttää edelleen katoavan ennen sukukypsyyttä, sillä kannan havaittu kasvu ei ole ollut sitä, mitä syntyneiden vuosiluokkien perusteella voisi olettaa.

Muutaman sadan yksilön saimaannorppakannan keskeisin sukupuuttoriski on pieni populaatiokoko. Tunnetusti pienissä populaatioissa korostuvat sattuman vaikutukset, kuten esimerkiksi syntyvyyden ja kuolleisuuden satunnaiset vaihtelut ja perinnöllinen heikkeneminen (esim. Lande 1993). Saimaannorpan geenipooli onkin äärimmäisen kapea. Merinorppiin verrattuna sen perinnöllinen muuntelu on vähentynyt lähes 70 % maantieteellisen isolaatiohistorian aikana (Palo ym. 2002), ja uusimmat tutkimukset (Valtonen 2014) viittaavat muuntelun edelleen vähenevään. Mikrosatelliittien heterotsygotia-aste (HE) on vain 0.35, mikä on pienempi kuin millään muulla maailman hyljepopulaatiolla (Valtonen ym. 2014). Lähimmäksi saman suuruusluokan muuntelua (HE=0.40) tavataan vain äärimmäisen uhanalaisilla munkkihylkeillä: *Monachus monachus* (Pastor ym. 2004) ja *M. schauinslandi* (Schultz ym. 2009) sekä aikoinaan lähes sukupuuttoon metsästetyllä pohjanisohylkeellä *Mirounga angustirostris* (Sanvito ym. 2012). Suojelubiologisesti huolestuttavinta on se, että saimaannorppakanta näyttää olevan

jakautumassa geneettisesti alueellisesti, jolloin kyseessä ei ole runsaan 350 norpan yhtenäinen kanta vaan muutamien kymmenien yksilöiden osakantoja (Valtonen ym. 2012, 2014).

Nuorten ikäluokkien kuolleisuus on koko seurantahistorian ollut korkea johtuen erilaisista pesimäaikaisista häiriöistä ja kalastuksen sivusaalis-kuolleisuudesta. Vedenpinnan vaihtelun vaikutus pesäpoikasten selviytymiseen on saatu pitkälti hallintaan Saimaan juoksutuksen ohjaamisella (Sipilä 2003), elohopeapitoisuudet ovat laskeneet pahimmista vuosista (Lyytikäinen ym. 2015) ja kalastusrajoitukset vähentävät sivusaalis-kuolleisuutta, mutta muuttuva ilmasto muodostaa uuden ja osin ennakoimattoman uhkatekijän. Ilmastonmuutos lisää huuhtoumaa, mikä voi nostaa elohopean uudelleen merkittäväksi uhkatekijäksi (Lyytikäinen ym. 2015). Saimaannorpan poikastuotto on vahvasti riippuvainen lumi- ja jääpeitteestä. Huonot lumi- ja jääolosuhteet vaikuttavat kuuttiin joko suoraan lämpötaloudellisten ongelmien ja predaatiopaineen kautta tai välillisesti alhaisena vieroituspainona (Auttila 2015). Hylkeiden alhainen vieroituspaino puolestaan korreloi alentuneen henkiinjäämisen kanssa (esim. Harding ym. 2005) ja saimaannorpalla sen on arvioitu altistavan suurentuneelle pyydyskuolleisuusriskille (Sipilä 2003). Leudot talvet heikkoine lumi- ja jääpeitteineen ovat nyt jo haitanneet niin norppien lisääntymismenetyksiä kuin lumipesien havainnointiin perustuvan kannanarvioinnin luotettavuutta (Auttila 2015).

Uudet menetelmät uhanalaisen tutkimuksessa

Saimaannorpan suojelubiologinen tutkimus on viime vuosina joutunut vastaamaan uusiin haasteisiin. Keskeisinä tekijöinä ovat olleet muuttuvan ilmaston eri vaikutukset (Auttila 2015) ja sosioekonominen vaatimukset entistä läpinäkyvämmästä seurannasta ja suojeluperusteista (Salmi ym. 2013, Ratamäki & Salmi 2015). Vaikka mielipidekyselyn (Hyry 2015) mukaan yli 80 % paikallisista suhtautuu myönteisesti norpansuojeluun, on suurin kritiikki alueellista ja se kohdistuu muun muassa norppien määrään ja seurantamenetelmiin (Salmi ym. 2013, Puranen 2014, Ratamäki & Salmi 2015). Yleisönosastoilla ja joidenkin intressiryhmien piirissä Metsähallituksen tuottamaa kanta-arviota pidetään yleisesti liian pienenä ja tutkijoiden käyttämien seurantalaitteiden arvellaan aiheuttavan norppien verkkokuolemia. Tutkimuksen työkaluiksi ollaankin kehittämässä entistä häiriöt-

tömpiä (Auttila ym. 2014, Valtonen ym. 2015, Koivuniemi ym. 2016) ja myös kansalaisia osallistavia (Auttila ym. 2016b, Koivuniemi ym. 2016) seurantamenetelmiä.

Saimaannorpan pesintäolosuhteiden parantaminen vähälumisina talvina apukinoksilla on ollut onnistuneimpia (Ympäristöministeriö 2014) ja myös maailman mittakaavassa ainutlaatuisimpia suojelutoimenpiteitä (Platt 2015). Kinokset kolataan pääasiallisesti tunnetuille pesärannoille, joilla ei ole luonnonkinosta ennen pesimäkautta tammi-helmikuussa (Auttila ym. 2014, Kunnasranta ym. 2014). Paikkauskollinen saimaannorppa hyväksyy luonnonkinosta jäljittelevän apukinoksen pesäpaikakseen. Esimerkiksi poikkeuksellisen vähälumisena keväänä 2014 yli 90 % havaituista kuuteista syntyi ihmisten kolaamiin kinoksiin. Menetelmällä on myös paikallisten asukkaiden tuki ja valtaosa apukinoksista kolataan nykyisin vapaaehtoisin voimin (Auttila ym. 2016b). Kaikki poikaspesät, niin luonnon muovaamista kuin apukinoksistakin löytyneet, tarkastetaan sukeltaamalla pesinnän jälkeen pesäpoikaskuolleisuuden suuruuden selvittämiseksi. Pesäpoikaskuolleisuus on tehostetun seurannan perusteella korkeampaa (14 %, Auttila ym. 2014) kuin aikaisemmin on oletettu (8 %, Sipilä 2003). Valtaosa kuolinsyistä jää kuitenkin avoimeksi, eikä perinnöllisen heikkenemisen osuutta pesäpoikaskuolleisuuteen voida sulkea pois. Pesäsukellusten yhteydessä kerätään myös istukoita (Auttila ym. 2014), sillä useimmista muista nisäkkäistä poiketen hyljenaaraat eivät syö jälkeisiään synnytyksen jälkeen (Kristal ym. 2012). Istukat tarjoavat geneettisiin tutkimuksiin häiriötä aiheuttamattoman tavan kuuttien kudosnäytteen ottamiseen (Valtonen ym. 2015). Saimaannorpan koko genomin sekvensointi (<http://saimaaringedseal.org/>) tuo uusia mahdollisuuksia yksilöiden ja sukulaissuhteiden tunnistukseen ja siinä istukat ovat tärkeä tutkimusmateriaali.

Telemetria-tutkimuksen rinnalle on käyttäytymisekologiseen tutkimukseen otettu valokuva- ja videoseuranta, joka pitkälti perustuu riistakameroihin. Kamerrat mahdollistavat eläinten ja niiden elinympäristön suoran seurannan ilman tutkijasta itsestään aiheutuvaa häiriötä (Kays & Slauson 2008). Kamera-ansojen sijoittelua helpottaa norppien paikkauskollisuus, joten pesät ja karvanvaihtokivet ovat lähes samoilla rannoilla vuodesta toiseen. Talvisin pesäpaikoille asennetuilla kameroilla selvitetään erityisesti petojen merkitystä pesäpoikasten kuolleisuudelle. Kuva-aineis-

ton perusteella pienpetojen aktiivisuus lisääntyy pesäpaikoilla vähälumisina talvina. Petojen kulku rantaviivassa ei ole satunnaista vaan ne hakeutuvat pesille. Pesimärannoilla liikkuu niin saukkoja *Lutra lutra* kuin ilveksiäkin *Lynx lynx*, mutta selkeästi yleisimpiä ovat kettu *Vulpes vulpes* (68 % petohavainnoista talvina 2010–13; kuva 4) ja supikoira (13 %) (Auttila ym. 2014). Kameraseuran perusteella kettu etsii ja tappaa kuutteja onnistuneesti, jos ne ovat ilman pesän suojaa. Sen sijaan supikoiran, yleisyydestään huolimatta, ei ole havaittu käyneen kuuttien kimppuun (Auttila 2015).

Touko-kesäkuussa riistakamerat asennetaan norppien karvanvaihtoalueille. Jokaisen norpan turkkikuvio on yksilöllinen (kuva 5), mikä mahdollistaa kuvista tapahtuvan yksilöiden tunnistamisen ja yksilöiden seuraamisen läpi eliniän (Koivuniemi ym. 2016, Zhelezniakov ym. 2016). Yksilötunnistuksen avulla voidaan selvittää pesäpaikkauskollisuutta, selviytymistä ja sukulaissuhteita sekä soveltaa pyynti-merkintä-uudelleenpyynti-menetelmää kannan koon arviointiin (Koivuniemi ym. 2016). Parhaillaan on käynnissä koko Saimaan kattava hanke, jossa vuosittain karvanvaihtoaikaan pyritään kuvaamaan mahdollisimman monta norppaa niin riista- kuin tavallisillakin kameroilla. Myös tässä hankkeessa on paikallisilla ihmisillä vahva edustus. Tarkoituksena on tuottaa parin vuoden kuluttua valokuvatunnistukseen perustuva kanta-arvio ja vakiinnuttaa menetelmä osaksi seuranta.

Mitä tutkitaan tulevaisuudessa?

Muuttuva ympäristö ja pieni populaatiokoko luovat merkittävimmät uhat saimaannorpalle tulevaisuudessakin. Suojelutavoite on edelleen kannan koon voimakas kasvu, sillä se suojaisi niin ilmastomuutosta kuin geneettistä köyhtymistä vastaan. Yksi tehokkaimpia keinoja kannan kasvattamiseksi on sivusaalisuolleisuuden minimointi (Ranta ym. 1996, Kokko ym. 1998, Sipilä 2003, Niemi 2013, Valtonen 2014, Auttila 2015). Seurantamenetelmiä tulee entisestään kehittää ennakkoluulottomasti ja ennakoiden. Ilmastoennusteiden mukaan lumipeitteinen aika Suomessa lyhenee merkittävästi (Räisänen & Eklund 2011) ja tulee vielä talvia, jolloin ei ole lunta kolattavaksi pesäkinoksiksi. Tätä varten on jo aloitettu keinopesäkokeiluja eri materiaaleista, joissa pyritään kehittämään kelluva luolamainen rakenne, jonka norppa hyväksyisi pesäpaikakseen.



Kuva 4. Riistakamerakuva ketusta norpan poikaspesän läheisyydessä Pihlajavedellä maaliskuussa 2015. Kuva: Itä-Suomen yliopisto / Saimaannorppatutkimus.

Fig. 4. Game camera image on red fox in the vicinity of the Saimaa ringed seal birth lair on Pihlajavesi basin of Lake Saimaa in March 2015. Photo: UEF / ringed seal research.

Suojelualueista huolimatta norpalle sopiva elinympäristö supistuu koko ajan. Saimaan rannat mökittyvät ja ihmistoiminnan on arveltu häiritsevän norpan pesintää (Sipilä 2003). Aihetta on hankala tutkia kokeellisesti, koska se edellyttäisi uhanalaisten eläinten aktiivista häirintää niiden pesimäaikaan. Kuitenkin häiriöherkkyttä koskevalla tiedolla on selkeä tarve maankäytön suunnittelussa. Laskennallinen lähestymistapa voi auttaa selvittämään onko rakennusten ja muun ihmistoiminnan etäisyydellä ja tiheydellä yhteyttä pesäpoikaskuolleisuuteen. Elinympäristön pirstaleisuus yhdistettynä norpan käyttäytymisbiologiaan on oma ongelmansa. Vaikka urokset liikkuvat synnynpaikkauskollisia naaraita enemmän, ei sokereloisen Saimaan osa-alueiden välisen geenivaihdon arvioida olevan riittävää ylläpitämään kannan nykyistä perinnöllistä monimuotoisuutta (Valtonen ym. 2014). On mahdollista, että tulevaisuudessa joudutaan siirtämään norppayksilöitä Saimaan sisällä geneettisistä syistä.

Suojelubiologisista haasteista huolimatta, saimaannorppa ja sen ainutlaatuinen geeniperimä luovat myös erinomaisen mallipopulaation tutkittaessa esimerkiksi populaatioiden geneettisiä pullonkauloja, ympäristöön sopeutumista ja sukusiitoksen vaikutuksia niin eläin- kuin ihmispopulaatioissa. Lisäksi pienen populaation läheinen kytkös ihmiseen mahdollistaa kansalaisten osallistamisen ja kansalaistiedon hyödyntämisen



Kuva 5. Saimaannorppan turkkikuviot ovat yksilöllisiä ja pysyvät muuttumattomina läpi yksilön eliniän. Kuva: Mervi Kunnasranta.

Fig. 5. Unique fur patterns of the Saimaa ringed seal are permanent through individual's life span. Photo: Mervi Kunnasranta.

uhanalaistutkimuksessa ja -seurannassa, joilla voidaan osaltaan lisätä suojelun läpinäkyvyyttä ja lieventää alueellista konfliktia.

Kiitokset. Kiitokset käsikirjoituksen kommentoinista Heikki Hyväriselle ja Mia Valtoselle. Kiitokset myös anonyymeille arvioitsijoille.

Summary: Conservation biology of the Saimaa ringed seal: from research to actions

The endangered Saimaa ringed seal *Phoca hispida saimensis* is a former game animal in Finland. It was hunted since prehistoric periods until its protection in 1955. Bounties were still paid as late as 1948 due to suggested damages caused to fisheries. Seals were mainly hunted using firearms (Fig. 1) and hunting was highest on Lake Saimaa before and after the world wars. Hunting was one of the causes for population declines and even for local extinctions in some lake regions, but on the other hand, local seal hunters and game organizations were the first to actively promote the protection of this rare and landlocked population. After protection, environmental toxins together with high juvenile by-catch mortality and habitat destruction accelerated population decline. During the 1960s and 1970s, mercury concentrations measured from the tissues of Saimaa ringed seals were found to be the highest ever detected in pinnipeds. The Saimaa ringed seal was included in the IUCN red list of threatened species in 1966, as the first subspecies ever added to the list. WWF Finland established a working group in the 1980s, which focused on developing the monitoring of the Saimaa ringed seal population and providing conservation recommendations. The Saimaa ringed seal population used to be much larger in the past than today. Up to 1000 seals have been estimated to have inhabited Lake Saimaa some 100 years ago, based on bounty statistics (see Fig. 2). Since 1958 uncertain population estimates varied between

60 and 400, but the first systematic census in the 1980s indicated a total population of 113–160 individuals. After those years the population has slowly been recovering due to active conservation measures and purified lake water.

Nowhere else do humans and an entire seal population live so near to each other as in Lake Saimaa. Due to their limited distribution, the seal population is also relatively well studied. Research on the Saimaa ringed seal has been active and diverse, focusing on basic biological research, but also on key factors essential for population monitoring and protection. Socio-economical and societal acceptability issues related to seal conservation measures have also been studied later in the 2000s. Study results have had implications in Saimaa ringed seal conservation strategies. Particularly knowledge on movement patterns and habitat usage (Fig. 3) has been taken into account in planning fishing area closures and land usage. Although Saimaa ringed seals disperse over relatively large areas as juveniles, they later appear to return to their natal sites. Females in particular are highly philopatric. High site fidelity of the Saimaa ringed seal makes the subspecies vulnerable to changes in its habitat.

The size of the Saimaa ringed seal population is still small, although the number of seals has slowly been increasing. Based on snow lair censuses, the population has grown and in 2016 Metsähallitus, the authority responsible for monitoring and conserving the subspecies, released its highest pup census numbers during established census history. Recent growth is partly explained by the areal enlargement of fishing restrictions during the most critical season (15.4.–30.6.) annually. In 2016 the closure area was 2560 km², which covers almost 60% of the lake's surface area. Although there are only 30 commercial fishermen in Lake Saimaa, the number of recreational fishermen using gill nets totals 100 000–200 000. Fishing restrictions enable the survival of more weaned pups than previously. However, hidden mortality that remains undetected is estimated to occur, based on the observed low growth rate of the population. In addition, the observed by-catch mortality seems to have changed from early summer to July and February.

The biggest extinction risk facing the Saimaa ringed seal is its small population size, which makes it vulnerable to random effects, such as changes in mortality and birth rates along with inevitable inbreeding. The gene pool of the Saimaa ringed seal is extremely low and its microsatellite DNA variation is the lowest observed in pinnipeds. Moreover, genetic differentiation already appears to occur between the lake regions, which indicates that the population has been divided into genetically partly isolated subpopulations. Throughout the population's monitoring history, juvenile mortality has been extremely high due to varied disturbances during the breeding season and by-catch mortality. Effects of mortality factors have been partly mitigated, but climate change forms an unpredictable risk factor, the negative effects of which focus particularly on the juvenile survival of a species that is dependent on sufficient snow and ice cover as its breeding habitat. In addition, weak snow conditions hamper population estimation, which is based on the observed numbers of snow lairs.

During the last ten years, conservation biology research of the Saimaa ringed seal has focused on mitigating the effects of climate change, making population monitoring more transparent, and developing non-invasive research methods. Man-made snowdrifts have so far been the most successful and globally unique conservation operation. They have been piled at the breeding sites of seals to improve pup survival during winters with poor snow conditions. During the mild and late winter of 2014, over 90% of discovered pups were born in man-made snowdrifts. Artificial nests are also currently being developed for winter conditions without snow. Remote cameras are used for estimating pup predation in winter (Fig. 4). Based on image data, mild winters increase the activity of medium-sized carnivores at lair sites, and at least the red fox *Vulpes vulpes* kills pups. The raccoon dog *Nyctereutes procyonoides*, an invasive species and another common predator of lair sites, has not been observed to prey on pups. Cameras are also used for Photo-ID-purposes (see Fig. 5) during the spring moulting season, and this method with mark-recapture approaches could provide a new tool for estimating population size. Thus, more computation methods will be included for estimating the effects of human-caused disturbance in breeding success. It is also possible that seal translocations within the lake will be performed to improve the gene flow between regions. Engaging more local people in monitoring and conservation actions may aid in mitigating conflicts related to seal conservation.

Kirjallisuus/References

- Auttila, M. 2015: The endangered Saimaa ringed seal in a changing climate – challenges for conservation and monitoring. – PhD thesis, University of Eastern Finland.
- Auttila, M., Niemi, M., Skrzypczak, T., Viljanen, M. & Kunasranta, M. 2014: Estimating and mitigating perinatal mortality of the endangered Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) in a changing climate. – *Annales Zoologici Fennici* 51: 526–534.
- Auttila, M., Sinisalo, T., Valtonen, M., Niemi, M., Viljanen, M., Kurkilahti, M. & Kunasranta, M. 2015: Diet composition and seasonal feeding patterns of a freshwater ringed seal (*Pusa hispida saimensis*). – *Marine Mammal Science* 31: 45–65.
- Auttila, M., Kurkilahti, M., Niemi, M., Levänen, R., Sipilä, T., Isomursu, M., Koskela, J. & Kunasranta, M. 2016a: Morphometrics, body condition, and growth of the ringed seal (*Pusa hispida saimensis*) in Lake Saimaa: implications for conservation. – *Marine Mammal Science* 32: 252–267.
- Auttila, M., Heikkilä, P., Koskela, J., Kunasranta, M., Marttinen, I., Niemi, M., Tiilikainen, R. & Sipilä, T. 2016b: Uudet menetelmät tehostavat saimaannorpan suojelua ja kannanseurantaa muuttuvassa ilmastossa. – *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja*. Sarja A 223, 20 pp. (In Finnish).
- Auvinen, H., Järvelius, J., Koskela, J. & Sipilä, T. 2005: Comparative use of vendace by humans and Saimaa ringed sea in Lake Pihlajavesi, Finland. – *Biological Conservation* 125(3): 381–389.
- Bergman, G. 1958: Suomen hyljekannoista. – *Suomen Riista* 12: 110–124. (In Finnish).
- Becker, P. (toim.) 1984: Saimaannorppa. – *Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy*. 136 pp. (In Finnish).
- Bell, S., Hampshire, K. & Tonder, M. 2008: Person, place, and knowledge in the conservation of the Saimaa ringed seal. – *Society and Natural Resources* 21(4): 277–293.
- Harding, K.C. & Härkönen, T. 1999: Development in the Baltic Grey Seal (*Halichoerus grypus*) and Ringed Seal (*Phoca hispida*) Populations during the 20th Century. – *Ambio* 28 (7): 619–627.
- Harding, K.C., Fujiwara, M., Axberg, Y. & Härkönen, T. 2005: Mass-dependent energetics and survival in harbor seal pups. – *Functional Ecology* 19: 129–135.
- Helle, E., Hyvärinen, H., Pyysalo, H. & Wickström, K. 1983: Levels of organochlorine compounds in an inland seal population in Eastern Finland. – *Marine Pollution Bulletin* 14: 256–260.
- Helle, E., Hyvärinen, H. & Sipilä, T. 1984: Breeding habitat and lair structure of the Saimaa ringed seal *Phoca hispida saimensis* Nordq. in Finland. – *Acta Zoologica Fennici* 172: 125–127.
- Helle, E., Hyvärinen, H. & Stenman, O. 1985: PCB and DDT levels in the Baltic and Saimaa seal populations. – *Finnish Game Research* 44: 63–68.
- Helminen, M., Karppanen, E. & Koivisto, I. 1968: Saimaan norpan elohopeapitoisuudesta 1967. – *Suomen Eläinlääkärilehti* 74: 87–89. (In Finnish).
- Hyry, J. 2015: Saimaannorpan suojelu ja suhtautuminen verkkokalastukseen. TNS Gallup Oy: kartoitus WWF:n toimeksiannosta [http://www.fi/mediabank/7820.pdf]. (In Finnish).
- Hyvärinen, H. 1989: Diving in darkness: whiskers as sense organs of the ringed seal (*Phoca hispida saimensis*). – *Journal of Zoology* 218: 663–678.
- Hyvärinen, H. & Sipilä, T. 1984: Heavy metals and high pup mortality in the Saimaa ringed seal population in Eastern Finland. – *Marine Pollution Bulletin* 15: 335–337.
- Hyvärinen, H. & Katajisto, H. 1984: Functional structure of the vibrissae of the ringed seal (*Phoca hispida* Schr.). – *Acta Zoologica Fennici* 171: 27–30.
- Hyvärinen, H. & Nieminen, M. 1990: Differentiation of the ringed seal in the Baltic Sea, Lake Ladoga and Lake Saimaa. – *Finnish Game Research* 47: 21–27.
- Hyvärinen, H., Hämäläinen, E. & Kunasranta, M. 1995: Diving behavior of the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis* Nordq.). – *Marine Mammal Science* 11(3): 324–334.

- Hyvärinen, H., Sipilä, T., Kunnasranta, M. & Koskela, J.T. 1998: Mercury pollution and the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*). – *Marine Pollution Bulletin* 36: 76–81.
- Hyvärinen, H., Kunnasranta, M., Nieminen, P. & Taskinen, J. 2004: Hyle – Saimaan oma norppa. – Tammi 145 pp. (In Finnish).
- Hyvärinen, H., Palviainen, A., Strandberg, U. & Holopainen, I.J. 2009: Aquatic Environment and Differentiation of Vibrissae: Comparison of Sinus Hair Systems of Ringed Seal, Otter and Pole Cat. – *Brain Behavior and Evolution* 74: 268–279.
- IUCN 1973: Proceedings of a Working Meeting of Seal Specialists on Threatened and Depleted Seals of the World, held under the auspices of the Survival Service Commission of IUCN, 1973. – IUCN publications new series, supplementary paper 39.
- Kari, T. & Kauranen, P. 1978: Mercury and selenium contents of seals from fresh and brackish water in Finland. – *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 18: 273–280.
- Kays, R.W. & Slauson, K.M. 2008: Remote cameras. – *Teoksessa/In: Long, R.A., MacKay, P., Ray, J. & Zielinski, W. (toim./eds), Noninvasive survey methods for carnivores*. pp. 110–140.
- Koistinen, J., Paasivirta, J., Suonperä, M. & Hyvärinen, H. 1995: Contamination of pike and sediment from the Kymijoki river by PCDs, PCDDs, and PCDFs: Contents and patterns compared to pike and sediment from the Bothnian Bay and seals from Lake Saimaa. – *Environmental Science & Technology* 29 (10): 2541–2547.
- Koivisto, I. 1972: Saimaanhylje. – *Teoksessa/In: Siivonen, L. (toim./ed.), Suomen nisäkkäät 2*). Otavan kirjapaino. pp. 323–323. (In Finnish).
- Koivisto, I. 1983: Saimaannorppa. – *Teoksessa/In: Koivisto I. (toim./ed.), Suomen eläimet: Nisäkkäät Amer-yhtymä Oy Weilin+Göösin kirjapaino 1989, Espoo*. pp. 266–239.
- Koivuniemi, M., Auttila, M., Niemi, M., Levänen, R. & Kunnasranta, M. 2016: Photo-ID as a tool for studying and monitoring the endangered Saimaa ringed seal. – *Endangered Species Research* 30: 29–36.
- 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.
- 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.
- Koskela, J.T., Kunnasranta, M., Hämäläinen, E. & Hyvärinen, H. 2002: Movements and use of haul-out sites of radio-tagged Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis* Nordq.) during the open-water season. – *Annales Zoologici Fennici* 39: 59–67.
- Kostamo, A., Medvedev, N., Pellinen, J., Hyvärinen, H. & Kukkonen, J.V.K. 2000: Analysis of organochlorine compounds and extractable organic halogen in three subspecies of ringed seal from northeast Europe. – *Environmental Toxicology and Chemistry* 19 (4): 848–854.
- Kostamo, A., Hyvärinen, H., Pellinen, J. & Kukkonen, J.V.K. 2002: Organochlorine concentrations in the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) from Lake Haukivesi, Finland, in 1981–2000 and in its diet today. – *Environmental Toxicology and Chemistry* 21 (7): 1368–1376.
- Kovacs, K.M., Aguilar, A., Auriolles, D., Burkanov, V., Campagne, 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.
- Kristal, M.B., DiPirro, J. M. & Thompson, A. C. 2012: Placentophagia in humans and nonhuman mammals: causes and consequences. – *Ecology of Food and Nutrition* 51: 177–197.
- Kunnasranta, M. 2001: Behavioural biology of two ringed seal (*Phoca hispida*) subspecies in the large European lakes Saimaa and Ladoga. – PhD thesis, University of Joensuu.
- Kunnasranta, M. & Hyvärinen, H. 1996: Saimaannorpan siirto onnistui. – *Luonnontutkija* 2: 48–51. (In Finnish).
- Kunnasranta, M., Hyvärinen, H., Sipilä, T. & Koskela, J.T. 1999: The diet of the Saimaa ringed seal *Phoca hispida saimensis*. – *Acta Theriologica* 44 (4): 443–450.
- Kunnasranta, M., Hyvärinen, H., Häkkinen, J. & Koskela, J.T. 2002: Dive types and circadian behaviour patterns of Saimaa ringed seals *Phoca hispida saimensis* during the open-water season. – *Acta Theriologica* 47 (1): 63–72.
- Kunnasranta, M., Levänen, R., Auttila, M., Niemi, M. & Viljanen, M. 2014: Toimintasuunnitelma saimaannorpan pesimäolosuhteiden ennallistamiseen muuttuvassa ilmastossa. – WWF Suomi, 22 pp. (In Finnish).
- Käkelä, R. 1996: Fatty acid compositions in subspecies of ringed seal (*Phoca hispida*) and several semiaquatic mammals: site-specific and dietary differences. – PhD thesis, University of Joensuu.
- Käkelä, R. & Hyvärinen, H. 1998: Composition of polyunsaturated fatty acids in the liver of freshwater and marine ringed seals (*Phoca hispida* spp.) differs largely due to the diet of the seals. – *Comparative Biochemistry and Physiology* 120: 231–237.
- Käkelä, R. & Hyvärinen, H. 1993a: Fatty acid composition of fats around the mystacial and superciliary vibrissae differs from that of blubber in the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*). – *Comparative Biochemistry and Physiology* 105B: 547–552.
- Käkelä, R., Hyvärinen, H. & Vainiotalo, P. 1993b: Fatty acid composition in liver and blubber of the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) compared with that of the ringed seal (*Phoca hispida* Botnica) and grey seal (*Halichoerus grypus*) from the Baltic. – *Comparative Biochemistry and Physiology* 105B: 553–565.
- Käkelä, R., Ackman, R. G. & Hyvärinen, H. 1995: Very long chain polyunsaturated fatty acids in the blubber of ringed seals (*Phoca hispida* sp.) from Lake Saimaa, Lake Ladoga, the Baltic Sea and Spitsbergen. – *Lipids* 30: 725–731.
- Käkelä, R., Hyvärinen, H. & Käkelä, A. 1997: Vitamins A1 (Retinol), A2 (3, 4-Didehydroretinol) and E (*f₆*-Tocopherol) in the liver and blubber of lacustrine and marine ringed seals. – *Comparative Biochemistry and Physiology* 116B: 27–33.

- Käkelä, A., Käkelä, R. & Hyvärinen, H. 2002: Analysis of hepatic vitamins A1, A2, their fatty acyl esters, and vitamin E for biomonitoring mammals feeding on freshwater fish. – *Environmental Toxicology and Chemistry* 21: 390–396.
- Lande, R. 1993: Risks of population extinction from demographic and environmental stochasticity and random catastrophes. – *The American Naturalist* 142(6): 911–927.
- 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 pp.
- 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. – *Environmental Science & Technology* 49: 11808–11816.
- Lönnberg, E. 1937: Sälen i sjön Saiman i Finland, *Phoca hispida saimensis*. – *Fauna och Flora* 32: 287–288.
- Martinen, A. 1950: Mikä on Saimaan hylkeen kohtalo? – *Metsästys ja Kalastus* 4: 116–118. (In Finnish).
- Metsähallitus 2016: Hyljekanta 2005–2016, <http://www.metsa.fi/saimaannorppa/hyljekanta2016>. (In Finnish).
- Moisseinen, E. 1997: Contingen valuation. The case of the Saimaa seal. – PhD thesis, University of Joensuu.
- Niemi, M. 2013: Behavioural ecology of the Saimaa ringed seal – implications for conservation. – PhD thesis, University of Eastern Finland.
- Niemi, M., Auttila, M., Viljanen, M. & Kunnasranta, M. 2012: Movement data and their application for assessing the current distribution and conservation needs of the endangered Saimaa ringed seal. – *Endangered Species Research* 19: 99–108.
- Niemi, M., Auttila, M., Viljanen, M. & Kunnasranta, M. 2013a: Home range, survival and dispersal of endangered Saimaa ringed seal pups: implications for conservation. – *Marine Mammal Science* 29: 1–13.
- Niemi, M., Auttila, M., Valtonen, A., Viljanen, M. & Kunnasranta, M. 2013b: Haulout patterns of Saimaa ringed seals and their response to boat traffic during the moulting season. – *Endangered Species Research* 22: 115–124.
- Nordqvist, O. 1892: Hylkeen hävittäminen Laatokasta, Itämerestä ja Saimaasta. 15.04.1892 – *Suomen kalastuslehti* 4: 54–50. <http://digi.kansalliskirjasto.fi/aikakausi/> (In Finnish).
- Nyman, T., Valtonen, M., Aspi, J., Ruokonen, M., Kunnasranta, M. & Palo, J.U. 2014: Demographic histories and genetic diversities of Fennoscandian marine and landlocked ringed seal subspecies. – *Ecology and Evolution* 4: 3420–3434.
- Oksanen, S. M., Niemi, M., Ahola, M.P. & Kunnasranta, M. 2015: Identifying foraging habitats of Baltic ringed seals using movement data. – *Movement Ecology* 3:33.
- Palo, J. 2003: Genetic diversity and phylogeography of landlocked seals. – PhD thesis, University of Helsinki.
- Palo, J.U., Hyvärinen, H., Helle, E., Mäkinen, H.S. & Väinölä, R. 2002: Postglacial loss of microsatellite variation in the landlocked Lake Saimaa ringed seal. – *Conservation Genetics* 4: 117–128.
- Pastor, T., Garza, J.C., Allen, P., Amos, W. & Aguilar, A. 2004: Low genetic variability in the highly endangered Mediterranean monk seal. – *Journal of Heredity* 95: 291–300.
- Platt, J.R. 2015: Another New Tool for Seal Conservation: Snow Shovels – Scientific American, <http://blogs.scientificamerican.com/extinction-countdown/saimaa-seals-snow-shovels/>.
- Puranen, S. 2014: Norppavesillä Saimaannorpan suojelu vuosina 2010–2013 Etelä-Saimaassa ja Itä-Savossa käydyssä sanomalehtikeskustelussa. – MSc thesis, University of Tampere.
- Ranta, E., Lindström, J. & Kokko, H. 1996: Ecological risk analysis: the case of the Saimaa ringed seal. – *Ambio* 25: 363–365.
- Ratamäki, O. & Salmi, P. 2015: The most contested in Finland: Large carnivores and the Saimaa ringed seal – challenges of socio-ecological rhythms and their practical implications. – *European Countryside* 7 (1): 1–15.
- Rautio, A., Niemi, M., Kunnasranta, M., Holopainen, I. & Hyvärinen, H. 2009: Vocal repertoire of the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) during the breeding season. – *Marine Mammal Science* 25(4): 920–930.
- Räsänen, J. & Eklund, J. 2011: 21st century changes in snow climate in Northern Europe as simulated by regional climate models in the ENSEMBLES project: a high-resolution view from ENSEMBLES regional climate models. – *Climate Dynamics* 38: 2575–2591.
- Salmi, P., Auvinen, H., Jurvelius, J. & Sipponen, M. 2000: Finnish lake fisheries and conservation of biodiversity: coexistence or conflict? – *Fisheries Management and Ecology* 7: 127–138.
- Salmi, P., Kolari, I., Auvinen, H., Kunnasranta, M., Eskelinen, P., Mellanoura, J. & Hirvonen, E. 2013: Kalastus, saimaannorppa ja norppahavainnointi. – *Riista ja kalatalous. Tutkimuksia ja selvityksiä*, No 3, 34 pp. (In Finnish).
- Schultz, J.K., Baker, J.D., Toonen, R.J. & Bowen, B.W. 2009: Extremely low genetic diversity in the endangered Hawaiian monk seal (*Monachus schauinslandi*). – *Journal of Heredity* 100: 25–33.
- Sanvito, S., Dueñas, M.A., Schramm, Y., Cruz, H.P., Esquer G.Y. & Galimberti F. 2012: Isolation and cross-species amplification of novel microsatellite loci in a charismatic marine mammal species, the northern elephant seal (*Mirounga angustirostris*). – *Conservation Genetic Research* 5: 93–96.
- Sinisalo, T., Kunnasranta, M. & Valtonen, E.T. 2003: Intestinal helminths of a landlocked ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) population in eastern Finland. – *Parasitology Research* 91: 40–45.
- Sinisalo, T., Poulin, R., Högmader, H., Juuti, T. & Valtonen E.T. 2004: The impact of sexual selection on *Corynosoma magdalenae* (*Acanthocephala*) infrapopulations in Saimaa ringed seals (*Phoca hispida saimensis*). – *Parasitology* 128: 179–185.
- Sipilä, T. 1990: Lair structure and breeding habitat of the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis* Nordq.) in Finland. – *Finnish Game Research* 47: 11–20.
- Sipilä, T. 1991: Saimaanhyljealuiden suojelutavoitteet. – *Maailman Luonnon Säätiön WWF Suomen Rahaston Raportteja*, No 5. 82 pp. (In Finnish).

- Sipilä, T. 2003: Conservation Biology of Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) with reference to other European seal populations. – PhD thesis, University of Helsinki.
- Sipilä, T. & Kokkonen, T. 2009: Saimaannorppakannan tila vuonna 2009. – Raportti, Metsähallitus, 19 pp. (In Finnish).
- Sipilä, T. & Kokkonen, T. 2009: Saimaannorppakannan tila vuonna 2008 – Pieni ja pirstoutunut saimaannorppakanta on kriittisesti uhanalainen. – Raportti, asianumero 707/41/2009, Metsähallitus, Etelä-Suomen luontopalvelut, 16.3.2009. 18pp. (In Finnish).
- Sipilä, T., Helle, E. & Hyvärinen, H. 1990: Distribution, population size and reproductivity of the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis* Nordq.) in Finland, 1980–84. – Finnish Game Research 47: 3–10.
- Strandberg, U. 2012: Detailed stratification patterns and vertical layering of lipids in seal blubber – source of ecophysiological information. – PhD thesis, University of Eastern Finland.
- Strandberg, U., Käckelä, A., Lydersen, C., Kovacs, KM., Grahl-Nielsen, O., Hyvärinen, H. & Käckelä, M. 2008: Stratification, composition, and function of marine mammal blubber: the ecology of fatty acids in marine mammals. – Physiological and Biochemical Zoology 81(4): 473–85.
- Strandberg, U., Sipilä, T., Koskela J., Kunnasranta, M. & Käckelä, M. 2011: Vertical fatty acid profiles in blubber of a freshwater ringed seal – comparison to a marine relative. – Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 407 (2): 256–265.
- Tonder, M. 2005: Anatomy of an Environmental Conflict – A Case Study of the Conservation of the Saimaa Ringed Seal. – PhD thesis, University of Joensuu.
- Tonder, M. & Jurvelius, J. 2004: Attitudes towards fishery and conservation of the Saimaa ringed seal in Lake Pihlajavesi, Finland. – Environmental Conservation, pp 122–129.
- Tonder, M. & Salmi, P. 2004: Institutional changes in fisheries governance: the case of the saimaa ringed seal, *Phoca hispida saimensis*, conservation. – Fisheries Management and Ecology 11: 283–290.
- Ukkonen, P. 2002: The early history of seals in the northern Baltic. – Annales Zoologici Fennici 39: 187–207.
- Usenius, T., Mustonen, A.-M., Usenius, J.-P., Hyvärinen, H., Sipilä, T., Koskela, J.T. & Nieminen, P. 2007: Magnetic resonance imaging and its applications in morphological studies of pinnipeds. – Annales Zoologici Fennici 44: 355–367.
- Valtonen, E.T. & Helle, E. 1988: Host-parasite relationships between two seal populations and two species of *Corynosoma* (Acanthocephala) in Finland. – Journal of Zoology 214: 361–371.
- Valtonen, M. 2014: Conservation genetics of the Saimaa ringed seal: insights into the history of a critically endangered population. – PhD-thesis, University of Eastern Finland.
- Valtonen, M., Palo, J., Ruokonen, M., Kunnasranta, M. & Nyman, T. 2012: Spatial and temporal variation in genetic diversity of an endangered freshwater seal. – Conservation Genetics 13: 1231–1245.
- Valtonen, M., Palo, J.U., Aspi, J., Ruokonen, M., Kunnasranta, M. & Nyman, T. 2014: Causes and consequences of fine-scale population structure in a critically endangered freshwater seal. – BMC Ecology 14: 22.
- Valtonen, M., Heino, M., Aspi, J., Buuri, H., Kokkonen, T., Kunnasranta, M., Palo J.U. & Nyman, T. 2015: Genetic monitoring of a critically-endangered seal population based on field-collected placentas. – Annales Zoologici Fennici 52: 51–65.
- Ylimaunu, J. 2000: Itämeren hylkeenpyyntikulttuurit ja ihmisen-hylje-suhde. – Suomalaisen kirjallisuuden seuran toimituksia 773, 510 pp. (In Finnish).
- Ympäristöministeriö 2011: Saimaannorpan suojelun strategia ja toimenpidesuunnitelma. – Ympäristöministeriö, Helsinki. 114 pp. (In Finnish).
- Ympäristöministeriö 2014: http://www.ym.fi/fi-fi/ajankohtaista/tiedotteet/saimaannorpan_pesien_kinostus_paras_luon%2832172%29 (In Finnish).
- Zhelezniakov, A., Eerola, T., Koivuniemi, M., Auttila, M., Levänen, R., Niemi, M., Kunnasranta, M. & Kälviäinen, H. 2015: Segmentation of Saimaa ringed seals for identification purposes. In the proceedings of the 11th International Symposium on Visual Computing, ISVC 2015, 227– 236, Las Vegas, NV, USA, 2015. [doi:10.1007/978-3-319-27863-6_21].
- Hyväksytty/Accepted 4.10.2016.
- Mervi Kunnasranta^{1,2}, Marja Niemi² ja Miina Auttila³
- ¹Luonnonvarakeskus
Natural Resources Institute Finland (Luke)
Yliopistokatu 6
FI-80100 Joensuu, Finland
- ²Itä-Suomen yliopisto
Ympäristö- ja biotieteiden laitos
University of Eastern Finland
Department of Environmental and Biological Sciences
P.O. Box 111
FI- 80101 Joensuu, Finland
- ³Metsähallitus
Etelä-Suomen luontopalvelut
Metsähallitus
Parks & Wildlife Finland, Southern Finland
Akselinkatu 8
FI-57130 Savonlinna, Finland