



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 10/2017

# Lohikalojen ylisiirrot vaelluskalakantojen hoitotoimena

Kirjallisuuskatsaus

Maare Marttila, Panu Orell, Olli van der Meer, Mikko Jaukkuri,  
Aki Mäki-Petäys ja Jaakko Erkinaro

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2017

# **Lohikalojen ylisiirrot vaelluskalakantojen hoitotoimena**

Kirjallisuuskatsaus

Maare Marttila, Panu Orell, Olli van der Meer, Mikko Jaukkuri,  
Aki Mäki-Petäys ja Jaakko Erkinaro

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2017

Marttila, M., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. ja Erkinaro, J. 2017. Lohikalojen ylisiirrot vaelluskalakantojen hoitotoimena. Kirjallisuuskatsaus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2017.



ISBN: 978-952-326-363-5 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-364-2 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-364-2>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Maare Marttila, Panu Orell, Olli van der Meer, Mikko Jaukkuri, Aki Mäki-Petäys ja Jaakko Erkinaro

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2017

Julkaisuvuosi: 2017

Kannen kuva: Panu Orell

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

# Tiivistelmä

Maare Marttila, Panu Orell, Olli van der Meer, Mikko Jaukkuri, Aki Mäki-Petäys ja Jaakko Erkinaro  
Luonnonvarakeskus, Oulu

Vaelluskalakantojen hoidossa ylisiirrot ovat yksi mahdollinen toimenpide, jolla pyritään turvaamaan kutukalojen pääsy voimalaitospatojen yläpuolisille lisääntymisalueille. Suomessa lohikalajien ylisiirrot ovat yleistyneet viime vuosikymmenen aikana ja ne nähdään yhtenä tukitoimenpiteenä, jolla tuetaan kalateiden toimintaa ja vaelluskalakantojen elvyttämistä. Yleensä tavoitteena on aikaansaada jokialueelle leimautunut ja sinne kutunousullaan takaisin pyrkivä vaelluskalasto.

Tähän kirjallisuuskatsaukseen on koottu olemassa olevaa tietoa pääasiassa Atlantin lohien ylisiirtojen tuloksista Suomesta ja ulkomailta sekä soveltuvin osin tutkimustietoa myös muista vaelluskalalajeista. Selvityksen perusteella kokemukset ylisiirroista olivat vaihtelevia. Useimmiten lohet näyttivät pysyttelevän ylisiirtojen tavoitealueella, jatkavan nousuvaellustaan ja hakeutuvan lajityypillisille lisääntymisalueille. Osassa tutkimuksia lohet olivat kuitenkin haluttomia jatkamaan vaellusta ja joskus jopa suurin osa ylisiirretyistä kaloista laskeutui pois kohdealueelta ennen kutuaikaa. Lisäksi ylisiirrettyjen kalojen havaittiin monin paikoin vaeltelevan edestakaisin jokialueella. Tällainen käyttäytyminen saattoi tutkijoiden mukaan heikentää ylisiirrettyjen kalojen lisääntymismenestystä. Syynä poikkeavaan vaelluskäyttäytymiseen saattoi olla siirtojen aiheuttama stressi ja kalojen alkuperä. Ylisiirretyt lohet olivat usein istutusperäisiä eikä niillä ollut poikasvaiheen kokemusta jokialueesta. Aiempi kokemus patojen yläpuoliselta alueelta näytti sen sijaan parantavan istutusperäisten kalojen nousumotivaatiota ja kotiutumista. Myös siirtoalueiden olosuhteiden arvioitiin vaikuttavan lohien käyttäytymiseen. Etenkin virtaamalla ja lämpötilalla katsottiin olevan yhteys ylisiirtojen onnistumiseen. Ylisiirtokalojen motivaatio hakeutua siirtoalueella sijaitseville kutupaikoille näytti kasvavan lähempänä kutuaikaa.

Vaikka ylisiirtokalojen lisääntyminen näytti onnistuneen ainakin osassa tutkimuksia, on tutkijoiden mukaan epävarmaa, voidaanko menetelmän avulla saada aikaan itseään ylläpitävä kalakanta ja riittävä määrä jokeen palaavia aikuisia kaloja. Isoissa jokikohteissa laajamittaisen poikastuotannon käynnistäminen edellyttää verraten suuria emokalamääriä. Lisäksi ylisiirtoihin liittyy keinotekoisista valintaa, jolla voi olla tahattomia vaikutuksia kalakannan rakenteeseen, elinkierto-ominaisuuksiin ja geneettiseen monimuotoisuuteen. Ylisiirtojen toteutuksessa olisikin pyrittävä tukemaan kalakannan luontaista ikä-, koko- ja sukupuolirakennetta sekä kutuvaelluksen ajoittumista. Vaelluskalahankkeissa on tärkeää turvata myös kuteneiden kalojen alasvaellus voimalaitospatojen ohi, jotta osa kaloista pääsisi myöhemmin uudelleen kutemaan. Nykyisellään selviytyminen alasvaelluksella on paikoin erittäin heikkoa.

Tutkimustuloksia ylisiirroista oli käytettävissä melko vähän ja enimmäkseen ne olivat yksittäisten vuosien havaintoja keskenään hyvin erilaisista jokikohteista. Lisätutkimuksille on selvä tarve ja tulevissa ylisiirtohankeissa kannattaisi panostaa selkeään tavoitteenasetteluun, tulosten tarkkailuun sekä raportointiin. Saatuja tuloksia voitaisiin hyödyntää jatkotoimenpiteissä ja laajemmin vaelluskalakantojen elvytyshankkeissa.

Asiasanat: ylisiirto, lohi, vaelluskala, voimalaitos, rakennetut joet, lisääntyminen, poikastuotanto

# Sisällys

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Lohien ylisiirrot Suomessa .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Ulkomaisia ylisiirtotutkimusten kohteita .....</b>	<b>10</b>
3.1. Penobscot .....	10
3.2. Ingdalselva .....	10
3.3. Rein .....	11
3.4. Daugava .....	11
<b>4. Tuloksia.....</b>	<b>12</b>
4.1. Ylisiirtojen toteutukseen liittyvät haasteet.....	12
4.1.1. Käytännön toteutus .....	12
4.1.2. Kalatautiriskit ja ylisiirtoluvat.....	15
4.2. Ylisiirrettyjen kalojen vaelluskäyttäytyminen ja menestyminen .....	16
4.2.1. Vaelluksen jatkuminen .....	16
4.2.2. Olosuhteiden ja vapautusajankohdan vaikutukset .....	18
4.2.3. Kalan alkuperän vaikutus .....	20
4.3. Voidaanko ylisiirroilla käynnistää ja ylläpitää luonnontuotantoa? .....	20
4.4. Ylisiirrot ja lohikannan monimuotoisuus .....	22
4.5. Kalastus ja voimalaitostappiot .....	23
<b>5. Esimerkkinä Klarälven.....</b>	<b>24</b>
5.1. Taustaa.....	24
5.2. Ylisiirrot .....	26
5.3. Ylisiirtotutkimukset .....	27
5.4. Ylisiirtokalojen poikastuotto .....	28
5.5. Johtopäätöksiä .....	29
<b>6. Muita Atlantin lohien ylisiirtokohteita .....</b>	<b>31</b>
<b>7. Yhteenveto.....</b>	<b>33</b>

# 1. Johdanto

Jokiin rakennetut padot estävät vaelluskalojen nousun patojen yläpuolella sijaitseville lisääntymisalueille aiheuttaen vaelluskalakantojen heikkenemistä tai häviämistä (Larinier 2011, Anderson ym. 2014). Suomessa vesivoimarakentamisen aiheuttamaa vaelluskalojen luonnontuotannon menetystä kompensoidaan merkittävältä osin laajamittaisten velvoiteistutusten avulla, jotka lohien osalta toteutetaan pääosin vaelluspoikasistutuksina jokisuuhun. Tutkimustulosten perusteella luonnonkudusta syntyneiden vaelluspoikasten eloonjäänti on kuitenkin selvästi istutuspoikasia parempaa. Lisäksi poikasten syntyminen luonnonvalinnan seurauksena edistää pitkällä aikavälillä vaelluskalakantojen perinnöllisen monimuotoisuuden säilymistä ja niiden elinkykyä. Siksi luonnonkantojen ylläpitäminen ja luonnonpoikastuotannon lisääminen nähdään ensiarvoisen tärkeänä myös rakennetuilla joilla (Maa- ja metsätalousministeriö 2012).

Vaelluskalojen palauttamishankkeissa pyritään luomaan edellytyksiä kalojen luontaiselle lisääntymiskierrolle mahdollistamalla kalojen pääsy jäljellä oleville kutualueille sekä takaisin syönnösalueille. Vaelluskalakantojen elvyttäminen edellyttää usein pitkän aikavälin toimenpiteinä jokijatkumon palauttamista ja kaloille tärkeiden elinympäristöjen kunnostamista. Kalankulkua voimalaitospatojen ohi pyritään edistämään rakentamalla teknisiä tai luonnonmukaisia kalateitä tai kalahissejä (Larinier 2011). Tällöin palauttamishankkeessa satsataan siihen, että kalat pääsevät omaehtoisesti nousemaan jokeen ja sitä kautta levittäytymään luontaisesti (Anderson ym. 2014).

Jos vaelluskalojen palauttamisen kohdealue on eristyksissä tai etäällä, voi lajin luontainen levittäytyminen sinne olla epävarmaa tai kestää niin kauan, ettei se ole hankkeen kannalta realistista (Anderson ym. 2014). Tällaisissa tapauksissa kalojen levittäytymistä jokialueelle edistetään usein aktiivisin toimenpitein, joista tavallisin esimerkki ovat mäti- ja poikasistutukset sekä lisäksi myös kalojen siirrot. Ylisiirtomenetelmässä (englanniksi "trap and transport/haul/truck") nousevia kaloja otetaan kiinni padon alapuolella ja vapautetaan heti sen yläpuolelle tai kuljetetaan tankkiautolla kauemmas ylävirran suunnassa sijaitseville vapautuspaikoille (Mills 1991, Anonyymi 1995). Kalojen siirtoja tehdään etenkin tilanteissa, jossa kalateitä vaellusyhteyden palauttamiseksi ei vielä ole rakennettu, niiden toteuttamiselle katsotaan olevan jokin logistinen, tekninen tai biologinen este (esim. korkeat rakennuskustannukset tai suuri putouskorkeus) tai olemassa olevien kalateiden tehokkuus on epävarmaa (Larinier ym. 2011, Brownell ym. 2012, Anderson ym. 2014). Siirtojen avulla pyritään varmistamaan, että vaellusesteiden yläpuolelle pääsee tarkoituksenmukainen määrä aikuisia kaloja (Sigourney ym. 2015) ja että kohdealueelle saadaan sinne leimautunut kalakanta (Laine 2010, Anderson ym. 2014).

Ylisiirtoja käytetään erityisesti voimakkaasti muunnetuissa vesistöissä, joissa kutunousun turvaaminen useiden peräkkäisten patojen ohi on haastavaa eikä patojen väliin jää kutuun soveltuvia alueita (Brownell ym. 2012). Padot aiheuttavat usein kalateineenkin vaelluksen viivästymistä ja kumulatiivisia vaellustappioita (Karppinen ym. 2002, Lundqvist ym. 2008, Hollbrook ym. 2009, Roscoe ym. 2011). Ylisiirtojen tavoitteena on saada kalat kutualueilleen ilman viiveitä. Usein ylisiirrot on suunniteltu toteutettavan vaelluskalahankkeen alkuvaiheessa lyhyen aikavälin toimenpiteenä (Schmetterling 2003, Larinier 2011). Esimerkiksi vesistöissä, joissa on useita peräkkäisiä patoja ja kalatiet aiotaan rakentaa niihin vaiheittain, voidaan ylisiirtoja käyttää väliaikaisena toimenpiteenä ennen koko vaellusyhteyden avautumista (Larinier 2011). Joskus ylisiirtoja käytetään kannanhoidollisena toimenpiteenä myös sellaisissa kohteissa, joissa kalojen nousu potentiaalisille lisääntymisalueille katkeaa joko osittain tai kokonaan luonnolliseen vaellusesteeseen (Saraniemi ym. 2008, Johnsen & Hvidsten 2002). Sen sijaan ylisiirtoja ei suosita, mikäli tavoitteena on taata useiden eri lajien pääsy patojen yläpuolelle (Nieminen ym. 2016) tai jos tavoitellaan laajemmin jokijatkumon palauttamista virtavesieliöstölle tärkeiden elinympäristöjen välille.

Ylisiirtoja toteutetaan parhaillaan useissa vaelluskalojen palauttamishankkeissa eri puolella maailmaa. Eniten esimerkkejä löytyy Pohjois-Amerikan Tyyntenmeren puoleisista lohijoista (mm. Elwha-, Cowlitz-, North ja South Santiam-, McKenzie- ja Yakima-joet; Anderson ym. 2014). Suhteutettuna pa-

dottujen jokien määrään on ylisiirtokohteita kuitenkin verrattain vähän. Suomessa vaelluskalojen (lähinnä lohen ja taimenen) ylsiirrot ovat yleistyneet viime vuosikymmenen aikana tukitoimenpiteinä, joilla tuetaan kalateiden toimintaa ja vaelluskalakantojen elvyttämistä. Tavoitteena on, että ylsiirroista voitaisiin asteittain luopua kalateiden toiminnan saavutettua niille asetetun tavoitetason. Nähköisäisen ylsiirtoja Suomessa tehdään vuosittain usealla rakennetulla joella osana voimalaitosrakentamisen haittoja kompensoivia velvoitteita.

Kansainvälisen luonnonsuojeluliiton, IUCN:n mukaan hyvät perustelut ovat edellytyksenä kaikkien eliölajien siirroille, sillä siirtoihin liittyy hyötyjen lisäksi myös riskejä ja epävarmuuksia. Kaikki ne tulee ottaa huomioon siirtoja harkittaessa ja vertailla niitä suhteessa muihin vaihtoehtoihin menetelmiin (IUCN/SSC 2013). Vaikka ylsiirtoihin liittyy moninaisia tavoitteita ja arvoja, tarkastellaan tässä selvityksessä ylsiirtoja pääasiassa vaelluskalakantojen palauttamisen ja suojelun näkökulmasta.

Tiedot ylsiirtojen tuloksellisuudesta näyttäisivät olevan ristiriitaisia ja epävarmoja. Esimerkiksi vastikään julkaistun kirjallisuuskatsauksen mukaan kirjallisuudesta ei löydy suoraa näyttöä siitä, että siirroilla olisi onnistuttu aikaansaamaan itseään ylläpitävä luonnonlohikanta (Anderson ym. 2014). Kuitenkin esimerkiksi Ruotsin Klarälvenillä lohikannan kehitys on ollut positiivinen ja jokeen palaavien villien lohien määrä on viime vuosikymmenten aikana kasvanut ylsiirtojen ja tuki-istutusten ansiosta (Piccolo ym. 2012). Epävarmuus ylsiirtojen tuloksellisuudesta selittyy osin sillä, että asiaa on tutkittu kansainvälisestikin vain vähän. Lisäksi ylsiirtokohteissa tehdään usein myös muita samanaikaisia toimenpiteitä, jolloin yksittäisten toimien vaikutuksia voi olla vaikea eritellä (Anderson ym. 2014).

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoitus on lisätä ylsiirtoihin liittyvää tietopohjaa kokoamalla yhteen mahdollisimman laajasti tutkimustietoa ylsiirroilla saavutetuista tuloksista sekä Suomesta että ulkomailta. Ylsiirtotutkimuksia on tehty ainakin lohella (*Salmo salar*; mm. Gerlier & Roche 1998, Erkinaro ym. 2000, Johnsen & Hvidsten 2002, Askling 2015, Hagelin ym. 2015, Nyqvist ym. 2015, Sigorney ym. 2015), taimenella (*Salmo trutta*, Saraniemi ym. 2008), amerikankantasillillä (*Alosa sapidissima*, Harris & Hightower 2011), harmaasillillä (*Alosa pseudoharengus*, Frank ym. 2011), punakurkku-lohella (*Oncorhynchus clarkii*), härkänieriällä (*Salvelinus confluentus*, Schmetterling 2003), kuningas-lohella (*Oncorhynchus tshawytscha*, Zimmerman & Duke 1995, Keefer ym. 2010, Sard ym. 2016), kirjolohella (*Oncorhynchus mykiss*, Zimmerman & Duke 1995) ja hopealohella (*Oncorhynchus kisutsch*, Zimmerman & Duke 1995). Tähän katsaukseen on koottu tietoa pääasiassa Atlantin lohien ylsiirtojen tuloksista. Koska lohesta on julkaistu vain muutamia yksittäisiä ylsiirtotutkimuksia, on tarkastelua laajennettu soveltuvien osin myös muihin vaelluskalalajeihin.

Kirjallisuuskatsaus on toteutettu Vaelluskalat takaisin reiluin keinoin -hankkeessa, joka toteuttaa Pääministeri Sipilän hallitusohjelman (29.5.2015) kärkihankkeen Luontopolitiikkaa luottamuksella ja reiluin keinoin toimenpidettä Vaeltavien ja uhanalaisten kalakantojen elvyttäminen.

## 2. Lohien ylisiirrot Suomessa

Jo voimalaitosrakentamisen alkuvuosina pyrittiin lijoella ja Kemijoella vaelluskalakantoja turvaamaan ylisiirtojen avulla (Laine 2010). Kalamäärien jatkuvasti vähentyessä lohikalojen ylisiirroista kuitenkin luovuttiin. Lijoella ylisiirtoja toteutettiin vuosina 1961–1965 Pahkakosken alapuolella ja vuonna 1965 pienimuotoisesti myös Kierikin alapuolella. Tuona aikana siirrettiin yhteensä 1974 lohta ja meritaimenta sekä 7347 vaellussiikaa (Pohjois-Pohjanmaan seutukaavaliitto 1984, Alaniska 2013). Kemijoella ylisiirrot oli määrätty täydentämään Isohaaran väliaikaisen rakennusluvan mukaista kalatievelvoitetta ja ne aloitettiin voimalaitoksen valmistuttua vuonna 1950. Ylisiirtomäärät vähenivät kymmenen vuoden aikana ollen ensin 2740 lohta/vuosi (puolet pyydetyistä) ja vuonna 1959 enää 101 lohta (Vilkuna 1974).

Viime vuosina lohia on siirretty vaelluskalojen palauttamiseen tähtäävissä hankkeissa Kemi-, li ja Oulujoella (kuva 1). Kemijoella on siirretty vuosina 2009–2016 yhteensä noin 3200 lohta pääasiassa Ounasjokeen, mutta osin myös pienempiin sivujokiin Loue-, Vähä- ja Aakenusjokeen sekä Kemijoen patoaltaisiin Tervolaan ja Isohaaraan. Vuonna 2015 lohia siirrettiin ensimmäisen kerran myös Yli-Kemijoelle Savukoskelle (v. 2015: 104 kpl; v. 2016: 47 kpl). Lijoella on siirretty patojen yläpuolelle pääuomaan ja sinne laskeville Livo- ja Korpijoelle vuodesta 2009 alkaen yhteensä n. 1190 lohta. Oulujoella on siirretty vuosina 2014–2016 yhteensä 164 lohta patoaltaisiin laskeville Kutu- ja Utosjoelle. Ylisiirrettyjen kalojen levittäytymistä ja pysymistä patojen yläpuolisilla alueilla sekä kutualueille hakeutumista on seurattu radiotelemetrian avulla vuosina 2009–2010 lijoella ja vuosina 2009–2011 (Kanniainen 2011, Jaukkuri ym. 2012) ja 2015 Kemi-Ounasjoella (taulukko 1). Keskeisimpänä tavoitteena on ollut selvittää, voidaanko aikuisia lohia siirtämällä käynnistää luonnonpoikastuotanto useiden patojen yläpuolella rakentamattomalla jokiosuudella. Poikastuotantoa ylisiirtoalueilla on tutkittu sähkökalastusten avulla. Ylisiirroissa on käytetty myös nuolimerkintöjä.

Kymijoen alimmilla voimalaitoksilla on tehty ylisiirtoja koeluontoisesti 1990-luvun alkupuolella ja 2000-luvulla (Saura & Rinne 2005, Antti-Poika 2006, Karppinen & Haikonen 2013). Kokeilujen yhteydessä on tutkittu, miten ylisiirretyt kalat käyttäytyvät ja pysyvät alimpien patojen yläpuolella, vaikuttavatko ylisiirrot vaellus- ja kutukäyttäytymiseen, poikastuotantoon ja kalastukseen sekä mihin ja milloin kalat hakeutuvat kutemaan ja talvehtimaan. Vuosina 1990–1993 ylisiirrettiin yhteensä 52 lohta (Päivärinta 1992, Päivärinta ym. 1992, Päivärinta ym. 1993), vuosina 2004–2005 447 lohta (Antti-Poika 2006) ja vuonna 2012 10 lohta (Karppinen & Haikonen 2013). Telemetriaseurantaa on tehty vuosina 1991–1992, 2005 ja 2012 (taulukko 1) ja muita seurantamenetelmiä ovat olleet Carlin- ja nuolimerkinnät sekä poikasalueiden sähkökalastukset.

Kokemäenjoella aloitettiin lohien ja taimenien siirtoistutukset vuonna 2011. Tavoitteena on ollut selvittää, voidaanko siirtoistutuksilla parantaa lohikalojen luontaista lisääntymistä ja virkistyskalastusmahdollisuuksia Kokemäenjoen vesistöalueella. Voimalaitosten yläpuolelle on siirretty vuonna 2011 Rautavedelle yhteensä 18 lohta, vuonna 2012 Kaasmarkunjoelle Leineperiin neljä lohta ja vuonna 2013 Loimijoelle 19 lohta ja Kulovedelle 18 lohta (kuva 1). Taimenia on siirretty mm. Kokemäenjoen alaosalla sijaitsevaan Harjunpäänjokeen, jossa vapautuspaikka on ollut patojen alapuolella. Loimijoella vuonna 2013 tehtiin pienimuotoinen telemetriatutkimus, jossa seurattiin, miten radiolähettimellä merkityt lohet käyttäytyivät vapauttamisen jälkeen ja jäivätkö ne siirretylle jokialueelle lisääntymiskauden ajaksi (Karppinen 2014, taulukko 1). Lisäksi seurannassa on käytetty nuolimerkintöjä ja sähkökalastuksia.





Kuva 1. Lohen ylisiirtokohteita Suomessa.

Ylisiirtoja on kokeiltu myös Tuulomajoen vesistöissä, josta suurin osa on Venäjän puolella ja ylimmät latvaosat Suomen puolella. Pääuomassa on kaksi voimalaitosta, Ala-Tuuloma (rakennettu 1932–36) ja Ylä-Tuuloma (1962–65), joista alemmassa on ollut kalatie toiminnassa vuodesta 1937 lähtien. Myös ylemmässä voimalaitoksessa on ollut kalatie, mutta sen käytöstä luovuttiin vuonna 1970 sen huonon toiminnan vuoksi. Voimalaitosrakentamisen ja voimakkaan kalastuksen myötä Tuuloman vesistön lohikanta on pienentynyt voimakkaasti ja se elää pääasiassa Ylä-Tuuloman padon alapuolelle laskevan sivujoen, Petšajoen varassa.

Vuonna 1998 Tuulomajoella aloitettiin suomalaisten ja venäläisten yhteistyönä lohen palauttamishanke, jossa tavoitteena oli saada lohi takaisin kaikille aiemmille esiintymisalueilleen. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos selvitti yhteistyökumppaneidensa kanssa, millä keinoin lohi saataisiin tarkoituksenmukaisesti patojen yläpuolelle ja miten kalateiden toimintaa voitaisiin parantaa. Hankkeessa tehtiin elinympäristökartoituksia ja istutuksia, siirrettiin aikuisia lohia patojen yläpuolelle poikastuotannon käynnistämiseksi sivujoilla sekä tutkittiin ylisiirrettyjen kalojen vaellusta ja smolttien selviytymistä alasvaelluksella. Vuonna 1998 hankkeessa seurattiin telemetrian avulla Ala-Tuuloman kalaportaalta Tuulomajoen sivujokeen, Luttojokeen ylisiirrettyjä lohia (kuva 1, taulukko 1). Vapautuspaikka sijaitsi yli 100 km päässä pyyntipaikasta, Suomen ja Venäjän välisellä rajavyöhykkeellä, noin 5 km päässä Suomen rajasta. Kaloja seurattiin lokakuun alkupuolelle asti, mutta rajavyöhykkeellä paikannuksia ei voitu tehdä. Sähkökalastusten avulla selvitettiin, olivatko ylisiirretyt lohet tuottaneet jälkeläisiä (Erkinaro ym. 1999, Erkinaro ym. 2000).

Kesällä 2014 käynnistyi uusi hanke, jossa pyrittiin selvittämään aikuisten lohien ylisiirron käyttökelpoisuutta lohen poikastuotannon aloittamiseksi ja lohikannan elvyttämiseksi sekä raakun lisääntymisen käynnistämiseksi Luttojoessa, erityisesti sen Suomen puoleisella osalla. Hankkeessa seurati-

tiin radiolähettimellä merkittyjen lohien vaelluskäyttäytymistä ja hakeutumista kutualueille yliiirron jälkeen (Luonnonvarakeskus 2014, julkaisematon; taulukko 1).

Ylisiirtojen avulla tuetaan Saimaan järvilohen luonnonlisääntymistä Ala-Koitajoella, jossa lisääjuokutus ja elinympäristökunnostukset ovat parantaneet edellytyksiä poikastuotannolle. Jokialueelle on siirretty Kuurnan voimalaitokselta vuosina 2013–2015 yhteensä 56 järvilohia ja lisäksi tehdään isotutuksia. Ala-Koitajoen tutkimushankkeessa selvitetään keinoja luontaisen lisääntymisen järjestämiseksi sekä kudun ja poikastuotannon onnistumista monipuolisilla menetelmin. Hankkeessa on mm. tehty telemetriaseuranta kaikkina yliiirtovuosina (taulukko 1) sekä T-merkintöjä, sähkökalastuksia, smolttipyyntiä ja kutupesäkartoituksia ja otettu DNA-näytteitä lohienpoikasista vanhemmuusanalyysejä varten.

Lieksanjoella on tehty järvilohen ja -taimenen yliiirtotutkimuksia vuosina 2002–2004 (taulukko 1). Kaikki yliiirretyt kalat (yhteensä 7 järvilohia ja 13 taimenta) merkittiin radiolähettimillä, jotta voitiin seurata niiden kutunousua Pankajärven yläpuolisille koskialueille. Kalat siirrettiin Lieksankosken voimalaitoksen alapuolelta voimalaitosten yläpuolelle joko Pankajärven alapuolelle tai järven yläpuolelle Kohosenkoskeen. Lisäksi vuonna 2004 tuotiin Enonkosken kalanviljelylaitokselta Kohosenkoskeen kuusi järvilohia, jolloin voitiin seurata joesta pyydettyjen ja laitoksesta tuotujen emokalojen käyttäytymiseroja (Rouvinen 2005).

Laatokalta Hiitolanjokeen nousevia järvilohia ja -taimenia siirrettiin vuonna 2007 Kangaskoskelta voimalaitosten yläpuolisille lisääntymis- ja poikastuotantoalueille Uudensillankoskelle ja Silamusjokeen. Vapautuspaikoilta kaloilla oli vapaa pääsy Hiitolanjokea ylävirtaan Juankoskelle saakka sekä Torsanjärven reitille Kurunkosken padon alapuolelle saakka. Siirrettyjä kaloja oli yhteensä 22 kpl, joista neljä oli lohia (Hiitolanjoki-yhdistys ry 2008).

**Taulukko 1.** Telemetriatutkimuksissa merkittyjen yliiirtolohien määrä suomalaisissa jokikohteissa aikavälillä 1992–2015.

JOKI	Tutkimusvuosi	Tutkimuskalat (lkm)
<b>Ala-Koitajoki</b>	2013	9
	2014	13
	2015	34
<b>Lieksanjoki</b>	2002	1
	2003	4
	2004	2
<b>Iijoki ja sivujoet</b>	2009	50
	2010	30
<b>Kemi-Ounasjoki</b>	2009	32
	2010	101
	2011	53
	2015	14
<b>Kokemäenjoki</b>	2013	6
<b>Kymijoki</b>	1992	17
	1993	12
	2005	21
	2012	10
<b>Tuuloma-Luttojoki</b>	1998	30
	2014	50

## 3. Ulkomaisia ylisiirtotutkimusten kohteita

### 3.1. Penobscot

Yhdysvalloissa, Mainessa sijaitsevassa Penobscot-joessa (pituus 563 km, vesistöalue 22 000 km<sup>2</sup>, kuva 10) ja sen sivuhaaroissa (kolme suurinta Piscataquis, Passadumkeag ja Mattawamkeag) on useita voimalaitospatoja. Kaikissa suurimmissa padoissa on tekninen kalatie. Kalatiet eivät kuitenkaan ole aina toimineet riittävän tehokkaasti, minkä vuoksi lohien pääsy kutualueille on voinut viivästyä merkittävästi. Kalatien toiminta on tutkimusten mukaan ollut erityisen heikkoa joen toiseksi alimmalla padolla (Great Works Dam). Tämän vuoksi kalakannan hoidossa on haluttu ottaa käyttöön myös muita toimenpiteitä kutunousun edistämiseksi (Sigourney ym. 2015).

Penobscot-joen lohikanta on alueen lohikannoista suurin ja viime vuosikymmenen aikana jokeen on palannut vuosittain 1 000–3 000 lohta. Vuoteen 2012 asti kudulle pyrkivien lohien täytyi nousta kolmen alimman voimalaitospadon (Veazie, Great Works ja Milford) yhteydessä olevien kalateiden kautta ja lisäksi vielä yhden padon ohi (jokihaarasta riippuen joko Pumpkin Hill, West Enfield tai Howland Dam) saavuttaakseen valtaosan lisääntymisalueista. Joen kunnostusohjelmassa vuosina 2012 ja 2013 joen kaksi alinta patoa poistettiin kokonaan ja kolmannelle padolle asennettiin kalahissi. Jotta kutuvaellusta voitiin edistää jo ennen patojen poistoa ja sen aikana, joella toteutettiin lyhyen aikavälin toimenpiteenä lohien siirto alimpien patojen yläpuolelle (Sigourney ym. 2015).

Penobscotilla tehtiin ylisiirtotutkimuksia ennen kahden alimman padon purkamista. Holbrookin ym. (2009) tutkimuksessa lohia siirrettiin vuonna 2005 joen alimmalta padolta (Veazie, 48 km jokisuulta) 5 km päähän padon yläpuolelle (n=5) ja vuonna 2006 200 m padon yläpuolelle (n=25). Lisäksi osa (n=5) vuonna 2005 pyydytyistä lohista vapautettiin merelle Penobscot-lahdelle, jotta voitiin tutkia kalojen nousua joen alaosalla ja alimman padon ohi (Holbrook ym. 2009).

Sigourney ym. (2015) tutkimuksessa lohia siirrettiin vuosina 2010–2011 kolmannen padon (Milford) yläpuolelle kahteen eri vapautuspaikkaan (63 ja 71 km jokisuusta). PIT-tekniikan avulla tutkittiin, oliko ylisiirroilla vaikutusta lohien vaelluskäyttäytymiseen sekä vaikuttiko kalan koko vaellusnopeuteen ja ylempänä sijaitsevien kalateiden läpäisyyn. Lisäksi tutkimuksessa verrattiin ylisiirrettyjen lohien vaelluskäyttäytymistä niihin kaloihin, jotka olivat nousseet alaosan patojen yläpuolelle kalateiden kautta (vapautuspaikka ensimmäisen padon yläpuolella). PIT-seurannassa oli vuonna 2010 yhteensä 509 kalaa ja vuonna 2011 yhteensä 2040 kalaa.

### 3.2. Ingdalselva

Norjassa sijaitseva Ingdalselva-joki (vesistöalue 102 km<sup>2</sup>, keskivirtaama 5 m<sup>3</sup>/s) laskee lohialueena merkittävään Trondheimin vuonoon. Ingdalselvassa paikallista lohipopulaatiota ei kuitenkaan ole, sillä 500 m päässä jokisuusta sijaitseva vesiputous Ingdalsfossen (korkeus 12,5 m) estää vaelluskalojen nousun jokeen. Ingdalsfossenin yläpuolella lohiet pääsisivät nousemaan ensin pääuomaa 5,5 km matkan ja sen jälkeen vielä kahdessa sivuhaarassa 1,2 km tai 6,1 km matkan seuraaville vesiputouksille (Johnsen & Hvidsten 2002).

Vuosina 1994–97 Ingdalselvalle siirrettiin Orkla-joen (v. 1994–96) ja Vigda-joen (v. 1997) lohia (yhteensä 19 naarasta ja 12 koirasta), joita seurattiin radiotelemetrian avulla. Tutkimuksessa selvitettiin vesiputouksen yläpuolelle siirrettyjen kalojen käyttäytymistä ja kutuhabitaatin valintaa niille ennestään tuntemattomassa joessa. Kalojen siirto tapahtui syksyllä lähellä kutuaikaa ja vapautuspaikka vaihteli eri vuosien välillä (Johnsen & Hvidsten 2002).

### 3.3. Rein

Reinin vesistöalue (pääuoman pituus 1 320 km, vesistöalue 225 000 km<sup>2</sup>) ulottuu yhdeksään eri maahan (Sveitsi, Italia, Liechtenstein, Itävalta, Saksa, Ranska, Luxemburg, Belgia ja Alankomaat) ja siihen kohdistuneet käyttöpaineet ovat muuttaneet vesistöä jo keskiajalta asti (Brenner ym. 2003). Reinissä oli aikoinaan runsaasti lohta, mutta päästöjen ja kanavoinnin takia lohikanta lähti nopeaan laskuun 1900-luvun alkupuoliskolla. Reinin pääuomassa on 21 voimalaitosta ja myös sivujoissa on voimalaitospatoja. Voimalaitosrakentamisen seurauksena lohi hävisi joesta kokonaan 1960-luvun puolivälissä. Sitten joella on panostettu vedenlaadun parantamiseen ja 1980-luvun lopulla aloitettiin vaelluskalojen palauttaminen. Lohi-istutusten ansiosta 1990-luvulla alettiin joella havaita sinne palaavia nousukaloja (Gerlier & Roche 1998). Nykyisin lohi lisääntyy jo osin luontaisesti joissakin sivujoissa (Brenner ym. 2003).

Iffezheimin pato, joka sijaitsee n. 690 km jokisuusta, on ensimmäinen vaelluseste Reinin pääuomassa. Ennen vuosituhatien vaihteessa rakennettua uutta kalatietä suurin osa kaloista jäi joko kokonaan sen alapuolelle tai niiden vaellus viivästy. Seuraava pääuoman pato sijaitsee tästä 25 km ylävirtaan, 2 km III-jokisuun yläpuolella, joten päästyään Iffezheimin padon yläpuolelle kalat pääsevät nousemaan III-joen vesistöön. Kutualueet sijaitsevat pääasiassa III-joen sivujoissa ja joitain alueita on myös pääuomassa Iffezheimin padon lähellä (Gerlier & Roche 1998).

Vuosina 1996–1997 tutkittiin Iffezheimin padon yläpuolelle siirrettyjen meritaimenien ja lohien kutuvaellusta Reinin yläosilla ja III-joessa. Tavoitteena oli selvittää, mitä ongelmia liittyy kalojen vaellukseen Iffezheimin padon ja yläjuoksulla sijaitsevien kutualueiden välisellä jokiosuudella. Tutkimuksessa merkittiin radiolähettimillä yhteensä 20 Iffezheimin padon alapuolella sähkökalastamalla pyydettyä lohta ja 10 meritaimenta. Kalat olivat peräisin padon yläpuolisiin sivujokiin tehdyistä poikaisutuksista ja käyneet merivaelluksella. Tutkimuksen alussa lähetinkalojen vapautuspaikka sijaitsi 4 km padosta ylävirtaan ja myöhemmin syksyllä pääsääntöisesti 22 km padon yläpuolella. Lisäksi kaksi kalaa vietiin III-joen sivuhaaraan Brucheen (Gerlier & Roche 1998).

### 3.4. Daugava

Daugava on Latvian suurin joki (1020 km, vesistöalue 24 700 km<sup>2</sup>, keskivirtaama 727 m<sup>3</sup>), joka virtaa ylempänä Venäjän ja Valko-Venäjän puolella ja laskeutuu lopulta Latviassa Itämereen Riianlahdella. Daugavan kolme vesivoimalaitosta on rakennettu aikavälillä 1939–1974. Voimalaitoksissa ei ole kalateitä, joten ne estävät lohien ja muiden kalojen nousuvaelluksen. Voimalaitosrakentamisen aiheuttamia haittoja kompensoidaan vuosittaisilla jokisuuhun tehtävillä istutuksilla (Askling 2015).

Daugavalla toteutettiin vuosina 2013–2015 tutkimus, jossa lohien palauttamisen edellytyksiä selvitettiin tekemällä elinympäristökartoituksia ja ylisirrettyjen lohien telemetriaseurantaa. Kartoitusten perusteella saatiin selville, että Daugavan sivujoessa Ogressa (188 km, 1 730 km<sup>2</sup>) on lohien ja muiden vaelluskalojen kutualueeksi soveltuvia alueita (30 ha 70 km pituisella kartoitusalueella). Vuonna 2014 yhteensä 18 lohta pyydystettiin Riianlahdella tai Daugavasta läheltä jokisuuta ja merkittiin radiolähettimillä ja PIT-merkeillä. Kaksi kalaerää vapautettiin kahden voimalaitospadon yläpuolelle Ogreen kahteen eri vapautuspaikkaan. Yksi kalaerää vapautettiin alimman voimalaitoksen (Riga) patoltaaseen (Askling 2015).

## 4. Tuloksia

### 4.1. Ylisiirtojen toteutukseen liittyvät haasteet

#### 4.1.1. Käytännön toteutus

Jotta ylisiirtotoimet olisivat riskittömiä, oikea-aikaisia ja tehokkaita, vaativat ne huolellisen suunnittelun ja toteutuksen. Ylisiirtojen käytännön haasteet liittyvät niin kalojen kiinniottoon ja käsittelyyn, kuljetukseen ja kuljetettavien kalojen määrään, vaelluksen häiriöttömään jatkumiseen, välineistön ylläpitoon kuin rahoitukseenkin (Brownell ym. 2012).

Kalojen kiinniotto ja siirto pyritään lähtökohtaisesti toteuttamaan niin, ettei niiden nousu jokeen viivästyisi (kuva 2). Näin voi kuitenkin käydä, mikäli kiinniottolaite ei toimi tehokkaasti ja kalat eivät löydä sen sisäänkäyntiä (Schmetterling 2003). Kiinniottolaitteen houkuttelevuudella voidaankin vaikuttaa ratkaisevasti siihen, ettei vaellukseen tulisi turhia viiveitä (Clements ym. 2002).

Usein kalojen nousu painottuu luontaisesti tiettyyn ajanjaksoon, jolloin jokeen voi pyrkiä kerralla suuria kalamääriä. Tämä nousuhuippu voi toisinaan muodostua ongelmaksi, sillä ylisiirtokapasiteetti ja toiminta-aika voivat olla mm. kustannuskysymysten vuoksi rajallisia. Jos puolestaan kaloja joudutaan pyytämään ja kuljettamaan kerralla ylisuuria määriä, lisää se riskiä niiden vahingoittumiselle ja stressille (Anonyymi 1995). Lisäksi jokeen leimautuneiden kalojen erottaminen muista jokisuuhun tulevista kaloista voi olla vaikeaa etenkin, jos osa istutuksista tehdään jokisuulle. Kalojen kiinniotto mahdollisimman läheltä alinta vaellusestettä tai esimerkiksi kalatiestä lisää kuitenkin todennäköisyyttä, että ylisiirrettävät kalat ovat kyseisen joen kantaa ja pyrkivät nousemaan sinne (Laine 2010).



**Kuva 2.** Ylisiirtolohien rysäpyyntiä Oulujoen Merikosken voimalaitoksen alakanavassa kesällä 2016.  
Kuva: Maare Marttila.

Kalojen kiinniotosta ja ylisiirrosta aiheutuva stressi voi vaikuttaa haitallisesti kalojen vastustuskykyyn, kasvuun, uintiin, vaelluskäyttäytymiseen, lisääntymismenestykseen tai jopa elinkykyyn (Portz ym. 2006). Jo ennen varsinaista kuljetusta kala joutuu kokemaan useita stressaavia tilanteita, kuten vaellusesteen kohtaamisen, peräkkäiset yritykset löytää nousureitti sekä kiinnioton, säilytyksen ja käsittelyn. Stressiherkkyys vaihtelee eri kalalajien välillä ja siihen voi vaikuttaa myös esimerkiksi kalan aiempi altistuminen stressille (Sigourney ym. 2015). Siksi myös menettelytavat tulee valita aina tapauskohtaisesti.

Clements ym. (2002) mukaan kalat kannattaisi käsitellä mahdollisimman pian kiinnioton jälkeen, joskin tämä menettelytapa vaatii runsaasti työresursseja. Heidän tutkimuksessaan kiinnioton todettiin aiheuttaneen luonnossa syntyneille kirjolohille pitkäkestoista (*Oncorhynchus mykiss*) stressiä. Erilaisista stressitilanteista aiheutui kaloille erilaisia fysiologisia vasteita ja vaste oli naarailla yleisesti voimakkaampi kuin koirilla (Clements ym. 2002). Chon ym. (2009) tutkimuksen mukaan peräkkäiset stressitilanteet, kuten käsittely, säilytys ja kuljetus, aiheuttivat yhdessä merkittävämmän fysiologisen stressireaktion kuin yksittäin tarkasteltuna.

Tutkimusten mukaan kuljetusolosuhteilla voidaan vaikuttaa kuljetuksesta aiheutuvaan stressitasoon. Esimerkiksi Tang ym. (2008) tulivat siihen tulokseen, että kalojen hyvinvointi vaarantuu, mikäli hiilidioksidin määrä pääsee kasvamaan kuljetuksen aikana. Toisessa heidän tutkimuksessaan (Tang ym. 2009) mitattiin hapenkulutusta Atlantin lohen kuljetuksen aikana ja havaittiin, että hyvissä kuljetusolosuhteissa lohelle ei aiheutunut juurikaan stressiä. Useiden kalojen säilyttäminen samassa paikassa aiheuttaa kuitenkin kaloille lisästressiä (Clements ym. 2002), minkä vuoksi säilytys- ja kuljetusaltaiden kalatiheyksiä tulisi rajoittaa.

Ylisiirtokalojen vapautusta edeltävää kuolleisuutta on tutkittu amerikankantasilleillä, joilla kuolleisuus oli verrattain pientä (eloonjäänti keskimäärin 85 %) ja eloonjäänti parhaimmillaan viileän veden aikaan (Harris ja Hightower 2011). Vaikka kalojen kuljetus vaellusesteiden ohi voi parantaa vaellusaikaista eloonjääntiä, saattaa siirrosta stressautuneiden kalojen kuolleisuus olla verrattain suurta vapautuksen jälkeen (Halvorsen ym. 2009). Ounasjoella kutua edeltävänä aikana vuosina 2009–2011 kuolleita tai radiolähettimen oksentaneita lohia oli vuodesta riippuen 22–60 %. Ensimmäiset siirtojen jälkeiset päivät näyttivät olevan kriittisimmät kalojen selviytymisen kannalta (Kanniainen 2011, Jaukkuri ym. 2012). Vuonna 2015 kolmen (21 %) seurannasta kadonneen radiolähetinkalan kohtalo jäi epäselväksi, mutta muiden osalta kuolleisuutta ei seurannan aikana todettu (Luonnonvarakeskus 2016, julkaisematon). Keeferin ym. (2010) mukaan kutua edeltävä kuolleisuus vaihteli siirretyillä kuningaslohilla vapautuserästä riippuen välillä 0–93 % (kokonaiskuolleisuus 48 %) ja oli naarailla suurempaa kuin koirilla (naarailla 52 % ja koirilla 44 %). Ingdalselvalla kuolleisuutta havaittiin kahdella naaraskalalla (n=31), jotka olivat olleet ylisiirtohetkellä heikossa kunnossa (Johnsen & Hvidsten 2002).

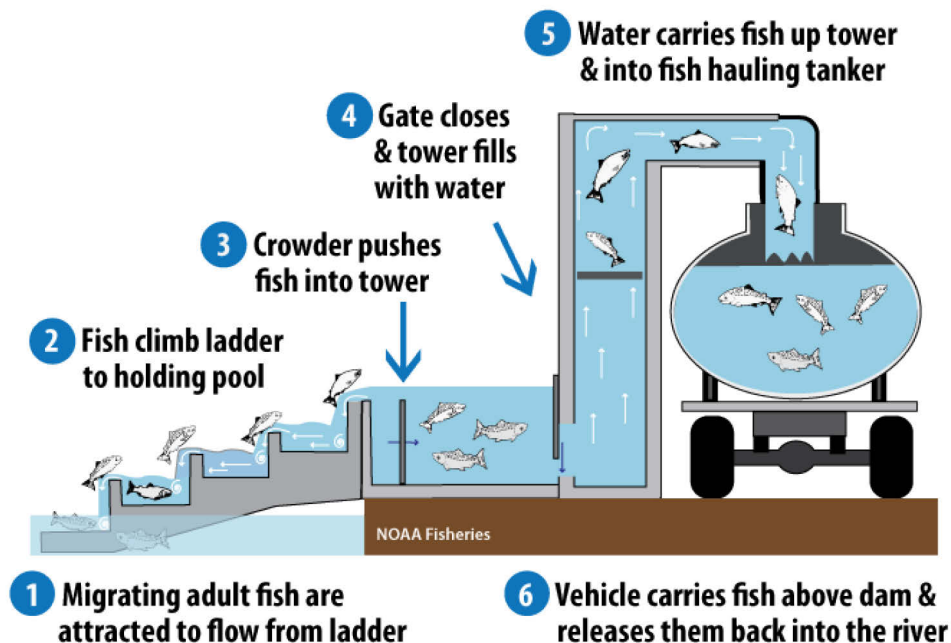
Ympäristöolosuhteet ja etenkin lämpötila vaikuttavat ylisiirtokalojen menestymiseen. Korkea lämpötila lisää kalojen stressiä, kiihdyttää niiden aineenvaihduntaa, heikentää vastustuskykyä ja saattaa lisätä myös niiden kuolleisuutta (Keefer ym. 2010). Esimerkiksi Ounasjoen telemetriaseurannoissa on arvioitu veden lämpötilan selittävän osaltaan kalojen vapautuksen jälkeistä kuolleisuutta (Kanniainen 2011, Jaukkuri ym. 2012). Lämpötilaolosuhteiden aiheuttamat haasteet ylisiirtojen toteutukselle lisääntyvät todennäköisesti ilmaston lämpenemisen myötä, etenkin viileisiin vesiin sopeutuneiden lohikalojen kohdalla.

Siirron ajoittuminen voi vaikuttaa siihen, miten kala menestyy siirtokohteessaan. Liian aikainen siirto voi heikentää kalan menestymismahdollisuuksia (Budy ym. 2002) ja myöhäisempi vapautusaika puolestaan lisätä kudulle selviävien kalojen määrää. Toisaalta siirtojen tarkoituksellinen lykkäys saattaa vaikuttaa ei-toivotulla tavalla, jos esimerkiksi kaloja joudutaan pitämään säilytysaltaissa pitkiä aikoja ennen vapautusta (kalan kunnan heikentyminen, tautitartunnat; Keefer ym. 2010). Padotussa joessa nousukalat ovat muutoinkin tavallista pidempään alttiina korkeille lämpötiloille ja niiden kannalta olisi parempi, jos ne pääsisivät siirtymään viipymättä ylävirran viileämpiin vesiin (Baisez ym. 2011). Lisäksi valitsemalla siirtoon myöhään nousevia kaloja saatetaan vääristää kalakannan raken-

netta, mikä olisi osin ristiriidassa kalakannan palauttamisen ja suojelun tavoitteiden kanssa (Keefer ym. 2010).

Stressaantunut ja suunnista sekaisin oleva kala voi olla ainakin jonkin aikaa siirron jälkeen haluton jatkamaan kutuvaellustaan (Clements ym. 2002). Esimerkiksi Yukon-joella on havaittu koiralohien (*Oncorhynchus keta*) vaelluksen hidastuneen stressin takia, jota niille aiheutui sumputuksen aikana (Bromaghin ym. 2007). Harris ja Hightower (2011) selvittivät ylisiirrettyjen amerikankantasillien (*Alosa sapidissima*) vaelluskäyttäytymistä ja habitaatin valintaa Roanoke-joella, Pohjois-Carolinassa ja Virginiassa. Vaikka ylisiirrot onnistuivat periaatteessa hyvin, suuntautui kalojen liikkeet paljolti alavirtaan ja kalat olivat vain vähän aikaa potentiaalisilla kutualueilla. Tutkijoiden mukaan tulokset olisivat voineet olla parempia, mikäli kaloja olisi käsitelty vähemmän. Simojoella villien ja viljeltyjen lohien kiinniotto ja merkintä vaikuttivat jossain määrin kalojen nousuun aiheuttaen osalle kaloista vaelluksen viivästymistä (Jokikokko 2004). Roscoen ym. (2011) tutkimuksessa säilytyksestä ja kuljetuksesta aiheutunut stressi ei näyttänyt vaikuttavan punalohien (*Oncorhynchus nerka*) menestymiseen tai käyttäytymiseen.

Atlantin lohien osalta tiedot siirron vaikutuksista lohien käyttäytymiseen ovat toistaiseksi vähäisiä (Sigourney ym. 2015). Luttojoella tehdyssä ylisiirtotutkimuksessa merkinnästä ja siirrosta ei näyttänyt olevan haittaa lohien vaellus- ja kutukäyttäytymiselle (Erkinaro ym. 2000). Myöskään Reinillä ylisiirrot eivät näyttäneet haittaavan lohien nousuvaellusta, vaikka ylisiirrettäviä kaloja oli käsitelty verrattain paljon, sillä ne pyydettiin sähkökalastamalla ja niille asennettiin radiolähettimet ennen kuljetusta ylävirtaan (Gerlier & Roche 1998). Sen sijaan esimerkiksi Ounasjoen telemetriaseurannoissa on havaittu ylisiirretyillä lohilla tavallista enemmän alaspäin suuntautuvaa ja edestakaista vaellusta (Kanniainen 2011, Jaukkuri ym. 2012; tarkemmin tutkimuksesta ks. kappale 4.2.), jota ylisiirroista aiheutuva stressi selittää osaltaan.



**Kuva 3.** Esimerkki pyyntilaitteesta, jossa kalat siirretään suoraan tankkiautoon ilman käsittelyä. 1.) Kalatien virtaama houkuttelee nousevia aikuisia kaloja; 2.) Kalat nousevat kalatietä pitkin isompaan altaaseen; 3.) Siirtolaitte työntää kalat vesitorniin; 4.) Portti sulkeutuu ja torni täyttyy vedellä; 5.) Vesi nostaa kalat ylöspäin tornissa ja lopulta tankkiautoon, joka 6) kuljettaa kalat padon yläpuolella sijaitsevalle vapautuspaikalle. Kuva: NOAA Fisheries Service 2016.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kalojen pyynti, käsittely ja ylisiirto tulisi järjestää niin, että niistä aiheutuisi mahdollisimman vähän haittaa kalan kunnolle ja vaellukselle (Brownell ym. 2012, Murauskas ym. 2014). Ylisiirtojen optimaaliseen toteutukseen ei ole olemassa yhtä oikeaa tapaa ja ylisiirtovälineistö, pyyntilaitteet ja menettelytavat riippuvat siitä, mikä kohdejoki ja -laji ovat kyseessä. Yksityiskohtainen suunnitelma ylisiirtojen toteutuksesta ja ylläpidosta olisi syytä laatia yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa. Ylisiirroissa tulisi noudattaa varovaisuusperiaatetta ja huomioida ainakin seuraavat asiat (Brownell ym. 2012, Murauskas ym. 2014):

- kohdelajin käyttäytyminen
- ympäristöolosuhteet (virtaama, kerääntyvä roska, jäätyminen, veden ja ilman lämpötila)
- tarvittavat ylläpitotoimenpiteet
- pyynnin tai kiinniottolaitteen tehokkuus, kiinniottolaitteen sisäänkäynnin houkuttelevuus
- kiinniotettavien ja kuljetettavien kalojen määrä, kalatiheys
- kokenut henkilökunta
- käsittelyvapaiden tekniikoiden suosiminen (kuva 3); mahdollisimman vähän verkkoja ja haaveja
- kalojen asianmukainen nukutus (tarvittaessa) ja elpymisaika
- toiminnan ajoitus suhteessa kohdelajin vaellukseen
- vapautuspaikat; saavutettavuus, kuljetuksen kesto
- asianmukaiset tutkimus- ja ylisiirtoluvat

Kalojen siirto vaellusesteiden ohi voi olla etenkin kustannustehokkuudeltaan lupaava menetelmä, sillä ylisiirtojen käyttöönotto on aluksi kalateitä halvempaa. Pitkällä aikavälillä käyttö- ja ylläpitokustannukset ja tarvittava työvoima saattavat kuitenkin nousta niin suuriksi, että taloudellinen etu kääntyy vastakkaiseksi (Schmetterling 2003, Katopodis & Williams 2012).

Erityisen haastavia ylisiirtokohteina ovat ne, joissa tavoitteena on huomioida useiden eri kalalajien nousuajat ja käyttäytyminen (Katopodis & Williams 2012). Kalatie vaihtoehtoisena toimenpiteenä mahdollistaisi vaellusyhteyden laajemmalle lajikirjolle. Muita kalateiden eduksi katsottavia seikkoja käytännön toteutuksen kannalta ovat mm. mahdollisuus jatkuvatoimisuuteen, kestävät rakenteet ja halvempi ylläpito sekä se, ettei kaloja tarvitse käsitellä ollenkaan, jolloin kaloille aiheutuu vähemmän stressiä (Anderson ym. 2014).

#### 4.1.2. Kalatautiriskit ja ylisiirtoluvat

Yksi ylisiirtoihin liittyvistä riskeistä liittyy kalatauteihin. Ylisiirtokalojen mukana jokeen voi kulkeutua kalatauteja, joiden luontainen leviäminen voimalaitosten yläpuolisille alueille on voinut olla estyneenä vuosikymmenten ajan (Laine 2010).

Suomessa kalojen ylisiirto merialueelta ja vaelluskalojen nousualueelta sisävesialueelle on luvanvaraista toimintaa ja lupa myönnetään määräajaksi. Ylisiirtoihin liittyvä lainsäädäntö uudistui vuonna 2013, jolloin tuli voimaan uusi eläintautilaki (441/2013) sekä maa- ja metsätalousministeriön asetus kaloissa, äyriäisissä ja nilviäisissä esiintyvien eläintautien vastustamisesta (MMM 1009/2013). Eläintautilain 35 §:n mukaan maa- ja metsätalousministeriön päätöksellä voidaan perustaa rajoitusalueita vastustettavan eläintaudin leviämisen estämiseksi. Tällainen rajoitusalue on perustettu IPN-virustaudin (Infectious Pancreatic Necrosis) vastustamiseksi. IPN-rajoitusalueella luonnonvaraisten kalojen siirto merialueelta ja vaelluskalojen nousualueelta sisävesialueelle on kielletty.

Asetuksen (MMM 1009/2013) 8 luvun 32 §:ssa todetaan, että rajoitusalueella noudatettavasta kalojen siirtämisestä koskevasta kiellosta voidaan kuitenkin myöntää eläintautilain 38 §:ssä tarkoitettu poikkeuslupa (ylisiirrot). Luvan myöntää Aluehallintovirasto. Luvan myöntäminen edellyttää, että siirto ei olennaisesti lisää vaaraa sen taudin leviämisestä alueen ulkopuolelle, jonka vastustamiseksi alue on perustettu. Taudin leviämiskaavan arvioinnissa tulee ottaa huomioon erityisesti kyseessä olevaa kalakantaa koskevat taudin varalta tehtyjen tutkimusten tulokset, kalojen terveys pyyntialueen lähis-



töllä sijaitsevilla pitopaikoissa sekä riski taudin leviämisestä määränpäänä olevan alueen pitopaikoihin. Poikkeusluvalla siirrettävien kalojen tulee olla silmämääräisesti terveitä ja elinvoimaisia, eikä siirrettävissä kalaryhmissä saa esiintyä lisääntyntä kuolleisuutta. Lupamääräyksillä tulee varmistaa, että siirron yhteydessä tehdään tarvittavat tutkimukset taudin varalta. Jos kalat siirretään pitopaikkaan, ne on pidettävä eristettyinä siihen asti, kun poikkeusluvassa määrätyistä tutkimuksista on saatu kielteinen tulos. Jos tutkimuksissa todetaan tautia tai tutkimusta ei ole tehty, kalat on lopetettava ja raadat hävitettävä.

Käytännössä lupaehtojen mukaisesti ylisiirtopyynnistä toimitetaan EVIRA:n kalatautitutkimuksiin vuosittain verrattain suuria kalanäytemääriä ja lisäksi eläinlääkäri suorittaa siirrettäville kaloille silmämääräisen tarkastuksen. Viime aikoina on herännyt keskustelua siitä, voitaisiinko kalatautitarkkailun toteutustapaa kehittää niin, että ylisiirtojen toteutus olisi sujuvampaa ja kustannukset pysyisivät kohtuullisina.

## 4.2. Ylisiirrettyjen kalojen vaelluskäyttäytyminen ja menestyminen

### 4.2.1. Vaelluksen jatkuminen

Tarkasteltaessa lohen vaelluskäyttäytymistä ylisiirtojen jälkeen on tärkeää tuntea lajille tyypilliset vaellusominaisuudet luonnontilaisessa joessa, jossa ei ole ihmisen rakentamia vaellusteitä. Atlantin lohi palaa mereltä kotijokensa rannikovesiin ja jokisuuhun tyypillisesti useita kuukausia ennen kutuaikaa. Kutuvaelluksen ajoittuminen vaihtelee paljon eri lohikantojen välillä ja myös niiden sisällä. Vaelluksen alkamista säätelevät sekä kalan fysiologinen tila että ulkoiset ärsykkeet ja siihen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. hydrologiset ja lämpötilaosuhteet, vaellusmatkan pituus ja kesto sekä sukukypsyyksiä (Thorstad ym. 2008).

Tutkimusten perusteella aikuisen lohen kutuvaellus on yleensä kaksi- tai kolmivaiheinen (Thorstad ym. 2008). Jokivaelluksen alussa lohi nousee nopeasti ylävirtaan kohti kutualueita ("migration phase"), jolloin vaelluskäyttäytyminen on suoraviivaista ja jossain määrin jaksottaista (Økland ym. 2001, Lundqvist ym. 2006). Toisessa vaiheessa lohien on havaittu uivan edes-takaisin lähellä kutualueita, jolloin lohen on katsottu etsivän ("search phase") sopivaa kutupaikkaa. Kolmannessa vaiheessa uintiaktiivisuus on selvästi vähäisempää ja kala voi pysytellä pitkiäkin aikoja paikoillaan ("holding phase") odottamassa kutuaikaa (Økland ym. 2001). Osassa tutkimuksia ei ole havaittu erikseen toista vaihetta eli edestakaista liikkumista ennen asentovaihetta (esim. Lundqvist ym. 2006).

Ylisiirrettyjen kalojen käyttäytyminen ja ekologiset ominaisuudet voivat vaikuttaa ratkaisevasti siirtojen onnistumiseen. Lohet näyttävät yleensä pysyttelevän ylisiirtojen tavoitealueella, jatkavan nousuvaellustaan ja hakeutuvan lajityypillisille lisääntymisalueille. Esimerkiksi Reinin tutkimuksessa suurin osa lohista lähti ylävirtaan ja saavutti sivujoessa sijaitsevat kutualueet ja myös kudusta tehtiin havaintoja (Gerlier & Roche 1998). Myös Penobscot-joen tutkimuksessa saadut tulokset ylisiirtojen onnistumisesta olivat varsin lupaavia ja lohet jatkoivat nousuvaellustaan kuljetuksen ja vapautuksen jälkeen (Sigourney ym. 2015). Ingdalselvalla suurin osa (77 %) lohista pysytteli siirtoalueella lokakuussa tapahtuneen kudun ajan ja 74 % naaraista arvioitiin kutuneen siellä. Kalojen ei havaittu uivan pitkiä matkoja ylävirtaan. Sen sijaan ne joko pysyttelivät lähellä vapautuspaikkaa tai hakeutuivat alavirtaan oleville suojapaikoille ja myöhemmin niiden läheisyydessä oleville kutupaikoille. Koiraiden havaittiin löytävän naaraita, minkä ansiosta kutu saattoi onnistua pienestä kalamäärästä huolimatta. Kudun jälkeen lohet alkoivat vaelttaa alavirtaan (Johnsen & Hvidsten 2002).

Tuuloma- ja Luttojoen tutkimuksessa vuonna 1998 todettiin, että valtaosa Luttojoelle siirretyistä lohista lähti vaeltamaan ylävirtaan (83 %). Yksi kala laskeutui alavirtaan ja neljä katosi seurannasta. Ylävirtaan lähteneistä 25 lohesta neljä havaittiin ainoastaan Venäjän puolella, kun taas 21 kalaa havaittiin Suomen puolella vähintään kerran ja niistä neljä palasi ilmeisesti pian uudestaan Venäjän puolelle. Suomen puolella lohet näyttivät asettuvan ensimmäiselle suuremmalle kutuun soveltuvalla alueella eivätkä lähteneet nousemaan sitä ylemmäs. Lohen kutuun soveltuvia alueita löytyy myös

Venäjän puolelta ja niillä havaittiinkin muutamia lohia. Tutkimustulosten perusteella pääteltiin, että loppukesästä tehdyt ylisiirrot vaikuttivat lupaavalta tukitoimenpiteeltä lohien palauttamisohjelmassa (Erkinaro ym. 1999, Erkinaro ym. 2000).

Kokemäenjoen vesistössä kaikki Loimijokeen elokuun 2013 lopulla siirretyt lohet (6 kpl) pysyivät joessa koko seurannan ajan. Vaikka osa nousi noin 10 km:n matkan ylävirtaan Rutavan padolle saakka, olivat lohet kutuaikana sijoittuneina lähinnä vapautuspaikan alapuolisille koskialueille (Karppinen 2014). Ala-Koitajoella Pamilonkoskelle ja Hiiskoskelle vuonna 2014 vapautetuista radiolohista (13 Pielisjoesta ja 14 Enonkosken laitokselta) suurin osa pysyi vapautuskosken alueella tai suuntasi ylävirran suunnalla oleville koskialueille. Muutamia lohia liikkui myös alavirran suunnassa oleville koskille (Luonnonvarakeskus 2015, julkaisematon).

Muista vaelluskalalajeista esimerkiksi punakurkkulohien ja härkänieriöiden on havaittu ylisiirron jälkeen jatkaneen pääosin nousuvaellustaan ja vaellusmatka saattoi olla usein yli 100 km. Tutkimustulosten mukaan myös ongelmia esiintyi, sillä osa kaloista joutui haukipredaation tai kalastuksen saaliiksi tai laskeutui padon alapuolelle (Schmetterling 2003).

Kuusamossa Oulankajoella on ylisiirretty kudulle nousevia taimenia Kiutaköngkään yli jo vuodesta 1965 alkaen. Vuonna 2003 tutkittiin ylisiirrettyjen taimenten kutuvaellusta köngkään yläpuolisilla alueilla. Radiolähetinmerkinnän ja vapautuksen jälkeen taimenet pysyttelivät muutaman päivän ajan vapautuspaikan läheisyydessä, minkä jälkeen ne suuntasivat nopeasti ylävirtaan. Kun vesi oli lämpimimmillään elokuun alkupuolella, taimenet hakeutuivat suvantojen syvänteisiin ja liikkuvat vain vähän. Vesien viiletessä osa taimenista löysi kutualueensa nopeasti ja pysytteli niiden läheisyydessä, kun taas osa jatkoi vaellustaan ylävirrassa sijaitseville lisääntymisalueille pysähdellen välillä ja laskeutuen tilapäisesti myös alavirran suuntaan. Vaellusalue ulottui enimmillään 30 km päähän Kiutaköngkäästä ylöspäin (Saraniemi ym. 2008).

Paikoin ylisiirretyt kalat ovat olleet haluttomia jatkamaan vaellusta ja joskus jopa suurin osa on laskeutunut pois ylisiirtojen kohdealueelta ennen kutuaikaa. Ounasjoelle vuosina 2009–2011 ylisiirretyistä radiolähettimellä merkityistä lohista huomattava osa (ka 46 %) laskeutui Kemijokeen ennen kutuaikaa. Vuosien välillä oli eroja ja eniten lohia siirtyi Kemijoelle vuonna 2009 (59 %) ja vähiten vuonna 2010 (31 %; Kanninen 2011, Jaukkuri ym. 2012). Vuonna 2015 radiolähettimellä merkityistä 14 lohista vain kaksi (14 %) siirtyi Ounasjoelta Kemijoelle ennen kutuaikaa (Luonnonvarakeskus 2016, julkaisematon).

lijojen vesistöalueella vuonna 2009–2010 tehdyssä telemetriatutkimuksessa (kuva 4) keskimäärin neljännnes lohista laskeutui pois ylisiirtojen kohdealueelta (Livojoki, Korpjoki tai lijojen pääuoman patojen yläpuolinen alue; Kanninen 2011). Kemi- ja lijojen ylisiirtolohilla vapautuksen jälkeinen käyttäytyminen on ollut tyypillisesti edestakaista vaeltelua, mikä lisää uintimatkojen kokonaismäärää. Tämä puolestaan lisää energiankulutusta, mikä saattaa vaikuttaa kalojen lisääntymismenestykseen ja kudun jälkeiseen selviytymiseen (Thorstad ym. 2008).

Kymijoella ylisiirrettyjen kalojen käyttäytyminen on ollut vaihtelevaa. Ahvenkosken yläpuolelle vuosina 1991 ja 1992 siirretyt lohet, taimenet ja vaellussiat eivät olleet halukkaita nousemaan ylävirtaan vaan kulkeutuivat enimmäkseen alavirtaan (Päivärinta 1992, Päivärinta ym. 1992). Koivukosken padon yläpuolelle vuonna 1993 siirretyistä lohista ja taimenista puolestaan suurin osa pyrki nousemaan aina Anjalankoskelle saakka (Päivärinta ym. 1993). Vuosina 2004–2005 Korkeakosken voimalaitoksen yläpuolelle siirretyistä lohista suurin osa näytti kyllä jäävän padon yläpuoliselle alueelle, mutta iso osa osoitti haluttomuutta vaelluksen jatkamiselle (Antti-Poika 2006). Vuonna 2012 Ahvenkosken edustan merialueelta Hirvivuolteen säännöstelypadon alapuolelle siirretyistä 10 radiolähettimellä merkityistä lohista kuusi nousi melko nopeasti (ka < 2 vrk) padon yläpuolelle ja niistä kolme nousi Anjalankosken padolle saakka (Karppinen & Haikonen 2013).



**Kuva 4.** Radiolähettimellä merkittyjen ylisiirtolohien paikannusta käsiantennin ja radiovastaanottimen avulla jokeen laskevalla Livojoella. Kuva: Panu Orell.

#### 4.2.2. Olosuhteiden ja vapautusajankohdan vaikutukset

Tutkimusten mukaan ympäristöolosuhteet vaikuttavat lohien vaelluskäyttäytymiseen (Thorstad ym. 2008) ja voivat siksi osaltaan selittää eroja ylisiirrettyjen kalojen vaelluksessa sekä jokikohteiden että vuosien välillä. Jos olosuhteet vapautushetkellä ja vapautuspaikalla eivät houkuttele kaloja lajityypilliseen nousuvaellukseen, saattavat kalat suunnata uintinsa takaisin alavirtaan.

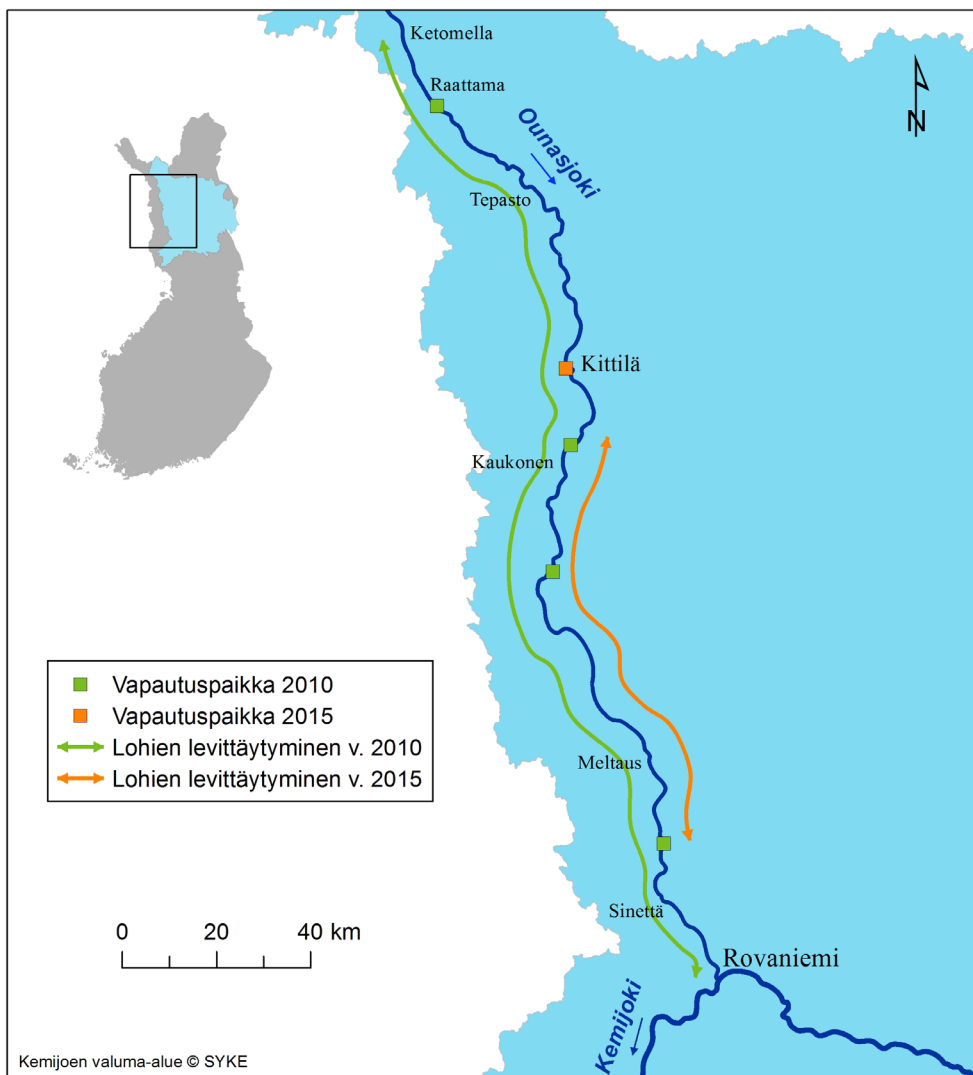
Kalojen vaellusaktiivisuus voi vaihdella mm. virtaamaolosuhteiden mukaan ja esimerkiksi hidavirtainen patoallasmainen vapautuspaikka, pienikokoinen jokiuoma, virtaaman lasku ja toisaalta myös voimakas tulvavirtaama voivat saattaa lohjet alavirtaan (Johnsen & Hvidsten 2002, Gerlier & Roche 1998, Askling 2015). Daugavajoen vesistössä poikkeuksellisen suuri virtaama oli ilmeisesti yksi keskeisimmistä syistä siihen, että kaikki Daugavan sivujokeen Ogreen vapautetut lohjet lähtivät alavirtaan ja päätyivät padon läpi ja edelleen Daugava-jokeen (Askling 2015). Reinin tutkimuksessa ensimmäiset lohjet, jotka oli vapautettu lähellä patoa (4 km päässä) lähtivät laskeutumaan enimmäkseen alavirtaan, minkä arvioitiin johtuvan siitä, ettei patoaltaassa ollut havaittavaa virtausta. Kun kaloja vapautettiin ylempänä jokimaisemmassa ympäristössä, lähtivät ne uimaan ylävirtaan (Gerlier ja Roche 1998).

Korkea lämpötila, joka aiheuttaa lohille stressiä, saattaa niin ikään lisätä kalojen siirtymistä alavirtaan (Gerlier ja Roche 1998). Esimerkiksi Hollbrook ym. (2009) havaitsivat Penobscot-joella, että lohien laskeutuminen patojen alapuolelle yleistyi lämpötilan noustessa yli 22 asteen.

Vapautuspaikan sijainti sekä vapautuksen ajankohta voivat vaikuttaa osaltaan ylisiirtokalojen käyttäytymiseen. Reinillä lohien pysyminen siirtoalueella oli parempaa myöhemmin syksyllä ylempään joelle vapautetuilla lohilla (Gerlier ja Roche 1998). Myös Altajoella kauemmas pyyntipaikaltaan vapautetut lohjet pysyivät siirtoalueillaan paremmin kuin lähempänä pyyntipaikkaa vapautetut lohjet (Heggberget ym. 1988). Penobscot-joella alaspäin lähteneitä lohia oli suhteellisesti enemmän niiden joukossa, jotka oli vapautettu heti ensimmäisen padon yläpuolelle kuin niissä, jotka oli siirretty kol-

men padon yläpuolelle. Lohien siirto kolmen padon yläpuolelle paransi myös kalojen saapumista seuraaville ylävirran suunnassa sijaitseville padoille. Veden lämpötilan ja virtaaman kasvaessa kaloja saapui sinne kuitenkin heikommin (Sigourney ym. 2015).

Luttojoella tehtyjen telemetriatutkimusten perusteella näyttäisi siltä, että merkittävän poikas-tuotannon käynnistäminen joen Suomen puoleisella vesialueella edellyttää lohien ylisiirtoa lähem-mäs rajaa tai suoraan Suomen puolelle. 1990-luvun lopulla tehdyssä tutkimuksessa suurin osa lohista havaittiin Suomen puolella, kun radiolähetinlohien vapautuspaikka sijaitsi noin viiden kilometrin päässä rajasta Venäjän puolella. Vuonna 2014 pääosa ylisiirtolohista jäi puolestaan Venäjän puolelle, n. 20–50 km päähän Suomen rajasta ja vain 20 % havaittiin Suomen puoleisella Luttojoella. Tällöin vapautuspaikalta rajalle oli selvästi pidempi matka kuin aiemmassa tutkimuksessa (noin 23 km Suo-men ja Venäjän rajalta; Luonnonvarakeskus 2014, julkaisematon). Myös Ounasjoen tutkimukset viit-taavat siihen, että vapautuspaikoilla on ainakin jossain määrin vaikutusta lohien levittäytymiseen jokialueella. Ounasjoen radiolähetinsseurannoissa ylimmät havainnot ylisiirtolohista on saatu Enonte-kiön Ketomellasta vuonna 2010, jolloin yksi lähetinkalojen vapautuspaikka sijaitsi ylempänä jokialu-eella Raattamassa (kuva 5). Sen sijaan vuosina 2009 ja 2015 lähetinkaloja ei vapautettu Kittilän ylä-puolisella jokiosuudella (vapautuspaikka v. 2009 Meltauksen alapuolella Kellosuvannossa ja v. 2015 Kittilässä) eikä niiden havaittu myöskään nousevan sinne (Kanniainen 2011, Jaukkuri ym. 2012).



**Kuva 5.** Radiolähettimellä merkittyjen lohien vapautuspaikat ja levittäytymisalue Ounasjoella vuosina 2010 ja 2015.

Kututapahtumaan valmistautuvalla kalalla voi olla parempi motivaatio hakeutua sopiville lisääntymisalueille (Thorstad ym. 2008) ja siksi pysytellä myös siirtokohteessa. Ingdalselvan tutkimuksessa arvioitiin, että lohien siirto lähellä kutuaikaa lisäsi todennäköisyyttä, että kalat jäisivät jokialueelle (Johnsen & Hvidsten 2002). Myös Suomessa tehtyjen telemetriatutkimusten perusteella näyttäisi siltä, että syyspuolella siirretyt kalat pysyvät siirtokohteessaan hyvin ja hakeutuvat verrattain nopeasti vapautuspaikan lähellä oleville kutualueille (Erkinaro ym. 2000, Karppinen 2014). Ylisiirtoja toteuttaessa on tärkeää huomioida, että nousuvaelluksen ajoittumisessa voi olla kalakannan sisällä paljon luontaista vaihtelua. Kalojen menestyminen jokialueella voi heikentyä, jos vapautusaika poikkeaa niille luontaisesta nousuajankohdasta (DFO 2016).

#### 4.2.3. Kalan alkuperän vaikutus

Istutukset ovat vaelluskalojen palauttamishankkeissa yleisesti käytetty tukitoimenpide, joten ylisiirretyt lohet ovat usein istutusperäisiä. Istutetuilla lohilla vaelluskäyttäytyminen voi tutkimusten mukaan olla erilaista kuin luonnonkudusta peräisin olevilla kaloilla (Jonsson ym. 1991, Jokikokko 2002), mikä voi vaikuttaa myös niiden lisääntymismenestykseen (Hagelin ym. 2015). Esimerkiksi Simojoella istutusperäiset kalat harhailivat joessa enemmän ja kauemman aikaa kuin luonnonkudusta peräisin olevat kalat, joiden vaellus oli määrätietoisempaa ennen asettumista kutualueille (Jokikokko 2002). Istutusperäiset lohet eivät välttämättä tunnista kutuun soveltuvia alueita samalla tavalla kuin niiden villit lajitoverinsa (Jonsson ym. 1991) ja niiden on havaittu ohittavan kutualueita viljejä useammin (Jokikokko 2002, Hagelin ym. 2015). Jonsson ym. (1991) havaitsivat lisäksi, että suurempi osa istutetuista kuin villeistä lohista palasi kutematta merelle.

Vaelluskalahankkeissa voidaan istutuspaikan valinnalla vaikuttaa siihen, kuinka motivoituneita jokeen palaavat kalat ovat hakeutumaan voimalaitospatojen yläpuolisille kutualueille (Gorsky ym. 2009). Leimautuminen ohjaa lohien kutuvaellusta, sillä lohet ovat luontaisesti kotijokiuskollisia ja ne pyrkivät palaamaan synnyinsijoilleen. Myös viljelyperäisten aikuisten lohien on havaittu hakeutuvan määrätietoisesti tiettyihin vesistöalueen osiin, mikäli ne on sinne poikasena istutettu. Esimerkiksi Gorsky ym. (2009) havaitsivat Penobscot-joen vesistöalueella, että istutuksista peräisin olevat lohet käyttäytyivät leimautumisteorian mukaisesti ja vaelsivat niille jokialueille, jonne ne oli aikoinaan smoltteina vapautettu.

Ylisiirroissa nousulohien vapautuspaikan valitsee ihminen eikä jokikohde ole välttämättä kalalle ennestään tuttu. Tuntelemattomassa joessa kalan lisääntymis- ja elinmahdollisuudet voivat heikentyä (Schmetterling 2003). Kalat saattavat myös lähteä ennen kutua pois siirtoalueiltaan etsiessään ”kotiin”, jolloin osa voi laskeutua patojen alapuolelle (Askling 2015, Hagelin ym. 2015). Jos istutukset tehdään jokisuuhun voimalaitosten alapuolelle, eivät ylisiirretyt lohet ole lainkaan leimautuneita voimalaitosten yläpuolisille kutualueille (Askling 2015, Hagelin ym. 2015). Esimerkiksi Ounasjoella ylisiirretyt lohet ovat peräisin Kemijokisuuhun tehtävistä istutuksista. Telemetriatutkimuksissa Ounasjokeen ylisiirrettyjen lohien vaelluskäyttäytyminen oli tyypillisesti epäsäännöllistä vaeltelua edestakaisin ylä- ja alavirtaan, mikä viittaa niiden etsineen kutupaikkaa vieraassa ympäristössä (Kanniainen 2011). Ylisiirtojen yksi keskeinen tavoite on luoda voimalaitosten yläpuolelle leimautunut kalakanta ja lisääntymisen onnistuessa yhä useampi ylisiirtokala voi tulevaisuudessa olla kotoisin patojen yläpuolisilta alueilta.

#### 4.3. Voidaanko ylisiirroilla käynnistää ja ylläpitää luonnontuotantoa?

Aiempien tutkimusten mukaan ylisiirroilla voidaan aikaansaada luonnonlisääntymistä. Ingdalselvalla löydettiin sähkökalastuksissa lohien pienpoikasia (kuva 6) erityisesti niiltä alueilta, joilla emokalojen oli havaittu kutuneen, mutta myös muutamilta muilta paikoilta (Johnsen & Hvidsten 2002). Luttojoella vuonna 1998 ylisiirretyt lohet sijoittuivat kutuaikana yleisesti tunnetuille kutualueille ja kututapahtumasta tehtiin myös suorita havaintoja aktiivisuuslähettimien avulla. Seuraavan kesän sähkökalas-

tuksissa löydettiin lohien kesänvanhoja poikasia Suomujokisuusta, jossa oli telemetriaseurannan aikana tehty eniten havaintoja ylisiirretyistä lohista (Erkinaro ym. 1999, Erkinaro ym. 2000).

Ala-Koitajoella tähänastiset tulokset ovat erityisen lupaavia ja sähkökalastusten perusteella järvi-lohien poikastiheydet ovat kasvaneet selvästi hankkeen aikana. Alueella on tehty myös poikasistutuksia, mutta useilla koskilla on löydetty kutupesä ja luonnonkudusta peräisin olevia poikasia. Smolttipyynnissä tulokset ovat olleet vielä vaatimattomia, jota saattaa selittää osaltaan keväällä 2013 lisäjuoksutuksen käynnistämisen aiheuttama voimakas kiintoainespulssi ja toisaalta lohienpoikasten suuri talviaikainen kuolevuus (Luonnonvarakeskus 2015, julkaisematon).

Ounasjoella tehtyjen seurantojen perusteella keskimäärin vain kolmannes (vaihteluväli 11–64 %) siirretyistä radiolohista säilyi varmuudella elossa Ounasjoessa kutuaikaan asti. Osa ylisiirretyistä lohista pysyi silti tavoitellulla alueella ja hakeutui lisääntymiseen soveltuville koski- ja niva-alueille. Ounasjoen sähkökalastuksissa on löydetty luonnonkudusta peräisin olevia kesänvanhoja poikasia, mutta vain muutamasta paikasta ja poikasmäärät ovat olleet niukkoja (Jaukkuri ym. 2012, Luonnonvarakeskus 2015, julkaisematon). Vastaavia tuloksia on saatu myös Iijoenalta (Luonnonvarakeskus 2011 ja Luonnonvarakeskus 2015, julkaisematon). Vuonna 2010 Iijokeen laskevan Livojoen sähkökalastuksissa saatiin hieman parempia tuloksia, kun sähkökalastukset kohdennettiin edellisenä kesänä ylisiirretyjen radiolohilla merkittyjen lohien kutupaikoille. Korpjoella, jonne lohia oli myös siirretty, ei luonnonpoikastuotantoa kuitenkaan havaittu (Kanniainen 2011). Laajamittaisen poikastuotannon käynnistäminen Kemijoen ja Iijoen kaltaisissa isoissa joissa edellyttäisikin verraten suuria kutukalamääriä.

Lohien kutu on tiettävästi onnistunut myös sellaisissa tapauksissa, joissa emokalat ovat ennen jookeen siirtoaan viettäneet joko osan tai koko elämänsä viljelylaitoksessa (Scott ym. 2005). Kanadassa St. John -joen vesistöalueella lohien luonnonmuotoa tuetaan paitsi ylisiirroilla, myös kasvattamalla luonnonkudusta peräisin olevia poikasia viljelylaitoksessa. Sukukypsyysikässä kalat kuljetetaan takaisin potentiaalisille kutualueille. Tämä menettelytapa on otettu käyttöön, koska Pohjois-Amerikan Itämeren lohikantojen kehittymistä rajoittaa huomattavan suuri merivaiheen kuolleisuus (DFO 2016).

Vaikka ylisiirroilla voidaan tukea luonnonlisääntymistä, monin paikoin on kuitenkin epävarmaa, voidaanko menetelmän avulla saada aikaan itseään ylläpitävä kalakanta ja riittävä määrä jookeen palaavia aikuisia kaloja (Keefer ym. 2010).



**Kuva 6.** Lohien jokipoikanen. Kuva: Panu Orell.

Lohikalojen ylisiirtotutkimuksia on toistaiseksi vielä niin vähän, ettei niiden perusteella voida antaa täsmällisiä ohjeita ylisiirtokalojen riittävästä määrästä. Ensin olisikin arvioitava, mikä on vähimmäismäärä emokaloja, joka kannan ylläpitoon tarvitaan. Jos joki, johon lohi halutaan palauttaa, on eristyksissä eivätkä kalat pääse sinne luontaisesti levittäytymään, tarvitaan ylisiirtokaloja enemmän kuin kohteessa, jonne on olemassa myös vaellusyhteys (Anderson ym. 2014). Toisaalta on huomioitava, että osa ylisiirretyistä kaloista saattaa kuolla (Keefer ym. 2010) tai laskeutua pois siirtokohteesta jo ennen kutuaikaa (Hagelin ym. 2015).

Ylisiirtokalojen poikastuottoa ja kalakannan palauttamista saattaa rajoittaa ns. Allee-efekti, jossa yksilön kelpoisuus tai sen osa (esim. lisääntymismenestys) alenee pienen emokalatiheyden takia. Tämä teoria tukee käsitystä, jonka mukaan merkittävä poikastuotanto edellyttää suuria emokalamääriä. Toisaalta pienen kalatiheyden ansiosta jokipoikasten menestyminen voi olla parempaa, kun tiheydestä riippuvainen säätely ja poikasten kokema kilpailu eivät ole palauttamishankkeen alkuvaiheessa niin voimakkaita. Vapautuspaikkojen määrällä voidaan vaikuttaa näihin prosesseihin ja esimerkiksi tiheydestä riippuvainen säätely on pienempää, jos kaloja vapautetaan useaan eri paikkaan jokialueella. Lisäksi kalojen vapauttaminen parhaille kutu- ja poikastuotantoalueille voi parantaa ylisiirtokalojen lisääntymismenestystä (Anderson ym. 2014).

Koska tiedot kalakannan elämänsyklinän eri vaiheista ovat usein puutteellisia, on toistaiseksi vaikeaa tehdä johtopäätöksiä ylisiirtojen mahdollisuuksista ylläpitää luonnontuotantoa pitkällä aikavälillä (Bergman ym. 2014). Usein rakennettujen jokien ongelmat ovat moninaisia eikä kudun onnistuminen vielä takaa vaelluskalakannan positiivista kehitystä. Lohen vaelluspoikasten alusvaellustappiot ovat yksi keskeisimmistä ongelmista voimalaitospadotuissa vesistöissä. Siten lohikannan palauttamishankkeissa täytyy varmistaa, että luonnossa syntyneet poikaset pääsevät laskeutumaan turvallisesti syönnösalueilleen (Huusko ym. 2014).

Usein ylisiirtojen kanssa tehdään myös muita samanaikaisia toimenpiteitä, kuten poikasistutuksia ja valuma-alue- ja elinympäristökunnostuksia. Nämä toimenpiteet voivat olla toisiaan tukevia ja siksi voi olla myös vaikea eritellä niiden vaikutuksia lisääntymismenestykseen ja poikastuottoon (Anderson ym. 2014). Ylisiirrot voivat olla myös vaihtoehtoinen toimenpide poikasistutuksille (Johnsen & Hvidsten 2002). Suhtautuminen istutuksiin on muuttunut viime vuosikymmenten aikana aiempaa kriittisemmäksi, sillä niihin liittyy evolutiivisia ja ekologisia riskejä. Laitostuminen voi alentaa viljelyperäisten kalojen kelpoisuutta luonnossa ja niiden lisääntymismenestys on usein viljelemiä kaloja heikompi (Anderson ym. 2014). Istutuksilla voidaan kuitenkin saada aikaiseksi verrattain nopeasti runsaita poikasmääriä, sillä mädin ja poikasten kuolleisuus on laitosolosuhteissa pienempää kuin luonnossa. Näin voidaan saada lisättyä myös jokeen palaavien aikuisten kalojen määrää ja tukea lohikannan suojelua ja palauttamista (Anderson ym. 2014).

#### 4.4. Ylisiirrot ja lohikannan monimuotoisuus

Ylisiirroilla voidaan saavuttaa paljon samoja hyötyjä kuin varmistamalla kalojen luontainen levittäytyminen vapaan vaellusyhteyden kautta. Ylisiirtojen avulla mahdollistetaan luonnonvalinta sekä kutuparin ja -paikan valinta luonnonympäristössä ja emokaloiksi saadaan merivaelluksesta selviytyneitä kaloja. Luonnonkudusta peräisin olevien poikasten sopeutumista jokiympäristöön edistää se, että poikaset viettävät kaikki varhaiset elinkierron vaiheet mädin hautoutumisesta smolttivaellukseen asti jokialueella. Samalla ne leimautuvat joen hajuihin edistäen niiden hakeutumista takaisin patojen yläpuolisille tuotantoalueille, kun ne palaavat aikuisina taas takaisin jokeen (Frank ym. 2011, Anderson ym. 2014).

Ylisiirtoihin liittyy kuitenkin myös keinotekoista valintaa, jossa ihminen on vaikuttamassa siihen, mitkä jokeen pyrkivistä kaloista tulevat siirretyiksi kutualueille. Myös nousuvaelluksen aikaisella luonnonvalinnalla saattaa olla tärkeä merkitys niiden evolutiivisten ominaisuuksien (morfologiset ominaisuudet tai energiankäyttö) osalta, jotka ovat suotuisia kyseisellä vaellusreitillä. Siirtämällä kaloja ihmisen toimesta ohitetaan valintapaine tältä osin. Näin ollen ylisiirroilla voi olla tahattomia vaikutuksia kalakannan rakenteeseen, elinkierto-ominaisuuksiin ja geneettiseen monimuotoisuuteen.

Jotta niiltä vältyttäisiin, olisi ylisiirtojen toteutuksessa tärkeää kiinnittää huomiota siihen, missä määrin siirroilla tehdään valintaa suhteessa vaelluksen ajoittumiseen sekä kalan kokoon ja fenotyyppiin (Anderson ym. 2014).

Brasiliassa tutkittiin kalahissin ja sen yhteydessä toimivan ylisiirtosysteemin valikoivuutta ja todettiin, että vaikka toimintamalli ei ollut lajivalikoiva, se näytti jättävän pois erityisesti pienikokoisia kaloja (Pompeu ja Martinez 2007). Penobscot-joella ylisiirrot eivät aiheuttaneet merkittävää kokovalintaa. Sen sijaan kalatiet näyttivät olevan kokovalikoivia, sillä suurikokoisista kaloista suhteellisesti pienempi osa läpäisi kalatiet. Jos suurempia emokaloja saadaan muita heikommin lisääntymisalueille, voi se vaikuttaa koko lohipopulaation dynamiikkaan välittömästi mätimunien määrän jäädessä pienemmäksi sekä pitkällä aikavälillä populaation siirtyessä aiempaa pienempään sukukypsyyssikään ja -kokoon. Penobscotin lohipopulaatiossa on verrattain paljon pieniä yhden merivuoden kaloja ja ikäkauma näyttää muuttuvan yhä nuorempaan suuntaan. Tämä trendi voi johtua osin muutoksista kasvulosuhteissa, mutta myös patojen valikoivuus koon suhteen voi vaikuttaa osaltaan asiaan (Sigourney ym. 2015). Kalateiden osalta on näyttöä myös siitä, että naaraskalat läpäisevät ne heikommin kuin koiraat. Mikäli naaraiden vaellustappio on huomattavan suuri, saattaa se vaikuttaa koko kalapopulaation kehitykseen, sillä kudun onnistuminen on riippuvainen ennen kaikkea naaraiden menestymisestä (Roscoe ym. 2011).

Luonnonlohikannoista tiedetään, että saman vesistöalueen eri sivujoissa voi elää paikallisesti sopeutuneita geneettisesti erilaistuneita populaatioita, joilla on hyvin moninaisia elinkierto-ominaisuuksia (esimerkiksi Tenojoen vesistön lohikannat, Vähä ym. 2016). Nämä erilaistuneet populaatiot ovat lohien monimuotoisuuden kannalta erittäin tärkeitä. Erilaisten elinkierto-ominaisuuksien kirjo edistää kalakannan kestävyyttä muuttuvissa ympäristöolosuhteissa. Lohen palauttamishankkeessa kalakan-  
nan tila voi vahvistua vähitellen kannan sopeutuessa paikallisiin oloihin. Ylisiirtojen jatkuessa kalapopulaatioon saadaan vähitellen uutta geneettistä materiaalia, mikä vähentää pullonkaula vaikutusta (Anderson ym. 2014). Ylisiirtojen käytännön haasteena on kuitenkin eritellä kaloja sen mukaan, mistä vesistöalueen osasta ne ovat kotoisin. Jos puolestaan siirtoalueella on jo olemassa paikallinen vaelluskalakanta, saatetaan ylisiirroilla aiheuttaa haittaa kyseiselle geneettisesti erilaistuneelle kannalle (Keefer ym. 2010, DFO 2016).

## 4.5. Kalastus ja voimalaitostappiot

Kalastuspaine vaihtelee eri ylisiirtokohteiden välillä. Daugavalla kalastuspaine näyttää olevan varsin suurta ainakin voimalaitosten alapuolella. Siellä kaiken kaikkiaan seitsemän lohta (39 %) laskeutui Rigan voimalaitoksen alapuolelle ja niistä viisi (70 %) tuli kalastajien pyytämiksi. Lisäksi Daugavaan jääneistä kymmenestä kalasta kuusi katosi seurannasta, minkä arveltiin johtuneen ainakin osittain salakalastuksesta (Askling 2015). Luttojoella vuonna 1998 ylisiirretyistä 30 lohesta yhteensä kolme jäi saaliiksi syksyn aikana Venäjän puolelle ja yksi Suomen puolelle. Lisäksi kaksi lohta jäi saaliiksi Suomen puolella seuraavana keväänä (Erkinaro ym. 2000). Ounasjoella arvioitu kalastuskuolleisuus oli vuosina 2009–2011 ylisiirretyillä radiolähetinlohilla vuodesta riippuen 7–31 %, ja pyyntipaikat sijaitsivat lähinnä Kemijoella voimalaitosten lähistöllä (Kanniainen 2011, Jaukkuri ym. 2012).

Kemi-, Ii- ja Kymijoen vesistöissä tehtyjen ylisiirtotutkimusten perusteella suurin osa kutemaan jääneistä lohista talvehtii jokialueella ja talvesta selvinneet yksilöt vaeltavat alas merelle huhtitoukokuussa (Kanniainen 2011, Karppinen & Haikonen 2013). Alasvaeltaessaan ne joutuvat kulkemaan voimalaitospatojen alapuolelle joko ohittaen ne tulvauomaa pitkin tai laskeutumalla turbiinien läpi. Välitön voimalaitoskohtainen turbiinikuolleisuus on ollut Kemijoella ylimmällä padolla vuodesta riippuen noin 5–10 % ja Iijoella 0–28 % (Kanniainen 2011, Jaukkuri ym. 2012). Daugavalla lohiet tulivat tutkimuksen aikana sekä Ogren voimalaitoksen että Rigan voimalaitoksen alapuolelle (turbiinien läpi) ja tulokset osoittivat, että suurin osa selviytyi alasvaelluksesta (Askling 2015). Ruotsissa Uumajajoen Stornorrforssin ja Piteå-joen Sikforsin voimalaitoksilla on arvioitu, että noin 55–75 % alavaeltavista talvikoista selviää näiden voimalaitosten turbiinien läpi (Ferguson 2008).



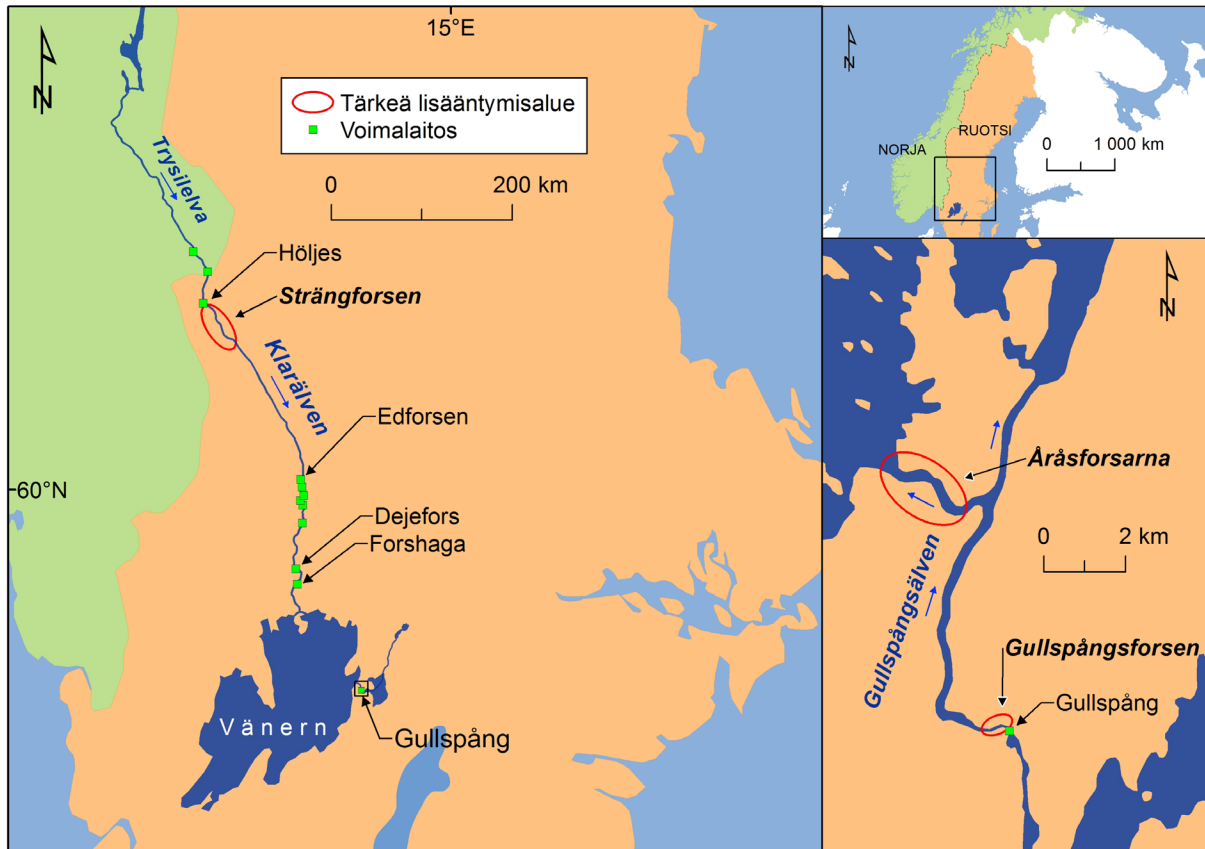
## 5. Esimerkkinä Klarälven

### 5.1. Taustaa

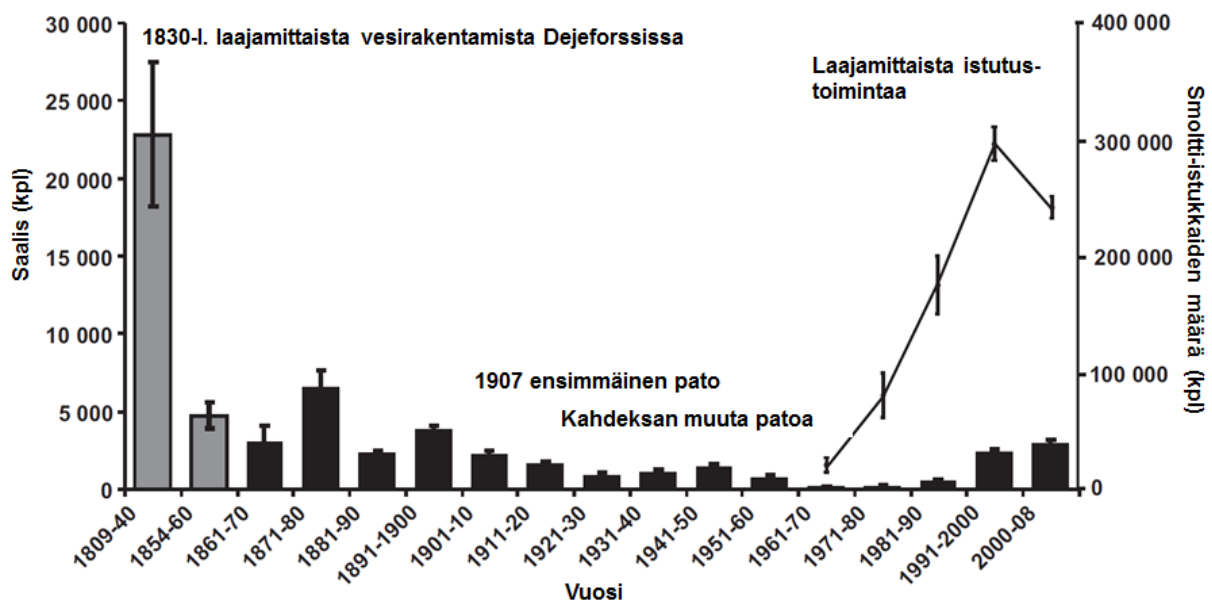
Ruotsissa Vänern-järvellä tavataan järvilohtha, joka on aikoinaan kutenut yhdeksässä Vänerniin laskevassa joessa. Nykyisin järvilohikanta on jäljellä ainoastaan Klarälvenilla ja Gullspångsälvenillä (kuva 7). Historiallisten tietojen mukaan molempien jokien lohet ja taimenet ovat olleet varsin suurikokoisia (Piccolo ym. 2012).

Klarälven on suurin Vänerniin laskevista joista ja sen vesistöalue on yksi Skandinavian laajimmista. Joki kulkee sekä Norjan että Ruotsin puolella ja Norjan puoleista osaa kutsutaan nimellä Trysilelva. Ennen voimalaitosrakentamista Klärälvenin lohi ja taimen saattoivat nousta Vänerniltä 400 km matkan jokea ylöspäin. Jo 1800-luvun puoliväliin mennessä jokea oli muutettu laajasti pienvoimaloiden ja uittoperkausten vuoksi ja joen alaosalla alkuperäisistä kutu- ja poikastuotantoalueista oli arvioiden mukaan jäljellä enää 30 % (Piccolo ym. 2012, kuva 8). Voimalaitosrakentaminen alkoi suuremmalla mittakaavalla 1900-luvun alkupuolella. Vuonna 1907 rakennettiin Dejen voimalaitos, joka esti vaelluskalojen pääsyn yläpuolisille tuotantoalueille. Sen alapuolelle rakennettiin vuonna 1916 Forshagan voimalaitos, joka sijaitsee 25 km päässä jokisuusta ja on myös nykyisin joen alin vaelluseste. Nykyisin pääuomassa on yhteensä 11 voimalaitosta, joista kaksi Norjan puolella ja yhdeksän Ruotsin puoleisella jokiosuudella (Norrgård 2014). Voimalaitoksissa ei ole toimivia alas- tai ylösvaellusreittejä.

Klarälvenin vuotuinen lohi- ja taimensaalis on ollut suurimmillaan tiettävästi 1600-luvulla, jolloin saaliiksi saatiin jopa 50 000 kalaa/vuosi. 1800-luvulla saalis laski voimakkaasti: vuosisadan alkupuolella saaliiksi saatiin vielä 30 000 yksilöä/vuosi, mutta vuosisadan lopussa saalis oli enää noin 5000 lohtha ja taimenta/vuosi (kuva 8). Kun 1900-luvun alkupuolella vaelluskalojen pääsy voimalaitosten yläpuolisille tuotantoalueille estyi, laski nousukalojen määrä entisestään saaliin ollessa vain 2000–3000 kpl/vuosi. 1960-luvulla villin lohen ja taimenen yhteenlaskettu saalis oli keskimäärin enää vain n. 140 kalaa/vuosi (Piccolo ym. 2012, Norrgård 2014).



**Kuva 7.** Klarälvenin (Norjan puolella Trysilelva) ja Gullspångsälvenin voimalaitokset ja lohien tärkeimmät lisääntymisalueet (Palm ym. 2012). Klarälvenin yliirtokalat otetaan kiinni Forshagan voimalaitoksella ja kuljetetaan Edforsenin voimalaitoksen yläpuolelle.



**Kuva 8.** Keskimääräinen lohi- ja taimensaalis kymmenvuotiskausittain Klärälvenillä (pylväät  $\pm 1$  SE), vuosina 1809–2008 ja smoltti-istukkaiden määrä (viiva  $\pm 1$  SE). Huomaa harmaissa pylväissä poikkeava laskentajakso. Pyyntimenetelmä ja -tehokkuus sekä sijainti ovat vaihdelleet tarkastelujaksolla. Ennen vuotta 1960 joessa pyydyt kalat ovat olleet viljejä lohia ja taimenia. Vuoden 1960 jälkeen mukana on villien kalojen lisäksi Klarälvenin ja Gullspångsälvenin kantaa olevia istukkaita. Kuva: Piccolo ym. 2012.

Klarälvenillä on tehty poikasistutuksia jo 1800-luvulta lähtien, mutta laajamittainen Vänernin lohien ja taimenten istutustoiminta voimalaitosrakentamisen vuoksi menetettyjen kutu- ja poikastuotantoalueiden kompensoimiseksi aloitettiin 1970-luvun loppupuolella (kuva 8; Piccolo ym. 2012). Klarälvenin voimalaitosten istutusvelvoite on nykyisellään 150 000 smolttia/vuosi, Gullspångsälvenin 25 000 smolttia/vuosi ja Gotajoen 25 000 smolttia/vuosi. Lohien ja taimenten lukusuhteen on oletettu olleen alun perin 70:30 ja lajien osuudet istutuksissa määräytyvät sen mukaisesti (Hedenskog ym. 2015). Velvoiteistutuksissa sekä Klarälvenin että Gullspångsälvenin kantaa olevat taimen- ja lohi-istukkaat vapautetaan Klarälvenin alaosalle, patojen alapuolelle. Näiden kahden joen lohikalakantoja myös risteytettiin tarkoituksellisesti parin vuoden ajan 1970-luvulla, mutta sen vaikutuksia kantoihin ei ole arvioitu (Piccolo ym. 2012).

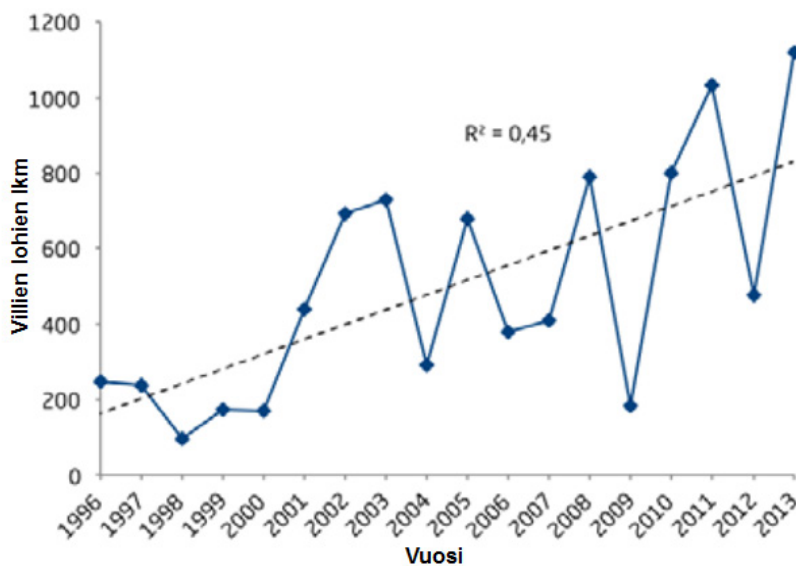
Velvoiteistusten lisäksi Vänerniin on vapautettu vuodesta 1987 alkaen lohisätiön maksamia smoltteja, joiden määrä on ollut suurimmillaan 150 000–200 000 smolttia/vuosi. 1990-luvun puolivälin jälkeen näiden istutusten osuus on pienentynyt ja nykyisin istutukset ovat suuruusluokaltaan 50 000 smolttia. Siten Vänernille tulevien lohien ja taimenen smoltti-istukkaiden yhteenlaskettu määrä on nykyisin noin 225 000 kpl/v (Hedenskog ym. 2015).

Vuodesta 1961 alkaen osa smoltti-istukkaista (noin 3000–4000 kpl/vuosi) on merkitty Carlin-merkeillä ja vuodesta 1991 alkaen kaikki istukkaat on rasvaeväleikattu. Vuonna 1993 astui voimaan kaikkia kalastusmuotoja koskeva sääntö, jonka mukaan luonnossa syntyneet lohet ja taimenet (ei eväleikkausta) tulee vapauttaa. Jokeen istutetuista Klarälvenin lohi- ja taimensmolteista arviolta noin 7,5 % päätyy Vänernillä kalastajien saaliiksi ja vuosittaiset saaliit ovat suuruusluokaltaan 75 tonnia. Istukkaista noin 1 % saadaan järvivaiheen jälkeen pyydetyksi Forshagan kiinniottolaitteella niiden palattua takaisin jokeen (Piccolo ym. 2012, Norrgård 2014, Hedenskog ym. 2015)

## 5.2. Ylisiirrot

Klarälvenin ja Gullspångsälvenin kantaa olevat nousukalat kerätään Forshagan voimalaitoksen kiinniottolaitteella ja lajitellaan laji- ja kantakohtaisesti (eri jokien kannoilla erilaiset eväleikkaukset). Osa kaloista viedään emokaloiksi viljelylaitokseen ja osa siirretään molempien jokien ensimmäisen padon yläpuolelle virkistyskalastajien pyydettäväksi. Lisäksi Klarälvenin kantaa olevia kaloja siirretään joen kahdeksan alimman voimalaitoksen yläpuolelle kutemaan. Gullspångsälvenilla kutu- ja poikastuotantoalueita on jäljellä ainoastaan muutamia kilometrejä ja edellytykset luonnontuotannolle ovat heikot (Piccolo ym. 2012, Norrgård 2014, Hedenskog ym. 2015).

Klarälvenin ylisiirtokalojen vapautusalue sijaitsee noin 140 km pituisella vapaana virtaavalla jokijaksolla Edsforsenin ja Höljesin voimalaitospatojen välissä (Nyqvist ym. 2015, kuva 7), jossa ovat Ruotsin puolen ainoat jäljellä olevat potentiaaliset kutu- ja poikastuotantoalueet. Etäisyys Forshagan voimalaitokselta vapautuspaikalle on noin 90 km. Ylisiirtomäärät ovat olleet vuodesta 1980 alkaen keskimäärin noin 600 lohta ja 270 taimenta/vuosi (Hedenskog ym. 2015). Samaisille kutualueille on aiemmin kuljetettu sekä villejä että rasvaevättömiä istutusperäisiä kaloja. Istutuskalojen risteytyminen luonnossa syntyneiden emokalojen kanssa saattaa kuitenkin olla haitallista luonnonpopulaation geneettisten sopeutumien kannalta. Lisäksi istutuskalojen lisääntymismenestys on oletettavasti heikompi kuin luonnossa syntyneillä. Nämä ovat olleet perusteena sille, että vuodesta 2012 alkaen istutuksista peräisin olevia lohia ei ole saanut enää siirtää Klarälvenin lisääntymisalueille (Norrgård 2014, Hagelin ym. 2015). Norrgårdin (2014) mukaan nykytiedon perusteella ei voida vielä ennustaa, miten tämä päätös vaikuttaa jokeen palaavien lohien määrään. Tällä hetkellä osa rasvaevällisistä nousulohista saattaa vielä olla laitokasvatettujen istutuskalojen jälkeläisiä. Taimenen osalta ylisiirretään edelleen sekä villejä että viljeltyjä kaloja pienen taimenmäärän vuoksi (Norrgård 2014).



**Kuva 9.** Klarälvenin villilohimäärä Forshagan kiinniottolaitteella vuosina 1996–2013. Kuva: Hedenskog ym. 2015.

Vaikka Klarälvenin lohien ja taimenten ylisiirrot aloitettiin jo 1930-luvulla, palaa jokeen vuosittain alle 5 % siitä villien lohien ja taimenten määrästä, joka sinne nousi 1800-luvun alussa. Erityisesti villien taimenten määrä on pieni: aikavälillä 1996–2009 se oli alle 50 yksilöä/vuosi ja vuonna 2013 noin 150 kpl. Villien lohien määrä Forshagassa on kuitenkin kasvanut 2000-luvulla nousten aikavälillä 1996–2009 noin 220 yksilöstä 780 yksilöön/vuosi. Viime vuosina villien lohien määrä on ylittänyt 1000 yksilön määrän (kuva 9) ja esimerkiksi vuonna 2013 ylisiirtoihin saatiin 1052 luonnossa syntyneitä lohta (Hedenskog ym. 2015). Toistaiseksi ei ole varmuutta siitä, johtuuko positiivinen lohikannan kehitys luonnollisen tai kalastuskuolevuuden laskusta, aiempaa paremmasta smolttituotannosta vai näiden yhdistelmästä, ja esimerkiksi kalastuksen sivusaaliiksi jäävien villien kalojen määrästä ei ole tietoa (Piccolo ym. 2012, Norrgård 2014).

### 5.3. Ylisiirtotutkimukset

Hagelin ym. (2015) vertasivat tutkimuksessaan luonnossa syntyneiden ja istutusperäisten lohien kutuvaellusta ylisiirron jälkeen elo-lokakuussa 2011. Telemetriatutkimuksen perusteella vertailuryhmien välillä oli merkitsevä ero vaelluskäyttäytymisessä. Luonnossa syntyneistä lohista valtaosa (82 %) suuntasi suoraviivaisesti kutualueille, kun vastaava luku istutusperäisillä kaloilla oli vain 29 %. Istutusperäiset kalat päätyivät viljelä useammin joko alavirtaan voimalaitoksen alapuolelle (50 % istukkaista ja 12 % villeistä) tai niiden vaellus oli epäsäännöllistä (21 % istukkaista ja 6 % villeistä). Istutusperäiset yksilöt kutivat keskimäärin ylempänä jokialueella kuin villit ja useat istukkaat ohittivat hyväksytyt arvioidut kutualueet. Villit lohet pysyttelivät kutualueilla istukkaita pidempään. Tutkijat arvelivat erojen selittyvän sillä, että istutusperäiset kutukalat oli vapautettu smolteina joen alaosalle eivätkä ne olleet leimautuneet tähän osaan jokea. Vaellusnopeudessa ei kuitenkaan havaittu eroja villien ja viljeltyjen lohien välillä. Tutkimuksen johtopäätöksissä todetaan tulosten tukevan sitä näkemystä, että istutusperäisten kalojen lisääntymismenestys on verrattain heikkoa (Hagelin ym. 2015).

Nyqvist ym. (2015) tutkivat ylisiirrettyjen lohien selviytymistä kudun jälkeen ja alasvaelluksen aikana. Tulosten mukaan keskimäärin puolet kutuaikana seuratuista lohista oli vielä kudun jälkeen elossa. Kudun jälkeinen selviytyminen oli suhteellisen korkeaa, mikä viittaa siihen, että Klarälvenilla voisi olla verrattain paljon uudelleen kutemaan nousevia kaloja, mikäli selviytyminen takaisin järvi-alueelle onnistuisi. Kudun jälkeen kalat lähtivät alasvaellukselle joko syksyllä tai keväällä ja naaraskalat lähtivät vaellukselle yleensä koiraita myöhemmin. Alasvaeltavista lohista 81 % selvisi elossa en-

simmäisen voimalaitoksen ohi (useimmiten ohijuoksutuskanavan kautta; ohijuoksutuksia oli huoltotöiden takia tavallista enemmän), mutta yksikään lähetinkala ei selvinnyt elossa kaikkien kahdeksan voimalaitoksen ohi. Tulokset eri voimalaitoksilta viittaavat siihen, että ohijuoksutukset paransivat voimalaitoskohtaista selviytymistä (Nyqvist ym. 2015).

Jokeen nousevia kaloja seurattiin kahtena vuonna Forshagan pyyntilaitteen tehokkuuden selvittämiseksi. Saatujen tulosten perusteella näyttää siltä, että pyyntilaitteen tehokkuus on riippuvainen virtaamasta. Vuonna 2013 virtaamat olivat suhteellisen pieniä ja pyyntiteho oli tällöin 78 % ja kalojen oleskeluaika padon alapuolella keskimäärin 4 päivää. Sen sijaan vuonna 2012, jolloin virtaamat olivat korkeita, jäi pyyntiteho alle 20 prosenttiin ja kalat oleskelivat padon alapuolella keskimäärin 47 päivää. Ohijuoksutusten arveltiin vaikeuttavan kalatien sisäänkäynnin löytämistä (Hedenskog ym. 2015).

Ruotsin ja Norjan potentiaaliset poikastuotantoalueet yhteenlaskettuna (sivujoet mukaan lukien) koko jokisysteemin kutukantatavoitteeksi on arvioitu nykytilassa noin 6000 naaraslohta, josta suurin osa (4500 naarasta) Norjan puoleisille alueille. Kutukantatavoite olisi siten samaa suuruusluokkaa esimerkiksi Norjan Namsenin ja Gaulan kutukantatavoitteiden kanssa. Kunnostusten ja ympäristövirtaaman myötä kutukantatavoite voisi arvioiden mukaan nousta 7200 naarasloheen. Naaras-koiraslukuosuudella 60:40 tämä tarkoittaisi, että kutualueille pitäisi päästä tavalla tai toisella nykytilassa n. 10 000 kutukalaa ja kunnostusten jälkeen 12 000 kutukalaa (Hedenskog ym. 2015).

Osa em. kutukantatavoitteen taustalla käytetyistä potentiaalisista poikastuotantoalueista etenkin ylempänä vesistöalueella on voinut olla historiallisesti taimenen habitaattia (J. Norrgård, henkilökohtainen tiedonanto 14.6.2016). Lisäksi arviot Ruotsin puoleisen jokiosuuden tuotantoalueista ovat poikkeavia eri tietolähteissä ja tiedot siitä, voisiko alue tarjota laadukasta tuotantoalaa nykyistä suuremmalle emokalamäärälle, ovat varsin ristiriitaisia. Kunnostuksilla poikastuotantomahdollisuuksia voitaisiin ilmeisesti kuitenkin parantaa.

## 5.4. Ylisiirtokalojen poikastuotto

Perinteisellä sähkökalastusmenetelmällä tehtyjen arvioiden mukaan lohien jokipoikastiheydet ovat olleet Klarälvenin pääuoman koealoilla keskimäärin 1–2 poikasta/aari (Museth ym. 2015). Poikastuotanto on tämän perusteella melko vähäistä, joskin viimeisten 25 vuoden aikana tiheydet ovat olleet hieman nousussa. Myös sivujokien tiheydet ovat kasvaneet hieman ja nykyisin lohienpoikasia tavataan 11 sivujoella, kun 1990-luvun alussa niitä tavattiin vain kahdelta sivujoelta (Hedenskog ym. 2015).

Vuosina 2011–2013 Klarälvenillä oli käytössä sähkökalastusvene. Lohenpoikasia tavattiin lähinnä Ruotsin puoleisella Klarälvenin yläosalla (välillä Strängsforsen – Sysseleback), jossa poikastiheys oli vuodesta riippuen 0,51–0,60 kpl/min. Suurimmat tiheydet havaittiin alueella, jonne myös telemetriaseurannan perusteella keskittyvät ylisiirrettyjen lohien kutualueet. Havaitut poikastiheydet ovat kuitenkin verrattain pieniä. Esimerkiksi Namsen-joella Keski-Norjassa keskimääräinen saalis on ollut 3,15 kpl/min ja parhailla alueilla on saatu 7 lohienpoikasta/min (Museth ym. 2015).

Klarälvenillä eri vuosien poikasmäärät olivat samaa suuruusluokkaa, mutta pituusjakauman perusteella vuosiluokkien koossa oli selvää vaihtelua. Tämä näyttää selittyvän osaltaan ylisiirrettyjen kalojen määrällä, joka vaihteli suuresti vuosina 2008–2011. Nollikkaiden verrattain pieni osuus saaliissa selittyy puolestaan sillä, että niiden pyydystettävyyden sähkökalastusveneellä on heikompaa. Joen rakennetulla keskiosalla (Varnäs camping – Deie) saatiin ainoastaan yksi lohienpoikanen ja Forshagan alapuoliselta jokiosuudelta ei saatu yhtään lohienpoikasta, vaikka todennäköisesti lohi kutee myös joen alaosalla (Museth ym. 2015).

Sähkökalastuksissa kirjattujen pituustietojen perusteella Klarälvenin lohet smolttiutuvat pääosin 3-vuotiaana ja mahdollisesti osin myös 2-vuotiaana. Ylisiirrettyjen lohien kudusta peräisin olevien smolttien määrää arvioitiin vuosina 2012–2014, joista ensimmäisenä menetelmää testattiin pilottiluonteisesti. Vuonna 2013 pyydystettävyyden smolttiryssä oli keskimäärin 19 % (78 kalastuspäivää ja saalis 700 lohismolttia) ja 7 % vuonna 2014 (67 kalastuspäivää ja saalis 1423 smolttia), minkä perus-

teella alasvaeltaneiden smolttien määräksi arvioitiin kaikkien pyyntipäivien aikana yhteensä 3800 ja 19 800 smolttia. Korkean vesitilanteen vuoksi rysä ei voinut olla pyynnissä koko smolttien alasvaelluksen ajan, minkä vuoksi luotettavaa arviota kokonaistuotannosta ei saatu (Bergman ym. 2015).

Vaikka ylisiirrettyjen emokalojen poikastuotanto vapaana virtaavalla jokiosuudella olisikin kasvussa, rajoittaa huomattavan korkea smolttien alasvaellustappio lohikannan kehitystä (Norrgård 2014). Vuosina 2009 ja 2013 Klarälvenilla tutkittiin villien smolttien alasvaellusta akustisten lähettimien avulla. Tulokset osoittivat, että rakennetussa joessa, jossa on useita peräkkäisiä voimalaitoksia, smolttitappiot kumuloituivat (kuolleisuus 70–84 %) ja jokisuuhun selvinneiden vaelluspoikasten määrä jäi verrattain pieneksi. Vuonna 2009 kumulatiivinen kuolleisuus kahdeksan voimalaitoksen ohi oli 84 %. Kyseisenä vuonna ei ollut juurikaan ohijuoksutuksia (Hedenskog ym. 2015). Smoltit oli pyydetty smolttiruuvien avulla sekä perhokalastamalla ja vapautettiin kolmeen eri paikkaan jokialueella. Kaikki smoltit selvisivät 80 km vaelluksen vapaana virtaavalla jokijaksolla, mutta sen sijaan rakennetulla jokiosuudella tappiot olivat huomattavan suuria (Norrgård 2014). Vuonna 2013 smolttiseuranta toistettiin ja tuolloin ohijuoksutuksia tehtiin lähes kaikilla voimalaitoksilla. Alasvaellustappiot olivat suuruudeltaan 70 % (Hedenskog ym. 2015). Asiantuntija-arvioiden mukaan joinakin vuosina ohijuoksutusten ansiosta smolttien selviytyminen saattaa olla edellä mainittuja tuloksia parempaa, mikä näkyisi myös jokeen palaavien aikuisten kalojen määrässä (J. Piccolo, henkilökohtainen tiedonanto 16.6.2016).

Klarälvenin populaatiomallinnuksen perusteella alasvaelluksesta selviytyvien smolttien tai Forshagassa kiinni saatujen kutukalojen osuuden tulisi nousta 30 prosentista vähintään 80 prosenttiin, jotta villilohikanta jatkaisi kasvuaan. Jos molemmat kasvaisivat 80 prosenttiin, voisi kutukalojen määrä skenaarioiden mukaan nousta 4500 yksilöön (Bergman ym. 2015).

## 5.5. Johtopäätöksiä

Vaikka monipuolista aineistoa Klarälvenin lohikaloista ja ylisiirtojen tuloksista on kerätty jo pitkään, liittyy tuloksiin paljon epävarmuuksia. Esimerkiksi arviot palaavien kalojen määrästä (kiinniottolaitteen pyyntitehokkuus) sekä ylisiirrettyjen kalojen poikastuotannosta ovat menetelmällisten haasteiden vuoksi epävarmoja (Bergman ym. 2014).

Klarälvenin pääuoman sähkökalastustuloksiin on suhtauduttu osin varauksella ja pohdittu, ovatko tiheydet todella niin alhaisia vai johtuuko heikko tulos siitä, ettei poikasia saada suuressa jokiuomassa sähkökalastamalla pyydytyksi (Museth ym. 2015). Toisaalta kokemukset Suomen isoista lohijoista (mm. Tornionjoki ja Tenojoki) ovat osoittaneet, että perinteisellä sähkökalastusmenetelmällä saadaan luotettavia tuloksia poikasmäärästä ja niiden kehityssuunnista. Esimerkiksi Tornion-Muonionjoen pääuomasta saatiin 1980-luvulla lohenpoikasia vain harvoilta koelaitteilta ja vähän, kun lohikannat olivat alhaisia, mutta 2000-luvulla lohikantojen elyessä poikasia alkoi esiintyä runsaasti ja lähes kaikkialla. Tämän perusteella myös Klarälvenilta saatuja sähkökalastustuloksia voidaan pitää vähintäänkin suuntaa antavina, eli alhaiset poikasmäärät ovat olleet ainakin pääosin seurausta elinympäristön laajuuteen nähden alhaisista emokalamäärästä.

Eräiden arvioiden mukaan luonnontuotantoa voi ainakin osittain rajoittaa pääuoman habitaatit, jotka ovat suurelta osin peratussa tilassa (J. Norrgård, henkilökohtainen tiedonanto 14.6.2016). Vuonna 2015 julkaistun EU-hankkeen loppuraportin (Hedenskog ym. 2015) mukaan Klarälvenin lohikannalla olisi vielä kasvun mahdollisuuksia, mutta se vaatisi elinympäristökunnostuksia, olemassa olevien kiinniottolaitteiden ja kuljetuksen parantamista (lyhyen aikavälin toiminta), ympäristövirtaaman käyttöönottoa kuiviin uomiin sekä uusia rakenteita tehokkaan nousu- ja alavaelluksen järjestämiseksi voimalaitosten ohi (pitkän aikavälin toiminta). Raportin kirjoittajien näkemys on, että ylisiirrot ovat olleet alusta asti vain väliaikaisratkaisu, joka pitäisi pitkällä aikavälillä korvata toimivilla kalatieratkaisuilla molempiin suuntiin. Tankkiautokuljetuksella ei kirjoittajien mukaan päästä VPD:n edellyttämään hyvään ekologiseen tilaan ja suotuisan suojelun tasolle. Raportin mukaan nousuasteet ja tankkiautokuljetukset saattavat aiheuttaa geneettisiä muutoksia, joiden myötä kaloista tulee paikallisia eikä vaelluskäyttäytyminen ole niille enää ominaista. Kalojen pyynti, käsittely, säilytys, kuljetus ja

vapautus aiheuttavat kaloille stressiä, josta saattaa olla haittaa kalojen kasvuun ja lisääntymismenestykseen ja elossa säilymiseen. Toimivien alas- ja ylösvaellusreittien avulla välttyttäisiin tällaisilta riskitekijöiltä. Kalatiet mahdollistaisivat myös muiden kalalajien vaelluksen sekä virkistyskalastuksen suuressa osalla jokialuetta. Kalatiet olisivat raportin mukaan tärkeitä myös siksi, että ne edistävät kalapopulaation sopeutumista ja luonnollisten prosessien palautumista ilmastonmuutoksen paineessa (Hedenskög ym. 2015).

Tutkimustulosten perustella näyttää siltä, että useamman padon jokisysteemissä luonnontuotannon lisääminen on joka tapauksessa haastavaa, sillä padoista aiheutuu kumulatiivisia tappioita. Tehtyjen skenaarioiden perusteella näyttää epävarmalta, voidaanko kalankulkua edistävillä toimilla saada Klarälvenin villien smolttien tuotanto niin korkeaksi, että joki tarjoaisi esimerkiksi kalastusmahdollisuuksia. Elinympäristökunnostusten jatkaminen joen pohjoisosissa sekä joen Norjan puoleisten kutualueiden käyttöönotto voisivat kuitenkin parantaa näitä mahdollisuuksia. Tutkijoiden mukaan tämäkin asia vaatii vielä lisätutkimuksia ennen kuin sitä voidaan varmuudella arvioida. Lohikalojen elinkierron eri vaiheiden ja kokonaiskuolevuuden (erityisesti järvivaiheen aikana) osalta riittää niin ikään selvitettävää (Bergman ym. 2014).

Piccolo ym. (2012) ovat todenneet, että elinvoimaisen luonnonlohikannan varmistamiseksi Klarälvenillä tarvitaan jatkossakin tuki-istutuksia, ylisiirtoja sekä pitkällä aikavälillä myös turvalliset kalojen vaellusyhteydet ylä- ja alavirtaan. Norrgård (2014) on suosittellut joelle ratkaisuja jokiyhteyden varmistamiseksi molempiin suuntiin. Nyqvistin ym. (2015) tulokset osoittavat, että Klarälvenillä voisi olla suhteellisen paljon myös uudelleen kutijoita, mikäli jatkotoimilla parannettaisiin kudulta palaavien aikuisten kalojen selvitymistä alasvaelluksella. Hagelin ym. (2015) mukaan luonnonlisääntymistä kannattaisi tukea muilla keinoin kuin jokialueelle tehtävillä smoltti-istutuksilla. Tällaisia keinoja voivat olla esimerkiksi kutualueiden kunnostaminen, kiinniottolaitteen tehokkuuden parantaminen, toimivien kalateiden rakentaminen ja kalastusrajoitusten muutokset.

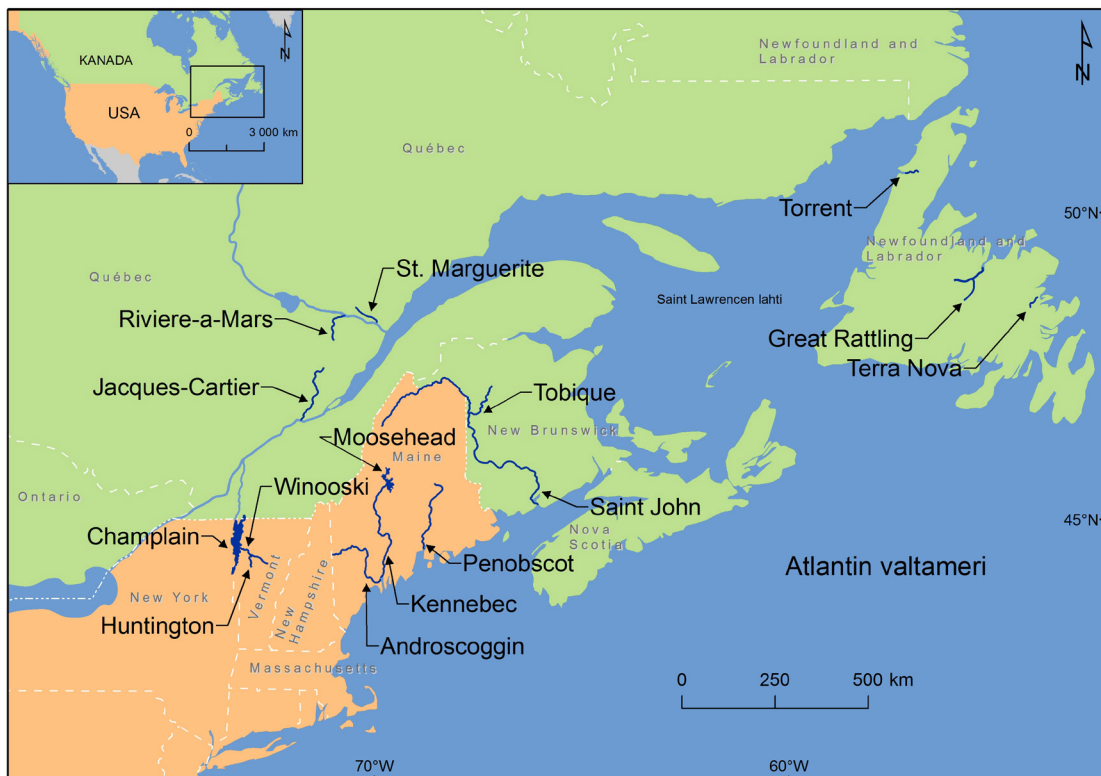
## 6. Muita Atlantin lohien ylisiirtokohteita

Seuraavaan on koottu sellaisia jokikohteita, joissa lohien ylisiirtoja on tiettävästi tehty tai tehdään edelleen (kuva 10), mutta joiden osalta kirjallisuudesta löytyy vain vähän tietoja ylisiirtojen tuloksellisuudesta.

**Saint John**-joki (676 km, vesistöalue 55 000 km<sup>2</sup>) sijaitsee Kanadan New Brunswickissa ja laskee Atlantiin. Historiallisesti joen vaelluskalat nousivat jokea Grand Fallsille asti. Joen lohikanta taantui 1900-luvun alkupuolella suuren kalastuspaineen, maankäytön vesistövaikutusten, päästöjen ja mm. uittoperkauksista aiheutuneen elinympäristöjen heikkenemisen vuoksi. Vedenlaatu on ollut heikko, mutta se on parantunut 1960-luvulta alkaen vaikuttaen positiivisesti myös lohien selviytymiseen joessa (Kelly ym. 2011).

Voimalaitosten rakentaminen Saint Johnin pääuomaan katkaisi kalojen kulkuyhteydet joessa, minkä seurauksena joen lohikanta laski voimakkaasti. Ennen 1960-lukua lohisaaliit olivat luokkaa 18 000–30 000 kpl, mutta 1960-luvulla alimman padon (Mactaquac) rakentamisen jälkeen enää muutamia satoja. Suurin osa lohien kutu- ja poikastuotantoalueista oli sijainnut Tobique-joessa, jonne nousu estyi. Myös merkittävimpiin sivujokiin rakennettiin voimalaitoksia. Ainakin pääuoman voimalaitoksissa on käytössä kalatiet, mutta niiden tehokkuus vaikuttaa heikolta (Kelly ym. 2011).

Vuodesta 1967 alkaen joella on hoidettu lohikantaa viljelypoikasten istutuksilla. Lisäksi Mactaquac-padolta (korkeus 34 m) ylsiirretään lohia tankkiautolla eri puolille vesistöaluetta, mm. Tobique-jokeen (Ruggles 1974, Mills 1991, Kelly ym. 2011). Huomattavan suuren merivaiheen kuolleisuuden vuoksi lohien luonnontuotantoa tuetaan myös kasvattamalla luonnonkudusta peräisin olevia poikasia viljelylaitoksessa ja viemällä niitä sukukypsyysikässä takaisin potentiaalisille kutuajoille (DFO 2016). Lajoista kannanhoitotoimista huolimatta lohikannan nykytila ja tulevaisuus ovat epävarmoja ja padolle nousevien aikuisten kalojen määrä on verrattain pieni (2000-luvulla keskimäärin 2000 kalaa/vuosi). Luonnonpoikastuotantoa esiintyy ilmeisesti alueilla, jonne on siirretty aikuisia emokaloja sekä mahdollisesti myös Mactaquac-padon alapuolisella jokiosuudella (Kelly ym. 2011).



**Kuva 10.** Pohjois-Amerikan itärannikon jokia, joissa Atlantin lohien ylisiirtoja on tiettävästi tehty tai tehdään edelleen.



Vermontissa, USA:ssa Champlain-järven lohikanta katosi patojen, päästöjen ja liikakalastuksen takia 1900-luvun alkupuolella. Alkuperäisen lohikannan osalta ei ole varmuutta siitä, oliko kyseessä merivaelteen lohi vai järvilohi vai mahdollisesti niitä molempia. Toimenpiteet lohien palauttamiseksi aloitettiin vuonna 1972 ja ne ovat pitäneet sisällään mm. kotiutusistutuksia, lohella loisivan merinahi-kaisen määrän rajoittamista sekä elinympäristökunnostuksia. Kotiutusistutuksissa on käytetty Mainessa sijaitsevan Sebago-järven järvilohikantaa. Champlainiin laskevan **Winooski-joen** (145 km, vesistöalue 2797 km<sup>2</sup>) alimmalle voimalaitospadolle (Winooski One) rakennettiin vaelluskalojen palauttamiseksi vuonna 1993 kalahissi ja lohia ja kirjolohia siirretään patojen yläpuolelle. Ylisiirretyt kalat pääsevät joen yläosille ja sivujokiin, joissa on yli 30 km kutu- ja poikastuotantoalueita. Alimmalle padolle nousevien kalojen määrää on seurattu vuodesta 1993 alkaen ja enimmillään pyyntilaitteella on saatu n. 190 lohta. Myös ylisiirrettyjen lohien kutupesien määrää tarkkaillaan ja esimerkiksi vuonna 2014 havaittiin Winooski-joen vesistössä yhteensä 57 kutupesää, joista suurin osa sijaitsi Huntington-nimisellä sivujoella. Havainnot kutupesistä ja jokeen nousevista kaloista ovat olleet viime vuosina luopaavia. Joella tehdään lisäksi sähkökalastuksia ja smolttipyyntiä (Lake Champlain Fish and Wildlife Resources Office 2016).

Pohjois-Amerikan Mainessa sijaitseva **Kennebec-joki** (270 km, 15 200 km<sup>2</sup>) oli ennen patoamista merkittävä Atlantin lohien kutujoki. Lohi pääsi nousemaan pääuomaa pitkin Moosehead järven alapuolelle sijaitsevaan Kennebec rotkoon asti ja Androscoggin jokea Rumfordin putouksille. Lohikanta romahti, kun jokeen rakennettiin Edwardsin pato vuonna 1837. Vesistöalueella sijaitsee myös muita patoja. Kalateistä huolimatta vaelluskalakannat ovat olleet heikossa tilassa. Erityisesti lohi on uhanalainen, sillä lähes kaikki sen kutualueet ovat sijainneet patojen yläpuolisella vesistöalueella. Edwardsin pato poistettiin vuonna 1999 ja nykyisin Lockwoodin pato Winslowissa on joen alin vaelluseste, jonka yläpuolella sijaitsee yli 90 % lohelle soveltuvista elinympäristöistä. Vuonna 2006 Lockwoodin padolle valmistui kalahissi, jonka avulla lohien otetaan kiinni ylisiirtoa varten. Ongelmana on pieni nousukalojen määrä eivätkä tulevaisuuden näkymät ole kovin valoisia, kun otetaan huomioon haasteet elinkierron eri vaiheissa (Moore & Reblin 2010).

Myös Quebecistä löytyy muutamia jokikohteita, joissa lohia on siirretty vaellusesteiden (rakennettu tai luonnollinen) yläpuolelle ja näistä esimerkkejä ovat ainakin **Jacques-Cartier-, Riviere-a-Mars- ja St. Marguerite-joet**. Jacques-Cartier (180 km, 2 515 km<sup>2</sup>) laskee Saint Lawrence -jokeen Donnaconassa, noin 30 km Quebecin kaupungista ylävirtaan. 1800-luvun puolivälissä joessa oli runsaasti lohta, mutta kalamäärä pieneni ylikalastuksen ja osin myös puunuiton, vedenlaadun heikkenemisen ja lämpötilan nousun takia. Vuonna 1913 rakennettiin pato Donnaconaan, minkä seurauksena lohien vaellus ylävirtaan estyi ja se katosi joesta 1920-luvulle tultaessa. 1980-luvulla jokiympäristön laatu parantui, kun puunuitto päättyi ja alueelle perustettiin kansallispuisto. Myös lohien palauttaminen aloitettiin istuttamalla vuosittain satoja tuhansia jokipoikasia ja rakentamalla kalatiet Donnaconan, Pont-Rougen ja Cap-Santén padoille. Ylisiirtopyyntiä on tehty lohien palauttamiseksi jokeen vuodesta 1987 alkaen. Lohien kuljetetaan parhaille lisääntymisalueille useiden vaellusesteiden yläpuolelle, joista osa on ihmisen rakentamia ja osa luonnollisia esteitä. Vapautuspaikkoja on useita, millä halutaan varmistaa lohien parempi levittäytyminen jokialueella. Vuonna 2015 siirrettiin yli 615 lohta, joka on selvästi vuosien 2004–2014 keskiarvoa (334 lohta) enemmän (Corporation du bassin de la Jacques-Cartier 2015).

Lisäksi Millsin (1991) mukaan lohia on siirretty onnistuneesti Newfoundlandissa **Great Rattling-, Terra Nova- ja Torrent-joella** ja etenkin Great Rattling-joen siirtojen on arvioitu edistäneen lohien lisääntymismenestystä.

## 7. Yhteenveto

Vaelluskalojen palauttamishankkeissa yksi keskeisimpiä haasteita on turvata jokeen nousevien emokalojen pääsy lisääntymisalueille, jotta ne pääsisivät onnistuneesti kutemaan. Voimakkaasti rakennetuilla vesistöalueilla kutu- ja poikastuotantoalueet voivat sijaita useiden peräkkäisten voimalaitosten ja patoallasjaksojen yläpuolella, minkä vuoksi kalojen omaehtoisen vaelluksen turvaaminen voi olla erityisen haastavaa. Ylisiirrot ovat yksi toimenpide, jolla mahdollistetaan emokalojen pääsy patojen yläpuolelle. Ylisiirtojen avulla pyritään usein aikaansaamaan jokialueelle leimautunut ja sinne kutunousullaan takaisin pyrkivä vaelluskalasto. Ylisiirtoja toteutetaan parhaillaan useissa vaelluskalojen palauttamishankkeissa eri puolella maailmaa. Suhteutettuna padottujen jokien määrään on ylisiirto-kohteita kuitenkin verrattain vähän. Suomessa lohikalojen ylisiirrot ovat yleistyneet viime vuosikymmenen aikana ja ne nähdään pääasiassa väliaikaisina tukitoimenpiteinä, joilla tuetaan kalateiden toimintaa ja vaelluskalakantojen elvyttämispyrkimyksiä.

Menestyksenkäs palautushanke vaatii vahvaa asiantuntemusta ja tutkimukseen perustuvaa tietoa paitsi lohikalojen luonnonkierron edellytyksistä myös menetelmistä, joilla hankkeen tavoitteet voidaan saavuttaa. Ylisiirtojen osalta tiedot ovat puutteellisia, mikä lisää niihin liittyvää epävarmuutta. Tähän kirjallisuuskatsaukseen on koottu olemassa olevaa tietoa pääasiassa Atlantin lohen ylisiirtojen tuloksista Suomesta ja ulkomailta sekä soveltuvien osin tutkimustietoa myös muista vaelluskalalajeista. Ylisiirtotutkimuksissa on saatu lisää tietoa kalojen käyttäytymisestä ja selviytymisestä pyynnin, käsittelyn, kuljetuksen ja vapautuksen jälkeen ympäristössä, joka ei aina ole niille entuudestaan tuttu. Tutkimuksissa on selvitetty myös lisääntymisen onnistumista patojen yläpuolella sekä kalojen alaslakantamista kudun jälkeen.

Tutkimusten mukaan siirtoihin liittyy paljon tilanteita, joista aiheutuu kaloille stressiä. Stressistä aiheutuvat biokemialliset ja fysiologiset muutokset voivat vaikuttaa lohien vaelluskäyttäytymiseen ja lisääntymismenestykseen vapautuksen jälkeen. Siksi kalojen pyynti, käsittely ja ylisiirto tulisi järjestää niin, että niistä aiheutuisi mahdollisimman vähän haittaa kalan kunnolle ja vaellukselle.

Kirjallisuustietojen perusteella lohet näyttävät useimmiten pysyttelevän ylisiirtojen tavoitealueella, jatkavan nousuvaellustaan ja hakeutuvan lisääntymisalueille. Paikoin kalat ovat kuitenkin olleet haluttomia jatkamaan vaellusta ja joskus jopa suurin osa ylisiirretyistä kaloista on laskeutunut pois kohdealueelta ennen kutuaikaa. Epäsäännöllinen ja hakeva vaelluskäyttäytyminen sekä laskeutuminen pois siirtoalueelta ennen kutuaikaa voivat selittyä sillä, että toipuminen käsittelyn aiheuttamasta stressitilasta vie aikaa ja kala voi olla siirron jälkeen suunnista sekaisin. Toisaalta alaslakantaminen ennen kutua ja viiveet kutualueiden löytämisessä voivat selittyä myös kalojen alkuperällä. Ylisiirretyt lohet ovat usein peräisin jokisuuhun tehdyistä istutuksista eikä niillä ole poikasvaiheen kokemusta jokialueesta.

Istutuskaloilla vaelluskäyttäytyminen on todettu olevan erilaista kuin luonnonkudusta peräisin olevilla kaloilla, jotka ovat palanneet tutuille synnyinsijoilleen. Aiempi kokemus patojen yläpuoliselta alueelta voi parantaa istutusperäisten kalojen nousumotivaatiota ja kotiutumista, joten vaelluskalahankkeissa toteutettavat mäti- ja poikasistutukset kannattaisi suunnata lisääntymisalueille. Myös ympäristöolosuhteet voivat vaikuttaa lohien käyttäytymiseen siirtoalueella ja etenkin virtaamalla ja lämpötilalla on katsottu olevan yhteys ylisiirtojen onnistumiseen. Ylisiirtokalojen motivaatio hakeutua siirtoalueella sijaitseville kutupaikoille näyttäisi kasvavan lähempänä kutuaikaa.

Ylisiirrettyjen lohien kudusta on tehty havaintoja ja tämän perusteella ylisiirroilla voidaan tukea luonnonlisääntymistä. Ylisiirroilla voidaan myös mahdollistaa luonnonvalinta sekä kutuparin ja -paikan valinta luonnonympäristössä sekä edistää luonnonkudusta peräisin olevien poikasten sopeutumista ja leimautumista jokiympäristöön. Monin paikoin on kuitenkin epävarmaa, voidaanko menetelmän avulla saada aikaan itseään ylläpitävä kalakanta ja riittävä määrä jokeen palaavia aikuisia kaloja. Lisäksi ylisiirtoihin liittyy keinotekoista valintaa, jolla voi olla tahattomia vaikutuksia kalakannan rakenteeseen, elinkierto-ominaisuuksiin ja geneettiseen monimuotoisuuteen. Siksi ylisiirtoihin vali-

koituvan kalaston tulisi mukailla niitä luonnonmukaisia ominaisuuksia, jotka liittyvät vaelluksen ajoittumiseen ja kalakannan ikä-, koko- ja sukupuolirakenteeseen.

Myös uudelleen kutijoilla on tärkeä merkitys lohikannalle. Tutkimusten perusteella rakennetuilla joilla osa ja paikoin jopa kaikki kudun jälkeen alapäin vaeltavista lohista kuolevat alasvaelluksen aikana. Siksi ylisiirtokohteissa on tärkeää turvata myös kuteneiden kalojen alasvaellus voimalaitospatojen ohi.

**Yleisesti voidaan todeta, että Atlantin lohien ylisiirroista saadut kokemukset olivat erittäin vaihtelevia (Sigorney ym. 2015). Tutkimustuloksia oli käytettävissä melko vähän ja ne olivat enimmäkseen yksittäisten vuosien havaintoja keskenään hyvin erilaisista jokikohteista. Siksi yleistettävien johtopäätösten teko on vaikeaa. Lisäksi ylisiirtojen tavoitteet oli kuvattu kirjallisuudessa vain suurpiirteisesti.**

Kaikkiin siirtoihin liittyy vahvasti ihmisenäkökulma ja usein ylisiirroilla pyritään täyttämään myös muita kuin kalataloudellisia ja suojelullisia tavoitteita. Joissakin kohteissa siirtoja voidaan tehdä esimerkiksi puhtaasti kalastuksellisista lähtökohdista, jolloin niiden ensisijainen tarkoitus on parantaa kalastusmahdollisuuksia. Siksi ylisiirtojen tuloksia tarkateltaessa tulisi ottaa huomioon myös erilaiset sosioekonomiset tekijät.

Lisätutkimuksille on selvä tarve, jotta ylisiirtojen moninaisista hyödyistä, riskeistä ja rajoitteista voitaisiin tehdä numeerisia yhteenvetoja. **Tulevissa ylisiirtohankkeissa kannattaa panostaa selkeään tavoitteenasetteluun, tulosten tarkkailuun sekä raportointiin. Ylisiirtohankkeisiin tulisi sisällyttää seurantaohjelma, jossa kerätään tietoa kalakannan tilasta ennen siirtojen aloittamista, niiden toimeenpanon aikana sekä niiden jälkeen.** Kun ylisiirrot ja niiden tulokset raportoidaan avoimesti, voidaan tietoa hyödyntää suunniteltaessa erilaisia kehittämis- ja jatkotoimenpiteitä myös laajemmin vaelluskalahankkeissa (IUCN/SSC 2013, Anderson ym. 2014).

## Viitteet

- Alaniska, K. 2013. Kalojen kuninkaan tie sukupuuttoon. Kemijoen voimalaitosrakentaminen ja vaelluskalakysymys 1943–1964. *Acta Universitatis Ouluensis* B 117. Juvenes print, Tampere.
- Anderson, J., Pess, G. Carmichael, R., Ford, M., Cooney, T., Baldwin, C. & McClure, M. 2014. Planning Pacific Salmon and Steelhead Reintroductions Aimed at Long-Term Viability and Recovery, *North American Journal of Fisheries Management* 34(1): 72–93.
- Anonyymi 1995. Fish Passage Technologies: Protection at Hydropower Facilities, OTA-ENV-641 Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Antti-Poika, V.-P. 2006. Virtaamansäännöstelyn ja ylisiirtotoiminnan vaikutukset Kymijoen lohen (*Salmo salar*) kutupopulaatioon: esimerkki laadultaan vaihtelevan aineiston yhdistämisestä bayesianalyysin avulla. Pro Gradu – tutkielma. Helsingin Yliopisto. Bio- ja Ympäristötieteiden laitos. Ekologia ja Evoluutiobiologia. Moniste 83 s. + liitteet.
- Askling, O. 2015. A telemetry study for reintroducing wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the Daugava and Ogre Rivers, Latvia. Master's thesis in Limnology. Karlstad University, Faculty of Health, Science and Technology. 19 s.
- Baisez, A, Bach, J., Leon, C., Parouty, T., Terrade, R., Hoffmann, M., & Laffaille, P. 2011. Migration delays and mortality of adult Atlantic salmon *Salmo salar* en route to spawning grounds on the River Allier, France. *Endangered Species Research* 15(3): 265–270.
- Bergman, E., Norrgård, J.R., Piccolo, J.J., Gustafsson, P., Nilsson, F., & Hart, P.J.B. 2014. Atlantic Salmon and brown Trout in Lake Vänern: A proposal for a comanagement system. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 17(4): 365–373.
- Bergman, E., Greenberg, L., Norrgård, J. & Piccolo, J. 2015. Produktion av vild laxsmolt i Klarälven. Teoksessa: Hedenskog, M., Gustafsson, P. & Qvenild, T. (toim.). 2015. Vänerlaxens fria gång. Två länder, en älv. Ekologisk status och underlag till åtgärdsprogram för Klarälven, Trysilelva och Femundsälva med biflöden. *Länsstyrelsen i Värmlands län publ nr 2015:17*. S.110–119.
- Brenner, T., Buijse, A.D., Luaff, M., Luquet, J.F. & Staub, E. 2003. The present status of the river Rhine with special emphasis on fisheries development. Teoksessa: Welcomme, R.L. & Petr, T. (toim.) 2004. Second international symposium on the management of large rivers for fisheries, Phnom Penh, Kambodžan kuningaskunta. FAO/MRC 1:121–147.
- Bromaghin, J.F., Underwood, T.J. & Hander, R. F. 2007. Residual Effects from Fish Wheel Capture and Handling of Yukon River Fall Chum Salmon. *North American Journal of Fisheries Management* 27(3): 860–872.
- Brownell, P., Haro, A., McDermott, S., Blott, A. & Rohde, F. 2012. Diadromous fish passage: a primer on technology, planning, and design for the Atlantic and Gulf coasts. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service. 163 s.
- Budy, P., Thiede, G. P., Bouwes, N., Petrosky, C. E., and Schaller, H. 2002. Evidence linking delayed mortality of Snake River salmon to their earlier hydrosystem experience. *North American Journal of Fisheries Management* 22: 35–51.
- Cho, S.J., Caldwell, C.A. & Gould, W.M. 2009. Physiological Stress Responses of Rio Grande Silvery Minnow: Effects of Individual and Multiple Physical Stressors of Handling, Confinement, and Transport. *North American Journal of Fisheries Management* 29(6): 1698–1706.
- Corporation du bassin de la Jacques-Cartier 2015. Transport de saumons atlantiques. <http://www.cbjc.org/transport-de-saumons-atlantiques/> ja <http://www.cbjc.org/montaison/>.
- DFO 2016. Risks and benefits of juvenile to adult captive-reared supplementation activities to fitness of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). DFO Canadian Science Advisory Secretariat. *Science Advisory Report* 2016/017.
- Erkinaro, J., Pautamo, J., Karppinen, P., Kaukoranta, M., Lupandin, A., Heinimää, P., Mäkinen, T., Popov, N. & Erkinaro, H. 1999. Lohikannan palauttaminen Tuulomajoen latvavesille. Vuosi 1998. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. *Kala- ja riistaraportteja* 149. 18 s.
- Erkinaro, J., Karppinen, P., Mäkinen, T., Kaukoranta, M., Popov, N. & Lupandin, A. 2000. Restoring the Atlantic salmon stock of the River Tuloma – a pilot experiment using transplanted radio-tagged adult salmon. Teoksessa: Advances in Fish Telemetry (toim. A. Moore & I. Russel), CEFAS, Lowestoft, 229–235.

- Ferguson, J.W. 2008. Behavior and Survival of Fish Migrating Downstream in Regulated Rivers. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uumaja. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 23.
- Frank, H. J., Mather, M. E., Smith, J. M., Muth, R. M. & Finn, J. T. 2011. Role of origin and release location in pre-spawning distribution and movements of anadromous alewife. *Fisheries Management and Ecology* 18: 12–24.
- Gerlier, M. & Roche, P. A radio telemetry study of the migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta trutta* L.) in the upper Rhine. *Hydrobiologia* 371/372: 283–293.
- Gorsky, D., Trail, J., Zydlewski, J. & McCleave, J. 2009. The effects of Smolt Stocking Strategies on Migratory Path selection of Adult Atlantic Salmon in the Penobscot River, Maine. *North American Journal of Fisheries Management* 29: 949–957.
- Hagelin, A., Calles, O., Greenberg, L., Piccolo, J. & Bergman, E. 2015. Spawning migration of wild and supplementary stocked landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *River research and applications*. DOI: 10.1002/rra.2870.
- Halvorsen, M., Wysocki, L.E., Stehr, C.M., Baldwin, D.H., Chicoine, D.R., Scholz, N.L. & Popper, A.N. 2009. Barging effects on sensory systems of chinook salmon smolts. *Transactions of the American Fisheries Society* 138: 777–789.
- Harris, J. E., & J. E. Hightower. 2011. Movement patterns of American Shad transported upstream of dams on the Roanoke River, North Carolina and Virginia. *North American Journal of Fisheries Management* 31: 240–256.
- Hedenskog, M., Gustafsson, P. & Qvenild, T. (toim.). 2015. Vänerlaxens fria gång. Två länder, en älv. Ekologisk status och underlag till åtgärdsprogram för Klarälven, Trysilälva och Femundselva med biflöden. *Länsstyrelsen i Värmlands län publ nr 2015:17*.
- Heggberget, T. G., Hansen, L. P. & Næsje, T. F. 1988. Within-river spawning migration of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 1691–1698.
- Hiitolanjoki-yhdistys ry 2008. 'Lohi Laatokalta latvavesille' loppuraportti. 16 s.  
<http://www.hiitolanjoki.fi/media/LoppuraporttiLLL.pdf>
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2014. Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetuissa joissa – ongelmat ja ratkaisumahdollisuudet. *RKTL:n työraportteja* 8/2014. 41 s.
- Jaukkuri, M., Orell, P., Kanninen, T., Vierelä, M., Huusko, R., Mäki-Petäys, A. van der Meer, O. & Jokikokko, E. 2012: Ylisiirrettyjen lohien radiotelemetriatutkimus Kemi-Ounasjoella v. 2010–2011. *RKTL:n työraportteja* 11/2012. 46 s.
- Johnsen, B. O. & Hvidsten, N. A. 2002. Use of radio telemetry and electrofishing to assess spawning by transplanted Atlantic salmon. *Hydrobiologia* 483: 13–21.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P., 1991. Differences in life history and migratory behaviour between wild and hatcheryreared Atlantic salmon in nature. *Aquaculture* 98: 69–78.
- Jokikokko, E. 2002. Migration of wild and reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the river Simojoki, northern Finland. *Fisheries Research* 58: 15–23.
- Kanninen, P. 2011. Aikuisten lohien (*Salmo salar*, L.) ylisiirrot lohikantojen palauttamisessa: tuloksia li- ja Kemijoelta vuosilta 2009–2010. Pro-gradu tutkielma. Oulun yliopisto, biologian laitos. 80 s.
- Karppinen, P., Mäkinen, T., Erkinaro, J., Kostin, V., Sadkovskij, R., Lupandin, A. & Kaukoranta, M. 2002. Migratory and route-seeking behaviour of ascending Atlantic salmon in the regulated River Tuloma. *Hydrobiologia* 483: 23–30.
- Karppinen, P. & Haikonen, A. 2013: Lohen nousuvaellus Kymijoella vuonna 2012. Kala- ja vesitutkimuksia nro 98. Kala- ja vesitutkimus Oy. Sis. talvikkoseurannan tulokset, liite 8.
- Karppinen, P. 2014: Taimenen ja lohien siirtoistutusten seuranta Kokemäenjoen vesistöissä 2013. Kala- ja vesijulkaisuja 126. Kala- ja vesitutkimus Oy.
- Katopodis, C., & Williams, J. G. 2012. The development of fish passage research in a historical context. *Ecological Engineering* 48: 8–18.
- Keefer, M. L., Taylor, G. A., Garletts, D. F., Gauthier, G. A., Pierce, T. M. & Caudill, C. C. 2010. Prespawn mortality in adult spring Chinook salmon outplanted above barrier dams. *Ecology of Freshwater Fish* 19: 361–372.
- Munkittrick, K.R., Curry, R.A., Gautreau, M.D., Doherty, C.A., Methven, D.A. & Courtenay, S.C. 2011. Fishes of the Saint John River. Teoksessa: Kidd, S.D., Curry, R.A. & Munkittrick, K.R. (toim.) 2011. The Saint John River: A State of the Environment Report. A publication of the Canadian Rivers Institute. Celebrating 10 years of science. S. 111–141.

- Laine, A. 2010. Vaelluskalojen kulun toteutusmahdollisuudet lijoella. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus: Ympäristö ja luonnonvarat. Vaelluskalat palaavat lijokeen –projekti.  
<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB0E6BC7D-B7B3-4585-9C8C-BA5E2A3B2EBE%7D/94724>
- Lake Champlain Fish and Wildlife Resources Office 2016. Fisheries Projects in the Lake Champlain Basin. <https://www.fws.gov/lcfwro/fisheries.html>
- Larinier, M. 2011. Environmental Issues, Dams and fish migration: Collection and Transportation Facilities. Food And Agriculture Organization of the United Nations.  
<http://www.fao.org/docrep/004/y2785e/y2785e03.htm>
- Lundqvist, H., Östergren, J. & McKinnell, S.M. 2006. Interannual variation in distance of spawning migration of radio tagged wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) females. Teoksessa: Östergren, J. 2006. Migration and genetic structure of anadromous *Salmo salar* & *Salmo trutta* in northern Swedish rivers. Doctor's dissertation. ISSN: 1652-6880. ISBN: 91-576-7261-X. Department of Aquaculture, SLU, Ruotsi.
- Lundqvist, H., Rivinoja, P., Leonardsson, K. & McKinnell, S. 2008. Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a regulated river and its effect on the population. *Hydrobiologia* 602: 111–127.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012. Kansallinen kalatiestrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös 8.3.2012.
- Mills, D. 1991. Ecology and Management of Atlantic Salmon. Springer Netherlands. 352 s.
- Moore, S., & Reblin, J. 2010. The Kennebec Estuary: Restoration Challenges and Opportunities. Biological Conservation, Bowdoinham, Maine.
- Murauskas, J., Fryer, J., Nordlund, B. & Miller, J. 2014. Trapping Effects and Fisheries Research: A Case Study of Sockeye Salmon in the Wenatchee River, USA. *Fisheries* 39(9): 408–414.
- Museth, J., Dokk, J.G. & Olstad, K. 2015. Fiskesamfunnet i Femund-/Trysil-/Klarälven. Resultater fra båtelfiske i perioden 2011–2013. Teoksessa: Hedenskog, M., Gustafsson, P. & Qvenild, T. (toim.). 2015. Vänerlaxens fria gång. Två länder, en älv. Ekologisk status och underlag till åtgärdsprogram för Klarälven, Trysilelva och Femundselva med biflöden. *Länsstyrelsen i Värmlands län publ nr 2015:17*. S. 96–101.
- Nieminen, E., Hyttiäinen, K. & Lindroos, M. 2016. Economic and policy considerations regarding hydropower and migratory fish. *Fish and Fisheries*. In press.
- NOAA Fisheries Service 2016. Trap and Haul.  
[http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/fish\\_passage/about\\_dams\\_and\\_fish/trap\\_and\\_haul.html](http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/fish_passage/about_dams_and_fish/trap_and_haul.html)
- Norrgård, J. R. 2014. Migration and quality of landlocked Atlantic salmon smolt. Implications for conservation and management. Doctoral Thesis. Karlstad University Studies 29.
- Nyqvist, D., Calles, O., Bergman, E., Hagelin, A. & Greenberg, L.A. 2015. Post-spawnig survival and downstream passage of landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*) on a regulated river: is there potential for repeat spawning? *River research and applications*. DOI: 10.1002/rra.2926.
- Palm, S., Dannewitz, J., Johansson, D., Laursen, F., Norrgård, J., Prestegard, T., Sandström, A. 2012. Populationsgenetisk kartläggning av Vänerlax. *Aqua reports* 2012:4. Sveriges lantbruksuniversitet, Drottningholm. 64 s.
- Piccolo, J.J., Norrgård, J.R., Greenberg, L.A., Schmitz, M. & Bergman, E. 2012. Conservation of endemic landlocked salmonids in regulated rivers: a case-study from Lake Vänern, Sweden. *Fish and Fisheries* 13: 418–433.
- Pohjois-Pohjanmaan seutukaavaliitto 1984. Iijoki-selvitys. Kalatalous. Pohjois-Pohjanmaan seutukaavaliitto, julkaisusarja A:71. 140 s.
- Pompeu, P. & Matinez, C. 2007. Efficiency and Selectivity of a trap and truck fish passage system in Brazil. *Neotropical Ichthyology* 5(2): 169–176.
- Portz, D.E., Woodley, C.M. & Cech, J.J. Jr. 2006. Stress-associated impacts of short-term holding on fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 16: 125–170.
- Päivärinta, P. 1992. Kymijoen Koivukosken kalaportaiden säätö- ja seurantatutkimus sekä Ahvenkosken ylisiirron seurantatutkimus 1990–1991. Erikoistumistyö. VKOL opistolinja.
- Päivärinta, P., Koskenala, T., Vatto, T. & Mäkelä, T. 1992. Kymijoen Koivukosken kalaportaiden toimivuus ja länsihaaran ylisiirrettyjen vaelluskalojen käyttäytymisen seuranta vuonna 1992. – Moniste. Kymen kalastuspiiri. 11s.
- Päivärinta, P., Koskenala, T., Vatto, T., Mäkelä, T. & Friman, T. 1993. Kymijoen kalaportaita, pyyntikokoisten kalojen istutuksia ja vaelluskalojen käyttäytymistä koskevat selvitykset vuonna 1993. – Moniste. Kymen maaseutuelinkeinopiiri, kalatalousyksikkö. 4 s

- Roscoe, D. W., Hinch, S. G., Cooke, S. J. & Patterson, D. A. 2011. Fishway passage and post-passage mortality of up-river migrating sockeye salmon in the Seton River, British Columbia. *River Research and Applications* 27: 693–705.
- Rouvinen, J. 2005. Pielisen järviolohi Lieksanjokeen. Noususelvitykset ja biologiset osatekijät. Interreg III A Karjala -hanke. Loppuraportti.
- Ruggles 1974, C.P. The use of fish passes, traps and weirs in Eastern Canada for assessing populations of anadromous fishes. Symposium on the methodology for the survey, monitoring and appraisal of fishery re-sources in lakes and large rivers. FAO.  
<ftp://ftp.fao.org/FI/CDrom/aquaculture/a0844t/docrep/003/AA044E/AA043B/AA043B03.htm>
- Saraniemi, M., Huusko, A. & Tahkola, H. 2008: Spawning migration and habitat use of adfluvial brown trout, *Salmo trutta*, in a strongly seasonal boreal river. *Boreal Environment Research* 13: 121–132.
- Sard, N. M., Johnson, M. A., Jacobson, D. P., Hogansen, M. J., O'Malley, K. G. & Banks, M. A. 2016. Genetic monitoring guides adaptive management of a migratory fish reintroduction program. *Animal Conservation*. doi: 10.1111/acv.12278
- Saura, A. & Rinne, J. 2005. Kymijoen lohen ja taimenen ylisiirtokokeiluun liittyvät tutkimukset vuosina 2004 ja 2005.
- Schmetterling, D. A. 2003. Reconnecting a fragmented river: movements of Westslope Cutthroat Trout and Bull Trout after transport upstream of Milltown Dam, Montana. *North American Journal of Fisheries Management* 23: 721–731.
- Scott, R. J., Kosick, R., Noakes, D. L. G. & Beamish, F. W. H. 2005. Nest site selection and spawning by captive bred Atlantic Salmon, *Salmo salar*, in a natural stream. *Environmental Biology of Fishes* 74: 309–321.
- Sigourney, D.B., Zydlewski, J.D., Hughes, E. & Cox, O. 2015. Transport, Dam Passage, and Size Selection of Adult Atlantic Salmon in the Penobscot River, Maine. *North American Journal of Fisheries Management* 35(6): 1164–1176.
- Tang, S., Thorarensen, H., Brauner, C., Wood, C. & Farrell, A. 2008. Modeling the accumulation of CO<sub>2</sub> during high density, re-circulating transport of adult Atlantic salmon, *Salmo salar*, from observations aboard a sea-going commercial live-haul vessel. *Aquaculture*. 296: 102–109.
- Tang, S., Brauner, C. J. & Farrell, A.P. 2009. Using bulk oxygen uptake to assess the welfare of adult Atlantic Salmon, *Salmo salar*, during commercial live-haul transport. *Aquaculture* 286: 318–323.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Aarestrup, K. & Heggberget, T.G. 2008. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 18(4): 345–371.
- Vilkuna, K. 1974. Lohi. Kemijoen ja sen lähialueen lohenkalastuksen historia. Otava. 423 s.
- Vähä, J.P., Erkinaro, J., Falkegård, M., Orell, P. & Niemelä, E. 2016. Genetic stock identification of Atlantic salmon and its evaluation in a large population complex. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* doi 10.1139/cjfas-2015-0606.
- Zimmerman, B.C. & Duke, B.B. 1995. Trapping and transportation of adult and juvenile salmon in the lower Umatilla river in northeast Oregon. Umatilla river basin trap and haul program october 1994–september 1995. Annual progress report. U.S. Department of Energy Bonneville Power Administration Environment, Fish and Wildlife.
- Økland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R.S. & Thorstad, E.B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. *Journal of Fish Biology* 59, 862–874.



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000