



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 9/2018

Oulujoen lohi-istutusten merkintätulokset v. 1979–2015

PIT-mikrosirumerkinnöillä uutta tietoa istutusten toteuttamiseen ja
tuloksellisuuden seurantaan

Panu Orell, Mikko Jaukkuri, Maare Marttila ja Aki Mäki-Petäys

Oulujoen lohi-istutusten merkintätulokset v. 1979–2015

PIT-mikrosirumerkinnöillä uutta tietoa istutusten toteuttamiseen ja tuloksellisuuden seurantaan

Panu Orell, Mikko Jaukkuri, Maare Marttila ja Aki Mäki-Petäys

Tämän selvityksen PIT-merkintätutkimus kuului vuosina 2010–2013 toteutettuun ”Rakennettujen jokien vaelluskalakantojen hoitotoimenpiteet: menetelmäkirjon arviointi ja kehittäminen” -hankekokonaisuuteen (Sateenvarjo I -hanke), jota rahoittivat maa- ja metsätalousministeriö, Fortum Oy, Suomen luonnonsuojeluliiton ekoenergiamerkki ja Energiateollisuus ry. Tämän selvityksen loppuunsaattaminen (raportointi) toteutettiin kuitenkin seuranneessa jatkohankkeessa (Sateenvarjo II -hanke), jota rahoittivat maa- ja metsätalousministeriö, Fortum Oy, Energiateollisuus ry, Kemijoki Oy, PVO-Vesivoima Oy, Oulun Energia Oy, UPM Oy, Helen Oy ja Kolsin vesivoimatuotanto Oy.



Orell, P., Jaukkuri, M., Marttila, M. ja Mäki-Petäys, A. 2018. Oulujoen lohi-istutusten merkintätulokset v. 1979–2015 : PIT-mikrosirumerkinnöillä uutta tietoa istutusten toteuttamiseen ja tuloksellisuuden seurantaan. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 23 s.

ISBN 978-952-326-541-7 (Painettu)

ISBN 978-952-326-542-4 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-542-4>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Panu Orell, Mikko Jaukkuri, Maare Marttila ja Aki Mäki-Petäys

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2018

Julkaisu vuosi: 2018

Kannen kuva: Panu Orell

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

Tiivistelmä

Panu Orell¹⁾, Mikko Jaukkuri¹⁾, Maare Marttila¹⁾ ja Aki Mäki-Petäys¹⁾

¹⁾Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90014 Oulun yliopisto

Oulujoen vaelluskalakantojen hoito ja vesivoimarakentamisen aiheuttamien kalataloushaittojen kompensointi perustuvat voimayhtiöille määrättyihin ja sovittuihin (nk. Montan sopimus) istutusvelvoitteisiin. Vuosittain Oulujokeen ja Oulujoen edustan merialueelle istutetaan noin 240 000 lohen ja noin 40 000 meritaimenen vaelluspoikasta. Luonnontuotannon mahdollisuudet ovat nykyään Oulujoella vähäiset ja vesistön vaelluskalakantojen sekä kalastusmahdollisuuksien ylläpito perustuukin lähes täysin istutuksiin.

Tässä raportissa esitellään lohen osalta Oulujoen velvoitehoidon pitkäaikaisten Carlin-merkkintöjen keskeiset tulokset vuosilta 1979–2012 ja Oulujoella vuosina 2011–2012 PIT-mikrosiruilla ja T-ankkurimerkillä merkittyjen lohen vaelluspoikasistutusten seurantatulokset sekä arvioidaan niiden perusteella istutushoidon ja istutusten tuloksellisuuden seurannan kehittämismahdollisuuksia.

Kuten muuallakin Suomessa myös Oulujoella pitkäaikaisten Carlin-merkkintöjen palautustulokset (=lohisaaliit) heikentyivät tasaisesti 1980-luvulta 2000-luvun alkuun, minkä jälkeen palautusaste on ollut erittäin heikko. Parhaimmillaan 1980-luvun puolivälissä Oulujoen lohien ensimmäisen merikesän jälkeinen merkkipalautusprosentti oli yli 18 %, kun viimeisen kymmenen vuoden aikana se on ollut enää 0,2–0,9 %. Laskeva trendi merkkipalautuksien määrässä on ollut samanlainen sekä jokisuun merialueelle että Oulujokeen tehdyissä istutuksissa. Jokisuun merialueelle tehdyt istutukset tuottivat keskimäärin jonkin verran enemmän merkkipalautuksia kuin jokeen tehdyt istutukset. Nykyiset vähäiset merkkipalautusmäärät vaikeuttavat istutustutkimusten tulosten arviointia, koska satuman merkitys tuloksissa kasvaa.

Carlin- ja PIT-merkkintäaineistojen perusteella vaelluspoikasistutusten ajoittamisella on vaikutusta merkkipalautusmääriin ja siten lohisaaliisiin. Istutuksia ei kannata tehdä liian aikaisin kylmään veteen tai toisaalta liian myöhään lämpimään veteen. Parhaiten istutukset ovat tuottaneet, kun ne on tehty vasta jokiveden lämmittyä noin 5-8 asteeseen. Sidotun istutusvälimäärän sijasta istutusten ajoittaminen kannattaakin tehdä veden lämpötilakehityksen mukaan. Oulujoelta ja muilta joilta saatujen smolttivaellushavaintojen perusteella vapauttamisen lämpötilarajana voitaisiin käyttää esimerkiksi 8 astetta.

Merkkintämenetelmien vertailun perusteella PIT-merkinnöillä ja merkkejä lukevalla antennisysteemillä Merikosken kalatiessä päästään nykyään vähintään samoihin tai suurempiin merkkipalautusmääriin kuin Carlin- tai T-ankkuri merkinnöillä. PIT-merkkihavaintoja voidaan todennäköisesti vielä huomattavasti lisätä, jos kalatien lisäksi sijoitetaan PIT-antenneja myös Merikosken voimalaitoksen alakanavaan. Näin saataisiin havaintoja myös lohista, jotka eivät koskaan hakeudu kalatiehen ja parannettaisiin siten istutustutkimusten luotettavuutta.

Tulevaisuudessa harkintaan kannattaa ottaa Oulujoen velvoiteistutuksissa käytettävän lohikannan vaihtaminen kantaan, joka tuottaisi parempia saaliita ja jonka yksilöt nousisivat jokisuulle ja jokeen nykyistä Montan kantaa aiemmin. Tällaisen muutoksen toteuttaminen vaatii kuitenkin pilottitutkimuksia, joiden perusteella saadaan tietoa kannan vaihtamisen todellisista hyödyistä.

Asiasanat: Oulujoki, istutus, lohi, vaelluspoikanen, Carlin-merkki, T-merkki, PIT-mikrosiru, merkkipalautus

Sisällys

1. Tutkimuksen tausta	5
1.1. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	5
2. Tutkimusalue.....	7
2.1. Oulujoen lohi-istutukset	7
3. Aineisto ja menetelmät	9
4. Tulokset	13
4.1. Pitkäaikaiset Carlin-merkinnät.....	13
4.2. PIT-merkintätutkimus	14
4.3. Eri merkintämenetelmien tehokkuus istutusten tuloksellisuuden seurannassa	18
5. Tulosten tarkastelu.....	19
5.1. Pitkäaikaiset Carlin-merkinnät.....	19
5.2. Istutuspaikka vs. merkkipalautukset.....	19
5.3. Istutusten ajoitus vs. merkkipalautukset.....	19
5.4. Merkintämenetelmien vertailu.....	20
6. Johtopäätökset ja suositukset.....	21
Viitteet	22
Liitteet	23

1. Tutkimuksen tausta

Vesivoimarakentaminen alkoi Oulujoella 1940-luvun alussa jokisuulla sijaitsevan Merikosken patoamisella. Merikosken voimala katkaisi vaelluskalojen kulkuyhteyden meren ja joen välillä johtaen Oulujoen luonnonvaraisten lohi-, meritaimen- ja vaellussiikakantojen häviämiseen. Nykyään Oulujoen pääuomassa on yhteensä seitsemän vesivoimalaitosta ja joki on käytännössä kokonaan porrastettu. Tästä syystä Oulujärven alapuolisella vesistöalueella vaelluskalojen luonnontuotannon mahdollisuudet ovat varsin vähäiset.

Oulujoen vaelluskalakantojen hoito ja vesivoimarakentamisen aiheuttamien kalataloushaittojen kompensointi perustuu voimayhtiöille määrättyihin ja sovittuihin (nk. Montan sopimus) istutusvelvoitteisiin. Vuosittain Oulujokeen ja Oulujoen edustalle istutetaan noin 240 000 lohen ja noin 40 000 meritaimenen vaelluspoikasta. Lisäksi istutetaan vaellussiikaa ja sisävesialueelle muutamia muita lajeja. Istutusten tavoitteena on ollut merialueen ja Oulujokisuun vaelluskalasaaliiden ja kalastusmahdollisuuksien ylläpitäminen. Vuonna 2003 valmistui Merikosken voimalan yhteyteen kalatie, joka on mahdollistunut vaelluskalojen nousun ylävirrassa seuraavalle, Montan voimalaitokselle asti. Edellä mainittujen tavoitteiden lisäksi kalatien valmistumisen jälkeen istutushoidon uutena tavoitteena on nähty ainakin osittainen vaelluskalakantojen elinkierron palauttaminen Oulujärven alapuoliseen Oulujokeen ja sen sivuhaaroihin. Suhteellisen vähäisestä poikastuotantoalueiden määrästä johtuen istutuksilla on kuitenkin jatkossakin keskeinen merkitys Oulujoen vaelluskalakantojen hoidossa ja kalastusmahdollisuuksien ylläpidossa.

Istutushoidon ongelmana on Suomessa ollut viimeisen kahden vuosikymmenen aikana istutusten tuottavuuden jyrkkä heikkeneminen. Keskeisimpinä syinä tähän on pidetty mm. Itämeren ekologiassa tapahtuneita muutoksia, istutuspoikasten laadun heikentymistä ja istutuskäytännössä tapahtuneita muutoksia (Salminen ym. 2013). Esimerkiksi harmaaahyljekannan voimakkaan kasvun on arveltu lisääneen merelle saapuvien vaelluspoikasten kuolleisuutta (Mäntyniemi ym. 2012) ja viljelykantojen laistuminen on mahdollisesti johtanut heikentyneeseen selviytymiseen syönnösvaelluksella (Salminen ym. 2013).

Oulujoen vaelluskalakantojen hoidon kehittämisessä on keskeistä, että istutusten tuottavuus parantuu ja Merikosken kalatien kautta jokeen nousevien kalojen määrä kasvaa. Tätä tavoitetta korostaa Merikoskesta seuraavalle, Montan voimalaitokselle vuonna 2017 valmistunut kalojen kiinniottolaitte, josta saatavia kaloja on tarkoituksena siirtää Montan voimalaitoksen yläpuolelle laskeviin Utos- ja Kutujokeen.

Istutushoidon tuloksellisuuden kehittäminen edellyttää ajantasaista ja käytännössä sovellettavaa tutkimustietoa. Tässä raportissa esitellään Oulujoen lohen istutushoidon keskeiset merkintätutkimustulokset ja arvioidaan niiden perusteella istutushoidon kehittämismahdollisuuksia. Lisäksi arvioidaan istutusten seurannassa käytettävien merkintämenetelmien kehittämistarpeita ja -mahdollisuuksia.

1.1. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli vetää yhteen:

1. Oulujoen pitkäaikaisten lohi-istutusten Carlin-merkkipalautustulokset vuosilta 1979–2012 ja
2. Oulujoella vuosina 2011–2012 PIT-mikrosirulla ja T-ankkurimerkillä merkittyjen lohii-istukkaiden seurantatulokset.

Näihin liittyi seuraavia tutkimuskysymyksiä:

- Kuinka paljon Carlin-merkkien palautusprosentti on laskenut pitkällä aikavälillä?
- Onko istutuspaikalla (Montta, jokisuu) vaikutusta Carlin-merkkipalautusten määrään?
- Onko istutuspaikalla vaikutusta Merikosken kalatiehen hakeutumiseen?
- Onko istutusajankohdalla vaikutusta PIT-merkittyjen lohien palautusprosenttiin?
- Kuinka suuri osa PIT-merkityistä lohista palaa Merikosken kalatiehen?
- Onko PIT-mikrosirumerkintä parempi vaihtoehto istutusten tuloksellisuuden seurantaan kuin Carlin- ja T-ankkurimerkinnät?

2. Tutkimusalue

Oulujoen pääuoma saa alkunsa Oulujärvestä ja laskee Perämereen Oulun kaupungin kohdalla. Matkaa Oulujärvestä jokisuulle kertyy 107 kilometriä ja putouskorkeutta 122 metriä. Kokonaisuudessaan Oulujoen vesistön valuma-alue on 22 841 km² ja joen keskivirtaama jokisuulla on 263 m³/s.

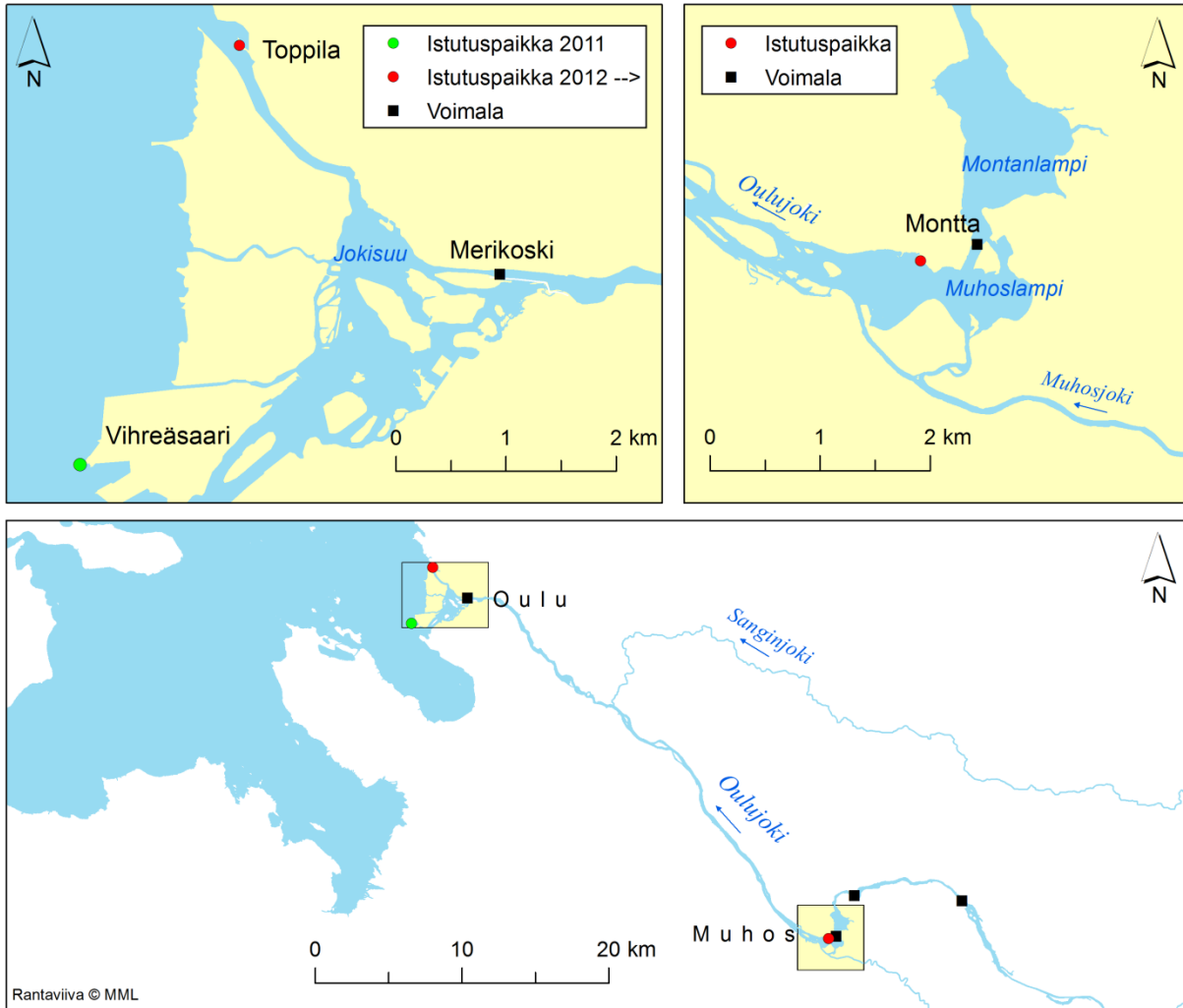
Oulujoki oli ennen rakentamistaan yksi Perämeren alueen merkittävimmistä ja tuottoisimmista lohijoista tilastoitujen lohisaaliiden ollessa keskimäärin 46 tonnin tasolla (Salojärvi 1986). Lohi nousi pääuoman lisäksi Oulujärven kautta Hyrynsalmen reitille Hyrynjärveen ja Sotkamon reitin alaosalta Ämmänkoskeen saakka. Suurin osa poikastuotantoalueista sijaitsi kuitenkin Oulujärven alapuolisessa Oulujoen pääuomassa.

Oulujoki rakennettiin laajamittaisesti vesivoimatuotantoon 1940-luvulta alkaen ja joen rakentamisaste on nykyisellään Suomen korkein, noin 80 %. Pääuomassa Oulujärven alapuolella on yhteensä seitsemän voimalaitosta, joista alin, Merikosken voimalaitos, sijaitsee jokisuulla Oulun kaupungissa (kuva 1). Merikosken voimalaitokselle tehtiin alun perin kalahissi, joka todettiin kuitenkin toimimattomaksi ja sen käyttö lopetettiin muutamien vuosien jälkeen. Vuonna 2003 Merikosken voimalaitoksen yhteyteen rakennettiin kalatie, joka mahdollistaa kalojen nousun Montan voimalaitoksen alapuolelle, n. 40 km jokisuulta ylävirtaan (kuva 1).

2.1. Oulujoen lohi-istutukset

Oulujoen lohikantaa on ylläpidetty 1950-luvun puolivälistä saakka istutuksilla, joissa käytetään nk. Montan kantaa. Tämä kanta on useista Pohjanlahden jokien lohikannoista muodostettu sekakanta, ja sitä täydennetään ajoittain Oulujokisuusta pyydetävillä emokaloilla (Säisä ym. 2003).

Istutuksia on tehty sekä jokeen (Montan voimalaitoksen alapuoli) että jokisuun merialueelle (kuva 1). Vuoteen 2017 asti noin kolmasosa lohi-istukkaista (240 000 kpl) istutettiin Monttaan ja kaksi kolmasosaa jokisuun merialueelle. Merialueen istutuspaikka oli vuoteen 2011 asti pääosin Oulun Vihreäsaarella, mutta vuosina 2012–2016 istutukset tehtiin Toppilansalmen suulle (kuva 1). Vuonna 2017 kaikki lohi-istutukset tehtiin Monttaan.



Kuva 1. Oulujoen lohen ja meritaimenen velvoiteistukkaiden istutuspaikat Muhoksen Montassa ja jokisuun merialueella Toppilansalmen suulla.

3. Aineisto ja menetelmät

3.1. Pitkäaikainen Carlin-merkintäaineisto

Carlin-merkki on yksilöivällä koodilla varustettu muovinen kalamerkki, joka kiinnitetään ohuella metallilangalla kalan selkäevän kohdalle selkälihakseen (kuva 2). Jokaisessa merkissä on yksilöllinen koodi: kirjainpari ja nelinumeroinen luku. Lisäksi merkissä on teksti, joka kertoo palautusosoitteen ja että merkistä maksetaan palauttajalle palkkio. Carlin-merkintöjen tulokset perustuvat kalastajien palauttamiin merkkeihin ja tietoihin pyyntipaikasta sekä saaliskalan koosta. Carlin-merkintä on Suomessa ollut 1960-luvulta lähtien yleisin menetelmä kalojen merkintätutkimuksissa. Enimmillään, 1980-luvulla, Suomessa merkittiin vuodessa yli 100 000 kalan poikasta, pääasiassa lohia ja taimenia.

Oulujoen lohen vaelluspoikasistukkaita on merkitty Carlin-merkeillä vuodesta 1959 lähtien ja merkintämäärät ovat vaihdelleet vuosittain tuhannesta lähes kymmeneentuhanteen yksilöön. Nykyään osa Carlin-merkinnöistä on korvattu T-ankkurimerkinnöillä (kuva 3). Vuodesta 2013 alkaen lohen vaelluspoikasia on Oulujoella merkitty molemmilla merkintätavoilla 500 yksilöä/vuosi.

Tässä tutkimuksessa käytetään Oulujoen Carlin-merkintäaineistoa vuosilta 1979–2012 ja niistä saatuja merkkipalautustietoja vuoden 2015 loppuun asti. Tuolla ajanjaksolla merkittiin yhteensä 95 938 lohen vaelluspoikasta, joista 35 738 yksilöä vapautettiin Oulujokeen ja loput 60 100 jokisuon merialueelle. Keskimäärin jokialueelle on vuosittain istutettu 1 051 ja merialueelle 1 771 Carlin-merkittyä lohen vaelluspoikasta. Vuodesta 1997 vuoteen 2010 määrät ovat olleet vuosittain 1 000 yksilön luokkaa molempiin vapautuspaikkoihin.



Kuva 2. Carlin-merkitty lohen vaelluspoikanen. Kuva: Riina Huusko.



Kuva 3. T-ankkurimerkitty lohien vaelluspoikanen. Kuva: Panu Orell.

3.2. PIT-merkintätutkimus

PIT-merkki (Passive Integrated Transponder) on pieni, lasisylinterin ympäröimä mikrosiru, jossa ei ole sisäistä virtalähdettä (kuva 4). Lukijalaitteen vaikutuksesta merkki aktivoituu, jolloin lukija vastaanottaa merkin yksilöllisen koodin ja muuntaa sen luettavaan muotoon. PIT-tekniikkaa on onnistuneesti käytetty mm. kalojen ja rapujen yksilölliseen tunnistamiseen ja seurantaan niin luonnossa kuin viljelylaitoksissa (Gibbons & Andrews 2004).

Tässä tutkimuksessa PIT-merkkejä ja T-ankkurimerkkejä käytettiin selvittäessä istutusajankohdan ja -paikan vaikutusta Oulujoen lohien vaelluspoikasistutusten tuloksellisuuteen sekä hakeutumiseen Merikosken kalatiehen (kuva 4). Tutkimusaineistoa hyödynnettiin lisäksi eri merkintätapojen (Carlin-merkki, T-ankkurimerkki, PIT-merkki) palautusten määrän välisissä vertailuissa.

PIT-merkinnät tehtiin vuosina 2011–2012, ja kalojen merkkipalautuksia ja hakeutumista Merikosken kalatiehen seurattiin vuoden 2015 loppuun asti. Istutusten tuloksellisuutta seurattiin siten lohien 3–4 merivuoteen asti.



Kuva 4. Vuosina 2011–2012 toteutetussa PIT-merkintätutkimuksessa lohien vaelluspoikaset merkittiin sekä vatsaonteloon asennettavalla PIT-mikrosirulla että selkävän tyveen asennettavalla T-ankkurimerkillä. Kuva: Panu Orell.

3.2.1. Kalojen PIT- ja T-ankkurimerkinnät sekä vapautuserät

Tutkimusta varten merkittiin vuosina 2011–2012 yhteensä 21 766 lohien kaksivuotiaista vaelluspoikasta PIT-merkeillä. Näistä pääosa (n=19 996) oli kasvatettu Muhoksella Montan kalanviljelylaitoksella (nk. standardipoikaset). Näiden lisäksi vuonna 2012 tutkimukseen otettiin mukaan yksi vertailuerä (n=1 770) Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Paltamon laitoksessa virikekasvatettuja vaelluspoikasia, jotka olivat samaa Montan laitoskantaa (nk. virikepoikaset).

Merkintään käytettiin Texas Instrumentsin 23*4 mm half duplex (HDX) merkkejä, jotka asennettiin nukutetun kalan vatsaonteloon (kuva 5). PIT-merkin asennuksen jälkeen kaloille asennettiin selkävän tyveen myös T-ankkurimerkki (Hallprint, malli TBA, 65 mm). Kahden eri merkin käyttämisellä pyrittiin varmistamaan merkkipalautustietojen saaminen sekä syönnösvaellusalueelta mereltä (T-ankkurimerkit) että Merikosken kalatiestä (PIT-merkit). Myös PIT-merkeistä saatiin joitakin palautuksia merialueelta ilman mukana olevaa T-ankkurimerkkiä, joka oli mahdollisesti irronnut.

Merkintäryhmässä oli neljä henkilöä, joista yksi hoiti kalojen kevyen nukuttamisen puskuroidussa MS-222-liuoksessa (100 mg/l), toinen asensi PIT-merkin, kolmas T-ankkurimerkin ja yksi toimi merkintätietojen tallentajana. Merkityistä kaloista otettiin otos pituuksista ja painoista sekä määritettiin smolttiutumisasaste (hopeoitumisaste) ja selkä- ja rintaevien kuluneisuusaste.

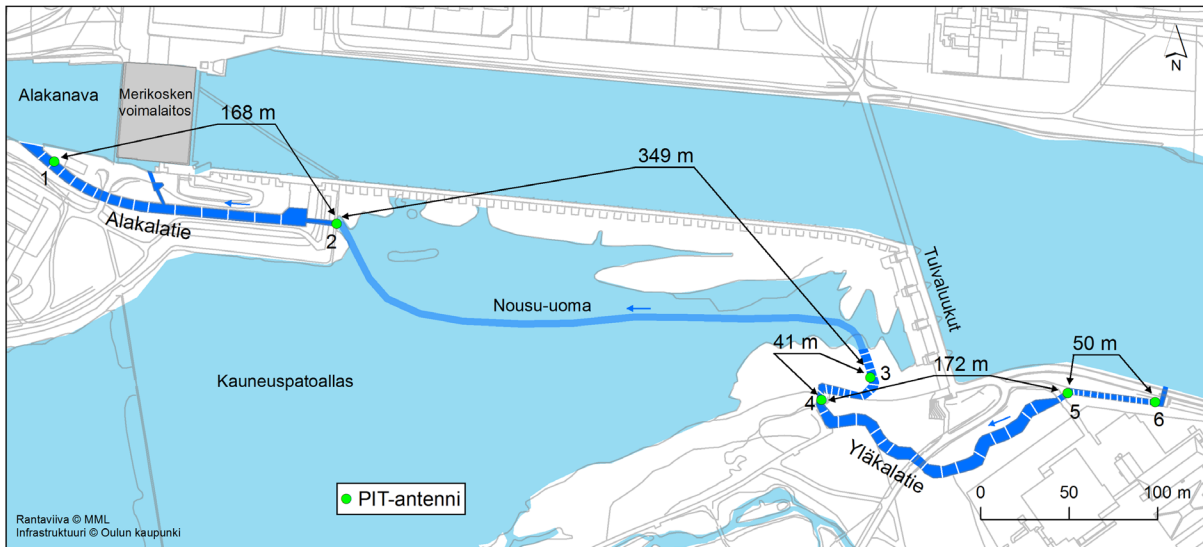


Kuva 5. PIT-merkki asennettiin nukutetun kalan vatsaonteloon kirurginveitsellä tehdyn lyhyen (4-5 mm) viillon kautta. Kuva: Miia Myllylahti.

3.2.2. PIT-merkittyjen kalojen seurantajärjestelmä

PIT-merkittyjen lohien vaelluspoikasten palaamista merivaellukselta Merikosken kalatiehen seurattiin Merikosken kalatien pystyrakoihin asennettujen PIT-lukulaitteiden avulla (4-6 kpl) vuosina 2011-2015 (kuva 6). Lukija-antennit oli rakennettu kalatien pystyrakoihin niin, että kalat joutuivat uimaan antennisilmukan läpi, jolloin PIT-merkin yksilöllinen koodi ja havaintohetken ajankohta tallentuivat antenniin liitetyn lukijalaitteen tietokoneelle (kuva 7).

Kalatiehavaintojen ja merialueen palautusten lisäksi PIT- ja T-ankkurimerkityistä lohista saatiin joitakin palautuksia Oulujokisuun kalastajilta, mm. siian lippopyynnin yhteydessä. Havaintoja PIT- ja T-ankkurimerkityistä lohista tehtiin myös Merikosken alakanavassa vuosina 2011–2012 toteutettujen tutkimusryspäyntien yhteydessä.



Kuva 6. Merikosken kalatie ja PIT-antennien (vihreät ympyrät) sijainti ja numerointi (1-6). Kuvassa on esitetty myös PIT-antennien etäisyydet (m) toisistaan.



Kuva 7. PIT-antenniyksikkö asennettuna Merikosken kalatiehen. Kuvassa on PIT-antenni nro 3 Merikosken yläkalatien alaosassa. Kuva: Panu Orell.

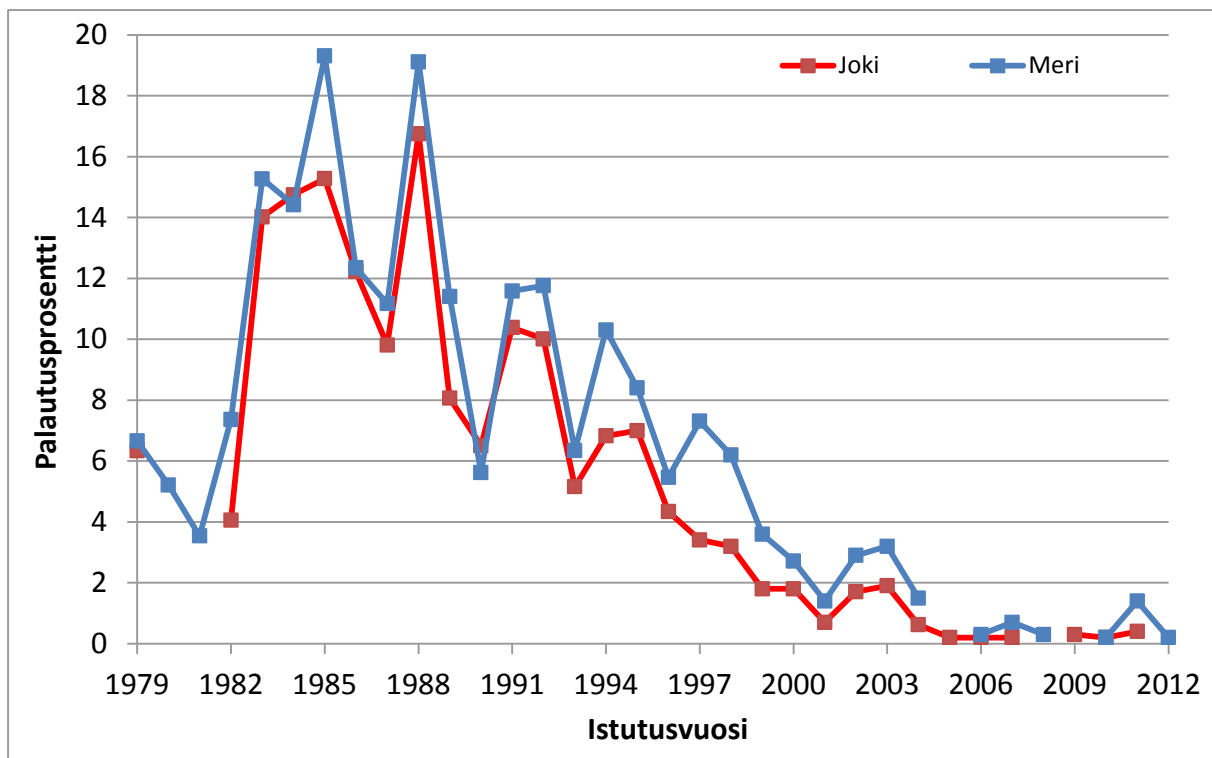
4. Tulokset

4.1. Pitkäaikaiset Carlin-merkinnät

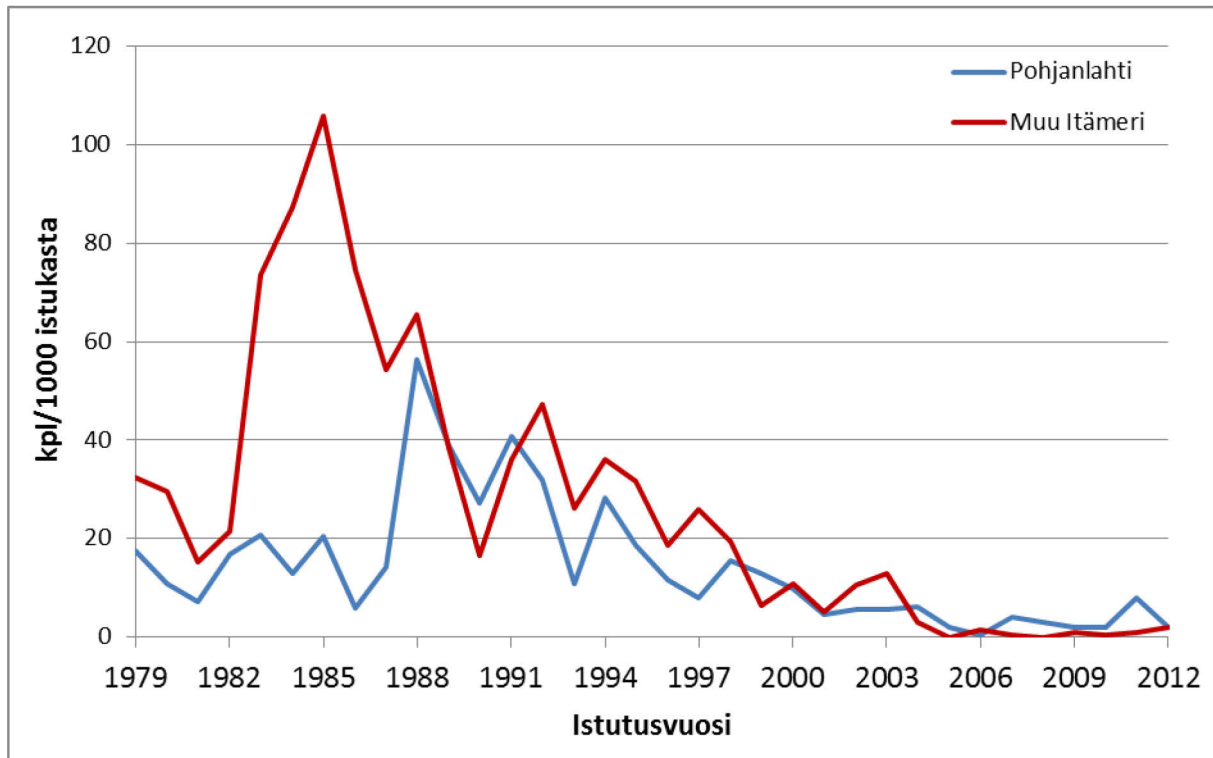
Oulujoen pitkäaikaisten Carlin-merkintöjen palautustulokset heikentyivät tasaisesti 1980-luvulta 2000-luvun alkuun, minkä jälkeen palautusaste on ollut erittäin heikko (kuva 8). Parhaimmillaan 1980-luvun puolivälissä Oulujoen lohien ensimmäisen merikesän jälkeinen merkkipalautusprosentti oli yli 18 %, kun viimeisen kymmenen vuoden aikana se on ollut enää 0,2–0,9 % (kuva 8). Laskeva trendi merkkipalautuksien määrässä on ollut samanlainen sekä jokisuun merialueelle että Oulujokeen tehdyissä istutuksissa (kuva 8).

Tarkastelujakson aikana (v. 1979–2012) jokisuun merialueelle tehdyt istutukset tuottivat jonkin verran enemmän merkkipalautuksia kuin Monttaan tehdyt istutukset (Wilcoxonin testi: $V = 11,5$, $p < 0,001$). Jokisuun merialueelle istutettujen poikasten merkkipalautusprosentti oli koko tarkastelujaksolla vuosina 1979–2012 keskimäärin 6,79 % ja Oulujoen Monttaan tehtyjen istutusten merkkipalautusprosentti keskimäärin 5,60 %. 2000-luvulla jokisuun merialueen istutusten merkkipalautusprosentti oli vain 1,35 % ja Monttaan tehtyjen istutusten merkkipalautusprosentti vastaavasti 0,75 %.

Aikaisemmin 1980- ja osin 1990-luvulla suuri osa Oulujoen lohien merkkipalautuksista saatiin Pohjanlahden ulkopuoliselta Itämereltä (ICES pyyntialueet 24–29 ja 32), mutta 2000-luvun vaihteen jälkeen tilanne on kääntynyt päinvastaiseksi (kuva 9, liite 1). Pohjanlahden ulkopuolelta tulevat merkkipalautukset ovat nykyään lähes loppuneet ja palautuksia tulee suhteellisesti enemmän Pohjanlahdelta (ICES pyyntialueet 30–31) (kuva 9, liite 1). Absoluuttiset merkkipalautusmäärät ovat kuitenkin laskeneet myös Pohjanlahdella ja ovat nykyään vain muutamia kappaleita 1 000 istukasta kohden (kuva 9).



Kuva 8. Oulujoen Carlin-merkintöjen tulokset vuosien 1979–2012 istutuksista. Punainen viiva kuvaa jokialueelle (Montta) ja sininen Oulujokisuun merialueelle tehtyjen istutusten merkkipalautusprosenttia. Mukana ovat merkkipalautustiedot vuoden 2015 loppuun asti. Tuloksissa ei ole huomioitu istutusvuonna tehtyjä merkkipalautuksia.



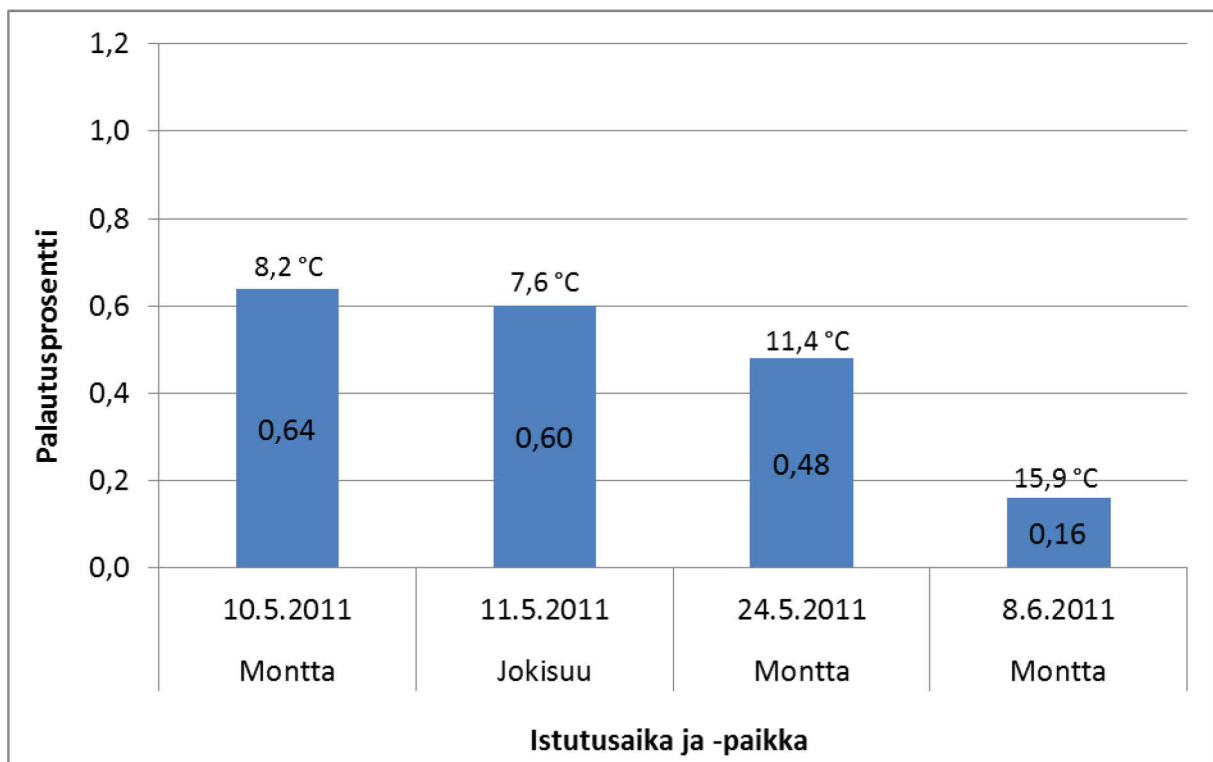
Kuva 9. Oulujoen Carlin-merkinnöistä saatujen palautusten määrä (kpl/1 000 istukasta kohti) merialueittain vuosina 1979–2012. Pohjanlahti käsittää ICES-pyyntialueet 30–31 (ks. liite 1). Muu Itämeri käsittää tässä tarkastelussa kaikki muut kuin edellä mainitut pyyntialueet (24–29 ja 32).

4.2. PIT-merkintätutkimus

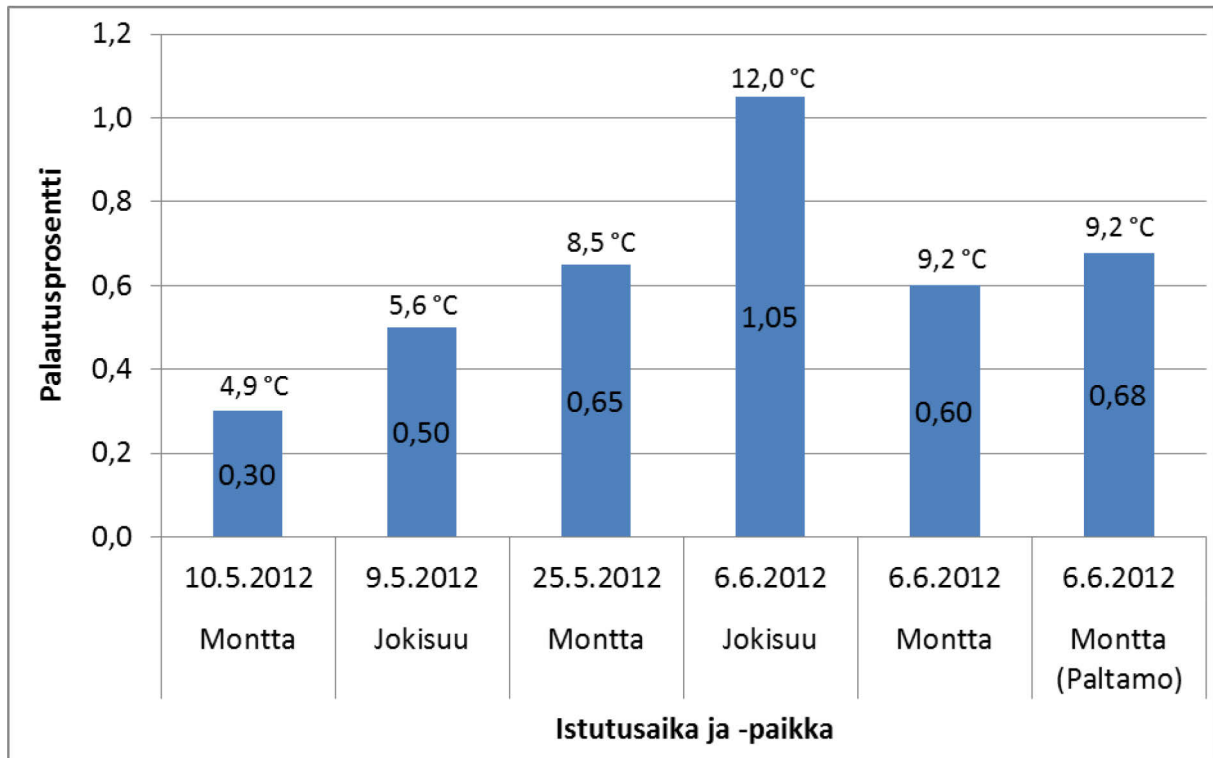
PIT- ja T-merkityistä lohista ($n=21\,766$) saatiin vuoden 2015 loppuun mennessä yhteensä 177 merkkipalautusta tai kalatiehavaintoa, joista 50 tuli jo vapautusvuoden aikana. Vapautusvuoden jälkeen havaintoja tuli yhteensä 127 kalasta, mikä tarkoittaa noin 0,6 %:n palautusastetta. Merikosken kalatiestä saatiin yhteensä 84 PIT-merkkihavaintoa, mereltä T-merkkipalautuksia tuli 39 kpl ja Merikosken alakanavan tutkimusryssäpyynnin yhteydessä saatiin 4 merkkipalautusta. Kahta vapautuserää lukuun ottamatta Merikosken kalatien PIT-antenneilta saatiin aina enemmän PIT-merkkihavaintoja (havaintoprosentti $k_a = 0,40$) kuin mereltä T-ankkurimerkkien perusteella tehtyjä merkkipalautuksia (palautusprosentti $k_a = 0,17$; taulukko 1).

Taulukko 1. PIT- ja T-ankkurimerkein merkittyjen lohen vaelluspoikasten merkkipalautusten/havaintojen lukumäärät ja prosentuaalinen jakautuminen alueittain (merialue, Merikosken kalatie ja Merikosken alakanava) vuosina 2011–2015. Merkkipalautuksissa ja -havainnoissa ei ole huomioitu istutusvuoden palautuksia/havaintoja. Paltamo tarkoittaa istutuserää, jonka poikaset olivat virikekasvatettu Luonnonvarakeskuksen Paltamon laitoksella.

Istutusaika ja -aika	Palautuksia (kpl)	Meri (%)	Kalatie (%)	Alakanava (%)
Montta 10.5.2011	19	36,8	63,2	0,0
Jokisuu 11.5.2011	16	62,5	37,5	0,0
Montta 24.5.2011	14	21,4	71,4	7,1
Montta 8.6.2011	4	50,0	50,0	0,0
Montta 10.5.2012	6	16,7	83,3	0,0
Jokisuu 9.5.2012	10	30,0	60,0	10,0
Montta 25.5.2012	13	23,1	76,9	0,0
Montta 6.6.2012	13	7,7	92,3	0,0
Montta 6.6.2012 (Paltamo)	12	16,7	83,3	0,0
Jokisuu 6.6.2012	20	35,0	55,0	10,0



Kuva 10. Vuonna 2011 merkittyjen (PIT- ja T-merkki) lohen vaelluspoikasten palautusprosentit istutuserittäin vuoden 2015 loppuun mennessä (mukana havainnot mereltä, alakanavasta ja kalatiestä). Istutusvuotena saatuja merkkipalautuksia ei ole huomioitu. Palkkien päällä on esitetty veden lämpötila istutusaikalla istutushetkellä.

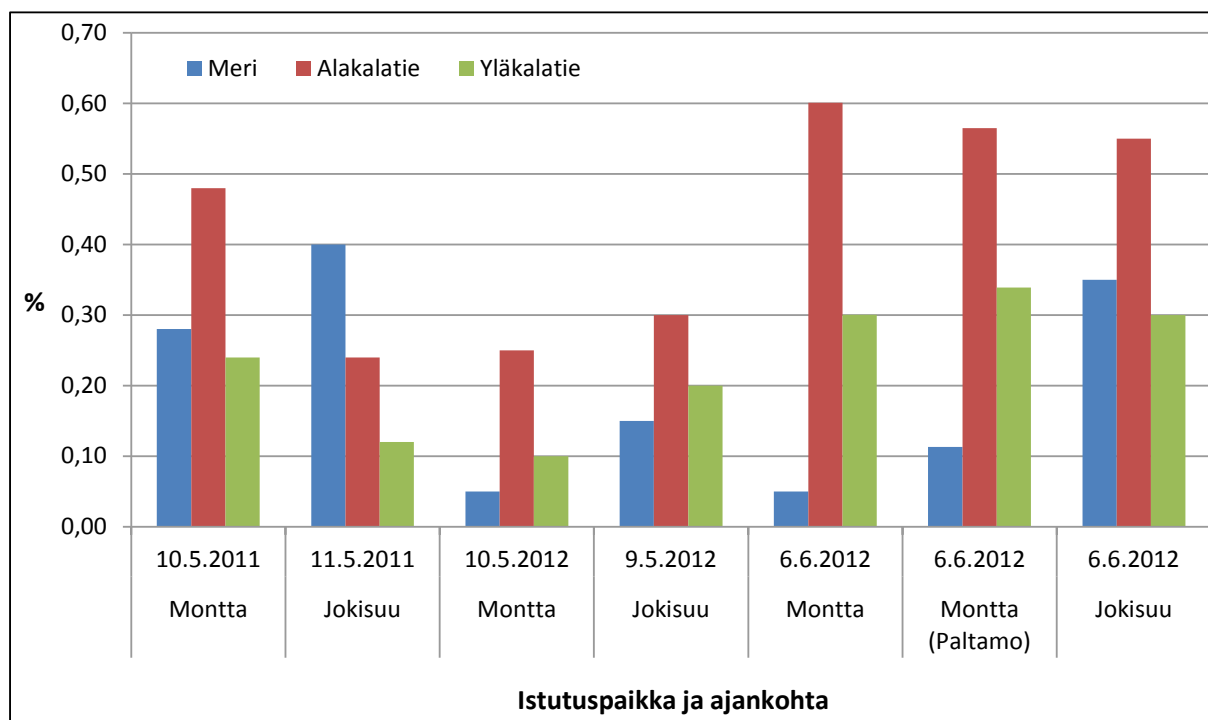


Kuva 11. Vuonna 2012 merkittyjen (PIT- ja T-merkki) lohien vaelluspoikasten palautusprosentit istutuserittäin vuoden 2015 loppuun asti. Istutusvuotena saatuja merkkipalautuksia ei ole huomioitu. Palkkien päällä on esitetty veden lämpötila istutuspaikalla istutushetkellä. Paltamo tarkoittaa istutuserää, jonka poikaset olivat virikekasvatettu Luonnonvarakeskuksen Paltamon laitoksella.

Tarkasteltaessa istutusajankohdan vaikutusta palautuksiin havaittiin, että vuoden 2011 istutuksista merkkihavaintoja ja -palautuksia tuli parhaiten toukokuun alkupuolella vapautetuista istutuseristä (istutuslämpötilat 7,6–8,2 °C) (kuva 10). Erittäin heikko palautusprosentti (0,16 %) saatiin sitävastoin kesäkuun alkupuolella Monttaan poikkeuksellisen lämpimään veteen (15,9 °C) tehdystä istutuserästä. Vuoden 2012 merkinnöistä parhaiten merkkipalautuksia ja havaintoja saatiin toukokuun lopun ja kesäkuun alun istutuseristä (istutuslämpötilat 8,5–12,0 °C) (kuva 11). Tässä yhteydessä on kuitenkin huomioitava, että toukokuun alku oli vuonna 2011 poikkeuksellisen lämmin ja veden lämpötilat istutushetkellä huomattavasti tavanomaista korkeammat.

Merikosken alakalatiellä havaittiin merivaiheen jälkeen 0,24–0,60 % PIT-merkityistä istukkaista (kuva 12). Yhtä aikaa jokeen (Montta) ja jokisuulle tehtyjen istutusten välillä ei havaittu selvää eroa siinä, kuinka suuri osuus istukkaista havaittiin Merikosken kalatiessä tai nousi sen kautta voimalaitoksen yläpuoliselle jokisuudelle (yläkalatiessä havaitut lohet laskettiin kalatien läpäisseiksi). Eroja kalatiahavaintojen osuudessa ei havaittu myöskään virikepoikasten ja standardipoikasten välillä.

Kaikissa vertailuerissä merialueen merkkipalautuksia (T-merkki) saatiin paremmin jokisuuhun merialueelle tehdyistä istutuksista (palautusprosentti 0,15–0,40; ka = 0,30 %) kuin jokialueelle Monttaan tehdyistä istutuksista (palautusprosentti 0,05–0,28; ka = 0,12 %).



Kuva 12. Samoina ajankohtina sekä jokeen että jokisuulle istutettujen merkkikalaaerien (PIT ja T-merkki) havaintoprosentit mereltä, Merikosken alakalatiestä ja yläkalatiestä.

PIT-merkityistä lohista saatiin kalatiehavaintoja ja merkkipalautuksia jo vapautusvuoden aikana ($n=50$). Samaan aikaan jokialueelle Monttaan ja jokisuulle tehtyjen istutusten välillä ei havaittu selvää eroa siinä, kuinka suuri osuus merkeistä tuli havaituksi tai palautetuksi vapautusvuonna (vaihteluväli 0,0–0,4 %, taulukko 2). Varsin merkittävä osa havainnoista tehtiin joko Merikosken alakanavassa tai kalatiessä (keskimäärin 56 % havainnoista). Loput merkkipalautukset tulivat kalastuksesta tai merkin löytymispaikasta voitiin päätellä, että kala oli jäänyt esimerkiksi hauen tai räyskän saaliiksi.

Taulukko 2. PIT- ja T-ankkurimerkein merkityistä lohien vaelluspaikasista istutusvuonna tehdyt merkkipalautukset/havainnot (kpl ja merkkipalautus %) sekä Merikosken kalatiellä ja alakanavassa tehtyjen havaintojen osuus (%) kaikista havainnoista.

Istutuspaikka ja -aika	Palautuksia (kpl)	Palautus/havainto %	Kalatie/Alakanava %
Montta 10.5.2011	7	0.3	14.3
Jokisuu 11.5.2011	9	0.4	33.3
Montta 24.5.2011	8	0.3	50.0
Montta 8.6.2011	8	0.3	50.0
Montta 10.5.2012	2	0.1	50.0
Jokisuu 9.5.2012	0	0.0	
Montta 25.5.2012	2	0.1	50.0
Montta 6.6.2012	8	0.4	100.0
Montta 6.6.2012 (Paltamo)	5	0.3	100.0
Jokisuu 6.6.2012	1	0.1	

4.3. Eri merkintämenetelmien tehokkuus istutusten tuloksellisuuden seurannassa

Vuosina 2011–2012 sekä Monttaan että Jokisuun merialueelle vapautettiin erät PIT/T-ankkurimerkittyjä lohen smoltteja yhtä aikaa Carlin-merkittyjen smolttien kanssa. Istutuseristä saatiin vuoden 2011 jokisuulle vapautettua erää lukuunottamatta suhteellisesti enemmän PIT-merkkihavaintoja Merikosken kalatiestä kuin Carlin-merkkipalautuksia kalastajilta (taulukko 3). Vuoden 2011 jokisuun istutuserästä tuli poikkeuksellisen hyvin Carlin-merkkipalautuksia, vaikka PIT-merkkien havainnot ja T-merkkien palautusmäärät noudattelivat suurin piirtein samaa tasoa muiden istutuserien kanssa. Koska merkkipalautusmäärät olivat erittäin vähäisiä, on mahdollista, että kyse oli osin sattumasta.

Taulukko 3. Samaan aikaan samoille paikoille istutetuista kaloista saatujen merkkihavaintojen määrät tuhatta merkittyä yksilöä kohden istutuserittäin. Carlin- ja T-merkkipalautukset tulivat kalastajilta ja PIT-merkkihavainnot Merikosken kalatien havaintoasemilta.

Istutusvuosi	Istutuspaikka ja -aika	Carlin (kpl/1000)	PIT (kpl/1000)	T-merkki (kpl/1000)
2011	Montta 10.5.	4,0	4,8	2,8
	Jokisuu 11.5.	14,0	2,4	4,0
2012	Montta 10.5.	2,0	2,5	0,5
	Jokisuu 9.5.	2,0	3,0	1,5

5. Tulosten tarkastelu

5.1. Pitkäaikaiset Carlin-merkinnät

Oulujoen Carlin-merkkipalautusten määrä ja siten istutusten saalistuotto on vähentynyt vuosi vuodelta 1990-luvulta lähtien nykypäiviin saakka. Oulujokisten istukkaiden merkkipalautukset ovat vähentyneet sekä Pohjanlahdelta että muualtakin Itämereltä. Itämeren pääaltaalta merkkipalautukset ovat käytännössä loppuneet kokonaan, todennäköisesti osittain lohen ajoverkkokalastuksen loppumisen myötä. Vastaavia tuloksia on saatu käytännössä kaikilta maamme muiltakin joilta, jonne lohta istutetaan (ks. Salminen ym. 2013).

Lohi-istutusten tuloksia ovat heikentäneet erityisesti kalastuksen väheneminen sekä Itämeren ekologiassa tapahtuneet muutokset, jotka ovat lisänneet vaelluspoikasten kuolevuutta merivaelluksen alussa (Salminen ym. 2013). Myös lohenpoikasten laadussa ja istutuskäytännöissä on tapahtunut muutoksia, jotka ovat saattaneet heikentää niiden vaellus- ja elinkykyä (Salminen ym. 2013).

5.2. Istutuspaikka vs. merkkipalautukset

Carlin-aineiston tulosten perusteella istutusten saalistuotto merialueella on jonkin verran parempaa, kun istutukset tehdään jokisuun merialueelle verrattuna jokialueelle tehtäviin istutuksiin. Tätä selittää ainakin osaltaan jokialueelle vapautettujen smolttien kuolleisuus alasvaelluksen aikana, mitä tutkimusten mukaan aiheuttaa mm. altistuminen predaatiolle patoaltaissa sekä turbiinien aiheuttama kuolleisuus voimalaitoksissa (Huusko ym. 2012, Karppinen ym. 2013). Myös PIT-/T-merkkiaineiston tulosten perusteella merkkipalautuksia (T-merkki) saatiin enemmän meri-alueen istutuksista kuin jokialueen istutuksista.

Merikosken kalatiehen näytti nousevan yhtä suuri osa molempiin istutuspaikkoihin vapautetuista kaloista. Kun merkkipalautusten perusteella selvityminen kalastuskokoon on joki-istukkailla (mm. alasvaellustappiot) jokisuun merialueen istukkaita heikompaa ja kalatiehen hakeutuu silti yhtä suuri osa molempien vapautuspaikkojen istukkaista, viittaisi tämä siihen, että todennäköisyys nousta Merikosken kalatiehen on jokialueen istukkailla hieman merialueen istukkaita suurempi.

5.3. Istutusten ajoitus vs. merkkipalautukset

Kalansaaliiden ja merkkipalautustulosten kannalta keskeistä on merkintämenetelmästä riippumatta istutusten oikea ajoittaminen. Jotta istutuksista saataisiin paras tuotto, ei istutuksia pitäisi tehdä liian aikaisin eikä toisaalta liian myöhään. Paras palautustulos saatiin PIT- ja T-ankkurimerkityillä poikasilla kun poikaset istutettiin noin 8–10 -asteiseen jokiveteen tai 7–12 -asteiseen meriveteen ja Carlin-merkityillä poikasilla, kun istutukset tehtiin vähintään 5-asteiseen jokiveteen tai 3–7 -asteiseen meriveteen.

Vuosina 2007–2009 Oulujoella tehdyt lohen vaelluspoikasten telemetriatutkimukset antoivat samansuuntaisia tuloksia jokivaelluksen onnistumisen osalta. Smoltit selviytyivät parhaiten istutuspaikalta Muhoksen Montasta jokisuulle kun jokiveden lämpötila oli istutushetkellä 6–10 astetta (Karppinen ym. 2013).

Vuosien 2011 ja 2012 kevät olivat hyvin erilaisia. Vuonna 2011 toukokuun alku oli erittäin lämmin ja joki- ja merivesi lämpenivät smolttien vaelluksen kannalta sopivan lämpöiseksi jo toukokuun alkupuolella. Parhaat palautusprosentit saatiinkin toukokuun alun istutuksista. Vuonna 2012 toukokuun alkupuoli oli puolestaan kylmä ja vedet lämpenivät vasta touko-kesäkuun vaihteessa ja parhaat istutustulokset saatiin kesäkuulla tehdyistä vapautuseristä. Istutusten lopullinen ajoittaminen riippuu siis vuodesta ja vallitsevista olosuhteista.

Potentiaalinen istutusstrategia Oulujoelle on käyttää istutusten ajoittamisesta kiinteän istutuspäivämäärän sijasta veden lämpötilan mukaan ajoittuvaa istutusta ja vapauttaa poikasia noin viikonkahden aikana ko. lämpötilarajan täytyttyä. Oulujoelta ja muilta joilta saatujen smolttivaellushavaintojen perusteella vapauttamisen lämpötilarajana voitaisiin käyttää esimerkiksi 8 astetta. Tällä menetelmällä varmistettaisiin maksimaalisen hyvät selviytymismahdollisuudet ainakin merkittäväälle osalle istukkaista.

5.4. Merkintämenetelmien vertailu

Eri merkintämenetelmien vertailun perusteella näyttää siltä, että PIT-merkinnöillä ja merkkejä lukevalla antennisysteemillä Merikosken kalatiessä päästään nykyään vähintään samoihin merkkipalautusmääriin kuin Carlin- ja T-ankkurimerkinnöillä. Kun lisäksi tiedetään, ettei läheskään kaikki jokisuulle ja Merikosken voimalaitoksen alakanavaan saapuvat lohet nouse kalatiehen, voidaan PIT-merkkihavaintoja saada huomattavasti kasvatettua sijoittamalla kalateiden lisäksi PIT-antenneja myös voimalaitoksen alakanavaan. Tällaisesta järjestelystä on kesällä 2017 saatu ensimmäisiä positiivisia kokemuksia Merikosken alakanavasta (Luke, julkaisematon aineisto). Vastaavasti myös aktiivisimmille lohenkalastajille voidaan toimittaa pieniä kannettavia PIT-lukulaitteita, joiden avulla he voivat skannata lohisaaliinsa PIT-mikrosirujen varalta.

6. Johtopäätökset ja suositukset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli koota yhteen Oulujoen lohen istutushoidon keskeiset merkintätulokset ja arvioida niiden perusteella istutushoidon ja merkintämenetelmien kehittämismahdollisuuksia. Oulujoen lohikannan hoidon kannalta on keskeistä etsiä ratkaisuja, jotka edesauttavat erilaisten loheen kohdistuvien tavoitteiden yhteensovittamista. On tärkeää parantaa sekä istutusten tuottavuutta että lisätä toimenpiteitä, jotka varmistavat vaelluskalojen nousun Oulujokeen Merikosken padon yläpuolelle.

Saatujen tulosten perusteella istutushoidon tuloksellisuuden parantamiseksi tarvitaan panostamista istutusten oikea-aikaisuuteen, sillä istutusajankohdalla näyttäisi olevan vaikutusta vaelluspoikasistutusten saalistuottoon. Tilanne Oulujoella onkin tältä osin mennyt parempaan suuntaan Montan kalanviljelylaitoksen peruskorjauksen myötä. Istutusajankohtaa voidaan nyt säätää aiempaa joustavammin luonnonolosuhteiden, erityisesti veden lämpötilan mukaan siten, että lohet voidaan vapauttaa niille parhaiten soveltuvana ajankohtana.

Hiljattain Oulujoen lohen istutushoidossa on tehty muutoksia myös istutuspaikassa. Vuonna 2017 kaikki lohi-istukkaat vapautettiin Montassa, kun tätä aiemmin valtaosa istukkaista on kuljetettu Montan kalanviljelylaitokselta jokisuun merialueelle. Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten mukaan istutuspaikan valintaan liittyvät kehittämistarpeet ovat monitahoisia. Merialueen saalistuoton maksimoimiseksi voisi olla perusteltua tehdä istutuksia edelleen jokisuun merialueelle. Merikosken kalatiessä saatujen havaintojen perusteella istutusten kohdentaminen jokialueelle Oulujokeen voi kuitenkin lisätä jokeen nousevaa kalamäärää. Istutusten optimaalinen ajoittaminen lisännee myös merialueen saalistuottoa, vaikka istutukset tehtäisiin jokialueelle Monttaan.

Tulevaisuudessa harkintaan kannattaa ottaa myös Oulujoen velvoiteistutuksissa käytettävän lohikannan vaihtaminen kantaan, joka tuottaisi parempia saaliita ja jonka yksilöt nousisivat jokisuulle ja jokeen nykyistä Montan kantaa aiemmin. Tällaisen muutoksen toteuttaminen vaatii kuitenkin pilottitutkimuksia, joiden perusteella saadaan tietoa kannan vaihtamisen todellisista hyödyistä. Pilottitutkimuksen käynnistämiseksi on Luonnonvarakeskuksessa tehty suunnitelmia ja niiden toteuttaminen alkaa mahdollisesti kahden-kolmen vuoden kuluessa yhteistyössä velvoiteistuttajien kanssa.

Tämän tutkimuksen yksi tärkeimmistä johtopäätöksistä liittyy istutusten tuloksellisuuden seurannassa käytettävien merkintämenetelmien kehittämiseen. Tulosten perusteella voidaan todeta, että PIT-merkintöjen sisällyttäminen velvoite seurantaan olisi tarkoituksenmukaista ja se todennäköisesti parantaisi istutustutkimusten luotettavuutta havaintomäärien kasvamisen kautta. PIT-merkkihavaintoja voidaan todennäköisesti vielä huomattavasti lisätä, jos kalatien lisäksi sijoitetaan PIT-antenneja myös Merikosken voimalaitoksen alakanavaan. Näin saataisiin havaintoja myös lohista, jotka eivät koskaan hakeudu kalatiehen. Tämän menetelmän kehittäminen aloitettiin Luonnonvarakeskuksen toimesta kesällä 2017, jolloin tehtiin pilottitutkimus alakanavaan sijoitettujen PIT-antennien mahdollisuuksista PIT-mikrosirulla merkittyjen kalojen kontrolloinnissa.

Kiitokset

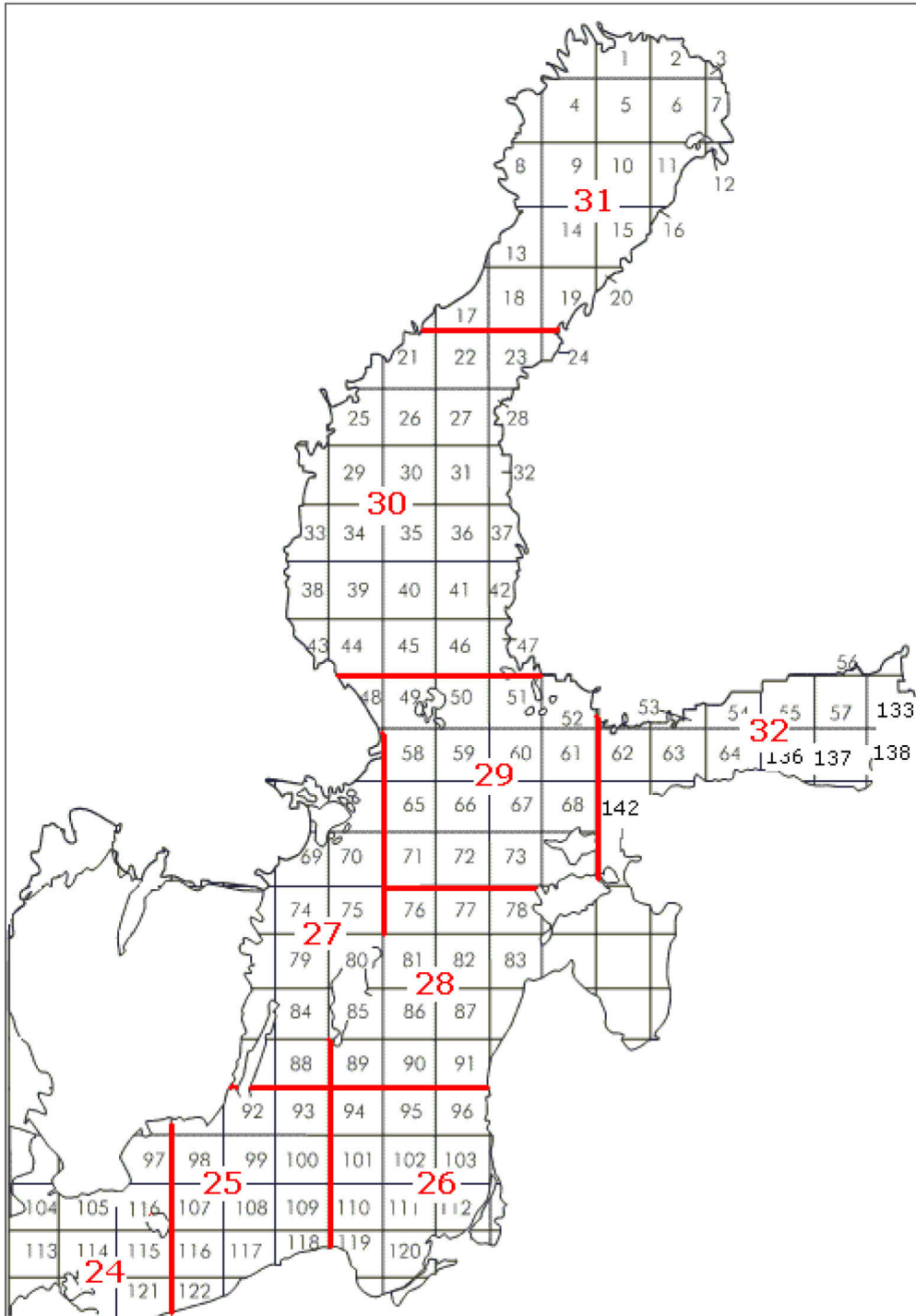
Tekijät haluavat kiittää tasapuolisesti kaikkia Oulujoen merkintätutkimuksiin vuosien saatossa osallistuneita henkilöitä. Lisäksi kiitämme Montan lohi Oy:tä, Oulun Energiaa ja Fortum Oy:tä hyvästä yhteistyöstä PIT-merkintätutkimuksessa. Tämä raportti on osa ns. Sateenvarjo I ja II -hankkeita, joita rahoittivat Luonnonvarakeskus, maa- ja metsätalousministeriö, Fortum Oy, Energiategollisuus ry, Kemi-joki Oy, PVO-Vesivoima Oy, Oulun Energia Oy, UPM Oy, Helen Oy ja Kolsin vesivoimatuotanto Oy.

Viitteet

- Gibbons, J.W. & Andrews, K.M. 2004. PIT tagging: Simple technology at its best. *BioScience* 54: 447–454.
- Huusko, R., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M. & Mäki-Petäys, A. 2012. Lohen vaelluspoikasten radiotelemetry seuranta lijoella vuosina 2010–2011. RKTL:n työraportteja 22/2012. 30 s.
- Karppinen, P., Jounela, P., Huusko, R. & Erkinaro, J. 2013. Effects of release timing on migration behaviour and survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a regulated river. *Ecology of Freshwater Fish* 23: 438–452.
- Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Dannewitz, J., Palm, S., Pakarinen, T., Pulkkinen, H., Gårdmark, A., & Karlsson, O. 2012. Both predation and feeding opportunities may explain changes in survival of Baltic salmon post-smolts. *ICES Journal of Marine Science*, 69: 1574–1579.
- Salminen, M., Heinimaa, P., Huusko, A., Hyvärinen, P., Kallio-Nyberg, I., Kolari, I., Lehtonen, E., Leskelä, A., Niva, T., Piironen, J., Romakkaniemi, A. & Vehanen, T. 2013. Paremmat istukkaat, parempi istutustulos. Istutustutkimusohjelman 2006–2012 tuloksia. RKTL:n työraportteja 19/2013. 86 s.
- Salojärvi, K. 1986. Oulujoki. Teoksessa: Luotonen, H. & Ohtonen, A. (toim.) Pohjois-Pohjanmaan rannikon joet. Painotupa, Oulu, s. 66–70.
- Säisä, M., Koljonen, M.-L. & Tähtinen, J. 2003. Genetic changes in Atlantic salmon stocks since historical times and the effective population size of a long-term captive breeding programme. *Conservation Genetics* 4: 613–627.

Liitteet

Liite 1. ICES-pyyntialueet Itämerellä.





luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000