

RKTL:n työraportteja 28/2014

# Lohen vaelluspoikasten alas- vaelluskokeet Merikosken ja Isohaaran kalateissä

Riina Huusko, Panu Orell, Timo Kanninen, Mikko Jaukkuri, Mari Keränen & Aki Mäki-Petäys



Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki  
2014



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007–2013

Tämä työraportti on osa Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamaa ”Innovatiivinen verkostoituminen ja modernit työkalut kalatiestrategian toteutukseen” -hanketta, jota Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) toteuttaa vuosina 2012–2014. Oulujoen tutkimusosion toteuttamisessa on lisäksi hyödynnetty maa- ja metsätalousministeriön rahoittaman ”Toimivatko kalatiet?” -hankkeen tutkimusinfrastruktuuria Merikosken kalatiellä.



Julkaisija:  
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Helsinki 2014

ISBN 978-952-303-163-0 (Verkkajulkaisu)

ISSN 1799-4756 (Verkkajulkaisu)

RKTL 2014

# Kuvailulehti

<b>Tekijät</b> Riina Huusko, Panu Orell, Timo Kanninen, Mikko Jaukkuri, Mari Keränen & Aki Mäki-Petäys			
<b>Nimeke</b> Lohen vaelluspoikasten alasvaelluskokeet Merikosken ja Isohaaran voimalaitosten kalateissä			
<b>Vuosi</b> 2014	<b>Sivumäärä</b> 19	<b>ISBN</b> 978-952-303-163-0	<b>ISSN</b> ISSN 1799-4756 (PDF)
<b>Yksikkö/tutkimusohjelma</b> Tutkimus- ja asiantuntijapalvelut/rakennettujen jokien tutkimusohjelma			
<b>Hyväksynyt</b> Nina Peuhkuri			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää kuinka hyvin lohen vaelluspoikaset selviytyvät rakenteeltaan erilaisten kalateiden läpi ja miten nopeasti vaelluspoikasten vaeltavat kalateissä. Tutkimus toteutettiin PIT-telemetrian avulla Oulujoen Merikosken ja Kemijoen Isohaaran voimalaitosten kalateissä osana ”Innovatiivinen verkostoituminen ja modernit työkalut kalatiestrategian toteutukseen” -hanketta.</p> <p>Molempiin kalateihin vapautetut viljellyt lohen vaelluspoikaset selviytyivät verraten hyvin (selviytyminen &gt;90 %) kalateiden läpi. Vaellusvauhti kalateissä oli kuitenkin selvästi hitaampaa kuin poikasten vaellusvauhti mm. rakennettujen jokien patoaltailla tai vapaana virtaavilla osilla. Tulosten perusteella on mahdollista, että kalatien tyyppi ja rakenne vaikuttavat poikasten vaellusvauhtiin. Hitainta vaellus oli jyrkällä ja turbulenttisella pystyrakosuudella.</p> <p>Merikoskelta ja Isohaarasta saatujen tutkimustulosten perusteella nousulohia varten rakennetut kalatiet voivat periaatteessa toimia smolttien alasvaellusreitteinä, mikäli smoltit saadaan ohjattua niihin. Korkea selviytyminen ja vaelluksen ajallinen sujuvuus ovat perusedellytyksiä kalateiden käytölle alasvaellusreitteinä.</p> <p>Kalateiden käyttäminen alasvaellusreitteinä olisi kustannustehokas ratkaisu rakennettujen jokien vaelluskalakan-tojen elvyttämisyrittämissä.</p>			
<b>Asiasanat</b> Rakennetut joet, smoltti, alasvaellus, kalatie, selviytyminen, vaellusnopeus, ohjaaminen, PIT-merkintä			
<b>Julkaisun verkko-osoite</b> <a href="http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/kalatiesmolttit">http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/kalatiesmolttit</a>			
<b>Yhteydenotot</b> Panu Orell, <a href="mailto:panu.orell@rktl.fi">panu.orell@rktl.fi</a>			
<b>Muita tietoja</b>			

# Sisällys

<b>Kuvailulehti</b>	<b>3</b>
<b>1. Johdanto</b>	<b>5</b>
<b>2. Tutkimusalue ja tutkimusmenetelmät</b>	<b>6</b>
2.1. Merikosken kalatie	6
2.2. Isohaaran vanha kalatie	8
2.3. Vaelluspoikasten merkintä, vapautus ja seuranta	9
<b>3. Tulokset</b>	<b>10</b>
3.1. Vaellus kalatiessä	10
3.2. Vaelluspoikasten vaellusnopeus	12
3.3. Kuolleiden poikasten kulkeutuminen Isohaaran kalatiessä	15
<b>4. Tulosten tarkastelu</b>	<b>16</b>
<b>Kiitokset</b>	<b>17</b>
<b>Viitteet</b>	<b>18</b>
<b>Liitteet</b>	<b>19</b>

## 1. Johdanto

Kansallinen kalatiestrategia ja useat alueelliset vaelluskalahankkeet ovat viime aikoina nostaneet vaelluskalakantojen elvyttämisen merkittäväksi rakennettujen jokien tavoitteeksi. Yleisenä päämääränä on siirtyminen istutuspainotteisesta vaelluskalakantojen hoidosta luonnonvaraisen lisääntymisen tukemiseen (MMM, 2012).

Luonnonvaraisesti lisääntyvien lohikalakantojen elvyttäminen edellyttää sekä ylä- että alavirtaan toimivien vaellusyhteyksien palauttamista. Aikuisten nousukalojen osalta vaellusyhteyksiä avataan ja ylläpidetään tavallisesti kalateiden avulla (Jaukkuri ym. 2013). Alavirtaan vaeltavat vaelluspoikaset (smoltti) ja talvikot (kutenut kala) ovat sitä vastoin tavallisesti pakotettuja kulkemaan voimalaitosten turbiinien läpi (Huusko ym. 2014).

Useissa suomalaisissa (Orell ym. 2011, Huusko ym. 2012) ja kansainvälisissä (Scruton ym. 2002, Calles & Greenberg 2009, Norrgård ym. 2013) tutkimuksissa on havaittu suuria ongelmia vaelluspoikasten alasvaelluksessa rakennetuilla joilla. Varsinkin useamman voimalaitoksen vesistöissä vaelluspoikasten kuolleisuus voi nousta erittäin suureksi. Mikäli vaelluspoikasten alasvaellusta ei saada turvattua, ei pelkän kutuvaellusyhteyden avaamisella ole saavutettavissa merkittäviä tuloksia vaelluskalakantojen elvyttämishankkeissa (Mäki-Petäys ym. 2012, 2013).

Keskeisiä vaelluspoikasten alasvaelluksen ongelmia ovat vaelluksen hidastuminen, poikasiin kohdistuva saalistus, turbiinikuolleisuus sekä kalojen vahingoittuminen ja stressaantuminen (Huusko yms. 2014). Ongelmien vähentämiseksi vaelluspoikaset pitäisi pystyä ohjaamaan nopeasti ja tehokkaasti turbiinit kiertävää reittiä pitkin voimalaitoksen alapuolelle. Vaelluspoikasten ohjaamista varten on kehitetty ja testattu useita erilaisia menetelmiä ja rakenteita (Huusko ym. 2014). Ohjausrakenteiden lisäksi tarvitaan varsinainen alasvaellusväylä, jona voivat toimia mm. erilaiset putkirakenteet ja rännit, säännöstelypadot sekä nousukaloja varten tehdyt kalatiet (Huusko ym. 2014). Taloudellisesti (vain yksi vaellusväylä, veden käytön optimointi) optimaalisinta olisi saada vaelluspoikaset ohjattua kalateihin ja niitä pitkin voimalaitoksen alapuolelle.

Suomessa monille voimalaitospadoille on suunniteltu tai ollaan parhaillaan suunnittelemassa kalateitä turvaamaan kutuvaelluksellaan olevien kalojen pääsy lisääntymisalueille. Tässä yhteydessä olisi syytä tarkastella ja selvittää kalateiden soveltuvuutta myös vaelluspoikasten kulkuväyliksi. Nousevia kaloja varten rakennettujen kalateiden toimivuutta lohen vaelluspoikasten alasvaellusreitteinä on kuitenkin tutkittu vain vähän. Yleisesti ottaen tiedetään, etteivät kalatiet toimi alasvaellusreitteinä ilman ohjausrakennetta (Rainey 1997, Whitney ym. 1997, Arnekleiv ym. 2007), sillä niiden virtaama on tavallisesti pieni (Whitney ym. 1997) ja/tai niiden sisäänkäyntiä on vaelluspoikasten vaikea löytää (Arnekleiv ym. 2007).

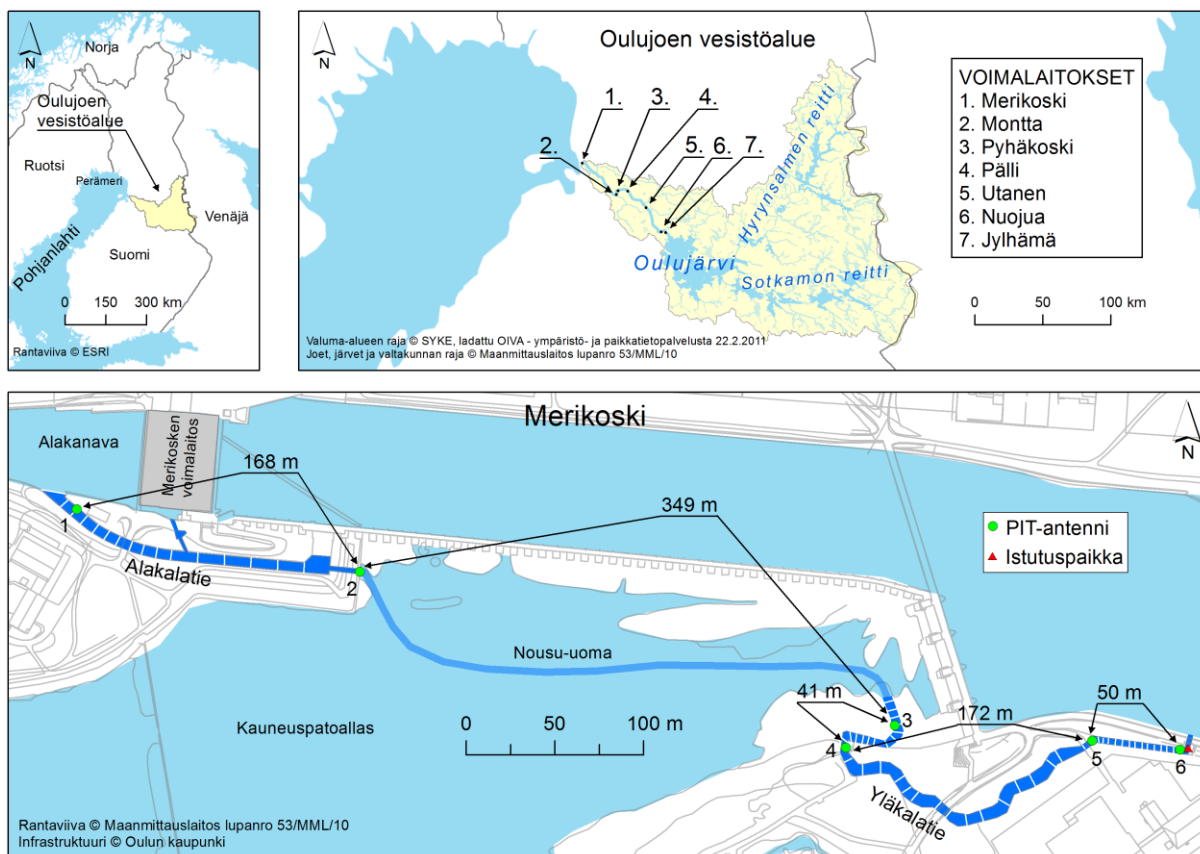
Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää (1) kuinka hyvin vaelluspoikaset selviytyvät rakenteeltaan erilaisten kalateiden läpi ja (2) miten nopeasti vaelluspoikasten vaeltavat kalateissä. Tutkimuksessa ei selvitetty vaelluspoikasten ohjaamista itse kalatiehen. Tutkimus toteutettiin Oulujoen Merikosken (v. 2012) ja Kemijoen Isohaaran (v. 2013) voimalaitosten kalateissä osana ”Innovatiivinen verkostoituminen ja modernit työkalut kalatiestrategian toteutukseen” -hanketta.

## 2. Tutkimusalue ja tutkimusmenetelmät

### 2.1. Merikosken kalatie

Oulujoen alimman voimalaitoksen ohittava Merikosken kalatie otettiin käyttöön vuonna 2004. Kalatie koostuu erillisistä alemmasta (alakatatie) ja ylemmästä kalatiestä (yläkalatie) sekä niiden välisestä vanhasta jokiuomasta ns. kauneuspatoaltaasta, jonka pohjaan on kaivettu nousu-uoma kalateiden välille (kuva 1). Kalatien kokonaisputouskorkeus on 11 m.

Merikosken alakatatie, ns. nippu-uittokanavan kalatie on toteutettu betonirakenteisena pystyrakalatienä ja sen pituus on n. 270 m (kuva 1). Merikosken yläkalatie (kokonaispituus n. 280 m) sijaitsee osittain puistoalueella ja sen toteutuksessa on käytetty kahta eri kalatietyyppiä. Yläkalatien alin osuus on toteutettu pystyrakalatienä, kuten myös kalatien ylin osuus (kuva 1). Näiden välissä on loivempi, luonnonmukaisen kaltainen, puomainen kalatieosuus (172 m), jonka altaita erottavat betoniset, kivillä verhoillut seinämät (kuva 2). Myös puomaisella osuudella kalatien nousuaukot ovat pystyrakotyyppiä (kuva 2). Varsinaisten kalateiden välillä olevan kauneuspatoaltaan alueella kulkeva kaivettu nousu-uoma on n. 340 m pitkä (kuva 1).



**Kuva 1.** Oulujoen vesistöalue ja pääuoman vesivoimalaitokset (yllä) sekä Merikosken voimalaitoksen ohittava kalatie (alla). Kalatietä esittävälle karttapohjalle on merkitty tutkimuskalojen kontrollointia varten asennettujen PIT-antennien sijainnit (1-6) ja niiden väliset etäisyydet (m) sekä tutkimuskalojen istutustuspaikka vuonna 2012.

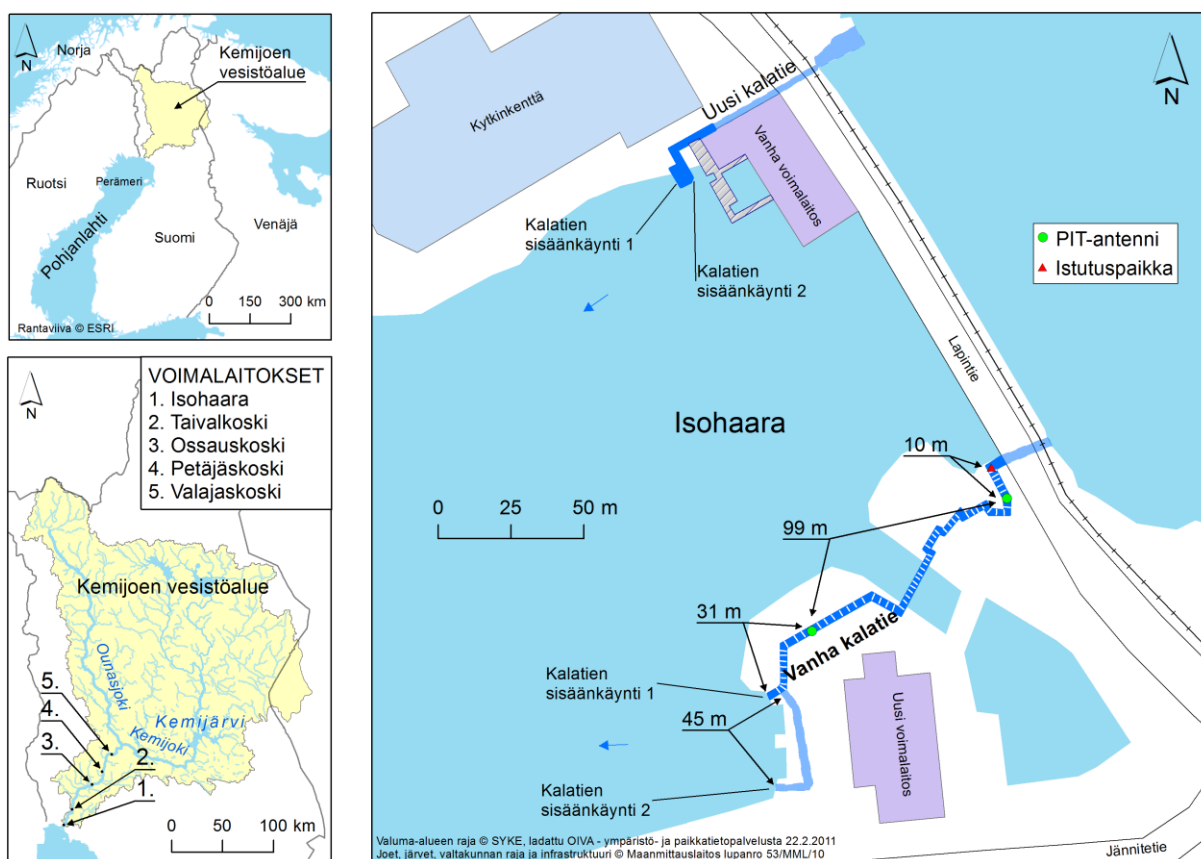


**Kuva 2.** Merikosken yläkalatien eri osat. Yläkalatien ylä- (ylin kuva) ja alapäässä (alin kuva) on betoninen pystyrako-osuus, joiden väliin jää luonnonmukaisen kaltainen puromainen osuus (keskimmäinen kuva). Valokuvat: Panu Orell.

## 2.2. Isohaaran vanha kalatie

Kemijoen alimmalla, Isohaaran voimalaitoksella, on kaksi erillistä voimalaitosta. Kummankin voimalan yhteyteen on rakennettu kalatie (kuva 3). Ensimmäinen kalatie rakennettiin uuden voimalaitoksen yhteyteen, ja se valmistui vuonna 1993. Vuonna 2012 valmistui kalatie myös vanhalle voimalaitokselle.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin vanhemman, vuonna 1993 valmistuneen, kalatien toimivuutta vaelluspoikasten alasvaellusreitteinä (kuvat 3–4). Tämä kalatie koostuu kahdesta erilaisesta kalatieosuudesta, Denil-kalatiestä ja pystyrakokalatiestä. Kalatien alaosa on pääosin pystyrakotyyppiä ja yläosa Denil-tyyppiä. Kalatiessä on kaksi erillistä sisäänkäyntiä, joista sisäänkäynti 1 on kattamaton Denil-tyyppinen ja sisäänkäynti 2 on pystyrakotyyppinen ja katettu (kuva 3). Sisäänkäynnit yhdistävän liitosaltan jälkeen kalatie jatkuu n. 68 m pystyrakokalatiestä, jonka jälkeen alkaa Denil-tyyppinen kalatieosuus (n. 50 m). Kalatie muuttuu vielä tämän jälkeen pystyrakotyyppiseksi noin 18 m pitkäksi uloskäyntitunneliksi. Kalatien kokonaispituus on 230 m ja sen putouskorkeus on 12,2 m. Tutkimuksessa vaelluspoikaset poistuivat kalatiestä sisäänkäynnin 2 kautta, sillä sisäänkäynti 1 ei ollut käytössä (kuva 3).



**Kuva 3.** Kemijoen voimalaitokset ja Isohaaran kalateiden sijainnit. Isohaaran vanhan kalatien osalta karttakuvaan on merkitty PIT-antennien sijainnit (vihreä pallo) ja tutkimuskalojen istutuspaikka (punainen kolmio) sekä näiden väliset etäisyydet (m) vuonna 2013.





**Kuva 4.** Isohaaran vanha vuonna 1993 valmistunut kalatie koostuu sekä Denil (kuvissa) että pystyrakotyyppisistä kalatieosuuksista. Kuvat: Panu Orell.

### 2.3. Vaelluspoikasten merkintä, vapautus ja seuranta

Tutkimuksessa merkittiin vuosina 2012–2013 yhteensä 562 lohen viljeltyä vaelluspoikasta PIT-merkillä (Passive Integrated Transponder, Texas Instruments 23 mm half-duplex merkki). Näistä 264 merkittiin ja vapautettiin Merikosken kalatiellä vuonna 2012 ja 298 Isohaaran kalatiellä vuonna 2013. Merkintää varten vaelluspoikaset nukutettiin puskuroidussa MS-222 liuoksessa (100 mg/l). Nukutetut kalat mitattiin (mm), jonka jälkeen niiden vatsaonteloon asennettiin 23 mm:n mittainen PIT-merkki kalan vatsapuolelle tehdyn lyhyen (3–4 mm) pitkittäisviillon kautta. Merikosken kalatiehen vapautetut smoltit olivat ns. Montan lohikantaa ja kasvatettu Muhoksella Montan lohi Oy:n kalanviljelylaitoksella. Merikoskelle vapautettujen, merkittyjen vaelluspoikasten keskipituus oli 220 mm (vaihteluväli 158–278 mm). Poikaset PIT-merkittiin 10–17 vuorokautta ennen niiden vapautusta.

Isohaaran kalatiehen vapautetut vaelluspoikaset olivat Voimalohi Oy:n Ossauskosken kalanviljelylaitoksen kasvattamia Tornionjoen- ja/tai Iijoen lohikantaa. Isohaaraan vapautettujen vaelluspoikasten keskipituus oli 177 mm (vaihteluväli 128–260 mm). Vaelluspoikaset PIT-merkittiin 8–10 vuorokautta ennen niiden vapautusta.

Merikosken kalatielle vaelluspoikasia vapautettiin yhteensä yhdeksässä erässä ja vapautuksia tehtiin kahtena päivänä (taulukko 1). Vaelluspoikaset vapautettiin 9 m kalatien uloskäynnistä alavirtaan (kuva 1).

Isohaaran kalatielle vapautukset tehtiin yhteensä kymmenessä erässä kahtena vapautuspäivänä (taulukko 1). Vapautuspaikka sijaitsi kalatien yläosassa n. 20 m kalatien uloskäynnistä alavirtaan (kuva 3). Isohaaran toisena vapautuspäivänä (7.6.) laskettiin kalatiehen jokaisen vapautuserän mukana

myös kaksi kuollutta, PIT-merkittyä vaelluspoikasta. Näiden avulla selvitettiin kuolleiden vaelluspoikasten kulkeutumista kalatiessä.

Vaelluspoikasten liikkumista kalateissä seurattiin kiinteästi asennettujen PIT-lukuasemien avulla. PIT-merkittyjen kalojen uudessa lukuaseman läpi tallentui tietokoneelle yksilöllinen PIT-merkin numero sekä havaintopäivämäärä ja -aika. Lukuasemien toiminta tarkistettiin kaksi kertaa viikossa. Merikosken kalatiessä vaellusta seurattiin kuudella PIT-antennilla (kuva 1) ja Isohaaran kalatiessä kahdella PIT-antennilla (kuva 3). Isohaarassa PIT-seuranta kattoi vain osan kalatien pituudesta.

Merikosken kalatiellä PIT-antennit olivat käytössä 15.5.–5.10.2012, koska samoilla antenneilla seurattiin myös merkittyjen nousulohien liikkumista kalatiessä. Merikosken kalatiestä viimeinen havainto kalatielle vapautetuista vaelluspoikasista saatiin 9.7.2012. Isohaarassa PIT-antennit olivat käytössä vain smolttivaelluksen ajan, 5.6.–6.7.2013. Viimeinen kalahavainto Isohaaran kalatien PIT-antenneilta saatiin 14.6.2013.

**Taulukko 1.** Vapautettujen vaelluspoikasten eräkohtaiset yksilömäärät ja veden lämpötilat vapautuspäivittäin Merikosken ja Isohaaran kalateissä vuosina 2012–2013. Vuoden 2013 myöhemmän päivämäärän istutuserissä oli kaikissa mukana kaksi kuollutta vaelluspoikasyksilöä kuvaamassa kuolleiden yksilöiden kulkeutumista kalatiessä.

Erät	Merikoski 2012		Isohaara 2013	
	4.6.	11.6.	5.6.	7.6.
Erä 1	30		30	
Erä 2	30		30	
Erä 3	30		30	
Erä 4	30		30	
Erä 5	30		31	
Erä 6		30		30
Erä 7		30		30
Erä 8		30		30
Erä 9		24		30
Erä 10				27
<b>Yhteensä</b>	<b>150</b>	<b>114</b>	<b>151</b>	<b>147</b>
Veden lämpötila, °C	8,4	11,4	17,0	18,4

## 3. Tulokset

### 3.1. Vaellus kalatiessä

Merikosken kalatiellä alasvaellusta arvioitiin erikseen yläkalatiessä ja koko kalatiessä (kuva 1). Taulukossa 2 on esitetty smolttien vaellus Merikosken kalatien eri osissa. Yläkalatien läpäisseeksi katsottiin kaikki yksilöt, joilta saatiin havaintoja antenneilta 3-1 ja koko kalatien läpäisseeksi tulkittiin antennilla 1 havaitut yksilöt (ks. kuva 1).

Yläkalatien läpi kulki antennin 3 havaintojen mukaan yhteensä 242 yksilöä (91,7 % merkityistä). Antennille 3 tallentuneista vaelluspoikasista yhteensä 118 yksilöä (44,7 %) ei kuitenkaan koskaan

rekisteröitynyt alakalatie antennille (antennit 1-2). Nämä yksilöt uivat todennäköisesti kohti Oulujokisuuta kauneusaltaan muista osista tai joutuivat saalistuksen kohteeksi kauneusaltaassa. Koko kalatien läpäisi kaikkiaan 105 vaelluspoikasta (39,8 %). Ensimmäisenä päivänä vapautetuista smolteista hieman suurempi osuus läpäisi sekä yläkalatien että koko kalatien verrattuna myöhemmin vapautettuihin (taulukko 2).

Merikosken yläkalatiessä kuuden yksilön (2,3 %) vaellus pysähtyi antennien 5 ja 3 välille, eikä niitä havaittu yläkalatien alimmalla antennilla. Lisäksi yläkalatiessä vastavirtaan vaeltamista havaittiin 26 yksilöllä (9,6 %), joista 21 yksilöä ilmeisesti nousi kalatien kokonaan ylös ja poistui kalatien uloskäynnin kautta Oulujokeen (viimeinen havainto antennilta 6). Yksi näistä kaloista havaittiin heinäkuussa alakalatie alimmalla antennilla (antenni 1), mikä viittaa sen laskeutuneen Merikosken voimalaitoksen turbiinien läpi ja nousseen Merikosken voimalan alakanavasta alakalatiehen. Kalatietä ylöspäin uineista 19 yksilöä oli käynyt yläkalatien alimmalla antennilla (antenni 3) ennen nousuaan takaisin ylävirtaan. Viidestä yksilöstä (1,9 %) ei saatu havaintoja yhdeltäkään antennilta (taulukko 2).

Alasvaelluksen onnistumista Merikosken kalatiessä arvioitiin myös vain alavirtaan vaeltaneiden poikasten osalta, jolloin aineistosta poistettiin kokonaan havaitsematta jääneet yksilöt sekä yksilöt, jotka nousivat kalatietä ylöspäin. Näistä alasvaeltavista smolteista yläkalatien selvitti 95,7 % ja koko kalatien 45,1 % (liite 1).

**Taulukko 2.** Merikosken yläkalatien ja koko kalatien alas vaeltaneiden, yläkalatietä vastavirtaan nousseiden tai sinne pysähtyneiden sekä kokonaan kadonneiden vaelluspoikasten yksilömäärät ja prosenttiosuudet vapautuspäivittäin sekä kaikkien vapautuserien osalta.

	4.6.		11.6.		Yhteensä	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
Vapautettu	150	-	114	-	264	-
Yläkalatien selvittäneet	140	93,3	102	89,5	242	91,7
Koko kalatien selvittäneet	64	42,7	41	36,0	105	39,8
Pysähtyi, nousi takaisin ylävirtaan	15	10,0	17	14,9	32	12,1
Ei havaintoja	1	0,7	4	3,5	5	1,9

Isohaaran kalatiessä lohen vaelluspoikasten alasvaellusta seurattiin vain koko kalatien osalta. Taulukossa 3 on esitetty smolttien vaeltaminen Isohaaran kalatiessä. Kalatien läpäisseiksi tulkittiin alemmalta antennilta havaitut yksilöt. Isohaaran kalatielle vapautettiin yhteensä 288 elävää yksilöä, joista 227 yksilöä (78,8 %) tallentui kalatien alaosan antennille.

PIT-havaintojen perusteella antennien välille pysähtyi ainakin 18 yksilöä. Yksikään alemmalta antennilta tallentunut vaelluspoikainen ei vaeltanut takaisin ylävirtaan ylemmälle PIT-antennille. Tutkimuksen aikana kokonaan havaitsematta jäi 43 yksilöä (14,9 %). On todennäköistä, että kokonaan havaitsematta jääneistä kaloista osa on uinut antennien ohi tallentumatta ja osa yksilöistä on nousut vapautuspaikalta ylävirtaan ja poistunut kalatien uloskäynnin kautta Kemijokeen (ks. kuva 3).

Smolttien alasvaelluksen onnistumista Isohaaran kalatiessä arvioitiin myös niiden kalojen osalta, joista saatiin ylipäätään havaintoja PIT-antenneilta. Tämän aineiston perusteella tutkimuskalojen alasvaellus onnistui 92,6 %:lla vaelluspoikasista (liite 2).

**Taulukko 3.** Isohaaran kalatien alasvaeltaneiden, kalatiehen pysähtyneiden ja kokonaan ilman havaintoa jääneiden vaelluspoikasten yksilömäärät ja prosenttiosuudet vapautuspäivittäin sekä kaikkien vapautettujen osalta. Kuolleena vapautetut kalat (n=10) eivät ole mukana taulukon yksilömäärissä tai prosenttiosuuksissa.

	5.6.		7.6.		Yhteensä	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
Vapautettu	151	-	137	-	288	-
Kalatien selvittäneet	120	79,5	107	78,1	227	78,8
Pysähtyi kalatiehen	9	5,9	9	6,5	18	6,3
Ei havaintoja	22	14,6	21	15,3	43	14,9

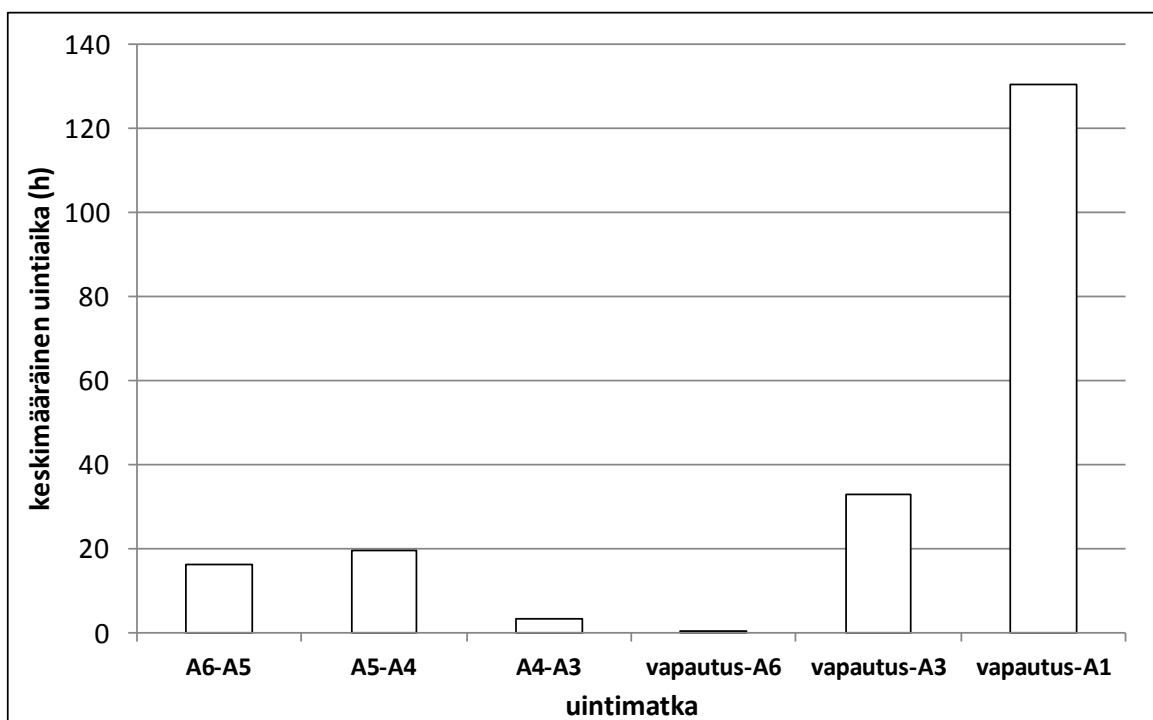
### 3.2. Vaelluspoikasten vaellusnopeus

Merikosken kalatiessä alasvaellus käynnistyi varsin nopeasti ja kalat ohittivat ylimmän antennin (6) keskimäärin puolessa tunnissa (taulukko 4) vapautuksen jälkeen. Yläkalatien lyhyt, mutta jyrkkä pystyrako-osuus hidasti vaellusnopeutta antennien 6–5 välillä (keskiarvo 16,0 h, uintinopeus keskimäärin 1,1 km/vrk). Yläkalatien pisimmän, luonnonuoman kaltaisen, osuuden (antenniväli 5–4) läpäisemiseen kului keskimäärin 19,4 h (uintinopeus keskimäärin 1,7 km/vrk). Yläkalatien alaosan pystyrako-osuuden (antenniväli 4–3) läpäisemiseen kului puolestaan keskimäärin vain 3,2 h (uintinopeus keskimäärin 3,0 km/vrk). Koko yläkalatien läpäisyyseen, siis vapautushetkestä antennille 3 kului keskimäärin 33,1 h (uintinopeus keskimäärin 0,8 km/vrk) (taulukko 4, kuva 1).

Vaelluksesta kauneusaltaan ja alakalatien läpi ei saatu tarkkaa tietoa, sillä alakalatien ylemmän antennin (antenni 2, ks. kuva 1) tietojen tallennus ei tutkimuksen aikana toiminut kunnolla. Todennäköisesti hidasvirtainen kauneusallas sekä vaikeutti alasvaellusta että hidasti vaellusnopeutta, sillä 118 poikasta katosi antennien 3–1 välille. Näistä osa on kuitenkin todennäköisesti päässyt Oulujokisuulle muualta kauneusaltaan kautta. Kauneusaltaan ja alakalatien (antenniväli 3–1) läpäisemiseen kului keskimäärin 96,8 h (n. 4 vrk, uintinopeus keskimäärin 0,3 km/vrk). Näin ollen koko kalatien läpäisyyseen (vapautus–antenni 1) kului keskimäärin 130,6 h (n. 5,5 vrk, uintinopeus keskimäärin 0,3 km/vrk) (taulukko 4, kuva 1).

**Taulukko 4.** Vaelluspoikasten yksilömäärät, uintiaikojen ja uintinopeuksien keskiarvot sekä minimi- ja maksimiarvot eri antennien ja vapautuspaikan (ks. kuva 1) välillä Merikosken kalateissä.

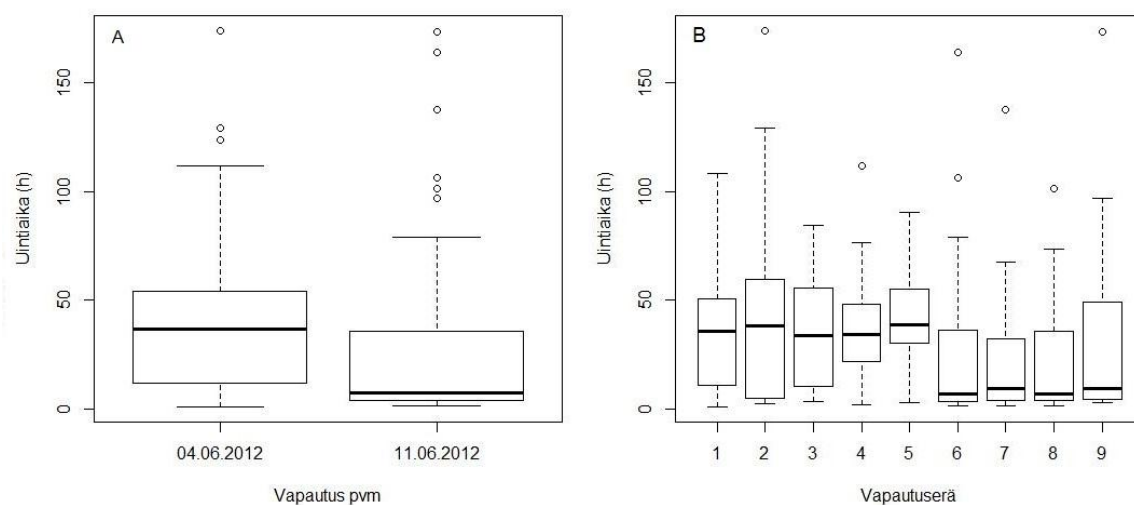
Uintimatka	Yksilömäärä	Uintiaika (h)		Uuintinopeus (km/vrk)	
		Keskiarvo	Vaihteluväli	Keskiarvo	Vaihteluväli
Antennit	kpl				
6-5	138	16,0	0,1-266,3	1,1	0,0-10,3
5-4	145	19,4	0,4-150,2	1,7	0,0-10,8
4-3	233	3,2	0,0-76,9	3,0	0,0-104,8
3-1	102	96,8	4,3-292,7	0,3	0,0-3,0
6-1	93	129,1	7,2-330,9	0,3	0,1-2,6
6-3	198	32,0	0,8-173,8	0,9	0,0-7,4
Vapautus-6	218	0,5	0,0-9,1	-	-
Vapautus-3	239	33,1	1,2-173,9	0,8	0,0-5,3
Vapautus-1	105	130,6	7,3-330,9	0,3	0,1-2,6



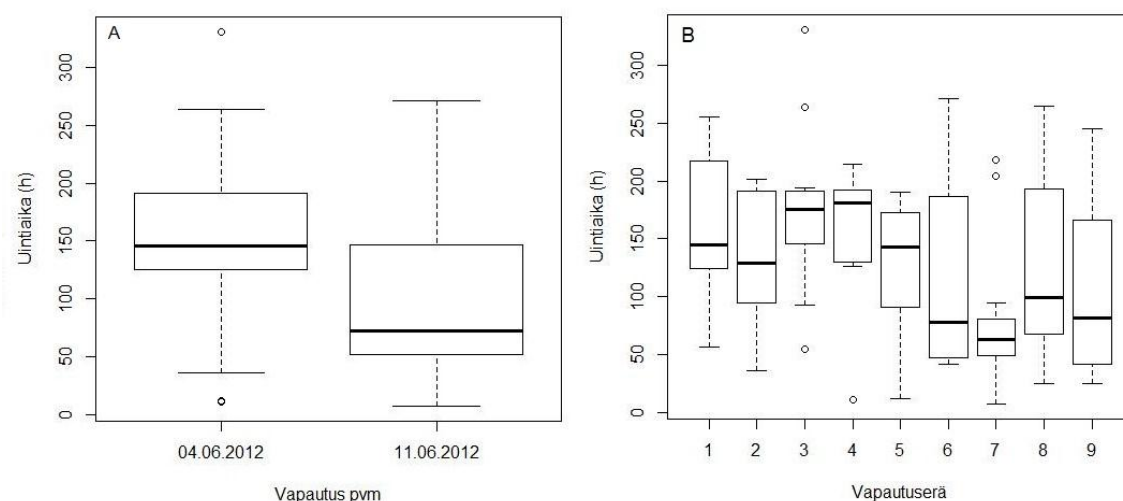
**Kuva 5.** Keskimääräiset uintiajat eri antennien (A) sekä vapautuspaikan ja antennien välillä Merikosken kalateissä vuonna 2012. Mukana ovat kaikki yksilöt, joille uintiaikojen laskeminen oli mahdollista.

Merikosken kalatiehen myöhemmin (11.6.) vapautetut vaelluspoikaset selvittivät nopeammin sekä yläkalatien että koko kalatien kuin aikaisemmin (4.6.) vapautetut vaelluspoikaset (kuvat 6-7). Ero vaellusnopeudessa saattoi johtua veden lämpötilasta, joka oli myöhäisempänä vapautuspäivänä kolme astetta korkeampi (11,4 °C) kuin aikaisempänä päivänä. Samana vapautuspäivänä vapautettujen erien välillä ei havaittu merkittäviä eroja vaellusnopeudessa (kuvat 6-7).

Lohen vaelluspoikasten alasvaelluskokeet Merikosken ja Isohaaran voimalaitosten kalateissa



**Kuva 6.** Vaelluspoikasten uintiajat Merikosken kalatiessä vapautuksesta antennille 3 (=yläkakatien läpi) (A) istutuspäivittäin ja (B) vapautuserittäin. Vapautuserät 1–5 vapautettiin 4.6.2012 ja vapautuserät 6–9 11.6.2012.



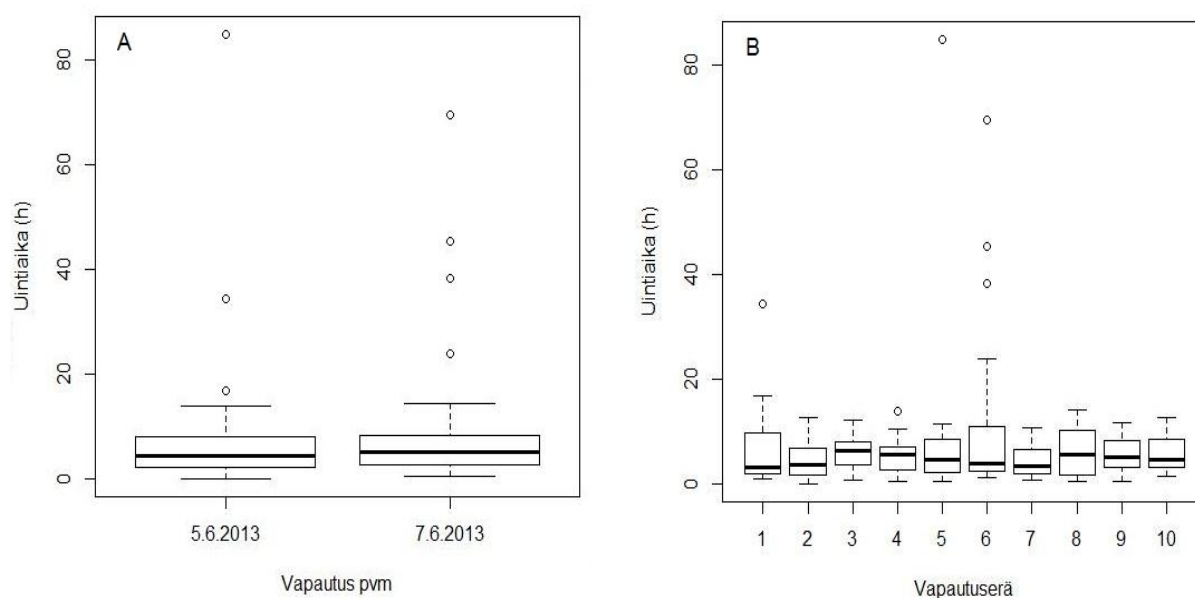
**Kuva 7.** Vaelluspoikasten uintiajat Merikosken kalatiessä vapautuksesta antennille 1 (=koko kalatien läpi) (A) istutuspäivittäin ja (B) vapautuserittäin. Vapautuserät 1–5 vapautettiin 4.6.2012 ja vapautuserät 6–9 11.6.2012.

Isohaaran kalatiehen vapautettujen vaelluspoikasten alasvaellus käynnistyi hitaammin kuin Merikoskella. Vaelluspoikaset tallentuivat ylemmälle antennille keskimäärin 3,4 h vapautuksen jälkeen. Liikkeelle lähdettyään smoltit kuitenkin vaelsivat kalatien läpi verraten nopeasti, sillä antennien väliseen matkaan kului keskimäärin 5,7 h (uintinopeus keskimäärin 3,7 km/vrk) (taulukko 5).

**Taulukko 5.** Vaelluspoikasten yksilömäärät, uintiaikojen ja uintinopeuksien keskiarvot sekä minimi- ja maksimiarvot eri antennien ja vapautuspaikan (ks. kuva 3) välillä Isohaaran kalatiessä.

Uintimatka	Yksilömäärä n	Uintiaika (h)		Uuintinopeus (km/vrk)	
		Keskiarvo	Vaihteluväli	Keskiarvo	Vaihteluväli
Vapautus-yläantenni	225	3,4	0,0-80,9	-	-
Yläantenni-ala-antenni	207	5,7	0,1-215,8	3,7	0,0-17,4
Vapautus-ala-antenni	227	8,6	0,2-221,7	0,9	0,0-29,0

Vaelluspoikasten uintiajoissa ei Isohaarassa ollut merkittävää eroa vapautuspäivien välillä (kuva 8), eikä myöskään samana päivänä vapautettujen erien välillä (kuva 8).



**Kuva 8.** Vaelluspoikasten uintiajat Isohaaran kalatiessä (A) vapautuspäivittäin ja (B) vapautuserittäin ala-antennille asti. Erät 1–5 vapautettiin 5.6.2013 ja erät 6–10 vapautettiin 7.6.2013. Kuvien aineistosta on jätetty pois kolmen yksilön selvästi muista poikkeavat uintiajat 113,0 h (erä 9), 155,9 h (erä 9) ja 221,7 h (erä 4).

### 3.3. Kuolleiden poikasten kulkeutuminen Isohaaran kalatiessä

Isohaaran kalatiehen laskettiin 7.6. vapautettujen erien mukana yhteensä 10 kuollutta vaelluspoikasta. Suurin osa näistä kaloista kulkeutui ylemmän antennin läpi (90 %), mutta vain kolmasosa (30 %) alemmalle antennille asti. Kalat tallentuivat ylemmälle antennille useimmiten heti vapauttamisen jälkeen ja ala-antennillekin kaksi kaloista kulkeutui alle kahdessa tunnissa. Kolmannen kalan osalta koko kalatien alas kulkeutumisessa meni noin kaksi vuorokautta (taulukko 6).

**Taulukko 6.** Kuolleena Isohaaran kalatiehen vapautettujen lohen vaelluspoikasten kulkeutuminen alavirtaan.

Välimatka	Yksilömäärä, kpl	Aika, h			
		Keskiarvo	Minimi	Maksimi	Keskihajonta
Vapautus–yläantenni	9	0,0	0,0	0,0	0,0
Yläantenni–ala-antenni	3	16,0	1,2	45,3	25,4
Vapautus–ala-antenni	3	16,0	1,2	45,3	25,4

## 4. Tulosten tarkastelu

Kalatiehen vapautettujen vaelluspoikasten selviytymisprosentti oli varsin korkea Merikoskella (yläkalatie), mutta hieman heikompi Isohaarassa. Isohaaran tulosten tarkastelussa täytyy kuitenkin huomioida, että siellä käytettiin vain kahta PIT-lukuasemaa. Tämän takia osa kalatien läpiuineista vaelluspoikasista on suurella todennäköisyydellä jäänyt tallentumatta laskien arviota selviytyneiden vaelluspoikasten määrästä. Selviytymisprosentit Merikosken ja Isohaaran kalateissä eivät eronneet, kun kokonaan havaitsematta jääneet tai kalatietä ylöspäin liikkuneet vaelluspoikaset poistettiin lähtöai- neistosta.

Sekä Merikosken että Isohaaran tulokset ovat kokonaisuudessaan huomattavasti positiivisempia kuin esimerkiksi Ruotsin Åbyälven-joella tehdyssä tutkimuksessa, missä kalatiehen vapautetuista smolteista 38 % arvioitiin kuolleen kalatiessä saatuihin vammoihin (Gustafsson 2010). Åbyälven-joella kalatie on yläosastaan puunuitossa käytetystä metellikourusta muokattu varsin jyrkkä pystyrakokalatie ja sen alaosaan on lisäksi liitetty betonirakenteinen kalatieosuus (Gustafsson 2010), joten se poikkeaa rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan merkittävästi Isohaaran ja Merikosken kalateistä.

Kalatiehen vapautettujen vaelluspoikasten uintinopeus kalatiessä oli hidasta, sillä Merikoskella noin 250 metriä pitkän yläkalatien selvittämiseen kului aikaa keskimäärin 33 h (uintinopeus 0,8 km/vrk) ja Isohaaran kalatiessä keskimäärin 8,6 h (uintinopeus 0,9 km/vrk). Molemmissa kalateissä vaellusnopeus oli hidasta verrattuna Oulu- ja Iijoen tehtyjen vaelluspoikasten radiotelemetriaseurantojen tuloksiin (vaellusnopeus tavallisesti 10-30 km/vrk) vaellusnopeudesta patoaltaissa ja vapailla jokiosuuksilla (Orell ym. 2011, Huusko ym. 2012). Lisäksi Merikosken yläkalatiellä erilaisten kalatierakenteiden välillä oli eroja vaelluspoikasten uintinopeudessa. Vaelluspoikasten uintinopeus oli hitainta Merikosken yläkalatien yläosan lyhyellä ja jyrkällä pystyrako-osuudella. Kemp ym. (2005) havaitsivat tutkimuksessaan vaelluspoikasten välttelevän voimakkaita virtausolosuhteita, joten on mahdollista, että smoltit hidastavat vaellustaan voimakasvirtaisilla ja turbulenttisilla kalatieosuuksilla.

Merikoskella havaittiin merkittäviä eroja smolttien vaellusnopeudessa kahden eri istutuspäivän välillä. Merikoskella ensimmäisen vapautuspäivän yksilöt vaelsivat keskimäärin hitaammin kuin toisen vapautuspäivän yksilöt. Syynä tähän voi olla ensimmäisen vapautuspäivän kylmempi vesi, sillä kylmän veden on aiemmissa Oulujoella tehdyissä tutkimuksissa havaittu hidastavan smolttien vaellusnopeutta (Karppinen ym. 2013). Isohaaran kalatiessä smolttien vaellusnopeus ei eronnut vapautuspäivien välillä, mutta veden lämpötila oli Isohaaran kalatiessä huomattavan korkea molempina vapautuspäivinä (17–18 °C).

Kalojen merkintä, käsittely ja kuljetus voivat stressata vaelluspoikasia, mikä voi vaikuttaa vaelluspoikasten käyttäytymiseen ja selviytymiseen vapautuksen jälkeen (Peake ym. 1997, Iversen ym.



1998). Tässä tutkimuksessa kalojen merkinnät tehtiin useita päiviä ennen vapautusta, eikä merkinnällä näin ollen todennäköisesti ollut huomattavaa vaikutusta smolttien käyttäytymiseen. Aikaisemmissa tutkimuksissa mm. telemetriamerkinnän on havaittu vaikuttavan vaelluspoikasten uintikykyyn maksimissaan noin viikon ajan merkinnän jälkeen (Lacroix ym. 2004). Toisaalta sekä Merikoskelle että Isohaaraan vapautetut kalat kerättiin säilytysaltaista ja kuljetettiin kalateille vapautuspäivinä. Tämä siirtokäsittely aiheuttaa vaelluspoikasille stressiä ja se on saattanut vaikuttaa kalojen käyttäytymiseen istutuksen jälkeen.

Tutkimuksessa käytettiin viljeltyjä lohen vaelluspoikasia, jolloin on mahdollista, ettei kaikkien poikasten vaellusaktiivisuus ole ollut optimaalisella tasolla. Viljeltyjen vaelluspoikasten vaellusvalmius voi vaihdella, sillä ulkoisista smolttiutumisen tunnusmerkeistä huolimatta poikasten fysiologinen smolttiutuminen voi olla vielä kesken (Pasternack ym. 2008, 2010). Lisäksi viljeltyt vaelluspoikaset ovat luonnon vaelluspoikasia lihavampia (Pasternack ym. 2008) ja lihavampien vaelluspoikasten vaellusaktiivisuuden on havaittu olevan heikompaa kuin laihojen smolttien (Olsson ym. 2006, Vainikka ym. 2012). Syynä tähän voivat olla laihempien smolttien suurempi motivaatio päästä merelle parempiin ravinto-olosuhteisiin (Olsson ym. 2006, Eriksson ym. 2008).

Luonnonvaraisten vaelluspoikasten (lohi, taimen) hakeutumista kalatiehen ja selviytymistä kalatiessä on tutkittu ruotsalaisella Uumajajoella (Stornorrforssin kalatie), missä vaelluspoikasia on pyritty ohjaamaan kalatiehen kelluvan ohjausaitarakenteen avulla (Lundqvist ym. 2014). Aitarakenteen toimivuus smolttien ohjauksessa oli kuitenkin hyvin heikko (n. 4 %)(Lundqvist ym. 2014, Jääskeläinen 2014). PIT-merkkihavaintojen ja videoseurannan perusteella lohen smolttien alasvaellus kalatiessä onnistui kuitenkin hyvin ja poikasten vaellusvauhti oli samaa luokkaa kuin tässä tutkimuksessa, kalatien läpiuimisen kestäessä muutamasta tunnista 2-3 vuorokauteen (Lundqvist ym. 2014). Lundqvist ym. (2014) havaitsivat kuitenkin taimenen vaelluspoikasten uivan kalatien läpi selvästi lohen vaelluspoikasia hitaammin.

Merikoskelta ja Isohaarasta saatujen tutkimustulosten perusteella nousulohia varten rakennetut kalatiet voivat toimia smolttien alasvaellusreitteinä voimalaitosten ohi, mikäli smoltit saadaan ohjattua niihin. Korkea selviytyminen ja vaelluksen ajallinen sujuvuus ovat kuitenkin perusedellytyksiä kalateiden käytölle alasvaellusreitteinä. Tietoa erilaisten kalatierakenteiden vaikutuksesta smolttien vaellukseen tarvitaankin vielä lisää. Ensiarvoisen tärkeätä olisi selvittää luonnonvaraisten vaelluspoikasten selviytymistä ja vaelluskäyttäytymistä olosuhteissa, joissa ne hakeutuisivat itsenäisesti erilaisiin kalateihin.

## Kiitokset

Tekijät kiittävät suuresti Olli van der Meeriä, Timo Siltakoskea ja Jarno Jääskeläistä tutkimuksen kenttätöiden toteuttamisesta sekä Tapio Laaksosta PIT-antennisysteemien rakentamisesta ja asentamisesta. Kiitämme lisäksi Oulun Energian Ahti Sipolaa, Keminmaan kunnan Jukka Viitalaa ja PVO-vesivoiman Isohaaran henkilökuntaa avusta tutkimuksen kenttätöiden järjestelyissä. Kiitokset myös Voimalohi Oy:n Ossauskosken kalanviljelylaitokselle ja Montan lohi Oy:lle, jotka luovuttivat käyttöömmme tutkimuksessa tarvitsemamme kalat. Tämä tutkimus oli osa Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamaa ”Innovatiivinen verkostoituminen ja modernit työkalut kalatiestrategian toteutukseen” -hanketta, jota Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) toteutti vuosina 2012–2014.

## Viitteet

- Arnekleiv, J.V., Kraabøl, M. & Museth, J. 2007. Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia* 582: 5–15.
- Calles, O. & Greenberg, L. 2009. Connectivity is a two-way street – the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers. *River Research and Applications* 25: 1268–1286.
- Eriksson, L.-O., Rivinoja, P., Östergren, J., Serrano, I. & Larsson, S. 2008. Smolt quality and survival of compensatory stocked Atlantic salmon and brown trout in the Baltic Sea. SLU, Report 62.
- Gustafsson, S. 2010. Migration losses of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at a hydropower station area in River Åbyälven, Northern Sweden. Pro gradu, Wildlife, Fish, and Environmental Studies, Swedish University of Agricultural Sciences, SLU, Umeå, Sweden, 17s.
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2014. Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetuissa joissa – ongelmat ja niiden ratkaisumahdollisuudet. RKTL:n työraportteja 8/2014. 41s.
- Huusko, R., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M. & Mäki-Petäys, A. 2012. Lohen vaelluspoikasten radiotelemetriaseuranta lijoella vuosina 2010–2011. RKTL:n työraportteja 22/2012. 30s.
- Iversen, M., Finstad, B. & Nilssen, K.J. 1998. Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture* 168: 387–394.
- Jaukkuri, M., Orell, P., van der Meer, O., Rivinoja, P., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2013. Nousulohien käyttäytyminen voimalaitosten alakanavissa ja kalatiehen hakeutumiseen vaikuttavat tekijät: kirjallisuuskatsaus. RKTL:n työraportteja 20/2013. 31s.
- Jääskeläinen, J. 2014. Lohen (*Salmo salar*) smolttien vaelluskäyttäytyminen Ruotsin Vindel/Uumaja-joella - Kelluvan ohjausaidan tehokkuus. Pro gradu tutkielma. Biologian laitos, Oulun yliopisto. 54 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* DOI: 10.1111/eff.12097.
- Kemp, P.S, Gessel, M.H. & Williams, J.G. 2005. Fine-scale behavioral responses of Pacific salmonid smolts as they encounter divergence and acceleration of flow. *Transactions of the American Fisheries Society* 134: 390–398.
- Lacroix, G.L., Knox, D. & McCurdy, P. 2004. Effects of implanted dummy acoustic transmitters on juvenile Atlantic salmon. *Transactions of the American Fisheries Society* 133: 211–220.
- Lundqvist, H., Leonardsson, K., Lindberg, D-E., Westbergh, S., Forssén, Å. & Hellström, J.G.I. 2014. Laxens nedströmsvandring mot fiskavledare till Stornorrfors fisktrappa i Umeälvens nedre del. Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport 1, Umeå.
- MMM. 2012. Kansallinen kalatiestrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös. 8.3.2012. 30s.
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Rivinoja, P. & Erkinaro, J. 2012. Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille – mallinustyökalu tuki- ja säätelytoimien biologiseen arviointiin. Työraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 42s.
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P. & Erkinaro, J. 2013. Kymijoen lohikannan elvyttäminen – populaatiomallinnus tuki- ja säätelytoimien vaikutuksesta. Työraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 25s.
- Norrgård, J.R., Greenberg, L.A., Piccolo, C.C., Schmitz, M. & Bergman, E. 2013. Multiplicative loss of landlocked Atlantic salmon *Salmo salar* L. smolts during downstream migration through multiple dams. *River Research and Applications* 29: 1306–1317.
- Olsson, I.C., Greenberg, L.A., Bergman, E. & Wysujack, K. 2006: Environmentally induced migration: the importance of food. *Ecology Letters* 9: 645–651.
- Orell, P., Huusko, R., van der Meer, O., Jaukkuri, M., Kanninen, T., Karppinen, P. & Mäki-Petäys, A. 2011. Lohen vaelluspoikastutkimukset Oulujoella v. 2009–2010. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, työraportti 25.2.2011. 24.
- Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2008: Kasvatettujen lohen poikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006. Riista- ja kalatalous – selvityksiä 14/2008. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 30s.
- Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2010. Kasvatettujen lohen vaelluspoikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2007–2009. Riista- ja kalatalous – selvityksiä 16/2010. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 37s.

Peake, S., McKinley, R.S., Scruton, D.A. & Moccia, R. 1997. Influence of transmitter attachment procedures on swimming performance of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Transactions of the American Fisheries Society* 126: 707–714.

Rainey, W. 1997. Fish ladders. *Scientific American* 277: 156.

Scruton, D.A., McKinley, R.S., Kouwen, N., Eddy, W. & Booth, R.K. 2002. Use of telemetry and hydraulic modeling to evaluate and improve fish guidance efficiency at a louver and bypass system for downstream migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts and kelts. *Hydrobiologia* 483: 83–94.

Vainikka, A., Huusko, R., Hyvärinen, P., Korhonen, P., Laaksonen, T., Koskela, J., Vielma, J., Hirvonen, H. & Salminen, M. 2012. Food restriction prior to release reduces precocious maturity and improves migration tendency of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1981–1993.

Whitney, R.R., Calvin, L.D., Erho, Jr.M.W. & Coutant, C.C. 1997. Downstream passage for salmon at hydroelectric projects in the Columbia River basin: development, installation, and evaluation. Northwest Power Planning Council 1997.

## Liitteet

Liite 1. Merikosken yläkalatien ja koko kalatien alas vaeltaneiden smolttien yksilömäärät ja prosenttiosuudet vuonna 2012 vaeltaneiden smolttien osalta vapautuspäivittäin sekä molempina vapautuspäivinä yhteensä. Vaeltaneet on saatu poistamalla havaitsematta jääneet sekä takaisin ylävirtaan vaeltaneet smoltit aineistosta.

	4.6.		11.6.		Yhteensä	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
Vaeltaneet	137		96		233	
Yläkalatie alas	131	95,6	92	95,8	223	95,7
Koko kalatie alas	64	46,7	41	42,7	105	45,1

Liite 2. Isohaaran kalatien alas vaeltaneiden smolttien yksilömäärät ja prosenttiosuudet vuonna 2013 vaeltaneiden smolttien osalta vapautuspäivittäin sekä molempina vapautuspäivinä yhteensä. Vaeltaneet on saatu poistamalla havaitsematta jääneet smoltit aineistosta.

	5.6.		7.6.		Yhteensä	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
Vaeltaneet	129		116		245	
Kalatie alas	120	93,0	107	92,2	227	92,7