



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 38/2016

# Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetussa ja luonnontilaisessa joessa

Vertailututkimus Kemi-Ounasjoessa ja Tornion-Muonionjoessa

Riina Huusko, Panu Orell, Pekka Hyvärinen, Mikko Jaukkuri,  
Tapio Laaksonen, Olli van der Meer, Aki Mäki-Petäys ja Jaakko Erkinaro

# **Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetussa ja luonnontilaisessa joessa**

Vertailututkimus Kemi-Ounasjoessa ja Tornion-Muonionjoessa

Riina Huusko, Panu Orell, Pekka Hyvärinen, Mikko Jaukkuri, Tapio Laaksonen,  
Olli van der Meer, Aki Mäki-Petäys ja Jaakko Erkinaro

Tämä tutkimus oli osa ”Rakennettujen jokien vaelluskalakantojen hoitotoimenpiteet: Sateenvarjo II” -hankekokonaisuutta, jota rahoittivat Luonnonvarakeskus, maa- ja metsätalousministeriö, Fortum Oy, Kemijoki Oy, PVO-Vesivoima Oy, Oulun Energia Oy, UPM Oy, Helen Oy ja Kolsin vesivoimatuotanto Oy.



ISBN: 978-952-326-267-6 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-268-3 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-268-3>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Riina Huusko, Panu Orell, Pekka Hyvärinen, Mikko Jaukkuri, Tapio Laaksonen, Olli van der Meer, Aki Mäki-Petäys ja Jaakko Erkinaro

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Panu Orell

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

## Tiivistelmä

Riina Huusko<sup>1)</sup>, Panu Orell<sup>1)</sup>, Pekka Hyvärinen<sup>2)</sup>, Mikko Jaukkuri<sup>1)</sup>, Tapio Laaksonen<sup>2)</sup>, Olli van der Meer<sup>3)</sup>, Aki Mäki-Petäys<sup>1)</sup> ja Jaakko Erkinaro<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90014 Oulun yliopisto

<sup>2)</sup>Luonnonvarakeskus, Manamansalontie 90, 99300 Paltamo

<sup>3)</sup>Tmi Olli van der Meer, Lohitie 6 A 5, 90810 Kiviniemi

Lohen luonnonkierron käynnistämisen perusedellytyksiä ovat kahteen suuntaan toimivat vaellusyhteydet; vaelluspoikasten on selviydyttävä kotijoistaan niiden mereisille kasvualueille ja toisaalta katuvalmiiden kalojen takaisin jokien lisääntymisalueille. Rakennetuissa joissa kalojen kaksisuuntaisissa vaellusyhteyksissä on tavallisesti huomattavia ongelmia.

Suomessa vähälle huomiolle on jäänyt erityisesti vaelluspoikasten alasvaellusongelmat ja niiden ratkaisumahdollisuudet. Luonnonvarakeskus on kuitenkin viime vuosina käynnistänyt laajoja alasvaellustutkimuksia useilla rakennetuilla joilla, tavoitteena niin ongelmien tunnistaminen kuin potentiaalisten ratkaisumallien kehittäminen.

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää lohen vaelluspoikasten alasvaellusongelmia vesivoimantuotantoon rakennetulla Kemi-Ounasjoella sekä suhteuttaa näiden ongelmien laajuus ja esiintyminen luonnontilaisen vertailujoen (Tornio-Muonijoki) tuloksiin. Tutkimus toteutettiin radiotelemetriatekniikalla samanaikaisesti ja samoilla koeasetelmilla molemmissa joissa.

Tulokset osoittivat selvästi rakennetun joen ja rakennetun jokiosuuden suuren merkityksen smolttien alasvaelluskuolleisuudelle. Vaelluspoikasten selviytyminen oli rakennetulla joella 6-7 kertaa heikompaa kuin luonnontilaisella joella. Rakennetun joen luonnontilaisella osuudella (Ounasjoki) selviytyminen sitä vastoin oli samaa tasoa kuin luonnontilaisella vertailujoella. Rakennetulla jokiosuudella (Kemijoki) vaellus pysähtyi pääosin toiselle tai kolmannelle voimalaitokselle saavuttaessa. Poikasten vaellusnopeus oli rakennetulla jokiosuudella huomattavasti hitaampi kuin luonnontilaisella jokiosuudella tai luonnontilaisella joella.

Vaikka tässä tutkimuksessa ei saatu suoria havaintoja vaelluspoikaskuolleisuuden syistä, johtuu korkea kuolleisuus todennäköisesti voimakkaasta predaatiosta. Vaelluspoikasten hidas vaellusvauhti patoaltailla ja pysähtyminen patojen yläpuolelle lisää poikasten saaliiksi jäämisen riskiä.

Lohen vaelluspoikasten huomattavan korkea alasvaelluskuolleisuus rakennetulla Kemijoella on merkittävä ongelma vesistön vaelluskalakantojen elvyttämisyrittämiselle. Kemijoen ja muiden voimakkaasti rakennettujen jokien lohikalakantojen kestävä elvyttäminen edellyttääkin alasvaelluskuolleisuuden huomattavaa vähentämistä kaikin mahdollisin keinoin.

Alasvaelluksen turvaamiseksi on maailmalla kehitetty useita erilaisia alasvaellusrakenteita, joiden tarkoitus on ohjata kalat nopeasti turvalliselle alasvaellusreitille. Erilaisissa ja vaihtelevissa olosuhteissa hyvin toimivien alasvaellusratkaisujen kehittäminen on kuitenkin osoittautunut haastavaksi, ongelmien korostuessa isoilla, Kemijoen kaltaisilla joilla. Vaihtoehtoisesti vaelluspoikasia voidaan ottaa kiinni (esim. rysäpyynti) ja kuljettaa voimalaitospatojen ohi jokisuulle, mikä voi olla potentiaalinen ratkaisu useiden voimalaitospatojen joissa, mahdollisesti myös Kemijoella.

Asiasanat: Lohi, smoltti, alasvaellus, selviytyminen, vaellusnopeus, radiotelemetria, voimalaitos, Kemijoki, Tornionjoki

# Sisällys

<b>Tiivistelmä.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Tutkimuksen tausta.....</b>	<b>5</b>
1.1. Tutkimuksen tavoitteet.....	5
<b>2. Tutkimusalue .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Aineisto ja menetelmät .....</b>	<b>6</b>
3.1. Radiotelemetriaseuranta .....	6
3.1.1. Vaelluspoikasten alkuperä ja kuljetukset.....	6
3.1.2. Vaelluspoikasten merkinnät ja vapautukset .....	9
3.1.3. Merkittyjen vaelluspoikasten seuranta.....	9
3.2. Aineistojen analysointi.....	10
<b>4. Tulokset .....</b>	<b>11</b>
4.1. Vaelluspoikasten selviytyminen eri joissa ja eri jokiosuuksilla .....	11
4.2. Vaelluspoikasten kuolleisuus Kemijoen rakennetulla osalla .....	13
4.3. Lohenpoikasten vaellusnopeus.....	14
<b>5. Tulosten tarkastelu.....</b>	<b>16</b>
5.1. Vaelluspoikasten selviytyminen ja vaellusnopeus .....	16
5.2. Kuolleisuuden esiintyminen ja syyt rakennetulla jokiosuudella .....	17
5.3. Vapautuksen jälkeinen kuolleisuus ja vapautuserien väliset erot .....	17
<b>6. Yhteenveto ja suositukset .....</b>	<b>18</b>
<b>Kiitokset.....</b>	<b>19</b>
<b>Viitteet.....</b>	<b>20</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>22</b>

# 1. Tutkimuksen tausta

Rakennettujen jokien vaelluskalakantojen hoidon painopistettä ollaan kansallisen kalatiestrategian linjausten mukaisesti siirtämässä istutuksista kohti kalojen luontaista elinkiertoa tukeviksi hoitotoimenpiteiksi. Keskeisenä tavoitteena on vaelluskalojen, erityisesti lohen ja taimenen, luonnonvaraisen lisääntymisen käynnistäminen ja ainakin osittaisen luonnonkierron ylläpito tähän soveltuvilla rakennetuilla joilla, mm. Kemi-, Ii- ja Kymijoen.

Vaelluskalojen luonnonkierron käynnistämisen perusedellytyksiä ovat kahteen suuntaan toimivat vaellusyhteydet; vaelluspoikasten on selviydyttävä kotijoistaan niiden mereisille kasvualueille ja toisaalta kutuvalmiiden kalojen takaisin jokien lisääntymisalueille. Rakennetuissa joissa kalojen kaksisuuntaisissa vaellusyhteyksissä on tavallisesti merkittäviä ongelmia, joita kuitenkin voidaan ainakin osittain ratkaista kalateiden (Jaukkuri ym. 2013) ja alasvaellusreittien avulla (Larinier & Travade 2002, Huusko ym. 2014). Tarpeet ja valittavat ratkaisumallit ovat käytännössä aina kohdekohtaisia.

Suomessa erityisen vähälle huomiolle ovat jääneet vaelluspoikasten alasvaellusongelmat ja niiden ratkaiseminen. Luonnonvarakeskus (entinen Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos) on kuitenkin viime vuosina käynnistänyt tutkimuksia, joissa pyritään selvittämään lohen alasvaellukseen liittyviä ongelmia ja ratkaisuja. Alasvaellusongelmiin liittyviä tutkimuksia on tehty aiemmin mm. Ii-, Oulu- ja Kymijoen (Mikkola ym. 2010, Orell ym. 2011, Huusko ym. 2012, Karppinen ym. 2014). Kesällä 2015 toteutetussa laajemmassa tutkimuksessa pyrittiin selvittämään aiempaa tarkemmin, miten lohen vaelluspoikaset käyttäytyvät ja selviytyvät rakennetussa joessa verrattuna luonnontilaiseen jokeen tai rakennetun joen vapaasti virtaavaan osaan. Tutkimus toteutettiin yhtä aikaa rakennetulla Kemi-Ounasjoella ja luonnontilaisella Tornion-Muonionjoella osana ”Rakennettujen jokien vaelluskalojen hoitotoimenpiteet: Sateenvarjo II” -hankekokonaisuutta nykyaikaista radiotelemetriatekniikkaa hyödyntäen.

## 1.1. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää lohen vaelluspoikasten alasvaellusongelmia vesivoimantuo-  
tantaan rakennetulla Kemi-Ounasjoella sekä suhteuttaa näiden ongelmien laajuus ja esiintyminen luonnontilaisen vertailujoen (Tornion-Muonionjoki) tuloksiin. Keskeisiä tutkimuskysymyksiä olivat:

- Selviävätkö Ounasjokeen vapautetut vaelluspoikaset Kemijokisuulle?
- Kuinka suuri ero vaelluspoikasten kuolleisuudessa on rakennetun ja luonnontilaisen joen välillä?
- Selviävätkö vaelluspoikaset alasvaelluksellaan yhtä hyvin rakennetun joen luonnontilaisella osuudella (Ounasjoki) kuin täysin luonnontilaisella joella?
- Missä esiintyvät merkittävimmät alasvaellusongelmat rakennetussa Kemijoen?
- Onko tutkimuskalojen alkuperällä vaikutusta alasvaellusselviytymiseen?

Yllä mainittujen tutkimuskysymysten lisäksi hankkeessa saatiin uutta tietoa mm. lohen vaelluspoikasten istutusten ajoittamisen vaikutuksista alasvaelluksen käynnistymiseen ja onnistumiseen.

## 2. Tutkimusalue

Tutkimus toteutettiin kahdella Perämereen laskevalla isolla joella, Tornion-Muonionjoella (T) ja Kemi-Ounasjoella (K) (kuva 1). Tornion-Muonionjoki (valuma-alue 40 157 km<sup>2</sup>, pituus 520 km, keskivirtaama 400 m<sup>3</sup>/s) laskee Perämereen Tornion ja Haaparannan kaupunkien kohdalla. Tornionjoen vesistö on merkittävin Itämereen laskeva luonnonlohijoki. Sen lohikannat ovat voimakkaasti elpyneet viimeisen 20 vuoden aikana.

Kemi-Ounasjoki on kooltaan (valuma-alue 51 127 km<sup>2</sup>, pituus 550 km, keskivirtaama 607 m<sup>3</sup>/s) vertailukelpoinen Tornion-Muonionjoen kanssa ja se laskee Perämereen vain 15 km päässä Tornionjokisuusta. Kemijoki on voimakkaasti vesivoimantuotantoon rakennettu ja vesistössä on yhteensä 16 voimalaitosta, joista viisi alimmaista (Isohaara, Taivalkoski, Ossauskoski, Petäjäskoski ja Valajaskoski) sijaitsevat joen pääuomassa jokisuun ja Kemijoen luonnontilaisen sivujoen, Ounasjoen, välillä (kuva 1).

Kemijoki oli ennen voimalaitosrakentamista Tornionjoen ohella yksi merkittävimmistä Itämereen laskevista lohijoista, mutta 1940-luvulla alkanut vesivoimarakentaminen katkaisi kalojen vaellusyhteydet ja vesistön lohi- ja meritaimenkannat kuolivat sukupuuttoon. Nykyisin vaelluskalakantoja ja lohenkalastusta ylläpidetään pääosin Kemijokisuuhun tehtävillä vaelluspoikasistutuksilla (velvoiteistutukset). Kemijoen vesistö on luokiteltu kalatiestrategian kärkikohteeksi (MMM 2012) ja luonnonvaraisen lohikannan palauttaminen rakentamattomaan Ounasjokeen on noussut ajankohtaiseksi tavoitteeksi. Tämän tavoitteen toteuttaminen edellyttää kahteen suuntaan toimivia vaellusyhteyksiä sekä monipuolisia ja pitkäkestoisia tukitoimenpiteitä (Mäki-Petäys ym. 2012).

## 3. Aineisto ja menetelmät

### 3.1. Radiotelemetriaseuranta

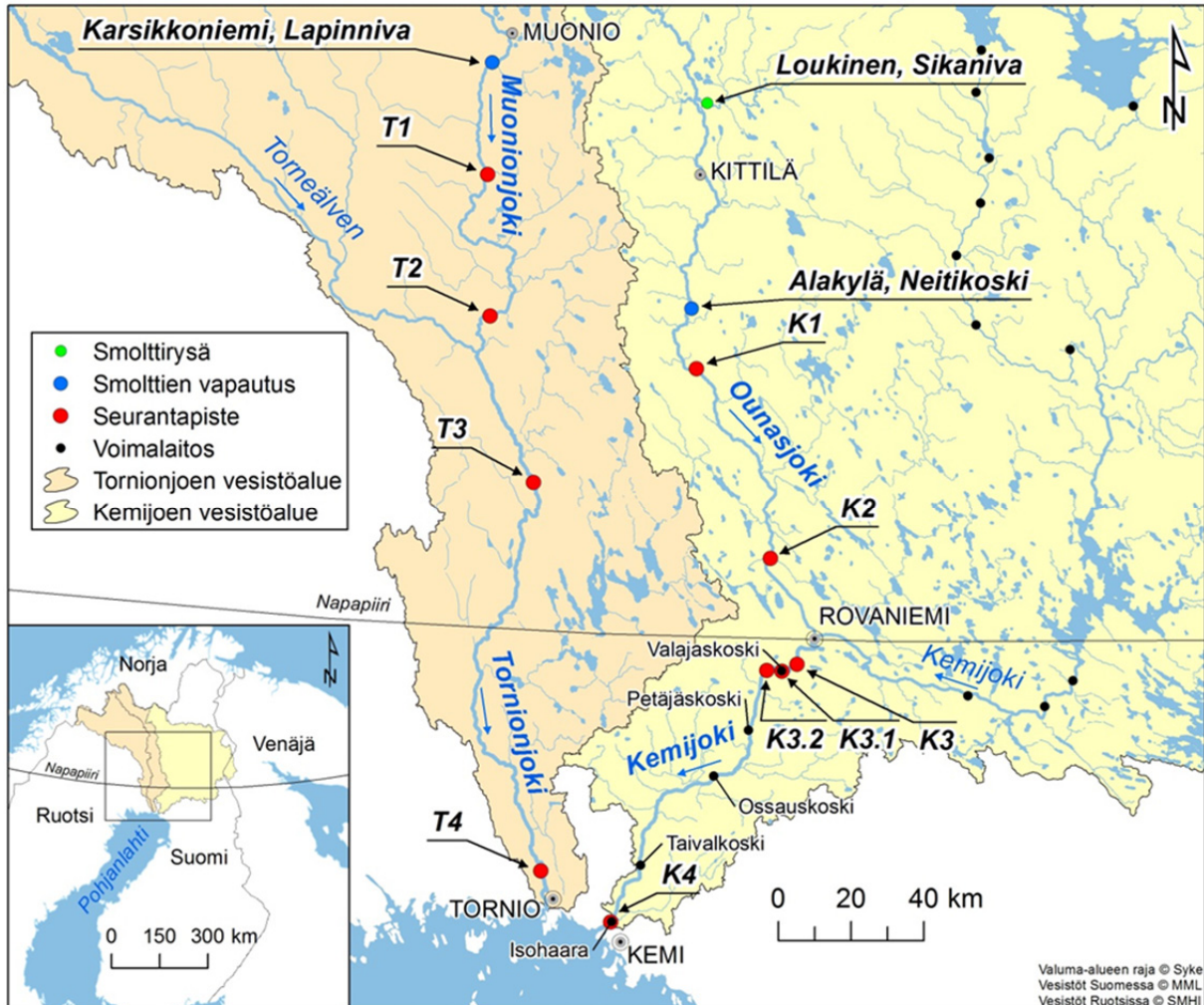
Tutkimus toteutettiin molemmissa kohdevesistöissä samoja radiotelemetriamenetelmiä hyödyntäen. Kaikki radiotelemetrialaiteistot ja -lähettimet olivat Lotek Wireless Inc. yhtiön valmistamia ja perustuivat koodattuun tekniikkaan. Toimintatapojen yhtenäistämiseksi suoritettiin ennen varsinaisia tutkimusmerkintöjä koemerkinnot, missä varmistettiin yhtenäiset käsittely- ja merkintätavat jokien ja työryhmien välillä. Alla esitetään tarkemmin kalojen käsittelyyn, merkintään ja seurantaan liittyvät menetelmät ja toimintamallit.

#### 3.1.1. Vaelluspoikasten alkuperä ja kuljetukset

Tutkimusta varten merkittiin yhteensä 343 lohen vaelluspoikasta, joista 228 oli laitoksessa kasvatettua ja 115 luonnosta pyydystettyä "semivillisiä" poikasta. Laitospoikaset oli kasvatettu uutta virikekasvatusmenetelmää hyödyntäen (Korhonen ym. 2014) Luke:n Paltamon toimipaikassa, mistä ne kuljetettiin tutkimusjoille vapautuserittäin yhteensä kolmena erillisenä kuljetuskertana. Kuljetus kesti 7-13 tuntia, jonka jälkeen kaikkien kalojen annettiin toipua sumpuissa noin kaksi vuorokautta ennen merkintää (kuva 2).

Semivillit vaelluspoikaset oli istutettu Loukiseen (Ounasjoen sivujoki) joko kesänvanhoina (0+) tai 1-vuotiaina jokipoikasina ja ne pyydystettiin tutkimusta varten rysällä Loukijokisuun tuntumasta (kuva 3), mistä ne siirrettiin vene- ja autokuljetuksin merkintäpaikalle Ounasjoen Neitikoskelle (kuva 1).

Tutkimusta varten yritettiin lisäksi pyydystä villejä lohen vaelluspoikasia Muonionjoelta Ounas-Loukisjoen semivillien poikasten vertailumateriaaliksi. Muonionjoelta ei kuitenkaan saatu riittävästi vaelluspoikasia merkintöjä varten, joten siellä merkinnöissä käytettiin ainoastaan virikekasvatettuja vaelluspoikasia.



**Kuva 1.** Tutkimusalueen kartta. Karttaan on merkitty Kemijoen voimalaitokset (mustat pallot), vaelluspoikasten vapautuspaikat (siniset pallot), Loukisen rysäpaikka (vihreä pallo) ja automaattisten seurantapisteiden sijoituspäikat (punaiset pallot). Automaattisten seurantapisteiden etäisyydet vapautuspaikasta olivat Tornion-Muonionjoella: T1=34 km, T2=98 km, T3=155 km ja T4=288 km. Vastaavasti Kemi-Ounasjoella etäisyydet olivat: K1=25 km, K2=91 km, K3=131 km ja K4=235 km. Näiden lisäksi Kemijoelle asennettiin automaattiset seurantapisteet Valajaskosken voimalaitoksen yläpuolelle (K3.1=136 km vapautuspaikasta) ja alapuolella (K3.2=141 km vapautuspaikasta).





**Kuva 2.** Kuljetusten ja merkintöjen jälkeen vaelluspoikasten annettiin toipua vapautusalueille sijoitetuissa sumpuissa noin kahden vuorokauden ajan. Kuvassa Ounasjoen Neitikosken säilytyssumput. Kuva: Panu Orell.



**Kuva 3.** Semivillien lohien vaelluspoikasten pyynnissä käytetty rysä Loukisoella. Kuva: Panu Orell.

### 3.1.2. Vaelluspoikasten merkinnät ja vapautukset

Kaikki tutkimuskalat merkittiin yksilöllisesti koodatulla radiolähettimellä (Lotek, malli NTQ-3-2, paino ilmassa 1,1 g ja toiminta-aika 55 vrk). Tutkimuksessa merkitsemättä jätettiin varhaiskukuyksat koiraat sekä heikkokuntoiset tai jokipoikasväritykselliset yksilöt. Lisäksi merkitsemättä jätettiin alle 130 mm tai yli 200 mm pitkät vaelluspoikaset.

Merkittävät vaelluspoikaset nukutettiin yksi kerrallaan (puskuroitu MS-222 liuos, 100mg/l) ja radiolähetin asetettiin kirurgisesti vaelluspoikasen vatsaonteloon ja lähettimen antenni ohjattiin leikkaushaavan taakse pistetyn injektioneulan kautta kalan ulkopuolelle (Karppinen ym. 2014). Radiolähettimen asentamiseksi tehty leikkaushaava suljettiin yhdellä tikillä. Merkinnän jälkeen poikasten annettiin toipua vapautuspaikoille jokeen sijoitetuissa sumpuissa noin kahden vuorokauden ajan.

Merkityt vaelluspoikaset vapautettiin molemmilla joilla samaan aikaan kolmena eri ajankohtana: 14., 21. ja 27. kesäkuuta (taulukko 1). Vapautukset tehtiin aina alkuillasta, klo 17:15–17:30 välillä, veneestä keskellä jokea. Merkittyjen poikasten suojaparveksi istutettiin kaikissa vapautuserissä noin 450 virikekasvatettua vaelluspoikasta.

**Taulukko 1.** Vaelluspoikasten alkuperä (Kasvatettu= virikekasvatettu, Semivilli 0+=kesänvanhana istutettu ja Semivilli 1v=1-vuotiaana istutettu), lukumäärä ja koko (keskipituus ja -paino) vapautuserittäin Tornion-Muonionjoella (T) ja Kemi-Ounasjoella (K) kolmena eri istutusajankohtana.

Vapautuspäivä	Joki	Alkuperä	N	Pituus (mm)	Paino (g)
<b>14.6.2015</b>	T	Kasvatettu	30	187	48
	K	Kasvatettu	30	182	43
	K	Semivilli, 0+	10	155	26
	K	Semivilli, 1v	20	141	20
<b>21.6.2015</b>	T	Kasvatettu	41	183	44
	K	Kasvatettu	36	182	42
	K	Semivilli, 0+	18	155	25
	K	Semivilli, 1v	21	143	21
<b>27.6.2015</b>	T	Kasvatettu	44	184	42
	K	Kasvatettu	47	182	40
	K	Semivilli, 0+	16	158	28
	K	Semivilli, 1v	30	146	21

### 3.1.3. Merkittyjen vaelluspoikasten seuranta

Radiolähettimellä merkityjä vaelluspoikasia seurattiin aikavälillä 14.6.–5.8.2015. Seuranta tapahtui molemmilla tutkimusjoilla pääasiassa automaattisilla seurantapisteilä (kuva 1). Automaattinen seurantapiste muodostui radiovastaanottimesta (Lotek, malli SRX\_DL3), joka vastaanotti radiosignaalia kuusi- tai yhdeksän elementtisten Yagi-antennin kautta (kuva 4). Jokien välisen vertailun mahdollistamiseksi molemmille joille sijoitettiin neljä automaattista seurantapistettä suurin piirtein samoille etäisyyksille kalojen vapautuspaikoista (Tornion-Muonionjoki: T1-T4 ja Kemi-Ounasjoki: K1-K4, kuva 1).

Lisäksi Kemijoelle sijoitettiin kaksi automaattista seurantapistettä, Valajaskosken voimalaitoksen ylä-(K3.1) ja alapuolelle (K3.2) (kuva 1). Näiden ylimääräisten seurantapisteidien avulla selvitettiin vaelluspoikasten käyttäytymistä ja selviytymistä niiden kohdatessa vaelluksensa ensimmäisen esteen.

Automaattiset seurantapisteen sijoitettiin seurantapistettä K3.1 lukuun ottamatta joen kummallekin rannalle, jotta kuuluvuusalue kattoi varmasti koko jokiuoman leveyden.

Automaattisen seurannan lisäksi Kemijoella suoritettiin manuaalipaikannuksia (Lotek, malli SRX-400) veneellä Kemijoen rakennetulla osalla kolmena eri ajankohtana heinäkuussa: 8.-9., 14.-15. ja 22.-23. Manuaalipaikannuksilla selvitettiin vaelluspoikasten sijainti rakennetulla jokiosuudella seurannan loppuvaiheessa (8.-23.7.2015) sekä vahvistettiin automaattisilta kuunteluasemapisteilä tallentuneita havaintoja.



**Kuva 4.** Radiolähettimien automaattinen seurantapisteen K3.1 välittömästi Valajaskosken voimalaitoksen yläpuolella. Seurantapisteen koostuu 6-elementtisestä Yagi-antennista ja siihen koaksiaalikaapelilla yhteydessä olevasta Lotek SRX\_DL3 radiovastaanotimesta (sijoitettuna harmaaseen laatikkoon). Kuva: Panu Orell.

### 3.2. Aineistojen analysointi

Tutkimuksessa vaelluspoikasten selviytymistä jokivaelluksen aikana arvioitiin automaattisille seurantapisteeille tallentuneiden havaintojen perusteella. Vaelluspoikanen arvioitiin kuolleeksi tai sen vaelluksen pysähtyneen kahden seurantapisteen välille, jos sen radiolähetinsignaali ei ollut tallentunut alemmalle seurantapisteeille tutkimusjakson (5.8.2015) loppuun mennessä.

Vaelluspoikasille laskettiin vaellusnopeus automaattisten seurantapisteen välillä käyttämällä ensimmäistä seurantapisteeä tallentunutta havaintoa havaintosarjasta. Kalojen vaellusnopeus laskettiin sekä kuljetun matkan suhteessa käytettyyn aikaan (km/h) että kuljetun matkan sekä kalan koon huomioon ottavalla tavalla ( $BL/s$ =kalan ruumiinpituutta sekunnissa).

Seurantapisteen K3 jakoi Kemi-Ounasjoen rakentamattomaan ja rakennettuun osaan: alkumatka vapautuspaikalta K3:lle oli rakentamattomaa ja osuus K3-K4 rakennettua (ks. kuva 1). Vaelluspoikasten selviytyminen ja vaellusnopeus määritettiin näille kahdelle osuudelle erikseen, sekä myös koko mat-

kalle vapautuspaikalta jokisuuhun (vapautus-K4). Myös Tornion-Muonionjoelle määritettiin vaelluspoikasten selviytyminen ja vaellusnopeus vastaavalla tavalla jokien välisiä vertailuja varten. Keskenään vertailtavia osuuksia olivat siten:

- Kemi-Ounasjoki, vapautus-K3 vs. Tornion-Muonijoki, vapautus-T3
- Kemi-Ounasjoki, K3-K4 vs. Tornion-Muonijoki, T3-T4
- Kemi-Ounasjoki, vapautus-K4 vs. Tornion-Muonijoki, vapautus-T4

Vaellusnopeuden keskiarvot määritettiin molemmissa vesistöissä jokien yläosalle (istutus-K3/T3) käyttäen kaikkia kolmannelle seurantapisteelle (K3/T3) tallentuneita kalahavaintoja (liite 1). Lisäksi vaellusnopeuden keskiarvot laskettiin jokien yläosalle erikseen vain niiden yksilöiden perusteella, jotka selvisivät vapautuspaikalta jokisuulle asti (liite 2).

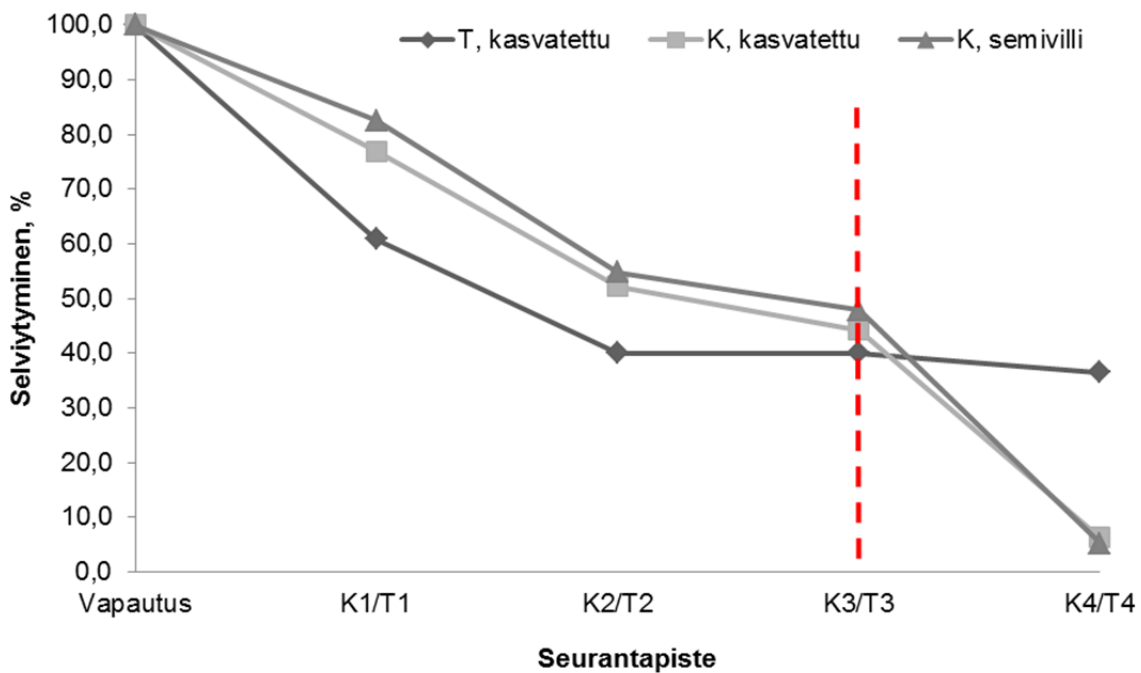
Kemi-Ounasjoella eri-ikäisinä istutettujen (0+ ja 1-v) semivillien vaelluspoikasten havainnot yhdistettiin selviytymis- ja vaellusnopeustarkasteluissa, sillä näiden ryhmien välillä ei ollut eroa selviytymisessä seurantapisteille (liite 3) eikä vaellusnopeudessa eri jokiosuuksilla (liite 4).

## 4. Tulokset

### 4.1. Vaelluspoikasten selviytyminen eri joissa ja eri jokiosuuksilla

Vaelluspoikasten selviytyminen vapautuspaikalta jokisuulle oli luonnontilaisella Tornion-Muonionjoella huomattavasti korkeampi kuin rakennetulla Kemi-Ounasjoella (kuva 5). Tornion-Muonionjoella 36,5 % vapautetuista laitospoikasista selviytyi jokisuulle, kun Kemi-Ounasjoella jokisuulle selviytyi vain 6,2 % laitoskasvatetuista yksilöistä (semivilleistä 5,2 %). Ero selviytymisessä oli siis lähes kuusinkertainen Tornion-Muonionjoen hyväksi (kuva 5).

Vaelluspoikasten selviytyminen Kemi-Ounasjoen rakentamattomalla osuudella (vapautus-K3) oli samalla tasolla luonnontilaisen Tornion-Muonionjoen (vapautus-T3) kanssa (kuva 5). Kemi-Ounasjoen rakennetulla osuudella vaelluspoikasten selviytyminen kuitenkin romahti suhteessa Tornion-Muonionjoen alaosaan (kuva 5). Tornion-Muonionjoella seurantapisteelle T3 selviytyneistä vaelluspoikasista jokisuulle selviytyi 91,3 %, mutta vastaava osuus oli Kemijoella vain 14,0 % laitoskasvatuilla ja 10,9 % semivilleillä vaelluspoikasilla. Kemijoen rakennetulla jokiosuudella selviytyminen olikin 7-kertaa heikompaa kuin vastaavasti alajuoksulle sijoittuneella jokiosuudella Tornionjoella.



**Kuva 5.** Vaelluspoikasten keskimääräinen (kolmen vapautuserän tiedot yhdistetty) selviytyminen vapautuspai-koilta automaattisille seurantapisteille rakennetulla Kemi-Ounasjoella (K1-K4) ja luonnontilaisella Tornion-Muonionjoella (T1-T4). Kemijoen vesistön rakentamaton ja rakennettu osuus on eroteltu punaisella katkoviival-la. Jokisuuta kuvaava seurantapiste on K4/T4. Molemissa vesistöissä vapautettiin laitoskasvatettuja vaelluspoi-kasia ja Kemi-Ounasjoella lisäksi semivillejä poikasia.

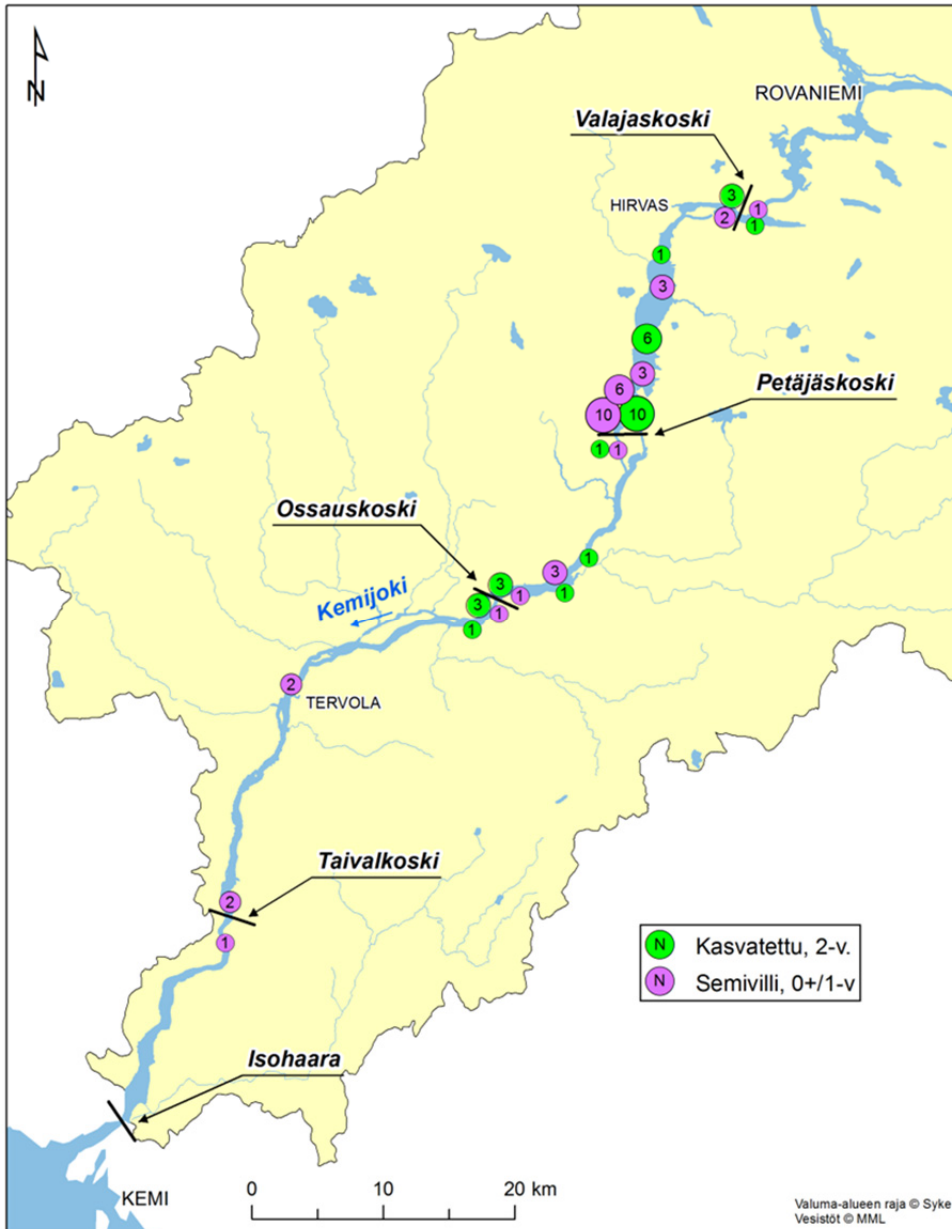
Vaelluspoikasten selviytymisessä havaittiin huomattavia eroja eri istutuserien välillä (taulukko 2). Tornion-Muonionjoella ensimmäisen (14.6.) ja toisen vapautuserän (21.6.) vaelluspoikasilla selviyty-minen vaelluksen alkuosalla (vapautus-T3) oli selvästi heikompaa kuin viimeisen erän (27.6.) poikasil-la. Kemi-Ounasjoella vaelluksen alkuosalla selviytymisessä ei ollut yhtä suuria eroja kuin Tornion-Muonionjoella (taulukko 2). Kemi-Ounasjoen rakennetulla osalla ensimmäisen istutuserän (14.6.) vaelluspoikasilla selviytyminen rakennetulla osuudella oli myöhempää eriä parempaa (liite 5), ja koska ensimmäisen erän poikasten selviytyminen oli alkuosalla korkea, niin jokisuulle selviytyminen tällä erällä oli samaa tasoa kuin Tornion-Muonionjoella (taulukko 2). Myöhemmissä erissä Kemi-Ounasjoen rakennetulla osalla selviytyminen oli erittäin heikkoa (taulukko 2, liite 5). Kemijoella eri alkuperää (kasvatettu/semivilli) olevien poikasten selviytymisessä ei ollut merkittäviä eroja eri seu-rantapisteille (taulukko 2).

**Taulukko 2.** Vaelluspoikasten selviytyminen (%) vapautuserittäin automaattisille seurantapisteille Tornion-Muonionjoella (T1-T4) ja Kemi-Ounasjoella (K1-K4). Taulukkoon on myös sisällytetty automaattisten seurantapisteiden etäisyydet vapautuspaikoilta.

Vapautuspäivä	Joki	Alkuperä	N	T1/K1	T2/K2	T3/K3	K3.1	K3.2	T4/K4
				T 34 km K 25 km	T 98 km K 91 km	T 155 km K 131 km			K 136 km
<b>14.6.2015</b>	T	Kasvatettu	30	43,3	13,3	13,3			13,3
	K	Kasvatettu	30	80,0	60,0	53,3	53,3	53,3	13,3
	K	Semivilli	30	96,7	76,6	73,3	66,7	66,7	10,0
<b>21.6.2015</b>	T	Kasvatettu	41	41,5	22,0	22,0			19,5
	K	Kasvatettu	36	61,1	30,6	27,8	27,8	25,0	2,8
	K	Semivilli	39	84,6	56,4	51,3	51,3	43,6	2,6
<b>27.6.2015</b>	T	Kasvatettu	44	90,9	75,0	75,0			68,2
	K	Kasvatettu	47	87,2	63,8	51,1	44,7	40,4	4,3
	K	Semivilli	46	71,7	39,1	28,3	28,3	26,1	4,3

## 4.2. Vaelluspoikasten kuolleisuus Kemijoen rakennetulla osalla

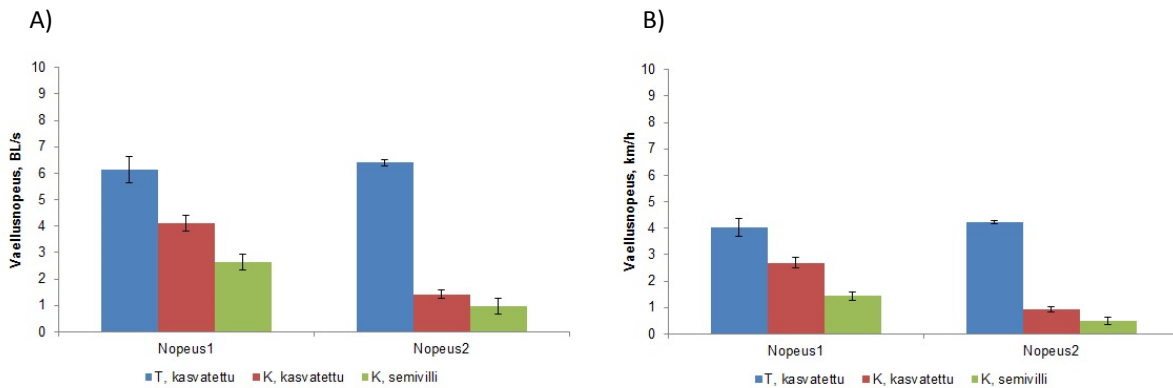
Kemijoen rakennetulla osuudella (Valajaskosken välitön yläpuoli–Isohaara) tehdyissä venepaikannuksissa havaittiin yhteensä 67/87 yksilöä (77 %) kaikkiaan alueelle automaattiseurannan perusteella pysähtyneistä yksilöistä. Näiden venepaikannusten perusteella vaelluspoikasten matka pysähtyi useimmiten Petäjäskosken patoaltaalle tai Petäjäskosken voimalaitoksen välittömään läheisyyteen (kuva 6). Melko runsaasti poikasia paikannettiin lisäksi Ossauskosken altaasta ja Ossauskosken voimalaitoksen ylä- ja alapuolelta, mutta sitä alemmalla havaittiin vain joitakin yksittäisiä vaelluspoikasia (kuva 6). Vaelluspoikasten alkuperällä (kasvatettu/semivilli) ei ollut merkittävää vaikutusta selviytymiseen rakennetulla jokiosuudella (kuva 6).



**Kuva 6.** Kemijoen rakennetulla osuudella käsipaikannuksissa löydettyjen vaelluspoikasten sijainnit viimeiseksi tehdyn havainnon perusteella. Kaikkiaan käsipaikannuksissa tehtiin havainto 67 yksilöstä, joka oli 77 % Valajaskosken ja Isohaaran väliin jääneistä kaloista (87 yksilöä).

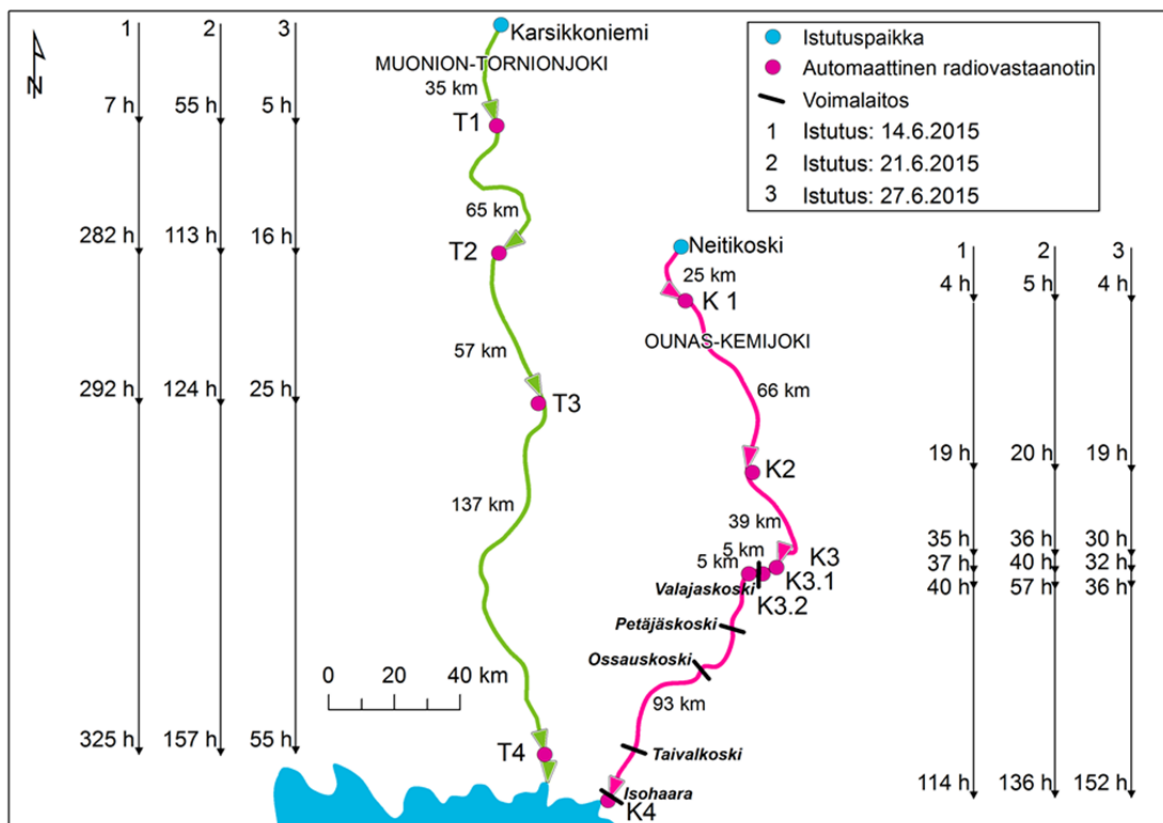
## Lohenpoikasten vaellusnopeus

Tornion-Muonionjoella vaelluspoikasten keskimääräinen vaellusnopeus oli joen yläosalla (vapautus-T3) samalla tasolla kuin joen alaosalla (T3-T4) (kuva 7). Kemi-Ounasjoella keskimääräinen vaellusnopeus puolestaan laski merkittävästi siirryttäessä joen rakentamattomalta osuudelta (vapautus-K3) rakennetulle osuudelle (K3-K4) (kuva 7). Kasvatetut poikaset vaelsivat Kemi-Ounasjoella keskimäärin hieman nopeammin kuin semivillit, mutta rakennetulla jokiosuudella erot uintinopeudessa olivat pienempiä kuin rakentamattomalla osuudella (kuva 7). Jokien välisessä vertailussa poikasten vaellusnopeus oli keskimäärin suurempi Tornion-Muonionjoella (kuva 7). Vaellusnopeuden vertailut olivat samanlaisia riippumatta siitä vertailtiin kaikkien kolmannelle seuranta seurantapisteelle (T3/K3) selviytyneiden tai vain jokisuille selviytyneiden smolttien keskimääräisiä vaellusnopeuksia (liitteet 1-2).



**Kuva 7.** Lohen poikasten keskimääräiset vaellusnopeudet A) BL/s ja B) km/h Tornion-Muonionjoella (T) ja Kemi-Ounasjoella (K). Vaellusnopeudet on laskettu erikseen jokien yläosalle (Nopeus1=vapautus-K3/T3, osuuden pituus T=155 km, K=131 km) ja alaosalle (Nopeus2=K3-K4/T3-T4, osuuden pituus T=133 km, K=104 km). Vaellusnopeuden keskiarvot on laskettu kaikkien ko. seurantapisteille selviytyneiden poikasten havaintojen perusteella.

Tornion-Muonionjoella jokisuulle selviytyneillä poikasilla meni koko joen (vapautus-T4) vaellukseen keskimäärin 105 tuntia (vaihteluväli 24-307 h), kun Kemi-Ounasjoella koko matkan (vapautus-K4) vaellukseen kului kasvatetuilla poikasilla keskimäärin 186 tuntia (vaihteluväli 114-311 h) ja semivilleillä 543 tuntia (vaihteluväli 153-1033 h). Erot vaellusnopeudessa olivat suuria vapautuserien välillä varsinkin Tornion-Muonionjoella (liite 6), mikä näkyy selvästi myös saman kokoluokan kalayksilöillä tehdyssä esimerkkivertailussa (kuva 8).



**Kuva 8.** Kolmen Tornion-Muonionjokeen ja kolmen Kemi-Ounasjokeen vapautetun laitoskasvatetun poikasen kumulatiivinen (h) vaelluksen edistyminen jokisuille asti. Tähän esimerkkikuvaan on poimittu molemmista vesistöistä yksi vaelluspoikanen kustakin istutuserästä (esimerkkiyksilöiksi on valittu jokaisesta erästä pituudeltaan 185-192 mm kala). Kartassa esitetään lisäksi vapautuspaikkojen ja automaattisten seurantapisteiden väliset etäisyydet.



Valajaskosken voimalaitoksen osalta saatiin myös tietoa smolttien viipymästä voimalaitoksen yläpuolella. Laitoksen läpäisseiden poikasten keskimääräinen viipymä padon yläpuolella oli 4,5 h (määritetty ensimmäisen ja viimeisen seurantapisteelle K3.1 tallentuneen havainnon perusteella). Vaelluspoikasten alkuperällä (kasvatettu/semivilli) ei ollut vaikutusta voimalaitoksen yläpuolella vietettyyn aikaan.

Valajaskosken voimalaitospadolle yläpuolelle saapuneista vaelluspoikasista (havainto seurantapisteeltä K3.1) ainakin neljä jäi padon yläpuolelle seurannan loppuun asti.

## 5. Tulosten tarkastelu

### 5.1. Vaelluspoikasten selviytyminen ja vaellusnopeus

Lohen vaelluspoikasten selviytyminen istutuspaikalta jokisuulle oli rakennetussa Kemi-Ounasjoen vesistöissä 6-7 kertaa heikompaa kuin luonnontilaisella Tornion-Muonionjoella. Tämän vertailututkimuksen perusteella ero selviytymisessä selittyy pääosin Kemijoen rakennetulla osuudella, sillä vaelluspoikasten selviytyminen oli Kemi-Ounasjoen rakentamattomalla osuudella samaa tasoa kuin luonnontilaisella Tornion-Muonionjoella. Virikekasvatettujen vaelluspoikasten selviytyminen ei merkittävästi eronnut semivillien vaelluspoikasten selviytymisestä, eikä semivillien poikasten istutusiällä havaittu vaikutusta selviytymiseen Kemi-Ounasjoella.

Vaelluspoikasten selviytymisen on useissa aiemmissa tutkimuksissa havaittu olevan heikkoa vesivoimantuotantoon rakennetuissa joissa (Huusko ym. 2012, Norrgård ym. 2013, Karppinen ym. 2014), mutta näissä tutkimuksissa ei ole ollut käytössä vertailukohtaa selviytymiselle luonnontilaiselta joelta vastaavalta vaellusmatkalta ja samalla merkintämenetelmällä toteutettuna. Tässä tutkimuksessa pystyttiin osoittamaan rakennetun jokiosuuden aiheuttaman kuolleisuuden suuri merkitys ja osuus kokonaiskuolleisuudesta. Tukea tämän tutkimuksen havainnolle saadaan Iijoen tehdyistä vaelluspoikastutkimuksista, joissa havaittiin vaelluspoikasten kuolleisuuden erittäin voimakas kasvu siirryttäessä joen rakentamattomalta osuudelta vesivoimantuotantoon rakennetulle osuudelle (Huusko ym. 2012). Iijokeen verrattuna Kemijoen vaelluspoikasista selvisi kuitenkin suurempi osuus viiden voimalaitoksen ja patoallaskeittujen läpi jokisuulle.

Selviytymisen heikkenemisen ohella myös vaelluspoikasten vaellusnopeus hidastui Kemijoen rakennetulla osalla merkittävästi verrattuna luonnontilaiseen jokeen ja Kemi-Ounasjoen rakentamattomaan osaan. Vastaavia havaintoja on tehty aiemmin niin Suomessa (esim. Iijoki) kuin muualla maailmalla (Huusko ym. 2012, Norrgård ym. 2013). Vaellusnopeuden hidastumista aiheuttavat sekä patorakenteet että hitaasti virtaavat patoallasjaksot (Jepsen ym. 1998, Olsson ym. 2001, Huusko ym. 2014). Kemijoen ylin, Valajaskosken, voimalaitos ei aiheuttanut merkittävää viivettä vaellukseen, sillä vaelluspoikaset viipyivät voimalaitoksen yläpuolella keskimäärin alle viisi tuntia ennen turbiinien läpäisyä. Valajaskoskella havaittu viive on huomattavasti lyhyempi kuin esimerkiksi kanadalaisella Exploits-joella, missä Bishops Falls-padolla turbiinien läpi vaeltavien lohen vaelluspoikasten viipymä oli keskimäärin yli 30 tuntia ja samalla padolla toimivan alasvaellusreitit kautta alasvaeltavilla keskimääräinen viipymä padon yläpuolella oli yli 20 tuntia (Scruton ym. 2007).

Tutkimusten perusteella vaelluksen hidastuminen lisää poikasten alttiutta saalistukselle ja toisaalta hidastuvaiset patoallasjaksot tarjoavat yleensä luonnontilaisia jokia enemmän hyviä elinympäristöjä vaelluspoikasille saalistaville petokaloille, joka taas johtaa predaatiopaineen kasvuun (Jepsen ym. 1998). Lisäksi pahimmillaan alasvaelluksen hidastuminen saattaa johtaa vaelluspoikasten saapumiseen merialueelle myöhemmän selviytymisensä kannalta huonoon aikaan (McCormick ym. 1998).

## 5.2. Kuolleisuuden esiintyminen ja syyt rakennetulla jokiosuudella

Suurin osa Kemijoen rakennetulle osalle selviytyneistä vaelluspoikasista pysähtyi (tulkittu kuolleiksi) Valajaskosken voimalaitoksen ja Ossauskosken voimalaitoksen väliselle alueelle. Valtaosa smolteista selviytyi elävänä ensimmäisen voimalaitoksen (Valajaskoski) läpi, mutta toisen voimalaitoksen (Petäjaskoski) yläpuolella kuolleisuus kasvoi merkittävästi, eikä kolmannen voimalaitoksen (Ossauskoski) läpi enää selvinnyt kuin 23 poikasta (joista 13 selvisi jokisuulle asti). Hyvin samankaltaisia tutkimustuloksia on aiemmin saatu mm. Oulu- ja Iijoen tehdyissä telemetriatutkimuksissa (Orell ym. 2011, Huusko ym. 2012), missä lohien poikasten alusvaellus loppui pääosin toiselle-kolmannelle voimalaitokselle saavuttaessa. Vaelluspoikasten pysähtyminen voimalaitoksen yläpuolelle ja haluttomuus uida sen läpi saattaa johtua voimalan rakenteesta (mm. vedenoton syvyys) ja/tai aikaisemman voimalaitoksen läpiuinnin aiheuttamista fyysisistä vammoista ja stressistä (Coutant & Whitney 2000, Scruton ym. 2007, Ferguson 2008).

Vaikka kalojen käsipaikannuksen yhteydessä ei saatukaan suoria havaintoja siitä, miten kalat olivat patoaltaissa kuolleet (seurannan loppuvaiheessa liikkumattomat radiolähettimet), on todennäköistä, että Kemijoen rakennetulla osuudella havaittu korkea kuolleisuus johtuu voimakkaasta predaatiosta. Tähän viittaa se, että liikkumattomat radiolähettimet paikannettiin usein petokaloille, etenkin hauille, sopivien elinympäristöjen läheisyydestä. Hyvärinen ja Rodewald (2013) havaitsivat Tornion-Muonionjoella tehdyssä tutkimuksessa, että lohienpoikasten jokisuulle selviytyminen parani, kun poikasten vaellusnopeus vapautuksen jälkeen oli korkea. Samankaltaisia havaintoja on myös aikaisemmista tutkimuksista, joissa hitaan vaellusvauhdin patoaltailla ja pysähtymisen patojen yläpuolella on esitetty lisäävän vaelluspoikasten saaliiksi jäämisen riskiä (Jepsen ym. 1998).

## 5.3. Vapautuksen jälkeinen kuolleisuus ja vapautuserien väliset erot

Tutkimuksessa havaittiin vaelluspoikasten kuolleisuuden olevan suurta myös vapautusten jälkeisillä luonnontilaisilla jokiosuuksilla, sillä molemmilla joilla vain alle puolet vaelluspoikasista selviytyi kolmannelle automaattiselle seuratapisteelle asti (T3/K3, kuva 1). Havainnot rakentamattomalta Tornion-Muonionjoelta kuitenkin osoittavat, että vaelluspoikasten selviytyminen alkumatkan jälkeen oli varsin korkea (liite 5). Vastaava vapautuksen jälkeinen korkea kuolleisuus havaittiin myös Tornion-Muonionjoella vuonna 2012 tehdyssä lohien vaelluspoikasten telemetriatutkimuksessa (Hyvärinen & Rodewald 2013).

Vapautuksen jälkeinen vaelluspoikasten korkea kuolleisuus on todennäköisesti osin seurausta kalojen kuljetuksista, pyynnistä, merkinnästä ja näihin toimenpiteisiin liittyvistä käsittelyistä. Nämä erilaiset käsittelyt lisäävät stressiä, mikä voi lisätä mm. poikasten alttiutta jäädä petojen saaliiksi (Thorstad ym. 2012). Lisäksi telemetriamerkinän itsessään on havaittu heikentävän lohien poikasten uintikykyä jopa viikon ajan merkinnän jälkeen (Lacroix ym. 2004). Radiolähettimellä merkittyjen lohien vaelluspoikasten on myös havaittu kokeellisissa olosuhteissa liikkuvan kokonaisuudessaan vähemmän alavirran suuntaan ja aloittavan vaelluksensa hieman myöhemmin verrattuna vain PIT-merkityihin yksilöihin (Huusko ym. 2016). On mahdollista, että radiolähettimellä merkittyjen poikasten selviytyminen luonnonolosuhteissa on merkittävästi heikompaa, sillä maksimaalisella uintivauhdilla voi olla ratkaiseva merkitys saalistajilta pakenemisen onnistumisessa. Radiolähettimellä merkittyjen kuningaslohen poikasten onkin havaittu jäävän todennäköisemmin petokalan saaliiksi kuin merkitsemättömien yksilöiden petoaltistuskokeessa, joka tehtiin päivä merkinnän jälkeen (Adams ym. 1998), mutta toisaalta tanskalaisessa kokeellisessa petoaltistus kokeessa radiolähettimellä merkittyjen taimenen poikasten ei havaittu olevan merkitsemättömiä alttiimpia predaatiolle (Jepsen ym. 2008a). Lisäksi luonnonolosuhteissa tehdyissä tutkimuksissa ei ole havaittu eroa radiolähettimellä merkittyjen ja merkitsemättömien poikasten selviytymisessä (Jepsen ym. 1998, 2008b).

Tässä tutkimuksessa kaikki tutkimusalueella seurannan lopussa olevat poikaset tulkittiin kuolleiksi, vaikka on mahdollista, että osa poikasista on vielä ollut elossa. Vaelluspoikaset voivat menettää monia vaelluspoikasvaiheen fysiologisista ja käyttäytymiseen liittyvistä muutoksista, jos ne viihevät liian pitkään makeassa vedessä vaelluspoikaseksi muutumisen jälkeen (McCormick ym. 1998). Vaelluksen aktiivisen alkamisen kannalta epäsuotuisat olosuhteet vapautusaikaan tai patojen vaellusta hidastava vaikutus, voivat siten vähentää poikasten vaellusaktiivisuutta ja poikaset voivat jäädä jonnekin odottamaan seuraavan kevään vaelluskautta.

Vapautuspäivien välinen ero vaelluspoikasten selviytymisessä oli huomattavaa molemmilla joilla erityisesti alkumatkasta (vapautus-T3/K3). Alkumatkan selviytyminen oli Tornionjoella ensimmäisessä vapautuserässä selvästi viimeistä vapautuserää heikompaa, kun puolestaan Kemijoella vaelluksen alkuosasta selviytyminen oli heikointa viimeisessä vapautuserässä. Loppumatkan selviytyminen (K3-K4 ja T3-T4, kuva 1) ei kuitenkaan eronnut huomattavasti vapautuspäivien välillä. Tornionjoella vapautusajankohdalla havaittiin vastaavanlainen vaikutus vaelluspoikasten selviytymiseen myös vuonna 2012 tehdyssä smolttitutkimuksessa (Hyvärinen & Rodewald 2013) ja rakennetulla Oulujoen vapautusajankohdan on havaittu vaikuttavan selvästi lohien vaelluspoikasten selviytymiseen ja vaellusnopeuteen (Karppinen ym. 2014).

Yksittäistä tai selkeää syytä vapautuspäivien välisiin selviytymiseroihin ei tämän tutkimuksen perusteella pystytä arvioimaan. Vapautuspäivien välillä eroja oli veden lämpötiloissa (Ounasjoki 11,1-15,2 °C, Muonionjoki 10,2-14,2 °C) ja jokien virtaamissa (liite 6), millä on voinut olla vaikutusta poikasten vaelluksen käynnistymiseen ja vaellusnopeuteen, ja siten selviytymiseen. Kuitenkin kaikissa istutuserissä veden lämpötilat olivat lohienpoikasten vaellukseen soveltuvalla tasolla (esim. Karppinen ym. 2014) ja virtaamat kevättulvien jäljiltä selvästi alhaisimpia kesävirtaamia suurempia (liite 7).

## 6. Yhteenveto ja suositukset

Tämä tutkimus oli ensimmäinen, jossa lohien vaelluspoikasten selviytymistä voitiin vertailla maantieteellisesti lähekkäin sijoittuneiden rakennetun (Kemi-Ounasjoki) ja luonnontilaisen (Tornion-Muonionjoki) joen välillä samoilla tutkimusmenetelmillä ja koeasetelmilla samanaikaisesti toteutettuna.

Tutkimus osoitti selvästi rakennetun joen ja jokiosuuden suuren merkityksen smolttien alusvaelluskuolleisuudelle. Vaelluspoikasten selviytyminen oli rakennetulla joella 6-7 kertaa heikompaa kuin luonnontilaisella joella. Rakennetun joen luonnontilaisella osuudella (Ounasjoki) selviytyminen sitä vastoin oli samaa tasoa kuin luonnontilaisella vertailujoella. Rakennetulla jokiosuudella (Kemijoki) vaellus pysähtyi pääosin toiselle tai kolmannelle voimalaitokselle saavuttaessa. Poikasten vaellusnopeus oli rakennetulla jokiosuudella huomattavasti hitaampi kuin luonnontilaisella jokiosuudella tai luonnontilaisella joella.

Tutkimuksen tulokset perustuvat radiolähettimellä merkittyihin vaelluspoikasiin, joten havaitut kuolleisuustasot edustavat kuljetettujen ja merkittyjen kalojen kuolleisuutta, mikä voi olla korkeampi verrattuna käsittelemättömien smolttien kuolleisuuteen vaelluksen aikana niin rakennetussa kuin luonnontilaisessakin joessa. Oleellista on kuitenkin vertailuparissa havaittu suuri suhteellinen selviytymisero luonnontilaisen joen hyväksi (ks. liite 5).

Vaelluspoikasten huomattavan korkea alusvaelluskuolleisuus rakennetuilla joilla on merkittävä ongelma vaelluskalakantojen elvyttämispyrkimyksille. Kantojen kestävä elvyttäminen edellyttää alusvaelluskuolleisuuden huomattavaa vähentämistä kaikin mahdollisin keinoin. Tämä korostuu erityisesti niissä vesistöissä, joissa alusvaellusreiteillä on useita voimalaitoksia, kuten Kemi- ja Iijoen.

Alusvaelluksen turvaamiseksi on maailmalla kehitetty useita erilaisia alusvaellusrakenteita, joiden tarkoitus on ohjata kalat nopeasti turvalliselle alusvaellusreitille. Erilaisissa ja vaihtelevissa olosuhteissa hyvin toimivien alusvaellusratkaisujen kehittäminen on kuitenkin osoittautunut haastavaksi, ongelmien korostuessa isoilla joilla (Larinier & Travade 2002, Scruton ym. 2007, Huusko ym. 2014).

Vaihtoehtoisesti vaelluspoikasia voidaan ottaa kiinni (esim. rysäpyynti) ja kuljettaa voimalaitospatojen ohi jokisuulle, mikä voi olla potentiaalinen ratkaisu useiden voimalaitospatojen joissa (Norrgård ym. 2013), mahdollisesti myös Kemijoella.

## Kiitokset

Kirjoittajat haluavat suuresti kiittää kaikkia hankkeeseen ja sen kenttätöihin osallistuneita henkilöitä, ilman teitä tämä tutkimus ei olisi onnistunut. Erityiskiitoksen ansaitsevat lisäksi Markku Hyvönen ja Aarne Toivonen pitkistä, mutta onnistuneista kalakuljetuksista! Tekijät kiittävät tasapuolisesti myös hankkeen useita rahoittajia, maa- ja metsätalousministeriötä, vesivoimayhtiöitä ja Energiateollisuus ry:tä.

## Viitteet

- Adams, N.S., Rondorf, D.W., Evans, S.D., Kelly, J.E. & Perry, R.W. 1998. Effects of surgically and gastrically implanted radio transmitters on swimming performance and predator avoidance of juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 781–787.
- Coutant, C.C. & Whitney, R.R. 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: a review. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 351–380.
- Ferguson, J.W. 2008. Behavior and survival of fish migrating downstream in regulated rivers. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå 2008.
- 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.
- 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., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Orell, P. & Erkinaro, J. 2016. Effects of tagging on migration behaviour, survival and growth of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* doi: 10.1111/fme.12180.
- Hyvärinen, P. & Rodewald, P. 2014. Enriched rearing improves survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 70: 1386–1395.
- Jaukkuri, M., Orell, P., van der Meer, O., Rivinoja, P., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2013. Nuosulohien käyttäytyminen voimalaitosten alakanavissa ja kalatiehen hakeutumiseen vaikuttavat tekijät: kirjallisuuskatsaus. *RKTL:n työraportteja* 20/2013. 31s.
- Jepsen, N., Aarestrup, K., Økland, F. & Rasmussen, G. 1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migrating. *Hydrobiologia* 371/372: 347–353.
- Jepsen, N., Christoffersen, M. & Munksgaard, T. 2008a. The level of predation used as an indicator of tagging/handling effects. *Fisheries Management and Ecology* 15: 365–368.
- Jepsen, N., Mikkelsen, J.S. & Koed, A. 2008b. Effects of tag and suture type on survival and growth of brown trout with surgically implanted telemetry tags in the wild. *Journal of Fish Biology* 72: 594–602.
- Karppinen, P., Jounela, P., Huusko R. & Erkinaro, J. 2014. 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.
- Korhonen, P.K., Hyvärinen, P. & Leinonen, A. 2014. Lohikalojen istukaspoikasten virikekasvatus - käytännön kokemuksia. *RKTL:n työraportteja* 35/2014. 22s.
- 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.
- Larinier, M. & Travade, F. 2002. Downstream migration: problems and facilities. BFPP-Connaissance et Gestion du Patrimoine Aquatique, 364 supplément.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012. Kansallinen kalatiestrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös 8.3.2012. 30 s.
- McCormik, S.D., Hansen, L.P., Quinn, T.P. & Saunders, R.L. 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55 (Suppl. 1): 77–92.
- Mikkola, J., Salminen, M. & Ikonen, E. 2010. Kymijoen lohen vaelluspoikasten alasvaellusreitit ja voimalaitostappiot. *Riista- ja kalatalous – selvityksiä* 20/2010. 20s.
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Rivinoja, P. & Erkinaro, J. 2012. Lohikantojen palauttaminen rakennetuille joille – mallinnustyökalu tuki- ja sääteleytoimien biologiseen arviointiin. *RKTL:n työraportteja* 1/2012. 41s.
- Norrgård, J.R., Greenberg, L.A., Piccolo, J.J., 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. & Eklöv, A.G. 2001. Effect of an artificial pond on migrating brown trout smolts. *North American Journal of Fisheries Management* 21: 498–506.

- Orell, P., Huusko, R., van der Meer, O., Jaukkuri, M., Kanninen, T., Karppinen, P. & Mäki-Petäys, A. 2011. Lohen vaelluspoikastutkimukset Oulujoella v. 2009–2010. Työraportti 25.2.2011, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 16s.+liitteet
- Scruton, D.A., Pennell, C.J., Bourgeois, C.E., Goosney, R.F., Porter, T.R. & Clarke, K.D. 2007. Assessment of a retrofitted downstream fish bypass system for wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts and kelts at a hydroelectric facility on the Exploits River, Newfoundland, Canada. *Hydrobiologia* 582: 155–169.
- Thorstad, E.B., Uglem, I., Finstad, B., Chittenden, C.M., Nilsen, R., Økland, F. & Bjørn, P.A. 2012. Stocking location and predation by marine fishes affect survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* 19: 400–409.

## Liitteet

**Liite 1.** Lohen poikasten keskimääräiset vaellusnopeudet (km/h ja BL/s) Tornionjoen (T) ja Kemijoen (K) yläosalta (vapautus-K3/T3) ja alaosalla (K3/T3-K4/T4) kaikkien ko. kuunteluasemapistelle selvinneiden poikasten havaintojen perusteella. Vaellusnopeudet on laskettu erikseen virikekasvatetuille ja semivilleille (yhdistetty 0+ ja 1v) poikasille.

Joki	Alkuperä	Nopeus, yläosa			Nopeus, alaosa		
		n	km/h	BL/s	n	km/h	BL/s
T	Kasvatettu	46	4,03	6,21	42	4,22	6,40
K	Kasvatettu	50	2,69	4,12	7	0,95	1,43
K	Semivilli	55	1,43	2,64	6	0,50	0,97

**Liite 2.** Lohen poikasten keskimääräiset vaellusnopeudet (km/h ja BL/s) Tornion-Muonionjoen (T) ja Kemi-Ounasjoen (K) yläosalta (vapautus-K3/T3) ja alaosalla (K3/T3-K4/T4) jokisuille asti selvinneiden poikasten havaintojen perusteella. Vaellusnopeudet on laskettu erikseen virikekasvatetuille ja semivilleille (yhdistetty 0+ ja 1v) poikasille.

Joki	Alkuperä	Nopeus, yläosa			Nopeus, alaosa		
		n	km/h	BL/s	n	km/h	BL/s
T	Kasvatettu	42	4,04	6,16	42	4,22	6,40
K	Kasvatettu	7	2,62	3,92	7	0,95	1,43
K	Semivilli	6	1,48	2,86	6	0,50	0,97

**Liite 3.** Istutusiän (0+/1v) vaikutus semivillien lohen vaelluspoikasten selviytymiseen Kemijoen seurantapistelle Pearsonin  $\chi^2$ -testillä.

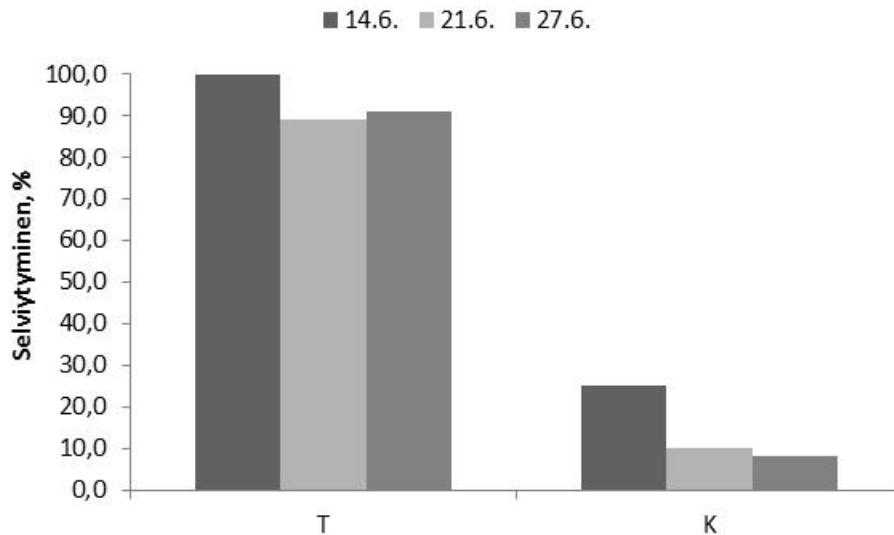
Seuranpiste	$\chi^2$	df	P
K1	0,109	1	0,74
K2	3,562	1	0,06
K3	2,301	1	0,13
K3.1	1,098	1	0,30
K3.2	0,764	1	0,38
K4	1,251 <sup>a</sup>	1	1,00

<sup>a</sup> Fisher exact test

**Liite 4.** Istutusiän (0+/1v) vaikutus semivillien lohen poikasten vaellusnopeuteen Kemijoen luonnontilaisella osuudella (vapautus-K3) ja rakennetulla osuudella (K3-K4) Mann-Whitney U-testillä.

Vaellusnopeus	Vapautus- K3		K3- K4	
	W	P	W	P
km/h	364	0,86	5	0,80
BL/s	345	0,68	4	1,00

**Liite 5.** Vaelluspoikasten vapautuseräkohtainen (14.6., 21.6., 27.6.) selviytyminen Tornion-Muoniojoella (T) ja Kemi-Ounasjoella (K) automaattisten seurantapisteiden T3/K3 ja T4/K4 välillä. Kemi-Ounasjoella kyseessä on rakennettu jokiosuus ja Tornion-Muoniojoella vastaavalle etäisyydelle vapautuspaikasta sijoittuva luonnontilainen jokiosuus.

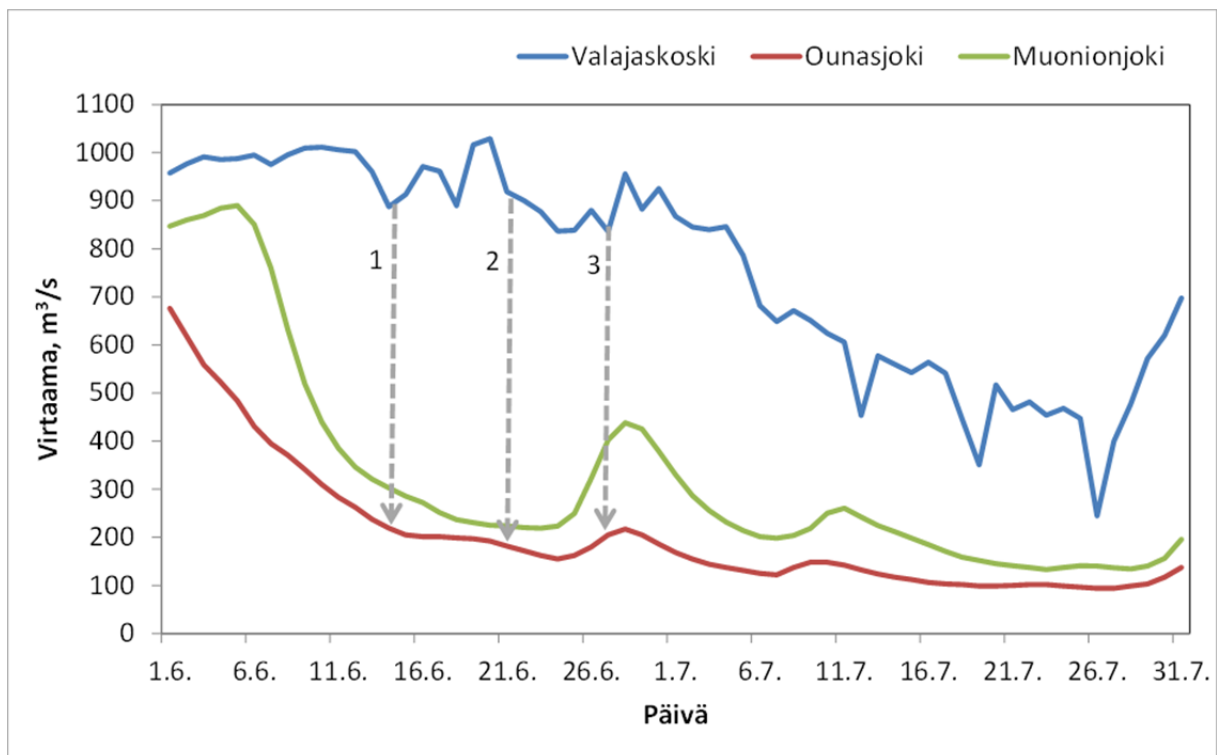


**Liite 6.** Lohen poikasten keskimääräiset vaellusajat (h) kumulatiivisesti laskettuna jokien (T=Tornion-Muoniojoki, K=Kemi-Ounasjoki) seurantapisteille (tuntia vapautuksesta) vapautuspäivittäin. Vaellusajat on laskettu jokisuulle selviytyneiden yksilöiden perusteella. Kemijoella vaellusajat on laskettu erikseen virikekasvaetuille ja semivilleille (yhdistetty 0+ ja 1v) poikasille.

Vapautuspäivä	Joki	Alkuperä	N	T1/K1	T2/K2	T3/K3	K3.1	K3.2	T4/K4
				T 34 km K 25 km	T 98 km K 91 km	T 155 km K 131 km			T 288 km K 235 km
14.6.2015	T	Kasvatettu	4	9	164	240			275
	K	Kasvatettu	4	14	83	114	117	120	212
	K	Semivilli	3	6	239	258	261	333	540
21.6.2015	T	Kasvatettu	8	66	130	140			172
	K	Kasvatettu	1	5	20	36	40	57	136
	K	Semivilli	1	428	467	483	486	489	1033
27.6.2015	T	Kasvatettu	30	6	22	32			64
	K	Kasvatettu	2	5	20	34	38	43	157
	K	Semivilli	2	5	23	51	45	60	306



**Liite 7.** Virtaamat Ounasjoen Marraskoskella, Muonionjoen Muoniossa ja Kemijoen Valajaskoskella aikavälillä 1.6.-31.7.2015. Harmaat katkoviivanuolet kuvaavat merkittyjen vaelluspoikasten eräkohtaisia vapautuspäiviä (1=14.6., 2=21.6., 3=27.6.).





luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Viikinkaari 4  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000