



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2024

Taimenen vaelluspoikasten selviytyminen Oulujärvelle

Radiotelemetriatutkimus istutettujen taimenten alasvaelluksesta
Hyrnsalmen reitillä

Pekka Hyvärinen, Laura S. Härkönen ja Pekka K. Korhonen



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2024

Taimenen vaelluspoikasten selviytyminen Oulujärvelle

Radiotelemetriatutkimus istutettujen taimenten alasvaelluksesta
Hyrynsalmen reitillä

Pekka Hyvärinen, Laura S. Härkönen ja Pekka K. Korhonen

Viittausohje:

Hyvärinen, P., Härkönen, L.S. & Korhonen, P.K. 2024. Taimenen vaelluspoikasten selviytyminen Oulujärvelle : Radiotelemetriatutkimus istutettujen taimenten alasvaelluksesta Hyrynsalmen reitillä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 33 s.

Pekka Hyvärinen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-2376-3495>



ISBN 978-952-380-991-8 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-991-8>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Pekka Hyvärinen, Laura S. Härkönen ja Pekka K. Korhonen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisu vuosi: 2024

Kannen kuva: Seitenoikean voimalaitos, Jari Lindeman

Tiivistelmä

Pekka Hyvärinen¹, Laura S. Härkönen² ja Pekka K. Korhonen¹

¹Luonnonvarakeskus, Vaelluskalat ja rakennetut joet, Paltamo

² Luonnonvarakeskus, Vaelluskalat ja rakennetut joet, Oulu

Luontaisen lisääntymisen palautuminen Oulujärveen laskevalle Hyrynsalmen reitille kohentaisi merkittävästi Oulujärven taimenkannan tilaa. Kutemaan nouseville taimenille on jo Leppikosken voimalaitospadolla käytössä kalatie ja Seitenoikealle kalatie on suunnitteilla. Tässä hankkeessa tutkittiin taimenen alasvaeltavien poikasten selviytymistä Seitenoikean ja Leppikosken patojen sekä niiden välissä olevien joki- ja järvialueiden läpi Oulujärvelle. Lisäksi tutkimuksessa vertailtiin laitosviljelyn varassa olevan hoitokannan (OUV-kanta) ja villiytetyn taimenkannan poikasten menestymistä. Tutkimuksessa istutettiin yhteensä 194 radiolähettimellä merkittyä 3-vuotiasta taimenta 30.5. ja 7.6.2024. Näistä 55 taimenta vapautettiin kummankin voimalaitoksen yläpuolelle ja 42 kalaa alapuolelle.

Istutuspaikan alapuolisen voimalaitospadon läpäisi Leppikoskella (51 %) kaksi kertaa enemmän istutetuista kaloista kuin Seitenoikealla (25 %). Kaikki taimenet eivät kuitenkaan vaelta- neet alavirtaan istutuspaikalta tai muutoin selviytyneet alapuoliselle voimalaitokselle. Padon yläpuolelle saapuneista taimenista voimalaitoksen läpäisi Leppikoskella 61 % ja Seitenoikealla 35 % kaloista eli Leppikoskella läpäisytehokkuus oli 1,7 kertaa suurempi. Seitenoikealle saa- puneilla kaloilla viive padon läpäisyyn oli keskimäärin 7,2 vuorokautta ja Leppikoskelle saapu- neilla 2,4 vuorokautta. Vaellusnopeus padon alta kahdeksan kilometrin etäisyydelle alavirtaan oli keskimäärin 4,3 kmh⁻¹ eikä siinä ollut eroa voimalaitosten välillä. Vain puolet padon läpäis- seistä kaloista selviytyi kahdeksan kilometrin päähän padosta, Seitenoikealta alapuolisen lijär- ven suuntaan ja Leppikoskelta Oulujärvelle.

Seitenoikean padon ylä- ja alapuolelle istutetuista taimenista selviytyi yhteensä 21 kalaa (22 % istutetuista) kahdeksan km:n etäisyydelle padosta. Tämän jälkeen seuraavista 32 km:n joki- ja järvi-alueiden läpivaelluksesta Leppikosken padolle saakka selviytyi 43 % kaloista. Vaellus kesti keskimäärin 10 päivää ja vaellusnopeus oli keskimäärin 7,8 kmh⁻¹. Seitenoikean padon ylä- puolelle istutetuista kaloista kaksi taimenta (4 % istutetuista) selviytyi kahden voimalaitoksen läpi. Läpäisytehokkuus oli ensimmäisellä padolla 35 % ja toisella padolla 40 %. Yhtään Sei- tenoikealle vapautetuista taimenista ei selviytynyt Oulujärvelle saakka. Leppikosken padon ylä- ja alapuolelle istutetuista taimenista selviytyi yhteensä 28 kalaa (29 % istutetuista) kah- deksan kilometrin etäisyydelle padosta eli Oulujärvelle.

Villiytetyn kannan ja OUV-kannan vertailussa tulokset poikasten selviytymisessä poikkesivat voimalaitosten ja istutuspaikkojen välillä. Seitenoikean alapuolelle istutettuja OUV-kannan taimenia selviytyi enemmän kahdeksan km:n etäisyydelle padosta. Muutoin selviytymisessä ei ollut eroja tai villiytetyt selviytyi enemmän. Villiytetyt taimenet lähtivät kuitenkin molem- milla voimalaitoksilla OUV-kannan taimenia hitaammin vaellukselle istutuspaikalta. Padon lä- päisyyn jälkeen vaellusnopeudessa ei ollut merkittävää eroa kantojen välillä.

Virtaamalla ja lämpötilalla ei havaittu olevan johdonmukaista selvää vaikutusta padon lä- päisyyn. Tutkimuksen aikana virtaukset vaihtelivat voimakkaasti, ohijuoksutuksia ei ollut ja

siten vedet ja kalat ohjautuivat padolla alavirtaan pelkästään voimalaitosturbiinien kautta. Veden lämpötila vaihteli 12,5–21,9 °C.

Vaikka tässä tutkimuksessa ei havaittu johdonmukaisia eroja villiytettyjen ja OUV-kannan taimenten selviytymisessä vaelluksen eri vaiheissa, hoitokannan villiyttämistä suositellaan jatkettavan risteyttämällä hoitokannan emokaloja luonnosta pyydystetyillä taimenilla. Kokeellisissa testeissä vastaavasti villiytettyjen taimenten on havaittu selviytyvän paremmin haukien saalisuudelta, mutta niiden vaellus on ollut hitaampaa kuin OUV-kannan taimenilla. Tässä tutkimuksessa havaittu villiytettyjen taimenten hitaampi/varovaisempi liikkeellelähtö ei jatkunut padon läpäisyn jälkeen. Villiyttämiseen tulisi kuitenkin jatkossa käyttää ensisijaisesti järvivaelluksen tehneitä kutemaan nousevia villedä emokaloja. Mikäli näitä ei ole riittävästi saatavilla, poikasena pyydystetyillä taimenilla villiytettyä hoitokantaa tulee takaisinristeyttää toisessa sukupolvessa OUV-kannan taimenilla vaellusominaisuuksien säilymisen varmistamiseksi.

Tulosten perusteella Hyrynsalmen reitiltä Oulujärvelle alasvaeltavien taimenen poikasten keskeinen ongelma selviytymisessä on vaelluksen pysähtyminen useiksi päiviksi niiden saavuttua voimalaitospadolle sekä tappiot heti padon jälkeen. Seitenoikealla taimenilla oli suurempia ongelmia padon läpäisyssä kuin Leppikoskella. Voimalaitosten läpimenoon kytkeytyvien suurten tappioiden vuoksi Hyrynsalmen reitin alasvaeltaville taimenille tulisi toteuttaa toimivat alasvaellusreitit luontaisen lisääntymiskierron edellytysten parantamiseksi.

Asiasanat: Taimen, vaelluspoikanen, selviytyminen, voimalaitos, Oulujärvi, telemetriatutkimus

Sisällys

1. Johdanto	6
1.1. Vaelluspoikasten alasvaelluksen haasteet rakennetussa joessa	6
1.2. Oulujärven taimenkannan elvyttämisen mahdollisuudet ja tutkimuksen tavoitteet	7
2. Aineisto ja menetelmät	9
2.1. Tutkimusalue	9
2.2. Tutkimuskalat	10
2.3. Kalojen merkintä ja istutus	10
2.4. Radiotelemetriaseuranta	12
2.5. Telemetria-aineiston käsittely	13
3. Tulokset	15
3.1. Istutus padon yläpuolelle	15
3.2. Istutus padon alapuolelle	18
3.3. Kahden padon ja järvialueen läpivaeltaneet taimenet	19
3.4. Villiytettyjen ja OUV-laitoskannan taimenten alasvaellus	19
3.5. Virtaaman ja lämpötilan vaikutus	20
4. Tulosten tarkastelu	22
Viitteet	26
Liitteet	28

1. Johdanto

Vaelluskalakantojen elinkierron keskeinen edellytys ovat avoimet vaellusyhteydet lisääntymis- ja syönnösalueiden välillä. Vaeltavan järvitaimenen luontainen lisääntyminen on ollut Suomessa vähäistä vesistörakentamisen ja ylikalastuksen vuoksi. Luontaisen elinkierron puuttuminen on myös heikentänyt pitkään laitosviljelyssä olleiden taimenkantojen elinkykyä. Rakennettujen vesien järvitaimenkantojen luonnonkierron palauttamisessa yksi kriittinen vaihe on vaelluspoikasten selviytyminen pienten virtavesien poikastuotantoalueilta suurten järvien syönnösalueille.

Oulujärven yläpuolisissa reittivesissä on vielä runsaasti jäljellä järvitaimenelle sopivia poikastuotantoalueita, mutta niille pääsy on voimalaitospatojen takia ollut estynyt etenkin Oulujärveä syönnösalueenaan hyödyntäville taimenille. Varsinkin Hyrynsalmen reitillä on aiemmin ollut Oulujärven taimenen tärkeitä poikastuotantoalueita. Reitin lukuisat virtavedet laskevat Emäjoen ja Kiehimänjoen voimalaitosten kautta Oulujärveen. Luontaisen lisääntymisen palautuminen näille vapaille sivuvesistöille kohentaisi merkittävästi Oulujärven taimenkannan tilaa (Härkönen ym. 2023).

Oulujärven taimenkannan luontaisen elinkierron elvyttämiseksi on meneillään useita kehittämistoimenpiteitä. Poikastuotantoalueita ja kutupaikkoja on kunnostettu laajasti koko vesistöalueella. Hyrynsalmen reitin alimmalla Leppikosken voimalaitoksella on vuodesta 2021 lähtien ollut käytössä hydraulinen Kalasydän-kalatie ja ylemmälle Seitenoikean voimalaitokselle on suunnitteilla luonnonmukainen ohitusuoma. Istutuskalojen kasvatusmenetelmiä ja istutustapoja on tutkittu ja kehitetty poikasten menestymisen parantamiseksi (Louhi ym. 2023). Alkuperäiskannan elvyttämiseksi ongelmallisten vieraiden taimenkantojen käyttö vesistön istutukseen on loppumassa. Lisäksi istutuskalojen elinkykyä on pyritty parantamaan villiyttämällä Oulujärven taimenen hoitokantaa (Hyvärinen ym. 2022). Taimenen poikasten alasvaelluksen aikaista selviytymistä alueella ei kuitenkaan ole aiemmin tutkittu.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Oulujärvelle vaeltavien taimenenpoikasten selviytymistä ja vaelluskäyttäytymistä Seitenoikean ja Leppikosken voimalaitospadoilla sekä niiden alapuolella sijaitsevilla joki- ja järviosuuksilla. Tutkimusistutuksissa verrattiin myös Oulujärven vaellustaimenen laitoskannan ja villiytetyn kannan istukkaiden selviytymistä ja vaellusta. Tutkimus toteutettiin radiotelemetriaan perustuvilla menetelmillä. Tässä raportissa esitetään tutkimuksen tulokset, joiden perusteella arvioidaan vaelluspoikasten selviytymistä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen toteuttamisesta vastasi Luonnonvarakeskus.

1.1. Vaelluspoikasten alasvaelluksen haasteet rakennetussa joessa

Rakennettujen ja luonnonalaisten jokien välillä on havaittu huomattavia eroja vaelluspoikasten selviytymisessä poikasalueiden ja syönnösalueiden välisestä vaelluksesta. Huuskon ym. (2018) vertailututkimuksessa merilohen vaelluspoikasten selviytyminen oli yli kuusi kertaa suurempi vapaalla Tornionjoella kuin samaan aikaan vastaavalla matkalla voimakkaasti rakennetussa Kemijoenjoessa. Petokalat ja linnut syövät vaelluksella olevia poikasia ja voivat aiheuttaa suuria tappioita lohen ja taimenen poikasille rakennetuissa vesistöissä (Jepsen ym. 1998, Hyvärinen & Vehanen 2004), mutta myös vapaasti virtaavissa joissa (Kekäläinen ym. 2008).

Voimalaitospatojen läpimenoon voi liittyä usein joki- ja patokohtaisia ongelmia, jotka lisäävät vaelluspoikasiin kohdistuvaa predaatioita kuten Kemijoen tutkimuksessa (Huusko ym. 2018) havaittiin vapaan Ounasjoen ja rakennetun Kemijoen alueiden välillä. Rakennetussa joessa vaelluspoikasten on alasvaelluksensa aikana selviydyttävä sekä voimalaitosten turbiinien että laajojen patoaltaiden läpi. Voimalaitosten välisissä patoaltaissa ja järvissä vaellusnopeus tyypillisesti hidastuu hitaamman virtauksen myötä, mikä voi lisätä poikasten alttiutta predaatiolle (Norrgård ym. 2013).

Poikasten vaellus tapahtuu pääosin lähellä pintaa, mutta laitosten vedenottoaukko on yleensä useiden metrien syvyydessä, mikä voi vaikeuttaa vaellusreitien löytymistä voimalaitospadolla. Saavuttaessaan voimalaitoksen alasvaeltavat poikaset saattavatkin joutua etsimään pitkään vaellusreitien sisäänkäyntiä, jolloin vaellus pysähtyy padon yläpuolelle ja poikasten alttius predaatiolle kasvaa (Huusko ym. 2012). Alasvaellukseen liittyvät haasteet ja kuolleisuutta aiheuttavat tekijät kertautuvat tyypillisesti voimalaitosten ja patoaltaiden määrän kasvaessa (Huusko ym. 2014). Tässä tutkimuksessa arvioidaan taimenen vaelluspoikasten selviytymistä kahden voimalaitoksen, Seitenoikean ja Leppikosken patojen läpi kohti Oulujärveä.

1.2. Oulujärven taimenkannan elvyttämisen mahdollisuudet ja tutkimuksen tavoitteet

Oulujärven taimenen potentiaalisista poikastuotantoalueista suurin osa sijaitsee Leppikosken ja Seitenoikean voimalaitosten yläpuolella. Härkönen ym. (2023) ovat arvioineet, että tämä 65,8 ha alue pystyisi parhaimmillaan tuottamaan noin 18 000–35 000 vaelluspoikasta Oulujärveen ja näistä takaisin kutupaikoille parhaimmillaan 900–1 600 nousutaimenta. Tämä edellyttäisi kuitenkin kalastusrajoitusten ohella lisääntymisalueiden kunnostamista, kutukalojen ylösvaelluksen sekä poikasten alasvaelluksen onnistumista voimalaitospatojen ja niiden välissä olevien järvi- ja patoaltaiden läpi.

Toimenpiteitä nousukalojen ylösvaelluksen mahdollistamiseksi on jo käynnissä, sillä vuonna 2021 Kiehimänjoen Leppikosken voimalaitoksen alakanavassa otettiin käyttöön hydraulinen Kalasydän-kalatie. Taimenten määrää Leppikosken alapuolella ja niiden hakeutumista kalatien tutkittiin kesällä 2023 (Hyvärinen ym. 2024). Vastaavasti Seitenoikean voimalaitokselle on suunnitteilla luonnonmukainen ohitusuoma. Oulujärven taimenen vaelluspoikasten selviytymistä Hyrynsalmen reitillä ei kuitenkaan ole aiemmin tutkittu. Mikäli poikasten vaelluksessa havaitaan ongelmia kuten voimalaitospadon läpi selviytymisessä, voidaan ongelmien ratkaisemiseksi alkaa suunnitella mahdollisia ratkaisuja, kuten ohjausaidan ja alasvaellusväylän käyttöä (Huusko ym. 2024).

Oulujoen vesistön järvitaimenen luontainen lisääntyminen on vesistö rakentamisen vuoksi monin paikoin estynyt eikä järvi- ja jokeiden hoitokannan (OUV) emokalvoja ole saatu uudistettua luonnosta kutemaan nousevista kaloista. Laitostuneiden istukaspoikasten kyky selviytyä luonnossa on heikentynyt (Louhi ym. 2023). Istukaspoikasten elinkyvyn parantamiseksi istutusmateriaalia on alettu villiyttämään siten, että nykyistä OUV-hoitokantaa on risteytetty alueella vielä luontaisesti latvavesillä lisääntyvien villien taimenkantojen kanssa (Hyvärinen ym. 2022).

Kokeellisissa ympäristöissä villiyttämisristeytyksen vaikutusten on kuitenkin havaittu olleen sekä positiivisia (selviytyminen haukien saalistukselta on parantunut; Alioravainen ym. 2018) että negatiivisia (vaellus on heikentynyt; Vainikka ym. 2023). Siksi elvytysistutusten

onnistumisen kannalta on tärkeää, että villiytetyn kannan poikasten menestymistä tutkitaan myös luonnossa siinä ympäristössä, missä vaellustaimenen palautusta on tarkoitus edistää istutusten avulla.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää radiotelemetryn perustuvilla menetelmillä:

- a) Kuinka suuri osa Leppikosken ja Seitenoikean voimalaitosten yläpuolelle vapautetuista taimenen vaelluspoikasista selviytyy patojen läpi?
- b) Miten taimenet vaeltavat ja selviytyvät voimalaitospadolta alavirtaan Iijärvelle ja Oulujärvelle saakka?
- c) Miten villiytetyn kannan vaelluspoikaset selviytyvät OUV- laitospadon poikasiin verrattuna?
- d) Missä ovat vaelluspoikasten selviytymisen keskeisimmät ongelmat?

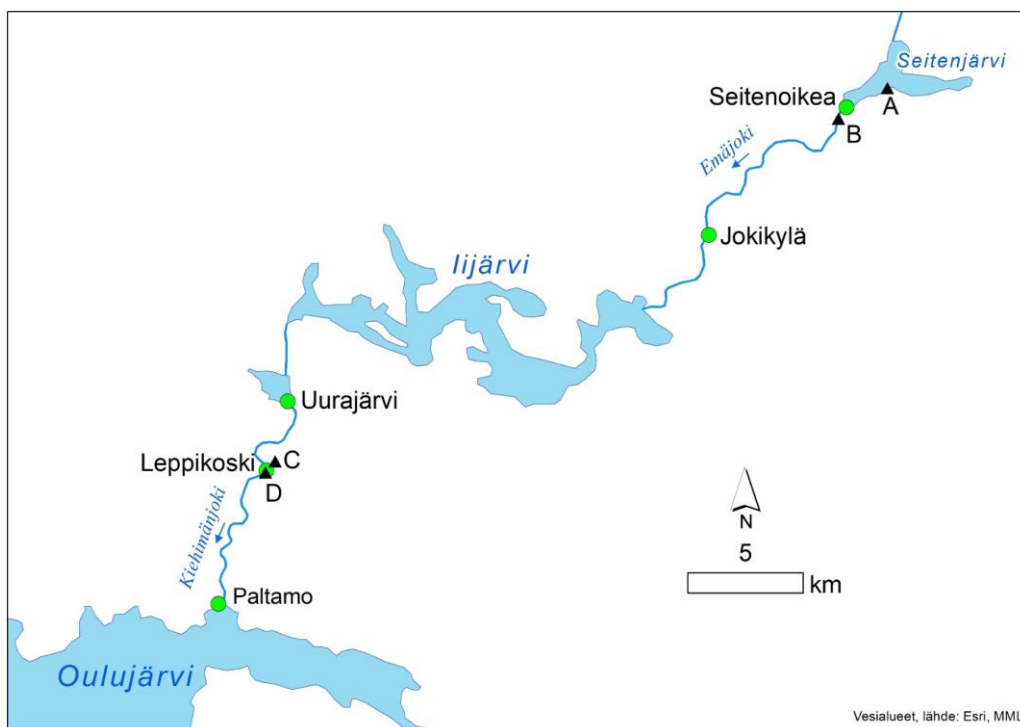
2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Tutkimusalue

Tutkimusalue sijaitsee Oulujärveen laskevalla Hyrynsalmen reitin alaosalla Seitenjärveltä Emäjoen, Iijärven ja Kiehimänjoen kautta Paltamoon saakka, missä reitin vedet laskevat Oulujärveen. Seitenoikean voimalaitos sijaitsee Emäjoessa Seitenjärven alapuolella ja Leppikosken voimalaitos Iijärvestä laskevan Kiehimänjoen puolessa välissä (Kuva 1).

Seitenoikealla voimalaitoksen vedenotto on noin 6 m syvyydellä keskivesitasosta ja alaosa on noin 22 m. Pudotuskorkeus on 21,4 m ja keskivirtaama $82 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Voimalaitoksessa on yksi Kaplan-turbiini, josta saadaan maksimitehoa 38 MW. Leppikoskella vedenotto on 5 m syvyydellä keskivesitasosta ja alaosa noin 16 m. Pudotuskorkeus vaihtelee 11,1–13,3 metriä ja keskivirtaama $102 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Voimalaitoksessa on kaksi Kaplan-turbiinia, joista saadaan maksimitehoa yhteensä 23 MW.

Seitenoikean ja Leppikosken voimalaitosten välinen vesialue jokineen ja järvineen on yhteensä noin 40 km pituinen. Väliin jäävä Iijärven ja sen itäisen osan, Ristijärven, muodostama järviolue on yhteensä noin 18 km pitkä, pinta-alaltaan 2 600 ha ja keskisyvyydeltään 5,4 metriä. Iijärvi saa vetensä pääosin Emäjoesta (Kuva 1). Iijärveen laskee myös Uvan reitin vedet sekä pienempiä virtavesiä, jotka eivät näy kuvassa 1. Iijärven länsipäästä lähtee lasku-uoma Uurajärven kautta Kiehimänjokeen. Tutkimusalueella esiintyy runsaasti petokaloja, etenkin haukia ja kuhia (Härkönen ym. 2023). Toisaalta patojen välissä olevat järvet voivat toimia myös taimenten syönnösalueina Oulujärven lisäksi.



Kuva 1. Tutkimusalue. Vihreät ympyrät osoittavat kiinteiden radiolähetinasemien (7 kpl) sijainnin Seitenoikean ja Leppikosken voimalaitospatojen ylä- ja alapuolella sekä Jokikylässä, Uurajärvellä ja Paltamossa. Mustat kolmiot osoittavat istutuspaikkojen sijainnin Seitenoikean ja Leppikosken voimalaitosten ylä- ja alapuolella.

2.2. Tutkimuskalat

Tutkimuskalat tuotettiin, kasvatettiin ja yksilömerkittiin Luonnonvarakeskuksen Kainuun kalantutkimusasemalla Paltamossa. Tutkimuksessa käytetyt kalat olivat joko Oulujoen vesistön laitosperäistä hoitokantaa (OUV), tai kolmen eri paikallisen villin kannan kanssa risteyttämällä villiyytettyä hoitokantaa.

Tässä tutkimuksessa käytetyt 3-vuotiaat taimenen vaelluspoikaset olivat peräisin syksyllä 2020 toteutetuista ensimmäisen sukupolven risteytyksistä. Hedelmöitystä varten mäti kerättiin OUV-laitoskannan naarailta ja maiti koirailta, jotka oli pyydystetty Oulujärveen vapaana laskevista Miesjoesta, Pohjajoesta ja Vaarainjoesta. Lisäksi neljäntenä ryhmänä tuotettiin puhdas OUV-kanta, jossa naaraiden mäti ja koiraiden maiti otettiin eri vuosina syntyneistä emokaloista sukusiitoksen välttämiseksi. Poikasia kasvatettiin ensimmäisen kesän läpi risteytyskohtaisissa altaissa. Kasvukauden jälkeen kalat merkittiin yksilöllisellä mikrosirutunnisteella (PIT-merkki, pituus 12 mm; www.oregonrfid.com), jonka jälkeen eri risteytysryhmien poikaset yhdistettiin kahteen altaaseen jatkokasvatusta varten.

2.3. Kalojen merkintä ja istutus

Keväällä 2024 3-vuotiaat kalat merkittiin radiolähettimellä 2–3 päivää ennen niiden vapauttamista. Kalat otettiin sattumanvaraisesti kasvatusaltaasta, mutta merkittäväksi ei hyväksytty varhaiskukkyä koiraita eikä myöskään yksilöitä, joiden suomupiteen hopeoituminen ei ollut vielä alkanut. Puhtaan OUV-kannan ja villiyytetyn kannan kalat tunnistettiin niiden PIT-merkin perusteella. Villiyytetyn kannan istutusryhmään valittiin sama määrä kaloja jokaisesta kolmesta risteytyskannasta.

Tutkimusta varten merkittiin kaikkiaan 194 taimenta (Kuva 2). Radiolähetin (NTF-5-2, 8,2×15,0 mm (ØxL), 1,5 g, 138,420 MHz, patterin kesto 67 vrk, 168 kpl; MST-820, 8,0×20,0 mm (ØxL), 2,1 g, 138,420 MHz, patterin kesto 100 vrk, 26 kpl; www.lotek.com) asetettiin kirurgisesti kalan vatsaonteloon (Lupanumero: ESAVI/213271/2023).



Kuva 2. Istutettujen taimenten merkinnöissä käytetyt radiolähettimet painoivat 1,5–2,1 grammaa, 0,5–1,0 % kalan painosta.

Kala nukutettiin (uintivedessä bentsokaiinia 40 mg/l) kunnes se ei reagoanut kosketettaessa, jonka jälkeen radiolähetin asetettiin vatsaevien etupuolelle tehdyn viillon (10–13 mm) kautta kalan vatsaonteloon. Kivun poistamiseksi haavan alueelle infiltroitiin neulan avulla prokaiinia (25 mg/kg) vatsanahan pintakerrokseen haavan molemmin puolin. Haava ommeltiin kiinni 2 tikin avulla. Merkinnän jälkeen taimenten annettiin toipua 48–68 tuntia kasvatusaltaassa ennen niiden vapauttamista tutkimusalueelle. Merkintään liittyvää kuolleisuutta ei havaittu ennen istutusta.

Radiolähettimellä merkityt taimenet, yhteensä 194 kalaa, istutettiin 30.5.2024 (84 kpl) ja 7.6.2024 (110 kpl). Kumpanakin istutuspäivänä puolet kaloista istutettiin Seitenoikean ja puolet Leppikosken voimalaitoksen läheisyyteen, joko padon ylä- tai alapuolelle (Kuva 1, Taulukko 1). Merkittyjen taimenten keskipituus oli 295 mm ja keskipaino 267 g. Merkittyjen kalojen suojaparvena istutettiin 250 taimenta ilman radiolähetintä jokaisen vapautuserän yhteydessä.

Taulukko 1. Radiolähettimillä merkittyjen taimenen vaelluspoikasten istutusajankohdat (ip= iltapäivä, ap=aamupäivä), lukumäärät ja keskimääräinen pituus ja paino (\pm keskihajonta) vapautuspaikoittain ja kannoittain. Vapautuspaikan kohdalle merkitty kirjain (A-D) vastaa kuvan 1 vapautuspaikkojen merkintöjä.

Vapautuspaikka	Istutusaika	Kanta	N	Keskipituus (mm \pm keskihajonta)	Keskipaino (g \pm keskihajonta)
Seitenoikea					
A) Yläpuoli	30.5.2024 (ip)	OUV	21	292,1 \pm 15,2	247,8 \pm 46,1
		Villiytetty	21	294,1 \pm 19,2	269,0 \pm 60,9
	7.6.2024 (ap)	OUV	13	297,0 \pm 10,9	261,0 \pm 34,1
B) Alapuoli	7.6.2024 (ap)	OUV	21	299,2 \pm 24,1	270,6 \pm 71,1
		Villiytetty	21	291,3 \pm 22,0	267,7 \pm 51,1
Leppikoski					
C) Yläpuoli	30.5.2024 (ap)	OUV	21	299,0 \pm 20,9	270,2 \pm 61,9
		Villiytetty	21	301,2 \pm 22,4	281,5 \pm 45,6
	7.6.2024 (ip)	OUV	13	288,6 \pm 20,0	241,6 \pm 51,0
D) Alapuoli	7.6.2024 (ip)	OUV	21	292,5 \pm 19,0	254,2 \pm 63,5
		Villiytetty	21	298,3 \pm 16,2	294,4 \pm 51,1

Voimalaitospatojen yläpuolelle 30.5.2024 tehtyjen istutusten tarkoituksena oli selvittää taimenten käyttäytymistä voimalaitospatojen yläpuolella sekä selviytymistä voimalaitospatojen läpi. Istutuksessa verrattiin myös OUV-kannan ja villiytetyn kannan taimenten mahdollisia eroja. Istutuksessa Leppikosken voimalaitoksen yläpuolelle 0,7 km padosta ylävirtaan Myllypuron suulle (Kuva 1, istutuspaikka C) vapautettiin klo 11:20 samanaikaisesti 21 kpl radiolähettimellä merkittyä OUV-kannan ja 21 kpl villiytetyn kannan taimenta. Vastaavat erät taimenia (21 kpl OUV-kantaa + 21 kpl villiytettyä kantaa) vapautettiin klo 16:00 Seitenoikean voimalaitoksen yläpuolelle 1,9 km padosta Seitenjärven ja Pöyhjärven välisen salmen läheisyyteen (Kuva 1, istutuspaikka A).

Voimalaitospatojen alapuolelle 7.6.2024 tehtyjen istutusten tarkoituksena oli selvittää taimenten käyttäytymistä voimalaitospatojen alapuolella sekä selviytymistä padon alapuolella sijaitsevien joki- ja järviolueitten läpi Oulujärvelle. Istutuksessa verrattiin myös OUV-kannan ja villiytetyn kannan taimenten mahdollisia eroja. Istutuksessa Leppikosken voimalaitoksen alakanavaan 0,1 km padosta alavirtaan (Kuva 1, istutuspaikka D) vapautettiin klo 17:00 samanaikaisesti 21 kpl radiolähettimellä merkittyä OUV-kannan ja 21 kpl villiytetyn kannan taimenta. Vastaavat erät taimenia (21 kpl OUV-kantaa + 21 kpl villiytettyä kantaa) vapautettiin klo 12:30 Seitenoikean voimalaitoksen alapuolen jokialueelle 0,7 km padosta alavirtaan (Kuva 1, istutuspaikka B).

Voimalaitospatojen yläpuolelle 7.6.2024 tehtyjen istutusten tarkoituksena oli selvittää istutuspäivän (7.6.2024 vs. 30.5.2024) vaikutusta taimenten käyttäytymisessä voimalaitospatojen yläpuolella sekä selviytymisessä voimalaitospatojen läpi. Lisäksi tarkoituksena oli verrata samana päivänä (7.6.) voimalaitoksen ylä- ja alapuolelle istutettujen taimenten selviytymistä ensimmäisen 8 km:n etäisyydelle alavirtaan, seuraavalle voimalaitokselle tai Oulujärvelle. Leppikosken voimalaitoksen yläpuolelle (Kuva 1, istutuspaikka C) vapautettiin klo 18:00 13 kpl radiolähettimellä merkittyä OUV-kannan taimenta (Taulukko 1). Vastaavasti Seitenoikean voimalaitoksen yläpuolelle vapautettiin 13 kpl OUV-kannan taimenta klo 13:15 (Kuva 1, istutuspaikka A).

2.4. Radiotelemetriaseuranta

Merkittyjen kalojen liikkumista tutkimusalueella seurattiin radiolähetinvastaanottimien (Lotek SRX 400 ja 800) ja niiden antennien kautta saatavien tietojen avulla 30.5.-31.7.2024 välisenä aikana. Kiinteitä radiolähetinasemia asennettiin yhteensä 7 kpl (Kuva 1). Leppikosken ja Seitenoikean voimalaitospatojen yläpuolen radiolähetinasemat tallensivat niiden kalojen tiedot, jotka selviytyivät padon yläpuolen istutuspaikoilta (Kuva 1, istutuspaikat A ja C) voimalaitospadoille. Voimalaitospatojen alapuolelle asennetut antennit tallensivat tiedot voimalaitosten läpi menneistä kaloista.

Jokikylän radiolähetinasema Emäjoessa (Kuva 1) tallensi tiedot kaloista, jotka olivat selviytyneet noin 8 km matkan Seitenoikean voimalaitokselta alavirtaan. Vastaavasti Paltamon radiolähetinasema Kiehimänjokisuulla (Kuva 1) tallensi tiedot kaloista, jotka olivat selviytyneet noin 8 km matkan Leppikosken voimalaitokselta alavirtaan. Paltamon asemalle tallentuneiden kalojen todettiin selviytyneen Oulujärvelle saakka. Uurajärven asemalle (Kuva 1) tallentuneiden tietojen avulla voitiin päätellä, mitkä kalat olivat selviytyneet Seitenoikean voimalaitokselta Iijärven läpi alavirtaan tai mitkä kalat Leppikosken istutuksista olivatkin oletuksen vastaisesti lähteneet Kiehimänjokea ylävirtaan.

Kiinteiden radiolähetinasemien lisäksi merkityistä taimenista kerättiin tietoa koko tutkimusalueelta veneestä tehdyillä paikannuksilla (12.6., 15.6., 17.6., 24.6. ja 3.7.). Venepaikannusten tarkoituksena oli selvittää, mille alueille vaelluspaikat olivat pysähtyneet tai mahdollisesti kuolleet. Edelleen Leppikosken voimalaitoksen yläpuolinen istutuspaikka sijaitsi Kiehimänjokeen laskevan Myllypuron suualueella. Oli siten myös mahdollista, että osa kaloista nousi istutuspaikan puroon sen sijaan, että lähtisi vaeltamaan alavirtaan Kiehimänjoessa. Tämän selvittämiseksi koko Myllypuro tutkittiin kannettavan paikannuslaitteen ja antennin avulla 20.6. Lisäksi merkityjä taimenia etsittiin kannettavan paikannuslaitteen avulla useista muista Kiehimänjokeen ja Emäjokeen laskevista puroista niiden suualueelta noin 500 metriä ylävirtaan.

Radiotelemetriaseurannan ajan jokiveden lämpötilaa seurattiin Leppikosken ja Seitenoikean voimalaitosten alapuolelle asennettujen lämpötilaloggereiden (HOBO UA-002-08 Onset Datalogger) avulla. Virtaamatiedot saatiin voimalaitosten järjestelmien kautta tallennetuista tiedoista. Ohijuoksutuksia ei ollut seurannan aikana kummallakaan voimalaitospadolla eli kaikki vedet virtasivat voimalaitosturbiinien kautta.



Kuva 3. Radiolähetinasemien asennusta Paltamossa jokisuulle (vasen), Leppikosken voimalaitoksen yläpuolelle (oikea ylä) ja Uurajärven alapuolelle (oikea ala).

2.5. Telemetry-aineiston käsittely

Radiolähetinasemille tallentui yleensä useita havaintoja kalan ollessa antennin lukualueella. Eri asemien havainnoista koostettiin kalakohtaisesti ensimmäisen ja viimeisen havainnon ajankohta kultakin antennilta. Tiedoista laskettiin istutusryhmittäin, kuinka monta kalaa eri antennien vaikutusalueella oli käynyt ja kuinka pitkä aika kaloilla kului istutuspaikalta alavirtaan ensimmäiselle antennille (aika istutushetkestä ensimmäiseen havaintoon) tai kuinka pitkä aika kaloilla kului liikkua peräkkäisten antennien välillä (ylemmän antennin viimeisestä havainnosta alemman antennin ensimmäiseen havaintoon). Eri istutusryhmien kalojen lukumääriä ja kulkuaikojä verrattiin tilastollisesti kolmen eri vaiheen osalta seuraavasti:

1. Ensimmäiselle voimalaitospadolle saapuminen: Tarkasteltiin, miten eri ryhmien (kanta, istutusaika) kalat saapuivat padon yläpuoliselta istutuspaikalta Seitenoikean (1,9 km; Istutuspaikka A, Kuva 1) tai Leppikosken (0,7 km; Istutuspaikka C, Kuva 1) padolle. Tämä vaihe kuvaa sitä, kuinka todennäköisesti ja nopeasti kalat saavuttivat lähimmän padon istutuspaikaltaan.
2. Ensimmäisestä voimalaitospadosta läpikäseminen: Vertailtiin eri ryhmien (kanta, istutusaika) kalojen lukumääriä siinä, kuinka moni kaloista onnistui kulkemaan padon läpi,

ja kauanko padolle saapumisesta kului, kunnes kala läpäisi padon. Tämä vaihe antaa tietoa kalojen onnistumisesta ensimmäisen voimalaitospadon ohittamisessa.

3. Jokivaellus padon alapuolelta noin 8 km päässä sijaitsevalle seurantapaikalle: Analysoitiin, kuinka monta kalaa eri ryhmistä (kanta, istutusaika, istutuspaikka) saapui ensimmäiselle padon alapuolella sijaitsevalle antennille (Seitenoikeasta Jokikylään tai Leppikoskelta jokisuulle Paltamoon). Tämä vaihe kertoo kalojen vaelluskäyttäytymisestä heti padon ohittamisen (padon yläpuolelle istutetut) tai istuttamisen (padon alapuolelle istutetut) jälkeen.

Eri ryhmien kalalukumäärien tilastollinen vertailumenetelmä vaiheissa 1–3 valittiin havaintomäärien perusteella: χ^2 -testiä käytettiin, kun havaintomäärät olivat riittävän suuria ja odotetut frekvenssit jokaisessa luokassa vähintään 5. Fisherin tarkkaa testiä käytettiin, kun havaintomäärät olivat pieniä tai odotetut frekvenssit jossain luokassa jäivät alle 5.

Kiinteiden havaintoasemien välisten kulkuaikojen analysoinnissa käytettiin ei-parametrista Mann-Whitneyn U-testiä, sillä havaintomäärät olivat keskimäärin pieniä. Lisäksi aineistossa esiintyi yleisesti äärimmäisiä arvoja, sillä yksittäisillä kaloilla saattoi kestää huomattavan pitkiä aikoja siirtyä eri vaiheiden (1–3) läpi. Pienissä otoksissa testituloksia voidaan tulkita lähinnä suuntaa antavina, ja niiden yleistämisessä tulee noudattaa varovaisuutta.

3. Tulokset

Tutkimuksessa istutettiin yhteensä 194 radiolähettimellä merkittyä järvitaimenen poikasta Oulujärveen laskevalle Hyrynsalmen reitille. Näistä 55 taimenta vapautettiin Seitenoikean voimalaitoksen yläpuolelle ja 42 kalaa alapuolelle (Taulukko 2, Kuvat 4 a-c). Vastaavasti 55 taimenta vapautettiin Leppikosken voimalaitoksen yläpuolelle ja 42 kalaa alapuolelle (Taulukko 3, Kuvat 4 d-f).

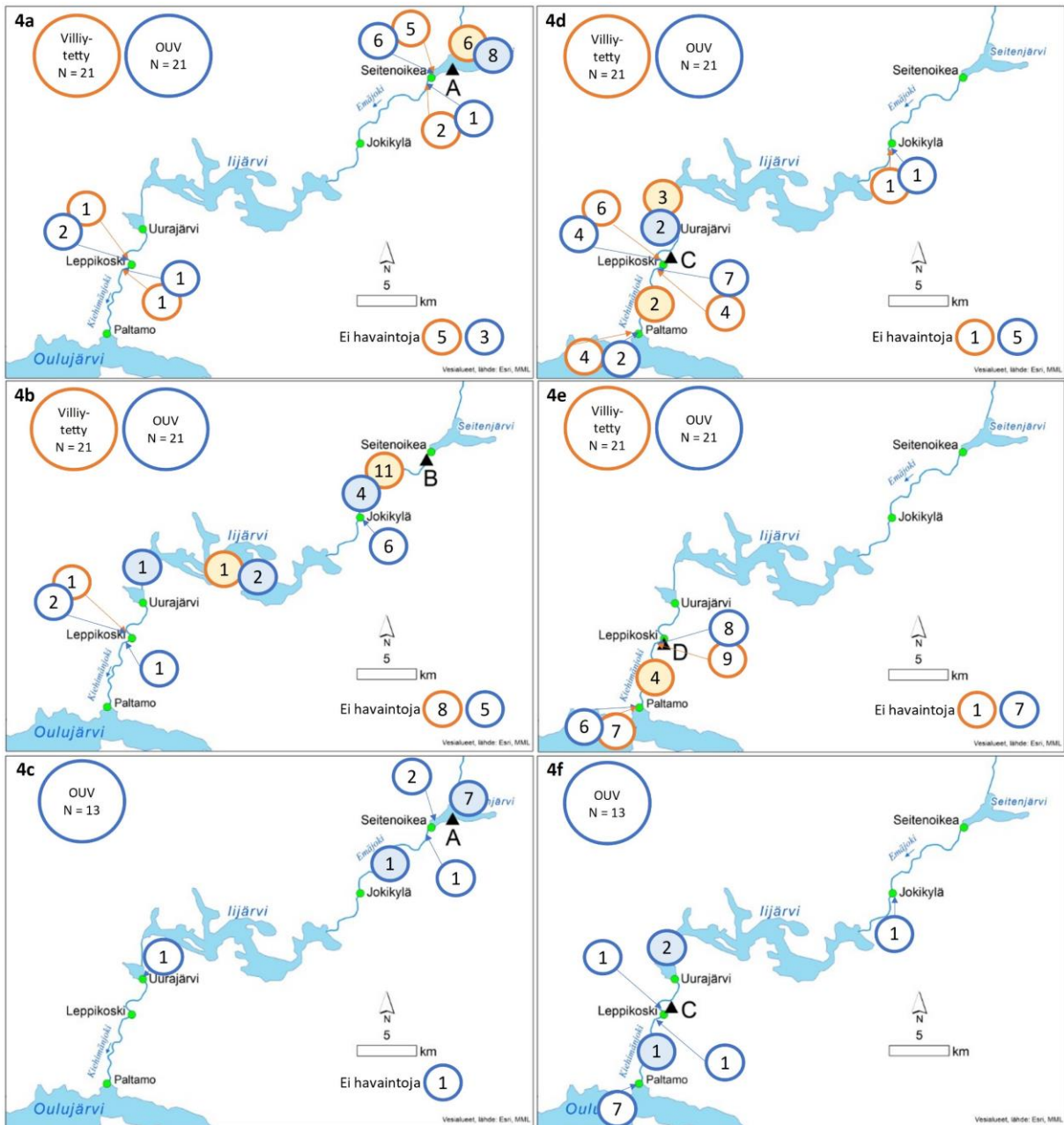
Istutetuista taimenista saatiin havaintoja yhteensä 157 kalasta (81 %). Näistä 73 % (114 kpl) vaelsi istutuspaikalta alavirtaan ja tuli havaituiksi antennilla, joka sijaitsi niiden istutuspaikasta alavirtaan. Kaloista, joista saatiin havaintoja, 27 % (43 kpl) ei lähtenyt vaeltamaan alavirran suuntaan, vaan ne joko löydettiin venepaikannuksissa istutuspaikan ja yläpuolisen radiolähetinaseman väliseltä alueelta tai havaittiin istutuspaikan yläpuolisella antennilla. Kaikkiaan 37:stä (19 %) istutetusta kalasta ei saatu ollenkaan havaintoja kiinteiltä radiolähetinasemilta eikä venepaikannuksissa (Kuva 4, Taulukot 2 ja 3). OUV- ja villiytetyn taimenkannan välillä ei ollut eroa havaittujen kalojen osuudessa istutetuista (81 % kummankin kannan istukkaista, $\chi^2 < 0,001$, $df = 1$, $p = 0,994$, $n = 194$).

Kannettavan radiolähetinvastaanottimen avulla maitse tehdyissä paikannuksissa pääuomaan laskevien sivujokien alueella ei löydetty merkittyjä taimenia tutkimuksen loppuvaiheessa. Myllypuro, jonka suualueelle Leppikosken padon yläpuolelle istutetut taimenet vapautettiin (istutuspaikka C, Kuvat 4 d ja 4 f), tutkittiin tarkasti koko jokialueeltaan. Muilla sivujoilla tutkittiin vain niiden alajuoksu noin 500 m jokisuusta. Siten osa kaloista, joista ei saatu havaintoja, on voinut nousta sivujokien yläjuoksulle.

3.1. Istutus padon yläpuolelle

Tutkimuksen keskeisenä kysymyksenä oli selvittää, kuinka suuri osa Seitenoikean ja Leppikosken voimalaitoksen yläpuolelle istutetuista taimenista selviytyy voimalaitosten läpi ja miten niiden vaellus jatkuu lijärvelle tai Oulujärvelle. Voimalaitosten yläpuolelle istutettiin yhteensä 110 kpl radiolähettimellä merkittyä taimenta (Kuvat 4 a, c, d ja f, Taulukot 2 ja 3). Istutetuista kaloista 78 % (86 kpl) havaittiin voimalaitospadon yläpuolen antennilla, 38 % (42 kpl, 49 % padon yläpuolella havaituista) selviytyi patojen läpi ja 19 % (21 kpl, 50 % padon läpäisseistä) kahdeksan kilometrin etäisyydelle padosta alavirtaan sijaitsevalle radiolähetinasemalle saakka Jokikylään tai Paltamoon. Näistä kuitenkin kaksi palasi takaisin ylävirtaan.

Patojen läpi menneistä 42 taimenesta 16 kalan (38 %) vaellus pysähtyi voimalaitoksen alapuolelle padon läheisyyteen ja viiden kalan (12 %) vaellus pysähtyi jokialueelle ennen Jokikylän tai Paltamon antennia (Taulukot 2 ja 3, Kuvat 4 a, c, d, f). Padon yläpuolelle istutetuista taimenista, joista ei saatu havaintoa padon yläpuoliselta antennilta, löydettiin kahdeksan kalaa (7 %) venepaikannuksissa istutuspaikan yläpuolisilta vesialueilta. Yhteensä 16 kalasta (14 %), jotka istutettiin padon yläpuolelle, ei saatu yhtään havaintoa koko tutkimuksen aikana (Kuvat 4 a, c, d, f, Taulukot 2 ja 3).



Kuva 4. Taimenista saatujen viimeisten havaintojen (kalojen lukumäärä ympyrän sisällä) sijoittuminen tutkimusalueelle kiinteän radiolähetinaseman (valkea pohja) tai venepaikannuksen perusteella (värillinen pohja). Havainnot on eritelty istutuspaikoittain (mustat kolmiot A-D, ks. Kuva 1) sekä Seitenoikean 30.5. (4 a) ja 7.6. (4 b, 4 c) että Leppikosken 30.5. (4 d) ja 7.6. (4e, 4 f) läheisyyteen tehtyjen istutusten mukaan. Kuvien vasemmassa yläkulmassa näkyvät istutettujen kalojen lukumäärät kannoittain, ja oikeassa alakulmassa kannoittain niiden kalojen lukumäärät, joista ei saatu yhtään havaintoa istutuksen jälkeen.

Taulukko 2. Seitenoikean ylä- ja alapuolelle (Istutusaikat A ja B, Kuvat 1, 4a, b ja c) istutetuista taimenista eri radiolähetinasemilta (Kuva 1) saatujen havaintojen lukumäärät ja %-osuudet istutetuista kalamääristä ylemmässä taulukossa. Taulukon alaosassa on esitetty keskimääräinen kulkuaika (h ja vaihteluväli) kiinteiden antennien välillä.

Vapautuspaikka	Istutusaika	Kanta	N	Seitenoikea ylä- puoli	Seitenoikea ala- puoli	Jokikylä	Leppikoski ylä- puoli	Leppikoski alapuoli	Paltamo
Kahavainnot (% , kalamäärä) seuranta- paikoilla									
A) Yläpuoli	30.5.2024	OUV	21	71 % (15)	24 % (5)	14 % (3)	14 % (3)	5 % (1)	0
		Villiytetty	21	71 % (15)	29 % (6)	10 % (2)	10 % (2)	5 % (1)	0
	7.6.2024	OUV	13	77 % (10)	23 % (3)	15 % (2)	0	0	0
B) Alapuoli	7.6.2024	OUV	21	-	-	57 % (12)	14 % (3)	5 % (1)	0
		Villiytetty	21	-	-	10 % (2)	5 % (1)	0	0
Kulkuaika tunteina (keskiarvo, mediaani, vaihteluväli) seuranta- paikkojen välillä									
A) Yläpuoli	30.5.2024	OUV	21	26, 19, 7–45	52, 50, 36–66	8, 7, 6–10	295, 72, 66–746	< 1	-
		Villiytetty	21	23, 17, 12–48	191, 161, 9–405	22, 22, 15–29	137, 137, 67–207	6	-
	7.6.2024	OUV	13	37, 24, 8–102	332, 81, 8–906	42, 42, 11–72	-	-	-
B) Alapuoli	7.6.2024	OUV	21	-	-	40, 19, 4–238	258, 147, 134–435	746	-
		Villiytetty	21	-	-	22, 22, 6–39	320	-	-

Taulukko 3. Leppikosken voimalaitoksen ylä- ja alapuolelle (Istutuspaikat C ja D, Kuva 1) istutetuista taimenista eri radiolähetinasemilta (Kuva 1) saatujen havaintojen lukumäärät ja %-osuudet istutetuista kalamäärästä esitetään taulukon yläosassa. Taulukon alaosassa on esitetty alavirtaan suuntautunut keskimääräinen kulkuaika (h ja vaihteluväli) kiinteiden antennien välillä.

Vapautuspaikka	Istutusaika	Kanta	N	Leppikoski yläpuoli	Leppikoski alapuoli	Paltamo
Kalahavainnot (% kalamäärä) seurantapaikoilla						
C) Yläpuoli	30.5.2024	OUV	21	76 % (16)	43 % (9)	10 % (2)
		Villiytetty	21	91 % (19)	48 % (10)	24 % (5)
	7.6.2024	OUV	13	85 % (11)	69 % (9)	54 % (7)
D) Alapuoli	7.6.2024	OUV	21	-	-	29 % (6)
		Villiytetty	21	-	-	38 % (8)
Kulkuaika tunteina (keskiarvo, mediaani, vaihteluväli) seurantapaikkojen välillä						
C) Yläpuoli	30.5.2024	OUV	21	27, 18, 2–117	37, 28, 6–107	21, 21, 5–36
		Villiytetty	21	93, 74, 3–297	89, 78, 3–226	16, 9, 5–46
	7.6.2024	OUV	13	22, 11, 3–71	42, 3, 0–145	7, 5, 3–19
D) Alapuoli	7.6.2024	OUV	21	-	-	22, 6, 6–94
		Villiytetty	21	-	-	87, 14, 5–506

Voimalaitosten välisessä vertailussa Leppikosken (0,7 km istutuspaikalta) padon yläpuolen antennille tallentui suurempi osa (84 %) istutetuista kuin Seitenoikean (1,9 km istutuspaikalta) antennille (73 %). Istutetuista kaloista Leppikosken padon alapuolelle selviytyi puolet (51 %), eli noin kaksi kertaa enemmän kaloja kuin selviytyi Seitenoikean padon alapuolelle (25 %). Kun huomioon otetaan vain patojen yläpuolella havaitut kalat, Leppikoskella 61 % taimenista läpäisivät padon, mikä oli 1,7 kertaa tehokkaammin kuin Seitenoikealla, missä 35 % yläpuolella havaituista kaloista läpäisi padon. Seitenoikealle saapuneilta kaloilta kului keskimäärin 7,2 vuorokautta ja Leppikoskelle saapuneilta 2,4 vuorokautta padon läpäisyyn. Vaellusnopeus padolta kahdeksan kilometrin etäisyydelle oli keskimäärin 4,3 km/h eikä siinä ollut eroa voimalaitosten välillä. Vain puolet padon läpäisseistä kaloista (13 % Seitenoikean yläpuolelle istutetuista ja 17 % padolle saapuneista sekä 25 % Leppikosken yläpuolelle istutetuista ja 30 % padolle saapuneista) selviytyi kahdeksan kilometrin etäisyydelle padosta alavirtaan, Seitenoikealta Jokikylään ja Leppikoskelta Paltamoon eli Oulujärvelle.

Istutusajankohdan vaikutusta taimenten selviytymiseen tutkittiin voimalaitosten yläpuolelle 30.5.2024 ja 7.6.2024 tehdyillä OUV- kannan taimenten istutuksilla. Leppikoskella istutuspaikalta Paltamoon selviytyi merkitsevästi suurempi osa 7.6. istutetuista kaloista verrattuna 30.5. samaan istutuspaikkaan vapautetuista taimenista (Fisherin tarkka testi: $p = 0,013$, $n = 34$). Seitenoikealla vastaavaa eroa ei kuitenkaan havaittu (Taulukot 2 ja 3, Liitteet 1 ja 2).

3.2. Istutus padon alapuolelle

Voimalaitosten alapuolelle istutettiin yhteensä 84 merkittyä taimenta (Kuvat 4 b ja e, Taulukot 2 ja 3). Näistä 33 % (28 kpl) selviytyi Jokikylän tai Paltamon asemille kahdeksan kilometriä alavirtaan. Tulos oli yhtäläinen Seitenoikean ja Leppikosken voimalaitoksilla. Kaloista 17 (20 %

istutetuista) jäi istutuspaikan tuntumaan ja 18 (21 % istutetuista) jokialueelle ennen Jokikylän tai Paltamon antennia. 21 kalasta (25 % istutetuista) ei saatu havaintoja koko tutkimuksen aikana. Paltamon aseman saavuttaneiden taimenten katsottiin päässeen Oulujärvelle saakka. Jokikylän saavuttaneet kalat olivat yli puolimatkaa Seitenoikean padolta kohti Iijärveä (Kuva 4, Kappale 3.3.).

Istutuspaikan vaikutusta tutkittiin vertailemalla samana päivänä (7.6.) voimalaitosten ylä- ja alapuolelle istutettujen OUV-kannan taimenten menestymistä padolta alavirtaan. Seitenoikean alapuolelle istutetuista kaloista merkittävästi enemmän selviytyi Jokikylän radiolähetin-asemalle kahdeksan kilometrin päähän verrattuna samana päivänä padon yläpuolelle istutettuihin OUV-kannan taimeniin ($X^2 = 5,781$, $df = 1$, $p = 0,016$). Mielenkiintoisesti Leppikoskella tulos oli päinvastainen, mutta ero oli tilastollisesti merkitsevä (Fisherin tarkka testi: $p = 0,020$, $n = 30$) vain silloin, kun huomioon otettiin padon läpäisseet taimenet (Taulukot 2 ja 3, Liitteet 1 ja 2).

3.3. Kahden padon ja järviolueen läpivaeltaneet taimenet

Seitenoikealle istutetuista ja Jokikylässä havaituista 21 taimenesta (sekä ylä- että alapuolelle istutetut) yhdeksän kalaa (43 %) selviytyi Leppikosken voimalaitokselle asti eli noin 32 km joki- ja järviolueen läpi. Vaellus kesti Jokikylän radiolähetinasemalta mitattuna keskimäärin 10 päivää (vaellusnopeus $7,8 \text{ kmh}^{-1}$). Seitenoikean padon yläpuolelle istutetuista kaloista (55 kpl) voitiin laskea myös kahden voimalaitoksen läpi uineiden kalojen osuus. Seitenoikean yläpuolelta Leppikosken yläpuolelle selviytyi yhteensä viisi taimenta (9 % istutetuista, 36 % Seitenoikean padon läpäisseistä). Näistä kaksi jo Seitenoikean padon läpäisyyttä (4 % istutetuista, 14 % Seitenoikean padon läpäisseistä) selviytyi myös Leppikosken padon eli kaikkiaan kahden padon läpi. Nämä kalat eivät kuitenkaan selviytyneet enää Paltamoon eli Oulujärvelle saakka. Kalojen läpäisytehokkuus ensimmäisellä voimalaitoksella (Seitenoikea) oli 35 % ja toisella (Leppikoski) 40 %.

Seitenoikean alapuolelle istutetuista taimenista neljä (9 % istutetuista) selviytyi 40 km joki- ja järvi-vaelluksesta aina Leppikosken padolle asti ja näistä yksi (2 % istutetuista) voimalaitospadon läpi, mutta ei kuitenkaan Oulujärvelle saakka.

Istutuseräkohtaiset tulokset voimalaitoksittain on esitetty tarkemmin kappaleissa 3.1 ja 3.2. sekä liitteissä 1 ja 2.

3.4. Villiytettyjen ja OUV-laitoskannan taimenten alasvaellus

Tutkimuksessa selvitettiin myös, miten villiytetyn taimenkannan vaelluspoikaset selviytyvät patojen läpi ja vaeltavat verrattuna OUV-laitoskannan poikasiin (Taulukot 2 ja 3). Patojen yläpuolelle 30.5. istutetuista 42 OUV-kannan taimenesta 74 % (31 kpl) ja 42:sta villiytetyn kannan taimenesta 81 % (34 kpl) havaittiin istutuspaikan alapuolisen voimalaitospadon ylemmältä radiolähetinasemalla. Havaittujen kalojen määrässä ei ollut merkitsevää eroa kantojen välillä: $X^2 = 0,612$, $df = 1$, $p = 0,434$; $n = 84$). Aika kalojen istutuksesta niiden saapumiseen ensimmäiselle padolle kuitenkin erosi istutuskantojen välillä ($U = 373$, $Z = -2,023$, $p = 0,043$; $n = 65$). OUV-kannan taimenilla kului siirtymiseen keskimäärin 23 h (mediaani 19 h, vaihteluväli 2–117 h) ja villiytetyn kannan taimenilla 62 h (mediaani 29 h, vaihteluväli 3–197 h)

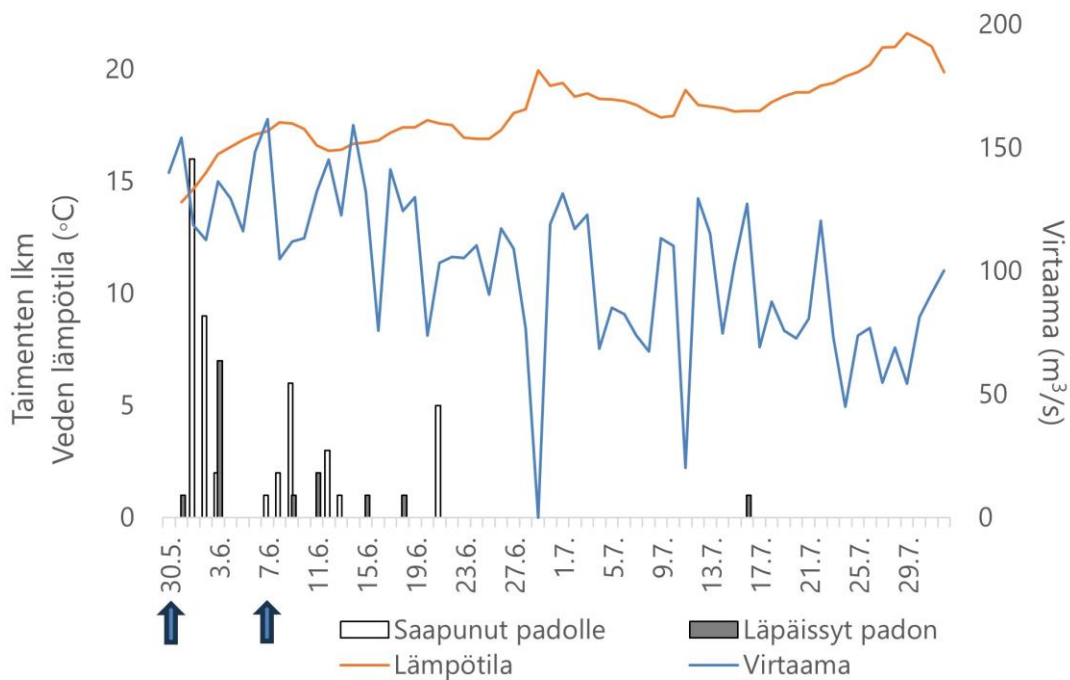
Patojen läpi selviytyi 33 % (14 kpl, 45 % padon yläpuolella havaituista) 30.5.2024 istutetuista OUV-kannan taimenista ja vastaavasti 38 % (16 kpl, 47 % padon yläpuolella havaituista) villiytetyn kannan taimenista. Padon läpäisseiden kalojen lukumäärä ei eronnut kantojen välillä merkitsevästi ($\chi^2 = 0,207$, $df = 1$, $p = 0,649$; $n = 84$). Keskimääräinen viiveaika, joka kaloilta kului padolle saapumisesta voimalaitoksen läpimenoon, ei myöskään eronnut merkitsevästi taimenkantojen välillä ($U = 71$, $Z = -1,704$, $p = 0,088$; $n = 30$). OUV-kannan taimenilla kului padon läpimenoon keskimäärin 43 h (mediaani 42 h, vaihteluväli 6–107 h) ja villiytetyn kannan taimenilla 127 h (mediaani 65 h, vaihteluväli 3–405 h).

Padon läpäisseistä taimenista vain osa jatkoi matkaa seuraavalle kahdeksan kilometrin päässä padosta sijaitsevalle radiolähetinasemalle (Jokikylä ja Paltamo). Matkasta selvisi 12 % (5 kpl, 36 % padon läpäisseistä) istutetuista OUV-kannan ja 17 % villiytetyn kannan (7 kpl, 44 % padon läpäisseistä) taimenista. Ero kalojen lukumäärissä kantojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää ($\chi^2 = 0,359$, $df = 1$, $p = 0,533$; $n = 84$). OUV-kannan taimenilla matkaan kului keskimäärin 13 h (mediaani 7 h, vaihteluväli 5–36 h) ja villiytetyn kannan taimenilla 18 h (mediaani 15 h, vaihteluväli 5–46 h). Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($U = 15$, $Z = -0,406$, $p = 0,755$; $n = 12$).

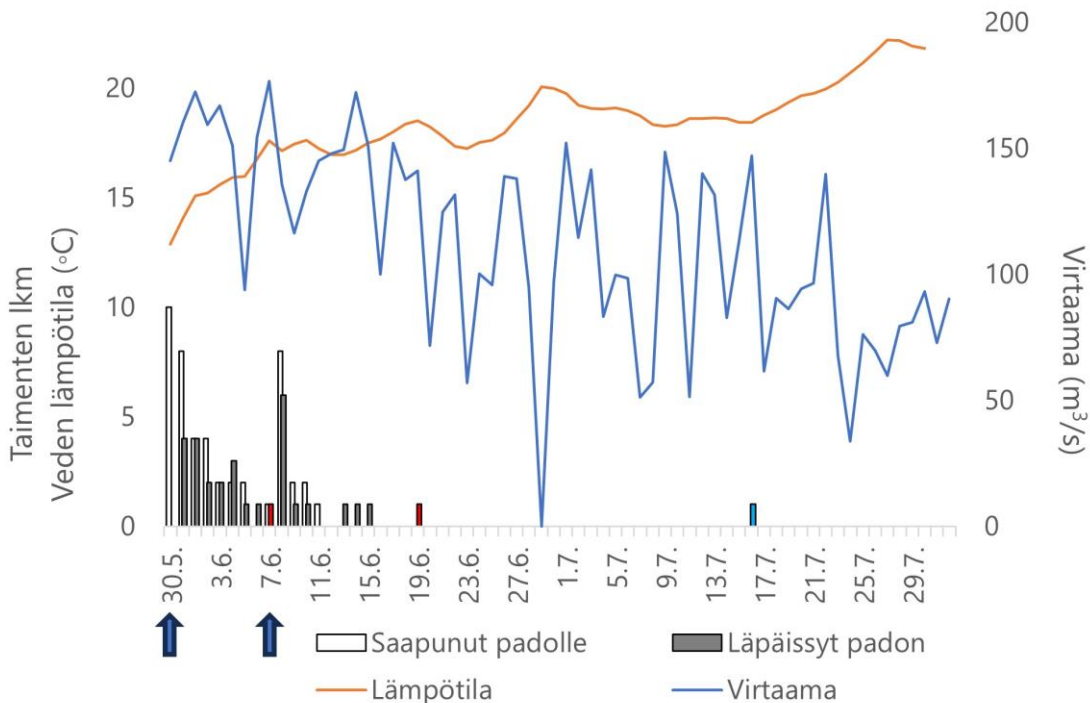
Patojen alapuolelle tehdyissä istutuksissa taimenkantojen välisen vertailun tulokset poikkesivat voimalaitosten välillä. Seitenoikean alapuolelta vapautetuista OUV-kannan kaloista merkitsevästi suurempi osa ($\chi^2 = 10,714$, $df = 1$, $p < 0,001$) taimenista havaittiin kahdeksan kilometrin päässä Jokikylän radiolähetinasemalla kuin villiytetyn kannan taimenista. Seitenoikealla villiytetyistä taimenista jäi suurempi osa voimalaitospadon ja Jokikylän väliselle jokialueelle (Kuva 4 b). Leppikoskella tulos oli päinvastainen mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää ($\chi^2 = 0,429$, $df = 1$, $p = 0,513$). Vaellusnopeudessa ei havaittu eroa taimenkantojen välillä ($U = 13$, $Z = -1,420$, $p = 0,181$).

3.5. Virtaaman ja lämpötilan vaikutus

Virtaamalla ja lämpötilalla ei havaittu johdonmukaista selvää vaikutusta kalojen vaellusaikaan istutuspaikalta alapuoliselle voimalaitospadolle eikä viiveaikaan, joka kaloilta kului padolle saapumisen ja padon läpimenon välillä (Kuvat 5 ja 6). Seitenoikealla keskimääräinen virtaama aikavälillä 30.5.-21.6, jolla lähes kaikki taimenet olivat menneet padon läpi, oli $125,5 \pm 22,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ja Leppikoskella $141,6 \pm 26,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Virtaamien tuntikeskiarvo ajanhetkellä, jolloin taimenet menivät Seitenoikean padon läpi oli $120,0 \pm 45,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ja Leppikoskella $148,6 \pm 44,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Leppikoskella taimenet menivät siten padon läpi hieman kovemmassa virrassa verrattuna tarkastelujakson keskivirtaamaan, mutta Seitenoikealla tilanne oli päinvastainen. Keskimääräinen veden lämpötila vastaavana aikana oli Seitenoikealla $16,7 \pm 0,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ja Leppikoskella $16,8 \pm 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Veden lämpötila silloin, kun taimenet menivät padon läpi, oli Seitenoikealla keskimäärin $16,5 \pm 0,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ja Leppikoskella $16,0 \pm 1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Kuvat 5 ja 6).



Kuva 5. Seitenoikean voimalaitoksen vuorokauden keskivirtaama (m^3/s), veden lämpötila ($^{\circ}\text{C}$), padolle saapuneiden taimenten määrä (kpl; valkea pylväs) ja padon läpimenneiden taimenten määrä (kpl; harmaa pylväs). Istutusajankohdat on osoitettu nuolilla.



Kuva 6. Leppikosken voimalaitoksen vuorokauden keskivirtaama (m^3/s), veden lämpötila ($^{\circ}\text{C}$), padolle saapuneiden taimenten määrä (kpl; valkea pylväs) ja padon läpimenneiden taimenten määrä (kpl; harmaa pylväs: Leppikosken yläpuolelle istutetut, punainen pylväs: Seitenoikean yläpuolelle istutetut, sininen pylväs: Seitenoikean alapuolelle istutettu). Istutus-ajankohdat on osoitettu nuolilla.

4. Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen perusteella taimenen vaelluspoikasten selviytymisen suurimpana ongelmana Oulujärveen laskevalla Hyrynsalmen reitillä oli voimalaitospatojen vaellusta hidastava ja suurelle osalle kaloista vaelluksen kokonaan pysäyttävä vaikutus. Seitenoikealla voimalaitoksen padon yläpuolelle pysähtyi 65 % ja Leppikoskella 39 % padolle selviytyneistä vaelluspoikasista. Leppikoskella pysäytysvaikutus kaloille, jotka tulivat jo toiselle padolle, oli 60 % läpäistyään ensin Seitenoikean padon. Toiselle padolle saapuneiden taimenten määrä oli kuitenkin niin pieni (5), että tulosta voi pitää vain suuntaa antavana. Taimenen vaelluspoikasten selviytymisestä voimalaitospatojen läpi on vain vähän tutkimuksia, jotka vastaisivat tässä tutkimuksessa vallinneita olosuhteita ja tutkimusasetelmaa. Karppinen ym. (2022) tutkivat taimenen poikasten alasvaellusta Hietaman- ja Leuhunkosken voimalaitoksilla Saarijärven reitillä. Padon yläpuolelle 200 m etäisyydelle vapautetuista kaloista selviytyi padon alapuolelle hengissä 40–61 % istutetuista taimenista. Jepsen ym. (1989) tutkivat meritaimenen ja -lohen vaelluspoikasten selviytymistä tanskalaisen tekojärven ja sen alapuolella olevan voimalaitospadon läpi. Varsinainen jokivaiheen vaellus kuitenkin puuttui heidän tutkimuksestaan, jossa radiolähettimellä merkityistä istutetuista lohista 10 % selviytyi tekojärven läpi padon alapuolelle, mutta taimenista ei yhtään. Poikasista 90 % kuoli kolmessa viikossa niiden vapauttamisen jälkeen pääosin petokalojen ja lintujen saalistamana.

Merilohen vaelluspoikasten menestymisestä niiden alasvaelluksen aikana on tehty enemmän tätä tutkimusta vastaavia tutkimusasetelmia myös suomalaisissa rakennetuissa joissa (esim. Huusko ym. 2018, 2024, Mönttinen ym. 2024). Ijoen Pahkakosken voimalaitospadolla havaittiin vastaava lohen vaelluspoikasten vaellusta pysäyttävä vaikutus (57–65 %) kuin tässä tutkimuksessa Seitenoikealla taimenilla. Pahkakoskella vastaava vaikutus havaittiin myös silloin, kun kalat kohtasivat voimalaitoksen toisen kerran (Huusko ym. 2024). Lisäksi Pahkakosken voimalaitoksen läpi menneillä vaelluspoikasilla viipymäaika laitoksen yläpuolella oli keskimäärin useita vuorokausia, kuten tässäkin tutkimuksessa havaittiin kummallakin voimalaitospadolla. Tässä tutkimuksessa havaittu viive padolle saapumisen ja padon läpäisyn välillä oli pisimmillään yli kaksi viikkoa, kun se useimmilla kaloilla oli muutamista tunneista muutamaiin päiviin. Venepaikannusten perusteella taimenet saattoivat ensimmäisen padolla käynnin jälkeen liikkua vielä useiden kilometrien alueella padon yläpuolella ennen läpimenoa padon alapuolelle. Osa Leppikosken padon yläpuolelle istutetuista ja ensin alavirtaan pyrkineistä taimenista nousi padolla käynnin jälkeen yläpuoliselle jokialueelle ja näistä kolme kalaa jopa 32 km matkan vastavirtaan Iijärven läpi aina Jokikylän antennille asti. Tällainen vaellus voi myös liittyä taimenella havaittuun harvinaiseen ja ainakin osittain geneettisesti ohjautuvaan elinkierroon toimintamalliin, jossa sukukypsät taimenet laskeutuvat kudulle järvestä lähtevään jokeen ja poikaset puolestaan nousevat syönnösvaellukselle vastavirtaan yläpuoliselle järvelle (Ferguson ym. 2019). Suomesta löytyy vielä ainakin yksi tällainen taimenkanta Kuusamon Kitkajoen Jyrävänkönkään yläpuoliselta jokiosuudelta (Keränen 1979) ja aiemmin sellainen on ollut myös vapaasti virranneessa Vuoksessa (Seppovaara 1984).

Vaelluspoikaset liikkuvat yleensä pinnan tuntumassa ja on oletettu, että syvällä oleva vedenottoaukko vaikeuttaa vaellusreitien löytämistä voimalaitosten läpi (Huusko ym. 2024). Ijoen Pahkakoskella on kaksi Kaplan-turbiinia kuten Leppikoskellakin (Seitenoikealla yksi), mutta Pahkakosken vedenottoaukko on syvemmällä (9–10 m) kuin Seitenoikealla (6 m) ja Leppikoskella (5 m). Tässä tutkimuksessa vedenottoaukon syvyyden vaikutusta vaelluksen edistymiseen ei kuitenkaan pystytty arvioimaan, koska Leppikosken ja Seitenoikean

vedenottoaukkojen syvyydessä ei ollut suurta eroa eikä taimenilla ollut muita reittejä käytävissä. Myöskään virtaamalla ja lämpötilalla ei havaittu olevan johdonmukaista selvää vaikutusta padon läpäisyyn. Tutkimuksen aikana virtaukset vaihtelivat voimakkaasti, mutta kun ohijuoksutuksia ei ollut, vedet ja kalat ohjautuivat padolla alavirtaan pelkästään voimalaitosturbiinien kautta. Mönttisen ym. (2024) tutkimuksessa osa alasvaeltavista lohen poikasista käytti ohijuoksutusväyliä, jotka voisivat myös Hyrynsalmen reitillä vähentää patojen pysäyttävää tai hidastavaa vaikutusta, jos taimenten istutukset ja vaellus ajoittuisivat aiemmin keväällä ohijuoksutusten ajalle.

Luonnonvaraisen järvitaimenen poikasvaelluksen huippu on ajoittunut esimerkiksi Kitkajoessa veden lämpötilan ollessa keväällä 11–12 °C tulvahuipun aikoihin (Keränen 1979). Tässä tutkimuksessa veden lämpötila vaihteli 12,5–21,9 °C. Kalat istutettiin voimakkaasti nousevaan lämpötilaan ja alasvaelluksen alkamiselle tyypillinen lämpötila oli jo ohitettu kalojen istutushetkellä eli kalojen vaelluksen oletettiin myös alkavan heti istutuksen jälkeen. Jokivesi oli kuitenkin selvästi lämpimämpää myöhempänä istutuspäivänä: 30.5. (12,5 °C) ja 7.6. (17,5 °C). Lisäksi virtaamat olivat jonkin verran suurempia jälkimmäisenä istutuspäivänä. Leppikosken yläpuolelle istutettujen OUV-kannan taimenten merkitsevästi parempi selviytyminen Oulujärvelle jälkimmäisen päivän istutuksesta verrattuna ensimmäiseen voi osin selittyä tällä istutuspäivien lämpötilan ja virtaamien eroilla. Tosin vaellusnopeuksissa ei ollut merkitseviä eroja eikä Seitenoikealla havaittu vastaavaa eroa selviytymisessä istutuspäivien välillä. Tulosten erot voimalaitosten välillä viittaavat siihen, että tässä tutkimuksessa todennäköisesti muut syyt vaikuttivat lämpötilaa ja virtaamaa enemmän kalojen vaellusnopeuteen tai selviytymiseen. Voimalaitosten välillä tulokset poikkesivat myös istutuspaikkojen välisessä vertailussa. Seitenoikean alapuolelle istutetut kalat selviytyivät oletuksen mukaisesti padolta kahdeksan kilometrin päähän Jokikylään tehokkaammin kuin samana päivänä padon yläpuolelle istutetut OUV-kannan taimenet, mutta Leppikoskella tulos oli päinvastainen Paltamoon selvinneiden osalta. Havaitut erot voimalaitosten välillä vaikeuttavat taimenten selviytymiseen ja vaelluksiin vaikuttavien tekijöiden arviointia.

Alasvaeltavan kalan kohtaamien voimalaitosten ja patoaltaiden määrän lisääntyessä niiden ohittamiseen liittyvät haasteet ja kuolleisuutta aiheuttavat tekijät yleensä kertautuvat (Huusko ym. 2014). Esimerkiksi Kemijoella lohen vaelluspoikasten selviytyminen neljän voimalaitospadon läpi ja noin 90 km vaelluksesta jokisuulle on vaihdellut tutkimuksesta ja istutuserästä riippuen 8–25 % (Huusko ym. 2018, Mönttinen ym. 2024). Tässä tutkimuksessa Oulujärveen laskevalta Hyrynsalmen reitiltä ei selviytynyt yhtäkään taimenen vaelluspoikasta kahden voimalaitoksen läpi sekä yhteensä 50 kilometrin joki- ja järviaalueiden vaelluksesta Oulujärvelle. Patoaltaan tai järven läpivaellus alasvaelluksen aikana voi aiheuttaa 100 % tappioita taimenen vaelluspoikasille kuten Jepsen ym. (1998) tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa Jokikylän radiolähetinaseman saavuttaneista taimenista 43 % kuitenkin selviytyi Leppikosken padolle saakka noin 40 km matkan suurelta osin järviaalueiden läpi. Tässä tutkimuksessa kahden padon pysäyttävä yhteisvaikutus sekä padon läpäisyn jälkeinen kuolleisuus tai vaelluksen päättyminen olivat patojen välissä olleen järviaalueen läpivaelluksen aikaista vaellustappiota suurempi ongelma.

Myös jokiosuuksilla kuolleisuus voi olla korkeaa. Iijoen Haapakosken ja Pahkakosken voimalaitosten välisellä jokiosuudella kuolleisuus oli keskimäärin 1,9–2,5 % jokikilometriä kohden (Huusko ym. 2024), kun tässä tutkimuksessa molemmilta padoilta kahdeksan kilometrin etäisyydelle selviytyi 50 % padon läpäisseistä kaloista eli jokikilometriä kohden alueelle jäi keskimäärin 6,2 % kaloista sisältäen padon alle jääneet kalat. Lohella poikasten

alasvaelluskuolleisuus on tavallista myös luonnontilaisissa joissa. Thorstad ym. (2012) esittävät alasvaelluskuolleisuuden vaihtelevan 0,3–7,0 % välillä jokaista luonnontilaista jokikilometriä kohden. Vapaalla Tornionjoella lohen vaelluspoikasten kuolleisuuden on havaittu olevan keskimäärin 0,3 % ja Ounasjoella 0,4 % jokikilometriä kohden (Huusko ym. 2018), joten huolellisella alasvaellusreittien suunnittelulla tappioita ei voida kokonaan poistaa. Hyvärinen ja Vehanen (2004) tutkivat aiemmin Oulujärven taimenen alasvaellusta Oulujärven laskevalla Kajaaninjoella sen alimman voimalaitoksen ja järven välisellä matkalla. Kolmevuotiaista radiolähettimellä merkityistä istutetuista taimenista selviytyi tuolloin 50 % Oulujärvelle noin kahdeksan kilometrin pituisen pääosin järvimäisen alueen läpi, eli paremmin kuin Leppikosken ja Seitenoikean alapuolelle istutetuista taimenista, mutta samaa tasoa kuin padon läpäisseet kalat tässä tutkimuksessa. Kajaaninjoen tutkimuksessa haukien todettiin aiheuttaneen pääosan taimenten tappioista. Tässä tutkimuksessa yksi Seitenoikealta vaeltamaan lähtenyt taimen löydettiin saaliiksi saadun hauen mahasta n. 1,5 km istutuspaikalta alavirtaan (Kuva 7). Paikalleen jääneiden taimenten kuolinsyitä ei kuitenkaan tutkittu tässä tutkimuksessa järjestelmällisesti.



Kuva 7. Seitenoikean alapuolelta pyydystetty hauki ja sen syömä radiolähettimellä merkitty taimen.

Villiytetyn kannan ja OUV-kannan vertailussa tulokset poikasten selviytymisessä poikkesivat voimalaitosten ja istutuspaikkojen välillä. Villiytetyt taimenet lähtivät molemmilla voimalaitoksilla OUV-kannan taimenia hitaammin vaellukselle istutuspaikalta. Vastaavaa käyttäytymistä vertailussa olleilla taimenkannoilla (OUV vs. villiytetty) on havaittu myös kokeellisissa tutkimuksissa (Alioravainen ym. 2020). Padon läpäisyn jälkeen vaellusnopeudessa ei kuitenkaan ollut merkitsevää eroa kantojen välillä. Seitenoikean alapuolelle istutettuja OUV-kannan taimenia selviytyi enemmän kahdeksan kilometrin etäisyydelle padosta, mutta muutoin selviytymisessä ei ollut eroja tai villiytettyjä selviytyi enemmän.

Vaikka tässä tutkimuksessa ei havaittu johdonmukaisia eroja villiytettyjen ja OUV-kannan taimenten selviytymisessä vaelluksen eri vaiheissa, hoitokannan villiyttämistä suositellaan jatkettavan risteyttämällä hoitokannan emokaloja luonnosta pyydystetyillä taimenilla. Kokeellisissa

testeissä vastaavasti villiytettyjen taimenten on havaittu selviytyvän paremmin haukien saalis-
tukselta (Alioravainen ym. 2018). Kokeellisissa oloissa myös villiytettyjen taimenten vaellus on
ollut hitaampaa kuin OUV-kannan taimenilla, tosin toisessa sukupolvessa tehty takaisinristey-
tys OUV-kannan kanssa pienensi eroa (Vainikka ym. 2023). Tässä tutkimuksessa havaittu vil-
liytettyjen taimenten hitaampi/varovaisempi liikkeelle lähtö ei jatkunut padon läpäisyn jäl-
keen. Villiyttämiseen tulisi kuitenkin jatkossa käyttää ensisijaisesti järvivaelluksen tehneitä ku-
temaan nousevia villejä emokaloja. Mikäli näitä ei ole riittävästi saatavilla, poikasena pyydys-
tetyillä taimenilla villiytettyä hoitokantaa tulee takaisinristeyttää toisessa sukupolvessa OUV-
kannan taimenilla vaellusominaisuuksien säilymisen varmistamiseksi (Hyvärinen ym. 2022,
Vainikka ym. 2023).

Tulosten perusteella Hyrynsalmen reitiltä Oulujärvelle alasvaeltavien taimenen poikasten kes-
keinen ongelma selviytymisessä oli vaelluksen pysähtyminen useiksi päiviksi niiden saavuttua
voimalaitospadolle sekä tappiot heti padon jälkeen. Seitenoikealla taimenilla oli suurempia
ongelmia padon läpäisyssä kuin Leppikoskella. Voimalaitosten läpimenoon kytkeytyvien suur-
ten tappioiden vuoksi Hyrynsalmen reitin alasvaeltaville taimenille tulisi toteuttaa toimivat
alasvaellusreitit luontaisen lisääntymiskierron edellytysten parantamiseksi. Jokialueilla kasva-
neiden taimenten alasvaellustappioita voi olla mahdollista vähentää myös keräämällä vaelluk-
sella olevia poikasiasia ja kuljettamalla niitä voimalaitosten ohi vesistöreitin alajuoksulle (Huusko
ym. 2024).

Kiitokset

Tämä tutkimus toteutettiin Fortum Power and Heat Oy:n tilaamana ja rahoituksella. Luonnon-
varakeskuksesta tutkimuksen toteuttamiseen osallistui kirjoittajien lisäksi Ari Leinonen, Jouni
Karhu, Miitri Mönttinen ja Tapio Laaksonen. Caverion Suomi Oy:n henkilökunta mahdollisti
kenttätöiden sujuvuuden voimalaitosalueilla.

Viitteet

- Alioravainen, N., Hyvärinen, P., Kortet, R., Härkönen, L. & Vainikka, A. 2018. Survival of cross-bred brown trout under experimental pike predation and stocking in the wild. *Boreal Environment Research* 23: 267–281.
- Alioravainen, N., Prokkola, J., Lemopoulos, A., Härkönen, L., Hyvärinen, P. & Vainikka, A. 2020. Post-release exploration and diel activity of hatchery, wild, and hybrid strain brown trout in semi-natural streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 77: 1772–1779.
- Ferguson, A., Reed, T.E., Cross, T.F., McGinnity, P. & Prodöhl P.A. 2019. Anadromy, potamodromy and residency in brown trout *Salmo trutta*: the role of genes and the environment. *Journal of Fish Biology* 95: 692–718.
- Huusko, R., Orell, P., van der Meer, O., Jaukkuri, M. & Mäki-Petäys, A. 2012. Lohen vaelluspoikasten radiotelemetriaseuranta lijoella vuosina 2010–2011. Työraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 30 s.
- Huusko, R., Orell, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A. ja Erkinaro, J. 2014. Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetuissa joissa – ongelmat ja ratkaisumahdollisuudet. RKT:n työraportteja 8/2014.
- Huusko, R., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A., Orell, P. & Erkinaro J. 2018. Survival and migration speed of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in two large rivers: one without and one with dams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 75(8): 1177–1184.
- Huusko, R., Jääskeläinen, J. & Orell, P. 2024. Lohi lijokeen: Lohen vaelluspoikasten seuranta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 74/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 30 s.
- Hyvärinen, P., Härkönen, L. & Leinonen, T. 2022. Oulujoen vesistön järvitaimenen hoitokannan villiyttäminen – Työraportti vuosilta 2019–2021. Luonnonvarakeskus. 7 s.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022081655516>
- Hyvärinen P. & Vehanen T. 2004. Effect of brown trout body size on post-stocking survival and pike predation. *Ecology of Freshwater Fish* 13: 77–84.
- Härkönen, L.S., Hyvärinen, P., Rinnevali, R., van der Meer, O., Orell, P., Veneranta, L., Erkinaro, J. & Louhi, P. 2023. Kalastonhoidon kehittäminen Oulujoen vesistössä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 47/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 138 s.
- 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 a seaward migration. *Hydrobiologia* 371/372: 347–353.
- Karppinen, P., Helminen, J., Hynninen, M., Keskinen, T. & Vehanen, T. 2022. Taimenen poikasten alasvaellus Hietaman- ja Leuhunkosken voimalaitoksilla: FRESHABIT-projektin Saarijärven reitin alasvaellustutkimus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 19/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 31 s

- Kekäläinen, J, Niva, T. & Huuskonen H. 2008. Pike predation on hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a northern Baltic river. *Ecology of Freshwater Fish* 17(1): 100–109.
- Keränen, M. 1979. Kitkajärvien kudulle laskeutuva taimen. *Suomen Kalastuslehti* 86: 56–58.
- Louhi, P., Hyvärinen, P., Huusko, A., Kuningas, S., Ruokonen, T., Korhonen, P.K., Härkönen, L. & Lappalainen, A. 2023. Kalatalouden ympäristöohjelma: loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 63/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 65 s.
- Mönttinen, M., Orell, P., Rinnevali, R., Jääskeläinen, J. & Huusko, R. 2024. Lohen vaelluspoikasten selviytyminen Kemijoella: Erot voimalaitosten välillä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 24 s.
- Norrgård, J.R., Greenberg, L.A., Piccolo, C.C., Schmitz, M. & Bergman, E. 2013. Multiplicative loss of land-locked Atlantic salmon *Salmo salar* L. smolts during downstream migration through multiple dams. *River Research and Applications* 29: 1306–1317.
- Seppovaara, O. 1984. Vuoksi. Luonto ja ihminen vesistön muovaajina. Suomalaisen kirjallisuuden seura. Jyväskylä. 164 s.
- Thorstad, E.B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A.H. & Finstad, B. 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *Journal of Fish Biology* 81(2): 500–542.
- Vainikka, A., Elvidge, C., Prokkola, J.M., Lemopoulos, A., Vornanen, M., Härkönen, L.S., Alioravainen, N. & Hyvärinen, P. 2023. Two-generation common-garden experiment reveals a strong genetic contribution to migration tendency in brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 80: 1394–1409.

Liitteet

LIITE 1. Seitenoikean voimalaitoksen istutusten eräkohtaiset tulokset

Istutukset Seitenoikean voimalaitokselle

Seitenoikean padon ylä- ja alapuolelle istutettiin yhteensä 97 radiolähettimellä merkittyä taimenta, joista saatiin havaintoja yhteensä 74 kalasta (Taulukko 2). Näistä 73 % (54 kpl, 56 % istutetuista) vaelsi istutuspaikalta alavirtaan ja havaittiin ensimmäisellä antennilla niiden istutuspaikasta alavirtaan. Seitenoikealle istutetuista taimenista 22 % (21 kpl) havaittiin Jokikylän radiolähetinasemalla 8 km etäisyydellä padosta. Seitenoikealle istutetuista kaloista 9 % (9 kpl) selviytyi Leppikosken padolle saakka uituaan läpi Ristijärven ja Iijärven sekä niiden ylä- ja alapuoliset jokialueet, yhteensä noin 40 km matkan. Leppikosken padon läpäisi 3 % (3 kpl) istutetuista kaloista, mutta yhtään Seitenoikealle istutetuista ei havaittu Paltamon radiolähetintennillä.

Voimalaitoksen yläpuolelle istutettiin 55 kpl merkittyä taimenta (Kuvat 4 a, c). Istutetuista 73 % (40 kpl) havaittiin voimalaitospadon yläpuolella. Istutuksesta padolle saapumiseen kesti lyhimmillään seitsemän tuntia ja pisimmillään neljä päivää (Taulukko 2). Istutetuista 25 % (14 kpl, 35 % padolla havaituista) selviytyi padon läpi. Viive padolle saapumisen ja padon läpäisyn välillä vaihteli kahdeksasta tunnista 38 päivään (Kuva 5, Taulukko 2). Voimalaitoksen yläpuolelle istutetuista taimenista 13 % (7 kpl, 50 % padon läpäisseistä) havaittiin kahdeksan kilometrin etäisyydellä padosta alavirtaan sijaitsevalla radiolähetinasemalla Jokikylässä. Voimalaitoksen alapuolelle istutettiin 42 merkittyä taimenta (Kuva 4 b). Näistä 33 % (14 kpl) selviytyi Jokikylän asemalle.

Istutus padon yläpuolelle 30.5.2024 (Istutuskannat - Padon läpäisy)

Seitenoikean padon yläpuolelle (Istutuspaikka A, kuva 4a) 30.5.2024 vapautetusta 42 taimenesta 71 % (30 kpl) havaittiin voimalaitospadon yläpuolen antennilla (1,9 km istutuspaikalta). Kaloilla kesti keskimäärin noin yksi vuorokausi istutuksesta siihen, kun ne havaittiin antennilla ensimmäisen kerran. Padolle saapui sama määrä OUV-kannan ja villiytetyn kannan taimenia (Taulukko 2). Kantojen välisiä eroja ei ollut myöskään ajassa, joka kaloilla kului siirtyä istutuspaikalta padolle ($U = 119$, $Z = 0,270$, $p = 0,787$; $n = 30$, Taulukko 2). Padolla havaitsemattomista 12 taimenesta kolme löydettiin venepaikannuksissa Seitenjärven ja Pöhlhjärven alueelta. Yhdeksästä taimenesta ei saatu ollenkaan havaintoja tutkimuksen aikana.

Seitenoikean padolla havaituista taimenista 37 % (11 kpl, 26 % kaikista istutetuista) selviytyi padon läpi. Istutuskantojen välillä padon läpäisseiden kalojen lukumäärissä ei ollut merkitseviä eroja ($\chi^2 = 0,259$, $df = 1$, $p = 0,611$; $n = 31$, Taulukko 2). Kantojen välillä ei ollut tilastollista eroa myöskään siinä, miten nopeasti ne padolle saapumisen jälkeen menivät sen läpi ($U = 7$, $Z = -1,461$, $p = 0,177$; $n = 11$). Nopeimmat ja hitaimmat padon läpi selviytyneet taimenet olivat villiytettyä kantaa, Taulukko 2). Padon yläpuolen antennilla havaituista 19 kalasta, jotka eivät menneet padon läpi, löydettiin venepaikannuksissa 11 kalaa padon yläpuolisilta Seitenjärven ja Pöhlhjärven järvialueilta.

Kalojen vaelluksen edetessä padolta alavirtaan 8 km etäisyydelle Jokikylän radiolähetinasemalle kaloista selviytyi enää vain viisi kalaa, eli 45 % padon läpäisseistä ja 12 % kaikista istutetuista taimenista. Kaikki viisi Jokikylässä havaittua taimenta (3 kpl OUV-kantaa ja 2 kpl villiyllytettyä kantaa) selviytyivät myös noin 40 km matkan joki- ja järviaalueiden läpi Leppikosken padolle saakka. Voimalaitosten välisen vaelluksen nopeudessa kalayksilöiden välillä oli suurta vaihtelua nopeimman selviytyessä matkasta kolmessa vuorokaudessa, kun hitaimmalla siihen kului aikaa kuukausi (Taulukko 2). Leppikosken voimalaitospadolle selviytyneestä viidestä kalasta kaksi (1 kpl OUV- ja 1 kpl villiyllytettyä kantaa), eli 40 % padolle saapuneista, mutta vain 3 % kaikista istutetuista kaloista selviytyi myös Leppikosken voimalaitoksen läpi. Yksikään taimenista ei selviytynyt seurannan aikana Paltamon radiolähetinasemalle saakka.

Istutus padon alapuolelle 7.6.2024 (Istutuskannat - Vaellus)

Seitenoikean padon alapuolelle (Istutuspaikka B, kuva 4b) 7.6.2024 vapautetusta 42 taimenesta 33 % (14 kpl) havaittiin 8 km etäisyydellä padosta alavirtaan Jokikylän radiolähetinasemalla. OUV-kannan taimenia havaittiin Jokikylässä merkitsevästi enemmän (57 %, 12 kpl) kuin villiyllytetyn kannan taimenia (5 %, 2 kpl) ($\chi^2 = 10,714$, $df = 1$, $p < 0,001$; $n = 42$, Taulukko 2). Matkaan meni taimenilla keskimäärin 1,6 vuorokautta, mutta vähäisen havaintomäärän perusteella mahdollisia kantojen välisiä eroja ei voitu osoittaa (Taulukko 2). Kaloista, joista ei saatu havaintoa Jokikylästä (28 kpl), löydettiin venepaikannuksissa 15 kalaa Seitenoikean voimalaitoksen ja Jokikylän väliseltä alueelta (Kuva 4b). Yhteensä 13 taimenesta ei saatu ollenkaan havaintoja tutkimuksen aikana.

Jokikylän radiolähetinaseman ohittaneista taimenista 29 % (4 kpl, 10 % istutetuista) selviytyi Leppikosken voimalaitokselle saakka. Matkaan kului keskimäärin hieman alle 8 vuorokautta. Leppikoskelle saapuneista kaloista vain yksi kala (2 % istutetuista) selviytyi voimalaitoksen läpi, mutta senkin matka pysähtyi padon alapuolelle (Taulukko 2, Kuva 4b). Lisäksi neljä Jokikylän ohittanutta taimenta löydettiin venepaikannuksissa Iijärveltä tai sen alapuoliselta jokialueelta.

Istutus padon yläpuolelle 7.6.2024 (Istutusaika ja -paikka)

Seitenoikean padon yläpuolelle (Istutuspaikka A, kuva 4 c) 7.6.2024 vapautetusta 13 OUV-kannan taimenesta 77 % (10 kpl) havaittiin voimalaitospadon yläpuolen antennilla (1,9 km istutuspaikalta). Kaloilla kesti keskimäärin noin 1,5 vuorokautta istutuksesta siihen, kun ne havaittiin antennilla ensimmäisen kerran. Kaloista 30 % (3 kpl, 23 % istutetuista) selviytyi voimalaitoksen läpi. Näistä nopein kala läpäisi padon kahdeksan tuntia padolle saapumisen jälkeen ja hitain 38 vuorokauden kuluttua. Jokikylään selviytyi 2 kalaa, joista toinen yhdessätoista tunnissa ja toinen kolmessa vuorokaudessa. Leppikosken padolle asti ei selviytynyt yhtään kalaa. Kolmesta kalasta, joita ei havaittu Seitenoikean padon yläpuolen antennilla, kaksi löydettiin venepaikannuksissa Seitenjärven alueelta ja yhdestä kalasta ei saatu ollenkaan havaintoja sen vapauttamisen jälkeen.

Istutusaika: Istutusajankohdan vaikutusta arvioitiin vertailemalla Seitenoikean yläpuolelle 30.5. ja 7.6. istutettuja OUV-kannan taimenten menestymistä. 7.6. istutettuja OUV-taimenia havaittiin yhtäläinen osuus istutetuista padon yläpuolen antennilla kuin 30.5. samaan paikkaan (Istutuspaikka A, Kuva 1) tehdyn istutuksen OUV-kannan taimenilla (Fisherin tarkka testi, $p = 1,000$; $n = 34$, Taulukko 2). Tilastollisesti merkitsevää eroa kalojen istutusajankohdan suhteen ei ollut myöskään padon läpäisyssä (Fisherin tarkka testi, $p = 1,000$; $n = 25$) eikä padon läpimenoon kuluneessa ajassa ($U = 10$, $Z = 0,745$, $p = 0,571$; $n = 8$).

Istutuspaikka: Istutuspaikan vaikutusta arvioitiin vertailemalla Seitenoikean padon ylä- ja alapuolelle samana päivänä (7.6.) istutettujen taimenten menestymistä padolta alavirtaan. Alapuolelle (Istutuspaikka B, Kuva 1) istutetuista OUV-kannan taimenista merkitsevästi enemmän (57 % istutetuista) selviytyi Jokikylän radiolähetinasemalle verrattuna samana päivänä padon yläpuolelle (Istutuspaikka A, Kuva 1) istutettuihin OUV-kannan taimeniin (15 % istutetuista) ($\chi^2 = 5,781$, $df = 1$, $p = 0,016$; $n = 34$, Taulukko 2). Kun verrataan yläpuolelle istutetuista vain Seitenoikean padon läpäisseitä taimenia ($n=3$) alapuolelle samana päivänä (7.6.) istutettuihin OUV-taimeniin ($n=21$) ei istutuspaikalla ollut vaikutusta selviytymiseen (Fisherin tarkka testi, $p=1,000$, $n = 24$) tai vaellusaikaan Jokikylän radiolähetinasemalle (Taulukko 2).

LIITE 2. Leppikosken voimalaitoksen istutuseräkohtaiset tulokset

Istutukset Leppikosken voimalaitokselle

Leppikosken padon ylä- ja alapuolelle istutettiin yhteensä 97 radiolähettimellä merkittyä taimenta, joista saatiin havaintoja yhteensä 83 kalasta. Näistä 72 % (60 kpl, 62 % istutetuista) vaelsi istutuspaikalta alavirtaan ja tuli havaituiksi ensimmäisellä antennilla niiden istutuspaikan alapuolella. Leppikoskelle istutetuista taimenista 29 % (28 kpl) selviytyi Oulujärvelle eli ne havaittiin Paltamon radiolähetinasemalla 8 km etäisyydellä padosta.

Voimalaitoksen yläpuolelle istutettiin 55 kpl merkittyä taimenta (Kuvat 4 d, f). Istutetuista 84 % (46 kpl) havaittiin voimalaitospadon yläpuolella. Istutuksesta padolle saapumiseen kesti lyhimmillään kaksi tuntia ja pisimmillään 12 päivää (Kuva 6, Taulukko 3). Istutetuista 51 % (28 kpl, 61 % padon yläpuolella havaituista) selviytyi padon läpi. Viive padolle saapumisen ja padon läpäisyn välillä vaihteli alle tunnista yhdeksään päivään (Taulukko 3). Istutetuista taimenista 25 % (14 kpl, 50 % padon läpäisseistä) havaittiin kahdeksan kilometrin etäisyydelle padosta alavirtaan sijaitsevalle radiolähetinasemalle saakka Paltamoon. Voimalaitoksen alapuolelle istutettiin 42 merkittyä taimenta (Kuva 4 e). Näistä 33 % (14 kpl) selviytyi Paltamon asemalle.

Istutus padon yläpuolelle 30.5.2024 (Istutuskannat - Padon läpäisy)

Leppikosken padon yläpuolelle (Istutuspaikka C, kuva 4 f) 30.5.2024 vapautetusta 42 taimenesta 83 % (35 kpl) havaittiin voimalaitospadon yläpuolen antennilla (0,7 km istutuspaikalta). Kaloilla kesti keskimäärin kaksi ja puoli vuorokautta istutuspaikalta Leppikosken padon yläpuolen antennille. Padolla havaituissa kalamäärissä ei ollut merkitsevää eroa istutuskantojen välillä (Fisherin tarkka testi $p = 0,410$; $n = 31$, Taulukko 3), mutta villiytetyn kannan taimenilta kesti yli kolme kertaa pidempään siirtyä istutuspaikalta Leppikosken padolle kuin OUV-kannan taimenilla ($U = 73$, $Z = -2,616$, $p = 0,009$; $n = 35$, Taulukko 3). Seitsemästä taimenesta, joita ei lainkaan havaittu Leppikosken padon radiolähetinasemalla yksi löydettiin istutuspaikan (Istutuspaikka C, Kuva 1) läheisyydestä vielä kaksi viikkoa istutuksen jälkeen. Kuudesta kalasta ei saatu ollenkaan havaintoja tutkimuksen aikana.

Leppikosken padolla havaituista taimenista 54 % (19 kpl, 45 % istutetuista) läpäisi padon. Istutuskantojen välillä padon läpäisyssä ei ollut merkitsevää eroa ($X^2 = 0,046$, $df = 1$, $p = 0,830$; $n=35$, Taulukko 3). Padon yläpuolelle saapumisensa jälkeen OUV-kannan taimenet kuitenkin selviytyivät padon läpi (1,5 vrk) keskimäärin 2,5 kertaa nopeammin kuin villiytetyn kannan taimenet (3,7 vrk) (Taulukko 3). Villiytetyissä taimenissa oli nopeimmat ja hitaimmat padon läpi selviytyjät, mutta kantojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($U = 27$, $Z = -1.470$, $p = 0,156$; $n = 19$, Taulukko 3). Padolla havaituista 16 kalasta, jotka eivät menneet padon läpi, löydettiin neljä kalaa venepaikkannuksissa Leppikosken ja Uurajärven radiolähetinasemien väliseltä jokialueelta ja kaksi oli edennyt Iijärven läpi ylävirtaan aina Jokikylän radiolähetinasemalle saakka.

Kalojen vaelluksen edetessä padolta alavirtaan 8 kilometrin etäisyydelle Paltamon radiolähetinasemalle kaloista selviytyi seitsemän taimenta, eli 37 % padon läpäisseistä ja 17 %

istutetuista. Villiytettyjä taimenia havaittiin Paltamon radiolähetinasemalla suurempi määrä (24 % istutetuista, 5 kpl) kuin OUV-kannan taimenista (10 % istutetuista, 2kpl) (Fisherin tarkka testi: $p = 0,350$, $n = 19$, Taulukko 3). Taimenten vaellus Leppikosken padolta Paltamoon kesti keskimäärin noin 17 tuntia. Villiytetyt taimenet vaelsivat matkan keskimäärin hieman nopeammin kuin OUV-kannan taimenet (Taulukko 3). Leppikosken padon läpäisseyttä taimenista, joista ei saatu havaintoja Paltamon radiolähetinasemalta, yksi löydettiin Leppikosken ja Paltamon väliseltä jokialueelta ja lopuista 11 kalasta viimeinen havainto saatiin Leppikosken voimalaitospadon alapuoliselta radiolähetinasemalta.

Istutus padon alapuolelle 7.6.2024 (Istutuskannat - Vaellus)

Leppikosken padon alapuolelle (Istutuspaikka D, Kuva 1) 7.6.2024 istutetusta 42 taimenesta 33 % (14 kpl) havaittiin 8 km etäisyydellä padosta alavirtaan Paltamon radiolähetinasemalla. Kaloista 6 oli OUV-kannan kaloja ja 8 villiytetyn kannan kaloja. Ero ei ollut merkitsevä ($\chi^2 = 0,429$, $df = 1$, $p = 0,513$; $n=42$, Taulukko 3). 67 % kaloista kulki matkan enintään 20 tunnissa, kun taas hitaimmalla matkalla kului 3 viikkoa. Kantojen välillä ei ollut eroa ($U = 13$, $Z = -1,420$, $p = 0,181$; $n = 14$, Taulukko 3).

Kaloista, joista ei saatu havaintoa Paltamon radiolähetinasemalta (28 kpl), löydettiin 20 kalaa venepaikannuksissa Leppikosken ja Paltamon väliseltä jokialueelta tai saatiin paikannustietoja Leppikosken voimalaitoksen alapuolen radiolähetinasemalta. Yhteensä kahdeksasta taimenesta ei saatu ollenkaan havaintoja tutkimuksen aikana.

Istutus padon yläpuolelle 7.6.2024 (Istutusaika ja -paikka)

Leppikosken padon yläpuolelle (Istutuspaikka C, kuva 1) 7.6.2024 vapautetusta 13 OUV-kannan taimenesta 85 % (11 kpl) havaittiin voimalaitospadon yläpuolen antennilla (0,7 km istutuspaikalta). Kaloilla kesti keskimäärin vajaa vuorokausi istutuksesta siihen, kun ne havaittiin antennilla ensimmäisen kerran. Kaloista 82 % (9 kpl, 69 % istutetuista) selviytyi voimalaitoksen läpi. Näistä nopein kala läpäisi padon heti padolle saavuttuaan ja hitain kuudessa päivässä. Paltamoon selviytyi seitsemän kalaa keskimäärin seitsemässä tunnissa uituaan padon läpi. Niistä kahdesta kalasta, joita ei havaittu Leppikosken padon yläpuolen antennilla, toinen löydettiin venepaikannuksissa Uurajärven alapuoliselta jokialueelta ja toisesta saatiin havainto Jokikylän radiolähetinasemalta sen noustua ylävirtaan yli Iijärven ja sen yläpuolisten jokialueiden. Kaikista tämän erän taimenista saatiin havaintoja istutuksen jälkeen.

Istutusaika: Istutusajankohdan vaikutusta arvioitiin vertailemalla Leppikosken yläpuolelle 30.5. ja 7.6. istutettujen OUV-kannan taimenten menestymistä. Leppikosken yläpuolelle 7.6. istutettuja OUV-taimenia havaittiin hieman suurempi osuus istutetuista padon yläpuolen antennilla kuin 30.5. samaan paikkaan (Istutuspaikka C, Kuva 1) tehdyn istutuksen OUV-kannan taimenilla (Taulukko 3), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (Fisherin tarkka testi: $p = 0,682$, $n = 34$). Myöskään aika padolle saapumiseen ei eronnut istutuserien välillä ($U = 74$, $Z = -0,691$, $p = 0,490$; $n = 27$, Taulukko 3). 7.6. istutetut taimenet läpäisivät padon hieman tehokkaammin kuin aiemmin istutetut, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (Fisherin tarkka testi: $p = 0,231$, $n = 27$; Taulukko 3). Myöhemmin istutetut läpäisivät padon kuitenkin keskimäärin nopeammin kuin aiemmin istutetut mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($U = 21$, $Z = -1,722$, $p = 0,085$; $n = 18$, Taulukko 3). Paltamoon selviytyi kuitenkin merkittävästi suurempi osa myöhemmin istutetuista kaloista kuin 30.5. samaan istutuspaikkaan vapautetuista taimenista (Fisherin tarkka testi: $p = 0,013$, $n = 34$, Taulukko 3).

Istutuspaikka: Istutuspaikan vaikutusta arvioitiin vertailemalla Leppikosken padon ylä- ja alapuolelle samana päivänä (7.6.) istutettujen taimenten menestymistä padolta alavirtaan. Leppikosken alapuolelle (Istutuspaikka D, Kuva 1) 7.6. istutetuista OUV-kannan taimenista 29 % istutetuista selviytyi Paltamon radiolähetinasemalle ja vastaavasti samana päivänä padon yläpuolelle (Istutuspaikka C, Kuva 1) istutetuista OUV-taimenista selviytyi 54 % istutetuista (Taulukko 3). Istutuspaikkojen välinen ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä (Fisherin tarkka testi: $p = 0,168$, $n = 34$) Mikäli vertailu tehdään vain padon läpäisseet (yläpuolelle vapautetut) kalat (78 % istutetuista kaloista) huomioiden, ero oli tilastollisesti merkitsevä (Fisherin tarkka testi: $p = 0,020$, $n = 30$, Taulukko 3). Voimalaitoksen läpäisseiden taimenten vaellus Paltamoon kesti keskimäärin vain seitsemän tuntia, kun voimalaitoksen alapuolelle istutettujen vaellus kesti keskimäärin lähes vuorokauden. Ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä ($U = 23$, $Z = 0,286$, $p = 0,775$, $n = 13$, Taulukko 3).



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki