

Vaki-kalalaskurin luotettavuus ja hyödyntämismahdollisuudet kalateiden seurannassa

Panu Orell, Mikko Jaukkuri, Riina Huusko ja Aki Mäki-Petäys



RIISTA- JA KALATALOUS
TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

10/2012

RIISTA- JA KALATALOUS

TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

10 / 2012

Vaki-kalalaskurin luotettavuus ja hyödyntämismahdollisuudet kalateiden seurannassa

Panu Orell, Mikko Jaukkuri, Riina Huusko ja Aki Mäki-Petäys



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2012

Kannen kuvat: Panu Orell ja Timo Kanninen

Julkaisujen myynti:
www.rktl.fi/julkaisut
www.juvenes.fi/verkkokauppa

Pdf-julkaisu verkossa:
www.rktl.fi/julkaisut/
ISBN 978-951-776-930-3 (Painettu)
ISBN 978-951-776-931-0 (Verkkojulkaisu)

ISSN 1799-4764 (Painettu)
ISSN 1799-4748 (Verkkojulkaisu)

Painopaikka: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print

Sisällys

Tiivistelmä	4
Sammandrag	5
Abstract	6
1. Suomen kalateiden seuranta	7
2. Vaki-Riverwatcher–kalalaskuri.....	8
2.1. Toimintaperiaate	8
2.2. Toimintaan vaikuttavat tekijät	12
3. Vaki-laskuria testattiin Oulujoella	13
4. Tulokset	17
4.1. Voiko Vaki-laskurin siluettikuvien perusteella tunnistaa lohikalat?	17
4.2. Ovatko lohi ja taimen tai niiden sukupuolet erotettavissa toisistaan?	19
4.3. Kuinka tehokkaasti Vaki-laskuri havaitsee lohikalat?	19
5. Tulosten tarkastelu	20
6. Vaki-laskurin hyödyntämismahdollisuudet	21
7. Kalateiden vaihtoehtoiset seurantamenetelmät	22
Kiitokset.....	23
Viitteet.....	24
Liitteet.....	25

Tiivistelmä

Tässä raportissa esitellään Islannissa valmistettavan Vaki-kalalaskurin toimintaperiaate ja keskeiset tulokset Oulujoen Merikosken kalatiehen asennetun Vaki-laskurin luotettavuustutkimuksesta vuosina 2009–2011. Lisäksi pohditaan laitteiston hyödyntämismahdollisuuksia suomalaisissa kalatiekohteissa.

Vaki-laskurin toimivuutta ja luotettavuutta arvioitaessa käytettiin kolmena vuotena Oulujoen Merikosken kalatiestä kerättyä Vaki-laskuriaineistoa ja samaan aikaan Vaki-laskurin kohdalla tallennettua videoaineistoa (= vertailuaineisto). Aineiston tarkastelussa keskityttiin vain loheen ja taimeneen. Keskeisiä tutkimuskysymyksiä olivat:

- Kuinka hyvin Vaki-laskurin tuottamat siluettikuvat ovat tunnistettavissa lohikaloiksi?
- Voiko siluettikuvista tunnistaa kalan lajilleen ja sukupuolelleen?
- Kuinka tehokkaasti Vaki-laskuri havaitsee ja tallentaa laskurin läpi uivat lohikalat?

Tutkimuksen aikana Merikosken kalatien läpäisi yhteensä 1 368 loheksi tai taimeneksi videoaineiston perusteella tunnistettua kalaa. Näistä 1 193 yksilöä (87,2 %) voitiin siluettikuvien perusteella tunnistaa loheksi tai taimeneksi. Tunnistettavuus parani kalan koon kasvaessa.

Laskurin tuottamien siluettikuvien perusteella kalojen lajin tai sukupuolen määrittäminen oli pääosin verraten epäluotettavaa. Ongelma voidaan kuitenkin ratkaista hyödyntämällä Vaki-laskurin yhteydessä joko laitevalmistajan omaa kamerayksikköä tai muita markkinoilta saatavissa olevia vedenalaiskameraita.

Vaki-laskurin todettiin havaitsevan kalatien läpäisevät kalat erittäin hyvin. Eri vuosilta valittuina satunnaisina päivinä (3 x 7 vrk) videoaineistossa havaittiin yhteensä 298 lohta tai taimenta, ja Vaki-laskuri havaitsi ja tallensi siluettikuvan näistä yhtä lukuun ottamatta jokaisesta (havaitsemistehokkuus 99,7 %).

Vaki-kalalaskuri soveltuu tämän tutkimuksen perusteella erinomaisesti suomalaisten kalatiekohteiden seurantaan. Menetelmän käyttöönottoa suositellaan kaikissa uusissa merkittävissä kalatiekohteissa, mm. Kemi-, Ii-, Oulu- ja Kymijoella. Myös tärkeimpien olemassa olevien kalateiden seuranta on järjestettävissä Vaki-laskurien avulla.

Asiasanat: Infrapuna, kalatie, lohi, rakennetut joet, seuranta, taimen, vedenalainen, videokamera

Orell, P., Jaukkuri, M., Huusko, R. ja Mäki-Petäys, A. 2012. Vaki-kalalaskurin luotettavuus ja laskurin hyödyntämismahdollisuudet kalateiden seurannassa. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä 10/2012*. 25 s.

Sammandrag

Rapporten presenterar funktionsprincipen hos den isländska fiskräknarapparaten Vaki samt de viktigaste resultaten från den tillförlitlighetsundersökning av fiskräknaren som gjorts i fiskleden vid Merikoski i Ule älv under åren 2009-2011. Dessutom diskuteras möjligheten att utnyttja apparaturen i de finländska fisklederna.

För utvärdering av funktion och tillförlitlighet hos räknaren Vaki använde man det material som under tre år samlats in från Merikoski fiskled i Ule älv med apparaten i fråga och som jämförelsematerial utnyttjades samtida videofilmningar från samma fiskled. Då materialet granskades koncentrerade man sig på enbart lax och öring. Följande frågeställning var centrala i undersökningen:

- Hur väl kan de siluettbilder som räknaren får fram identifieras som laxfiskar?
- Kan man utgående från siluettbilderna identifiera art och kön?
- Hur pass effektivt observeras och registreras laxfiskar som simmar genom räknaren?

Under undersökningsperioden simmade enligt videomaterialet sammanlagt 1 368 fiskar, identifierade som laxar eller öringar, genom Merikoski fiskled. Av dessa kunde 1 193 (87,2 %), identifieras som lax eller öring på basen av siluettbilderna. Identifikationen förbättrades med ökad storlek hos fisken.

På merparten av de siluettbilder som räknaren producerade var bestämning av art och kön tämligen otillförlitlig. Problemet kan lösas genom att man tillsammans med räknaren (Vaki) använder antingen apparattillverkarens egen kameraenhet eller andra på marknaden förekommande undervattenskameror.

Man konstaterade att räknaren mycket effektivt registrerade de fiskar som gick genom fiskleden. Under slumpmässigt valda dagar (3 x 7 dygn) från olika år observerades sammanlagt 298 laxar eller öringar i videomaterialet och räknaren observerade och registrerade samtliga deras siluettbilder förutom en enda (observationseffektivitet 99,7%).

Fiskräknaren Vaki passar enligt denna undersökning utmärkt till att följa fiskvandringen i de finländska fisklederna. Metoden rekommenderas för alla nya betydande fiskleder, bl.a. i Kemi-, Ijo-, Ule- och Kymmene älvar. Också i de viktigaste befintliga fisklederna bör undersökningarna verkställas med hjälp av Vaki-räknare.

Nyckelord: Fiskled, infraröd, lax, undervattens, uppföljning, utbyggda älvar, videokamera, öring

Orell, P., Jaukkuri, M., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2012. Tillförlitligheten hos fiskräkningsapparaten Vaki och möjligheten att utnyttja räknaren för forskning i fiskleder. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä 10/2012*. 25 s.

Abstract

This report presents the basic principles of the Icelandic “Vaki-Riverwatcher” fish counter and the results of the related reliability tests, conducted in the Merikoski fishway on the River Oulujoki, 2009–2011. The paper also evaluates the counter’s potential for the monitoring of Finnish fishways.

The reliability analysis was performed by validating the Vaki-counter data (fish silhouettes) with underwater video material (reference data) collected simultaneously. The study focused solely on Atlantic salmon and migratory brown trout.

The key questions were:

- How well can salmonids be identified from Vaki-fish silhouettes?
- Can their species and sexes be identified from the Vaki-silhouettes?
- How high is the detection rate of the Vaki-counter for salmon and trout?

During the study period, a total of 1,368 fish were identified (checked from the video data) as salmon or brown trout passing through the Merikoski fishway. Based on Vaki-silhouettes, 1,193 individuals (87.2% of all observed) could be identified as salmon or trout (although the particular species could not be confirmed). Bigger fish were easier to identify as salmonids.

Identification of the Vaki-silhouettes of species or sexes was somewhat unreliable. This problem can, however, be solved by using an underwater camera unit together with the Vaki-counter. Although camera units are produced by Vaki, underwater camera technology is also available from several other companies.

The fish detection rate of the Vaki-counter was found to be extremely high (99.7%). From a randomly chosen video sample (7 days/year, totalling 21 days of data) of 298 salmon and brown trout, all but one was accurately observed and the data was saved by the Vaki-counter.

Overall, the Vaki-fish counter proved to be an extremely appropriate monitoring method for Finnish fishways. It is recommended for use in the new fishway projects under planning, e.g. in the rivers Kemijoki, Iijoki, Oulujoki and Kymijoki. Vaki-counters are also suitable for most existing fishways, which are not being monitored at the moment.

Keywords: Brown trout, fishway, infrared, monitoring, regulated rivers, salmon, underwater, video camera

Orell, P., Jaukkuri, M., Huusko, R. & Mäki-Petäys, A. 2012. Reliability and monitoring possibilities of the Vaki-Riverwatcher fish counter in fishways. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 10/2012. 25 p.

1. Suomen kalateiden seuranta

Kalatiet ovat keskeinen keino rakennettujen jokien vaelluskalakantojen kulkuyhteyksien turvaamisessa. Suomessa kalatierakentaminen oli muuhun maailmaan verrattuna pitkään vähäistä, mutta viimeisen 10–20 vuoden aikana maahamme on valmistunut runsaasti kalateitä, ja tällä hetkellä uusia kalateitä suunnitellaan suurimpiin rakennettuihin jokiimme, mm. Kemi-, Ii-, Oulu- ja Kymijokeen. Tästä huolimatta kalateiden toimivuuden ja kalateitä käyttävien kalamäärien seuranta on jäänyt vähälle huomiolle.

Hyvinkin suunnitellussa ja toteutetussa kalatiessä esiintyy tavallisesti kalojen kulkua haittaavia ongelmia, joiden ratkaiseminen edellyttää muutoksia kalatien rakenteisiin, vallitseviin virtaamaolosuhteisiin (kalatie, voimalaitos) tai istutuskäytäntöihin. Näiden ongelmien tunnistaminen edellyttää aktiivista tutkimus- ja seurantatoimintaa. Kalatiet ovat lisäksi erinomaisia paikkoja vaelluskalakantojen tilan ja istutuksien tuottavuuden pitkäaikaiseen seurantaan, sillä kalateissä kalojen on tavallisesti uitava varsin kapeiden kohtien ohitse, joissa niiden tunnistaminen ja laskeminen onnistuu luonnonuomia helpommin. Nousevien kalojen määrissä tapahtuvia muutoksia tarkkailemalla voidaan myös arvioida mahdollisten kalastusrajoitusten tarvetta ja vaikutuksia. Usean kalatien vesistöissä kalateiden seurannalla saadaan lisäksi arvokasta tietoa jokeen nousevien ja kutualueille lopulta selviytyvien kalojen suhteesta ja sitä kautta tietoa yksittäisten kalateiden toimivuudesta. Tämä antaa mm. mahdollisuuden arvioida poikastuotannon määrää suhteessa asetettuihin tavoitteisiin.

Kalateiden seurannan keskeinen päämäärä on selvittää kalatietä käyttävien kalojen lukumäärä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on löydettävä seurantamenetelmiä, jotka ovat luotettavia ja edullisia. Tällöin kyseeseen tulevat lähinnä erilaiset automaattiset laskurilaitteet, joista eniten hyödynnetty on nykyään Vaki-Riverwatcher-kalalaskuri. Laskuria käytetään maailmalla yleisesti, ja esimerkiksi Ruotsissa niitä on asennettuna yli 40 kappaletta. Suomessa Vaki-laskurin käytöstä kalateiden seurannassa on niukasti kokemusta, eikä laitteiston luotettavuudesta esimerkiksi lohimäärien laskemisessa ole julkaistua tietoa.

Tämän raportin tarkoituksena on esitellä keskeiset tulokset Oulujoen Merikosken kalatiehen asennetun Vaki-laskurin luotettavuustutkimuksesta v. 2009–2011 sekä arvioida laitteiston hyödyntämismahdollisuuksia suomalaisissa kalatiekohteissa.

2. Vaki-Riverwatcher–kalalaskuri

2.1 Toimintaperiaate

Vaki-kalalaskuria valmistaa islantilainen yritys, Vaki Aquaculture Systems Ltd. Laite on kehitetty 1990-luvun alkupuolella, ja se on nykyään käytössä yli 300 kohteessa Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Suomessa laitteistoja on tätä kirjoitettaessa 3 kpl, joista vain yksi on ollut pitkään aktiivikäytössä, Oulujoen Merikosken kalatiessä.

Vaki-laskuri soveltuu kalojen laskentaan kalateissä ja muissa kohteissa, joissa kalat joutuvat kulkemaan kapeiden väylien tai aukkojen läpi. Tarvittaessa kalat voidaan ohjata erilaisilla aitarakennelmilla kulkemaan laskurin läpi. Toisaalta on mahdollista käyttää useita laskuriyksiköitä rinnakkain, jolloin aineiston kerääminen onnistuu myös hieman leveämmissä jokiuomissa. Laskurilaitetta voidaan käyttää verkkovirralla tai laitteeseen voidaan liittää aurinkopaneeliyksikkö, jolla ladataan virtalähteenä toimivaa 12 voltin akkua.

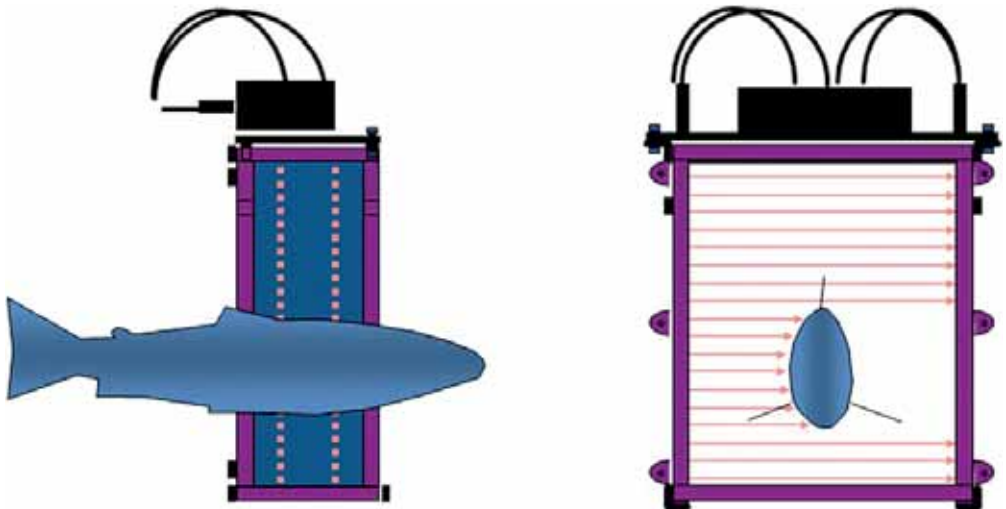
Vaki-laskurilaitteistoon kuuluu veden alla toimiva havainnointiyksikkö (scanner, kuva 1) ja pinnan yläpuolella oleva ohjausyksikkö (control unit, kuva 2). Havainnointiyksikkö koostuu kahdesta vastakkain asetetusta 21,5 x 54,0 cm:n kokoisesta skannauslevystä, joiden keskinäinen etäisyys on olosuhteista (esim. veden sameus) riippuen 10–45 cm. Skannauslevyissä kahdessa rivissä olevat valodiodit (2 x 96 kpl) lähettävät infrapunavalonsäteitä vastakkaista levyä kohden 50 kertaa sekunnissa, jolloin levyjen väliin muodostuu kaksi vierekkäistä valonsäderivistöä (kuva 3). Metallinen ohjainritilä ohjaa kalan kulkemaan syntyvän valonsäderivistön ohitse, ja havainnointiyksikkö määrittää infrapunavalonsäteiden avulla kalan korkeuden sen uudessa valorivistöjen ohi (kuva 3).



Kuva 1. Vaki-laskurin veden alle asennettava havainnointiyksikkö (scanner unit) ja ohjauskehikko, joka ohjaa kalan uimaan havainnointiyksikön lävitse. Kuvan ohjauskehikko on kiinnitetty kiskoihin, jolloin laite on helppo nostaa vinssin avulla vedestä puhdistuksen ja huollon ajaksi. Kuva: Vaki Aquaculture Systems Ltd



Kuva 2. Vaki-laskurin ohjausyksikkö, joka on kytketty toimimaan aurinkopaneelin lataamalla 12 voltin akulla. Kuvassa olevassa laitteessa on asennettuna myös modeemiyksikkö, jonka avulla laskurin tallentamat tiedot voidaan purkaa verkkoyhteyden kautta käymättä itse laitteella. Kuva: Vaki Aquaculture Systems Ltd.



Kuva 3. Vaki-laskurin (kuvassa havainnointiyksikkö) toiminta perustuu kahteen riviin asennettuihin infrapunadiodeihin, joiden avulla ohi uivasta kalasta saadaan muodostettua siluettikuva. Kuva: Vaki Aquaculture Systems Ltd.

Havainnointiyksikön keräämä informaatio siirtyy kaapelia pitkin ohjausyksikölle, joka tallentaa havainnointiyksikön lähettämät tiedot. Kalan korkeustietojen ohella laitteelle tallentuvat kulku-suunta, päivämäärä ja kellonaika jokaisesta havaitusta kalasta. Lisäksi laite mittaa ja tallentaa veden lämpötilan kolmen tunnin välein.

Varsinaisen havainnointiyksikön lisäksi kalalaskuriin voidaan asentaa digitaalinen vedenalaiskamerayksikkö (kuva 4), joka käynnistyy automaattisesti kalan uudessa infrapunakennoston läpi. Kamera sijaitsee led-valoin (valittavissa joko valkoinen valo tai infrapunavallo) valaistussa tunnelissa, ja se voidaan ohjelmoida ottamaan 1–5 valokuvaa tai vaihtoehtoisesti lyhyen videopätkän kustakin havainnointiyksikön havaitsemasta kalasta (kuva 4).



Kuva 4. Vaki-havainnointiyksikkö ja siihen liitetty kamerayksikkö. Kuva: Vaki Aquaculture Systems Ltd.

Valokuvien tai videokuvan avulla pystytään määrittämään mm. laskurin läpi uivien kalojen laji ja monissa tapauksissa myös sukupuoli. Myös mahdolliset kalamerkit ja eväleikkaukset voidaan havaita kamerayksikön tallentaman kuvamateriaalin perusteella, jolloin voidaan arvioida mm. havaittujen kalojen alkuperää (villi/viljelty).

Laskurin ohjausyksikön tallentamat tiedot siirretään tietokoneelle joko kaapelin välityksellä tai lisävarusteena asennettavan modeemin avulla. Modeemilla varustetun laitteen toimintaa ja sen tallentamaa tietoa voidaan seurata käymättä paikalla (etäyhteys).

Vaki-laskuriaineiston tarkastelu tapahtuu Winari-tietokoneohjelmalla. Ohjelma muodostaa laskurin tallentamien korkeustietojen perusteella kalasta siluettikuvan ja laskee kalan suurimman mitatun korkeuden ja ohjelmaan syötetyn kalojen pituus/korkeus-suhdeluvun perusteella kalan pituuden. Oulujoen laskurilla käytetty pituus/korkeus-suhdeluku on laskettu mittaamalla merkintäpöyppäntien yhteydessä useita satoja aikuisia lohia ja taimenia. Tutkimusvuosina suhdelukuna on ollut käytössä 6,0, jolloin esimerkiksi 15 cm korkean lohien pituudeksi saadaan 90 cm. Samaa pituus/korkeus-suhdelukua käytetään myös laitteiston oletusasetuksena (Haikonen, A. suull. ilm.). Vaki-laskurin pituus/korkeus-suhdelukuasetusta voidaan muuttaa tarkastelussa olevan kalalajin mukaan. Muutos voidaan tehdä myös jälkikäteen, aineiston analysointivaiheessa.

Kerätty Vaki-aineisto käydään läpi manuaalisesti Winari-ohjelman avulla. Tällöin tarkastellaan yksitellen laskurin tuottamat siluettikuvat ja pyritään määrittämään kuvien perusteella mm. kalojen laji (siluettikuvan muotoon perustuen) ja koko sekä kalojen kulkusuunta (ylä-/alavirtaan).

Winari-ohjelman avulla voidaan lisäksi analysoida ja esittää kalalaskurin keräämiä tietoja. Ohjelmalla on mm. mahdollista tarkastella rinnakkain laskurin piirtämiä siluettikuvia ja kamerayksiköllä varustetun laitteen tallentamia valokuvia tai videokuvaa. Ohjelman avulla on myös mahdollista jakaa havaittuja kaloja erilaisiin ryhmiin (esim. kokoluokat) ja sen avulla voidaan piirtää kuvaajia laitteella kerätystä aineistosta (esim. päivittäin havaitut kalamäärät).

2.2. Toimintaan vaikuttavat tekijät

Vaki-laskurin toimintakyvyn optimoimiseksi on laite sijoitettava oikein. Hyvässä sijoituspaikassa kalat uivat laskurin läpi tasaisella nopeudella ja suorassa linjassa laskuriin nähden. Jos kala ui laskurin läpi liian hitaasti tai liian nopeasti, ei laskurin tuottamasta siluettikuvasta tule laadultaan optimaalinen, minkä seurauksena kalojen tunnistaminen voi vaikeutua. Laitteen sijoittamisessa täytyy lisäksi huomioida, ettei vedessä ole laskurin kohdalla merkittävää turbulenssia, joka haittaa infrapunavalon kulkua vedessä ja heikentää näin laskurin toimivuutta. Turbulenssin aiheuttamien ongelmien vuoksi laskurilaitte kannattaa asentaa kokonaan veden alle, jolloin vältytään veden pinnalle helposti muodostuvilta laskurin toimintaa häiritseviltä pyörteiltä ja ilmakuplilta.

Vaki-laitteiston rajoitteena on tietyissä tilanteissa veden sameus. Testauksissa on havaittu, että laite toimii hyvin, jos veden sameus pysyy alle 90 NTU:ssa (Nephelometric turbidity units) (Vaki Riverwatcher Turbidity Trials, internet-sivut, ks. viitteet). Käytännössä lukema on jo niin suuri, että sameusmittauksissa käytettävä 4,5 cm halkaisijaltaan olevan mustavalkoisen, pyöreän levyn näkösyvyys on tällöin vain noin 12 cm (Water action volunteers 2003). Esimerkiksi Oulujoella veden sameus ei yllä näin suuriin lukemiin edes pahimpina tulva-aikoina.

Veden sameuden lisäksi laitteen toimivuutta heikentää havainnointiyksikön skannauslevyjen likaantuminen, ja siksi laitteen säännöllinen puhdistaminen levyihin ja ohjauskehikkoon kiinnittyneestä levystä ja roskasta on tärkeää. Puhdistusta ja muuta huoltoa varten laskuri ja ohjauskehikko kannattaa asentaa niin, että ne on helppo nostaa puhdistuksen ajaksi esimerkiksi vinssiä apuna käyttäen veden pinnan yläpuolelle (ks. kuva 1). Käytännössä laitteen toimivuus on syytä tarkastaa noin 1–2 viikon välein, ympäristöolosuhteista riippuen.

3. Vaki-laskuria testattiin Oulujoella

Oulujoen Merikosken kalatiessä on ollut kalatien valmistumisesta lähtien (v. 2004) käytössä Vaki-kalalaskuri, joka on sijoitettu kalatien yläpäähän kohtaan, jossa kalat poistuvat kalatiestä voimalaitoksen yläkanavaan. Laskurissa on yksi havainnointiyksikkö (scanner), eikä siihen ole liitetty laitteen valmistajan omaa Vaki-kamerayksikköä (kuva 5).

Tätä tutkimusta varten Vaki-laskuriyksikköön asennettiin erillinen vedenalainen videokamera (valmistaja: Lamberg Bio-Marin, 3,5 mm:n laajakulmaobjektiivi) (kuva 5). Videokuvaa tallennettiin seuranta-aikoina 3,13 puolikuvan sekuntivauhdilla (field/s) ”enhanced” -kuvanlaadulla Sanyon digitaalisella videonauhurilla (malli: DSR-300P). Vuorokauden pimeänä aikana kameran kuva-alue valaistiin ajastimella toimivalla vedenalaiseen käyttöön tarkoitetulla halogeenivalolla (teho 50 W, valkoinen valo).



Kuva 5. Oulujoen tutkimuksessa käytössä olleen Vaki-laskurin havainnointiyksikkö ja yksikköön erikseen asennettu videokamera ja halogeenivalaisin. Kuva: P. Orell.

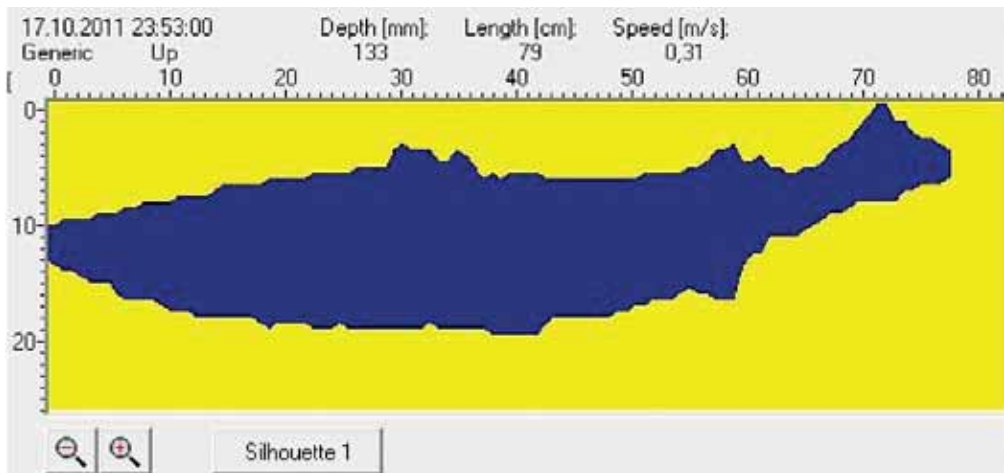
Oulujoen Vaki-laskurin toimivuutta ja luotettavuutta arvioitaessa käytettiin vuosina 2009–2011 Merikosken kalatiestä kerättyä Vaki-laskuriaineistoa ja samaan aikaan tallennettua videoaineistoa. Aineistoa kerättiin kolmena tutkimusvuotena koko kalatien toiminta-ajan, eli vuosittain toukokuun alusta lokakuun loppupuolelle asti.

Tutkimusaineistojen tarkastelun ensimmäisessä vaiheessa kaikki Vaki-laskurin tallentamat yli 40 mm:n korkuiset kalahavainnot (= siluettikuvat) tarkistettiin videoaineistosta. Videoaineiston perusteella määritettiin siluettikuvissa esiintyneiden kalojen laji sekä lohikalojen osalta mahdollisuuksien mukaan myös sukupuoli.

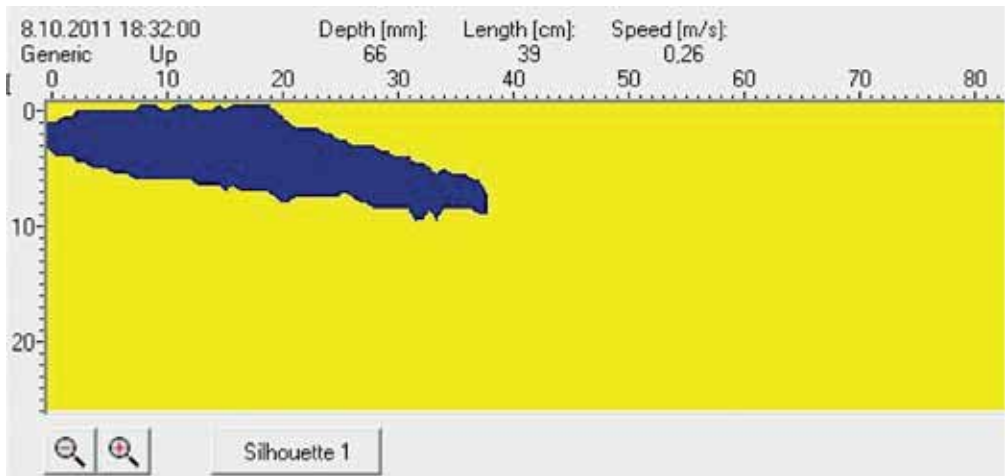
Toisessa vaiheessa arvioitiin Vaki-laskurin tuottaminen siluettikuvien tunnistettavuutta lohikalaksi (ei lajilleen). Tämä arviointi toteutettiin kahden kokeneen Vaki-aineistojen analysoijan toimesta käymällä läpi kaikki siluettikuvat, jotka olivat videotarkistuksen perusteella tunnistettu lohikalaksi (lohi, taimen ja kirjolohi). Lohikalojen tunnistettavuusluokittelussa käytettiin kolmea ryhmää:

- tunnistettavissa lohikalaksi
- tulkinnanvarainen
- ei tunnistettavissa lohikalaksi.

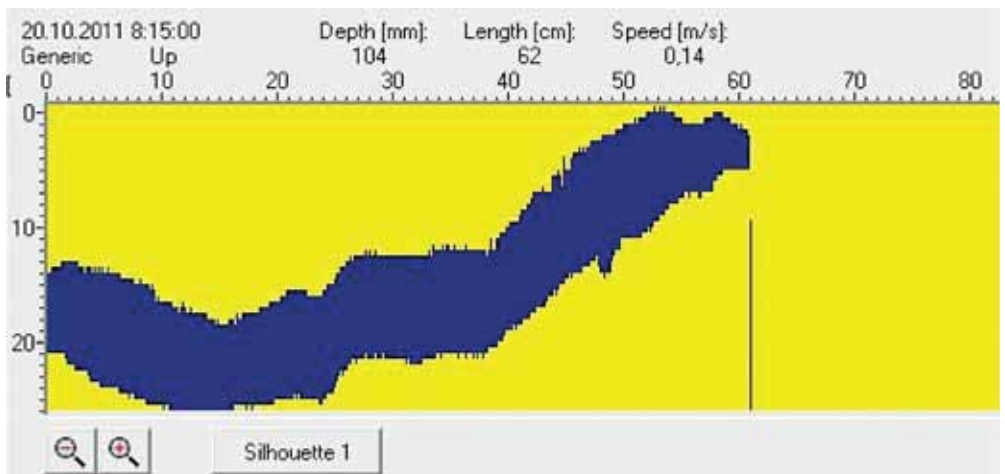
Lohikalaksi tunnistettavissa siluettikuvissa (kuva 6) kalan malli on lohikalamainen, pyrstö ja uintievät sekä yleensä myös rasvaeva näkyvät. Tulkinnanvaraisissa siluettikuvissa (kuva 7) osa lohikalojen tuntomerkeistä puuttuu tai ne ovat epäselviä, mutta siluettikuvan muodosta on kuitenkin pääteltävissä, että yksilö on todennäköisimmin lohikala. Kyseisen kaltainen siluettikuva muodostuu monesti mm. pienikokoisista lohikalayksilöistä (kalan pituus < 40 cm). Täysin tunnistamattomissa olevassa siluettikuvassa ei näy lohikalan tuntomerkkejä lainkaan. Tällainen kuva voi Vaki-laskurissa syntyä esimerkiksi silloin, kun kala viipty laskuriaukossa pitkään (kuva 8).



Kuva 6. Tyypillinen Vaki-laskurin tuottama siluettikuva tunnistettavasta lohikalasta (videotarkastuksen perusteella lohi).



Kuva 7. Tulkinvaraiseksi luokiteltu Vaki-laskurin tuottama siluettikuva lohikalasta (videotarkastuksen perusteella taimen).



Kuva 8. Siluettikuva lohesta, jota ei voitu tunnistaa lohikalaksi. Kuvan yksilö viipyi laskuriaukossa useita minutteja.

Tutkimusaineistojen tarkastelun kolmannessa vaiheessa selvitettiin lohen ja taimenen erottamismahdollisuuksia Vaki-siluettikuvien perusteella. Tätä testattiin siten, että kaksi kokenutta Vaki-aineiston analysoijaa määrittivät kolmannen henkilön valitseman kuva-aineiston (80 siluettikuvaa vuodelta 2010) ja luokittelivat siluettikuvien perusteella kalat lohiksi ja taimeniksi. Kolmannen henkilön valitsemista siluettikuvista oli 50 taimenta ja 30 lohta. Siluettikuvien valinta toteutettiin niin, ettei kalan pituuden perusteella voinut tehdä merkittäviä päätelmiä

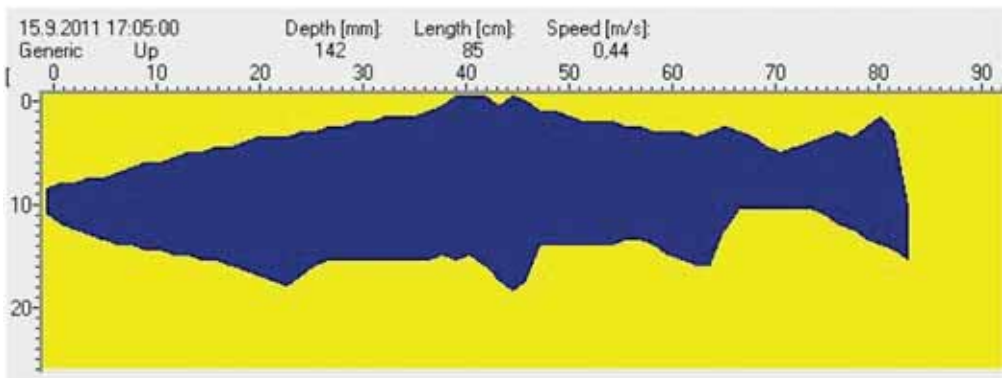
kalan lajista, eli kaikkein lyhimät (suurella todennäköisyydellä taimenia) ja toisaalta kaikkein pisimmät (suurella todennäköisyydellä lohia) siluettikuvat jätettiin aineiston ulkopuolelle.

Tutkimusaineistojen tarkastelun viimeisessä vaiheessa selvitettiin Vaki-laskurin havaitsemistehokkuutta eli kykyä tallentaa siluettikuva laskuriaukosta läpi uivista kaloista (tässä yhteydessä ylävirtaan uivista lohikaloista). Havaitsemistehokkuuden selvittämiseksi valittiin satunnaisesti jokaiselta tutkimusvuodelta (2009–2011) seitsemän tutkimusvuorokautta (yhteensä 21 vuorokautta), joilta analysoitiin kerätty videoaineisto kokonaisuudessaan ja havainnoitiin (päivä ja klo) aineistossa esiintyneet ylävirtaan uineet lohet ja taimenet (n = 298). Videoanalyysin tuloksia verrattiin tämän jälkeen Vaki-laskurin siluettikuva-aineistoon samoilta päiviltä. Tarkastelussa oletettiin, että mainitussa 21 vrk:n videoaineistossa esiintyvät kaikki Vaki-laskuriaukon läpi tuona aikana uineet aikuiset lohikalat.

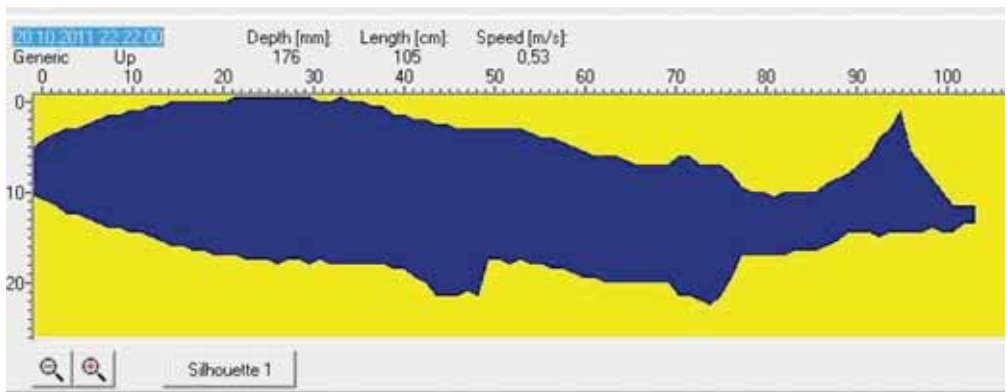
4. Tulokset

4.1. Voiko Vaki-laskurin siluettikuvien perusteella tunnistaa lohikalat?

Vaki-laskuri piirtää lohista ja taimenista useimmissa tapauksissa lohikalaksi (ei lajilleen) tunnistettavissa olevan siluettikuvan. Siluettikuvassa näkyvät yleensä pyrstö, ainakin osa evistä ja useimmiten myös rasvaevä (esim. kuvat 6, 9 ja 10). Pienien (< 40 cm) lohikalayksilöiden kohdalla laskurin tuottaminen siluettikuvien tarkkuus on heikompi ja lohikaloja voi olla vaikea erottaa esimerkiksi ahvenesta. Isommista kaloista mm. hauet ja lahnat on tavallisesti helppo erottaa lohikaloista siluettikuvan muodon perusteella (ks. liite 1).

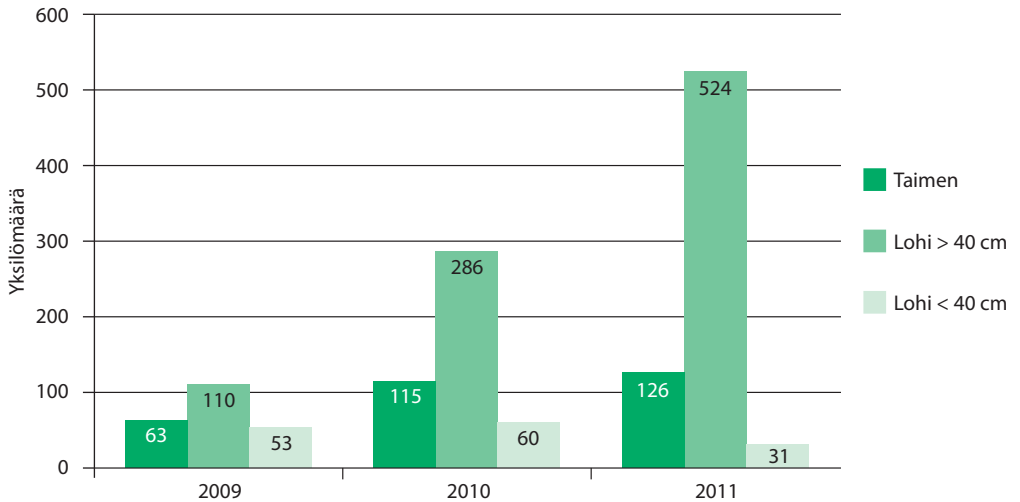


Kuva 9. Tyypillinen Vaki-laskurin tuottama siluettikuva koiraslohesta loppusyksyltä.



Kuva 10. Tyypillinen Vaki-laskurin tuottama siluettikuva naaraslohesta loppusyksyltä.

Tutkimusvuosien 2009–2011 aikana Merikosken kalatien läpäisi yhteensä 1 368 loheksi tai taimeneksi videoaineiston perusteella tunnistettua kalaa (kuva 11). Näistä 1 193 yksilöä (87,2 %) luokiteltiin Vaki-laskurin piirtämän siluettikuvan perusteella tunnistettavissa olevaksi lohikalaksi (taulukko 1). Tulkinvaraisia yksilöitä Vaki-aineistossa oli 120 kpl (8,8 %) ja täysin lohikalaksi tunnistamattomia siluettikuvia oli 55 kpl (4,0 %).



Kuva 11. Merikosken kalatiestä nousseiden lohien ja taimenien määrät tutkimusvuosina 2009–2011. Näiden kalojen lajinmääritys on tehty videoaineistojen perusteella. Lohet on luokiteltu kahteen kokoryhmään (<40 cm ja >40 cm).

Taulukko 1. Taimenten ja lohien tunnistettavuus lohikalaksi (ei lajilleen) Vaki-laskurin siluettikuvien perusteella. Lohet on luokiteltu kahteen eri kokoryhmään (<40 cm ja >40 cm). Siluettikuvien luokittelussa käytettiin kahta kokenutta siluettikuvien analysoijaa. Tässä yhteydessä käytetty lajijako (lohi, taimen) perustuu videoaineiston tietoihin, eikä se kuvaa siluettikuvien tunnistettavuutta lajilleen.

	Taimen	Lohi (> 40 cm)	Lohi (< 40 cm)	Kaikki
Tunnistettavissa (%)	93,1	91,1	48,2	87,2
Tulkinvarainen (%)	5,3	6,4	32,4	8,8
Ei tunnistettavissa (%)	1,6	2,5	19,4	4,0

Merikosken kalatietä nousee vuosittain muutamia kymmeniä pieniä (30–40 cm) sukukypsiä koiraslohia, joiden tunnistaminen lohikalaksi Vaki-siluettikuvan perusteella osoittautui hankalaksi. Tutkimusvuosina Vaki-aineistossa oli yhteensä 139 tällaista kalayksilöä ja niistä vain 67 (48,2 %) luokiteltiin tunnistettavaksi lohikalaksi siluettikuvan perusteella. Yli 40 cm:n pituisista taimenista ja lohista pystyttiin laskurin piirtämän siluettikuvan perusteella tunnistamaan lohikalaksi 1 126 yksilöä (91,6 %) yhteensä havaituista 1 229 kalayksilöstä.

4.2. Ovatko lohi ja taimen tai niiden sukupuolet erotettavissa toisistaan?

Lohen ja taimenen erottaminen toisistaan pelkästään Vaki-laskurin piirtämän siluettikuvan perusteella on erittäin epävarmaa. Kun lohen ja taimenen erottamista toisistaan testattiin, onnistuivat määrittäjät lajintunnistuksessa huonosti. Toinen määrittäjä tunnistoi 80 yksilöstä oikein 55 yksilöä (69 %) ja toinen 34 yksilöä (43 %). Siluettikuviin perustuvan lajinnäärityksen vaikeuden ymmärtää, sillä lajien erottaminen toisistaan ei ole aina yksinkertaista videokuvankaan perusteella.

Myöhäiskesän ja syksyn koiraslohillä laskuri piirtää kalan päätä usein suiponmallisen, kun naaraslohen ja taimenen pää on siluettikuvassa yleensä huomattavasti tylpempi ja korkeampi (kuvat 9 ja 10). Syyskesällä ja syksyllä lohen sukupuolten erottaminen on useissa tapauksissa mahdollista, mutta kattava sukupuolten erottaminen pelkkien siluettikuvien perusteella on kuitenkin hankalaa. Taimenen sukupuolten erottaminen siluettikuvien perusteella on vielä selvästi lohta vaikeampaa.

4.3. Kuinka tehokkaasti Vaki-laskuri havaitsee lohikalat?

Kun vertailtiin satunnaisesti valittuja video-otoksia (7 vrk/tutkimusvuosi, yhteensä 21 vrk) ja Vaki-laskurin samalta ajalta tallentamia siluettikuva-aineistoja havaittiin, että Vaki-laskuri tallentaa Merikosken kalatien läpi uivat lohikalat erittäin luotettavasti. Videokamera-aineistossa havaittiin läpikäydyn 21 vuorokauden aikana yhteensä 298 lohta ja taimenta, joista Vaki-laskuri tallensi (= tuotti siluettikuvan) yhtä lukuun ottamatta jokaisesta, eli havaitsemistehokkuus oli 99,7 %. Vaki-laskurilta havaitsematta jääneen yksilön lisäksi toinen lohikala jäi laskurilta havaitsematta, kun laskurin tallentamaa tiedostoa oltiin siirtämässä tietokoneelle. Tällöin laskuri ei siis ollut tallennustilassa.

Oulujoen tutkimuksen kaltaisia tuloksia Vaki-laskurin luotettavuudesta on saatu muualtakin. Shardlow ja Hyatt (2004) tutkivat Vaki-laskurin toimintaa koiralohella (*Oncorhynchus keta*) Kanadan Big Qualicum -joella ja havaitsivat, että yhdellä laskurilla päästään yli 95 %:n laskentatehokkuuteen kalamäärien ollessa pienempiä kuin 500 yksilöä vuorokaudessa. Vaki-laskurin tehokkuus pieneni 76 %:iin, kun kalamäärä kasvoi 1 500 kalaan vuorokaudessa. Suurilla kalamäärillä ongelmaksi muodostuvat laskurin läpi samanaikaisesti uivat kalat, jolloin laskuri ei kykene tallentamaan yksittäisistä kaloista tunnistettavia siluettikuvia (Baumgartner ym. 2010). Suomalaisissa kalatiekohteissa kalamäärät eivät tavallisesti tule aiheuttamaan merkittäviä ongelmia Vaki-laskurin toiminnalle, sillä nousukalamäärät ovat kohteesta riippuen parhaimmillaankin vain muutamia tuhansia kaloja vuodessa ja yksittäisinä huippupäivinäkin yleensä alle 500 yksilöä/vrk.

5. Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen perusteella Oulujoen Merikosken kalatiessä käytettävä Vaki-laskuri tuottaa luotettavia tietoja kalatietä käyttävien lohikalajien (> 40 cm) määrästä. Laskurin keräämän siluettikuva-aineiston analysoiminen on verraten nopeaa, sillä yhden kauden aineiston läpikäyminen onnistuu 1–3 työpäivässä, havaituista kalamääristä riippuen. Laskurin rinnalla hyödynnetyn videokameran avulla lohetaimit ja taimenet voitiin määrittää lajilleen ja merkittävästä osasta (85 %) pystyttiin määrittämään myös sukupuoli. Mikäli käytössä olisi Vaki-laskuriin tarkoitettu laitteen valmistajan oma kamerayksikkö, olisi aineistojen analysointi vieläkin nopeampaa ja yksinkertaisempaa. Toisaalta erillinen videokamera, joka nauhoittaa videokuvaa jatkuvasti, toimii varalaitteena, mikäli Vaki-laskuriin tulee toimintahäiriö.

Sekä tässä tutkimuksessa että muualla tehtyjen havaintojen (mm. Shardlow ja Hyatt 2004) perusteella voidaan todeta, että Vaki-kalalaskuri soveltuu erittäin hyvin aikuisten vaelluskalojen määrien arvioimiseen kalateissä tai muissa kohteissa, joissa kalat saadaan ohjattua kulkemaan laskurin läpi. Laskurin luotettavuus heikkenee vasta vuorokautisen kalamäärän noustessa yli 500 yksilön. Tällaiset kalamäärät ovat ainakin suomalaisissa kalatiekohteissa erittäin harvinaisia.

Vaki-laitteen tarkkuus riittää tuottamaan tunnistettavat siluettikuvat vain yli 40 mm korkeista kaloista. Aikuisten lohien ja taimenien laskennassa kalojen 40 mm:n korkeusvaatimus ei tavallisesti tuota ongelmia. Kamerayksiköllä varustetulla Vaki-laskurilla voidaan kuitenkin laskea myös alle 40 mm korkeiden kalojen määriä (esim. kalatietä pitkin alasvaeltavien smolttien laskeminen), joskin tällöin myös analysointityöhön kuluvaan ajan määrään kasvaa merkittävästi.

Jos samassa kalatiessä halutaan kerätä Vaki-kamerayksikön tallentamaa kamerakuvaa sekä ylöspäin että alaspäin vaeltavista kaloista, täytyy käytössä olla laitekokonaisuus, jossa on laskuriyksiköt kamerayksikön molemmilla puolilla. Näin siksi, että infrapunalaskurissa havaittu liike käynnistää laitteeseen yhdistetyn kameran ja sen vuoksi kalan täytyy ensin ohittaa laskuri ennen kuin siitä saadaan kamerakuvaa.

Vaki-laskurin keräämät tiedot laskurin läpi uivien kalojen koosta ja ajasta, jolloin kala ohittaa laskurin, ovat kalatien toimivuuden seurannan ja kalatien säätämisen kannalta arvokkaita tietoja. Kun käytössä ovat tarkat vaellusaika- ja kalojen kokotiedot, voidaan niitä tarkastella rinnakkain esimerkiksi kalatien ja voimalaitoksen virtaamatietojen tai muiden ympäristömuuttujien (esim. alaveden pinta, meriveden korkeus, veden lämpötila, ym.) kanssa. Näiden tarkastelujen perusteella kalatien olosuhteita voidaan tarvittaessa säätää nousevien kalojen kannalta sopiviksi.

Kalojen nousun ajoittumista tulkittaessa on kuitenkin huomioitava, että Vaki-laskurin vedenalainen ”ahdas” havainnointiyksikkö saattaa viivästyttää kalojen nousua laskurin läpi. Tällaisesta käyttäytymisestä saatiin joitakin viitteitä Merikosken kalatiessä, sillä yksittäiset kalat viipyivät toisinaan jonkun aikaa laskurin alapuolisessa altaassa ennen laskurin läpi uimistaan. Tutkimushankkeen aikana Merikosken kalatien lohista ja taimenista kerättyjen vaellusnopeustietojen (PIT-merkittyjen [Passive Integrated Transponder] kalojen seuranta, n = 60 kpl) perusteella erityisen merkittävistä vaellusviiveistä ei kuitenkaan saatu havaintoja. Keskimäärin kalat uivat kahden PIT-antennin välin (n. 100 m kalatietä, toinen PIT-antenni Vaki-laskurin yläpuolella) vajaassa 12 tunnissa. Pisimmilläänkin uintiaika näiden antennien välillä oli vajaat 5 vuorokautta (Orell, P. julkaisematon).

6. Vaki-laskurin hyödyntämismahdollisuudet

Vaki-kalalaskuri osoittautui tässä tutkimuksessa käyttökelpoiseksi ja luotettavaksi menetelmäksi kalateissä kulkevien kalojen seurantaan ja laskentaan. Uusia kalatiesuunnitelmia tehtäessä kannattaa laskurin hankintaan budjetoida rahat jo kalatien suunnitteluvaiheessa, sillä laitteen hankkimiskustannus on tavallisesti koko kalatien rakentamiskustannuksiin verrattuna vähäinen (tavallisesti alle 5 %). Kalatien suunnitteluvaiheessa on myös helppo huomioida laskurin optimaalinen sijoittaminen ja suunnitella laskurin ohjausyksikölle sään ja ilkvallan kestävä suoja. Merkittäviä tulevaisuuden kalatiekohteita, joissa Vaki-laskuria voidaan hyödyntää, ovat mm. entiset suuret lohijoet (Kemi-, Ii-, Oulu- ja Kymijoki), joihin ollaan parhaillaan suunnittelemassa toistakymmentä uutta kalatietä. Näistä kalatiekohteista olisi ensiarvoisen tärkeitä saada seurantatietoja vuosittain.

Uusien tulevaisuudessa rakennettavien kalateiden ohella on muistettava, että lähes kaikki jo rakennetut kalatiet Suomessa ovat olleet tähän saakka seurannan ulkopuolella tai seuranta on ollut satunnaista. Näissä vanhoissa kalatiekohteissa on siten tarvetta kalalaskureille. Laskureiden avulla saataisiin tärkeää tietoa näiden kalateiden merkityksestä ja niiden mahdollisista toimintaongelmista. Tietojen avulla pystytään kehittämään kalateiden toimivuutta ja edesauttamaan rakennettujen jokien vaelluskalakantojen kestävää elpymistä.

Kalateiden lisäksi Vaki-laskuri soveltuu myös kalojen seurantaan pienissä luonnonmuokaisissa joki- tai purouomissa. Sopivilla ohjausrakenteilla varustettuna laskuri voisi soveltua esimerkiksi pienten meritaimenjokien ja -purojen nousukalamäärien selvittämiseen.

7. Kalateiden vaihtoehtoiset seurantamenetelmät

Vaki-kalalaskurin ohella kalateitä käyttävien kalojen seurantaan tai kalamäärän arvioimiseen voidaan käyttää mm. vedenalaista videokuvausta, PIT-telemetriaa, radio- ja ultraäänitelemetriaa, kaikuluotausta tai kalojen pyydystystä.

Jatkuvassa videokuvauksessa ongelmaksi muodostuu tavallisesti tallentuvan aineiston suuri määrä, jonka analysoiminen vaatii merkittävää työvoimaresurssia. Erilaiset hahmontunnistukseen perustuvat analysointiohjelmat voivat tulevaisuudessa vähentää työvoiman tarvetta ja tehdä jatkuvasta videokuvauksesta merkittävän vaihtoehdon Vaki-laskurille.

Kalatiehen kalamäärien laskeminen kaikuluotaamalla, esim. DIDSON-luotaimella, on yksi mahdollinen seurantavaihtoehto. Tälläkin menetelmällä tutkimusaineistojen analysointi on kuitenkin selvästi työläämpää kuin Vaki-laskurilla, eikä esimerkiksi lajin tai lajiryhmien (esim. lohikalat) määrittäminen onnistu. DIDSON-luotaimet ovat hinnaltaan myös selvästi Vaki-laitetta kalliimpia.

Kalatiehen pitkin nousevien kalojen pyynti laskentaa ja lajinmäärittystä varten on työläs menetelmä, ja toisaalta pyynnistä ja kalojen käsittelystä aiheutuva stressi voi vaikuttaa kalojen käyttäytymiseen vapautuksen jälkeen. Esimerkiksi Ruotsissa, Piteåjoen Sikforsilla ja Kalixjoen Jockfallissa, osa kalatiestä laskentaa varten pyydetyistä kaloista laskeutui käsittelyn jälkeen kalatietä pitkin alavirtaan. Kun näissä joissa kalamäärän laskemisessa siirryttiin käyttämään kalojen pyydystämisen sijaan pelkästään Vaki-laskuria, loppui kalojen vaellus alavirtaan lähes kokonaan (Hebrand, internet-sivut, ks. viitteet). Vastaavaa kalojen pyydystämisen ja käsittelyn aiheuttamaa alavirtaan laskeutumista on havaittu monilla eri lohikalalajeilla useissa tutkimuksissa. Esimerkiksi Bernard ym. (1999) havaitsivat, että radiomerkintäkäsittelyn jälkeen kuningaslohet (*Oncorhynchus tshawytscha*) siirtyivät vapautuspaikalta alavirtaan ja vaellus ylävirtaan keskeytyi pitkäksi ajaksi.

PIT-telemetria, radiotelemetria ja ultraäänitelemetria soveltuvat hyvin kalojen käyttäytymistutkimuksiin. Näiden tekniikoiden avulla voidaan selvittää mm. kalojen hakeutumista kalatiehen, liikkumista kalatien sisällä sekä mahdollisia vaellusongelmia. Tällaisten käyttäytymistutkimusten avulla kalateiden toimivuutta on mahdollista merkittävästi parantaa. Nousevien kalamäärien arviointiin PIT-, radio- ja ultraäänitelemetriset sovellukset eivät kuitenkaan sellaisenaan sovellu.

Muita Vaki-kalalaskurin tavoin toimivia laitteita, joita voidaan asentaa helposti kalateihin, ei juuri ole markkinoilla. Kalankäsittely- ja -viljelylaitoksiin tarkoitettuja kalalaskureita puolestaan on saatavilla monelta valmistajalta. Näitä laitteita ei kuitenkaan ole suunniteltu hyödynnettäviksi kalateissä.

Tulevaisuudessa uusia tutkimusmenetelmiä kehitetään kalateiden seurantaan. Vastaavasti myös Vaki-laskuri ja siihen liitettävät kameralaitteistot kehittynevät edelleen.

Kiitokset

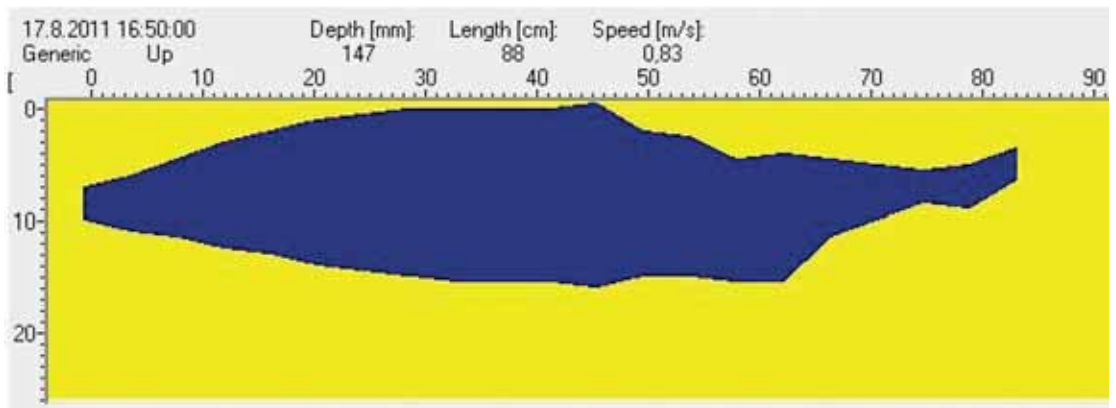
Tutkimusryhmämme haluaa kiittää Oulun Energiaa mahdollisuudesta hyödyntää Merikosken kalatien Vaki-kalalaskuria. Erytiskiitokset ansaitsee Oulun Energian Ahti Sipola, joka henkilökohtaisesti on vastannut Merikosken kalatiestä, ylläpitänyt ja huoltanut Vaki-laskuria sekä tarjonnut apuaan lukemattomissa tilanteissa tutkimusvuosien aikana. Kiitämme lisäksi Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen asiantuntijoita Anne Lainetta ja Esa Laajalaa vilkkaasta vuoropuhelusta Merikosken kalatietutkimuksiin liittyen. Tämä tutkimusraportti on osa maa- ja metsätalousministeriön (MMM) rahoittamaa ”Toimivatko kalatiet?” -hanketta, jota toteutetaan vuosina 2010–2012.

Viitteet

- Baumgartner, L., Bettanin, M., McPherson, J., Jones, M., Zampatti, B. & Beyer, K. 2010. Assessment of an infrared fish counter (Vaki Riverwatcher) to quantify fish migrations in the Murray-Darling Basin. *Industry & Investment NSW – Fisheries Final Report Series No. 116*. 47 s.
- Bernard, D.F., Hasbrouck, J.J. & Fleischman, S.J. 1999. Handling-induced delay and downstream movement of adult Chinook salmon in rivers. *Fisheries Research* 44: 37–46.
- Hebrand, M. Influence of trapping. http://www.vaki.is/media/PDF/Mats_trapping.pdf. [Luettu 29.9.2012].
- Shardlow, T.F. & Hyatt, K.D. 2004. Assessment of the counting accuracy of the Vaki infrared counter on Chum salmon. *Journal of Fisheries Management* 24: 249–252.
- Vaki Riverwatcher Turbidity Trials. http://www.kalajavesitutkimus.fi/images/Riverwatcher_Turbidity.pdf. [Luettu 18.9.2012].
- Water action volunteers 2003. Turbidity: A water clarity measure. *Volunteer Monitoring Factsheet Series*. University of Wisconsin. <http://www.girlscoutsnorcal.org/documents/DYW-A2Sup-Turbidity.pdf>. [Luettu 18.9.2012].

Liitteet

Liite 1. Tyypillinen Vaki-laskurin tuottama siluettikuva lahnasta laskurin pituus/korkeus-asetuksella 6,0. Ks. luku 2.1.





JULKAISIJA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viikinkaari 4

PL 2

00791 Helsinki

Puh. 0205 7511

www.rktl.fi