

Kala- ja vesijulkaisuja nro 272

Petri Karppinen ja Mikko Hynninen



Lohen vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Kymijoen länsihaaran alaosalla



Kala- ja
vesitutkimus Oy

KUVAILEHTI

Julkaisija: Kala- ja vesitutkimus Oy

Julkaisuaika: 30.7.2019

Tekijät: Karppinen, P. & Hynninen, M.

Tarkastaja: Vatanen, S.

Julkaisun nimi: Lohen vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Kymijoen länsihaaran alaosalla

Sarjan nimi ja numero: Kala- ja vesijulkaisu nro 272

Sivumäärä: 17 s.

Toimeksiantaja: HELEN Oy

Kannen kuva: Lähetinkalojen seuranta-asema Ahvenkosken patoaltaan yläosalla

Kuva: Petri Karppinen

Sisällysluettelo

1. Johdanto	2
2. Menetelmät	2
2.1. Tutkimusalue ja olosuhteet	2
2.2. Tutkimuskalat	5
2.3. Kalojen merkintä ja kuljetus vapautuspaikalle.....	5
2.4. Vaellusseuranta	6
2.4.1 Vastaanottimet ja antennijärjestelmät	6
2.4.2 Käsipaikannukset	7
3. Tulokset	7
3.1. Klåsarö ja jokialue	7
3.1.1 Kalojen käyttäytyminen ja kuolleisuus.....	7
3.2. Ahvenkoski ja jokisuu	9
3.2.1 Kalojen käyttäytyminen ja kuolleisuus.....	9
4. Tulosten tarkastelu	12
4.1. Käyttäytyminen.....	12
4.1.1 Klåsarö ja jokialue	12
4.1.2 Ahvenkoski ja jokisuisto	12
4.2. Kuolleisuus.....	13
4.2.1 Klåsarö ja jokialue	13
4.2.2 Ahvenkoski ja jokisuisto	14
4.3. Seurannan epävarmuustekijät ja virhelähteet	14
5. Tiivistelmä	16
6. Kirjallisuus	17

1. Johdanto

Lohen vaelluspoikasten alasvaellusseuranta toteutettiin Kymijoen länsihaarassa sijaitsevilla Helen Oy:n Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitoksilla toukokuussa 2019. Tavoitteena oli selvittää lohen vaelluspoikasten eli smolttien reitinvalintaa ja käyttäytymistä voimalaitosten läheisyydessä, sekä kuolleisuutta voimalaitosten välillä, patoaltaissa ja voimalaitosten läpiuinnin yhteydessä. Tutkimus liittyy käynnissä olevaan hankkeeseen, jonka tavoitteena on rakentaa kalatiet Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitoksille. Hankkeen ohjausryhmässä on edustajia Helen Oy:stä, Ely-keskuksesta sekä Maa- ja metsätalousministeriöstä.

Tutkimuksen tuloksena saatiin tietoa alasvaeltavien lohenpoikasten kuolleisuudesta nykytilanteessa ennen tulevaisuudessa toteutettavien kalateiden rakentamista. Tietoa tarvitaan kalateiden ja etenkin alasvaelluskuolleisuutta vähentävien ratkaisujen suunnittelussa. Alasvaelluskäyttäytymisen tunteminen on keskeistä esimerkiksi sitä helpottamaan tarkoitettujen teknisten ratkaisujen valinnassa. Seurannan avulla saatiin tietoa myös vaelluspoikasten reitinvalinnasta ja kuolleisuudesta Klåsarön ja Ahvenkosken välisellä jokialueella. Seurannasta saatua tietoa voidaan hyödyntää myös Luonnonvarakeskuksessa käynnissä olevassa Kymijoen lohen populaatiomallinnuksessa. Seuranta toteutettiin yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen kanssa.

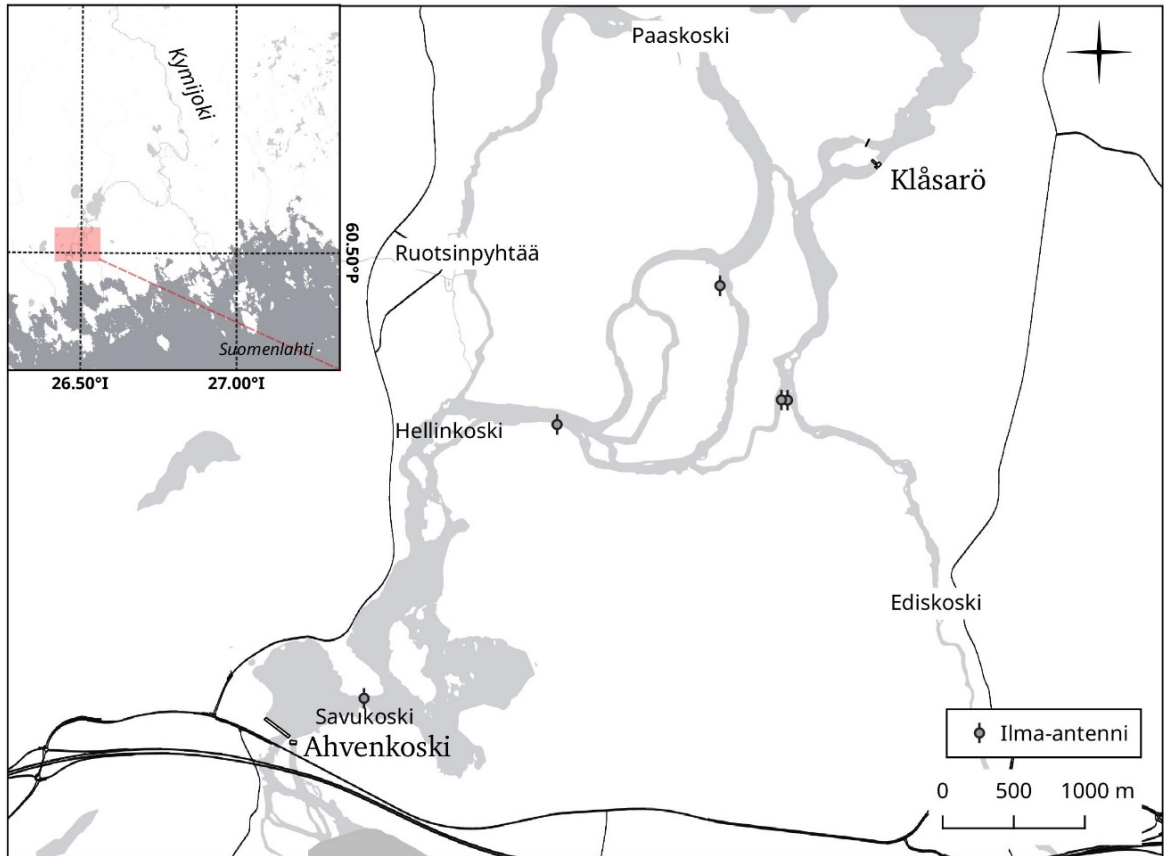
2. Menetelmät

2.1. Tutkimusalue ja olosuhteet

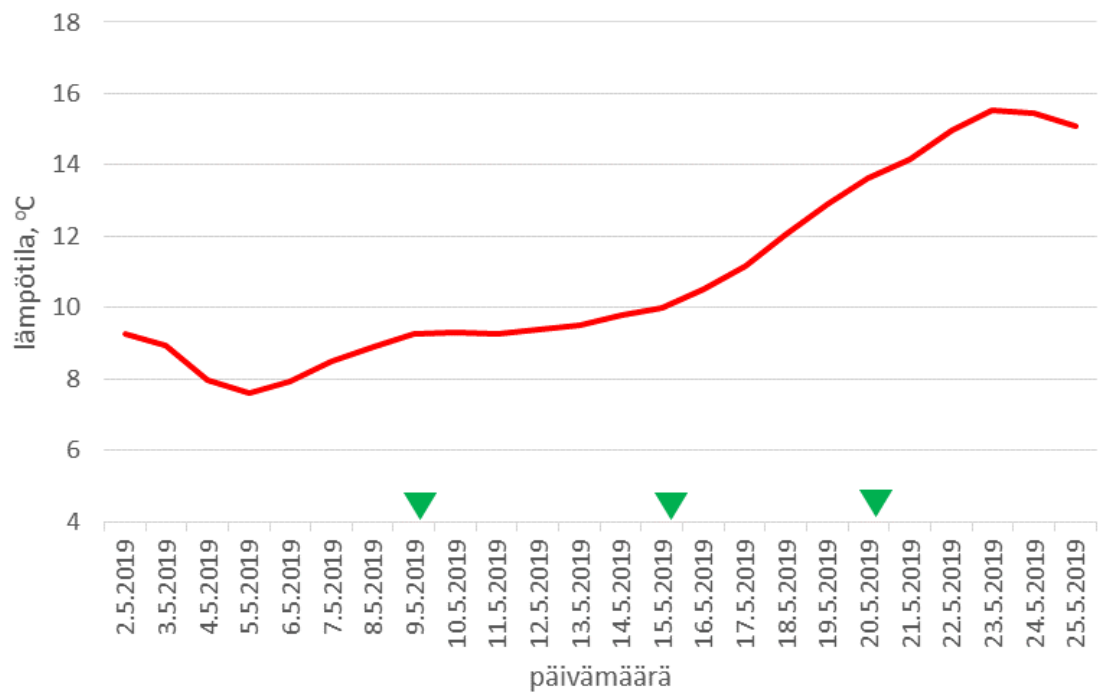
Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitokset sijaitsevat Kymijoen länsihaaran alaosalla. Ahvenkosken voimalaitoksella on kaksi pystyakselistä Kaplan-turbiinia. Laitoksen putouskorkeus on noin 11 metriä, ja sen rakennevirtaama on 250 m³/s.

Klåsarön voimalaitos sijaitsee vesiteitse mitattuna noin 8 kilometrin päässä Ahvenkoskelta (Kuva 1). Voimalaitoksessa on kaksi vaaka-akselistä Kaplan-turbiinia. Putouskorkeus on noin 3 metriä, ja rakennevirtaama 180 m³/s. Klåsarön voimalaitokselle tulevaa virtaamaa säädetään lännempänä sijaitsevalla Paaskosken säännöstelypadolla (Kuva 1).

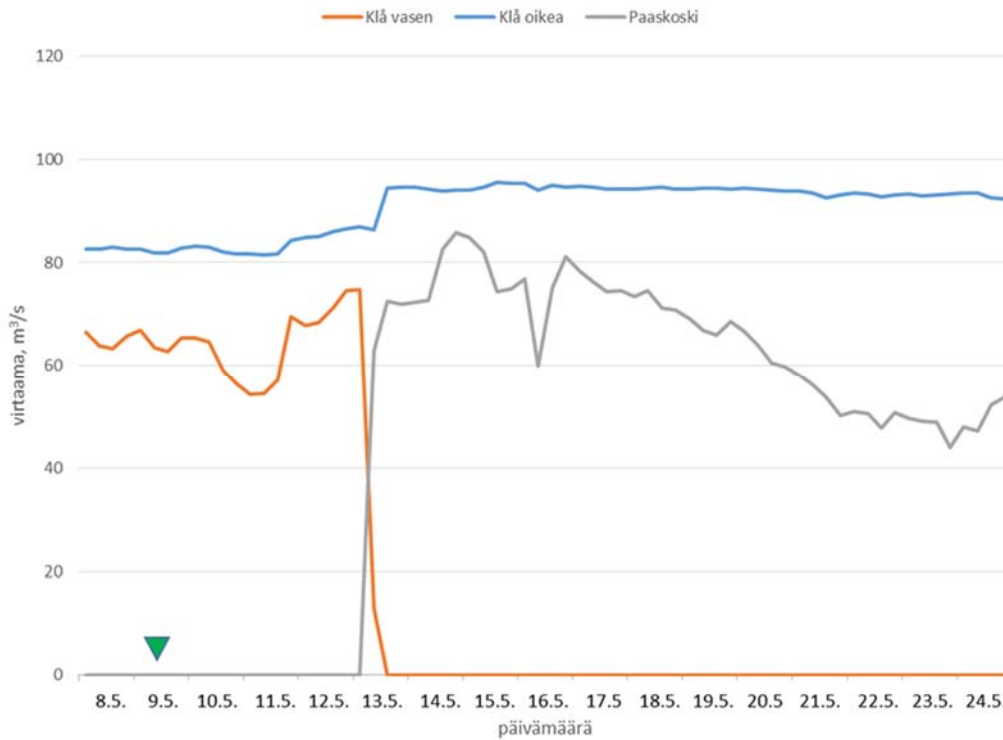
Virtaamaolosuhteet voimalaitoksilla seurannan aikana on esitetty kuvissa 3 ja 4. Veden lämpötila oli nousussa koko seurannan ajan ja vuorokauden keskilämpötila nousi yli kymmenen asteen toukokuun 15. päivänä (Kuva 2).



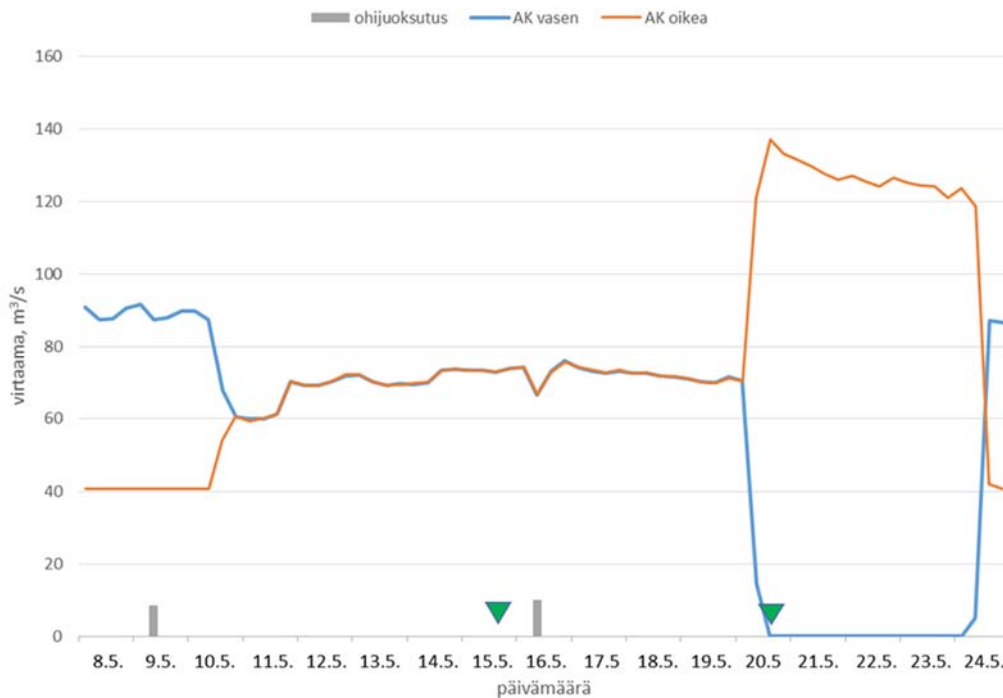
Kuva 1. Tutkimusalue ja seuranta-asemien (ilma-antennit) sijainnit Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitosten välisellä jokialueella.



Kuva 2. Jokiveden lämpötila Ahvenkosken voimalaitoksella mitattuna (keskiarvo/vrk). Vihreät kolmiot osoittavat lähetinkalojen vapautusajankohdat.



Kuva 3. Klåsarön voimalaitoksen ja Paaskosken säännöstelypadon virtaamat vaelluseurannan aikana. Virtaamat on esitetty keskiarvoina kuuden tunnin jaksoissa ja turbiinikohtaisesti (vasen/oikea, alavirran suunnasta katsottuna). Vasen turbiini suljettiin 13.5. (Virtaamatiedot: Helen Oy). Vihreä kolmio osoittaa lähetinkalojen vapautusajankohdan Klåsarön voimalan yläpuolella (Erä 1).



Kuva 4. Ahvenkosken voimalaitoksen virtaamat vaelluseurannan aikana. Virtaamat on esitetty keskiarvoina kuuden tunnin jaksoissa turbiinikohtaisesti (vasen/oikea, alavirran suunnasta katsottuna). Vasen turbiini oli suljettuna 20.–24.5. välisenä aikana (Virtaamatiedot: Helen Oy). Vihreät kolmiot osoittavat lähetinkalojen vapautusajankohdat Savukoskella (Erät 2 ja 3).

2.2. Tutkimuskalat

Tutkimuksessa käytettiin Nevajoen alkuperää olevia lohia (*Salmo salar*). Kalat olivat Venekosken kalanviljelylaitoksella Hankasalmella kasvatettuja 2-vuotiaita vaelluspoikasia eli smoltteja. Kalat kuljetettiin 3.5.2019 Hankasalmelta tankkiautolla Kymijoen Ahvenkoskelle istutettavaksi jokisuulle. Istutuskaloista otettiin noin 600–700 kalaa tutkimuksen tarpeisiin. Kalat jaettiin kahteen noin 90 cm x 70 cm x 70 cm kokoiseen häkkiin Ahvenkosken patoaltaalle odottamaan merkintää. Kaloja vastaanotettaessa niillä havaittiin olevan eväkulumia ja etenkin selkäevä oli kaikilta pahasti syöpynyt. Kalat käyttäytyivät kuitenkin eloisasti, eikä kuolleisuutta esiintynyt lainkaan häkkisäilytyksen aikana. Lohenpoikaset olivat ulkoisen habituksen perusteella jo pitkälle smolttiutuneita.

Taulukko 1. Radiolähettimellä merkittyjen lohien vaelluspoikasten merkintäeräkohtaiset tiedot.

Erä merkintä- päivämäärä	Vapautuspaikka ja -ajankohta	Yksilömäärä	Pituus keskiarvo (cm)	Min–Max (cm)
Erä 1 5. touko	Klåsarö 9. touko klo 13	30	20,5	17,5–23,5
Erä 2 11. touko	Savukoski 15. touko klo 17	15	21	18,5–24
Erä 3 16. touko	Savukoski 20. touko klo 14	15	21,5	18,5–24
	Kaikki	60	21	17,5–24

Punnittujen kalojen (n=19) keskipaino: 86 g

2.3. Kalojen merkintä ja kuljetus vapautuspaikalle

Häkeistä otettiin satunnaisesti yksi kala kerrallaan nukutettavaksi lähettimen asentamista varten. Kalat nukutettiin hapetetussa nukutusaineliuoksessa (puskuroitu MS-222, 80 mg/l) 50 litran astiassa. Lähetin (ATS malli F1420, paino 1,3 g) asennettiin kirurgisesti kalan vatsaonteloon (ks. Karppinen ym. 2013). Lähettimen asentamisen jälkeen kalat pidettiin häkissä toipumassa neljä päivää ennen vapauttamista. Merkinnän jälkeistä kuolleisuutta ei esiintynyt. Merkityt kalat olivat keskimäärin 21 cm pitkiä (kokonaispituus) ja ne painoivat keskimäärin 86 g (Taulukko 1). Jokiveden keskilämpötila oli merkintäpäivinä 7,6 °C, 9,3 °C, ja 10,5 °C.

Alun perin tarkoituksena oli vapauttaa kaksi 15 kalan erää molempien voimalaitosten yläpuolella. Klåsarön voimalaitoksella 13. toukokuuta alkavaksi suunnitellun remontin takia suunnitelmaa jouduttiin kuitenkin muuttamaan siten, että Klåsarön voimalan yläpuolelle vapautettiin kalat yhdessä erässä 9. toukokuuta. Ahvenkosken kalat vapautettiin suunnitellusti kahdessa 15:n kalan erässä (Taulukko 1).

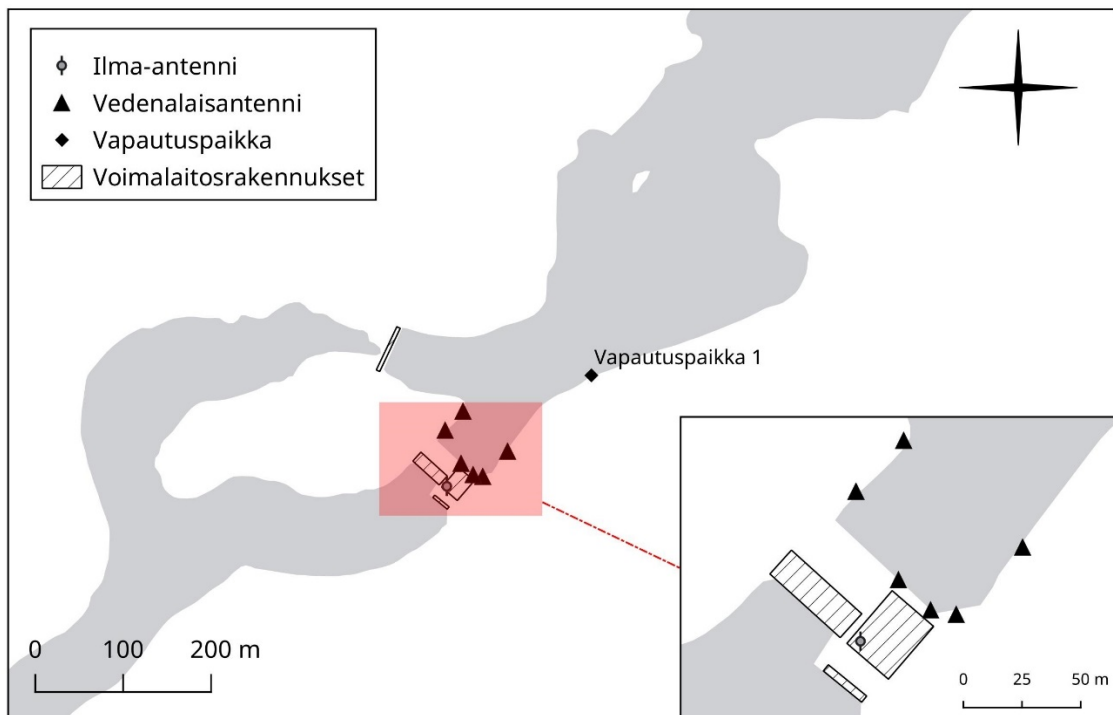
Kalat kuljetettiin vapautuspaikalle 500 litran säiliössä. Jokaisen erän mukana vapautettiin noin 150:n merkitsemättömän kalan suojaparvi lieventämään lähetinkaloihin kohdistuvaa predaatiopainetta. Klåsarön kalat (Erä 1) vapautettiin joen itärannalle noin 160 metriä voimalaitoksen yläpuolella (Kuva 5). Ahvenkosken

kalat (Erät 2 ja 3) vapautettiin Savukosken sillan läheisyyteen noin 500 m:n päässä voimalaitoksesta (Kuva 6). Jokiveden keskilämpötila oli vapautuspäivinä 9,3 °C, 10,0 °C, ja 13,6 °C.

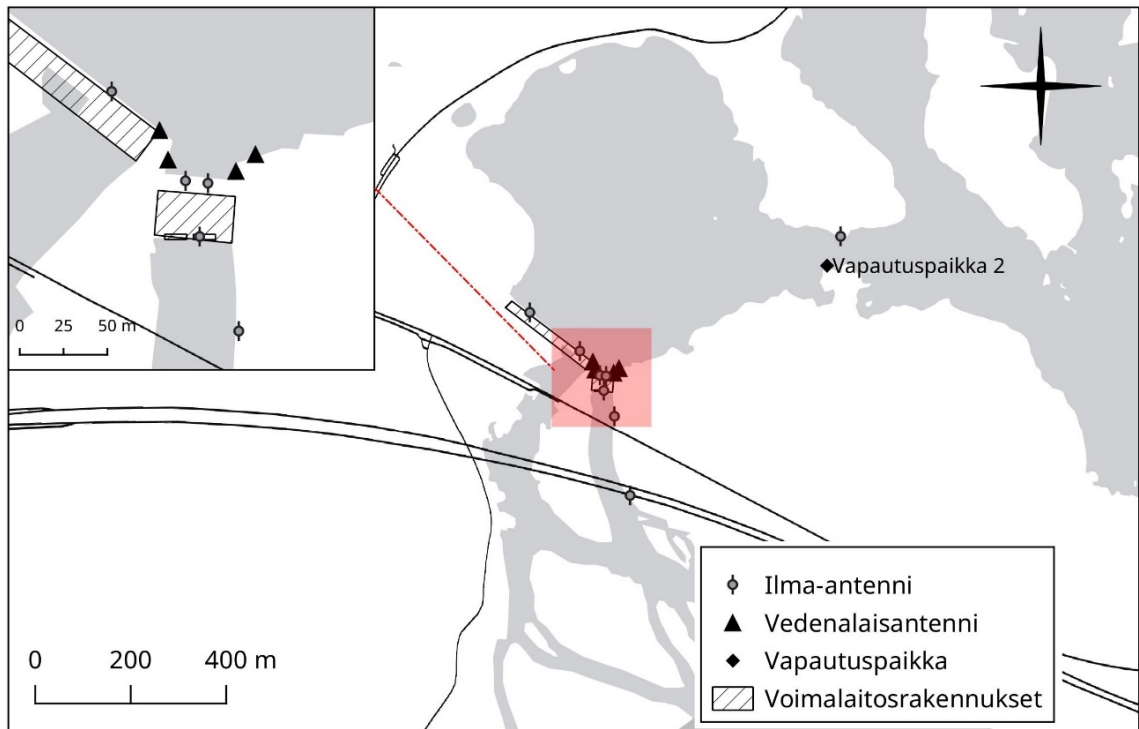
2.4. Vaellusseuranta

2.4.1 Vastaanottimet ja antennijärjestelmät

Voimalaitosten ylä- ja alapuolelle asennettiin kuuntelujärjestelmät lähettimellä varustettujen vaelluspoikasten jatkuvaa seuranta varten (ks. kuvat 1, 5 ja 6). Voimalaitosten yläpuolelle asennettiin 4–6 vedenalaisantennia, joiden kautta automaattivastaanottimet (ATS, Advanced Telemetry Systems Inc., USA, malli R4500) tallensivat voimalaitoksen edustalla ja padolla liikkuvista lähettimillä varustetuista kaloista kantautuvat signaalit. Klåsarön voimalaitoksen alapuolelle asennettiin ilma-antennilla varustettu vastaanotinjärjestelmä tallentamaan voimalaitoksesta alas tulevien kalojen lähetinsignaalit. Lisäksi Klåsarön ja Ahvenkosken väliselle jokialueelle asennettiin viisi seuranta-asemaa (kuvat 1 ja 7). Ahvenkoskelle ilma-antennijärjestelmiä asennettiin kaikkiaan 8 kpl seuraamaan lähetinkalojen liikkeitä Ahvenkosken patoaltaalla, voimalaitoksen alakanavassa ja jokisuulla (Kuva 6). Kuuntelujärjestelmien toiminta tarkistettiin ja antennien kuuluvuusetaisyydet arvioitiin alustavasti uittamalla radiolähetintä seuranta-alueella. Seuranta lopetettiin 23.5.2019, kun kaikki oletetut elossa olevat vaelluspoikaset olivat poistuneet joesta.



Kuva 5. Klåsarön voimalaitoksen lähiympäristö ja lähetinkalojen seurantajärjestelmien sijainnit.



Kuva 6. Ahvenkosken voimalaitoksen lähiympäristö ja lähetinkalojen seurantajärjestelmien sijainnit.

2.4.2 Käsipaikannukset

Kiinteillä antennijärjestelmillä tehdyn jatkuvan seurannan lisäksi lähetinkaloja paikannettiin käsivastaanottimen (ATS R4000) ja antennin avulla voimalaitospadoilla ja jokivarressa sekä rannalta että veneestä. Lähetinkaloja paikannettiin vapautuspaikalla ja voimalaitosten läheisyydessä heti vapautushetkestä alkaen ja myöhemmin satunnaisemmin useiden päivien ajan. Klåsarön ja Ahvenkosken välisellä jokialueella käytiin veneellä paikantamassa kaloja neljä kertaa, ja jokisuistossa kolme kertaa.

3. Tulokset

3.1. Klåsarö ja jokialue

3.1.1 Kalojen käyttäytyminen ja kuolleisuus

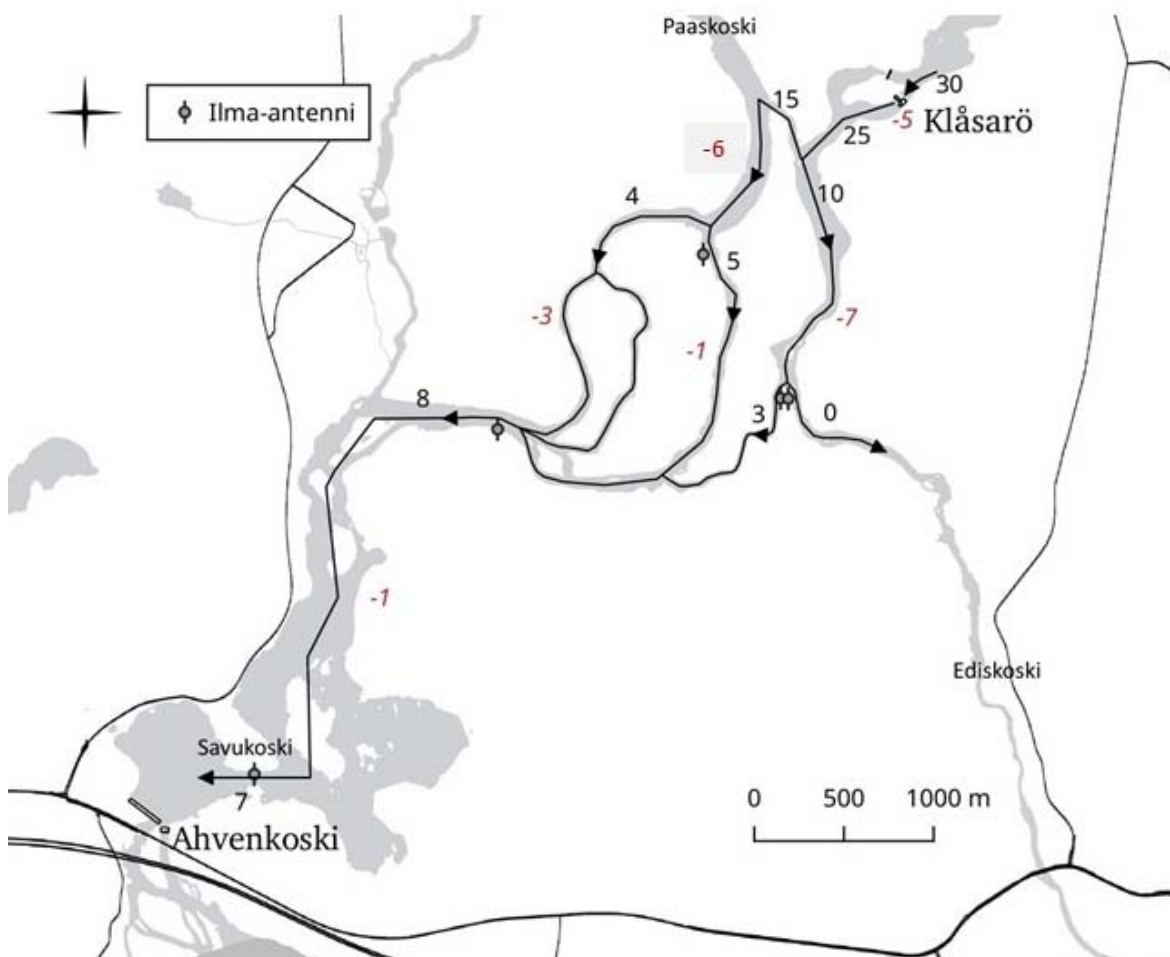
Lähes kaikki (93 %) Klåsarön voimalaitoksen yläpuolelle vapautetut smoltit lähtivät välittömästi alavirtaa kohti ja ne etenivät hyvin suoraviivaisesti päävirtauksen mukana kohti voimalaitosta yläkanavan itäreunaa myötäillen. Nämä yksilöt läpäisivät Klåsarön voimalaitoksen todennäköisimmin idänpuoleisen turbiinin kautta (Klå oikea, ks. Kuva 3) keskimäärin 17 minuutin kuluttua vapautuksesta (min–max: 7–59 min).

Kaksi yksilöä jäi vapautuspaikan läheisyyteen useiden päivien ajaksi (4,0 ja 7,5 vrk) ennen kuin ne lähtivät liikkeelle alavirtaa kohti. Kaikki Klåsarön yläpuolelle vapautetut kalat tulivat siis lopulta alas voimalaitoksesta ja voimalaitoksen yläpuolinen ns. patoallaskuolleisuus oli 0 % (Taulukko 2).

Voimalaitoksen alapuolelle pysähtyi läpimenon jälkeen 5 kalaa. Näistä kaksi kuoli välittömästi turbiinin läpiuinnin seurauksena, loput läpiuinnin ja/tai predaation seurauksena. Klåsarön voimalaitoksen aiheuttamaksi kuolleisuudeksi arvioitiin näin ollen 16,7 %.

Klåsarön voimalaitoksen läpiuinnista selvinneistä 25 smoltista 15 suuntasi päävirtauksen mukana Paaskosken suuntaan vievään sivuhaaraan ja loput kymmenen jatkoivat suoraan alaspäin itäisintä jokihaaraa (Kuva 7). Paaskosken haaraan suunnanneista smolteista 40 % (6 yks.) arvioitiin tulleen syödyksi ennen ylimmän vastaanottimen saavuttamista (noin 1,8 km Klåsarön voimalaitokselta). Viisi kalaa jatkoi Paaskosken haarasta vaellustaan pitkin keskimmäistä jokihaaraa, ja neljä pitkin läntisintä jokihaaraa (Kuva 7). Itähaaraan lähteneistä kymmenestä smoltista tuli syödyksi 70 % (7 yks.) ennen noin 2 km:n päässä sijainnutta vastaanotinasemaa.

Lopulta alimman vastaanotinaseman ohitti kaikkiaan 8 kalaa, joista 7 saavutti Savukosken vastaanotinaseman ja Ahvenkosken patoaltaan. Vaellustappio Klåsarön ja Ahvenkosken välisellä jokialueella oli näiden havaintojen perusteella 72 %, ja kokonaiskuolleisuus ennen Ahvenkosken patoallasta 77 % (Taulukko 2).



Kuva 7. Klåsarön yläpuolelle vapautettujen lähetinkalojen valitsemat reitit ja kullakin reittiosuudella selviytyneiden (mustat) ja kuolleiden (punaiset) kalojen lukumäärät, kalojen edetessä kohti alavirtaa. Jokialueelle sijoitetut vastaanotinasemat (5 asemaa) on merkitty symbolein (ilma-antenni).

Taulukko 2. Kuolleisuudet (%) ja kuolleiden kalojen lukumäärät (suluissa) Klåsarön voimalaitoksella ja sen alapuolisella jokiosuudella **ennen Savukoskea**.

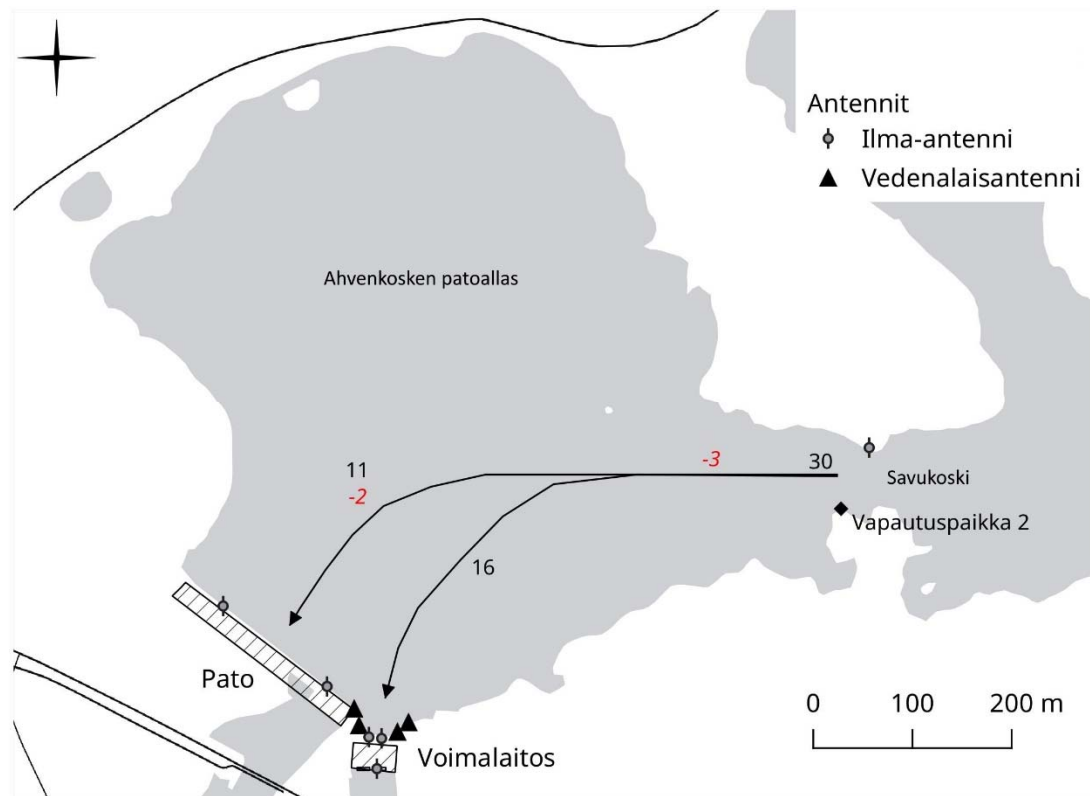
Vapautuserä ja -paikka	Patoallas (predaatio)	Voimalaitos (turbiini + välitön predaatio)	Jokiosuus Klåsarö–Savukoski (predaatio)	Kokonaiskuolleisuus (voimalaitos + jokiosuus)
Erä 1, Klåsarö n=30	0 (0)	16,7 (5)	72,0 (18)	76,7 (23)

Klåsaröstä selvisi Ahvenkosken patoaltaalle saakka seitsemän smolttia, joista kuoli Ahvenkosken patoaltaalla yksi (14,3 %) ja Ahvenkosken voimalaitoksessa yksi (16,7 %). Loput viisi pääsivät merelle saakka. Näin ollen Klåsarön voimalaitoksen yläpuolelle vapautetuista kaloista vain 16,7 % selvisi merelle ja kokonaiskuolleisuus välillä Klåsarön ylakanava–merialue oli vastaavasti 83,3 %.

3.2. Ahvenkoski ja jokisuu

3.2.1 Kalojen käyttäytyminen ja kuolleisuus

Savukoskelle Ahvenkosken patoaltaan yläosalle vapautetut smoltit lähtivät nopeasti etenemään alavirtaan. Ensimmäiset yksilöt saapuivat voimalaitokselle jo puolen tunnin kuluttua vapautuksesta. Kalojen käyttäytyminen voimalaitosta lähestyttäessä oli kaksijakoista. Hieman yli puolet (59 %) kaloista eteni päävirtauksen mukana suoraan voimalaitoksen ylakanavaan, toinen puoli kaloista (41 %) ui keskemältä patoallasta ja saapui ensin voimalaitoksen säännöstelypadolle (Kuva 5). Padolle suunnanneet yksilöt uivat edestakaisin patoseinämän edustalla käyden välillä myös padon länsipäässä ja kauempana patoaltaan keskellä. Näistä kaloista kaksi tuli syödyksi patoaltaalla. Kolme kalaa syötiin jo vapautuspaikan läheisyydessä ja patoaltaan yläosalla (Kuva 5). Patoallaskuolleisuus oli siten keskimäärin 16,7 % (Taulukko 3).



Kuva 8. Pelkistetty kaavamainen esitys Savukoskelle vapautettujen smolttien jakautumisesta kahdelle lähestymisreitille, sekä selviytyneiden (mustat) ja kuolleiden (punaiset) kalojen lukumäärät eri reiteillä.

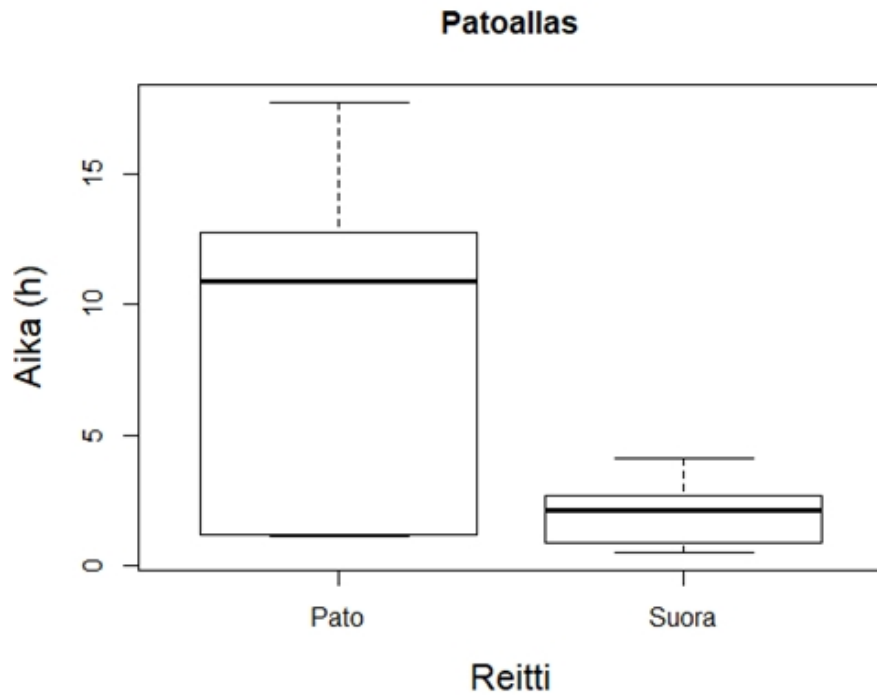
Savukoskelle vapautetut smoltit läpäisivät Ahvenkosken voimalaitoksen keskimäärin 4,5 tunnin kuluttua vapautuksesta (min–max: 0,5–17,7 tuntia). Voimalaitosta padon kautta lähestyneillä yksilöillä kului selvästi enemmän aikaa ennen alasmenoa (ka. 8,9 tuntia) kuin suoraan voimalaitokselle suunnanneilla kaloilla (ka. 2,0 tuntia) (Kuva 9). Tämä ero oli myös tilastollisesti merkitsevää (Welchin t-testi: $t = 3,14$; $df = 8,26$; $p=0,013$).

Suoraan voimalaitoksen edustalle uineet kalat menivät pääsääntöisesti alas voimalaitoksesta lännenpuoleisen turbiinin kautta. Padon kautta kaartaneiden kalojen osuudet jakaantuivat tasan lännen- ja idänpuoleisen turbiinin kesken.

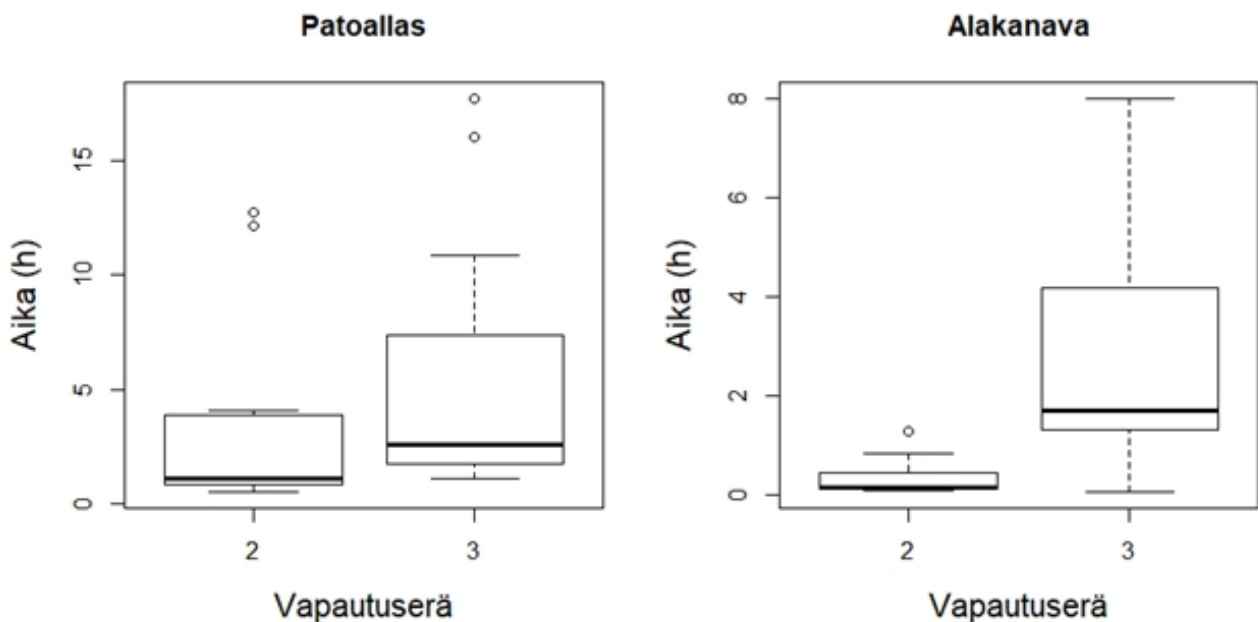
Kaikista alas menneistä smolteista 73 % laskeutui voimalaitoksen läpi lännenpuoleisen turbiinkanavan kautta, vaikka kummankin turbiinin kautta virtaava vesimäärä oli yhtä suuri.

Erän 3 vapautuksen aikana oli käytössä vain idänpuoleinen turbiini, turbiinin virtaama oli suurempi kuin aiemmin (AK oikea; ks. Kuva 4), ja kaikki kalat menivät alas idänpuoleista kanavaa pitkin.

Vapautuserien 2 ja 3 välillä voitiin todeta eroja alaskaellukseen käytetyn ajan pituudessa. Erän 3 kalat viipyivät patoaltaalla hieman kauemmin (ka. 5,3 tuntia) kuin Erän 2 kalat (ka. 3,5 tuntia) (Kuva 10). Lisäksi Erän 3 kalat viipyivät myös selvästi pitempään voimalaitoksen alla laitoksen läpiuinnin jälkeen (Kuva 10). Tämä ero oli tilastollisesti merkitsevää (Wilcoxonin testi; $W = 24$; $p=0,012$).



Kuva 9. Padoille suunnanneiden ja suoraan laitokselle uineiden smolttien patoaltaalla käyttämä aika ennen voimalaitoksen läpimenoa. (Laatikko-jana -kuvaajassa laatikon sisälle jää 50 % havainnoista. Viiva laatikon sisällä on mediaani. Janat kuvaavat vaihteluväliä.)



Kuva 10. Vapautuserien 2 ja 3 kalojen Ahvenkosken patoaltaalla ja alakanavassa kuluttama aika ennen vaelluksen jatkumista. (Laatikko-jana -kuvaajassa laatikon sisälle jää 50 % havainnoista. Viiva laatikon sisällä on mediaani. Janat kuvaavat vaihteluväliä, ja selvästi muista poikkeavat havainnot jäävät janojen ulkopuolelle).

Voimalaitoksen läpiuinnin yhteydessä arvioitiin kuolleen kolme kalaa. Näin ollen voimalaitoksen aiheuttama kuolleisuus oli keskimäärin 12 % (Taulukko 3). Jokisuistossa joutui predaation kohteeksi keskimäärin 21,7 % kaloista. Ahvenkosken patoaltaalla, voimalaitoksessa ja jokisuistossa tapahtuneen kuolleisuuden seurauksena kokonaiskuolleisuus nousi 43,3 prosenttiin (Taulukko 3).

Taulukko 3. Kuolleisuudet (%) ja kuolleiden kalojen lukumäärät (suluissa) Ahvenkosken patoaltaalla, voimalaitoksella ja jokisuulla.

Vapautuserä ja -paikka	Patoallas (predaatio)	Voimalaitos (turbiini + välitön predaatio)	Jokisuisto (predaatio)	Patokuolevuus (patoallas + voimala)	Kokonaiskuolleisuus (pato + voimala + jokisuisto)
Erä 2, Savukoski n=15	26,7 (4)	18,2 (2)	33,3 (3)	40,0 (6)	60,0 % (9)
Erä 3, Savukoski n=15	6,7 (1)	7,1 (1)	15,4 (2)	13,3 (2)	26,7 % (4)
Yhteensä (30)	16,7 (5)	12,0 (3)	21,7 (5)	26,7 (8)	43,3 % (13)

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Käyttäytyminen

4.1.1 Klåsarö ja jokialue

Suurin osa Klåsarön vapautuserän kaloista lähti välittömästi kohti alavirtaa. Smoltit etenivät Klåsarön voimalaitokselle tulokanavalle johtavan päävirtauksen mukana ja ne läpäisivät laitoksen pääasiassa idänpuoleisen turbiinin kautta. Smoltit suuntaavat kohti alavirtaa tyypillisesti päävirtauksen mukana (esim. Coutant & Whitney 2000; Svendsen ym. 2007). Idänpuoleisen turbiinin virtaama olikin vapautushetkellä selvästi suurempi kuin lännenpuoleiselle turbiinille menevä virtaama (Kuva 3).

Uituaan voimalaitoksen läpi kalat jatkoivat matkaa, mutta useimmat niistä pysähtyivät lyhyen vaelluksen jälkeen virtapaikkoihin etenkin Paaskoskelle menevässä haarassa. Ne jatkoivat alasvaellusta muutamaa päivää myöhemmin, ja liikkeelle lähdeettäessä vaellus eteni yleensä ilman pysähdyksiä jokisuulle saakka. Tämä on tulkittavissa normaaliksi alasvaellukselle lähtevän smoltin käyttäytymiseksi. Smoltit aloittavat alasvaelluksen yleensä vasta, kun jokiveden lämpötila on noussut riittävän korkeaksi, ja vaellus huipentuu tyypillisesti lämpötilan noustua 10 °C:een ja sen ylitse (mm. Ruggles 1980; Lundqvist ym. 2010; Karppinen ym. 2013). Jokiveden lämpötila oli Klåsarön kalaerän vapautuspäivänä 9,3 °C, ja useat yksilöt jatkoivatkin vaellusta vasta kun lämpötila nousi kymmeneen asteeseen.

4.1.2 Ahvenkoski ja jokisuisto

Ahvenkosken vapautuserien kalat etenivät niin ikään nopeasti vapautuspaikalta voimalaitokselle. Savukoskelta Ahvenkosken voimalaitokselle tuleva virtaus jakautuu tehtyjen virtauskokeiden ja -havaintojen perusteella kahteen osaan. Päävirtaus tulee suoraan kohti voimalaitosta, mutta huomattava osa virtaamasta

suuntautuu kohti patoa kaartaen padon viertä pitkin kohti voimalaitosta. Ahvenkoskea lähestyvät smoltit kulkivat näiden virtausten mukaisesti, mutta padolle ja jopa sen länsipäähän kulkeutuneiden kalojen osuus oli kuitenkin suurempi kuin virtausten jakauman perusteella olisi voinut olettaa (ks. Kuva 8).

Erän 3 kaloilla kului enemmän aikaa padon päällä kuin Erän 2 kaloilla. Tähän näyttää vaikuttaneen voimalaitoksen virtaamaolosuhteet. Erän 3 vapautuksen aikana lännenpuoleinen turbiini oli suljettuna ja idänpuoleisen turbiinin virtaama oli aiempaa suurempi. Tämän seurauksena turbiinin tulokanavassa oli erityisen hankalat olosuhteet erittäin voimakkaan virtauksen ja turbulenssin takia. Lähetinsmolteista tulevia radiosignaaleja havaittiin tuloputken välppien edessä samaan aikaan alas pyrkivien aikuisten lohien kanssa. Aikuiset lohet olivat selvästi suurissa vaikeuksissa uidesaan pyörteisessä virrassa alaspäisyä etsien.

Ahvenkosken voimalaitoksen alakanavassa oli voimakas, erittäin turbulenttinen virtaus seurannan aikana. Voimalaitoksen läpi uineet kalat jäivät pitkäksi aikaa voimalan alle, ja sekä merkitsemättömistä että lähettimellä varustetuista kaloista saatiin myös suoria näköhavaintoja. Smolteilla oli selvästi vaikeuksia jatkaa vaellusta alavirtaan voimakkaan turbulenssin ja pysty- ja pyörrevirtausten takia. Voimalaitoksen alla oli voimakas akanvirta alakanavan lännenpuoleisessa reunassa. Tämä akanvirta oli erityisen voimakas ja laaja-alainen voimalaitoksen lännenpuoleisen turbiinin ollessa suljettuna. Smoltit jäivät kiertämään kehää tämän pyörteen mukana, kunnes ne lopulta löysivät syvemmältä alavirtaa kohti vievän suoran virtauksen. Näiden olosuhteiden seurauksena vapautuserän 3 kalojen alasvaellus viivästyi selvästi voimalaitoksen alla. Tempauduttuaan alakanavan päävirtauksen mukaan smoltit saavuttivat jokisuun muutamassa minuutissa. Jokisuusta kalat jatkoivat matkaansa merelle ilman pysähdyksiä ja ne poistuivat jokisuun seuranta-aseman kuuluvuusalueelta (noin 1 km) keskimäärin 40 minuutin kuluessa.

4.2. Kuolleisuus

Kaiken kaikkiaan vaelluspoikasten kuolleisuus nousi suureksi. Jokialue Klåsarön ja Ahvenkosken välillä on selvästikin vaarallinen vaelluksella oleville lohien poikasille. Myös jokisuisto oli kohtalokas monille smolteille. Vaelluskuolleisuus oli alhaisinta viimeisen vapautuserän kohdalla. Tämä on mahdollisesti seurausta siitä, että kevään edetessä ja veden lämpötilan noustessa smolttien liike kohti alavirtaa muuttuu yhä suoraviivaisemmaksi. Esimerkiksi Oulujoella tehdyssä tutkimuksessa smolttien vaellusnopeus ja selviytyminen olivat parhaimmillaan myöhemmin keväällä vapautetuilla poikasilla, kun veden lämpötilat olivat nousseet tasolle 10–13 °C (Karppinen ym. 2013). Veden lämpötila Ahvenkoskella nousi yli 13 asteen viimeisen erän vapautuspäivänä. Myös useimmat Klåsaröstä merelle selvinneet kalat lähtivät liikkeelle vasta, kun veden lämpötila oli noussut riittävästi.

4.2.1 Klåsarö ja jokialue

Ensimmäisen erän vaelluspoikaset vapautettiin verrattain lähellä Klåsarön voimalaitosta eikä yhdenkään kalan voitu todeta joutuneen predaation kohteeksi voimalan yläpuolella. Kaksi yksilöä jäi kuitenkin vapautuspaikan lähistölle useiden päivien ajaksi. Muista yksilöistä poikkeavan käyttäytymisen takia niiden epäiltiin tulleen syödyksi heti vapautuksen yhteydessä. Ne kuitenkin lähtivät liikkeelle myöhemmin edeten hyvin suoraviivaisesti jokisuulle saakka, ja ne luokiteltiin tämän perusteella vaelluksesta selvinneiksi.

Klåsarön voimalaitoksen turbiineissa kuoli 16,7 % smolteista (5 yks.). Tätä voidaan pitää melko tyypillisenä kuolleisuutena Kaplan-tyyppisissä turbiineissa, joissa kuolleisuudet vaihtelevat yleensä välillä 1–46 % (Ruggles 1980; Larinier 2008). Laajoihin aineistoihin perustuvien laskelmien perusteella keskimääräinen kuolleisuus Kaplan-turbiineissa vaihtelee välillä 9–14 % (Ruggles 1980; Pracheil ym. 2016).

Vaellustappiot Klåsarön ja Ahvenkosken välisellä jokialueella nousivat suuriksi. Suurin osa syödyiksi tulkituista smolteista joutui mitä ilmeisimmin kalojen syömäksi. Ainoastaan yksi kala katosi jokialueella ja saattoi tulla linnun syömäksi. Alueella havaittiin seurannan aikana mm. koskeloita, haikaroita ja kalasääksiä. Alasvaelluksella olevan smoltin tyypillisestä käyttäytymisestä poikkeavien havaintojen (mm. siirtyminen ylävirtaan, pysähtyminen rantavyöhykkeeseen suvannoissa ja ruovikoissa) perusteella useiden smolttien voitiin todeta joutuneen predaation kohteeksi, ja monet näistä lähettimistä lakkasivatkin lopulta liikkumasta kokonaan petokalan ulostaessa lähettimen. Mahdollisia smoltin kokoisia kaloja syöviä lajeja alueella ovat mm. kuha, hauki, taimen, made, toutain ja joessa talvehtineet aikuiset lohet eli ns. talvikot.

4.2.2 Ahvenkoski ja jokisuisto

Ahvenkosken patoaltaalla smolteihin näytti kohdistuvan predaatiota patoaltaan keskellä ja patoseinämän länsipäässä matalan rantavyöhykkeen tuntumassa. Rantavyöhykkeessä syöty lähetin liikkui pysähtymisen jälkeen pienellä alueella vesikasvillisuuden seassa. Patoaltaalla syödyt lähettimet puolestaan liikkuivat laajemmalla alueella ja syvemmillä patoaltaan keskellä. Smoltit laskeutuivat patoaltaalta verrattain vauhdikkaasti, minkä ansiosta patoallaskuolleisuus jäi kuitenkin melko pieneksi.

Kuolleisuus Ahvenkosken turbiineissa oli keskimäärin 12 %. Yksi kala kuoli turbiinissa ja tuli linnun syömäksi heti voimalaitoksen alla. Kuolleisuus oli Kaplan-turbiineille tavanomaisella tasolla (ks. edellinen kappale).

Jokisuus Ahvenkosken edustalla on laajalti ruovikkoista ja matalaa. Joesta tuleva virtaus jakautuu useaan ruovikkosaarekkeiden erottamaan haaraan. Jokisuulle tultuaan smoltit etenivät jokisuiston lävitse suoraviivaisesti kohti avomerta, mutta monet kaloista tulivat petokalojen syömäksi jokisuistossa. Lähettimiä paikannettiin jokisuistossa laajalta alueelta ja syvältä ruovikoiden keskeltä.

4.3. Seurannan epävarmuustekijät ja virhelähteet

Lähettimellä varustetuista vaelluspoikasista saadaan yleensä vain epäsuoria sijainti- ja liikehavaintoja. Poikkeuksellinen käyttäytyminen tai sijainti viittaa yleensä siihen, että smoltti on tullut petokalan syömäksi. Esimerkiksi liikkeen kääntyminen kohti ylävirtaa ja lähettimen löytyminen kaislikon keskeltä kertovat, että lähetin liikkuu joessa petokalan sisällä.

Tämän seurannan yhteydessä joessa oli samaan aikaan liikkeellä joessa talvehtineita aikuisia lohia. Useita tällaisia kaloja nähtiin Ahvenkosken voimalaitoksen välppien edessä seurannan aikana, myös samanaikaisesti lähettimellä merkittyjen smolttien kanssa. Lisäksi yksi edellisenä syksynä lähettimellä merkitty aikuinen lohi havaittiin Ahvenkosken patoaltaalla, ja se tuli alas Ahvenkosken voimalaitoksesta seurannan alkupäivinä. Joessa talvehtineet aikuiset lohet pyrkivät poistumaan joesta ja palaamaan merelle. Tässä mielessä

niiden käyttäytyminen on hyvin samantapaista kuin alasvaelluksella olevilla smolteilla, ja aikuisen lohen syömäksi joutunutta smolttia voi olla vaikea tunnistaa lähettimen liikkeiden perusteella. Myös muut lajit (esim. taimen ja toutain) saattavat käyttäytyä samalla tavalla kuin aikuiset lohet. Tämä lienee suurin epävarmuutta aiheuttanut tekijä tämän seurannan tuloksissa. Joidenkin yksilöiden kohdalla pääteltiin kuitenkin poikkeavan käyttäytymisen perusteella, että ko. smoltti on päätenyt todennäköisimmin juuri lohen vatsaan. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi jokialueen kuolleisuusarviot saattavat olla jossakin määrin yliarvioituja.

Joistakin yksilöistä saatiin suoria näköhavaintoja Ahvenkosken voimalaitoksen alla turbiinin läpäisyn jälkeen. Näiden yksilöiden perusteella voitiin määritellä hengissä selvinneiden kalojen liikkeet ja käyttäytyminen Ahvenkosken alakanavassa ja jokisuulla. Lisäksi viimeisen vapautuserän jälkeen turbiinin lävitse laitettiin menemään nukuttamalla lopetettu ja lähettimellä merkitty smoltti, minkä perusteella saatiin tietoa kuolleen kalan liikkeistä voimalaitoksen alla ja jokisuulla. Sekä kuolleet että elävät kalat ajautuivat Ahvenkosken nopeavirtaisessa alakanavassa nopeasti jokisuulle, mutta kuolleet tai sellaisiksi tulkitut kalat pysähtyivät jokisuuhun, kun taas elävät kalat jatkoivat vaellusta nopeasti merelle päin.

Vaikka kalojen varsinaiset kuolleisuuden syyt ovat joissakin tapauksissa epävarmoja, havaittujen merelle saakka päässeiden yksilöiden määrään ei liity juurikaan epävarmuutta. Arvio kokonaiskuolleisuuden määrästä on siksi melko luotettavalla tasolla. Vatsaonteloon asennettu lähetin ja kalan ulkopuolella roikkuva antennilanka voi lisätä predaatoriskiä ja voi vaikuttaa jossakin määrin myös kalojen selviytymiseen turbiineissa. Seurannan perusteella arvioituja kuolleisuuksia voidaan siksi pitää yliarvioituina. Tulosten luotettavuutta heikentää myös verrattain pieni tutkimuskalojen määrä. Seurannan tulokset antavat kuitenkin hyvän kuvan kuolleisuuden yleisestä tasosta ja eri tekijöiden osuudesta kuolleisuuden aiheuttajana.

5. Tiivistelmä

Lohen vaelluspoikasten alasvaellusseuranta toteutettiin Kymijoen länsihaarassa sijaitsevilla Helen Oy:n Ahvenkosken ja Klåsarön voimalaitoksilla toukokuussa 2019. Tavoitteena oli selvittää lohen vaelluspoikasten eli smolttien reitinvalintaa ja käyttäytymistä voimalaitosten läheisyydessä, sekä kuolleisuutta voimalaitosten välillä, patoaltaissa ja voimalaitosten läpiuinnin yhteydessä.

Kummankin voimalaitoksen yläpuolelle vapautettiin 30 lähettimellä merkittyä vaelluspoikasta. Vaelluspoikasten liikkeitä ja käyttäytymistä seurattiin voimalaitoksille, patoaltille ja jokialueelle sijoitetuilla seuranta-asemilla sekä käsivastaanottimella tehdyillä paikannuksilla.

Kalojen käyttäytyminen Klåsarössä voimalaitoksen yläpuolella oli suoraviivaista. Kalat tulivat voimalaitokselle päävirtauksen mukana ja ne läpäisivät voimalaitoksen nopeasti, keskimäärin 17 minuutin kuluessa vapautuksesta.

Klåsarön voimalaitoksen yläpuolelle vapautetut smoltit selvisivät kaikki voimalaitokselle ja laskeutuivat alas voimalaitoksen lävitse. Turbiineissa kuoli 16,7 % kaloista. Läpimenoista selvinneet jatkoivat nopeasti matkaa, mutta lähes kaikki yksilöt pysähtyivät lyhyen alasvaelluksen jälkeen virtapaikkoihin muutamien päivien ajaksi. Ahvenkosken patoaltaalle saakka selviytyi lopulta vain 7 yksilöä ja jokialueen vaellustappio nousi 72 %:iin. Voimalaitoksen ja jokialueen yhdistetty kuolleisuus nosti kokonaisvaellustappion Klåsarön osalta 76,7 %:iin. Ahvenkosken patoaltaalle saapuneista yksilöistä yksi tuli syödyksi patoaltaalla ja yksi kuoli Ahvenkosken voimalaitoksessa. Näin ollen Klåsarön yläpuolelle vapautetusta 30 smoltista vain 16,7 % selvisi merelle saakka.

Ahvenkosken yläpuolelle vapautetut kalat saapuivat nopeasti laitokselle, mutta ne jakautuivat kahdelle pääreitille laitokselle tulevan virtauksen mukaisesti. Suurin osa lähestyi laitosta suoraan voimalaitoksen yläkanavaan johtavan päävirtauksen mukana, osa kaloista kaartoi lännempää säännöstelypadon kautta. Suoraan yläkanavaan uineet kalat laskeutuivat alavirtaan voimalaitoksen läpi nopeasti, keskimäärin 2,0 tunnissa, kun padon kautta kaartaneilla kaloilla alasmeneen kului 8,9 tuntia vapautuksesta.

Ahvenkosken yläpuolelle vapautetuista smolteista osa (16,7 %) joutui petokalan saaliiksi jo patoaltaalla. Turbiineissa kuoli keskimäärin 12 % kaloista, ja jokisuistossa tuli syödyksi keskimäärin 21,7 % kaloista. Kokonaiskuolleisuus nousi Ahvenkosken osalta 43,3 %:iin. Toisin sanoen Ahvenkosken yläpuolelle vapautetuista kaloista selvisi merelle saakka 56,7 %.

Seurannan tuloksena saatiin varsin hyvä kuva kalojen käyttäytymisestä ja reitinvalinnasta voimalaitosten yläpuolella ja jokialueella, sekä kuolleisuuden yleisestä tasosta ja eri tekijöiden osuudesta kuolleisuuden aiheuttajana.

6. Kirjallisuus

- Coutant, C. C., & Whitney, R. R. 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: a review. *Trans. Am. Fish. Soc.* 129: 351–380.
- Karppinen, P., Jounela, P., Huusko, R., and Erkinaro, J. 2013. Effects of release timing on migration behaviour and survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a regulated river. *Ecol. Fresh. Fish* 23(3): 438–452.
- Larinier, M. 2008. Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia* 609, 97–108.
- Lundqvist, H., Leonardsson, K., Carlsson, U., Larsson, S., Nilsson, J., Östergren, J., Karlsson, L., Rivinoja, P., Serrano, I., Palm, D. & Ferguson, J. 2010. Monitoring juvenile Atlantic salmon and sea trout in the River SÄavarån, northern Sweden. *Teoksessa: Hurford, C., Schneider, M. & Cowx, I., toim. Conservation monitoring in freshwater habitats. Netherlands: Springer, ss. 207–218.*
- Pracheil, B. M., DeRolph, C. R., Schramm, M. P. & Bevelhimer, M. S. 2016. A fish-eye view of riverine hydropower systems: the current understanding of the biological response to turbine passage. – *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 26: 153–167.
- Ruggles, C. P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. *Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Sciences* 952, 1–39.
- Svendsen, J. C., Eskesen, A. O., Aarestrup, K., Koed, A. & Jordan, A. D. 2007. Evidence for non-random spatial positioning of migrating smolts (Salmonidae) in a small lowland stream. *Freshwater Biology* **52**, 1147–1158.