



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 88/2023

Hyljekarkotin vaellussiian mädinhankinnan suojaamisessa lijoella

Lari Veneranta, Esa Lehtonen, Topi Lehtonen ja Petri Suuronen

Hyljekarkotin vaellussiian mädinhankinnan suojaamisessa lijoella

Lari Veneranta, Esa Lehtonen, Topi Lehtonen ja Petri Suuronen

Viittausohje:

Veneranta, L., Lehtonen, E., Lehtonen, T. & Suuronen, P. 2023. Hyljekarkotin vaellussiian mädinhankinnan suojaamisessa lijoella. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 88/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 43 s.

Lari Veneranta ORCID ID 0000-0001-5074-0822



ISBN 978-952-380-783-9 (Painettu)

ISBN 978-952-380-784-6 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-784-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Lari Veneranta, Esa Lehtonen, Topi Lehtonen ja Petri Suuronen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2023

Julkaisu vuosi: 2023

Kannen kuva: Seppo Samuli, kuvattu Iin kunnantalon rannassa

Tiivistelmä

Lari Veneranta¹, Esa Lehtonen², Topi Lehtonen³ ja Petri Suuronen⁴

¹ Luonnonvarakeskus, Vaasa

² Luonnonvarakeskus, Helsinki

³ Luonnonvarakeskus, Oulu

⁴ International Seafood Consulting Group, Helsinki

Hyljekannat ovat vahvistuneet ja merialueen lisäksi hyljehavaintoja tehdään nykyään mereen laskevien jokien alaosilla. Halleja sekä norppia on jokivesissä erityisesti syysaikaan vaellussii-kojen (*Coregonus lavaretus*) ja muiden lohikalojen noustessa kudulle. Syyskaudella 2022 lijo-essa selvitettiin karkotinkokeilulla, voidaanko hylkeiden aiheuttamia vahinkoja kalastukselle ja siikojen emokalapyynnille välttää sulkemalla joki karkottimien avulla tehdyllä ääniesteellä.

Iijoki on padottu, ja alimmalta padolta, Raasakan vesivoimalaitokselta, mereen on noin viisi kilometriä. Siian lisääntyminen joessa perustuu pääosin istutuskiertoon, jossa ennen kutua pyydetään emokaloja mädin lypsyä varten. Emokalapyynnissä joessa käytetään pääosin siika-patoja, joiden päähän on laitettu verkko. Joessa olevat pyydykset houkuttelevat hylkeitä. Hylkeet syövät siikojen verkoista ja samalla rikkovat pyydyksiä. Iijoen hylkeiden aiheuttama haitta on todettu niin suureksi, että emokalapyynnin toteuttaminen ei ole viime vuosina ollut mielekäästä.

Ääneen perustuvilla karkottimilla pyritään vähentämään hylkeiden pyynnille aiheuttamaa haittaa. Karkottimet tuottavat voimakasta ääntä, jonka tarkoitus on estää hylkeitä lähestymästä suojattua aluetta. Ääni on tyypillisesti korkeataajuista, noin 8–20 kHz, ja jaksotukseltaan vaihtelevaa. Karkottimien ääni on osin ihmisen kuuloalueen ulkopuolella korkeampien taajuuksien osalta, mutta kattaa hylkeiden herkimmän kuulon alueen. Kokeessa viisi Ace Aquatec US-3 -tyyppistä karkotinta asennettiin Iijoen pohjaan pääuomaan ja yksi sivu-uomaan. Etäisyys jokisuusta oli noin kolme kilometriä. Karkottimien vaikutusalueen perusteella saatiin luotua koko joen poikkialan kattava äänieste. Hylje kuulee karkotinta lähestyessään sen äänen ja yleensä välttää aluetta karkottimen lähistöllä.

Tutkimusaikana karkottimien ollessa toiminnassa siikasaaliit olivat suuremmat hyljekarkottimien ylä- kuin alapuolisella alueella. Kirjanpitokalastajien havaintojen perusteella karkottimet vähensivät pyynnille aiheutuvaa haittaa huomattavasti. Hylkeistä tehtiin havaintoja myös karkotinten yläpuoliselta alueelta. Yksittäisten hylkeiden esiintymiseen karkotinten vaikutusalueella voi vaikuttaa eläinten yksilöllinen sietokyky äänille.

Syyskauden mittaisen kokeilun perusteella karkottimilla oli suotuisa vaikutus emokalapyyntiin ja siikasaaliisiin. Karkottimia kannattaa käyttää emokalapyynnin suojaamisessa, mutta ne eivät kuitenkaan kokonaan ratkaise pyydyksiin ja hylkeisiin liittyvää ongelmaa. Osa eläimistä voi olla heikkokuuloisia tai sietää voimakasta ääntä ja on myös mahdollista, että hylkeet voivat oppivat ohittamaan karkottimet. Niiden toimivuus pidemmällä aikavälillä nähdäänkin vasta, mikäli niiden käyttöä jatketaan systemaattisesti usean vuoden aikana.

Asiasanat: siika, hylje, karkotin, kalastus, haittojen torjunta

Abstract

Lari Veneranta¹, Esa Lehtonen², Topi Lehtonen³ ja Petri Suuronen⁴

¹ Natural Resources Institute Finland, Vaasa

² Natural Resources Institute Finland, Helsinki

³ Natural Resources Institute Finland, Oulu

⁴ International Seafood Consulting Group, Helsinki

In recent decades, seals have become progressively more abundant in the Finnish coastal area. Seals are also increasingly frequently sighted in the lower reaches of certain rivers that flow into the Baltic Sea, especially during the autumn season, when anadromous fish, such as the whitefish (*Coregonus lavaretus*) and some other salmonids, are ascending to spawn. One potential way to mitigate the damage that the seals cause to fisheries is the use of acoustic deterrent devices (ADDs), which emit strong sounds that are designed to deter seals from approaching the fishing gear, thereby reducing their negative impacts on the fishery. Accordingly, Luke conducted in the autumn of 2022 an experiment in the River Iijoki to determine whether the seal damage to the local fishery could be mitigated by using sound barriers produced by acoustic deterrent devices.

The River Iijoki has been dammed, and the distance between the lowest dam and the sea is about five kilometres. The reproduction of the whitefish in the river largely relies on a stocking cycle, in which breeder fish are caught just prior to spawning. The main method for catching the fish is gillnetting, combined with a fencing structure. Seals are attracted to the fish that get caught in the nets and damage the fishing gear when consuming the fish. In recent years, this damage has been so significant in the River Iijoki that the fishery for the breeder whitefish has no longer been viable.

In the experiment, five Ace Aquatec US-3 type acoustic deterrent devices were installed on the riverbed in the River Iijoki. The aim of this setup was to create a sound barrier that seals are not willing to pass. During the study period, whitefish catches were higher, and seal damage lower, upstream than downstream of the deterrent devices. Hence, the devices markedly reduced the negative impact of seals on the fishery. Nevertheless, the fishers also made seal observations upstream of the deterrent devices. In this respect, responses of individual seals to the deterrent devices may be influenced by differences in their hearing or tolerance to the deterrence sounds.

Based on the results of the experiment, the deterrent devices had a positive impact on whitefish catches. Therefore, we advocate their use in protection of fisheries in river environments. Nevertheless, it is important to note that these devices do not completely solve the seal-fishery conflict. For instance, over time, seals may learn to bypass the deterrent devices. We therefore encourage future studies on the long-term effectiveness of these devices, which will require their systematic use over several years.

Keywords: whitefish, seal, ADD, deterrent device, fishing, damage prevention

Sisällys

1. Johdanto	6
1.1. Vaellussiian emokalapyynti lijoessa.....	7
1.2. Hylkeiden vaikutus jokipyyntiin	9
1.3. Hyljekarkottimet kalastuksen suojaamisessa	11
1.4. Hyljekarkottimien toimintaperiaate.....	12
1.5. Karkottimien äänen mahdolliset haittavaikutukset	13
1.5.1. Hylkeet	13
1.5.2. Muut eläimet.....	14
2. Menetelmät	16
2.1. Karkotinten sijoituspaikan valinta	16
2.2. Karkottimien asennus.....	17
2.3. Karkottimien käyttö	19
2.4. Yksittäisten hylkeiden poistaminen joesta.....	20
2.5. Karkottimen äänen kuuluvuuden arviointi.....	21
2.6. Saaliiden ja hyljevaurioiden arviointi.....	22
2.7. Kirjanpitokalastusaineiston käsittely	23
3. Tulokset.....	24
3.1. Kirjanpitokalastuksen saaliit	24
3.2. Lijoen saalissiikojen koko- ja ikä.....	28
3.3. Karkottimien ääni ja äänen kulkeutuminen vedessä.....	28
4. Karkotinkokeilun tulosten arviointi.....	31
4.1. Karkotinten vaikutus ja pyydysvauriot.....	31
4.2. Äänen kulkeutuminen ja vaikutusalue.....	32
4.3. Kustannukset ja kannattavuus	34
4.4. Suositus laitteiden sijoittamisesta lijokeen.....	35
4.5. Johtopäätökset	36
5. Kiitokset	38
6. Viitteet.....	39

1. Johdanto

Hankkeessa selvitettiin hyljekarkotinten käyttökelpoisuutta syksyisen siiankalastuksen ja erityisesti emokalapyynnin suojaamisessa lijoen Raasakan voimalaitoksen ja merialueen välisellä jokiosuudella. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko karkottimilla estää harmaahylkeiden (*Halichoerus grypus*) ja norppien (*Pusa hispida*) eteneminen joessa vaellussiian (*Coregonus lavaretus*) kutunousun aikaan syksyllä ja arvioida, miten siikasaaliit poikkeavat karkotimien vaikutusalueen ulkopuolella ja vaikutusalueella niiden yläpuolisella alueella joessa. Tulosten perusteella arvioidaan karkotinten hyötyä ja käytön mielekkyyttä jatkossa siianpyynnin suojaamisessa lijoella.

Kesäkuussa 2022 pidettiin lijoen alaosan paikallisten toimijoiden kanssa suunnittelukokous. Lijoen mädinhankintapyynnistä vastaavan Osuuskunta Team Kalan edustajat kertoivat hyljeongelmasta joessa ja kokemuksista jokipyynnissä. Kalastajien havaintojen perusteella hylkeitä esiintyy koko joessa Raasakan padon alapuolisella alueella, mutta eniten Iin Haminasta alavirtaan. Hyljehavainnot joessa ovat tulleet säännöllisemmiksi viime vuosina ja hylkeitä on nähty alueella jo loppukesästä. Lokakuu on pahin verkkovauriojakso, jolloin hylkeet hajottavat verkkoja eniten. Samaan aikaan ajoittuu myös siian kutunousun huippuajankohta. On ilmeistä, että jokisuun ja joen verkkopyynti houkuttelee hylkeitä pyydyksille ruokailemaan.

Kalastajien tekemien havaintojen perusteella, joessa olevien hylkeiden määrä vaihtelee. Enimmillään hylkeitä on havaittu samalla jokialueella useita yksilöitä kerrallaan. Yksittäinen hylje voi ehtiä kiertämään useat pyyntipaikat vuorokauden aikana ja aiheuttamaan pyyntivälinevaurioita tai saalismenetyksiä useammalle kalastajalle (Kuva 1). Tarkempaa tutkimustietoa hylkeiden vaikutuksesta joen siikakantaan tai hylkeiden ruokailun vaikutuksesta kutukannan kokoon ei ole. Kalastajat myös reagoivat saalismenetyksiin ja pyydysten rikkoutumiseen lopettamalla pyynnin, jotta verkkoja ei mene rikki. Ilman saalista ja pyyntivälineiden rikkoutuessa pyynnin jatkaminen ei ole mielekäästä.



Kuva 1. Hylkeen vaurioittama siika. Tavanomaisia jälkiä hylkeen saalistuksesta ovat vatsapuolella olevat viillot ja repeämät. Kutuajan lähellä hylkeet saattavat syödä ainoastaan mädin ja jättää muun osan kalasta koskematta. Kuva Risto Tolonen.

Emokalapyynnille ja kalastukselle aiheutuvien rahallisten vahinkojen arviointi on hankalaa, koska kirjattua tietoa rikkoontuneiden pyydysten määrästä ja menetetyistä saalissiiioista ei ole tähän mennessä kerätty systemaattisesti. Tätä tietopuutetta pyrittiin paikkaamaan hankkeen yhteydessä toteutetussa kirjanpitoypyynnissä. Joessa tapahtuvan pyynnin kirjaaminen tuotti myös arvokasta perustietoa lijoen siikasaaliin määrästä sekä pyynnin ja kutunousun ajoittumisesta. Lisäksi Luonnonvarakeskus keräsi siikanäytteen kutukaloista ikä- ja kokorakenteen määrittämistä varten osana vuotuista vaellussiikakantojen seuranta.

1.1. Vaellussiian emokalapyynti lijoessa

Suomen rannikkoalueella vaellussiika on rauhoitettu virtaavissa vesissä syyskuun alusta marraskuun loppuun saakka, mutta lijoen alaosalla siiankalastusta toteutetaan ELY-keskuksen myöntämällä poikkeusluvalla (LAPELY/1455/2023). Poikkeuslupapyynnin tarkoituksena on kerätä emokaloja lypsyä ja mädin haudontaa varten. Vaellussiikakannan säilyminen rakennetuissa vesissä, kuten lijoessa perustuu suurelta osin ylläpitotoimiin, joihin kuuluvat kutuaikaan joessa tehtävä emokalapyynti, emokalojen lypsy ja mädin hedelmöitys, mädin haudonta talven yli ja poikasten istuttaminen joko vastakuoriutuneina tai kesänvanhoina. Luonnontilaan verrattuna vaellussiian lisääntyminen on useissa rakennetuissa joissa on vähäistä, koska voimalaitospadot rajaavat soveltuvien lisääntymisalueiden määrää ja myös vedenlaatu sekä muu vesirakentaminen ovat heikentäneet lisääntymisen edellytyksiä (Larsson ym. 2013). Osaltaan vesien rakentaminen lienee vaikuttanut myös siian kutunousun ajankohdan siirtymiseen myöhemmäksi. Padon yläpuoliset kutualueet ovat tuhoutuneet ja yläosien kutualueille pyrkineet siiat ovat sekoittuneet joen alaosalla kutevaan kantaan.

Siian luontaisesta lisääntymisestä lijoessa Raasakan voimalaitoksen alapuolisella alueella on havaintoja (Jokikokko & Veneranta 2022), mädistä vastakuoriutuneeksi poikaseksi selviävä määrä on arvioitu vähäiseksi (Luonnonvarakeskus, julkaisematon). Luonnontuotannon nykyiseen heikkoon tilaan vaikuttanee paitsi padon suppeaksi rajaama lisääntymisalue, myös joen voimalaitoskäytön aiheuttama voimakas virtaamasäätely. Osaltaan myös voimakas jokipyynti vähentää kutuun osallistuvien vaellussiikojen määrää.

Viime vuosina erityisesti lijoessa ja Kemijoessa on todettu hylkeiden, sekä hallien että norppien, vaikeuttavan emokalapyyntiä merkittävässä määrin. Siian pyynti joessa tapahtuu suurelta osin verkoilla, ja joessa olevat pyydykset houkuttelevat hylkeitä, jotka voivat poimia kaloja pyydyksistä. Hylkeiden ruokailu verkoista on siksi varsin yleistä, ja suoraan todettujen saalis- kalavaurioiden lisäksi merkittävä osa verkkoon jääneistä kaloista voi päätyä hylkeen ruoksi ilman että kalastajalle jää merkkejä hylkeiden ruokailuista verkoilla (Königson ym. 2007, 2009).

Elpyneet hyljekannat ovat hankaloittaneet rannikolla pyyntiä jo 1990-luvulta alkaen ja ajoittain estävät sen kokonaan (Kauppinen ym. 2005, Svets ym. 2019, Salmi ym. 2022, Suuronen ym. 2023). Pyyntin hankaloituminen tai estyminen johtuu paitsi saaliskaloihin tulevista vaurioista, myös pyydysten rikkoutumisesta (Söderkultalahti & Rahikainen 2022). Lijoella on raportoitu enenevässä määrin hylkeiden aiheuttamia vahinkoja vuodesta 2017 alkaen (Osuuskunta Team Kala 2022). Ljoen siianpyynnin poikkeuslupa sallii siikojen pyydystämisen myös ruokakalaksi mädinhankintapyynnin lisäksi. Vuotuinen kalastettava siikamäärä on siten huomattavasti suurempi kuin varsinaiseen mädinhankintaan tarvittava määrä. Siianpyynnin määrästä ja merkityksestä kalakannalle ei ole tarkkaa tietoa, mutta Etelä- ja Pohjois-lin osakaskunnat ovat arvioineet vuotuiseksi vaellussiikasaaliin määräksi joesta ja jokisuulta 10–40 tonnia (Anon 2018), mikä vastaa kutakuinkin arvioita koko joen rakentamista edeltävistä saalismääristä

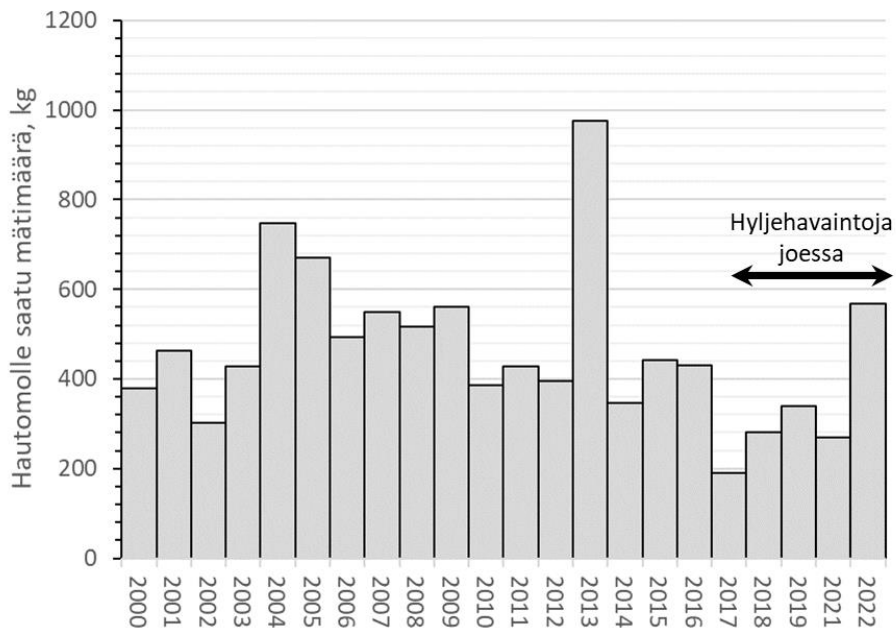
(Sormunen ym. 1963). lijoen käyttö- ja hoitosuunnitelmassa saalistiedusteluiden perusteella vuotuisesti siikasaaliiksi on arvioitu noin 10 tonnia (lijoen kalatalousalue 2021).

Joen alaosalla siian kalastus on pääosin patopyyntiä, jossa jokeen rakennetaan laudoista, kepeistä ja harvasta verkosta pato, joka ohjaa jokeen nousevan kalan pyydykseen. Padon päässä on useimmiten lyhyt verkko, jonka pituus vaihtelee 10–30 m välillä ja korkeus on sovitettu pyyntipaikan mukaan. Tyypillinen verkon solmuväli patopyynnissä on noin 45 mm ja lankavahvuus 0,17 mm. Patopyynnillä saatava saalis myydään tai käytetään lähiruokana paikallisissa talouksissa. Kutuajan lähellä osa pyydetyistä kaloista tai niiden mäti toimitetaan Ranta-Kestilän hautomolle lypsyä varten.

Raasakan voimalaitoksen alapuolisella jokiosalla ja voimalaitoksen ohittavassa lijoen vanhassa uomassa on molemmin puolin jokea yhteensä 153 pyyntipalstaa, joista 67 on Etelä-lin jakokunnan vesialueella ja 86 Pohjois-lin jakokunnan vesialueella. Jakokunnat vuokraavat palstoja kalastajille huutokaupalla. Seisovat pyydykset on kielletty palstojen ulkopuolella. Palstojen väliin joen keskelle jää kalaväylä, joka on kolmannes joen leveydestä ja joka pidetään vapaana pyydyksistä. Joella toimii Pohjois-lin jakokunnan alueella noin 45 pyyntipaikan vuokrannutta kalastajaa ja Etelä-lin jakokunnan alueella 57 kalastajaa. Poikkeusluvalla siian kuturauhoituksen aikaan tapahtuvan pyynnin edellytyksenä on mädin tai emokalojen toimittaminen Ranta-Kestilän hautomoon. Tarkasta aktiivisten kalastajien määrästä jokialueella ei ole osakaskunnalla kirjanpitoa, mutta vuonna 2022 hautomoon toimitti mätiä yhteensä 33 kalastajaa (tiedot Osuuskunta Team Kala, Risto Tolonen 2022).

Etelä- ja Pohjois-lin jakokunnat omistavat vesialueita lijoen edustan merialueella sekä joen alaosalla. Jakokuntien hallinnassa on myös PVO-vesivoiman omistamia vesialueita. Joen alaosalla yhteislupa-alueella kalakantojen hoito- ja kalastusjärjestelyt on annettu osuuskunta Team Kalan hoidettavaksi. Lippo-oikeuden joelta ostaneet tai palstan vuokranneet luovuttavat osan saaliistaan jakokunnalle: kalastajat luovuttavat osan siiosta lypsyyntä tai lypsävät itse siiasta mädin, jonka osakaskunnat hautovat poikasiksi. Lypsetty mäti toimitetaan mätipusseissa hautomolle. Osuuskunta Team kala vastaa jakokuntien omistaman Ranta-Kestilän hautomon toiminnasta. Hautomossa haudotaan emokalapyynnissä saatu siian mäti. Vuotuinen istutusmäärä on noin 5,5–20 miljoonaa vastakuoriutunutta siian poikasta emokalapyynnin tulokellisuudesta riippuen. Istutustavoite on vähintään 7–9 miljoonaa vastakuoriutunutta siikaa vuosittain (Osuuskunta Team Kala) Poikaset istutetaan pääosin joen alaosalle. Lijoen veloitetta on muutettu siten, että PVO Vesivoima Oy:n kesänvanhojen poikasten istutusveloitetta on osin korvattu vastakuoriutuneiden istutuksilla. Vastakuoriutuneiden poikasten lisäksi PVO Vesivoima Oy istuttaa veloitteena kesänvanhoja vaellussiikoja. Vuosina 2017–2022 istutuksia on tehty vuosittain 0,9–1,3 miljoonaa kpl.

Hylkeiden aiheuttamien haittojen välttämiseksi jokialueella on toteutettu hankkeita, joissa tavoitteena on ollut emokalapyynnin kehittäminen ja pyydyskehitys (Osuuskunta Team Kala 2022). Hyljeongelmat ovat näkyneet ensisijaisesti vuotuisen, vesirakentamisen aiheuttamien haittojen korvaamiseksi määrätyn siian mätimäärän keräämisen hankaloitumisena ja mätimäärien vähenemisenä. Ennen vuotta 2017 tavanomainen mätimäärä on vaihdellut 400–600 litran välillä ja joessa siian kutunousun aikaan olevien hylkeiden määrän runsastuttua on jääty 100–300 litraan (Kuva 2). Vastaavasti mädinhankintaan tarvittavan työmäärän arvioidaan 2–3 kertaistuneen (suullinen tieto Risto Tolonen, mätihautomon kirjaukset).



Kuva 2. Iijoen mädinhankintapyyntissä hautomolle saatu mätimäärä vuosittain. Ennen vuotta 2017 hyljehavaintoja on tehty pääosin jokisuussa tai joen alaosalla, vuodesta 2017 eteenpäin koko joen padotun osuuden alapuolisella alueella (kuvaajan aineistot Risto Tolonen / Team Kala Osuuskunta). Karkottimet olivat käytössä vain vuonna 2022.

1.2. Hylkeiden vaikutus jokipyyntiin

Verkkopyynti on toimivaksi havaittu pyyntimenetelmä siialle, mutta on erityisen altis hylkeen aiheuttamille vahingoille (Königson ym. 2007, 2009). Hylkeet, sekä halli että norppa, syövät siikoja verkoista ja samalla ruokaillessaan repivät pyydykset. Hylkeet myös saalistavat vapaasti vedessä uivia siikoja. Ravinnonkäyttöselvitysten perusteella hylkeet käyttävät ravinnoksi pääosin 15–40 cm pituisia siikoja (Lundström ym. 2007, Tverin ym. 2019), mikä vastaa osin myös kalastuksen saaliiksi jäävien siikojen kokoluokkaa. Tverinin (2019) mukaan Pohjanlahdella siika on yksi tärkeimmistä hallin ravintokohteista.

Sekä hallia että norppaa metsästetään ja merialueella kalastukselle vahinkoja aiheuttavia yksilöitä voidaan lopettaa vuotuisen metsästyskiintiön puitteissa. Jokialueella vastaavaa ei ole tehty, koska joessa tavattavat hylkeet ovat Suomessa suhteellisen tuore ilmiö ja rannikolle laskevien jokien ranta-alueella on useimmiten asutusta, joka käytännössä estää metsästyksen ampumalla. Ilman rakennuksen omistaja tai haltijan nimenomaista lupaa eläintä ei saa ampua 150 metriä lähempänä sellaista rakennusta, jossa asutaan.

Hyljehavaintoja siian mätipyyntiin aikaan on tehty Iijoen lisäksi ainakin Kemi-, Siika-, Pyhä- ja Kalajoessa Perämeren alueella sekä yksittäistapauksina esimerkiksi Selkämereen laskevassa Kokemäenjoessa. Toisaalta Oulujoessa, missä verkkopyynti jokialueella on kielletty ja siikojen kalastetaan emokalapyyntiin vain lippoamalla, vastaavaa hyljeongelmaa ei ole todettu ja saalismäärät ovat olleet aiempien vuosien tasolla (Montan Lohi Oy, J. Oikarinen, suullinen tiedonanto). Jokikohtaisten pyyntimenetelmien valikoitumiseen ovat osaltaan vaikuttaneet jokien väliset rakenteelliset erot sekä maanomistuksen vaikutus pyyntikulttuurin muotoutumiseen. Tanskassa Karup -joessa on todettu hylkeiden nousevan jokeen enimmillään yli 30 km

etäisyydelle mereltä ja aiheuttavan ristiriitaa kalastuksen ja suojelun välillä. Ratkaisuna meritaimenen perässä jokeen tulevien hylkeiden ampumiseen on myönnetty lupia (Kristensen ym. 2019). Samoin Skotlannissa lohijokien suualueella ja joessa olevat hylkeet ovat ajoittain ongelmallisia, ja niitä on poistettu ampumalla ja myös karkottimia on kokeiltu (Graham ym. 2009).

Suomessa merihylkeet rauhoitettiin 1980-luvun alkupuolella kantojen voimakkaan heikkene-
misen vuoksi, halli eli harmaahylje vuonna 1982 ja norppa vuonna 1988 manner-Suomessa. Ahvenanmaa rauhoitti kaikki hylkeet vuonna 1985 (Helle & Stenman 1990, Storm ym. 2007). Hyljekannat olivat heikentyneet ympäristömyrkyistä johtuvien lisääntymisongelmien ja liiallisen metsästyksen vuoksi. Hylkeenmetsästys oli Suomessa vuosikymmenen täysin kiellettyä. Alimmillaan harmaahyljekannan koko oli 1970-luvulla, jolloin eläimiä arvioitiin olevan noin 4000 yksilöä koko Itämerellä (Hårding & Härkönen 1999). Itämeren harmaahylkeiden katsotaan muodostavan vain yhden populaation, jonka pääasialliset esiintymisalueet sijaitsevat Itämeren pääaltaan pohjoisosissa sekä Pohjanlahdella (ICES 2022). Vuodesta 1990 alkaen hyljekannan kasvu Suomen rannikkoalueella on ollut vuosittain 5–9 % (Harding & Härkönen 1999, Harding ym. 2007, SwAm 2019, Luonnonvarakeskus 2021, 2022). Kasvua on ollut sekä halli- että norppakannoissa. Norppakannan kasvuvauhdiksi pitkällä aikavälillä on arvioitu noin 5 % (ICES 2022). Norppien esiintyminen Suomen rannikkoalueella painottuu vahvasti Perämeren alueelle (Oksanen ym. 2015, ICES 2022). Hyljemäärää seurataan karvanvaihto-aikaan ajoittuvilla lentolaskennoilla. Tällöin eläimet ovat näkyvillä parhaiten. Hallin laskentakanta Itämerellä vuonna 2022 oli noin 37000 yksilöä ja näistä Suomen merialueella noin 17000 yksilöä (Luonnonvarakeskus 2022). Vastaavasti norpan laskentakannaksi arvioitiin Perämerellä noin 11500 yksilöä vuonna 2021 (Luonnonvarakeskus 2021, 2022). Hallin laskentakanta koko Itämeren alueella on nelinkertaistunut kahdenkymmenen vuoden aikajaksolla ja norpan moninkertaistunut (Luonnonvarakeskus 2021, 2022). Molempien eläinten laskentaan sisältyy huomattavaa sää- ja jääolosuhteista riippuvaa vaihtelua. Laskentakannan on arvioitu olevan 60–80 % todellisesta kannasta (HELCOM 2023). Hylkeiden lukumäärän voimakas kasvu todennäköisesti vaikuttaa siihen, että ne hakevat ravintoa myös joista. Muualla hallin esiintymisalueella merestä jokiin siirtyminen on tavanomaista, ja on viitteitä siitä, että osa halliyksilöistä käyttää jokia ravinnonhankinnassa säännönmukaisesti (Graham ym. 2011).

Hallin pyynti aloitettiin uudelleen vuonna 1998 hallikannan voimakkaan kasvun kalataloudelle aiheuttamien vahinkojen vuoksi (Storm ym. 2007, Suuronen ym. 2023). Itämeren hallit ja norpat ovat suojeltuja, ja niitä voidaan metsästää vain rajoitetun kiintiön puitteissa (Suuronen ym. 2023). Nykyisellään hylkeisiin kohdistuvasta metsästyksestä huolimatta harmaahyljekannan vuotuiseksi kasvuksi on arvioitu noin 4,7 % (HELCOM 2023). Suomessa on viimeisten kymmenen vuoden aikana käytetty noin 20 prosenttia harmaahylkeen pyyntikiintiöstä, joka on manner-Suomen rannikkoalueilla nykyään 1050 yksilöä ja Ahvenanmaalla 500 yksilöä (Suomen Riistakeskus 2023). Itämeren norpan kiintiö on Perämeren-Merenkurkun alueella 375 norppaa (Suomen Riistakeskus 2023).

Hylkeiden määrän lisääntymisestä johtuvat pyydysvahingot ja saalismenetykset heikentävät erityisesti pienimuotoisen rannikkokalastuksen kannattavuutta, mikä on osaltaan vaikuttanut kalastuksen huomattavaan vähentymiseen (Svels ym. 2019, Vetemaa ym. 2021, Johansson & Waldo 2022, Lehtonen ym. 2022, Suuronen ym. 2023). Vuonna 2021 kaupallisessa kalastuksessa merialueella toimivista kaupallisista kalastajista lähes kolmannes ilmoitti kärsineensä hylkeiden aiheuttamista saalismenetyksistä, ja haitat painottuivat erityisesti Selkämeren-Merenkurkun alueelle sekä Perämerelle (Söderkultalahti & Rahikainen 2023). Sen lisäksi, että

hylkeet vaurioittavat saalista, ne myös saattavat läsnäolollaan karkottaa kaloja tai pakottaa kalastajan keskeyttämään tai lopettamaan kalastuksen. Jokeen kalojen perässä tulevat hylkeet aiheuttavat kalastukselle, erityisesti verkkopyynnille joessa samankaltaisia ongelmia kuin merialueella.

1.3. Hyljekarkottimet kalastuksen suojaamisessa

Merialueella hylkeiden kalastukselle aiheuttamia vahinkoja on pyritty vähentämään mm. pyyntivälineiden kehityksellä paremmin hylkeitä kestäviksi (Lunneryd ym. 2003, Lehtonen & Suuronen 2004, 2010, Königson ym. 2015), mutta menetelmäkehitys on aiemmin kohdentunut lähinnä rysäpyyntiin ja erityisesti rysän rakenteen kestävyuden parantamiseen mm. rakenne- ja materiaalivalinnoilla (Suuronen ym. 2006). Verkkopyyntiä suojaavia pyyntitekniisiä ratkaisuja ei ole olemassa ja verkkopyynti on pyydyksen avoimen rakenteen vuoksi erityisen altis hylkeen saalistukselle. Verkkopyynnissä hyljevahinkoja voidaan jonkin verran vähentää kokemalla verkot useammin ja siirtämällä pyyntipaikkaa mahdollisimman usein, mutta pyyntistä tulee silloin hyvin työlästä ja helposti kannattamatonta. Myös perinteiset rysät ovat käytännössä erittäin alttiita hylkeiden aiheuttamille vahingoille.

Ensimmäiset hyljekarkotinkokeilut tehtiin 1970-luvun lopussa ja 1980-luvun alkupuolella Skotlannissa kalankasvatuksessa käytettävien verkkoaltaiden yhteydessä (Anderson & Hawkins 1978, Mate & Harvey 1987, Mate ym. 1987). Kalastuksen suojaamiseksi hyljevaurioilta karkottimia on kokeiltu jo useiden vuosien ajan eri merialueilla muun muassa rysäpyynnissä, ja niiden on monissa tapauksissa todettu vaikuttavan suotuisasti saaliistasoon erityisesti pyydyksien lähelle asennettuna (Yurk & Trites 2000, Fjälling ym. 2006, Harris ym. 2014, Vetemaa ym. 2021, Lehtonen ym. 2022), vaikkakaan ne eivät ole kokonaan estäneet hylkeiden aiheuttamaa haittaa. Joissakin tutkimuksissa karkottimilla ei kuitenkaan ole todettu olevan vaikutusta hylkeisiin (Jacobs & Terhune 2002) tai karkotusvaikutuksen on todettu heikentyvän eläinten tottuessa ääneen (Jefferson & Curry 1996). Jos hylkeet yhdistävät karkottimen äänen ruokaan, heikosti toimiva karkotin voi toimia myös houkuttimena (Jefferson & Curry 1996, Königson 2007, Götz & Janik 2010).

Arviot karkotinten tehokkuudesta ovat olleet varsin vaihtelevia ja moniselitteisiä (Quick ym. 2004, Sepulveda & Oliva 2005). Rannikkoalueen rysäpyynnissä karkottimien on todettu parantavan kalastajien saalista (Lehtonen ym. 2022). Vastaavasti Skotlannissa kahdessa joessa lohien suojaamiseksi tehdyssä kokeessa karkottimet eivät vaikuttaneet hylkeiden määrään joessa, mutta vähensivät hylkeiden siirtymistä joen yläosille (Graham ym. 2009). Keskeinen ongelma karkotintutkimuksissa on se, että olosuhteet eivät ole vakioituneet ja tutkimukset ovat laitekohtaisia. Karkottimia on myös kokeiltu Saaristomerellä Naantalinaukkoon johtavien salmien sulkemiseen siten, että muodostuisi hyljevapaita pyyntialueita, joissa voitaisiin silloin harjoittaa rysä- ja verkkopyyntiä ilman hyljevahinkoja (Lehtonen ym. 2023). Karkotinten merkittävä etu on siinä, että ne eivät vahingoita hyljettä, mutta toimiessaan pitävät eläimet loitolla.

Karkottimia voidaan hyödyntää myös merialueella tapahtuvien erityyppisten rakentamistoi-
mien yhteydessä, jolloin eläimiä pyritään ohjaamaan muualle esimerkiksi vedenalaisten räjäytystöiden yhteydessä. Rannikkoalueen käyttökohteissa asutus on useimmiten harvaa ja karkottimista ei siten koidu ihmisille välitöntä haittaa. Jokialueella asutus on usein tiheää, ja asuinkäytön lisäksi ranta-alueilla voi olla merkitystä monenlaisessa virkistyskäytössä. Tällaisilla alueilla erityistä huomiota tulisi kiinnittää mahdolliseen karkotinten aiheuttamaan häiriöön

ihmisille tai muille eliöille. Yleisesti ottaen merialueilla karkotinten käyttöön on todettu liittyvän riskejä muiden nisäkkäiden, erityisesti pyöriäisen osalta. Niiden on todettu välttävän karkottimia useiden kilometrien etäisyydeltä (Brandt ym. 2013). Perämerellä ja varsinkaan rannikolle laskevissa joissa pyöriäisiä ei tavata, joten tältä osin karkottimet soveltuvat hyvin alueelle.

1.4. Hyljekarkottimien toimintaperiaate

Kaupallisesti saatavilla olevien hyljekarkottimien toimintaperiaatteena on, että korkeataajuisen äänen odotetaan aiheuttavan fyysistä epämukavuutta tai jopa kipua ja siten johtavan eläimen poistumiseen alueelta. Hyljekarkotinmalleja on markkinoilla useita erilaisia, ja valmistajasta riippuen niiden äänen taajuus, paine ja äänisykli poikkeavat toisistaan. Luonnonvarakeskuksella oli ennen lijoen karkotinkokeilua kokemuksia Otaq Sealfence sekä LofiTech hyljekarkottimista. Lisäksi Ace Aquatec US3 (ASR-US3) ja RT1 laitteita oli kokeiltu syksyllä 2021 Saarisomerellä. Näiden lisäksi Airmar markkinoi dB Plus II karkotinmallia. Laitteiden valmistajat eivät juurikaan julkaise niiden toimintaa koskevia yksityiskohtaisia teknisiä tietoja lukuun ottamatta äänenpainetta ja taajuusaluetta. Karkottimet eroavat toisistaan etupäässä taajuuden ja äänenvoimakkuuden vaihtelun määrän osalta, mutta äänenpaine eri valmistajien karkottimissa on samassa suuruusluokassa. Karkottimista esimerkiksi Airmar dB II ja ASR-US3 tuottavat lyhyitä pulsseja, Lofitech pidempijaksoisia erillisiä pulsseja. Uusimman sukupolven karkottimissa ominaisuudet on kehittyneempiä kuin vanhemman sukupolven laitteissa. Ace Aquatec'in laitteissa RT1 mallin taajuus on ihmisellekin hyvin kuultavissa oleva <5 kHz ja US3 -mallissa vastaavasti valmistajan ilmoituksen mukaan 8–11 kHz. Tutkimuksissa on todettu, että varsinaisen taajuusalueen lisäksi laitteet voivat lähettää ääntä myös muille, usein korkeammille taajuusalueille tasavälisinä harmonisina komponentteina (Graham ym. 2009).

Äänenpaine karkottimissa on useimmiten laitteen vieressä 1 m etäisyydellä mitattuna yli 180 dB 1re μ Pa, enimmillään joissakin malleissa yli 200 dB 1re μ Pa. Joissakin malleissa, kuten ASR-US3, karkottimen toiminta on suunniteltu siten, että karkottimen ääni lähetetään vaihtelevalla rytmillä ja äänisignaalia ei lähetetä heti täydellä intensiteetillä vaan aluksi signaalin voimakkuus on alhainen (ns. pehmokäynnistys, soft start function). Tällöin hylkeellä on periaatteessa mahdollisuus siirtyä kauemmaksi karkottimesta ennen kuin ääni saavuttaa täyden intensiteetin. Hylkeen kuuloaistimukseen saattaa kuitenkin vaikuttaa myös äänisignaalin kesto, pidempikestoisella signaalilla alemman äänitason on todettu riittävän eläimen kuulohavaintoon (Kastelein ym. 2010).

Jacobs & Terhune (2002) selvittivät tutkimuksessaan karkottimien tuottamaa äänenpainetta kalanviljelylaitosten ympäristössä. Tutkimuksessa karkottimina toimivat Airmar -valmistajan karkottimet, joiden tuottama keskimääräinen äänenpaine oli 160 dB 1re μ Pa. Tämän arveltiin olevan riittämätön hylkeen kipukynnyksen ylittämiseen ja siten tuottavan riittämättömän suojan ja mahdollisesti johtavan eläinten tottumiseen ääneen. Mahdollisesta hylkeiden totumisesta karkottimen ääneen tai sen välttämisen oppimisesta ei ole vankkaa tutkimusnäyttöä, mutta monet käyttäjät ovat raportoineet tällaisesta ilmiöstä. Kokeessa, jossa vedenalaisella kaiuttimella imitoitiin Lofitechin karkotintilaitteen toimintaa 12 kHz taajuudella, kirjohylkeiden (*Phoca vitulina*) ei todettu karkottuvan vaan jopa tulevan lähemmäs kaiutinta (Mikkelsen ym. 2017).

Markkinoilla oleville karkottimille ilmoitetaan tavanomaisesti toiminta-alueeksi noin 50 m, mutta enimmillään 300 m. Kirjo- ja harmaahylkeiden on todettu reagoivan karkottimiin

vaihtelevasti, alle 100 m etäisyydeltä aina 1 km etäisyyteen saakka karkotinlaitteen ominaisuuksista riippuen (Jacobs & Terhune 2002, Götz & Janik 2010, Gordon ym. 2015). Lofitechin laitteella on kokeellisesti todettu hylkeiden tulevan lähimmillään 200 m etäisyydelle (Graham ym. 2006) ja toisessa tutkimuksessa 80 m säteelle (Harris ym. 2014). Airmar dB II Plus laitteen lähistöllä suurin osa hylkeistä oleili yli 200 m etäisyydellä, mutta jotkut yksilöt olivat lähimmillään 45 m etäisyydellä laitteesta (Jacobs & Terhune 2002). Vastaavia tutkimustietoja ei ollut saatavilla Otaq Sealfencestä tai ASR US3 -laitteesta, koska laitteet ovat uudempaa mallia.

1.5. Karkottimien äänen mahdolliset haittavaikutukset

1.5.1. Hylkeet

Voimakkaat ja äkilliset äänet voivat aiheuttaa hylkeille kuulovammoja. Esimerkiksi merirakentamisessa paalutustyö voi aiheuttaa kovaa meteliä (166–178 dB re 1 μ Pa), joka heikentää kuuloa (Hastie ym. 2015, Russell ym. 2016). Karkottimien mahdollisesta haitallisista vaikutuksista hylkeiden ja muiden merinisäkkäiden kuuloaistiin ei ole kattavaa tutkimustietoa. Varhaisimmat käytössä olleet karkotinmallit tuottivat voimakkaan ja usein lähes yhtäjaksoisen äänen, jonka arvellaan vahingoittavan valaita, pyöriäisiä ja hylkeitä erityisesti karkotinten pääasiallisella käyttöalueella, valtamerien rannikkoalueilla sijaitsevilla kalankasvatusaltilta (Götz & Janik 2010). Äänenpaineen noustessa lähelle kuulon vaurioitumisrajaa tai sen yli, kuulon vaurioitumisen riski eläimellä kasvaa ilman, että saadaan aikaan paljon voimakkaampi karkottumisvaste. Karkottimien suunnittelussa tämä on otettu huomioon mm. soft-start ominaisuutena, mutta käytännön havaintoja hitaammin voimistuvan äänen merkityksestä hylkeen pakoreaktioon tai muuhun käyttäytymiseen ei ole. Esimerkiksi ASR-US3 karkottimen äänisignaalin kesto on 2,6 sekuntia, joten käytännössä reagointiaika eläimellä on hyvin lyhyt, erityisesti jos laitteita on useita lähekkäin. Hylkeet voivat suojautua karkottimen aiheuttamalta ääneltä nostamalla pään pinnan yläpuolelle, jolloin äänen voimakkuus on huomattavasti pienempi (Fjälling ym. 2006). Periaatteessa tiheästi toistuvan äänijakson pitäisi estää tilanne, jossa hylje pääsee uimaan karkottimen lähelle huomaamatta voimistuvaa ääntä.

Karkottimien mahdollisesti aiheuttamat kuulovauriot ovat ongelmallisia sekä eläinten suojelun näkökulmasta että karkotinten pidemmän aikavälin toiminnan kannalta, koska kuuloltaan heikentyneet tai kuuroutuneet eläimet eivät välttä karkotinta, jolloin ne voivat pyrkiä aiempaa aktiivisemmin hakemaan ruokaa pyydyksiltä tai kalankasvatuskasseilta (Götz & Janik 2013). Tällaiset yksilöt voivat aiheuttaa kalastukselle erityisen suuren haitan. Götz & Janik (2010) totesivat, että hylkeiden reaktio ääniin riippuu muun muassa motivaatiosta ravinnonhankintaan, oppimisesta ja äänen tyypistä ja sen vaikutuksesta hylkeen kuuloon. Saatavilla oleva ruoka houkuttaa eläimiä sietämään voimakkaampaa ääntä kuin ilman ruokaa olevassa tilanteessa.

Hyljelajien väliset erot ääniaistimuksissa voivat vaikuttaa niiden reaktioihin ja haittavaikutusten riskiin. Mahdollisista lajieroista tiedetään kuitenkin vain vähän. Hallin kuulo ei ilmeisesti ole yhtä herkkä kuin norpan, mutta nimenomaan harmaahylkeellä tehtyjä tutkimuksia on niukasti ja osin eri menetelmillä toteutettuna kuin esimerkiksi norpan kuuloa on selvitetty. Hallin herkimmän kuulon alue sijoittuu 20–25 kHz välille (Ridgway & Joyce 1975) ja norpan noin 6,4–25,6 kHz (Sills ym. 2015). Hylkeiden on todettu kuulevan myös taajuudeltaan erityisen korkeita tai alhaisia ääniä, vaikkakin niiden pitää olla erityisen voimakkaita kuulokynnyksen ylittämiseksi (Ridgway & Joyce 1975, Kastelein ym. 2009, Sills ym. 2015). Hylkeiden kuulotutkimuksissa yksilömäärät ovat pieniä ja yksilöiden välillä on kuulossa eroja. Sills ym. (2015)

tutkimuksessa kahdella yksilöllä vanhan norpan kuuloalue ja kuulon herkkyys oli kapeampi kuin nuoren. Norppien oma ääntely asettuu taajuuksien 100 Hz – 5 kHz välille (Rautio ym. 2009) ja harmaahylkeen 100 Hz – 3 kHz välille (Asselin ym. 1993). Vaikka hallien ja norppien kuuloalue tunnetaan, harmaahylkeellä tehdyssä kokeessa niiden on todettu reagoivan myös huomattavasti korkeampiin kaikuluotaimesta tuleviin ääniin (200 kHz) ja välttävän äänilähdettä (Hastie ym. 2014). Norppien ja kirjohylkeiden kuulon on arvioitu olevan tarkka, ja esimerkiksi norpat pystyvät erottamaan taajuuksilla 100 Hz – 25.6 kHz erilaisia ääniä muusta taustametelistä (Sills ym. 2015).

1.5.2. Muut eläimet

Karkottimien lähettämän äänentaajuusalueen ei odoteta vaikuttavan kalojen käyttäytymiseen, eikä sellaisia havaintoja ole tehty. Kalat erottavat vedessä pääsääntöisesti ainoastaan ääniaallon aiheuttaman värähtelyn tai vedessä olevien hiukkasten liikkeen, eivät suoraan ääniaaltoja. Tyypillisesti kalojen, mukaan lukien lohen ja muiden suomalaisten jokikalojen, joiden kuuloa on tutkittu, aistimat taajuudet ovat varsin alhaisia, korkeintaan joitakin satoja hertsejä (Hawkins & Jonhstone 1978, Amoser & Ladich 2005, Mann ym. 2007). On kuitenkin hyvä huomata, että kalalajit eroavat aistiominaisuuksiltaan ja tietoa aiheesta kaivataan lisää. Esimerkiksi sillikalat ovat kuuloalueeltaan herkempiä ja sillin (*Clupea harengus*), havaittiin reagoivan 4 kHz ääneen 170 dB re 1 µPa voimakkuudella (Kastelein ym. 2007) ja sen ääntely kattaa taajuusalueen 5 kHz asti (Wahlberg & Westerberg 2003). Täpläsillin (*Alosa alosa*) tiedetään reagoivan korkeisiin ultraääniin (192 kHz) kun niitä toistetaan tiheästi (Wilson ym. 2011).

On epätodenäköistä, että karkottimet vaikuttaisivat haitallisesti lintuihin. Linnut eivät tehtyjen tutkimusten perusteella pysty kuulemaan niin korkeita ääniä kuin Ace Aquatec US3 tai Otaq Seal Fence hyljekarkottimet lähettävät. Yleisesti ottaen linnuilla kuulo sukeltaessa on herkimmillään matalalla 1–3 kHz taajuusalueella ja vain harvat linnut voivat kuulla vielä yli 4 kHz:in taajuuksia (Dooling 1992, Therrien 2014). Iijolla todettiin esimerkiksi joutsenten ruokailevan karkotinten välittömässä läheisyydessä. Merimetso kuulee parhaiten veden alla noin 1 kHz taajuuksia, ja yli 5 kHz taajuuksilla äänen pitää olla erittäin voimakas (120 dB re 1 µPa), jotta lintu havaitsee sen (Larsen ym. 2020).

Mikäli karkottimia käytetään asutuksen tuntumassa, tulee asennuspaikassa huomioida niistä asutukselle tai muulle virkistyskäytölle mahdollisesti aiheutuvat haitat. Useille kotieläimille karkotinten ääni voi olla erotettavissa ja karkotinten vaikutusalueella se on siten huomioonotettava tekijä, joka saattaa vaikuttaa eläimen viihtyvyyteen. Esimerkiksi koirien ja kissojen kuuloalue on huomattavasti laajempi kuin ihmisellä ja kattaa taajuusalueen aina 85 kHz 60 dB SPL saakka, kun ihmisellä kuuloalue loppuu noin 16 kHz dB re 20 µPa SPL taajuudessa (Heffner & Heffner 2007, Barber ym. 2020). Tyypillisesti jokivarressa tavattavia muita nisäkkäitä ovat mm. jyräjät ja pienpedot, kuten saukko, minkki ja supikoira. Karkotinten tuottaman äänen vaikutuksesta näiden eläinten osalta ei ole tietoa. On myös huomattava, että karkottimen ääni veden pinnan yläpuolella on selkeästi vaimeampi kuin pinnan alapuolella ja mahdollinen vaikutusetäisyys jää vähäiseksi, joihinkin kymmeniin metreihin.

Ihmisen kuulo on herkimmillään alle 8 kHz taajuuksilla ylärajan ollessa noin 16 kHz dB re 20 µPa SPL taajuudessa. Hyljekarkotinten ääni on ihmiselle selvästi kuultavissa varsinkin alataajuuksien osalta, mutta korkeammat taajuudet voivat mennä kuuloalueen ohi tai eivät ole selvästi erotettavissa. Ihmisen kuulon kipukynnyksen ylittävät äänet ovat noin 130–140 dB SPL voimakkaampia kuin kuulokynnyksen ylittävä ääni (Spreng 1975) ja vastaavasti

impulssimaisten, noin 135 dB kuulokynnystä korkeampien äänien tiedetään aiheuttavan kuulovammoja (Danielsson 1991). Karkottimien vieressä niiden ääni kuuluu esimerkiksi veneeseen melko voimakkaana, koska ääni heijastuu veneen pohjasta. Kokemusperäisten havaintojen perusteella karkottimien ääni veden yläpuolella tuntuu osalle ihmisistä epämiellyttävälle, toiset eivät sitä huomaa tai eivät siihen juuri reagoi. Koska karkottimet ovat veden alla, ääni vaimentuu huomattavasti pinnalle tullessaan. Ihmiselle haitallisista äänen voimakkuuksista on niukasti tietoa, mutta sukeltajien turvaohjeistuksiin liittyen vedenalaisen äänen turvarajoista on esitetty joitakin raja-arvoja. Sukeltajan kuulo vedessä on heikompi kuin ilmassa, pienin kuultava äänenpaine on 10 kHz taajuusalueella noin 85 dB (Gerstein 2002) tai 92 dB re 1 μ Pa (Parvin ym. 2002). Vedessä ihminen sietää suhteessa kovempaa ääntä kuin ilmassa. Äänen kuuleminen riippuu taajuudesta, ja ihmisen korva on veden alla herkimmillään alhaisilla 100 Hz – 1,5 kHz taajuuksilla (Parvin ym. 1995). NURC (2006) esittää taajuusalueella 4–25 kHz haitalliseksi rajaksi 167 dB re 1 μ Pa äänenpainetta, kun taas alhaisemmilla taajuuksilla rajaksi on esitetty noin 155–166 dB re 1 μ Pa (Parvin ym. 2002, Fothergill ym. 2002, NURC 2006). Äänenpaineen raja-arvojen raportointiin liittyy epävarmuustekijöitä, joten näitä voinee pitää suuntaa antavina arvoina. On myös huomattava, että äänen voimakkuuden ohella sen kesto vaikuttaa kuuloon, siten pidempiaikainen oleskelu voimakkaan äänen lähistöllä voi johtaa kuulon vaurioitumiseen.

2. Menetelmät

Hylkeiden aiheuttamien haittojen vähentämiseksi lijoen alaosalle asennettiin kuusi hyljekarkotinta elokuun lopussa 2022. Lijoen hyljekarkotinkokeilussa käytetyt laitteet olivat Ace Aquatec ASR-US3 karkottimia, jotka vuokrattiin valmistajalta koejärjestelyä varten. Karkottimet asennettiin joen pohjaan ja niillä muodostettiin sulkulinja, joka jakoi joen kahteen osaan – alueeseen, jossa karkottimien vaikutusta ei ole (alaosa) ja karkottimilla suojattuun alueeseen (yläosa). Asennustavaksi valittiin karkotinten pohjaan laitto lijoen voimakkaan virtaamasäännötelyn ja pinnankorkeuden vaihteluiden vuoksi. Pohjaan asennettuihin laitteisiin saatiin sähkö rannalta pohjakaapelilla, jolloin vältettiin karkottimien yhteyteen asennettujen akkujen käyttö.

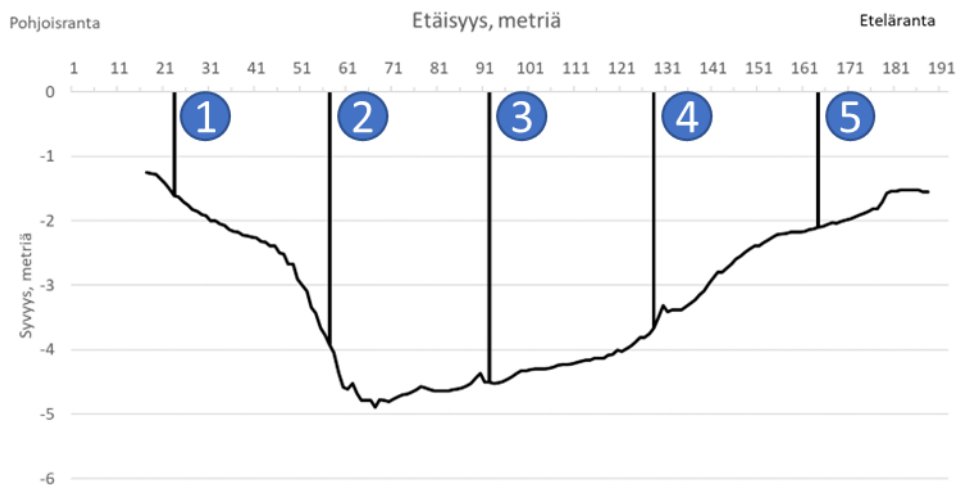
ASR-US3 karkotin toimii moduloiduilla, lyhyillä ja satunnaistetuilla äänipulsseilla. Satunnaistamisen tarkoituksena on estää hylkeiden tottuminen karkotimen ääneen. Valmistajan ilmoittama karkotimen tehollinen toimintasäde on noin 50 m. Karkotinlaitteisto koostuu karkotinta ja ohjainyksiköstä. Rannalle sijoitetusta kiinteään sähköverkkoon liitetystä ohjainyksiköstä johdetaan tasavirtaa vedenalaisen matalajännitekaapelin avulla joen pohjalla olevalle lähetyksikölle. Sähkökatkoksia varten ohjainlaitteessa on varavirta-akku, jolla toiminta-aika on asetuksista riippuen 12–24 tuntia. Ohjainyksiköstä lähtee erillinen heikkovirtakaapeli kullekin karkotinyksikölle. Laitteen tarvitsema teho on keskimäärin 100 W ja enintään 250 W. Vuorokausikulutus on noin 2,4 kWh. Valmistajan ilmoittama äänen taajuusalue laitteelle on 8–11 kHz ja paine 181 dB re 1 μ Pa rms @1m. Äänijakson kesto on säädettävissä siten, että ääni on päällä 0,9–10 % ajasta. Äänen profiilin voi säätää yhdeksästä valmistajan koostamasta versiosta tai käyttää näiden satunnaistettua valintaa. Äänihdistelmien tarkoituksena on lisätä vaihtelua poikkeavilla äänijaksoilla, jotta hylkeet eivät tottuisi jatkuvasti samanlaisena toistuvaan ääneen. Rannalle tai lautalle sijoitettava ohjainyksikkö voidaan kytkeä verkkoyhteyteen, jolloin sen toimintaa voidaan tarkkailla säätää etänä sovelluksen kautta.

2.1. Karkotinten sijoituspaikan valinta

Virtaavassa vedessä ääni voi osittain kulkeutua veden liikkeen mukana ja mahdollisesti häiriötekijät, kuten kuplat tai pohjan muodot, kuten penkat estävät äänen kulkua. Myös joen mataluus vaikuttaa monin tavoin äänen etenemiseen. Ennakkotietoa näiden tekijöiden vaikutuksesta karkotinten lähettämän äänen etenemiseen ei ollut. Oletuksena oli, että karkotinten vaikutusalue virtaavassa vedessä voi jäädä huomattavasti pienemmäksi kuin merialueella tehdyissä kokeiluissa. Karkottimien asennuspaikka valittiin joen kapeimmasta kohtaa, jossa verkkovirtaa oli saatavilla kiinteistöistä molemmilta rannoilta ja veden syvyys riitti laitteiden asennukseen. Tutkimuksen vuoksi karkottimet sijoitettiin joessa padon ja jokisuun keskivaiheille, jotta siianpyyntiä saatiin karkottimien sekä ala- että yläpuolisilta alueilta.

Karkottimien asennuspaikasta kerättiin perustiedot 28.6.2022 tehdyllä kaikuluotauksella, jossa karttatarkastelun perusteella valittu alue luodattiin sekä tavanomaisella (Simrad NSS EVO3 ja Lowrance 3–1 anturi) että viistokaikuluotaimella (Deepvision DE680) syvyyden ja pohjan rakenteen varmistamiseksi. Kaikuluotauksen yhteydessä mitattiin etäisyydet rannan kiintopisteisiin etäisyysmittarilla. Tietojen perusteella varmistettiin vuokralaitteisiin tarvittavien kaapelien pituus. Kahdessa karkotinlaitteessa kaapelin pituudeksi tuli 200 m, kahdessa 150 m ja kolmessa 100 m (yksi karkotin oli varalla). Sijoituspaikan lähistöllä oleviin maanomistajiin otettiin yhteys ja heidän kanssaan sovittiin laitteiden asennuksesta sekä sähköä kytkemisestä laitteisiin.

Laitteen valmistajalta saadun ohjeistuksen mukaan karkottimien pitää olla toimiessaan vähintään yhden metrin syvyydellä. Mikäli karkotin on toiminnassa ilmassa, äänilähteen (värähtimen) rakenne voi rikkoontua kuumentumisen vuoksi. Ijoella ohjeistuksesta jouduttiin poikkeamaan joen mataluuden vuoksi. Karkottimet asennettiin siten, että ne olivat vähintään 1 m syvyydessä myös alivirtaamatilanteessa (Kuva 3). Sijoituspaikan valinnassa huomioitiin lijoen voimakas virtaamasäätely ja pinnankorkeuden vaihtelu. Asennuspaikalla joen syvyys oli enimmillään noin viisi metriä Simakan saaren pohjoispuolella. Uoma oli pohjoisrannan penkkaa lukuun ottamatta tasaisesti syvenevä. Ranta-Kestilän haarassa syvyys oli noin 2,5 metriä ja uoma tasainen sekä muodoltaan U-kirjaimen mallinen. Joen leveys oli noin 200 m pohjoispuolella ja eteläpuolella 50 m. Pohjan rakenne oli asennuskohdalla melko tasainen, koostuen pääasiassa sorasta ja vaihtelevan kokoisista kivistä. Virtaaman alueella todettiin olevan varsin tasainen huolimatta juoksutuksen määrästä. Pohjoispuolen karkottinlinjan alapuolella oli matala koskialue.



Kuva 3. Karkottimien asennuspaikan syvyysprofiili asennusajankohtana.

Ijoessa virtaamavaihtelu on voimakasta. Joen keskivirtaama on $174 \text{ m}^3/\text{s}$, mutta virtaus vaihtelee lähes seisovasta vedestä enimmillään lähes 1000 m^3 tasolle tulvahuipun aikaan (Raasakan virtaama-aineisto, Pohjolan Voima Oy). Lijoen alaosan pinnankorkeuteen vaikuttaa huomattavissa määrin meriveden korkeus, ja joen pinnan korkeudenvaihteluksi on arvioitu enimmillään noin kolme metriä. Aivan rantaviivan tuntumaan karkottimia ei voitu laittaa, jotta ne eivät jäisi vedenpinnan laskiessa alas kuiville.

2.2. Karkottimien asennus

Karkottimet asennettiin Ijokeen 26.–28.8.2022 välisenä aikana. Ennen karkottimien laittoa veden valmisteltiin rannalla laitteiden virtakaapelit siten, että ne mitoitettiin kullekin karkottimen sijoituspaikalle sopivaksi, painotettiin ja koottiin kiepille. Painotuksessa käytettiin lyijyköyttä, jonka massa oli 1000 g/m . Lyijyköyttä varattiin painotukseen yhteensä 350 m ja se kiinnitettiin syvempään veteen asennetulle kaapelin osalle. Kaapelin ja köyden kiinnityksessä käytettiin vaihtoehtoisesti nippusiteitä, kiristekalvoa, ilmastointeippiä tai näiden yhdistelmää. Nippusiteet todettiin toimivaksi tavaksi kiinnitykseen, kun niitä laitetaan noin 3 kpl metrille.

Tiiviin kiinnityksen tarkoituksena on estää kaapelin tai lyijyköyden kiilautuminen tai kiinnittyminen pohjakiviin laitteen käytössä olon aikana.

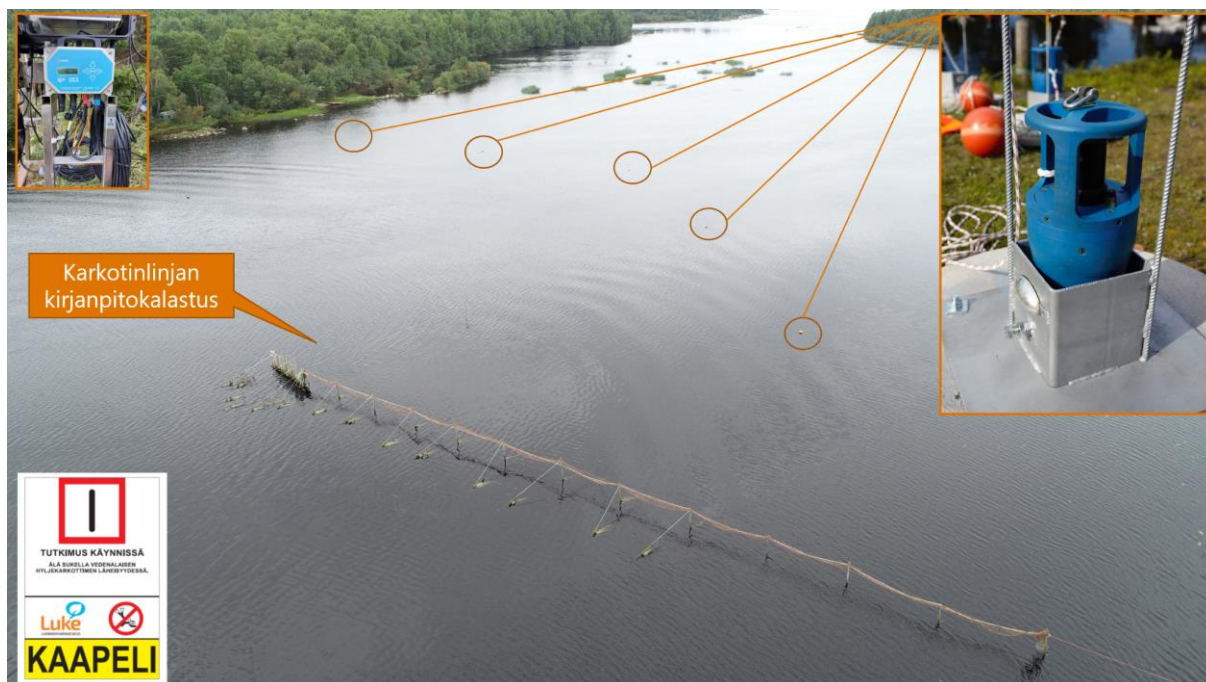
Asennus tehtiin sukeltajan avulla ennalta luotauksen perusteella katsotuille paikoille. Valituille paikoille pudotettiin merkkipoiju GPS-sijainnin mukaan. Vintturilautta ankkuroitiin merkkipoijun kohdalle, ja karkottimeen kytkettiin kaapelit kiinni. Karkotin painoineen laskettiin pohjaan ja sukeltaja varmisti karkottimen asentumisen vakaalle alustalle ja suoraan (Kuva 4).



Kuva 4. Karkotinten asennus elokuussa lijoelle. Karkotinyksikkö on kiinnitetty 120 kg betonipainoon paikallaan pysymisen varmistamiseksi. Kuva Petri Suuronen.

Karkottimet kiinnitettiin 120 kg painoisiin betonisiin kaivonkansiin, joihin oli pultattu kiinni raudasta valmistettu kiinnityskotelo karkotinyksikölle. Kiinnityskotelossa oli lisäksi nostorauta, johon nostosilmukan sai kiinnitettyä. Jokaisessa karkotinyksikössä painoineen oli pintaan tuleva merkkipoiju (halkaisija 280 mm/kantavuus 7900 g), joka oli kiinnitetty karkottimen nostoköyteen.

Viidellä laitteella yksittäisten karkottimien välinen etäisyys oli 32–36 m ja etäisyys rantaan Simakan saaren pohjoispuolella 40 m ja vastaavasti Piukkulan rantaan 36 m asennushetkellä (Kuva 5). Alhaisella vedenkorkeudella etäisyys oli lyhyempi. Ranta-Kestilän pohjoispuolinen uoma katettiin yhdellä karkottimella, josta etäisyys etelärantaan oli 40 m ja pohjoisrantaan 52 m. Karkotin jouduttiin sijoittamaan sivuun väylän keskiosasta, jotta se ei ollut veneliikenteen tiellä. Käytännössä eteläpuolella etäisyys väylää rajaavaan penkkaan oli 17 m ja pohjoispuolella Simakan kärjessä olevaan pieneen saareen 36 m ja Simakkaan 58 m. Oletuksena oli, että Simakan ja sen kärjessä olevan pienen saaren välisestä matalasta uomasta hylkeitä ei kulje.



Kuva 5. Hyljekarkottimien sijoitus Simakan saaren pohjoispuolisella alueella. Heti karkotintinjan yläpuolisella virta-alueella oli siianpyyntiä varten ohjausaita, jonka päähän verkko laitettiin pyyntiin. Kuva Lari Veneranta.

Vesilläliikkujia varoitettiin käynnissä olevasta tutkimuksesta ja vedenalaisista kaapeleista moilemmille rannoille asennetuilla varoitustauluilla. Ranta-Kestilän pohjoispuolelle sijoitetun yksittäisen karkottimen paikan valinnassa otettiin huomioon mökin ja rantasaunan käyttö, ja karkotin sijoitettiin suunnitellusta paikasta noin 30 m ylävirtaan. Karkotintinjan ollessa käytössä sen lähialueella sukeltaminen voi olla ihmisen kuulolle haitallista. Tutkimustietoa ihmisille vaarallisesta tai haitallisesta etäisyydestä ei ollut laitteiden asennushetkellä, mutta äänen voimakkuuden aleneman perusteella arvioitiin, että vaaravyöhyke voi ulottua noin 100 m etäisyydelle karkottimesta.

Karkottimet nostettiin joesta 26.–27.10.2022 siianpyyntikauden loppuessa. Nostossa käytettiin samaa lautta kuin asennuksessa. Karkotintinjat nostettiin vedestä yksi kerrallaan vinssillä kiinnittämällä vinssin haka painon asennuskehikossa olevaan nostolenkkiin. Kun karkotintinjakko saatiin lautalle, kerättiin kaapeli pohjasta kiepille ja laite kuljetettiin rantaan. Nosto tehtiin päinvastaisessa järjestyksessä kuin asennus. Noston aikana joen virtaama oli yli 200 m³/s, mutta sillä ei ollut vaikutusta työn suorittamiseen. Päällisin puolin tarkasteltuna laitteet olivat pysyneet puhtaina ja leväkasvustoa tai lietettä niiden päälle oli kertynyt vähäisissä määrin. Kaapelit olivat asettuneet pohjaan hyvin ja eivät olleet siirtyneet virran mukana. Laitteiden noston jälkeen purettiin rannoilta säätöyksiköt ja niihin liittyvät sähköasennukset. Koko laitteiston purkamiseen ja pakkaamiseen kului kolmelta hengeltä kaksi pidennettyä työpäivää.

2.3. Karkottimien käyttö

Karkottimiin kytkettiin virta, kun kaikki laitteet oli saatu veteen. ASR-US3 karkottimiin on rakennettu laitteiden etähallinta verkkosivuston kautta, mutta sen käyttöön saamisessa oli alkuvaiheessa palvelinyhteyden liittyviä ongelmia laitteen valmistajan taholta (Kuva 6). Syyskuun

aikana yhteys saatiin kuitenkin toimimaan kaikissa yksiköissä ja niiden toiminnan pystyi varmistamaan ja säätämään etäyhteyden kautta.

Software	Status	Name	Mode	ScramRate	ToneCycling	ActiveTones	Voltage	Scrams	FailScrams	DoScram
T 4.16 P 49 D 1.12	DISCONNECTED MAINS PWR STATUS OK	Scramming	108	PerScram	Cap 14.95 Bat1 13.37 Bat2 13.36	25786	1584			
T 4.16 P 49 D 1.12	DISCONNECTED MAINS PWR STATUS OK	Scramming	108	PerScram	Cap 14.98 Bat1 13.27 Bat2 13.31	21594	0			
T 4.16 P 49 D 1.12	DISCONNECTED MAINS PWR STATUS OK	Scramming	108	PerScram	Cap 14.95 Bat1 13.25 Bat2 13.29	239938	43918			
T 4.16 P 49 D 1.12	DISCONNECTED MAINS PWR STATUS OK	Scramming	108	PerScram	Cap 12.91 Bat1 13.36 Bat2 13.41	25065	0			
T 4.16 P 49 D 1.12	DISCONNECTED MAINS PWR STATUS OK	Scramming	108	PerScram	Cap 14.80 Bat1 13.22 Bat2 13.30	31912	0			
T P D	DISCONNECTED BATTERY PWR				Cap 0.00 Bat1 0.00 Bat2 0.00					
T 4.16 P 49 D 1.12	DISCONNECTED MAINS PWR STATUS OK	Scramming	108	PerScram	Cap 13.96 Bat1 13.38 Bat2 13.35	141074	4274			

Kuva 6. ASR-US3 karkotinten etäkäytön hallintapaneeli.

lijoella käytettiin laitteen valmistajan suosituksesta laitteesta valittuja ääniyhdistelmiä 1, 2, 7, 8 ja 9. Äänen voimakkuus laitteessa on mahdollista asettaa yhdeksään eri tasoon, lijoella käytettiin äänipulssin suurinta voimakkuutta. Scramrate, eli äänipulssien lähetystaajuus asetettiin laitteen enimmäisarvoon 108, joka tarkoittaa äänipulssia enintään 1,8 minuutin välein. Laitteessa on ääniyksikön virrantuottoa varten kondensaattori, jonka lataamiseen kuluu aikaa ja joka käytännössä rajoittaa äänipulssien enimmäismäärää. Keskimääräinen äänipulssin kesto US3 yksikössä on 2,6 sekuntia.

2.4. Yksittäisten hylkeiden poistaminen joesta

Karkotinten asennusvaiheessa (28.8.2022) huomattiin, että karkotinlinjan yläpuolelle oli jäänyt laitteiden käynnistämisen yhteydessä halli. Viitteitä hylkeen paikallaolosta oli saatu jo ennen karkotinten asennusta paikallisilta kalastajilta. Karkotinlaitteiden käynnistytyn jälkeen jokialue tarkastettiin, ja eläin nähtiin lijoen ylittävän nelostien yläpuolisella alueella patopyydyksen vieressä. Ylimääräisellä ASR-US3 karkottimella yritettiin hätyyttää hallia, mutta huolimatta alueen ajamisesta veneellä virran mukana padolta karkottimille asti, eläimestä ei tehty uutta havaintoa. Seuraavina päivinä kalastajilta saatiin kuitenkin havaintotietoja hallista sekä revityistä pyydyksistä, mutta näitä vaurioita ei osunut kirjanpito-pyytäjien kohdalle. Hallista ei tehty havaintoja karkotinlinjan yläpuoliselta alueelta enää syyskuun 7. päivän jälkeen. Mahdollisuuksia hallin poistamiseen joen yläosalta joko pyydystämällä tai ampumalla selvitettiin, mutta pyydystäminen esimerkiksi rysällä todettiin hankalaksi ja ampuminen ei tiheään asutuksen vuoksi ollut mahdollista. Poikkeuslupaa Riistakeskukselta hallin pyydystämiseksi esimerkiksi hyljeverkolla ei haettu.

Karkotinlinjan yläpuolella tehtiin useita norppahavaintoja syys-lokakuussa, mutta halleista ei saatu näköhavaintoa. Norppahavainnoissa kyseessä saattoi olla yksi tai useampi norppa, joka oli uinut karkotinlinjan ohi. Esimerkiksi 12.9. ja 29.9. norppa havaittiin uimassa aivan karkotinten vieressä.

Ennen siian syysnousun huippuajankohtaa, 29.9.2022 ajettiin padon ja karkotinten välinen jokialue läpi siten, että käynnissä oli sekä US3 että erikseen käyttöön hankittu Otaq Sealfence -karkotin. Karkottimia vedettiin köyden perässä veneellä ja ne olivat samanaikaisesti toiminnassa. Veneet kulkivat rinnakkain, lukuun ottamatta joen kapeikkoja, missä niitä jouduttiin kuljettamaan peräkkäin. Etenemisnopeus oli alle 2,5 km/h. Kokeilun tarkoituksena oli varmistaa hylkeetön alue karkotinlinjan yläpuolella. Havaintoja halleista tai norpista ei karkotinten käytön yhteydessä tehty. Havaintojen puuttuessa ja kahden kokeilun kokemusten perusteella liikkuvilla karkottimilla karkottamisen vaikutuksia ei voida arvioida.

2.5. Karkottimen äänen kuuluvuuden arviointi

Karkotinkokeilun yhteydessä mitattiin myös niiden tuottama äänenpaine jokialueella. Desibeleillä ilmaistaan äänen voimakkuutta vertailuarvoon nähden logaritmisella asteikolla. Äänen voimakkuuden desibelilukema ilmaisee mitatun äänen tehon suhteessa vertailuarvoon, joka ilmassa mitattuna usein on 20 μPa äänenpainetta vastaava teho ja vastaa kutakuinkin ihmisen kuulokynnystä 1 kHz taajuudella, eli SPL (Sound Pressure Level) tasoa. Veden alla tehtävissä mittauksissa viitepaineen tasona on useimmiten 1 μPa . Näiden kahden viitepaineen välinen ero on 26 dB, eli voimakkuudeltaan samaksi mitattu ääni on desibelilukemaltaan ilmassa pienempi kuin vedessä. Lisäksi äänen kulkeutumiseen ja intensiteettiin vaikuttaa äänen nopeuden ero ilmassa ja vedessä sekä veden korkeampi tiheys. Samassa paineessa korkeampi tiheys ja äänen nopeus pienentävät äänen intensiteettiä. Viitepaineen tason ero tekee äänen vertailusta hankalaa. Ihmisen kokeman, vahvaa kipua aiheuttavan äänenpaineen raja on ilmassa noin 140 dB re 20 μPa SPL ja vedessä vastaava ääni on äänenpaineeltaan 202 dB re 20 μPa SPL (National Research Council 1994). Melumittauksissa eri taajuuksia suodatetaan tai painotetaan eri tavoin ja se osaltaan vaikuttaa saataviin äänenpainearvoihin. Desibeliasteikko on logaritminen tehosuure, mutta juuri havaittava äänenpaineen muutos on 1–2 desibeliä.

Hyljekarkottimien äänenpainetta mitattiin lijoella 26 pisteessä karkottimien lähialueella 27.–29.9.2022. Mittauksen suoritti JM Pajala Oy yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen kanssa. Mittausajankohtana ilman lämpötila oli 8–10 °C ja veden lämpötila noin 7,3 °C. Veden syvyys mittauspisteissä vaihteli 1,2–4,0 m välillä ja virtaama pinnassa enimmillään arvion perusteella noin 1 m/s. Mittauksissa käytettiin kahta Ocean Instruments SoundTrap 300 digitaalista äänen tallenninta. Käytetty tallennusnopeus oli 96 kHz. Hydrofonien herkkyys oli 176 dB re 1 μPa . Mittaustuloksia tarkasteltiin pistekohtaisesti kolmasosaoktaavikaistan 20 kHz äänenpainetasolla sekä laajakaistan 5–50 kHz äänenpainetasolla.

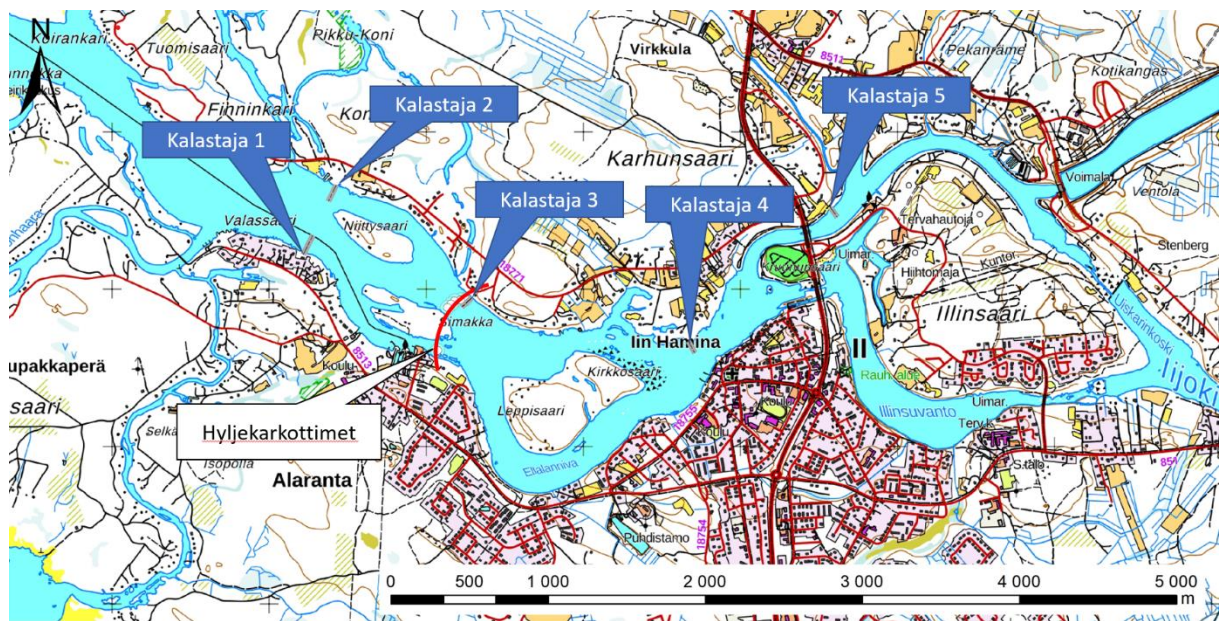
Yksi hydrofoni asennettiin vertailumittausta varten pisteeseen 8, joka oli 48 m etäisyydellä alavirtaan lähimmästä karkottimesta. Hydrofoni sijoitettiin metrin syvyydelle pohjasta ja sillä mitattiin karkotinsignaalin voimakkuutta 28.9.2022 klo 10.10–19.40 välisellä jaksolla. Voimakkuus pysyi vakiona koko mittausjakson ajan, vaikka virtaama alimmillaan oli 38 m³/s ja suurimmillaan 264 m³/s. Mittausalueella veden pyörteily oli paikoin voimakasta. Koko mittausjaksolla Raasakan voimalaitoksen virtaama vaihteli huomattavasti, ollen 37–292 m³/s välillä. Virtaaman muutosta ei ole huomioitu mittausten arvioinnissa, koska jatkuvassa seurannassa olleen hydrofonin mukaan virtaaman vaihtelu ei vaikuttanut äänenpaineeseen (Kuva 5).

Toista hydrofonia siirrettiin pisteestä toiseen (paikat 1–26) ja vedenalaista ääntä tallennettiin kussakin pisteessä noin 15 minuutin ajan. Hydrofoni oli köydessä painon ja kohon välissä siten, että se asettui aina noin 0,7 m etäisyydelle pohjasta.

Lisämittauksella mikrofonia käyttäen tallennettiin karkottimen ääntä maissa. Kalibroitu tarkkuusmikrofoni asetettiin jalustalle noin 20 metrin etäisyydelle erillisestä Simakan saaren eteläpuolella sijaitsevasta karkottimesta. Mittaus ei onnistunut tallentamaan karkottimen ääntä ja se ei myöskään ollut korvin kuultavissa eteläpuoliselta rannalta. Todennäköisesti joessa oleva jyrkkä penkka mittauskohdalla vaimentaa äänen siten, että se ei kuulu rannalle saakka. Mittausta ei suoritettu lijoen pohjoisreunalla, missä ääni oli rannalta kuultavissa. Kuulohavaintojen perusteella ääni oli kuultavissa rannalta noin 10–20 m etäisyydelle. Tällöin lähin karkotin sijaitsi noin 50 m etäisyydellä kuulijasta. Pohjoisrannalla joki syvenee tasaisesti ja rantatöyräs nousee tasaisesti rinteinä ylös, jolloin karkottimesta lähtevä ääni erottuu selkeästi.

2.6. Saaliiden ja hyljevaurioiden arviointi

Karkottimien toimintaa joessa arvioitiin kirjanpitokalastajien saaliiden perusteella. Hankkeessa sovittiin saaliiden kirjaamisesta viiden kalastajan kanssa. Kaksi kalastajaa toimi karkottimien alapuolella, yksi karkotintinjan kohdalla ja kaksi karkottimien yläpuolisella alueella (Kuva 7).



Kuva 7. Hylkeiden aiheuttamia vahinkoja arvioitiin kirjanpitokalastusaineiston perusteella. Kalastajat sijoituivat joen sulkevan karkotintinjan ala- ja yläpuolelle.

Kaikki kalastajat kalastivat verkoilla, joiden korkeus vaihteli 3–5 metrin välillä, käytetty solmuväli oli 45–50 mm ja langan vahvuus noin 0,17 mm. Verkkojen pituus vaihteli pyyntipaikoilla 12–30 metrin välillä. Verkko oli kiinnitettyä pyyntipadon päähän, jolloin pato toimii kaloja ohjaavana aitana ja verkko pyytävänä osana.

Kirjanpitokalastuksessa kukin kalastaja merkitsi verkon kokemiskertojen välisen pyyntiajan tunteina, kullakin pyyntikerralla verkossa havaitut uudet, hylkeen tekemiksi arvioidut, reiät, saalissiikojen määrän pyyntikertaa kohden sekä vaurioituneiden siikojen määrän pyyntikertaa kohden. Lisäksi kirjattiin muut saaliiksi saadut kalalajit sekä halli- ja norppahavainnot. Mikäli

eläintä ei tunnustettu varmasti, se merkittiin hylkeeksi. Joessa tapahtuvassa pyynnissä verkkoja pidetään vedessä usein vuorokauden yli ja ne koetaan useaan kertaan päivän mittaan. Verkon likaantuessa tai rikkoutuessa se vaihdettiin uuteen. Karkottimien alapuolella pyynti lopetettiin 20.–23.10. saaliiden heiketessä ja koska samalle ajankohdalle osui useita hyljehavaintoja sekä pyydysten rikkoutumisia. Kirjanpitokalastuksen tietojen lisäksi lijoen siikojen ikä- ja kokoja-kauman selvittämiseksi Luonnonvarakeskus otti näytteeksi kutukaloja padon alapuolisesta pyynnistä yhteensä 207 kpl.

2.7. Kirjanpitokalastusaineiston käsittely

Aineiston tilastotilastoanalyysit tehtiin käyttäen R tilasto-ohjelman versiota 4.2.2 (<https://www.r-project.org/>). Tilastomallien laskennassa käytettiin R:n `glmTMB` funktiota.

Siikasaaliiseen vaikuttavia tekijöitä selvitettiin käyttämällä vastemuuttujana vuorokauden aikana verkolla saatujen siikojen lukumäärää. Aineiston rakenteen vuoksi analyysien oletusjakaumana oli negatiivinen binomiaalijakauma. Selittävinä muuttujina mallissa olivat jokiosuus suhteessa karkottimien linjaan (alapuoli / yläpuoli), vuorokauden aikana suoritetun pyynnin kesto (tunteja) sekä käytetyn verkon pituus (metrejä). Kalastuspaikka ja pyyntipäivämäärä otettiin huomioon satunnaistekijöinä.

Verkkovaurioiden syntymisen todennäköisyyttä selvitettäessä käytettiin binääristä jaottelua (vähintään yksi uusi reikä havaittu pyyntikerralla tai ei havaittuja reikiä), sillä kaikki kalastajat eivät raportoineet reikiintymistä samalla tavalla ja reikien lukumäärä vuorokaudessa oli tyypillisesti alhainen (harvoin yli 1). Tässä binomiaalista jakaumaa noudattavassa mallissa (GLMM) selittävänä muuttujina olivat jokiosuus suhteessa karkotinlinjaan (alapuoli / yläpuoli), aika jonka verkko oli kyseisen päivän mittaan pyynnissä (tunteja), käytetyn verkon pituus kyseisenä päivänä (metrejä) sekä verkkoon jääneiden siikojen lukumäärä kyseisenä päivänä. Jotta kalastajasta tai pyyntipaikasta sekä päivämäärästä johtuva vaihtelu saatiin huomioitua, nämä lisättiin satunnaistekijöiksi. Vauriosiiikojen esiintymistodennäköisyyttä saaliissa selvitettiin samantyyppisellä binäärisellä mallilla (vauriosiiikoja havaittiin / ei havaittu) kuin edellä. Eroa oli ainoastaan selittävässä tekijöissä, jotka tässä tapauksessa olivat jokiosuus suhteessa karkotinlinjaan (alapuoli / yläpuoli), aika jonka verkko oli päivän mittaan pyynnissä (tunteja) sekä kyseisenä päivänä saatujen siikojen lukumäärä.

Kalastajien ilmoittamia hyljehavaintoja suhteessa pyyntipaikkaan sekä pyynnin määrään selvitettiin siten, että vastemuuttujana toimi pyynnin yhteydessä tehdyt hyljehavainnot (havaittu / ei havaittu). Malli oli kahden edellisen kaltainen ja selittävinä tekijöinä olivat jokiosuus suhteessa karkottimiin (alapuoli / yläpuoli) sekä se montako kertaa kalastaja oli kokenut verkon kyseisenä päivänä. Satunnaistekijöinä mallissa olivat kalastaja ja päivämäärä.

3. Tulokset

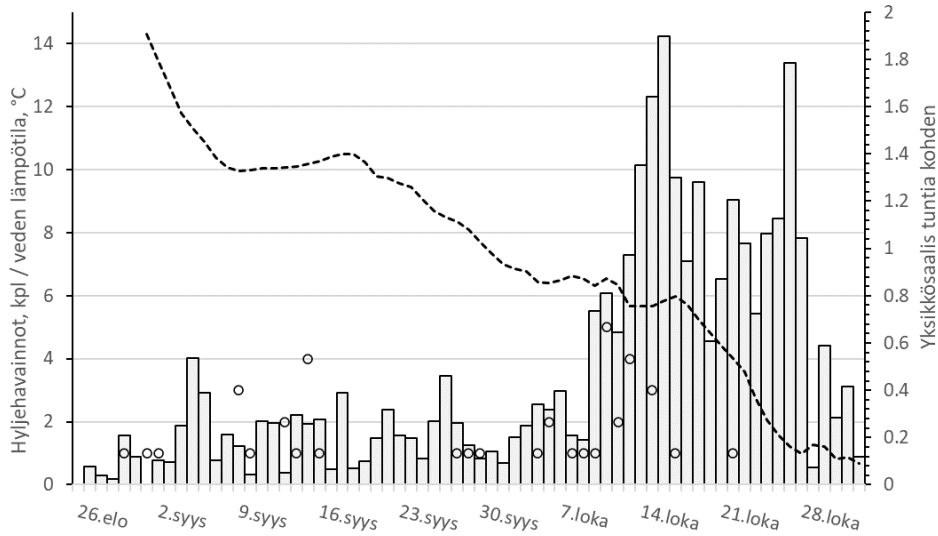
3.1. Kirjanpitokalastuksen saaliit

Pyyntiaika kokemiskerroittain vaihteli 1–24 tunnin välillä ja oli keskimäärin 8,1 tuntia. Yhteensä kalastustunteja aineistoon kertyi 6 191 ja kalastajittain ne vaihtelivat 840–1 551 tunnin välillä. Vastaavasti kokemiskertoja oli 66–262 kpl kalastajasta riippuen. Kirjanpitokalastajat saivat yhteensä 2 656 kpl siikoja. Näistä hylkeiden vaurioittamaksi kirjattiin 57 kpl. Yhteensä pyyntivälinemenetyksiä verkkopyynnissä aiheutui 35 verkkopyydyksen verran. Kirjanpitokalastajat havaitsivat hylkeitä huomattavasti vähemmän karkotinlinjan yläpuolella verrattuna alapuoleen. Lukuun ottamatta karkotinten asennuksen yhteydessä niiden yläpuolelle jäänyttä hallia, yläpuolella ei kirjanpitokalastuksen yhteydessä tehty yhtään tunnistettua hallihavaintoa karkotinten toiminnan aikana. Norppahavaintoja tehtiin karkotinlinjan yläpuolella yksi ja karkotinlinjan kohdalla viisi. Karkotinlinjan alapuolella tunnistettiin kaksi hallia ja yksi norppa sekä lisäksi tunnistamattomia havaintoja hylkeistä tehtiin 31 kpl. Pyyntiaikaan suhteutettuna hylkeiden aiheuttamia vaurioita oli karkottimien alapuolisella alueella 2,2 kertaa enemmän kuin karkotinten kohdalla tai niiden ylävirran puoleisella alueella (Taulukko 1). Osuuskunta Team Kalalta saatujen tietojen mukaan karkotinlinjan alapuolelta toimivilta kirjanpitokalastajilta saatiin syksyllä 2022 mätiä yhteensä 3,5 kg. Muilta karkotinlinjan alapuolella kalastaneilta mätiä ei saatu. Karkotinlinjan yläpuolisella alueella kalastajien toimittaman mädin mediaanimäärä oli 10,3 kg, mutta määrä vaihteli huomattavasti kalastajittain.

Taulukko 1. Kirjanpitokalastuksen tulokset, pyyntiaika, hyljevauriot, saaliit, todetut vaurioituneet siiat ja pyynnin aikaiset hyljehavainnot.

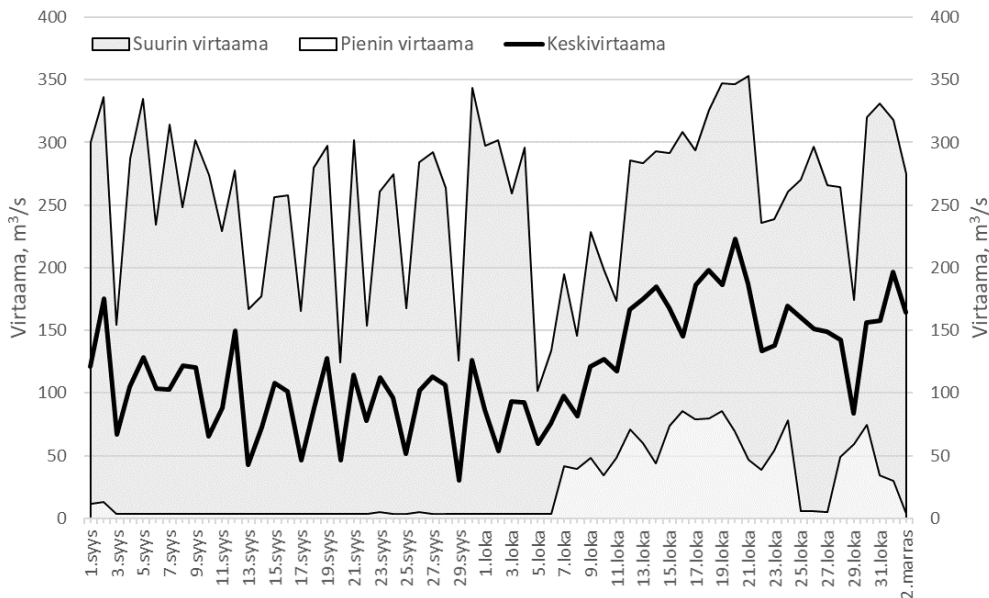
Yksikköluvut, tuntia kohden						
Sijainti suhteessa karkottimiin	Kalastajia	Pyyntiaika (tunnit)	Hylkeen tekemät reiät/pyyntitunti	Saalissiikojen määrä, kpl/pyyntitunti	Hylkeen vaurioittamat siiat /pyyntitunti	Hyljehavainnot /kokemiskerta
Alapuoli	2	1 848	0,056	0,238	0,010	0,11
Yläpuoli	3	4 331	0,006	0,512	0,011	0,05

Siikasaaliit syyskuussa olivat heikkoja ja tuntikohtainen saalis kasvoi vasta lokakuun toisella viikolla, kun kalojen nousu jokeen kiihtyi. Samaan aikaan siikasaaliiden kasvun kanssa ajoittui sekä veden viileneminen alle 6 °C lämpötilaan, että joen virtaaman kasvu (Kuva 8).



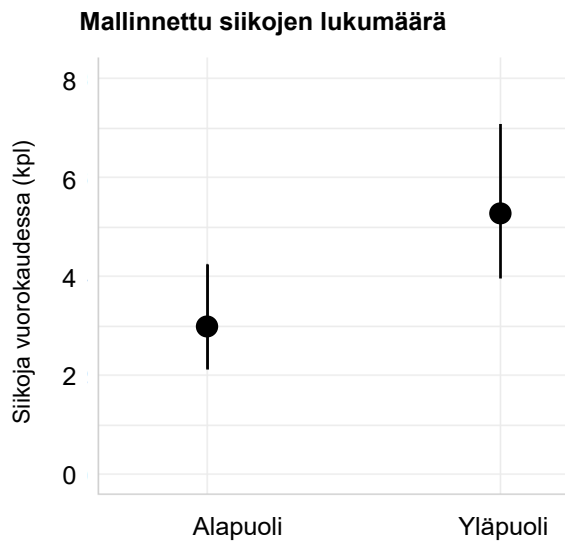
Kuva 8. Veden lämpötila (katkoviiva), kirjanpitokalastajien tekemät hyljehavainnot (pallot) sekä kirjanpitokalastajien yksikkösaalis syksyn aikana.

lijoessa virtaamavaihtelu on voimakasta (Kuva 7) ja kalastajien havaintojen perusteella se vaikuttaa merkittävästi siikojen liikehdintään ja pyyntitulokseen jokialueella. Ennen voimakkainta siannousua, lokakuun ensimmäiselle viikolle saakka, joen virtaama oli yöaikaan useasti erittäin heikkoa veden sääntelyn vuoksi. Heikolla virtaamalla siikojia ei juuri saada saaliiksi ja toisaalta heikon virtaaman jälkeen tapahtuva nopea virtaaman kasvu nostaa veteen runsaasti sedimentoitunutta aineista, joka likaa pyydykset (Kuva 9). Lijoen rakennetulle vedelle tyypilliset olosuhteet vaikuttavat huomattavasti siian nousuun ja myös sen pyydettyvyyteen joessa.



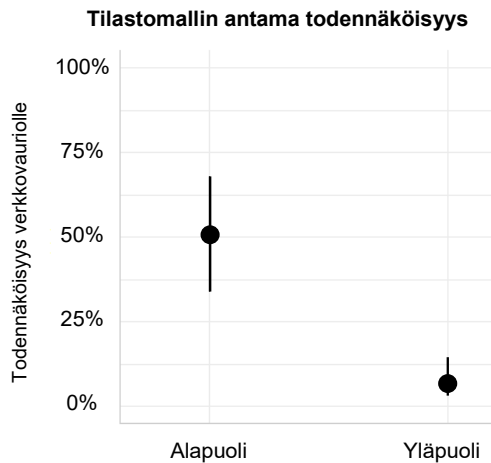
Kuva 9. Virtaamavaihtelu lijoen Raasakan voimalaitoksella tutkimusjaksolla. Aineisto PVO-Vesivoima Oy.

Tilastollisesti tarkastellen siikoja saatiin enemmän karkottimien ylä- kuin alapuolelta (estimaatti (β) \pm keskihajonta (SD): $0,5657 \pm 0,1127$; $z = 5,02$, $p < 0,001$) (Kuva 10). Pienehköt erot pyyntiajassa kunkin vuorokauden mittaan eivät vaikuttaneet siikasaaliiseen ($\beta \pm$ SD: $0,0120 \pm 0,0131$; $z = 0,913$, $p = 0,36$). Sen sijaan lyhyillä verkoilla saatiin merkitsevästi enemmän siikoja kuin pidemmillä ($\beta \pm$ SD: $-0,0345 \pm 0,0056$; $z = 6,17$, $p < 0,001$). Kolme kalastajaa käytti pelkästään yli 27 m mittaisia verkkoja ja kaksi alle 20 m pituudeltaan olevia verkkoja. Verkon pituus pyynnissä on sovitettu pyyntipaikan mukaan ja siten kertoo enemmänkin pyyntipaikan toimivuudesta kuin verkon pituuden merkityksestä.



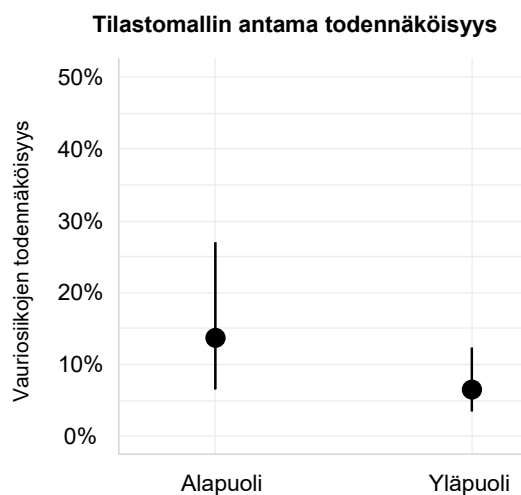
Kuva 10. Siikojen lukumäärä verkossa vuorokautta kohden karkotinlinjan ala- ja yläpuolella (mustat pallot). Kuva näyttää ennusteen, jossa on huomioitu kaikkien tilastomalliin sisällytettyjen tekijöiden vaikutus. Pystysuuntaiset viivat kuvaavat 95 % luottamusväliä.

Todennäköisyys kirjanpitokalastajien hylkeen tekemäksi arvioidulle verkkovauriolla vuorokauden aikana oli pienempi karkotinlinjan ylä- kuin alapuolella ($\beta \pm$ SD: $-2,703 \pm 0,520$; $z = -5,20$, $p < 0,001$) (Kuva 11). Todennäköisyys ei merkitsevästi riippunut verkon pituudesta ($\beta \pm$ SD: $-0,0296 \pm 0,0412$; $z = -0,715$, $p = 0,47$) eikä verkkoon jääneiden kalojen lukumäärästä ($\beta \pm$ SD: $-0,0131 \pm 0,0178$; $z = -0,734$, $p = 0,46$). Verkkovaurion todennäköisyys kasvoi sen myötä, kuinka pitkään verkot olivat vedessä vuorokauden aikana ($\beta \pm$ SD: $0,1237 \pm 0,0462$; $z = 2,68$, $p = 0,007$).



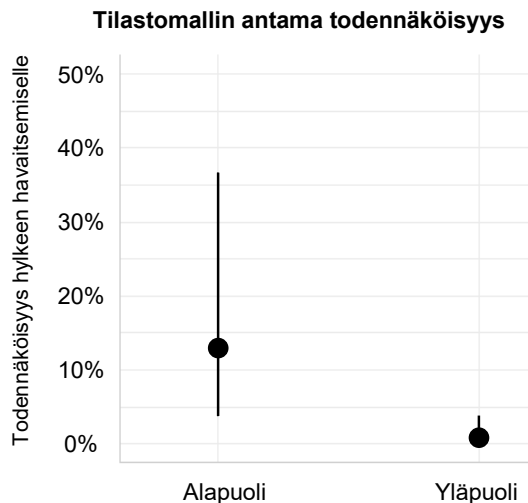
Kuva 11. Mallinnettu todennäköisyys sille, että verkkoon tuli hylkeen tekemiä vaurioita vuorokauden kuluessa oli merkitsevästi korkeampi karkotinlinjan ala- kuin yläpuolella. Mallin antamassa todennäköisyydessä verkkovaurioille on huomioitu muiden tekijöiden vaikutus tulokseen. Pystysuuntaiset viivat kertovat todennäköisyysarvioin 95 % luottamusvälin.

Todennäköisyyteen sille, että vuorokauden mittaan saatiin vaurioituneita siikoja, vaikutti kaikkien saatujen siikojen lukumäärä: mitä enemmän siikoja saatiin, sen todennäköisempää oli, että joku niistä on tullut hylkeen vaurioittamaksi ($\beta \pm \text{SD}$: $-0,0515 \pm 0,0148$; $z = 3,48$, $p < 0,001$). Vauriosiiikojen todennäköisyydellä oli taipumus olla pienempi karkotinlinjan ylä- kuin alapuolella ($\beta \pm \text{SD}$: $-0,837 \pm 0,427$; $z = -1,96$, $p = 0,050$) (Kuva 12). Erot pyyntiajassa per vuorokausi eivät merkitsevästi vaikuttaneet vauriosiiikojen esiintymiseen ($\beta \pm \text{SD}$: $-0,0188 \pm 0,0465$; $z = -0,404$, $p = 0,69$).



Kuva 12. Todennäköisyys karkotinlinjan ala- ja yläpuolella sille, että verkosta saatiin vuorokauden mittaan todennäköisesti hylkeen vaurioittamia siikoja. Todennäköisyydessä on huomioitu muiden tilastomalliin sisällytettyjen tekijöiden vaikutus. Pystysuuntaiset viivat osoittavat 95 % luottamusvälin.

Todennäköisyys sille, että kalastaja havaitsi hylkeen vuorokauden mittaan, oli merkitsevästi alhaisempi karkotinlinjan ylä- kuin alapuolella ($\beta \pm \text{SD}$: $-3,071 \pm 0,833$; $z = -3,69$, $p < 0,001$) (Kuva 13). Sen sijaan verkon kokemiskertojen lukumäärällä ei ollut merkitsevää vaikutusta ($\beta \pm \text{SD}$: $0,2582 \pm 0,2328$; $z = 1,11$, $p = 0,27$).



Kuva 13. Todennäköisyys sille, että kalastaja havaitsi hylkeen kalastusvuorokauden aikana karkotinlinjan ala- ja yläpuolella. Tilastomallin antamat todennäköisyysarviot ottavat huomioon kaikki malliin sisällytetyt tekijät. Pystysuuntaiset viivat kertovat 95 % luottamusväline todennäköisyysarvioille.

3.2. Ijoen saalissiikojen koko- ja ikä

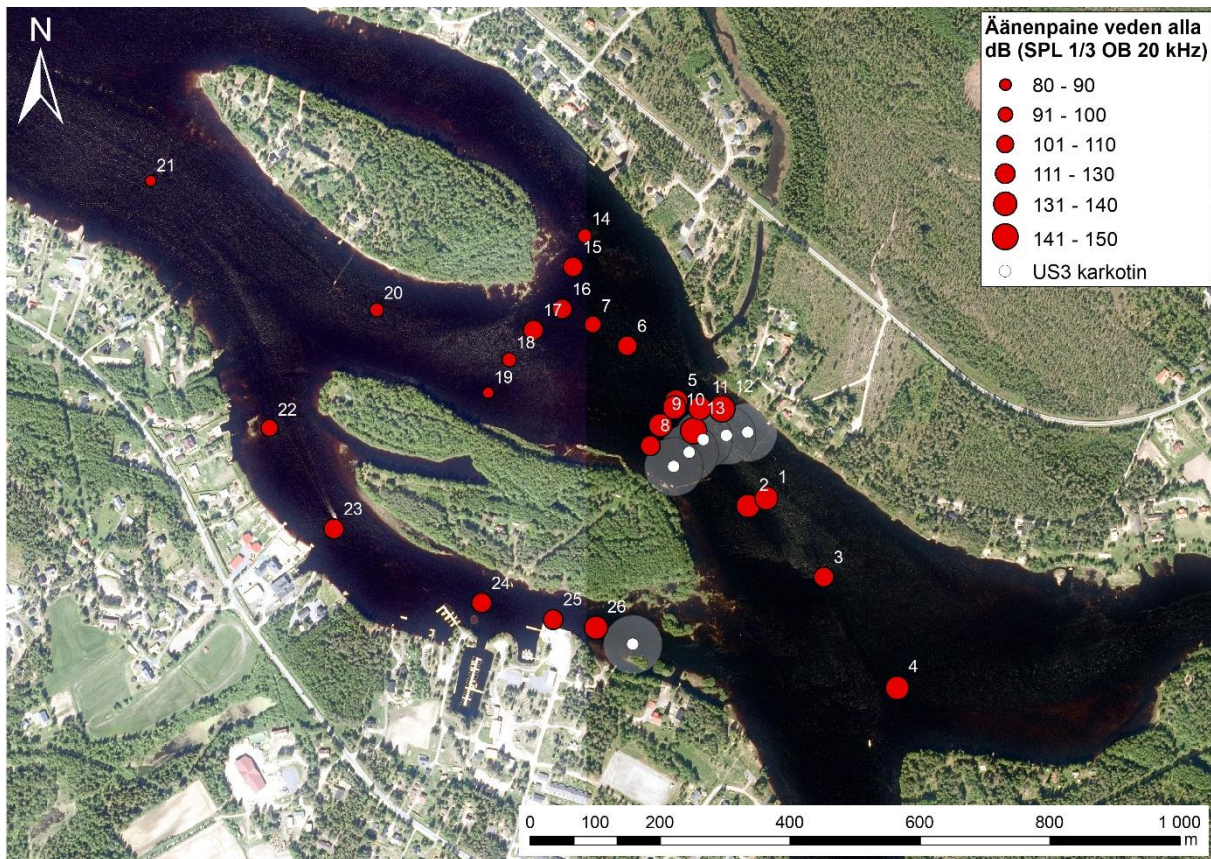
Syksyn 2022 emokalapyynnissä Luonnonvarakeskuksen saalisiinäytteessä naarassiikojen ($n=83$) keskipaino oli 623 g ja koirassiikojen 530 g ($n=124$). Naarassiikojen keskimääräinen ikä oli 4,9 vuotta ja koiraiden 5,4 vuotta. Vain 5 % näytekalosta on iältään seitsemän vuotta tai vanhempia, mikä ilmentää meressä ja joessa olevan voimakkaan kalastuspaineen vaikutusta kutukantaan.

3.3. Karkottimien ääni ja äänen kulkeutuminen vedessä

Äänimittauksissa karkottimien todettiin tuottavan ääntä 5–40 kHz taajuusalueella, mutta voimakkaimman äänisignaalin taajuus oli 8–20 kHz taajuusalueella. Laitteen valmistajan ilmoituksen mukaan laitteen äänitaajuusalue pitäisi olla 8–11 kHz välillä. Äänipulssit olivat lyhyitä ja niiden kesto sekä ajoitus vaihteli satunnaisesti. Mittaustallenteista laskettiin taajuuskaistakohtaiset äänenpainetasot. Jokivirran vaikutuksesta vedenalaiseen akustiikkaan hyljekarkoittimen käyttämillä taajuuksilla ei ole saatavilla tutkimustietoa. Pyörteilyn vaikutusta äänen etenemiseen meriympäristössä sen sijaan on tutkittu ja äänen on havaittu taittuvan sekä vaimenevan pyörteen vaikutuksesta (Frank ym. 2005).

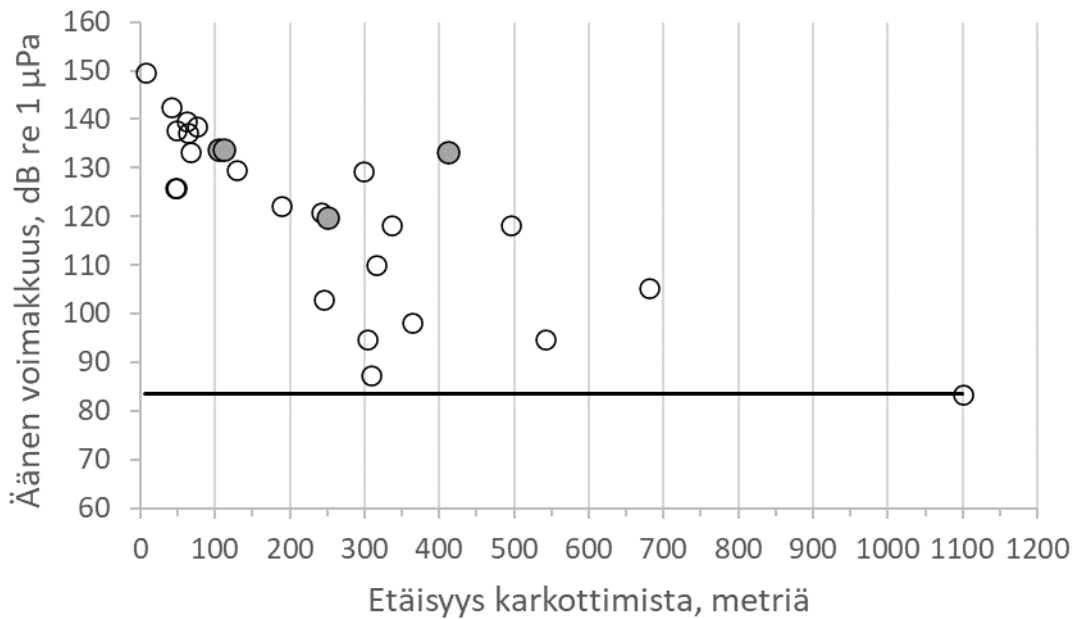
Äänenpainemittausten tulokset on esitetty kuvassa 13 SPL 1/3 OB 20 kHz taajuusalueella. Mittauspisteessä 14 mitattiin suurin painearvo, 150 dB SPL 1/3 OB 20kHz (dB re 1 μPa) tai 156 dB SPL broadband 5-50kHz (dB re 1 μPa). Hydrofonin etäisyys karkottimesta oli noin 7 metriä. Noin 50–60 metrin etäisyydellä karkottimista olivat mittauspisteet 5, 8, 9, 10, 11, 12

ja 26. Näissä pisteissä 1/3 OB 20 kHz -arvo oli 126–142 dB. Pisteiden neljä tulos 133 dB SPL 1/3 OB 20kHz (dB re 1 μ Pa) tai 146 dB SPL broadband 5-50kHz (dB re 1 μ Pa) on erityisen korkea. Piste on noin 500 metrin etäisyydellä viiden karkottimen rivistä. Pisteeseen voi kuitenkin kantautua karkottimen signaali sekä Ranta-Kestilän yksittäisestä karkottimesta että Simakan pohjoispuolen karkotinlinjalta. Vesi karkottimien ylävirran puolella on syvempää ja äänisignaalin esteenä ei ole vedenalaisia penkkoja. Simakan pohjoispuolen karkotinten alavirran puolelle sijoitetulla mittauslinjalla (pisteet 14–19) uoman reunoissa karkotinten äänisignaali oli erittäin heikko. Keskellä mittauslinjaa ääni oli vahva huolimatta veden voimakkaasta pyörteilystä. Mittauspisteissä 21 ja 22 karkotinsignaalia ei todettu äänimittauksissa, mutta pisteessä 22 todettiin mittauksessa jokin vieras äänilähde. Ranta-Kestilän uomassa tehdyissä mittauksissa (pisteet 23–26) karkotinsignaali voimistui karkotinta lähestyessä huomattavasti.



Kuva 14. Äänenpainetaso eri mittauskohdissa karkotinten lähialueella mitattuna kapeammalla kolmasosaoktaavikaistan 20 kHz äänenpainetasolla.

Vedenalaisten varoetäisyyksien osalta kirjallisuudessa esitetty (NURC 2006) 167 dB re 1 μ Pa äänenvoimakkuusraja ei ylittynyt mittausalueella, vaan huomattavasti sen alle jäätiin kaikissa mittauspisteissä. Karkottimien ääni vaimenee vedessä lähes lineaarisesti lukuun ottamatta joessa olevien luonnollisten esteiden aiheuttamaa vaihtelua (kuva 15). ASR-US3 laitteen suurin äänenpaine metrin päässä laitteesta on valmistajan mukaan 181 dB re 1 μ Pa @1m, mutta todellista enimmäisäänepainetta ei koehen yhteydessä mitattu laitteiden vierestä. Mikäli ihmisen kuuloraja veden alla on noin 85 dB re 1 μ Pa, karkottimien ääni oli mahdollisesti kuultavissa kaikissa mittauspisteissä lukuun ottamatta 1100 m etäisyydellä olevaa pistettä 21, jossa karkottimien ääni sekoittui muuhun joen ääneen.



Kuva 15. Äänen voimakkuus suhteessa etäisyyteen karkottimesta mitattuna laajakaistaisella SPL 1/3 OB 20 kHz äänenpainetasolla. Mittaushavaintojen perusteella alle 83 dB re 1 µPa äänenpaineessa (musta suora viiva) karkottimien ääni ei erottunut joen muista taustäänistä. Harmaat pallot kuvaavat karkottimista ylävirtaan olevia mittauspisteitä ja ympyrät alavirtaan olevia pisteitä.

Karkotinten ääni kuului pinnalle niiden kohdalla veneiltäessä, jolloin veneen veden alla oleva rungon osa toimii kaikupintana. Simakan pohjoispuolisen karkotinlinjan ääni oli kuultavissa myös rannalta joidenkin kymmenien metrien etäisyydelle, mikäli muita häiritseviä ääniä ei ollut. Ranta-Kestilän edustalla maista tehdyssä mittauksessa ei havaittu karkotimen äänisignaalia ja mittauksen perusteella voidaan todeta, että esimerkiksi lain (Valtioneuvoston päätös 993/1992) mukaisia melurajoja ilmassa karkottimilla ei tällä kohtaa ylitetty.

4. Karkotinkokeilun tulosten arviointi

4.1. Karkotinten vaikutus ja pyydysvauriot

Tulosten perusteella voidaan arvioida, että karkottimet vaikuttivat suotuisasti emokalapyynnin saalistasoon lijoessa. Karkotinlinjan yläpuolisella alueella hylkeiden aiheuttamat pyyntivauriot olivat vähäisempiä kuin alapuolisella alueella. Karkotinlinjan alapuolisille kalastajille luovutettiin hankkeen yhteydessä verkkoja käyttöön, koska oletettujen huomattavien pyydysvaurioiden vuoksi pyyntiä ei olisi todennäköisesti toteutettu ilman hankekäyttöön tarkoitettuja verkkoja. Pyynnin onnistuminen vaikuttaa myös hautomolle toimitetun mädin määrään.

Verkkovaurioiden todennäköisyys oli suurempi karkotinlinjan alapuolella kuin yläpuolella. Mitä pidempi kokemisväli verkoilla oli, sitä todennäköisemmin vaurioita verkoissa todettiin. Tyypillisesti verkkovauriot ovat suurehkoja reikiä verkoissa, pahimmillaan verkko on revennyt kokonaan. Hylkeiden ohella vaurioita siikaverkkoihin voivat aiheuttaa myös lohet, jotka rimpuillessaan repivät verkkoon reiän. Kokemisväli vaikuttaa vaurioitumisriskiin: pidempi pitoaika kerää pyydykseen mahdollisesti enemmän kalaa ja samalla myös hylkeen todennäköisyys käydä pyydyksellä kasvaa.

Verkkovauriot painottuvat selkeästi ajankohtaan, jolloin siikoja on joessa eniten ja myös saalista saadaan eniten. Osa siioissa havaituista vaurioista on mahdollisesti syntynyt jo merialueella tai jokisuussa siikojen lähestyessä jokea. Puremajälki ei välttämättä heikennä siian kuntoa välittömästi ja kalat nousevat padon alaosalle saakka. Saalissiikojen vauriot eivät siten suoraan ilmennä ainoastaan joessa tapahtuvaa hylkeiden saalistusta.

Aiempina vuosina halli- ja norppahavaintoja on säännönmukaisesti tehty siianpyyntien yhteydessä karkotinlinjan yläpuolisella alueella padolle saakka. Enimmillään hylkeitä on havaittu useita yksilöitä joen yläosalla. Suurin osa eläimistä jäänee kuitenkin jokisualueelle, mikä kasvattaa erityisesti joen alaosalla hylkeiden kalastukselle aiheuttamaa haittaa. Hallista tai halleista tehtiin syyskuussa havaintoja jokialueella kirjanpitopyynnin ulkopuolella syyskuun aikana, mutta selvää ei ole, oliko kyseessä sama yksilö, joka alkujaan jäi linjan yläpuolelle. Syyskuun lopussa karkotinlinjan yläpuolisessa pyynnissä ei ollut kahden viikon jaksolla vaurioita saalissiioissa tai pyydyksissä. Siikojen nousun kiihdyttyä lokakuussa verkkovaurioita karkotinten yläpuolelta kirjattiin kahtena päivänä, eli mikä vastaa noin 12 % pyyntipäivistä, jolloin nousu oli voimakasta ja karkottimet olivat käytössä. Karkotinlinjalla verkkovaurioita kirjattiin lokakuussa viitenä päivänä ja karkotinlinjan alapuolella 18 päivänä lokakuun 1. ja 23. päivän välillä.

Karkottimien poiston jälkeen 28.10.2022 karkotinlinjan yläpuoliselta kalastajalta hylje oli repinyt verkon ja siikoja ei tullut lainkaan saaliiksi. Edellisenä päivänä saaliiksi oli tullut 20 siikaa. Hieman myöhemmin 30.10. tehdyssä pyynnissä saaliiksi jäi 22 siikaa ja hylkeestä ei tehty havaintoa. Siiankalastuskausi oli tuolloin lopussa ja patopyyntejä purettiin pois, joten karkotinten poiston jälkeen hyljehavaintojen määrää ja merkitystä mädinhankintapyynnille varsinaisena siikojen kutuaikana ei aineiston perusteella voida arvioida.

4.2. Äänen kulkeutuminen ja vaikutusalue

Hylkeet voivat ohittaa toiminnassa olevan karkottimen, mikäli niillä on motivaatio – esimerkiksi saavuttaakseen ruokailualueen, mutta ovat todennäköisesti vähemmän valmiita ruokailemaan käytössä olevan karkottimen vaikutusalueella. Karkotinten pitkäaikaisen toiminnan kannalta oleellista on, että karkottimet tuottavat hylkeille epämukavan olotilan niiden läheisyydessä ja aiheuttavat pakoreaktion, mutta eivät vahingoita kuuloa tai eläinten hyvinvointia muulla tavoin.

Karkotinvaikutuksen luominen on siten tasapainoilua äänen voimakkuuden, että eläinsuojellisten näkökulmien ja karkotettavan eläimen kipuaistimuksen suhteen. Mikäli karkotinlaitte aiheuttaa eläimen kuulon heikkenemistä, sen vaikutus eläimiin todennäköisesti vähentyy ja on mahdollista, että kuuloltaan heikentyneet hylkeet entistä aktiivisemmin pyrkivät pyydyksille. Saatavilla olleiden vähäisten hylkeiden kuuloa käsittelevien tutkimusten perusteella esimerkiksi harmaahylkeen kuulokynnys on ASR-US3-karkottimien taajuusalueella noin 61–80 dB re 1 μ Pa (Ridgway & Joyce 1975). Norpalla tai harmaahylkeellä ei ole tiettävästi tehty kokeita, joissa olisi selvitetty, kuinka voimakas kuulokynnyksen ylittävä ääni muuttuu häiritseväksi. Jatkuva voimakas ääni voi vaikuttaa myös kuulokynnyksen tasoon ja nostaa kuulokynnystä tilapäisesti, esimerkiksi kirjohylkeellä äänen voimakkuus ja altistusaika mahdollisesti vaikuttaa kuulon heikkenemiseen muutamilla desibeleillä (Kastak ym. 2005, Kastak ym. 2008, Kastelein ym. 2015). Altistuminen voimakkaalle äänelle, joka vastaa karkottimen äänenpainetta laitteen lähellä alensi tilapäisesti kuulokynnystä yli 50 dB re 1 μ Pa 1 5,8 kHz taajuudella ja vielä yli kahden kuukauden kuluttua eläimen kuulo oli 7–10 dB heikompi kuin ennen altistumista (Kastak ym. 2008). Siten jossain elämänvaiheessa osittain kuuroutunut hylje ei välttämättä reagoi karkottimeen samalla tavoin kuin terveet hylkeet. Kuulon alentuminen voi olla tilapäisen kovalle äänelle altistumisen jälkeen myös tilapäistä, jolloin se palautuu takaisin lyhyehkössä ajassa (Kastelein ym. 2012). Merialueella voimakkaita ääniä tulee mm. vene- ja laivaliikenteestä, jossa esimerkiksi rahtilaivan äänenpaine voi olla 170 dB re 1 μ Pa ja pienen perämoottoriveneen vastaavasti 150–165 dB re 1 μ Pa (Barlett & Wilson 2002). Merialueella tehtävät paalutus- ja räjäytystyöt aiheuttavat äkillisiä voimakkaita ääniä. Myös erityisesti sotilaskäytössä olevat kaikuluo-taimet voivat lähettää voimakasta ääntä hylkeen kuuloalueella (Andersson & Johansson 2016).

Karkottimien ilmoitettu suurin äänenvoimakkuus on 181 dB re 1 μ Pa, mutta tutkimuksen yhteydessä lähimmiltä karkottimilta mitattiin enimmillään 155 dB re 1 μ Pa äänenvoimakkuus. Etäisyys mittauskohdasta pintaa pitkin karkottimeen oli noin 7 metriä. Äänen vaimentuminen vedessä vaikuttaa karkottimen toimintaetäisyyteen. Äänen kulkeutumiseen vedessä ja erityisesti jokiympäristössä vaikuttavat asennussyvyys, äänilähteen etäisyys pohjasta, pohjan rakenne ja muoto sekä virtaavasta vedestä tuleva muu taustaääni. Karkotinten asennuslinjalta ylävirtaan niiden ääni kulkeutui voimakkaana, koska pohjan syvyysprofiili karkottimien ja mitauspisteen välillä oli melko tasainen. Vastaavasti alavirran suuntaan, erityisesti Simakan pohjoispuolisella karkotinlinjalla syvemmän alueen jälkeen tuleva penkka ja koski vaimensivat äänen. Laitteiden toiminnan kannalta mahdollisimman vähäinen äänen vaimeneminen suhteessa etäisyyteen on tavoiteltavaa. Äänen kulkeutumisen varmistamiseksi karkottimet tulisi sijoittaa kohtaan, jossa vesialue on tasasyvyinen ja rakenteeltaan kanavamainen. Tällöin katvealueita ei pääse muodostumaan ja ääni voimistuu tasaisesti etäisyyden pienentyessä karkottimeen nähden. Joessa olevat syvyysvaihtelut, matalat kohdat ja penkat estävät äänen kulun. Simakan saaren pohjoispuolelle sijoitettujen karkottimien ääni rajoittui alavirran suuntaan huomattavasti lyhyemmälle etäisyydelle kuin yksittäisen Ranta-Kestilän edustalle sijoitetun

karkottimen ääni. Hylkeiden reaktiota äkillisesti voimistuvaan ääneen ei tunneta, ja karkottimien lähellä äkkiseltään kuuluva, kipukynnyksen ylittävä ääni voi johtaa myös eläimen paniikkireaktioon ja uimiseen esimerkiksi karkottimien yläpuoliselle alueelle kuulon vaurioitumisen ja heikkenemisen ohessa.

Laitteet asennettiin kokeessa pohjaan, mutta ne on mahdollista myös ripustaa esimerkiksi pohjaan ankkuroidun poijun varaan noin metrin syvyyteen tai käyttää esimerkiksi mobiilikarkottimia (Lehtonen ym. 2022). Tällöin joen ajoittain hyvin voimakas virtaus voi kuitenkin tuoda merkittäviä ongelmia laitteiden paikallaan pysymiselle ja toiminnalle. Kokeessa ei selvitetty äänen kantautumisen kannalta optimaalista asennustapaa, ja mikäli karkottimia jatkossa käytetään, tähän tulisi kiinnittää erityistä huomiota sekä todennäköisen vaikutusetäisyyden että asennuksen vaatiman työmäärän suhteen.

Jokien alaosat ovat usein tiheästi asuttuja ja rakennettuja alueita. Niihin kohdentuu myös huomattava käyttöpaine vapaa-ajan toimintojen, kuten veneilyn, kalastuksen tai rannoilla tapahtuvien aktiviteettien osalta. Karkottimien ääni on ihmisen kuultavissa sekä joessa että joidenkin kymmenien metrien etäisyydellä rannalla, mikäli rantapenkki ei muodosta estettä äänen kulkeutumiselle. Sijoiuspaikan valinnassa huomioitavia tekijöitä ovat esimerkiksi lemmikkieläimille, kuten koirille karkottimien äänestä aiheutuvat mahdolliset haitat. Koirien ja kissojen kuuloalue kattaa karkottimen tuottaman äänen taajuusalueen, mutta tutkimustietoa koirille tai muille lemmikkieläimille aiheutuvista vaikutuksista ei ole. Samoin karkottimien vaikutus luonnonvaraisiin nisäkäslajeihin, kuten esimerkiksi saukkoon on epäselvä. Iijoen kokeilun perusteella karkottimen ääni ei kuulu ranta-alueella etäälle, ja laitteilla ei todettu haittavaikutuksia. Sijoiuspaikan valinnalla voidaan vaikuttaa karkottimien aiheuttamiin mahdollisiin haittoihin.

On myös mahdollista, että karkotin aiheuttaa ihmiselle epämiellyttäviä tuntemuksia, vaikka ihminen ei tunnustettavasti havaitse karkottimien tuottamia korkeampia äänitaajuuksia tai koe suoraan häiritseväksi niiden tuottamaa ääntä. Tutkimustiedon puutteen vuoksi karkottimia ei tulisi sijoittaa asutuksen tai vapaa-ajan aktiviteettien välittömään läheisyyteen ja rajana olisi hyvä pitää noin 50 m etäisyyttä asutuksesta. Tilapäinen oleskelu, esimerkiksi veneily karkottimien vaikutusalueella ei liene haitallista. Uiminen, erityisesti sukeltaminen karkotinten lähetyvillä sisältää riskin kuulovauriosta. Kokeessa karkotinten alue oli merkitty varoituskyteillä, joissa suojaetäisyydeksi esitettiin 150 m karkottimesta. Ihmiselle kuulovaurion aiheuttavan äänen voimakkuudeksi on esitetty 120 dB re 20 μ Pa SPL (CDC 2023), jolloin ääniaistimus aiheuttaa kipua ja vahinkoa välittömästi. Veden alla tämä vastaa äänenpainetta 182 dB re 1 μ Pa, mikä on lähellä valmistajan ilmoittamaa ASR-US3 karkottimen enimmäisäänepainetta. Hydrofonilla tehtyjen äänimittausten perusteella vedenlaisen äänen raja-arvot (NURC 2006) eivät ylittyneet edes laitteita lähimpänä olevassa mittauspisteessä. Tutkimustieto vaaraa aiheuttavasta äänestä on kuitenkin epävarmaa ja varovaisuusperiaatteen vuoksi sukeltamista laitteiden läheisyydessä ja niiden vaikutusalueella (50 m säde) ei suositella. Äänen kulkeutumiseen vaikuttaa myös rannan rakenne merkittävässä määrin. Esimerkiksi Simakan eteläpuolisella alueella joen pohjan rakenne rajoitti äänen kulkeutumista varsinaisen uoman ulkopuolelle. Ilman kautta kantautuva ääni on huomattavasti vaimeampi, ja mittausten perusteella sen ei voida katsoa aiheuttavan ihmiselle kuulovaurion riskiä karkottimien lähialueella.

4.3. Kustannukset ja kannattavuus

ASR-US3 karkotinten hinta oli vuoden 2022 kustannustasolla noin 18 000 euroa kappale. Hanketta varten laitteet vuokrattiin valmistajalta kustannusten pienentämiseksi. Vuokrauskustannus hankkeelle oli 3 kk jaksolta oli noin 3 000 euroa karkotinlaitteelta. Hintatasoon vaikuttaa laitteiden vaatimien kaapelien pituus. Laitteiden rakenne on varsin kestävä ja pidemmän aikavälin käyttöä varten niiden hankinta saattaa olla vuokrausta kannattavampaa. Vuokrauksen etuna on se, että valmistaja tarkistaa ja huoltaa laitteet vuosittain sekä vastaa niiden toimivuudesta. Käyttökustannuksiin tulee huomioida laitteiden asennukseen vaadittavat tarvikkeet sekä käytön aikaiseen ylläpitoon liittyvä työaika- ja tarve. Karkotinkokeilussa laitteet toimivat varsin luotettavasti ja käyttökatkoksia ei tullut. Syksyn 2022 kokeilun perusteella laitteet toimivat hyvin ja niillä saatiin haluttu vaikutus. Pitkän aikavälin toimivuudesta ei kuitenkaan ole vielä kokemuksia. On mahdollista, että eläimet tottuvat ääneen tai oppivat välttämään ääntä. Lisäkokemuksia pidemmän aikavälin toiminnasta tarvittaisiin, jotta karkotinten kannattavuus pystyttäisiin arvioimaan tarkemmin.

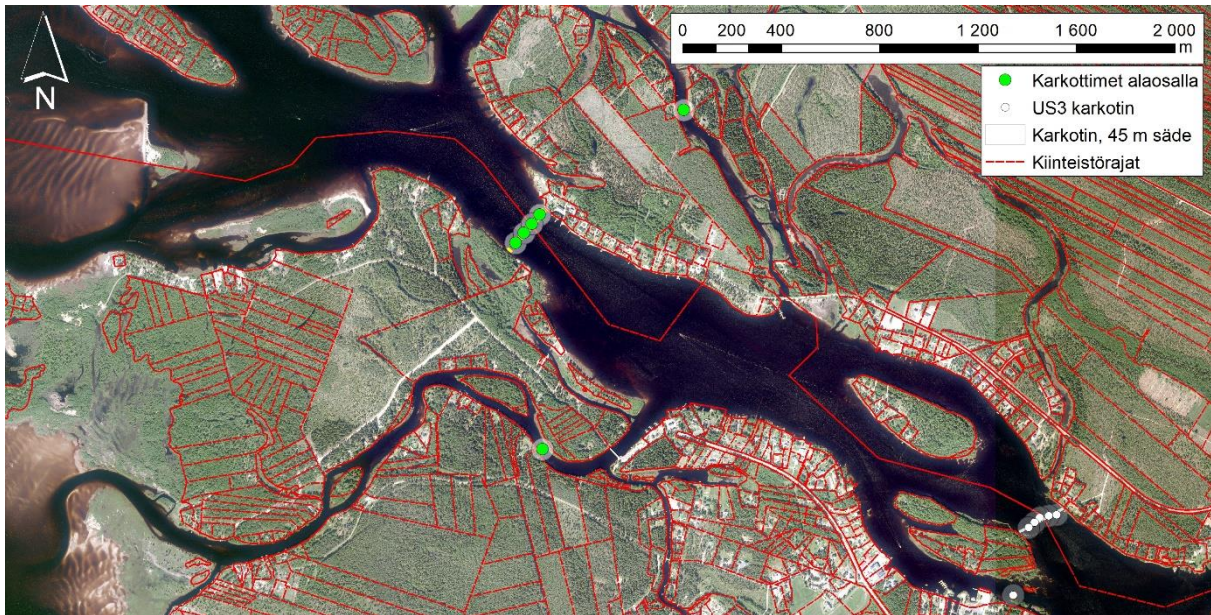
Karkotinten asennus pohjaan edellyttää joen virtaaman mukaan sovitettua painotusta ja tarkkaa, pohjakartoituksella saatavaa tietoa soveltuvasta asennuskohdasta. Hankkeessa laitteiden asennuksen suoritti sukeltaja erityiseltä lautalta, mutta tasaiselle pohjalle tehtävissä asennuksissa riittänee pohjan kartoitus ja painotuksen mukainen vene laitteiden asennukseen. Karkotimien määrän mitoitus kullekin alueelle vaikuttaa kokonaiskustannuksiin. Kokeilussa Simakan saaren pohjoispuolisella alueella karkotinten määrä oli mitoitettu siten, että katvealueita laitteiden tai rannan väliin ei pääse muodostumaan ylivirtaamatilanteessakaan.

Siiankalastuksella lijoessa on sekä sosiaalista että taloudellista arvoa. Hautomolle toimitettavat emokalat ja mäti on vain osa joesta kokonaisuudessaan pyydetyistä kutukaloista ja niiden tuottamasta mädistä. Kalastajilta saatujen tietojen mukaan myyntiin päätyneistä siiosta maksettiin noin 4 euroa kilolta syyskaudella 2022. Mädin arvo on tätä huomattavasti korkeampi. Poikkeusluvalla tapahtuva siian pyynti lijoella alkaa jo elo-syyskuussa ja on tuottavimmillaan lokakuun alussa. Emokaloja ja mätiä voidaan pyytää vasta lähempänä kutua, jotta ne säilyvät hyväkuntoisena lypsyy ja hedelmöitykseen saakka. Hylkeiden karkottaminen joesta syyskaudella vaikuttaa siten pyynnin onnistumiseen sekä taloudellisesti että mädinhankinnan kannalta. Suhteessa karkotinten hankinta- ja asennuskustannuksiin suorat taloudelliset pyydysvahingot ovat vähäisiä. Yhden pyynnissä käytettävän 30 m pituisen valmisverkon kustannus on noin 40 euroa kalastajalle. Kirjanpitokalastajilla oli käytössä erikseen käyttöön valmistettuja tai puolitettyjä verkkoja patorakennelmien yhteydessä, joten kirjanpitopyynnissä tuhoutuneiden verkkojen kokonaisarvo on karkeasti arvioiden noin 700 euroa. Epäsuorat vahingot muodostuvat pääasiassa mädinhankinnan epäonnistumisesta, mikäli hylkeitä joessa havaitaan säännöllisesti sekä pyytämättä jääneiden siikojen kotitarve- ja taloudellisesta arvosta. Hylkeiden vaurioittamien siikojen osuus oli 2,2 % koko kirjanpitosaaliista, mikä on huomattavasti vähemmän kuin mitä esimerkiksi merialueella kaupalliset pyytäjät raportoivat poisheittoilmoitusten yhteydessä (Salmi ym. 2022, 2023). Saaliista todettujen vahingoittuneiden kalojen lisäksi todennäköisesti huomattava osa siiosta jää hylkeen ravinnoksi siten, että verkkoon ei jää jälkeä syödystä kalasta (Königsson ym. 2007, 2009). Jokialueen pyynnin taloudellisen arvon arvioiminen on hankalaa, koska pyyntiä ja saaliita ei tilastoida kattavasti. Kirjanpitokalastuksen saaliiden sekä hautomolle toimitetun mätimäärän perusteella paikallisen pyynnin arvo on kuitenkin huomattava.

Siiassa oleva mätimäärä riippuu kalan koosta, suurempikokoisissa naaraissa mätiä on enemmän ja mätijyvät ovat kooltaan suurempia. Lijoen siikojen mätimunien määrä yksilöittäin ei ole tiettävästi laskettu, mutta laajemmin sioista kerättyjen näytteiden perusteella (Lehtonen 1981) mätimäärä keskipainon mukaisessa naarassiiassa on keskimäärin noin 16 000 mätimunaa (vaihtelu 11 000–21 000 kpl). Yhteen litraan mätimunia mahtuu noin 47 000–56 000 kpl, keskimäärin 52 000 kpl (Heinimaa ym. 2004). Tällöin syksyn 2022 mätimäärää (400 l) varten voidaan arvioida pyydetyksi noin 1 850 naarassiikaa. Luonnonvarakeskuksen siikanäytteessä naaraiden ja koiraiden suhde oli 2/3. Kalojen keskipainon perusteella laskettuna mädinhankintaa varten pyydystettyjen naarassiikojen kokonaispaino olisi siten karkeasti arvioituna noin 1 150 kg. Vastaavasti emokalapyynnin yhteydessä saatavien koirassiikojen paino olisi yhteensä noin 1 470 kg. Alueen toimijoiden arvioima lijoen siikasaaliin kokonaismäärä on kalastuskyselyiden perusteella noin 10 tonnia (lipoen kalatalousalue 2021), mikä esimerkiksi 4 euron kilohinnalla vastaisi 40 tuhatta euroa pyynnin vuotuisena arvona. On huomattava, että lisäksi sioista saatavan mädin arvo on myös korkea. Suurin osa joesta pyydetyistä sioista päätyy kotitarvekäyttöön tai myyntiin. Kalastuskyselyn saalisarvioon liittyy epävarmuutta ilmoitusten kattavuuden osalta. Joessa tapahtuva voimakas siianpyynti voi vaikuttaa myös luonnontuotannon onnistumiseen, koska se vähentää huomattavasti emokalojen määrää. Lijoessa siian luonnontuotantoa on todettu erittäin vähäisissä määrin poikashavaintojen perusteella (Jokikokko & Veneranta 2022; Luke, julkaisematon aineisto).

4.4. Suositus laitteiden sijoittamisesta lijokeen

Tutkimuksessa valittiin sijoitusalue siten, että kirjanpitokalastuksella saatiin kerättyä aineistoa karkottimien ala- ja yläpuoliselta alueelta niiden vaikutuksen arvioimiseksi. Kalastuksen järjestämisen kannalta sijoituspaikka ei ollut paras mahdollinen, koska osa lipoella vuokrattavista kalastuspalstoista jäi karkottimien vaikutusalueen ulkopuolelle. Mikäli karkottimia lipoessa jatkossa käytetään, ne tulisi sijoittaa alavirran alueelle, esimerkiksi Karhusaaren ja Finninkarin välille, joka saadaan katettua neljällä karkottimella. Näiden saarten ohitse tulevat sivu-uomat tulisi myös kattaa karkottimilla, jotta hylkeiden liikkuminen niiden kautta estyy. Varmuutta hylkeiden liikehdinnästä sivu-uomien kautta ei ole. Yhteensä tarve on siten kuusi karkotintaitetta, joilla jokialue saadaan kokonaisuudessaan katettua (Kuva 16). Tällöin pääuoma tulisi kokonaisuudessaan katettua voimakkaalla äänivaikutuksella. Edellytyksenä laitteiden sijoitukselle lähi-alueen maanomistajilta saatava suostumus sekä laitteiden vaatiman sähkön järjestäminen.



Kuva 16. Karkotinten suositeltu sijoitusalue lijoen alueella, vihreät pallot kuvaavat karkottimien mahdollista sijoituskohtaa.

4.5. Johtopäätökset

Karkottimien koekäyttötutkimuksessa lijoella todettiin, että siikoja saatiin merkitsevästi enemmän karkotinlinjan ylä- kuin alapuolelta. Yläpuolisella alueella tehtiin myös selvästi vähemmän havaintoja hylkeiden tekemistä verkkovaurioista sekä hylkeistä. Myös hylkeen vaurioittamia siikoja havaittiin vähemmän yläpuolella. Vauriosiiokojen suhteen selvemmän eron puuttumista voi selittää se, että yläpuolella saatiin ylipäätään enemmän siikoja eli myös vaurioitumismahdollisuuksia oli enemmän. Voidaan siis todeta, että kokeilun perusteella karkotinlinja toimi hyvin ja karkottimet ovat lupaava menetelmä myös jokiolosuhteissa hylkeiden kalastukselle aiheuttamien haittojen torjumiseen.

Karkottimien hankinta- tai vuokraushinta on varsin korkea ja niiden ylläpito vaatii työtä ja infrastruktuuria esimerkiksi kiinnityksen ja sähköistämisen toteuttamiseksi. Tarvitaan siis tapauskohtaisia arviointeja karkottimien hyötyjen ja kustannusten välisestä suhteesta. On huomattava, että siikakannalla ja sen lisääntymiskierrolla itsessään on merkittävä arvo. Rakennetuissa joissa luonnonlisääntymiselle on usein heikot edellytykset, ja istutuskierron ylläpito edellyttää toimivaa emokalapyyntiä. Hyljevaurioiden määrän vähentyminen vaikuttaa suoraan Ranta-Kestilän hautomolle saadun mädin määrään ja siten myös poikasistutusmääriin.

lijoen karkotinkokeilu toteutettiin vain yhtenä syksynä. Tulokset on syytä varmistaa toistamalla kokeilu useampana syksynä. Toistaiseksi on epäselvää, kuinka hyvänä karkottimien vaikutus säilyy, jos niitä käytetään samalla alueella useampana perättäisenä vuotena. On teoriassa mahdollista, että samat hylkeet nousevat lijokeen peräkkäisinä vuosina ja ajan mittaan oppivat ohittamaan karkottimia tai että karkottimien suojaamalle alueelle kerääntyy hyljeyksiöitä, jotka heikon kuulon vuoksi reagoivat heikosti ääniin. Sellaisten yksilöiden voi odottaa saavan paikallista kilpailuetua verrattuna yksilöihin, joihin karkottimet vaikuttavat normaalisti. Karkottimien käytön yhteyteen tulisi saada mahdollisuus hakea Riistakeskukselta poikkeuslupaa ja poistaa karkottimien ohi uineet hallit tai norpat joesta pyydystämällä esimerkiksi

hyljeverkolla ja lopettamalla eläin pyynnin jälkeen. Skotlannissa tehdyn selvityksen perusteella vain osa halleista käyttää jokialuetta säännönmukaisesti ravinnonhankinnassa (Graham ym. 2011), ja tällöin karkottimien käyttö sekä yksittäisten haittayksilöiden poisto todennäköisesti suojaisi pyyntiä joessa merkittävässä määrin. Joessa liikkuva yksittäinen eläin pystyy aiheuttamaan pyyntihaittaa usealle kalastajalle.

Mikäli karkottimia jatkossa käytetään siiankalastuksen ja mädinhankinnan suojaamisessa, niiden käyttöä ja vaikutuksia olisi syytä tilastoida, jotta voidaan arvioida pidemmän aikavälin vaikutuksia. Mikäli karkottimet joessa osoittautuvat toimivaksi myös pidemmällä aikavälillä, niiden käyttöä kannattaa laajentaa myös muihin jokiin, missä hyljevauriot aiheuttavat ongelmia emokalapyynnille tai muulle tärkeälle kalastukselle.

5. Kiitokset

Hanke toteutettiin yhteistyössä Osuuskunta Team Kalan kanssa. Erityiskiitos Risto Toloselle lijoen toiminnan koordinoinnista sekä Henri Kyllille hankkeessa avustamisesta. Kirjanpitokallastajat Teuvo Aalto, Timo Hand, Oiva Kallunki, Risto Kuninkaanniemi, Raimo Suutari sekä Markku Veijola mahdollistivat karkotinten vaikutuksen arvioinnin. PVO-Vesivoima Oy:lta saatiin ennakkotiedot virtaamasta sekä työssä tarvittuja aineistoja. TR Marine Oy vastasi ansiokkaasti karkotinyksiköiden asentamisesta joen pohjaan sekä työn onnistumisen varmentamisesta. Luken työntekijät Roope Lehmonen, Hannu Harjunpää, Mikko Jaukkuri sekä Riina Huusko osallistuivat karkottimien asennukseen ja ylläpitoon. Hanke on Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama.

6. Viitteet

- Amoser, S. & Ladich, F. 2005. Are hearing sensitivities of freshwater fish adapted to the ambient noise in their habitats? *Journal of Experimental Biology* 208: 3533–3542.
- Anderson, S.S. & Hawkins, A.D. 1978. Scaring seals by sound. *Mammal Review* 8: 19–24.
- Andersson, M.H. & Johansson, T. 2016. Assessment of Marine Mammal Impact Zones for Use of Military Sonar in the Baltic Sea. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 875: 37–45.
- Anon 2018. Ilojen alaosan kalatalouden käyttö- ja hoitosuunnitelma. Pohjois-lin jakokunta Etelä-lin jakokunta 2018.
- Asselin, S., Hammill, M.O. & Barrette, C. 1993. Underwater vocalizations of ice breeding grey seals. *Canadian Journal of Zoology* 71: 2211–2219.
- Barber, A.L., Wilkinson, A., Montealegre-Z.F., Ratcliffe, V.F., Guo, K. & Mills, D.S. 2020. A comparison of hearing and auditory functioning between dogs and humans. *Comparative Cognition & Behavior Reviews* 15: 45–94.
- Barlett, M.L. & Wilson, G.R. 2002. Characteristics of small boat signatures. *The Journal of the Acoustic Society of America* 112: 2221.
- Brandt, M.J., Höschle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R. & Nehls, G. 2013. Seal scarers as a tool to deter harbour porpoises from offshore construction sites. *Marine Ecology Progress Series* 475: 291–302.
- Dooling, R.J. 1992. Hearing in birds. In: Webster, D.B., Fay, R.F. & Popper, A.N. (eds.). *The evolutionary biology of hearing*. pp. 545–559.
- Fjälling, A., Wahlberg, M. & Westerberg, H. 2006. Acoustic harassment devices reduce seal interaction in the Baltic salmon-trap, net fishery. *ICES Journal of Marine Science* 63: 1751–1758.
- Fothergill, D.M., Schwaller, D., Forsythe, S.E. & Cudahy, E.A. 2002. Recreational diver responses to 600-2500 Hz waterborne sound. Naval Submarine Medical Research Laboratory.
- Frank, S.D., Badiy, M., Lynch, J.F. & Siegmann, W.L. 2005. Experimental evidence of three-dimensional acoustic propagation caused by nonlinear internal waves. *The Journal of the Acoustical Society of America* 118: 723–734.
- Gerstein, E.R. 2002. Manatees, bioacoustics and boats. *American Scientist* 90: 154–160.
- Gordon, J., Blight, C., Bryant, E. & Thompson, D. 2015. Tests of acoustic signals for aversive sound mitigation with harbour seals. Sea Mammal Research Unit, University of St Andrews, Report to Scottish Government, no. MR 8.1. St Andrews, UK. 35 p.
- Graham, I.M., Harris, R.N., Denny, B., Fowden, D. & Pullan, D. 2009. Testing the effectiveness of an acoustic deterrent device for excluding seals from Atlantic salmon rivers in Scotland. *ICES Journal of Marine Science*, 66, 860–864.

- Graham, I.M., Harris, R.N., Matejusová, I. & Middlemas, S.J. 2011. Do 'rogue' seals exist? Implications for seal conservation in the UK. *Animal Conservation* 14: 587–598.
- Götz, T. & Janik, V.M. 2010. Aversiveness of sounds in phocid seals: psycho-physiological factors, learning processes and motivation. *Journal of Experimental Biology* 213: 1536–1548.
- Harris, R.N., Harris, C.M., Duck, C.D. & Boyd, I.L. 2014. The effectiveness of a seal scarer at a wild salmon net fishery. *ICES Journal of Marine Science* 71: 1913–1920.
- Hastie, G.D., Russell, D.J., McConnell, B., Moss, S., Thompson, D. & Janik, V.M. 2015. Sound exposure in harbour seals during the installation of an offshore wind farm: predictions of auditory damage. *Journal of Applied Ecology* 52: 631–640.
- Hawkins, A.D. & Johnstone, A.D.F. 1978. The hearing of the Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology* 13: 655–673.
- Heffner, R.S. & Heffner, H.E. 1985. Hearing range of the domestic cat. *Hearing Research* 19: 85–88.
- Heffner, H.E. & Heffner, R.S. 2007. Hearing ranges of laboratory animals. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 46: 20–22.
- HELCOM 2023. Population trends and abundance of seals. HELCOM core indicator report. Online. [16.8.2023]. [https://indicators.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/04/Population-trends-and-abundance-of-seals_Grey-seals_Final_April_2023-1.pdf]. ISSN 2343-2543
- Heinimaa, S., Eskelinen, P., Eskelinen, U., Makkonen, J., Pasanen, P., Piironen, J. & Vielma, J. 2004. Märintuotantoon vaikuttavat tekijät. Kala- ja Riistaraportteja nro 322. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki 2004.
- Helle, E. & Stenman, O. (toim.) 1990. Itämeren hyljekannat 1986–1990. Maailman luonnon säätiö, Suomen rahasto.
- Hårding, K.C. & Härkönen, T. 1999. Developments of the Baltic grey seal (*Halichoerus grypus*) and ringed seal (*Phoca hispida*) populations during the 20th century. *Ambio* 28: 619–627.
- ICES 2022. Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME). Report Number 4:61.
- Ijoen kalatalousalue 2021. Ijoen kalatalousalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma vuosille 2022–2031. Osa 1. Perustiedot, kala- ja rapukannat sekä kalastus. Eurofins Ahma Oy. Projekti 90935, 23.9.2021.
- Jacobs, S.R. & Terhune, J. 2002. The effectiveness of acoustic harassment devices in the Bay of Fundy, Canada: seal reactions and a noise exposure model. *Aquatic Mammals* 28: 147–158.
- Jefferson T.A. & Curry B.E. 1996. Acoustic methods of reducing or eliminating marine mammal-fishery interactions: do they work? *Ocean and Coastal Management* 31: 41–70.

- Kauppinen, T., Siira, A. & Suuronen, P. 2005. Temporal and regional patterns in seal-induced catch and gear damage in the coastal trap-net fishery in the northern Baltic Sea: effect of netting material on damages. *Fisheries Research* 73: 99–109.
- Kastelein, R.A., Hoek, L., Wensveen, P.J., Terhune, J.M. & de Jong, C.A. 2010. The effect of signal duration on the underwater hearing thresholds of two harbor seals (*Phoca vitulina*) for single tonal signals between 0.2 and 40 kHz. *The Journal of the Acoustical Society of America* 127: 1135–1145.
- Kastelein, R.A., van Der Heul, S., Verboom, W.C., Jennings, N., van Der Veen, J. & de Haan, D. 2008. Startle response of captive North Sea fish species to underwater tones between 0.1 and 64 kHz. *Marine Environmental Research* 65: 369–377.
- Kastelein, R.A., Wensveen, P., Hoek, L., & Terhune, J.M. 2009. Underwater hearing sensitivity of harbor seals (*Phoca vitulina*) for narrow noise bands between 0.2 and 80 kHz. *The Journal of the Acoustical Society of America* 126: 476–483.
- Kastelein, R.A., Gransier, R., Hoek, L. & Olthuis, J. 2012. Temporary threshold shifts and recovery in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after octave-band noise at 4kHz. *Journal of the Acoustical Society of America* 132: 3525–3537.
- Königson, S., Fjälling, A. & Lunneryd, S.G. 2007. Grey seal induced catch losses in the herring gillnet fisheries in the northern Baltic. *NAMMCO Scientific Publications* 6: 203–213.
- Königson, S., Stridh, S.G.L.H. & Sundqvist, F. 2009. Grey seal predation in cod gillnet fisheries in the central Baltic Sea. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 42: 41–47.
- Larsen, O.N., Wahlberg, M. & Christensen-Dalsgaard, J. 2020. Amphibious hearing in a diving bird, the great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*). *Journal of Experimental Biology* 223: 217–265.
- Larsson, S., Byström, P., Berglund, J., Carlsson, U., Veneranta, L., Larsson, S.H. & Hudd, R. 2013. Characteristics of anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) rivers in the Gulf of Bothnia. *Advances in Limnology* 64: 189–201.
- Lehtonen, E., Lehmonen, R., Kostensalo, J., Kurkilahti, M. & Suuronen, P. 2022. Feasibility and effectiveness of seal deterrents in coastal trap-net fishing – development of a novel portable deterrent. *Fisheries Research* 252: 106328.
- Lehtonen, E., Lehmonen, R. & Suuronen, P. 2023. Potential of creating seal-free fishing areas with seal deterrents. *Fisheries Research* 264: 106736.
- Lehtonen, E. & Suuronen, P. 2004. Mitigation of seal-damages in salmon and whitefish trap-net fishery by modification of the fish bag. *ICES Journal of Marine Science* 61: 1195–1200.
- Lehtonen, E. & Suuronen, P. 2010. Live-capture of grey seals in a modified salmon trap. *Fisheries Research* 102: 214–216.
- Luonnonvarakeskus 2021. Merihyljekantojen 2021 tulokset. [<https://www.luke.fi/fi/seuranat/merihyljelaskennat-ja-hyljekannan-rakenteen-seuranta/merihyljekantojen-2021-tulokset>] Katsottu 23.3.2023.

- Luonnonvarakeskus 2022. Harmaaahyljekanta 2022. [<https://www.luke.fi/fi/seurannat/merihyljelaskennat-ja-hyljekannan-rakenteen-seuranta/harmaaahyljekanta-2022>] Katsottu 23.3.2023.
- National Research Council 1994. Low-frequency sound and marine mammals: current knowledge and research needs. Committee on Low-Frequency Sound and Marine Mammals, National Research Council. ISBN 0-309-56703-3. 92 p.
- NURC 2006. NATO Undersea Research Centre Human Diver and Marine Mammal Risk Mitigation Rules and Procedures. Marine Mammal Risk Mitigation Project. September 2006. NURC Special Publication, NURC-SP-2006-008, 30 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12489/612>
- Mann, D.A., Cott, P.A., Hanna, B.W. & Popper, A.N. 2007. Hearing in eight species of northern Canadian freshwater fishes. *Journal of Fish Biology* 70: 109–120.
- Mate, B.R., Brown, R.F., Greenslaw, C.F., Harvey, J.T. & Temte, J. 1987. An acoustic harassment technique to reduce seal predation salmon. In: Mate, B.R. & Harvey, J.T. (eds.). *Acoustical deterrents in marine mammal conflicts with fisheries*. ORESU-W-86-001, Oregon State University Sea Grant.
- Mate, B.R. & Harvey, J.T. 1987. *Acoustical deterrents in marine mammal conflicts with fisheries*. ORESU-W-86-001, Oregon State University Sea Grant College Program, Newport, OR.
- Mikkelsen, L., Hermanssen, L., Beedholm, K., Madsen, P.T. & Tougaard, J. 2017. Simulated seal scarer sounds scare porpoises, but not seals: species-specific responses to 12 kHz deterrence sounds. *Royal Society Open Science* 4: 170286.
- Osuuskunta Team Kala 2021. Vaellussiian tulevaisuuden turvaaminen -hanke, loppuraportti. Euroopan Meri- ja Kalatalousrahasto EMKR Hanke nro 5944. Osuuskunta Team Kala. [<http://kalaaiista.fi/wp-content/uploads/2020/03/LOPPURAPORTTI-vaellussiian-tulevaisuuden-turvaaminen.pdf>]
- Osuuskunta Team Kala 2022. Vaellussiika jatkohanke loppuraportti. Euroopan Meri- ja Kalatalousrahasto EMKR Hanke nro 124099. Osuuskunta Team Kala, Etelä-lin jakokunta, Pohjois-lin jakokunta. [<http://kalaaiista.fi/wp-content/uploads/2022/03/VAELLUSSIIKA-JATKOHANKE-LOPPURAPORTTI.pdf>]
- Parvin, S.J., Cudahy, E.A. & Fothergill, D.M. 2002. Guidance for diver exposure to underwater-sound in the frequency range 500 to 2500 Hz. *Proceedings of Undersea Defence Technology, Europe*.
- Quick N.J., Middlemas S.J. & Armstrong J.D. 2004. A survey of antipredator controls at marine salmon farms in Scotland. *Aquaculture* 230: 169–180.
- Rautio, A., Niemi, M., Kunnasranta, M., Holopainen, I.J. & Hyvärinen, H. 2009. Vocal repertoire of the Saimaa ringed seal (*Phoca hispida saimensis*) during the breeding season. *Marine Mammal Science* 25: 920–930.

- Russell, D.J., Hastie, G.D., Thompson, D., Janik, V.M., Hammond, P.S., Scott-Hayward, L.A., ... & McConnell, B.J. 2016. Avoidance of wind farms by harbour seals is limited to pile driving activities. *Journal of Applied Ecology* 53: 1642–1652.
- Salmi, P., Suuronen, P., Svells, K., Lehtonen, E. & Veneranta, L. 2022. Hylkeiden ja kalatalouden välisten konfliktien lieventämiskeinot. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 81/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 51 s.
- Sepulveda, M. & Oliva, D. 2005. Interactions between South American sea lions (*Otaria flavescens* Shaw) and salmon farms in southern Chile. *Aquaculture Research* 36: 1062–1068.
- Söderkultalahti, P. & Rahikainen, M. 2022. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat hylkeiden ja merimetsojen aiheuttamat saalisvahingot 2021. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 28/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 17 s.
- Sormunen, T., Dahlström, H. & Korhonen, M. 1963. Iijokilausunto I Iijoen Pahkakosken, Haapakosken ja Kierikkikosken voimalaitosten vaikutuksesta Iijoen ja sen merellisen vaikutusalueen kalatalouteen sekä ehdotus kompensatiotoimiksi. *Kalataloussäätiön monistettuja julkaisuja* 7.
- Storm, A., Routti, H., Nyman, M. & Kunasranta, M. 2007. HYLJEPUHETTA – Alueelliset ja kansalliset näkökulmat ja odotukset merihyljekantojen hoidossa. *Kala- ja riistaraportteja* nro 396. Riistan- ja kalantutkimus. Helsinki 2007.
- Suuronen, P., Lunneryd, S.-G., Königson, S., Coelho, N.F., Waldo, Å.N., Eriksson, V., Svells, K., Lehtonen, E., Psuty, I. & Vetemaa, M. 2023. Reassessing the management criteria of the growing seal populations: The case of Baltic grey seal and coastal fishery. *Marine Policy* 155: 105684.
- SwAM 2019. Nationell förvaltningsplan för gråsäl *Halichoerus grypus* i Östersjön. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:24. Gothenburg, Sweden.
- Therrien, S.C. 2014. In-air and underwater hearing of diving birds (Doctoral dissertation). College Program, Newport, OR. p 23–36.
- Tverin, M., Esparza-Salas, R., Strömberg, A., Tang, P., Kokkonen, I., Herrero, A., Kauhala, K., Karlsson, O., Tiilikainen, R., Vetemaa, M., Sinisalo, T., Käkelä, R. & Lundström, K. 2019. Complementary methods assessing short and long-term prey of a marine top predator– Application to the grey seal-fishery conflict in the Baltic Sea. *PLoS One* 14: e0208694.
- Wahlberg, M. & Westerberg, H. 2003. Sounds produced by herring (*Clupea harengus*) bubble release. *Aquatic Living Resources* 16: 271–275.
- Wilson, M., Schack, H.B, Madsen, P.T., Surlykke, A. & Wahlberg, M. 2011. Directional escape behavior in allis shad (*Alosa alosa*) exposed to ultrasonic clicks mimicking an approaching toothed whale. *Journal of Experimental Biology* 214: 22–29.
- Yurk, H. & Trites, A.W. 2000. Experimental attempts to reduce predation by harbor seals on out-migrating juvenile salmonids, *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 1360–1366.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

