



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2023

Puruveden harjuksen lisääntymis- ja pienpoikasalueet suhteessa erilaisiin rantatyyppeihin

FRESHABIT LIFE IP -projektin lisääntymisaluekartoitus Puruvedellä

Esa Hirvonen, Tapio Keskinen, Irma Kolari, Saija Koljonen,
Topi Lehtonen, Kristiina Nyholm, Janne Ropponen ja
Teppo Vehanen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2023

Puruveden harjuksen lisääntymis- ja pienpoikasalueet suhteessa erilaisiin rantatyyppeihin

FRESHABIT LIFE IP -projektin lisääntymisaluekartoitus Puruvedellä

**Esa Hirvonen, Tapio Keskinen, Irma Kolari, Saija Koljonen,
Topi Lehtonen, Kristiina Nyholm, Janne Ropponen ja
Teppo Vehanen**



Viittausohje:

Hirvonen, E., Keskinen, T., Kolari, I., Koljonen, S., Lehtonen, T., Nyholm, K., Ropponen, J. & Vehanen, T. 2023. Puruveden harjuksen lisääntymis- ja pienpoikasalueet suhteessa erilaisiin rantatyyppisiin : FRESHABIT LIFE IP -projektin lisääntymisaluekartoitus Puruvedellä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 17 s.



ISBN 978-952-380-749-5 (Painettu)

ISBN 978-952-380-750-1 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-750-1>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Esa Hirvonen, Tapio Keskinen, Irma Kolari, Saija Koljonen, Topi Lehtonen, Kristiina Nyholm, Janne Ropponen ja Teppo Vehanen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2023

Julkaisu vuosi: 2023

Kannen kuva: Riku Helisevä

Tiivistelmä

Esa Hirvonen¹, Tapio Keskinen¹, Irma Kolari¹, Saija Koljonen², Topi Lehtonen¹, Kristiina Nyholm³, Janne Ropponen² ja Teppo Vehanen¹

¹ Luonnonvarakeskus (Luke)

² Suomen ympäristökeskus

³ Jyväskylän yliopisto

Osana Freshabit Life IP -hanketta kartoitettiin Puruvedellä järviharjuksen poikastuotantoalueita. Vuoksen vesistön järvikutuiset harjuskannat on luokiteltu vaarantuneiksi. Kartoitukset tehtiin nuottaamalla vuosina 2017 ja 2018. Nuottauspaikoiksi valittiin ennalta tiedettyjä harjuspaikkoja sekä samantyyppisiksi arvioituja alueita. Harjuksenpoikasten esiintymistä analysoitiin syvyyden, vuoden, rannan avoimuuden, pohjan leikkausjännityksen, pohjan karkeuden ja rannan suuntautumisen suhteen. Vuonna 2017 harjuksen poikasia saatiin 29 % nuotanve-doista ja vuonna 21 % nuottauksista. Rannan avoimuus ja pohjan karkeus olivat tilastollisesti merkitseviä selittäviä muuttujia. Mitä avoimempi ranta, sitä todennäköisemmin harjuksenpoikasia löytyi. Pohjan karkeudessa suurin todennäköisyys oli hiekan ja soran dominoudessa. Tulokset vahvistavat aiempaa käsitystä siitä, että järvikutuisen harjuksen tärkeimpiä lisääntymis-alueita ovat avoimet ja karut rannat. Käytetyn nuottausmenetelmän pyytävyyden on voinut vaihdella erilaisissa habitaateissa, mikä on voinut vaikuttaa poikasten pyydystettävyyteen nimenomaan hienojakoisilla pohjilla.

Asiasanat: Harjus, *Thymallus thymallus*, Saimaa, Freshabit, poikastuotanto, habitaatti

Abstract

Esa Hirvonen¹, Tapio Keskinen¹, Irma Kolari¹, Saija Koljonen², Topi Lehtonen¹,
Kristiina Nyholm³, Janne Ropponen² and Teppo Vehanen¹

¹ Natural Resources Institute Finland (Luke)

² Finnish Environment Institute

³ University of Jyväskylä

As a section of the Freshabit Life IP project, we assessed the hatching production areas of the grayling (*Thymallus thymallus*) in Puruvesi, Finland. One motivation for the work was that the lake-spawning grayling populations in the Vuoksi watershed (which includes Puruvesi) have been classified as endangered. The beach seine surveys were conducted in 2017 and 2018. We pre-selected sites where graylings had earlier been detected and sites that we judged to be like those. We assessed the occurrence of the same-year fry about the following variables: depth, year, beach exposure (fetch), bottom shear stress values, substrate coarseness and beach orientation. Grayling fry were caught with 29% and 21% of the seining replicates in 2017 and 2018, respectively. Here, it is worth noting that the efficiency of the beach seine may have varied on the different substrate types and habitats, which might have affected the catching success. Within the framework of this methodological limitation, we found that the beach exposure and substrate roughness significantly explained the occurrence of grayling juveniles. In particular, more exposed sites (i.e. with higher fetch) had a higher probability of having graylings. Moreover, the probability of catching grayling fry was also the highest on substrates dominated by sand and gravel. These results are in line with previous observations, showing that the most important breeding and hatching areas for lake-dwelling graylings are beach zones that are exposed and barren.

Sisällys

1. Johdanto	6
2. Aineisto ja menetelmät	7
2.1. Harjus	7
2.2. Harjus Vuoksen vesistöissä	8
2.3. Tutkimusalue	8
2.4. Näytteenottomenetelmät.....	9
2.5. Tilastomenetelmät.....	11
3. Tulokset.....	12
3.1. Harjuksen poikasten esiintyminen	12
3.2. Muiden kalalajien poikaset	12
4. Tulosten tarkastelu	14
4.1. Harjuksen lisääntymisalueisiin vaikuttavat tekijät.....	14
4.2. Epävarmuustekijät ja virhelähteet sekä niiden vähentäminen.....	15
Viitteet.....	16

1. Johdanto

Tässä projektissa kartoitettiin harjuksen (*Thymallus thymallus*) lisääntymisalueita Saimaaseen ja siten Vuoksen vesistöön kuuluvalla Puruvedellä osana Freshabit Life IP -hanketta, jossa kehitettiin mm. järvien tutkimus- ja arviointimenetelmiä. Freshabit Life IP on viime vuosien suurin sisävesien suojelu- ja kunnostusprojekti Suomessa, jonka tavoitteena on paitsi kuvata järvien monimuotoisuutta myös kehittää menetelmiä, joita voidaan soveltaa laajemminkin.

Kalojen lisääntymis- ja pienpoikasvaiheiden elinympäristöjä koskevat tutkimukset ovat puolestaan erityisen tärkeitä siksi, että lisääntymis- ja pienpoikasvaiheet ovat kalakannan elinvoimaisuuden kannalta erityisen kriittisiä ja siten ne saattavat toimia pullonkauloina kannan uusiutumiskyvylle. Tieto näiden alueiden sijainnista onkin tärkeää esimerkiksi mahdollisten rauhottamisalueiden suunnittelun ja rajaamisen yhteydessä. Lisäksi tietoa kalakannalle tärkeiden alueiden sijainnista tarvitaan vesienhoitotoimien ja mahdollisten elinympäristökunnostusten suunnittelussa.

Eteläisessä Suomessa harjusta esiintyy alkuperäisenä ainoastaan Vuoksen vesistössä. Kaikki Vuoksen vesistön tunnetut harjuskannat, Puruveden harjus mukaan lukien, ovat selkeästi taantuneet ja luontainen lisääntyminen on heikentynyt. Lisäksi järvikutuisen harjuksen elinympäristövaatimuksia ei tunneta yhtä hyvin kuin useimpien muiden lohikalajien tai jokikutuisen harjuksen. Järvikutuisen harjuksen kurssin kääntämiseksi tarvitaankin kipeästi tutkittua tietoa koskien etenkin lisääntymisalueita. Tämä raportti esittelee vuosina 2017 ja 2018 tehdyn työn, jossa kartoitettiin harjuksen lisääntymis- ja pienpoikasalueita Puruvedellä.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Harjus

Harjus on Euroopassa suhteellisen laajalle levinnyt lohikala. Siperiassa ja Pohjois-Amerikassa sen puolestaan korvaa paljon harjusta muistuttava pohjanharjus (*Thymallus arcticus*). Harjuksen yleistä ekologiaa ja sen esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä ei ole tutkittu yhtä tarmokkaasti kuin monien muiden lohikalajien kohdalla, kuten lohella (*Salmo salar*), taimenella (*Salmo trutta*) ja siialla (*Coregonus lavaretus*). Niinpä tiedot lajin menestymisedellytyksistä ja elinympäristövaatimuksista ovat edelleen puutteellisia (Nykänen & Huusko 1999, Riley ym. 2006). Tätä tietoa kuitenkin tarvitaan, sillä harjuskannat ympäri Euroopan ovat taantuneet jo usean vuosikymmenen ajan, muunmuassa elinympäristömuutosten, jokien rakentamisen ja liikakalastuksen seurauksena (Northcote 1995, Nykänen ym. 2001, Uiblein ym. 2001, Sundell 2008). Samoin on käynyt myös Suomessa ja niinpä myös täällä harjuksella oli aikanaan suurempi kalataloudellinen merkitys kuin viime vuosikymmeninä (Suuronen 1982, Nykänen & Huusko 1999). Harjus on tyypillisimmin virtavesien kala, mutta sillä on myös järvissä - ja jopa Itämeressä - esiintyviä populaatiota (Swatdipong ym. 2009). Eli harjus sitten joessa tai järvessä, sen elinvaatimukset ovat kuitenkin varsin samankaltaiset (Sundell 1997). Viihtyäkseen laji tarvitsee kirkkaita vesiä sekä puhtaita sora-, kivikko- tai louhikkopohjia. Limoittuneilla tai mutapohjaisilla rannoilla harjus ei pärjää (Seppovaara 1969, Sundell 1997). Lisäksi harjus suosii viileää vettä. Siitä huolimatta varsinkin etelään avautuvat niemekkeet matalikoiden tai karikoiden lähistöllä on arveltu harjuksille erityisen sopiviksi (Sundell 1997). Järvalueilla harjuskannan vahvuuteen vaikuttavat elinympäristön tilan lisäksi myös yhtenäisen lisääntymisalueiden kunto ja laajuus.

Harjus kutee keväällä tai viimeistään kesäkuussa veden lämpötilan ollessa tyypillisesti 4–7 °C, ja kudun siten ajoittuessa aikaisemmin Etelä-Suomessa kuin pohjoisessa (Seppovaara 1982, Eloranta 1985, Northcote 1995). Ennen kutua koiras harjus perustaa lisääntymisreviirin, ja naaraat puolestaan saapuvat paikalle vasta ollessaan valmiita kutemaan. Kutureviirin lähistöllä on hyvä olla piilopaikkoja sekä naaraille, jotta ne pääsevät suojaan koiraan aggressiolta, että koiraalle lepopaikaksi silloin kun se jättää reviirinsä yöaikaan. Näkösuojat vaikuttavat myös reviirien välisiin etäisyyksiin (Nykänen ym. 2001). Jokiolosuhteissa tyypillisillä kutupaikoilla on nopeahko virtaus (40–70 cm/s), soran ja pikkukivien (2–64 mm, usein 8–32 mm) peittämä pohja ja alle metrin syvyys (Gönczi 1989, Nykänen 2004). On tosin mahdollista, että harjus kutee joissa syvemmälläkin, sillä kututapahtumien havainnointi vaikeutuu syvyyden kasvaessa. Järviympäristössä kutupaikkoja ei tunneta yhtä hyvin, mutta todennäköisesti niissä on samoja piirteitä kuin jokiympäristössäkään. Lisääntyminen lienee tehokkainta sellaisilla alueilla, joissa mädin voi laskea suojaan pohjasoraikon sisään veden kuitenkin vaihtuessa tehokkaasti kehittyvän mädin ympärillä. Avoimilla rannoilla aaltoliike korvaa virtauksen ja pitää veden hapekkaana. Lisäksi orgaaninen aines tai hienojakoinen mineraaliaines voi estää veden riittävän vaihtumisen kehittyvän mädin ympärillä, mikä lisää sen kuolleisuutta ja siten heikentää lisääntymistulosta (Nykänen ym. 2001, Sundell 2008). Soraikkojen puuttuessa, esimerkiksi kivikkorannoilla, harjus saattaa kutea kiville ja niiden väliin. Tasaisilta kivikkopohjilta harjuksen poikasia sen sijaan tavataan vain harvoin, mikä voi viitata paitsi kutureviirien vähäisyyteen alueella myös korkeaan kuolleisuuteen mädinkehityksen ja kuoriutumisvaiheen aikana, mädin ollessa alttiina kalojen ja hyönteisten saalistukselle (Sundell 2008). Lisäksi vallitseva vedenkorkeus todennäköisesti vaikuttaa lisääntymispaikan valintaan järviolosuhteissa.

Kuoriutuessaan harjuksen poikanen on useimpien muiden lohikalojen poikasiin verrattuna selvästi pienempi ja varhaisemmalla kehitysasteella (Seppovaara 1982). Kuoriutumisen jälkeen poikaset pysyvätkin ensin useita päiviä paikoillaan ja vielä sen jälkeenkin liikkuvat alkuun vain vähän heikon uimakykynsä ja korkean saalistusriskin takia (Scott 1985, Bardonnnet et al. 2001, Nykänen & Huusko 2003). Ruskuaisravinnon loputtua poikaset (noin 20 mm koossa) muodostavat vaihtelevan kokoisia parvia etsiessään ravintoa lähellä pintaa (Scott 1985). Tällöin myös niiden havainnointi on helpompaa. Kasvettuaan noin 30–40 mm:n pituisiksi poikaset siirtyvät pohjan läheisyyteen ja alkavat etsiä etupäässä pohjaeläinravintoa. Tällöin niiden havainnointi on vaikeampaa ja niiden lukumäärä myös jatkuvasti vähenee luonnollisen kuolleisuuden myötä (Seppovaara 1982, Sundell 2008).

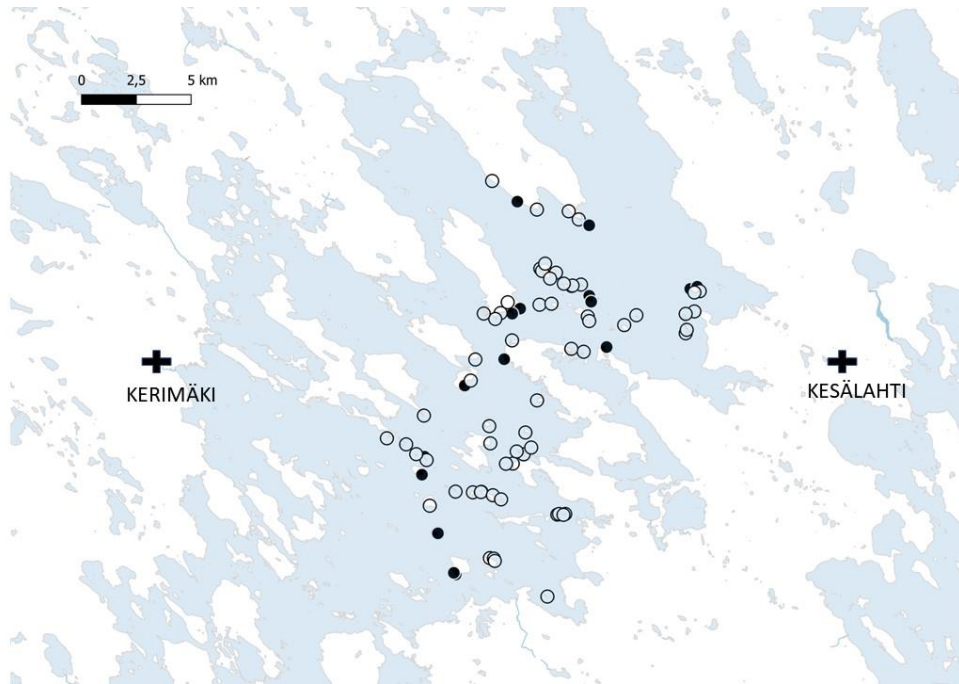
2.2. Harjus Vuoksen vesistössä

Eteläisessä Suomessa harjusta esiintyy alkuperäisenä ainoastaan Vuoksen vesistössä. Kaikki Vuoksen vesistön tunnetut harjuskannat ovat selkeästi taantuneet ja luontainen lisääntyminen on heikentynyt. Kantojen tilasta ei ole ajantasaista tietoa, mutta vahvimmillakin alueilla kantojen arvioidaan olevan korkeintaan kohtalaisia. Kuten harjuskannat yleisimminkin, paikalliset harjuskannat ovat kärsineet vesistöjen rakentamisesta, rehevöitymisestä ja liian tehokkaasta kalastuksesta. Etelä-Suomen sisävesien harjuskannat on siten luokiteltu uusimmassa (2019) uhanalaisluokituksessa vaarantuneiksi leveyspiiriin 65° N eteläpuolisilla vesialueilla. Puruveden harjusta pidetään kuitenkin yhtenä Vuoksen vesistön vahvimista järvikutuisen harjuksen kannoista. Puruveden harjuskannan hoito käsittää istutuksia sekä alueellisia pyyntirajoituksia yleisten kalastusasetuksen määräysten lisäksi. Harjuksella onkin edelleen jonkin verran paikallista merkitystä saaliskalana. Puruveden järvikutuista harjusta pidetään suurten selkävesien kiviikkorantojen, karikkojen ja särkkien asukkaana (Sundell 1997, 2008). Saimaalla sen kutu yleensä ajoittuu toukokuun puolivälin tienoille, mutta voi kylmänä keväänä jatkua myös kesäkuun puolelle (Seppovaara 1969, Sundell 2008).

2.3. Tutkimusalue

Tutkimusalue käsitti Puruveden keskeiset selkääalueet, Harvan-, Mustan-, Rauvitsan-, Pihlajaniemen- ja Hummonselällä. Harjuksen poikasten nuottapaikat (Kuva 1) sijaitsivat Puruveden Natura 2000 -alueella. Harjuksen esiintymistä selvitettiin etupäässä järven ulappa-alueelle avautuvilla rannoilla ja sisemmät lahtialueet jäivät suurimmaksi osaksi näytteenoton ulkopuolelle. Tutkimuspaikoiksi valittiin perimätiedon mukaisia harjuksen lisääntymisalueita sekä samantyyppisiksi arvioituja paikkoja.

Harjuksen poikaset ovat moniin muihin lohikaloihin verrattuna pieniä kuoriutuessaan, ja ne eivät passiivista veden virtauksia lukuun ottamatta liiku pitkiä matkoja pienpoikasvaiheessa (Scott 1985, Bardonnnet et al. 2001, Nykänen & Huusko 2003). Näin ollen kutu- ja pienpoikasalueiden voi olettaa sijaitsevan lähekkäin. Harjusten poikasten hakeutuessa avoveteen ruskuaisravinnon loputtua, alkaa noin kolmen - neljän viikon vaihe, joka on otollisin jakso havainnoida harjuksen poikasten esiintymistä (Sundell et al. 2001). Tämän avovesijakson jälkeen poikaset (n. 35 mm koossa) aloittavat kookkaamman ravinnon etsimisen pohjan läheisyydestä. Pienpoikasvaihe on myös useimmilla kalalajeilla kriittinen vuosiluokan vahvuuden kannalta. Pienet poikaset ovat alttiita niin predaatiolle kuin epäedullisille ympäristötekijöille.



Kuva 1. Nuottauspaikat vuosina 2017 ja 2018. Mustat ympyrät kuvaavat paikkoja, joista saatiin vähintään yksi harjuksenpoikanen.

2.4. Näytteenottomenetelmät

Yllä esiteltujen olosuhteiden takia poikasten esiintymistä oli paras selvittää poikasnuottauksilla. Vuonna 2016 kokeiltiin myös vedettävää vetohaavia (mitat: 30 cm x 120 cm) sekä mui-kun- ja siianpoikasten tutkimuksissa käytettyjä bongohaaveja (silmäkkö: 500 µm). Bongo-haavit kulkivat veneen kummallakin sivuilla siten, että useimmiten järven puoleisen haavin yläreuna oli noin 30–60 cm veden pinnasta ja rannan puoleisen haavin yläreuna veden pinnan tasossa. Lisäksi testattiin merialueella poikasnäytekäytössä toiminutta käsihaavia. Näillä menetelmillä kyllä saatiin ahven- ja särkikalojen poikasia, mutta ei ainoatakaan harjusta ja niinpä niitä ei käytetty varsinaisessa tutkimuksessa vuosina 2017 ja 2018.

Nuotta kerää aitaverkkojensa mittaiselta ranta-alueelta poikaset. Nuotan toimivuuden takaamiseksi nuottauspaikoiksi pyrittiin valitsemaan alueita, joissa ei ollut teräviä isoja kiviä, mikä jonkin verran rajoitti näytteenottoaikojen valintaa. Rantanuotta soveltuu parhaiten tasaiselle, melko loivasti syvenevälle rannalle, jonka pohja on hiekkaa, soraa tai kovaa mutaa. Nuotta ei toimi tiheässä, kovavartisessa kasvillisuudessa eikä kivikossa, sillä suuret kivenlohka-reet häiritsevät nuotan kulkua ja voivat nostaa alapaulan irti pohjasta, jolloin nuotan pyydystysteho heikkenee (Borg et al. 2012). Nuottauksen etuihin näytteenottomenetelmä lukeutuu sen tehokkuus useiden eri lajien ja ikäryhmien pyydystyksessä tutkittavalta pinta-alalta, jos-kaan tämä ei täysin päde poikkeuksellisen tiukasti pohjaan kiilautuviin kaloihin. Niinpä nuottaustuloksen luotettavuus riippuu kalalajin esiintymissyvyydestä siten, että nuotta pyytää keskiveden kaloja tehokkaammin kuin pohjakaloja.

Tässä tutkimuksessa nuottaa käytettiin keräämään ainoastaan esiintyy/ei esiinny binaarista tietoa. Kun kyseessä on suhteellisen harvalukuinen ja uhanalainen laji, esiintymisen varmentamiseksi riittää yksikin havainto. Lisäksi tutkimuksen kohteena oli pienpoikasalueiden

tyyppiirteet eikä niinkään varsinainen esiintymisen laajuuden kartoitus. Vuonna 2017 nuotattiin 34 paikalla aikavälillä 27.–29.6. ja vuonna 2018 52 paikalla ajalla 12.6.–26.6.

Käytetyn poikasnuotan pituus oli 30 m, korkeus 1,4 m ja solmuväli 3 mm. Nuotan leveys vedossa oli 20 m. Vedot aloitettiin noin 50 metriä rannasta, joten yhden vedon pinta-ala oli noin 1000 m². Kaksi henkilöä veti nuotan hitaasti rantaan, jonka jälkeen nuotan perästä tarkastettiin saalis. Harjuksenpoikaset havaittiin uimassa usein jo ennen vedon loppumista.

Selvittääksemme tärkeimpiä ympäristötekijöitä, jotka ovat otollisia harjusten lisääntymiselle ja pienpoikasluueille, tallensimme sijaintiedot (GPS) ja analysoimme tilastollisesti nuottauksen tulosta (harjuksia / ei harjuksia) syvyyden, vuoden (2017 / 2018), avoimuus (fetch), pohjan leikkausjännityksen, pohjan karkeuden ja rannan suuntautumisen (pohjoinen-etelä suunnassa) suhteen. Lisäksi kerättiin tietoja rantakasvillisuudesta, vesikasvillisuudesta ja pohjan puhtaudesta suhteessa orgaaniseen aineeseen. Näitä tietoja ei kuitenkaan saatu talteen riittävän systemaattisesti, jotta niitä olisi voitu käyttää tilastollisissa analyyseissa.

Tietojen keräämiseksi suoritettiin viistokaikuluotauksia nuottauspaikkojen edustalla. Luotauslinja ajettiin noin 25 metrin etäisyydellä rannasta. Kun luotauskaistan leveys oli 25 m, viistokaikuluotaus kattoi noin 50 metrin kaistaleen. Luotauksen laatu vaihteli jonkin verran esimerkiksi tuulen ja yleisen säätilan myötä. Muutamilta nuottauspaikoilta luotauslinjaa ei pystytty tekemään lainkaan kovan tuulen takia. Vesikasvillisuutta ei esiintynyt niin paljoa, että se olisi haitannut tuloksien tulkintaa. Luotauksessa käytettiin harrastuskäyttöön tarkoitettua laitteistoa (Lowrance HDS 9 GEN 3). ReefMaster-ohjelmalla analysoitiin pohjan sedimenttien raekokojakaumaa, ja BioBase-ohjelmistolla syvyyttä. Samoilta linjoilta, ja usein myös samalla ajalla, otettiin myös videokuvaa, jota käytettiin viistokaikuluotauksen tukena pohjanlaadun arvioinnissa. Videokuvausten lisäksi otettiin valokuvia rannasta ja ympäristöstä, sekä tehtiin sanallisia arvioita pohjan laadusta, puhtaudesta, ranta- ja vesikasvillisuudesta.

Syvyys saatiin luotauslinjojen aineistoista siten, että laskimme keskiarvon kaikista niistä luotausdatapisteistä, jotka sijaisivat 50 metrin säteellä nuottauksen keskipisteestä.

Pohja-aineiden raekoko arvioitiin viistokaikuluotausaineistosta, videokuvauksista, valokuvista ja sanallisista arvioista. Siihen käytettiin soveltuvin osin mm. Metsähallituksen käyttämää jaottelua: hiekka (0–2 mm), sora (2–16 mm), pienet kivet (16–64 mm), isot kivet (64–250 mm), lohkareet (250–1000 mm), suuret lohkareet (> 1000 mm). Analyysissä käytettiin nuottausalueen yleisintä (tästä lähin: dominoivaa) raekokoa pohjan peittävyys suhteen. Koska vain kahdella nuottauspaikalla eniten oli soraa, analyysissä sora yhdistettiin hiekan kanssa kategoriaksi "hiekkajorsora". Tulokset olivat tällöin kvalitatiivisesti samoja kuin jos kyseinen riittämättömän kokoinen kategoria olisi tipautettu kokonaan pois analyysistä. Suuret lohkareet eivät olleet dominoiva pohja-aines yhdelläkään tutkituista alueista.

Avoimuus (fetch) määritettiin Fetch-mallinnustyökalun avulla.

Pohjan leikkausjännitys: Pohjan leikkausjännityksellä (yksikkö: pascal eli N/m²) voidaan arvioida veden virtauksen vaikutusta pohjaan. Virtaus aiheuttaa pohjakitkan vaikutuksesta pohjaan kohdistuvan voiman, joka saa pohjaan laskeutuneen aineksen liikkeelle. Tässä työssä leikkausjännitys saatiin Puruvedelle 50 metrin resoluutiolla laaditusta 3D-virtausmallista. Aallokon vaikutus ei ole mukana virtausmallissa, mutta se huomioidaan avoimuuden kautta.

Rannan suunta arvioitiin kompassi suuntaa käyttäen. Koska tarkoituksena oli arvioida suunnan vaikutusta pohjoinen-etelä akselilla, suunta-arvot vaihtelivat 0 ja 180 välillä siten, että pohjoiseen avautuva ranta sai arvon 0, itään ja länteen avautuvat rannat arvon 90 ja eteläranta arvon 180.

2.5. Tilastomenetelmät

Tilastoanalyysi tehtiin käyttäen R tilasto-ohjelman versiota 4.2.1. (<https://www.r-project.org/>). Selvittääksemme harjusten poikasten esiintymisen todennäköisyyttä kullakin rannalla (esiintyy / ei esiinny) käytimme binomiaalisen jakauman mallia (generalized linear model, GLM) ja logit linkkifunktiota. Selittävät muuttujat mallissa olivat syvyys, pohjan leikkausjännitys, rannan avoimuus (fetch), pohja-aineksen dominoiva raekoko ja rannan avautuminen pohjoinen-etelä akselilla. Nuottauksia tehtiin yhteensä 86, joista logististen haasteiden takia vain osalle oli saatavissa syvyystiedot (68 kpl), pohjan jännitys (85 kpl) ja rannanavoimuus (85 kpl) ja pohja-aineksen karkeus (85 kpl). Koska analyysi huomioi vain nuottaukset, joille on saatavilla kaikki malliin sisällytetyt selittävät tekijät, sovitimme mallin erikseen syvyystietojen (vähiten havain-toja) kanssa ja niitä ilman.

3. Tulokset

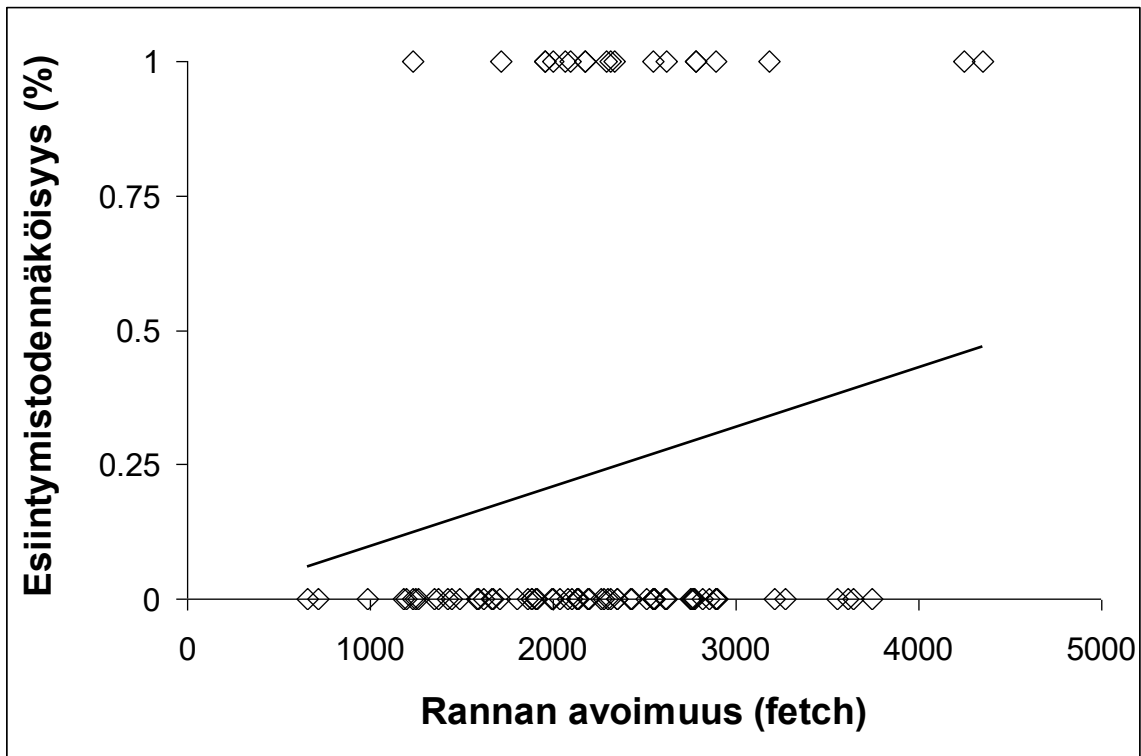
3.1. Harjuksen poikasten esiintyminen

Vuonna 2017 harjuksen poikasia saatiin 29 % nuotanvedoista (10/34) ja vuonna 21 % nuottauksista (11/52). Yksilölukumäärät olivat pieniä (2017: yhteensä 27 kpl, 2018: 46 kpl). Toisaalta käytetyn menetelmän tarkoituksena ei ollutkaan pyrkiä arvioimaan lukumääriä, ainoastaan sitä esiintyykö kyseisellä paikalla harjuksia vai ei. Kaikki vuoden 2017 poikaset mittattiin kuten myös 35 kpl vuoden 2018 harjuksista. Poikasten koko vaihteli varsin paljon, keskipituuden ollessa vuonna 2017 28,5 mm (keskihajonta: 4,5; vaihteluväli: 17–37 mm) ja vuonna 2018 21,9 mm (keskihajonta: 8,3; vaihteluväli: 13–39). Vuoden 2018 kokovaihtelua selittänee osin se, että nuottauksia tehtiin kahden viikon jakson aikana, jolloin harjuksien keskikoko ehti kasvaa.

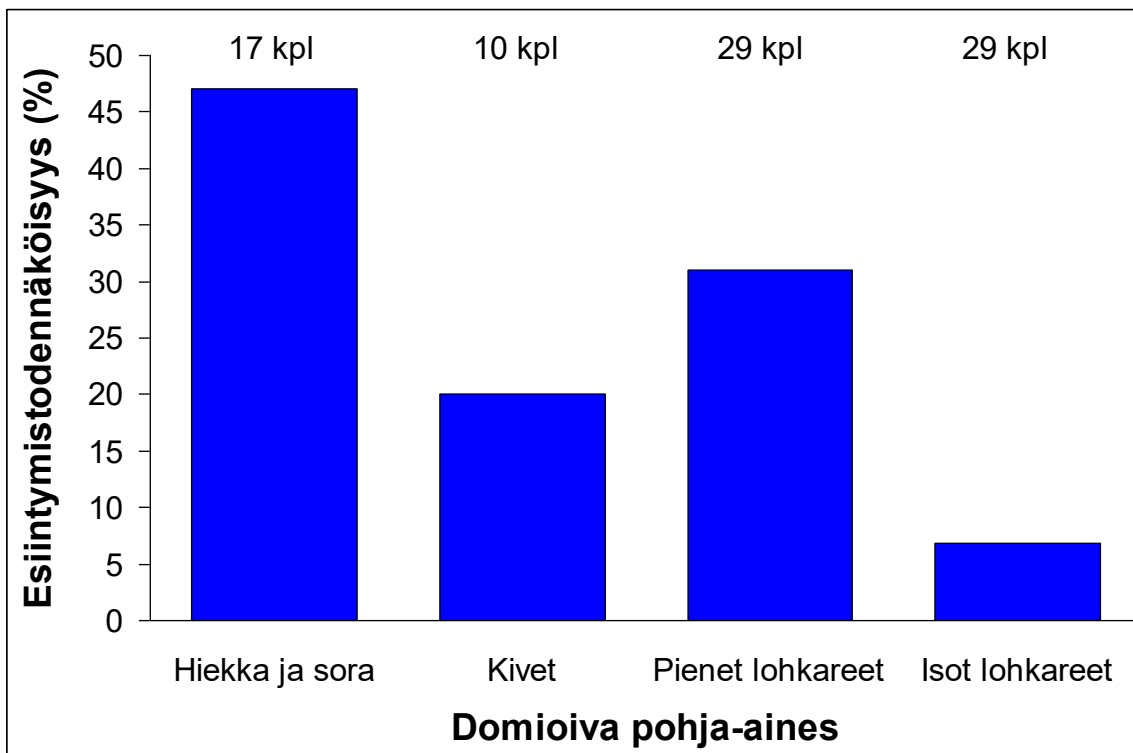
Selvitettäessä harjuksen poikasten esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä, ensimmäisen tilastomalliversio (johon sisällytettiin myös syvyyttiedot) kertoi, että alueen veden keskisyvyys ei merkittävästi vaikuttanut harjusten poikasten esiintymiseen (estimaatti \pm keskihajonta (SD): 0.2152 \pm 0.4885; $z = 0.441$, $p = 0.66$). Nuottauspaikkojen läheisyyden keskisyvyys vaihteli 0.62 m ja 4.12 m välillä, $n = 68$ onnistunutta syvyyttä (syvyyttä). Jotta puuttuvat syvyydatapisteet eivät vaikuttaisi mallin kykyyn arvioida muita muuttujia, sovitimme mallin uudestaan ilman veden syvyyttä. Tämä lopullinen malli huomioi 83 nuottausta, joille oli saatavilla kaikki loput selittävät tekijät. Pohjajännitys (estimaatti \pm SD: -3.515 \pm 3.878, $z = -0.906$, $p = 0.36$), rannan ilman suunta pohjoinen-etelä akselilla (estimaatti \pm SD: -0.0028 \pm 0.0054, $z = -0.523$, $p = 0.60$) ja vuosi (estimaatti \pm SD: 0.2710 \pm 0.6300, $z = 0.430$, $p = 0.67$) eivät merkittävästi vaikuttaneet harjuksen poikasten esiintymistodennäköisyyteen. Sen sijaan avoimuus (fetch) vaikutti (estimaatti \pm SD: 0.0011 \pm 0.0005, $z = 2.233$, $p = 0.026$): mitä avoimempi ranta, sitä todennäköisemmin sieltä löytyi harjuksen poikasia (Kuva 2). Myös pohjan dominoivalla karkeudella oli merkitystä (kuva 3): suurin todennäköisyys harjustenpoikasten esiintymiselle oli hiekan ja soran dominoidessa ja pienin isojen lohokareiden dominoidessa (hiekan ja lohokareiden ero, estimaatti \pm SD: 2.155 \pm 0.49367, $z = 2.301$, $p = 0.021$). Myös kivien dominoivilla pohjilla esiintymistodennäköisyys oli merkittävästi suurempi kuin isojen lohokareiden dominoivilla pohjilla (estimaatti \pm SD: 1.798 \pm 0.9015, $z = 1.995$, $p = 0.046$) (Kuva 3).

3.2. Muiden kalalajien poikaset

Nuottasaaliista ahven oli ylivoimaisesti runsain laji; yhteensä nuottauksissa saatiin yli 4 000 ahvenen poikasta. Esimerkiksi vuonna 2017 94 % nuottauksista (32/34) saatiin ahvenen poikasia. Erityisen mielenkiintoista ahvenen poikasten runsaassa esiintymisessä on se, että molemmat vedot, joilla ahvenia ei tullut, olivat sellaisia, joilla saatiin harjuksen poikasia, vaikka vuonna 2017 yhteensä ainoastaan kymmenellä nuottauspaikalla harjuksia saatiin. Seuraavaksi yleisin sivusaalis oli kuore ja kuoreen jälkeen tarkemmin määrittelemättömät särkikalojen poikaset. Paikoin särkikaloja oli kuitenkin useita kymmeniä yhdessä nuottauksessa ja yhteensä niitä saatiin lähes 2000 kappaletta. Myös kiiskan, mudun ja mateen poikasia saatiin yksittäisiä yksilöitä.



Kuva 2. Harjustenpoikasten esiintyminen (1: esiintyy, 0: ei esiinny) suhteessa rannan avoimuuteen (fetch max). Mitä suurempi luku, sen avoimempi ranta.



Kuva 3. Harjustenpoikasten esiintyminen erilaisten pohja-ainesten dominoidessa. Kunkin pohjatyypin kokonaismäärät on raportoitu kuvan yläosassa.

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Harjuksen lisääntymisalueisiin vaikuttavat tekijät

Erityisesti rannan avoimuus ja pohja-aineksen raekoko ovat tärkeitä tekijöitä määrittämään harjuksen pienpoikasalueita. Mitä avoimempi ranta (suurempi fetch arvo), sitä todennäköisemmin siellä tavattiin harjuksen poikasia. Toisaalta myös hiekan ja soran dominoivilla pohjilla löytyi harjuksen poikasia useammin kuin karkeammilla pohjilla. Voidaan siis tehdä johtopäätös, että rannoista, jotka jo valmiiksi vaikuttavat sovelialta harjukselle, nimenomaan tällaiset rannat ovat poikastuotannolle erityisen hyviä. Lisäksi on perusteltua olettaa, että pienpoikasten esiintymisen lisäksi myös harjuksen kutu on tapahtunut joko näillä rannoilla tai ainakin lähellä niitä, poikasten heikko uimakyky huomioonottaen (Scott 1985, Bardonnnet ym. 1991, Nykänen & Huusko 2003).

Tulos siitä, että avoimet rannat ovat otollisia järvikutuisen harjuksen lisääntymiselle on linjassa sen kanssa, että jo aiemmin järvikutuisen harjuksen on oletettu suosivan avoimia ja karuja rantoja (Sundell 2008). Suojaisemmilla rannoilla nopeampi sedimentaatio ja vähäisempi liikuvan veden puhdistusvaikutus johtaa kutualueen laadun laskuun ja siten pienempää todennäköisyyteen, että paikalla olisi tapahtunut onnistunutta lisääntymistä. Kehittyvän mädin päälle laskeutuva hienojakoinen aines nimittäin vähentää kuoriutumistodennäköisyyttä, koska normaali mädin hapensaanti estyy (Carlton ym. 1989, Ventling-Schwank & Livingstone 1994). Paitsi mätiin suojaisempien alueiden suurempi sedimentaatio voi vaikuttaa harjuksen poikasille soveltuvien elinympäristöihin. Yksi tekijä miksi avoimet rannat ovat erityisen soveltuvia harjuksen poikasille lienee myös se, että harjukset eivät ilmeisesti ole kovin hyviä kilpailijoita, ja avoimemmilla rannoilla on vähemmän kilpailuja suojaisempia paikkoja suosivien särkikalojen ja ahven kanssa sekä vähemmän harjuksen poikasiin kohdistuvaa saalistusta.

Myös dominoiva raekoko vaikutti merkitsevästi: kun yleisin pohja-aineksen karkeus oli suhteellisen hieno, hiekkaa tai soraa, oli paikalla harjuksen poikasia todennäköisemmin kuin muilla pohjatyypeillä, erityisesti verrattuna lohkaraiden dominoimiin pohjiin. Tämä on linjassa sen kanssa, että jokiolosuhteissa harjuksen on todettu suosivan kutupaikkoja, joissa pohja on pääasiassa hiekkaa, soraa ja pikkukiviä [2–64 mm] (Dyk 1984; Gönczi 1989, Nykänen 2004). Lisäksi parhaita harjuksen poikasnuottaussaaliita kerrotaan myös aikaisemmin saadun alueilta, joiden läheisyydessä on sopivia soraikkoja. Niinpä oletamme tuloksen kertovan nimenomaan kutupaikoille ja -reviireille suotuisan pohja-aineksen yleisyyden tärkeydestä, joskin hiekan ja soran dominoivat pohjat voivat olla erityisen hyviä elinympäristöjä myös pienille poikasille. Toisaalta tämän tutkimuksen tulokset eivät täysin tue niitä aiempia tietoja, joiden mukaan järvikutuinen harjus kutee nimeonmaan kivikkorannoilla (Sundell 2008).

Vaikka myös pohjan leikkausjännite kertoo veden liikkeistä pohjan tuntumassa, se ei analyysissämme kuitenkaan merkitsevästi vaikuttanut harjuksen poikasten esiintymiseen. Pohjan leikkausjännite ei siis ilmeisesti riittävän suoraan mittaa sitä mitä harjuksen menestyksenkäs lisääntyminen vaatii. Vaikuttaa siten siltä, että harjuksen lisääntyminen tarvitsee avoimen rannan ja melko hienojakoisen pohjan yhdistelmän, jossa pohjajännite ei kuitenkaan ole se kaikkien suurin. Niinpä tuloksemme eivät puolla pohjan jännitysleikkauksen käyttämistä harjuksen lisääntymis- ja pienpoikasalueiden etsimiseen jatkossa. Myöskään nuottausalueen keskisyvyydellä ei ollut merkitsevää vaikutusta, vaikka varsinkin jokiympäristössä melko matalien alueiden on arveltu olevan sekä kutevien harjuksen että pienten poikasten suosiossa (Gönczi 1989,

Bardonnat ym. 1991). Ehkäpä alueella vain pieni kaistale sopivan matalaa vettä riittää tai ehkä harjuksen kutu tapahtuu myös syvemmällä useammin kuin usein oletetaan.

Kuten monella muullakin alueella, Vuoksen vesistön harjuskanta on hiljalleen taantunut jo pitkään, vaikka monilla alueilla ei selviä elinympäristömuutoksia olekaan raportoitu (Sundell 2008). Tämä viittaa siihen, että harjuksen ongelmat eivät välttämättä johdu lisääntymisaluiden laadun heikkenemisestä, vaan esimerkiksi harjukseen kohdistuvasta kalastuspaineesta ja muussa kalastossa tapahtuneissa muutoksissa, jotka ovat lisänneet harjukseen kohdistuvaa saalistusta ja kiristäneet lajien välistä kilpailua. Esimerkiksi ahven ja särkikalat, joita nuottauksissa saatiin huomattavia määriä, voivat syödä sekä harjuksen mätiä että pieniä poikasiasia. Kuntalueilla myös vähän suurempia nuoria harjuksia saalistavat kalat (esim. hauki ja iso ahven) voivat vaikuttaa harjuskantoihin (Sundell 2008). Näistä trendeistä riippumatta tuloksemme antavat tärkeää tietoa.

4.2. Epävarmuustekijät ja virhelähteet sekä niiden vähentäminen

Näytteenottoaikoja ei käytännön syistä voitu satunnaistaa, sillä kokonaistutkimusalue oli laaja ja resurssit sekä näytteenottoon sopiva aikaikkuna (poikasten avovesivaihe) olivat puolestaan rajalliset. Niinpä tuloksia pitää tulkita ottaen huomioon, että ne koskevat rantoja, jotka olivat jo ennalta oletettu (ja joissain tapauksissa tiedetty) sopiviksi harjusten poikasille. Toinen merkittävä virhelähde johtui säätilasta: erityisesti tuuli vaikutti luotaukseen ja mahdollisesti myös nuotan pyydystystehoon. Emme myöskään voi sulkea pois sitä mahdollisuutta, että pohjan laatu vaikutti nuotan toimintatehoon, mikä olisi saattanut osaltaan kasvattaa todennäköisyyttä onnistuneeseen nuottaukseen nimenoman hienompijakoisilla pohjilla. Neljäs potentiaalinen virhelähde on nuottauksen ajoitus alkukesän edetessä (Sundell ym. 2001): se voi vaikuttaa harjusten poikasten pyydystyksen helppouteen, lukumäärään (luontaisen kuolleisuuden myötä) sekä poikasten mahdollisuuksiin löytyä myös kauempana paikasta, jossa ne olivat kuoriutuneet. Tapa vähentää näitä virhelähteitä olisi tehdä useampia rinnakkaisia nuotanvetoja, mieluiten eri päivinä, mutta tämä ei ollut logistisesti mahdollista.

Jos lajia ei löydetä tietyltä paikalta, joko lajia ei siellä silloin ole tai sitten laji on paikalla, mutta sitä ei onnistuttu havaitsemaan. Havainnoinnin epäonnistuminen voi johtua mm. näytteenottoon käytetyn menetelmän puutteista, säästä, ajankohdasta, havainnoijasta ja sattumanvaraisista tekijöistä. Kaikkein luotettavin kuva alueitten merkityksestä harjuksen lisääntymiselle ja poikastuotannolle saataisiinkin toistamalla näytteenotto samoilla paikoilla useampana vuonna. Poikastuotannon ajoittuminen ja sijoittuminen nimittäin todennäköisesti vaihtelee vuosien välillä johtuen mm. lämpötilaoloista ja vedenkorkeuden vaihteluista. Myös harjuksen kutukanan kanssa voi olla vuosien välistä vaihtelua. Tätä vaihtelua voitaisiin ottaa parhaiten huomioon useamman vuoden jatkuvalla seurannalla.

Kiitokset

Vuosien varrella projektin ympärillä ovat häärineet monet henkilöt. Kiitollisina muistamme Riku Helisevää, Anna-Liina Skyttä, Janne Juntusta ja kaikkia paikallisia harjusten esiintymisestä tietoja kertoneita henkilöitä.

Viitteet

- Bardonnet, A., Gaudin, P. & Persat, H. 1991. Microhabitats and diel downstream migration of young grayling (*Thymallus thymallus* L.). *Freshwater Biology* 26: 365–376.
- Carlton, R.C., Walker, G.S., Klug, M.J. & Wetzel, R.G. 1989. Relative values of oxygen, nitrate and sulfate to terminal microbial processes in the sediments of Lake Superior. *Journal of Great Lakes Research* 15: 133–140.
- Dyk, V. 1984. The characteristics of grayling biotopes. *Acta Veterinaria Brno* 53: 71–80.
- Eloranta, A. 1985. Grayling [*Thymallus thymallus* (L.)] in the lower part of the Rautalampi watercourse, Finnish Lake District. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen* 22: 2555–2559.
- Gönczi, A.P. 1989. A study of physical parameters at the spawning sites of the European grayling (*Thymallus thymallus* L.). *Regulated Rivers: Research & Management* 3: 221–224.
- Northcote, T.G. 1995. Comparative biology and management of Arctic and European grayling (Salmonidae, *Thymallus*). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 5: 141–194.
- Nykänen, M. 2004. Habitat selection by riverine grayling, *Thymallus thymallus* L. *Jyväskylän Studies in Biological and Environmental Science* 140: 1–40.
- Nykänen, M. & Huusko, A. 1999. Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä: Kirjallisuusselvitys. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 156: 1–23.
- Nykänen, M. & Huusko, A. 2003. Size-related changes in habitat selection by larval grayling (*Thymallus thymallus* L.). *Ecology of Freshwater Fish* 12: 127–133.
- Nykänen, M., Huusko, A. & Mäki-Petäys, A. 2001. Seasonal changes in the habitat use and movements of adult European grayling in a large subarctic river. *Journal of Fish Biology* 58: 506–519.
- Riley, W.D., Ives, M.J., Pawson, M.G. & Maxwell, D.L. 2006. Seasonal variation in habitat use by salmon, *Salmo salar*, trout, *Salmo trutta* and grayling, *Thymallus thymallus*, in a chalk stream. *Fisheries Management and Ecology* 13: 221–236.
- Scott, A. 1985. Distribution, growth and feeding of postemergent grayling *Thymallus thymallus*. *Trans American Fisheries Society* 114: 525–531.
- Seppovaara, O. 1969. Ison-Saimaan kalat ja kalastus. *Suomen kalatalous* 38: 1–84.
- Seppovaara, O. 1982. Harjuksen (*Thymallus thymallus* L.) levinneisyys, biologia, kalastus ja hoitotoimet Suomessa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimusosasto 5: 1–88.
- Sundell, P. 1997. Harjuskannan hoitosuunnitelma Puumalan ja Suur-Saimaan kalastusalueille. Jyväskylän yliopisto, Ympäristötutkimuskeskus. Raportti 49: 1–18.
- Sundell, P. 2008. Etelä-Saimaan harjuskannan tila ja tulevaisuus. Jyväskylän yliopisto, Ympäristötutkimuskeskus. Raportti 150: 1–25.

- Sundell, P., Niemi, A. & Veijola, H. 2001. Etelä-Saimaan harjus. Yhteenvedo tutkimuksista vuosilta 1985–99. Jyväskylän yliopisto, Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 153: 1–50.
- Swatdipong, A., Vasemägi, A., Koskinen, M.T., Piironen, J. & Primmer, C.R. 2009. Unanticipated population structure of European grayling in its northern distribution: implications for conservation prioritization. *Frontiers in Zoology* 6: 6.
- Uiblein, F., Jagsch, A. & Honsig-Erlenburg, W., Weiss S2001. Status, habitat use, and vulnerability of the European grayling in Austrian waters. *Journal of Fish Biology* 59: S223–S247.
- Ventling-Schwank, A.R. & Livingstone, D.M. 1994. Transport and burial as a cause of whitefish (*Coregonus* sp.) egg mortality in a eutrophic lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 1908–1919.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

