

Pro gradu –tutkielma

Muhos- ja Sanginjoki lohikalojen elinympäristöinä

Jermi Tertsunen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Kalabiologia ja kalatalous

12.7.2006

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Kalabiologia ja kalatalous

TERTSUNEN JERMI: Muhos- ja Sanginjoki lohikalojen elinympäristöinä

Pro gradu: 30 s.

Työn ohjaajat: FT Timo Yrjänä, FT, dos. Juhani Pirhonen

Tarkastajat: FT, dos. Juhani Pirhonen, FM Jukka Syrjänen

Heinäkuu 2006

Hakusanat: lohi, *Salmo salar* L., taimen, *Salmo trutta* L., harjus, *Thymallus thymallus* L.,
habitaatti, vedenlaatu

TIIVISTELMÄ

Oulujokeen Merikosken kalatien yläpuolella laskevilla Muhosjoella ja Sanginjoella kartoitettiin lohikalaille soveltuvia elinympäristöjä vuosina 2004 ja 2005. Poikas- ja kutualueiden määrän ja kunnan ohella tutkittiin vedenlaatua ja eri tekijöiden vaikutuksia lohikalatiheyksiin. Poikastiheyksiä ja merestä nousseiden lohien ja taimenten mahdollista lisääntymistä tutkittiin sähkökalastuksin. Poikastiheyksiin vaikuttavista tekijöistä pääpaino kohdennettiin fysikaalisiin muuttujiin, joihin jatkossa tehtävillä kunnostustoimilla voitaisiin vaikuttaa. Tutkimuksen tarkoituksena oli antaa tietoa lohikalojen elinympäristöistä alueellisesti ja saada tietoa lohikalojen menestymiseen vaikuttavista tekijöistä. Lisäksi tutkimuksen tuli luoda pohjaa kalaston- ja vesienhoidon suuntaamiseksi Oulujoella ja sen sivujoilla.

Poikasalueita laskettiin Muhosjoelta 216 aaria ja kutualueita 4,9 aaria. Sanginjoella poikasalueita oli 286 aaria ja kutualueita 5,7 aaria. Sanginjoella oli Muhosjoesta poiketen jonkin verran sorakoita, joihin hienoainesta ei ollut kerääntynyt. Korkeista kiintoaine- ja rautapitoisuuksista huolimatta Muhosjoelta saatiin runsaasti harjuksenpoikasia. Sanginjoelta saatiin muutamia vastakuoriutuneita lohenpoikasia, vaikka pH oli ajoittain alle 5. Poikaset saatiin alajuoksulta, missä veden pH ja alkaliniteetti oli joen muita osia hieman parempi.

Kutualueiden määrä suhteessa koskipinta-alaan vaikutti voimakkaasti harjusten tiheyteen. Vaikutus 0-vuotiaiden harjusten tiheyteen oli suurempi lyhyellä jokijaksolla kuin pidemmällä jokijaksolla, minkä perusteella harjukset jäävät kuoriutumisen jälkeen kutupaikkojen läheisyyteen, ja pienpoikasalueita tulee siksi olla saatavilla kutupaikkojen läheisyydessä. Pienpoikasalueiden määrä vaikutti samoin harjusten tiheyteen, mutta heikommin kuin kutualueiden määrä. Vaikka harjusten tiheys kasvoi puhtaampien kutualueiden lähistöllä, ei kiintoaineen määrällä ollut vaikutusta harjusten tiheyteen. Koekalastuskohteen sijainnilla, koskialueen määrällä sekä poikasalueiden kokonaismäärällä ei myöskään ollut vaikutusta poikastiheyksiin. Lohen ja taimenen poikasten habitaattivaatimusten ollessa lähellä harjusta, rajoittanee kutusorakoiden määrä alueiden soveltuvuutta ja poikastiheyksiä myös näiden lajien osalla. Kunnostussuunnitelmissa tulee ottaa huomioon kutu- ja pienpoikasalueiden lisääminen sekä Sanginjoen veden alhaisen pH:n nosto esim. kalkitseamalla.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Biological and Environmental Science

Fish Biology and Fisheries

Tertsunen, Jermi: Muhos and Sanginjoki rivers as salmonid habitats

Master of Science Thesis: 30 p.

Supervisors: PhD Timo Yrjänä, PhD, doc. Juhani Pirhonen

Inspectors: PhD, doc. Juhani Pirhonen, MSc Jukka Syrjänen

June 2006

Key Words: Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), trout (*Salmo trutta* L.), grayling (*Thymallus thymallus* L.), habitat, water quality

ABSTRACT

Habitats suitable for salmonids were mapped in 2004 and 2005 in Oulujoki river's tributaries Muhosjoki and Sanginjoki. Also the water quality was observed and the factors affecting the density of salmonids were studied. The juvenile densities and the possible reproduction of salmon and sea trout were investigated by electro-fishing. Factors chosen to the study were mostly physical because changes to physical environment are possible by water restoration projects in the future. The aim of the research was to get information of the habitats in Oulujoki river area and to achieve knowledge of the factors affecting to the success of salmonids. Also the study had to provide setting for directions of fisheries- and water management in Oulujoki River and its tributaries.

In Muhosjoki River the counted juvenile habitat area was 216 ares and spawning habitat area 4,9 ares. In Sanginjoki River the juvenile habitat area was 286 ares and spawning habitat area 5,7 ares. Contrary to Muhosjoki, in Sanginjoki there were also some spawning gravels where the particular matter was not noticed. In spite of high concentrations of particular matter and iron plenty of grayling juveniles were caught in Muhosjoki. Few one-summer-old salmon fingerlings were caught in Sanginjoki although the pH was occasionally under 5. These fingerlings were caught in lower section of Sanginjoki, where the pH and alkalinity were a bit better compared to the other parts of the river.

The amount of suitable spawning area in respect to amount of rapid area had a remarkable effect on the density of graylings. The effect on the density of 0-year-old graylings was greater in shorter section of river than in longer section. Based on the results graylings are staying close to the spawning areas after hatching and got to have habitats suitable for small fingerlings nearby. The amount of small juveniles habitat area affected also on the density of graylings but less than the amount of spawning area. Although the density rose nearby the cleaner spawning grounds the influence of the amount of particular matter was not significant. Nor the location of the place electro-fished neither the amount of rapid area or the whole amount of juvenile area did not influence the density of juveniles. Based on the similarity of grayling, trout and salmon habitats the lack of spawning areas may also have influence on the success of the salmon and trout. According to this study, restoration plans should pay attention to the lack of spawning- and small juvenile areas and the low pH in Sanginjoki River.

Sisältö

1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUKSEN TAUSTA.....	5
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	7
3.1. Tutkimusalueet	7
3.1.1. Muhosjoki.....	7
3.1.2. Sanginjoki.....	8
3.2. Vedenlaatu	9
3.3. Soveltuvien kutu- ja poikasalueiden kartoitus	10
3.3.1. Kartoituksessa käytetyt menetelmät	10
3.3.2. Aineiston käsittely	11
3.4. Sähkökalastus	12
3.5. Tilastolliset menetelmät	12
4. TULOKSET.....	13
4.1. Vedenlaatu	13
4.1.1. Muhosjoki.....	13
4.1.2. Sanginjoki.....	14
4.2. Kutu- ja poikasalueiden kartoitus.....	16
4.3. Sähkökalastus ja ympäristön vaikutus harjuksen poikastiheyksiin.....	18
4.3.1. Sähkökalastussaaliit	18
4.3.2. Ympäristömuuttajat ja harjuksen poikastiheys.....	20
5. TULOSTEN TARKASTELU	21
5.1. Vedenlaatu	21
5.1.1. Kiintoaine ja sameus	21
5.1.2. Happamuus, alkaliniteetti ja rauta	22
5.2. Lohikaloille soveltuvien kutu- ja poikasalueiden kartoitus	23
5.2.1. Muhosjoki.....	24
5.2.2. Sanginjoki.....	24
5.3. Tutkimusalueiden laatu sähkökalastusten perusteella	25
5.3.1. Lohikalat.....	25
5.3.2. Muut tutkimusalueella esiintyneet lajit	26
5.4. Ympäristömuuttajien vaikutus lohikalojen poikastiheyksiin.....	26
6. JATKOTOIMENPITEET	27
KIRJALLISUUS	28

1. JOHDANTO

Lohikaloille soveltuvien lisääntymis- ja poikasalueiden määrää ja laatua kartoitettiin Oulujoen alaosalle laskevilla Sangin- ja Muhosjoella vuosina 2004 ja 2005. Lisäksi selvitettiin veden laadun asettamia rajoituksia sekä mahdollisuuksia kutu- ja poikasalueiden lisäämiseen ja parantamiseen liittyen jatkossa tehtäviin elinympäristökunnostuksiin. Kartoitus tehtiin latvavesistä Oulujoelle saakka, sillä jokialueiden latvaosien pienimuotoisuudesta huolimatta valuma-alueen ongelmien selvittämisen kartoitusten yhteydessä katsottiin olevan hyödyksi jatkotutkimuksia varten. Tutkimus toteutettiin, koska kesästä 2003 saakka merestä nousevilla vaelluskaloilla on ollut mahdollisuus nousta Oulujoen alaosan vesistöihin Merikosken kalatien valmistumisesta johtuen. Merikosken kalatien yläpuolisten sivujokien potentiaalista lohen ja taimenen lisääntymis- ja elinalueina ja mahdollisesta kalataloudellisesta kunnostustarpeesta ei aiemmin ole ollut tietoa. Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään päätettäessä kalateiden rakentamisesta myös muihin Oulujoen voimalaitoksiin.

Osana tätä selvitystä tarkasteltiin vedenlaadullisia tekijöitä, joista mm. kiintoaineen kulkeutumisen ja happamuuden on arveltu heikentävän kalojen elinmahdollisuuksia ja kutu- ja poikashabitaattien laatua. Kummankin joen valuma-alueella harjoitetaan turvetuotantoa ja voimallista metsätaloutta. Lisäksi Muhosjoen keski- ja yläosan alueita on mm. kanavoitu maankuivatukseen ja tulvasuojelun vuoksi 50- ja 90-luvuilla (Niemelä & Mäntyniemi 1998, Liikamaa 2000). Yhdessä nämä toimenpiteet saavat liikkeelle runsaasti ainesta valuma-alueilta ja kiintoainekuorman vuoksi kutusoraikoita on peittynyt sekä veden laatu huonontunut. Sanginjoella voimistuneiden virtaamapiikkien yhteydessä esiintyy lisäksi happamia jaksoja (Pitkänen 2004). Vedenlaadun ajallisesta ja alueellisesta vaihtelusta tutkimusalueilla ei kuitenkaan aiemmin ole ollut tarkkaa kuvaa. Happamuus- ja kiintoaineselivityksien perusteella voidaan mm. jatkossa tarkemmin rajata mahdolliset valuma-aluekunnostuksia kaipaavat alueet sekä pohtia erilaisten happamuutta ja kiintoainepitoisuutta alentavien toimenpiteiden kohdentamista.

Jokien erilaisuuden ja jokien sisäisen vaihtelevuuden vuoksi katsottiin tarpeelliseksi selvittää myös eräiden ympäristötekijöiden mahdollisia vaikutuksia lohikalojen poikastiheyksiin. Kartoitusten avulla saatiin tietoa tutkimusalueen ominaisuuksista - ympäristömuuttujista, joihin erityisesti kalataloudellisilla kunnostuksilla voitaisiin vaikuttaa. Tämän vuoksi poikastiheyksiin vaikuttavista tekijöistä painotettiin tässä yhteydessä mm. erilaisia fysikaalisia ominaisuuksia, kuten pienpoikas- sekä kutualueiden määrää ja kuntoa. Vaikka lohikalojen habitaattitutkimuksissa on selvitetty erikokoisille poikasille soveltuvia fysikaalisia ominaisuuksia, tutkimustietoa juuri poikastiheyksiin suoranaisesti vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä ei ole aiemmin ollut käytettävissä. Vedenlaadun vaikutukset lohikalojen ja niiden mädin selviytymiseen ovat osittain tunnettuja myös tutkimusalueella tehtyjen kokeiden perusteella (Visuri ym. 2003, Louhi ym. 2006), mutta muista alueen soveltuvuuteen vaikuttavista seikoista kuten pienpoikasten selviytymisestä, siihen vaikuttavista tekijöistä sekä potentiaalisten kutu- ja poikasalueiden laajuudesta Sangin- ja Muhosjoessa sekä niiden sivupuroissa ei ole ollut tietoa.

2. TUTKIMUKSEN TAUSTA

Lohen ja taimenen luontainen elinkierto Oulujoen vesistössä hiipui Oulujoen alimman kosken, Merikosken, voimalaitoksen valmistuttua vuonna 1948. Vaelluksen estymisen ohella padottu pääuoma tarjosi lohikaloille soveltuvia habitaatteja niukasti. Nykyisten voimalaitosten väliset patoaltaat ovat yleisesti lohikaloille soveltumattomia alueita mm.

virtaavien alueiden puuttumisen, sileiksi ruopattujen pohjien ja lyhytaikaissäännöstelystä johtuvien suurten virtaamavaihteluiden vuoksi. Vastaavissa olosuhteissa jokisysteemiin kuuluvien sivu-uomien merkitys mm. lohikalojen elinalueina korostuu, mikäli ne ovat säilyttäneet koskimaisia piirteitä ja elinolot muuten vastaavat elinympäristövaatimuksia.

Vaikka voimataloudesta aiheutuvia haittoja kompensoidaan Oulujoen alueella pääasiassa kalaistutuksilla, rakennettiin Merikosken voimalaitoksen yhteyteen vuonna 2003 kalatie, jonka jälkeen mm. lohilla ja taimenilla on ollut vapaa pääsy Montan ja Merikosken voimalaitoksien väliseen patoaltaaseen. Pääuoman elinalueiden määrän ollessa vähäinen (Van der Meer ym. 2006) huomio kohdistui patoaltaaseen laskeviin kahteen merkittävään sivu-uomaan, Muhos- ja Sanginjokeen ja niiden mahdollisuuksiin toimia merestä nousevien lohikalojen elinalueina. Mädinhaudontakokeiden perusteella taimenen mäti selviytyy Muhos- ja Sanginjoessa talven ylitse paikoin kohtuullisesti, mutta eräillä alueilla munat ovat tuhoutuneet kokonaan (Visuri ym. 2003, Louhi ym. 2006). Lohikaloista ainoastaan harjuksen tiedetään viihtyvän kohtuullisesti Muhosjoella, mutta lohien ja taimenen selviytyminen tutkimusjoissa on toistaiseksi ollut epävarmaa. Soveltuvuuden arvioimiseksi tarvittiin habitaattikartoituksia, vedenlaadun seurantaa sekä koekalastuksia sivujoilla. Erityisesti tietoa merestä vuosina 2003 ja 2004 nousseiden lohien ja taimenten mahdollisesta lisääntymisestä ja poikasten selviytymisestä sivujoissa haluttiin saada. Rajoittavia tekijöitä tuli selvittää tulevia valuma-alue- ja kalataloudellisia kunnostushankkeita silmällä pitäen.

Lohikalojen elinympäristöjen vaatimista eri fysikaalisista ominaisuuksista on jo jonkin aikaa ollut käytettävissä tutkimustietoa. Keskeisiä tekijöitä habitaatin soveltuvuudessa ovat pohjan laatu, virtausnopeus ja veden syvyys virta-alueilla. Lohien ja taimenen habitaa- tinvalinta on hyvin samankaltaista, vaikkakin pieniä eroja esimerkiksi kutupesien sorajakaumissa sekä poikashabitaattien virtausnopeuksissa on havaittu. Soveltuvilla virtausnopeuksilla, syvyyksillä ja pohjan laaduilla ei ole kovin tarkkoja rajoja, vaikka täysin optimaaliset olosuhteet mm. poikasille näyttävät hieman vaihtelevan eri tutkimuksien mukaan (Huusko ym. 2003, Louhi & Mäki-Petäys 2003). Habitaatin valintaa näyttäisikin ohjaavan erityyppisten alueiden saatavilla olevuus tiettyjen kriteerien kuitenkin täytyessä (Crisp & Carling 1988, Sempeski & Gaudin 1995). Vaikka lohikalojen habitaattitutkimuksissa kalojen eniten valitsevat ympäristömuuttujien ominaisuudet poikkeavat lajeittain hieman toisistaan, samankaltaiset alueet näyttävät pääosin soveltuvan taimenen, lohien sekä harjuksen poikasille. Toisaalta mm. optimaaliset veden virtausnopeudet ovat lohella ja taimenella harjuksenpoikasia hieman suuremmat (Huusko ym. 2003).

Muhosjoella yleiseksi ongelmaksi on koettu uoman perattujen osien morfologisen yksipuolisuuden lisäksi veden mukana kulkeutuva aines, kuten hiekka ja kiintoaine. Runsaista kiintoainepitoisuuksista on huomattavaa haittaa lohikalojen lisääntymiselle ja selviytymiselle virtaavissa vesissä. Orgaanisen ja epäorgaanisen kiintoaineen kerääntyminen kutusoraikoille esimerkiksi aiheuttaa hapenpuutetta kehittyville alkioille sekä hajotessaan että estäessään veden vapaan vaihtuvuuden soran sisällä. Lisäksi mm. kiintoaineen hajoamisprosessit kuluttavat happea, veden vaihtuvuuden estyessä haitalliset aineenvaihduntatuotteet eivät pääse poistumaan kutupesästä eikä uutta hapekasta vettä pääse soraikon sisään (Chapman 1988, Bjornn & Reiser 1991, Pauwels & Haines 1994, Crisp 1996, Rubin 1998). Toisaalta soraikon päälle tiiviisti jäävä epäorgaaninen aines voi estää kuoriutuvien poikasten pääsyn pois soraikon sisästä (Rubin 1998). Erityisesti mädin hautoutumiselle haitallista on alle 1-2 mm:n hienoaine (Crisp 1996, O'Connor & Andrew 1998, Tappel & Bjornn 1983, Soulsby ym. 2001).

Sanginjoella puolestaan veden pH on ollut viime vuosina alhainen. Erityisesti kevät- tulvien aikaan arvot laskevat huomattavasti (Pitkänen 2004). Alhainen pH vaikuttaa sekä

mädin selviytymiseen (Peterson 1980, Haines 1981, Vuorinen ym. 1998, Korsu ym. 2003) että erityisesti kaiken ikäisten poikasten selviytymiseen aina ruskuaispussipoikasesta vaelluspoikaseen (Kilpinen 1988, Alabaster & Lloyd 1982, Mc Donald & Wood 1992, Peuranen ym. 1994, Vuorinen 1998). Happamuudelle erityisen herkkiä vaiheita lohikalojen kasvussa ovat kuoriutumisen jälkeinen vaihe (ruskuaispussivaihe, jolloin ionitasapainon säätely ei vielä ole kehittynyt kunnolla), poikasvaihe yleensä sekä lohella ja taimenella erityisesti smolttiutumisaika, jolloin vaelluspoikasessa tapahtuu runsaasti muutoksia myös ionisäätelyssä (mm. Kwain 1975, Menendez 1976, Vuorinen 1998, Soivio ym. 1998). Metallien kuten alumiinin ja raudan reaktiivisten muotojen ja alhaisen pH:n yhteisvaikutukset ovat erityisen vaarallisia kaloille (Haines 1981, Vuorinen ym. 1998). Lohikaloilla happamuudensietokyky vaihtelee lajeittain, mm. taimenen on todettu sietävän harjasta ja lohta paremmin alhaisia pH-arvoja (Alabaster & Lloyd 1982, Skogheim & Rosseland 1984, Kilpinen 1988, Poleo ym. 1997, Vuorinen ym. 1998). Vesistöissä, missä alumiinin ja raudan vapaita muotoja on runsaasti, pH-arvot voivat olla tappavia mm. harjukselle jo laskiessaan alle kuuden. Taimenen ruskuaispussipoikasen on puolestaan todettu kestävän n. 0,5 pH-yksikköä happamampaa vettä kuin harjuksen ruskuaispussipoikasen vastaavissa oloissa (Vuorinen 1998). Myös saman lajin eri kannat voivat olla sietokyvyltään hieman erilaisia (Gjvedrem 1976, Dalziel ym. 1995).

Edellä mainittuihin pohjatietoihin perustuen laadittiin sivujokien potentiaalinen selvittämiseksi tutkimussuunnitelma. Tämä selvitys poikas- ja kutualueista, elinalueiden kunnosta sekä lohikalojen poikastiheyksiin mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä tehtiin Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen toimesta osana Vaelluskalojen lisääntymis- ja kalastusmahdollisuuksien parantaminen Oulujoen alaosalla – hanketta. Hankkeen päärahoitus saatiin Pohjois-Pohjanmaan TE-keskuksen maaseutuosaston Alueellisesta maaseutuohjelmasta (ALMA-ohjelma), minkä lisäksi rahoitukseen osallistuivat Oulun kaupunki, Muhoksen kunta, Fortum Power and Heat Oy Turveruukki Oy ja Vapo Oy. Tutkimuksen päämääränä oli antaa kuvaa lohikalojen elinympäristöistä alueellisesti ja saada tietoa lohikalojen menestymiseen vaikuttavista tekijöistä sekä erityisesti luoda pohjaa kalaston- ja vesienhoidon suuntaamiseksi Oulujoen alaosan sivujoilla.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

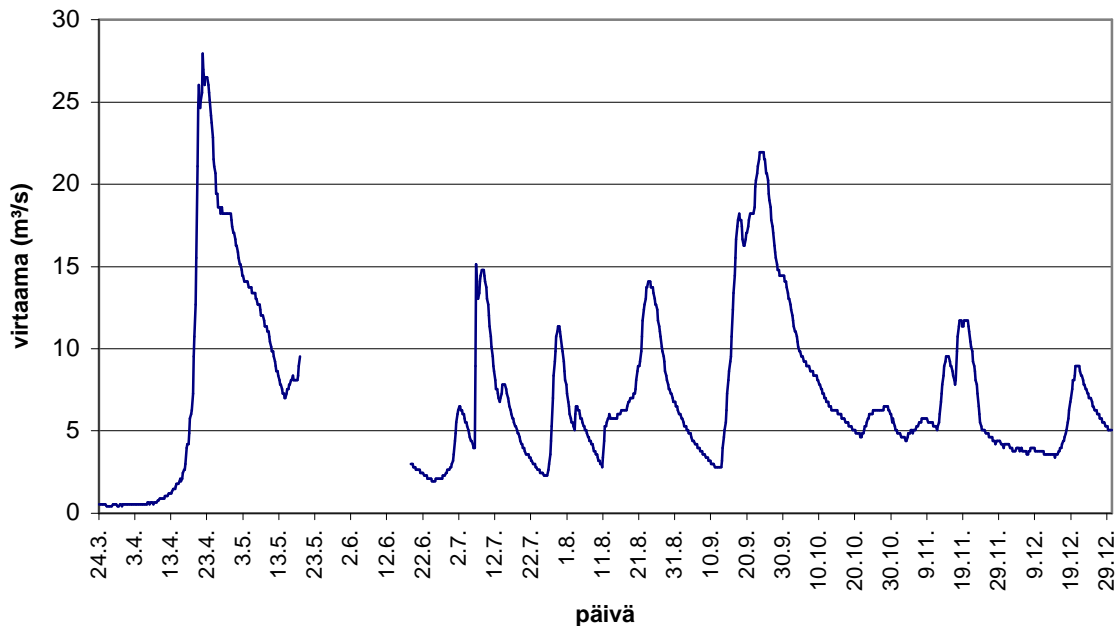
3.1. Tutkimusalueet

3.1.1. Muhosjoki

Muhosjoki saa alkunsa Pelson soilta Vaalan kunnasta, minkä jälkeen se virtaa Muhoksen kunnassa pääosin kaakosta luoteeseen Kylmälänkylän, Mökkikylän ja Tupun peltoaukeiden halki. Tupun alapuolella joki mutkittelee syvällä kanjonissa erämaisen harjualueen halki Muhosperälle ja laskee n. 70 kilometrin matkan jälkeen Oulujokeen Montan voimalaitoksen alapuolella Muhoksen keskustassa. Muhosjokeen laskee kolme suurempaa sivu-uomaa: Kangas- ja Leppijoki Kylmälän- ja Mökkikylän välillä sekä Poikajoki Muhosperän alueella (liite 1).

Muhosjoen valuma-alueen pinta-ala (F) on 537,4 km² ja järvisyys (L) vain 0,35 % (Ekholm 1993), minkä vuoksi virtaamavaihtelut ovat usein voimakkaita ja nopeita. Muhosjoella ei ole viime vuosina tehty riittävän kattavia virtaamamittauksia, joten avovesikauden 2004 virtaamat arvioitiin muuttamalla läheisen Sanginjoen virtaamamittausten tulokset Muhosjokea vastaaviksi ko. jokien valuma-alueiden pinta-alojen suhteen avulla. Kesäkauden (1.6.–30.9.) arvioitu keskivirtaama (MQ) oli vuonna 2004 7,67 m³/s, mikä on aiempien

vuosien arvioihin verrattuna kohtalaisen suuri; mm. vuonna 2003 saman ajanjakson keski-
virtaamaksi arvioitiin 2,65 m³/s. Lisäksi virtaamien vaihtelu vuonna 2004 oli voimakasta
(kuva 1).

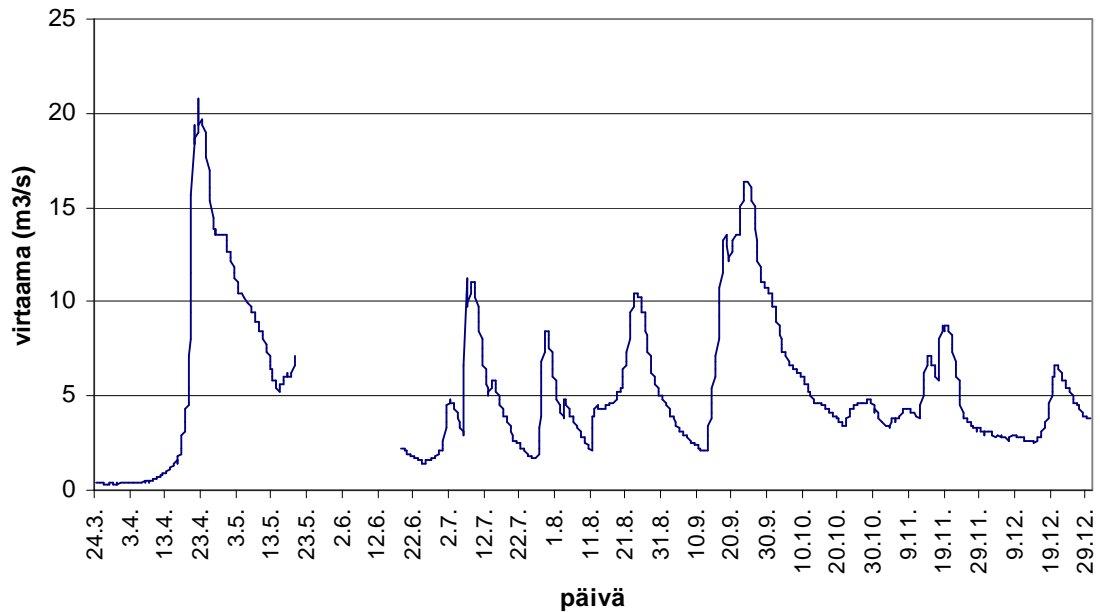


Kuva 1. Muhosjoen virtaama tutkimusjaksolla 2004 Sanginjoen mittausaseman virtaamatiетojen perusteella (virtaama arvioitu ko. jokien valuma-alueiden pinta-alojen suhteen avulla). Virtaamatiетot touko-kesäkuulta puuttuvat mittausaseman korjauksen vuoksi.

3.1.2. Sanginjoki

Sanginjoki saa alkunsa Sanginjärvestä Utajärven kunnasta, minkä jälkeen se virtaa Ylikiimingin, Muhoksen ja Oulun kaupungin alueilla pääosin idästä länteen laskien Oulujokeen Sanginsuun kylässä. Pääuoman kokonaispituus on n. 66 km. Joen yläosalla alue on metsäistä ja erämaista, kunnes joen puolivälissä Aittokylästä alaspäin joki virtaa muutami-
en haja-asutusalueiden halki (liite 2). Alaosalla Oulun kaupungin alueella loma- ja vaki-
tuista asutusta on hieman enemmän, minkä lisäksi jokivarressa harjoitetaan myös jonkin
verran maataloutta. Turvetuotantoa esiintyy valuma-alueella Kivelästä alaspäin, metsäta-
louden maankäyttöä koko joen matkalla. Ainoa merkittävä sivu-uoma, Koivujoki, laskee
Sanginjokeen Aittokylän yläpuolella (liite 2).

Sanginjoen valuma-alueen pinta-ala on 399,93 km² ja järvisyys 2,71 % (Pitkänen
2004). Suurimmat järvet ovat Sanginjärvi Utajärvellä ja Iso-Vuotunki Ylikiimingissä. Kes-
kivirtaama (MQ) vuosina 1961-1990 on ollut 4,6 m³/s (arvioitu Oulujoen Merikosken ja
Kiiminkijoen Haukiputaan mittausten perusteella valuma-alueiden suhteessa). Tutkimus-
jakson aikana vuonna 2004 virtaama vaihteli voimakkaasti ollen alhaisimmillaan 24.6.
(1,45 m³/s) ja korkeimmillaan 22.4. (20,80 m³/s). Kasvukauden (1.6. – 30.9.) keskivirtaama
oli 5,70 m³/s virtaaman vaihdellessa tutkimusjaksolla runsaasti (kuva 2).



Kuva 2. Sanginjoen virtaama tutkimusjaksolla vuonna 2004. Virtaamatiedot touko-kesäkuulta puuttuvat mittausaseman korjauksen vuoksi.

3.2. Vedenlaatu

Vedenlaadun seuranta aloitettiin vesinäyttein korkeimpien virtaamien aikaan (21.4.2004). Tulva-aikaan näytteitä haettiin kerran viikossa ja virtaamien laskettua noin kaksi kertaa kuussa. Määritetyistä näytteistä käsiteltiin pH, rauta, alkaliniteetti, kiintoaine sekä sameus. Happea ei määritetty, sillä aiempien tutkimusten sekä Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen vedenlaaturekisterin mukaan happea on tutkimusalueen joissa runsaasti vuodenaikasta riippumatta. Näytteet analysoitiin Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen laboratoriossa (FINAS-akreditoitu testauslaboratorio T164) SFS-EN ISO/IEC 17025 -menetelmien mukaisesti.

Vesinäytenpisteet sijoitettiin kummallekin joelle siten, että ne sijaitsivat jokien ylä-, keski- ja alaosilla. Muhosjoella pisteet olivat Kylmälänkylässä Ahmaksentien sillalla (VM1), Huikolassa (VM2), Ämmäkoskella (VM3) sekä jokisuun pohjapadolla (VM4) (liite 1). Sanginjoella pisteet sijaitsivat Kivelässä (VS1), Sanginkosken sillalla (VS2) ja lähellä jokisuuta 830-tien sillalla (VS3). Lisäksi joen alaosalla (pisteen VS3 yläpuolella) oli jatkuvatoiminen mittauspiste (VS4), jonka kohdalta noudettiin vertailunäytteitä kahden viikon välein mittauslaitteen tulosten varmistamiseksi (liite 2). Jatkuvatoiminen mittausasema rekisteröi veden pH-arvon, veden pinnan korkeuden sekä lämpötilan kuuden tunnin välein.

Vedenlaatutuloksissa huomiota kohdistettiin erityisesti kiintoainearvoihin ja Sanginjoella lisäksi pH-arvoihin, sillä mitatut vedenlaadulliset tekijät eivät vaikuta yhtä merkittävästi lohikalojen menestymiseen ko. vesistöissä. Tämän vuoksi kiintoainetietoja kerättiin kummallakin joella myös visuaalisesti (ks. kappale 3.3.1). Sanginjoella happamuustilannetta kartoitettiin vedenlaatuanalyysien lisäksi käsikäyttöisellä Mettler Toledo MP120 pH-mittarilla, jossa elektrodina käytettiin Twinlab 418 –elektrodiä. Käsimitarilla pystyttiin mittaamaan pH-arvo useista paikoista tarvittaessa lyhyenkin ajan sisällä. Mittauksia tehtiin kevään korkeiden virtaamien lisäksi myös voimakkaampien sateiden jälkeen kesän aikana tai jatkuvatoimisen tarkkailupisteen ilmoittaessa alhaisia (pH alle 5) arvoja. Käsikäyttöisel-

lä pH-mittarilla veden happamuutta mitattiin koko pääuoman matkalla sähkökalastuskoh- teiden lähistöllä (paikat esitetty liitteessä 2).

3.3. Soveltuvien kutu- ja poikasalueiden kartoitus

3.3.1. Kartoituksessa käytetyt menetelmät

Sangin- ja Muhosjoen virtapaikkojen soraikot ja poikaskivikot paikannettiin kahlaa- malla, rautatangolla tunnustellen sekä vesikiikarein. Alueiden pinta-alat määritettiin paikan päällä mittaamalla. Sorapatjojen paksuus mitattiin rautatankoon yhdistetyllä mitalla. Kar- toituksissa lisääntymis- ja poikasalueet eroteltiin ainoastaan soveltuviin ja soveltumatto- miin alueisiin eikä alueen laadussa käytetty erikseen luokittelevaa asteikkoa. Kriteereinä soveltuviksi lisääntymis- ja poikasalueiksi valittaessa käytettiin lohen ja taimenen eri elin- kierron vaiheille eri tutkimuksissa arvioituja kriteerejä (mm. Huusko ym. 2003, Louhi & Mäki-Petäys 2003) sekä kartoittajien aiempia kokemuksia. Kriteerit olivat:

Kutusoraikko

- vähintään 0,25 m²:n alue (pituus vähintään 50 cm)
- pohjan raekoko 2 – 120 mm
- 2 mm tai hienompaa ainesta vähemmän kuin 50 %
- sorapatjan paksuus vähintään 5 cm
- alueen virtausnopeus 10 – 80 cm/s ja syvyys vähintään 15 cm

Poikasalue

- yli 1 m²:n kivikko
- virtausnopeus 10 – 80 cm/s ja syvyys noin 10 – 100 cm

Poikas- ja kutualueiden raekoot arvioitiin silmämääräisesti vesikiikareita apuna käyt- täen. Pohjan raekoon määrityksessä käytettiin sovellettua Wentworthin asteikkoa 0-10 (Malavoi & Souchon 1989, liite 3) ja ylös kirjattiin alueen vallitsevin ja toiseksi vallitsevin raekoko. Poikas- ja kutualueiden virtausolosuhteet mitattiin Schiltknecht MiniAir2 – virtausnopeusmittarilla, jossa siivikkona oli Schiltknecht Mini (22.05) –siivikko. Mittauk- set tehtiin alueen edestä, takaa ja sivuilta syvyydeltä 0,6 x kokonaissyvyys (kuva 3). Koko- naissyvyys mitattiin siivikon varteen kiinnitettyllä mitalla. Lisäksi kutu- ja poikasalueille kertyneen kiintoaineen määrää arvioitiin vesikiikareita käyttäen. Kiintoaineen määrässä käytettiin luokitusta, missä alue sai arvon 0-5 siten, että

0 = ei kertynyttä ainesta

1 = hyvin vähän; kerrostuman vahvuus 0,5 mm, peittävyys < 50 %

2 = vähän; kerrostuman vahvuus alle 1 mm

3 = kohtalaisesti; kerrostuman vahvuus n. 1 mm, peittävyys yleensä 50-100 %

4 = runsaasti; kerrostuman vahvuus 1-2 mm, peittävyys yleensä 50-100 %

5 = erittäin runsaasti; kerrostuman vahvuus yli 2 mm, peittävyys yleensä 50-100 %

Kyseistä luokitusta on käytetty mm. Iijoen yhteistarkkailuohjelmassa (PSV – Maa ja Vesi Oy 1996) sekä Siuruanjoen habitaattimittauksissa (Tertsunen 2003).



Kuva 3. Habitaattimittauksia Muhosjoella 2004.

Löydetyistä ja soveltuvista poikas- ja kutualueista tehtiin maastossa peitepiirroksia. Jokiuomaan piirrettiin erikseen soraikot ja kivikot eri symbolein, suuremmat kivet, sivu-uomat, päävirtauksen paikat, nousuesteet sekä vesikasvillisuus. Lisäksi habitaattikartoissa huomioitiin mahdolliset ongelmat sekä tehtiin muita huomioita kunnostustoimenpiteitä varten. Maastokartoilta poikas- ja kutualueet digitoitiin Autodesk Map 2004 -ohjelmalla ohjelman kartta-aineistoon myöhempää tarkastelua varten. Karttoja voidaan jatkossa käyttää apuna kalataloudellisten kunnostuksien lisäksi myös sähkökalastuksissa, kutusorakoissa, habitaattien soveltuvuustutkimuksissa sekä muuhun vesistön käyttöön liittyvissä toimenpiteissä kuten melontareittien suunnittelussa.

3.3.2. Aineiston käsittely

Lohen ja taimenen elinympäristöjen inventointituloksia käsiteltäessä joet jaettiin jaksoihin (ylä-, keski- ja alaosat, liitteet 1 ja 2). Kaikille jaksoille laskettiin paikannettujen kutualueiden sekä poikasalueiden pinta-alat ja kappalemäärät. Poikasalueista lisäksi osa luokiteltiin pohjan laadun mukaan erikseen pienpoikasalueiksi:

Pienpoikasalueeksi laskettiin kaikki kivikot, joiden vallitsevin (vähintään 50 %) raekoko oli luokkaa 7 sekä kivikot, joiden vallitsevin raekoko oli luokkaa 6 mutta toiseksi vallitsevin (vähintään 25 %) luokkaa 8 tai 7 (ks. liite 3). Lisäksi pienpoikasalueeksi laskettiin kivikot, joiden vallitsevin raekoko oli luokkaa 8 mutta toiseksi vallitsevin luokkaa 7 tai 6. Suurempien poikasten habitaateiksi puolestaan laskettiin kaikki muut eli käytännössä pohjan laadultaan karkeammat kivikot. Suurempien poikasten alueita olivat kaikki vallitsevalta raekooltaan luokkaa 9 olevat kivikot sekä alueet, joiden vallitseva raekoko oli luokkaa 8 mutta toiseksi vallitsevin alle 6 tai yli 7.

3.4. Sähkökalastus

Tutkimusjokien virtavesikalaston selvittämiseksi Muhosjoella sähkökoekalastettiin 14 kohdetta ja Sanginjoella 16 kohdetta (liitteet 1 ja 2). Alueiden kalaston selvittämisen ohella pyrittiin erityisesti löytämään Merikosken kalaportaasta vuosina 2003 ja 2004 nousseiden lohien ja taimenten poikasia sekä täydentämään kala-aineistoa ympäristömuuttujien vaikutusten tarkastelemiseksi. Sähkökalastukset suoritettiin alimpien virtaamien aikaan heinäkuussa 2005. Kukin koeala kalastettiin kertaalleen alhaalta ylöspäin ilman sulkuverkkoja. Kaikki saadut lohikalat mitattiin ja punnittiin yksilöllisesti ilman nukutusta. Pituus kirjattiin millimetrin ja paino gramman tarkkuudella. Muiden kalojen osalta määritettiin lajikohtainen kokonaismassa ja yksilömäärä. Lajikohtainen tiheys (kpl/aari) laskettiin kalastetun alueen pinta-alan avulla. Koska kukin koealue kalastettiin vain yhden kerran, on saatu tulos koealueen vähimmäiskalatiheys.

3.5. Tilastolliset menetelmät

Kartoituksessa mitattujen ympäristömuuttujien vaikutusta lohikalojen tiheyteen analysoitiin tilastollisin testein. Tilastollinen tarkastelu tehtiin Muhosjoen sähkökoekalastusaineistolle ja vain harjusten osalta muiden lohikalojen vähäisyyden vuoksi. Testeissä tarkasteltiin eri muuttujien vaikutusta sekä 0-vuotiaiden harjusten tiheyteen että harjusten kokonaistiheyteen. Vaikka inventoinnissa painotettiin lohien ja taimenen poikasten elinympäristövaatimuksia, katsottiin harjuksen elinympäristövaatimuksista erityisesti kudun ja osittain myös muiden elinvaiheiden olevan riittävän lähellä lohien ja taimenen elinympäristövaatimuksia. Tarkastelussa pyrittiin löytämään ns. minimitekijöitä eli lohikalojen esiintymistä erityisesti rajoittavia tekijöitä mm. kalataloudellisia kunnostuksia silmällä pitäen. Tilastolliset analyysit suoritettiin SPSS 10.0-ohjelmalla.

Harjustiheyksien ja kiintoainekertymien sekä harjustiheyksien ja koekalastuskohteen sijainnin välisiä yhteyksiä tarkasteltiin Spearmanin korrelaatioanalyysillä. Tätä varten kohteen sijainnit muutettiin järjestyslukuiksi, jolloin ylimmäinen kohde sai arvon 1 ja alimmainen arvon 14. Muiden muuttujien välistä yhteyttä tiheyksiin tarkasteltiin Pearsonin korrelaatioanalyysillä, jossa harjustiheyksien lisäksi muuttujina olivat:

- kutusoraikkojen määrä
- poikasalueiden kokonaismäärä
- pienpoikasalueiden määrä
- suurempien poikasten alueiden määrä
- koskialueen määrä

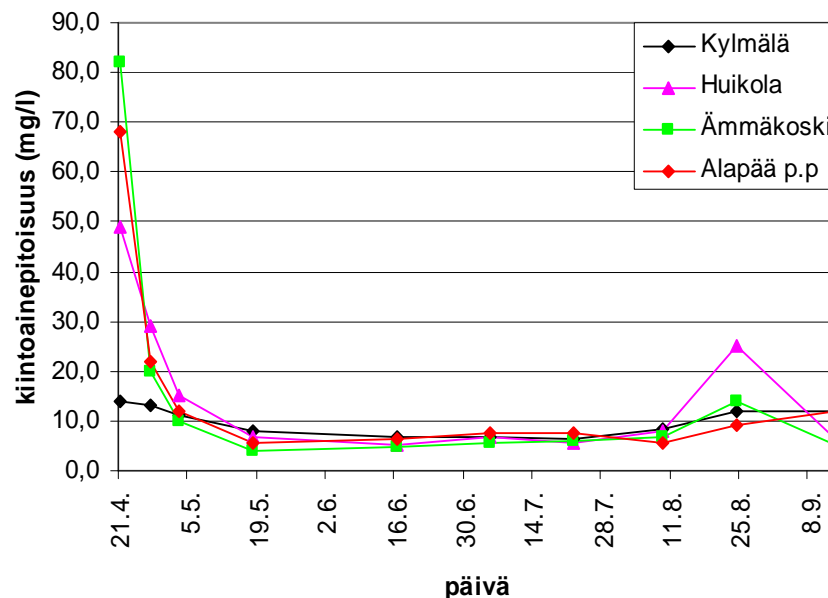
Määrät laskettiin erikseen 200, 1000 ja 2000 metrin mittaiselle jokialueelle koekalastuspisteen molemmin puolin suhteessa ko. alueen koskipinta-alaan. Koskialueen määrä puolestaan samankaltaistettiin eri koekalastuskohteiden välillä suhteuttamalla alueen koskipinta-ala ko. koekalastuspisteen alueen jokiuoman leveyteen. Tarkastelu tehtiin eripituksille jokijaksoille, jotta saataisiin tietoa poikasten mahdollisesta liikkuvuudesta kuoriutumisen jälkeen sekä poikasalueiden tarpeesta kutupaikkojen välittömässä läheisyydessä.

4. TULOKSET

4.1. Vedenlaatu

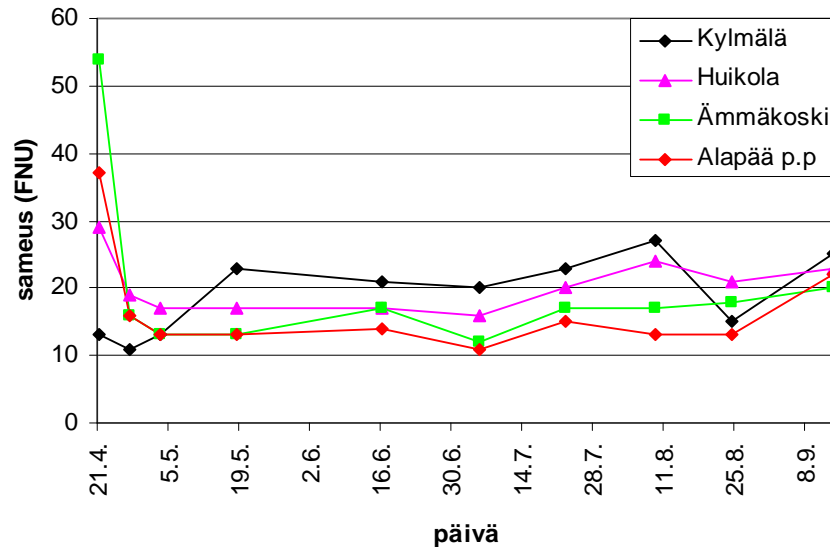
4.1.1. Muhosjoki

Muhosjoen vesi sisälsi runsaasti kiintoainetta. Erityisesti keväällä korkeilla virtaamilla joen keskiosasta alaspäin kiintoainearvot olivat korkeita, Ämmäkoskella (VM3) yli 80 mg/l. Myös Alapään pohjapadolla (VM4) ja Huikolassa (VM2) arvot olivat huhtikuussa korkeita, 49 ja 68 mg/l. Pitoisuudet laskivat nopeasti, ja kesällä kaikkien pisteiden kiintoainepitoisuus vakiintui välille 4,1 - 7,8 mg/l. Elokuun lopulla arvot nousivat jälleen hieman runsaiden sateiden myötä, mm. Huikolassa pitoisuus oli 25 mg/l (kuva 4, liite 4).



Kuva 4. Muhosjoen veden kiintoainepitoisuus (mg/l) kesällä 2004 (Alapää p.p = jokisuun länsihaaran pohjapato).

Sameus noudatti pitkälti kiintoainepitoisuuksien muutoksia. Tulva-aikaan huhtikuussa arvot olivat joen keskiosalla ja sen alapuoleisilla pisteillä korkeita, Ämmäkoskella (VM3) peräti 54 FNU (formazine nephelometric units). Huikolassa (VM2) ja alapään pohjapadolla (VM4) arvot olivat 29 ja 37 FNU, Kylmälässä (VM1) vain 13. Huhtikuun jälkeen Kylmälän arvot jostain syystä nousivat, ja olivat koko kesän korkeampia (20 – 27 FNU) kuin alemmilla pisteillä (11 – 24 FNU). Alaspäin mentäessä sameusarvot laskivat niiden ollessa alhaisimpia alapään pohjapadolla (kuva 5, liite 4).



Kuva 5. Muhosjoen veden sameus (FNU) kesällä 2004 (Alapää p.p = jokisuun länsihaaran pohjapato).

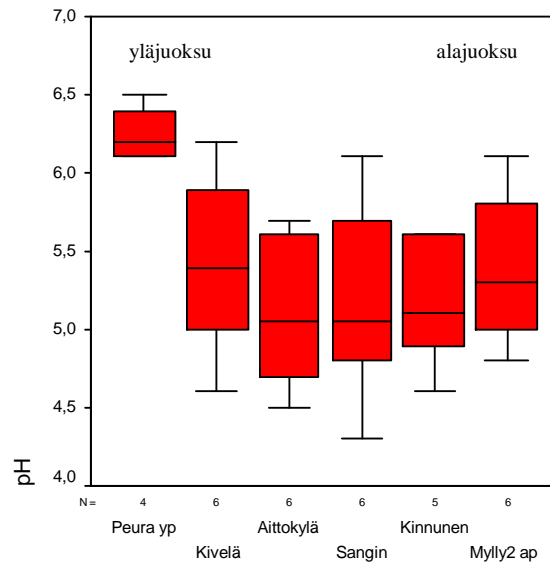
Veden pH pysyi hyvänä ja suhteellisen tasaisena koko jakson ajan vaihdellen välillä 6,0 – 7,3. Alhaisin arvo saatiin Kylmäälästä (VM1) huhtikuussa ja korkein arvo keskikesällä Alapään pohjapadolta (VM4). Happamuuden kehitys oli päinvastainen kuin kiintoaineella ja sameudella; tulva-aikaan arvot olivat alhaisempia ja keskikesällä pH-arvot olivat korkeimmillaan laskien hieman elokuun lopun runsaiden valuntojen aikaan. Alkaliniteetti nousi samoin kesän myötä pH:n mukana ja laski hieman syksyllä, vaihdellen pisteittäin välillä 0,111 – 0,703 mmol/l (liite 4).

Rautaa vedessä oli runsaasti, vaihdellen välillä 2900 – 9000 µg/l. Edellä mainitut arvot ovat peräisin Ämmäkosken näytteistä, missä vaihtelu oli suurinta. Raudan määrien vaihtelu oli samankaltaista kuin sameuden vaihtelu, keväällä ja elokuun runsaampivetisinä kausina arvot olivat hieman korkeammat kuin kesällä. Kesällä korkeimmat arvot olivat Kylmäälässä, 4300 - 5300 µg/l. Alaspäin mentäessä rautaa oli vähemmän, vähiten alapään pohjapadolla (2900 - 4300 µg/l, liite 4).

4.1.2. Sanginjoki

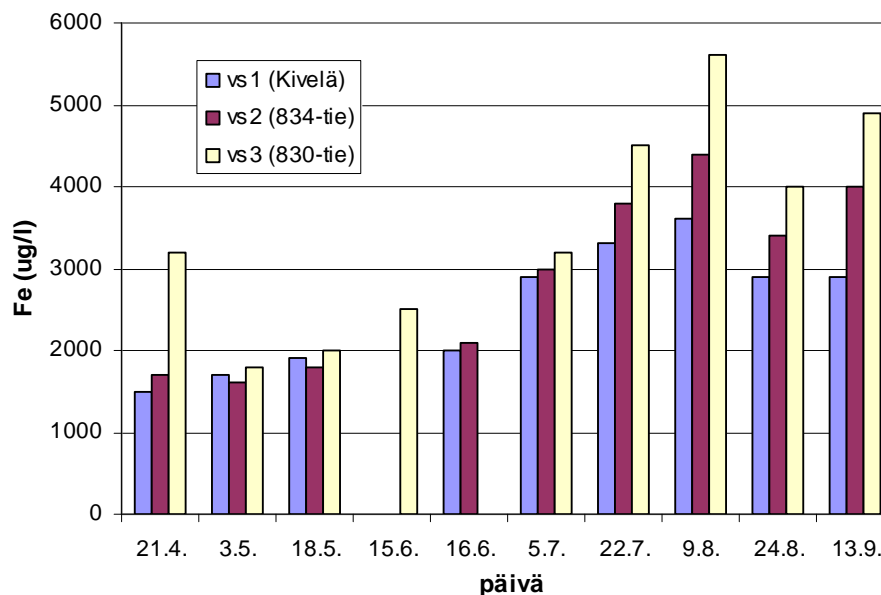
Sanginjoen pH oli vuonna 2004 usein alhainen. Huhtikuun sekä elo- ja syyskuun lopun vesinäytteiden pH oli paikoin alle 5. Alhaisin pH (4,7) vesinäytteissä oli 27.9. pisteellä VS2, Sanginkoskella. Tällöin myös joen alaosassa (VS3 ja VS4) pH oli alle viiden. Kuitenkin veden pH näytti kuivempina kausina pysyvän yli 5,5:n ja paikoin pH oli kesällä jopa yli kuuden (liite 5). Suurimpien sateiden ja virtaamien yhteydessä yleensä tehtyjen käsimittausten pH-arvot olivat puolestaan alimmillaan reilusti alle viiden; syyskuun lopulla pH oli paikoin 4,5 alimman arvon ollessa Sanginkoskella peräti 4,3 (liite 6).

Sekä vesinäyte- että käsimittaustulosten mukaan pH laski siirryttäessä yläjuoksulta kohti joen keskivaihetta alimpien arvojen ilmentyessä yleensä Sanginkoskella (VS2), minkä jälkeen pH nousi jälleen hieman kohti alajuoksua. Vaikka vuonna 2004 vaihtelu oli suurta, näytti joen ylimmillä osilla (Peurakoski) pH pysyvän käsimittausten perusteella lähes neutraalina myös huonoimpina aikoina ja pH:n olevan keskiosia korkeampi myös joen alaosalla (Myllykoski2), missä pH oli alimmillaan 4,8 (kuva 6). Happamuus vaihteli Sanginjoella pitkälti virtaaman mukaan (liite 7).



Kuva 6. Happamuus (pH) Sanginjoen käsimittauksissa eräillä joen ylä-, keski- ja alaosalle sijoituvilla sähkökalastuskohteilla vuonna 2004. Poikkiviivat kuvaavat mediaaniarvoja, laatikot ylä- ja alakvartileja ja janojen päät keskihajontoja.

Raudan määrä lisääntyi kesän edetessä. Huhtikuun näytteissä rautaa oli runsaammin (3200 µg/l) ainoastaan 21.4. pisteellä VS3 määrän pysyessä muutoin alle 2000 µg/l tasolla. Myös touko- ja kesäkuun näytteiden rautapitoisuudet olivat suhteellisen vähäisiä (n. 2000 µg/l), mutta heinäkuussa määrät nousivat tasolle 3000–4000 µg/l. Korkeimmillaan rautapitoisuus oli 9.8., jolloin pisteellä VS1 rautaa oli 3600, pisteellä VS2 4400 ja pisteellä VS3 peräti 5600 µg/l. Elokuun puolessa välissä pH:n laskiessa myös rautapitoisuus vedessä pieneni. Koko jokea arvioitaessa raudan määrä näytti kasvavan Sanginjoen yläosasta alavirtaa kohti. Erityisesti suuntaus ilmeni rautapitoisuuksien ollessa yli 2000 µg/l (kuva 7).



Kuva 7. Rautapitoisuus (µg/l) Sanginjoen vesinäytteissä vuonna 2004.

Alkaliniteetti eli veden puskurointikyky oli vuoden 2004 näytteissä yleensä hyvin alhainen vaihdellen välillä 0 - 0,1 mmol/l. Alkaliniteetti oli kuitenkin useammin lähellä nol-

laa kuin arvoa 0,1 mmol/l. Alkaliniteetin laskennallinen arvo oli ajoittain jopa negatiivinen (mm. pisteellä VS2 alkaliniteetin arvo oli sekä huhtikuun näytteissä että elokuun lopulla alle nollan). Alkaliniteetti näytti olevan vähäisimmillään suurempien virtaamien ja alhaisen pH:n aikaan. Suuntaus oli, että alkaliniteetti pysyi korkeimmalla joen alaosalla pisteellä VS3, kun taas alhaisimmillaan se oli yleensä keskiosalla pisteellä VS2 (liite 5).

Sanginjoen veden kiintoainepitoisuudet vaihtelivat suuresti. Erityisen korkeita arvoja ei vesinäytteissä kuitenkaan mitattu. Eniten kiintoainetta oli vedessä huhtikuun korkeimpien virtaamien aikaan; esimerkiksi pisteellä VS3 18 mg/l. Lisäksi korkeahkoja pitoisuuksia mitattiin heinäkuun lopulla sekä syyskuun puolivälissä (8,8 – 12,0 mg/l). Alhaisempien virtaamien aikaan pitoisuudet pysyivät kuitenkin tasolla alle 5 mg/l (liite 5).

Sameusarvot olivat Sanginjoella suhteellisen alhaisia vaihdellen välillä 2,9 – 12,0 FNU. Korkein arvo mitattiin pisteellä VS3 huhtikuussa, mutta arvot näyttivät nousevan hieman virtaamien noustua (mm. heinäkuun lopulla ja syyskuussa), eli ajallinen vaihtelu näytti olevan samankaltaista kuin kiintoainearvoilla. Joen alaosalla (piste VS3) arvot olivat kaikissa näytteissä hieman ylempiä pisteitä korkeampia (liite 5).

4.2. Kutu- ja poikasalueiden kartoitus

Muhoarjoella koski- ja poikasalueet ovat vähentyneet mm. perkausten seurauksena (kuva 8), mutta morfologialtaan lähes luonnontilaisia koski- ja niva-alueita esiintyi keskiosilta alaspäin siirryttäessä. Poikaskivikoita paikannettiin n. 2,16 ha ja soraikoita n. 0,05 ha virta- ja koskialueiden kokonaispinta-alan ollessa n. 10,35 ha. Huomattavaa oli mm. soraikoiden vähäinen määrä jokaisella alueella suhteessa poikaskivikoiden määrään, erityisesti Muhoarjoen keski- ja alaosalla. Vaikka alaosan paikannetut soraikat olivat keskimäärin suurimpia, yli puolet (54,7 % soraikoiden kokonaispinta-alasta) kutualueista sijaitsi joen yläosalla (taulukko 1).



Kuva 8. Perattua ja kanavoitua aluetta Muhoarjoen keskiosalla Leppijokisuulla. Kuvassa keskellä 90-luvulla rakennettu uoman oikaisu (n. 1 km). Joen vanhan, luonnontilaisen uoman niska kuvassa vasemmalla.

Sanginjoen kosket olivat morfologialtaan lähes luonnontilaisia lukuun ottamatta paikallisia myllyrakenteita ja –uomia (kuva 9). Poikaskivikoita paikannettiin kaikkiaan n. 2,86 ha ja soraikoita n. 0,06 ha virta- ja koskialueiden kokonaispinta-alan ollessa n. 8,16 ha. Koski- ja poikasalueista suurin osa oli joen alaosalla. Sanginjoen keskiosalla kutusoraikoita oli muita enemmän (48,5 % soraikoiden kokonaispinta-alasta), mutta mm. alaosalla soraikkojen määrä suhteessa poikasalueiden määrään oli vähäinen (taulukko 1). Sanginjoen alaosan soraikoista suurin osa sijoittui pienelle alueelle lähellä jokisuuta joen alimman kosken alle.



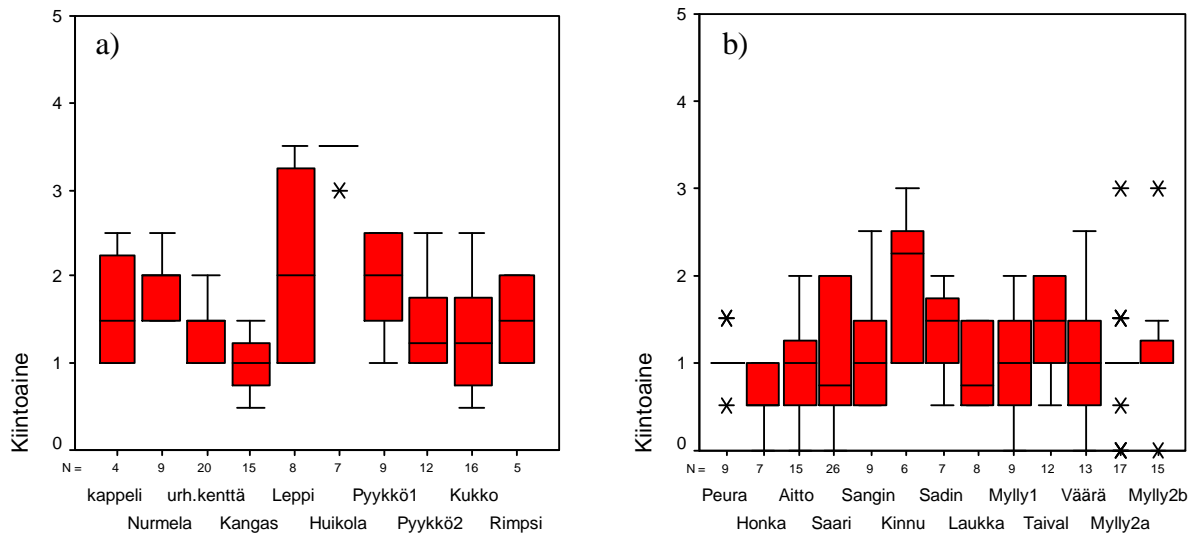
Kuva 9. Luonnontilaista koskialuetta Sanginjoen yläosalla Kivelässä.

Taulukko 1. Paikannettujen soraikkojen sekä poikaskivikoiden pinta-ala (ha), lukumäärä (kpl) ja keskikoko (ka m²) sekä suhteellinen osuus (%) Muhosjoen ja Sanginjoen ylä-, keski- ja alaosilla.

	poikaskivikot					kutusoraikat				
	ha	kpl	ka m ²	% (m ²)	% (kpl)	ha	kpl	ka m ²	% (m ²)	% (kpl)
Muhosjoki										
kokonaismäärä	2,16	559	38,6	100,0	100,0	0,049	196	2,5	100,0	100,0
yläosa	0,68	195	34,9	31,6	34,9	0,027	124	2,1	54,7	63,3
keskiosa	0,86	150	57,2	39,8	26,8	0,006	36	1,6	12,1	18,4
alaosa	0,62	214	28,9	28,6	38,3	0,016	36	4,5	33,2	18,4
Sanginjoki										
kokonaismäärä	2,86	786	36,3	100,0	100,0	0,057	275	2,1	100,0	100,0
yläosa	0,69	210	33,0	24,3	26,7	0,010	89	1,1	17,3	32,4
keskiosa	0,57	203	28,1	19,9	25,8	0,028	84	3,3	48,5	30,5
alaosa	1,59	373	42,7	55,8	47,5	0,019	102	1,9	34,2	37,1

Liittyen eri habitaattien määriin havaittiin muun tilastollisen tarkastelun yhteydessä alueen sijainnin vaikuttavan poikasalueiden suhteelliseen määrään koskialueilla: poikasalueiden kokonaismäärien ja pienpoikasalueiden määrien sekä kohteen sijainnin välillä vallitsi negatiivinen riippuvuus. Spearmanin korrelaatiokertoimet vaihtelivat välillä -0,538 - -0,618 ja merkitsevyydet välillä 0,021 - 0,044, eli poikasalueiden määrä suhteessa koskipinta-alaan näytti vähenevän alavirtaan mentäessä.

Muhosjoella kiinto- ja muuta hienoainesta näytti kerääntyvän eniten keskiosan soraikoille. Joen eri osien sisäinen vaihtelu oli suurta, mutta soraikoiden kiintoainearvon mediaani oli Leppijokisuulla 2 ja Huikolassa 3,5 muiden alueiden arvojen jäädessä yleensä alhaisemmiksi (kuva 8 a). Sanginjoella kerääntyneitä aineita oli hieman enemmän Kinnusen kohteen läheisyydessä, mutta yleisesti soraikoille kerääntyneitä kiintoainetta näytti olevan hieman vähemmän kuin Muhosjoella. Sanginjoelta paikannettiin myös soraikoita, joille kiintoainetta ei ollut kerääntynyt (kuva 8 b). Vaihtelu oli tosin Sanginjoella Muhosjokea suurempaa variaatiokertoimien ollessa Muhosjoella 49,8 ja Sanginjoella 64,6.



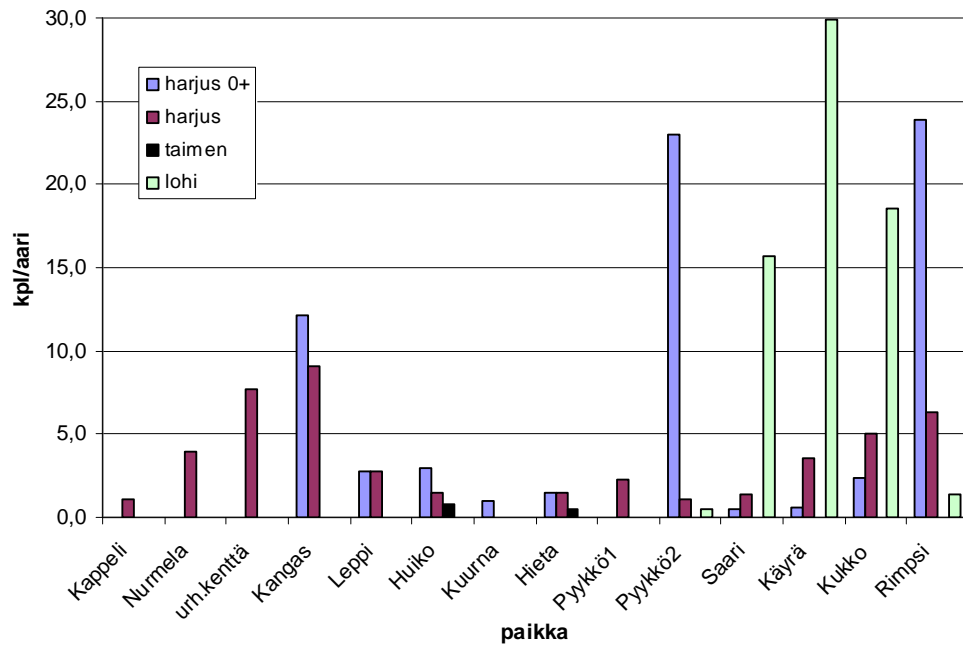
Kuva 8. Muhos- (a) ja Sanginjoen (b) soraikoille kerääntynyt kiintoaine kohteittain. Poikkiviivat kuvaavat mediaaniarvoja, laatikot ylä- ja alakvartiileja, janojen päät keskijajontoja ja tähdet ääriarvoja kohteilla. Kiintoaineen määrä arvioitu asteikolla 0-5 (0=eikä kertyneitä aineita, 5=kiintoainetta erittäin runsaasti).

4.3. Sähkökalastus ja ympäristön vaikutus harjuksen poikastiheyksiin

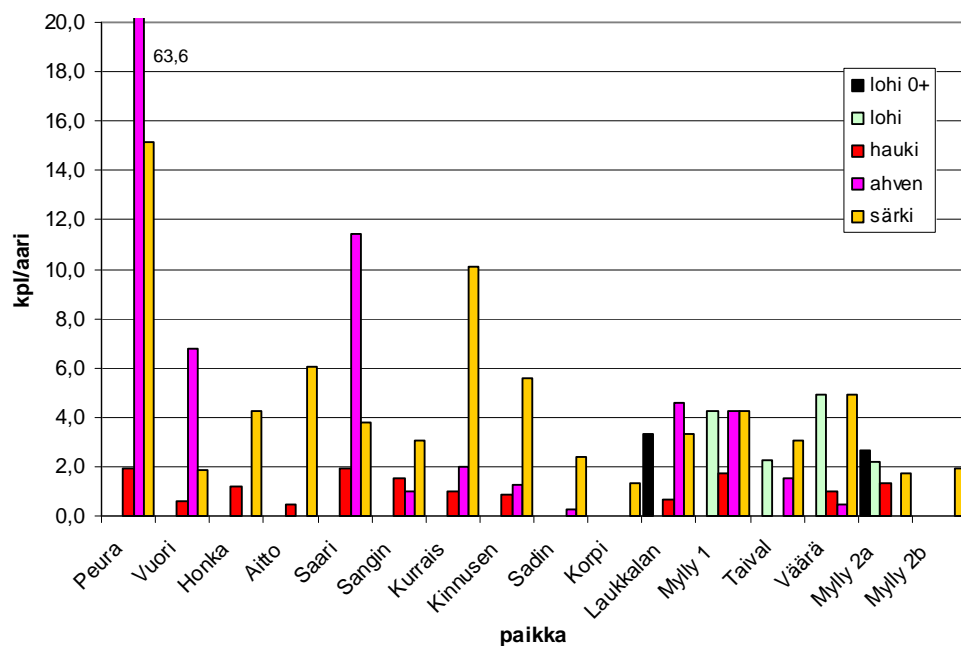
4.3.1. Sähkökalastussaalet

Sähkökalastuksissa löydettiin kahdelta Sanginjoen alaosan kohteelta vastakuoriutuneita lohen poikasia. Laukkalan kohteelta tavoitettiin viisi ja Myllykoski 2a:lta kuusi poikasta (3,3 ja 2,6 kpl/aari). Muhosjoelta ei lohen tai taimenen vastakuoriutuneita poikasia saatu, mutta harjusten tiheydet olivat paikoin huomattavia. Alimmalla kohteella (Rimpsin-kivet) 0-vuotiaiden harjusten tiheys oli 23,8 kpl/aari. Lohen 1-vuotiaita poikasia saatiin useilta Sangin- ja Muhosjoen kohteilta, mutta kaikki poikaset olivat todennäköisesti peräisin edellisen syksyn poikasistutuksista. Toisaalta Muhosjoelta saatiin yksittäisiä poikasia myös usean kilometrin päästä edellisen syksyn istutuspaikoista.

Istutettujen lohenpoikasten säilyvyys oli ollut paikoin erittäin hyvä, mm. Muhosjoen Käyräkoskella lohien vähimmäistiheys oli 29,9 kpl/aari. Muhosjoelta saatiin lisäksi kaksi hieman alle 30 cm:n taimenta. Muista lajeista ahventa esiintyi erittäin runsaasti Sanginjoen yläosalla, minkä lisäksi hienoinen yllätys alueen happamuuteen verrattuna oli myös Sanginjoen Kinnusenkoskelta saatu rapu. Kuvissa 9 ja 10 on esitetty eräiden jokikohtaisesti olennaisten lajien tiheydet kohteittain (huom. kaavioiden poikkeavat asteikot). Kaikkien saalislajien kappalemäärät ja massat on esitetty liitteissä 8 ja 9.



Kuva 10. Harjuksen, taimenen ja lohien tiheys sähkökalastusten perusteella Muhosjoen eri kohteilla vuonna 2005.



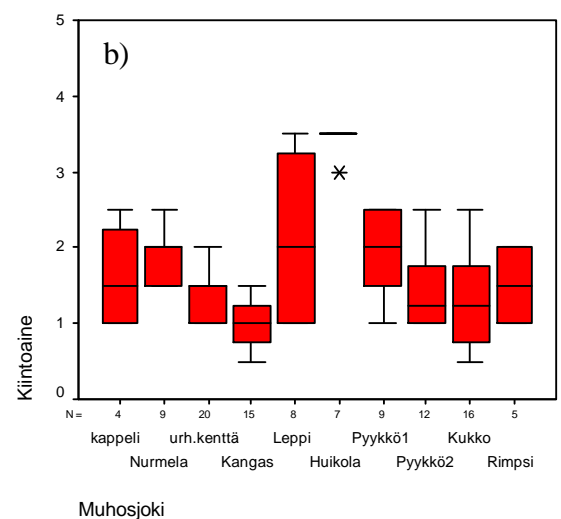
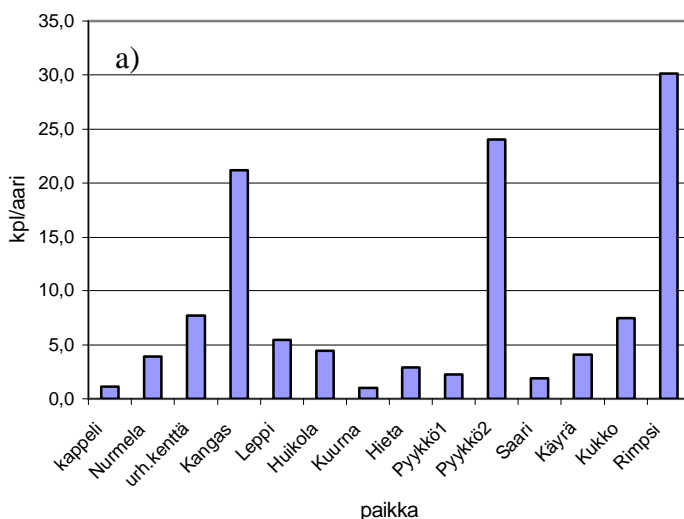
Kuva 11. Lohen, hauen, ahvenen ja särjen tiheys sähkökalastusten perusteella Sanginjoen eri kohteilla vuonna 2005.

4.3.2. Ympäristömuuttujat ja harjuksen poikastiheys

Tilastollisessa tarkastelussa havaittiin kutusoraikkojen määrän suhteessa koskipinta-alaan olevan merkittävä tekijä harjuksen kokonaistiheydelle ja erityisesti 0-vuotiaiden harjuksen tiheydelle. 1000 m mittaisella jokijaksolla soraikkojen määrän ja 0-vuotiaiden harjuksen tiheyden välinen Pearsonin korrelaatiokerroin oli 0,933 ($p < 0,01$) vastaavan arvon ollessa 200 metrin jokijaksolla 0,867 ($p < 0,01$). 2000 metrin mittaisella jokijaksolla 0-vuotiaiden harjuksen tiheys näytti jonkin verran riippuvan soraikkojen osuudesta koskipinta-alasta, mutta selvästi vähemmän kuin sähkökalastuskohteen lähistöllä (Taulukko 4). Samoin harjuksen kokonaistiheys näytti olevan hieman riippuvainen pienpoikasalueiden määrästä 2000 metrin alueella (Pearson; $r = 0,688$; $p = 0,01$), minkä lisäksi 0-vuotiaiden kohdalla pienpoikasalueiden määrän vaikutus oli suuntaa-antava (Pearson; $r = 0,513$; $p = 0,053$). Koskialueen ja suurempien poikasten elinalueiden määrällä sekä poikasalueiden kokonaismäärällä ei näyttänyt olevan vaikutusta harjuksen tiheyteen.

Taulukko 4. Sähkökalastettujen harjuksen tiheyden riippuvuus (Pearson) soraikkojen osuudesta eri alueiden koskipinta-aloissa (r = korrelaatiokerroin, p = merkitsevyytaso).

		r	p
200m alue	0-v tiheys	0,867	< 0,01
	kok.tiheys	0,843	< 0,01
1000m alue	0-v tiheys	0,933	< 0,01
	kok.tiheys	0,878	< 0,01
2000m alue	0-v tiheys	0,571	0,033
	kok.tiheys	0,601	0,025



Kuva 13. Harjuksen kokonaistiheys kohteittain (a) ja kohteiden läheisten soraikkojen kiintoainearvot (b).

Kiintoaineen määrällä tai kohteen sijainnilla ei tilastollisessa tarkastelussa havaittu olevan yhteyttä harjustiheyksiin. Soran päälle kasaantunut aines näytti silti vaikuttavan mädin selviytymiseen eräillä kohteilla: harjustiheys kasvoi kohti puhtaampien soraikoiden alueita (Kangasjokisuus), laskien voimakkaasti Leppijokisuun - Huikolan enemmän hienoainesta keränneillä alueilla (kuva 13 a). Alaosan hieman tätä puhtaammilta näyttäneillä alueilla on paikoin lisääntyminen onnistunut myös hyvin (kuva 13 b).

5. TULOSTEN TARKASTELU

5.1. Vedenlaatu

Vedenlaatua tutkimusalueilla seurattiin pääosin avovesikaudella, eli jääkannen aikainen tilanne ei käy tuloksista ilmi. Toisaalta talvikaudella olot ovat alueella useimmiten vakaat mm. virtaamavaihteluiden suhteen, minkä lisäksi kevään ja syksyn vaihtelevat olot huomioitiin tämän tutkimuksen näytteenotossa kattavasti. Lohen ja taimenen elinolosuhteisiin vaikuttavista vedenlaatuparametreista tutkimuksessa ei huomioitu raudan lisäksi muita metalleja, jotka mm. Sanginjoella voivat jossain määrin vaikuttaa elinoloihin happamuuden vuoksi. Suurista metallipitoisuuksista alueella ei kuitenkaan ole aiempia viitteitä.

5.1.1. Kiintoaine ja sameus

Kiintoainetta molemmilla joilla kulkeutui veden mukana jonkin verran, mutta Muhosjoella määrät olivat keväällä korkeita. Kiintoainepitoisuuden nopea lasku alkukesästä johtunee virtaaman laskusta, jolloin raskain kiintoaine laskeutuu pohjille tai kulkeutuu pohjaa pitkin, eikä ainesta enää pääse ajeseen Muhosjoen eroosioherkiltä rannoilta, pelto-ojilta tai metsäojituksilta samassa mittakaavassa. Osittain sama ilmiö voi olla kyseessä myös sameusarvojen laskussa tulvan jälkeen. Tutkimuksessa ei määritetty erikseen epäorgaanisen ja orgaanisen kiintoaineen osuutta, mutta samanaikaisten haudontakokeiden (Louhi ym. 2006) ja maastohavaintojen mukaan Muhosjoen kiintoaine on pääosin epäorgaanista ja virtaaman mukana kulkeutuu paljon myös hienoa hiekkaa, mikä selittää osaltaan kiintoaine- ja sameusarvojen nopeaa laskua. Sanginjoella ko. tutkimuksen mukaan orgaanisen kiintoaineen osuus oli suurempi, vaikka kokonaispitoisuudet olivat hieman alhaisempia.

Vaikka epäorgaaninen kiintoaines ei kuluta happea samoin kuin orgaaninen aines hajotessaan, sen kertyminen soraikon päälle ja väleihin voi estää veden virtauksen kokonaan. Esimerkiksi Jutilan ym. (1995) mukaan Isojoen vesistöissä suurin taimenen mädin haudontatulosta huonontava tekijä oli hiekoittuminen. Lisäksi poikasten nouseminen soran sisältä veteen ruskuaispussin loputtua voi estyä hiekan tukkiessa soraikkoa (Rubin 1998). Orgaaninen kiintoaine puolestaan kuluttaa hajotessaan happea, mikä edelleen huonontaa alkioiden eloonjääntiä (Chapman 1988, Bjornn & Reiser 1991, Pauwels & Haines 1994, Crisp 1996, Rubin 1998).

Kuoriutumisen jälkeen kiintoaineesta ei liene haittaa lohikalojen selviytymiselle tutkimusalueilla. Vasta pitoisuus 35 mg/l on joissakin tapauksissa vähentänyt kalojen ruokailuintensiteettiä, 50 mg/l pitoisuus on vaikuttanut kasvunopeuteen laboratorio-olosuhteissa ja joidenkin tautien esiintymistodennäköisyys on kasvanut pitoisuuden ollessa 100 mg/l. Alhaisin kiintoainepitoisuus, minkä on todettu heikentävän selvästi elinmahdollisuuksia, on ollut 90 mg/l (Alabaster & Lloyd 1982).

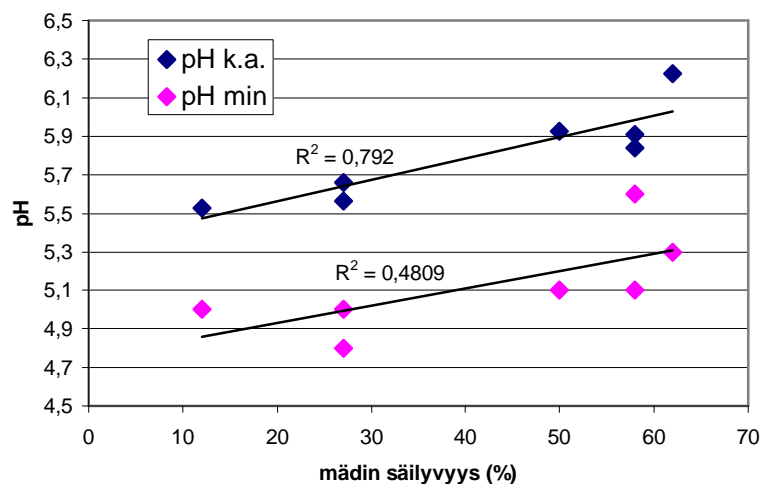
5.1.2. Happamuus, alkaliniteetti ja rauta

Muhosjoella vesi oli tutkimusaikana neutraalia tai lähes neutraalia koko avovesikauden ajan, eikä ainakaan pH aseta rajoja lohikalaston elinmahdollisuuksille. Puskurikyky säilyi samoin kohtuullisena, ja alkaliniteetin maksimiarvot tutkimusjaksolla (yli 0,7 mmol/l) ilmentävät hyvää puskurointikykyä myös voimakkaasti happamia jaksoja vastaan. Sen sijaan rautapitoisuus oli Muhosjoella suuri, mutta runsaan humus- tai kiintoainepitoisuuden ja raudan yhteisvaikutuksia lohikalajien mätäin ei vielä tunneta. Raudan saostumista kalajen kiduksiin ei Muhosjoella luultavimmin kuitenkaan tapahdu veden pH:n ollessa suhteellisen korkea.

Sanginjoella (erityisesti runsaimmin soraikoita käsittävällä keskiosalla) veden pH laskee ajoittain haitallisen alhaiseksi lohikalajien lisääntymistä sekä poikasten ja vaelluspoikasten selviytymistä ajatellen. Kesällä 2004 pH oli Sanginjoella usein alle 5. Yleisesti kriittisenä pH-arvona lohikalajoille on pidetty arvoa 5,5 (mm. Kilpinen 1988, Alabaster & Lloyd 1982), mutta kyseessä on suositus, joka ottaa huomioon myös myöhemmät, mätivaiheen jälkeiset herkät poikas- ja smolttiutumisvaiheet. Mätikokeissa, joita on tehty happamuusongelmista kärsivissä vesistöissä, on taimenen mädin säilyvyys ollut vielä kohtuullista paikoilla, joissa pH on laskenut välillä 5,5:een hautoutumisen aikana, mutta kuolleisuus on ollut suurta paikoissa, missä pH on ollut 5 tai alhaisempi. Korsun ym. (2003) mukaan vesistöissä, missä alimmat mitatut pH:t olivat 5,1 ja 5,6, säilyvyys oli miltei 60 %, mutta alimman pH:n ollessa 4,8 säilyvyys oli 11 %. Samoin Visurin ym. (2003) kokeessa mädin säilyvyys oli silmäpisteasteella ollessaan vielä 62 % alimman mitatun pH:n ollessa 5,6.

Riskiä lisää osaltaan myös kohtuullisen suuri rautapitoisuus, sillä happamissa olosuhteissa rauta ja eräät muut metallit voivat saostua kidusten pinnalle ja aiheuttaa vaikeita ionisäätelyn ja hapensaannin vaikeuksia (Mc Donald & Wood 1992, Peuranen ym. 1994, Vuorinen ym. 1998). Veden humus- ja kiintoainepitoisuus lienee ko. olosuhteissa kuitenkin eduksi lohikalajien selviytymiselle, sillä metallit ja varsinkin niiden reaktiivisimmat muodot sitoutuvat humusaineisiin ja muihin vedessä oleviin partikkeleihin eivätkä välttämättä reagoi mädin kanssa sitä vahingoittaen (Vuorinen ym. 1998). Raudan sitoutumisesta muihin partikkeleihin saattaa hyvinkin olla kyse Sanginjoen tapauksessa; loppukesällä veden rautapitoisuuden ollessa korkeahko pitoisuus yllättäen aleni pH:n laskiessa, mikä viittäisi raudan saostumiseen happamissa oloissa.

Lohen poikastuotannon on havaittu kasvavan huomattavasti pH:n noustessa lähemmäs neutraalia (Walseng ym. 2001). Happamuuden vaikutukset ovat kuitenkin hyvin moniselitteisiä johtuen eräiden metallien ja happamuuden yhteisvaikutuksista sekä veden muiden ominaisuuksien (mm. humus, puskurikyky) vaikutuksista happamuuden seurauksiin eliöissä. Mikäli happamuuden, metallien ja kiintoaineen yhteisvaikutuksia ei oteta huomioon, pelkkä alhainen pH näyttäisi vaikuttavan oleellisesti mm. taimenen ja lohen mädin selviytymiseen. Minimi-pH:n ollessa tasolla 5,1 tai enemmän mädin säilyvyys näyttäisi paranevan huomattavasti (kuva 14).



Kuva 14. Veden pH:n keski- (k.a.) ja minimiarvot (min) sekä taimenen ja lohen mädin säilyvyys eri hautoutumiskokeiden koalueilla. Tulokset Visurin ym. (2003), Korsun ym. (2003) ja Louhen ym. (2006, pH-tiedot ympäristöhallinnon Hertta-tietokanta) mukaan.

Stabiilien olojen jälkeen nopeasti tapahtuva happamoituminen ja erityisesti keväällä sulamisvesien yhteydessä Sanginjoella tapahtuvat rajut pH:n laskut lienevät riskinä lohen ja taimenen sekä niiden mädin selviytymiselle. Mädillä, joka on talven ajan soran sisällä ja kuoriutuu keväällä (siika, lohi, taimen), happamuuden vaikutus mädin kuolleisuuteen on ollut suurinta hautoutumisen loppuvaiheessa (Korsu ym. 2003, Visuri ym. 2003) eli keväällä runsaimpien virtaamien aikaan, jolloin pH yleensä laskee. Happamissa olosuhteissa mätimunien kuoren rakenteessa tapahtuu muutoksia, joka aiheuttaa haittaa kuoriutumisellem, sillä alhainen pH heikentää kuoriutumisenentsyymien toimintaa ja voi estää kuoriutumisen (Peterson 1980). Sanginjoen happamuus on yhteydessä hyvin alhaiseen alkaliniteettiin. Puskurointikyvyn ollessa yleisesti huono nopeita pH:n laskuja tapahtuneet myös jatkossa. Veden neutralointiin ja kalojen elinolosuhteiden parantamiseen on kiinnitetty huomiota mm. suunnitteilla olevalla kalkitusasemalla (Tertsunen ym. 2006).

5.2. Lohikaloille soveltuvien kutu- ja poikasalueiden kartoitus

Tutkimuksessa lohikalojen elinympäristöjä kartoitettiin fysikaalisten ympäristötekijöiden perusteella. Vaikka virtavesikalujen elinoloihin vaikuttavat niiden lisäksi monet muut abiottiset ja biottiset tekijät, fysikaalisia ympäristötekijöitä pidetään kuitenkin usein perustana arvioitaessa lohikalojen elinympäristöä. Vaikka elinympäristökartoitus perustui tutkimustietoon lohen ja taimenen habitaattivaatimuksista, menetelmä oli osin subjektiivinen, koska sen antamaan tulokseen vaikuttivat habitaattikriteerien tulkinta sekä kartoittajien oma kokemus ympäristön soveltuvuudesta lohikalojen poikasille. Lisäksi lohen ja taimenen vähäisen sähkökalastussaaliin vuoksi indikaattorilajina käytetyn harjuksen habitaattivaatimukset poikkeavat hieman kartoituksessa painotetuista habitaateista. Elinalueet inventoitiin ilman luokittelua ja soveltuviksi alueiksi katsottiin kaikki alueet, jollaisissa on havaittu joko lisääntymistä tai poikasia eri tutkimuksissa. Kiintoainetarkastelun arvoihin lienee samoin vaikuttanut jonkin verran kartoittajien oma näkemys muiden epä-tarkkuutta lisäävien seikkojen (veden väri, syvyys) lisäksi.

Alueita voitaisiin arvioida myös perinteisemmällä habitaattimittauksilla, joissa nyt mitattuja ympäristötekijöitä tarkasteltaisiin tietyn kokoisella virta-alueella sijaitsevilta poikittaislinjoilta, minkä jälkeen sekä lohen ja taimenen preferenssikäyrien (esim. Huusko ym. 2003, Louhi & Mäki-Petäys 2003) avulla laskettaisiin kunkin habitaattilaikun soveltuvuus

kalojen eri kokoluokille. Tämän menetelmän hyvänä puolena on sen toistettavuus ja vertailukelpoisuus toisiin kartoituksiin (kartoittajiin), mutta tässä mittakaavassa (tutkittujen jokien kaikkien virta-alueiden habitaattien selvittäminen) olisi käytännössä mahdotonta. Lisäksi pelkkä matemaattinen laskenta ilman kartoittajien näkemystä alueista yksinkertaistaa todellisuutta, koska esim. paikan tarjoamaa suojaa ja alueiden vuorovaikutusta on vaikea muuten arvottaa.

5.2.1. Muhosjoki

Mitattujen fysikaalisten muuttujien valossa Muhosjoella on taimenelle ja lohelle soveltuvia elinalueita. Erityisesti poikasalueita on runsaasti huolimatta Muhosjoen peratuista osista. Kutualueiden määrä on sen sijaan vähäinen yläosan alueita lukuun ottamatta, missä niva- tai virta-alueen pinta-alaan nähden poikaskivikkojen määrä on kuitenkin aika vähäinen. Poikasalueita olisi erityisesti alaosalla vielä enemmän, mikäli saatavilla olisi sopivaa pohjamateriaalia. Tietyin kokoisen pohjamateriaalin puute koskialueilla lienee lohien ja taimenen elinolosuhteita huonontava tekijä, minkä vuoksi alueelle laaditaan kalataloudellista kunnostussuunnitelmaa.

Kartoitusten perusteella ongelmana Muhosjoella lienee myös pohjille kerääntyvä hienoaines. Maastohavaintojen ja paikallisten asukkaiden mukaan erityisesti hiekkaa ja muuta hienoainesta liikkuu pohjaa pitkin muodostaen kasaantumia eri paikoille. Kartoituksissa mm. keskiosalla kiintoaineen kerääntyminen joidenkin soraikoiden päälle arvioitiin olevan tasolla 3-4, eli käytännössä hienoa ainesta oli alueen peittona vähintään 1 mm. Tosin vaikka virtauksen vaikutus kiintoaineen kertymiseen otettiin huomioon varmistamalla virtausolosuhteiden samankaltaisuus verratuilla alueilla, vaikuttaa soraikon sijainti aineksen kasautumiseen mesohabitaattitasolla. Esimerkiksi pitkän suvannon jälkeen olevan kosken niskalla (esim. pohjapadon yläluiska) kerääntynyttä ainesta näytti olevan enemmän, vaikka virtausolosuhteet olivat muuten samat kuin muualla. Vaikka alueelliset erot eivät tarkastelussa selvästi ilmene hajonnasta johtuen, pohjille kasaantuva kiintoaine tukkii kutsuraikkoja ainakin paikoin.

5.2.2. Sanginjoki

Myös Sanginjoella lohikaloille soveltuvia elinalueita on tarjolla. Alaosalla eli nousukalojen parhaiten saavutettavana olevalla jokialueella koskia ja poikasalueita on muita alueita runsaammin. Vaikka koko joen virta- ja koskialueet ovat morfologialtaan lähes luonnontilaisia, ei kuitenkaan kutuun soveltuvaa pohjamateriaalia liiemmin ole tarjolla. Eniten kutuun soveltuvia alueita olisi joen keskiosilla, mutta veden laatu (happamuus) aiheuttanee ko. alueella ongelmia alueiden tehokkaassa käytössä hieman enemmän kuin muilla alueilla. Poikasalueiden hyvä laatu ja saatavuus kuitenkin tekevät Sanginjoesta potentiaalisen elinalueen lohikaloille fysikaalisten muuttujien valossa.

Huomioitava seikka (kummallakin joella) on kuitenkin tilastollisessa tarkastelussa ilmennyt poikasalueiden määrän väheneminen suhteessa koskipinta-alaan alavirtaan siirryttäessä. Vaikka alaosan kartoituksissa vesi oli loppukesän 2004 kartoituksissa suhteellisen korkealla, virtausnopeudet suuria ja poikasalueita saattoi tämän vuoksi jäädä inventoinnin ulkopuolelle, saattaa osa koskipinta-alasta jäädä poikasalueiden puuttuessa ilman lohikalojen tehokasta käyttöä. Kunnostuksia suunniteltaessa poikasalueiden lisäämistä ko. alueille tulee harkita potentiaalisen pinta-alan tehokkaamman kalataloudellisen käytön edistämiseksi.

Kiintoaineen kerääntyminen soraikoille voi olla paikoin ongelmana myös Sanginjoella. Vaikka paikallisia eroja aineksen kasautumisessa näytti olevan jonkin verran, olivat

soraikot pääosin puhtaampia kuin Muhosjoella vaihtelun jäädessä samoin vähäisemmäksi. Sanginjoella puhtaita soraikoita näytti olevan paikoin jäljellä, mutta Sanginjoen kohdalla veden tummempi väri ja hiekan puuttuminen (enemmän orgaanista kiintoainetta) voi tuottaa epävarmuutta tuloksiin. Sanginjoella kiintoaine saattaa tukkia soraikoita Muhosjokea epätodennäköisemmin, mutta toisaalta orgaanisen kiintoaineen (suurempi osa orgaanista kiintoainetta kuin Muhosjoella) hajoamisessa kuluva happi huonontaa Sanginjoella soraikojen laatua.

5.3. Tutkimusalueiden laatu sähkökalastusten perusteella

Sähkökalastukset suoritettiin kullakin koealueella vain kerran, joten kalojen poikastiheystuloksiin tulee suhtautua varauksella. Kalastusten tarkoitus oli absoluuttisten tiheyksien sijaan selvittää alueilla mahdollisesti tapahtuvaa lohikalajien luonnontuotantoa (erityisesti lohi ja taimen) ja minimitiheyksiä yleisesti sekä alueiden muuta kalastoa. Kalastusten luonne mahdollisti koealueiden suuren määrän. Koealueiden yleinen luonne vaihteli jokien sisällä huomattavasti, mutta koealueet edustivat hyvin niitä ympäröiviä koskialueita.

5.3.1. Lohikalat

Kesän 2005 sähkökalastuksissa saadut vastakuoriutuneet lohenpoikaset sekä kesällä 2004 saadut taimenenpoikaset (Taskila 2005) antavat tukea ainakin joidenkin Sanginjoen alaosan alueiden soveltumisesta lohen ja taimenen elinympäristöiksi. Muhosjoen kohdalla lohen tai taimenen luonnontuotannosta ei voida olla varmoja, sillä sähkökalastukset suoritettiin joella heinäkuun alussa, jolloin taimenen ja varsinkin lohen poikaset ovat voineet olla liian pieniä saaliiksi jäädäkseen. Muhosjoen harjustiheydet olivat kuitenkin huomattavia ottaen huomioon harjusten vaikean pyydystettävyyden perinteisin sähkökalastusmenetelmin (Karlström 1976) ja kalastusten luonteen (minimitiheydet). Lisäksi edellisenä syksynä 1-kesäisinä istutettujen lohenpoikasten hyvä säilyvyys istutusalueilla viittaa Muhosjoen potentiaaliin lohen ja taimenen elinalueena.

Myös Sanginjoelta saatiin 1-vuotiaita lohenpoikasista. Istutusten vuoksi on mahdotonta arvioida poikasten alkuperää tutkituilla alueilla. Kuitenkin osa vuonna 2004 kuoriutuneista lohen tai taimenen luonnonpoikasista lienee säilynyt hengissä, sillä jälkitarkastuksen yhteydessä (syyskuu 2005) saatiin Sanginjoelta vielä kaksi 1-vuotiaista taimenta, eikä taimenen poikasistutuksia joelle ole tehty. Tämän tutkimuksen mukaan lohen ja taimenen poikasista ainakin osa selviytyy siis myös vedessä, jonka pH on alimmillaan jopa 4,8. Poikasten iän vaikuttaessa selviytymiseen happamissa oloissa Sanginjoen soveltuvuutta tulee kuitenkin arvioida kriittisesti, sillä eräiden tutkimusten mukaan vasta smolttiutumisaikakohdan alhaisen pH:n on todettu olevan lohen selviytymiselle kriittisin tekijä (Staurnes ym. 1995, Kroglund ym. 2001).

Muhosjoelta saadut <30 cm taimenet ovat joko nousseet jokeen Oulujoesta tai ovat peräisin luonnonkudusta, sillä Muhosjoelle ei ole tehty TE-keskuksen kalatalousyksikön istutusrekisterin ja kalastusalueen edustajien suullisten tietojen mukaan sellaisia poikas- tai muita istutuksia, joista ko. kalat voisivat olla peräisin. Oulujoen sivujoilla ja -puroilla tehtyjen muiden tutkimusten mukaan sivuvesistä on tavoitettu myös aiemmin Oulujoen pääuomaan istutettuja merkittyjä taimenen poikasista (Visuri ym. 2003, Savolainen 2001). Tämä viittaisi siihen, että poikaset hakeutuvat istutusalueilta (patoallas) niille paremmin soveltuville alueille, sivujokiin ja puroihin kuten Muhosjokeen, ja samalla tukevat arvioita sivujokien mahdollisesta soveltumisesta lohen ja taimenen elinalueeksi.

5.3.2. Muut tutkimusalueella esiintyneet lajit

Muiden lajien osalta saalis oli tyypillinen vesistöjen sijainnin ja vedenlaadun antamisen odotusten suhteen; poikkeuksena olivat Sanginjoen Kinnusenkoskelta saatu rapu sekä ahvenen suuret tiheydet Sanginjoen yläosalla (mm. Peurakoski). Rapuja ei Sanginjoelle tiettävästi ole istutettu lähivuosina, joten veden pH-arvojen oltua vuonna 2004 välillä 4,5-5,0 ovat veden muut ominaisuudet (mm. humuspitoisuus) voineet puskuroida pH:n haitta-vaikutuksia, jolloin jotkut ravut ovat säilyneet hengissä. Ahventen suuri määrä Peurakosken sähkökalastussaaliissa puolestaan voi johtua koalueen sijainnista lähimpänä yläpuolella sijainnutta Sanginjärveä, jolloin ahvenia on voinut vaeltaa järven puolelta ylimmillä koskialueilla. Ahvenen happamuuden sieto on lisäksi muita lajeja (mm. särki, rapu, lohikalat) jonkin verran parempi (Kilpinen 1988).

5.4. Ympäristömuuttujien vaikutus lohikalojen poikastiheyksiin

Tilastollisessa tarkastelussa habitaattimuuttujien ja harjuksen poikastiheyksien välistä yhteyksiä tarkasteltiin korrelaatioanalyysillä. Muuttujien yhteisvaikutuksista tiheyksiin voitaisiin jatkossa saada tietoa käyttämällä regressioanalyysia, mikäli kala-aineisto olisi riittävän suuri. Lisäksi vastaavassa tarkastelussa tulisi olla kattavasti yksilöitä eri kokoluokista (vuoden 2005 aineisto pääasiassa 0-vuotiaita). Periaatteessa olisi mahdollista rakentaa yhtälö, jonka perusteella poikas- ja kutualueiden määrä sekä muut säädeltävissä olevat muuttujat saataisiin optimaalisille tasoille kalataloudellisissa kunnostuksissa mm. poikastiheyksiä ajatellen. Tilastollisessa tarkastelussa käytetyn harjuksen ja muiden vaeluskalojen käyttäytymisen erojen lisäksi tulee tässä tutkimuksessa ottaa huomioon myös tarkastelussa käytetyt kalojen minimitiheystulokset (koekalastusten luonne).

Sorakoiden määrä suhteessa kunkin alueen koskipinta-alaan selitti tässä tutkimuksessa mukana olleilla sähkökalastuskohteilla harjusten tiheyttä hyvin voimakkaasti, minkä vuoksi muiden tekijöiden mahdollinen vaikutus peittyi. Tämä merkitsee, että vastakuoriutuneiden harjusten tiheys olisi tässä elinvaiheessa riippuvainen kutusorakoiden määrästä Muhosjoella. Merkitsevyyden lasku siirryttäessä kauemmas kohteesta (korrelaatio pienempi 2000 metrin mittaisella kuin 1000 tai 200 metrin mittaisella jokijaksolla) viittaa siihen, että tässä vaiheessa poikaset eivät ole vielä siirtyneet kauas kuoriutumispaikoiltaan.

Aiemmin hieman merkittävämmäksi havaittu tekijä, pienpoikasalueiden määrä (Tertsunen 2005), ei tällä aineistolla noussut selittämään pienpoikasten tiheyttä kohteilla, mutta tämä voi johtua suhteellisen aikaisesta kalastusajankohdasta. Suuren osan vuoden 2005 harjusaineistosta muodostivat vastakuoriutuneet poikaset, jotka pyyntihetkellä olivat vain n. 30 – 45 mm mittaisia, osittain muutaman yksilön parvina hitaissa virtausnopeuksissa, hiekkapohjilla ja rantaviivan välittömässä läheisyydessä esiintyneitä poikasia. Vaikka osa poikasista saatiin koskimaisemmilta ja vilkkaammilta alueilta, osa 0-vuotiaista saatiin alueilta, joita ei ollut välttämättä laskettu mukaan poikasalueisiin. Lohen ja taimenen poikasille soveltuvien alueiden kaltaisille paikoille poikaset siirtynevät kasvaessaan hieman suuremmiksi (Huusko ym. 2003).

Vaikka eri tutkimuksien mukaan hieno hiekka ja kiintoaineen määrä soraikoilla yleensä rajoittaa lohikalojen lisääntymistä mm. soransisäisen veden virtauksen ja mätimurien hapensaannin estymisen vuoksi (Olsson & Persson 1986, Pauwels & Haines 1994, Jutila 1995, Crisp 1996), kiintoaineen kerääntymisellä ei tässä tutkimuksessa näyttänyt olevan tilastollista merkitystä harjustiheyksiin. Sorakoille kasaantunut aines näytti vaikuttavan mädin selviytymiseen kuitenkin joillakin kohteilla (kuvat 13 a ja b). Mm. alaosan sähkökalastuskohteen (Rimpsinkivet) suuri harjuksen poikastiheys sähkökalastuksissa voi ilmentää kiintoaineen merkitystä, sillä Muhosjoella suoritettujen mädinhautontakokeiden

(Louhi ym. 2006) mukaan taimenen mädin selviytyminen oli ko. kohteen lähellä Muhosjoen alaosalla selvästi muita runsaasti hienoainesta keränneitä kohteita parempaa ja kiintoainekeräimiin talven aikana kertyneen hienoaineksen määrä muita vähäisempää.

Koska elinalueiden kuntoa tutkittiin lohikalojen osalta pääasiassa lohen ja taimenen näkökulmasta, tulee tilastollisissa tuloksissa huomioida, että harjuksen mäti on soran sisällä vain lyhyen aikaa verrattuna taimenen tai lohen mätiin, minkä lisäksi harjuksen mädin hautoutuminen tapahtuu suurimpien virtaamien aikaan keväällä, jolloin Muhosjoen kaltaisten jokien pohjien voidaan olettaa olevan puhtaimmillaan virtauksen vaikutuksesta. Myöskään soran sisäisen kiintoaineen määrästä ei tässä tutkimuksessa ole tietoa.

Kutusoraikoiden määrän vähäisyys nousi esille jo kartoituksissa, minkä lisäksi sen vaikutus Muhosjoen harjustiheyksiin näytti tilastollisessa tarkastelussa olevan hyvin merkittävä. Vaikka useat muut tekijät vaikuttanevat kantoihin, lienee kutualueiden määrä Muhosjoella yhtenä minimitekijänä harjusten esiintymiselle. Vaikka tuloksia ei voida yleistää muita jokia koskeviksi, voidaan soraikoiden vähäisen määrän katsoa jatkossa rajoittavan myös muiden vaelluskalojen kuten lohen ja taimenen lisääntymistä ainakin Muhosjoella.

6. JATKOTOIMENPITEET

Kunnostustoimet ovat nousseet ajankohtaisiksi kummallakin tutkimusjoella. Erityisesti vesialueiden omistajien kiinnostus merestä nousevien lohikalojen elinmahdollisuuksien parantamiseen on ollut suurta. Tutkimustulosten perusteella Muhosjoelle laadittiin Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen toimesta kalataloudellinen kunnostussuunnitelma (hyväksytty 19.6.2006), jossa erityistä huomiota kohdistettiin kutusorakoiden ja pienpoikasalueiden lisäämiseen, luontaisten sivu-uomien vesittämiseen sekä perattujen alueiden koskimaisuuden palauttamiseen. Lisäksi Muhosjoella todettujen kiintoaineongelmien sijoittumisen perusteella jatkossa tullaan tarkkailemaan mm. maankäyttöä valuma-alueella tehokkaammin. Sanginjoelle suunniteltiin automaattinen kalkitusasema ottaen huomioon tärkeimmät lohikalaille soveltuvat alueet. Automaattinen kalkitusasema soveltuu virtavesien neutralointiin erinomaisesti, koska pH:n ollessa asetetun tavoiterajan yläpuolella kalkitusta ei tapahdu eikä vesistöalkia kuluteta turhaan. Kustannusten säästämisen lisäksi tämä ehkäisee myös veden pH:n suuria muutoksia, mitkä saattaisivat olla happamampaan veteen tottuneille eliöille vaarallisia. Lisäksi jokiveden pH:ta voidaan säätää eri kalalajeille tai lajien elinkierron vaiheelle sopivaksi. Sanginjoen suurista virtaama- ja pH-vaihteluista johtuen käyttökustannukset tulevat tarvittavan vesistöalkin määrän vuoksi kuitenkin olemaan kohtuullisen suuria.

Habitaattikartoituksia tulee jatkossa kohdistaa myös muihin Oulujoen sivujokiin. Käynnistyneessä hankkeessa (Lohen palauttaminen Oulu- ja Lososinkajokiin –projekti, Euregio Karelia –ohjelman rahoittama suomalais-venäläinen yhteistyöhanke) tuotetaan tietoa kalateiden jatkorakentamisen ja muiden sivujokien kunnostustarpeiden pohjaksi käyttäen hyväksi Muhos- ja Sanginjoelta saatuja kokemuksia. Sähkökalastuksilla mm. tutkitaan lohen ja taimenten istutuspoikasten selviytymistä sekä Muhos- ja Sanginjoella että ylempänä vesitössä sijaitsevilla sivujoilla. Samoin luonnontuotannon jatkumista/käynnistymistä Sanginjoella ja Muhosjoella tulee jatkaa. Habitaattikartoituksissa käytetyt menetelmiä tulee kuitenkin kehittää resurssien säästämiseksi, sillä Muhos- ja Sanginjoella käytetyt menetelmät vievät huomattavasti aikaa. Syvyys- ja virtausmittauksissa on mahdollista käyttää luokittelua (esim. asteikolla 0-3, missä pienemmän arvon saavat kyseiseltä muuttujaltaan huonommin poikasille tai kutuun soveltuvat alueet), jolloin mittauksiin käytettyä aikaa voidaan vähentää. Myös kiintoainetarkastelua voitaisiin kehittää valitsemalla muutamia koealueita/joki, jolloin hienoaineksen kerääntymistä ja orgaanisen tai epä-

orgaanisen aineksen osuuksia voitaisiin tarkemmin selvittää mm. kiintoainekeräimillä tai seulomalla. Sivujokien merkitystä poikastuotantoalueina tulee jatkossa selvittää habitaatti-, vedenlaatu-, kiintoaine- ja poikasten säilyvyystutkimusten lisäksi myös smolttipyynnillä eri sivujokien sualueilla sekä Oulujoen voimalaitosten alapuolisilla alueilla. Vaelluspoikasten selviytyminen mm. sivujokien ja Oulujoen pääuoman predaation sekä voimalaitosten turbiinien aiheuttaman kuolleisuuden johdosta on olennaista selvittää mm. istutuksia ja kalateiden jatkorakentamista kohdennettaessa.

KIRJALLISUUS

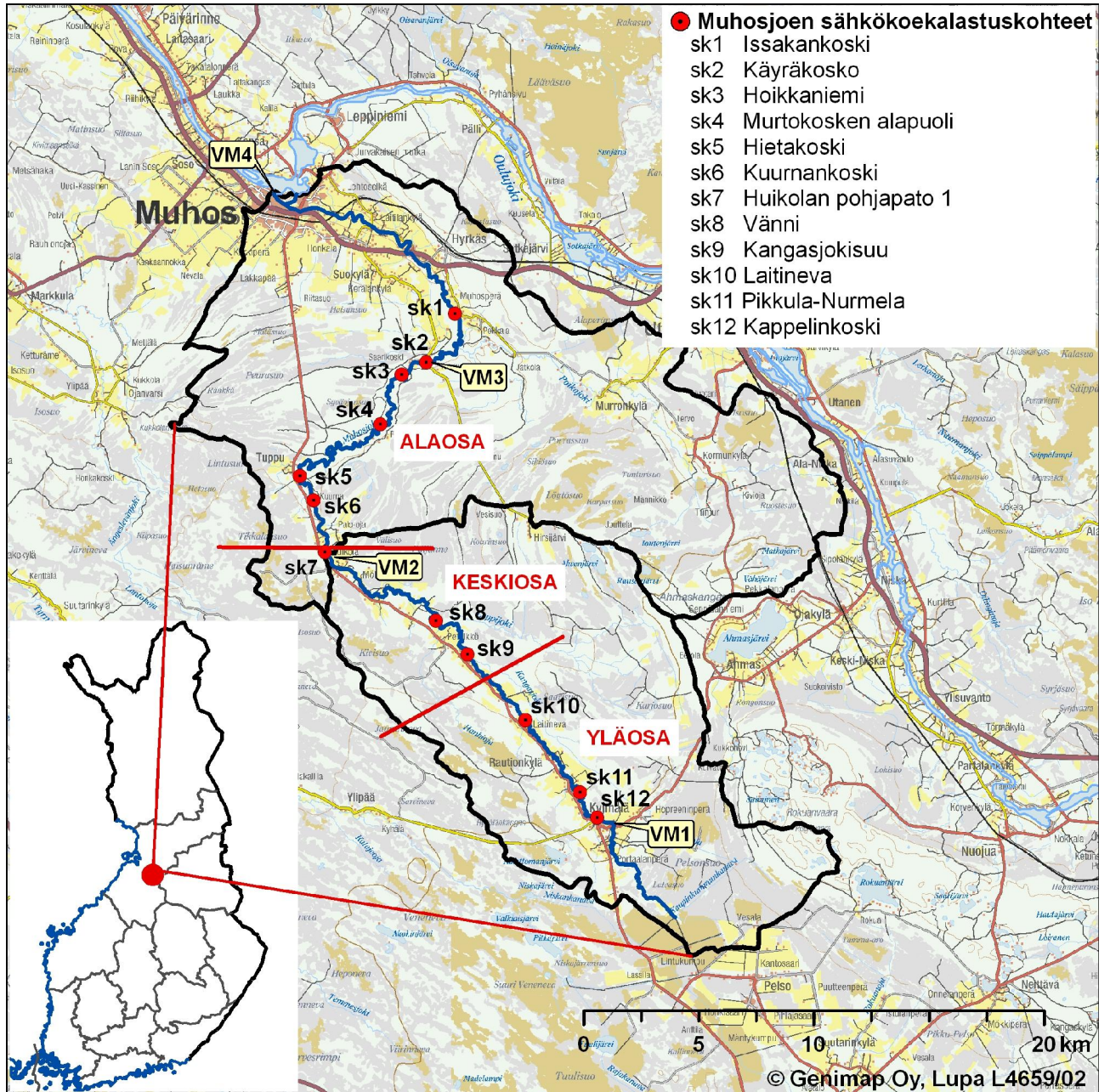
- Alabaster J.S. & Lloyd R. 1982. *Water quality criteria for freshwater fish*. 2. painos, Butterworth Scientific, London, 361 s.
- Bjornn T.C. & Reiser D.W. 1991. Habitat requirements of salmonids in streams. *Am. Fish. Soc. Special Pub.* 19: 83-138.
- Chapman D.W. 1988. Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids. *Trans. Am. Fish. Soc.* 117: 1-21.
- Crisp D.T. & Carling P.A. 1988. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *J. Fish Biol.* 34: 119-134.
- Crisp D.T. 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular relevance to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia* 323: 201-221.
- Dalziel T.R.K., Kroglund F., Lien L. & Rosseland B.O. 1995. The REFISH (Restoring endangered fish in stressed habitats) project, 1988-1994. *Water Air Soil Pollut.* 85: 321-326.
- Ekholm, M. 1993. Suomen vesistöalueet. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A 126*. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki, 163 s.
- Gjvedrem T. 1976. Genetic variation in tolerance of brown trout to acid water. Teoksessa: Braekke F.J. (toim.) Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway. *Norsk institutt for Skogsforskning 5/76*: 40-47. Norges Landbrukshogskole, Norway.
- Haines T.A. 1981. Acidic precipitation and its consequences for aquatic ecosystems: a review. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110: 669-707.
- Huusko A., Kreivi P., Mäki-Petäys A., Nykänen M. & Vehanen T. 2003. Virtavesikalojen elinympäristövaatimukset; Perustietoa elinympäristömallisovelluksiin. *Kala- ja riistaraportteja* 284. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki, 42 s.
- Jutila, E., Ahvonen, A., Laamanen, M. & Kiuru, M. 1995. Metsätalouden toimenpiteiden vaikutukset virtaavien vesien kaloihin ja kalatalouteen. Teoksessa: Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta; Metve-projektin loppuraportti. *Suomen ympäristö 2*: 281-296. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Karlström Ö. 1976. Quantitative methods in electrical fishings in Swedish salmon rivers. *Zoon.* 4: 53-63.
- Kilpinen K. 1988. *Kalaveden hoito-opas kalastuskuntia varten*. Kalatalouden keskusliitto. No. 88, 149 s.
- Korsu K., Kiljunen M., Karjalainen J., Syrjänen J. & Eloranta A. 2003. Rautavaaran joet taimenen ja harjuksen elinympäristönä osa II. Taimenen (*Salmo trutta*) ja harjuksen (*Thymallus thymallus*) mädin hautoutuminen Rautavaaran seudun happamissa joissa. *Kala- ja riistahallinnon julkaisuja* 64/2003. Pohjois-Savon työvoima- ja elinkeinokeskus, Kuopio, 78 s.

- Kroglund F., Kaste O., Rosseland B.O. & Poppe T. 2001. The return of the salmon. *Water Air Soil Pollut.* 130: 1349-1354.
- Kwain W. 1975. Effects of temperature on development and survival of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, in acid waters. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 493-497.
- Laine, A., Sutela, T., Heikkinen K., Karvonen, K., Huhta, A., Muotka, T. & Lappalainen, A. 1996. Turvetuotannon vaikutukset koskikaloihin ja niiden elinympäristöön. *Suomen ympäristö* 34. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu, 135 s.
- Liikamaa, J. 2000. Muhosjoen yläosan kunnostus. Loppuraportti. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu, 6 s.
- Louhi P. & Mäki-Petäys A. 2003. Elämää soraikon ulkopuolella ja sisällä – lohen ja taimenen kutupaikan valinta sekä mädin elinympäristövaatimukset. *Kalatutkimuksia* 191. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki, 23 s.
- Louhi P., Mäki-Petäys A. & Van der Mer O. 2006. Kiintoaineen vaikutus lohen mädin selviytymiseen Oulujoen alaosan sivujoissa. Teoksessa : Laajala E., Yrjänä T., Erkinaro J. & Mäki-Petäys A. (toim.) Vaelluskalojen lisääntymis- ja kalastusmahdollisuuksien parantaminen Oulujoen alaosalla. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 418: 37-41.
- Malavoi, J.R. & Souchon, Y. 1989. Methodologie de description et quatification des variables morphodynamiques d'un cours d'eau a fond caillouteux: Exemple d'une staion sur la Filliere (Haute-savoie). *Revue de Geographie de Lyon* 64: 252-259.
- Mc Donald D.G. & Wood C.M. 1992. Branchial mechanisms of acclimation to metals in freshwater fish. Teoksessa: Rankin J.C. & Jensen F.B. (toim.). *Fish Ecophysiology*. 297-321.
- Menendez R. 1976. Chronic effects of reduced pH on brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 118-123.
- Niemelä, J. & Mäntyniemi, S. 1998. Muhosjoen yläosan kalakantojen tarkkailuohjelma 1998, osa 1. Muhosjoen yläosan inventointi sekä erilaisten jatkotoimenpidemallien esittely. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, 25 s.
- O'Connor W.C.K. & Andrew T.E. 1998. The effects of siltation on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., embryos in the river Bush. *Fish. Manage. Ecol.* 5: 393-401.
- Olsson, T.I. & Persson, B-G. 1986. Effects of gravel size and peat material concentrations on embryo survival and alevin emergence of brown trout, *Salmo trutta* L. *Hydrobiologia* 135: 9-14.
- Pauwels S.J. & Haines T.A. 1994. Survival, hatching and emergence success of Atlantic salmon eggs planted in three Maine streams. *N. Am. J. Fish. Manage.* 14: 125-130.
- Peterson R.H., Daye P.G. & Metcalfe J.L. 1980. Inhibition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) hatching at low pH. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 2006-2015.
- Peuranen S., Vuorinen P.-J., Vuorinen M. & Hollander A. 1994. The effects of iron, humic acids and low pH on the gills and physiology of brown trout (*Salmo trutta*). *Ann. Zool. Fennici* 31: 389-396.
- Pitkänen H. 2004. Sanginjoen vesiensuojelun yleissuunnitelma. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 332.
- Poleo A.B.S., Ostbye K., Oxnevad S.A., Andersen R.A., Heibo E. & Vollestand L.A. 1997. Toxicity of acid aluminium-rich water to seven freshwater fish species: A comparative laboratory study. *Environ. Pollut.* 96: 129-139.
- PSV – Maa ja Vesi Oy 1996: Iijoen yhteistarkkailuohjelma vuosille 1997 – 2002. PSV – Maa ja Vesi Oy 1996, Oulu, 192 s.
- Rubin J-F. 1998. Survival and emergence pattern of sea trout fry in substrata of different compositions. *J. Fish Biol.* 53: 84-92.

- Savolainen, M. 2001. Kalataloudellisesti kunnostettavissa olevat purot Montan voimalaitoksen alapuolella Muhoksella. Tutkimusraportti. Fortum Engineering Oy, Muhos, 14 s.
- Sempeski P. & Gaudin P. 1994. Habitat selection by grayling – I. Spawning habitats. *J. Fish Biol.* 47: 256-265.
- Skogheim O.D. & Rosseland B.O. 1984. A comparative study on salmonid fish species in acid-aluminium-rich water I. Mortality of eggs and alevins. *Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 61: 177-185.
- Soivio A., Myllynen K., Pakkala J. & Jokela S. 1998. Smolting of the brown trout (*Salmo trutta* L.) in Lestijoki water. *Boreal Environ. Res.* 3: 387-393.
- Soulsby C., Youngson A.F., Moir H.J. & Malcolm I.A. 2001. Fine sediment influence on salmonid spawning habitat in a lowland agricultural stream: a preliminary assessment. *Sci. Total Environ.* 265: 295-307.
- Staurnes M., Kroglund F. & Rosseland B.O. 1995. Water quality requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in water undergoing acidification or liming in Norway. *Water Air Soil Pollut.* 85: 347-352.
- Tappel P.D. & Bjornn T.C. 1983. A new method of relating size of spawning gravel to embryo survival. *N. Am. J. Fish. Manage.* 3:123-135.
- Taskila E. 2005. Oulujoen ja sen sivuvesistöjen kalataloustarkkailu: Väkiraportti vuosilta 2002-2004. PSV Maa ja Vesi Oy 2005, Oulu..
- Tertsunen J. 2003. Sähkökoekalastukset ja habitaattimittaukset Siuruanjoella 2002 ja 2003. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu, 16 s.
- Tertsunen J. 2005. Muhosjoki sekä Sanginjoki lohikalojen elinympäristöinä. Teoksessa: Heinimaa P., Pursiainen M., Hudd R. & Heikinheimo O. (toim.) Ihminen ja luonto – vuorovaikutussuhteet kalataloudessa. *Kala- ja riistaraportteja* 369: 50. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.
- Tertsunen J., Laajala E. & Rusi K. 2006. Sanginjoen kalkitusaseman suunnittelu. Teoksessa: Laajala E., Yrjänä T., Erkinaro J. & Mäki-Petäys A. (toim.) Vaelluskalojen lisääntymis- ja kalastusmahdollisuuksien parantaminen Oulujoen alaosalla. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 418: 57-61. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu.
- Van Der Meer O., Jørgensen S., Mäki-Petäys A., Tertsunen J. & Erkinaro J. 2006. Lohikalojen poikastuotantoalueet Oulujoen alaosalla. Teoksessa: Laajala E., Yrjänä T., Erkinaro J. & Mäki-Petäys A. (toim.) Vaelluskalojen lisääntymis- ja kalastusmahdollisuuksien parantaminen Oulujoen alaosalla. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 418: 23-30. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu.
- Visuri, M., Kerätär, K. & Ulvi, T. 2003: Oulujoen kunnostus ja moninaiskäyttö – Kalataloudellinen puroselvitys Montan voimalaitoksen alapuolisella Oulujoella. Suomen ympäristökeskus, Vesi- ja ekotekniikan osasto, Oulu, 38 s.
- Vuorinen P.J., Keinänen M., Peuranen S. & Tigrsted C. 1998. Effects of iron, aluminium, dissolved humic material and acidity on grayling (*Thymallus thymallus*) in laboratory exposures, and a comparison of sensitivity with brown trout (*Salmo trutta*). *Boreal Environ. Res.* 3: 405-419.
- Walseng B., Langaaker R.M., Brandrud B.E., Brettum P., Fjellheim A., Hesthagen T., Kaste O., Larsen B.M. & Lindström E. 2001. The river Bjerkreim in SW Norway – Successful chemical and biological recovery after liming. *Water Air Soil Pollut.* 130: 1331-1336.

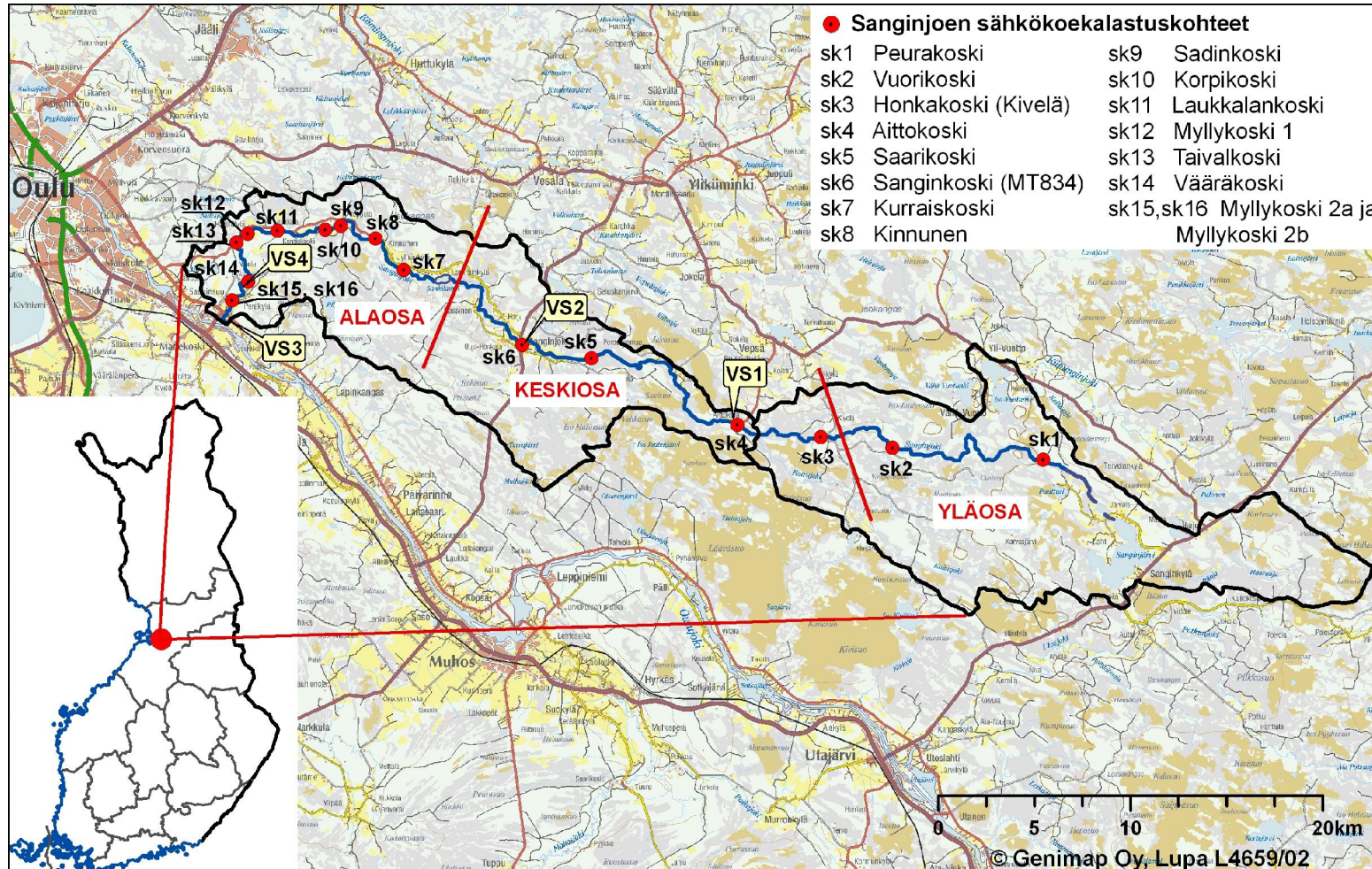
Liite 1.

Muhosjoen tutkimus- ja valuma-alue, osa-aluejako sekä sähkökalastus- (SK) ja vesinäytopisteiden (VM) sijoittuminen.



Liite 2.

Sanginjoen tutkimus- ja valuma-alue, osa-aluejako sekä sähkökalastus- (SK) ja vesinäytopisteiden (VS) sijoittuminen.



Liite 3.

Pohjan raekoon määrittämisessä käytetty, ns. sovellettu Wentworthin asteikko.

substrate type	size, mm	code
Organic, clay	<0,07	0
Sand	0,07 - 2	1
Fine gravel	2,1 - 8	2
Gravel	8,1 - 16	3
Small pebble	16,1 - 32	4
Pebble	32,1 - 64	5
Small cobble	64,1 - 128	6
Cobble	128,1 - 256	7
Small boulder	256,1 - 512	8
Boulder	512,1 - 1024	9
Boulder/Bedrock	> 1024,1	10

Liite 4.

Muhoarjojen vedenlaatu avovesikaudella 2004 (Alk=alkaliniteetti, Kiin=kiintoaine, Fe=rauta ja sam=sameus).

	Kylmä					Huikola					Ämmäkoski					Alapää p.p				
	Alk(mmol/l)	Kiin(mg/l)	pH	Fe(ug/l)	sam(FNU)	Alk(mmol/l)	Kiin(mg/l)	pH	Fe(ug/l)	sam(FNU)	Alk(mmol/l)	Kiin(mg/l)	pH	Fe(ug/l)	sam(FNU)	Alk(mmol/l)	Kiin(mg/l)	pH	Fe(ug/l)	sam(FNU)
21.huhti	0,111	14,0	6,0	4200	13	0,129	49	6,1	5400	29	0,120	82,0	6,2	9000	54	0,167	68	6,3	6600	37
27.huhti	0,206	13,0	6,3		11	0,22	29	6,4		19	0,192	20,0	6,6		16	0,212	22	6,6		16
3.touko	0,258	11,0	6,5	4300	13	0,272	15	6,6	3900	17	0,253	10,0	6,8	3300	13	0,287	12	6,8	2900	13
18.touko	0,426	7,8	7,0	4800	23	0,405	6,9	7	3400	17	0,377	4,1	7,0	2900	13	0,444	5,5	7,1	2900	13
16.kesä	0,501	6,8	7,1	4500	21	0,523	5,1	7,1	3900	17	0,579	4,8	7,3	3700	17	0,703	6,2	7,1	3600	14
5.heinä	0,506	6,7	7,0	4700	20	0,514	6,6	7,1	4400	16	0,467	5,4	7,2	3600	12	0,416	7,6	7	3200	11
22.heinä	0,512	6,4	7,1	5300	23	0,519	5,6	7,1	4900	20	0,541	5,8	7,2	4700	17	0,58	7,4	7	4300	15
9.elo	0,478	8,2	6,9	6200	27	0,471	7,8	6,8	6500	24	0,480	6,8	7,0	5400	17	0,479	5,7	6,8	4300	13
24.elo	0,257	12,0	6,5	4500	15	0,259	25	6,1	5400	21	0,204	14,0	6,7	4700	18	0,268	9,2	6,8	3500	13
13.syys	0,510	12,0	7,0	6300	25	0,579	6,5	7	5200	23	0,624	5,3	7,2	5900	20	0,734	12	7,1	5900	22

Liite 5.

Sanginjoen vedenlaatu avovesikaudella 2004 (Alk=alkaliniteetti, Kiin=kiintoaine, Fe=rauta ja sam=sameus).

	VS1(Kivelä)					VS2(834-tie)					VS3(830-tie)					VS4(golfkenttä)
	Alk(mmol/l)	Kiin(mg/l)	pH	Fe(ug/l)	sam(FNU)	Alk(mmol/l)	Kiin(mg/l)	pH	Fe(ug/l)	sam(FNU)	Alk(mmol/l)	Kiin(mg/l)	pH	Fe(ug/l)	sam(FNU)	pH
21.huhti	-0,026	8,5	4,9	1500	3,9	-0,015	13	5,0	1700	6,2	0,038	18	5,6	3200	12	5,6
27.huhti	0,038	5,8	5,4		5,3	-0,002	3,8	5,1		3,6	0,006	5,7	5,1		4,5	
3.touko	0,039	4,9	5,4	1700	3,8	0,021	5,1	5,2	1600	3,4	0,026	5,3	5,3	1800	5,5	5,3
18.touko	0,062	2	5,9	1900	4,1	0,05	1,7	5,7	1800	3,6	0,05	3,5	5,8	2000	4,9	
15.kesä											0,998	4,6	6,3	2500	4,1	5,7
16.kesä	0,088	2,8	6,2	2000	2,9	0,072	3,2	6,1	2100	2,9						
5.heinä	0,06	7,2	5,7	2900	4,5	0,053	4,8	5,5	3000	3,3	0,1	9,5	6,1	3200	6,8	
22.heinä	0,09	10	6,1	3300	7,2	0,066	12	5,8	3800	7,2	0,083	11	6,0	4500	8,3	
9.elo	0,102	5,2	6,1	3600	6,4	0,073	6,8	6,0	4400	6,8	0,111	9,4	6,1	5600	9,2	6,0
24.elo	0,007	3,3	5,0	2900	3,7	-0,003	2,6	4,9	3400	3	0,037	7	5,3	4000	6,2	5,4
13.syys	0,11	8,8	6,2	2900	8,3	0,094	12	6,1	4000	9,5	0,1	11	6,1	4900	7,6	

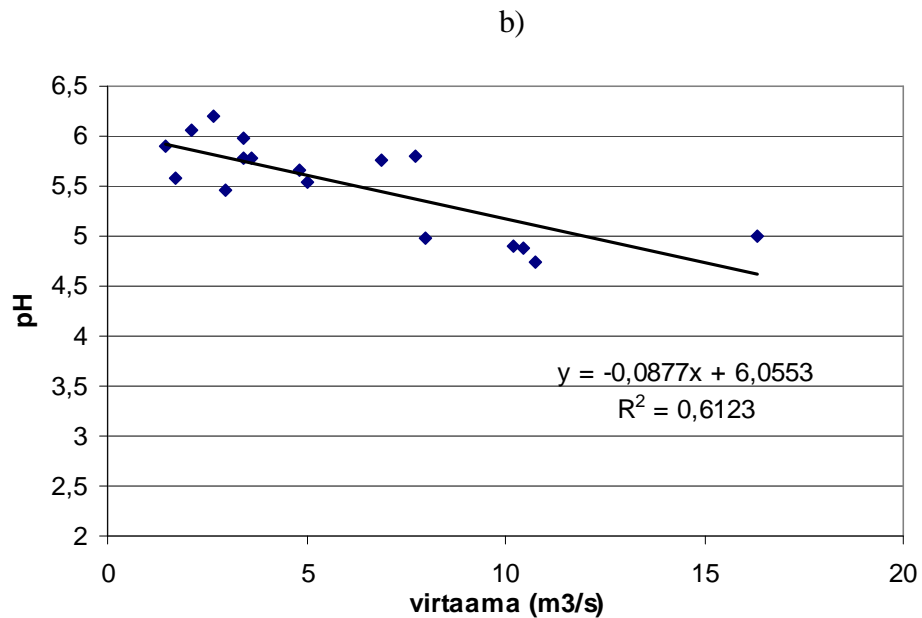
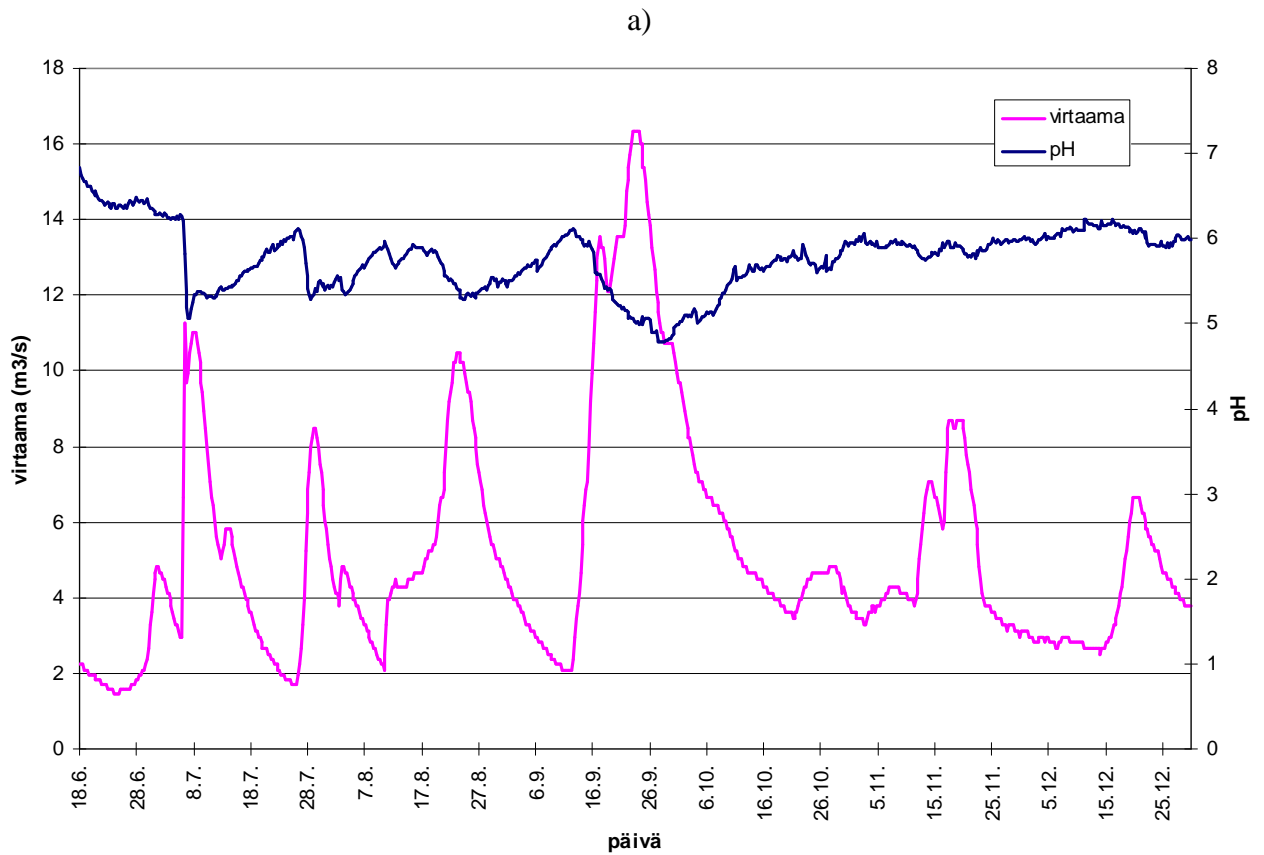
Liite 6.

Sanginjoen pH käsimitauksissa 2004 (Peura yp=Peurakosken yläpuoli, Aitto=Aittokylä, Sangin=Sanginkoski, Mylly2 ap=Myllykoski 2:n alapuoli).

	Peura yp.	Kivelä	Aitto	Sangin	Kinnunen	Mylly2 ap
21.huhti		4,9		5,0		5,6
27.huhti		5,4		5,1		5,1
3.touko	6,0	5,4		5,2		5,3
18.touko	6,4	5,9	5,6	5,7	5,6	5,8
27.touko		5,1	4,8	5,0	4,9	5,0
1.kesä		5,7	5,3	5,1	5,1	5,3
16.kesä		6,2		6,1		6,3
5.heinä		5,7		5,5		6,1
22.heinä		6,1		5,8		6,0
28.heinä	6,6	6,3	6,1	5,9		6,0
9.elo	6,6	6,1	5,9	6,0		6,1
24.elo	6,6	5,0		4,9		5,3
25.elo	6,6	5,0	4,7	4,8		
13.syys		6,2	5,7	6,1	5,6	6,1
23.syys		4,6	4,5	4,3	4,6	4,8

Liite 7.

a) Virtaama ja pH sekä b) virtaaman ja pH:n välinen riippuvuus ääriarvojen (hetkellinen ylin ja alin virtaama) ajankohtina Sanginjoen jatkuvatoimisella mittauspisteellä vuonna 2004.



Liite 9(1).

Sanginjoella vuonna 2005 tehtyjen sähkökalastuksien lajikohtaiset saaliit kpl/koeala ja g/koeala.

Koeala	Peurakoski		Vuorikoski		Honkakoski		Aittokoski		Saarikoski		Sanginkoski		Kurraiskoski		Kinnusenkoski	
m2	105,4		162,5		165		231		105		195		99		234	
Laji	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g
harjus 0+	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
harjus	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
taimen 0+	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
taimen	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
lohi 0+	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
lohi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
nieriä	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
kivenuol.	6	38,5	0	0,0	0	0,0	1	1,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
kivisimppu	9	59,0	12	53,0	24	58,5	13	153,0	25	182,0	15	85,0	21	66,0	105	276,0
made	0	0,0	2	45,0	5	183,0	7	260,0	0	0,0	2	75,0	2	106,0	1	76,0
hauki	2	246,0	1	59,5	2	153,0	1	90,0	2	485,0	3	720,0	1	200,0	2	456,0
mutu	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ahven	67	1459,0	11	483,0	0	0,0	0	0,0	12	105,0	2	59,0	2	184,0	3	84,0
särki	16	869,0	3	208,0	7	150,0	14	506,0	4	74,0	6	259,0	10	295,0	13	408,0
salakka	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	259,0	71	163,0	9	18,0
kiiski	0	0,0	0	0,0	1	5,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	3,0
seipi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
muuta					n. 90 kpl 0+ k.simppuja		n. 30 kpl 0+ k.simppuja		n. 20 kpl 0+ k.simppuja		n. 15 kpl 0+ k.simppuja		n. 10 kpl 0+ k.simppuja		rapu 1 kpl 79 mm	
					n. 30 kpl 0+ särkiä										n. 35 kpl 0+ k.simppuja	

Liite 9(2).

Sanginjoella vuonna 2005 tehtyjen sähkökalastuksien lajikohtaiset saaliit kpl/koeala ja g/koeala.

Koeala	Sadinkoski		Korpikoski		Laukkalankoski		Myllykoski 1		Taivalkoski		Vääräkoski		Myllykoski 2a		Myllykoski 2b	
m2	336		153		152		117		263,5		202,5		228		257,3	
Laji	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g	saalis, kpl	saalis, g
harjus 0+	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
harjus	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
taimen 0+	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
taimen	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
lohi 0+	0	0,0	0	0,0	5	8,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	9,6	0	0,0
lohi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	71,0	6	48,0	10	108,2	5	54,1	0	0,0
nieriä	0	0,0	1	850,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
kivenuol.	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,0
kivisimppu	65	183,0	56	156,0	46	95,0	32	82,0	49	97,0	68	159,0	56	158,0	187	327,0
made	0	0,0	2	165,0	0	0,0	1	27,0	0	0,0	1	333,0	1	62,0	3	150,0
hauki	0	0,0	0	0,0	1	737,0	2	109,0	0	0,0	2	387,0	3	116,0	0	0,0
mutu	0	0,0	0	0,0	1	3,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ahven	1	122,0	0	0,0	7	186,0	5	225,0	4	256,0	1	21,0	0	0,0	0	0,0
särki	8	380,0	2	37,0	5	92,0	5	119,0	8	456,0	10	176,0	4	133,0	5	106,0
salakka	6	37,0	7	16,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,0	0	0,0	1	12,0
kiiski	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	8,0	1	12,0
seipi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	32,0	4	150,0	6	150,0
muuta	n. 200 kpl 0+ k.simppuja		n. 100 kpl 0+ k.simppuja		n. 200 kpl 0+ k.simppuja		n. 80 kpl 0+ k.simppuja		n. 50 kpl 0+ k.simppuja		n. 10 kpl 0+ k.simppuja		n. 100 kpl 0+ k.simppuja		n. 100 kpl 0+ k.simppuja	
							3 kpl 0+ ahvenia				1 kpl 0+ ahvenia					