



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2021

40 vuotta koskikunnostuksia Suomessa

Yhteenveto seurantatutkimuksista

Ari Huusko, Pauliina Louhi, Maare Marttila,
Pekka K. Korhonen ja Olli van der Meer

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2021

40 vuotta koskikunnostuksia Suomessa

Yhteenveto seurantatutkimuksista

Ari Huusko, Pauliina Louhi, Maare Marttila, Pekka K. Korhonen
ja Olli van der Meer

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2021

Viittausohje:

Ari Huusko, Pauliina Louhi, Maare Marttila, Pekka K. Korhonen & Olli van der Meer. 2021. 40 vuotta koskikunnostuksia Suomessa : Yhteenveto seurantatutkimuksista. Luonnonvara- ja bio-talouden tutkimus 52/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 56 s.



ISBN 978-952-380-246-9 (Painettu)

ISBN 978-952-380-247-6 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-247-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Ari Huusko, Pauliina Louhi, Maare Marttila, Pekka K. Korhonen ja Olli van der Meer

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2021

Julkaisuvuosi: 2021

Kannen kuva: Ari Huusko

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Ari Huusko¹, Pauliina Louhi², Maare Marttila³, Pekka K. Korhonen¹ ja Olli van der Meer⁴

¹ Luonnonvarakeskus, Manamansalontie 90, 88300 Paltamo

² Luonnonvarakeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulun yliopisto

³ Lapin Ely-keskus, Elinkeino, työvoima ja osaaminen / Kalatalous, Veteraanikatu 1, 90101 Oulu

⁴ Tmi Olli van der Meer, Hiomontie 14, 90850 Martinniemi

Maassamme on tehty elinympäristökunnostuksia jokien koskialueilla jo yli 40 vuoden ajan. Koskikunnostukset on toteutettu pääasiassa kalataloudellisesta näkökulmasta keskittyen lohikalojen poikasten elinympäristön parantamiseen. Tämä raportti on yhteenveto kotimaisesta koskikunnostuksista käsittelevästä tutkimuskirjallisuudesta sekä saatavilla olleista julkaistuista raporteista. Julkaistujen tietojen perusteella on pääteltävissä mm.:

- Kunnostusten seurannoissa, erityisesti seuranta-asetelmien sisällöissä, on ollut puutteita. Kunnostusten vaikutusten seuranta ei ole osa rutiininomaista hankkeiden toteutusta, vaan kattavaa seuranta-toimenpiteiden vaikutuksista on toteutettu lähinnä erillisissä tutkimushankkeissa.
- Kunnostukset ovat lisänneet koskien rakenteellista monimuotoisuutta. Veden syvyydeltään, virrannopeudeltaan ja pohjan raekooltaan erilaisten habitaattien monimuotoisuus on laajentunut ja keskinäinen tilajärjestys on muuttunut mosaiikkimaisemmaksi. Kunnostetut alueet ovat samankaltaisia keskenään eri vesistöissä, ja ne eivät ainakaan vielä vastaa täysin luonnontilaisia koskialueita.
- Kunnostuksissa koskien pohjakasvillisuus, erityisesti sammalten määrä, on vähentynyt. Sammaleet näyttäisivät palautuvan vuosien tai vuosikymmenien kuluessa. Palautuminen on nopeampaa, jos kunnostusten yhteydessä on kyetty säästämään sammalkasvustoja.
- Kunnostusten seurauksena pienempien koskien orgaanisen aineksen pidätyskapasiteetti on parantunut. Erityisesti luonnonpuun lisääminen pidättää pohjaeläimistön energialähteenä käyttämää tärkeää lehtikariketta myös isommilla virtaamilla.
- Koskien rakenteellisten ominaisuuksien kohentumisesta huolimatta kunnostettujen koskien pohjaeläimistön koostumus ei ole muuttunut merkitsevästi lähtötilanteeseen verrattuna. Syynä tähän voi olla kasvillisuuden, erityisesti vesisammalien, väheneminen kunnostusten yhteydessä ja niiden hidas palautuminen kunnostusten jälkeen. Myös selkärangattomien levittäytyminen kunnostetuille alueille voi olla hidasta. Valuma-alueella tapahtuneet muutokset ovat heikentäneet myös vesistöjen tilaa, jolloin kunnostettujen kohteiden lähetyillä ei ole 'lajilähteitä', mistä selkärangattomat voisivat kunnostetuille alueille levittäytyä.
- Taimenen ja lohen kutualueiden rakentaminen koetaan keskeiseksi kunnostustoimeksi, mutta kutusoraikkojen sijoittamisesta koskialueille ei ole riittävästi tietoja. Suurimpina ongelmia ovat olleet soran huuhtoutuminen pois sijoituspaikasta ja soraikkojen sedimentoituminen.
- Taimenen ja lohen poikaset ovat keskimäärin hyötynneet koskikunnostuksista, mutta eri jokien ja myös joen sisällä olevien koskikohteiden välillä esiintyy suurta vaihtelua varhaispoikasten tiheyksinä mitatussa kunnostusvasteessa. Kunnostusten vaikutuksesta kohdejokien taimen- ja lohismolttien määrään ei ole tehty kattavia selvityksiä.
- Kalojen, erityisesti taimenen ja lohen, talvenaikaisesta habitaatin käytöstä tarvittaisiin lisää tutkimustietoa, mitä voitaisiin hyödyntää kunnostuksien suunnittelussa.

- Kunnostusten jälkeen tehdyillä istutuksilla kunnostettuihin koskiin on aikaansaatu kohtuullisia kalatiheyksiä, mutta istutukset saattavat olla jopa haitallisia joen oman taimenkannan kehitykselle. Suositeltavaa olisi odottaa kunnostuksien jälkeen joitakin vuosia ja seurata luonnonpoikasten tiheyksien kehittymistä ennen istutuksiin ryhtymistä, jos kunnostettavalla alueella on jo ollut edes jonkinlaista omaa taimentuotantoa olemassa.
- Koskikaloista kivisimppu näyttäisi myös hyötyvän kunnostuksista ja se voi vaikuttaa jossain määrin kesänvanhojen taimenen poikasten menestykseen.
- Erilaiset toimijaryhmät (maa- ja metsätalouden harjoittajat, virkistys- ja harrastekäyttäjät) kokevat kunnostustoiminnan hyötyjä/haittoja omien intressiensä mukaisesti, mutta kokonaisuutena Suomessa koskikunnostukset ja virtavesien kunnostus laajemminkin nähdään mielekkäinä toimina.
- Koskikunnostus on yksi palanen jokiekosysteemin toimintojen ja eliölajien menestymismahdollisuuksien kohentamisessa. Vesiekosysteemejä tulisi tarkastella kokonaisuuksina yhdessä niiden valuma-alueiden kanssa sen sijaan, että kunnostetaan ”palanen sieltä ja toinen täältä”. Kunnostuksilla voidaan saavuttaa kestävää ekologista vaikutusta vain, jos toimenpiteet osataan kohdistaa oikeisiin rajoittaviin tekijöihin. Kunnostuksissa tulisi varautua jo nyt myös ilmastonmuutoksesta juontuviin muutoksiin ekosysteemeissä.
- Onnistunut kunnostaminen edellyttää yleensä useiden toimenpiteiden yhdistelmiä, eli samanaikaisesti koskikunnostusten kanssa tulisi tehostaa vesiensuojelua ja/tai säännellä kalastusta ja/tai palauttaa kalojen vaellusmahdollisuuksia.

Asiasanat: koskikunnostus, taimen, pohjaeläimet, jokiekosysteemi, valuma-alue, monimuotoisuus, sosioekonomiset hyödyt

Sisältö

1. Johdanto	6
2. Koskikunnostusten vaiheista Suomessa.....	7
3. Kunnostusten vaikutusten seurannan periaatteet.....	10
4. Kunnostusten vaikutukset koskiympäristöön	13
4.1. Kunnostetun kosken rakenne.....	13
4.2. Elinympäristö ´kalojen silmin`.....	18
4.3. Kunnostusrakenteiden pysyvyys	21
4.4. Luonnontilaisissa virtavesissä on puuta	22
5. Koskikunnostusten ekologiset vaikutukset	23
5.1. Taimenen poikastiheydet.....	23
5.2. Lohen poikastiheydet	28
5.3. Muut kalalajit.....	31
5.3.1. Muiden kalalajien vaikutus taimeneen.....	32
5.4. Taimenistutusten vaikutukset.....	32
5.5. Pohjaeläinyhteisöt	33
5.6. Ekosysteemitoiminnot.....	35
6. Virtavedet ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa valuma-alueensa kanssa	36
6.1. Muuttuva ilmasto aiheuttaa muutoksia myös virtavesissä	38
7. Koskikunnostusten sosioekonomiset vaikutukset	40
8. Elinympäristöjen kokonaisvaltainen kunnostaminen: suosituksia tuleville kunnostushankkeiden toteuttajille.....	45
Viitteet.....	48

1. Johdanto

Maassamme on tehty elinympäristökunnostuksia jokien koskialueilla jo yli 40 vuoden ajan. Puun uiton helpottamiseksi peratuista virtavesien koskistamme on kunnostettu valtaosa luonnontilaisempaan pidetyn koskialueen kaltaiseksi ja kunnostuksien pääpaino on viime vuosina siirtynyt pienempiin latvavesiin. Kunnostuksien pääasiallinen tavoite on ollut parantaa taloudellisesti arvokkaiden lohikalojen elinympäristöä. Koskikunnostuksien alkuvaiheessa 1970- ja 1980-luvulla toimenpiteet olivat vielä keveitä ja ne keskittyivät lähinnä uittosuisteiden ja muiden uittoon liittyvien rakennelmien purkamiseen (Yrjänä 1995a). Seurantoihin pohjautuvaa tietoa ei juurikaan ollut olemassa, joten niitä toteutettiin pitkälti 'näppituntumalla'. Vasta 2000-luvulla tavoitteet laajenivat ainakin jossain määrin myös vesistöjen ekologisen tilan sekä virkistyskäyttömahdollisuuksien kohentamiseen. Nykyään kunnostukset koetaan tapana ennallistaa suomalaisille tärkeää vesimaisemaa ja sitä kautta lisätä joen arvostusta, asuin ympäristön viihtyvyyttä, virkistyskäyttöarvoa ja matkailullista vetovoimaa.

Koskikunnostuksien vaikutusten seuranta aloitettiin paljon myöhemmin, vasta 1990-luvun loppupuolelta lähtien. Yhä edelleen vaikutuksia kalastoon, pohjaeläimistöön, kasvillisuuteen ja jokiekosysteemin toimivuuteen selvitetään lähinnä erillisissä tutkimushankkeissa ja ne eivät ole osa rutiininomaista kunnostamista. Viime vuosina on tehty selvityksiä myös kunnostusten sosioekonomisista vaikutuksista ja tarkasteltu taustalla olevia syitä sille, miksi kunnostusten onnistuminen vaihtelee eri kohteiden välillä (Marttila ym. 2019).

Tämä raportti on yhteenveto kotimaisesta koskikunnostuksia käsittelevästä tutkimuskirjallisuudesta sekä julkaistuista raporteista. Suomessa kunnostukset ovat kohdistuneet yleensä vain jokien koskialueille ja niiden välissä olevat hitaamman virtauksen suvantomaiset alueet on jätetty huomiotta. Tämän vuoksi selvitys on rajattu koskemaan vain koskialueilla tehtyjä kunnostuksia.

Raportti on laadittu osana Euroopan meri- ja kalatalousrahaston rahoittamaa 'Kalatalouden ympäristöohjelmaa'. Tuen on myöntänyt Lapin ELY-keskus vuosille 2017–2022. Kalatalouden ympäristöohjelmaa koordinoi Luonnonvarakeskus. Ohjelmassa kumppaneina ovat Suomen ympäristökeskus, Jyväskylän yliopisto, Oulun yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Helsingin yliopiston Tvärminnen eläintieteellinen asema, Valonia ja Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry.

2. Koskikunnostusten vaiheista Suomessa

Koskikunnostusten lähes 50 vuoden historian aikana on siirrytty uittoperkautusten kumoamisesta vesipuidedirektiivin edellyttämän hyvän ekologisen tilan saavuttamiseen. Kunnostusten yleinen tavoite on hiljalleen laajentumassa yksinomaan kalatalouden edistämiseksi huomioimaan myös monimuotoisuuskadon pysäyttäminen. Kunnostusympäristö on vaihtunut isompien jokien koski- osuuksien kunnostamisesta kohti pienempiä latvavesistöjä. Toteuttajien pääpaino on muuttunut valtiohallinnosta vapaaehtoisin järjestöihin ja talkoolaisiin, ja rahoitusta toteuttamiseen kootaan yhä useammista ja erilaisista lähteistä.

Jokivesistöjen perkaamista uittotoiminnan harjoittamiseksi tehtiin Suomessa intensiivisimmin 1940- ja 1950-luvuilla. Varsinaiset koneelliset uittoväylien perkaukset yleistyivät 1950-luvulla, jolloin tehtiin suurimmat rakenteelliset muutokset uittoväylillä. Uitto oli aikoinaan ylivoimaisesti tärkein puun kuljetusmuoto ja se toteutettiin usein irtouittona, jossa puut laskettiin irrallaan jokeen ja koottiin yhteen jokisuulla. Vesistöihin tehtiin perkautusten lisäksi myös tukkien uittoa helpottavia rakenteita, kuten patoja, suisteita ja uittokouruja. Perattuja uomia arvioidaan olleen Suomessa lähes 20 000 km (Yrjänä 1998, Eloranta 2010).

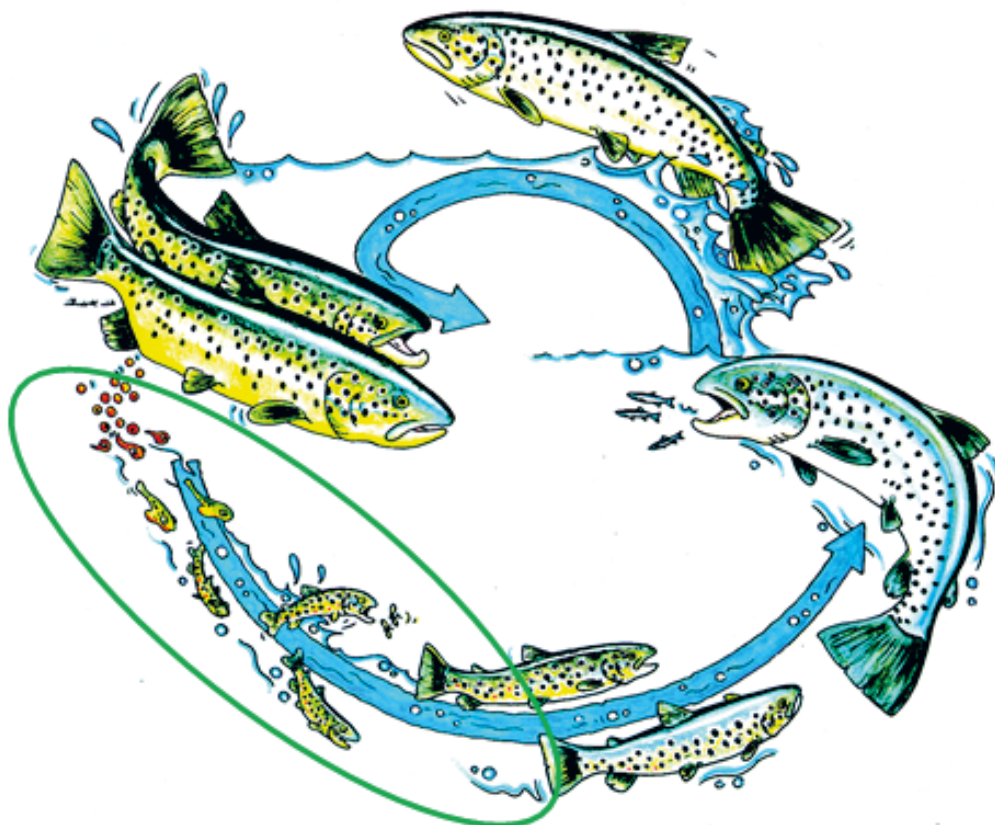
Pääasiassa uittotoimintaa varten tehdyt jokiuomien perkaukset muuttivat selvästi jokiuomien rakennetta. Uoman perkausten ja oikomisten vuoksi laajat koskialueet jäivät kuiville ja vesistöjen koskiala pieneni. Vesistöille luontainen koski-suvanto-vuorottelu väheni, virtausolosuhteet ja pohjan rakenne yksinkertaistuivat ja virtavesiekosysteemeille elintärkeä vuorovaikutus niiden rantavyöhykkeisiin heikkeni. Erityisesti vaelluskaloille tärkeiden kutu- ja poikastuotantoalueiden määrä väheni.

Puunkuljetuksen siirryttyä maanteille tukinuitto joissa loppui vaiheittain. Eri puolilla Suomea aloitettiin 1970-luvun lopulta alkaen laajoja kunnostushankkeita, joiden tarkoituksena oli uittoperkautuksista aiheutuneiden haittojen vähentäminen (kuva 1). Kaikkiaan kumottavia uittosääntöjä on ollut 380 kpl (Turunen & Äystö 2000). Kunnostusten alkuvaiheessa vain pieni osa koskesta aikoinaan otetusta materiaalista siirrettiin takaisin uomaan ja koskeen jätettiin edelleen syvämpi veneväylä tai kriisiajan uittoväylä (Jutila 1982, Yrjänä 1995a).



Kuva 1. Kostonjoen koski ennen kunnostusta (pienkuva) ja kunnostuksen jälkeen. Kuva: Eero Moilanen.

Kalojen elinympäristövaatimukset tulivat 1980-luvulla töiden perustaksi ja muun muassa lohikalojen kutualueiden parantaminen sisällytettiin tavoitteisiin. Kunnostustöitä tehtiin kuitenkin edelleen pitkälti ´näppituntumalla` ilman kalatalousasiantuntijan työn ohjausta, suunnittelua ja seuranta (Yrjänä 1995a). Vasta 1990-luvulla toteutuksissa huomioitiin kunnostustöiden kohtunut dokumentointi, kunnostajien tehokas keskinäinen vuorovaikutus, arviointimenetelmien kehittäminen ja talkootoiminta (Yrjänä 1995a, 1995b, Mäki-Petäys ym. 1999, Eloranta 2000, Marttila 2016a). Kunnostukset toteutettiin edelleen pääasiassa kalataloudellisesta näkökulmasta, jossa päämääränä oli erityisesti lohikalojen poikasten elinolosuhteiden parantaminen (kuva 2).



Kuva 2. Koskikunnostukset on toteutettu pääasiassa kalataloudellisesta näkökulmasta kohdistuen taimenen ja myös muiden lohikalojen poikasvaiheen (vihreä rengas) elinympäristön parantamiseen. Piirros Simo Yli-Lonttinen.

Vasta 2000-luvulle tultaessa kunnostuksien tavoitteissa on ainakin jossain määrin huomioitu kalaston lisäksi myös muut virtavesien eliöryhmät. Kunnostukset nähdään toimenpiteenä, millä voidaan saavuttaa Euroopan unionin Vesipuitedirektiivin (2000/60/EY) asettamat tavoitteet saavuttaa kaikissa vesistöissämme vähintään hyvä ekologinen tila sekä keinona pysäyttää luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen. Viimeisimmän vuonna 2019 tehdyn vesien ekologisen tila-arvion mukaan Suomen jokien kokonaispituudesta noin 32 prosenttia on hyvää heikommassa tilassa ja näihin vesistöihin tulisi kohdistaa kunnostustoimenpiteitä.

Vesienhoitosuunnitelmien mukaan hyvän ekologisen tilan saavuttaminen edellyttää monin paikoin uusia tai täydentäviä elinympäristökunnostuksia. Laajasta kunnostustoiminnasta huolimatta jokien kunnostuksille on edelleen tarvetta ja vanhimpien uittosäätöjen kumoamisen yhteydessä tehtyjen kunnostusten täydennykset ovat ajankohtaisia.

Kunnostustoiminnalla on ollut jo pitkään vahva sosiaalinen kannatus ja lukuisat vapaaehtoiset haluavat tehdä konkreettisia toimia vesistöjen tilan parantamiseksi. Erityisesti tieto vaelluskalakan- kantojemme heikosta tai edelleen heikkenevästä tilasta on herättänyt kiinnostusta ja aktiivista toimintaa laajalla rintamalla.

Hallinnollisesti vesistökuunnostukset ovat jakautuneet sekä ympäristöministeriön että maa- ja metsätalousministeriön toimialoille. Ympäristöministeriön määrärahat on suunnattu pääasiassa järvien kunnostuksiin ja vesienhoitoon, kun taas maa- ja metsätalousministeriö on suunnannut kunnostusmäärärahoja uittosäntöjen kumoamisesta aiheutuviin kunnostuksiin sekä kalatalou- dellisiin kunnostuksiin.

Virtavesien kunnostamista ja vaelluskalojen palauttamista ohjataan kansallisella kalatiestrategi- alla, vesien kunnostusstrategialla, pienvesien suojele- ja kunnostusstrategialla sekä lohi- ja meritaimenstrategialla. Vaeltavien ja uhanalaisten kalakantojen elvyttäminen oli myös yksi Si- pilän hallituksen (2015–2019) kärkihankkeista, mitä nyt jatketaan Sanna Marinin hallituksen NOUSU-vaelluskalaohjelmalla (2019–2023) sekä Helmi-elinympäristöohjelmalla. Vesistöjen ka- lataloudellinen kunnostus oli aikaisemmin valtiovetoista, mutta nykyään käytännön toteutuk- sesta vastaavat yhä enemmän yhdistykset, järjestöt, osakaskunnat, kunnat ja muut kolmannen sektorin toimijat (kuva 3).



Kuva 3. Purojen ja pienten jokien kunnostuksissa ovat 2000-luvulla toimineet erityisen aktiivi- sesti toimineet erilaiset yhdistykset ja järjestöt, paikalliset asukkaat, osakaskunnat sekä muut asiasta kiinnostuneet kansalaisryhmät. Kuvassa paikalliset talkoolaiset lisäävät kutusoraa Oulun Hupisaarten puroihin. Kuva: Pauliina Louhi.

3. Kunnostusten vaikutusten seurannan periaatteet

Kunnostuksien onnistumisen toteaminen edellyttää tavoitteiden mukaista vaikutusten seuranta. Seuranta voidaan tehdä monella eri tasolla ja sopivan asetelman valintaan vaikuttavat asetetut tavoitteet, itse kunnostuskohde ja käytettävissä olevat resurssit. Vaikutusten seuranta on edistynyt viimeisten vuosikymmenien aikana, mutta yhä edelleen se joutuu todistamaan tarpeellisuuttaan eikä ole osa kunnostuksien rutiinia. Parhaimmillaan seurannalla voitaisiin saavuttaa oppimiskokemuksia, jolloin kunnostus- ja seurantamenetelmiä olisi mahdollista kehittää ja kohdentaa resurssija viisaasti.

Pitkäaikaisten seurantojen toteuttaminen oli myös alun perin liitettyä koskikunnostuksien tavoitteisiin. Oulun vesistö tutkimuspäivillä vuonna 1985, noin vuosikymmen koskikunnostusten aloittamisesta ja ensimmäisten kunnostuskokeilujen valmistuttua, Kuopion vesipiirin insinööri Porttikivi (1985) totesi mm. kunnostusten teknisestä toteutuksesta:

”kunnostusten onnistumiseksi tarvitaan riittävän perusteellinen joen pohjan tutkimus samoin kuin virtausolojen selvittely ennen ja jälkeen kunnostuksen. Muuten ei kyetä rakentamaan sellaisia kutu- ja poikastuotantoalueita, jotka kalat hyväksyisivät”

ja edelleen kunnostusten jälkeen

”seurantavaiheessa selvitetään, miten tavoitteisiin on päästy. Vaihe edellyttää jälleen tutkimusta, minkä perusteella päästään uusien ratkaisujen avulla korjaustoimenpiteisiin. Korjaustoimenpiteiden ilmeneminen on luonnollista”.

Vaikka elinympäristön eri osatekijöiden tunnistaminen ja mittaaminen on siis tunnistettu jo kunnostustoiminnan alkuvaiheissa keskeiseksi osaksi kunnostushanketta, kunnostusten vaikutuksia on maassamme seurattu varsin heikosti. Vain harvassa koskikunnostushankkeessa Porttikiven (1985) esittämää menettelyä on sovellettu, eikä koskien rakenteellista tilaa kuvaavien ympäristömuuttujien arvoja yleensä ole mitattu ennen eikä jälkeen kunnostuksen.

Toimenpiteiden vaikutusten arviointi ja seuranta tulisi kuulua oleellisena osana kunnostushankkeisiin. Ainoastaan toistuvasti kerättyjen aineistojen ja oikein asetettujen indikaattorien avulla voidaan seurata elinympäristöjen ja jokieläimistön kehittymistä ja tavoitteiden saavuttamista. Esimerkiksi kunnostusoppaissaakin usein suositeltu valokuvaaminen ei kerro lopulta mitään kunnostuksen aikaansaamista lopullisista muutoksista alueen elinympäristön laadussa vesittyneen pinta-alan mahdollista kasvua lukuun ottamatta vaan ainoastaan alueen visuaalisesta ilmeestä.

Sellaisia seurantoja koskikunnostusten vaikutuksista kalayhteisön koostumukseen ja kalatiheyteen, joissa olisi mukana myös riittävän pitkäaikainen ennen kunnostuksia tapahtunut seuranta, on vain vähän suhteessa toteutettujen kunnostuksien määrään. Jos seuranta ennen kunnostuksia on ollut, se on yleensä tapahtunut vain sähkökoekalastamalla kohde yhtenä tai kahtena vuotena (Kännö 1987, Lempinen & Saura 1999, Huolila ym. 2000, Nikkilä 2000). Kun vertailupohjaa kunnostuksia edeltävältä ajalta ei ole ollut, on pääosa kunnostuksiin liittyvistä kaloihin kohdistuvista seurannoista ollut kunnostuksen jälkeiseen tilanteeseen kohdistuvia kalaistutusten seurantatutkimuksia (Jokikokko 1987, Kännö 1987, Jutila 1987, Lempinen & Saura 1999). Niistä ei ole mahdollista saada suoraa vastausta kunnostuksen vaikutuksista kalayhteisön koostumukseen ja kalatuotantoon. Istukkaiden menestyminen koskessa kertoo elinympäristön soveltuvuudesta ko. lajin istutetuille poikasille, mutta ei sitä, missä määrin kunnostus on vaikuttanut lopputulokseen. Esimerkiksi Huolila ym. (2000) toteavatkin tarkastelemansa 20 koskikohteen seurannan perusteella:

”aineiston perusteella jää selvittämättä, johtuvatko alhaiset taimentiheydet epäonnistuneesta kunnostuksesta, emokalaston puutteesta vai kenties jostain muusta syystä”.

Toimenpiteiden tuloksellisuuden arviointi on tehotonta, jos se toteutetaan vain kunnostusten jälkeen ja yksinomaan kunnostuskohteessa. Asiaa voidaan havainnollistaa kolmen kuvitteellisen joen taimenseurannoilla (Mäki-Petäys ym. 1999). Kuvan 4 A perusteella tiedetään vain, että kaloja esiintyy kunnostuksen jälkeen vaihtelevina tiheyksinä kunnostetuissa joissa vuonna viisi. Kunnostusten vaikutuksista ei voida sanoa mitään – samat kalatiheydet olisivat voineet esiintyä joissa kunnostuksista huolimatta. Kuvan 4 B tuloksien perusteella voidaan arvata kunnostuksien lisänsen kalatiheyksiä, koska ennen kunnostuksia jokien kalatiheydet olivat pienemmät kuin kunnostuksen jälkeen. Taimenpoikasten tiheysvaihtelun tiedetään kuitenkin olevan luontaisesti suurta vuosien välillä, joten kunnostuksien vaikutusta ei voida todentaa. Niinpä esimerkiksi kuvan 4 C ennen-jälkeen arvio viittaisi kunnostuksien jopa vähentäneen kalatiheyksiä, jos kolmannen ja viidennen vuoden kalatiheyksiä vertaillaan keskenään tietämättä mitään muista vuosista. Sen sijaan ennen-jälkeen arviointi vuosien 0–10 kalatiheysaikasarjana kertoo kalatiheyksien vuosittaisesta luontaisesta vaihtelusta, mutta viittaa samalla entistä vahvemmin kunnostuksien kalatiheyksiä lisänneeseen vaikutukseen.

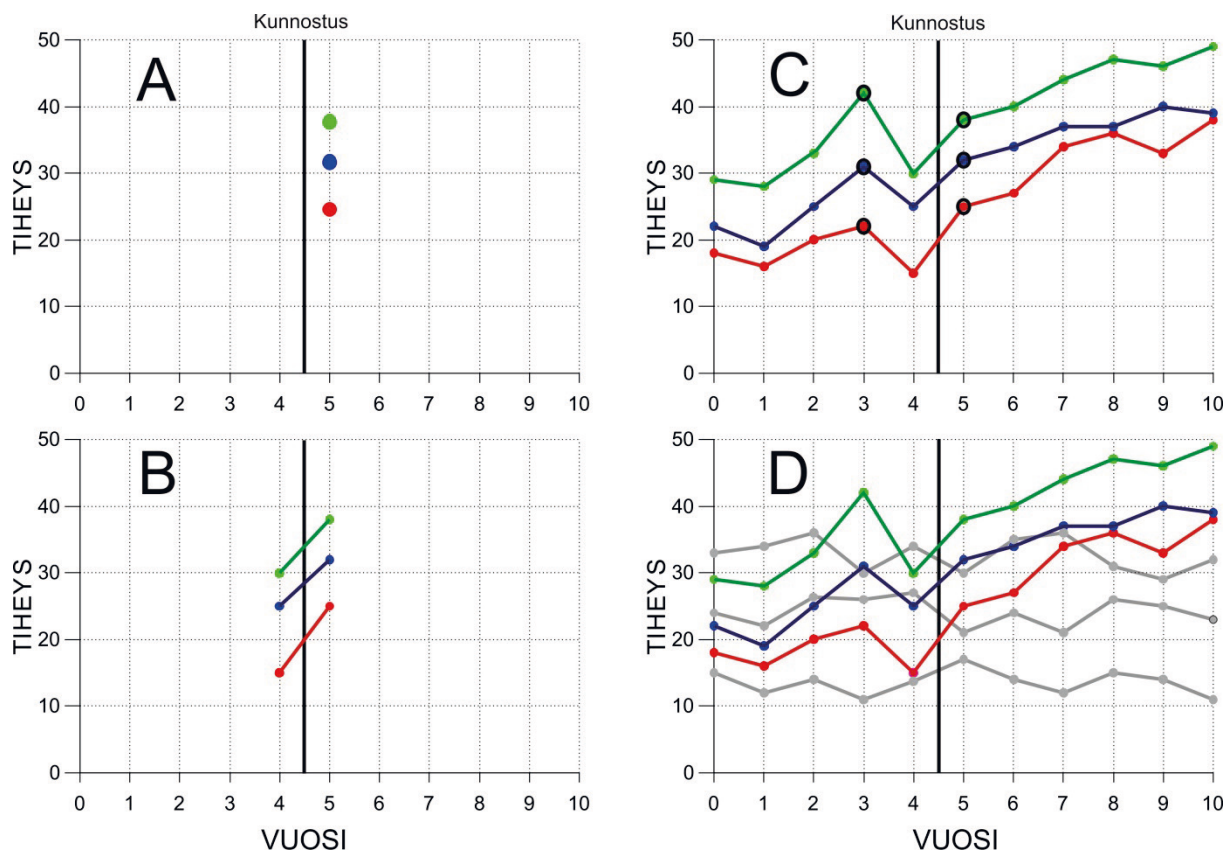
Kuvassa 4 D päättelyn luotettavuutta lisää edelleen jokien pitkäaikainen seuranta ennen ja jälkeen kunnostusten sekä kontrollijokien (eli joet, joita ei kunnosteta) seuranta niiden rinnalla (ns. BACI, eli Before-After-Control-Impact –asetelma). Jos kontrollijoissa ei havaita vastaavaa kalatiheyksien kasvua kuin kunnostetuissa joissa kunnostuksen jälkeen, voidaan hyvin suurella todennäköisyydellä pitää kalatiheyksissä havaittua kasvua juuri kunnostusten ansiona. Tällainen seuranta-asetelma on erityisesti tarpeen, jos halutaan erottaa kunnostuksien vaikutus esimerkiksi ilmastonmuutoksen aiheuttamista muutoksista kalatiheyksissä. Laaja asetelma tarvitaan myös, jos joissa on samanaikaisesti tapahtunut vaikkapa emokaloihin vaikuttavia muutoksia esimerkiksi kalastuksen järjestelyissä tai vaellusesteiden poistamisessa.

Vaihtoehtoisena lähestymistapana ennen-jälkeen kunnostuksen tapahtuvalle aikasarjaseurannalle voidaan soveltaa asetelmaa, jossa vertaillaan samaan aikaan tehtyjen koekalastusten tuloksia esimerkiksi useampien perattujen, kunnostettujen ja luonnontilaisten koskien välillä (kontrolli-käsitelty; ns. Space-for-Time Substitution -asetelma). Luonnollisesti tämänkin asetelman mukaisessa seurannassa tarvitaan havaintoja usealta vuodelta ja seurantakohteelta, sillä kohteiden ja vuosien välinen vaihtelu voi olla suurta ja heikentää kunnostusvasteen havaitsemista (Yrjänä ym. 1988, Jutila ym. 1994, Luhta ym. 2012).

Sekä ennen-jälkeen että kontrolli-käsitelty -tyyppisissä asetelmissä kontrollikohteiden avulla pyritään erottamaan kunnostuksista seuranneet muutokset kaikista muista mahdollisista muutoksista ja luontaisesta vaihtelusta. Kontrollikohteita tulisi olla kahdenlaisia (ns. tuplakontrolli): perattuja uomia, joissa ei toteuteta kunnostustoimenpiteitä, ja luonnontilaisia uomia. Kunnostuskohteiden vertailu toimenpiteitä vaille jääviin uomiin kertoo muutoksesta, mikä kunnostuksilla on saatu aikaiseksi. Vertailu luonnontilaisiin uomiin kertoo muutoksen suunnasta, eli siitä, ovatko kunnostuskohteessa aikaansaadut muutokset menossa kohti luonnontilaisempia uomia.

Kuvan 4 D mukainen seuranta-asetelma on voimakkain ja suositeltavin työkalu kunnostusvaikutusten todentamiseksi. Vaikka seurannan toteuttajilla usein on rajallinen rahoitus seurantaohjelmien toteuttamiseksi, on selvää, ettei ilman oikeanlaista seuranta-asetelmaa ja -aineistoa pystytä toteamaan kunnostusten aikaansaamia muutoksia kohteissa (Christie ym. 2019). Yksinkertaisimmillaan seurannassa voidaan käyttää kohdemuuttujana koskikalatiheyksiä ennen ja jälkeen kunnostusten (Saura 1999, Keskinen ym. 2018). Vesistö-kunnostuksien seurannasta löytyy ohjeistusta ja lisätietoa esim. Koljosen ym. (2020) raportista. Erilaisia käytännön esimerkkejä

seurannoista ja niiden analysoimisesta voi lukea Marttilan ym. (2019), Vehasen ym. (2010), Louhen ym. (2011a) ja Luhdan ym. (2012) julkaisuista.



Kuva 4. Kolmen kuvitteellisen joen taimenseurantojen tulokset erilaisilla seurantamenetelmillä (Mäki-Petäys ym. 1999). Kuvassa D harmaat viivat ovat kontrollijokia.

4. Kunnostusten vaikutukset koskiympäristöön

Suomessa osataan monipuolistaa koskien rakenteellisia ominaisuuksia. Elinympäristömallinnusten ja maastomittausten perusteella kunnostukset ovat lisänneet koskien leveyttä ja rakenteeltaan monimuotoisempaa ympäristöä verrattuna perattuihin koskiin. Joen luonnolliset toiminnot muovaavat kunnostuksissa toteutettuja rakenteita, joten kunnostuksien aiheuttamat lopulliset muutokset ovat havaittavissa vasta vuosien kuluttua toteutuksesta. Toteutetut rakenteet ovat olleet varsin pysyviä, sammalkasvustot ovat palautuneet ja lehtikarikkeen pidätyskyky on kohentunut, joiden jatkumona kunnostetut kosket ovat muuttuneet lähemmäs luonnontilaisen kaltaisia koskia. Ympäristön monipuolistaminen on pääosin onnistunut ja kunnostetuissa koskissa on todennäköisesti enemmän esimerkiksi lohikaloille soveltuvia poikasalueita kuin kymmeniä vuosia takaperin vallinneessa tilanteessa.

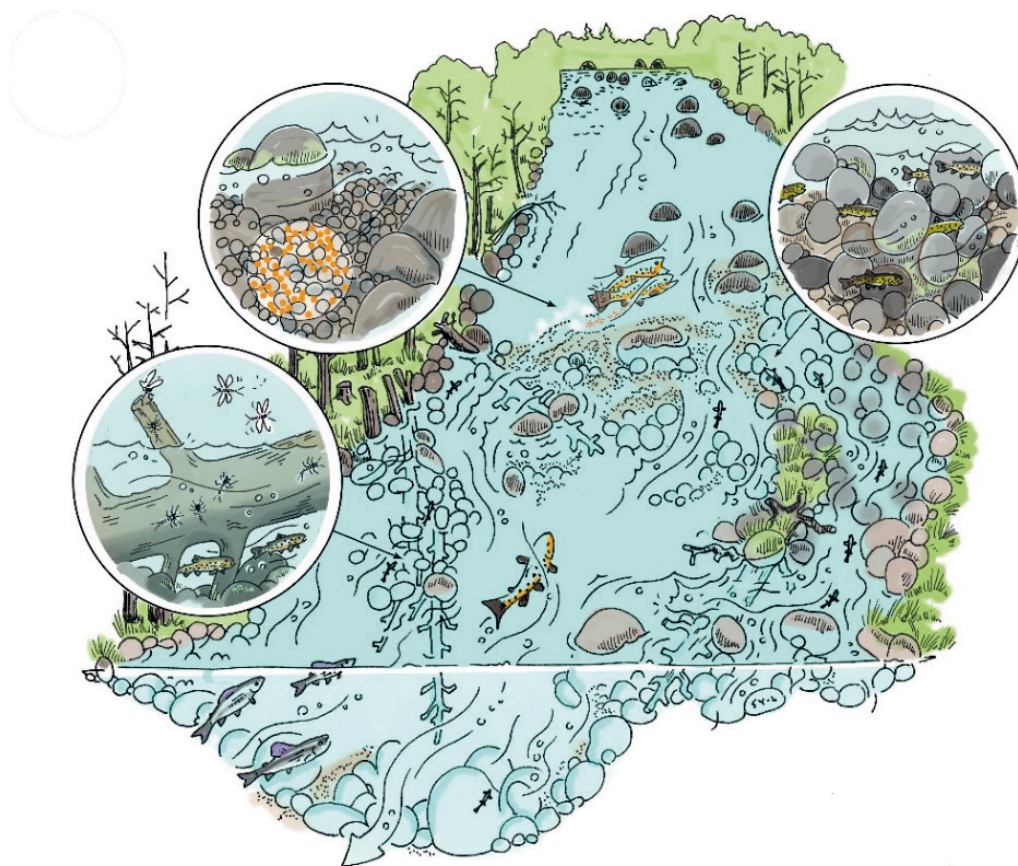
Raportoitujen tuloksien perusteella kunnostusmenetelmissä on myös parannettavaa. Kunnostusten yhteydessä rakennettujen lohikalojen kutusoraikoiden määrä ja niiden sijoittelu, kestävyys ja toimivuus ovat olleet tuloksiltaan vaihtelevia. Habitaattimallinnusten perusteella taimenen ja lohen poikasille soveltuva talviaikainen elinympäristö ei ole kohentunut odotusten mukaisesti. Lisäksi puunaineksen käyttö kunnostusrakenteina on ollut vielä vähäistä, vaikka puuaineksella on suuri merkitys kaiken kokoisten jokiekosysteemien toiminnoissa.

4.1. Kunnostetun kosken rakenne

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (nykyinen Luonnonvarakeskus Luke) teki yhdessä Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin ympäristökeskuksien kanssa 1990-luvulla tutkimuksia koskikunnostusten vaikutuksista koskien rakenteeseen (Huusko 1995, Yrjänä 1995b, Huusko & Yrjänä 1995, 1997, Korhonen ym. 1998, Marttila ym. 2016b). Menetelmänä käytettiin Suomessa ensimmäistä kertaa elinympäristömallinnusta (kts. Mäki-Petäys ym. 2018). Kunkin kohteen uoman topografia mitattiin ja veden virtaus mallinnettiin sekä ennen kunnostusta että 1–3 vuoden kuluttua kunnostuksesta. Mukana oli 50 koskikohdetta lähinnä lijoen vesistöalueelta, joissa kunnostustekniikkana oli käytetty pääasiassa ns. kynnystäytökunnostusta (Yrjänä 1995a).

Tutkimustulosten mukaan koskikunnostukset muuttivat merkittävästi koskien rakenteellista tilaa (Huusko & Yrjänä 1997, Korhonen ym. 1998, Laasonen 2000, Korsu ym. 2010, Marttila ym. 2016b). Ennen kunnostuksia peratut kosket olivat pituussuunnassa pohjaprofiililtaan tasaisesti laskevia ilman erityistä rakennevaihtelua. Kunnostuksien jälkeen uomat noudattelivat enemmän luontaista kynnys-suvanto -vuorottelua ja rakenne oli mosaiikkimaisempi syvyyden ja virrannopeuden suhteen. Myös jokien leveys oli kasvanut. Kunnostuksien jälkeen ei pohjan rae-koossa yleensä ollut tapahtunut suuria muutoksia vaan lohkat olivat edelleen vallitsevin kivikoko. Kuitenkin pohjamateriaalin vaihtelevuus oli kunnostusten jälkeen 128 % korkeampi kuin ennen kunnostuksia.

Tulosten perusteella on päätelty, että jokseenkin samaa kunnostusmenettelyä käyttäen on rakennettu peratuista koskista samantapaisia kunnostettuja koskia. Toisin sanoen, vaikka kunnostuksilla on lisätty toivottavaa pohjarakenteen vaihtelua, kunnostusmenetelmien ja -materiaalien valinnassa ei välttämättä ole vielä otettu riittävästi huomioon kunkin joen yksilöllisiä hydrologisia ja geomorfologisia erityispiirteitä (kuva 5).

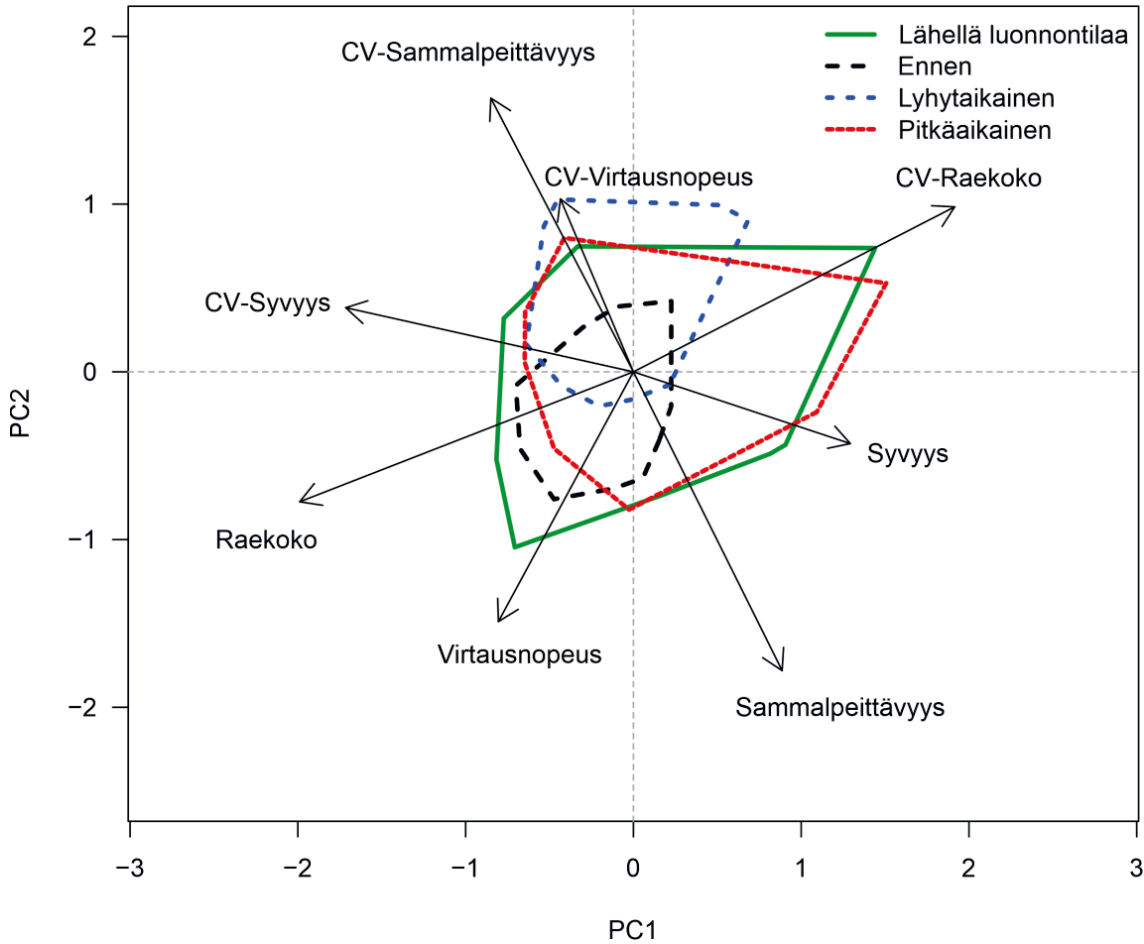


Kuva 5. Monipuolisesti kunnostetussa koskessa viihtyvät lohikalojen lisäksi monenlaiset muut virtavesien eläimet ja kasvit. Lohikalat tarvitsevat riittävän kokoisia ja paksuisia kutusoraikoita mädin hautaamiseksi, erilaisia kivikoita, sivu-uomia, virranohjaimia ja kivi- tai luonnonpuurakenteita erikokoisille poikasille suojapaikoiksi sekä syvänteitä isompien kalojen asentopaikoiksi. Rantapuusto ja -pensaikko luovat varjostuskirjoa vesialueelle, joten ne on tärkeää säilyttää. Kuva: Simo Yli-Lonttinen (Mäki-Petäys ym. 2018).

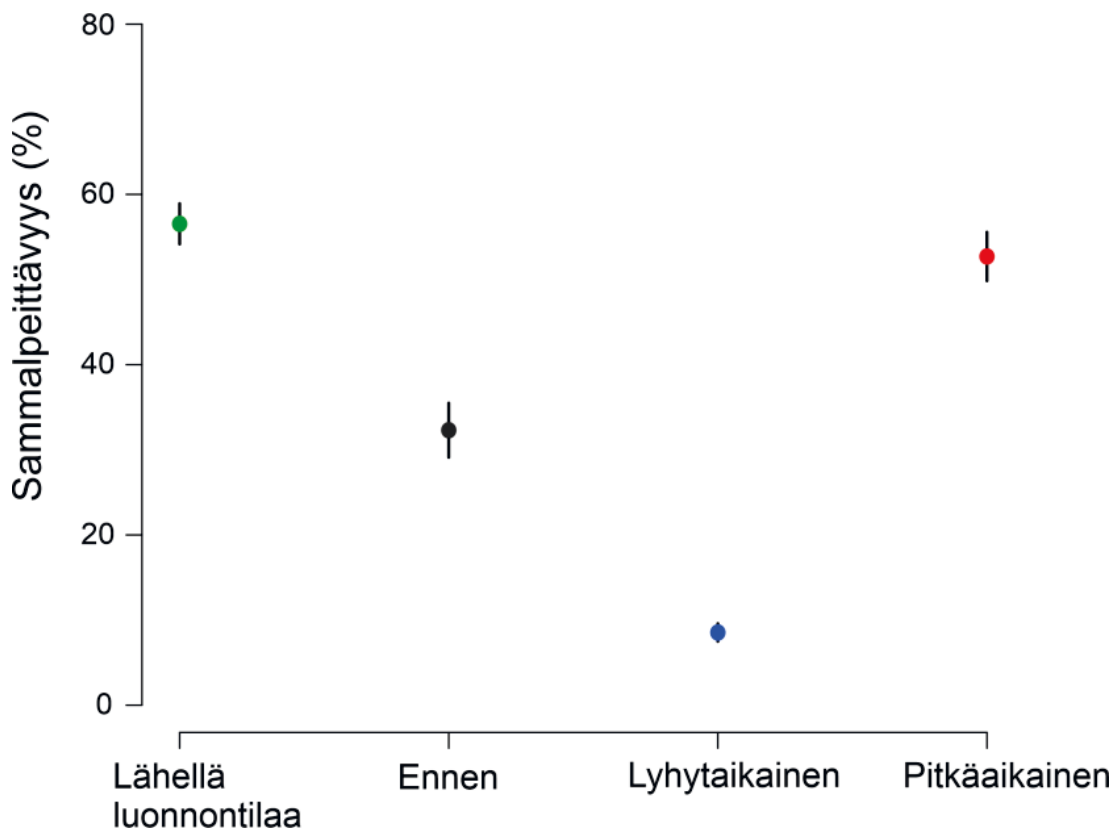
Pohjois- ja Keski-Suomen kunnostuskohteita oli mukana Marttilan ym. (2016b) tutkimuksessa, jossa arvioitiin uoman rakenteellisen monimuotoisuuden kehittymistä pidemmällä aikavälillä, eli 10–20 vuotta kunnostusten jälkeen. Tutkimuksen mukaan jokikunnostuksissa tehdyt kunnostusrakenteet, kuten kivikynnykset ja sivuhaarojen vesittäminen uudelleen, lisäsivät jokiuoman monimuotoisuutta heti kunnostusten jälkeen ja myös pitkällä aikavälillä (kuva 6). Kuten aikaisemminkin, myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että kunnostetut kohteet olivat heti kunnostusten jälkeen keskenään melko samanlaisia. Ajan kuluessa kunnostetut alueet alkoivat kuitenkin muistuttaa yhä enemmän luonnontilaisia kohteita, ja elinympäristössä oli enemmän vaihtelua kuin välittömästi kunnostuksien jälkeen.

Kunnostusten vaikutukset jokiuoman rakenteelliseen monimuotoisuuteen ja virtausolosuhteisiin olivat myös pysyviä pitkällä aikavälillä: keskimääräinen virrannopeus ja virtauksen energiatiilaa kuvaava Frouden luku pienenevät, ja keskisyvyys ja hitaan virrannopeuden paikkojen määrä kasvoivat (Marttila ym. 2016b). Frouden luvun vaihtelevuus tuli luonnontilan kaltaiseksi vasta yli vuosikymmenen kuluessa, mikä osoitti, että fluviaaliset prosessit olivat monipuolistaneet uoma luonnollisesti ajan kuluessa. Myös vesiekosysteemeille tärkeiden vesisammalten

peittävyys palautui 10–20 vuoden kuluessa kunnostuksesta (kuva 7). Huomattavaa kuitenkin on, että vaikka kunnostus lisäsi selvästi pohjanlaadun vaihtelevuutta, oli vaihtelevuus vielä 20 vuoden jälkeenkin vähäisempää kuin luonnontilaisissa vertailukohteissa. Monin paikoin erityisesti lohikalojen kutuun soveltuva soramateriaali puuttui tai alueet olivat muuttuneet iskostuneiksi (Marttila ym. 2016b).



Kuva 6. Jokuoman elinympäristörakenteen pääkomponenttianalyysi. Kukaan monikulmio edustaa tiettyä uoman tilaa: lähellä luonnontilaa, ennen kunnostuksia, lyhyellä aikavälillä kunnostusten jälkeen ja pitkällä aikavälillä kunnostusten jälkeen. Monikulmion rajaamasta alueesta voidaan tulkita kyseisessä tilassa olevien tutkimuskohteiden samankaltaisuutta: mitä suurempi monikulmio, sitä enemmän vaihtelua on eri tutkimuskohteiden välillä. Eri tilassa olevien uomien samankaltaisuutta voidaan vertailla tarkastelemalla monikulmioiden aseitoitumista suhteessa toisiinsa. Nuolet osoittavat eri muuttujien ja niiden variaatiokertoimien (CV) suhteellisen tärkeyden ja muutoksen suunnan (Marttila ym. 2016b).



Kuva 7. Keskimääräinen sammalpeittävyys (% \pm SE) lähes luonnontilaisessa ja eri kunnostusvaiheissa olevissa jokiuomissa (Marttila ym. 2016b).

Habitaattimallinnusta on myös yhdistetty ympäristömuuttujien kartoituksiin. Esimerkiksi Vehanen ym. (2010) mallinsivat yhden kivillä kunnostetun puron habitaatin ennen ja jälkeen kunnostuksia. Mallinuksilla täydennettiin ympäristömuuttujien maastokartoitusta (syvyys, virrannopeus, pohjan raekoko ja sammalpeittävyys), mikä toteutettiin ennen kunnostuksia kolmella purolla ja kunnostuksien jälkeen kaikilla kuudella seurantapurolla. Kunnostetut alueet syvenivät ja niiden virrannopeus laski, ja niissä oli enemmän suurempia kiviä kuin ennen kunnostuksia. Erityisesti kohteet, missä oli käytetty puukunnostuksia, tarjosivat syvempiä suojapaikkoja vanhemmille taimenille, mutta muuttujien vaihtelu kasvoi kaikilla kohteilla. Samat puukynnykset myös pysyivät parhaiten paikoillaan 13 vuoden jälkeen (Louhi ym. 2016). Selkein muutos oli kuitenkin sammaleiden häviäminen kunnostustöiden yhteydessä ja lisätyn kutosoraikon huuhtoutuminen pois kunnostuksien jälkeen.

Kunnostuksissa ohjataan yleensä veden virtausta uoman ranta-alueille, mikä luonnollisesti lisää veden peittämää pinta-alaa. Esimerkiksi Kiiminkijoella joen leveys kasvoi kunnostuskohteissa noin 8 prosentilla. Erityisesti matalat alueet rannan tuntumassa muuttuivat enemmän luonnontilaisen kaltaiseksi, kun taas syvemmillä alueilla muutokset olivat vähäisiä (Koljonen ym. 2013). Korsu ym. (2010) analysoivat elinympäristömallilla 1990-luvulla mitattujen kunnostuskohteiden muutoksia (16 koskea, mittaukset ennen-jälkeen kunnostuksen). Tutkimuksen mukaan joen leveys kasvoi kunnostusten myötä keskimäärin 50 % ja virrannopeus pieneni 30 %. Keski-Suomessa sijaitsevalla Myllykoskella ja sen luonnontilaisilla lähipuroilla tehty BACI-vertailututkimus osoitti, että kunnostus lisäsi Myllykosken pohjarakenteen monimuotoisuutta selvästi (Muotka & Syrjänen 2007). Pohjan profiili muuttui monimuotoisemmaksi ja kunnostus lisäsi sellaisten mikrohbitaattien määrää, joissa pohjaan kohdistuva virtausvoima eli leikkausjännitys (engl. shear stress) oli pieni. Rutajoella, Könkköjoella ja Myllykoskella puolestaan arvioitiin samassa tutkimuksessa muutoksia mesohabitaattitasolla ennen ja jälkeen kunnostuksen tehdyllä

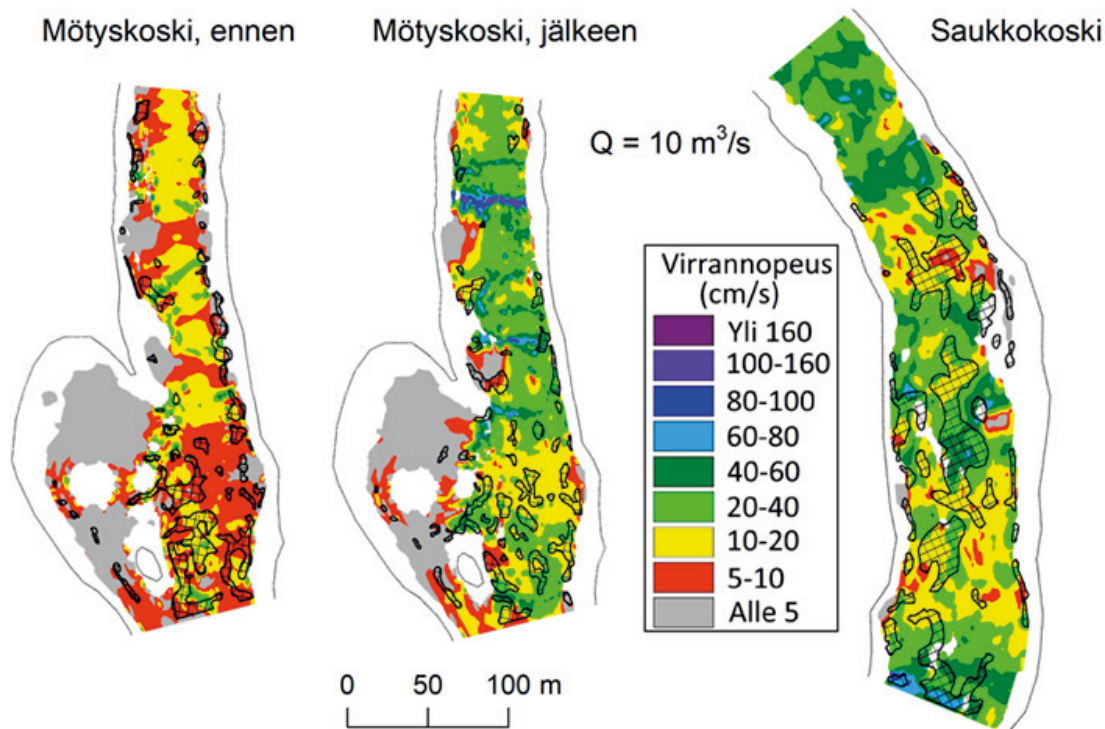
tutkimuksella. Tulosten mukaan kunnostukset lisäsivät matalien ja pyörteisten koskipaikkojen määrää samalla kun vuolaiden, tasaisemman virtauksen paikkojen osuus väheni. Sen sijaan hidastavirtaisten ja suhteellisen syvien alueiden määrä ei juurikaan muuttunut (Muotka & Syrjänen 2007).

Kainuun alueella kunnostettujen koskien rakenteellisia ominaisuuksia vertailtaessa muodostettiin kaksi erilaista ryhmää kunnostustyyppin mukaisesti: 1) 1970- ja 1980-luvuilla yksittäiskivillä tehdyt kunnostukset, joissa uomaan oli jätetty ns. kriisiajan uittoväylä ja 2) 1990-luvulla tehdyt kivikynnys-kunnostukset, joissa osassa oli säilytetty myös veneväylä (Korhonen & Huusko 2004), ja näiden rakenteita verrattiin perattuihin koskiin. Veden syvyyksissä ei ollut merkitsevää eroa kunnostustapojen välillä ja molempien kunnostusryhmien vallitseva kivikoko oli suurempi kuin perattujen koskien (perkauksen yhteydessä isot kivet poistetaan). Kaikissa koskityypeissä kutusoraikkoja oli vain vähän ja niiden koot olivat pieniä (keskimäärin noin 1 m²). Veden virtaustyypeistä yksittäiskivikunnostuksissa nivamaiset alueet olivat yleisimpiä, kun taas kivikynnys-kunnostuksissa koskimaisia alueita oli eniten. Keskimääräiset virrannopeudet olivat peratuissa koskikohteissa edelleen suurempia kuin kunnostetuissa kohteissa, jotka eivät juurikaan eronneet toisistaan. Pohjakaasvillisuuden peittävyys oli kunnostetuissa nivoissa ja koskissa keskimäärin 40–50 % ja kunnostusryhmien välillä ei ollut eroja tässä suhteessa. Peratuista koskista ei ollut kasvillisuuden peittävydestä käytettävissä aineistoa.

Kutusoran vähäinen määrä kunnostetuilla alueilla on tullut esille useissa kunnostuksiin liittyvissä elinympäristökartoituksissa (Huusko 1995, Yrjänä 1995b, Huusko & Yrjänä 1995, 1997, Korhonen ym. 1998, Korhonen & Huusko 2004, Louhi ym. 2016, Marttila ym. 2016b). Osasyynä tähän varmastikin on, että soran levittäminen yhtenä kunnostusmenetelmänä tuli mukaan käytäntöihin vasta 1990-luvulla (Saastamoinen & Ylitalo 1991, Yrjänä 1995a). Esimerkiksi Iijoen vesistöalueen jokikunnostuksissa 1990-luvulla kutusoraikkojen sijoittelu ja rakentaminen perustuivat Järvisalon ym. (1984) tekemiin havaintoihin taimenen kutupaikan valinnasta. Sitten lohikaljojen kutusoraikkoja on rakennettu erilaisin menetelmin perustuen yleiseen käsitykseen lohikaljojen kutualueista (Louhi ym. 2008), mutta tarkkoja mittauksia kutualueilla ja niiden ympäristössä ennen rakentamista ja valmiilla kutualueilla vallitsevista hydraulisista ja pohjanlaadun ominaisuuksista ei ole juurikaan raportoitu (vrt. Porttikivi 1985).

Simojoella Lapin ELY-keskus toteutti vuosina 2016–2017 lohen kutu- ja pienpoikasalueita täydentäviä kunnostuksia. Elinympäristömallinnusten perusteella ennen kunnostusta laadultaan erinomaisia kutualueita oli lohelle tyypillisellä kutuajan virtaamalla (20–30 m³/s) joen keskijuoksulla sijaitsevassa Mötyskoskessa noin 1,4 % veden peittämästä alasta ja kunnostuksen jälkeen soraikkoja oli 2 % (Huusko ym. 2019). Erinomaisten kutualueiden pinta-alan lisäys oli 160 m². Tämän lisäksi jokseenkin käyttökelpoisia kutualueita oli kunnostuksen jälkeen 8,1 % vesipinta-alasta. Mötyskoskella oli kunnostuksen jälkeenkin selvästi vähemmän erinomaisia kutualueita verrattuna Simojoen parhaimpiin lohen kutu- ja poikastuotantokoskiin lukeutuvaan Saukkokoskeen, jossa tällaisten kutualueiden määrä oli elinympäristömallinnuksen perusteella runsaat 7 % vedenpeittämästä alasta keskimääräisellä kutuajan virtaamalla. Jokseenkin soveltuvia kutualueita oli Saukkokoskella käytännössä sama määrä kuin Mötyskoskella (9,5 %).

Ennen kunnostusta Mötyskosken kutualueista huomattavalla osalla veden virrannopeus pohjan lähellä (10 cm pohjan yläpuolella) talven alivirtaamakaudella oli verraten pieni (5–10 cm/s) ja osa kutualueista oli lähes kuivillaan (kuva 8). Kunnostuksen jälkeen pohjan läheinen virrannopeus säilyi lähes kaikilla määritetyillä kutualueilla hyvänä (10–40 cm/s) ja olosuhteet muistuttivat Simojoen Saukkokosken olosuhteita (Huusko ym. 2019). Riittävä veden virrannopeus kutualueilla myös alivirtaamakautena vähentää kutusoran sedimentoitumista ja parantaa mätimurien eloonjäämistä.



Kuva 8. Pohjanläheinen (10 cm pohjan yläpuolella) virrannopeus talven alivirtaamalla ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) lohien kutuaikana määritellyillä kutualueilla (virtaama $20\text{--}40 \text{ m}^3/\text{s}$) Simojoen Mötyskoskella ennen ja jälkeen kutualuekunnostuksen sekä Saukkokosken vertailualueella (Huusko ym. 2019). Soveltuvat kutualueet on rajattu kuvaan rasteroinnilla.

Hatanpää ym. (2021) selvittivät Ala-Koitajoella järvilohelle tehtyjen kutualuekunnostusten toimivuutta siirtämällä kunnostusalueelle radiolähttimillä merkittyjä järvilohiemoja ennen oletettua kutuaikaa, ja seurasi rakennettujen kutualueiden käyttöä järvilohien lisääntymisalueina. Kutualueiden laadun tarkkailu tapahtui siis niiden varsinaisten käyttäjien, järvilohien, toimesta sen sijaan, että arviointia olisi tehty maastomittauksin ja verrattu mittaustuloksia esim. aihepiirin kirjallisuustietoihin. Ala-Koitajoen tapauksessa pääosa sekä suoraan kalanviljelylaitoksesta että luonnosta pyydystetyistä ja alueelle siirretyistä emokaloista kutu rakennetuilla soraikoilla ilmentäen kunnostuksen onnistumista (Hatanpää ym. 2021).

4.2. Elinympäristö ´kalojen silmin`

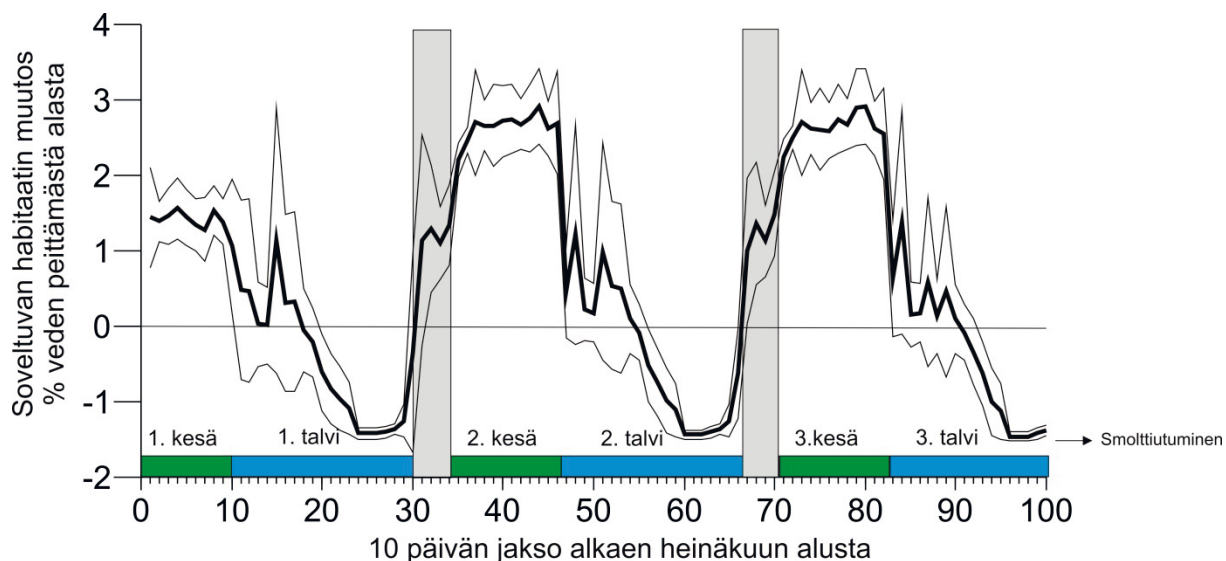
Kunnostuksilla on onnistuttu parantamaan taimenen poikasten kannalta ongelmallisia virtausolosuhteita, mutta pohjan raekoon ja osittain syvyyskirjon suhteen tulos ei ole aivan yhtä selvä. Elinympäristömallitarkastelun perusteella kunnostukset eivät ole vaikuttaneet selvästi kesänvanhojen taimenen poikasten potentiaalisen kesäaikaisen elinympäristön määrään koskissa. Kunnostukset ovat kuitenkin lisänneet ali- ja keskivirtaamatilanteissa yli vuoden vanhojen taimenpoikasten potentiaalista kesäaikaista elinaluetta (kuva 9). Sekä kesänvanhoille että yksi- vuotiaille poikasille soveliaan elinympäristön määrää on rajoittanut kunnostetuissa koskissa pääasiassa raekooltaan soveliaiden pohjalaikkujen puute, ja kookkaammilla taimenilla erityisesti veden syvyydeltä soveliaiden laikkujen vähäisyys. Vastaavasti peratuissa uomissa elinympäristön sopivuutta rajoittavat alueellisesti liian suuret virrannopeudet ja suuremmille poikasille osittain myös veden mataluus (Huusko 1995, Yrjänä 1995b, Huusko & Yrjänä 1995, 1997, Korhonen ym. 1998, Korsu ym. 2010).



Kuva 9. Uoman rakenteet ja sammalkasvustot sekä rantakasvillisuus ja -puusto luovat monipuolisen valon ja varjojen kirjon vedenpinnanalaan elinympäristöön. Kuva: Pekka Hyvärinen

Lisäksi kunnostuksien seurauksena muutokset talviaikaisen elinympäristön määrässä ovat mallinnuksen perusteella olleet pieniä kaikilla taimenen ikäryhmillä. Koneellisessa kunnostuksessa käytetään helposti liian paljon ja liian isoja lohkarkeitä, jolloin taimenen pienpoikasille suotuisien raekooltaan pienempikivisten laikkujen ja usein samalla myös kutualueiksi soveltuvien soraikkoalueiden määrä on jäänyt vähäiseksi. Osasyynä tähän on jokivarsilla perkausvalleista käytävissä olevan kiviaineksen karkeus.

Lohen jokipoikasten osalta lähes vastaavanlaisia tuloksia on Kiiminkijoelta (Koljonen ym. 2013), Simojoelta (Huusko ym. 2019) ja myös Iijoen vesistöalueelta (Korsu ym. 2010). Esimerkiksi Simojoen Mötyskosken elinympäristömallinnuksen perusteella kunnostukset lisäsivät lohen kaikkien poikasikäryhmien kesäaikaista elinympäristön määrää merkittävästi. Sen sijaan talviaikaisen elinympäristön laadun parantumista ei tapahtunut lainkaan (Huusko ym. 2019) (kuva 10). Tulkinnassa on kuitenkin huomioitava, että talviaikaisen soveltuvan elinympäristön arviointiin liittyy huomattavia epävarmuustekijöitä, koska talviajan veden virtausmallinnus ja kalojen elinympäristövaatimustiedot perustuvat olosuhteisiin, jolloin joessa ei ole jääkantta (Huusko ym. 2013) (kuva 11).



Kuva 10. Kunnostuksessa aikaansaadun lohenpoikasten jokivaiheen soveltuvan habitaatin suhteellisen pinta-alan muutos (%; jälkeen – ennen kunnostusta) veden peittämästä alasta Simojoen Mötyskoskella mallinnuksen perusteella. Mallisimulointi on aloitettu esikesäisistä poikasista (poikasen syntymävuoden heinäkuun alku) ja jatkuu kolmannen talven jälkeen tapahtuvaan jokipoikasen vaellukseen merelle (smolttiutuminen). Paksu viiva kuvaa vuosina 2002–2014 vallinneiden todellisten virtaamaolosuhteiden (jokaisen vuoden kullekin 10 päivän jaksolle käytettiin ko. jakson päivittäisten virtaamien keskiarvoa) mukaista soveltuvan habitaatin määrän muutoksen keskiarvoa ja ohut viiva tämän 95 % luottamusväliä. Harmaat vyöhykkeet osoittavat kevättulvan aikaa, jonka osalta elinympäristömallinnus on epäluotettava, koska suurten virtaamien osalta ei ole lohenpoikasten habitaattipreferenssejä käytettävissä. Kesäajan (veden lämpötila > 6°C) soveltuvan habitaatin määrä on kasvanut, mutta lopputalven habitaatin laatu ei ole kohentunut, joskin talvikauden mallintamiseen sisältyy epävarmuutta tietopuutteiden takia (Huusko ym. 2019).



Kuva 11. Jokien jäätyamisen aikaisten olosuhteiden vaikutuksista jokikalojen elinolosuhteisiin ja ekologiaan niin luonnontilaisissa kuin kunnostetuissa joissa tiedetään lopulta vasta vähän. Kuva: Morten Stickler.

4.3. Kunnostusrakenteiden pysyvyys

Jokien elinympäristöt muuttuvat jatkuvasti. Luonnolliset prosessit (esim. tulvadynamiikka, mutkittelu, koski-suvantovaihtelu, kolmiulotteinen jokijatkumo) ylläpitävät ekosysteemien toimintaa ja luovat monimuotoisia elinympäristöjä. Kunnostusrakenteiden tulisi sekä kestää tätä muutosta että vahvistaa joen ekosysteemitointoja. Kestääkseen myös ilmastonmuutoksen aiheuttamia vaikutuksia, kunnostuksilla tulisi pyrkiä vahvistamaan jokiekosysteemin joustavuutta sekä kykyä palautua yllättävistä ja äärimmäisistä muutoksista, joita ne väistämättä kohtaavat.

Kuuteen kainuulaiseen metsäjokeen 2000-luvun alussa rakennetuista kivikynnyksistä oli 13 vuoden jälkeen hävinnyt 17 %, 56 % oli osittain hajonnut ja 28 % oli säilynyt hajoamatta (Louhi ym. 2016). Kivistä ja tukeista tehdyt rakenteet olivat kestäneet aikaa paremmin: niistä oli osittain hajonneita 47 % ja ehjinä säilyneitä 53 %. Yhtään täysin hävinnyttä puu+kivi -kynnystä ei havaittu. Marttila ym. (2016) puolestaan tarkastivat kuudessa lijoen vesistöalueen joessa sijaitsevien 16 kunnostuskohteen rakenteet, joiden asentamisesta oli kulunut aikaa eri kohteissa 10–21 vuotta. Rakennetuista kivikynnyksistä yli 80 % luokiteltiin kunnossa oleviksi, eikä yhtään täysin 'hävinnyttä' kivikynnystä tavattu.

Molemmissa yllä mainituissa tutkimuksissa myös todettiin kutualueiksi rakennettujen soraikkojen joko hävinneen kokonaan (Louhi ym. 2016) tai vain reilu kolmannes oli edelleen kohtuullisessa kunnossa (Marttila ym. 2016b) muiden soraikkojen ollessa joko hienon sedimentin koveittamia tai kadonneita. Myös Hanskin (2000) mukaan kunnostuksissa rakennetut kutusoraikot pysyivät rakennuspaikoillaan heikosti tai niiden päälle oli kerrostunut sedimenttiä. Lijoella toteutetuissa koskikunnostuksissa 1990-luvulla kutusoraikot oli sijoitettu ja rakennettu perustuen

Järvisalon ym. (1984) tekemiin havaintoihin taimenen kutupaikan valinnasta. Tutkituille 47 kutupaikalle oli rakentamisen yhteydessä tuotu 1670 m³ soraa (keskimäärin 35 m³/kohde). Kahden vuoden kuluttua kunnostuksista Pekkala & Pekkalan (1995) tutkimuksessa soraa löytyi alkuperäisiltä paikoilta noin 900 m³ ja alavirtaan kulkeutunutta soraa löydettiin noin 350 m³. Alkuperäisistä soraikon lisäyspaikoista 30 kpl täytti edelleen Järvisalon ym. (1984) edellyttämät taimenen kutupaikkavaatimukset, 14 paikkaa oli ilman soraa ja kolme kohdetta oli peittynyt lietteeseen. Kulkeutuneesta sorasta oli syntynyt suurehkoja uusia kasaumia 20 kpl, joista 13 oli laadultaan kutuun soveltuvia. Kutusoraa oli joko jäänyt tai kasaantunut alueille, missä joki oli selvästi leveämpi (Pekkala & Pekkala 1995).

4.4. Luonnontilaisissa virtavesissä on puuta

Luonnollisella puuaineksella on suuri merkitys vesiekosysteemeissä (esim. Salmelin ym. 2020). Virtavesissä puuaineksella ohjaa veden virtausta, lujittaa pohjaa, pidättää kariketta sekä tarjoaa pohjaeläimille ja kaloille suojapaikkoja, jopa kivenlohkareita tehokkaammin. Luonnontilaisissa virtavesissä on usein runsaasti risuja, oksia ja kaatuneita puiden runkoja. Tämä näkyy erityisesti suojele- ja aarnialueilla, missä ei harjoiteta nykyisen kaltaista tehometsätaloutta. Purojen ja jokien varsilla on kuolleita puunrunkoja ja oksia pitkin rantaa, poikki uoman ja uomassa itsessään. Luonnollinen yhteys virtavesien ja rantavyöhykkeiden välillä on eheä ja toimiva, muodostaen ekosysteemin ilman rajoja. Esimerkiksi Koitajoessa on arvioitu Suomen metsätalousalueella olevan puuta puroissa noin 17m³ hehtaarilla, kun taas Venäjän luonnontilaisen kaltaisilla alueilla puuta arvioitiin olevan jopa 332m³ hehtaarilla (Liljaniemi ym. 2002).

Nykyisin useimmissa metsä- ja peltoalueiden puroissa ja joissa on kuitenkin hyvin vähän puuainesta, jos ollenkaan. Puuaineksen lisääminen tulisikin kuulua jokien ja purojen ekologiseen kunnostamiseen. Luonnontilaisen aikainen oksien ja runkojen muodostama vedenalainen puumaisema saattaa myös löytyä metsätalousalueella sijaitsevasta umpeen hiekoittuneesta uomasta, jos se imuruopataan. Syrjäsen ym. (2017) selvityksen mukaan puunrungot ja kannot pysyvät hyvin paikoillaan suurilla reittivesistöjen koskialueillakin ja ovat taimenen poikasten suosimia elinympäristöjä.

Sekä hienorakeisen epäorgaanisen että orgaanisen (humus) aineksen kulkeutuminen ja kasaantuminen ovat luontainen osa joki- ja purouomien rakennetta (Turunen ym. 2019). Valuma-alueiden ojituksista ja rakentamisesta vesistöihin huuhtoutuva liiallinen kiintoainekes kuitenkin peittää alleen eliöiden habitaatteja, kuten kutusoraikkoja ja vesisammalia, sekä yksipuolistaa uoman virtausrakenteita. Hiekan ja humuksen aiheuttamaan ongelmaan on havahduttu vasta viime vuosina, joten tutkittua tietoa sen laajuudesta ei ole juurikaan olemassa. Pohjalla kulkeutuvan kiintoaineen seuranta vesistöissä ei myöskään tehdä kattavasti Suomessa, mutta muiden virtavesiseurantojen yhteydessä hiekkaa on todettu olevan jopa metrien paksuudelta entisten soraikkojen päällä esimerkiksi Iijoen ja Isojoen vesistöalueiden puroissa. Kirjallisuuskatsaus kiintoainekuormituksen vaikutuksista virtavesien elinympäristöihin on tehty aiemmin Kalatalouden ympäristöohjelmassa (Turunen ym. 2019), joten asioita ei käsitellä tämän selvityksen yhteydessä tarkemmin.

5. Koskikunnostusten ekologiset vaikutukset

Koskikunnostuksien ensisijainen tavoite on tyypillisesti ollut taloudellisesti arvokkaiden lohikalojen poikasten, erityisesti taimenen, mutta myös lohen poikasten elinympäristön parantaminen. Kunnostuksien on havaittu vaikuttavan keskimäärin positiivisesti taimenen ja lohen poikastiheyksiin. Tulokset ovat kuitenkin vaihtelevia ja päinvastaisiakin tuloksia on saatu. Myös kivi-simppu näyttäisi hyötyvän lohikaloille toteutetuista kunnostuksista ja laji voi myös haitata taimenpoikasten tiheyden kasvua kunnostetuilla alueilla. Muista virtavesien kalalajeista on saatavilla vain hajanaista tietoa. Kunnostuksien tavoitteiden laajentuessa monimuotoisuuden säilyttämiseen, myös seurannoissa olisi huomioitava koko kalayhteisö.

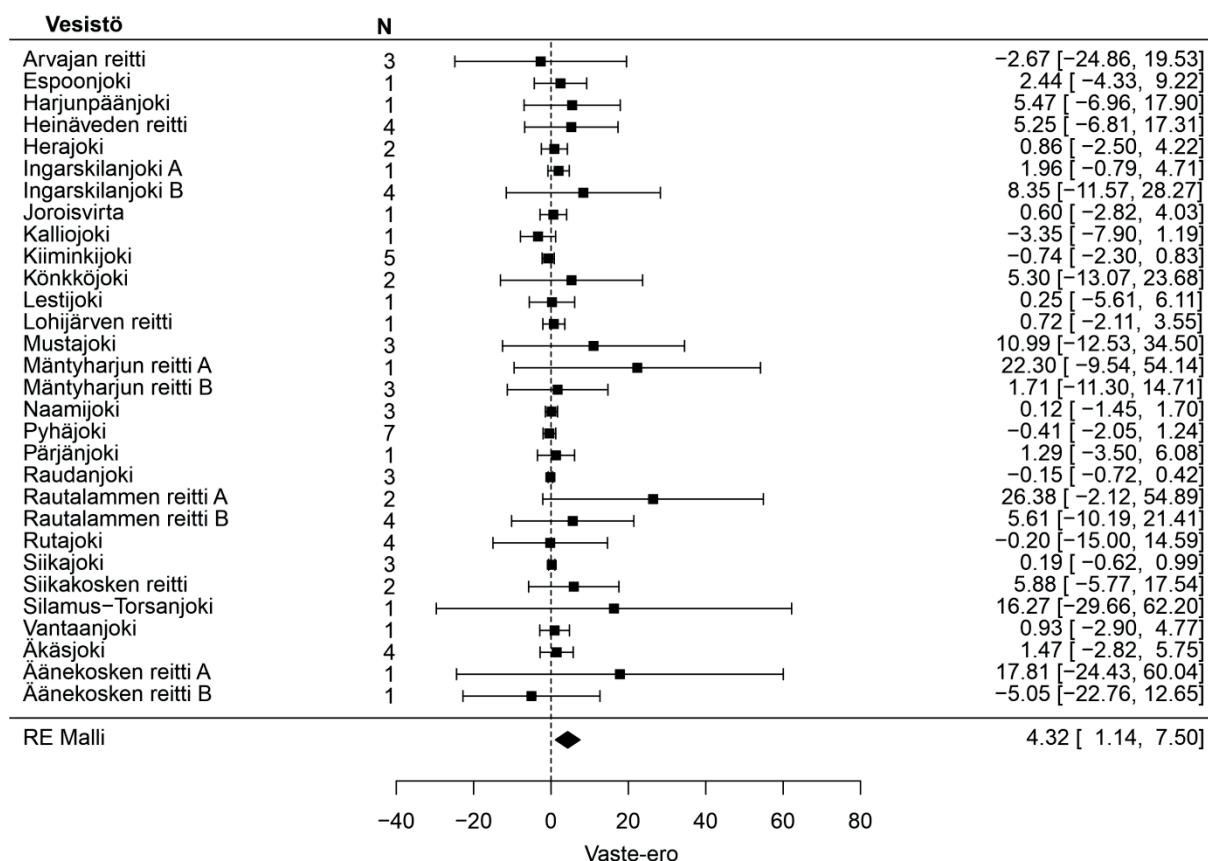
Suomalaisiin kunnostuksiin liittyy usein ajatus alkuperäisen taimenpopulaation vahvistamisesta istuttamalla vesistöön mätiä tai poikasia. Istutuksien hyödyllisyydestä kunnostuksien yhteydessä ei ole olemassa selkeää näyttöä ja joissain tilanteissa ne voivat jopa haitata taimenpopulaation kehittymistä. Tämän vuoksi ennen istutuksiin ryhtymistä olisikin suositeltavaa ensin odottaa vesistön oman taimenpopulaation elpymistä, mikäli sitä vesistössä vielä on jäljellä.

Kunnostuksilla ei ole vielä havaittu olevan juurikaan vaikutuksia pohjaeläinyhteisön rakentamiseen ja runsauteen. Vesisammalet ovat keskeinen pohjaeläinyhteisöjen elinympäristö ja lehtikarika monen eliöryhmän energialähde. Kunnostustöiden yhteydessä sammalten säilymiseen ja lehtikariketta pidättäviin rakenteisiin tulee kiinnittää huomiota.

5.1. Taimenen poikastiheydet

Marttila ym. (2019) kokosivat yhteen vuosina 1978–2014 Suomessa toteutettujen keskikokoisten ja suurten jokien ja reittivesistöjen koskikunnostusten seurantatulokset. Mukaan tarkasteluun otettiin vain ne raportoidut hankkeet, joissa oli edes jonkinlainen edellytys todentaa kunnostuksien vaikutus taimenen kesänvanhojen poikasten tiheyksiin. Minimikriteerinä oli jokaisesta kohteesta olemassa olevat sähkökoekalastukseen pohjautuva kalatiheysarvio vähintään kahdelta vuodelta ennen ja kahdelta vuodelta jälkeen kunnostustapahtuman (vrt. kuva 4).

Yhteenvedon tulos oli, että taimenen kesänvanhat poikaset ovat keskimäärin hyötyneet kunnostuksista (kuva 12) ja vaste-ero oli 4,32 poikasta aarilla (95 % luottamusväli 1,14–7,50) (Marttila ym. 2019). Kunnostusjoissa taimenkannan elpyminen oli kuitenkin vaihtelevaa ja siihen vaikuttivat jokikohtaiset (kalayhteisön koostumus, veden laatu ym.) ja laaja-alaiset ympäristötekijät (valuma-alueen koko, geologia, sijainti). Esimerkiksi suurten jokien kunnostustulos oli taimenen poikasmäärillä mitattuna keskikokoisia jokia heikompi, ja vastaavasti turvemaiden jokikohteissa oli saavutettu heikompiä tuloksia kuin kivennäismaiden joissa. Taimentiheyksissä havaittiin selvempiä muutoksia Etelä-Suomessa kuin pohjoisessa.



Kuva 12. Taimenen kesänvanhojen poikasten tiheyden muutos ennen ja jälkeen kunnostusten eri vesistökohteissa (N = kunnostuspaikkojen lukumäärä per vesistökohte) (Marttila ym. 2019). Neliöt osoittavat eri vesistöille laskettuja vaikutusarvioita ja poikkiviivat niiden 95 %:n luottamusvälejä. Pystyssä oleva katkoviiva kuvaa 'nollatilannetta', eli mitä lähempänä neliö on katkoviivaa, sitä vähemmän kunnostuksilla on ollut vaikutusta poikastiheyteen. Meta-analysissä käytettiin yksinkertaista vaste-eroa, joten kuvassa oikealla olevat luvut tarkoittavat keskimääräistä ennen-jälkeen eroa taimentiheydessä 95 % luottamusväleineen.

Oulujoen vesistöalueen kuudella metsäjoella Kainuussa seurattiin kalastoa kolme vuotta ennen kunnostuksia ja 12 vuotta niiden jälkeen (Vehanen ym. 2010, Louhi ym. 2016). Työssä käytettiin ajallisesti ja paikallisesti toistettua ns. "ennen-jälkeen-kontrolli-kohdealue" asetelmaa (BACI), jonka avulla selvitettiin kunnostusten vaikutusta taimenen poikasten tiheyteen. Kussakin joessa oli kolme virtajaksoa, joista kaksi kunnostettiin ja yksi jätettiin kunnostamattomaksi kontrolli-alueeksi (kuva 13). Joet kunnostettiin käyttäen eri tutkimusaloilla erilaisia kunnostusmenetelmiä: pelkkää kiveämistä sekä kiveämistä ja puukunnostusta yhdessä (Vehanen ym. 2010, Louhi ym. 2016).

Taimenen poikastiheyksissä lyhyen aikavälin kunnostusvaikutus näkyi vain vanhemmissa ikäluokissa (2+ ja vanhemmat) (Vehanen ym. 2010, Louhi ym. 2016). Tutkimusjakson aikana oli epätavallisen kova kuivuusjakso, joka laskee taimentiheyksiä sekä kunnostetuissa että kunnostamattomissa kohteissa. Vuosien mittaan kiveämällä kunnostetuilla tutkimusaloilla kesänvanhojen poikasten tiheys kaksinkertaistui, mutta isompien poikasten tiheyttä pelkkä kiveäminen ei lisännyt. Puu+kivi -kunnostusaloilla kesänvanhojen taimenten tiheys kasvoi kuivuuden jälkeen merkittävästi. Myös 1-vuotiaiden poikasten tiheys kasvoi puu+kivi -kunnostusaloilla pitkällä aikavälillä. Kaksivuotiaiden poikasten tiheys oli kasvanut hieman heti kunnostusten jälkeen kuivuudesta huolimatta ja pitkällä aikavälillä saavutettiin 2,8-kertainen tiheys ennen kunnostuksia

vallinneeseen tilanteeseen verrattuna. Saatujen tulosten mukaan kivikunnostukset näyttävät hyödyttävän ensisijaisesti kesänvanhoja taimenen poikasia, kun taas kivi- ja puumateriaalilla toteutetut kunnostukset hyödyttävät etenkin 2-vuotiaita ja sitä vanhempia poikasia. Poikastiheddet olivat kuitenkin vielä 12 seurantavuoden jälkeen suhteellisen alhaisia: 1-vuotiaita taimenia tavattiin keskimäärin edelleen vain 3 poikasta aaria kohti (Louhi ym. 2016).



Kuva 13. Kuudella Kainuun metsäjoella toteutetun seurantatutkimuksen kunnostusrakenteita. Yllä: kunnostamaton jokijakso, keskellä puu+kivi -kunnostusjakso ja alla kivikunnostettu joki. Kuvat: Pauliina Louhi.

lijoen vesistöalueella tutkittiin vuosina 2000–2005 kunnostusten vaikutusta taimenen poikastiheyksiin (Luhta ym. 2012). Tutkimusasetelmassa vertailtiin keskenään perattuja, kunnostettuja ja luonnontilaisia jokia sekä jokia, joissa kunnostukset olivat juuri parhaillaan toteutusvaiheessa (kuva 14). Tutkimustulosten perusteella taimenen kesänvanhojen poikasten tiheydet olivat riippuvaisia kunnostuksista ja niiden ajankohdasta: alhaisin tiheys oli peratuilla joilla, tiheys oli hie- man korkeampi parhaillaan kunnostettavilla joilla, ja tiheys oli korkein 5 vuotta aiemmin kun- nostetuilla joilla. Jälkimmäisissä oli huomattavan suurta vaihtelua kesänvanhojen poikasten ti- heydessä, mikä voi selittyä mm. kunnostusten vaihtelevalla onnistumisella, joen taimenkannan koolla, lisääntymiseen tarvittavien soraikkojen häviämällä vuosien saatossa tai kilpailulla pai- kallisten kalalajien kanssa (Luhta ym. 2012). Luonnontilaisilla vertailujoilla kesänvanhojen poi- kasten tiheydet olivat korkeammat kuin kunnostetuilla kohteilla.

Keski-Suomessa seurattiin taimenen poikastiheyksiä yhteensä 6–10 vuoden ajan kahdessa kun- nostetussa joessa (Rutajoki ja Könkköjoki, poikastiheyksiä alettiin seurata 2–3 vuotta ennen kunnostuksia) ja kolmessa vertailujoessa (Muuratjoki, Saajoki ja Köhniönpuuro) (Muotka & Syr- jänen 2007). Rutajoen ja Köhniönpuron taimentiheyksiä vertailtiin BACI-asetelmalla ja vastaa- vasti Könkköjoen tiheyksiä vertailtiin Muuratjoen ja Saajoen kanssa. Tulosten mukaan Rutajo- ella kunnostuksilla ei havaittu merkitsevää vaikutusta kesänvanhojen taimenenpoikasten tihey- teen. Könkköjoella kunnostusten vaikutus kesänvanhojen poikasten tiheyteen oli merkitsevästi positiivinen ja vaikka muutos ei ollut vertailujokiin suhteutettuna kovin suuri, olivat Könkköjoen tiheydet yli kaksinkertaisia kunnostuksia edeltäneeseen tilanteeseen verrattuna. Kunnostuksilla ei havaittu olevan vaikutusta vanhempien ikäluokkien (1- ja 2-vuotiaat) tiheyksiin kummassa- kaan kunnostetussa joessa. Vaatimattomien kunnostusvasteiden arvioitiin johtuvan osittain siitä, ettei kunnostuksissa lisätty lohikalojen talvehtimisen kannalta tärkeiden hitaasti virtaavien syvänteiden määrää.

Lapissa tehdyistä uiton jälkeisistä kalataloudellisista kunnostuksista on Huhtalan (2008) arvion mukaan saatu taimenen suhteen hyvä tulos. Selvitykseen mukaan otetut joet oli kunnostettu kolmella eri vuosikymmenellä: Kuohunkijoki 1980-luvun alussa, Sattanen ja Raudanjoki 1990- luvun alkupuolella, Ounasjoki 1990-luvun puolivälissä, Värriöjoki 1990-luvun loppupuolella sekä Ylä-Kemijoki ja Viantienjoki 2000-luvun alussa. Kaikkien seurannassa olleiden kalatalou- dellisesti kunnostettujen jokikohteiden virta-alueilla oli käynnistynyt taimenen luontainen lii- sääntyminen ja poikastuotanto. Sähkökalastustulosten perusteella taimenen luontainen lisään- tyminen käynnistyi esimerkiksi Ylä-Kemi-, Viantien- ja Värriöjoella vuoden kuluttua kunnosta- mistöiden päättymisestä. Ylä-Kemijoen ja Värriöjoen kalataloudellisesti kunnostettujen virta- alueiden vuosittainen keskimääräinen taimenen nollavuotiaiden poikasten määrä nousi samalle tasolle kuin ko. jokien luonnontilaisilla latvaosilla oli koekalastuksissa havaittu. Huhtalan (2008) raportissa poikastiheydet esitetään kuitenkin biomassoina (biomassa kasvoi 19–2400 % seu- rannassa olleissa joissa), joten poikastiheyksien vertailua muualla Suomessa tehtyihin selvityk- siin ei raportin perusteella pysty tekemään.

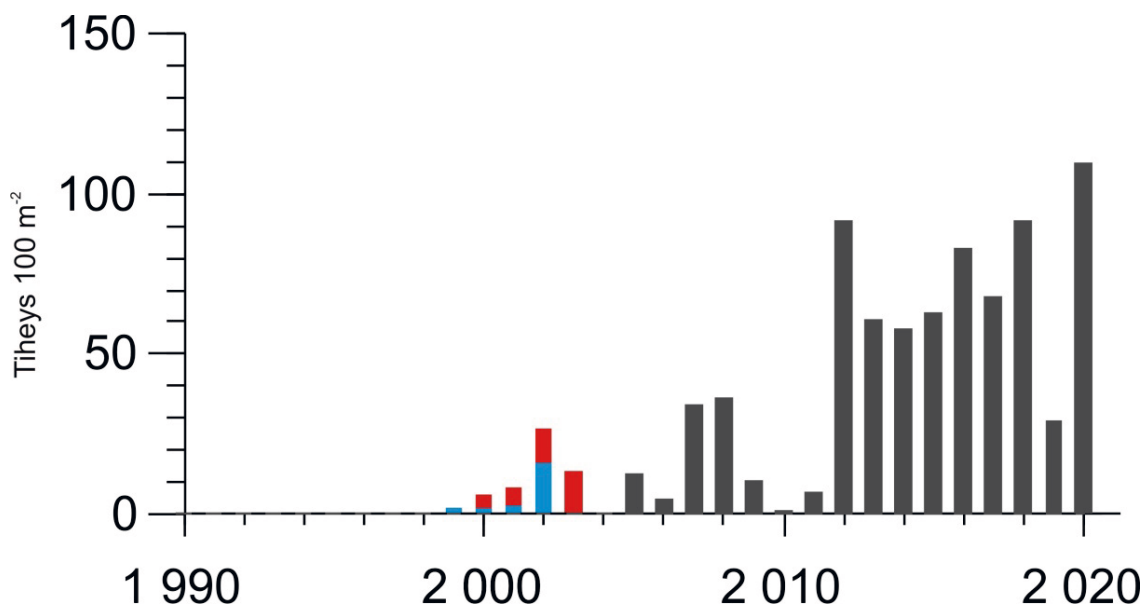
Loviisan kaupungin alueella olevaan Pernajanlahteen laskevan 38 km pitkän Koskenkylänjoen koskikunnostusten vaikutuksia seurattiin ennen ja jälkeen kunnostusten vuosina 2006–2008, 2010 ja 2012 (Lempinen 2013). Koskialueiden kunnostuksia tehtiin 2006–2007. Koealueita (yh- teensä 12 kpl) oli sijoitettuna neljässä kunnostuskoskessa ja kahdessa vertailukoskessa. Kun- nostetuilta koealueilta saatiin todennäköisesti enimmäkseen mäti- ja poikasistutuksista peräi- sin olevia lohia ja taimenia. Lyhyen seurantajakson perusteella luonnonlisääntyminen oli kun- nostetuilla koskilla vähäistä.



Kuva 14. Sähkökalastus on tavallisimpia menetelmiä tutkia kalayhteisön koostumusta ja lajien keskinäisiä runsaussuhteita virtavesissä. Kuva: Pauliina Louhi

Vantaanjoen Myllymäen- ja Nukarinkosken kunnostustöiden vaikutuksia seurattiin sähkökalastuksin siten, että ennen kunnostuksia vuonna 1996 alueilla kalastettiin yhtenä vuotena ja kunnostusten jälkeen vuosina 1997–2000. Seurannan tuloksista pääteltiin, että Myllymäenkoskella taimenen lisääntymismahdollisuudet parantuivat. Nukarinkoskessa, jossa ennen kunnostuksia ei lohikaloja ollut juuri tavattu, saatiin kesänvanhoja taimenen poikasia (Saura ym. 2002). Myöhemmin 2000-luvulla Myllymäenkosken ja Nukarinkosken poikastiheydet ovat olleet selkeästi suurempia kuin 1996–2000 seurannassa, erityisesti vuosina 2015, 2016 ja 2019 (Koekalastusrekisteri, Luke). Lisäkunnostuksia on tehty 2000-luvullakin, mutta myös muut tekijät, kuten jokien suuret syysvirtaamat mahdollistaen nousuvaelluksen jokiin, voimakkaat kalastusrajoitukset sekä rauhoituspäätökset Suomenlahdella ovat todennäköisesti vaikuttaneet taimenen emokalamääriin ja sitä kautta lisääntymiseen (Koivurinta ym. 2019, Vahtera ja Männynsalu 2020). Samankaltaisia havaintoja on Mustajoelta, Ingarskilanjoelta ja Isojoelta (Peuhkuri ym. 2014, Jutila ym. 2015, Koivurinta ym. 2019).

Vantaanjoen alin sivupuro Longinoja oli vielä parikymmentä vuotta sitten huonokuntoinen ja puron taimenkanta olematon. Puroa ryhdyttiin kunnostamaan pääasiassa paikallisten puroaktiivien (kts. lisätietoa www.longinoja.fi) toimesta, ja puroon tehtiin myös aluksi muutamana vuotena taimenkannan elvytysistutuksia. Tyypillisesti koskikunnostuksissa yhtenä vuotena toteutetun kunnostuksen sijaan Longinojalla on toteutettu vuosittain taimenen kutu- ja poikasalueiden kunnostuksia ja ylläpitoa, pääosin talkoovoimin. Jatkuva vuosittainen puron tilan seuranta, kunnostus ja jo kunnostettujen alueiden ylläpito ovat vaikuttaneet positiivisesti taimenkannan tilaan, ja esimerkiksi poikastiheys purossa on viimeisen vuosikymmenen aikana vakiintunut korkealle tasolle (kuva 15). Nykyisin Longinojaan nousee syksyisin isoja emokaloja merestä (www.longinoja.fi). Vaikka on todennäköistä, että Longinojan taimenkannan suotuisaan kehitykseen ovat vaikuttaneet osaltaan myös edellisessä kappaleessa mainitut Vantaanjoen vesistön taimenkantojen tilaa edistäneet tekijät, Longinoja on oiva esimerkki jokiuoman aktiivisen kunnostuksen ja kunnostusrakenteiden ylläpitotoiminnan tuloksellisuudesta.

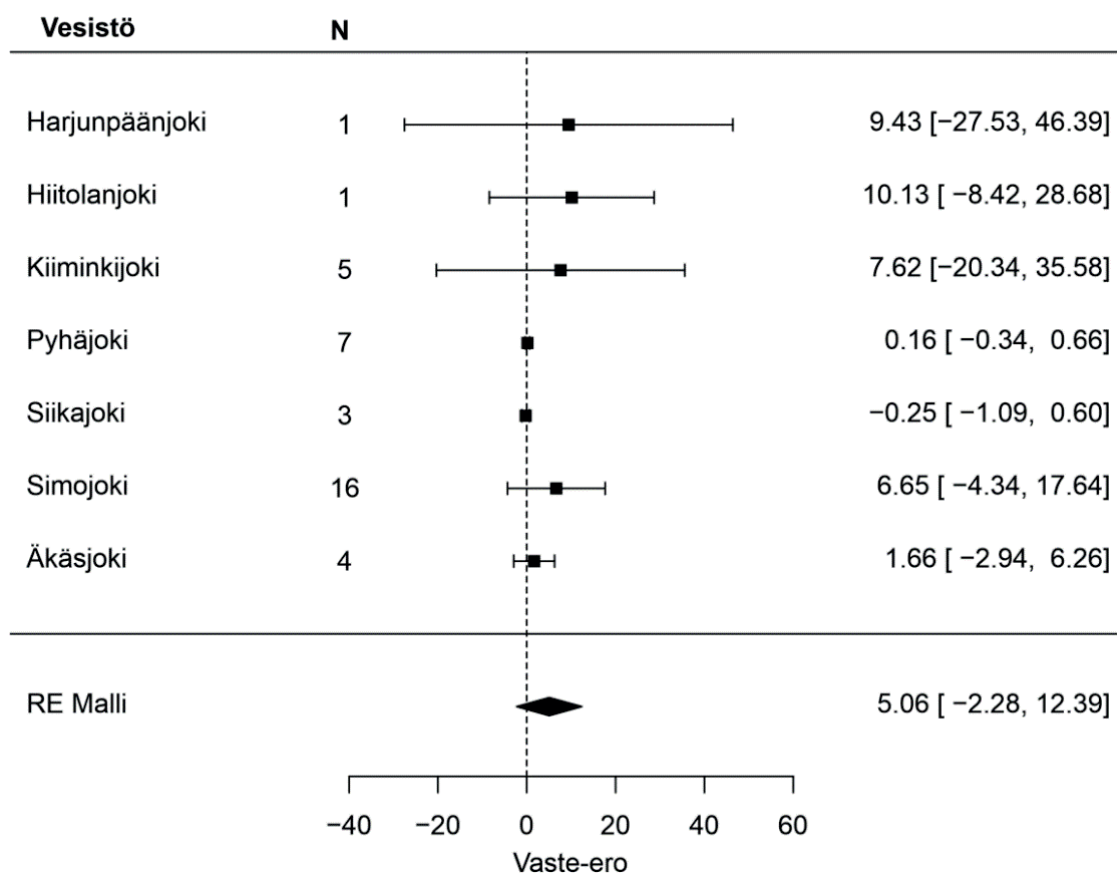


Kuva 15. Vantaanjoen alimman sivupuron Longinojan kesänvanhojen joessa syntyneiden taimenen poikasten keskimääräiset tiheydet (harmaat pylväät) 2000-luvulla neljän koealan sähkökalastusten perusteella (Koealastusrekisteri, Luke). Taimenkannan elvyttämiseksi Longinojaan istutettiin vuosituhannen taitteessa muutamana vuotena taimenen poikasia, joiden esiintymistiheys sähkökoealastussaaliissa käy ilmi kuvasta (kesänvanhat (sininen pylväsosuus) ja vanhemmat (punainen pylväsosuus) poikaset).

5.2. Lohen poikastiheydet

Taimenten meta-analyysin yhteydessä Marttila ym. (2019) keräsivät tietoja koskikunnostusten vaikutuksista myös lohenpoikastiheyksiin. Seurannan minimivaatimukset täyttäviä seurantoja löytyi seitsemältä joelta (kuva 16). Taimenen tavoin kesänvanhat lohen poikaset olivat keskimäärin hyötyneet kunnostuksista ja vaste-ero oli 5,06 poikasta aarilla (95 % luottamusväli -2,28 – 12,39). Tulos oli siis samansuuntainen kuin taimenilla havaittu, mutta seurantojen vähyyden vuoksi tulos ei noussut tilastollisesti merkitseväksi.

Kiiminkijoella Koljonen ym. (2013) selvittivät lohenpoikasten tiheyden kehittymistä vuosina 2001–2006. Tutkimuksessa oli kolme kunnostettavaa koskea ja kolme kontrollikoskea (BACI-seurantatutkimus) ja seuranta tehtiin 3 vuotta ennen kunnostusta ja 3 vuotta kunnostuksen jälkeen. Koealoille istutettiin kesänvanhoja lohenpoikasia vuosina 2000–2005, mutta osa sähkökalastuksissa saaduista poikasista (20 %) oli luonnossa syntyneitä. Tulosten mukaan kunnostuksilla ei ollut lyhyellä aikavälillä (3 vuotta kunnostuksista) vaikutusta yksivuotiaiden lohenpoikasten tiheyteen ja vuosittaiset tiheydet vaihtelivat samankaltaisesti sekä kunnostetuissa että kunnostamattomissa vertailukohteissa. Pieni virtaama talvella heijastui seuraavan kesän poikastiheyksiin sitä pienentävästi. Lohitiheyksien seurannan lisäksi kaikki kosket habitaattimallinnettiin, jonka perusteella Koljonen ym. (2013) päättelivät, että lohenpoikasten talvihabitaatin vähyyks saattoi selittää sen, että poikasseurannassa ei havaittu merkkejä poikastiheyksien kasvusta kunnostetuilla koskialueilla (Koljonen ym. 2013).

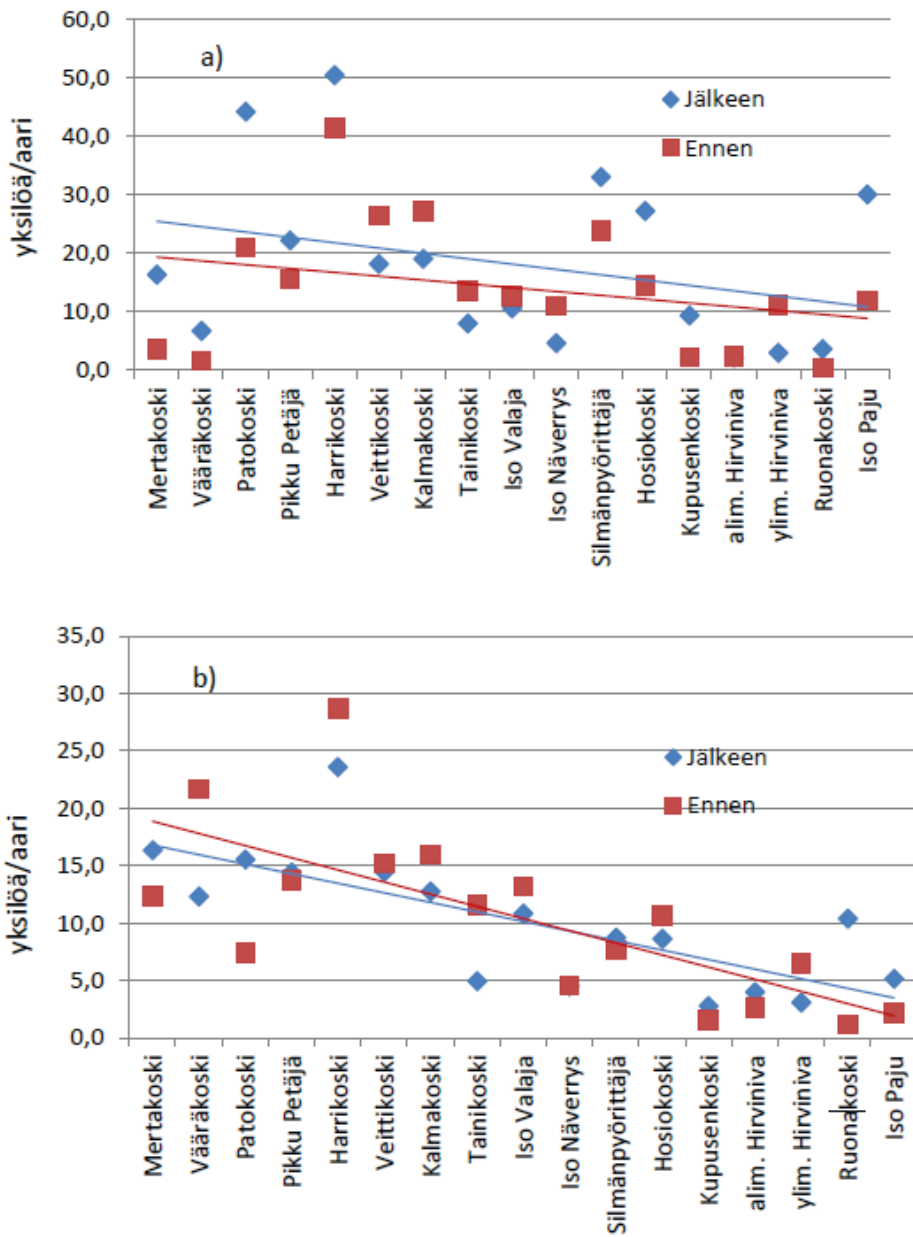


Kuva 16. Lohen kesänvanhojen poikasten tiheyden muutos ennen ja jälkeen kunnostusten eri vesistökohteissa (N = kunnostuspaikkojen lukumäärä per vesistökohte) (Marttila ym. 2019). Neliöt osoittavat eri vesistöille laskettuja vaikutusarvioita ja poikkiviivat niiden 95 %:n luottamusvälejä. Pystyssä oleva katkoviiva kuvaa 'nollatilannetta', eli mitä lähempänä neliö on katkoviivasta, sitä vähemmän kunnostuksilla on ollut vaikutusta poikastiheyteen. Meta-analyysissä käytettiin yksinkertaista vaste-eroa, joten kuvassa oikealla olevat luvut tarkoittavat keskimääräistä ennen-jälkeen eroa lohitiheydessä 95 % luottamusväleinen.

Luonnonvarakeskus on seurannut Simojoen lohikantaa 1970-luvulta lähtien. Uitto loppui Simojoessa 1960-luvulla, ja ensimmäiset koskikunnostukset tehtiin vuosina 1976–1977. Kunnostuksia täydennettiin 1980-luvulla ja vielä uudelleen 2000-luvun alussa. Poikastiheyksiä on seurattu jo vuosikymmenien ajan 36 vakiokoealueella meren ja Simojärven välillä. Jutila (1987) arvioi 1970-luvun lopulla tehdyssä selvityksessä lohenpoikastiheydet yli kaksinkertaisiksi kunnostetuilla alueilla perattuihin koskiin verrattuna. Tämä vastasi noin 2/3 samaan aikaan Simojoen luonnontilaisilla koskilla tavatuista tiheyksistä. Arviot perustuvat ennen ja jälkeen kunnostuksia tehtyihin sähkökalastuksiin (Toivonen & Jutila 1982, Jutila 1987). Tulosten tulkintaa vaikeuttaa 1970-luvun lopun ja 1980-alun taitteessa tapahtunut Simojoen lohikannan voimakas taantuminen merikalastuksen seurauksena. Kunnostusten vaikutusta on mahdotonta erottaa yhdessä joessa toteutetun seurannan avulla, jos samanaikaisesti tapahtuu laajemmin vaikuttavia muutoksia, kuten tässä tapauksessa merikalastuksessa. Simojoen tulokset ovat kuitenkin ensimmäinen tutkimus kunnostusten vaikutuksesta kalatiheyksiin, jossa on kerätty kalatiheystietoja usealta vuodelta myös ennen kunnostuksia (Toivonen & Jutila 1982, Jutila 1987).

Simojoen kunnostettujen koskien lohenpoikastiheyksiä ennen ja jälkeen kunnostusten tarkasteltiin uudelleen noin 20 vuoden ajanjaksolla 1990-luvun lopulta vuoteen 2015 asti (Huusko

ym. 2019). Kunnostukset tehtiin seurannassa olleissa koskissa vuosina 2003–2006. Kunkin vertailuun otetun kosken keskimääräiset tiheydet laskettiin vähintään viiden vuoden tulosten keskiarvona ennen kunnostuksia, ja noin kymmenen vuoden keskiarvona kunnostusten jälkeen. Kesänvanhojen poikasten keskitiheydet kasvoivat hieman kunnostusten jälkeen (kuva 17a & kuva 16; vaste-ero 6,65 (Marttila ym. 2019)), mutta vanhempien poikasten kohdalla ei muutosta näytä tapahtuneen (kuva 17b). Tehty tarkastelu antaa suuntaa kunnostusten vaikutuksista, koska kaikki sähkökalastuskoealueet eivät olleet kunnostetulla koskijaksolla (koko koskea ei välttämättä ollut kunnostettu). Voidaan kuitenkin olettaa, että kunnostuksen positiiviset vaikutukset näkyisivät parantuneina kutualueina ja kutumahdollisuuksina. Jokipoikaset ovat hyviä leviämään eli kasvaneet poikasmäärät todennäköisesti näkyisivät koko koskialueella (esim. Jokikokko 1999).



Kuva 17. Keskimääräinen kesän vanhojen (a) ja sitä vanhempien (b) lohenpoikasten tiheys Si-mojoessa ennen ja jälkeen kunnostusten. Koekalastuskohteet ovat järjestyksessä jokisuulta ylöspäin, ylin koski noin 80 km jokisuulta (Huusko ym. 2019).

5.3. Muut kalalajit

Lähes kaikki koskikunnostuksiin liittyneet kalaseurannat ovat ensisijaisesti kohdistuneet taimenen tai lohen poikastiheyksien seurantaan, ja selvityksiä muiden kalalajien kunnostusvasteista ei ole juurikaan raportoitu. Tämä toki on luonnollista, koska kunnostusten tavoitteena on ollut pitkään lohikalajien poikasten elinympäristön parantaminen, ja taimen on yleensä valikoitunut avainlajiksi tuloksellisuuden mittaamisessa. Kunnostuksien tavoitteet ovat kuitenkin viime vuosina laajentuneet yksinomaan taloudellisesti merkittävien lohikalajien elinympäristökunnostuksista monimuotoisuuskadon hidastamiseen, joten seurannassakin tulisi jatkossa huomioida koko kalayhteisö yhä enenevässä määrin.

Kunnostusten vaikutuksia harjuksen elinympäristöön on selvitetty varsin vähän. Oulujoen Laukassa tutkittiin patoallasalueelle kunnostetun virtapaikan (pinta-ala 1 ha) soveltuvuutta harjukselle mm. elinympäristömittausten ja -mallinnuksen sekä telemetriaseurannan avulla. Radiolähettimellä merkityt harjukset liikkuivat verrattain pienellä alueella huolimatta säännöstelyssä joessa tapahtuvista virtaamamuutoksista ja ne suosivat kunnostettua aluetta suhteessa kunnostamattomiin uoman osiin (Vehanen ym. 2003).

Kännön (1987) Kemijokeen laskevan Kuohunkijoen aineistossa on harjuksen tiheystietoja yhdeltä kunnostusta edeltävältä vuodelta ja neljältä kunnostuksen jälkeiseltä vuodelta. Kesänvanhoja harjuksia, joita ei ollut istutettu ennen koekalastuksia, tavattiin peratuissa koskissa keskimäärin yksi harjus aarilla, mutta 2–5 vuotta kunnostuksen jälkeen tavattiin kynnyks- ja väliallasrakentein kunnostetuissa koskissa 6–14 yksilöä ja yksittäiskivi-kunnostetuilla alueilla 2–3 harjusta aarilla. Viitteitä harjusten määrän suurenemisesta kunnostuksen seurauksena siis on olemassa, mutta vain yhteen vuoteen rajoittuva ennen kunnostuksia oleva tieto rajoittaa pidempien johtopäätösten tekemistä (Mäki-Petäys ym. 1999). Huhtalan (2008) mukaan Raudanjoella ja Viantienjoella koskialueiden keskimääräinen vuosittainen harjuksen nollavuotiaan (0+) poikasten tuotto kasvoi kunnostuksen jälkeen 98–300 %.

Yrjänä ym. (1988) selvittivät koskikunnostuksen välittömiä vaikutuksia kalayhteisöön. Tutkittujen 32 Kuhmossa sijaitsevan kosken perusteella made ja kivisimppu olivat perattujen koskien valtalajeina. Syksyllä tehtyjen kiveämistöiden havaittiin tyhjentävän kosken kaloista seuraavaan kevääseen saakka. Tosin myös sellaisilla koskilla, joissa ei tehty kunnostustöitä tutkimusvuonna ollenkaan, kalamäärä oli pienempi talvella kuin syksyllä. Vuoden kuluttua kunnostuksista mateen ja kivisimpun määrät olivat edelleen pieniä. Viisi - kuusi vuotta kivettyinä olleilla koskialueilla kivisimppujen lukumäärä oli 3–4-kertaistunut heti kunnostuksen jälkeiseen tilanteeseen verrattuna. Erityisesti pienikokoisten simppujen lukumäärä oli kasvanut. Mateiden määrä oli edelleen pienempi kuin peratuissa koskissa. Myös Marttila ym. (2019) raportoivat kunnostuksien hyödyttäneen merkittävästi kivisimppua, mutta ei madetta. Sen sijaan Jutilan ym. (1994) lijojen sivujoissa tekemässä tutkimuksessa kivisimppuja ja mutuja tavattiin kunnostetuilta alueilta sekä yksilömääräisesti että biomassoina mitattuna tilastollisesti merkittävästi vähemmän kuin kunnostamattomilta kohteilta. Myöskään keskisuomalaisten Rutajoen ja Köhniönpuron BACI-asetelmalla tehdyssä tutkimuksessa ei havaittu eroa ahvenen, särjen tai kivisimpun yksilötiheyksissä kunnostuksen jälkeisissä seurannoissa (Muotka & Syrjänen 2007).

Lapin jokien kunnostusten vaikutusten arviointiselvityksessä saatiin useiden kunnostettujen virta- ja koskialueiden kalabiomassan kasvuksi keskimäärin 40–100 % (Huhtala 2008). Poikkeuksena tähän oli Kuohinkijoki, missä keskimääräinen kalabiomassa pieneni 40 %, koska kunnostuskohteissa olivat vähentyneet erityisesti mudut, kivisimput ja mateet. Myös Raudan-, Sattas- ja Viantiejoella mudun keskimääräinen biomassa oli laskenut 25–53 %. Värrijoella sen sijaan mudun määrä oli lisääntynyt kunnostetuilla koskialueilla ja mateen biomassa oli laskenut.

Raudan-, Sattas-, Viantien- ja Ylä-Kemijoella mateen biomassassa oli kasvanut. Haukien biomassassa kasvoi kunnostetuilla koskialueilla Ylä-Kemijokea lukuun ottamatta (Huhtala 2008).

5.3.1. Muiden kalalajien vaikutus taimeneen

Marttilan ym. (2019) mukaan kivisimppu heikensi 0+-ikäisten taimenten menestymistä kunnostetuilla poikasalueilla, mutta mateella ei ollut merkitsevää vaikutusta taimenen menestymiseen. Luhdan ym. (2012) lijoen vesistössä tekemässä selvityksessä tilanne oli päinvastainen, madetiheyksillä oli negatiivinen vaikutus taimentiheyksiin, mutta kivisimpun suhteen vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Luonnon jokia matkivissa koeuomissa tehdyssä kokeessa kirjoeväsimppu ei havaittu vaikuttavan negatiivisesti taimenen poikasten (0+- ja 1+-ikäisiä) habitaatin valintaan (Louhi ym. 2014), mutta isoilla virtaamilla 1+-ikäiset taimenet saivat aikaan kirjoeväsimppujen siirtymisen heikompaan mikrohabitaattiin. Simppulajien elinympäristövaatimukset ovat pitkälti samanlaiset kuin taimenen poikasilla, joten ne voivat kilpailla osittain samasta elintilasta ja ravinnosta etenkin kesänvanhojen taimenen poikasten kanssa.

5.4. Taimenistutusten vaikutukset

Suomessa kunnostusten jälkeen alueelle tyypillisesti istutetaan taimenen poikasia joko kertais- tutuksena tai useamman vuoden ajan. Koska peratun joen taimenkanta on ollut heikossa tilassa (esimerkiksi Jokikokko 1987, Yrjänä ym. 1988, Huolila ym. 2000, Luhta ym. 2012), istutuksien toivotaan nopeuttavan taimenen luonnonlisääntymisen käynnistymistä. Istutuksissa käytetyt kalat ovat yleensä edustaneet jotain yleisesti laitosviljelyssä olevaa taimenkantaa sen sijaan, että niissä olisi yksiselitteisesti käytetty vain kyseisen vesistön omaa taimenkantaa. Istutuskalojen on ajateltu risteytyvän paikallisen kannan kanssa ja vahvistavan sitä, tai muodostavan uuden populaation, jos joen oma taimenkanta on jo hävinnyt.

Kuhmon koskikunnostuskohteissa kunnostuksen jälkeen taimenen poikasia ei tavattu muilta koskilta kuin istutuskohteilta (Yrjänä ym. 1988). Vuoden kuluttua kunnostuksista keskimääräiset taimentiheydet olivat 1,4 poikasta aarilla ja viiden vuoden jälkeen 2,7 poikasta aarilla. Jutila ym. (1994) tutkivat lijoen sivuvesillä eri kunnostusmenetelmien vaikutusta taimenen poikasmääriin tekemällä keväällä 'ylitiheitä' istutuksia vastakuoriutuneilla ja 1-vuotiailla poikasilla. Kunnostukset oli toteutettu näillä kohteilla 1–3 vuotta ennen kalastoseurantaa. Kolmen vuoden aikana tehdyissä selvityksissä kesänvanhojen taimenten yksilömäärissä ja biomassassa ei todettu tilastollista eroa kunnostamattomien ja eri tavoin kunnostettujen koskien koealojen välillä. Sen sijaan yksivuotiaita ja vanhempia poikasia oli kunnostamattomien koskien koealoilla tilastollisesti merkitsevästi vähemmän kuin kunnostettujen koskien koealoilla. "Täyttö"-kunnostetuilla alueilla 1+ -ikäisten taimenten yksilömäärät olivat selvästi korkeammat kuin muilla kunnostustyypeillä. Molemmat selvitykset osoittavat, että istutetut poikaset menestyivät kunnostetuilla alueilla. Kummassakaan selvityksessä ei mainittu esiintyikö kunnostetuissa joissa taimenta jo ennen kunnostuksia.

Toistaiseksi ei kuitenkaan tiedetä miten kunnostusten yhteydessä toteutetut istutukset ovat vaikuttaneet kunnostuskohteissa esiintyviin luonnonvaraisiin taimenkantoihin. Luhdan ym. (2012) selvityksen mukaan viitenä vuotena kunnostuksen jälkeen tehtyjen taimenen poikasis- tutusten vaikutus näkyi tänä ajanjaksona suhteellisen korkeina poikastiheyksinä, mutta useimmissa kohteissa taimenen poikastiheydet alenivat selvästi istutusten päätyttyä. Poikastiheydet alenivat jopa samalle tasolle kuin peratuissa jokiuomissa ja taimentiheydet säilyivät suhteellisen korkeina vain muutamassa kohdejoessa. Tulos ilmentää istutustaimenten heikkoa kestävää kotiutumista kunnostuskohteisiin. On mahdollista, että kunnostusjoissa, joissa taimenen

poikastiheydet säilyivät istutushoidon jälkeen suhteellisen korkealla tasolla, tapahtui pelkääntään joen luontaisen taimenkannan elpymistä ilman, että istutuksilla oli merkittävää jalansijaa elpymisessä.

Marttilan ym. (2019) mukaan kunnostuksien yhteydessä tehdyillä taimenen mäti-istutuksilla ei ole ollut merkittävää vaikutusta taimenpoikasten tiheyteen. Kunnostetuille kohteille tehdyt poikasistutukset jopa heikensivät luonnonpoikasten tiheyksiä ja siten hidastivat luontaisen populaation elpymistä. Suositeltavaa olisikin odottaa kunnostuksien jälkeen joitakin vuosia ja seurata luonnonpoikasten tiheyksien kehittymistä ennen istutuksiin ryhtymistä, jos kunnostettavalla alueella on ollut edes jonkinlaista omaa taimentuotantoa olemassa. Mikäli luonnontuotantoa ei kunnostettavalla alueella ole, istutuksia voidaan tarvita. Toisaalta taimenpopulaation puuttuminen joesta voi myös ilmentää, että joki ei luontaisilta ominaisuuksiltaan sovellu taimenjoeksi, ja taimenkannan kotiuttaminen istutuksillakaan voi olla vaikeaa kunnostuksista huolimatta.

5.5. Pohjaeläinyhteisöt

Kunnostustöiden toteutuksesta aiheutuu häiriötä virtavesien eliöstölle. Pohjaeläimistön on todettu palautuvan kevyestä, keskikesällä toteutetusta kunnostuksesta varsin nopeasti, noin kahdessa viikossa (Laasonen ym. 1995). Keskikesällä huomattava osa vesihyönteisistä elää aikuisvaihettaan terrestrisessä elinympäristössä, joten ainakin osa kunnostustöiden aiheuttamasta häiriöstä kompensoituu vesihyönteisten elinkiertodynamiikalla ja nopealla kolonisaatiolla. Pohjaeläinten palautumista kunnostuksista on selvitetty myös talvella Kokemäenjoen vesistöalueella sijaitsevalla Reinikankoskella (Korsu 2004). Pohjaeläimet vähenivät ensin huomattavasti, mutta jo kahden viikon päästä niiden määrä oli palautunut. Samoissa kunnostustöissä vesisammaleen peittävyys pieneni töiden aikana lähes puoleen (39 % vs. 21 %). Todennäköisesti kuitenkin tuo vähäisempikin määrä oli riittävä toimimaan suojapaikkana pohjaeläimille, jolloin ne kykenivät palautumaan nopeasti kunnostuksien jälkeen (Korsu 2004).

Varsinaisesti kunnostuksien vaikutuksia pohjaeläinyhteisöihin on selvitetty vasta 2000-luvun taitteesta lähtien (kuva 18). Kunnostuksen jälkeen pohjaeläimistön kehitykseen vaikuttavat todennäköisesti niiden avainhabitaattina toimivan vesisammaliston hidas palautuminen, luonnonpuun puuttuminen uomasta ja pohjan riittämätön heterogeenisyys (Laasonen 2000, Yrjänä 1988). Huomattavaa on, että nämä kaikki ovat myös tekijöitä, mitkä vaikuttavat erityisesti metsäalueiden virtavesien tärkeimmän energialähteen, eli lehtikarikkeen, pidätykskapasiteettiin joessa. Muotka & Laasonen (2002) vertasivat Pohjois-Suomessa neljää pienempää kunnostettavaa jokea neljään luonnontilaiseen jokeen. Kunnostettavilla koskilla seurattiin 2–3 viikkoa ennen ja 3 vuotta jälkeen kunnostuksen pohjaeläinyhteisöä sekä niiden habitaattia. Kunnostustöiden todettiin lisänneen selvästi pohjarakenteen monimuotoisuutta, mutta samalla vesisammaleen peittävyys väheni huomattavasti kunnostuksen seurauksena. Pohjaeläimistä ainoastaan levää syövät kaapijat (algae-feeding scrapers) runsastuivat kunnostusten seurauksena. Luonnontilaisissa koskissa oli edelleen merkittävästi enemmän pilkkojia (shredders) ja kaapijoita (scrapers). Muotkan & Syrjäsen (2007) selvityksen mukaan peratuilla koskilla indikaattorilajeina olivat ohivirtaavasta vedestä ravintoaan suodattavat (filter-feeders) tai erilaisten pintojen päältä ravintoaan kaapivat (scrapers) pohjaeläimet. Kunnostetuilla koskilla indikaattorilajeina olivat puolestaan orgaanista materiaalia pilkkovat pohjaeläimet (shredders). Sen sijaan luonnontilaisen kaltaisilla joilla ei ollut vahvaa indikaattoriryhmää, vaan sieltä löytyi laajasti näitä eri ryhmiä, erityisesti suodattajia, kerääjiä ja petoja.



Kuva 18. Pohjaeläinyhteisöstä voidaan ottaa näyte esimerkiksi Surber-näytteenottimella. Kuva: Pauliina Lohi.

Muotka ym. (2002) vertasivat pidemmällä aikavälillä, 4–8 vuotta kunnostuksien jälkeen, kunnostettujen koskialueiden pohjaeläimistön, sammalenpeittävyuden ja kosken rakenteen muutoksia kunnostamattomiin sekä luonnontilaisiin koskiin. Pohjalla olevaa lehtikariketta havaittiin olevan eniten 8 vuotta aikaisemmin kunnostetuissa koskissa ja luonnontilaisissa koskissa. Tämä näkyi myös pohjaeläintiheyksissä: kariketta hyödyntävien ja pilkkojien tiheydet olivat suurimpia näissä joissa. Kunnostetut kosket muuttuivat sekä rakenteellisesti että pohjaeläimistöltään luonnontilaisten virtavesien suuntaan (Muotka ym. 2002).

Palautumisaika kunnostuksista on luonnollisesti oleellinen tekijä vaikutusten seuraamisessa. Pisimmät seuranta-aineistot kunnostuksien jälkeen ovat olemassa Ijoen ja Kiiminkijoen vesistöalueilta, missä on vertailtu purojen pohjaeläinten tiheyksiä ja lajimäärää luonnontilaisten, perattujen ja kunnostettujen purojen välillä ensin 1–3 vuotta ja vielä yli 15 vuotta kunnostuksen jälkeen (Louhi ym. 2011a). Habitaatin monipuolistamisella ei ollut ennakkoon oletettua vaikutusta. Kunnostettujen jokien pohjaeläinyhteisön koostumus ja lajirunsaus olivat edelleen lähellä perattujen jokien yhteisöä yli 15 vuoden jälkeen kunnostuksesta. Erityisesti pohjaeläimistön pilkkojayhteisöt eivät olleet runsastuneet odotetusti, vaikka koskien orgaanisen aineksen pidätykapasiteetti kasvoikin kunnostusten myötä.

Huomattavaa oli, että perattujen jokien sammalpeittävyudet olivat vuosien aikana palautuneet itsestään lähemmäksi luonnontilaisia jokia, jolloin ne eivät enää voimakkaasti eronneet alueellisista luonnontilaisista joista (Louhi ym. 2011a). Tämä havainto korostaa kunnostuksien tarpeen määrittämistä ennen toimenpiteisiin ryhtymistä. Perattukin joki saattaa ennallistua ainakin jollekin tasolle myös itsestään ilman aktiivisia toimenpiteitä. Toisaalta voi myös olla, että pohjaeläinyhteisöjen lajirikkautta rajoittavat ensisijaisesti muutokset valuma-alueella ja lajien leviäminen kunnostettuun vesistöön on hitaampaa, mikäli lähettyvillä ei enää ole olemassa lähettä, mistä lajeja voisi kunnostettuun vesistöön levitä (Heino ym. 2017).

5.6. Ekosysteemitoinninnot

Maamme metsäalueiden virtavedet ovat voimakkaasti toisenvaraisia systeemejä: ympäröivästä maaekosysteemistä peräisin oleva orgaaninen aines, kuten erityisesti virtavesiin varisevat rantapuiden lehdet, ohjaavat virtavesiekosysteemien toimintaa ja rakennetta. Orgaanista ainesta käyttävät ravinnokseen mikrobit ja pohjaeläimet, jotka ovat kalojen tärkeintä ravintoa. Tämän vuoksi koko ekosysteemin kannalta on keskeistä, miten hyvin rannoilta virtavesiin huuhtoutuva lehtikarike pidättyy virtavesiin (Haapala ym. 2003). Perkauksissa virtavesiuomista poistettiin kaikki tukin uittoa hidastavat rakenteet, joten samalla on poistettu myös valtaosa lehtikariketta pidättävistä kivistä ja etenkin puista. Virtaveden lehtikarikkeen pidätyskapasiteetti on siis huonontunut, ja luontainen yhteys rannan ja joen välillä ratkaisevasti heikentynyt.

Kokeellisesti virtavesien pidätyskykyä on selvitetty ns. lehtikellutuskokeiden avulla, missä vaputetaan tietty määrä lehtiä jäljittelevästä muovinauhasta leikattuja 'lehtiä' uomaan ja seurataan niiden kertymistä eri rakenteisiin (Kotamaa 1998, Huusko ym. 2005). Yleisesti monimuotoinen pohjan rakenne edistää lehtien pidättyvyyttä ja on noin puolet tehokkaampi kuin rännimäinen uoma (Huusko ym. 2005). Virtaus, kaltevuus ja pohjan rakenne vaikuttavat merkittävästi lehtien pidättyvyyteen ja näiden tekijöiden yhteisvaikutuksella on suuri merkitys; esimerkiksi pohjan rakenne vaikuttaa lehtikarikkeen pidättyvyyteen eri syvyysolosuhteissa eri tavalla.

Kotamaa (1998) ja Laasonen (2000) vertasivat sekä kunnostettujen, kunnostamattomien että luonnontilaisten koskien pidätyskapasiteettia, ja havaitsivat kunnostusten parantavan merkittävästi koskien pidätyskapasiteettia sekä ali- että keskivirtaamatilanteissa. Kynnystäyttö-tyyppin kunnostus oli pidätyskapasiteetiltaan selvästi parempi kuin ns. kriisiuitto-väylä-tyyppinen kunnostus. Pidätyskapasiteetin parantumisesta huolimatta kunnostuksilla ei kuitenkaan päästy luonnontilaisten jokien pidätyskapasiteetin tasolle ainakaan lyhyellä aikajänteellä (Laasonen ym. 1995, Muotka & Laasonen 2002). Vaikuttaisi siltä, että pohjan rakenteellinen monipuolisuus ei yksin riitä pidätyskapasiteetin palautumiseen luonnontilan tasolle etenkin, jos kunnostuksissa on heikennetty alueen sammaleiden ja muiden kasvillisuuden peittävyttä.

Kunnostusrakenteet siis parantavat lehtikarikkeen pidättyvyyttä eri tavoin eri virtaamatilanteissa (Koljonen ym. 2012). Kaikki kokeellisesti verratut kynnysrakenteet (kivet, sammaleiset kivet, vähäinen luonnonpuu, sammaleinen luonnonpuu ja paljon luonnonpuuta) pidättävät pienillä virtaamilla puiden lehtiä paremmin kuin peratut uomat. Huomionarvoista kuitenkin on, että erityisesti suurilla virtaamilla, kuten tulva-aikaan, lehtiä pidättävät vain runsaasti luonnollisen kaltaista puuta sisältävät rakenteet.

6. Virtavedet ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa valuma-alueensa kanssa

Virtavesien kunnostamisessa tulisi huomioida ekosysteemi kokonaisuutena, eli tarvittaessa toteuttaa toimenpiteitä virtavesiuoman lisäksi myös valuma-alueella. Valuma-alueiden rakentaminen, metsä- ja maatalous sekä turvetuotanto ovat lisänneet ravinteiden sekä kiintoaineen kuormitusta virtavesiin. Lisäksi ne vaikuttavat valuma-alueen veden pidätyskykyyn ja hydrologiaan. Nämä muutokset heijastuvat väistämättä myös virtavesiekosysteemiin. Valuma-alueella tehtävien toimenpiteiden vaikutukset voivat olla niin suuria, että ne peittävät alleen pelkästään jokiuomassa tehtyjen kunnostustoimenpiteiden vaikutukset, jolloin muutoksia vesien eliöstössä ei havaita.

Virtavesiekosysteemit ovat hierarkisia systeemejä, joissa lajistoon vaikuttavat vahvasti eri mitakaavan tekijät. Jokisysteemit koostuvat joen pääuomasta ja sivu-uomista sekä näiden latvapuroista. Lisäksi jokien ja purojen sisällä vuorottelevat koski- ja suvanto-osuudet, ja nämäkin vielä jakautuvat erilaisiin mikrohabitaatteihin virtaus- ja syvyysolosuhteiden mukaan. Valtaosa vesistöjen kokonaispituudesta on pienissä latvavesistöissä ja niillä onkin tärkeä merkitys luonnon vesitaloudelle ja monimuotoisuudelle, pidetäänhän niitä monimuotoisuuden aarrearkkuina. Latvapurojen merkitys alapuolisiin jokivesistöihin on huomattava niin rakenteellisesti kuin lajistollisestikin (kts. "River Continuum Concept, *sensu* Vannote ym. 1980) (kuva 19).

Valuma-alueiden rakentaminen, metsä- ja maatalous sekä turvetuotanto aiheuttavat ravinteiden sekä kiintoaineen kuormitusta virtavesiin. Lisäksi ne vaikuttavat valuma-alueiden veden pidätyskykyyn. Muutokset ovat laajoja ja pitkäkestoisia, joten ne heijastuvat myös virtavesien ekologiaan, ja ne saattavat peittää alleen uomassa tehtyjen kunnostustoimenpiteiden vaikutukset. Valuma-alueen merkitystä vesistöihin on kuitenkin käytännön haasteiden vuoksi selkeämpää tutkia pienemmissä puroissa kuin isommissa joissa, joten tutkimus onkin kohdistunut erityisesti latvapurojen monimuotoisuuden selvittämiseen (esim. Louhi ym. 2011a, Turunen ym. 2017).

Pohjaeläinten kyky levitä vesistöistä toiseen ilman vesiyhteyttä on hyvin rajallinen (Turunen ym. 2018). Lajien aikuisvaihe on yleensä terrestrinen ja ne kykenevät lentämään vain lyhyitä aikoja tai matkoja. Lajien leviäminen tapahtuukin tyypillisesti vesireittejä pitkin ja virtauksen mukana ajelehtien. Siksi kunnostettavien vesistöjen yhteys toisiin samankaltaisiin vesistöihin on oleellista lajiston palautumisen ja kunnostusten tavoitteiden saavuttamisessa (Heino ym. 2017).

Turunen ym. (2016) vertasivat hajakuormituksen (maa- ja metsätalous) ja uomien morfologisten muutoksien keskinäistä suhteellista vaikutusta Etelä- ja Keski-Suomessa sijaitsevien 91 virtaveden (puroja ja jokia) eliöstöön. Kontrollikohteina oli mukana myös lähes luonnontilaisia virtavesiä samoilta alueilta. Hajakuormituksella havaittiin olevan negatiivinen vaikutus pohjaeläimistön lajimäärään, mutta se ei vaikuttanut piilevien, vesikasvien eikä kalojen lajimäärään. Lisäksi näiden purojen pohjaeläinyhteisöjen keskinäiset lajisuhteet vaihtuivat. Yllättävää kyllä, yksinomaan uoman morfologiset muutokset eivät vaikuttaneet minkään tutkitun eliöryhmän lajimäärään eikä niillä ollut myöskään selvää yhteisvaikutusta hajakuormituksen kanssa. Vaikuttaisi siis siltä, että puroyhteisöjen tilan parantamiseksi pitäisi ensisijaisesti vähentää maa- ja metsätalouden aiheuttamaa hajakuormitusta (Turunen ym. 2016).



Kuva 19. Luonnontilaisen kaltaisessa purossa on puuta ja erikokoisia kiviä, jolloin se tarjoaa monimuotoista elinympäristöä kaloille ja muulle eliöstölle. Kuva: Pauliina Louhi.

Samankaltaisia tuloksia esittävät myös Mlambo ym. (2015) ja Mlambo ym. (2019) vertaillen perinteisen metsänhakuun sekä siihen lisätyn korjuujätteen poiston vaikutuksia ympäristön fysikaalisiin ominaisuuksiin ja purojen eliöstöön. Perinteisten metsänhakkuiden vaikutus vesistökuormitukseen oli huomattava, mutta korjuujätteen poistaminen lisäsi erityisesti fosforin, typpien ja sedimentin määrää puroissa.

Myös maatalouden hajakuormituksen on osoitettu vaikuttavan sekä veden laatuun (kokonaisfosfori, kiintoaine, kemiallinen hapenkulutus) että kalaston koostumukseen. Kivisimpun, kirjoeväsimpun, mudun ja taimenen tiheydet vähenivät maatalouden vaikutuksesta, kun taas ahvenen ja särjen tiheydet suurentuivat (Sutela & Vehanen 2010). Taimen osoittautui herkimmäksi ihmistoiminnan aiheuttamalle rehevöitymiselle ja kiintoaineelle Keski-Suomen joista vuosina 2000–2008 kerätyn aineiston perusteella (Sutela ym. 2010). Kokonaisfosfori, happikykyisyys talvella ja liukoisien kiintoaineiden määrä olivat tärkeimmät kalojen esiintymiseen vaikuttavat tekijät.

Ilojen vesistöalueen latvapuroilla selvitettiin eri kunnostusmenetelmien vaikutuksia sedimentin kertymiseen, purojen eliöstöön ja ekosysteemin toimintaan (Turunen ym. 2017). Tutkimuksessa vertailtiin neljää erityyppistä puroa: 1) puukunnostettuja, 2) kivikunnostettuja, 3) ihmistoiminnan takia sedimenttiä kerääviä (muutettuja) ja 4) lähes luonnontilaisia puroja. Kunnostukset oli tehty 3–7 vuotta aikaisemmin. Puusuisteet eivät vähentäneet merkittävästi hiekan peittävyttä purojen pohjalla, joten vaikutukset eivät näkyneet myöskään pohjaeläinyhteisössä. Kivikynnykset lisäsivät pohjan monimuotoisuutta ja puroissa esiintyi laajemmin vesisammalia. Hajottajamikroobeihin ja ekosysteemin toimintaan ei kunnostuksilla havaittu vaikutusta.

On kuitenkin täysin mahdollista, että kunnostuksien vaikutukset heijastuvat purojen pohjaeläinyhteisöihin niiden rantavyöhykkeellä tapahtuvien muutoksien kautta (Turunen ym. 2017). Luonnontilaiset purot tulvivat tyypillisesti joko keväällä lumen sulamisvesien myötä tai syksyn sateiden vuoksi, ja samalla ne nostavat puroihin kertynyttä kiintoainetta kasvualustaksi rantakasvillisuudelle. Puukunnostettujen purojen rantakasvillisuus muuttui merkittävästi lähemmäs luonnontilaisten purojen rantavyöhykkeen kasvillisuutta, erityisesti sanikkaiset runsastuivat. Koska metsäiset purot ovat jatkuvassa ja tiiviissä vuorovaikutuksessa rantavyöhykkeidensä kanssa, vaikutukset purojen pohjaeläinyhteisöihin voivat heijastua pidemmällä aikavälillä. Suositeltavaa olisikin, että erityisesti metsäisten purojen kunnostamisessa käytettäisiin sekä luonnonkiveä että puumateriaalia.

Hiekan sedimentaation, vesisammaleen määrän ja pohjaeläinten tehostetun levittäytymisen vaikutuksia uomien pohjaeläinyhteisöihin ja ekosysteemin toimintaan selvitettiin kontrolliduissa koeuomissa (Turunen ym. 2018, Louhi ym. 2017). Tuloksien mukaan hiekan sedimentaatio vähensi levien kasvua ja pohjaeläintiheydet olivat alhaisemmat. Pohjaeläinryhmät käyttäytyivät yksilöllisesti ja hiekkaa tyypillisesti välttävät ryhmät vähenivät selvästi. Perifyton-leviä ja niitä ravinnokseen käyttäviä pohjaeläimiä oli vesisammalta kasvavissa uomissa vähemmän, mutta samoissa uomissa kertyi tehokkaammin orgaanista ainesta. Niinpä sammalpeitteisissä uomissa oli enemmän lehtikariketta ravintonaan käyttäviä ja myös ravintoa suodattavia pohjaeläinlajeja. Sen sijaan pohjaeläinten tehostettu levittäminen uomiin ei vaikuttanut pohjaeläinyhteisöön. Vaikuttaisikin siltä, että vesisammaleiden palauttaminen on tärkein yksittäinen tekijä pyrittäessä ennallistamaan pohjaeläinyhteisöjä (Turunen ym. 2018).

Kunnostusojitusten yhteydessä toteutettavien vesiensuojelutoimenpiteiden (ojakatko, laskeutusallas) vaikutusta pohjalla kulkeutuvan kiintoaineen määrään ja edelleen pohjaeläimiin sekä taimenen mädin elossasäilyvyyteen seurattiin Kiiminkijoen ja Oulujoen vesistöalueen latvapuroilla (6-vuotinen BACI-seuranta-asetelma) (Louhi ym. 2010). Kunnostusojitetut alueet olivat keskimääräistä pienempiä, pinta-alaltaan alle 0,1 km², joten kiintoainemäärän ei havaittu kasvavan vesistöissä ojitusten jälkeen, jolloin vaikutuksia ei myöskään havaittu pohjaeläimistöissä tai mädin elossasäilyvyydessä. Sen sijaan taimenen mädin elossasäilyvyys oli ensisijaisesti yhteyksissä virtaamassa tapahtuneisiin muutoksiin. Kunnostusojitusten ja muidenkin metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamien hydrologisten muutoksien ekologisista vaikutuksista vesistöissä olisikin tarpeellista saada lisää tietoa.

Louhi ym. (2011b) tutkivat voimakkaan kiintoainelisäyksen ja petokalana tunnetun mateen läsnäolon vaikutuksia taimenen mädin selviytymiseen ja sorasta vapaaseen veteen nousevien ruskuaispussipoikasten kokoon sekä nousun ajoittumiseen. Hienoin orgaaninen aines (< 0,074 mm) heikensi mädin elossasäilyvyyttä. Koeuomiin lisätty kiintoaine myös pakotti poikaset nousemaan soraikon suojista vapaaseen veteen liian aikaisin, jolloin poikasilla oli vielä ruskuaispussia jäljellä. Sen sijaan ilman kiintoainelisäyksiä olevissa uomissa mateen läsnäolo viivästytti poikasten nousua soraikon suojista vapaaseen veteen. Suuri ruskuaispussi saattaa vaikuttaa poikasten uintikykyyn, jolloin ne ovat heikompia uimareita ja joutuvat siten helpommin virran huuhtomiksi tai saalistuksen kohteiksi.

6.1. Muuttuva ilmasto aiheuttaa muutoksia myös virtavesissä

Virtavesien eliöstö on sopeutunut ajoittaisiin tulva- tai kuivatilanteisiin siinä määrin, että ne jopa ylläpitävät lajirikkuutta yhteisöissä. Häiriö on osa luontaista vesiekosysteemin toimintaa ja yhteisöjen palautuminen säännöllisesti toistuvista häiriöistä on yleensä nopeaa. Ilmastonmuutos tulee kuitenkin äärevöittämään näitä ilmiöitä ja niitä tulee esiintymään yhä useammin, joten

yhteisöille ei jää aikaa palautua esimerkiksi tavanomaista lämpimämmistä ja kuivemmista keksistä tai lumen ja jääkannen puuttumisesta talvella.

Virtavesien ekosysteemit kohtaavat jo nyt entistä pidempiä kuivuusjaksoja ja lämpöaaltoja sekä rankkasateita ja voimakkaita tulvia myös talvella. Erityisesti pienet latvavesistöt ovat herkkiä ekosysteemejä ja ne ovatkin siten alttiita ilmastonmuutoksen aiheuttamille negatiivisille vaikutuksille (Truchy ym. 2020). Vuotuisen keskilämpötilan noustessa virtaamien vaihtelun luontaisen rytmiikan muutokset ovat todennäköisesti vahingollisempia virtavesien pohjaeläimistöille kuin veden lämpötilan nousu yksinään (Mustonen ym. 2018).

Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöissä tulevat todennäköisesti olemaan selvimpiä Pohjois-Suomessa (Mustonen ym. 2018). Hallitusten välisen ilmastopaneelin IPCC:n ilmastoraportin ja Suomessa tehdyn hydrologisen mallinnuksen avulla jokien ja purojen olosuhteita arvioitiin ajanjaksolla 2070–2100. Tutkimuksessa oli mukana 239 mahdollisimman luonnontilaista jokea ja puroa, jotka oli jaoteltu kolmeen vyöhykkeeseen leveyspiirien perusteella. Koska mallinnus osoitti lämpötilan kasvavan eniten Pohjois-Suomessa, myös pohjaeläinten lajimäärä tulee kasvamaan eteläisempien lajien levittäytyessä yhä pohjoisemmaksi. Koska virtaaman vuodenaikavaihtelu tulee muuttumaan ja osittain jopa häviämään (ei enää selkeitä kevät- ja syystulvia, enemmän talviaikaisia sateita) myös pohjaeläinten lajisuhteet tulevat muuttumaan. Oulangan kansallispuiston alueella seurattujen luonnontilaisten purojen perusteella yhteisöt eroavat toisistaan erityisesti kuivina vuosina, jolloin pohjaeläimistössä esiintyy myös eniten lajien sattumanvaraista häviämistä (Sarremejane ym. 2018).

7. Koskikunnostusten sosioekonomiset vaikutukset

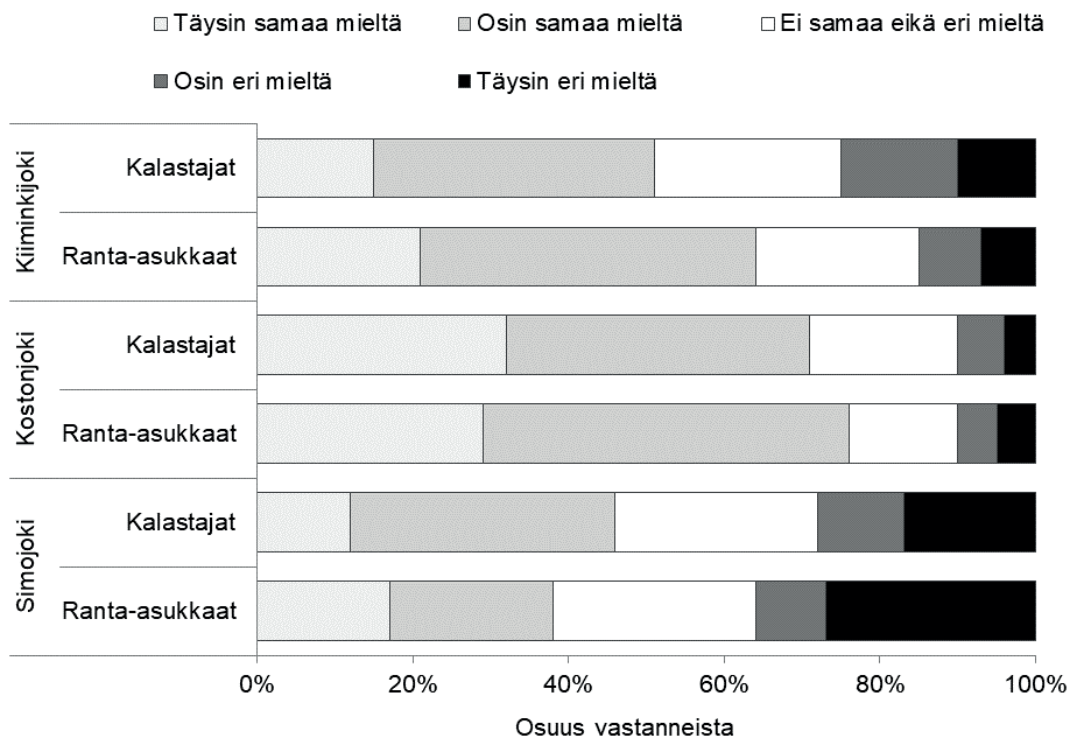
Vesiluonnon merkitys ihmisille kasvaa voimakkaasti, joten potentiaalisesti kunnostamisella voidaan saavuttaa myös taloudellisia hyötyjä. Jokien kunnostamisella on yleensä myös vahva yhteiskunnallinen kannatus. Parhaimmillaan kunnostuksilla voidaan parantaa sekä joen ekologista tilaa, että sen virkistysarvoa. Ekologiset hyödyt voivat kuitenkin näyttäytyä joen eri käyttäjäryhmille vähäisinä ja niitä on vaikea havaita, tai ne saavutetaan vasta pitkän ajan kuluttua kunnostusten jälkeen. Tämä heijastuu siihen, kuinka onnistuneina kunnostukset joen eri käyttäjäryhmien keskuudessa koetaan. Koska yhteisiä ekologisia tai sosioekonomisia kriteerejä onnistuneelle kunnostukselle ei ole olemassa, tulkinta kunnostuksien onnistumisesta ja vaikutuksista vaihtelee hyvin paljon.

Marttila ym. (2019) tekivät kyselyn kunnostuksen asiantuntijoille, mitä heidän mielestään tarkoittaa ”onnistunut kunnostaminen”. Moni vastaaja oli sitä mieltä, että jo yksikin lohikala lisää poikastiheydessä oli riittävä osoitus kunnostusten onnistumisesta. Peilattaessa tätä vuosikymmenien aikana toteutuneisiin 13 kunnostusprojektiin, todettiin kohteissa taimenen poikasmäärien kasvaneen tämän kunnostustavoitteen mukaisesti kahdeksassa kohteessa. Osa asiantuntijoista arvioi kunnostukset onnistuneeksi vasta, jos poikastiheydet kaksinkertaistuivat kunnostusten jälkeen. Tätä tiukempaa tavoitetasoa vastasivat ainoastaan neljän kohteen taimentiheydet mukana olleista kolmestatoista hankkeesta.

Ekosysteempipalvelut tarkoittavat luonnon mahdollistamia hyötyjä ihmiselle ja yhteiskunnille, ja usein ne koetaan tärkeiksi ihmisenäkökulmasta. Nämä hyödyt voivat olla aineellisia, kuten kalasaaliit ja raaka-aineet, tai aineettomia, kuten kosken äänimaisema ja luonnon virkistyskäyttö. Kunnostuksiin liittyviä sosiaalisia vaikutuksia on selvitetty esimerkiksi tarkastelemalla eri ekosysteempipalveluissa tapahtuneita muutoksia. Ottamalla ekosysteempipalvelut mukaan vesistöjen tilaa koskevaan arviointiin ja päätöksentekoon, lisätään ymmärrystä luonnon ja ihmisen välisistä vuorovaikutussuhteista ja ekosysteemien merkityksestä ihmisen hyvinvoinnille.

Keski-Suomen ympäristökeskus aloitti ensimmäisenä Suomessa virtavesien kunnostusten sosio-ekonomisten vaikutusten arviointien selvittämisen vuonna 2001 (Olkio & Eloranta 2007). Selvityksen mukaan suurin osa asianosaisista oli tyytyväisiä tai melko tyytyväisiä kunnostuksiin. Kunnostusten koettiin yleensä lisänneen asumisviihtyvyyttä. Myös kiinteistöjen arvon ajateltiin usein nousseen kunnostusten seurauksena. Kunnostuksien maisemanhoitoa pidettiin tärkeänä, koska koskiuoma ja ranta-alue miellettiin kokonaisuudeksi. Kalastusharrastus aktivoitui kunnostuskoskilla ja se lisäsi taloudellista hyötyä alueen yrittäjille. Kunnostusten vaikutukset melojien harrastukselle jakoivat mielipiteitä: aloittelijat ja retkimelajat olivat tyytymättömiä kunnostuksien vaikutuksiin, kun taas kokeneet koskimelajat pitivät kunnostuksia onnistuneina melonnan kannalta. Matkailurytyksistä 25 % arvioi koskikunnostusten lisänneen yritystoimintaa, kun vain 1 % piti niiden vaikutusta kielteisenä. Kokonaisuutena selvityksessä päädyttiin siihen, että kunnostukset Keski-Suomen alueella olivat olleet taloudellisesti kannattavia.

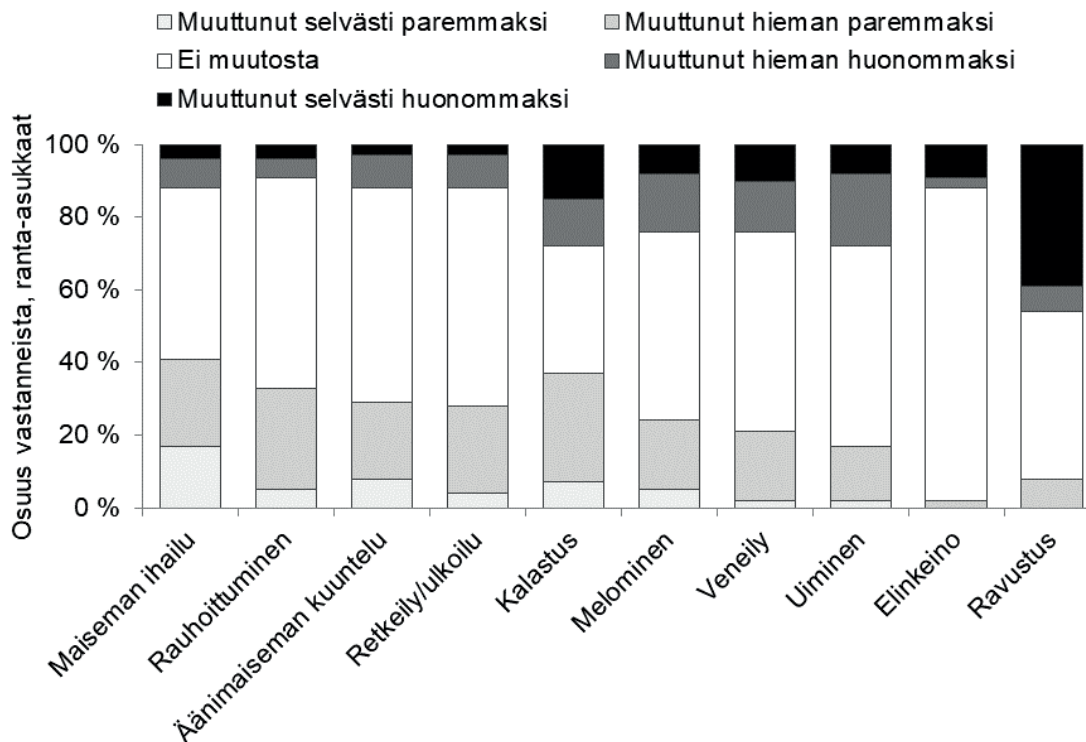
Vuosina 2013–2014 tehtiin kyselytutkimus, jonka avulla arvioitiin, miten Kiiminkijoen, Kostojoen ja Simojoen ranta-asukkaat ja kalastajat kokivat ekosysteempipalveluiden muuttuneen kunnostusten myötä (Kananen 2014, Marttila ym. 2016a). Kyselytutkimuksen perusteella molemmat käyttäjäryhmät pitivät kunnostuksia lähtökohtaisesti tärkeinä, mutta he eivät olleet aina tyytyväisiä kunnostusmenetelmiin ja niillä saavutettuihin tuloksiin (kuva 20).



Kuva 20. Kiiminkijoen, Kostonjoen ja Simojoen kalastajien (n = 129) ja ranta-asukkaiden (n = 158) vastausten jakaantuminen (% vastanneista) väittämässä ”Olen tyytyväinen kunnostukseen” (Kananen 2014, Marttila ym. 2016a).

Muutokset virkistyskäyttömahdollisuuksissa koettiin yleensä melko vähäisiksi. Jokimaiseman ihailuun ja retkeilyyn liittyvien mahdollisuuksien koettiin parantuneen eniten (kuva 21). Toisaalta virkistyskäyttömahdollisuudet olivat joidenkin mielestä osittain jopa heikentyneet, kun esimerkiksi koskissa kahlaaminen ja veneily olivat muuttuneet kunnostusten myötä vaikeammiksi. Käyttäjärühmien välillä ei havaittu selviä eroja kunnostusvaikutusten kokemisessa, mutta sen sijaan tutkimusjokien välillä eroja havaittiin. Erityisesti jokimaisemassa ja kalasaaliissa koettut muutokset vaikuttivat siihen, kuinka onnistuneina kunnostuksia eri jokikohteissa pidettiin. Jos maisema koettiin muuttuneen kauniimmaksi ja luonnonmukaisemmaksi, nähtiin kunnostukset usein myönteisessä valossa. Jos taas kalasaaliissa ei koettu tapahtuneen toivottua muutosta, suhtauduttiin kunnostuksiin varauksella. Näiden ekosysteemipalvelujen osalta muutokseen suhtauduttiin myönteisimmin Kostonjoella, kielteisimmin Simojoella ja Kiiminkijoen vastaukset olivat keskimäärin varsin neutraaleja. Ne, joiden mielestä kunnostustulos oli jäänyt heikoksi, näkivät jokiuomassa tehdyt toimenpiteet usein riittämättöminä ja he peräänkuuluttivat myös muita mm. vedenlaatuun ja kalastuksen säätelyyn liittyviä toimia kalakantojen ja joen tilan parantamiseksi (Kananen 2014, Marttila ym. 2016a).

Kananen (2014) haastatteli pro gradu -opinnäytetyötään varten yhteensä kymmentä Kiiminki-, Koston- tai Simojoessa melontaa harrastavaa henkilöä. Puolet haastateltavista oli sitä mieltä, että melojia ei ollut otettu tarpeeksi huomioon kunnostuksia toteutettaessa. Kuusi vastaajaa kymmenestä oli sitä mieltä, että koskessa pitäisi olla selkeä pääväylä. Neljä vastaajaa oli puolestaan sitä mieltä, että hyvässä koskessa pitää olla haastetta. Puolet melojista piti koskien kunnostamista tärkeänä, vaikka melominen hankaloituisi. Osan mielestä kunnostuksilla oli tehty vain haittaa. Kahden melojan harrastus oli kärsinyt kunnostusten takia (Koston- ja Simojoki).



Kuva 21. Ranta-asukkaiden näkemykset kunnostusten myötä tapahtuneista muutoksista virkistyskäytössä ja muissa aktiviteeteissa (Kananen 2014, Marttila ym. 2016a). Tyytyväisyys muutoksiin vähenee vasemmalta oikealle.

Viljasen (2010) opinnäytetyössä haastateltiin melonnan harrastajia ja pyrittiin saamaan kvalitatiivisin tutkimusmenetelmin käsitys melojien näkemyksistä virtavesikunnostuksien toteutuksesta Suomessa. Haastattelujen perusteella eri melontalajien harrastajat haluavat koskilta erilaisia ominaisuuksia. Kunnostukset tekevät koskista vaikeampia melojille, mikä sopii hyvin koskimelonnan harrastajille, jotka kaipaavat kiveyksien tuomaa monimuotoisuutta. Retkimelajat taas haluaisivat selkeän pääväylän, josta laskeminen kosken ohi olisi helppoa. Kosken ekosysteemin kuntoon saaminen ja koskimelojien toiveiden yhteensovittaminen onnistuu paljon helpommin kuin retkimelojien. Melonta-asiantuntijoiden näkemyksien huomioiminen kunnostuksien toteutusvaiheessa olisi hyvä, koska jälkikäteen kunnostusten korjaaminen on yleensä vaikeaa (Viljanen 2010).

Lehtoranta ym. (2017) tekivät kyselytutkimuksen Koillismaahan alueen (Pudasjärvi, Taivalkoski, Kuusamo) asukkaille tavoitteena selvittää paikallisten asukkaiden tietoisuutta ja halua panostaa metsäpurojen kunnostuksiin. Tutkimuksessa käytettiin maksuhalukkuusmenetelmää (engl. contingent valuation eli CV), jossa kyselyyn vastaajia pyydetään arvioimaan maksuhaluk-

kuuttaan markkinattomien, eli hinnoittelemattomien, hyödykkeiden määrän vaihtelusta. Tutkimuksesta kävi ilmi, että alueen metsätalousyrittäjät pitivät metsätalouden aiheuttamia vaikutuksia vesistöihin liioiteltuina. Metsätalousyrittäjät pitivät myös vähemmän tärkeänä purojen kunnostuksia ja taimenen elinolojen parantamista kuin muut alueella asuvat ihmiset. Vain 15 % yli 450 vastaajasta piti varmana asiana sitä, että olisi valmis osallistumaan purokunnostuksista koituviin kustannuksiin.

Sen sijaan Helsingin alueella CV-menetelmällä tehty kyselytutkimus osoitti paikallisten asukkaiden hyvin myönteisen suhtautumisen alueen purokunnostuksiin. Halukkaita maksamaan varmasti tai melko varmasti oli 256 vastaajasta 71 %. Suurin motivaatio (72 % vastaajista) osallistua kunnostusten kustannuksiin tuli halusta jättää ”urbaania” puroluontoa tuleville sukupolville. Rahoitushalukkuuden perusteella paikallisten asukkaiden tarjoama rahamäärä oli 15–37 kertainen suunnitellun kunnostushankkeen (Helsingin kaupungin pienvesiohjelma) arvioituun kustannukseen (Sarvilinna ym. 2017). Asukkaiden suhtautuminen taloudellisen tuen antamiseen voi vaihdella heidän asuinalueensa mukaisesti (Sarvilinna ym. 2018).

Yhteiseurooppalaisessa (Suomi, Ruotsi, Tanska, Puola, Tšekki, Itävalta) tutkimuksessa selvitettiin useilla taloustutkimuksen menetelmillä jokikunnostusten antamaa hyötyä ekosysteemipalvelujen muodossa (tuotantopalvelut: maa- ja metsätalous sekä makeanveden saanti; sääntelypalvelut (engl. regulation): tulvat, kuivuus, ravinteiden sitoutuminen ja hiilen sitoutuminen; kulttuuripalvelut: kalastus, metsästys, melonta, luonnonsuojelu ja maisemanhoito). Tutkimuksessa oli mukana seitsemän jokea, joissa oli sekä kunnostettuja että kunnostamattomia jokialueita. Suomesta mukana oli Vääräjoki. Kunnostukset nostivat huomattavasti ekosysteemipalvelujen tasoa. Tämä perustui eniten kulttuuriseen arvonnousuun ja vähemmässä määrin sääntelyyn (poikkeuksena joki, jossa oli ollut suuria tulvavahinkoja). Tuotantoon kunnostuksilla ei saatu vaikutuksia. Vääräjoki poikkesi muista tutkituista joista siinä, että siellä kunnostus rajoittui pelkästään jokiuomaan. Vääräjoella tutkimuksen perusteella kunnostus pienensi maa- ja metsätaloustuotantoa sekä lisäsi hieman tulvariskiä. Paikallisten ja turistien mielestä kunnostukset lisäsivät alueen luontoarvoja ja myös toivat tuloja virkistystoimintaa harjoittaville yrityksille mm. Vääräjoen alueella (Vermaat ym. 2016).

Kuhmon Pajakkakoskella vuonna 2013 aloitettujen koskikunnostusten aikana tehtiin tutkimus ekosysteemipalvelujen (tuotanto, sääntely ja kulttuurinen) ennakoituista hyödyistä alueelle (Polizzi ym. 2015). Ekosysteemipalveluiden kasvua arvioitiin saatavan seuraavasti: kalojen luonnossa lisääntyminen, eroosion väheneminen, uoman pinta-alan laajeneminen ja liettymisen väheneminen sekä biodiversiteetin kasvu jokiuomassa ja joen penkoilla. Kulttuurista hyötyä arveltiin saatavan seuraavasti: joelle pääsy helpottuu, kalastusmahdollisuuksien lisääntyminen, saaliskalojen suurempi arvostus (luonnonkaloja), turismin lisääntyminen ja positiiviset terveysvaikutukset lisääntyvän luontoaktiiviteetin seurauksena. Halukkuutta joen kunnostuksen osallistumiseen kysyttiin maksuhalukkuudella: 28 % vastaajista ei halunnut osallistua rahallisesti, 25 % halusi osallistua vain vapaaehtoistyön muodossa ja 47 % oli valmis osallistumaan vuosittaisella panoksella kunnostusten rahoittamiseen. Tutkimuksen perusteella koskien kunnostuksiin menneet kustannukset saadaan takaisin 3–10 vuodessa ekosysteemipalvelujen muodossa. Kunnostuksista saatu hyöty arvioitiin olevan 40–145 €/henkilö vuodessa.

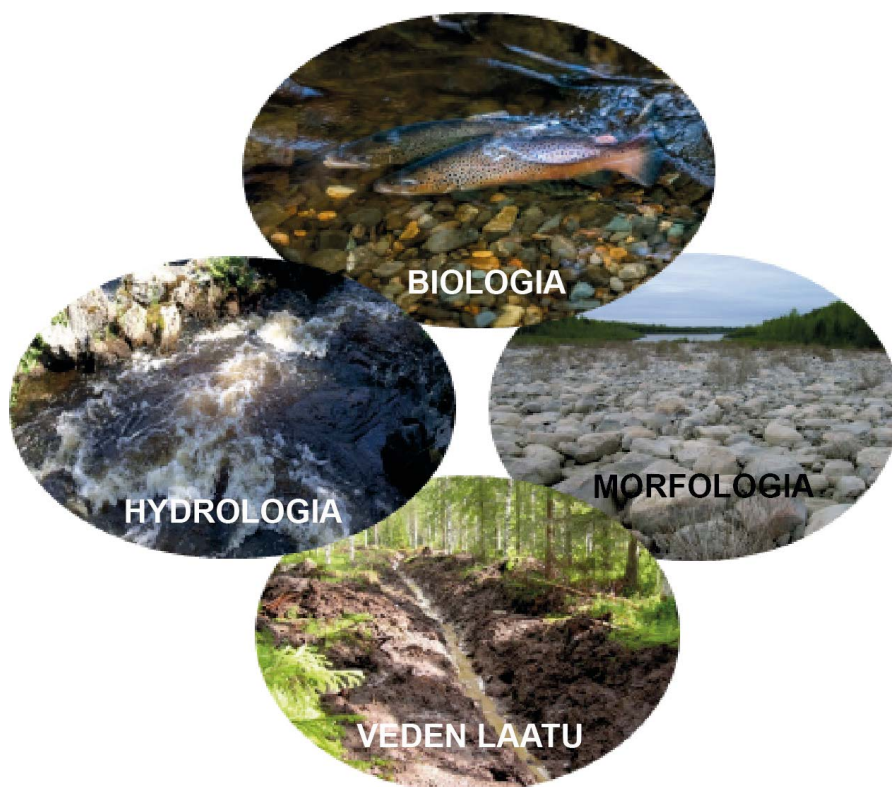
Saarijärven reitin asukkaille toteutettiin myös kysely, missä selvitettiin vastaajien odotuksia vesistö-kunnostuksien suhteen sekä alueen suojelualueiden merkitystä (Lehtoranta & Louhi, käsikirjoitus). Alueen asukkaiden parissa kestävä vesivoimatuotanto sekä suojelualueiden laajuus vaikuttivat vesiensuojelun kokemisen tärkeyteen. Vesipuidedirektiivin edellyttämien hyvän ekologisen tilan saavuttamiseksi määriteltyjen toimenpiteiden kustannukset arvioitiin huomattavasti suuremmiksi kuin laskennalliset ympäristöhyödyt.

Virtavesikunnostuksien taloudellisia hyötyjä on haasteellista arvottaa niiden luonteen vuoksi. Luontokokemukseen vaikuttavat todennäköisesti myös vierailijoiden tausta ja aikaisemmat kokemukset, ja vesiluonnon monimuotoisuutta on haastavaa mitatakaan euroissa. Oulun Hupisaarten kaupunkipuroja kunnostettiin vuosina 2016–2018, ja niiden merkitystä oululaisille selvitettiin myös kyselyn avulla (Mäntymaa ym. 2021). Vastauksien perusteella Hupisaarten kaupunkipuisto on tärkeä virkistytymispaikka monille ja etenkin pienituloisille oululaisille. Kaupunkipuistoa pyritäänkin kehittämään luonnon, palvelujen ja tapahtumien muodostamana kokonaisuutena. Huomattavaa kuitenkin oli, että taimenen kotiuttamista puroverkostoon pidettiin yleisesti tärkeänä, vaikka osa vastaajista ei ollut taimenia vielä nähnytkään puroissa. Matkakustannusmenetelmän avulla purokunnostuksien ja taimenen kotiuttamisella arvioitiin kuitenkin saavutettavan jopa 6,6 miljoonan euron taloudellisen hyöty.

8. Elinympäristöjen kokonaisvaltainen kunnostaminen: suosituksia tuleville kunnostushankkeiden toteuttajille

Kunnostuksilla voidaan saavuttaa ekologista vaikutusta, jos toimenpiteet osataan kohdistaa oikeisiin rajoittaviin tekijöihin. Oikeat tekijät määritellään asetettujen tavoitteiden kautta ja ne voivat liittyä esimerkiksi i) lajien biologiaan (lajien väliset ja sisäiset suhteet, kalastuspaine, istutus, ravintotekijät), ii) jokiuomien morfologiaan (säännöstely, vaellusyhteys, perkaukset, maankäyttö), iii) veden laatuun (valuma-alueen maankäyttö) tai iv) hydrologiaan (ojitukset, säännöstely, ennallistaminen) (kuva 22).

Jos esimerkiksi taimenen tiheyksiä rajoittava tekijä on kutusoraikkojen peittyminen hiekan alle, on valuma-alueiden maankäytön vesiensuojelua tehostettava ja hiekan huuhtoutumista uomaan rajoitettava. Paikallisesti myös rakenteiden muokkaamisella tai kutusoraikkojen puhdistamisella voi olla merkitystä ainakin lyhyellä aikavälillä tai sitten ylläpitotoimia on tehtävä jatkuvaluonteisesti. Jos rajoittava tekijä sen sijaan onkin emokalojen puute, on toimenpiteillä varmistettava emokalojen määrään vaikuttavat esim. toimivat vaellusyhteydet tai riittävän tehokas kalastuksen säätely. Jos kunnostuksilla tavoitellaan monimuotoisuuden kasvattamista, toimenpiteissä on huomioitava erityisesti koko vesiekosysteemin yhteisö rakenne ja sen toiminta. Usein onnistunut kunnostaminen edellyttääkin monien toimenpiteiden yhdistelmiä, eli samanaikaisesti koskikunnostusten kanssa tulisi tehostaa vesiensuojelua ja/tai säännöstellä kalastusta ja/tai palauttaa vaellusmahdollisuuksia. Kaiken kaikkiaan vesiekosysteemejä tulisi tarkastella ja niiden kunnostuksia toteuttaa laaja-alaisina kokonaisuuksina yhdessä niiden valuma-alueiden kanssa.



Kuva 22. Onnistuneiden kunnostuksien saavuttamiseksi on jokisysteemejä tarkasteltava kokonaisuuksina yhdessä niiden valuma-alueiden kanssa. Kunnostuksilla voidaan saavuttaa pysyvää ekologista vaikutusta, jos toimenpiteet osataan kohdistaa oikeisiin rajoittaviin tekijöihin.

Jotta kunnostamisella saavutettaisiin ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestäviä tuloksia sekä tuettaisiin luonnon monimuotoisuutta ja ekosysteemipalveluja, on olennaista selvittää, mitkä paikalliset tekijät muodostavat pullonkaulan ekologiseen tilaan, monimuotoisuuteen ja/tai kalakantojen luontaiseen lisääntymiseen liittyvien tavoitteiden saavuttamisessa. Kunnostushankkeissa tulisikin käyttää resursseja myös perusteelliseen taustaselvitykseen ja tavoitteiden asetteluun, joiden pohjalta tehdään kohteiden valinta ja kunnostustoimien suunnittelu, sekä myös vaikutusten seurantaan. Tällä tavalla kunnostuksista voitaisiin saada myös oppimiskokemuksia ja pidemmän päälle säästää resursseja virheiden tai turhien töiden vähentyessä.

Kunnostusten tavoitteet on asetettava realistisesti kunkin kohdevesistön edellytyksien ja reunaehto- ja paikallisten toiveita kuunnellen. Tavoitteita ei ole mahdollista saavuttaa, mikäli ne asetetaan menneisyyden perusteella. Ainakaan nyky-yhteiskunnassa ei liene realistista tavoitella jokaisesta virtavedestä turisteja houkuttelevaa matkailuparatiisia ja rahasampoa paikallistalouden elvyttämiseen, koska kerran menetettyä virtavesien luonnontilaa ei ole mahdollista palauttaa kaikkialla. Esimerkiksi voimakkaasti säännöstellyt virtavedet muistuttavat nykyään enemmän virtaavien patoaltaiden sarjaa kuin luonnollisia virtavesiä ja niiden palauttaminen edellyttäisi yhteiskunnalta lähes rajattoman määrän resursseja sekä vuosikymmenien palautumisjakson. Myös näissä ja monissa muissakin vesistöissä on vielä olemassa laajoja vesistöjaksoja tai kokonaisia virtavesiä, missä luonnontilan kaltaisen ekosysteemin saavuttaminen voi vielä olla mahdollista.

Kunnostuksien tavoitteiden asettelussa on huomioitava ilmaston lämpeneminen ja lisääntyvät ääri-ilmiöt. Toimenpiteiden tulisikin ensisijaisesti kohdistua luonnollisten prosessien eheyttämiseen ja monimuotoisuuden säilyttämiseen. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi valuma-alueiden sedimentaation ja veden pidätyskyvyn parantaminen, luonnollisen tulvadynamiikan ja tulvasanteiden palauttaminen, joen mutkittelevuuden lisääminen ja luonnollisen virtauksen palauttaminen. Kalojen vaellusyhteyden palauttaminen myös vesistön eri elinympäristöjen välillä tulisi olla oleellinen osa kunnostushankkeita. Itse uomakunnostuksissa luonnonpuun käyttöä materiaalina tulisi lisätä kiven ohella.

Erityisesti laajemmat kunnostushankkeet tulee suunnitella ja toteuttaa eri tahojen, kuten viranomaisten, paikallisten, toiminnanharjoittajien ja tutkijoiden yhteistyönä. Verkostoituminen kokemuksia omaavien tahojen kanssa tukee vapaaehtoisia ja muita talkookunnostajia asettamaan realistiset tavoitteet ja valitsemaan oikeat toimenpiteet vesistöjen reunaehto- ja paikallisten mukaisesti. Kokonaistavoitteen ymmärtämiseksi voisi olla selkeämpää yhdistää pienempiä hankkeita edes viestinnällisesti isommiksi kokonaisuuksiksi, mikä auttaisi eri osapuolia ymmärtämään palauttamiseen tarvittavien monien toimenpiteiden merkityksen sekä niiden toteuttamiseen tarvittavan pitkän ajanjakson.

Kunnostuksista voitaisiin saada kokonaisuuden kannalta laajempia yhteisiä hyötyjä yhdistämällä niitä esimerkiksi metsätalouden, hiilensidonnan, tulvasuojelun tai muiden valuma-alueiden maankäyttömuotojen kanssa. Muun muassa jatkuvapeitteinen kasvatusta tai suojavyöhykkeet maa- tai metsätalousalueilla pidättävät ravinteiden ja kiintoaineen huuhtoutumista vesistöihin. Puiden ja muun kasvuston istuttaminen virtavesien rantavyöhykkeille voisi parantaa alueen hiilensidontaa, tasata vesistön lämpötilavaihteluja, luoda suojapaikkoja vesieliöstölle ja lisätä maa- ja vesiekosysteemin välistä vuorovaikutusta. Kosteikkojen rakentaminen virtavesien yhteyteen pidättää ravinteita ja tarjoaa elinympäristöä riistalinnuille ja muille maaeläinlajeille. Keinoja yhteishyötyjen saavuttamiseksi jo on olemassa ja menetelmiä tulee osata hyödyntää kunnostuskohteiden edellyttämällä tavalla (esim. Hjerpe ym. 2020).

Toimijoiden ja sektoreiden välistä vuorovaikutusta tulisi tehostaa. Muun muassa metsätalous, maatalous, vesienhoito ja kalatalous ovat perinteisesti hoidettu eri sektoreilla organisaatioista

riippumatta. Koska jokaisella näistä kokonaisuuksista on omat asiantuntijansa, on heidän toimittava enemmän yhdessä yhteisen ymmärryksen saavuttamiseksi. Vesiekosysteemien näkökulmasta sektoreiden erot ovat keinotekoisia rajoja ja vesistöjen kunnostaminen vaatii eri alojen asiantuntijoiden yhteistä kanssakäymistä ja avointa vuorovaikutusta.

Kunnostuksien tietopohjaa tulisi laajentaa ja tiedottamista tehostaa. Yhteistä tietoa ja kokemuksia hankkeista voitaisiin kerätä esim. Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän valtakunnallisen vesistökuunnostusverkoston verkkosivuille ja jakaa säännöllisissä tapahtumissa. Myös kunnostustoimenpiteiden toteutumista ja kustannuksia tulisi seurata. Tiedot tulisi tallentaa yhteiseen ja kaikille avoimeen tietokantaan, jolloin niitä pystyttäisiin avoimesti hyödyntämään tulevien hankkeiden suunnitteluissa sekä erilaisissa yhteenvedoissa. Rahoituksen saannin edellytys tulisi olla kunnostuksien tavoitteiden mukaisten vaikutusten seurantaohjelma sekä sen toteutuminen ja tuloksien avoin jakaminen.

Viitteet

- Christie, A.P., Amano, T., Martin, P.A., Shackelford, G.E., Simmons, B.I. & Sutherland, W.J. 2019. Simple study designs in ecology produce inaccurate estimates of biodiversity responses. *Journal of Applied Ecology* 56 (12): 2742–2754.
- Haapala, A., Muotka, T. & Laasonen, P. 2003. Distribution of benthic macroinvertebrates and leaf litter in relation to stream bed retentivity: implications for headwater stream restoration. *Boreal Environment Research* 8: 19–30.
- Hanski, M. 2000. Jokien rakenteellisen tilan arviointi: Taustaa EU:n vesipolitiikan puitteiden toteuttamiseksi Suomen virtavesissä. Suomen ympäristö 379. 94 s.
- Eloranta, A. 2000. Käytännön virtavesikunnostus – tiedettä, ristiriitoja ja kompromisseja. *Suomen Kalastuslehti* 107 (4): 8–11.
- Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Kalatalouden Keskusliiton julkaisu nro 165. Vammalan Kirjapaino Oy. 278 s.
- Hatanpää, A., Huuskonen, H., Janhunen, M., Kortet, R. & Piironen, J. 2021. Spawning season movements of transported landlocked Atlantic salmon in a newly restored river habitat. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 78: 184–192.
- Heino, J., Alahuhta, J., Ala-Hulkko, T., Antikainen, H., Bini, L.M., Bonada, N., Datry, T., Erős, T., Hjort, J., Kotavaara, O., Melo, A.S. & Soininen, J. 2017. Integrating dispersal proxies in ecological and environmental research in the freshwater realm. *Environmental Reviews* 25: 334–349.
- Hjerpe, T., Hämäläinen, L., Koljonen, S., Jormola, J., Raitanen, H. & Västilä, K. 2020. Maatalousalueiden virtavesien tilan parantaminen – menetelmiä ja suosituksia. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2020. 48 s.
- Huhtala, J. 2008. Jokiuitosta kalataloudellisiin kunnostuksiin – Eräiden uiton jälkeisten velvoitekunnostusten kalataloudellisesta vaikuttavuudesta. Suomen ympäristö 29/2008. 38 s.
- Huolila, M., Hyytinen, L. & Lähteenmäki, R. 2000. Virtavesien kalataloudellisten kunnostusten seuranta ja taimenen istutuskokeilut Mikkelin läänissä. Etelä-Savon TE-keskus, kalatalousyksikkö. Moniste 36 s.
- Huusko, A. 1995. Uittoon varten perattujen koskien kunnostusten vaikutuksista kalojen elinalueiden laajuuteen ja laatuun lijojen vesistöalueen kunnostuskohteissa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalaraportteja 14, 23 s.
- Huusko, A. & Yrjänä, T. 1995. Evaluation de la restauration des rivières chenalises pour le flottage du bois: étude du cas de la rivière Kutinjoki, Finlande du nord. *Bull. Fr. Peche Piscic.* 337/338/339, s. 407–413.
- Huusko, A. & Yrjänä, T. 1997. Effects of instream enhancement structures on brown trout habitat availability in a channelized boreal river: a PHABSIM approach. *Fisheries Management and Ecology* 4: 101–114.
- Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A. & Kotamaa, J. 2005. Not just the structure: leaf (CPOM) retention as a simple, stream-function-oriented method for assessing headwater stream meso-habitats and their restoration success. Teoksessa: Harby et al. (eds.) COST 626

- European Aquatic Modelling Network, Proceedings from the final meeting in Silkeborg, Denmark 19–20 May 2005, p. 143–150.
- Huusko, A., Vehanen, T. & Stickler, M. 2013. Salmonid habitats in riverine winter conditions with ice. Teoksessa: Maddock, I. Harby, A., Kemp, J.L. & Wood, J. (toim) Ecohydraulics: An Integrated Approach, pp. 177–192. John Wiley & Sons, Ltd.
- Huusko, A., Jokikokko, E., van der Meer, O., Lahti, M. & Kangas, M. 2019. Elinympäristömallinnus kalataloudellisten kunnostusten arvioinnin työkaluna – esimerkkinä Simojoki. Teoksessa: Broman, A., Nordblad, F., Johansson, M., Becher, M., Sohlenius, G., Öhrling, C., Boman, A., Josefsson, S., Mattbäck, S., Lindström, C., Olide, C., Liwata-Kenttälä, P., Huusko, A., Jokikokko, E., van der Meer, O., Lahti, M. & Kangas, M. 2019. Coastal watercourses – Methodological Development and Restoration (Kustmyynnande vattendrag – Methodutveckling och Restaurering; Perämereen laskevia vesistöjä – Menetelmien kehittäminen ja ekologinen kunnostaminen). Publication No: 6/2019: 46–84. Länsstyrelsen i Norrbottens län, Luleå.
- Jokikokko, E. 1987. Taimenmäärät Suomussalmen Piispa- ja Mustajoen kunnostetuissa koskissa vuosina 1978–1985. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja 71: 133–166.
- Jokikokko, E. 1999. Density of brown trout, *Salmo trutta* L., and Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr after point and scatter stocking. Fisheries management and Ecology 6: 475–486.
- Jutila, E. 1982. Tyhjät kosket tuottaviksi. Tiede 2000 (7/1982): 42–45.
- Jutila, E. 1987. Lohenpoikastuotannon ja kalansaaliiden kehitys Simojoessa koskien kunnostuksen jälkeen vuosina 1982–1985. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja 71: 47–96.
- Jutila, E., Karttunen, V. & Niemitalo, V. 1994. Parempi kivi koskessa kuin kymmenen rannalla – erilaisten kunnostusmenetelmien vaikutus taimenen poikasmääriin lijoen sivujokien koskissa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 97, 29 s.
- Jutila, E., Koljonen, M-L. & Koskiniemi, J. 2015. Taimenen perinnöllinen erilaistuminen ja hoidon järjestäminen Isojoen vesistöissä. Luonnonvarakeskus, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 52/2015. 24 s.
- Järvisalo, O. Heikkilä, T. & Kärkkäinen, P. 1984. Järvitaimenen kutuympäristö kunnostetussa Äyskoskessa. Vesihallituksen monisteita 255, 18 s.
- Kananen, K. 2014. Koskikunnostusten vaikutukset ekosysteemipalveluihin kalastajien, melojien ja ranta-asukkaiden näkökulmasta Kiiminki-, Koston- ja Simojoella. Pro gradu –työ. Oulun yliopisto. 89 s. + liitteet.
- Keskinen, T., Marjomäki, T.J., Lappalainen, A., Salmi, P., Heikinheimo, O., Veneranta, L., Vainikka, A., Salminen, M., Kangas, K., Eskelinen, P., Ruuhijärvi, J. & Syrjänen, J. 2018. Tutkimus ja seuranta. Teoksessa: Salminen, M. & Böhring, P. (toim.). Kalavarojen käyttö ja hoito. B-osa: 481–539. Luonnonvarakeskus ja Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.
- Koivurinta, M., Romakkaniemi, A., Saura, A., Huhmarniemi, A., Orell, P., Jutila, E. & Veneranta, L. 2019. Itämeren meritaimenen vesistökohtaiset elvytys- ja hoitosuunnitelmat - alkupe- räiset meritaimenkannat. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2019:27. 85 s.

- Koljonen, S., Louhi, P., Mäki-Petäys, A., Huusko, A. & Muotka, T. 2012. Quantifying the effects of in-stream habitat structure and discharge on the leaf retention: implications for stream restoration. *Freshwater Science* 31: 1121–1130.
- Koljonen, S., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Louhi, P. & Muotka, T. 2013. Assessing habitat suitability for juvenile Atlantic salmon in relation to in-stream restoration and discharge variability. *Restoration Ecology* 21 3: 344–352.
- Koljonen, S., Sammalkorpi, I., Vilmi, A. & Hellsten, S. 2020. Vesistökunnostusten seurantojen toteuttaminen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13/2020.
- Korhonen, P., Huusko, A. & Mäki-Petäys, A. 1998. Koskikunnostuksen aiheuttamat muutokset taimenen elinympäristössä Hossanjoella. Kainuun ympäristökeskuksen moniste nro 1, 37 s.
- Korhonen, K. & Huusko, A. 2004. Kainuun uittokunnostettujen koskien nykytila. Alueelliset ympäristöjulkaisut 358. Kainuun ympäristökeskus. 59 s.
- Korsu, K. 2004. Response of benthic invertebrates to disturbance from stream restoration: the importance of bryophytes. *Hydrobiologia* 523: 37–45.
- Korsu, K., Huusko, A., Korhonen, P. K. & Yrjänä, T. 2010. The potential role of stream habitat restoration in facilitating salmonid invasions: A habitat-hydraulic modeling approach. *Restoration Ecology* 18 Suppl. 1: 158–165.
- Kotamaa, J. 1998. Soveltuuko lehtiuttomenetelmä koskikunnostusten arviointiperusteeksi. Menetelmän kehitystyö. Opistoasteen opinnäytetyö. Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti.
- Kännö, S. 1987. Kalakannan kehitys Rovaniemen maalaiskunnan Kuohunkijoessa koskien kunnostuksen jälkeen. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 71: 97–132.
- Laasonen, P., Muotka, T., Tikkanen, P., Huhta, A. & Kuusela, K. 1995. Kunnostuksen lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutukset pohjaeläimistöön. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A nro 212.
- Lehtoranta, V. & Louhi, P. käsikirjoitus: Does the Natura 2000 network provide added value in the implementation of the Water Framework Directive? Findings from a regional contingent valuation pilot.
- Lehtoranta, V., Sarvilinna, A., Väisänen, S., Aroviita, J. & Muotka, T. 2017. Public values and preference certainty for stream restoration in forested watersheds in Finland. *Water Resources and Economics* 17: 56–66.
- Lempinen, P. 2013. Koskenkylänjoen virtavesikunnostushankkeen loppuraportti. Uudenmaan Ely-keskus, Helsinki. Moniste. 34 s.
- Lempinen, P. & Saura, A. 1999. Vantaanjoen ja Nuijajoen koskikunnostusten seuranta - vuosien 1996–1998 sähkökalastukset. Vuosiraportti. Uudenmaan ympäristökeskus. 18 s.
- Liljaniemi, P., Vuori, K-M., Ilyashuk, B. & Luotonen, H. 2002. Habitat characteristics and macroinvertebrate assemblages in boreal forest stream: relations to catchment silvicultural activities. *Hydrobiologia* 474: 239–251.

- Louhi, P., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J. 2008. Spawning habitat of Atlantic salmon and brown trout: General criteria and intragravel factors. *River Research and Applications* 24: 330–339.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A. & Erkinaro, J., Paasivaara, A. & Muotka, T. 2010. Impacts of forest drainage improvement on stream biota: A multisite BACI-experiment. *Forest Ecology and Management* 260: 1315–1323.
- Louhi, P., Mykrä, H., Paavola, R., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2011a. Twenty years of stream restoration in Finland: little response by benthic macroinvertebrate communities. *Ecological Applications* 21: 1950–1961.
- Louhi, P., Ovaska, M., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J. & Muotka, T. 2011b. Does fine sediment constrain salmonid alevin development and survival? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68: 1819–1826.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A., Huusko, A. & Muotka, T. 2014. Resource use by juvenile brown trout and Alpine bullhead – influence of interspecific versus intraspecific competition. *Ecology of Freshwater Fish* 23: 234–243.
- Louhi, P., Vehanen, T., Huusko, A., Mäki-Petäys, A. & Muotka, T. 2016. Long-term monitoring reveals the success of salmonid habitat restoration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73: 1733–1741.
- Louhi, P., Richardson, J.S. & Muotka, T. 2017. Sediment addition reduces the importance of predation on ecosystem functions in experimental stream channels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 74: 32–40.
- Luhta, P.L., Huusko, A. & Louhi, P. 2012. Re-building brown trout populations in dredged boreal forest streams: in-stream restoration combined with stocking of young trout. *Freshwater Biology* 57: 1966–1977.
- Marttila, M., Kyllönen, K. & Karjalainen, T.P. 2016a. Social success of in-stream habitat improvement: from fisheries enhancement to the delivery of multiple ecosystem services. *Ecology & Society* 21:4.
- Marttila, M., Louhi, P., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Yrjänä, T. & Muotka, T. 2016b. Long-term performance of in-stream restoration measures in boreal streams. *Ecohydrology* 9: 280–289.
- Marttila, M., Louhi, P., Huusko, A., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J., Syrjänen, J.T. & Muotka, T. 2019. Synthesis of in-stream restoration impacts on young-of-the-year (YOY) salmonids in boreal rivers. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 29: 513–527.
- Mlambo, M.C., Paavola, R., Louhi, P., Soininen, J., Virtanen, R. and Muotka, T. 2015. Bioenergy vs biodiversity: effects of intensive forest biomass removal on stream and riparian communities. *Forestry* 88: 368–375.
- Mlambo, M.C., Paavola, R., Fritze, H., Louhi, P., and Muotka, T. 2019. Leaf litter decomposition and decomposer communities in streams affected by intensive forest biomass removal. *Ecological Indicators* 101: 364–372.
- Mustonen, K-R., Mykrä H., Marttila H., Sarremejane, R., Veijalainen, N., Sippel, K., Muotka, T. & Hawkins C. P. 2018. Thermal and hydrologic responses to climate change predict

- marked alterations in boreal stream invertebrate assemblages. *Global Change Biology* 24: 2434–2446.
- Muotka, T. & Laasonen, P. 2002. Ecosystem recovery in restored headwater streams: the role of enhanced leaf retention. *Journal of Applied Ecology* 39: 145–156.
- Muotka, T., Paavola, R., Haapala, A., Novikmec, M. & Laasonen, P. 2002. Long-term recovery of stream habitat structure and benthic invertebrate communities from in-stream restoration. *Biological Conservation* 105: 243–253.
- Muotka, T. & Syrjänen, J. 2007. Changes in habitat structure, benthic invertebrate density, trout populations and ecosystem processes in restored forest streams: a boreal perspective. *Freshwater Biology* 52: 724–737.
- Mäki-Petäys, A., Vehanen, T., Huusko, A. & Muotka, T. 1999. Virtavesien kunnostusten arviointi ja seuranta. *Suomen Kalastuslehti* 106 (7): 8–11.
- Mäki-Petäys, A., Huusko, A., Marttunen, M., Hellsten, S., Saura, A., Veneranta, L., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Orell, P., Huusko, R., Jaukkuri, M., Salminen, M., Marttila, M. & Lappalainen, A. 2018. Kalojen elinympäristön kunnostaminen. Teoksessa: Salminen, M. & Böhling, P. (toim.). *Kalavarojen käyttö ja hoito. A-osa: 126–169. Luonnonvarakeskus ja Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.*
- Mäntymaa, E., Juutinen, A., Lankia, T., Jokinen, M. & Louhi, P. 2021. Providing ecological, cultural and commercial services in an urban park: A travel cost–contingent behavior application in Finland. *Landscape and Urban Planning*, hyväksytty.
- Nikkilä, J. 2000. Kalataloudellisten koskikunnostusten tuloksellisuus Pohjois-Karjalassa. Pro gradu tutkielma, Biologian laitos, Joensuun yliopisto. 96 ss. Joensuu.
- Olkio, K. & Eloranta, A. 2007. Virtavesikunnostusten sosioekonomisista vaikutuksista Keski-Suomessa. Loppuraportti. Keski-Suomen ympäristökeskus. 58 s.
- Pekkala, J. & Pekkala, S. 1995. Kutusoraikkokokeilut. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarja A nro 212, s. 59–62.
- Peuhkuri, N., Saura, A., Koljonen, M-L., Titov, S., Gross, R., Kannel, R. & Koskiniemi, J. 2014. Meritaimen- ja lohikantojen tila ja elvyttäminen kolmessa itäisen Suomenlahden jokivesistössä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Työraportteja 26/2014. 54 s.
- Polizzi, C., Simonetto, M., Barausse, A., Chaniotou, N., Känkänen, N., Keränen, S., Manzardo, A., Mustajärvi, K., Palmeri, L. & Scipioni, A. 2015. Is ecosystem restoration worth the effort? The rehabilitation of a Finnish river affects recreational ecosystem services. *Ecosystem Services* 14 :158–169.
- Porttikivi, R. 1985. Kunnostuksen tekninen toteutus. *Vesihallituksen monistesarja* 342: 31–40.
- Saastamoinen J. & Ylitalo A. 1991. Kainuussa on sorastettu koskia kutupaikoiksi. *Suomen Kalastuslehti* 98(5): 232–233.
- Salmelin, J., Hämäläinen, H., Vuori, K-M. & Nieminen, M. 2020. Puuaineksen lisäyksen mahdollisuudet ravinteiden pidättäjänä ja eliöstön monipuolistajana kuormitetuissa vesistöissä: kirjallisuuskatsaus. Raportti. Suomen ympäristökeskus, PuuMaVesi-hanke. 43 s.

- Sarremejane, R., Mykrä, H., Huttunen KL., Mustonen, KR., Marttila, H. & Muotka, T. 2018. Climate-driven hydrological variability determines interannual changes in stream invertebrate community assembly. *Oikos*. Vol 127(11): 1586–1595.
- Saura, A. 1999. Sähkökalastus. Teoksessa: Böhling, P. & Rahikainen, M. (toim.). Kalataloustarkkailu - periaatteet ja menetelmät. s. 135–145.
- Saura, A., Lempinen, P. & Leinonen, K. 2002. Vantaanjoen ja Nuijajoen koskikunnostusten seuranta. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimusosasto, Kala- ja Riistaraportteja nro 255. 27s + 2 liitettä.
- Sarvilinna, A., Lehtoranta, V. & Hjerpe, T. 2017. Are Urban Stream Restoration Plans Worth Implementing? *Environmental Management* 59: 10–20.
- Sarvilinna, A., Lehtoranta, V. & Hjerpe, T. 2018. Willingness to participate in the restoration of waters in an urban–rural setting: Local drivers and motivations behind environmental behavior. *Environmental Science and Policy* 85: 11–18.
- Sutela, T. & Vehanen, T. 2010. Responses of fluvial fish assemblages to agriculture within the boreal zone. *Fisheries Management and Ecology* 17: 141–145.
- Sutela, T., Vehanen, T. & Jounela, P. 2010. Response of fish assemblages to water quality in boreal rivers. *Hydrobiologia* 641: 1–10.
- Syrjänen, S., Kivinen, J., Haapala, A., Haapsalo, M., Kaiho, J., Kilpi, S., Rintamäki, L. & Koljonen, S. 2017. Kalatiheydet turotetuilla ja turottomilla koealoilla Tervon Äyskoskella ja Rautalammin Tyyrinvirralla syksyllä 2016. Konneveden kalatutkimus ry:n työraportteja 1/2017. 10 s.
- Toivonen, J. & Jutila, E. 1982. Report on parr population densities, tagging experiments and river catches of the salmon stock of the river Simojoki in 1972–1980. International Council for the Exploration of the Sea. C.M. 1982/M:40. 14 s.
- Truchy, A., Sarremejane, R., Muotka, T., Mykrä, H., Angeler, D.G., Huusko, A., Johnson, R.K., Sponseller, R.A. & McKie, B.G. 2020. Habitat patchiness, ecological connectivity and the uneven recovery of boreal stream ecosystems from an experimental drought. *Global Change Biology* 26: 3455–3472.
- Turunen, A. & Äystö, V. 2000. Selvitys vesistöjen kunnostustarpeista. Suomen Ympäristökeskuksen Moniste 180. 47 s.
- Turunen, J., Muotka, T., Vuori, K-M, Karjalainen, S.M., Rääpysjärvi, J., Sutela, T. & Aroviita, J. 2016: Disentangling the responses of boreal stream assemblages to low stressor levels of diffuse pollution and altered channel morphology. *Science of the Total Environment* 544: 954–926. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.031.
- Turunen, J., Aroviita, J., Marttila, H., Louhi, P., Laamanen, T., Tolkkinen, M., Luhta, P.-L., Kløve, B. & Muotka, T. 2017: Differential responses by stream and riparian biodiversity to in-stream restoration of forestry-impacted streams. *Journal of Applied Ecology* DOI: 10.1111/1365–2664.12897
- Turunen, J., Louhi, P., Mykrä, H., Aroviita, J., Putkonen, E., Huusko, A. & Muotka, T. 2018: Combined effects of local habitat, anthropogenic stress, and dispersal on stream ecosystems: a mesocosm experiment. *Ecological Applications* 28: 1606–1615. DOI: doi.org/10.1002/eap.1762.

- Turunen, J., Marttila, H., Kämäri, M., Saari, M., Heikkinen, K., Postila, H. & Koljonen S. 2019: Kiintoaineen eroosio ja sedimentaatio virtavesissä: luonnollisesta prosessista virtavesien ongelmaksi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 46/2019.
- Vahtera, H. & Männynsalu, J. 2020. Vantaanjoen vesistön vedenlaatu ja kuormitus – Yhteistarkkailuraportti 2017–2019. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry, Julkaisu 82/2020. 121 s.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130–137.
- Vehanen, T., Huusko, A., Yrjänä, T., Lahti, M & Mäki-Petäys, A. 2003. Habitat preference of grayling (*Thymallus thymallus*) in an artificially modified hydropeaking riverbed: a contribution to understand the effectiveness of habitat enhancement measures. *Journal of Applied Ichthyology* 19: 15–20.
- Vehanen, T., Huusko, A., Mäki-Petäys, A., Louhi, P., Mykrä, H. & Muotka, T. 2010. Effects of habitat rehabilitation on brown trout (*Salmo trutta*) in boreal forest streams. *Freshwater Biology* 55: 2200–2214.
- Vermaat, J.E., Wagtendonk, A.J., Brouwer, R., Sheremet, O., Ansink, E., Brockhoff, T., Plug, M., Hellsten, S., Aroviita, J., Tylec, L., Gielczewski, M., Kohut, L., Brabec, K., Haverkamp, J., Poppe, M., Böck, K., Coerssen, M., Segersten, J. & Hering, D. 2016. Assessing the societal benefits of river restoration using the ecosystem services approach. *Hydrobiologia* 769: 121–135.
- Viljanen, A. 2016. Virtavesikunnostusten vaikutus melontaan. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Kestävän kehityksen koulutusohjelma. 47 s. + liitteet 7 s.
- Yrjänä, T., Myllylä, M., Torssonen, M., Luotonen, H., Kuusela, K. & Pulliainen, E. 1988. Uittoperrattujen koskien kunnostaminen – vaikutukset kalastoon ja pohjaeläimistöön. Oulun kalastuspiirin kalastustoimisto, Tiedotus nro 2. 78 s.
- Yrjänä, T. 1995a. Kunnostustöiden toteuttaminen ja työmenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisu – sarja A nro 212, s. 39–50.
- Yrjänä, T. 1995b. Uittojokien kunnostamisessa riittää vielä työtä. *Suomen Kalastuslehti* 102, s. 9–11. Parainen. 26 s.
- Yrjänä, T. 1998. Virtavesikalojen elinympäristön parantaminen. Lisensiaattitutkielma. Oulun yliopisto, Biologian laitos. 27 s.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000