KALATUTKIMUKSIA FISKUNDERSÖKNINGAR 156

1999

Mari Nykänen
Ari Huusko

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä

Kirjallisuusselvitys

RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 156 1999

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KIRJASTO

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä

Kirjallisuusselvitys

Mari Nykänen ja Ari Huusko

Helsinki 1999

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Harjus viihtyy happipitoisissa ja kirkkaissa vesissä (Kuva: Jukka Mikkola)

ISBN 951-776-224-0

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 1999

Sisältö

1. JOHDANTO 1

2. HABITAATIN KÄYTÖN MONIMUOTOISUUS ON HAASTE TUTKIMUKSELLE 2
2.1. Miten elinympäristönvalintaa tulisi tutkia? 2
2.2. Tietokoneavusteinen habitaattimallinnus 3

3. HARJUKSEN ELINYMPÄRISTÖNVALINTAA SÄÄTELEVIÄ TEKIJÖITÄ 5
3.1. Kaikkiruokainen kala 5
3.2. Suuri happipitoisuus vedenlaatutekijöistä merkittävin 5
3.3. Kalojen vuorovaikutus 6

4. HIERARKKINEN HABITAATINVALINTA 8
4.1. Makrohabitaatti - paikanvalinta koko joen mittakaavassa 8
4.2. Mesohabitaatti - vastakuoriutuneet suvannoissa, suuremmat nivoissa ja koskissa 9
4.3. Mikrohabitaatti - kalan lähiympäristö eri elämänvaiheissa 9
4.3.1. Harjus kutee matalissa virtapaikoissa sorapohjalle 9
4.3.2. Poikaset siirtyvät koon kasvaessa suojaisilta rannoilta kohti keskiuomaa 11
4.3.3. Aikuiset yksilöt käyttävät virtapaikkoja läpi uoman 12

5. AJALLINEN VAIHTELU HABITAATINVALINNASSA - VAELLUKSET 14
5.1. Kesäaikana harjus on paikkauskollinen 14
5.2. Syksy ja kevät aktiivista vaellusaikaa 14

6. HARJUS MUUTTUNEISSA VESISTÖISSÄ 16
6.1. Lisääntymisalueiden puute ongelma 16
6.2. Harjuskantojen tukemiseksi tehtyjä toimenpiteitä 17

7. YHTEENVETO 18

KIITOKSET 19

KIRJALLISUUS 20

1. Johdanto

Lohikaloihin kuuluva harjus (*Thymallus thymallus* (L.)) eli harri on viime vuosikymmeninä vähentynyt monin paikoin Eurooppaa ja Pohjois-Amerikkaa mm. vesien pilaantumisen ja vesistörakentamisen vuoksi (Northcote 1995). Englannissa harjusta on jopa järjestelmällisesti hävitetty taimenta uhkaavana roskakalana aina viime vuosiin asti. Nykyisin laji on luokiteltu siellä uhanalaiseksi ja sen palauttamista jokiin arvokkaana virkistyskalastuskohteena tutkitaan (Magee 1993, Northcote 1995). Suomessakin vesiemme luonnontilaa muuttavat toimet, kuten uittoperkaukset, teollisuuden ja asutuksen jätevedet, voimalaitokset patoineen ja säännöstelyineen, metsä- ja suo-ojitukset sekä järvien lasku, ovat heikentäneet ja tuhonneet kantoja. Myös liikakalastusta ja kantojen riittämätöntä, osaksi taitamatontakin, hoitoa pidetään osasyyllisinä harjuskantojemme nykytilaan. Tutkimus- ja koetoiminnan puute lajin kohdalla on ilmeinen (Hurme 1966, Seppovaara 1982, Crisp 1996, Huovinen 1998). Tähänastiset suomalaiset harjustutkimukset ovat keskittyneet pääasiassa harjuksen levinneisyyden, kasvun ja ravinnonkäytön kuvaamiseen (mm. Hurme 1975, Tuunainen 1976, Myllylä 1982, Eloranta 1985, Romakkaniemi 1990).

Entisten uittoväylien tai muuten alkuperäisen tilansa menettäneiden jokien kunnostus on yleistynyt viimeisen vuosikymmenen aikana. Jotta kunnostuksilla olisi merkitystä kalaston hyvinvoinnin kannalta, on työn pohjana oltava vankka ekologinen tietämys kohdelajien elintavoista ja perusteista valita elinympäristönsä eli habitaattinsa. Jokiekosysteemeissä kalojen jakautumiseen ja runsauteen vaikuttavat mm. seuraavat tekijät: lämpötila, vedenlaatu, habitaatin fysikaalinen rakenne, virtaamaolosuhteet ja bioottiset tekijät, kuten ravintokohteiden esiintyminen, loiset, predaatio ja kilpailu (Orth 1987). Tähän asti kunnostuksia on tehty useimmiten taimenta varten. Harjushankkeita on raportoitu vain muutamia (Zeh ja Doenni 1994, Northcote 1995, Hirvonen 1998). Syynä tähän lienee ainakin osittain tiedon puute, sillä harjuksen habitaattivaatimukset tunnetaan heikommin kuin esim. lohen ja taimenen (Crisp 1996).

Tietokoneavusteinen elinympäristömallinnus on käytännössä lähes ainoa kvantitatiivinen menetelmä arvioitaessa virtavesien laatua kalojen elinympäristönä. Mallinnuksilla pyritään laskemaan lajille soveltuvan habitaatin määrää esim. eri virtaamaolosuhteissa tai ennen ja jälkeen kunnostusten. Luotettava mallinnus edellyttää kalojen habitaatinvalinnan kannalta oleellisen tiedon keräämistä sekä kalojen käyttämästä että saatavilla olevasta elinympäristöstä (Shirvell 1989, Gan ja McMahon 1990). Suomen oloista ei mallien rakentamisessa tarvittavia tietoja ole taimenen poikasvaihetta lukuunottamatta (Mäki-Petäys ym. 1997) olemassa tavallisimmille koskikaloille. Pohjoiset olosuhteet talvineen ja lyhyine kasvukausineen poikkeavat merkittävästi esim. Keski-Euroopan oloista. Tietoja kuitenkin kerätään parhaillaan.

Harjuksen sukuun kuuluu neljä lajia: meilläkin esiintyvä eurooppalainen harjus *Thymallus thymallus* (L.), Uralin vuoristosta Pohjois-Amerikkaan tavattava pohjanharjus *T. arcticus* (Pallas), sekä mongolialaiset muodot *T. brovirostris* (Kessler) ja *T. nigrescens* (Dorogostajskij). Fennoskandiaa lukuunottamatta eurooppalainen harjus on lähes poikkeuksetta virtavesikala (Hurme 1975, Myllylä 1982, Seppovaara 1982). Harjuslajeista kattavimmin on tutkittu pohjanharjusta, joka eroaa omasta harjuksestamme mm. fekunditeetin ja mädin kehittymisajan suhteen. Lajien habitaattivaatimukset ja elintavat vaikuttavat kuitenkin hyvin samankaltaisilta (Northcote 1995). Tämän työn tarkoituksena on koota tähänastinen tietämys harjuksen habitaatinvalinnasta. Selvitys keskittyy eurooppalaiseen harjukseen ja sen jokivesistöissä elävään muotoon. Pohjanharjuksella saatuihin tuloksiin viitataan, mikäli kyseiset tiedot eurooppalaisen harjuksen kohdalta puuttuvat.

2. Habitaatin käytön monimuotoisuus on haaste tutkimukselle

2.1. Miten elinympäristönvalintaa tulisi tutkia?

Habitaattitutkimus perustuu oletukseen, jonka mukaan kaloilla on luontainen taipumus valita elinympäristönsä siten, että niiden kulloisetkin tarpeet tyydyttyvät parhaalla mahdollisella tavalla (ravinnonsaanti, kasvu, lisääntyminen, hengissä säilyminen). Edelleen oletetaan, että jos optimiratkaisu ei ole mahdollinen, perustuu kalan valinta edullisimpaan kompromissiin (Kramer ym. 1997). Yksilöiden ja populaatioiden tarpeet muuttuvat elinkierron vaiheiden ja vuoden- tai vuorokaudenaikojen mukana. Niin myös kalojen habitaatinvalinta. Yhdellä lajilla voi olla monenlaisia elinympäristöjä: kutuhabitaatti, kuoriutumisen jälkeinen ensimmäinen habitaatti, poikashabitaatti, aikuishabitaatti, syönnöshabitaatti, yöhabitaatti, päivähabitaatti, talvihabitaatti ja kesähabitaatti. Minkä tahansa yksittäisen habitaattityypin puuttuminen populaation esiintymisalueelta voi muodostua rajoittavaksi tekijäksi, ns. pullonkaulaksi, kannan kasvulle (Reeves ym. 1991, West ym. 1992, Sempeski ja Gaudin 1995a, Stalnaker ym. 1995). Täten myös vesistöjen kalataloudellisten kunnostusten tulisi pohjautua habitaattitutkimukseen koko tarkasteltavana olevan kalalajin elinkaaresta, etenkin jos tavoitteena on luontaisesti lisääntyvä kanta.

On vaikeaa määritellä ne ympäristön ominaisuudet, jotka ovat kalojen kannalta merkityksellisimpiä. Monet habitaattimuuttujat korreloivat luonnossa keskenään, joten muuttuja, jonka tutkija tulkitsee olevan kalalle haluttu, ei olekaan välttämättä se, mitä kala itse suosii (Kramer ym. 1997). Lisäksi useimmat kalalajit käyttävät habitaattia dynaamisesti, eli ne voivat oleskella tarpeen mukaan mitä erilaisimmilla alueilla teoreettisen "ihanneympäristönsä" ohella. Jos jokin kala on tietyntyyppisessä ympäristössä suuren osan ajastaan, voi tämä habitaatti olla sille tärkeä, mutta ei välttämättä niin tärkeä, että sen puute muodostuisi esim. populaation kokoa rajoittavaksi tekijäksi. Jos taas kala ei koskaan ole tietynlaisessa ympäristössä, voi tämä habitaattityyppi olla sille joko samantekevä, haitallinen tai epäsuorasti tärkeä, muodostaen esim. kalan ravintokohteiden kannalta oleellisen elinalueen (Rabeni ja Sowa 1996).

Habitaatin soveltuvuus kalan oleskelupaikaksi voi vaihdella yksilötiheyden mukaan. Saalistajia vilisevä erinomainen ruokailuhabitaatti voi olla huono elinalue yksittäiselle kalalle, mutta kannattava valinta parvessa elävälle (Kramer ym. 1997). Yhdessä joessa havaittu kalojen taipumus suosia tiettyjä ympäristömuuttujan arvoja, esim. määrättyä virrannopeutta, ei välttämättä päde muissa vesistöissä (Hayes ja Jowett 1994). Tähän voi olla syynä se, että kyseinen ympäristötyyppi puuttuu toisesta joesta, tai sen määrä on niin rajallinen, ettei sillä ole kaloille käytännön merkitystä (Kramer ym. 1997). Habitaatin käyttöön (habitat use) tai habitaatinvalintaan (habitat preference) vaikuttavat tarjolla olevien elinympäristöjen laatu ja runsaussuhteet (habitat availability). Tutkittaessa kalojen habitaatinvalintaa, eli jonkin habitaattityypin suosimista, onkin mittaustuloksia kerättävä mahdollisimman laajasti koko tutkimusalueelta, ei vain kalojen olinpaikoista (Bain 1995). Habitaatinvalintaa tulee tulkita tutkitun paikan, mittakaavan ja ajanjakson rajoissa (Heggenes ym. 1995). Laadittaessa yleispäteviä lainalaisuuksia johtopäätösten tulisi pohjautua useissa eri vesistöissä kerättyyn tietoon, joka mahdollisuuksien mukaan on testattu kokeellisesti olosuhteissa, joissa toisistaan

riippuvien osatekijöiden yksittäisvaikutuksia ja esim. muiden lajien läsnäolon merkitystä voidaan tutkia.

Habitaatinvalinnan katsotaan toisinaan olevan hierarkkista, jolloin kala valitsee elinalueensa ensin sen yleisten ominaisuuksien perusteella ja tarkentaa olinpaikkaansa yksityiskohtaisempien piirteiden mukaan (Rabeni ja Sowa 1996, Kramer ym. 1997). *Makrohabitaatti* kuvastaa joen tai jokiosuuden yleisluonnetta. Määritelmään sisältyvät mm. veden- ja joenpohjan laatu, joen tyyppi (esim. latvavesi tai pääuoma) ja jokiosuuden sijainti (ylä-, keski- tai alajuoksu). Makrohabitaattiominaisuudet vaikuttavat vesieliöiden joen pitkittäisuuntaiseen jakautumiseen. *Mesohabitaatti* on kalan ympärillä oleva suppeampi vesialue, jota voidaan luonnehtia sen virtaus- ja syvyysominaisuuksien mukaan esim. suvannoksi tai nivaksi. Kvantitatiivinen habitaattitutkimus sisältää joskus jo tämän tason, mutta pääosa tutkimuksesta keskittyy kuitenkin kalan välittömään lähiympäristöön (säde noin metri) eli *mikrohabitaattiin* (Bartholow ym. 1993, Heggenes ym. 1995). Tapa, jolla kala paikannetaan mikrohabitaatin laadun arvioimista varten vaihtelee, mutta mitatut muuttujat ovat lähes poikkeuksetta samat: veden syvyys, virrannopeus (vesipatsaan keskimääräinen tai pohjanläheinen nopeus) ja pohjan laatu (raekoko). Edellämainittujen lisäksi tutkimuksiin voi sisältyä muita mittauksia. Harjustutkimuksissa tällaisia ovat olleet mm. "shear stress" (kuvastaa virran kykyä liikuttaa aivan pohjan lähellä olevaa kappaletta) (Sempeski ja Gaudin 1995b), kalan sijoittuminen vesipatsaaseen eli etäisyys pohjasta, kalan etäisyys rantaan, suojan määrä ja laatu, suojapaikan etäisyys kalasta (Bardonnet ym. 1991, Greenberg ym. 1996), rantapenkkojen kaltevuus, sekä muiden kalalajien esiintyminen kalan lähellä (Bardonnet ym. 1991).

Eurooppalaisen harjuksen habitaattivaatimuksia on tutkittu toistaiseksi laajimmin Ranskassa ja Ruotsissa. Eniten tutkimuksia on harjuksen kutuhabitaatista ja poikasvaiheiden elinympäristövaatimuksista. Aikuisten kalojen kutukauden ulkopuolista habitaattia on sen sijaan tutkittu vain vähän. Muutamaa poikkeusta lukuunottamatta harjustutkimukset on tehty päiväsaikaan ja aikavälillä kevät-syksy. Kaloja on paikannettu visuaalisesti rannalta (mm. Sempeski ja Gaudin 1995a), sukeltamalla (Greenberg ym. 1996), siimapyydyksillä (Myllylä 1982) sekä sähkökalastamalla (Peterson 1968, Myllylä 1982, Bardonnet ym. 1991). Ainakin yhdessä tutkimuksessa paikantamisessa on käytetty radiotelemetriaa (Hirvonen 1998).

Mikrohabitaattitason tutkimuksessa luotettavalla paikantamismenetelmällä on suuri merkitys. Edellämainituista sukellusmenetelmä, rannalta tapahtuva varovainen tarkkailu ja telemetria lienevät harjustutkimukselle soveltuvimmat vaihtoehdot. Radio- ja ultraäänitelemetria sopivat perinteisten passiivisten merkkien (Carlin-merkki yms.) lisäksi hyvin myös kalojen vaellusten tutkimiseen. Merkinnän vaikutus kalojen fyysiseen suorituskykyyn, yleiskuntoon ja käyttäytymiseen on kuitenkin kiistanalainen, joten telemetriamerkinnöillä saavutettujen tulosten luotettavuuteen on syytä suhtautua varauksella (Knights ja Lasee 1996, Peake ym. 1997, Adams ym. 1998). Sähkökalastuksen soveltuvuutta harjukselle on epäilty, sillä laji pyrkii häirittäessä pois koealalta, eikä painaudu pohjaan kuten esimerkiksi taimen (Bohlin ym. 1989).

2.2. Tietokoneavusteinen habitaattimallinnus

Habitaattimallinnuksella tarkoitetaan useimmiten menetelmää, jolla ennustetaan kalojen elinympäristössä tapahtuvia muutoksia luonnostaan esiintyvien tai ihmisen aiheuttamien virtaama-, lämpötila-, sedimentin kulkeutumis- tai vesikemiallisten muutosten seurauksena. Tunnetuin menetelmäkokonaisuus on amerikkalainen "Instream Flow Incremental Methodology" eli IFIM (Stalnaker 1993). IFIM:ssa habitaattiaineisto koostuu kahdesta tasosta, joista ensimmäisen muodostavat makro- ja toisen mikrohabitaattitiedot. Näistä jälkimmäisen analysointiin käytetään ns. PHABSIM

(Physical Habitat Simulation) mallia, jonka avulla ennustetaan kalan eri elinvaiheille potentiaalisesti soveltuvan habitaatin määrää eri virtaamatilanteissa. Tutkimusalue kartoitetaan mallinnusta varten syvyyden, virrannopeuden ja pohjan laadun suhteen ja mittauspisteiden väliin jäävien alueiden laatu yleistetään viereisten havaintoarvojen pohjalta. Yhdistämällä näin saatuun malliin kalalajin (tietyn elämänvaiheen) habitaattivaatimuksista laaditut preferenssikäyrät ja simuloimalla eri virtaaman tasoilla voidaan laatia ennusteita (Shirvell 1989, Stalnaker ym. 1995). Eurooppalaiselle harjukselle on laadittu mallinnuksissa käyttökelpoisia habitaatinsoveltuvuusarvioita vain muutamiin yksittäistapauksiin. Pohjanharjuksen eri elinvaiheille kirjallisuuden pohjalta laaditut habitaatinsoveltuvuuskäyrät esittävät Hubert ym. (1985).

Mallinnuksissa käytetyt muuttujat, eli virrannopeus, syvyys ja pohjan laatu, sekä toisinaan suojapaikkojen laatu ja määrä, ovat helposti käsitettäviä ja niitä voidaan kontrolloidusti manipuloida kunnostusten yhteydessä. Kalojen habitaatinvalintaan vaikuttavat kuitenkin myös monet muut seikat, joiden tärkeysjärjestystä ja painoarvoa eri tilanteissa on jokseenkin mahdotonta arvioida. Malleista esimerkiksi PHABSIM ei huomioi lainkaan biologisia tekijöitä, kuten ravintoa, kilpailua ja predaatiota. Habitaattimallinnusten ennustuskyky on siten rajallinen (Heggenes 1988).

PHABSIM-mallissa joen virtaustilanteiden simulointi tapahtuu yksinkertaisen ns. 1-ulotteisen virtausmallin avulla. Menetelmä toimii hyvin, jos uoman rakenne ja virtausolosuhteet ovat selkeät ja kohdelajin habitaatinkäyttö on spesifistä (esim. taimen). Sen sijaan tulosten tyydyttävyys heikkenee, jos laji käyttää elinympäristöään joustavasti, tai jos kalojen habitaatinkäyttö riippuu esim. soveliaiden elinaluelaikkujen jakautumisesta uoman sisällä (Bovee 1996).

Yksiulotteisten virtausmallien ohella on pienimuotoisemmassa käytössä ollut jo pitkään ns. kaksiulotteisia (2-D) malleja, sekä uusimpina ns. kolmiulotteisia (3-D) malleja, joiden avulla elinympäristön mallinnus on mahdollista tehdä tarkemmin. Esimerkiksi saarten ja uoman haarautumisen vaikutukset virtaussuuntiin voidaan huomioida, samoin on mahdollista laskea eri habitaattityyppilaikkujen (esim. syönnösalueet, lepoalueet, virtarefuugiot) sijoittumista uomaan, niiden välisten rajapintojen määrää ja alueen habitaattidiversiteetin tasoa. Habitaattiresurssien avaruudellisen jakautumisen selvittäminen on tärkeää, koska sillä voi olla vaikutusta esim. kalojen ravinnonkäytön tehokkuuteen tai kykyyn siirtyä alueelta toiselle. Malleihin on mahdollista yhdistää myös aikamuuttuja: liittämällä fysikaalisiin mittaustuloksiin lajin eri elinvaiheiden tai eri vuodenaikojen habitaattisoveltuvuuskäyrät voidaan laskea potentiaalisen elinympäristön määrää eri aikoina ja eri virtaamilla. Näin voidaan mm. paikallistaa ns. "pullonkaulatilanteet", jolloin kalojen elinolosuhteet ovat heikot. Kolmiulotteisissa malleissa uoman virtausolosuhteita on mahdollista simuloida myös pystysuunnassa (eli vesipatsaan eri osissa), jolloin kalan tarkan olinpaikan (usein lähellä pohjaa) olosuhteita voidaan ennustaa. Moniulotteiset mallit mahdollistavat myös mm. kalojen kannalta merkityksellisen uoman eri osien eroosion ja sedimentin keräytymisen mallintamisen (Bovee 1996, Alfredsen 1998).

Viime aikoina on kehitetty yhä enemmän mallirakennelmia, joihin voidaan yhdistää entistä enemmän biologista tietoa. Jo nyt on kokeiltu ennustaa joen eri lämpötila- ja virtausolosuhteiden vaikutusta kalojen kasvuun ns. bioenergeettisella mallilla, jossa joen fysikaalisiin tietoihin liitetään kalojen energiankäyttöä ja -kulutusta kuvaavat tiedot ja alueen saaliseläinten jakauma (Alfredsen 1998).

3. Harjuksen elinympäristönvalintaa sääteleviä tekijöitä

3.1. Kaikkiruokainen kala

Harjus on pääasiallinen pohjaeläinsyöjä, mutta etenkin kesällä myös ilmaravinnon osuus voi olla huomattava (Enholm 1937, Dahl 1962, Myllylä 1982). Lajia on kuvattu ruokailutavoiltaan "ahneeksi" ja melko valikoimattomaksi. Harjus syö sitä, mitä kullakin alueella minäkin hetkenä sattuu olemaan tarjolla (Müller 1961, Eloranta 1985). Samanikäiset yksilöt etsivät usein ravintoa muodostamissaan parvissa (sosiaalinen ruokailuvietti). Harjus ei kuitenkaan vaella ravinnon perässä pitkiä matkoja, vaan on ravinnonhankinnassaan melko paikallinen niin kauan kuin saalista on tarjolla. Eri-ikäisten kalojen käyttämä ravinto poikkeaa lajistoltaan pohjaeläinten osuuden lisääntyessä ensimmäisen elinvuoden jälkeen. Naaraiden ja koiraiden ravinnon koostumuksessa ei ole eroa (Dahl 1962).

Harjuksen poikaset aloittavat ulkoisen ravinnon oton pian kuoriutumisensa jälkeen, jo ennen ruskuaispussin sisällön imeytymistä. Tässä vaiheessa kalojen koko on noin 15-19 mm (Scott 1985). Ensiravintoa ovat tutkituilla kaloilla olleet surviaissääsken toukat ja pupa-vaiheet (Sempeski ym. 1995) sekä maalta pudonneet hyönteiset ja plankton (hankajalkaiset, vesikirput ja rataseläimet). Myös päiväkorennon, koskikorennon ja mäkärän toukkia on tavattu 0+-ikäisten kalojen vatsoista (Müller 1961, Peterson 1968, Sempeski ym. 1995).

Yksivuotiaat ja sitä vanhemmat harjukset syövät planktonia lukuunottamatta kaikkea sitä, mitä vastakuoriutuneetkin. Muita ravintokohteita ovat olleet mm. vesiperhosten toukat, harvasukamadot, vesisiira, katkat, juotikkaat, kotilot, kovakuoriaiset, vesihämähäkit ja erilaiset terrestriset hyönteiset, kuten muurahaiset ja polttiaiset, sekä mäti (ainakin lohen, siian, taimenen ja harjuksen mäti). Kalaravintoa on tavattu yleensä vain melko suurten yksilöiden (yli 35 cm) vatsoista, ja sen osuus kokonaisruokavaliosta on tavallisesti pieni. Lajivalikoimaan kuuluvat ainakin simput, kymmenpiikki, ahven, mutu ja kuore (Müller 1961, Dahl 1962, Peterson 1968, Myllylä 1982, Sjöberg ja Henricson 1985). Kasviravinnon käyttö on harjuksella ilmeisesti tahatonta. Ainesta joutuu vatsaan kalan pyydystäessä pohjaeläimiä, eikä sillä ole ravitsemuksellista merkitystä (Dahl 1962).

Harjus syö aktiivisesti ympäri vuoden, myös talvisin (Müller 1961). Syönti on usein voimakkaimmillaan auringonnousun ja -laskun aikoihin. Myllylän (1982) Koutajoen vesistöalueella tekemien tutkimusten mukaan rytmi oli selvä yli kolmevuotiailla kaloilla. Sitä nuoremmat söivät lähes ympäri vuorokauden. Syksyllä varsinkin suuremmat harjukset söivät myös pimeällä. Scottin (1985) kesäaikana tekemien havaintojen mukaan vastakuoriutuneet poikaset eivät syö öisin.

3.2. Suuri happipitoisuus vedenlaatutekijöistä merkittävin

Paitsi ravintokohteiden, on harjus myös vedenlaadun suhteen varsin laaja-alainen. Skandinaviassa harjusta esiintyy merenrannikolla, jokivesissä ja järvissä, kemiallisesti

ja termisesti hyvin erilaisissa vesissä. Müllerin (1961) Ruotsissa tekemien tutkimusten mukaan harjusta on jokivesissä ja järvissä, jotka saavat pääosan vedestään lumen ja jäätiköiden sulamisvedestä (pH noin 7, kovuus 0,6-0,8° dH, maksimilämpötila 15-17 °C), humuspitoisissa jokivesissä ja järvissä metsä- ja suoalueilla (pH 5,5-6,5°, kovuus 0,5-0,7° dH, korkein havaittu lämpötila 25 °C) ja murtovedessä jokisuiden lähettyvillä (maksimilämpötila 15-18 °C). Suolapitoisuuden yläraja on harjukselle 4 ‰ (Enholm 1937, Hurme 1966). Seppovaaran (1982) mukaan yhteistä harjusvesille on kirkkaus, vähäravinteisuus ja runsashappisuus, joskin lajia voi tavata myös vesistä, jotka poikkeavat edellä mainitusta. Myllylän (1982) tutkimuksen mukaan Kuusamon harjusjoet ovat samankaltaisia pH:n ja happipitoisuuden suhteen, mutta raudan pitoisuus, väri, sameus, hapen kulutus ja veden kokonaistyppi vaihtelevat. Lohikaloille laaditun suosituksen mukaan veden kiintoainepitoisuuden tulisi olla keskimäärin 25 mg/l tai vähemmän, jotta kalat viihtyisivät (Crisp 1996). Britanniassa harjusta tavataan yleensä alkalisissa vesissä: kalkkipitoisissa puroissa alavilla mailla ja kivipohjaisten tulvajokien keskivaiheilla (Magee 1993).

Veden suuri happipitoisuus on tärkeä etenkin mädinkehityksen kannalta. Tarve riippuu mädin hautautumissyvyydestä, mätimunien koosta, kutupesän raekoosta ja virrannopeudesta (eli veden vaihtuvuuden tehokkuudesta) sekä lämpötilasta. Lohikalojen mädin eloonjäämisaste on suuri, jos kutupesän happipitoisuus on vähintään 7,0 mg l^{-1}. Poikasille ja aikuisille veden happipitoisuuden tulisi olla vähintään 9 mg l^{-1}, mutta kalat sietävät lyhyitä aikoja jopa vain 5 mg l^{-1} pitoisuuksia (Crisp 1996).

Mädin kehittymisaika on riippuvainen veden lämpötilasta. Lämpötilan tulisi olla 4,1-7,5 °C, jotta ainakin 50 % mätijyvistä kehittyisi normaalisti. Alempi letaaliraja on noin 3 °C ja ylempi 18,5 °C. Poikasten optimaalinen kasvulämpötila on 17 °C (taimenella 13-14 °C ja lohella 16-17 °C). Harjukselle ihanteellisena vedenlämpötilana pidetään 4-18 °C:ta. Alempi letaaliraja on < 0°C. Harjus on herkempi korkeille lämpötiloille kuin lohi ja taimen (Crisp 1996).

3.3. Kalojen vuorovaikutus

Kilpailijat ja saalistajat ovat ravintokohteiden ohella tärkeimpiä kalojen habitaatinvalintaan vaikuttavia bioottisia tekijöitä. Aikuiset harjukset ovat paremmin suojattuja hyökkäyksiltä kuin poikaset, jotka etenkin heti kuoriutumisen jälkeen ovat heikkoja uimareita (Bardonnet ja Gaudin 1990a). Harjuksen pääasiallisia saalistajia ovat hauki, made ja ahven. Terrestrisiä saalistajia ovat ihmisen lisäksi ainakin minkki, nauru- ja kalalokki sekä koskelo (Myllylä 1982, Northcote 1995). Kutuajan ulkopuolella harjus muodostaa erikokoisia löyhähköjä parvia (Fabricius ja Gustafson 1955). Parveutuminen voi olla suojamekanismi saalistajia vastaan. Toisin kuin taimen, joka hakee suojaa paikoista, harjus hakee sitä ehkä ryhmästä (Greenberg ym. 1996). Yleensä kalojen parveutumista selittävät joko saalistajat tai ravinto. Parvessa kalan on helpompi havaita saalistaja (tai ravinto), koska parven muut yksilöt viestivät siitä käytöksellään. Parvessa yksittäisen kalan todennäköisyys joutua saaliiksi pienenee. Myös saalistajan toiminta vaikeutuu, koska suuri kalamäärä hankaloittaa saaliskohteen valitsemista ja parven leviämis- tai pakokäyttäytyminen haittaa orientoitumista (Pitcher ja Parrish 1993).

Kilpailua voi syntyä kutu- ja oleskelupaikoista sekä ravinnosta. Harjuksen mahdollisina kilpailijoina on pidetty lähinnä siikaa ja taimenta, joista ensin mainitun istuttaminen harjusvesiin on monesti johtanut harjuskantojen taantumiseen (Seppovaara 1982). Harjuksen taimenta joustavamman elinympäristönvalinnan ja ravinnonkäytön vuoksi kilpailu ei syrjäyttäne kumpaakaan lajia niiden yhteisiltä elinalueilta (Eloranta 1985, Northcote 1995). Taimen on harjusta riippuvaisempi virran mukana kulkeutuvasta ra-

vinnosta. Toisaalta taimen voi suuremman suunsa ansiosta syödä kookkaampia saaliseläimiä kuin harjus (Northcote 1995). Harjus kestää pienempiä happipitoisuuksia kuin taimen, ja kevätkutuisena myös lisääntyy tehokkaammin (Northcote 1995).

Haugen ja Rygg (1996) tutkivat taimenen ja harjuksen ravinnon- ja habitaatinkäytön eroja suuressa patoaltaassa Norjassa. Muita kalalajeja ei altaassa ollut. Molemmat lajit suosivat rantavyöhykkeen kahdeksaa ylintä metriä, mutta elo-syyskuussa harjus liikkui syvemmällä kuin taimen, jota tavattiin myös pelagiaalialueelta. Lisäksi harjusta esiintyi taimenta useammin pehmeillä pohjilla. Kirjoittajien mukaan suojapaikat eivät ole harjuksen poikasille yhtä tärkeitä kuin taimenen poikasille. Samaan johtopäätökseen tulivat Greenberg ym. (1996) tutkiessaan taimenen ja harjuksen mikrohabitaatin käyttöä Ruotsissa alueella, jossa lajit esiintyivät yhdessä. Pintasukeltamalla tehtyjen havaintojen mukaan taimen oli päivisin kivien alla ja öisin avovedessä. Harjuksen ei havaittu käyttävän vedenalaisia suojia. Alueen taimenet esiintyivät yksikseen ja harjus ryhmissä, joiden koko oli useimmiten 2-4, enimmillään 22 yksilöä. Lajien todettiin olevan toistensa lähellä vain harvoin: taimen oli matalammassa, lähempänä rantoja ja suojissa, harjus keskemmällä uomaa, syvemmällä ja kauempana vedenalaisista suojista. Yksittäisiä aggressiivisia kohtaamisia kuitenkin havaittiin. Ilman kokeellista testausta (esim. poistamalla toinen lajeista) on kuitenkin vaikea arvioida kilpailun osuutta tutkimuksissa havaittuihin habitaatinkäytön eroihin.

Oman lajin yksilöiden vaikutus habitaatin käyttöön tunnetaan heikosti (Heggenes 1988). Hughes (Hughes ja Dill 1990, Hughes 1992, 1998) on tutkinut pohjanharjuksen sosiaalista hierarkiaa ja lajinsisäistä kilpailua. Tulosten mukaan pohjanharjus asettuu vuoristopuroissa suvantoihin dominanssihierarkian osoittamassa järjestyksessä. Vahvin ottaa itselleen suotuisimman aseman (suvannon yläpäässä) ja muut sijoittuvat sen jälkeen. Jos hallitseva yksilö poistetaan, järjestäytyvät muut uudelleen siten, että seuraavaksi vahvin siirtyy voittajan paikalle. Toisen, joskaan ei välttämättä vastakkaisen, näkökulman mukaan kalat jakautuvat elinalueilleen siten, että kukin yksilö on paikalla, jossa se saa optimaalisesti ravintoa suhteessa energiantarpeeseensa (Ideal Free Distribution). Tuloksena jokainen kala saa saman nettohyödyn (Pitcher ja Parrish 1993, Hughes 1998).

Voimalaitosrakentamisen vaikutusta kalojen väliseen kilpailuun ei ole juurikaan tutkittu. Uoman muodosta riippuen vesistösäännöstelyn vaikutus kalojen käytössä olevan vesimassan tilavuuteen, pinta-alaan (Orth 1987), erilaisten virtavesilaikkujen jakautumiseen ja monimuotoisuuteen voi olla huomattava. Alueen kalaston koostumuksesta, eri lajien elintavoista ja esim. vuorokausiaktiivisuudesta riippuu, miten suuri painoarvo näillä ympäristömuutoksilla on kalojen välisessä resurssikilpailussa. Lyhytaikaissäännösteltyjen jokien juoksutus on usein voimakkaimmillaan päivisin ja vähäisintä öisin. Tällöin yöaikaisen vedenvähyyden vaikutus on erilainen esim. yönsä syvänteissä viettäviin päiväaktiivisiin lajeihin kuin hämärissä liikkuviin pelagiaalisiin saalistajiin.

4. Hierarkkinen habitaatinvalinta

4.1. Makrohabitaatti - paikanvalinta koko joen mittakaavassa

Eurooppalaisen harjuksen luontainen levinneisyysalue ulottuu Englannista Uralin vuoristoon. Laji puuttuu suurimmasta osasta Etelä-Eurooppaa ja mm. Irlannista (Northcote 1995). Suomessa harjusta tavataan pääasiassa Itä- ja Pohjois-Suomessa sekä rannikolla Torniosta Poriin (Hurme 1966, Seppovaara 1982). Istutustoimenpitein laji on kotiutunut Espanjan keskiosaan, Skotlantiin ja Keski-Suomeen (Eloranta 1985, Northcote 1995). Lajia tavataan luonnontilaisissa ja peratuissa, säännöstellyissä ja säännöstelemättömissä vesistöissä (Myllylä 1982). Parhaiten harjus viihtyy virtaavissa vesissä ja läpivirtausjärvissä. Korkealla olevista kylmistä vesistä harjus puuttuu. Lapin Käsivarressa harjusta tavataan vain noin 700 m:n korkeudelle saakka (Seppovaara 1982); entisen Tsekkoslovakian alueella harjuksen esiintymisalue ulottuu kilometrin korkeuteen (Dyk 1984) merenpinnan tasosta.

Kalojen habitaatinvalintaa joen sisällä on tutkittu vähän. On epävarmaa, tapahtuuko näin laaja-alaista elinympäristönvalintaa yksilötasolla (Hughes ja Reynolds 1994). Aktiivisen makrohabitaatinvalinnan edellytyksenä on kalojen liikkuminen koko vesialueella ja elinpaikkojen vaihtaminen (Hughes 1998). Alaskan pohjanharjus jakautuu kesäaikana elinalueilleen siten, että suuret (vanhat) kalat ovat jokien ylä-, keskikokoiset keski- ja pienet (nuoret) alajuoksulla. Kutu- ja talvehtimiskausina vastaavanlaista kokojaottelua ei ole, vaan se muotoutuu pian kutukauden jälkeen kalojen vaeltaessa kymmeniä kilometrejä syönnösalueilleen (Hughes ja Reynolds 1994). Hughes ja Reynolds (1994) tutkivat ilmiötä tekemällä poistokokeita luonnossa 12 km pitkällä jokiosuudella. Kalamäärän vähentyessä alajuoksun vähemmän halutut habitaatit jäivät käyttämättä, ja kaikki kokoluokat olivat yläjuoksulla.

Eurooppalaisen harjuksen koosta riippuvaa sijaintia joen pituussuunnassa ei ole tutkittu. Tuunaisen (1976) Vaijoella tekemässä tutkimuksessa kuitenkin ilmeni tuloksia, joiden perusteella myös meidän harjuksemme saattaa valikoitua jokiosuudelle siten, että suuremmat kalat ovat yläjuoksulla ja pienet alajuoksulla. Yläosassa olivat edustettuina ikäryhmät 3+-12+. Joen keskiosassa oli eniten nuoria ikäryhmiä, joskin vanhojakin yksilöitä tavattiin. Sen sijaan joen alaosassa oli ainoastaan nuoria kaloja. Yläosasta saatujen kalojen keskipaino oli 546 g, keskiosassa 376 g ja alaosassa 261 g. Tuunainen arveli jaottelun johtuvan mahdollisesti eri-ikäisten ja erikokoisten kalojen erilaisista vaellustottumuksista. Suurten kalojen puuttuminen alajuoksulta saattoi Tuunaisen mukaan johtua myös joen alaosassa harjoitettavasta kalastuksesta. Lisäksi kalalajisto monipuolistui alavirtaa kohti, millä saattoi olla merkitystä (Tuunainen 1976).

Myös Tornion-Muonionjoen harjuksen keskikoko kasvaa yläjuoksua kohti, mutta tässä tapauksessa ilmiö johtunee enemmänkin eri alueilla esiintyvien harjuskantojen välisistä eroista, ei niinkään erikokoisten yksilöiden vaeltamisesta joen eri osiin (Romakkaniemi 1990). Romakkaniemi jakoi Tornion-Muonionjoen harjuskannan tutkimuksessaan ylä- (>280 km), keski- (50-280 km) ja alajuoksun (0-50 km) kantoihin. Yläjuoksun harjukset olivat Romakkaniemen tulosten mukaan ikäryhmissä >7+ suurempia kuin keski- ja alajuoksun harjukset. Sukukypsyyden yläjuoksun kalat saavuttivat viisivuotiaina, keskijuoksun harjukset 4-5-vuotiaina ja alajuoksun neljävuotiaina.

Tornion-Muonionjoen yläjuoksun kalayhteisö on vähälajisempi kuin alajuoksun, minkä johdosta yläjuoksun kaloilla saattoi olla enemmän ravintoa kuin alajuoksun kaloilla. Lisäksi ilmaravintoa oli yläjuoksulla oletettavasti alajuoksua enemmän, koska yläosassa rantaviivan osuus suhteutettuna vesipinta-alaan on paljon joen alaosaa suurempi.

4.2. Mesohabitaatti - vastakuoriutuneet suvannoissa, suuremmat nivoissa ja koskissa

Vastakuoriutuneet harjuksen poikaset ovat useimmiten rannan läheisissä suvannoissa tai heikkovirtaisissa nivoissa (mm. Scott 1985, Sempeski ja Gaudin 1995b), erikokoiset nuoret kalat pääasiassa nivoissa ja koskissa (mm. Greenberg ym. 1996), ja aikuiset kalat ilmeisesti kaikenlaisissa mesohabitaateissa suvannoista koskiin, suosien kuitenkin melko voimakasvirtaisia alueita (mm. Peterson 1968, Dyk 1984, Greenberg ym. 1996). Myllylä (1982) on tutkinut eri-ikäisten harjusten olinpaikkoja eri vuodenaikoina Kuusamon ylängöllä, Koutajoen vesistöalueella. Myllylän mukaan vuodenvanhat poikaset olivat kesällä pienissä virtapaikoissa, melko heikossa virrassa ja lähellä rantaa. Suuremmat kalat olivat pääasiassa vuolaissa koskissa, pienemmissä koskissa ja nivoissa sekä koskien niskoilla. Syyskuussa harjukset olivat siirtyneet koskien niskoille ja alusiin, ja talvisin harjusta tavattiin yksinomaan koskien ja nivojen niskoilta. Toisin kuin kesällä, talvella kaikki kokoluokat olivat samassa paikassa. Saaliskaloista 31 % saatiin vuolaista koskipaikoista (virrannopeus > 50 cm s^{-1}), 31 % pienemmistä koskipaikoista (virrannopeus alle 50 cm s^{-1}), 7 % virtapaikoista (virrannopeus alle 50 cm s^{-1}, tasainen pinta), 10 % koskien niskoilta, 2 % koskien alusilta, 3 % akanvirroista ja 1 % suvannoista (Myllylä 1982). Myllylän käyttämä tutkimusmenetelmä, eli runsas siimapyynti erilaisilla alueilla ja siihen liittyvä kalastuskirjanpito, rajoittaa valikoivuudessaan tulosten yleistettävyyttä.

4.3. Mikrohabitaatti - kalan lähiympäristö eri elämänvaiheissa

4.3.1. Harjus kutee matalissa virtapaikoissa sorapohjalle

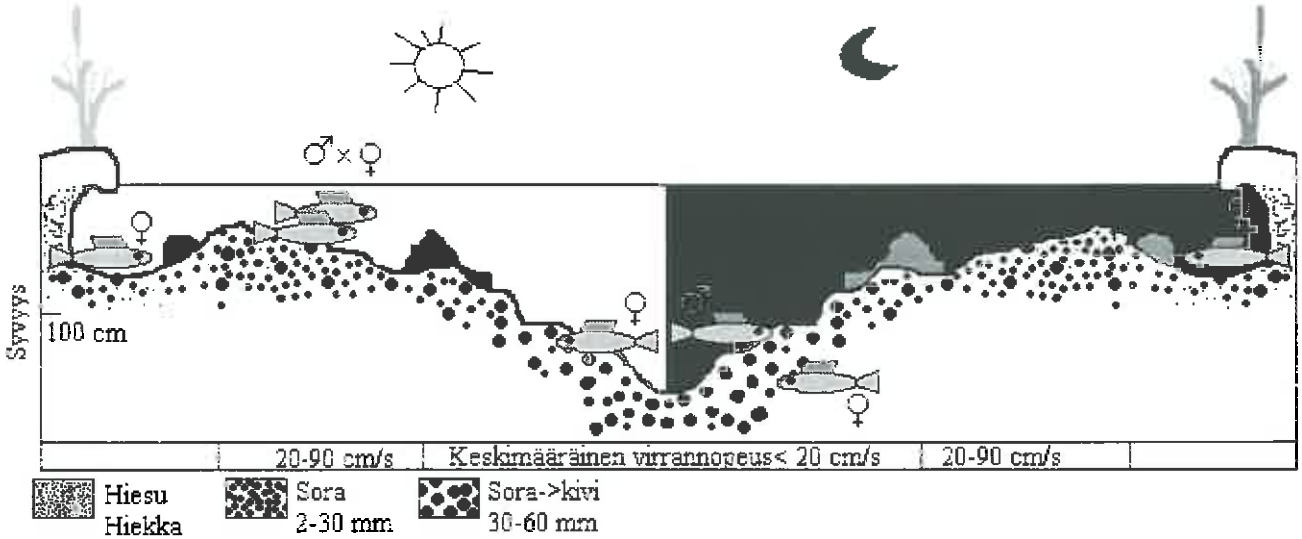
Harjus kutee maantieteellisestä sijainnista riippuen maaliskuun lopun ja kesäkuun alun välisenä aikana, veden lämpötilan ollessa 4-7 °C (paikoin jopa 15 °C) (Northcote 1995). Meillä harjus kutee touko-kesäkuussa, Etelä-Suomessa aikaisemmin kuin pohjoisessa (Myllylä 1982, Seppovaara 1982, Eloranta 1985). Harjus kutee ensimmäisen kerran yleensä 3-5-vuotiaana. Kutukypsyysikä vaihtelee kasvupaikan mukaan: Keski-Euroopassa on kantoja, joissa harjus lisääntyy yleisesti jo 2-vuotiaana. Sukukypsä harjus kutee yleensä joka vuosi (Seppovaara 1982, Northcote 1995).

Harjuksen kutupesät ovat usein suvantojen alaosassa tai nivoissa kohdissa, joissa virtaus kiihtyy. Järvissä harjus kutee kivipohjilla matalassa vedessä, merialueilla vedenalaisilla kareilla tai kivikkoisilla rannoilla. Harjuksen kutualueilta puuttuu yleensä kasvillisuus (mm. Enholm 1937, Hurme 1966, Gönczi 1989). Toisin kuin lohella ja taimenella, harjuksella koiras perustaa kutureviirin ja puolustaa sitä (Northcote 1995). Gönczi (1989) tutki harjuksen kutualueita kahdella ruotsalaisella joella, joista toinen oli säännöstelty ja toinen säännöstelemätön (edellisen sivujoki). Kutupesien fysikaaliset ominaisuudet olivat samankaltaisia. Pohja oli sekoitus hiekkaa (10-20 %), soraa (∅ < 2 cm; 50-70 %) ja pikkukiviä (∅ 2-10 cm; 20-30 %), seassa yksittäisiä suurempia kiviä (>10 cm). Mäti oli kohdissa, joissa sorakerroksen paksuus oli yli 5 cm. Mäti oli yleensä noin 7 cm:n syvyydessä. Kaikilla kutupaikoilla pohjan rakenne tai muoto

aiheutti virran pyörteilyä, mikä on huomionarvoista kutupesän hyvän hapensaannin ja myrkyllisten aineiden, kuten ammoniumin, tehokkaan poistumisen kannalta. Hienojakoisen aineksen pitoisuus kutualueella vaikuttaa mädin tuulettumiseen. Lohikaloille tehdyn arvion mukaan kutupesien hienoainespitoisuuden tulisi olla alle 15 % (hienoaines tässä < 1mm) (Crisp 1996).

Harjuksen habitaattivaatimukset kutupaikan suhteen vaikuttavat vakioilta paitsi yksittäisten kutupesien ja jokien, myös maantieteellisen sijainnin suhteen. Sempeski ja Gaudin (1995c) saivat tutkimuksissaan Ranskassa tuloksia, jotka ovat lähes identtisiä Gönczin (1989) Ruotsissa saamien kanssa. Kutuhabitaattitutkimus tehtiin Suran- ja Pollon-joilla. Kirjoittajien mukaan erityisesti virrannopeus oli tärkeää harjuksille niiden valitessa kutupaikkaansa. Kalat suosivat 40 cm s^{-1} ylittäviä virrannopeuksia. Molemmilla jokialueilla yleisin kutusyvyys oli 20-30 cm. Kutupesien pohjan laatu oli pääasiassa soraa ja pikkukiviä (∅ 2-64 mm).

Edellä kuvatun kaltaisen luonnehdinnan kutupesien ominaisuuksista antavat myös Dyk (1984) ja Müller (1961). Müllerin (1961) Luulajanjoella Ruotsissa tutkimien kutualueiden syvyys oli 40-60 cm ja virrannopeus 40-70 cm s^{-1}. Pohja oli hiekkaa tai soraa.



Kuva 1. Kaavakuva harjuksen kutuhabitaatista virtavesissä. Kutu tapahtuu matalassa vedessä nopeavirtaisilla sora-alueilla. Naaras tarkkailee tilannetta läheisessä suojapaikassa ja tulee koiraan kutureviirille vasta ollessaan valmis laskemaan mätinsä. Kutu tapahtuu useimmiten iltapäivällä tai alkuillasta veden lämpötilan ollessa korkeimmillaan. Öisin myös koiras jättää reviirinsä leväten suojaisemmilla paikoilla (Fabricius ja Gustafson 1955, Gönzci 1989, Crisp 1996, Sempeski ja Gaudin 1995c).

Kutureviirillä on oltava edellä mainittujen pohjanlaatu-, syvyys- ja virrannopeusolosuhteiden lisäksi piilopaikkoja naaraille (esim. veden ylle kaartuvia rantatörmiä tai isoja kiviä) ja näkösuojaa viereisiin kutureviireihin (kuva 1). Fabricius ja Gustafson (1955) tutkivat jokikutuisen järviharjuksen kutukäyttäytymistä ja kutupesien ominaisuuksia sekä luonnossa että maastoon rakennetussa akvaariossa (215x57x54 cm), jonka läpi he juoksuttivat purovettä. Kutemaan tulleita harjuksia nostettiin purosta koealtaaseen, jonka pohjan laatu ja muoto jäljitteli luonnossa havaittuja kutupesiä. Luonnossa keskimääräinen kutureviirin koko oli 2,6 m^2 ja suurimmillaan noin 16 m^2. Reviirien rajat olivat selkeät ja muodostuivat usein jonkinlaisista esteistä, jolloin vierekkäiset reviirit saattoivat muodostaa kolonioita. Mitä parempi oli näkösuoja, sitä pienempi reviirin koko riitti (jopa vain 0,8 m^2 luonnossa ja alle 0,5 m^2 akvaariossa).

Lähes kaikki kutu tapahtui kutureviirien yläosassa sorapenkan päällä, voimakkaassa virrassa matalassa vedessä. Yhtään kutupesää ei havaittu jyrkissä koskissa eikä syvissä suvannoissa, joissa oli mutapohja ja hidas virrannopeus. Luonnossa kutusyvyys oli aina alle 25 cm ja akvaariossa alle 15 cm. Monet parit kutivat vain viiden sentin syvyisessä vedessä. Kutu tapahtui iltapäivällä tai illalla, jonka jälkeen urokset jättivät reviirinsä noin puolenyön aikaan ja siirtyivät hitaampaan virtaan suojaan. Paluu kutureviirille tapahtui seuraavana päivänä keski- tai iltapäivällä. Myös Sempeski ja Gaudin (1995c) huomasivat Pollon-joen harjusten hakeutuvan kutuaktien välillä suvantoon. Tämä levähdyshabitaatti sijaitsi kutualueesta alavirtaan ja oli syvä (keskiarvo 89,5 cm) sekä hidasvirtainen (keskivirrannopeus 13,7 cm s^{-1}, vaihteluväli 0-43 cm s^{-1}).

4.3.2. Poikaset siirtyvät koon kasvaessa suojaisilta rannoilta kohti keskiuomaa

Veden lämpötilasta riippuen harjuksen poikaset kuoriutuvat noin 3-4 viikkoa kudun jälkeen (Müller 1961, Northcote 1995). Tässä vaiheessa niiden pituus on 10-18 mm (Peňáz 1975, Northcote 1995). Alussa poikaset pysyttelevät vielä soran sisällä, tullen esiin vasta muutaman päivän kuluttua, aamun ensimmäisten tuntien aikana. Poikaset eivät kuitenkaan siirry ensimmäiselle ruokailualueelleen heti, vaan odottavat päivän ja ajelehtivat alavirtaan seuraavan yön aikana (Bardonnet ja Gaudin 1990a,b, Bardonnet ym. 1993, Northcote 1995).

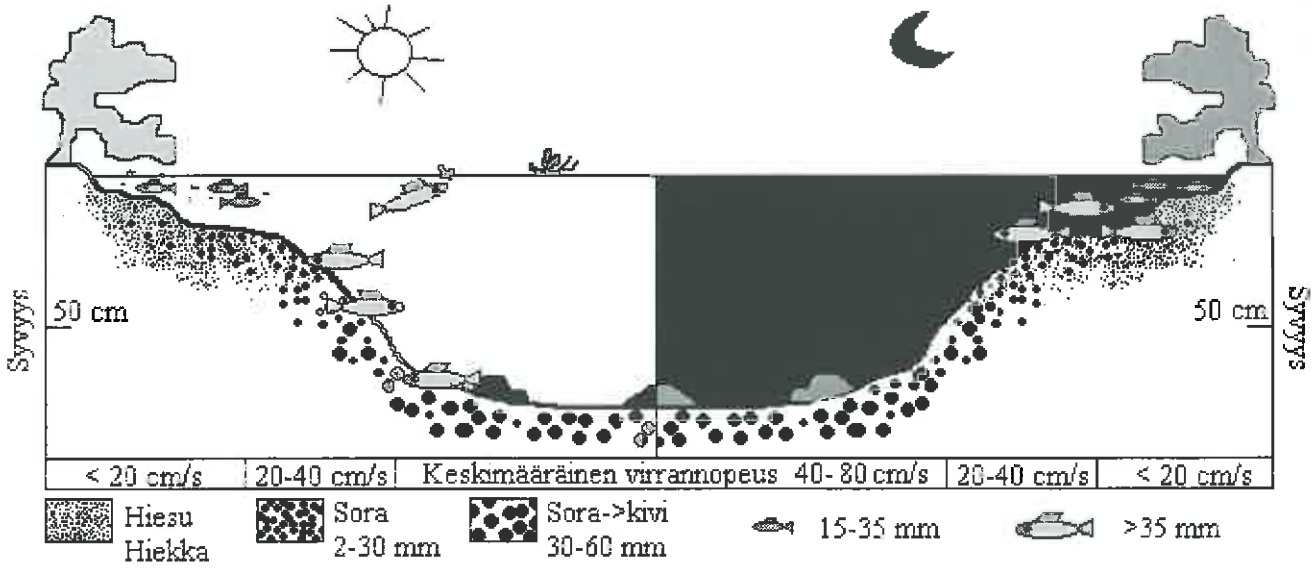
Poikasten ensimmäinen habitaatti on yleensä joen suvantomainen reuna-alue. Muutaman ensimmäisen viikon ajan kalat pysyttelevät pieninä parvina usein alle metrin etäisyydellä rannasta. Parvet eivät juurikaan vaella (Scott 1985, Bardonnet ym. 1991). Virrannopeus on tavallisesti pieni, 0-20 cm s^{-1}. Pohjan laatu on useimmiten hiesua, hiekkaa tai soraa (Müller 1961, Bardonnet ym. 1991, Sempeski ja Gaudin 1995a,b, Greenberg ym. 1996), mutta poikasia on tavattu myös suurikivisiltä alueilta. Suojapaikkojen merkitystä harjuksen poikasille pidetään yleisesti vähäisenä (mm. Peterson 1968, Greenberg ym. 1996).

Syy reuna-alueilla pysyttelemiseen voi olla harjuksen poikasten heikko uintikyky ja tarve välttää saalistajia. Marginaaliset habitaatit ovat usein matalia, jolloin ne voivat jäädä yhtäkkiä kuiville, mikäli vesi laskee (Sempeski ja Gaudin 1995a). Tällaisessa tapauksessa harjuksen poikasia voi uhata kuolema, sillä Petersonin (1968) mukaan harjus ei osaa hakeutua pois tyhjenevistä vesilammikoista, toisin kuin taimenen ja lohen poikaset. Veden syvyydellä ei ole merkitystä vastakuoriutuneille harjuksille, sillä noin 25 mm:n pituuteen asti ne pysyttelevät pintavedessä syöden vedessä ajelehtivaa ravintoa (mm. Scott 1985, Bardonnet ym. 1991, Greenberg ym. 1996).

Noin 35 mm:n pituisina poikaset siirtyvät keskemmäs uomaa ja nopeampaan virtaan, kohti aikuisille harjuksille ominaista habitaattia (kuva 2). Nyt poikaset pysyttelevät lähellä pohjaa ja käyvät pinnassa vain ajoittain (mm. Müller 1961, Scott 1985, Bardonnet ym. 1991). Sempeski ja Gaudin (1995a) havaitsivat suurimman osan yli kuusisenttisistä kaloista jo jättäneen reuna-alueet kokonaan. Tutkimuksissa todettu poikasten (koko 3,5-18 cm) käyttämä syvyys on ollut useimmiten 20-90 cm, keskivirrannopeus 20-80 cm s^{-1} ja pohjan laatu soraa ja erikokoisia kiviä (mm. Peterson 1968, Sempeski ja Gaudin 1995a).

Vuorokaudenajalla on ilmeisesti vaikutusta poikasten habitaatinvalintaan. Sempeski ja Gaudin (1995a) tutkivat harjuksen paikanvalinnan vuorokausivaihtelua eri kokoluokissa (15->60 mm). Harjuksen poikaset käyttivät pääasiassa lähes nollavirtaisia alueita joen penkkojen läheisyydessä ja toisaalta tiettyjä pääuoman osia. Päivisin pienimmät poikaset (15-20 mm) olivat lähellä rantoja 5-40 cm:n syvyydessä (virrannopeus alle 20 cm s^{-1}). Kokoluokasta 35-40 mm alkaen yhä useampi poikasista oli pääuomassa 40-60 cm:n syvyydessä (virrannopeus 20-40 cm s^{-1}) ja lähellä pohjaa. Öisin kaikki poikaset siirtyivät koosta riippumatta lähemmäs rantoja, pohjan läheisyyteen. Tutkimus osoittaa hidasvirtaisten reuna-alueiden tärkeyden harjukselle sen ensimmäisten elinviikkojen aikana, sekä aivan pienten poikasten läpivuorokautisena habi-

taattina että isompien poikasten yöaikaisena turvapaikkana. Harjuksen poikashabitaateista tehdyt työt ja niiden tulokset on esitelty tarkemmin taulukossa 1.



Kuva 2. Kaavakuva eri kokovaiheissa olevien poikasten päivä- ja yöhabitaatista niiden ensimmäisen kesän aikana. Vastakuoriutuneet poikaset vaeltavat pian kuoriutumisensa jälkeen ensimmäiselle syönnösalueelleen, matalaan heikkovirtaiseen joenkohtaan, jossa ne pysyttelevät rannan lähellä pintavedessä syöden hyönteisiä ja planktonia. Kasvettuaan noin 35 mm:n kokoon poikaset siirtyvät kohti keskiuomaa nopeampaan virtaan sora- ja kivipohjille. Nyt poikaset pysyttelevät lähellä pohjaa, syöden pääasiassa pohjaeläimiä. Öisin osa keskiuomassa päivänsä viettävistä poikasista siirtyy suojarannoille matalaan veteen (kuva laadittu taulukossa 1 esitettyjen tutkimusten pohjalta).

4.3.3. Aikuiset yksilöt käyttävät virtapaikkoja läpi uoman

Aikuisten harjusten mikrohabitaattivaatimuksia on tutkittu hyvin vähän. Aiheesta löytyvien kirjallisuusmainintojen perusteella suuret harjukset ovat ilmeisen joustavia elinympäristönsä laadun suhteen. Dyk (1984) kuvaa harjusbiotooppeja entisen Tsekkoslovakian alueella sijaitsevissa Elbe- ja Danube-jokien laaksoissa. Hänen mukaansa harjuksen olinpaikoille tyypillinen virrannopeus on 50 cm s^{-1}. Kuitenkin osissa jokea myös 24 cm s^{-1} nopeus on riittävä. Greenbergin ym. (1996) Pohjois-Ruotsissa tekemän monivuotisen ja erilaisilla jokiosuuksilla tehdyn työn mukaan suuret (20-50 cm) harjukset suosivat hitaasti virtaavia (alle 10 cm s^{-1}) alueita ja 75-165 cm:n syvyyttä. Peterson (1968) mainitsee Ruotsin Indalsälven-joessa olevan eniten harjusta virtapaikoissa, mutta alueen suurimmat saaliit on saatu 25 km pitkältä tasaiselta ja syvältä jokiosuudelta, jossa pohja on hiekkaa. Myös Myllylän (1982) Koutajoen vesistöalueella tekemien havaintojen mukaan aikuiset yksilöt oleskelevat mitä erilaisemmissa virrannopeuksissa ja joenkohdissa, uoman keskellä ja reunamilla. Suurin osa kaloista oli Myllylän mukaan kuitenkin suhteellisen nopeassa virrassa (noin 50 cm s^{-1}). Pohjanharjuksen aikuiset yksilöt suosivat virrannopeutta 26-61 cm s^{-1} (Hubert ym. 1985).

Suojapaikkojen merkitystä suurille harjuksille ei tunneta tarkkaan, mutta ilmeisesti kalat käyttävät suojautumiskeinonaan enemmänkin pakenemista kuin piiloutumista (Peterson 1968). Greenberg ym. (1996) havaitsivat tutkimuksessaan jonkin verran yhteyttä kalojen sijainnin ja yläpuolisen suojan läheisyyden kanssa.

Taulukko 1. Harjuksen poikashabitaatista julkaistuja kvantitatiivisia tutkimuksia ja niissä saatuja tuloksia poikasten käyttämien tai suosimien olinpaikkojen laadusta. Kaikki tulokset koskevat poikasten päivähabitaattia.

Tutkittujen kalojen koko (ryhmittäin)	Veden syvyys ja kalan sijainti uomassa, mikäli ilmoitettu	Virrannopeus ja "shear stress" (kuvastaa virran voimaa aivan pohjan lähellä), mikäli mitattu	Pohjan laatu	Tutkimusalue, -ajankohta ja tutkimusmenetelmä
Ryhmä I: 15-30 mm Ryhmä II: 100-150 mm (pituus kuonosta pystön kärkeen)	Ryhmä I: < 20 cm (voimakas preferenssi); poikaset lähellä rantaa Ryhmä II: 40-60 cm (voimakas preferenssi); poikaset ulompana uomassa	Ryhmä I: keskivirrannopeus 0-10 cm s^{-1} (voimakas preferenssi); shear stress < 1,5 dyn m^{-2} Ryhmä II: keskivirrannopeus 23-30 cm s^{-1} (voimakas preferenssi); shear stress 1-6 dyn m^{-2}	Ryhmä I: pääasiassa hiekkaa, myös hiesua ja soraa Ryhmä II: soraa ja pikkukiviä	300 m pitkä jokiosuus Ranskassa. Huhti-kesäkuu ja marraskuu. Saatavilla oleva ja käytetty habitaatti tutkittiin. Sukellus ja pintahavainnointi (Sempeski ja Gaudin 1995b).
15-28 mm (pituus kuonosta pyrstön loveen)	15-25 mm:n poikaset < 1,5 m etäisyydellä rannasta, pintavedessä, maksimiuintisyvyys 20 cm; 25-28 mm:n kokoiset ulompana uomassa, pohjan lähellä	3-9 ruumiin mittaa s^{-1} (vastaa 6-18 cm s^{-1} 20 mm:n poikaselle); virrannopeus kasvoi kalan koon myötä. Kalat välttivät pyörteilevää vettä ja hyvin hidasta virtausta.	Kauempana uomassa olevat poikaset: sora	2 km pitkä jokiosuus Englannissa. Huhti-toukokuu. Vain käytetty habitaatti tutkit-tiin. Eri menetel-miä (Scott 1985).
Ryhmä I: 25-40 mm Ryhmä II: 90-180 mm (pituus kuonosta pyrstön kärkeen)	Ryhmä I: 105-180 cm (heikko preferenssi); kalan sijainti keskimäärin 4,4 cm pohjan yläpuolella Ryhmä II: 45-90 cm (heikko preferenssi); kalan sijainti keskimäärin 11,2 cm pohjan yläpuolella	Ryhmä I: < 10 cm s^{-1} (voimakas preferenssi) Ryhmä II: 20-50 cm s^{-1} (heikko preferenssi)	Ryhmä I: hiesu, hiekka ja sora (voimakas preferenssi) Ryhmä II: keskikokoiset-suuret kivet (neutraali preferenssi)	Joki Pohjois-Ruotsissa, neljä erilaisia habitaatteja edustavaa tutkimusaluetta. Nelivuotistutkimus. Kesäelokuu. Käytetty ja saatavilla oleva habitaatti tutkittiin. Pintasukellus (Greenberg ym. 1996).
Ryhmä I: Vastakuoriutuneet - 35 mm Ryhmä II: > 35 mm (pituus kuonosta pyrstön kärkeen)	Ryhmä I: useimmiten alle metrin etäisyydellä rannasta, pintavedessä, kokonaissyvyyden merkitys epäselvä. Ryhmä II: 1-12 m:n etäisyydellä rannasta, pohjan lähellä, 20-80 cm:n syvyydessä	Ryhmä I: < 15 cm s^{-1}; suurin osa kaloista 0-5 cm s^{-1} (pintavirrannopeus) Ryhmä II: 30-80 cm s^{-1} (keskivirrannopeus)	-	Pääuoma ja siihen laskeva kutualueena käytetty sivujoki Ranskassa. Kesäkuukaudet. Vain käytetty habitaatti tutkittiin. Sähkökalastus (Bardonnet ym. 1991).

5. Ajallinen vaihtelu habitaatinvalinnassa - vaellukset

5.1. Kesäaikana harjus on paikkauskollinen

Eurooppalainen harjus ja pohjanharjus vaeltavat suojan, ravinnon ja suvunjatkamisen vuoksi: syksyisin kalat vaeltavat talvehtimisalueilleen, keväisin kutualueilleen ja kudun jälkeen kesäksi syönnösalueilleen. Eurooppalaisen harjuksen vaellustottumukset tunnetaan heikosti, joten tässä esitetyt arviot lajin aktiivisuudesta ovat vain suuntaa antavia (Seppovaara 1982, Northcote 1995).

Kesäaikana harjukset pysyttelevät syönnösalueella. Vaellukset ovat vain kymmeniä tai joitakin satoja metrejä. Merkintäkokeissa ainoastaan yksittäisten kalojen on havaittu vaeltavan useita kilometrejä (Peterson 1968, Zahkarenko 1973, Hirvonen 1998).

Kesäalueellaan kalat voivat vaihtaa paikkaa varsinaisten syönnöshabitaattien ja yöaikaisen oleskeluhabitaatin välillä. Kappaleessa 4.3.2 on kuvattu pienimpien harjuksen poikasten (alle 60 mm) tapa siirtyä yöajaksi lähelle rantaa hyvin matalaan veteen ja päiväsaikaan syvemmälle, nopeampaan virtaan (Sempeski ja Gaudin 1995a). Aikuisten harjusten vuorokauden sisäisestä liikehdinnästä on erilaisia tietoja. Myllylän (1982) Pohjois-Suomessa kesällä tekemien havaintojen mukaan suuret harjukset ovat päivisin keskellä virtaa, mutta hämärässä ja pimeässä ne siirtyvät rannan läheisyyteen rantakasvillisuuden suojaan, ilmeisesti syömään putoilevia hyönteisiä. Zacharenkon (1973) syyskuisten havaintojen mukaan harjus viettää sitä vastoin yönsä syvissä suvannoissa ja siirtyy valoisan ajaksi nopeammin virtaaviin nivoihin ravinnonhankintaan. Näslund (1986) vahvistaa saman lohikaloille yleensä. Onkin todennäköistä, että vuodenajalla tai valon määrällä on vaikutusta kalojen vuorokausiaktiivisuuteen.

5.2. Syksy ja kevät aktiivista vaellusaikaa

Talvehtimispaikan valinnan määrää tarve minimoida energiankulutus ja suojautua haitallisilta olosuhteilta, kuten jäältä ja hapenpuutteelta. Pohjanharjuksen on todettu hyödyntävän talvella mm. muuta jokea lämpimämpiä lähdealueita (Cunjak 1996). West ym. (1992) tutkivat pohjanharjuksen syysvaellusta ja talvehtimista Alaskan rannikkoalueen kolmella jokialueella. Elo-syyskuussa kalat siirtyivät pienistä puroista suurempiin jokiin. Kalojen keskimääräinen vaellusnopeus oli 1 km päivässä ja kokonaisvaellusmatka 7-101 km. Kalojen talvehtimispaikkoja olivat lähdealueiden lisäksi syvät suvannot ja järvet.

Syysvaelluksen on usein mainittu suuntautuvan alavirtaan (Seppovaara 1982, West ym. 1996). Zahkarenko (1973) tutki harjuksen vaellusta Pechora-joen yläjuoksulla Venäjällä. Pyydetyistä kaloista 71,9 % saatiin korkeintaan 1 km:n etäisyydeltä merkintäpaikasta, 18,8 % 1-8 km:n päästä ja muutama 10-37 km:n etäisyydeltä. Kaikki kauas menneet kalat olivat merkintäpaikan alavirran puolella, mikä Zahkarenkon mukaan viittasi siihen, että kalat vaeltavat talveksi alajuoksulle. Talvehtimisalueillaan kalat oleskelivat 4-6 m syvissä altaissa. Kirjoittajan havaintojen mukaan kalat eivät juurikaan liikkuneet talven aikana, joskin poikkeuksiakin oli.

Harjuksen kutuvaelluksista tehdyt tutkimukset ovat käsitelleet lähinnä virtavesikutuisia järviharjuskantoja tai merialueen harjusten jokiin suuntautuvaa kutua. Jokikantaa olevat harjukset käyttävät kutualueinaan pääuoman lisäksi usein sivujokia. Northcoten (1995) mukaan eurooppalainen harjus ilmeisesti hyödyntää pääuomaa pohjanharjusta enemmän.

Jokialueen ulkopuolelta sinne kutemaan tulevat harjukset viipyvät kutumatkallaan yleensä varsin lyhyen ajan, poistuen pian kudun jälkeen. Ruotsissa Storsjö-järven harjukset vaeltavat kutemaan pieneen järveen laskevaan sivujokeen. Vaellushuippu on huhtikuun loppupuolella ja 80 % kaloista viipyy kutumatkallaan alle 20 vuorokautta. Jokisuulla kutua ennen tai kudun jälkeen merkityt kalat saatiin myöhemmin saaliiksi järvialueelta. Useimmat kaloista olivat 4 km:n säteellä jokisuusta ja vain kaksi kalaa pyydettiin kauempaa, 12 km:n päästä (Gustafson 1949).

Müller ja Karlsson (1983) ovat tutkineet Merenkurkussa sijaitsevan Ängerån-joen harjuksia ja todenneet alueen kalojen käyttäytyvän anadromisesti. Harjukset vaeltavat poikasina, jo ensimmäisen kesänsä jälkeen, joesta mereen ja palaavat takaisin neljän vuoden kuluttua aikuisina kuteakseen kotijoessaan. Kutumatkallaan kalat viipyvät vain 4-8 päivää, monet jopa alle 12 tuntia. Kirjoittajat eivät havainneet yhdenkään aikuisen kalan jäävän jokeen kesäksi.

Mereen laskevaa jokea voi mahdollisesti käyttää sekä pysyvä jokikanta että merialueelle levittäytynyt kanta, joka käy joessa vain kutemassa. Peterson (1968) tutki Ruotsin rannikolla harjuksen liikkeitä rannikon ja Indalsälven-joen välillä. Ne kalat, jotka pyydettiin jokisuulta kutuaikana ja siirrettiin ylävirtaan, liikkuivat paljon, yksi jopa 120 km 21 päivässä. Kalat, jotka sekä pyydettiin joesta että vapautettiin sinne, eivät juuri liikkuneet. Vielä kolme vuotta merkinnän jälkeen kalat olivat istutuspaikalla.

6. Harjus muuttuneissa vesistöissä

6.1. Lisääntymisalueiden puute ongelma

Vesistöjen likaantumisen ja jokien perkaamisen ohella voimalaitosrakentaminen on yksi tärkeimmistä virtavesikalojen elinoloja muuttaneista tekijöistä. Päivittäinen alhaisen ja korkean virtaaman vaihtelu (lyhytaikaissäännöstely) kuluttaa joenpohjaa ja penkkoja kuljettaen hienojakoista ainesta alavirtaan. Voimalaitoksen yläpuolelle muodostuu leveä ja syvä patoallas. Alueelle kasautuva sedimentti tukkii soraikkojen ja kivikkojen raevälit. Hidastuneen virtauksen ja pehmeämmän pohjan seurauksena vesikasvillisuus saattaa lisääntyä ja pohjaeläinlajisto osin vaihtua. Myös joen lämpötalous muuttuu: keväisin syvä patoallas pysyy pitkään kylmänä ja vastaavasti syksyllä lämpimänä. Jäätymistä voivat hidastaa myös jatkuvat vedenkorkeuden muutokset. Heti voimalaitoksen alapuolella, missä vedenkorkeus- ja virrannopeuserot ovat voimakkaimmillaan, on joenpohja yleensä "rännimäinen" ja puhdas irtoaineksesta. Patojen ollessa suljettuna voi tämä osa olla kuivilla. Säännöstellyn joen vedenkorkeuden vuorokausivaihtelu on yleensä suurempi kuin luonnontilaisen. Sen sijaan vuodenaikainen vaihtelu on usein vähäisempää, koska kevättulvat ja talvinen alivesikausi tasoittuvat säännöstelyn johdosta (FÅK 1986, Gore ym. 1989).

Voimalaitosrakentamisella on todettu olevan negatiivinen vaikutus harjukseen. Pohjanharjus on ilmeisesti jonkin verran eurooppalaista harjusta herkempi vesistösäännöstelylle. Ruotsissa eurooppalaisen harjuksen kantojen on todettu olevan joissakin patoaltaiden osissa jopa lähes yhtä hyviä kuin valjastamattomissa joissa (FÅK 1986, Gönczi 1989, Northcote 1995, Huovinen 1998).

Vesistösäännöstelystä johtuvien virtaamavaihteluiden haitat kohdistuvat lohikaloilla pääasiassa lisääntymiseen, talvehtimiseen ja poikashabitaattien saatavillaolevuuteen. Poikaskuolleisuus voi kasvaa kutupesän materiaalin liikkumisen tai soraikon tukkeutumisen vuoksi. Happiköyhässä ympäristössä kehittyneistä mätijyvistä voi kuoriutua huonokuntoisia poikasia, joiden elinmahdollisuudet ovat heikot (Hicks ym. 1991). Pato tai luonnolliset tulvahuiput poistava virtaamasäännöstely voi estää poikasten pääsyn tulva-alueilla sijaitseville talvehtimisalueilleen tai pois niistä keväällä (Hicks ym. 1991, Northcote 1995, Cunjak 1996).

Äkilliset virrannopeuden muutokset voivat olla kohtalokkaita etenkin harjuksen poikasille. Valentin ym. (1994) tutkivat eurooppalaisen harjuksen poikasten (noin 30-55 mm) käyttäytymistä koeuomassa (40 m pitkä, 1 m leveä) altistaen ne yhtäkkisille virtaamanmuutoksille. Poikasille oli tarjolla uoman reunoille rakennettuja "suojalokeroita". Alhaisessa virtaamatilanteessa (havaittu paikallinen maksimi 30 cm s^{-1}) yksikään harjus ei käyttänyt suoja-alueita ja vain 5 % oli siirtymäalueilla (virrannopeus alle 14 cm s^{-1}). Sen sijaan korkean virtaaman aikana (havaittu paikallinen maksimi 55 cm s^{-1}) 10-15 % kaloista oli suoja-alueilla (alle 14 cm s^{-1}) ja 25 % siirtymävyöhykkeissä (noin 14-21 cm s^{-1}). Kalojen siirtyminen suojan ja pääuoman välillä oli nopeaa ja kalat myös palasivat pääuomaan heti, kun virtaama laski. Shirvell (1994) totesi kalojen vaihtavan paikkaa virtaaman mukaan siten, että virran voimistuessa ne siirtyivät ensin lähemmäs pohjaa ja edelleen sivusuunnassa, kunnes löysivät suotuisan paikan.

Ruotsissa on tutkittu harjuksen ravinnonkäyttöä säännöstellyillä jokialueilla ja patoaltaissa. Tutkimusalueilla harjuskanta on ollut runsain patoaltaiden yläosassa (heti voimalaitoksen alapuolella), jossa virtaus on voimakkaampi. Harjuksen pääasiallisiksi ravintokohteiksi patoaltaissa ovat osoittautuneet istutettu *Mysis relicta*, kotilot, katkat ja kalanpoikaset. Lisäksi ruokavalioon on kuulunut kymmeniä muita harjukselle tavanomaisia saaliseläinlajeja (pohjaeläimiä ja hyönteisiä) (Persson ja Walter 1981, Sjöberg ja Henricson 1985, FÅK 1986).

Ilmeisesti harjuksen on mahdollista menestyä myös säännöstellyissä virtavesissä, jos minimivedenkorkeus on riittävä ja alueella on kutualueiksi soveltuvia soraikkoja tai sivujokia (FÅK 1986, Northcote 1995).

6.2. Harjuskantojen tukemiseksi tehtyjä toimenpiteitä

Muuttuneiden vesien harjuskantoja on etenkin Pohjois-Euroopassa yritetty parantaa istutuksin. Hankkeiden lopputulos on vaihdellut. Ennen istutuksia tulisi selvittää alkuperäisen kannan tila ja syyt sen taantumiseen. Kattavia tutkimuksia tehtyjen istutusten onnistumisen tai epäonnistumisen syistä on vähän (Seppovaara 1982, Carlstein ja Eriksson 1996). Eräs lopputulokseen vaikuttava tekijä voi olla käytettyjen kalojen alkuperä. Carlstein ja Eriksson (1996) tarkkailivat kahden järvi- ja yhden jokiharjuskannan poikasten (pituus 9-18 cm) käyttäytymistä jokeen istuttamisen jälkeen. Järvikantaa olevat poikaset tuntuivat suosivan hitaasti virtaavia joen osia, kun taas jokikantaa olevat kalat pysyttelivät enimmäkseen alueella, jossa oli nivoja ja koskiosuuksia. Kirjoittajien mukaan järvikantaa olevat harjukset saattavat olla alttiimpia saalistajille, koska niiden suosimat alueet ovat samoja, joissa hauki, made ja ahven yleensä oleilevat. Tulosten mukaan naaraat jäivät koiraita useammin istutuspaikan läheisyyteen, eli myös sukupuolella voi olla vaikutusta kalojen käyttäytymiseen. Carlsteinin ja Erikssonin (1996) havaintoja tukevia tuloksia on saanut pohjanharjuksella Kaya (1991).

Rakennettujen vesien kunnostaminen erityisesti harjukselle on ollut vähäistä. Oulujoen Merikosken patoaltaan käsittely, jossa tarkoituksena oli lisätä harjukselle soveltuvien oleskeluhabitaattien määrää rakentamalla alueelle kivikkoisia matalikkoja (Yrjänä, julkaisematon) on yksi harvoista. Saksassa Zeh ja Doenni (1994) tutkivat mahdollisuutta parantaa harjuksen ja taimenen lisääntymisedellytyksiä keinotekoisten kutusoraikkojen avulla. Kahtena keväänä havaittiin soraikossa onnistunut harjuksen poikasten kehittyminen ja kuoriutuminen. Taimenen mätiä ei soraikosta löydetty. Harjuksen kutupaikat olivat ylävirran puoleisessa osassa soraikkoa, jossa veden syvyys oli 0,2-0,7 m ja virrannopeus 5-45 cm s^{-1}.

Kalojen liikkumismahdollisuuksia padotuilla jokialueilla on joskus mahdollista parantaa rakentamalla patoihin kalateitä. Linlokken (1993) tutki harjuksen käyttäytymistä Norjan Glomma-jokisysteemissä, jossa on kahdeksan kalatietä. Harjusta (20-45 cm) oli kalateissä paljon kesä-heinäkuussa (syönnösvaellus) ja eräässä tapauksessa touko-kesäkuussa (kutuvaellus). Pisin havaittu vaellusmatka oli 100 km. Kalateiden tehokkuus oli heikko, sillä vain alle prosentti tutkimusalueen harjuksista käytti niitä. Kirjoittajan mukaan kalatiet tulisi rakentaa siten, että niiden läpi kulkisi huomattavasti nykyistä enemmän vettä, ja minimivirtaamatilanteessa koko juoksutettava vesimäärä tulisi ohjata kalaportaan kautta (Linlokken 1993).

7. Yhteenveto

Eurooppalaisen harjuksen elinympäristönvalintaa ja habitaatin käyttöä on tutkittu toistaiseksi vähän. Harjuskantojen heikkenemisen vuoksi on tullut ajankohtaiseksi selvittää lajin elinympäristövaatimukset tarkemmin, jotta kalakantojen tilaa voitaisiin tuloksellisesti kohentaa. Tässä työssä on koottu kirjallisuudessa esitetty tietämys eurooppalaisen harjuksen virtavesimuodon habitaatin käytöstä ja siihen mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä. Kvantitatiivisia tutkimustuloksia on eniten harjuksen kutuhabitaatista ja poikasten kesähabitaatista. Muilta osin harjuksen elinympäristön käyttöä koskeva tieto on niukkaa. Esitetyt arviot harjuksen habitaatin käytöstä ja esim. vaelluksista ovatkin enemmän kokoelma tapausesimerkkejä kuin yleispäteviä arvioita lajin elintavoista.

Kalojen habitaatinvalintaan vaikuttavia tärkeimpiä ympäristötekijöitä ovat joen fysikaalisten ja hydrologisten olosuhteiden lisäksi ravinto, vedenlaatu sekä interaktiot kilpailijoiden ja saalistajien kanssa. Harjus on ravinnonkäytössään opportunisti, eikä ravinto lienekään lajin elinpiiriä eniten rajoittava tekijä. Taimenta ja siikaa on epäilty harjuksen mahdollisiksi elintila- ja ravintokilpailijoiksi. Myös lajinsisäisellä kilpailulla voi olla vaikutusta harjuksen paikanvalintaan erityisesti yksittäisen mesohabitaattilaikun sisällä. Harjuksen vedenlaatuvaatimuksista tärkeimpiä ovat suuri happipitoisuus, kirkkaus ja puhtaus. Lajia tavataan kuitenkin varsin erityyppisissä vesissä Lapin pikkupuroista järviin ja rannikon merialueeseen.

Harjus kutee keväällä veden lämpötilan ollessa 4-7 °C. Kutupesän pohjan laatu on hiekan, soran ja pikkukivien sekoitusta, virrannopeus keskimäärin 50 cm s^{-1} ja syvyys alle 60 cm. Poikaset kuoriutuvat muutaman viikon kuluttua ja vaeltavat ensimmäiselle syönnösalueelleen, joka on yleensä joenpenkan läheinen suvantoalue. Pohjan laatu on hiesua tai hiekkaa ja virrannopeus 0-20 cm s^{-1}. Veden syvyydellä ei sinänsä ole suurta merkitystä, koska kalat pysyttelevät pintavedessä pyydystäen ajelehtivia hyönteisiä ja planktonia. Noin 30-35 mm:n pituisina poikaset siirtyvät asteittaisesti keskemmäs uomaa, syvemmälle ja nopeampaan virtaan (20-80 cm s^{-1}). Tässä vaiheessa harjuksen ruokavalio muuttuu pohjaeläinvaltaiseksi ja kalat käyvät pinnassa vain ajoittain. Aikuiset yksilöt oleskelevat uoman kaikissa osissa: pääasiassa melko nopeassa virrassa (50 cm s^{-1}), nivoissa ja koskien laitamilla, mutta myös suvannoissa. Pohjan laatu on usein erikokoista kiveä ja soraa, kuten pohjanläheiseen habitaattiin siirtyneillä poikasillakin, mutta myös hiekkaa. Suojapaikoilla ei ole ilmeisesti harjukselle suurta merkitystä missään elinvaiheessa, vaan suojautumiskeinoina ovat parveutuminen ja pakeneminen.

Jokikantaa olevan eurooppalaisen harjuksen vaelluksista on vain vähän tietoa, mutta ilmeisesti kalat vaeltavat syksyisin talvehtimisalueilleen (todennäköisesti syviin suvantoihin, lähdealueille tms. sulana pysyville alueille), keväisin kutualueilleen (nivoihin, karikoille tai sivujokiin) ja kesäksi jälleen syönnösalueilleen. Vaellusten pituus riippunee soveltuvien habitaattien saatavillaolevuudesta. Kesäaikana kalat ovat melko paikallisia ja siirtyvät vain vuorokaudenajan mukaan lepo- ja syöntipaikkojen välillä.

Tulevaisuudessa tarvitaan lisää kenttä- ja kokeellisia tutkimuksia etenkin harjuksen syys- ja talvihabitaatista, vaelluksista, aikuisten kalojen elinympäristövaatimuksista, suurten jokien harjusten elintavoista, lajinsisäisen ja lajienvälisen vuorovaikutuksen merkityksestä habitaatinvalinnassa ja harjusten käyttäytymisestä säännöstellyissä vesissä.

Kiitokset

Teppo Vehanen, Pekka Korhonen, Petri Kreivi, Aki Mäki-Petäys ja Raimo Parmanne ovat kukin esittäneet tarkkanäköisiä ja hyödyllisiä täsmennys- ja korjausehdotuksia tämän kirjoitelman aikaisempiin versioihin. Suuri kiitos siitä heille. Tämä työ on osittain toteutettu Imatran Voiman Säätiön apurahalla.

Kirjallisuus

Adams, N.S., Rondorf, D.W., Evans, S.D. & Kelly, J.E. 1998. Effects of surgically and gastrically implanted radio transmitters on growth and feeding behavior of juvenile Chinook salmon. Trans. Am. Fish. Soc. 127:128-136.

Alfredsen, K. 1998. Habitat - a program system for physical fish habitat assessment. Pages 127-134 *in* Anon. (ed.): International workshop on environmental hydrodynamics and ecological river restoration in cold regions. Proceedings. Trondheim, Norway. 134 pp.

Bain, M.B. 1995. Habitat at the local scale: multivariate patterns for stream fishes. Bull. Fr. Pêche Piscic. 337/338/339:165-177.

Bardonnet, A. & Gaudin, P. 1990a. Diel pattern of first downstream post-emergent displacement in grayling (*Thymallus thymallus*) (L., 1758). J. Fish. Biol. 37:623-627.

Bardonnet, A. & Gaudin, P. 1990b. Diel pattern of emergence in grayling (*Thymallus thymallus* Linnaeus, 1758). Can. J. Zool. 68:465-469.

Bardonnet, A., Gaudin, P. & Persat, H. 1991. Microhabitats and diel downstream migration of young grayling (*Thymallus thymallus* L.). Freshwat. Biol. 26:365-376.

Bardonnet, A., Gaudin, P. & Thorpe, J.E. 1993. Diel rhythm of emergence and of first displacement downstream in trout (*Salmo trutta*), Atlantic salmon (*S. salar*) and grayling (*Thymallus thymallus*). J. Fish. Biol. 43:755-762.

Bartholow, J.M., Laake, J.L., Stalnaker, C.B. & Williamson, S.C. 1993. A salmonid population model with emphasis on habitat limitations. Rivers 4:265-279.

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 179:9-43.

Bovee, K.D. 1996. Perspectives on two-dimensional river habitat models: the PHABSIM experience. Pages 150-162 *in* Leclerc, M., Capra, H., Valentin, S., Boudreault, A. & Côté, Y. (eds.): 2nd international symposium on habitat hydraulics. Proceedings, vol. B. INRS-Eau, Québec.

Carlstein, M. & Eriksson, L.-O. 1996. Post-stocking dispersal of European grayling, *Thymallus thymallus* (L.), in a semi-natural experimental stream. Fisheries Management and Ecology 3:143-155.

Crisp, D.T. 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. Hydrobiologia 323:201-221.

Cunjak, R.A. 1996. Winter habitat of selected stream fishes and potential impacts from land-use activity. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:267-282.

Dahl, J. 1962. Studies on the biology of Danish stream fishes. 1. The food of grayling (*Thymallus thymallus*) in some Jutland streams. Medd. Danmarks Fisk. Havunders. 3:199-264.

Dyk, V. 1984. The characteristics of grayling biotopes. Acta Vet. Brno. 53:71-80.

Eloranta, A. 1985. Grayling [*Thymallus thymallus* (L.)] in the lower part of the Rautalampi watercourse, Finnish Lake District. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22:2555-2559.

Enholm, G. 1937. En undersökning av skärgårdsharren, *Thymallus thymallus* (L.) i Kvarken. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn. 60:454-475

Fabricius, E. & K.-J. Gustafson. 1955. Observations on the spawning behaviour of the grayling (*Thymallus thymallus* L.) Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 36:75-103.

FÅK 1986. Fiskevård i älvmagasin. Slutrapport från FÅK, del I. Fiskeristyrelsens Sötvattenslaboratorium. Drottningholm. Sverige. 115 s.

Gan, K. & McMahon, T. 1990. Variability of results from the use of PHABSIM in estimating habitat area. Regulated Rivers: Research ja Management 5:233-239.

Gore, J.A., Nestler, J.M. & Layzer, J.B. 1989. Instream flow predictions and management options for biota affected by peaking-power hydroelectric operations. Regulated Rivers: Research and Management 3:35-48.

Greenberg, L., Svendsen, P. & Harby, A. 1996. Availability of microhabitats and their use by brown trout (*Salmo trutta*) and grayling (*Thymallus thymallus*) in the River Vojmån, Sweden. Regulated Rivers: Research ja Management 12:287-303.

Gustafson, K.-J. 1949. Movements and growth of grayling. Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm 29:35-44.

Gönczi, A.P. 1989. A study of physical parameters at the spawning sites of the European grayling (*Thymallus thymallus* L.). Reg. Rivers Res. Manage. 3:221-224.

Haugen, T.O. & Rygg, T.A. 1996. Food- and habitat-segregation in sympatric grayling and brown trout. J. Fish Biol. 49:301-318.

Hayes, J.W. & Jowett, I.G. 1994. Microhabitat models of large drift-feeding brown trout in three New Zealand rivers. North American Journal of Fisheries Management 14:710-725.

Heggenes, J. 1988. Physical habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) in riverine systems. Nordic J. Freshw. Res. 64:74-90.

Heggenes, J., Baglinière, J.L. & Cunjak, R. 1995. Synthetic note on spatial niche selection and competition in young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in lotic environments. Bull. Fr. Pêche Piscic. 337/338/339:231-239.

Hicks, B.J., Hall, J.D., Bisson, P.A. & Sedell, J.R. 1991. Responses of salmonids to habitat changes. Pages 483-518 *in* Meehan, W.R. (ed.): Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. Am. Fish. Soc., Special publication 19, Bethesda, Maryland.

Hirvonen, S. 1998. Harjuksen radiotelemetriaseuranta Oulujoen Merikosken patoaltaalla. Opinnäytetyö. Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti. Parainen. 33 s.

Hubert, W.A., Helzner, R.S., Lee, L.A. & Nelson, P.C. 1985. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: Arctic grayling riverine populations. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 82(10.110). 34 p.

Hughes, N.F. & Dill, L.M. 1990. Position choice by drift-feeding salmonids: model and test for Arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in subarctic mountain streams, interior Alaska. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:2039-2048.

Hughes, N.F. 1992. Ranking of feeding positions by drift-feeding Arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in dominance hierarchies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49:1994-1998.

Hughes, N.F. & Reynolds, J.B. 1994. Why do arctic grayling (*Thymallus arcticus*) get bigger as you go upstream? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:2154-2163.

Hughes, N.F. 1998. A model of habitat selection by drift-feeding salmonids at different scales. Ecology 79:281-294.

Huovinen, T. 1998. Voimalaitosrakentamisen vaikutuksista Kitisen kalakantoihin. Opinnäytetyö. Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti. Parainen. 30 s.

Hurme, S. 1966. Harjus Suomen merenrannikolla. Suomen Kalastuslehti 73:185-188.

Hurme, S. 1975. Harjus Keski-Suomen vesissä. Urheilukalastus 5:12-13

Kaya, C.M. 1991. Rheotactic differentiation between fluvial and lacustrine populations of Arctic grayling (*Thymallus arcticus*), and implications for the only remaining indigenous population of fluvial 'Montana grayling'. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48:53-59

Knights, B.C. & Lasee, B.A. 1996. Effects of implanted transmitters on adult bluegills at two temperatures. Trans. Am. Fish. Soc. 125:440-449.

Kramer, D.L., Rangeley, R.W. & Chapman, L.J. 1997. Habitat selection: patterns of spatial distribution from behavioural decisions. Pages 37-79 *in* Godin, J.-G.J. (ed.): Behavioural ecology of teleost fishes. Oxford University Press Inc., New York.

Linlokken, A. 1993. Efficiency of fishways and impact of dams on the migration of grayling and brown trout in the Glomma River system, South-Eastern Norway. Regul. Rivers Res. Manage. 8:145-153.

Magee, L. 1993. A review of the grayling (*Thymallus thymallus* L.) in Yorkshire and some records of transfers of fish and ova. Naturalist. Bradford. 118:115-122.

Müller, K. 1961. Die Biologie der Äsche (*Thymallus thymallus*) im Lule älv (Swedish Lappland). Zeitschr. für Fisher. und deren Hilfswissensch 10:173-200.

Müller, K. & Karlsson, L. 1983. The biology of the grayling, *Thymallus thymallus* L., in coastal areas of the Bothnian Sea. Aq. Ser. Zool. 22:65-68.

Myllylä, M. 1982. Harjus *Thymallus thymallus* (L.) Kuusamon ylängöllä Koillis-Suomessa, Koutajoen vesistöalueella. Oulun yliopisto, eläintieteen laitos. Sivulaudatur-tutkielma. 132 s.

Mäki-Petäys A., Muotka T., Huusko A., Tikkanen P. & Kreivi P. 1997. Seasonal changes in microhabitat use and preference by juvenile brown trout *Salmo trutta* in a northern boreal river. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54:520-530.

Northcote, T.G. 1995. Comparative biology and management of Arctic and European grayling (Salmonidae, *Thymallus*). Reviews in Fish Biology and Fisheries 5:141-194.

Näslund, I. 1986. Habitat shifts in salmonids. Dept. Anim. Ecol., University of Umeå. Introductory research essay no 8. 25 s.

Orth, D.J. 1987. Ecological considerations in the development and application of instream flow-habitat models. Regulated Rivers: Research and Management 1:171-181.

Peake, S., McKinley, R.S., Scruton, D.A. & Moccia, R. 1997. Influence of transmitter attachment procedures on swimming performance of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. Trans. Am. Fish. Soc. 126:707-714.

Peňáz, M. 1975. Early development of the grayling, *Thymallus thymallus* (Linnaeus 1758). Acta Sci. Nat. Acad. Sci. Bohemoslov. Brno 9:1-35.

Persson, B.-G. & Walter, U. 1981. Harren i två kraftverksmagasin - en studie av näringsval, ålder och tillväxt. FÅK informerar 11. 50 s.

Peterson, H.H. 1968. The grayling, *Thymallus thymallus* (L.), of the Sundsvall Bay Area. Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm 48:36-56.

Pitcher, T.J. & Parrish, J.K. 1993. Functions of shoaling behaviour in teleosts. Pages 363-439 *in* Pitcher, T.J. (ed.) Behaviour of teleost fishes.

Rabeni, C.F. & Sowa, S.P. 1996. Integrating biological realism into habitat restoration and conservation strategies for small streams. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:252-259.

Reeves, G.H., Hall, J.D., Roelofs, T.D., Hickman, T.L. & Baker, C.O. 1991. Rehabilitating and modifying stream habitats. Pages 519-557 *in* Meehan, W.R. (ed.): Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. Am. Fish. Soc., Special publication 19, Bethesda, Maryland.

Romakkaniemi, A. 1990. Tornion-Muonionjoen harjus ja harjuksen kalastus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 10. 111 s.

Scott, A. 1985. Distribution, growth, and feeding of postemergent grayling *Thymallus thymallus* in an English river. Trans. Am. Fish. Soc. 114:525-531.

Sempeski, P. & Gaudin, P. 1995a. Size-related changes in diel distribution of young grayling (*Thymallus thymallus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52:1842-1848.

Sempeski, P. & Gaudin, P. 1995b. Habitat selection by grayling-II. Preliminary results on larval and juvenile daytime habitats. J. Fish Biol. 47:345-349.

Sempeski, P. & Gaudin, P. 1995c. Habitat selection by grayling - I. Spawning habitats. J. Fish Biol. 47:256-265.

Sempeski, P., Gaudin, P., Persat, H. & Grolet, O. 1995. Diet selection in early-life stages of grayling (*Thymallus thymallus*). Archiv für Hydrobiologie 132:437-452.

Seppovaara, O. 1982. Harjuksen (*Thymallus thymallus* L.) levinneisyys, biologia, kalastus ja hoitotoimet Suomessa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja nro 5. 88 s.

Shirvell, C.S. 1989. Ability of PHABSIM to predict chinook salmon spawning habitat. Regulated Rivers: Research and Management 3:277-289.

Shirvell, C.S. 1994. Effect of changes in streamflow on the microhabitat use and movements of sympatric juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and chinook salmon (*O. tshawytscha*) in a natural stream. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:1644-1652.

Sjöberg, G. & Henricson, J. 1985. Harrens födoval i reglerade älvar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 56 s.

Stalnaker, C.B.1993. Fish habitat evaluation models in environmental assessments. U.S. Fish and Wildlife Service, Fort Collins, CO. Pages 140-162 *in* S.G. Hildebrand & J.B. Cannon (eds.): Environmental analysis: The NEPA-experience. CRC Press, Boca Raton, Fla.

Stalnaker C., Lamb, B.L., Henriksen, J., Bovee, K. & Bartholow, J. 1995. The instream flow incremental methodology. A primer for IFIM. National Biological Service. U.S. Department of the Interior. Biological Report 29. 21 p.

Tuunainen, P. 1976. Harjuksen, *Thymallus thymallus* (L.), kasvu, ravinto ja kannan ikärakenne Näätämöjoen vesistön latvaosissa. Suomen Kalatalous 48:5-20.

Valentin, S., Sempeski, P., Souchon, Y. & Gaudin, P. 1994. Short-term habitat use by young grayling (*Thymallus thymallus*) under variable flow conditions in an experimental stream. Fisheries Management and Ecology 1:57-65.

West, R.L., Smith, M.W., Barber, W.E., Reynolds, J.B. & Haakon, H. 1992. Autumn migration and overwintering of Arctic grayling in coastal streams of the Arctic National Wildlife Refuge, Alaska. Trans. Am. Fish. Soc. 121:709-715.

Zahkarenko, G.M. 1973. Migrations of the grayling [*Thymallus thymallus* (L.)] in the upper reaches of the Pechora. Journ. Ichtyol. 13(4):628-629.

Zeh, M. & W. Doenni. 1994. Restoration of spawning grounds for trout and grayling in the river High-Rhine. Aquatic Sciences 56:59-69.

KUVAILULEHTI

Julkaisija

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Julkaisuaika

Kesäkuu 1999

Tekijä(t)

Mari Nykänen ja Ari Huusko

Julkaisun nimi

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä - kirjallisuusselvitys

Julkasun laji

Tutkimusraportti

Toimeksiantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Toimeksiantopäivämäärä

Projektin nimi ja numero

Virtavesikalojen elinympäristövaatimukset ja biologiset vuorovaikutukset 202214

Tiivistelmä

Lohikaloihin kuuluvan harjuksen (*Thymallus thymallus* (L.)) kannat ovat viime vuosikymmeninä taantunee monin paikoin Eurooppaa erilaisten ympäristömuutosten seurauksena. Elvyttämistoimenpiteiden aloittamista on osaltaan hidastanut harjusta koskevan perustutkimuksen niukkuus. Erityisen heikosti tunnetaan lajin pohjoisten alueiden habitaattivaatimukset. Tämän työn tarkoituksena oli koota kirjallisuudessa esitetty tietämys eurooppalaisen harjuksen virtavesimuodon elinympäristövaatimuksista ja habitaatin käytöstä.

Harjus on happipitoisissa, puhtaissa ja kirkkaissa vesissä viihtyvä pohjaeläinsyöjä, jonka tärkeimpinä elintila- ja ravintokilpailijoina pidetään siikaa ja taimenta. Harjus vaihtaa habitaattiaan vuodenajan mukaan syksyllä kalat vaeltavat talvehtimisalueilleen (mahdollisesti syvähköt suvannot, lähdealueet), keväällä kutualueelleen mataliin nivoihin tai sivujokiin ja kesäksi syönnösalueelleen. Talvehtimis- ja kutuvaellukset voivat ulottua kymmenien kilometrien päähän. Kesäisin kalat ovat paikkauskollisia, joskin vaeltavat ilmeisesti syönti- ja lepoalueiden välillä vuorokaudenajan mukaan.

Harjus kutee matalassa ja nopeavirtaisessa paikassa sorapohjalle. Vastakuoriutuneiden poikasten ensimmäinen habitaatti on joen heikkovirtainen ja usein hiekkapohjainen reunaosa, jossa kalat pysyttelevät pintavedessä saalistaen planktonia ja ajetta. Saavutettuaan noin 30-35 mm:n koon kalat siirtyvät pohjan läheisyyteen ja nopeampaan virtaan keskemmäs uomaa. Tässä vaiheessa poikasten ruokavalio muuttuu pohjaeläinvaltaiseksi. Aikuiset harjukset ovat ilmeisesti joustavia habitaatinvalintansa suhteen ja niitä tavataankin uoman kaikenlaisista osista, useimmiten kuitenkin nopeavirtaisilta ja kivikkopohjaisilta alueilta. Tiedot aikuisten harjusten elinympäristövalinnasta ovat kuitenkin puutteellisia ja lisätutkimuksia tarvitaan aikuisten kalojen olinpaikan valinnasta erityyppisissä jokiympäristöissä, etenkin kylmien vuodenaikojen osalta.

Asiasanat

Harjus, habitaatin käyttö, hierarkkinen habitaatinvalinta, vaellukset, vesistörakentamisen vaikutukset

Sarjan nimi ja numero

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 156

ISBN

951-776-224-0

ISSN

0787-8478

Sivumäärä

23 s.

Kieli

Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus

Julkinen

Myynti

Edita-kirjakauppa
Annankatu 44
00100 Helsinki
Puh. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki
Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Utgivningsdatum

Juni 1999

Författare

Mari Nykänen och Ari Huusko

Publikationens namn

Harrens miljökrav i rinnande vatten - litteraturundersökning

Typ av publikation

Rapport

Uppdragsgivare

Datum för uppdragsgivandet

Projektnamn och -nummer

Fiskens miljökrav och biologiska interaktioner i rinnande vatten 202214

Referat

Harren (Thymallus thymallus (L.)) är en laxfisk, vars bestånd under de senaste årtiondena decimerats kraftigt till följd av olika miljöförändringar i Europa. Återupplivningsförsöken hämmas av att grundforskningen gällande harren ännu trampar i barnskorna. Habitatkrav i de nordligaste områdena är särskilt illa kända. Avsikten med detta arbete var att samla den tillbudsstående kunskapen gällande älvlevande harrars miljökrav och habitatutnyttjande.

Harren är en bottendjursätare som lever i rent, klart vatten. Sik och öring är de viktigaste konkurrenterna. Habitaten varierar under året: på hösten vandrar fiskarna till sina övervintringsområden (troligen djupa selområden och källområden), på hösten till lekplatserna i grunda krökar och biflöden, medan sommaren tillbringas i ätområdena. Under sommaren är fiskarna ortstrogna, men simmar dock mellan ät- och viloområden under dygnet.

Harren leker i grunda, snabbt strömmande vatten med grusbotten. De nykläckta ungarnas första habitat är en älvkant med svag ström och sandbotten där de fångar plankton och drivgods nära ytan. Då ynglen blir ca 30 - 35 mm långa dyker de ner närmare bottnen och längre ut i fåran där strömmen är starkare. I detta skedet börjar de också äta mycket bottendjur. Fullvuxna harrar är uppenbarligen flexibla i sitt habitatval och påträffas i många olika delar av älven. De verkar dock att föredra områden med stark ström och stenbotten. Uppgifterna om fullvuxna harrars miljöval är dock tills vidare bristfälliga och vi behöver mera information om hur fullvuxna fiskar väljer habitat i olika typer av älvmiljöer, särskilt under vinterhalvåret.

Nyckelord

Harr, habitatval, hierarkiskt habitatval, vandringar, effekter av vattendragsutbyggnad

Seriens namn och nummer

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 156

ISBN

951-776-224-0

ISSN

0787-8478

Sidoantal

23 s.

Språk

Finska

Pris

50 mk

Sekretessgrad

Offentlig

Försäljning

Edita-bokhandel
Annegatan 44
00100 Helsingfors

Tel. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Förlag

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
PB 6
00721 Helsinki

Tel. 0205 7511 Fax 0205 751201

DOCUMENTATION PAGE

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Publication

Juni 1999

Author(s)

Mari Nykänen and Ari Huusko

Title of Publication

Habitat requirements and habitat use of riverine European grayling (Thymallus thymallus (L.)) — a review

Type of Publication

Research report

Commissioned by

Finnish Game and Fisheries Institute

Date of Research Contract

Title and Number of Project

Habitat preference criteria for lotic fishes with emphasis on the spatial relations between fishes, benthic macroinvertebrates and the stream habitat in seasonally varying lotic environments (202214)

Abstract

Grayling populations have reverted due to environmental perturbations during the last few decades. The limited knowledge of the ecology of grayling has been partly responsible for the low focus on grayling stock enhancement. Especially little is known on habitat requirements of grayling in northern streams and rivers. In this litterature study we present a review on habitat requirements and habitat use of European grayling in riverine environment.

European grayling prefer clean, clear and well oxygenated running waters. Grayling mainly exploit macroinvertebrates. Thus, trout and riverine whitefish are the most common competing species. Grayling make seasonal habitat shifts: in autumn the fish move to wintering areas (deep pools, groundwater areas); in spring they migrate to spawning areas (shallow runs) and, after spawning, the fish seek suitable feeding areas. Migrations can be dozens of kilometres. In summer, grayling are mostly resident, although they make short diurnal movements between resting and feeding habitats.

Grayling spawn on gravel beds having a shallow water depth and swift currents. Newly-hatched larvae drift to low velocity pool areas where they hunt for zooplankton and small macroinvertebrates. At a size of 30-35 mm in length the fish move to a river bottom habitat and leave the littoral pool habitat. The fish then start to eat primarily macroinvertebrates. The adult fish are rather flexible in their habitat use and they can be found in all kinds of riverine habitats, however, most often along the stony bottoms of rivers with swift water velocity.

For rehabilitation of riverine environments and the enhancement of grayling stocks more data is urgently needed on the habitat use and migration of grayling. The winter ecology of grayling is perhaps the most poorly understood.

Key words

grayling, habitat use, preference, migration, hierarchical habitat selection

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 156

ISBN

951-776-224-0

ISSN

0787-8478

Pages

23 p.

Language

Finnish

Price

50 mk

Confidentiality

Public

Distributed by

Oy Edita Ab
Book-shop
Annankatu 44
FIN-00100 Helsinki, Finland
Phone +358 9 566 0566 Fax +358 9 566 0570

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute
P.O.Box 6
FIN-00721 Helsinki, Finland
Phone +358 205 7511 Fax +358 205 7511

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

155. Saimaan järvilohen elinolosuhteiden parantaminen. (Hur kan förhållandena för insjölaxen i Saimen förbättras?) (Improving the living conditions for Saimaa landlocked salmon). Makkonen, J. (toim.). 97 s. Helsinki 1999

154. *JUTILA, E., JOKIKOKKO, E., SALO, P.*
Viehekalastuksen kehitys Simojoella - kalastus Simossa ja Ranualla 1994 -1997
(Utvecklingen av spöfisket i Simojoki - fisket i Simo och Ranua åren 1994 - 97) (Development of rod fishing in the Simojoki River: fishing in the municipalities of Simo and Ranua, 1994-1997). Helsinki 1999

153. *HEIKINHEIMO, O.*
Siian kalastuksen säätely sisävesissä.
(Reglering av sikfisket i insjöområdet) (Management of the whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) fishery in inland waters). 26 s. Helsinki 1999

152. *MIINALAINEN, M., VUORIMIES, O., HEIKINHEIMO, O.*
Hauen ravinto Vuokalanjärvessä. (Gäddans näring i Vuokalanjärvi) (The Food of Northern Pike (Esox lucius L.) in Lake Vuokalanjärvi). 29 s. Helsinki 1998.

151. *KOSKELA, J., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A.., FORSMAN, L.*
Ahvenen kasvatuksen kannattavuus - taloudellis-biologinen analyysi.
(Lönar det sig att odla abborre? - ekonomisk-biologisk analys) (Evaluation of the Profitability of the Short-term Cultivation of Perch: A Cost-Benefit Analysis). 21 s. Helsinki 1998.

150. *KAUKORANTA, M., KOLJONEN, M.-L., KOSKINIEMI, J., PENNANEN, J.T.*
Kala-atlas. Nahkiainen, pikkunahkiainen, lohi, taimen, nieriä, siika, muikku, harjus, toutain, vimpa, rantaneula ja kivisimppu - esiintymät ja kantojen tila. (Fiskatlas. Utbredning och tillstånd gällande bestånden av nejonöga, bäcknejonöga, lax, öring, röding, sik, siklöja, harr, asp, vimba, nissöga och stensimpa.) (Atlas of Finnish Fishes. Distribution of lamprey, brook lamprey, salmon, trout, Arctic charr, whitefish, vendace, grayling, asp, vimba, spined loach and bullhead, and status of the stocks). 57 s. Helsinki 1998.

149. *MUTENIA, A., KORHONEN, P.*
Lokan ja Porttipahdan haukikantojen hoito.
(Vård av gäddbestånden i Lokka och Porttipahta) (Management of Pike Stocks in the Lokka and Porttipahta reservoirs.) 32 s. + liitteet. Helsinki 1998.

148. *JUVANKOSKI,N., SETÄLÄ, J.,HONKANEN, A., SAARNI, K., MICKWITZ, P.*
Tukku- ja vähittäiskaupan näkemys kirjolohifileen kokonaislaadusta.
(Parti- och detaljhandelns syn på totalkvaliteten hos regnbågsfilé) (The Quality of Rainbow Trout Fillets According to Wholesalers and Retailers). 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

147. *ESKELINEN, P., KOSKINIEMI, J.*
Rautalammin reitin taimenen säilyttäminen eri viljelykantoja yhdistämällä.
(Kan öringen från Rautalampistråten bevaras genom kombination av olika odlade bestånd?) (Crossbreeding of separate reared strains of brown trout originating from Rautalampi watercourse). 16 s. Helsinki 1998.

146. *HAAPALA, A., MÄKI-PETÄYS, A., HUUSKO, A.*
Lohen (*Salmo salar* L.) jokipoikasille soveltuva elinympäristö ja sen käyttö — kirjallisuusselvitys.
(Livsmiljöer lämpliga för älvyngel av lax (Salmo salar L.) och utnyttjandet av dessa. Litteraturundersökning) (Habitat use and preference of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) in streams: a review). 21 s. Helsinki 1998.

145. *HAKKARI, L., SELIN, P., WESTMAN, K., MIELONEN, M.*
Planktonsiian ja peledsiian ravinnosta ja ravintokilpailusta Evon Majajärvessä ja Valkea-Mustajärvessä
(Näring och näringskonkurrens gällande plankton- och peledsik i sjöarna Majajärvi och Valkea-Mustajärvi i Evois.) (Food and competition for food of *Coregonus muksun* and *Coregonus peled* in lakes Majajärvi and Valkea-Mustajärvi, Evo.) 27 s. + liitteet. Helsinki 1998.

144. *MIKKOLA, J.*
Havin vuoden 1995 pesuainepäästön kalataloudelliset vaikutukset ja vahinkoarvio.
(Fiskeriekonomiska följder och uppskattning av skadorna till följd av tvättmedelsutsläppet från Havi år 1995.) (Effects on fisheries and the estimation of damage caused by the Hackman Havi detergent discharge.) 34 s. + liitteet. Helsinki 1998.

143. *SAARNI, K., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A.*
Kalakaupan ja jalostuksen odotukset kalanviljelyn monipuolistamiseksi.
(Fiskhandelns och -förädlingens förväntningar på en mera mångsidig fiskodling) (The prospects of fish wholesalers and fish processors to increase variety in fish farming) 22 s. Helsinki 1998.

142. *LEINONEN, T., KORHONEN, P., SÄKKI, S.*
Altaiden kattamisen ja vedenlaadun vaikutus vesihomeen esiintymiseen ja kalojen kuolleisuuteen.
(Effekten av baasängtäckning och vattenkvalitet på förekomst av vattenmögel och på fiskens dödlighet) (The effect of water quality and the covering of ponds on the fish mortality rate and the appearance of aqautic fungi) 24 s. + liitteet. Helsinki 1998.

141. *HONKANEN, A., EEROLA, E., SETÄLÄ, J.*
Kalan käyttö eri väestöryhmissä - kotitalouksien haastattelututkimuksen satoa.
(Fiskkomsumtionen i olika befolkningsgrupper - resultat av en intervjuundersökning i hushållen) (Behavioural Patterns Related to Finnish Fish Comsumption: An Analysis of Demographic Charasteristics). 38 s. + liitteet. Helsinki 1998.

140. *HEIKINHEIMO, O., VALKEAJÄRVI, P.*
Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä - Päätösanalyysitarkastelu
(Reglering av örings- och sikfisket i Päijänne - Granskning av beslutsanalys) (Management of the brown trout (Salmo trutta m. Lacustris) and whitefish (Coregonus lavaretus) fishery in Lake Päijänne: A desicion analysis approach). 40 s. Helsinki 1998.

139. *MIINALAINEN, M., HEIKINHEIMO, O.*
Siikamuotojen ravintokilpailu Vuokalanjärvessä.
(Födokonkurrens mellan olika sikformer i Vuokalanjärvi) (Food segregation between five whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) stocks in Lake Vuokalanjärvi). 39 s. Helsinki 1998

138. *AALTO, J., NIEMELÄ, E., JULKUNEN, M., ERKINARO, J.*
Taimenen poikastiheydet, kasvu ja vaellukset Lutto- ja Nuorttijoessa.
(Yngeltätheter, tillväxt och vandringar hos öring i Lutto- och Nuorttijoki) (Juvenile densities, growth and migration of brown trout (Salmo trutta L.) in the Rivers Luttojoki and Nuorttijoki, northern Finland). 38 s. Helsinki 1998

137. *KEMPPAINEN, S., MÄÄTTÄ, V., PASANEN, P., MÄÄTTÄ, E.*
Nieriälajit vertailussa - Elämänkaari poikasesta fileeksi
(Jämförelse mellan olika arter av röding - Livscykel från yngel till filé) (Comparison Between Salvelinus species: Lifespan from Fry to Fillet) 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

136. *SETÄLÄ, J.*
Parantaako silakan tehokas jäähdytys troolikalastuksen kannattavuutta?
(Förbättrar effektiv kylning av strömming trålfiskets lönsamhet?) (Does effective chilling increase the profitability of trawl fisheries?) 36 s. Helsinki 1998.

135. Sähkökalastus ja sen luotettavuus Tenon lohen poikastiheyksien seurannassa.
(Användning av elfiske vid bedömningen av yngeltätheter i Tana älv) (Electrofishing as a method of density estimation of salmon juveniles in the River Teno). Julkunen, M. Niemelä, E. (Toim.). 56 s. Helsinki 1997.

134. *VALKEAJÄRVI, P., TAKKUNEN, T., ESKELINEN, P., KOVANEN, J.*
Rautalammin reitin taimen tulee takaisin - menetelminä monipuoliset istutukset ja kalastuksen säätely.
(Öringen från Rautalampistråten kommer tillbaka - tack vare fiskereglering och mångsidiga utplanteringar) (The brown trout stock of Rautalampi watercourse comes back - by the means of fishing regulation and many-sided stockings). 28 s. Helsinki 1997.

133. Saimaan nieriä, syvien vesien uhanalainen.
(Saimen rödingen, en hotad djupvattensart) (Saimaa Arctic char, the threatened deep water fish). Makkonen, J. (toim.). 129 s. Helsinki 1997.

132. *TAMMI, J., LAPPALAINEN, A., MANNIO, J., RASK, M., VUORENMAA, J.*
Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa. Otantaan perustuva järvikartoitus.
(Insjöeutrofiering och fiskbestånd i Finland. Sjöinventering baserad på sampling) (Eutrophication and Fishes in Finnish Lakes: A Survey Based on Random Sampling). 35 s. Helsinki 1997

131. *KÄYHKÖ, A., SETÄLÄ, J., SALMI, P.*
Vajaakäyttöisen järvikalan jalostuksen ongelmat ja kehittäminen.
(Förädling av svagt utnyttjad insjöfisk i Finland) (Processing of under-utilized freshwater fishes in Finland). 31 s. Helsinki 1997.

130. *LAUKKANEN, M.*
Itämeren lohenkalastuksen bioekonominen analyysi.
(Bioekonomisk analys av laxfisket i Östersjön) (A Bioeconomic Analysis of the Baltic Salmon Fishery). 35 s. Helsinki 1997.

129. *LEHTONEN, H., VUORIMIES, O., BÖHLING, P., AUVINEN, H.*
Kalakantojen vuosiluokkavaihteluiden mekanismit - Kirjallisuuskatsaus.
(Mekanismerna bakom fiskbeståndens årsklassvariationer - Litteraturöversikt) (The Mechanisms of Year-class Fluctuations in Fishes - A Literature Review). 44 s. Helsinki 1997.

128. *HYVÄRINEN, P.*
Erikokoisten järvitaimenistukkaiden kannattavuusvertailu Oulujärvellä.
(Lönsamhetsjämförelse vid utplantering av olika stora öringsyngel i Ule träsk) (Comparison of the Profitability of the Stocking of Different-Sized Brown Trout in Lake Oulujärvi). 26 s. Helsinki 1997.

127. *SALONEN, E., MUTENIA, A., KOTAJÄRVI, M.*
Lokan ja Porttipahdan peledsiika. Tekojärvien siikakantojen vaihtelu vuosina 1987-1996.
(Peledsiken i Lokka och Porttipahta. Sikbeståndens variation i konstgjorda sjöar 1987 - 1996) (Peled in the Lokka and Porttipahta Reservoirs. The Variations in the Stocks from 1987 - 1996). 34 s. Helsinki 1997.

126. Kalastuskiistat haasteena hallinnolle - näkökulmia sisävesien paikallisiin ristiriitoihin
(Fiskekonflikter som en utmaning för förvaltningen - synpunkter på lokala konflikter i insjöområdet) (Perspectives on Fishery Conflicts in Finnish Lakes). Pekka Salmi (toim.). 71 s. Helsinki 1997.

125. *SUTELA, T. JA HUUSKO, A.*
Virkistyskalastus Kuusinki-, Kitka- ja Oulankajoella.
(Fritidsfisket i älvarna Kuusinki-, Kitka- och Oulankajoki) (Recreational fishery in rivers Kuusinkijoki, Kitkajoki and Oulankajoki). 24 s. Helsinki 1997.

124. *FRIMAN, T., KOLARI, I., TOIVONEN, J.*
Merkitseekö menetelmä? Carlin-merkinnän virhetekijät kaksi- ja kolmivuotiaina istutetuilla järvitaimenilla.
(Spelar metoden någon roll? Felkällor vid Carlin-märkning av insjööringar utplanterade som två- och treåringar) (The errors caused by Carlin-tagging in the estimation of stocking results of two-and three-year-old brown trout (Salmo trutta m. lacustris)). 27 s. Helsinki 1997.

123. *TOIVONEN A.-L.*
Toistuvan jäätymisen ja sulamisen vaikutus kalanpyydysten havasmateriaaleihin.
(Inverkan av upprepad infrysning och upptining på redskapsmaterial) (The Effects of Feeze-thaw Cycling on Fishing Gear Materials). 30 s. Helsinki 1997.

122. Lähikuvia ammattikalastuksesta - Kalastusammatin rakenne, joustavuus ja mahdollisuudet.
(Yrkesfisket i närbild. Fiskaryrkets struktur, flexibilitet och möjligheter) (Close-ups on the Commercial Fishery; Structure, Flexibility and Opportunities of the FishingTrade). Juhani Salmi ja Pekka Salmi (toim.). 125 s. Helsinki 1997.

121. *RAITANIEMI, J.*
Rannikon siikojen iänmäärityksen luotettavuus.
(Hur pålitlig är åldersbestämningen av kustsikar?) (The reliability of the ageing of whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) on the Finnish Baltic coast). Helsinki 1997.

120. *JOKIKOKKO, E.*
Muikun ja siian lisääntymisedellytyksistä Perämerellä.
(Förutsättningar för förökning av siklöja och sik i Bottenviken) (The breeding potential of whitefish and vendace in Bothnian Bay). 32 s. Helsinki 1997.

119. *HYVÄRINEN, P., VIRTANEN, K., VEHANEN, T., KOSKINIEMI, J., KANNEL, R. PURSIAINEN, M.*
Viihtyykö vieras kala Oulujärvessä? Taimenkantojen ja järvilohen soveltuvuus Oulujärven hoitokalaksi.
(Trivs främmande fiskar i Ule träsk? Jämförelse av olika utplanterade bestånd av öring och insjölax) (Does the strange fish stocks succes in lake Oulujärvi? Results of stocking four brown trout stocks and land locked salmon in Lake Oulujärvi). 39 s. Helsinki 1996.

118. *VEITOLA, K., MÄKINEN, T.*
Kalankasvatuksen ympäristöpolitiikka- Tavoitteiden ja tosiasiatietojen yhdistelmä
(Fiskodlingens miljöpolitik - en kombination av målsättningar och fakta) (The Environmental Politics of Fish Farming: A Combination of Goals and Facts). 52 s. Helsinki 1996

117. Mädin desinfiointi - laadun hallintaa käytännössä
(Romdesinfektion i avsikt att kontrollera romproduktionens kvalitet) (The Disinfection of Fish Eggs: Quality Control in Practice). Päivi Eskelinen (toim.), 69 s. Helsinki 1996

116. *SALMI, J., HONKANEN, A., JURVELIUS, J., MOILANEN, P., SALMI, P., VESALA, K. M.*
Haastatteluja Hangosta Utsjoelle. Ammattikalastuksen profiilitutkimuksen metodiikkaa.
(Intervjuer från Hangö till Utsjoki, metodik för profilundersökningar av yrkesfisket) (Interviewing Commercial Fishermen in Finland: The Methodology of the Study). 26 s. Helsinki 1996.

115. *PARMANNE, R., SETÄLÄ, J.*
Silakan rehukalastuksen taloudellinen merkitys ja vaikutus silakkakantoihin
(Foderfiskets effekter på strömmingsbestånden) (The effect of fodder fishing on Baltic herring stocks)
27+18 s. Helsinki 1996.

114. *SALMINEN, M.*
Istutusiän ja -koon merkitys merilohen vaelluspoikasten istutuksissa
(Utplanteringsålderns och -storlekens betydelse vid utplantering av smolt av havlax)(The Influence of Stocking Age and Size on the Results of Salmon Smolt Stocking). 59 s. Helsinki 1996.

113. Inarijärven pohjasiika - Istutusten merkitys.
(Storsiken i Enare träsk - utplanteringarnas betydelse) (Sparsely-rakered Whitefish from Lake Inari: Results from Stocking). Erno Salonen (toim.), 90 s. Helsinki 1996

112. *SOMPPI, K., RAITANIEMI, J., RASK, M.*
Kalkituksen vaikutukset särki- ja ahvenkantoihin Etelä-Suomen happamoituneissa pikkujärvissä
(Kalkningens effekter på mört- och abborrbestånd in södra Finlands försurade sjöar) (The Effects of Liming on Roach and Perch Populations of Small Acidified Lakes in Southern Finland). 41 s. + 9 liitettä. Helsinki 1996.

111. *RAHKONEN, R., PASTERNACK, M., POHJANVIRTA, T., PYLKKÖ, P., LINDÉN, J.*
Kokeita Apoject 1-Fural paisetautirokotteella 1993-1995
(Försök med Apoject 1-Fural furunkulosvaccin 1993-1995) (Experiments with Apoject 1-Fural Furunculosis Vaccine, 1993 - 1995). 24 s. Helsinki 1996.

110. Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi, Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät
(Utplanterade yngels livscykel - från romkorn till fångst, Statens fiskodlings XX diskussionsdagar) (Fish stocking - lifecycle eggs to catch, State Fish Culture Conference, No. XX). Jarmo Makkonen ja Markku Pursiainen (toim.), 103 s. + 4 liitettä. Helsinki 1996.

109. *PYLKKÖ, P., POHJANVIRTA, T., PURSIAINEN, M.*
Nieriän (Salvelinus alpinus) silmäsamentumat
(Grumling av ögat hos röding (Salvelinus alpinus)) (Cataract of Arctic charr (Salvelinus alpinus)). 21 s. Helsinki 1996

108. *MAKKONEN, J., PIIRONEN, J., PURSIAINEN, M., TOIVONEN, J., KOLARI, I.*
Pyyntitavat heikentävät järvitaimenen istutustulosta — Vuoksen vesistöalueelle vuosina 1979 — 1992 tehtyjen Carlin-merkintöjen tulokset.
(Utplanteringsresultatet för insjööring försämras av fångstmetoderna — Resultat av Carlin-märkningar i Vuoksi insjösystem åren 1979 — 1992)(Fishing methods decrease the impact of stocking brown trout — Results of Carlin tagging experiments in the Vuoksi watercourse from 1979 — 1992).105 s. + liite. Helsinki 1996.

107. *LAPPALAINEN, A., PÖNNI, J.*
Suomenlahti kalastajan silmin — Tutkimus Suomenlahden likaantumisesta ja vapaa-ajankalastuksesta
(Finska viken ur fiskarens synpunkt — En undersökning av föroreningen av Finska viken och fritidsfisket) (The Gulf of Finland in the Fisherman's eyes — Pollution and Recreational Fishery in the Gulf on Finland). Helsinki 1996.

106. *KORHONEN, P., KOSKINIEMI, J., TOLONEN, K.*
Taimenen ja kotiutetun puronieriän tila Ylä-Kemijoella vuosina 1993 — 1994
(Öringens och den införda bäckrödingens situation i Kemi älvs övre lopp åren 1993 — 1994) (The State of Brown and Stocked Brook Trout Populations in the Upper Part of the Kemijoki River between 1993 and 1994). 42 s. + 8 liitt. Helsinki 1996.

105. *RAITANIEMI, J., HEIKINHEIMO, O., MIKKOLA, J.*
Vaellussiika — Uudenmaan rannikon tuottoisa istutuskala

(Vandringssiken — resultatrik utplantering längs den nyländska kusten) (Whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) — Successful Stocking on the Coast of the Province of Uusimaa). 28 s. Helsinki 1996.

104. *SAURA, A., MIKKOLA, J.*

Henkiin herätetty lohijoki — Kymijoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1992—1994

(En laxälv som återuppstått — Vandringsfiskundersökningar i Kymmene älv å 1992—1994) (Revived salmon river — Studies on migratory fish in the River Kymijoki from 1992—1994). 100 s. Helsinki 1996.

103. *TAMMI, J.*

Rehevöitymisen vaikutukset kaloihin, kalakantoihin ja kalastukseen –kirjallisuuskatsaus

(Eutrofieringens effekter på fisk, fiskbestånd och fiske – litteraturöversikt) (The Effects of Eutrophication on Fishes, Fish Stocks and Fisheries – A Literature Review). 66 s. Helsinki 1996.

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä

Kirjallisuusselvitys

Lohikaloihin kuuluva harjus (*Thymallus thymallus* (L.)) on viime vuosikymmeninä taantunut monin paikoin Europpaa erilaisten ympäristön muutosten seurauksena. Suomessakin uittoperkaukset, teollisuuden ja asutuksen jätevedet, voimalaitokset, järvien vedenpinnan lasku, metsä- ja suo-ojitukset ovat heikentäneet ja tuhonneet kantoja. Myös liiallinen kalastus sekä riittämätön ja taitamaton kalakantojen hoito ovat syyllisiä harjuskantojemme nykytilaan.

Harjuskantojen elvyttämistä on osaltaan vaikeuttanut perustutkimuksen niukkuus. Erityisen heikosti tunnetaan lajin pohjoisten alueiden elinympäristövaatimukset. Jokien kunnostuksilla voidaan vaikuttaa kalaston hyvinvointiin vain, jos kunnostustyön pohjana on tieto lajin elintavoista ja elinympäristön valinnan perusteista. Tämän työn tarkoituksena on koota kirjallisuudessa esitetty tietämys eurooppalaisen harjuksen virtavesimuodon elinympäristövaatimuksista ja elinympäristön käytöstä.

RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS