Lohen (*Salmo salar* L.) kutu- ja smolttivaelluksen seuranta Utsjoessa

Pro gradu –tutkielma
Panu Orell
Helsingin yliopisto
Limnologian ja
ympäristönsuojelun laitos
Toukokuu 2003

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty	Laitos — Institution — Department
Maatalous-metsätieteellinen	Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos

Tekijä — Författare — Author
Orell Panu Juhana

Työn nimi — Arbetets titel — Title
Lohen (*Salmo salar* L.) kutu- ja smolttivaelluksen seuranta Utsjoessa

Oppiaine —Läroämne — Subject
Kalataloustiede

Työn laji — Arbetets art — Level	Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages
Pro gradu -tutkielma	Toukokuu 2003	61

Tiivistelmä — Referat — Abstract

Lohen (*Salmo salar* L.) kutu- ja smolttivaellusta tutkittiin yhden vedenalaisen videokameran avulla Utsjoen vesistössä kesällä 2001. Lisäksi kesällä 2002 seurattiin Utsjoessa nousulohien ja vaelluspoikasten käyttäytymistä kaikkiaan kahdeksan vedenalaisen videokameran avulla.

Tässä työssä tarkasteltiin vedenalaisen videokuvauksen soveltuvuutta lohen kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaiseen seurantaan. Tutkimuksella selvitettiin Utsjoesta lähteviä vaelluspoikasmääriä, vaelluksen ajoittumista, parvikokoa ja toisaalta jokeen nousevia emokalamääriä, emokalojen kokoa, niiden nousun ajoittumista sekä parvikokoa. Lisäksi tarkasteltiin veden lämpötilan ja –korkeuden vaikutuksia vaelluksiin, kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaisuutta sekä nousulohien ja smolttien vaelluskäyttäytymistä.

Videoaineiston mukaan tutkimusjaksolla (23.6.-20.7.) Utsjokeen nousi yli 4000 emokalaa ja joesta vaelsi n. 6000 smolttia kohti Tenovuonoa. Molemmat vaellukset olivat huipussaan lähes heti kuvausten aloittamisen jälkeen. Nousulohet vaelsivat joko yksittäin tai pienissä parvissa, joiden koko vaihteli välillä 2-15 lohta. Vastaavasti smoltit vaelsivat yleensä parvissa, joissa oli 2-130 kalaa. Utsjokeen nousseet emolohet olivat pääsääntöisesti yhden merivuoden lohia (95 %). Sekä nousulohet että smoltit vaelsivat ympäri vuorokauden, mutta eniten nousulohia liikkui yöllä (21-03) ja vastaavasti smoltteja vaelsi eniten aamulla (03-09). Veden lämpötilalla ja –korkeudella havaittiin negatiivinen korrelaatio nousulohimäärien kanssa. Vaelluspoikasten osalta negatiivinen riippuvuus havaittiin vain veden lämpötilan kanssa. Nousulohien ja smolttien vaelluskäyttäytymiseen vaikutti Utsjoen sillan aiheuttama varjo. Vaelluspoikaset liikkuivat sekä passiivisesti virran mukana että aktiivisesti uimalla käyttäen koko vesimassan syvyyttä. Päivätasolla tarkasteltuna kutu- ja smolttivaellus tapahtuivat varsin samanaikaisesti.

Utsjoen nousulohikannat olivat todennäköisesti luontaisen kannanvaihtelusyklin huipulla kesällä 2001. Vastaavasti vaelluspoikasten määrä oli melko alhainen viitaten heikompien lohivuosien tuloon. Johtopäätöksiä tehtäessä täytyy kuitenkin huomioida, että yhdellä kameralla ei pystytty kuvaamaan koko vaellusväylää ja kuvausjakso kattoi vain osan vaelluksien kestosta. Lisäksi vaelluspoikasten havaittavuus oli heikompi kuin nousulohien. Utsjoen nousulohet ja vaelluspoikaset eivät olleet erityisen hämäräaktiivisia, kuten monilla eteläisemmillä joilla on havaittu. Tämä saattaa johtua "yöttömästä yöstä", joka poistaa yöllä liikkumisen edun saalistuksen välttämisen kannalta. Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, ettei veden lämpötilalla ja –korkeudella ollut suuria vaikutuksia vaelluksien intensiteettiin. Ilmeisesti suurissa esteettömissä joissa ympäristömuuttujien merkitys ei ole niin selvä kuin pienemmissä ja vaikeakulkuisissa joissa. Kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaisuus viittaa siihen, että nousulohet ja vaelluspoikaset reagoivat samantyyppisesti vallitseviin olosuhteisiin.

Vedenalaisen videokuvauksen havaittiin soveltuvan kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaiseen seurantaan. Erityisesti pohjoisilla lohijoilla menetelmä on käyttökelpoinen hyvän valaistuksen ja kirkkaiden vesien takia. Videokuvauksen avulla saadaan ympärivuorokautista tietoa vaelluksista jopa sekunnin tarkkuudella. Lisäksi monille muille kalamäärien arviointimenetelmille tyypillinen kalojen käsittely vältetään kokonaan. Menetelmässä on kuitenkin lukuisia epävarmuustekijöitä, jotka heikentävät sen luotettavuutta. Ongelmia aiheuttavat mm. aurinkoisien päivien vastavalo, nousulohien ja vaelluspoikasten erilainen havaittavuus, edestakaisin vaeltavat nousulohet sekä kameran kuva-alueella liikkuvat muut kalat (harjukset, siiat ja lohen jokipoikaset). Epävarmuustekijöiden lisäksi pitkät kuvausjaksot tuottavat runsaasti materiaalia, jonka analysointi on työlästä. Tulevaisuudessa erilaiset konenäköohjelmat voivat kuitenkin vähentää analysointiin kuluvaa työmäärää.

Avainsanat — Nyckelord — Keywords
Salmo salar, vedenalainen videokuvaus, kutuvaellus, smolttivaellus, Utsjoki

Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited
Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos, kirjasto; Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL), Oulun riistan- ja kalantutkimus, kirjasto; RKTL, Tenojoen kalantutkimusasema, kirjasto.

Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information

Sisältö

1. Johdanto 4

2. Tutkimusalue 6

3. Aineisto ja menetelmät 10

3.1. Videokuvaukset 10

3.2. Videokuvauslaitteet ja kuvausasetukset 11

3.3. Videonauhojen analysointi 12

3.4. Veden lämpötila, vedenkorkeus ja virrannopeus 13

3.5. Suomunäytteet ja saalistilastot 13

3.6. Aineiston muunnokset 14

3.7. Tilastolliset menetelmät 14

4. Tulokset 15

4.1. Kutuvaellus 15

4.1.1. Nousulohimäärät 15

4.1.2. Parvikoko 16

4.1.3. Meri-ikäjakauma 17

4.1.4. Kutuvaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen 18

4.1.5. Ympäristötekijöiden vaikutus kutuvaellukseen 20

4.1.6. Nousulohien vaelluskäyttäytyminen 21

4.2. Smolttivaellus 22

4.2.1. Vaelluspoikasmäärät 22

4.2.2. Parvikoko 24

4.2.3. Smolttivaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen 25

4.2.4. Ympäristötekijöiden vaikutus smolttivaellukseen 27

4.2.5. Vaellussyvyys 29

4.2.6. Uintisuunta 30

4.2.7. Muut käyttäytymishavainnot 32

4.3. Kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaisuus ... 32

5. Tulosten tarkastelu ... 33

5.1. Kutuvaellus ... 33

5.1.1. Nousulohimäärät, vaelluksen ajoittuminen ja kesto ... 33

5.1.2. Parvikoko ... 35

5.1.3. Meri-ikä ... 36

5.1.4. Kutuvaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen ... 37

5.1.5. Ympäristötekijöiden vaikutus kutuvaellukseen ... 38

5.1.6. Vaelluskäyttäytyminen ... 40

5.2. Smolttivaellus ... 42

5.2.1. Vaelluspoikasmäärät, vaelluksen ajoittuminen ja kesto ... 42

5.2.2. Parvikoko ... 43

5.2.3. Smolttivaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen ... 44

5.2.4. Ympäristötekijöiden vaikutus smolttivaellukseen ... 46

5.2.5. Smolttien vaelluskäyttäytyminen ... 49

5.3. Kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaisuus ... 51

5.4. Menetelmän soveltuvuus ... 51

6. Kiitokset ... 53

7. Kirjallisuus ... 55

Liite 1. ... 61

1. Johdanto

Lohi (*Salmo salar* L.) on anadrominen vaelluskala, joka syntyy ja elää nuoruusvaiheensa makeassa vedessä (joessa, elää myös järvissä) (Mills 1989). Jokipoikasvaihe kestää yleensä yhdestä neljään vuotta (mm. Mills 1989, Metcalfe & Thorpe 1990). Pohjoista kohden jokipoikasvaiheen pituus kuitenkin kasvaa (Metcalfe & Thorpe 1990), koska poikasten vuosittainen kasvu heikkenee. Jokipoikasvaiheen jälkeen poikaset muuttuvat vaelluspoikasiksi eli smolteiksi. Smoltifikaatiossa lohenpoikasen morfologia, fysiologia ja käyttäytyminen muuttuvat (Hoar 1953). Muutosten seurauksena poikaset vaeltavat kasvualueilleen mereen. Merivaiheen aikana lohet kasvavat nopeasti ja saavuttavat sukukypsyyden. Merivaiheen kesto vaihtelee, mutta se on yleensä 1-4 vuotta (Saunders & Schom 1985). Mereltä sukukypsät kalat palaavat tavallisesti syntymäjokeensa lisääntymään.

Lohella on myös vaihtoehtoisia elämäntapoja, jolloin smolttivaellus tapahtuu järveen (MacCrimmon & Gots 1979, Berg 1985) tai sitä ei tapahdu lainkaan (Berg 1985, Berg & Gausen 1988). Lisäksi lohella tavataan varhaissukukypsiä jokipoikaskoiraita (Saunders & Schom 1985).

Ympäristömuutosten ja voimakkaan kalastuspaineen takia lohikantojen tila on heikentynyt koko Atlantin lohen levinneisyysalueella (MacCrimmon & Gots 1979). Suomessa useimmat lohikannat ovat kuolleet sukupuuttoon. Lohen luonnonkantoja on jäljellä maassamme vain Itämereen laskevissa Tornionjoessa ja Simojoessa sekä Jäämereen laskevissa Teno- ja Näätämöjoessa (Böhling & Juntunen 1999). Avain jäljellä olevien lohikantojen menestykselliseen hoitoon on aktiivinen elinympäristöjen suojelu sekä kalastuksen säätely. Suojelua ja kalastuksen säätelyä varten tarvitaan tietoa lohikannoista.

Maailmalla lohta ja sen eri elämänvaiheita on tutkittu varsin runsaasti. Sekä smoltti- että kutuvaellusta on tutkittu useilla eri menetelmillä. Vaelluspoikastutkimuksissa on käytetty perinteisesti erilaisia rysäpyydyksiä (mm. White 1939, Hansen ym. 1984, Veselov ym. 1998, Jonsson ym. 1998). Toisaalta käytössä on ollut myös yksilöllisiä menetelmiä, kuten ultraäänilähettimiä (mm. McCleave 1978, Tytler ym. 1978, Thorpe ym. 1981). Kanadassa on *Oncorhynchus*- suvun lohien smolteilla kokeiltu tietokoneavusteista videokuvausta (Irvine ym. 1991).

Kutukypsien nousulohien vaellusta on seurattu saalistiedustelujen (Alabaster 1970), rysäpyydysten (Banks 1969) ja erilaisten automaattisten laskurien (mm. Hellawell ym. 1974, Jensen ym. 1986)

avulla. Laskuritekniikkaa on käytetty lähinnä patojen ja kalaporrasten yhteydessä. Tekniikan kehittyessä käyttöön ovat tulleet myös radiolähettimet (mm. McCleave ym. 1978, Smith ym. 1994) ja automaattisten laskurien yhteyteen viritetyt kamerat (Hellawell ym. 1974) ja videokamerat (Beach 1978, Dunkley & Shearer 1989).

Tutkimukset ovat usein keskittyneet tiettyyn lohen elinkierron vaiheeseen. Vaelluspoikastutkimuksien avulla on hankittu tietoja eri jokien tuottamista smolttimääristä. Samalla on tarkasteltu smolttivaelluksen ajoittumista sekä siihen vaikuttavien ympäristötekijöiden merkitystä (mm. White 1939, Österdahl 1969, Solomon 1978, Jonsson & Ruud-Hansen 1985, Hvidsten ym. 1995, Erkinaro ym. 1998b, Veselov ym. 1998,). Smolttien käyttäytymistä ja liikkumista on myös tutkittu runsaasti (mm. MacCleave 1978, Tytler ym. 1978, Bakshtanskiy ym. 1980, Thorpe ym. 1981, Hansen ym. 1984).

Nousulohitutkimuksissa on paljolti keskitytty samoihin tutkimusaiheisiin. Erityistä huomiota on kiinnitetty jokeen nouseviin emokalamääriin, emokalojen kokoon (ikään), sukupuoleen ja kalastuskuolevuuteen (mm. Alabaster 1970, Beach 1978, Erkinaro ym. 1999a, Niemelä ym. 2000). Myös nousun ajoittumista, ajoittumiseen vaikuttavia ympäristötekijöitä sekä kalojen käyttäytymistä kutuvaelluksella on tarkasteltu monissa tutkimushankkeissa (mm. Banks 1969, Alabaster 1970, Hellawell ym. 1974, Jensen ym. 1986, Hawkins 1989, Bagliniere ym. 1990, Smith ym. 1994, Erkinaro ym. 1999b).

Tenojoen vesistöalueella tutkimusmenetelmät ja –aiheet ovat olleet pääasiallisesti samantapaisia. Erityisesti Tenon alueella on keskitytty lohen jokipoikasten tiheyksien arviointiin sähkökalastuksella (Niemelä ym. 1999). Toisaalta niin smoltti- kuin kutuvaellustakin on tutkittu runsaasti, mm rysien ja radiotelemetrian avulla (Hakala 1990, Kylmäaho ym. 1996, Erkinaro ym. 1999a,b). Uusimpana menetelmänä lohen kutuvaelluksen seurannassa on käytetty vedenalaista videokuvausta (Kylmäaho ym. 1996, Ala-Opas 1998). Videoseurannalla on pohjoisen alueen virtavesissä hyvät mahdollisuudet, sillä vedet ovat yleensä kirkkaita ja valoa riittää kesäaikana ympärivuorokautisiin kuvauksiin. Vedenalainen videokuvaus mahdollistaa myös kalojen reaaliaikaisen seurannan kaloja häiritsemättä.

Lähes kaikissa tutkimuksissa, niin maailmalla kuin Tenon alueellakin, on tietyllä menetelmällä havainnoitu ainoastaan yhtä lohen elinkierron vaihetta kerrallaan. Kuitenkin lohikantojen ekologian ymmärtämiseksi olisi tärkeä saada luotettavia tietoja samanaikaisesti esimerkiksi tietyn joen tuottamista vaelluspoikas- ja aikuislohimääristä. Näin saataisiin kattavampi kuva vesistön lohikannan ti-

lasta ja aikasarjojen avulla voitaisiin jopa arvioida merivaiheen aiheuttamaa kuolleisuutta. Aineistoa voidaan tietysti koota käyttämällä useita menetelmiä, mutta ongelmaksi tulevat yleensä suuri työvoiman tarve ja suuret kustannukset.

Tässä työssä tarkasteltiin Utsjoessa vedenalaisen videokuvauksen soveltuvuutta lohen kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaiseen seurantaan. Tutkimuksella selvitettiin joesta lähteviä vaelluspoikasmääriä, vaelluksen ajoittumista, parvikokoa ja toisaalta jokeen nousevia emokalamääriä, kalojen kokoa, niiden nousun ajoittumista ja parvikokoa. Lisäksi tarkasteltiin kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaisuutta sekä eräiden ympäristötekijöiden (vedenkorkeus, veden lämpötila) vaikutuksia vaelluksiin. Kaloille häiriöttömänä tutkimusmenetelmänä vedenalainen videokuvaus tarjosi myös mahdollisuuden havainnoida nousulohien ja vaelluspoikasten käyttäytymistä.

2. Tutkimusalue

Tenojoki on Suomen ja Norjan välinen rajajoki (70° N, 28° E). Tenojoen vesistön valuma-alue on kooltaan 16386 km^2 (Siirala & Huru 1992) ja latvahaaroineen (Inarinjoki ja Karasjoki) se muodostaa noin 350 km pitkän jokikokonaisuuden (kuva 1). Tenojoen vuotuinen keskivirtaama Utsjoen taajaman kohdalla on noin 136 $m^3 s^{-1}$, mutta vuodenaikaiset vaihtelut ovat erittäin suuria (Siirala & Huru 1992). Joki laskee Barentsin mereen Tenovuonon kautta. Kaikkiaan Tenojoen vesistössä on yli 1000 km lohelle soveltuvaa nousualuetta (Englund ym. 1999). Tenojoki onkin Euroopan tuottoisin lohijoki, vuotuisten lohisaaliiden vaihdellessa yleensä 100-200 t välillä (Niemelä ym. 1996, Erkinaro ym. 2002).

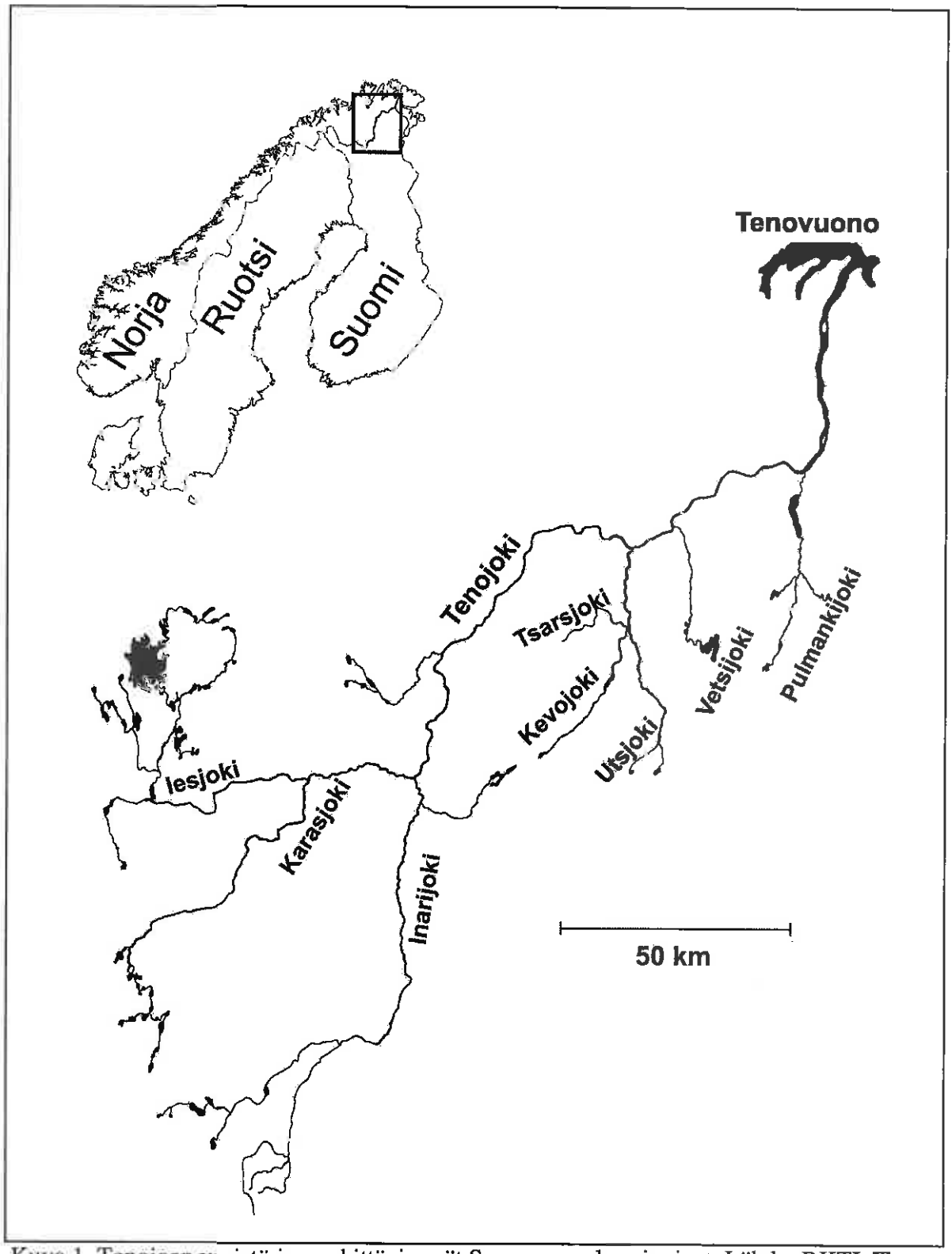
Tenojokeen yhtyy kymmeniä sivujokia ennen laskua Tenovuonoon. Merkittävin Suomen puolelta Tenoon laskevista joista on Utsjoki (kuva 2). Se laskee Tenojokeen Utsjoen kirkonkylän itäpuolella 106 km Tenovuonosta ylävirtaan (Mansikkaniemi 1973). Utsjoki kerää vetensä 1652 km^2 alueelta ja joen vuotuinen keskivirtaama (Patoniva, n. 15 km jokisuusta ylävirtaan) on noin 17 $m^3 s^{-1}$ (Siirala & Huru 1992). Joen ylimmät latvahaarat sijaitsevat Kaldoaivin ja Paistunturien erämaissa Utsjoen ja Inarin kuntien rajoilla. Pituutta Utsjoelle kertyy 66 km. Pääosin joki virtaa syvässä tunturien reunustamassa laaksossa. Ominaista Utsjoelle on jokimaisten ja järvimäisten osuuksien vuorottelu. Utsjoen pitkittäisprofiili koostuu yläjuoksulta lähtien neljästä tasosta, joita ovat Mierasjärvi, Tsuoggajärvi, Kenesjärvi ja Kevojärvi - Mantojärvi, sekä niitä erottavista koskiosuuksista (Mansikka-

niemi 1973)(kuva 2). Yli hehtaarin suuruiset järvet muodostavat 93 % Utsjoen pääuoman alasta. Utsjokeen laskee kaksi merkittävää sivujokea, Kevojoki ja Tsarsjoki. Ne ovat tärkeitä lohen lisääntymis- ja poikastuotantoalueita.

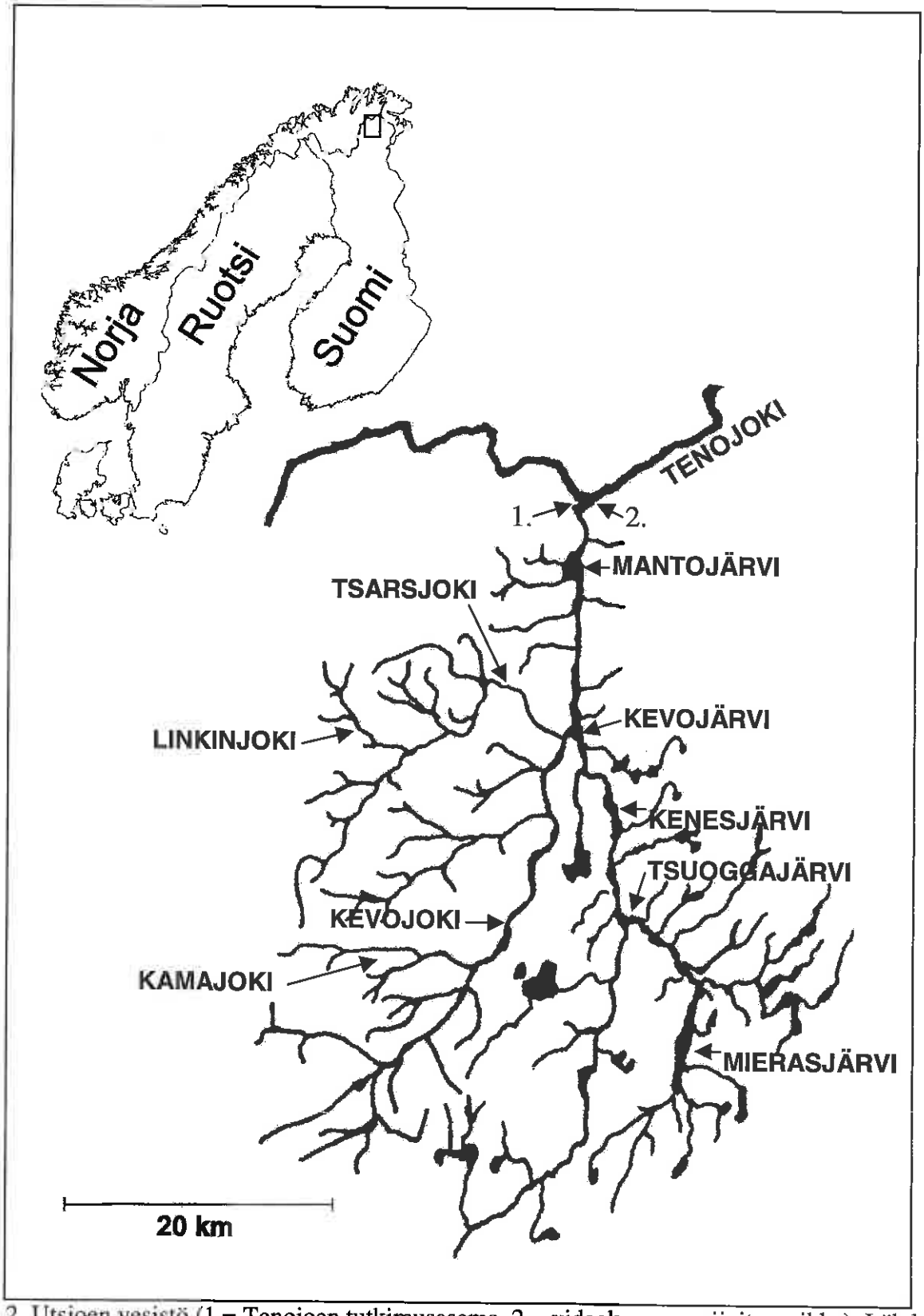
Utsjoki on oligotrofinen (Traeen & Huru 1994). Veden lämpötila jää avovesiaikana kesäkuusta lokakuuhun yleensä alle 15 °C. Avovesiaika kestää 120-150 vuorokautta ja jäät lähtevät yleensä ennen kesäkuun alkua. Vedenkorkeus vaihtelee nopeasti ja kevättulvilla vedenkorkeus saattaa ylittää kesän keskivedenkorkeuden usealla metrillä. Poikkeuksellisina vuosina (esim. 1978) vedenkorkeus voi nousta jopa 5 m normaalia korkeammalle. Myös rankat kesäsateet voivat nostaa vedenkorkeutta voimakkaasti (Pihlaja ym. 1998).

Kalalajistoltaan Utsjoki ja sen sivujoet ovat varsin köyhiä. Lohi (*Salmo salar* L.) on dominoiva laji pääuoman (Niemelä ym. 1985) ja tärkeimpien sivujokien virtapaikoissa sekä pienten purojen alaosilla (Erkinaro 1995). Lohenpoikasia esiintyy myös pääuoman järvissä (Erkinaro ym. 1995). Muita Utsjoen alueella tavattavia kalalajeja ovat taimen, *Salmo trutta* L., made, *Lota lota* (L.), harjus, *Thymallus thymallus* (L.), kolmipiikki, *Gasterosteus aculeatus* L., kymmenpiikki, *Pungitius pungitius* (L.), mutu, *Phoxinus phoxinus* (L.) ja siika, *Coregonus lavaretus* (L.). Harvoin tavattavia lajeja ovat hauki, *Esox lucius* L., ahven, *Perca fluviatilis* L. ja nieriä, *Salvelinus alpinus* (L.). Lisäksi Utsjokeen on kalankuljetusten tai onkijoiden täkykalojen kautta levinnyt kivisimppu, *Cottus gobio* L., joka ei kuulu alkuperäisten kalalajien joukkoon Suomen Jäämereen laskevissa joissa (Pihlaja ym. 1998).

Lohen kannalta Utsjoki on erityisen tärkeä lisääntymis- ja poikastuotantoalue. Utsjoen pääuomassa lohi nousee säännöllisesti Mierasjärveen asti, Kevojoessa Kamajokisuun yläpuolelle ja Tsarsjoessa jonkin verran Linkinjokisuun yläpuolelle (Erkinaro 1997, Heinimaa & Erkinaro 1999, Niemelä, suullinen tiedonanto). Säännöllisen nousualueen lisäksi yksittäisiä kaloja vaeltaa pidemmällekin. Geneettisissä tutkimuksissa on havaittu, että Utsjoen alueella on ainakin neljä lohen osakantaa (Elo ym. 1994). Lohikanta voidaan jakaa Utsjoen alaosan (Mantojärvestä Tenojokeen), Kevojoen, Tsarsjoen ja Utsjoen yläosan osakantoihin. Näille eri alueille nousevat kutukypsät lohet poikkeavat myös meri-ikäjakaumiltaan. Kevo- ja Tsarsjokeen nousevat kalat ovat pääosin yhden merivuoden pikkulohia eli "tittejä", kun taas Utsjoen pääuoman alueille nousee yhden merivuoden kalojen lisäksi 2-4 vuotta meressä viettäneitä lohia. Utsjoen vesistöön nousevien lohien kokojakauma vaihtelee alle kilon painoisista titeistä yli 20 kg painaviin suurlohiin (RKTL/Teno, julkaisematon).



Kuva 1. Tenojoen vesistö ja merkittävimmät Suomen puolen sivujoet. Lähde: RKTL/Teno.



Kuva 2. Utsjoen vesistö (1 = Tenojoen tutkimusasema, 2 = videokameran sijoituspaikka). Lähde: RKTL/Teno.

Lohenpoikasten tuotantoalueet ovat laajemmat kuin aikuisten kutukypsien lohien käyttämä lisääntymisalue, sillä poikaset nousevat aktiivisesti pieniin sivupuroihin, joita aikuislohet eivät käytä kutualueinaan (Erkinaro 1995, Erkinaro & Niemelä 1995). Lisäksi varsinkin vanhempien lohenpoikasten on todettu käyttävän pääuoman järviä elinympäristönään (Erkinaro ym. 1995, Erkinaro ym. 1998a). Tämä mahdollistaa suuremman vaelluspoikastuotannon.

Videokameran sijoituspaikalla lähellä Utsjoen ja Tenojoen yhtymäkohtaa Utsjoki virtaa melko jyrkkien rantatörmien välissä. Veden syvyys vaihtelee n. 0,5-2,0 m välillä ja joki on n. 30-40 m leveä. Joen yli kulkee silta, jonka kaksi pilaria jakaa virran kolmeen osaan. Päävirta keskittyy siltapilarien väliseen joen keskiosaan (leveys n. 18 m)(liite 1). Pintakiviä ei alueella juurikaan ole, vaan vesi virtaa melko sileänä nivamaisena virtana. Pohja on kauttaaltaan kivikkoista, raekoon vaihdellessa pienistä kivistä aina suuriin lohkareisiin (Ø 5 cm - 1 m). Hiekkaa alueella on vain vähäisesti. Alkukesällä pohjakivikko on tulvan ja jäidenlähdön jäljiltä melko paljas, mutta myöhemmin kesällä kivet ovat runsaan leväkasvuston peittämiä. Rantojen jyrkkyydestä johtuen aivan vesirajassa kasvillisuus on niukkaa, mutta hieman kauempana jokea reunustaa yhtenäinen tunturikoivikko.

3. Aineisto ja menetelmät

3.1. Videokuvaukset

Yksi vedenalainen videokamera sijoitettiin Utsjokeen Utsjoki- Nuorgam tien sillan alle noin 100 m Utsjoen ja Tenojoen yhtymäkohdasta ylävirtaan. Kamera pyrittiin sijoittamaan Utsjoen alaosan kapeimpaan kohtaan, jossa myös syväväylä oli kapein ja selväpiirteisin. Sillan antama varjo tarjosi myös hyvän vastavalosuojan valoherkälle kameralle. Kameran alajuoksulle sijoittamista tukivat lisäksi hyvät työskentelymahdollisuudet (RKTL/Tenojoen kalantutkimusasema lähellä), turvattu sähkönsaanti sekä se, ettei kameran alapuolelle jäänyt merkittäviä kutu- ja poikastuotantoalueita.

Nauhoitukset aloitettiin 15.6.2001. Videokameran ensimmäinen sijoituskohta oli kuitenkin epäonnistunut ja kameraa jouduttiin siirtämään hieman syvemmälle, keskivirtaan päin. Kamera siirrettiin lopulliselle paikalleen 22.6. Videokamera aseteltiin noin 1,2 m:n syvyyteen (asennuspäivän syvyys) kiinteästi joen pohjalle, joten se kuvasi koko ajan samaa kohtaa virrasta. Näin saatiin kuva-alaan joen leveydestä noin viiden metrin mittainen alue (liite 1). Tämä alue kattoi pääosan joen ns. syvä-

väylästä. Tarkoituksena oli kuvata heinäkuun loppuun asti, mutta raju vedenpinnan nousu ja virtaaman kasvu (21.7.) aiheuttivat muutoksen kameran kuvausasennossa, jonka korjaaminen oli mahdotonta. Näin ollen tämän työn analyysien pohjaksi otettiin aineisto ajalta 23.6.-20.7.

Vaelluspoikasten ja nousulohien käyttäytymistä koskevaa aineistoa on kerätty lähes samalta paikalta kesällä 2002 (kesäkuu-elokuu) kaikkiaan kahdeksan vedenalaisen videokameran avulla. Lisäksi Tenojoen pääuomasta saatiin jokipoikaskuvausten yhteydessä havaintoja smolttien käyttäytymisestä, tosin vain yhdeltä vuorokaudelta (14.6.2002). Molempina kesinä nauhoitettiin ympärivuorokautisesti koko kuvausajanjakson läpi.

3.2. Videokuvauslaitteet ja kuvausasetukset

Kesällä 2001 lohen kutu- ja smolttivaelluksen seurannassa käytettiin vedenalaista mustavalkovideokameraa (JAI 2020). Kameran linssi oli merkiltään Cosmicar/Pentax TV lens (hx 3,7 mm, 1:1,6 cs). Nauhoitukset tallennettiin tavallisille VHS videonauhoille Panasonic AG-6024 videonauhurilla (Time lapse video cassette recorder). Videonauhuri asetettiin nauhoittamaan 12 tunnin time lapse-tilaan (5 kuvaa sekunnissa). Tällöin kolmen tunnin VHS kasetille mahtui n. 15 tunnin tapahtumat. Nauhat vaihdettiin kahdesti vuorokaudessa, yleensä aamuin ja illoin. Videomateriaalin analysoinnissa käytettiin Panasonic videonauhurin lisäksi Finnvideon 14 tuuman mustavalkomonitoria.

Kesän 2002 videokuvauksissa käytettiin kahdeksaa vedenalaista mustavalkovideokameraa (Watec 902 H), joiden linssien polttoväli oli 3,5 mm. Edeltävän kesän kuvauksista poiketen nauhoitukset tallennettiin Super VHS kaseteille Panasonicin AG - TL 700 videonauhurilla (Time lapse video super VHS cassette recorder). Yhdelle kasetille nauhoitettiin yhtäaikaisesti neljän kameran kuvaamat tapahtumat, joten nauhoituksissa tarvittiin vain kahta videonauhuria. Kuvausnopeutena käytettiin vastaavaa kuin edellisenä kesänä (12 h time lapse/ 5 kuvaa sekunnissa) ja nauhojen vaihto suoritettiin kahdesti vuorokaudessa. Videonauhat katsottiin JVC:n Super VHS (malli HR – S 7950) nauhurilla 14 tuuman JVC mustavalkomonitorilta.

Tenojoen pääuomasta jokipoikaskuvausten yhteydessä saatu vaelluspoikasmateriaali kuvattiin vastaavalla laitteistolla ja asetuksilla kuin Utsjoessa kesällä 2001.

3.3. Videonauhojen analysointi

Videonauhojen katselunopeus normaaliin nopeuteen verrattuna oli viisinkertainen 12 h time lapse asetuksesta johtuen. Tämä nopeus mahdollistaa kuitenkin kalojen havaitsemisen. Lisäksi videonauhurit tarjoavat monipuolisia hidastus- ja pysäytyskuvia, joka helpottaa mm. kalojen lukumäärien laskemista.

Analysoinnin yhteydessä merkittiin smolteista muistiin seuraavia asioita: lukumäärät, parvikoko, uintisuunta, vaellussyvyys sekä havaintoaika (päivämäärä ja kellonaika). Vastaavasti nousukaloilla merkittiin: ylös ja alas vaeltavien lohien lukumäärät, parvikoko, kalojen koko (meri-ikä) sekä kalojen havaitsemispäivämäärät kellonaikoineen.

Vaelluspoikasten ja nousulohien lukumäärät pyrittiin laskemaan tarkasti. Nousukalojen osalta tämä onnistui hyvin, mutta smolttien kohdalla ei ollut aina mahdollista laskea kaikkia yksittäisiä kaloja. Tällöin turvauduttiin arvioon vaelluspoikasten lukumäärästä. Arvion tarkkuuden parantamiseksi vaelluspoikaslaskennat tehtiin kahdesti. Ensimmäisellä katselukerralla tehtiin karkea arvio smolttien määrästä kussakin parvessa ja toisella kerralla pyrittiin tarkentamaan arviota noin 5 kalan tarkkuuteen.

Smolttien vaellussyvyyttä määritettäessä vesimassa jaettiin silmämääräisesti kolmeen yhtä suureen osaan, joita olivat pohja, välivesi ja pinta. Vastaavasti uintisuunta tarkasteluissa vaelluspoikaset jaettiin kolmeen luokkaan. Luokat olivat pyrstö edellä (passiivinen vaeltaminen), pää edellä (aktiivinen vaeltaminen) ja muu (satunnainen uintisuunta). Vaellussyvyys ja uintisuunta määritettiin parvikohtaisesti, joten yksittäisen parven kalat kuuluivat aina samaan luokkaan.

Meri-iältään nousulohet pyrittiin jakamaan kolmeen ryhmään: yhden merivuoden (1 SW), kahden merivuoden (2 SW) ja kolmen tai useamman merivuoden (MSW) lohiin. Pienimmät kalat (n. 1-3 kg) ovat yhden merivuoden jälkeen jokeen nousevia lohia. Keskikokoiset lohet (n. 3-6 kg) ovat kahden merivuoden ja suuremmat lohet (yli 6 kg) kolmen tai useamman merivuoden jälkeen jokeen nousevia kaloja. Kalojen kokoa arvioitiin videonauhojen perusteella, mutta Utsjoen sillalta tehtiin myös silmämääräisiä havaintoja lohien koosta, jolloin niitä voitiin verrata videonauhan perusteella tehtyihin kokomäärityksiin. Näin saatiin jonkin verran kalibroitua nousulohien koon määritystä.

3.4. Veden lämpötila, vedenkorkeus ja virrannopeus

Veden lämpötila mitattiin päivittäin (12.6.-20.7.) puolenpäivän aikaan käsikäyttöisellä elohopeamittarilla asteen kymmenyksen tarkkuudella. Lisäksi käytössä oli Lambrecht- lämpötilapiirturi. Piirturi oli asetettu sillan alle Utsjoen kirkonkylän puoleiselle rannalle, anturi koko matkaltaan virtaavassa vedessä. Piirturi säädettiin viikon mittausajanjaksolle. Samasta paikasta tehtiin mittaukset myös elohopeamittarilla.

Vedenkorkeuden vaihteluiden mittausta varten asennettiin mittatikku Utsjokeen, lähelle Lambrecht-piirturia. Asennuspäivänä (12.6.2001) määritettiin mittatikun nollataso, johon vedenkorkeuden vaihteluita verrattiin. Vedenkorkeus mitattiin päivittäin puolenpäivän aikaan puolen sentin tarkkuudella.

Kesällä 2001 pintavirrannopeus (10 cm pinnan alta) mitattiin kahdesti kameran kohdalta. Heinäkuun loppupuolella tapahtunut veden nopea nousu esti videokuvauslinjan syvyys- ja virrannopeusmittaukset kesällä 2001, mutta ne tehtiin seuraavana kesänä (liite 1). Virrannopeudet mitattiin Schiltknecht mini air 2- virrannopeusmittarilla 30 s keskiarvona.

3.5. Suomunäytteet ja saalistilastot

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Tenojoen kalantutkimusaseman Utsjoen vesistöstä keräämiä suomunäytteitä käytettiin videomateriaalin vertailuaineistona. Suomunäytteet kerätään vuosittain paikallisten kalastajien saaliskaloista. Näytteisiin liitetään tiedot kalojen koosta (pituus, massa), sukupuolesta, pyyntipaikasta ja pyyntiajasta. Tutkimusasemalla näytteistä määritetään kalojen ikä.

Tutkimusasemalla tehdään vuosittain arvio Utsjoen vesistöstä pyydetystä lohimäärästä. Vuoden 2001 saalistilastoa käytettiin videomateriaalin vertailuaineistona. Saalistilastot perustuvat alueen kalastajille tehtyihin saalistiedusteluihin ja suomunäyteaineistoon.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) Tenojoen kalantutkimusaseman julkaisemattomiin tutkimustuloksiin viitattaessa käytetään tässä työssä viitettä "RKTL/Teno, julkaisematon".

3.6. Aineiston muunnokset

Lohennousuun vaikuttaneita ympäristötekijöitä ja kutuvaelluksen vuorokauden sisäistä ajoittumista analysoitaessa tehtiin lohimääriin muunnos. Ylöspäin vaeltaneista kaloista vähennettiin tunneittain alaspäin vaeltaneet lohet. Muunnos tehtiin, koska lohien havaittiin vaeltavan edestakaisin kameran kuva-alueella lähinnä sillan varjon aiheuttaman pelästymisreaktion takia. Nousulohien edestakainen liikkuminen kameran kuva-alueella tapahtui muutamien minuuttien aikana, joten tässä työssä katsottiin tunneittain tapahtuvan muunnoksen olevan soveltuva. Lisäksi heinäkuun 13. päivä poistettiin edellä mainituista analyyseista puuttuvien tietojen takia.

3.7. Tilastolliset menetelmät

Parvikoon muutoksia testattiin regressioanalyysillä. Sekä smoltti- että nousulohiaineistoon sovitettiin ensimmäisen asteen regressiomalli. Sovitetun mallin regressiokertoimen merkitsevyyttä testattiin F-testillä (Ranta ym. 1999).

Kutu- ja smolttivaelluksen vuorokauden sisäistä ajoittumista analysoitiin χ^2- yhteensopivuustestin avulla (Ranta ym. 1999). Testillä voidaan tarkastella havaitun jakauman tasaisuutta. Ajoittumisen tilastollista analyysia varten vuorokausi jaettiin neljään eri jaksoon lähinnä luonnollisen valaistusrytmiikan mukaan. Jaksot olivat seuraavat: aamu 03-09, päivä 09-15, ilta 15-21 ja yö 21-03. Samaa testiä käytettiin myös smolttien vaellussyvyys- ja uintisuuntajakaumien testaamisessa.

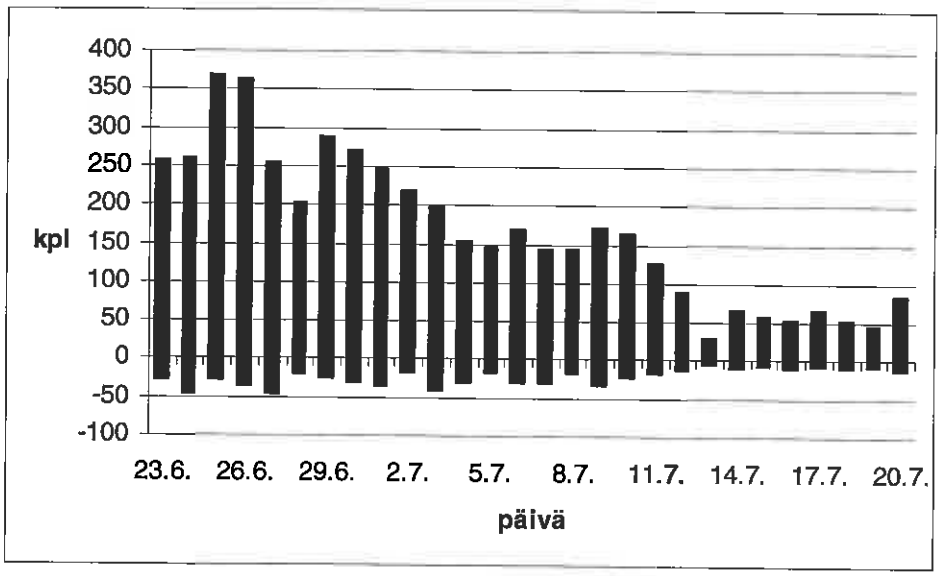
Ympäristötekijöiden (vedenkorkeus ja veden lämpötila) yhteyksiä lohen kutu- ja smolttivaelluksiin tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella (Ranta ym. 1999). Testauksessa käytettiin keskipäivällä mitattua veden lämpötilaa ja -korkeutta. Veden lämpötilan ja -korkeuden korrelaatioita vaelluksiin tutkittiin ilman aikaviivettä sekä 1-3 vuorokauden aikaviiveillä. Aikaviiveellä tarkoitetaan tässä yhteydessä, että ympäristömuuttuja on mitattu 1-3 vuorokautta ennen kalamäärää. Pearsonin korrelaatiokerrointa käytettiin myös kutu- ja smolttivaelluksen yhteyden tarkastelussa (samanaikaisuus).

4. Tulokset

4.1. Kutuvaellus

4.1.1. Nousulohimäärät

Ylävirtaan vaeltavia sukukypsiä nousulohia laskettiin videonauhoilta kaikkiaan 4689 kappaletta. Tutkimusjaksolla havaittiin myös 623 takaisin alavirtaan uivaa lohta (kuva 3). Nousulohia liikkui runsaasti heti kuvausten alettua (23.6.), mutta vilkkaimmillaan vaellus oli 25.-26.6. Näinä päivinä vaelsi ylävirtaan yli 350 lohta vuorokaudessa. Kauden edetessä kalamäärät vähenivät melko tasaisesti. Kuvausjakson loppupuolella ylävirtaan ui noin 50 kalaa vuorokaudessa. Heinäkuun 13. päivän alhainen nousulohimäärä saattaa johtua kuvauskatkosta, jonka johdosta kello 00-09 väliset tiedot puuttuvat. Nousulohimäärien arviointia haittasivat erityisesti kameran kuva-alueella edestakaisin vaeltavat kalat.



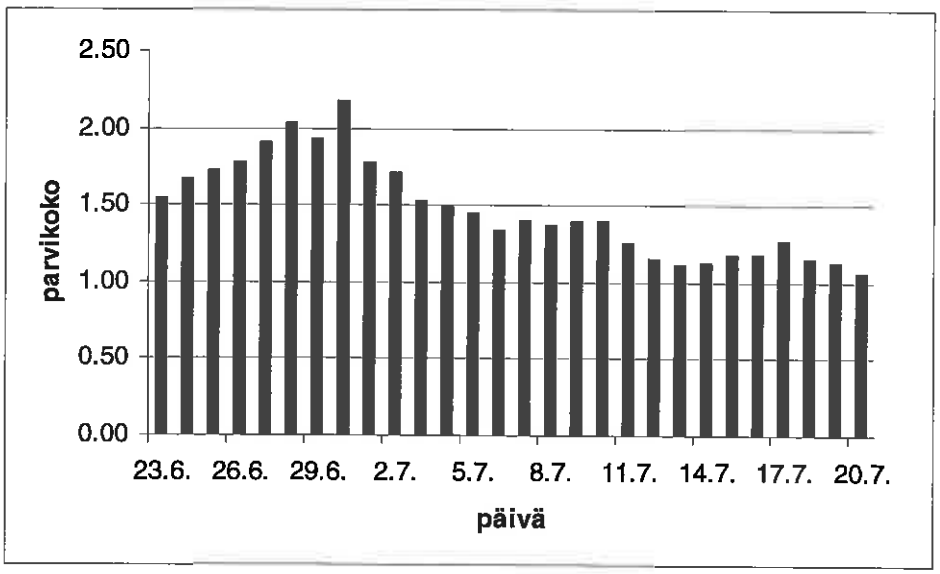
Kuva 3. Tutkimusjaksolla päivittäin ylä- ja alavirtaan uineiden nousulohien määrät.

Tenojoen vesistössä lohikausi 2001 oli saalistilaston mukaan erinomainen. Saaliiksi saatiin lähes 250 t lohta (Erkinaro ym. 2002). Saalis oli toiseksi suurin vuonna 1972 alkaneen tilastoinnin aikana (Erkinaro ym. 2002). Myös Utsjoesta kalastettiin kauden 2001 aikana runsaasti lohta. Utsjoen arvioitu lohisaalis oli n. 2600 kg (RKTL/Teno, julkaisematon). Videomateriaalin ja saalistilastojen perusteella Utsjokeen nousi kaudella 2001 runsaasti lohia.

4.1.2. Parvikoko

Lohista ja lohiparvista tehtiin kameran kuva-alueella 2994 havaintoa (ylävirtaan uivia), josta kalamääräksi saatiin 4689. Koko tutkimusjakson keskimääräinen parvikoko oli näin ollen 1,57 kalaa.

Keskimääräinen päivittäinen parvikoko vaihteli välillä 1,06-2,18 kalaa. Suurimmillaan keskimääräinen päivittäinen parvikoko oli kesäkuun loppupuolella, jonka jälkeen parvikoko alkoi melko tasaisesti laskea (kuva 4). Parvikoon pienenemistä kauden edetessä testattiin regressioanalyysillä. Aineistoon sovitettiin ensimmäisen asteen regressiomalli ($y=-0{,}0331*x+1{,}9578$). Mallin antama regressiokerroin oli negatiivinen ja tilastollisesti merkitsevä ($F\approx66{,}1$; df = 1 ja 26; $p<0{,}001$; $r^2=0{,}72$), joten malli tukee parvikoon pienenemistä. Erityisen selvästi vähenivät suuret, yli 5 kalan, parvet. Kuvausjakson alussa tällaisia parvia havaittiin runsaasti, mutta heinäkuun 11. päivän jälkeen ei enää ainoatakaan. Vieläkin selvemmin kuvausjakson alkuun ajoittuivat parvet, joissa oli yli 8 lohta. Tällaisia parvia havaittiin vain heinäkuun 4. päivään asti.



Kuva 4. Nousulohiparvien keskimääräinen päivittäinen parvikoko.

Selvästi eniten, 2091 kappaletta, tehtiin havaintoja yksin uivista nousulohista (45 % kokonaiskalamäärästä). Toisaalta vähintään kahden kalan muodostamissa parvissa liikkui 2598 lohta, joka on n. 55 % kokonaismäärästä (taulukko 1). Koko tutkimusjaksolla yli kymmenen nousulohen parvia laskettiin ainoastaan 8 kpl. Suurimmassa havaitussa lohiparvessa oli 15 kalaa.

Taulukko 1. Nousulohien jakautuminen parvikokoluokkiin.

parvikokoko	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>10
parvien määrä	2091	535	179	92	43	22	14	9	1	8
kalojen määrä	2091	1070	537	368	215	132	98	72	9	97

4.1.3. Meri-ikäjakauma

Meri-iältään nousulohet jaettiin kolmeen ryhmään (yhden merivuoden lohet=1 SW, kahden merivuoden lohet=2 SW ja kolmen tai useamman merivuoden lohet=MSW). Videomateriaalin perusteella suurin osa havaituista lohista oli yhden merivuoden kaloja (n. 95 %) Kahden merivuoden kaloja arvioitiin olleen n. 2,5 % ja kolmen tai useamman merivuoden kaloja n. 2,1 % kokonaismäärästä (taulukko 2). Alas vaeltavista lohista vastaavia meri-ikä arviota ei tehty, koska havainnointitarkkuus oli huono.

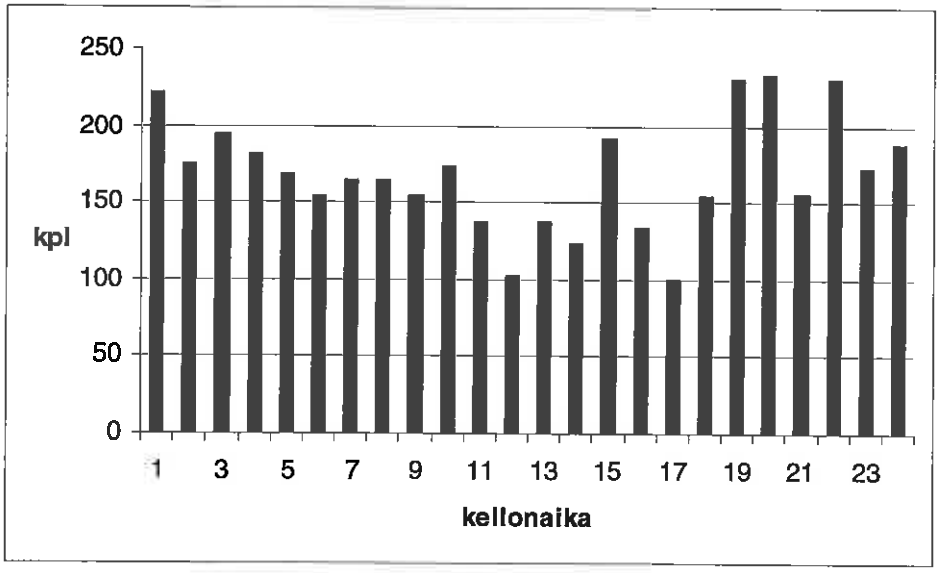
Videoaineiston lisäksi Utsjokeen nousseiden lohien meri-ikäjakaumaa arvioitiin vesistöstä kerätyn suomunäytemateriaalin perusteella. Uudelleen kutijat (44 kpl) sijoitettiin kokoluokkien ja meri-ikien perusteella vastaavaan ikäryhmään. Suurin osa suomunäytekaloista oli yhden merivuoden lohia, mutta videomateriaalista poiketen kahden merivuoden kalojen osuus oli huomattavan suuri. Isoja, vähintään kolmen merivuoden, yksilöitä aineistossa oli vähän (1,5 %)(taulukko 2). Utsjoesta vuosina 1975-2002 kerätyn suomunäytemateriaalin (n=10355, joista 167 uudelleen kutijoita) perusteella ikäryhmien osuudet ovat: 1 SW; 92 %, 2 SW; 7 % ja MSW; 1 % (RKTL/Teno, julkaisematon).

Taulukko 2. Utsjoen nousulohien meri-ikäjakauma video- ja suomunäytemateriaalin perusteella kesällä 2001 (yksi merivuosi=1 SW, kaksi merivuotta=2 SW, ≥ kolme merivuotta=MSW).

	videomateriaali		suomunäytemateriaali	
ikäryhmä	kpl	%	kpl	%
1 SW	4476	95.46	573	86.17
2 SW	115	2.45	82	12.33
MSW	98	2.09	10	1.50
yhteensä	4689	100.00	665	100.00

4.1.4. Kutuvaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen

Aineiston perusteella nousulohia vaelsi ympäri vuorokauden, mutta vaelluksen intensiteetti vaihteli tuntien välillä. Koko tutkimusjaksolla havaittiin yli 100 kalaa jokaisella vuorokauden tunnilla. Parhaimmillaan yksittäisen tunnin aikana vaelsi noin 230 nousukalaa (klo 20-21) (kuva 5).



Kuva 5. Kutuvaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen 23.6.-20.7. Alavirtaan vaeltaneet nousulohet vähennetty.

Koko tutkimusjaksolla (23.6.-20.7., 13.7. poistettu) nousulohimäärät poikkesivat vuorokaudenaikojen välillä (vuorokaudenajat: aamu=03-09, päivä=09-15, ilta=15-21 ja yö=21-03) tilastollisesti merkitsevästi tasaisesta jakaumasta ($\chi^2 \approx 51{,}0$; df = 3; $p<0{,}001$)(kuva 6). Eniten nousulohia vaelsi yöllä (29,3 %) ja vähiten päivällä (21,4 %). Aamulla ja illalla vaeltaneiden kalojen osuudet olivat 24,4 % ja 24,9 %.

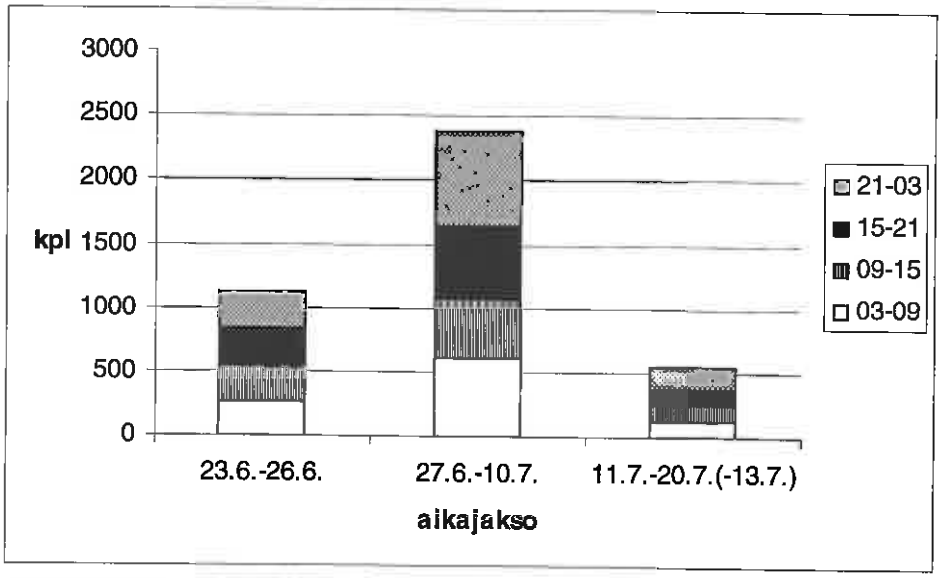
Kutuvaelluksen ajoittumista tutkittiin myös lyhyemmillä vaellusjaksoilla. Valitut jaksot olivat: Huippuvaellus (23.-26.6.), vaelluksen keskivaihe (27.6.-10.7.) sekä vaelluksen loppu (11.7.-20.7., 13.7. poistettu)(kuva 3).

Huippuvaellusjaksolla kutuvaelluksen ajoittuminen ei poikennut vuorokaudenaikojen välillä tasaisesta jakaumasta. Muilla jaksoilla ajoittumisjakaumien havaittiin poikkeavan tilastollisesti merkitsevästi tasaisista jakaumista (taulukko 3).

Taulukko 3. Kutuvaelluksen ajoittumisjakaumien χ^2- yhteensopivuustestien tulokset eri vaellusjaksoilla. Testisuureen arvot (χ^2), vapausasteet (df) ja havaitut merkitsevyystasot (p). Huom. 13.7. poistettu analyyseistä.

jakso	χ^2	df	p
23.-26.6.	4,7	3	>0,19
27.6.-10.7.	59,3	3	<0,001
11.-20.7.(-13.7.)	14,3	3	<0,005

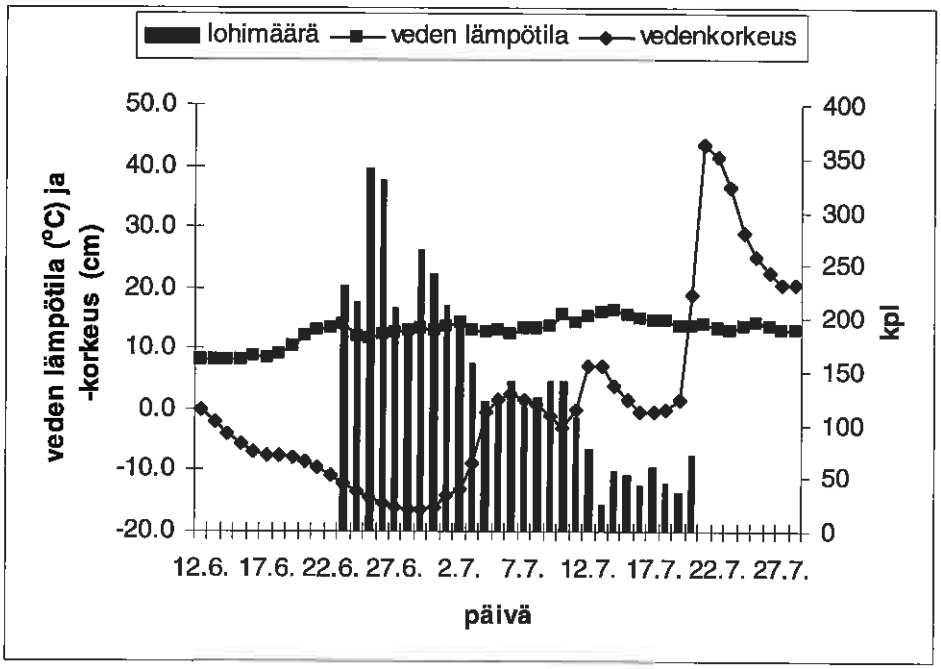
Huippuvaellusjaksolla eri vuorokaudenaikoina vaeltaneiden nousukalojen osuudet olivat melko tasaiset (kuva 6), kuten yhteensopivuustesti indikoi. Eniten nousulohia havaittiin illalla (27,6 %). Muina vuorokaudenaikoina osuudet vaihtelivat välillä 23,1-24,7 %. Kutuvaelluksen keskivaihe- ja loppujaksolla jakaumat olivat epätasaisempia (kuva 6). Keskivaiheen aikana eniten nousulohia ohitti kameran yöllä (30,8 %) ja vähiten päivällä (19,8 %). Aamun ja illan osuudet olivat 25,4 % ja 24,0 % havaitusta kokonaiskalamäärästä. Vastaavasti loppujaksolla eniten kaloja kulki yöllä (31,9 %) ja vähiten päivällä (21,6 %). Aamulla ja illalla nousukaloista havaittiin 22,7 % ja 23,8 %.



Kuva 6. Eri vuorokaudenaikoihin vaeltaneiden nousulohien lukumäärät kolmella aikajaksolla. Alavirtaan vaeltaneet nousulohet vähennetty ja 13.7. poistettu kokonaan.

4.1.5. Ympäristötekijöiden vaikutus kutuvaellukseen

Tutkimusjaksolla veden lämpötila vaihteli välillä 11,6-16,2 °C. Alhaisin lukema mitattiin 25.6. ja korkein 14.7. Kuvausten alettua (23.6.) veden lämpötila oli jo 13,9 °C. Vedenkorkeus oli kuvausten alussa tasaisessa laskussa. Matalimmillaan vedenpinta oli 28.-29.6., jolloin vedenkorkeus oli 16,5 cm nollatason alapuolella. Aivan kuvausjakson loppupuolelle vesi nousi nopeasti rankkojen sateiden johdosta. Veden lämpötilan ja vedenkorkeuden välillä oli pääsääntöisesti negatiivinen riippuvuus. Lämpötilan noustessa vedenkorkeus yleensä laski (kuva 7).



Kuva 7. Utsjoen vedenkorkeus, veden lämpötila ja nousulohimäärät päivittäin. Alavirtaan vaeltaneet nousulohet vähennetty.

Koko tutkimusjaksolla (23.6.-20.7., 13.7. poistettu) veden lämpötilojen ja nousulohimäärien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Myös eri aikaviiveillä (lämpötilat 1, 2 ja 3 vuorokautta ennen lohimääriä) vastaavat korrelaatiot olivat negatiivisia ja tilastollisesti merkitseviä (taulukko 4). Toisin sanoen nousulohia vaelsi enemmän päivinä, jolloin lämpötila oli keskimäärin alhaisempi (kuva 7). Lyhyemmällä aikajaksolla (23.6.-10.7.) veden lämpötilojen ja nousulohimäärien välillä havaittiin merkitsevä korrelaatio (negatiivinen) ainoastaan vuorokauden aikaviiveellä. (taulukko 4).

Taulukko 4. Utsjoen veden lämpötilojen ja nousulohimäärien väliset korrelaatiot kahdella jaksolla. Aikaviiveet, korrelaatiokertoimet (r) ja havaitut merkitsevyystasot (p). Huom. 13.7. poistettu analyyseista.

jakso	aikaviive	r	p
23.6.-20.7.	0	-0,65	<0,001
	1	-0,74	<0,001
	2	-0,71	<0,001
	3	-0,64	<0,001
23.6.-10.7.	0	-0,39	>0,1
	1	-0,47	<0,05
	2	-0,22	>0,3
	3	-0,066	>0,7

Vedenkorkeuden ja nousulohimäärien välillä havaittiin koko tutkimusjaksolla tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Tilanne oli samanlainen myös kaikilla eri aikaviiveillä. Lyhyemmällä jaksolla vastaavat korrelaatiot olivat negatiivisia ja tilastollisesti merkitseviä kolmen vuorokauden aikaviivettä lukuun ottamatta (taulukko 5). Havainnot viittaavat siihen, että tutkituilla jaksoilla nousulohia vaelsi enemmän matalammilla kuin suuremmilla vedenkorkeuksilla. Erityisen selvästi on havaittavissa kuvausjakson alun matala ja laskeva vedenkorkeus sekä suuret päivittäiset nousukalamäärät (kuva 7).

Taulukko 5. Utsjoen vedenkorkeuksien ja nousulohimäärien väliset korrelaatiot kahdella jaksolla. Aikaviiveet, korrelaatiokertoimet (r) ja havaitut merkitsevyystasot (p). Huom. 13.7. poistettu analyyseista.

jakso	aikaviive	r	p
23.6.-20.7.	0	-0,81	<0,001
	1	-0,82	<0,001
	2	-0,78	<0,001
	3	-0,73	<0,001
23.6.-10.7.	0	-0.80	<0,001
	1	-0,71	<0,001
	2	-0,58	<0,05
	3	-0,43	>0,05

4.1.6. Nousulohien vaelluskäyttäytyminen

Kameran kuva-alueella nousulohilla huomattiin toistuvasti samankaltaista käyttäytymistä. Utsjoen sillan synnyttämä varjo aiheutti useimmiten pelästymisreaktion, jolloin nousulohet äkillisesti kään-

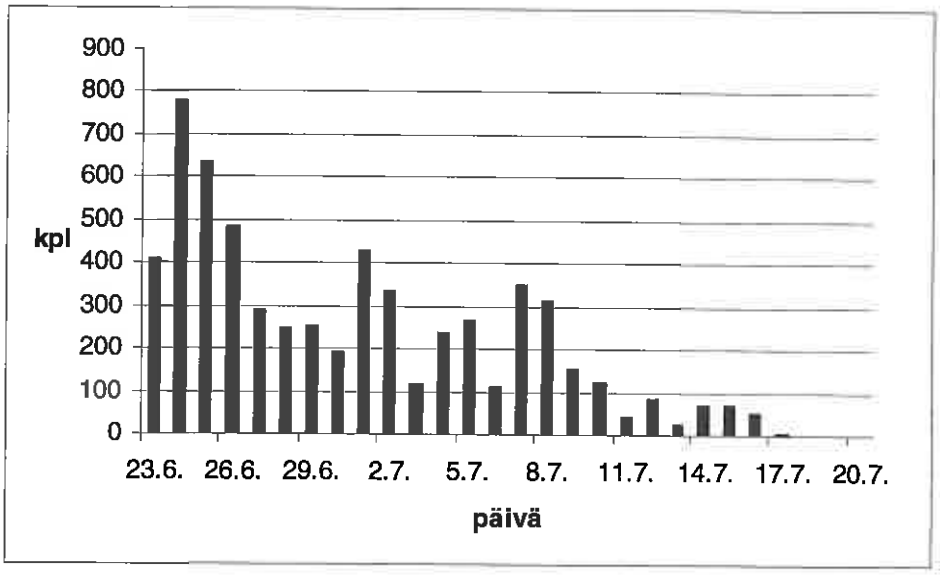
tyivät alavirtaan. Lohet kuitenkin palasivat takaisin ylävirtaan ja ohittivat sillan varjon yleensä muutaman minuutin kuluttua pelästymisestä. Nousukalojen välillä havaittiin yksilöllisiä eroja suhteessa sillan aiheuttamaan varjoon. Eräissä tapauksissa jotkut lohiparven kalat olivat selvästi uskaliaampia kuin toiset. Tällöin lohiparvi hajosi osiin, toiset jatkoivat matkaansa suoraan ylävirtaan toisten kääntyessä varjoa pelästyneenä alavirtaan. Näitä käyttäytymispiirteitä tukevat myös Utsjoen sillalta tehdyt visuaaliset havainnot. Pääsääntöisesti lohet (ylävirtaan vaeltavat) uivat n. 10-30 cm pohjan yläpuolella. Harvemmin havaittiin kalojen uivan välivedessä tai pinnan tuntumassa. Takaisin alavirtaan vaeltavat nousulohet käyttivät laajemmin koko vesimassaa, havaintojen painottuessa lähinnä väliveteen.

Pääosa kameran ohittaneista nousulohista oli kirkkaita ja niiden vaellus oli aktiivista ylävirtaan pyrkimistä. Kalat ohittivat videokameran tavallisesti melko tasaista vauhtia uiden, mutta toisinaan jotkut yksilöt pysähtyivät kuva-alalle useiksi tunneiksi. Pysähtyneet kalat jatkoivat matkaansa ylävirtaan joko yksin tai sitten ne liittyivät johonkin ohikulkeneeseen loheen tai lohiparveen. Aivan kuvausjakson loppupuolella (19.-20.7.) havaittiin joitakin lohia, jotka selvästi vain kävivät Utsjoessa ja laskeutuivat pian takaisin Tenojoen pääuomaan. Muutamien yksilöiden havaittiin tekevän useita tällaisia siirtymiä ylävirtaan ja takaisin alavirtaan. Suuri osa Tenojoen pääuoman ja Utsjoen alaosan välillä edestakaisin vaeltaneista lohista oli isoja, usean merivuoden lohia.

4.2. Smolttivaellus

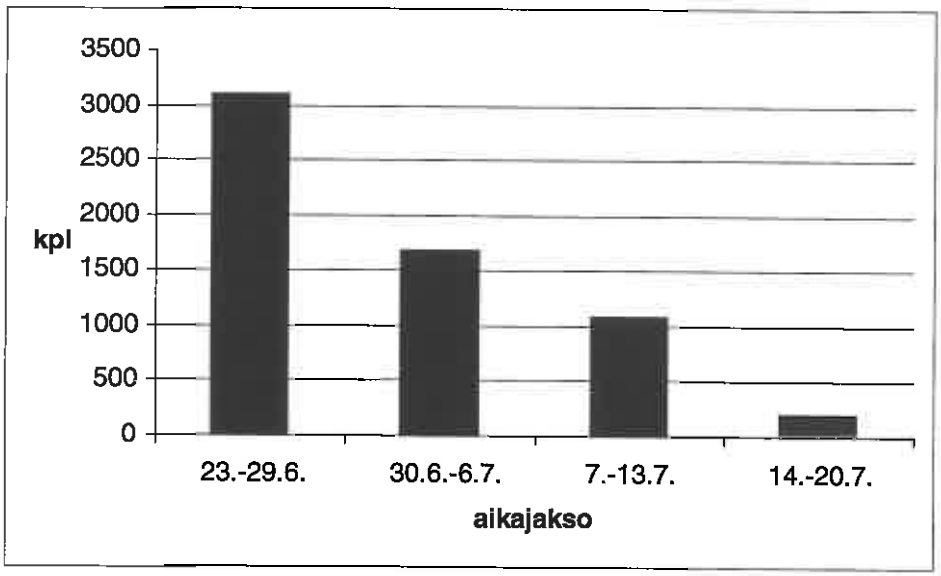
4.2.1. Vaelluspoikasmäärät

Tutkimusjaksolla (23.6.-20.7.) arvioitiin kameran kuva-alan kautta kulkeneen 6081 vaelluspoikasta. Huippuvaellus osui heti kuvausten alkupäiville. Eniten, lähes 800, smoltteja vaelsi alavirtaan 24.6. Huippupäivän vaelluspoikasmäärä oli 12,8 % koko tutkimusjaksolla vaeltaneista kaloista. Tämän jälkeen päivittäinen vaelluspoikasmäärä alkoi laskea, mutta joitakin vaelluspiikkejä havaittiin (1.-2.7. ja 7.-8.7.). Viimeinen smolttiparvi ohitti kameran 17.7. (kuusi kalaa), jonka jälkeen vaelsi enää joitakin yksittäisiä kaloja. Tutkimusjakson viimeisenä vuorokautena ei enää havaittu vaelluspoikasia (kuva 8). Heinäkuun 13. päivänä videokuvauksissa oli ongelmia kello 00-09 välisenä aikana. Tällä aikavälillä ei pystytty nauhoittamaan, joten kyseisen päivän alhainen vaelluspoikasmäärä saattaa johtua puuttuvista tiedoista.



Kuva 8. Tutkimusjaksolla (23.6.-20.7.) päivittäin havaitut vaelluspoikasmäärät.

Ensimmäisen tutkimusviikon aikana laskettiin yli puolet koko tutkimusjaksolla vaeltaneista smolteista (51 %). Seuraavalla aikajaksolla vaelsi alavirtaan n. 1700 (27,8 %) ja kolmannella jaksolla n. 1100 (18 %) vaelluspoikasta. Viimeisellä tutkimusviikolla havaittiin ainoastaan n. 200 smolttia (3,2 %) (kuva 9).



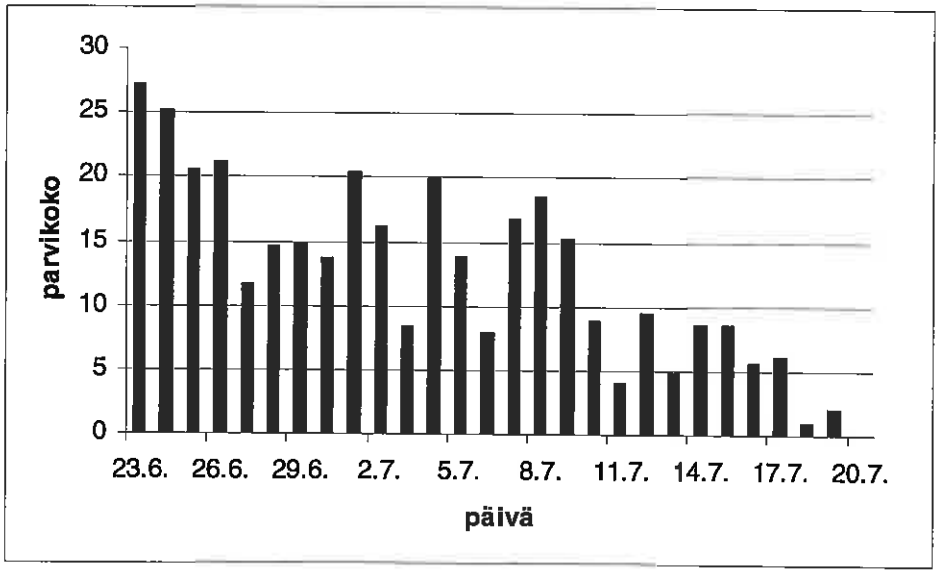
Kuva 9. Eri tutkimusviikoilla havaittujen vaelluspoikasten lukumäärät.

4.2.2. Parvikoko

Vaelluspoikasista tehtiin kameran kuva-alueella kaikkiaan 389 arviointikelpoista havaintoa, josta kalamääräksi saatiin jo edellä mainittu 6081. Kahdeksassa tapauksessa parvikokoa ei pystytty edes karkeasti arvioimaan, joten ne jätettiin pois analyyseistä. Koko tutkimusjakson keskimääräinen parvikoko oli n. 15,6 kalaa. Jos parvikoon laskemisessa jätetään yksittäin tulleet smoltit (47 kpl) huomioimatta, saadaan keskimääräiseksi parvikooksi 17,8 kalaa.

Keskimääräinen päivittäinen parvikoko oli suurimmillaan heti kuvausjakson alussa (23.-24.6.). Tällöin yhdessä parvessa vaelsi kohti merialuetta keskimäärin yli 25 kalaa. Kauden edetessä keskimääräinen parvikoko pääsääntöisesti pieneni, ollen tutkimusjakson lopussa vain joitakin kaloja (kuva 10). Parvikoon pienenemistä kauden edetessä testattiin regressioanalyysillä. Parvikokoaineistoon sovitettiin ensimmäisen asteen regressiomalli ($y=-0,7724*x+23,8114$). Analyysi osoitti parvikoon pienenemisen (negatiivinen regressiokerroin) olevan tilastollisesti merkitsevä ($F\approx57,7$; df =1 ja 25; $p<0,001$; $r^2=0,70$).

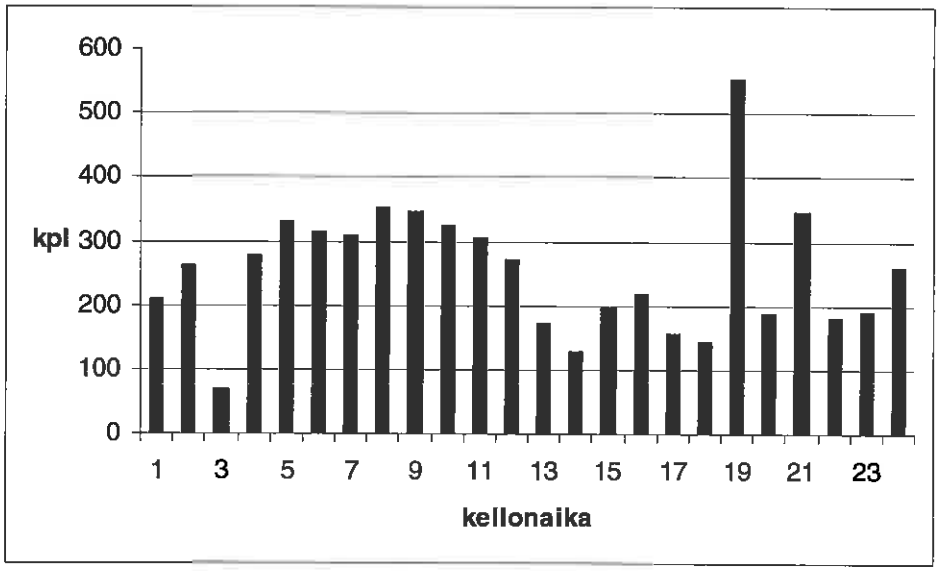
Tutkimusjaksolla havaittiin ainoastaan kolme parvea, joissa arvioitiin olevan yli 100 kalaa. Enimmillään smolttiparvessa laskettiin olevan kaloja n. 130 kpl. Tavallisesti parvet olivat pienempiä, kalamäärän vaihdellessa 2-50 vaelluspoikasen välillä.



Kuva 10. Vaelluspoikasparvien keskimääräinen päivittäinen parvikoko.

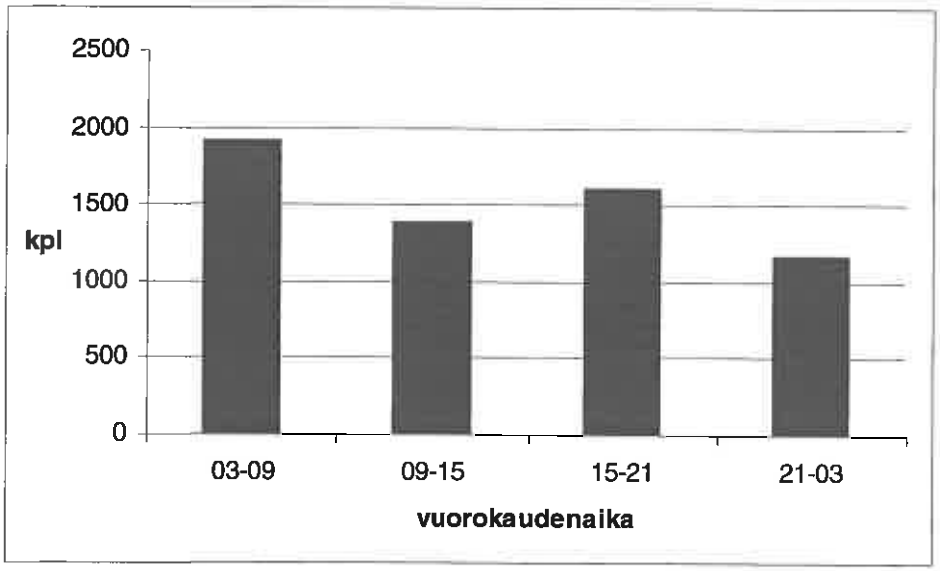
4.2.3. Smolttivaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen

Koko tutkimusjaksolla vuorokauden sisäinen vaelluspoikasmäärä tuntien välillä poikkesi merkitsevästi tasaisesta jakaumasta (χ^2=930,99; df =23; p<0,001). Suurin piikki havaittiin kello 18-19 välisenä aikana, jolloin vaelsi yli 550 smolttia. Vaelluspiikki oli kuitenkin osittain sattuman seurausta, sillä kahtena tutkimusvuorokautena havaittiin kaksi poikkeuksellisen suurta vaelluspoikasparvea kyseisen tunnin aikana (120 ja 100 vaelluspoikasta). Vähiten poikasia (67 kalaa) havaittiin aamuyöllä välillä 02-03 (kuva 11).



Kuva 11. Tutkimusjaksolla (23.6.-20.7.) havaittujen vaelluspoikasten määrät vuorokauden eri tunteina.

Myös vuorokaudenaikojen välillä (vuorokaudenajat: aamu=03-09, päivä=09-15, ilta=15-21 ja yö=21-03) vaelluspoikasmäärien havaittiin poikkeavan merkitsevästi tasaisesta jakaumasta (χ^2≈203,11; df = 3; p<0,001). Eniten smoltteja, 31,6 % kokonaismäärästä, vaelsi aamun aikana ja vähiten yöllä (19,2 %). Toisaalta kaikilla vuorokauden jaksoilla vaelsi yli tuhat kalaa, joten vaellus ei ollut erityisen keskittynyt tiettyyn vuorokaudenaikaan (kuva 12). Päivällä ja illalla vaeltaneiden smolttien osuudet olivat 22,9 % ja 26,3 % kokonaismäärästä.



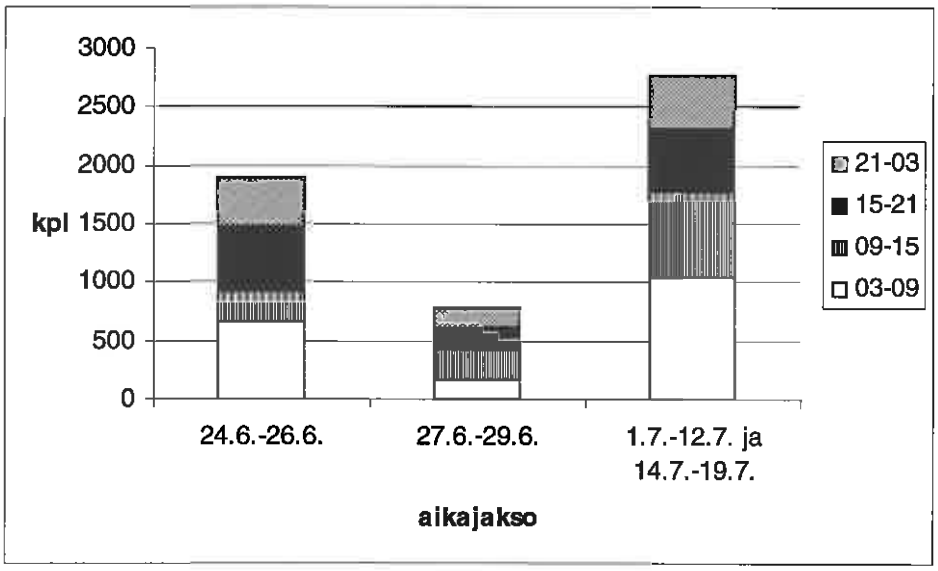
Kuva 12. Tutkimusjaksolla havaittujen vaelluspoikasmäärien jakautuminen vuorokaudenaikojen välillä.

Smolttivaelluksen ajoittumista tutkittiin myös lyhyemmillä vaellusjaksoilla. Tutkittuja jaksoja olivat: huippuvaellus (24-26.6), huippuvaelluksen jälkeinen laskuvaihe (27-29.6.) ja heinäkuun vaellus (1.-12. ja 14.-19.7) (kuva 8).

Kaikilla vaellusjaksoilla smolttimäärien havaittiin poikkeavan merkitsevästi tasaisista jakaumista vuorokaudenaikojen välillä (taulukko 6) (kuva 13). Vertailtaessa eri jaksoja keskenään havaitaan kuitenkin eroja jakaumien muodossa (kuva 13). Tasaisin smolttivaelluksen vuorokaudenaikaisjakauma on jaksolla 27.-29.6. Tähän viittaa myös pienin χ^2-testin arvo (taulukko 6). Tällä jaksolla eniten smoltteja vaelsi päivällä (32,6 %). Muina vuorokaudenaikoina vaellus oli hyvin tasaista ja osuudet kokonaismäärästä vaihtelivat välillä 21,5-23,5 %. Sekä huippuvaellusaikana että heinäkuussa jakaumat ovat huomattavasti epätasaisempia. Huippuvaellusaikana runsaimmin vaelluspoikasia liikkui aamulla (34,9 %) ja vähiten päivällä (13,3 %). Illalla ja yöllä vastaavat osuudet olivat 29,7 % ja 22,1 %. Myös heinäkuussa vaellus keskittyi aamuun (37,8 %). Heinäkuun jaksolla vähiten vaelluspoikasia kulki kuitenkin yöllä (16,3 %). Päivällä ja illalla osuudet olivat 26,5 % ja 19,3 %.

Taulukko 6. Smolttivaelluksen ajoittumisjakaumien χ^2- yhteensopivuustestien tulokset eri vaellusjaksoilla. Testisuureen arvot (χ^2), vapausasteet (df) ja havaitut merkitsevyystasot (p)

jakso	χ^2	df	p
24.-26.6.	202,9	3	<0,001
27.-29.6.	24,9	3	<0,001
1.-12. ja 14.-19.7.	302,5	3	<0,001

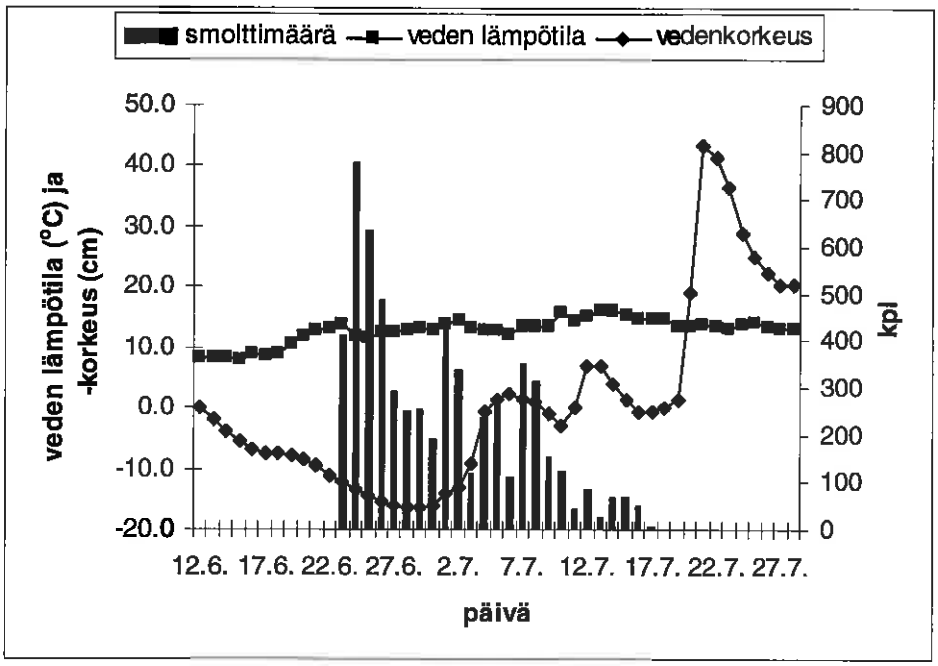


Kuva 13. Eri vuorokaudenaikoihin vaeltaneiden smolttien lukumäärät kolmella aikajaksolla.

4.2.4. Ympäristötekijöiden vaikutus smolttivaellukseen

Koko tutkimusjaksolla (23.6.-20.7.) veden lämpötilojen ja vaelluspoikasmäärien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Myös eri aikaviiveillä (lämpötilat 1, 2 ja 3 vuorokautta ennen smolttimääriä) vastaavat korrelaatiot olivat negatiivisia ja tilastollisesti merkitseviä (taulukko 7). Havainnot viittaavat siihen, että smoltteja vaelsi eniten päivinä, jolloin vesi oli viileämpää (kuva 14).

Veden lämpötilojen ja smolttimäärien korrelaatioita testattiin myös lyhyemmillä aikajaksoilla. Aikajaksolla 23.6.-10.7. ei havaittu tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita. Päivittäiset smolttimäärät olivat jakautuneet lähinnä satunnaisesti veden lämpötilojen suhteen. Testaukset tehtiin ilman aikaviivettä ja 1, 2 ja 3 vuorokauden aikaviiveillä. Samankaltaiset tulokset saatiin myös jaksolla 30.6.-10.7. (taulukko 7).



Kuva 14. Utsjoen vedenkorkeus, veden lämpötila ja vaelluspoikasmäärät päivittäin.

Taulukko 7. Utsjoen veden lämpötilojen ja vaelluspoikasmäärien väliset korrelaatiot kolmella jaksolla. Aikaviiveet, korrelaatiokertoimet (r) ja havaitut merkitsevyystasot (p).

jakso	aikaviive	r	p
23.6.-20.7.	0	-0,64	<0,001
	1	-0,64	<0,001
	2	-0,55	<0,01
	3	-0,53	<0,01
23.6.-10.7.	0	-0,46	>0,05
	1	-0,29	>0,2
	2	0,003	>0,9
	3	0,10	>0,6
30.6.-10.7.	0	0,06	>0,8
	1	-0,47	>0,1
	2	-0,24	>0,4
	3	0,05	>0,8

Vedenkorkeuden ja vaelluspoikasmäärien välisiä korrelaatioita testattiin kahdella eri jaksolla. Kummallakaan jaksolla ei havaittu tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita vedenkorkeuden ja smolttimäärien välillä. Aikaviivetarkastelukaan ei paljastanut merkitseviä korrelaatioita muuttujien välillä (taulukko 8). Havaitut päivittäiset vaelluspoikasmäärät olivat jakautuneet melko sattumanvaraisesti vedenkorkeuden suhteen. Kuitenkin lievää kaksihuippuisuutta oli havaittavissa. Tämä tarkoittaa sitä, että smoltteja havaittiin paljon päivinä, jolloin vesi oli matalalla, mutta myös melko

runsaasti päivinä, jolloin vesi oli huippukorkeudessaan. Esimerkiksi kuvausjakson alussa vesi oli matalalla, mutta smoltteja vaelsi runsaasti. Toisaalta heinäkuun 4.-8. päivä vedenkorkeus oli selvässä nousussa ja samalla alavirtaan vaeltaneet smolttimäärät kasvussa (kuva 14).

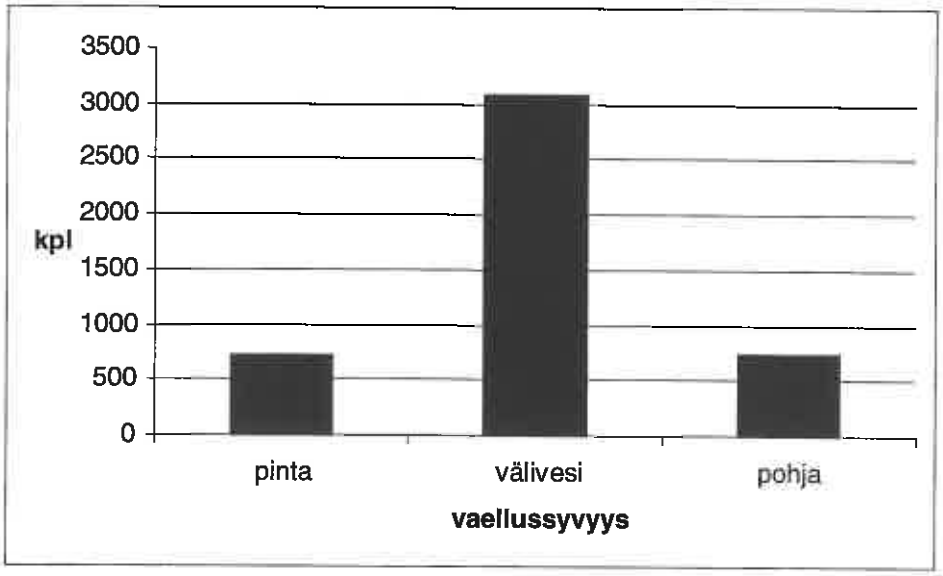
Taulukko 8. Utsjoen vedenkorkeuksien ja vaelluspoikasmäärien väliset korrelaatiot kahdella jaksolla. Aikaviiveet, korrelaatiokertoimet (r) ja havaitut merkitsevyystasot (p).

jakso	aikaviive	r	p
23.6.-10.7.	0	-0,41	>0,05
	1	-0,32	>0,1
	2	-0,25	>0,3
	3	-0,11	>0,6
30.6.-10.7.	0	-0,22	>0,5
	1	-0,21	>0,5
	2	-0,25	>0,4
	3	-0,17	>0,6

4.2.5. Vaellussyvyys

Kameran kuva-alueella smoltit käyttivät vaelluksellaan koko vesimassaa. Veden syvyys kuvauspaikalla oli n. 1,2-1,4 m. Vesimassa jaettiin silmämääräisesti kolmeen yhtä suureen kerrokseen (pohja, välivesi, pinta). Havaituista yli 6000 vaelluspoikasesta 4565 pystyttiin jakamaan eri vesikerroksiin. Muissa tapauksissa poikasia ei pystytty riittävällä tarkkuudella sijoittamaan mihinkään kerrokseen. Yli 3000 smolttia vaelsi välivedessä (67,7 %). Pinnan ja pohjan lähellä havaittiin molemmissa yli 700 vaelluspoikasta (16,0 % ja 16,3 %). Vaellussyvyysjakauma poikkesi merkitsevästi tasaisesta jakaumasta (χ^2=2430,9; df = 2; p<0,001)(kuva 15).

Pohjan tuntumassa uineet vaelluspoikasparvet olivat keskimäärin selvästi pienempiä kuin välivedessä ja pinnan lähellä uineet parvet. Keskimääräiset parvikoot olivat seuraavat: pohja 5,4; välivesi 18,4 ja pinta 31,7.



Kuva 15. Utsjoen smolttien vaellussyvyysjakauma.

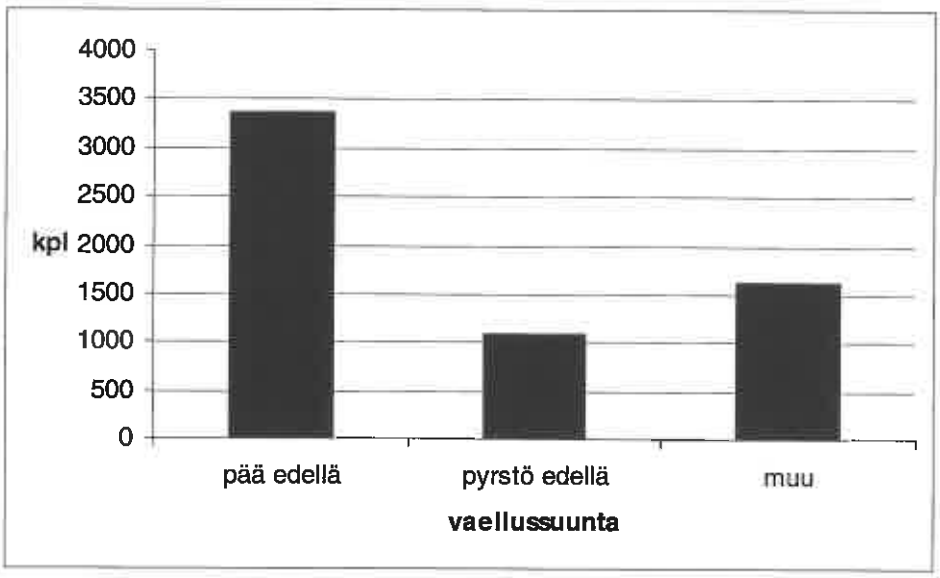
Utsjoen sillalta tehdyt silmämääräiset havainnot antoivat viitteitä siitä, että poikaset sukelsivat syvemmälle tullessaan sillan varjoon. Havaintoon saatiin lisänäyttöä kesällä 2002. Tällöin 8 kameraa olivat sijoitettuina n. 6-7 m ylävirtaan kesän 2001 kameraan nähden. Näin ollen kamerat sijaitsivat juuri sillan aiheuttaman varjon rajoilla. Näistä kameroista saatiin suoria havaintoja siitä, että sillan varjon kohdatessaan smoltit usein sukelsivat syvemmälle.

Tenojoen pääuomasta saatiin 14.6.2002 kaikkiaan 8 havaintoa smolttiparvista. Parvien kalamäärät vaihtelivat n. 3-60 vaelluspoikasen välillä. Kaikki havaitut parvet uivat lähellä pohjaa. Kameran kuva-alueella veden syvyys oli n. 1,6-1,8 m.

4.2.6. Uintisuunta

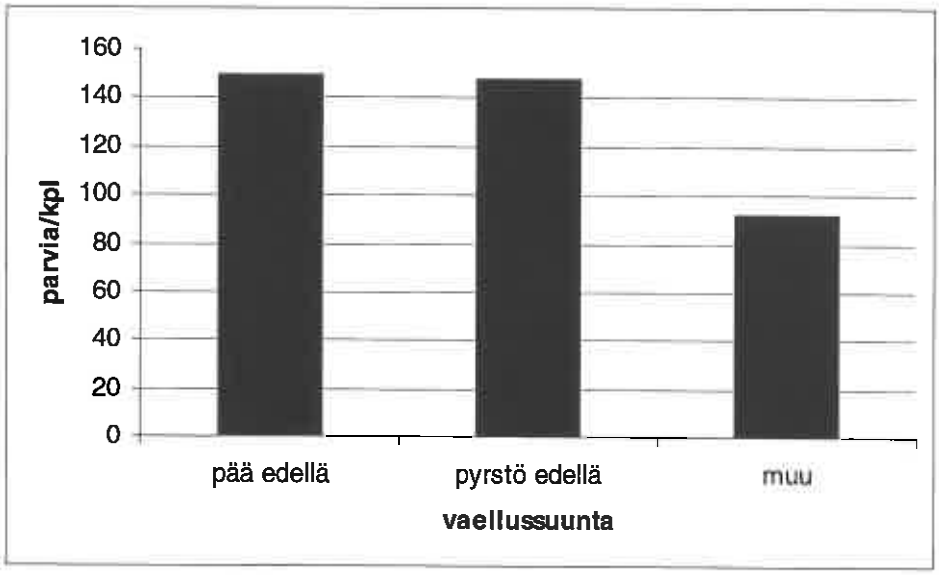
Suurin osa vaelluspoikasista ohitti kameran aktiivisesti uiden (pää edellä). Aktiivisesti uivia kaloja oli lähes 3400, joka oli **55,4** % kokonaismäärästä. Passiivisesti virran mukana kulkevia smoltteja (pyrstö edellä) havaittiin n. 1100 kappaletta (17,9 %). Aktiivisesti ja passiivisesti liikkuvien vaelluspoikasten lisäksi havaittiin monia parvia, joissa kalat olivat täysin satunnaisesti suuntautuneita (muu). Näissä parvissa arvioitiin olleen noin 1600 vaelluspoikasta (26,7 %)(kuva 16). Satunnaisesti suuntautuneissa parvissa yksittäiset smoltit saattoivat olla joko pää ylävirtaan, alavirtaan, sivuille ja kaikkiin mahdollisiin suuntiin näiden välillä. Kuitenkin parvet pysyivät koossa, koska yksittäisten kalojen uintisuunnat vaihtelivat jatkuvasti. Havaittu vaellussuuntajakauma poikkesi merkitsevästi

tasaisesta jakaumasta (χ^2=1402,5; df =2; p<0,001). Pintavirrannopeus kameran kohdalla oli hieman yli 0,9 m s^{-1} (kaksi mittausta kesällä 2001).



Kuva 16. Utsjoen smolttien vaellussuuntajakauma.

Tarkasteltaessa uintisuuntaa vaelluspoikasmäärien sijasta parvien lukumäärien avulla huomataan jakauman olevan huomattavasti tasaisempi (kuva 17). Erityisesti aktiivisesti uivien (38,3 %) ja passiivisesti virran mukana kulkevien (38,0 %) vaelluspoikasparvien osuudet ovat lähes yhtä suuret. Tämä viittaa passiivisesti virran mukana kulkeneiden smolttiparvien olleen kalamääriltään keskimäärin selvästi pienempiä kuin smolttiparvet, jotka uivat aktiivisesti alavirtaan (kuvat 16, 17).



Kuva 17. Utsjoen smolttiparvien vaellussuuntajakauma.

Sillan aiheuttaman varjon havaittiin vaikuttavan vaellussyvyyden lisäksi myös vaelluspoikasten uintisuuntaan. Kesän 2002 videomateriaalin perusteella näyttää siltä, että poikaset usein vaihtoivat passiivisesta virran mukana kulkeutumisesta aktiiviseen uintiin saapuessaan sillan varjoon. Tätä havaintoa tukevat myös muutamat Utsjoen sillalta tehdyt havainnot. Lisäksi havaittiin smolttien välillä liikkuvan myös sivuttaissuunnassa useita metrejä (5-10 m) puolelta toiselle.

Tenojoen pääuomassa havaitut vaelluspoikasparvet uivat aktiivisesti alavirtaan (pää edellä). Yhdenkään parven ei havaittu kulkevan passiivisesti virran mukana. Toisaalta myöskään satunnaisesti suuntautuneita parvia ei huomattu.

4.2.7. Muut käyttäytymishavainnot

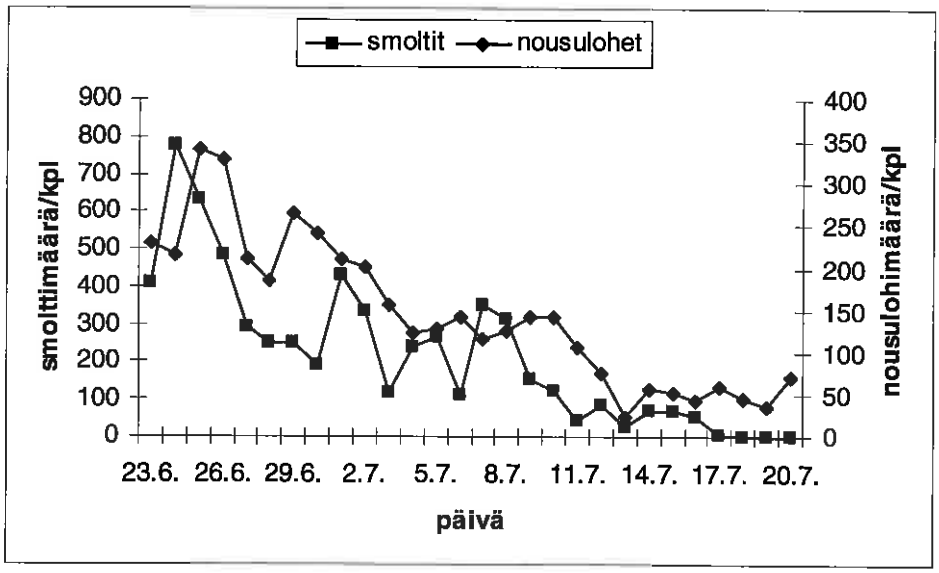
Vaelluspoikasista saatiin tutkimusjaksolla vaellussuunnan ja –syvyyden lisäksi runsaasti muita mielenkiintoisia käyttäytymishavaintoja. Hyvin usein huomattiin muiden kalalajien vaeltavan smolttiparvien mukana. Erityisesti parvien mukana kulki harjuksia, toisinaan myös pieniä siikoja. Harjukset ja siiat muodostivat tavallaan oman parvensa välittömästi smolttiparven perään. Toisaalta myös yksittäisiä harjuksia kulki usein vaelluspoikasten mukana. Kahdesti huomattiin ylävirrasta tulevan vaelluspoikasparven tempaavan kameran kuva-alueelta harjuksia mukaansa.

Smolttiparvien tiiviydessä saattoi olla suuriakin eroja. Välillä parvet olivat nauhamaisen pitkiä lauttoja, toisinaan taas hyvin tiiviitä "palloja". Joskus smolttiparvi oli jakautunut kahteen osaan. Ensin tuli yhtenäinen pääparvi, jonka jälkeen parvea seurasi yksittäisiä pääparvesta erkaantuneita smoltteja. Yhtenäinen parvikin saattoi hajota pienemmiksi osiksi. Esimerkiksi isokoskelon (*Mergus merganser)* saalistusyrityksen huomattiin hajottavan vaelluspoikasparven. Aineiston perusteella ei saatu tietoa siitä yhdistyikö parvi uudelleen saalistusyrityksen jälkeen.

4.3. Kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaisuus

Lohen kutu- ja smolttivaelluksen intensiteetissä oli havaittavissa selvää samankaltaisuutta. Vaelluspoikasten ja nousevien lohien päivittäisten lukumäärien välillä oli merkitsevä positiivinen riippu-

vuus (r≈0,79; p<0,001). Toisin sanoen vilkkaina vaelluspoikaspäivinä vaelsi myös runsaasti nousulohia ja päinvastoin. Myös huippuvaelluspäivät osuivat lähes päällekkäin (kuva 18).



Kuva 18. Tutkimusjaksolla päivittäin havaitut vaelluspoikas- ja nousulohimäärät. Huom. mitta-asteikot ovat erisuuret.

5. Tulosten tarkastelu

5.1. Kutuvaellus

5.1.1. Nousulohimäärät, vaelluksen ajoittuminen ja kesto

Tutkimusjaksolla Utsjokeen nousi runsaasti lohia. Lohimäärien suuruus korostuu, kun huomioidaan, että joessa kuvattiin vain yhdellä kameralla ja vaellusjaksosta saatiin kuvattua vain osa. Kesän 2002 videokuvauksissa lohien todettiin nousevan Utsjokeen heti kesäkuun alussa (3.6.) ja vaelluksen havaittiin jatkuvan vielä elokuulla. Lohimäärät alku- (kesäkuun alku) ja loppukesällä (elokuu) olivat kuitenkin melko alhaisia. Utsjoessa kesällä 2001 havaittuihin korkeisiin nousulohimääriin on useita syitä. Todennäköisesti Tenojoen alueen, myös Utsjoen, lohikannat olivat luontaisen kannanvaihtelun huipulla vuonna 2001 (Erkinaro ym. 2002). Saalistilastojen perusteella Tenojoen lohikannat näyttävät vaihtelevan noin 7-8 vuoden syklillä (Erkinaro ym. 2001, Erkinaro ym. 2002). Tilastojen mukaan 1990- luvulla lohikantojen huippuvuodet olivat vuosina 91-93. Seuraavat huippuvuo-

det havaittiin vuosina 1999-2001. Myös Utsjoen saalistilasto antaa viitteitä, että kesällä 2001 Utsjokeen nousi runsaasti lohia (RKTL/Teno, julkaisematon). Joesta saatiin yksi kaikkien aikojen suurimmista lohisaaliista, n. 2,6 t. Saalistilastoja tulkittaessa täytyy kuitenkin huomioida, että pyyntiteho saattaa vuosittain vaihdella.

Kuvauskokemusten perusteella vaikuttaa siltä, että videokamera oli sijoitettu nousukalojen seurantaa ajatellen optimaaliselle paikalla. Kesällä 2002 tehtiin muutamia kokeita vertailemalla yhden kameran (sijoitettu samalle paikalle kuin kesän 2001 kamera) ja kahdeksan kameran nousukalojen havainnointikykyä. Yhdellä kameralla havaittiin ajankohdasta riippuen n. 70-80 % kaloista (ylävirtaan uivista), jotka laskettiin kahdeksan kameran avulla. Tässä yhteydessä voidaan huomioida, että kahdeksalla kameralla pystyttiin laskemaan käytännössä kaikki jokeen nousevat lohet.

On kuitenkin mahdollista, että nousulohimäärästä tehtiin yliarvio. Ylävirtaan vaeltaneiden kalojen laskenta oli melko helppoa, mutta vastaavasti takaisin alavirtaan uineiden lohimäärien arviointi oli huomattavan hankalaa. Todennäköisesti näitä kaloja jäi havaitsematta, mahdollisesti runsaastikin. Ongelma oli seurausta sillan varjon aiheuttamasta pelästymisreaktiosta. Monissa tapauksissa lohet uivat kameran edestä ylävirtaan, mutta pelästyivät varjoa ja kääntyivät takaisin alavirtaan osumatta kameran kuva-alueelle. Kuva-alueella osuminenkaan ei taannut laskennan onnistumista, sillä alavirtaan uivat lohet usein vain vilahtivat kuvassa, eikä niiden tunnistaminen ja laskeminen onnistunut. Lohiyksilöt saattoivat tehdä useitakin edestakaisia uinteja sillan varjon tienoilla, joten laskentavirheen mahdollisuus on suuri.

Lohen kutuvaelluksen ajoittuminen ja kesto vaihtelevat suuresti lohen levinneisyysalueella. Kutuvaellus ei ole läheskään niin selvästi keväällä/kesällä tapahtuva lyhytkestoinen tapahtuma kuin lohen smolttivaellus. Esimerkiksi Brittein saarilla lohia nousee jokiin käytännössä vuoden jokaisena kuukautena (Hellawell ym. 1974, Hawkins 1989). Fromejoella Englannissa vaelluksen on havaittu ajoittuvan pitkälle jaksolle ja olevan kaksihuippuinen. Ensimmäinen huippuvaellus on kesä-elokuussa ja toinen loka-joulukuussa (Hellawell ym. 1974). Pohjoisissa lohijoissa vaellus keskittyy kuitenkin kesään. Tenojoen pääuomassa kutuvaellus ajoittuu lähinnä kesäkuun alun ja elokuun alun väliseen ajanjaksoon (Erkinaro ym. 1999b), mutta joitakin nousukaloja vaeltaa jo toukokuun lopulla (Niemelä ym. 2000). Yksittäisiä lohia nousee Tenojokeen vielä elokuun lopussa ja syyskuun alussa (Niemelä, suullinen tiedonanto). Tenojoen vesistön kanssa samoilla leveysasteilla sijaitsevalla Altajoella (Norja) lohen päänousu ajoittuu toukokuun lopun ja elokuun lopun väliselle ajanjaksolle (Heggberget ym. 1988). Samanlaisia havaintoja on tehty myös Keski-Norjan lohijoilta (Jensen ym.

1986). Utsjoen lohennousun ajoittumisesta ei saatu täydellistä kuvaa, sillä kuvausjakso ei kattanut koko vaellusjaksoa. Suomunäytetietojen, aiempien tutkimuksien (mm. Ala-Opas 1998) ja kesän 2002 kuvausten perusteella vaellus tapahtunee lähinnä kesä-elokuussa, huippuvaelluksen keskittyessä kesäkuun loppuun ja heinäkuun alkuun.

5.1.2. Parvikoko

Kirjallisuuden perusteella on hankala luoda kuvaa nousulohien vaelluksen aikaisesta parvikäyttäytymisestä, koska tutkimuksissa ei ole perehdytty kyseiseen aiheeseen. Automaattisten kalalaskurien yhteydessä suoritetuissa videokuvauksissa on harvakseltaan havaittu pieniä (2-3 yksilöä) lohiparvia (Dunkley & Shearer 1982). Tenojoen alueen aiemmissa vedenalaisissa tutkimuksissa parvikäyttäytymistä ja parvikokoa olisi voitu tutkia, mutta havainnoista ei ole raportoitu.

Utsjoessa nousulohien havaittiin liikkuvan sekä yksittäin että parvissa. Lähes puolet (45 %) kaloista ohitti kameran yksinään. Loput lohet kulkivat parvissa joiden koko vaihteli välillä 2-15 kalaa. Havaitut lohiparvet olivat siis melko pieniä. Todennäköisesti Tenojoen alajuoksulla jokeen nousevat lohiparvet ovat suurempia, käsittäen mahdollisesti jopa satoja kaloja. Vaelluksen aikana lohiparvet luultavasti pienenevät. Tämä voi olla seurausta useista eri tekijöistä. Ensinnäkin lohiparvet joutuvat kalastuksen kohteeksi, jolloin osa kaloista joutuu saaliiksi osan jatkaessa vaellustaan. Varsinkin Tenojoen alajuoksulle keskittyvä voimakas pato- ja verkkopyynti saattaa hajottaa parvia. Toisaalta samassakin parvessa vaeltavat kalat voivat olla "kotoisin" eri alueelta, jolloin vaelluksen edistyessä parvi hajoaa lohien suunnatessa omaan kotipaikkaansa, esimerkiksi sivujokeen. Lohiyksilöiden vasteet tiettyihin ympäristötekijöihin (mm. virtaama) ja uhkatilanteisiin vaihtelevat. Tämän seurauksena tietyt yksilöt saattavat jäädä parvesta. Utsjoesta saatiin viitteitä siitä, että lohet reagoivat erilailla sillan varjoon. Osa kaloista vaelsi reippaasti varjon poikki, mutta osa kääntyi alavirtaan pelästyneenä; seurauksena parven hajoaminen.

Vaikka lohiparvet yleensä pienenevät vaelluksellaan ylävirtaan, niin on mahdollista, että parviin myös liittyy uusia kaloja. Videokameran kuva-alueella havaittiin joitakin kertoja pysähtyneiden lohien liittyvän ohikulkeneisiin lohiparviin. Parvessa liikkumisen yhtenä selittävänä tekijänä pidetään yleisesti saalistuksen välttämistä. Vaikka jokialueella nousulohilla ei juurikaan ole luonnollisia vihollisia, niin parvikäyttäytyminen voi olla sopeutuma, joka on vuosituhansien aikana kehittynyt esimerkiksi merivaelluksen selviytyvyyden parantamiseksi.

Koko tutkimusjaksolla keskimääräinen päivittäinen parvikoko oli 1,57 kalaa (vaihteluväli 1,06-2,18). Kesäkuun loppupuolelta lähtien parvikoko alkoi pääsääntöisesti laskea. Tutkimusjakson lopussa havaitut nousulohet liikkuivat lähinnä yksittäin. Todennäköisesti Tenojoen vesistöön ja sitä kautta Utsjokeen nousevien lohien huippuvaellus oli heinäkuun puoliväliin mennessä ohitse. Ilmeisesti valtaosa lohiparvista oli jo noussut jokeen ja alavirrassa oli jäljellä lähinnä yksittäisiä nousukaloja.

5.1.3. Meri-ikä

Tämän tutkimuksen perusteella suurin osa (n. 95 %) Utsjokeen nousevista lohista oli yhden merivuoden kaloja. Useamman merivuoden lohien osuus oli vähäinen. Verrattaessa videomateriaalin ja Utsjoesta kerätyn suomunäytemateriaalin meri-ikäjakaumia huomataan niissä eroja. Suomunäytemateriaalissa erityisesti kahden merivuoden lohien osuus on merkittävä. Ero johtuu ainakin osittain inhimillisistä tekijöistä. Videomateriaalin analysoinnissa oli vaikea erottaa toisistaan isoja yhden merivuoden ja pieniä kahden merivuoden kaloja. Epäselvissä tapauksissa lohet merkittiin yhden merivuoden kaloiksi, joten kahden merivuoden lohien osuus on todennäköisesti aliarvio. Toisaalta suomunäytemateriaali voi olla valikoitunutta, eikä se välttämättä edusta Utsjoen lohikannan todellista meri-ikäjakaumaa. Niemelän (suullinen tiedonanto) mukaan ainakin isojen lohien (kolmen tai useamman merivuoden lohet) vähäinen määrä suomunäytemateriaalissa johtuu siitä, että näistä kaloista ei saada suomunäytteitä. Pitkältä aikajaksolta (1975-2002) kerätty suomunäytemateriaali antaa kuitenkin tukea sille, että yhden merivuoden lohien osuus nousulohista on keskimäärin yli 90 % (RKTL/Teno, julkaisematon).

Suomunäytemateriaali on kerätty pidemmältä aikajaksolta (kesäkuu-elokuu) kuin videomateriaali (23.6.-20.7.). Tämä seikka voi vaikuttaa meri-ikäjakaumien muotoihin. Useissa tutkimuksissa on suurempien lohien havaittu nousevan jokeen pienempiä aikaisemmin (Summers 1996, Trepanier ym. 1996, Niemelä ym. 2000). Esimerkiksi Tenojoen pääuomassa varhaisimmat nousijat ovat pääasiallisesti 2-3 merivuoden kaloja. Yhden merivuoden kalojen on havaittu nousevan hieman myöhemmin (Niemelä ym. 2000). Toisaalta Utsjoen lohen kohdalla on havaittu, että osa isoista lohista (2-4 merivuotta) nousee Tenon pääuomasta Utsjokeen syksyllä, mahdollisesti vasta kutuajan kynnyksellä (Kylmäaho ym. 1996).

Edustavamman meri-ikäjakauman saaminen edellyttää pidempää videokuvausjaksoa. Kuvaus tulisi aloittaa mahdollisimman nopeasti kevättulvan jälkeen (toukokuun loppu-kesäkuun alku) ja sitä pitäisi jatkaa aina kutuajan tienoille syyskuun loppuun. Lisäksi videomateriaalin perusteella tehtävää nousulohien koonmääritystä tulisi entisestään tarkentaa. Kalibrointi voitaisiin suorittaa uittamalla erikokoisten lohien jäljitelmiä kameran kuva-alueella tai toisaalta merkitsemällä eläviä lohia esimerkiksi radiolähettimillä ja antamalla niiden uida kameran ohitse.

5.1.4. Kutuvaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen

Yleensä kalojen nousuvaellus tapahtuu vuorokauden hämärän ja pimeän jakson aikana (Jonsson 1991). Monissa lohijoissa kutuvaelluksen on raportoitu keskittyvän yöhön, jolloin valaistus on heikkoa (Banks 1969, Hellawell 1974, Dunkley & Shearer 1982, Hawkins 1989, Smith & Smith 1997). Esimerkiksi Deejoella Skotlannissa nousuvaellus on aktiivisinta kello 22-01 välisenä aikana (Smith & Smith 1997). Myös Eskjoella Skotlannissa vaellus on aktiivisinta hämärän aikaan, mutta Dee joesta poiketen vaelluspiikki ajoituu auringonlaskun jälkeiseen lyhyeen hetkeen (Dunkley & Shearer 1982). Toisaalta yöaktiivisilla joilla veden samentuminen voi lisätä päivällä vaeltavien nousulohien määrää (Hellawell 1974, Dunkley & Shearer 1982). Ilmeisesti vuorokauden hämäränä jaksona ja samean veden aikana vaeltaminen on predaation välttämiskäyttäytymistä (Banks 1969). Fyysisten esteiden, kuten putousten ja kalaportaiden, yhteydessä lohennousun on havaittu ajoittuvan valoisaan aikaan (Banks 1969, Gowans ym. 1999). Gowans ym. (1999) olettavat, että nousevat lohet tarvitsevat visuaalisia havaintoja noustessaan tällaisten esteiden yli.

Utsjoessa nousulohia vaelsi runsaasti ympäri vuorokauden, mutta yleisesti ottaen vaellus oli aktiivisinta yöllä (21-03) ja vähäisintä päivällä (9-15). Samankaltaisia tuloksia on saatu Utsjoen aiemmassa videoseurannassa (Ala-Opas 1998). Tulokset tukevat yllä mainituissa tutkimuksissa havaittua hämäräaktiivisuutta, mutta erot vuorokaudenaikojen välillä ovat vähäisempiä. Erojen vähäisyys saattaa johtua olosuhteista, joissa nousuvaellus Utsjoessa tapahtuu. Vaelluksen aikana kesällä aurinko paistaa ympäri vuorokauden, joten valoisuuserot yön ja päivän välillä ovat pieniä. Jatkuvan valaistuksen takia kutuvaellus tapahtunee tasaisemmin ympäri vuorokauden kuin eteläisemmillä leveysasteilla sijaitsevilla lohijoilla. Tällainen ilmiö on havaittu Tenojokisuulla lohien noustessa merestä jokeen (Erkinaro ym. 1999b). Toisaalta Utsjoen alueellakin olosuhteet voivat yöllä olla suotuisimmat lohien nousulle. Tällöin valaistus on jokialueella tasaisimmillaan, eikä päivällä yleistä

valon välkettä tai voimakkaita kontrastieroja esiinny. Lohikalat säikkyvät usein valon ja varjojen vaihteluita, joten liikkuminen yöaikaan olisi ratkaisu tähän ongelmaan (Ala-Opas 1998).

5.1.5. Ympäristötekijöiden vaikutus kutuvaellukseen

Ympäristömuuttujat, kuten virtaama (vedenkorkeus) ja veden lämpötila, vaikuttavat kalojen vaelluksen ajoittumiseen ja sen intensiteettiin. Vaikutukset saattavat kuitenkin olla erilaisia jokialueiden välillä. Virtaaman merkitys on todennäköisesti suurempi pienissä kuin isommissa joissa ja toisaalta veden lämpötila on merkittävä tekijä jokialueilla, joissa on melko tasainen virtaama (Jonsson 1991).

Veden lämpötilan ja lohen kutuvaelluksen välisestä yhteydestä on varsin ristiriitaisia tutkimustuloksia. Useissa tutkimuksissa veden lämpötilan on päätelty olevan merkittävä tekijä lohen nousuvaelluksen käynnistymisessä ja voimistumisessa. Tällaisia havaintoja on tehty erityisesti jokialueilta, joissa on lohen kulkua haittaavia esteitä, kuten vesiputouksia ja kalaportaita (Banks 1969, Jensen ym. 1989, Gowans ym. 1999). Vefsnajoella Norjassa lohet alkavat nousta suuria putouksia vasta veden lämmettyä yli 8 °C: n ja veden lämpötilan nousun ja lohimäärien välillä on positiivinen riippuvuus (Jensen ym. 1986, 1989). Vastaavasti Skotlannissa Tummeljoella lohennousu kalaportaassa käynnistyy pääsääntöisesti veden lämpötilan ylitettyä 8,5 °C, mutta lämpötilan myöhemmällä kehityksellä ei ole vaikutusta lohennousuun (Gowans ym. 1999). Vaellusesteiden yhteydessä havaitut lohennousun lämpötilarajat johtunevat kalojen vaihtolämpöisyydestä. Vaihtolämpöisinä eläiminä kalojen aktiivisuus (liikkuvuus) kasvaa veden lämpötilan noustessa. Ilmeisesti suurien esteiden ylittämiseksi veden lämpötilan täytyy olla riittävän korkea, jotta esteen ohittaminen on ylipäätään mahdollista.

Veden lämpötilalla voi olla myös negatiivisia vaikutuksia lohennousuun. Muutamissa tutkimuksissa on havaittu korkean veden lämpötilan keskeyttävän nousuvaelluksen tai ehkäisevän nousun käynnistymistä jokisuulla (Hawkins 1989, Alabaster 1990). Toisaalta on mahdollista, ettei veden lämpötilalla ole juurikaan vaikutusta nousuvaelluksen käynnistymiseen tai sen voimakkuuteen (Hellawell ym. 1974, Trepanier 1996).

Utsjoessa veden lämpötilojen ja havaittujen nousulohimäärien välillä oli koko tutkimusjaksolla ja kaikilla aikaviiveillä negatiivinen korrelaatio. Lyhyemmällä tutkimusperiodilla (23.6.-10.7.) havaittiin negatiivinen korrelaatio ainoastaan vuorokauden aikaviiveellä. Tulosten perusteella vaikuttaa

siltä, että tutkimusjaksolla lohet suosivat matalampia lämpötiloja. Toisaalta riippuvuuksien puute lyhyemmällä jaksolla ja kutuvaelluksen alkuvaiheen (kylmän veden) tietojen puuttuminen heikentävät tulosten yleistettävyyttä. Todennäköisesti veden lämpötila kuvausten lopussa (10.7.-20.7.) oli suotuisa aktiiviselle lohennousulle, mutta nousukalojen määrä kameran alapuolella oli vähäinen. Nämä seikat vaikuttavat suuresti havaittujen korrelaatioiden syntyyn ja muotoon.

Tutkimusjaksolla veden lämpötila vaihteli välillä 11,6-16,2 °C. Huippuvaelluspäivinä (25.-26.6.) veden lämpötila oli n. 12 °C. Nämä lämpötilarajat eivät kuitenkaan edusta lohien käyttämää lämpötila-aluetta, sillä ennen kuvausten aloittamista lohia liikkui paljon kylmemmissäkin vesissä. Samansuuruisia vaelluksen aikaisia veden lämpötiloja on havaittu Utsjoen aiemmassa videoseurannassa (Ala-Opas 1998).

Virtaaman (vedenkorkeus) on monissa tutkimuksissa todettu olevan merkittävin lohennousuun vaikuttava ympäristötekijä (Banks 1969, Jonsson 1991). Usein on esitetty, että korkeat virtaamat ja virtaaman kasvu stimuloivat lohen vaellusta ylävirtaan (Alabaster 1970, Dunkley & Shearer 1982, Jensen ym. 1986, Bagliniere 1990, Smith ym. 1994, Gowans ym. 1999). Tilanne ei kuitenkaan ole näin yksiselitteinen. Todennäköisesti korkea virtaama itsessään ei ole nousua kiihdyttävä tekijä, vaan muutokset virtaamassa, esimerkiksi lyhytkestoinen tulva, vauhdittavat vaellusta (Alabaster 1970). Tulvan aikana vaellus ei välttämättä tapahdu vedenkorkeuden ollessa huipussaan. Dunkleyn & Shearerin (1982) mukaan vaellus on aktiivisinta tulvahuipun jälkeisenä laskevan vedenkorkeuden jaksona.

Virtaaman ja nousevien lohimäärien välinen riippuvuus voi olla myös negatiivinen. Trepanier ym. (1996) havaitsivat lohimäärien olevan suurempia virtaaman laskiessa kuin kasvaessa. Vastaavasti Fromejoella nousulohet käyttivät vaelluksen aikana keskimäärin alhaisempia virtaamia kuin oli yleisesti tarjolla (Hellawell ym. 1974). Tenojoella virtaamien muutoksilla ei vaikuttanut olevan yhteyksiä siihen liikkuivatko lohet vai eivät, mutta aktiivisen vaelluksen aikana virtaaman nousu lisäsi lohien vaellusvauhtia (Erkinaro ym. 1999b). Deejoella virtaamalla ja nousulohimäärillä ei havaittu merkitseviä yhteyksiä, mutta erityisen korkeiden virtaamien aikana lohennousu pysähtyi (Hawkins 1989). Vastaavasti Norjassa on havaittu etteivät lohet nouse putouksia korkeiden virtaamien aikana (Jensen ym. 1986).

Videoaineiston perusteella Utsjokeen nousevien lohien ja vedenkorkeuden välillä oli negatiivinen riippuvuus. Vastaava havainto on tehty Utsjoen vesistön aiemmassa videoseurannassa (Ala-Opas

1998). Tässä yhteydessä täytyy kuitenkin huomioida samat tekijät kuin veden lämpötilan ja nousulohimäärien välillä; kuvausjakso oli lyhyt, vaelluksen alku- sekä loppuvaiheen tiedot puuttuivat ja kalojen määrä kameran alapuolella vaihteli. Nämä seikat heikentävät oleellisesti vedenkorkeuden ja kalamäärien välisen riippuvuuden yleistettävyyttä. Näin ollen tutkimusjaksolla havaittu negatiivinen riippuvuus ei sulje pois vedenkorkeuden tai sen muutosten mahdollista lohennousua stimuloivaa vaikutusta. Aivan kuvausjakson lopussa (20.7.) vedenkorkeus oli jyrkässä nousussa rankkasateiden takia. Samalla nousevat lohimäärät kasvoivat edeltäviin päiviin nähden ja varsinkin isojen (≥ 2 merivuotta) lohien aktiviteetti kasvoi. Vastaava ilmiö havaittiin kesällä 2002 heinä-elokuun vaihteessa. Vedenkorkeus lähti nousuun ja pienellä viiveellä useamman merivuoden kalojen määrä kasvoi. Todennäköisesti Utsjoen virtaaman nopea kasvu houkutteli Tenojoen pääuomasta isoja lohia nousemaan kutu-alueilleen. Yksilöllisten merkkien (eväkulumat, ihovauriot ym.) perusteella isojen lohien huomattiin monessa tapauksessa vaeltavan vuoroin ylävirtaan ja vuoroin alavirtaan, joten epäselväksi jäi nousivatko lohet lopullisesti Utsjokeen vai palasivatko ne takaisin Tenon pääuomaan.

Tutkimusaineiston perusteella on vaikea arvioida veden lämpötilan ja vedenkorkeuden vaikutuksia kutuvaellukseen. Vaikuttaa kuitenkin siltä, ettei näillä ympäristötekijöillä ole suurta vaikutusta lohennousun ajoittumiseen ja sen intensiteettiin. Vaelluksen käynnistyminen saattaa vaatia tiettyä minimilämpötilaa, mutta kauden edetessä lämpötilan merkitys vähenee. Oletettavasti yksi tärkein tekijä lohennousun ajoittumisessa ja sen voimakkuudessa on yksinkertaisesti kausi. Tämä tarkoittaa sitä, että vuodesta toiseen lohet nousevat suurin piirtein samoihin aikoihin riippumatta veden lämpötilan ja vedenkorkeuden vaihteluista. Erityisesti tilanne voi olla tällainen Teno- ja Utsjoessa, missä ei ole merkittäviä vaellusesteitä ja missä vettä riittää läpi lohikauden. Pienemmissä ja ympäristötekijöiltään vaihtelevammissa joissa veden lämpötila ja etenkin virtaama saattavat olla merkittäviä lohennousua sääteleviä tekijöitä.

5.1.6. Vaelluskäyttäytyminen

Vedenalaisella videokameralla voidaan havainnoida vain hyvin rajoitettua kohtaa joesta. Tällöin nousulohien vaelluskäyttäytymistä tarkasteltaessa tulee huomioida, että tulokset edustavat kalojen käyttäytymistä vain kyseisellä rajatulla alueella. Utsjoessa videomateriaalia pystyttiin kuitenkin täydentämään sillalta tehdyin visuaalisin havainnoin. Tutkimusmateriaalin perusteella täysin selväksi käyttäytymispiirteeksi ilmeni nousulohien pelästymisreaktio Utsjoen sillan aiheuttaman varjon takia. Varsinkin aurinkoisina päivinä silta aiheutti veteen epäluonnollisen terävän varjon ja siten

suuren kontrastieron kirkkaan ja varjoisan välillä. Tämä vaikutti häiritsevän lohien vaellusta, mutta vaelluksen viivästyminen kesti yleensä vain joitakin minuutteja. Todennäköisesti lohet kokivat voimakkaan valaistuseron uhkaavaksi.

Utsjoessa nousulohien havaittiin vaeltavan ylävirtaan pohjan tuntumassa, noin 10-30 cm pohjan yläpuolella. Samanlaisia tuloksia on saatu muualtakin, mutta tutkimukset on tehty epäluonnollisissa paikoissa, kuten erilaisten patorakennelmien ja kalalaskureiden yhteydessä (Hellawell ym. 1974, Dunkley & Shearer 1982, 1989). Luultavasti fysikaaliset olosuhteet pohjan tuntumassa ovat parhaat lohen vaelluksen suhteen. Virrannopeus on alhainen verrattuna pintavirrannopeuteen ja mahdollisesti turbulenssi on vähäisempää. Takaisin alavirtaan uivien lohien huomattiin kuitenkin käyttävän laajemmin koko vesimassaa. Vastaavan ilmiön ovat havainneet Dunkley & Shearer (1989). Energeettisesti ajatellen lohien kannattaakin käyttää vesimassan ylempiä kerroksia alavirtaan liikkumisen yhteydessä. Ylemmissä vesikerroksissa virrannopeus on suurempi, joten lohien ei tarvitse käyttää niin paljon omaa energiaansa liikkuessaan alavirtaan.

Kirjallisuudessa lohen kutuvaelluksen on esitetty koostuvan kolmesta vaiheesta (Heggberget ym. 1988, Hawkins 1989). Ensimmäisen vaiheen aikana lohet nousevat nopeasti ylävirtaan, pitäen toisinaan pieniä taukoja. Toinen vaihe on pitkä paikallaanolojakso, jolloin lohet ovat passiivisia ja pysyttelevät pienellä alueella. Viimeisessä vaiheessa kalat nousevat lyhyen matkan kutualueilleen. Myös Tenojoen pääuomassa kutuvaelluksen on havaittu koostuvan yleisesti kolmesta eri vaiheesta, mutta kaksi jälkimmäistä vaihetta poikkeavat edellä mainituista. Tenojoessa toinen vaihe on ns. etsintävaihe, jolloin lohet tekevät kutualueensa lähellä lyhyitä vaelluksia ylä- ja alavirtaan. Kolmas vaihe on paikallaanolojakso etsintävaiheen ja kudun välillä (Okland ym. 2001).

Utsjoessa valtaosa kameran ohittaneista nousulohista olivat todennäköisesti ensimmäisessä, aktiivisessa, vaellusvaiheessa. Toisaalta aivan kuvausjakson loppupuolella Utsjoessa havaittiin useamman merivuoden lohia, jotka vaelsivat ensin ylävirtaan, mutta palasivat pian takaisin alas. Nämä nousukalat saattoivat olla ns. etsintävaiheessa, jonka Tenojoessa on havaittu seuraavan aktiivista vaellusvaihetta. Okland ym. (2001) ehdottavat, että etsintävaiheessa nousulohet valitsevat kutualueensa, etsivät potentiaalisia kumppaneita tai yrittävät löytää sopivan paikan paikallaanolojakson ajaksi.

5.2. Smolttivaellus

5.2.1. Vaelluspoikasmäärät, vaelluksen ajoittuminen ja kesto

Utsjoessa vaelsi tutkimusjakson aikana yli 6000 smolttia. Havaittu vaelluspoikasmäärä oli kuitenkin alhainen verrattuna vastaavaan aikaan kulkeneisiin aikuislohiin. Alhaiseen vaelluspoikasmäärään on useita syitä. Ensinnäkin vaellus oli käynnistynyt jo ennen kuvauksien aloittamista. Kuvausten ensimmäisinä päivinä havaittiin runsaasti vaelluspoikasia, joten smolttivaellus on voinut alkaa viikon tai jopa kaksikin viikkoa ennen kuvauksia. Utsjoen sivujoissa (Kevo- ja Tsarsjoessa) vuosina 1989-1994 tehdyissä vaelluspoikasten rysäpyynneissä on vaelluksen voitu todeta alkaneen eräinä vuosina jo kesäkuun alussa (8.-10.6.) (RKTL/Teno, julkaisematon). Kesän 2002 videokuvauksissa ensimmäiset vaelluspoikaset Utsjokisuulla havaittiin 7.-8.6., mutta kevät ja alkukesä 2002 olivatkin poikkeuksellisen lämpimiä Tenon alueella.

Yhden kameran kuva-alue kattaa ainoastaan pienen osan joen leveydestä, joten mahdollisesti suuri osa smolteista ohitti kameran osumatta kuva-alueelle. Lisäksi vaikuttaa siltä, että smoltit käyttivät jonkin verran leveämpää vaellusväylää kuin nousulohet. Todennäköisesti Utsjoesta vaelsi kesällä 2001 moninkertainen (jopa 5-10 kertaa enemmän) määrä vaelluspoikasia videokameran perusteella havaittuun määrään verrattuna. Kattavampien ja tarkempien vaelluspoikasmäärä arvioiden tekeminen videokuvausmenetelmällä vaatisi yhden kameran sijasta useita kameroita. Tällöin olisi mahdollista kuvata koko smolttien käyttämä vaellusväylä ja laskea lähes kaikki poikaset.

Normaalin keväisen smolttivaelluksen lisäksi on eri lohijoilla havaittu sekä keväällä että syksyllä tapahtuvia jokipoikasten alavirtaan vaelluksia (Riddell & Leggett 1981, Youngson ym. 1983, Cunjak ym. 1989). Youngsonin ym. (1983) mukaan syksyllä vaeltavat jokipoikaset ovat ns. pre-smoltteja, jotka vaeltavat mereen seuraavana keväänä. Cunjak ym. (1989) ovat havainneet suurimpien alavirtaan vaeltavien jokipoikasten smolttiutuvan jokisuussa kevään ja syksyn aikana ja jatkavan vaellustaan merelle. Pienempien jokipoikasten he otaksuvat palaavan jokisuusta jokeen talvehtimaan. Etelä-Norjassa sijaitsevalla Imsajoella on rysäpyyntien yhteydessä havaittu jokipoikasten vaeltavan alavirtaan ympäri vuoden (Jonsson & Ruud-Hansen 1985). Koska alavirtaan vaeltavien jokipoikasten määrät voivat olla merkittäviä, eivät vaelluspoikaspyyntien tulokset välttämättä edusta joen koko tuotantoa. Utsjoessa laajamittaisia jokipoikasten alavirtaan vaelluksia ei ole raportoitu, mutta täysin mahdotonta niiden esiintyminen ei ole. Videokuvauksissa voitiin toisinaan

havaita smolttiparvissa kaloja, jotka muistuttivat ulkoasultaan jokipoikasia tai olivat vain osittain smolttiutuneet. On siis mahdollista, että joesta vaeltaa smolttien lisäksi jokipoikasia (pre-smoltteja), jotka vaelluksen aikana muuttuvat smolteiksi. Varzugajoella Kuolan niemimaalla alavirtaan vaeltavat lohenpoikaset ovat poikkeuksellisen pienikokoisia ja muistuttavat ulkoasultaan lähinnä jokipoikasia (Kazakov 1994). Kazakovin mukaan poikaset muuttuvat smolteiksi vaelluksen aikana viimeistään jokisuulla.

Lohen smolttivaellus ajoittuu yleensä kevääseen ja alkukesään ja se kestää noin kuukauden (Österdahl 1969, Jonsson & Ruud-Hansen 1985, Hesthagen & Garnås 1986, Kazakov 1994, Bohlin ym. 1996, Veselov ym. 1998). Pohjoisissa joissa vaellus tapahtuu yleensä myöhemmin kuin eteläisemmissä lohijoissa (Hvidsten ym. 1995), smolttivaelluksen ajoittuessa kesä-heinäkuulle (Melnikova 1970, Hakala 1990, Erkinaro ym. 1998b, Veselov ym. 1998). Varsinainen huippuvaellus voi tapahtua ainoastaan muutamien päivien aikana (Melnikova 1970, Kazakov 1994, RKTL/Teno, julkaisematon). Utsjoessa vaelluksen alusta myöhästyttiin jonkun verran. Todennäköisesti vaellus alkoi n. 10.-15.6. Smolttivaellus lienee kestänyt Utsjoessa hieman yli kuukauden, sillä viimeiset vaelluspoikaset havaittiin heinäkuun puolivälin tienoilla. Toisaalta on mahdollista, että kuvausten lopettamisen jälkeen (20.7.) vaelsi vielä joitakin poikasia.

Erityisen keskittynyttä huippuvaellusta ei Utsjoessa havaittu. Utsjoen vesistössä on useita olosuhteiltaan erilaisia sivujokia ja puroja sekä geneettisesti erilaistuneita lohikantoja. Eri alueilta kotoisin olevat vaelluspoikaset saattavat vaeltaa hieman eri aikoihin ja näin ollen selvää huippuvaellusta ei Utsjoen alajuoksulla välttämättä havaita. Vaellusajankohtien mahdolliset erot voivat myös pidentää smolttivaelluksen kokonaiskestoa. Samanlainen vaikutus voi olla Utsjoen lukuisilla järvialtailla. Ne todennäköisesti tasaavat vaelluksen intensiteettiä ja pidentävät sen kestoa. Vaelluspoikasten vaellusajankohdan on havaittu myös riippuvan kalojen koosta. Isommat ja yleensä vanhemmat smoltit vaeltavat aiemmin kuin pienemmät (nuoremmat) yksilöt (Bohlin ym. 1996). Utsjoen smolttivaelluksen ajoittuminen ja kesto vastaavat melko hyvin muissa pohjoisissa joissa tehtyjä havaintoja (Melnikova 1970, Hakala 1990, Erkinaro ym. 1998b, Veselov ym. 1998).

5.2.2. Parvikoko

Suurimman osan makeassa vedessä viettämästä ajastaan lohenpoikaset ovat territoriaalisia (Kalleberg 1958). Smoltifikaatiossa poikasten käyttäytyminen muuttuu (Hoar 1953, Hoar 1976). Tällöin

territoriaalisuus häviää ja poikaset parveutuvat (McCormick ym. 1998). Hvidstenin ym. (1995) tekemät havainnot viittaavat siihen, että ylävirrasta laskeutuvat vaelluspoikaset stimuloivat alempana joessa olevia smoltteja mukaansa, jolloin muodostuu parvia. Utsjoessa havaittiin vaelluspoikasparven tempaavan harjuksia mukaansa, mutta vaelluspoikasten liittymistä parveen ei voitu todistaa. Tässä yhteydessä täytyy kuitenkin huomioida, että yhden kameran kuva-alue on marginaalinen, eikä päätelmiä kameran kuva-alueen ulkopuolella tapahtuvista asioista voida tehdä.

Knudsen ym. (1994) havaitsivat Sandvikselvan (Norja) vaelluspoikasten kulkevan erillisissä parvissa, joiden kalamäärä vaihteli välillä 10-200 kalaa. Vastaavasti Bakshtanskiy ym. (1980) tutkimuksessaan Poryajoella (Venäjä) huomasivat sekä yksittäin että parvissa kulkevia vaelluspoikasia. Parvikoko oli suurimmillaan n. 40 yksilöä. Tenojoen vesistössä Ylä-Pulmankijoella Hakala (1990) havaitsi smolttien vaeltavan pääsääntöisesti 10-20 kalan muodostamissa parvissa. Toisaalta Ylä-Pulmakijoella smoltteja vaelsi myös yksittäin. Utsjoessa smoltit vaelsivat yksittäin ja parvissa. Parvikoko vaihteli välillä 2-130 kalaa (keskimääräinen parvikoko 15,8 kalaa), mutta oli tavallisesti alle 50. Tulokset vastaavat melko hyvin Knudsenin ym. (1994), Bakshtanskiyn ym. (1980) ja Hakalan (1990) tekemiä havaintoja.

Seurannan edetessä parvikoon havaittiin pienenevän. Kuvausjakson alussa keskimääräinen päivittäinen parvikoko oli yli 25 kalaa, mutta jakson lopussa vain muutamia kaloja. Ylä-Pulmankijoella on rysäpyyntien yhteydessä huomattu parvikoon pienenevän vaelluksen loppua kohden (Hakala 1990). Parvikoon pieneneminen vaelluksen loppua kohden saattaa johtua siitä, että jokialueella ei yksinkertaisesti enää ole tarpeeksi vaelluspoikasia parvien muodostusta varten. Näin ollen viimeiset smoltit vaeltavat yksittäin tai hyvin pienissä ryhmissä.

5.2.3. Smolttivaelluksen vuorokauden sisäinen ajoittuminen

Utsjoessa smolttivaellus ei ollut erityisen keskittynyt mihinkään vuorokaudenaikaan. Eniten vaelluspoikasia havaittiin aamulla (03-09) ja vähiten yöllä (21-03). Kuitenkin kaikkina vuorokauden eri jaksoina vaelsi yli 1000 smolttia.

Monissa lohijoissa smolttivaellus on aktiivisimmillaan yöaikaan (White 1939, Österdahl 1969, Thorpe & Morgan 1978, Thorpe ym. 1981, Youngson ym. 1983, Hesthagen & Garnås 1986). Esimerkiksi Orklajoella valtaosa rysäpyynnin vaelluspoikassaaliista saatiin aikajaksolla 22-02 (Hest-

hagen & Garnås 1986). Thorpe & Morgan (1978) puolestaan raportoivat smolttivaelluksen Cluniejoella ajoittuvan pääsääntöisesti kello 20-04 väliseen aikaan. Vastaavasti Skotlannissa ultraäänilähettimillä merkityt vaelluspoikaset liikkuivat lähinnä yöllä. Niiden aktiivisuudesta 80 % tapahtui kello 21-06 välisenä aikana (Thorpe ym. 1981). Rickleåjoella Ruotsissa vaelluksen vuorokausirytmiikka muuttui kauden edetessä. Vaelluksen alussa poikaset liikkuivat lähinnä yöllä, mutta loppuvaiheessa smolttivaellus tapahtui pääsääntöisesti päiväsaikaan (Österdahl 1969). Solomonin (1982) mukaan yöllä vaeltaminen antaa poikasille suojaa saalistajia vastaan. Perimmäinen syy yöllä vaeltamiseen voikin olla predaation välttäminen. Erityisesti alueilla, joissa vaellusjakson yöt ovat hämäriä/pimeitä, vaelluksen ajoittuminen yöaikaan on predaation välttämisen kannalta järkevää. Edellä mainitut joet sijaitsevat sellaisilla leveysasteilla, että vaelluksen aikoihin yöllä on hämärää/pimeää. Näillä alueilla lohikannat ovat voineet sopeutua yöllä vaeltamiseen välttääkseen saalistusta.

Pohjoisilla lohijoilla smolttivaellus tapahtuu yleensä "yöttömän yön" aikaan. Tämä tarkoittaa, että aurinko ei laske vuorokausien välillä, joten valoa riittää kellon ympäri. Pohjoisilla joilla yöllä vaeltaminen ei välttämättä olekaan optimaalisin vaihtoehto. Utsjoessa vaellus oli vähäisintä nimenomaan yöllä (21-03). Vastaava havainto on tehty Kuolan niemimaalla sijaitsevalla Varzugajoella. Siellä smolttivaellus on erityisen vähäistä yöllä n. kello 22-04 välisenä aikana (Veselov ym. 1998).

On mahdollista, että polaarialueilla smolttien kannattaa jopa välttää vaeltamista yöllä. Tällöin valaistus jokialueella on tasaisimmillaan, eikä valon välkettä tai suuria kontrastieroja esiinny (valo/varjo). Olosuhteet ovat hyvät erilaisille vaelluspoikasten saalistajille (esim. taimen, made, isokoskelo) ja niiden saalistustehokkuus voi olla parempi kuin kirkkaassa päivänvalossa. Bakstanskyn & Nesterov (1974) havaitsivat Soyanajoen (Kuolan niemimaa) smolttivaelluksen olevan aktiivisinta päivällä (klo 13-19). He kuitenkin huomasivat eroja päivien välillä. Pilvisinä päivinä vaeltavien smolttien määrä oli vähäinen, mutta aurinkoisina päivinä vaellus oli intensiivisempää. Eron he uskoivat johtuvan valaistuksesta. Myös Österdahl (1969) havaitsi päivällä vaeltavien smolttimäärien kasvavan, kun pilvipeite vähenee. Bakstankyn & Nesterovin (1974) mukaan aurinkoisina päivinä vedenalainen valaistus on vaihtelevaa (runsaasti valon välkettä pohjassa ja vesimassassa) ja tällaisina hetkinä lohenpoikasten saalistajien pyyntitehokkuus heikkenee. Toisaalta voimakas vedenalainen kirkkaus ja valon välke parantavat hopeoituneiden vaelluspoikasten naamioitumiskykyä (Bakshtanskiy ym. 1980). Todennäköisesti polaarialueilla aurinkoiset hetket ovat siten vaelluspoikasten selviytymisen kannalta hyvää vaellusaikaa, kuten muilla alueilla ovat pimeys, samea vesi tai korkeat virtaamat (Bakstansky & Nesterov 1974, Bakshstanskiy ym. 1980).

Kaikkiaan smolttien vuorokausirytmiikka lohen levinneisyysalueella on kuitenkin vaihtelevaa. Edellisistä havainnoista poiketen, vaelluspoikaset voivat pohjoisilla alueilla vaeltaa pääsääntöisesti yöllä (Leonko & Chernitskiy 1986) ja toisaalta etelämpänä smoltit voivat olla päiväaktiivisia (Österdahl 1969, Solomon 1978). McCleaven (1978) mukaan vaelluspoikaset voivat olla aktiivisia sekä päivällä että yöllä. Tätä havaintoa tukee myös Utsjoesta kerätty aineisto joka osoittaa, että smolttivaellus oli melko aktiivista ympäri vuorokauden. Todennäköisesti vaelluspoikasten vuorokausirytmiikka on valaistuksen lisäksi riippuvainen monista bioottisista (mm. saalistus, ravinto) ja abioottisista (mm. veden lämpö, virtaama) tekijöistä, jotka vaihtelevat eri tavoin jokien välillä. Esimerkiksi Thorpe ym. (1994) havaitsivat smolttivaelluksen tapahtuvan lähes täydellisesti yöllä veden lämpötilan ollessa alle 7 °C, mutta veden lämpötilan ollessa yli 14 °C vaellus tapahtui pääsääntöisesti päivällä.

5.2.4. Ympäristötekijöiden vaikutus smolttivaellukseen

Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että lohen smolttiutumisessa on vahva sisäsyntyinen komponentti. Poikasten täytyy todennäköisesti saavuttaa tietty koko ennen kuin muodonmuutos voi käynnistyä (Hoar 1976). Toisaalta on runsaasti todisteita, että ympäristötekijät, kuten valojaksoisuus ja veden lämpötila, säätelevät muodonmuutoksen lopullista ajoittumista. Näistä valojaksoisuuden on havaittu olevan tärkein smolttiutumista säätelevä ympäristömuuttuja (Hoar 1976). Ympäristötekijöillä on vaikutusta myös smoltifikaation jälkeiseen varsinaiseen smolttivaellukseen. Esimerkiksi veden virtaama (vedenkorkeus) ja veden lämpötila ovat ympäristötekijöitä, jotka vaikuttavat sekä kalojen vaelluksen ajoittumiseen että sen intensiteettiin (Northcote 1984, Jonsson 1991). Selvästikin on kehittynyt mekanismeja, jotka mahdollistavat smolttien vaelluksen "oikeaan" aikaan vuodesta (Österdahl 1969). Tällöin vaelluspoikaset saapuvat mereen selviytymisen ja ravinnon kannalta optimaaliseen aikaan.

Useissa tutkimuksissa veden lämpötilan on havaittu vaikuttavan smolttivaelluksen käynnistymiseen ja sen intensiteettiin (Jonsson 1991, Hvidsten ym. 1995). Österdahl (1969) huomasi Rickleåjoen vaelluksen yleensä käynnistyvän veden lämpötilan ylitettyä n. 10 °C. Penobscotjoella Yhdysvaltain itärannikolla vaelluksen laukaiseva lämpötila oli 9 °C, mutta lämpötilan myöhemmällä kehityksellä ei ollut vaikutusta vaellusintensiteettiin (McCleave 1978). Jonssonin & Ruud-Hansenin (1985) mukaan smolttivaellus ei käynnisty tietyn kriittisen lämpötilarajan jälkeen vaan vaelluksen käynnistymiseen vaikuttaa veden lämpötila kevään aikana ja lämpötilan nousu yli kevään taustalämpötilan.

Solomon (1978) olettaa vaelluksen alkavan eri vuosina eri lämpötiloissa, riippuen lähinnä smolttivaellusta edeltävien viikkojen veden lämpötilasta. White (1939) on havainnut hyvän korrelaation päivittäisten vaelluspoikasmäärien ja veden lämpötilan välillä. Hänen mukaansa veden lämpötilan noustessa smolttimäärät kasvavat. Myös Tenojoen vesistön pienillä sivupuroilla veden lämpötilan nousu lisäsi vaelluspoikasten määrää (Erkinaro ym. 1998b).

Havainnot veden lämpötilan vaikutuksista vaelluspoikasten muuttoon eivät kuitenkaan ole yksiselitteisiä. Hesthagen & Garnås (1986) havaitsivat tutkimuksessaan Orklajoella vaelluspoikasten määrän kasvavan virtaaman noustessa ja veden lämpötilan laskiessa. Päinvastaisissa olosuhteissa vaellusaktiviteetti heikkeni. Bakstanskyn & Nesterovin (1974) mukaan Soyanajoella veden lämpötiloilla ja päivittäisillä vaelluspoikasmäärillä ei ollut yhteyttä. Vastaavanlaiseen tulokseen ovat päätyneet Youngson ym. (1983) Deejoen sivujoella tehdyissä vaelluspoikastutkimuksissa.

Utsjoessa veden lämpötilojen ja havaittujen vaelluspoikasmäärien välillä oli koko tutkimusjaksolla ja kaikilla aikaviiveillä negatiivinen korrelaatio. Toisaalta lyhyemmillä jaksoilla merkitseviä korrelaatioita ei löydetty, vaan havainnot jakaantuivat lähinnä sattumanvaraisesti. Tämä viittaa siihen, että vaelluksen alku- ja loppuvaihe vaikuttavat suuresti korrelaatioiden syntyyn. Esimerkiksi vaelluksen loppuvaiheessa (9.-20.7.) vaelluspoikasten määrä oli varsin alhainen, mutta veden lämpötila oli melko korkea. Todennäköisesti olosuhteet vaelluksen loppuvaiheessa olivat suotuisat runsaalle smolttivaellukselle, mutta ilmeisesti joessa ei enää ollut merkittävästi poikasia jäljellä. Toisaalta kuvausten alussa veden lämpötila ei vielä ollut erityisen korkea, mutta vaelluspoikasia havaittiin runsaasti. Lisäksi vaelluksen alusta myöhästyttiin, joten kylmimmän veden ajalta ei ole havaintoja vaelluspoikasten määristä. Nämä edellä mainitut tekijät vaikuttavat suuresti veden lämpötilojen ja vaelluspoikasmäärien välisen yhteyden syntyyn ja muotoon. Näin ollen tämän tutkimuksen perusteella on hankala osoittaa selviä yhteyksiä veden lämpötilan ja smolttivaelluksen käynnistymisen tai sen intensiteetin välillä.

Videokuvausten aikana veden lämpötila vaihteli välillä 11,6-16,2 °C. Todennäköisesti smoltteja vaelsi alhaisemmissakin lämpötiloissa ennen kuvausten aloittamista. Huippuvaelluksen aikaan (24.-25.6.) veden lämpötila oli n. 12 °C. Samanlaisia smolttivaelluksen aikaisia veden lämpötiloja on raportoitu monilta muiltakin joilta (mm. Österdahl 1969, Melnikova 1970, Bakstansky & Nesterov 1974, Solomon 1978, Leonko & Chernitskiy 1986, Erkinaro ym. 1998b). Jokialueiden välillä on kuitenkin suuria eroja. Esimerkiksi Orklajoella smolttivaellus käynnistyy jopa alle 2 °C veden lämpötiloissa ja on yleensä ohi ennen kuin veden lämpö ylittää 10 °C (Hvidsten ym. 1995). Skotlan-

nissa Deejoen sivupurossa vaelluksen aikana veden lämpötila vaihtelee välillä 1-8 °C (Youngson ym. 1983).

Vedenkorkeuden muutosten ja etenkin sen nousun on ehdotettu vaikuttavan smolttivaelluksen käynnistymiseen ja voimakkuuteen (Jonsson 1991, Hvidsten ym. 1995). Hesthagenin & Garnåsin (1986) mukaan smolttivaellus alkaa Orklajoella keväällä, kun virtaama kasvaa ensimmäisen kerran noin 100 $m^3 s^{-1}$. Kasvavan virtaaman aikana smoltteja vaeltaa Orklalla merkittävästi enemmän kuin päinvastaisessa tapauksessa. Myös Tenojoen sivupuroilla tehdyissä tutkimuksissa vedenkorkeuden nousun havaittiin toisinaan aktivoivan smolttien vaellusta (Erkinaro ym. 1998b). Päinvastaisia tuloksia esittävät Veselov ym. (1998). Heidän mukaansa vedenpinnan voimakas nousu vähentää vaelluksen intensiteettiä ja saattaa jopa keskeyttää vaelluksen kokonaan. Bakstansky & Nesterov (1974) eivät puolestaan löytäneet minkäänlaista yhteyttä Soyanajoen vaelluspoikasmäärien ja vedenkorkeuden välillä. Penobscotjoella vaelluspoikasten käyttäytyminen ei muuttunut mitenkään vedenkorkeuden vaihdellessa (McCleave 1978).

Utsjoessa vedenkorkeuden ja vaelluspoikasmäärien välillä ei havaittu merkitseviä korrelaatioita. Vaelluspoikasia havaittiin runsaasti heti kuvausten alussa, jolloin vesi oli melko alhaalla ja hitaassa laskussa. Samanlaisia tuloksia on saatu Kuolan niemimaan (Melnikova 1970, Veselov ym. 1998) ja Pohjois-Amerikan itärannikon lohijoilta (White 1939, Riddell & Leggett 1981). Todennäköisesti vaellusolosuhteet ovat Utsjoessa parhaimmillaan kevättulvan jälkeen (kesä-heinäkuussa), jolloin vedenkorkeus on yleensä laskussa ja toisaalta veden lämpötila nousussa.

Vedenkorkeuden nousu vaelluskauden aikana voi kuitenkin aktivoida smolttivaellusta. Utsjoessa havaittiin heinäkuussa selvä vedenkorkeuden nousu (4.-8.7.) ja samalla vaelluspoikasmäärät kasvoivat. Mahdollisesti vedenkorkeuden nousu ja virtaaman kasvu stimuloivat joessa vielä olleita smoltteja vaeltamaan, varsinkin kun vedenpinnan nousua oli edeltänyt pitkä alhaisen ja laskevan vedenkorkeuden jakso. Toisaalta korkeampi virtaama tarjoaa vaelluspoikasille energiaa säästävän ja nopeamman "kuljetuksen" alavirtaan sekä antaa parempaa suojaa saalistajia vastaan (Jonsson 1991).

Kirjallisuuden antama kuva ympäristötekijöiden, veden lämpötilan ja vedenkorkeuden, vaikutuksista smolttivaellukseen on melko ristiriitainen. Tämä tutkimuskaan ei sanottavasti selventänyt ympäristömuuttujien ja smolttivaelluksen välistä yhteyttä. Luultavasti eri jokialueilla näiden tekijöiden vaikutus lohenpoikasten vaellukseen on erilainen. Yhden ympäristömuuttujan vaikutuksen arvioi-

minen saattaa toisaalta olla hankalaa, sillä todennäköisesti monet abioottiset ja bioottiset tekijät vaikuttavat yhdessä (Leonko & Chernitskiy 1986). Lisäksi olosuhteet vaelluspoikasten liikkeellelähtöalueella saattavat poiketa suuresti pyyntialueen olosuhteista. Esimerkiksi kameran sijoituspaikalla, Utsjoen alajuoksulla, havaittavat poikaset ovat voineet aloittaa vaelluksen päiväkausia aiemmin Tsarsjoen latvoilta aivan toisenlaisissa olosuhteissa kuin kamera-alueella on mitattu havaintopäivänä.

5.2.5. Smolttien vaelluskäyttäytyminen

Useissa tutkimuksissa smolttivaelluksen on todettu olevan lähinnä passiivista virran mukana kulkeutumista (Tytler ym. 1978, Thorpe ym. 1981). Aktiivista uintia on kuitenkin havaittu vähäisesti ainakin vaelluspoikasten uidessa järvien läpi (Thorpe & Morgan 1978). Solomon (1978) on päätellyt smolttivaelluksen olevan aktiivinen prosessi, jossa vaelluspoikaset viettävät valtaosan ajastaan vaeltamatta, mutta saattavat sopivan tilanteen tullen uida aktiivisesti alavirtaan. Norjassa on viljeltyjen lohen vaelluspoikasten todettu ainakin toisinaan uivan aktiivisesti alavirtaan, mutta pääosin vaelluksen on havaittu olevan passiivista (Hansen & Jonsson 1985).

Bakshtanskiyn ym. (1980) mukaan valtaosa Poryajoella vaeltaneista smolteista vaelsi passiivisesti pyrstö edellä. Jos poikaset kuitenkin altistettiin vaaralle (haukijäljennöksille/verkkoon kiinnitettyihin eläviin haukiin), smoltit uivat pääsääntöisesti aktiivisesti päät alavirtaan suunnattuina. Ylä-Pulmankijoen rysällä Hakala (1990) havaitsi vaelluspoikasten liikkuvan passiivisesti pyrstö edellä. Utsjoessa suurin osa videokameran ohittaneista vaelluspoikasista ui aktiivisesti alavirtaan. Aktiivisesti alavirtaan vaeltaneiden smolttien suuri osuus saattoi johtua pelästymisreaktiosta, jonka smoltit kokivat saapuessaan sillan aiheuttaman varjon kohdille. Tästä reaktiosta saatiin runsaasti suoria havaintoja kesän 2002 kuvauksien yhteydessä. Toisin sanoen ilman sillan aiheuttamaa varjoa vaelluspoikaset saattaisivat liikkua kameran kohdalla passiivisesti pyrstö edellä. Suuri satunnaisesti suuntautuneiden smolttien määrä oli mahdollisesti seurausta vastaavasta pelästymisreaktiosta. Toisaalta Tenojoen pääuomassa huomattiin kaikkien havaittujen parvien (8 kpl) uivan aktiivisesti alavirtaan. Minkäänlaista pelästymisreaktioita ei Tenon pääuoman kalojen kohdalla havaittu, joten havainnot viittaavat siihen, että lohen smolttivaellus on ainakin osittain aktiivinen prosessi. Aktiivisuutta tukevat myös Utsjoen sillalta tehdyt havainnot, joissa huomattiin smolttiparvien uivan aktiivisesti alavirtaan jo ennen sillan aiheuttamaa varjoa. Todennäköisesti smolttivaellukseen kuuluu sekä passiivisia että aktiivisia elementtejä. Veden virtauksen mukana kulkeutuminen on pääasialli-

nen liikkumistapa, mutta kalojen täytyy aktiivisesti hakeutua virtaan ja pysyä virran mukana (Jonsson 1991) sekä väistää vaaranpaikkoja.

Utsjoessa passiivisesti alavirtaan liikkuvien smolttiparvien huomattiin olevan keskimäärin pienempiä kuin vastaavat aktiivisesti uivat parvet. Tämä saattoi johtua erikokoisten parvien erilaisesta suhtautumisesta vaaraan (sillan varjo) tai erilaisesta predaation välttämiskäyttäytymisestä. Bakshtanskiy ym. (1980) ovat tutkimuksessaan huomanneet yksittäisten smolttien ja erikokoisten parvien käyttäytyvän toisistaan poikkeavasti. Eroja havaittiin sekä vaaran uhatessa (haukijäljennökset/verkkohauet) että ilman vaaraa.

Smolttien vaelluksellaan käyttämästä uintisyvyydestä on julkaistu niukasti tietoa. Julkaistukin tieto on pääosin ristiriitaista. Hvidsten & Johnsen (1997) havaitsivat tutkimuksessaan Orklajoella vaelluspoikasten käyttävän pinnan läheistä vesikerrosta ja liikkuvan päävirran tuntumassa. Toisaalta Bakshtanskiy ym. (1980) havaitsivat smolttien käyttävän laajemmin koko vesimassaa. He huomasivat myös yksittäisten smolttien ja erikokoisten parvien käyttävän eri vesikerroksia. Yksittäin ja pienissä ryhmissä uivien parvien havaittiin vaeltavan pohjan lähellä, mutta suurempien parvien kulkevan lähempänä pintaa. Ylä-Pulmankijoella vaelluspoikaset liikkuivat yleensä välivedessä (Hakala 1990). Videokuvausten perusteella Utsjoen smoltit uivat koko vesikerroksessa, mutta käyttivät pääsääntöisesti välivettä.

Väliveden runsas käyttö voi osittain johtua Utsjoen sillan varjon aiheuttamasta pelästymisreaktiosta. Kesän 2002 aikana saatiin runsaasti suoria havaintoja smolttien taipumuksesta sukeltaa syvemmälle tullessaan sillan varjon kohdille. Toisaalta pinnassa vaeltaneiden smolttien osuus oli todennäköisesti aliarvio, sillä vastavalo-ongelmat ja kameran kuva-alueen katve heikensivät lähellä pintaa kulkevien vaelluspoikasten havaittavuutta. Aineisto antoi viitteitä samanlaisesta ilmiöstä, jonka Bakshtanskiy ym. (1980) ovat havainneet Poryajoella. Yksittäin tai pienissä ryhmissä tulleet vaelluspoikaset uivat useimmiten lähellä pohjaa. Tämä ilmiö saattaa olla sopeutuma saalistuksen välttämiseen.

Tenojoen pääuomassa kaikki vaelluspoikasparvet (8 kpl) uivat parvien koosta riippumatta aivan pohjan tuntumassa. Aineistoa oli kuitenkin vain yhdeltä vuorokaudelta yhdestä kohdasta jokea, joten lopullisten johtopäätösten tekeminen on hankalaa. Todennäköisesti vaelluspoikaset käyttävät vaihtelevasti eri vesikerroksia aina tilanteen vaatimalla tavalla. Tämä selittäisi eri tutkimuksissa havaitut vaihtelevat ja ristiriitaiset tulokset.

Utsjoen vaelluspoikasparvissa havaittiin toisinaan muita kalalajeja. Yleensä parvien mukana liikkui harjuksia ja siikoja. Harjuksien huomattiin myös liittyvän ohikulkeviin vaelluspoikasparviin. Todennäköisesti nämä mielellään parvissa liikkuvat kalat stimuloituivat ohikulkevista smolttiparvista ja liittyivät niihin. Viitteitä muiden kalalajien liikkumisesta vaelluspoikasten mukana on muualtakin. Ylä-Pulmankijoella Hakala (1990) sai vaelluspoikasten rysäpyynnin yhteydessä runsaasti harjuksia ja siikoja, todennäköisesti ainakin osa on kulkenut vaelluspoikasten mukana. Luvengajoella Kuolan niemimaalla lohen vaelluspoikasten mukana liikkui taimenen vaelluspoikasia (Leonko & Chernitskiy 1986).

5.3. Kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaisuus

Lohen kutu- ja smolttivaellus tapahtui päivätasolla tarkasteltuna varsin samanaikaisesti. Vaikuttaa siltä, että nousulohet ja vaelluspoikaset reagoivat hyvin samantyyppisesti vallitseviin olosuhteisiin, mm. ympäristömuuttujiin (veden lämpötila, vedenkorkeus, valaistus ym.). Tätä väitettä tukevat myös huippuvaelluspäivien sijoittumiset lähes identtisesti. Toisaalta vaellusajankohtien ajoittuminen voi olla osittain perimään sidottu ominaisuus, joka on muotoutunut nykyiselleen vuosituhansien saatossa. Tällöin kalat vaeltavat sellaisena ajankohtana, joka luonnonvalinnan kautta on osoittautunut parhaaksi. Mahdollisesti molempien vaelluksien selviytyvyys on parhaimmillaan suunnilleen samaan aikaan. Tuloksia arvioitaessa täytyy jälleen huomioida se, ettei kumpaakaan vaellusta ehditty ja pystytty kuvaamaan kokonaan. Kutu- ja smolttivaelluksen suhde voisi olla erilainen, jos vaelluksiin olisi päästy kiinni heti niiden alusta.

5.4. Menetelmän soveltuvuus

Vedenalainen videokuvaus on lupaava kalamäärien tutkimusmenetelmä Tenojoen alueen olosuhteisiin. Menetelmän avulla pystytään havainnoimaan samanaikaisesti sekä lohen kutu- että smolttivaellusta. Vedenalainen videokuvaus ei vaadi jatkuvaa miehitystä eikä kalojen käsittelemistä kuten rysäpyynti. Näin ollen menetelmä säästää työvoimakustannuksia sekä mahdollistaa kalojen tarkkailun luonnollisessa ympäristössä niitä häiritsemättä. Kameran avulla saatava tieto on täysin reaaliaikaista. Ohikulkevan kalayksilön tai –parven vaellusajankohta voidaan määrittää jopa sekunnin tarkkuudella.

Toisaalta vedenalainen videointi vaatii riittävästi valoa, videonauhojen vaihdon päivittäin, kameran linssin puhdistamisen sekä nauhojen analysoinnin. Tenojoen alueella valoehto täyttyy, sillä "yötön yö" osuu melko tarkasti samaan aikaan kuin kalojen vaellukset. Lisäksi vedenalaisella videokameralla voidaan pimeänä aikana kuvata infrapunavalon avulla. Yksi henkilö pystyy pyörittämään videokuvausta (nauhojen vaihdot, kameran linssin puhdistaminen), mutta kameran asennusvaiheessa tarvitaan enemmän työvoimaa. Lisäksi pitkäaikainen seuranta tuottaa runsaasti aineistoa, jonka analysointi on työlästä. Kutu- ja smolttivaelluksen samanaikaisuus tukee kuitenkin vedenalaisen videokameran käyttöä nousulohi- ja vaelluspoikasmäärien arvioinnissa. Vaelluksien ajoittuminen päällekkäin ja varsinaisten huippuvaelluksien lyhyt kesto pienentävät videoitavan jakson pituutta ja sitä kautta työvoiman tarvetta.

Menetelmässä on kuitenkin lukuisia epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä. Onkin aiheellista pohtia kuinka luotettavasti yhdellä kameralla toteutettu videokuvaus mittaa kalamääriä (aikuiset, vaelluspoikaset).

Ongelmia kalamäärien mittaukseen syntyy jo aikuislohien ja vaelluspoikasten erilaisesta koosta. Utsjokeen kudulle nousevat emokalat ovat kooltaan kaikkea 1-25 kg ja noin 50-130 cm väliltä. Vaelluspoikaset taas ovat keskimäärin 13-18 cm pitkiä ja painavat ainoastaan 20-40 g (RKTL/Teno, julkaisematon). Lisäksi nousukalat ja smoltit käyttävät vaelluksellaan vesimassasta eri kerroksia. Nousulohet kulkevat pohjan lähellä, kun taas vaelluspoikaset käyttävät laajemmin koko vesimassaa. Ylävirtaan noustessaan lohet viivähtävät kameran kuva-alueella huomattavasti kauemmin kuin alavirtaan liikkuvat vaelluspoikaset. Vaikeina vastavalo hetkinä kameran kuva-alueen yläosa ylivalottuu, joten vesimassan pintaosissa liikkuvien kalojen havaittavuus heikkenee.

Kaikki edellä mainitut seikat viittaavat siihen, että nousulohet havaitaan suuremmalla todennäköisyydellä kuin vaelluspoikaset. Erot nousulohien ja smolttien havainnointi todennäköisyyksissä saattavat olla huomattavia. Erityisongelmana vaelluspoikasten kohdalla on vesimassan pintaosa, jossa kuva-alueen katve ja vastavalo ongelmat heikentävät havaittavuutta. Nousulohien osalta kalamäärien arviointia hankaloittaa sillan varjon alueella tapahtuva edestakaisin vaeltaminen. Näiden ongelmien lisäksi täytyy vielä huomioida, että vaelluspoikasten laskentatarkkuus on huonompi kuin nousulohien.

Toinen perusongelma vedenalaisissa videokuvauksissa on menetelmän tehokkuuden arviointi. Havaitut kalamäärät sinällään antavat varsin vähän informaatiota. Oleellista olisi pystyä arvioimaan

kuinka suuri osa jokeen nousevista ja joesta laskeutuvista kaloista menetelmän avulla havaitaan. Nousulohien osalta ongelmaan on olemassa jonkinlainen ratkaisu. Nousevat lohet voidaan tietyissä olosuhteissa laskea Utsjoen sillalta ja tuloksia voidaan verrata videokameran perusteella havaittuihin kalamääriin. Vaelluspoikasten kohdalla tätä menetelmää ei voida käyttää, koska niiden laskeminen ei sillalta onnistu.

Menetelmän tehokkuuden ja luotettavuuden parantamiseksi on kuitenkin olemassa keinoja. Ensinnäkin videokuvauksissa voidaan käyttää useita kameroita, jotta pystytään kuvaamaan koko nousulohien ja smolttien käyttämä vaellusväylä. Kamerat asetellaan niin, ettei kuvattavalle alueelle jää katveita. Erityisesti huomiota tulee kiinnittää vesimassan pintaosiin. Menetelmän tehokkuuden ja luotettavuuden arvioimiseksi kalamääriä voidaan toisinaan laskea muilla menetelmillä. Nousulohien kohdalta on jo edellä mainittu Utsjoen sillalta suoritettava laskenta. Vaelluspoikasten osalta ainoa varteenotettava vaihtoehto on pyytää kaikki poikaset rysällä ja verrata määriä videokameran avulla laskettuihin määriin. Toteutuessaan parannusehdotukset vaatisivat runsaasti työvoimaa, joten käytännössä niiden suorittaminen saattaa olla liian kallista.

Tulevaisuudessa erilaiset konenäköohjelmat voivat vähentää videonauhojen analysointiin kuluvaa aikaa. Tällaisten ohjelmien käytölle olisi tarvetta, mutta luotettavien ohjelmien kehittäminen on erittäin hankalaa.

6. Kiitokset

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tutkija, FK Eero Niemelä auttoi tämän työn aihepiiriin hahmottamisessa. Hän tarjosi apuaan myös kenttätöissä sekä toimi asiantuntevana ohjaajana työn kirjoitusvaiheessa. Videolaitteiston tekniikkaan sain erinomaisen opastuksen tutkimusassistentti Jorma Kuuselalta. Tilastollisten analyysien suorittamisessa korvaamatonta apua antoi Esa Hassinen. Tenojoen kalantutkimusaseman muu vakinainen henkilökunta ja kesätyöläiset auttoivat aina tarvittaessa sekä tarjosivat oivallisen työilmapiirin. RKTL:n Oulun toimipaikan johtaja, FT Jaakko Erkinaro edisti rakentavilla kommenteillaan tutkimusaiheen käsittelyä työn kirjoitusvaiheessa. Kalataloustieteen professori Hannu Lehtonen tarkisti tämän raportin työversiot ja antoi arvokkaita korjausehdotuksia. Professori Pertti Eloranta tarjosi tapansa mukaan kirjoitusteknisiä vinkkejä. Suurkiitokset kaikille.

Vanhempiani haluaisin kiittää henkisestä ja aineellisesta tuesta tämän työn ja muiden opintojeni aikana. Ystävistäni erityiskiitoksen ansaitsee Antti "Flexiippeli" Keskinen, joka lempinimensä mukaisesti on joustavasti auttanut tähän tutkimukseen liittyvissä ongelmissa. Lopuksi haluaisin kiittää avopuolisoani Kaisa Ansamaata erityisen ratkaisevasta henkisestä ja fyysisestä tuesta niin työni myötä- kuin vastamäissäkin.

7. Kirjallisuus

Alabaster, J. S. 1970. River flow and upstream movement and catch of migratory salmonids. Journal of Fish Biology 2:1-13.

Alabaster, J. S. 1990. The temperature requirements of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., during their upstream migration in the river Dee. Journal of Fish Biology 37:659-661.

Ala-Opas, P. 1998. Utsjoen vesistöön nousevien lohimäärien arviointi vedenalaisten videolaitteiden avulla, sekä ympäristötekijöiden vaikutukset Kevojoen lohen kutuvaelluskäyttäytymiseen. Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos. 26 s.

Bagliniere, J. L., Maisse, G. & Nihouarn, A. 1990. Migratory and reproductive behaviour of female adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a spawning stream. Journal of Fish Biology 36:511-520.

Banks, J. W. 1969. A Review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. Journal of Fish Biology 1:85-136.

Bakshtanskiy, E. L., Nesterov, V. D., Neklyudov, M. N. 1980. The behaviour of young Atlantic salmon, Salmo salar, during downstream migration. Journal of Ichthyology 20:94-100.

Bakstansky, E. & Nesterov, V. 1974. The downstream migration of the young salmon in the Arctic. ICES, Anadromous and Catadromous Fish Committee C. M. 1974/M:6.

Beach, M. H. 1978. The use of infra-red light and close circuit TV to validate records from automatic fish counters. Journal of Fish Biology 13:639-644.

Berg, O. 1985. The formation of non-anadromous populations of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Europe. Journal of Fish Biology 27:805-815.

Berg, O. & Gausen, D. 1988. Life history of a riverine, resident Atlantic salmon *Salmo salar* L. Fauna norv. Ser. A 9:63-68.

Bohlin, T., Dellefors, C. & Faremo, U. 1996. Date of smolt migration depends on body-size but not age in wild sea-run brown trout. Journal of Fish Biology 49:157-164.

Böhling, P. & Juntunen, K. 1999. Vastavirtaan. Lohen, meritaimenen ja vaellussiian luonnonkannat ja niiden tulevaisuus. RKTL, Helsinki. 54 s.

Cunjak, R. A., Chadwick, E. M. P. & Shears, M. 1989. Downstream movements and estuarine residence by Atlantic salmon parr (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46:1466-1471.

Dunkley, D. A. & Shearer, W. M. 1982. An assessment of the performance of a resistivity fish counter. Journal of Fish Biology 20:717-737.

Dunkley, D. A. & Shearer, W. M. 1989. Swimming height of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., crossing a crump weir. Aquaculture and Fisheries Management 20:193-198.

Elo, K., Vuorinen, J.A. & Niemelä, E. 1994. Genetic resources of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Teno and Näätämö rivers, northernmost Europe. Hereditas 120:19-28.

Englund, V., Niemelä, E., Länsman, M. & Heino, M. 1999. Variations in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolt age in tributaries of the river Teno, Finland. Fisheries Management and Ecology 6: 83-86.

Erkinaro, J. 1995. The age structure and distribution of Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L., in small tributaries and main stems of the subarctic river Teno, northern Finland. Ecology of Freshwater Fish 4:53-61.

Erkinaro, J. & Niemelä, E. 1995. Growth difference between thr Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, of nursery brooks and natal rivers in the river Teno watercourse in northern Finland. Environmental Biology of Fishes 42:277-287.

Erkinaro, J., Shustov, Y. & Niemelä, E. 1995. Enhanced growth and feeding rate in Atlantic salmon parr occupying a lacutrine habitat in the river Utsjoki, northern Scandinavia. Journal of Fish Biology 47:1096-1098.

Erkinaro, J. 1997. Habitat shifts of juvenile Atlantic salmon in northern rivers. Migration patterns, juvenile production and life histories. Acta Universitatis Ouluensis A 293. Oulun yliopisto, Biologian laitos. 32 s.

Erkinaro, J., Niemelä, E., Saari, A., Shustov, Y. & Jorgensen, L. 1998a. Timing of habitat shift by Atlantic salmon parr from fluvial to lacustrine habitat: analysis of age distribution, growth, and scale characteristics. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55:2266-2273.

Erkinaro, J., Julkunen, M. & Niemelä, E. 1998b. Migration of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* in small tributaries of the subarctic river Teno, northern Finland. Aquaculture 168:105-119.

Erkinaro, J., Okland, F., Moen, K. & Niemelä, E. 1999a. Return migration of the Atlantic salmon in the Tana river: distribution and exploitation of radiotagged multi-sea-winter salmon. Boreal Environment Research 4:115-124.

Erkinaro, J., Okland, F., Moen, K., Niemelä, E. & Rahiala, M. 1999b. Return migration of Atlantic salmon in the river Tana: the role of environmental factors. Journal of Fish Biology 55:506-516.

Erkinaro, J., Niemelä, E. & Länsman, M. 2001. Tenojoelta ennätyksellinen lohisaalis vuonna 2000. Suomen kalastuslehti 4:40-41.

Erkinaro, J., Pakarinen, T., Romakkaniemi, A., Jokikokko, E. & Juntunen, K. 2002. Lohi. Teoksessa: Böhling, P. (toim.). Kalavarat 2002. SVT, Maa-, metsä- ja kalatalous 56:24-32.

Gowans, A. R. D., Armstrong, J. D. & Priede, I. G. 1999. Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. Journal of Fish Biology 54:713-726.

Hakala, E. 1990. Lohen (*Salmo salar* L.) vaelluspoikasseuranta Ylä-Pulmankijoella vuonna 1989. Opinnäytetyö, Valtion kalatalousoppilaitos. 31 s.

Hansen, L. P., Jonsson, B. & Doving, K. B. 1984. Migration of wild and hatchery reared smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., through lakes. Journal of Fish Biology 25:617-623.

Hansen, L. P. & Jonsson, B. 1985. Downstream migration of hatchery-reared smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the river Imsa. Aquaculture 45:237-248.

Hawkins, A. D. 1989. Factors affecting the timing of entry and upstream movement of Atlantic salmon in the Aberdeenshire Dee. Teoksessa: Brannon, E. & Jonsson, B. (toim.). Proceedings of the salmonid migration and distribution symposium. University of Washington, Seattle. s. 101-105.

Heggberget, T. G., Hansen, L. P. & Naesje, T. F. 1988. Within-river spawning migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciencis 45:1691-1698.

Heinimaa, S. & Erkinaro, J. 1999. Fast-flowing areas affect the feeding activity of migrating Atlantic salmon smolts in tributaries of a subarctic river. Journal of Fish Biology 54:688-690.

Hellawell, J. M., Leatham, H. & Williams, G. I. 1974. The upstream migratory behaviour of salmonids in the river Frome, Dorset. Journal of Fish Biology 6:729-744.

Hesthagen, T. & Garnås, E. 1986. Migration of Atlantic salmon smolts in river Orkla of central Norway in relation to management of a hydroelectric station. North American Journal of Fisheries Management 6:376-382.

Hoar, W. 1953. Control and timing of fish migration. Biological Review 28:437-452.

Hoar, W. 1976. Smolt transformation: evolution, behaviour and physiology. J. Res. Board Can. 33:1234-1252.

Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, O. & Heggberget, T. G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. Nordic. J. Freshw. Res. 70:38-48.

Hvidsten, N. A. & Johnsen, B. O. 1997. Screening of descending Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts from a hydropower intake in the river Orkla, Norway. Nordic J. Freshw. Res. 73:44-49.

Irvine, J. R., Ward, B. R., Teti, P. A. & Cousens, N. B. F. 1991. Evaluation of a method to count and measure live salmonids in the field with a video camera and computer. North American Journal of Fisheries Management 11:20-26.

Jensen, A. J., Heggberget, T. G. & Johnsen, B. O. 1986. Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the river Vefsna, northern Norway. Journal of Fish Biology 29:459-465.

Jensen, A. J., Johnsen, B. O. & Hansen, L. P. 1989. Effect of river flow and water temperature on the upstream migration of adult Atlantic salmon Salmo salar L. in the river Vefsna, northern Norway. Teoksessa: Brannon, E. & Jonsson, B. (toim.). Proceedings of the salmonid migration and distribution symposium. University of Washington, Seattle. s. 140-146.

Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42:593-595.

Jonsson, N. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. Nordic J. Freshw. Res. 66:20-35.

Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. 1998. Long-term study of the ecology of wild Atlantic salmon smolts in a small Norwegian river. Journal of Fish Biology 52:638-650.

Kalleberg, H. 1958. Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout (*Salmo salar* L. and *S. trutta* L.). Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 39:55-98.

Kazakov, R. V. 1994. Juvenile Atlantic salmon in the Varzuga river (White Sea basin). Journal of Fish Biology 45:467-477.

Knudsen, F. R., Enger, P. S. & Sand, O. 1994. Avoidance responses to low frequency sound in downstream migrating Atlantic salmon smolt, *Salmo salar*. Journal of Fish Biology 45:227-233.

Kylmäaho, M., Niemelä, E., Karppinen, P., Erkinaro, J. & Moen, K. 1996. Tuloksia Tenojoen ja Näätämöjoen vesistöalueilla vuonna 1995 tehdyistä tutkimuksista. RKTL, Kala- ja riistaraportteja nro 72. 53 s.

Leonko, A. A. & Chernitskiy, A. G. 1986. Comparative analysis of smolt migration of Atlantic salmon, Salmo salar, and sea trout, Salmo trutta. Journal of Ichthyology 26:113-120.

MacCleave, J. D. 1978. Rhytmic aspects of estuarine migration of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Journal of Fish Biology 12:559-570.

MacCleave, J. D., Power, J. H. & Rommel Jr, S. A. 1978. Use of radio telemetry for studying upriver migration of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of Fish Biology 12:549-558.

MacCrimmon, H. & Gots, B. 1979. World distribution of Atlantic salmon, *Salmo salar*. J. Fish. Res. Board Can. 36:422-457.

Mansikkaniemi, H. 1973. Morphology of the Utsjoki river valley and the uppermost shoreline in northernmost Finland. Societas Geographica Fenniae. Fennia 123:1-29.

McCormick. S. D., Hansen, L. P., Quinn, T. P. & Saunders, R. L. 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciencis 55(Suppl. 1):77-92.

Melnikova, M. N. 1970. Some features of young Atlantic salmon (Salmo salar L.) in several rivers in the White Sea basin. Journal of Ichtyology 10:311-319.

Metcalfe, N. B. & Thorpe, J. E. 1990. Determinants of geographical variation in the age of seaward-migrating salmon, *Salmo salar*. Journal of Animal Ecology 59:135-145.

Mills, D. 1989. Ecology and management of Atlantic salmon. Chapman and Hall. London. 351 s.

Niemelä, E., McComas, R. L. & Niemelä, M. 1985. Salmon (*Salmo salar*) parr densities in the Teno river. ICES, CM 1985/M:23.

Niemelä, E., Moen, K., Kärki, P. & Länsman, M. 1996. Tenojoen vesistöalueen kalastus- ja saalistilastot vuodesta 1972 vuoteen 1995 Suomessa ja Norjassa. RKTL, Kala- ja riistaraportteja nro 60. 161 s.

Niemelä. E., Julkunen, M. & Erkinaro, J. 1999. Densities of the juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the subarctic Teno river watercourse, northern Finland. Boreal Environment Research 4:125-136.

Niemelä, E., Mäkinen, T. S., Moen, K., Hassinen, E., Erkinaro, J., Länsman, M. & Julkunen, M. 2000. Age, sex ratio and timing of the catch of kelts and ascending Atlantic salmon in the subarctic river Teno. Journal of Fish Biology 56:974-985.

Northcote, T. G. 1984. Mechanisms of fish migration in rivers. Teoksessa: McCleave, J. D., Arnold, G. P., Dodson, J. J. & Neill, W. H. (toim.). Mechanisms of migration on fishes. Plenum Publishing Corporation. s. 317-355.

Okland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R. S. & Thorstad, E. B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the river Tana: phases of migratory behaviour. Journal of Fish Biology 59:862-874.

Pihlaja, O., Niemelä, E. & Erkinaro, J. 1998. Introduction and dispersion of the bullhead *Cottus gobio* L., in a sub-arctic salmon river in northern Finland. Fisheries Management and Ecology 5: 139-146.

Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1999. Biometria, tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino, Helsinki. 569 s.

Riddell, R. E. & Leggett, W. C. 1981. Evidence of an adaptive basis for geographic variation in body morphology and time of downstream migration of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciencis 38:308-320.

Saunders, R. L. & Schom, C. B. 1985. Importance of the variation in life history parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciencis 42:615-618.

Siirala, M. & Huru, H. 1992. Tenojoen moninaiskäyttösuunnitelma. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Selvitys 83. 107 s.

Smith, G. W., Smith, I. P. & Armstrong, S. M. 1994. The relationship between river flow and entry to the Aberdeenshire Dee by returning adult Atlantic salmon. Journal of Fish Biology 45:953-960.

Smith, I. P. & Smith, G. W. 1997. Tidal and diel timing of river entry by adult Atlantic salmon returning to the Aberdeenshire Dee, Scotland. Journal of Fish Biology 50:463-474.

Solomon, D. J. 1978. Some observations on salmon smolt migration in a chalkstream. Journal of Fish Biology 12:571-574.

Solomon, D. J. 1982. Smolt migration in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta* L.). Teoksessa: Brannon, E. L. & Salo, E. O. (toim.). Salmon and trout migratory behaviour symposium. University of Washington, Seattle. s. 196-203.

Summers, D. W. 1996. Differences in the time of river entry of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., spawning in different parts of the river North Esk. Fisheries Management and Ecology 3:209-218.

Thorpe, J. E. & Morgan, R. I. G. 1978. Periodicity in Atlantic salmon *Salmo salar* L. smolt migration. Journal of Fish Biology 12:541-548.

Thorpe, J. E., Ross, L. G., Struthers, G. & Watts, W. 1981. Tracking Atlantic salmon smolts, *Salmo salar* L., through Loch Voil, Scotland. Journal of Fish Biology 19:519-537.

Thorpe, J. E., Metcalfe, N. B. & Fraser, N. H. C. 1994. Temperature dependence of switch between nocturnal and diurnal smolt migration in Atlantic salmon. Teoksessa: Mackinlay, D. D. (toim.). High performance fish. Proceedings of an international fish physiology symposium. American Fisheries Society and Fish Physiology Association, Vancouver. s. 83-86.

Traaen, T. S. & Huru, H. 1994. Vannkjemisk overvåkning i Tanavassdraget 1988-1993. NIVA rapport 3097. Norsk institutt for vattenforskning. 37 s.

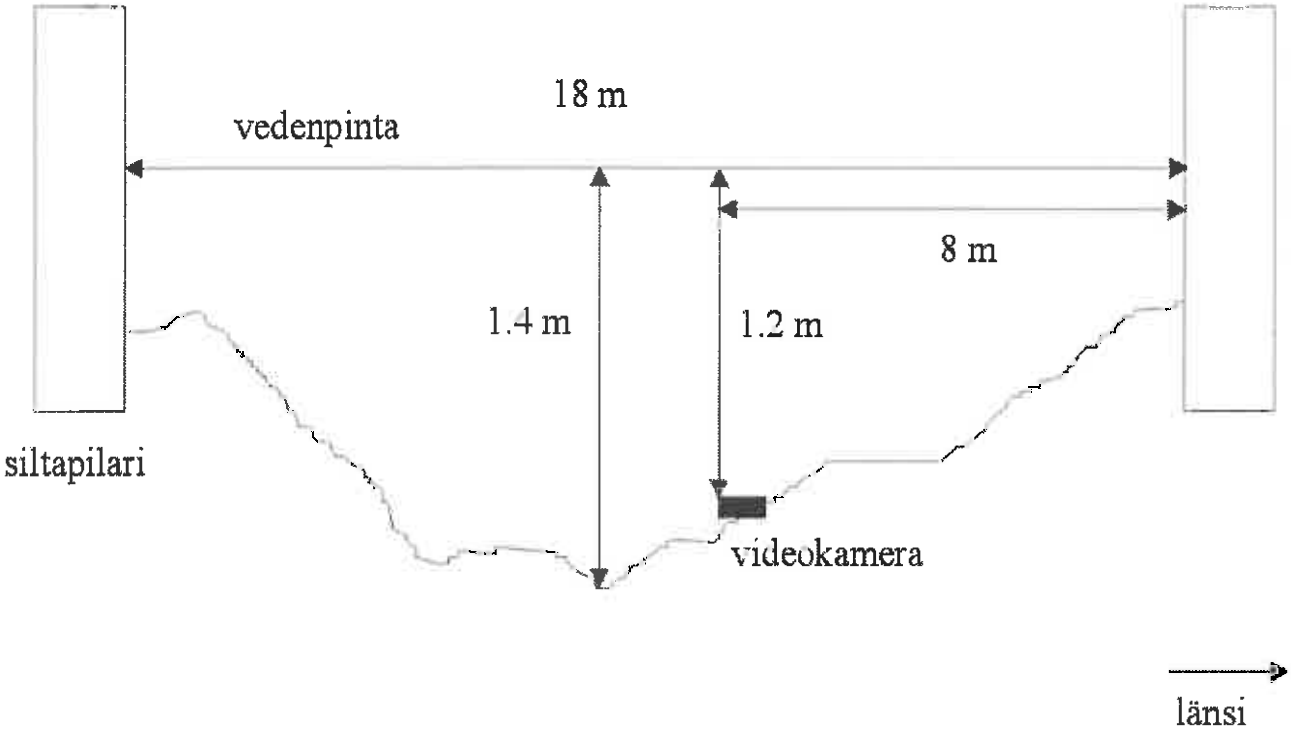
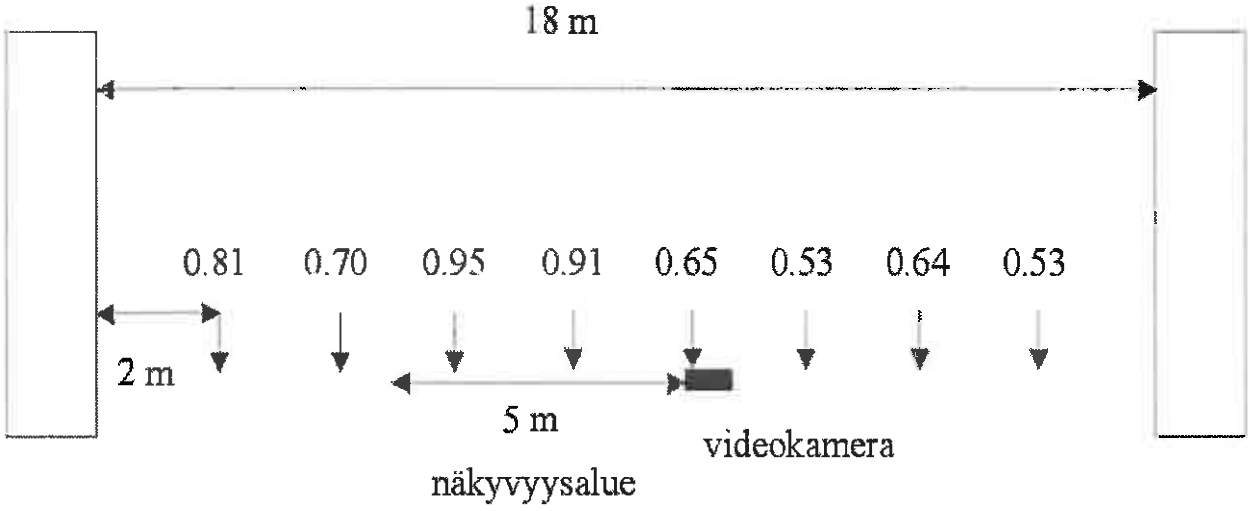
Trepanier, S., Rodriguez, M. A. & Magnan, P. 1996. Spawning migrations in landlocked Atlantic salmon: time series modelling of river discharge and water temperature effects. Journal of Fish Biology 48:925-936.

Tytler, P., Thorpe, J. E. & Shearer, W. M. 1978. Ultrasonic tracking of the movements of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the estuaries of two Scottish rivers. Journal of Fish Biology 12: 575-586.

Veselov, A., Sysoyeva, M. & Potutkin, A. 1998. The pattern of Atlantic salmon smolt migration in the Varzuga river (White Sea basin). Nordic J. Freshw. Res. 65-78.

White, H. C. 1939. Factors influencing descent of Atlantic salmon smolts. J. Fish. Res. Board Can. 4:323-326.

Youngson, A. F., Buck, R. J. G., Simpson, T. H. & Hay, D. W. 1983. The autumn and spring emigrations of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., from the Girnock Burn, Aberdeenshire, Scotland: environmental release of migration. Journal of Fish Biology 23:625-639.

Österdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. Teoksessa: Northcote, T. G. (toim.). Symposium on salmon and trout in streams. H. R. Macmillan Lectures in Fisheries 1968. University of British Columbia, Vancouver. s. 205-214.

Liite 1. Utsjoen kameralinjan poikkileikkausprofiili (yllä) ja kameralinjan virrannopeusjakauma ylhäältä päin katsottuna (alla). Poikkileikkausprofiilissa joen leveys ja syvyys eivät ole toisiinsa nähden oikeassa mittasuhteessa. Virrannopeudet ovat pintavirrannopeuksia (10 cm pinnan alta) ja niiden yksikkö on m s^{-1}. Videokameran antama näkyvyysalue on 5 m.