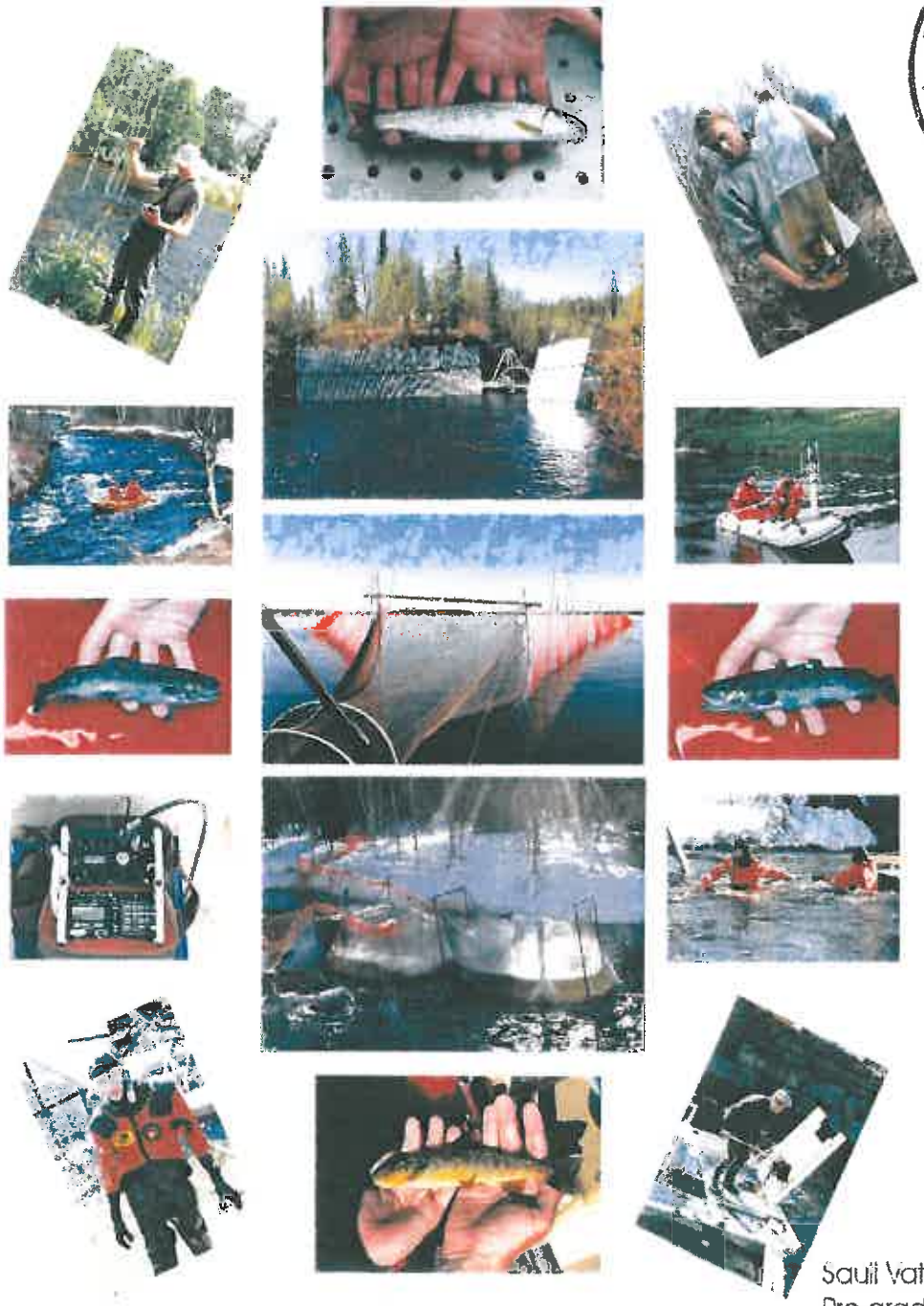
Meritaimenen (*Salmo trutta* m. *trutta* L.) luonnon- ja istukaspoikasten vaellus Tornionjoen vesistössä

Riistan- ja kalantutkimus
Vilt- och fiskeriforskningen



Sauli Vatanen
Pro gradu -tutkielma
Helsingin yliopisto
Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos
Maaliskuu 2004

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty	Laitos — Institution — Department
Biotieteiden tiedekunta	Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos

Tekijä — Författare — Author

Sauli Kristian Vatanen

Työn nimi — Arbetets titel — Title

Meritaimenen (*Salmo trutta* m. *trutta* L.) luonnon- ja istukaspoikasten vaellus Tornionjoen vesistössä

Oppiaine — Läroämne — Subject

Kalataloustiede

Työn laji — Arbetets art — Level	Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages
Pro gradu -tutkielma	Maaliskuu 2004	76

Tiivistelmä — Referat — Abstract

Meritaimenen luonnon- ja istukaspoikasten vaellusta sekä vaelluskäyttäytymistä tutkittiin Muonionjokeen laskevassa Pakajoessa sekä Tornion-Muonionjoen pääuomassa kesällä 2002. Tutkimusmenetelminä käytettiin vaelluspoikaspyyntiä (Paka- ja Tornionjoen alajuoksulla), radiotelemetriaa, yksilö- ja ryhmämerkintää sekä sähkökalastusta. Lisäksi Pakajoen keskijuoksulle istutettiin kaksi- ja kolmivuotiaita viljeltyjä meritaimenen vaelluspoikasia kolmena eri ajankohtana (26.4., 7.5. ja 4.6.), jotta eri tekijöiden vaikutusta vaelluskäyttäytymiseen voitiin selvittää.

Tutkimuksessa havaittiin meritaimenen luonnonpoikasten vaelluksen käynnistyvän Pakajoessa huhtikuun lopulla lähes samanaikaisesti jäiden lähdön kanssa. Tällöin veden lämpötila oli ainoastaan 0,3 ^{0}C ja veden pinta oli vähitellen nousussa. Aktiivisinta vaellus oli 0,4 ^{0}C ja noin 6 ^{0}C välillä. Vaellus Pakajoessa loppui lähes täysin veden lämpötilan saavuttaessa 12 ^{0}C touko- kesäkuun vaihteessa. Luonnon vaelluspoikasista suurin osa (65,4 %) oli kolmevuotiaita ja niiden keskipituus oli 169,7 mm.

Istutusajankohdalla oli suuri merkitys vaelluspoikasistukkaiden vaellusaktiivisuuteen. Huhti- ja toukokuussa istutetut kalat aloittivat vaelluksen lähes välittömästi vapautuksen jälkeen. Sen sijaan suurin osa kesäkuussa istutetuista poikasista asettui Pakajokeen paikallisiksi taimeniksi. Kaksi- ja kolmivuotiaiden vaellusaktiivisuudessa oli myös suuria eroja kolmivuotiaiden vaeltaessa runsaslukuisina ja kaksivuotiaiden jäädessä jokeen. Vaikuttaisi kuitenkin, että kalan koko – sekä absoluuttinen että suhteellinen – on määrävämpi tekijä vaellusaktiivisuuden suhteen kuin kalan ikä.

Vaelluspoikasten keskimääräinen vaellusnopeus vaihteli sekä vaelluskauden mittaan että vaelluksen eri osissa. Varhaisten vaeltajien vauhtia hidasti jääkansi, jonka alla vaeltamista vaelluspoikaset selvästi pyrkivät välttämään. Istukkaiden ja luonnontaimenien välillä ei merkittäviä eroja vaellusnopeudessa ollut havaittavissa.

Pakajokeen asettuneet vaelluspoikasistukkaat esiintyivät runsaslukuisimpina 50 – 300 m istutuspaikasta alavirtaan. Myös ylävirtaan siirtymisestä tehtiin havaintoja.

Tutkimustulosten perusteella vaelluspoikasitutukset suositellaan toteutettaviksi pian jäidenlähdön käynnistyttyä ennen kuin veden lämpötila saavuttaa 6 ^{0}C.

Avainsanat — Nyckelord — Keywords

taimen, vaelluspoikanen, vaelluksen ajoittuminen, vaelluskäyttäytyminen, vaelluspoikasistukas, istutusajankohta, vaelluspoikaspyydys, radiotelemetria

Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited

Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos, kirjasto; Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL), Oulun riistan- ja kalantutkimus, kirjasto; RKTL, Muonion kalanviljelylaitos, kirjasto

Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information

Sisältö

1. Johdanto 6

1.1 Taimenen elämänkierto ja istutukset Tornionjoen vesistössä 6

1.2 Miksi taimen lähtee vaellukselle? 7

1.3 Tutkimuksen tarkoitus 8

2. Tutkimusalue 9

2.1 Tornionjoen vesistö 9

2.2 Meritaimenen potentiaaliset lisääntymisalueet 11

2.3 Pakajoki 13

3. Aineisto ja menetelmät 15

3.1 Vaelluspoikaspyynti 15

3.1.1 Poikaspyydys 15

3.1.2 Pyynti Pakajoessa 16

3.1.2.1 Olosuhteet Pakajoessa vuonna 2002 16

3.1.2.2 Pyynnin kuvaus 17

3.1.2.3 Saaliin käsittely 17

3.1.2.4 Merkintä-takaisinpyynti 18

3.1.2.5 Vaellusarviot 19

3.1.3 Pyynti Tornionjoessa 19

3.2 Viljeltyjen poikasten istutuskokeet 20

3.2.1 Kalojen käsittely ennen istutusta 20

3.2.2 Istutukset 21

3.3 Vaelluskäyttäytymisen yksilöllinen seuranta 22

3.3.1 Radiotelemetrialaitteisto 22

3.3.2 Radiolähetinmerkintä 22

3.3.3 Radiolähettimellä merkittyjen kalojen seuranta 23

3.4 Pakajokeen jääneiden yksilöiden koekalastus 24
3.4.1 Pyynnin kuvaus ja koealojen sijoittaminen 24
3.4.2 Pyydystettävyyden määrittäminen 25
3.5 Ikämääritys 25
3.6 Vaellusnopeuden määrittäminen 26
3.7 Tilastolliset testit 26

4. Tulokset 27
4.1 Poikaspyydyksen pyydystävyys 27
4.2 Luonnontaimenien poikasvaellus Pakajoessa 27
4.3 Viljeltyjen poikasten istutuskokeet 30
4.3.1 Istukkaat Muonion kalanviljelylaitoksessa 30
4.3.1.1 Kolmivuotiaat 30
4.3.1.2 Kaksivuotiaat 31
4.3.2 Istukasryhmien vaellusaktiivisuus 32
4.3.3 Istukkaiden vaellusarviot 33
4.3.4 Koon ja smolttiutumisasteen vaikutus vaellukselle lähtöön 34
4.3.5 Pakajokeen jääneiden istukkaiden levittäytyminen 36
4.4 Poikasten yksilöllinen seuranta 38
4.4.1 Poikasten käyttäytyminen Pakajoessa 38
4.4.2 Radiolähettimellä merkittyjen istukkaiden kuolleisuus Pakajoessa 39
4.4.3 Poikasten siirtyminen pääuomaan 40
4.4.4 Radiolähettimellä merkittyjen poikasten kuolleisuus pääuomassa 41
4.5 Poikasten vaellusnopeus 42
4.5.1 Koko vaelluksen keskimääräinen nopeus 42
4.5.2 Nopeus vaelluksen alussa 44

5. Tulosten tarkastelu 45
5.1 Vaelluspoikaspyynti 45
5.2 Luonnonpoikaset Pakajoessa 46
5.2.1 Vaelluksen ajoittuminen ja siihen vaikuttavat tekijät 46
5.2.2 Poikasten ikä, koko ja smolttiutuminen 47
5.3 Istutetut poikaset 48
5.3.1 Istukkaiden koko, smolttiutuminen ja sukupuoli 48
5.3.2 Varhaissukukypsyys – ongelma viljelylaitoksissa 49
5.3.3 Istutusajankohdan, iän, ryhmän sisäisen koon sekä smolttiutumisasteen vaikutus vaellusaktiivisuuteen 50
5.3.4 Pakajokeen jääneet istukkaat 53
5.4 Vaelluskäyttäytyminen 55
5.4.1 Radiolähetinmerkintä 55
5.4.2 Istukkaiden käyttäytyminen Pakajoessa 56
5.4.3 Radiolähetinkalojen käyttäytyminen Muonionjokeen siirryttäessä 57
5.4.4 Vaellusnopeus 58
5.4.5 Lähetinkalojen kuolleisuus 60
5.5 Luonnonpoikasten ja istukkaiden väliset erot 60

6. Vaelluspoikasistutuksia koskevat suositukset 62

7. Kiitokset 63

8. Kirjallisuus 64

Liitteet 73

1. Johdanto

1.1 Taimenen elämänkierto ja istutukset Tornionjoen vesistössä

Meritaimen on taimenen anadrominen muoto, joka syntyy ja viettää jokipoikasvaiheensa joessa tai purossa (Elliot 1994). Jokipoikasvaiheen jälkeen se vaeltaa syönnösvaellukselle mereen palatakseen kudulle synnyinjokeensa saavutettuaan sukukypsyyden. Vesistöihin kohdistuneet rakennus- ja muutostoimenpiteet, vesien likaantuminen sekä lisääntynyt merikalastus ovat kuitenkin vaikeuttaneet tätä luonnon kiertokulkua. Suomessa Itämereen laskevien jokien alkuperäisistä meritaimenkannoista onkin jäljellä enää seitsemän (Kallio-Nyberg & Koljonen 1991), kun niitä vielä 1900-luvun alussa oli noin 50 (Böhling & Juntunen 1999). Seitsemästä alkuperäisestä meritaimenkannasta kolme sijaitsee Pohjanlahden rannikolla (Kallio-Nyberg ym. 2002). Jäljellä olevienkin meritaimenkantojen luonnonlisääntyminen on niin vähäistä, ettei se riitä ylläpitämään vaeltavia kantoja. Tämän takia uhanalaisia meritaimenkantoja on ryhdytty elvyttämään istutuksin.

Istutukset Tornionjoessa alkoivat vuonna 1977 ja ne olivat erityisen voimakkaita 1990-luvun puolivälissä (Nylander & Romakkaniemi 1995, Kallio-Nyberg ym. 2002). Viime aikoina taimenistutukset ovat olleet noin 200 000 yksilöä vuodessa, joista suurin osa on istutettu vuoden ikäisinä jokipoikasistukkaina (Kallio-Nyberg ym. 2002). Huolimatta intensiivisistä elvytysistutuksista ei taimenkannan tila ole juurikaan parantunut. Onkin mahdollista, että istutukset ovat voimistaneet kalastusta sekä meri- että jokialueella ja siten heikentäneet kudulle selviytyvien emokalojen määrää entisestään (esim. McKinnell 1998, Aprahamian ym. 2003). Onkin tärkeää, että sekakantojen kalastusrajoituksia suunniteltaessa päätösten lopullisena tarkoituksena on luonnonkannan suojeleminen (Potter ym. 2003).

Vaikka sähkökalastuksissa on havaittu suuriakin tiheyksiä istutettuja taimenia, Tornionjoen alajuoksulla toteutetuissa vaelluspoikaspyynneissä on saatu saaliiksi parhaimmillaankin vain muutamia satoja yksilöitä (Nylander & Romakkaniemi 1995, Haikonen & Romakkaniemi 1999, Romakkaniemi ym. 2000, Haikonen ym. 2001, 2002, 2003, Kallio-Nyberg ym. 2002). Kokonaisvaellusarviona tämä tarkoittaa muutamaa tuhatta yksilöä, mikä vastaa noin 5 % vesistön arvioidusta vaelluspoikastuotantopotentiaalista (Kallio-Nyberg ym. 2002). Pyydetyistä taimenen vaelluspoikasista arviolta 80–90 % on ollut luonnonkudusta peräisin (Kallio-Nyberg ym. 2002). Vähäinen vaelluspoikassaalis selittyy osittain taimenen poikasvaelluksen ajoittumisella mahdollisesti niin varhaiseen kevääseen, että rysäpyyntiä on ollut mahdotonta toteuttaa (Nylander

& Romakkaniemi 1995, Paksuniemi ym. 1995). Tästä huolimatta istutusten huono tuotto viittaa poikasten suureen kuolevuuteen tai alhaiseen vaellusaktiivisuuteen. Vaelluspoikasistukkaiden istutusajankohdalla on havaittu olevan merkitystä molempiin tekijöihin (Hvidsten & Hansen 1988, Pirhonen ym. 2003). Tornionjoen vesistössä niin sanotut vaelluspoikasistukkaat on tyypillisesti istutettu kesäkuun ensimmäisellä viikolla (Juha Iivari, Muonion kalanviljelylaitoksen tuotantopäällikkö, suullinen tiedonanto), jolloin veden korkeus pääuomassa on lähtenyt laskuun ja veden lämpötila Torniossa on keskimäärin 8 ^{0}C.

Yksi harvoista meritaimenen poikasvaellusta hieman valaisseista tutkimuksista Suomessa on vuosina 1993 ja 1994 Pakajoessa toteutettu vaelluspoikaspyynti (Paksuniemi ym. 1995). Tällöin havaittiin, että vaellus käynnistyi jäiden lähdettyä ja kevättulvan alkaessa nousta. Kumpanakaan vuotena vaelluspoikasrysää ei kuitenkaan kyetty pitämään pyynnissä kovimman tulvan aikana ja tulvan jälkeen saalis jäi vähäiseksi, joten vaellushuippu jäi todennäköisesti havainnoimatta. Ulkomailla sen sijaan on tehty muutamia tutkimuksia vaelluksen ajoittumisesta, voimakkuudesta ja kestosta (Jonsson 1985, Bohling ym. 1993 a, b, Chelkowski ym. 1994, Moore & Potter 1994). Olosuhteet ulkomailla ovat kuitenkin hyvin erilaiset kuin Suomessa.

1.2 Miksi taimen lähtee vaellukselle?

Taimen on monimuotoinen kalalaji, jonka erotteleminen paikalliseen taimeneen ja meritaimeneen on jossain määrin harhaanjohtavaa ja poikasvaiheessa käytännössä mahdotonta. Taimenen vaeltavat muodot ja paikallinen taimen voivat risteytyä keskenään (Ryhänen 1959, Skrochowska 1969, Jonsson 1985) ja toisaalta vaeltavien taimenien poikasista osa voi jäädä jokeen paikallisiksi taimeniksi ja paikallisten taimenien jälkeläisistä osa lähteä vaeltamaan (Rouncefell 1958, Schulz 1999). Meritaimenen lisääntymisalueilla Tornionjoen vesistössä esiintyy runsaasti paikallisia taimenia (Nylander & Romakkaniemi 1995), jotka mahdollistavat taimenmuotojen välisen kanssakäymisen. Lisäksi meritaimenen vaelluspoikaskokoisista istukkaista on osan havaittu jäävän todistettavasti jokeen paikallisiksi taimeniksi (Nylander & Romakkaniemi 1995, Paksuniemi ym. 1995, Jonsson 2001) ja siten liittyvän osaksi paikallista taimenkantaa.

Tutkijat eivät ole löytäneet tyhjentävää vastausta siihen, mitkä tekijät määräävät yksilön vaellukselle lähtemisen tai jokeen jäämisen. Yleensä kalojen vaelluskäyttäytymiseen on olemassa kolme pääsyytä: (1) parempien ravintoresurssien ja kasvuolosuhteiden etsiminen, (2) edullisempien olosuhteiden etsiminen kudun ja poikastuotannon onnistumiselle ja (3)

epäedullisten olosuhteiden välttäminen (Northcote 1979, McDowall 1988). Taimenen poikasvaelluksessa on kysymys näistä kaikista tekijöistä, mutta myös geeniperimällä lienee merkitystä. Tätä tukevat useat tutkimukset (Jonsson 1982, Svärdson & Fagerström 1982, Skaala & Naevdal 1989), mutta myös vastakkaisia havaintoja on tehty (esim. Müller 1993).

Kalakantojen olemassaolon kannalta lisääntyminen on tärkeintä ja kalat pyrkivätkin tekemään sen aikaisimmassa mahdollisessa vaiheessa (Policansky 1983). Thorpen (1994) mukaan smolttiutuminen ja vaellukselle lähtö on seurausta yksilön epäonnistumisesta sukukypsymisessä, mikä taas on läheisesti yhteydessä yksilön kasvuun. Epäonnistumiseen voi olla useita syitä, kuten esimerkiksi huono ravintotilanne (Nordeng 1983, Elliot 1994), lämpötilan vaihtelut kehityksen alkuvaiheilla (Balon 1983), elintilan puute ja lajien välinen tai lajin sisäinen kilpailu (esim. Bremset & Heggenes 2001). Poikasvaellus on siis biologinen vastareaktio vastoinkäymisille (Taylor & Taylor 1977).

Vaikka poikasvaellus mahdollisesti on seurausta yksilön epäonnistumisesta ja pienentää yksilön eloonjäämisen todennäköisyyttä (Jonsson & Jonsson 1993), se ei välttämättä ole ollenkaan huono ratkaisu. Syönnösvaelluksella hankittu suurempi koko mahdollistaa suuremman lisääntymispotentiaalin (Thorpe 1987, Frier 1994) ja on avuksi kutupaikoista ja kumppaneista taisteltaessa. Paikallisten taimenien ja vaeltavien muotojen samanaikainen esiintyminen on mahdollisesti myös eräänlainen evolutiivinen sopeuma epävakaisiin olosuhteisiin.

1.3 Tutkimuksen tarkoitus

Suomessa meritaimenen poikasvaellusta on tutkittu vähän, osittain sen takia, että heikoista luonnonkannoista on hankala saada riittävästi tutkimusmateriaalia. Pääsyitä lienevät kuitenkin vaellusaikana keväällä nouseva kova tulva, sen kanssa samanaikainen jäänlähtö sekä tulvan mukana tulevat roskat, jotka tekevät rysän pyynnissä pitämisen usein mahdottomaksi (Paksuniemi ym. 1995, Sivill & Latvala 2001).

Vuonna 2002 valmistuneessa "Meritaimenen tila ja kalastus Pohjanlahden alueella" -raportissa (Kallio-Nyberg ym. 2002) todetaan, että taimenen vaelluskäyttäytymistä tulisi selvittää, jotta vaelluspoikasarvioita kyettäisiin tarkentamaan sekä keräämään lisää tietoa istutusten vaikutuksista ja istukkaiden selviytymisestä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia vaelluspoikasistukkaiden ja luonnontaimenien poikasvaellusta, lähinnä vaelluksen käynnistymistä, aktiivisen vaelluskauden kestoa ja vaellusnopeutta. Istutustutkimuksilla selvitettiin istutusajankohdan, -koon, -iän ja smolttiutumisasteen vaikutusta vaelluskäyttäytymiseen ja -aktiivisuuteen sekä mahdollisia eroja viljelylaitoksessa kasvatettujen ja luonnon taimenien vaelluskäyttäytymisessä.

Lisäksi tutkittiin sitä, missä määrin Tornionjoen alajuoksulla Kivirannassa vuosittain toteutettava lohen ja meritaimenen vaelluspoikaspyynti kattaa koko meritaimenen vaelluskauden (lähempää tarkastelua ei ole sisällytetty pro gradu -tutkielmaan). Tutkimuksessa testattiin Suomessa vielä uuden vaelluspoikaspyydyksen, smolttiruuvin (katso luku 3.1.1) toimivuutta vaativissa tulvaolosuhteissa.

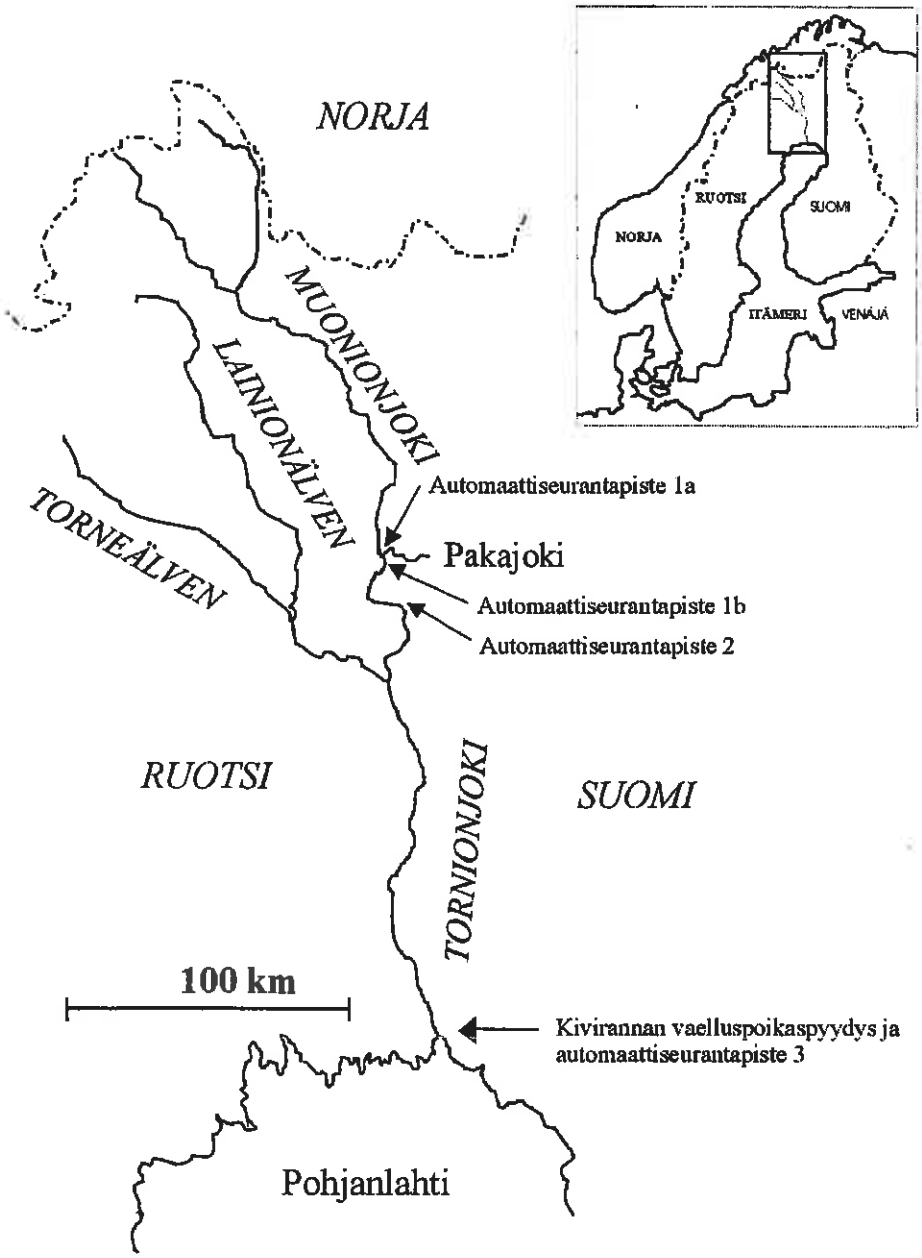
2. Tutkimusalue

2.1 Tornionjoen vesistö

Tornionjoki on Itämeren suurin ja tuottoisin lohi- ja meritaimenjoki, jossa luonnollista lisääntymistä vielä tapahtuu. Tornionjoen vesistö ulottuu Pohjois-Ruotsin ja Luoteis-Lapin tunturialueilta aina Perämerelle asti ja sen pinta-ala on 40 157 km^2 (Puro-Tahvanainen ym. 2001). Tornionjoen vesistö muodostuu kahdesta päähaarasta, Ruotsin puolelta Tornionjärvestä (noin 470 km jokisuusta) alkunsa saavasta Tornionjoesta ja Suomen puolelta Kilpisjärvestä (noin 520 km jokisuusta) alkunsa saavasta rajajoesta, johon kuuluvat Könkämäeno, Muonionjoki ja Tornionjoki (kuva 1). Vesistöstä 37 % sijaitsee Suomen maaperällä ja loput lähes kaksi kolmasosaa Ruotsissa.

Pääuomien pituuden takia joen ja valuma-alueen luonne vaihtelee huomattavasti joen eri osa-alueilla. Alueen kasvillisuus ja maisema vaihtelevat alpiinisista tunturikankaista Tornionjokilaakson maatalouden muovaamaan kulttuurimaisemaan (Puro-Tahvanainen 2001). Tornionjoen vesistön latvaosien valuma-alueita voidaan pitää luonnontilaisina, mutta kuormitus kasvaa alajuoksua kohti siirryttäessä (Itkonen 1984). Kuormitusta aiheuttavat mm. taajamat, maa- ja metsätalous, haja- ja loma-asutus sekä teollisuus (Puro-Tahvanainen 2001). Vesi on hyvin happipitoista ja pH lähellä neutraalia. Veteen liuenneen humuksen vaikutuksesta veden väriluku, kemiallinen hapenkulutus ja rautapitoisuus nousevat kuitenkin varsin suuriksi joen keski- ja alajuoksulla. Vedenlaadun vaihtelu on selvästi yhteydessä virtaamaan.

Tornionjoen vesistön järvisyys on noin 4,6 %. Vettä varastoivien ja siten virtaamaa tasoittavien järvien vähäisyyden takia virtaaman vaihtelut ovat suuria (Anonyymi 1980). Jäiden lähtö ajoittuu Muonion korkeuksilla kevään etenemisestä riippuen toukokuun alun ja kesäkuun alun välille. Alajuoksulta jäiden lähtö tapahtuu yleisesti ottaen noin viikkoa aikaisemmin. Kevättulva on Tornionjoessa usein kaksihuippuinen. Ensimmäinen huippu ajoittuu metsäseutujen nopeaan sulamiskauteen ja toinen huippu, ns. tunturitulva, sattuu usein juhannuksen tienoille pohjoisten tunturialueiden lumien sulettua (Puro-Tahvanainen 2001).



Kuva 1. Tornionjoen vesistö. Karttaan on merkitty lisäksi automaattiseurantapisteiden sijainnit. Kartta on muokattu Ari Haikosen tekemästä karttapohjasta.

Suo- ja metsäojituksia on tehty Tornionjoen vesistössä 1910-luvun lopulta lähtien, mutta voimakkaimmillaan ne olivat 1960-luvun lopulla (Anonyymi 1980). Ojitetun alueen pinta-ala on 2400 km^2. Viime aikoina tehdyt ojitukset ovat olleet pääasiassa aikaisemmin peruskuivattujen alueiden valtaojien uudelleenkaivamista. Varsinkin vesistön eteläosan suoalueilla ojitusten osuus on suuri. Vesistön pohjoisosassa valuma-alueet puolestaan kuuluvat suojametsävyöhykkeeseen ja ovat siten täysin ojittamattomia.

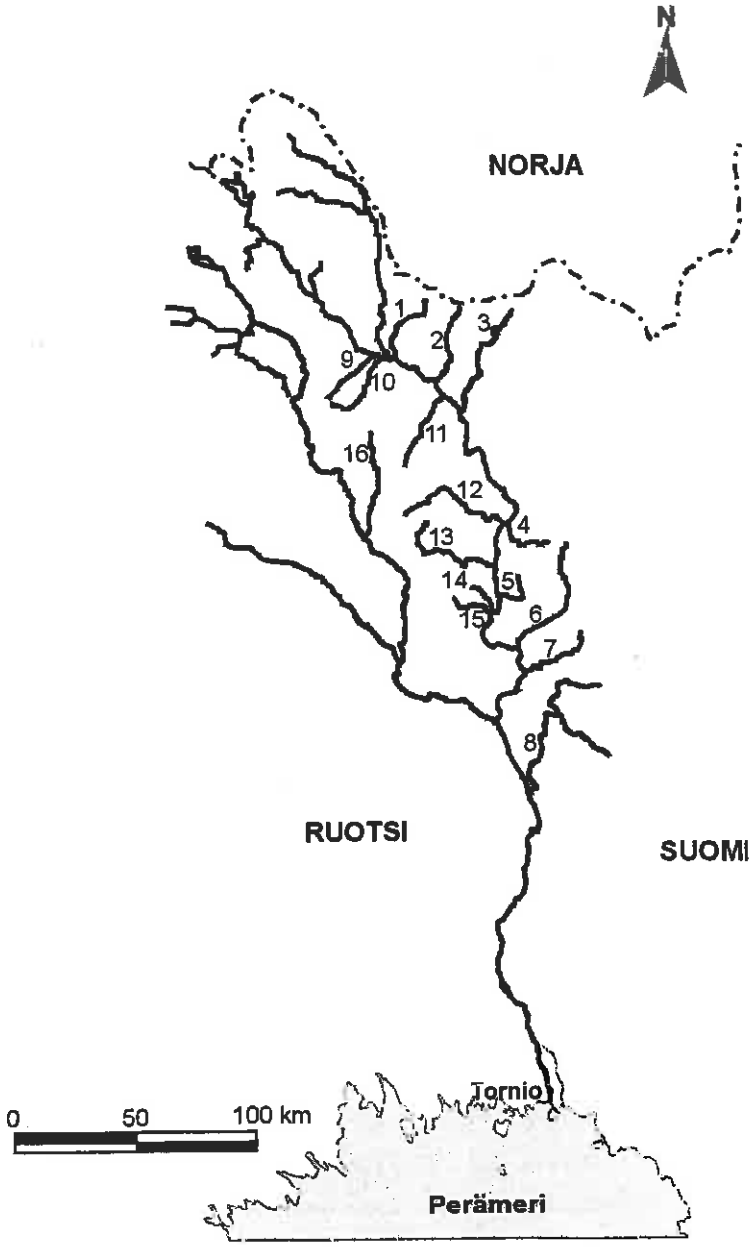
Puutavaran uitto alkoi Tornionjoen vesistössä 1700-luvulla. Uittoa harjoitettiin sekä ruotsin- että suomenpuoleisella vesistöalueella pääväylässä ja kaikissa suuremmissa metsävyöhykkeen sivujoissa (Anonyymi 1980). Uiton helpottamiseksi uittoväyliä perattiin ja rakennettiin patoja sekä uittolaitteita. Varsinkin sivujoissa raivauksia tehtiin paljon. Sen sijaan pääuomassa raivauksilta vältyttiin monin paikoin tasaisen virran ja koskien vähäisyyden takia. Uittoraivausten kalataloudellisia vaikutuksia ovat tarkemmin selvittäneet Ikonen ym. (1986). Siirryttäessä puutavaran uitoista autokuljetukseen loppuivat koko Tornionjoen ja sen sivuvesistöjen uitot vuoteen 1971 mennessä (Anttinen ym. 1988). Uittojen loputtua sivuvesistöistä on poistettu uittorakenteita ja perattuja koskia on kunnostettu.

2.2 Meritaimenen potentiaaliset lisääntymisalueet

Meritaimen lisääntyy Tornionjoen vesistössä pääasiallisesti sivujoissa (Bergelin & Karlström 1985, Ikonen ym. 1986). Suomen puolella potentiaalisia lisääntymisalueita on Naamijoessa, Ylläsjoessa, Äkäsjoessa, Pakajoessa, Kangosjoessa, Palojoessa, Tarvantojoessa ja Jietajoessa sekä Ruotsin puolella Alasessa Kihlankijoessa, Ylisessä Kihlankijoessa, Parkajoessa, Merasjoessa, Kelojoessa, Luongajoessa, Paankijoessa ja Lainionjokeen laskevassa Olosjoessa (kuva 2). Meritaimenen lisääntymistä tapahtuu myös useissa pääuomiin tai niiden sivujokiin laskevissa puroissa sekä mahdollisesti jossain määrin pääuoman niva- ja koskialueilla. Yleisesti ottaen pääuoma on kuitenkin lohen lisääntymisaluetta (Nylander & Romakkaniemi 1995).

Pohjoisimmat potentiaaliset meritaimensivujoet saavat alkunsa puuttomalta tunturialueelta. Ne ovat luonnontilaisinakin kohtuullisen runsashumuisia vesistöjä (Puro-Tahvanainen 2001). Tärkeimmät poikastuotantoalueet sijaitsevat kuitenkin rajajoen keskijuoksulla metsäisillä ja soisilla alueilla (Ikonen ym. 1986). Alueen joet ovat kohtuullisen humuspitoisia ja niukka- tai keskiravinteisia. Uitoilla, soiden ojituksella ja metsätaloudella on ollut vaikutusta veden laatuun ja lisääntymisalueiden kuntoon. Varsinkin Naami- ja Ylläsjoen veden laatu on heikentynyt. Näiden

jokien veden laatua leimaavat korkeat rauta-, ravinne-, kiintoaine- ja humuspitoisuudet. Kohonneet rautapitoisuudet aiheuttavat kidusvaurioita (Peuranen ym. 1994) ja kevättulvan aikaiset raudan tulppavirtaukset saattavat lisätä vastakuoriutuneiden taimenen poikasten kuolleisuutta. Tornionjoen vesistössä tehdyissä haudontakokeissa ja poikaskasvatuksessa ei veden laadun ole kuitenkaan todettu olleen esteenä lohen tai meritaimenen lisääntymiselle (Jutila ym. 1993).



Kuva 2. Tornionjoen vesistön sivujoet, joissa sijaitsevat laajimmat potentiaaliset meritaimenen poikastuotantoalueet (Ikonen ym. 1986, Bergelin & Karlström 1985). 1. Jietajoki, 2. Tarvantojoki, 3. Palojoki, 4. Kangosjoki, 5. Pakajoki, 6. Äkäsjoki, 7. Ylläsjoki, 8. Naamijoki, 9. Paankijoki, 10. Luongasjoki, 11. Kelojoki, 12. Merasjoki, 13. Parkajoki, 14. Ylinen Kihlankijoki, 15. Alinen Kihlankijoki ja 16. Olosjoki. Kartta on muokattu Ari Haikosen tekemästä karttapohjasta.

Pääuoman tavoin myös suurin osa sivujoista on vähäjärvisiä. Tämän takia veden korkeuden vaihtelut tapahtuvat nopeasti ja ne ovat jyrkkäpiirteisiä. Kevättulvahuipun ajankohta vaihtelee huomattavasti eteläisten ja pohjoisten sivujokien välillä järvisyyden ja ilmaston erilaisuuden takia.

Sivujokien potentiaaliset poikastuotantoalueet on inventoitu 1980-luvulla (Bergelin & Karlström 1985, Ikonen ym. 1986). Ruotsin puolella merkittävimmät alueet sijaitsevat Parka- ja Merasjoessa, Suomen puolella puolestaan Äkäs- ja Naamijoessa (taulukko 1, kuva 2).

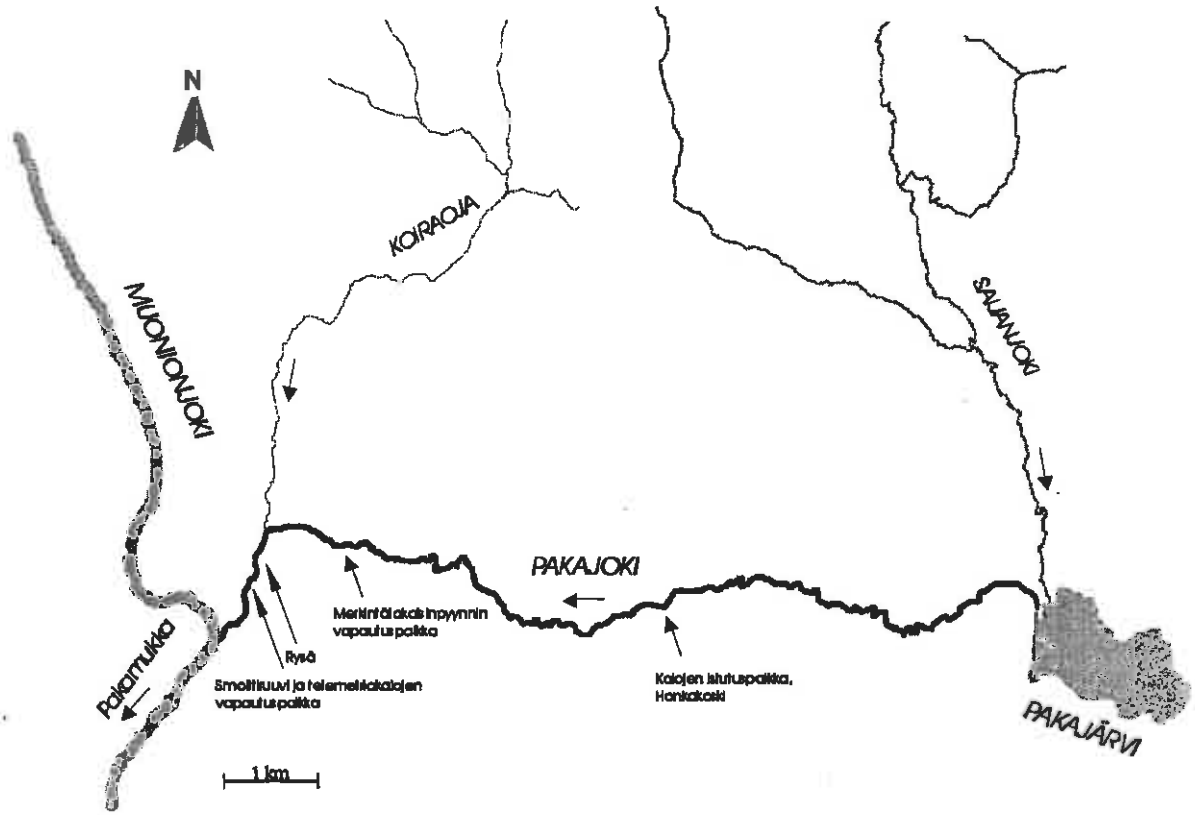
Taulukko 1. Merkittävimmät potentiaaliset meritaimenen poikastuotantoalueet suomen- ja ruotsinpuoleisessa Tornionjoessa Bergelin & Karlströmin (1985) ja Ikosen ym. (1986) mukaan.

		Pääuoman pituus (km)	Poikastuotanto-alueita (ha)	Arvioitu vaelluspoikasten tuotantopotentiaali
Suomi	Naamijoki	68,6	54,5	11 000
	Ylläsjoki	33,4	19,2	4 000
	Äkäsjoki	45	64,8	13 000
	Pakajoki	10,4	9,9	2 000
	Kangosjoki	4,7	13,1	3 000
	Palojoki	55,6	35,9	7 000
	Tarvantojoki	24,1	12,4	2 500
	Jietajoki	14,4	22,1	4 500
Ruotsi	Olosjoki	36	22	4 400
	Alanen Kihlankijoki	23,5	9,8	1 960
	Ylinen Kihlankijoki	18,5	3,3	660
	Parkajoki	35	45,6	9 120
	Merasjoki	52	46,2	9 240
	Kelojoki	17	9,2	1 840
	Luongasjoki	26	7,8	1 560
	Paankijoki	20	2,9	580
	Yhteensä		**378,7**	**76 360**

2.3 Pakajoki

Pakajoki laskee Muonionjokeen Muonion kunnassa 250 km Tornionjokisuulta pohjoiseen Tornionjoen vesistön keskijuoksulla (kuva 3). Se on noin 10 metriä leveä joki, joka on pääuomaltaan 10,4 km pitkä. Pakajoen valuma-alue on enimmäkseen karua mäntykangasta ja siellä on suoritettu paljon hakkuita sekä metsäraivauksia (Ikonen ym. 1986). Valuma-alueen pinta-ala on 165 km^2, järvisyys 0,3 % ja keskivirtaama 1,7 m^3/s (Anonyymi 1980). Joessa on harjoitettu

tukinuittoa aina 1970-luvulle saakka (Anttinen ym. 1988). Uittojen loputtua joki on kunnostettu lähemmäksi alkuperäistä tilaa.



Kuva 3. Pakajoki. Karttaan on merkitty tutkimuksen kannalta keskeisten paikkojen sijainnit.

Pakajoessa lisääntyvät sekä lohi että meritaimen. Alajuoksun kosket soveltuvat hyvin lohen lisääntymisalueiksi, kun taas meritaimen lisääntyy pääasiassa keski- ja yläjuoksun niva- ja koskialueilla (Ikonen ym. 1986). Poikastuotantoalueiden osuus (niva- ja koskialueet) joen pinta-alasta on erittäin suuri. Vähäisen järvisyyden takia kevättulva on erittäin voimakas ja lyhytaikainen. Joessa olevien runsaiden lähteiden vuoksi kosket aukeavat jo varhain huhtikuulla, ja suurin osa jäistä lähtee ennen kevättulvan nousua (Paksuniemi ym. 1995). Varhainen jäiden lähtö mahdollistaa koepyynnin aloittamisen jo aikaisin keväällä.

Pakajärveen, josta Pakajoki saa alkunsa, laskee Saijanjoki. Meritaimenien on havaittu nousevan myös Saijanjokeen kudulle, joten on mahdollista, että osa Pakajoen vaelluspoikasista olisi peräisin Saijanjoesta. Saijanjokea ei ole inventoitu. Se ei ole mukana Pakajoen poikastuotantoalueissa eikä vaelluspoikasarviossa.

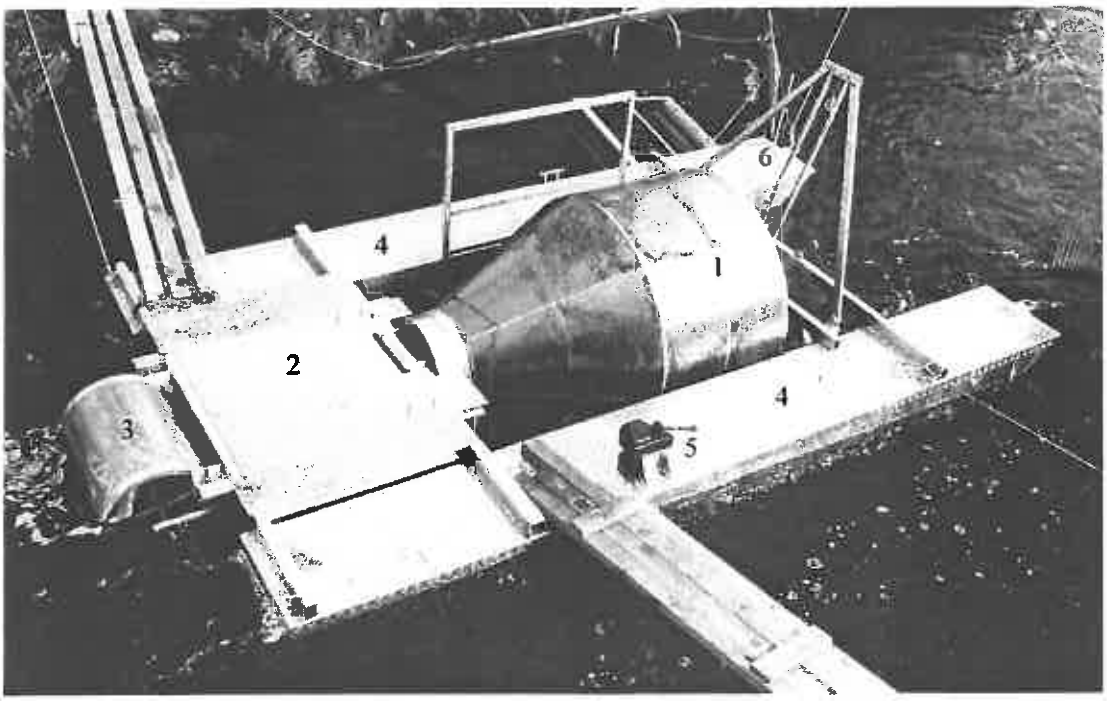
3. Aineisto ja menetelmät

3.1 Vaelluspoikaspyynti

3.1.1 Poikaspyydys

Meritaimenen poikasvaelluksen aikaisen ajoittumisen takia vaelluspoikaspyydyksenä käytettiin Suomessa vielä vähän tunnettua "smolttiruuvia" (engl. screw trap, rotatory screw fish trap, smolt wheel). Se on Amerikkalaisen E.G. Solution inc. -yrityksen vuonna 1988 patentoima pyydys, jonka erityispiirteisiin kuuluu erillinen itsepuhdistusmekanismi. Pyydyksen itsepuhdistuminen vähentää huomattavasti työvoimakustannuksia ja tekee pyynnin mahdolliseksi myös hankalissa olosuhteissa (tulva, suuret roskamäärät). Smolttiruuvi tuo lisää mahdollisuuksia aikaisin keväällä merelle vaeltavien meritaimenen vaelluspoikasten pyyntiin, sillä aikaisemmat pyynnit on jouduttu keskeyttämään pahimman tulvan ajaksi.

Smolttiruuvi koostuu kuudesta pääosasta: rummusta, kalasumpusta, puhdistusrummusta, ponttoneista, vinssistä ja rummun eturipustuksesta (kuva 4).



Kuva 4. Smolttiruuvin pääosat: 1. rumpu, 2. kalasumppu, 3. puhdistusrumpu, 4. ponttonit, 5. vinssi, 6. rummun eturipustus.

Pyydys ankkuroidaan jokeen, jolloin veden virtaus alkaa pyörittää rumpua, jossa on kierteitä. Pyydykseen joutuneet kalat siirtyvät rummun pyörimisen seurauksena vesipatsaassa ruuvin takaosassa sijaitsevaan kalasumppuun, josta ne eivät pääse pois. Kalasumpussa on pyörivä

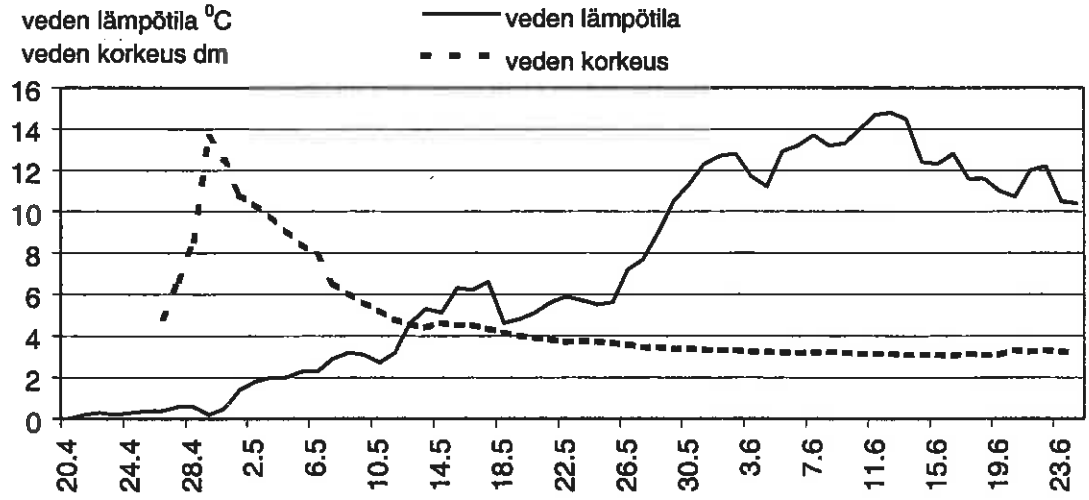
puhdistusrumpu, joka saa pyörimisvoimansa akselin välityksellä rummusta. Puhdistusmekanismin ansiosta pyydystä voidaan tietyin varauksin pitää pyynnissä myös voimakkaan tulvan ja suuren roskamäärän aikana.

Tässä tutkimuksessa käytetyn smolttiruuvin halkaisija oli 1,5 m, pyydystävä pinta-ala 0,91 m^2 ja syväys 0,8 m. Koska pyydystävä pinta-ala oli pienehkö, sijoitettiin jokeen ohjausaidat pyydystävyyden parantamiseksi. Ohjausaitoina käytettiin metallista rakennettua säleaitaa (6 m, 3 m), joka tuettiin kolmijalkakehikoilla (Andersson & McDonald 1978). Havakseen verrattaessa säleaidan etuja ovat kestävyys, puhdistettavuus ja virtaa pyydykseen suuntaava vaikutus. Vaikka ohjausaidat kattoivat lähes koko joen, kaloilla oli kuitenkin mahdollisuus väistää pyydys ohittamalla se alakautta.

3.1.2 Pyynti Pakajoessa

3.1.2.1 Olosuhteet Pakajoessa vuonna 2002

Vuonna 2002 kevät tuli varhain ja eteni nopeasti. Kevättulva oli Pakajoelle tyypillisesti lyhytaikainen, mutta voimakas. Veden korkeus saavutti huippunsa 29.4., jonka jälkeen se laski lähes koko pyyntikauden ajan (kuva 5). Veden lämpötila alkoi nousta heti tulvahuipun jälkeen, kun lumet olivat sulaneet. Muutamaa kylmää kautta lukuun ottamatta veden lämpötila kohosi aina kesäkuun 12. päivään asti, jolloin lämpötila oli 14,8 ^{0}C.



Kuva 5. Veden lämpötila ja veden korkeus Pakajoessa vuonna 2002.

Jäiden lähtö tapahtui vähitellen. Jo huhtikuun alkupuolella keskijuoksun kosket olivat sulia suurimman osan joesta ollessa vahvan jääkannen peittämä. Kun rysä laitettiin pyyntiin 21.4., osa

jäistä oli jo lähtenyt. Joessa kuitenkin kulki yksittäisiä jäälauttoja aina toukokuun 1. päivään asti. Osa näistä jäälautoista oli peräisin Pakajärvestä, josta Pakajoki saa alkunsa.

3.1.2.2 Pyynnin kuvaus

Vaelluspoikasten pyynti aloitettiin 21.4. perinteisellä rysällä, koska joessa oli vielä paljon jäätä, mutta vesi oli matalalla ja siten vähäroskaista. Poikasrysä pyydysti koko joen leveydeltä eli periaatteessa kaikki alaspäin vaeltaneet kalat. Veden noustessa olosuhteet muuttuivat kuitenkin rysälle hankaliksi ja pyydys jouduttiin purkamaan 25.4. klo 19.30 suoritetun koennan jälkeen.

Seuraavana päivänä 26.4. klo 7.00 siirryttiin käyttämään pyydyksenä smolttiruuvia. Tällöin ruuvin molemmin puolin oli kolme metriä säleaitaa ohjaamassa kaloja pyydykseen. Veden korkeuden edelleen noustessa ohjausaidat jouduttiin purkamaan 27.4. iltapäivällä. Tulvahuipun ja suurimman roskamäärän aikana 29.4. smolttiruuvi oli olosuhteiden pakosta pois pyynnistä. Ruuvi saatiin uudelleen pyyntiin 30.4. klo 16.00. Toukokuun ensimmäisenä päivänä veden lähdettyä laskuun pystytettiin ohjausaita (3 m) ruuvin toiselle puolelle. Viimein 6.5. asennettiin ohjausaidat ruuvin molemmille puolille (toiselle puolelle kuusi metriä ja toiselle kolme metriä), minkä jälkeen pyydys vakioitiin. Tämän jälkeen pyydys pysyi muuttumattomana pyynnin loppuun eli 24.6. asti.

Pakajoen yläpuolisesta Pakajärvestä purkautui isoja jäälauttoja jokeen. Tämän takia pyydyksen suojaksi rakennettiin uiton puomeja vastaava jääsuoja. Tulvan aikana jääsuoja keräsi joessa kulkenutta sammalta, jonka seurauksena päävirta ohjautui osin pyydyksen ohi. Jäävaaran mentyä ohi 2.5. jääsuoja purettiin ja virtaus suuntautui pyydykseen paremmin.

3.1.2.3 Saaliin käsittely

Poikaspyydys koettiin kerran vuorokaudessa noin klo 9.00. Kalat nukutettiin, minkä jälkeen ne mitattiin 1 mm:n ja punnittiin 0,1 g:n tarkkuudella. Lisäksi niiltä otettiin suomunäyte rasvaevän ja kylkiviivan väliseltä alueelta iänmääritystä varten (Raitaniemi ym. 2000). Taimenien smolttiutumisaste määritettiin silmämääräisesti arvioimalla kolmea ulkoista piirrettä, jotka eroavat vaellus- ja jokipoikasten välillä: rintaevien tummuutta, suomupeitteen hopeoitumista ja poikaslaikkujen esiintymistä (McCormick ym. 1998). Smolttiutumisasteen määritti aina sama henkilö pyrkien säilyttämään arviointiperusteet yhdenmukaisina läpi koko tutkimuksen. Smolttiutumisasteen määrittämistä vaikeutti luonnontaimenien ja istukkaiden ulkoisten smolttiutumisen tunnusmerkkien eroavaisuus kautta linjan. Luonnontaimenien smolttimerkit olivat olemassa, mutta vain muutamalla merkit olivat kehittyneet yhtä selkeiksi kuin ne olivat

nähtävissä istukkailla. Tämä on otettu huomioon smolttiutumisasteen määrittämisessä siten, että jos tarkkailtavat merkit olivat alkaneet muuttua (esimerkiksi suomupeite alkanut hopeoitumaan), ne tulkittiin jo kehittyneiksi. Smolttiutumisastetta ei siis tietoisesti määritetty vertailukelpoisesti luonnonpoikasten ja istukkaiden välillä, vaan siten, että eri alkuperäryhmien sisällä pyrittiin saamaan esille yksilöiden välisiä eroja. Jatkossa on smolttiutumisesta käytetty asteikkoa 0–3, jossa 0 on täysin jokipoikasväritteinen ja 3 täysin smolttiutunut (tummat rintaevät, suomupeite hopeoitunut, poikaslaikut eivät ole näkyvissä). Kaikki pyydykseen joutuneet taimenen vaelluspoikasiksi määritetyt yksilöt merkittiin yksilöllisellä nauhamerkillä (engl. streamer tag).

3.1.2.4 Merkintä-takaisinpyynti

Smolttiruuvin pyydystävyyttä eli poikasten todennäköisyyttä joutua pyydetyksi selvitettiin merkintä-takaisinpyynnin avulla. Koska kalamäärät olivat pieniä, käytettiin merkintä-takaisinpyynnissä luonnontaimenien ja taimenistukkaiden lisäksi luonnonlohia.

Merkintä-takaisinpyyntiä varten saaliskaloja merkittiin nauhamerkillä ja laitettiin happipakkaukseen. Rinkan avulla happipakkaus kuljetettiin noin kilometri ylävirtaan (67.37.640P, 023.35.715I), jossa kalat vapautettiin Koirakoskessa sijainneeseen merkintä-takaisinpyyntikalojen vapautuspaikkaan (kuva 3).

Pyydyksen vakioinnin jälkeisenä aikana merkintä-takaisinpyynti suoritettiin 16 kertaa yhteensä 241 taimenen ja lohen poikasella (taulukko 2). Lisäksi ennen pyydyksen vakiointia 27.4. kuljetettiin 25 kalan merkintäerä vapautuspaikalle. Koska poikaspyydys oli poissa pyynnistä 29.4., merkintäerän vaellusaktiivisuus jäi epäselväksi. Kaikki merkintä-takaisinpyynnissä käytetyt kalat olivat hyväkuntoisia vapautushetkellä.

Taulukko 2. Merkintä-takaisinpyynnissä käytettyjen kalojen alkuperä merkintäerittäin. Kaikkien kalojen yhteismäärässä ei ole mukana ennen pyydyksen vakiointia 27.4. suoritettu merkintä-takaisinpyyntierä.

	istukkaat	luonnontaimenet	luonnonlohet	yhteensä
27.4.	19	6	1	*26*
8.5.	66	2		68
9.5.	45	0		45
10.5.	11	1		12
11.5.	12	1		13
12.5.	12	0		12
13.5.	10	5		15
14.5.	6	2		8
15.5.	3	10		13
16.5.	4	8	1	13
17.5.	5	2		7
18.5.	1	3		4
29.5.	0	5	4	9
30.5.	1	4		5
31.5.	0	3	3	6
1.6.	0	1	4	5
6.6.	5	1		6
yht.	181	48	12	241

3.1.2.5 Vaellusarviot

Istukkaiden vaellusarviot tehtiin 2. ja 3. istutuserän kaksi- ja kolmivuotiaista taimenista Petersenin menetelmällä (Seber 1982). Olosuhteista aiheutuneiden pyyntivaikeuksien vuoksi jouduttiin 1. istutuserän kalojen ja luonnontaimenien vaellusarvioista luopumaan.

Vaellusarvioita tehtäessä käytettiin 2. istutuserän kohdalla 1. ja 2. istutuserän yhdistettyä pyydystävyyttä. Kuitenkin vuorokausina, jolloin merkintä-takaisinpyynnissä oli istukkaita 10 tai enemmän, käytettiin suoraan kyseisen merkintä-takaisinpyyntierän takaisinsaantiprosenttia (liite 2). Viimeisen istutuserän vaellusarvioissa käytettiin kaikkien istukkaiden yhdistettyä pyydystävyyttä kaikkina vuorokausina.

3.1.3 Pyynti Tornionjoessa

Pakajoella merkittyjen taimenien saapumista Tornionjokisuulle seurattiin Kivirannassa sijainneella vaelluspoikasrysällä (kuva 1). Radiotelemetrian avulla selvitettiin myös sitä, missä määrin Kivirannan vaelluspoikaspyynti kattaa koko meritaimenien vaelluskauden.

Lohen ja meritaimenen vaelluspoikasia on vuodesta 1991 lähtien pyydetty vaelluspoikasrysällä Tornion kaupungin pohjoispuolella Kivirannalla, 5 km jokisuusta pohjoiseen (Haikonen ym. 2003). Vaelluspoikaspyynti pyritään aloittamaan heti, kun keväinen tulvahuippu lähtee laskuun. Yleensä rysä saadaan pyyntiin touko-kesäkuun vaihteessa. Pyyntiä jatketaan yleensä noin 6–7 viikkoa, kunnes vaelluspoikasten saalismäärät ovat vähäisiä (Haikonen ym. 2003). Vuonna 2002 poikasrysä saatiin pyyntiin jo toukokuun 21. päivänä, jolloin veden lämpötila oli 9,4 °C (Haikonen ym. 2003). Rysän pyyntiinasettamispäivä on vaihdellut vuosittain ympäristöolosuhteiden mukaan (Haikonen & Romakkaniemi 1999, Romakkaniemi ym. 2000, Haikonen ym. 2001, 2002).

3.2 Viljeltyjen poikasten istutuskokeet

Eri ikäisten istukkaiden ja eri istutusajankohtien tarkoituksena oli selvittää iän ja istutusajankohdan vaikutusta vaelluskäyttäytymiseen ja sitä kautta istutusten tuloksellisuuteen. Tätä varten istutettiin kaksi- ja kolmivuotiaita Tornionjoen ns. keskijuoksun kantaa olevia viljeltyjä meritaimenen poikasia kolmessa eri istutuserässä Pakajokeen. Jokaisessa istutuserässä oli 500 kaksi- ja 500 kolmivuotiasta poikasta. Istukkaat olivat niin sanottuja vaelluspoikasistukkaita, eli valtaosa niistä oli vaelluspoikaskokoisia ja ulkoisten merkkien perusteella vaelluspoikasiksi määritettäviä. Istukkaissa oli kuitenkin myös jokipoikasväritteisiä yksilöitä. Tässä työssä termillä "vaelluspoikasistukas" tarkoitetaan kaksi- ja kolmivuotiaina istutettuja meritaimenen poikasia.

3.2.1 Kalojen käsittely ennen istutusta

Kaikki samanikäiset istukkaat olivat peräisin samasta viljelyaltaasta. Vähintään kaksi vuorokautta ennen istutusta kalat haavittiin käsittelyä varten. Kalat mitattiin 1 mm:n ja punnittiin 0,1 g:n tarkkuudella. Lisäksi niiden smolttiutumisaste määritettiin silmämääräisesti arvioimalla rintaevien tummuutta, suomupeitteen hopeoitumista ja poikaslaikkujen katoamista (katso luku 3.1.2.3).

Istutusryhmien erottamiseksi toisistaan käytettiin ryhmämerkkinä panjet-tatuointia (Friman ym. 1999). Istutusryhmät erotettiin toisistaan siten, että 1. istutuserällä oli tatuointi peräevän, 2. istutuserällä vatsaevän ja 3. istutuserällä rintaevän yläpuolella. Kaksivuotiailla merkki oli oikealla ja kolmivuotiailla vasemmalla kyljellä. Lisäksi kalat eroteltiin pituuden perusteella kolmeen ryhmään (alin neljännes, q_1, mediaaniluokka, med ja ylin neljännes, q_3). Tämä tapahtui siten, että ennen varsinaista merkintää mitattiin 100 yksilöä ja mittaustulosten perusteella määritettiin ryhmien pituuden kvartiilirajat (taulukko 3).

Taulukko 3. Vaelluspoikasistukkaiden pituusjaottelu (mm) eri ryhmiin otoksen (n=100) ja koko populaation (n=500) perusteella. q1 = alin neljännes (25 %), q3 = ylin neljännes (25 %).

	1. istutuserä		2. istutuserä		3. istutuserä	
	q1	q3	q1	q3	q1	q3
2-v						
otoksesta	127	155	127	155	138	165
populaatiosta	128	155	131	154	140	167
3-v						
otoksesta	195	218	195	218	187	216
populaatiosta	197	218	193	218	188	219

Ryhmät tatuoitiin siten, että alakvartiilin kaloilla oli pyrstössä yksi piste ja yläkvartiilin kaloilla kaksi pistettä. Otoksesta tehtyjä kokoluokituksia käytettiin ainoastaan jokeen jääneiden ja sieltä sähkökalastamalla pyydettyjen istukkaiden ryhmän sisäisen koon määrittämiseen, koska muilla koekalastusten saaliskaloilla ei ehtinyt tulla lisäkasvua. Poikaspyydyksestä saadut istukkaat on jaoteltu todellisten rajojen mukaisesti.

Keväällä 2003 sukupuolimääritettiin kalanviljelylaitoksella 100 kpl kolmivuotiaita viljeltyjä poikasia varhaissukukypsien uroksien osuuden selvittämiseksi istutusmateriaalista. Kalat haavittiin määritystä varten mahdollisimman valikoimattomasti. Määritys tapahtui silmämääräisesti gonadeita arvioimalla. Kolmivuotiailla naarailla oli havaittavissa selvät mätiaihiot. Urokset määritettiin varhaissukukypsiksi, jos niiden gonadit olivat turvonneet ja vaaleat.

3.2.2 Istutukset

Ensimmäinen istutus Pakajokeen tehtiin 26.4. ennen varsinaista tulvaa veden lämpötilan ollessa 0,4 °C. Tällöin joessa kulki vielä jäälauttoja ja rannat olivat lumen peitossa. Toinen istutus tehtiin 7.5. välittömästi pyydyksen vakioimisen jälkeen, jolloin vesi oli jo laskussa ja veden lämpötila oli kohonnut 2,9 °C:een. Kolmas istutus tehtiin 4.6. alucen normaaliin istutusajankohtaan. Tällöin vesi oli matalalla ja veden lämpötila oli 11,2 °C.

Kaikki istutusryhmät vapautettiin Pakajoen keskijuoksulle Honkakoskeen täsmälleen samaan paikkaan (75.07.775P, 33.58.416I) (kuva 3). Istutuspaikka sijaitsee noin viisi kilometriä Pakajokisuusta ylävirtaan keskellä pitkää koskijaksoa. Istutuspaikka valittiin siten, että jokeen jääneillä taimenilla olisi hyvät levittäytymismahdollisuudet sekä ala- että ylävirtaan.

Istutusaikana vallinneiden vaikeiden olosuhteiden takia kalojen kuljetustapa istutuspaikalle vaihteli. Ensimmäisessä istutuksessa kalat kuljetettiin autolla 1000 l:n pasassa Pakajokivarteen, josta ne siirrettiin istutuspaikalle moottorikelkalla 300 l:n pasassa. Matkalla sattui tapaturma, jossa moottorikelkka ja kuljetuspasa kaatuivat. Kaikki kalat saatiin kuitenkin pelastettua ja kuljetettua istutuspaikalle. Tapaturman aiheuttaman lisästressin vaikutusta kalojen selviytymiseen on hankala arvioida. Toinen istutus toteutettiin siten, että kalat kuljetettiin autolla 1000 l:n pasassa Pakajoen yläjuoksulle, josta ne siirrettiin kumiveneellä happipakkauksissa istutuspaikalle. Kolmannen istutuserän kuljetus Honkakoskelle tehtiin kokonaisuudessaan autolla.

3.3 Vaelluskäyttäytymisen yksilöllinen seuranta

3.3.1 Radiotelemetrialaitteisto

Radiolähettiminä käytettiin ATS:n (Advanced Telemetry Systems Inc., USA) valmistamia, mallia F1930 olevia lähettimiä. Lähettimet toimivat kukin omalla taajuudellaan 151.000 ja 151.492 MHz:n välillä lähettäen vastaanottimella kuultavaa signaalia 40 sykäystä minuutissa. Lähettimien paino kiinnikkeiden (vaijerit, lätkät ja holkit) kanssa oli 3,6 g.

Kalojen käsiseurannassa käytettiin kahta Televiltin telemetriavastaanotinta (malli RX-900) sekä Yagi- tai piiska-antennia. Automaattiseurannassa käytettiin ATS:n telemetriavastaanottimia (malli R2100, 3 kpl), jotka oli yhdistetty ATS:n tallennusyksiköihin (malli RTD), sekä suuria Yagi-antenneja.

3.3.2 Radiolähetinmerkintä

Ensimmäisen istutuserän vaelluspoikasistukkaat (15 kpl) merkittiin kolme päivää ja kolmannen istutuserän (12 kpl) neljä päivää ennen vapautusta Muonion kalanviljelylaitoksella. Radiolähetinkalojen haavitseminen pyrittiin tekemään mahdollisimman valikoimattomasti, kuitenkin siten, että pituuden suhteen alakvartiiliin kuuluneita kaloja ei merkitty lähettimen koon takia. Radiolähettimellä merkityt 1. istutuserän kalat olivat keskimäärin 225 mm pitkiä (min. 203 mm, maks. 258 mm, liite 5). Kolmannen istutuserän radiolähetinkalat olivat vastaavasti keskimäärin 224 mm pitkiä (min. 199 mm, maks. 259 mm, liite 7).

Merkintää varten kalat haavittiin viljelyaltaasta ja siirrettiin nukutusastiaan. Nukutusastiassa kaloja pidettiin 2,5–3 minuuttia, kunnes ne olivat täysin liikkumattomia. Tämän jälkeen ne siirrettiin merkintäastiaan, jossa oli raikasta vettä. Lähettimet kiinnitettiin kalan ulkopuolelle

selkäevän tyveen (Beaumont ym. 1996), perinteiseen Carlin-merkin paikkaan. Lähettimen kiinnityksessä käytettiin apuna injektioneuloja, jotka työnnettiin kalan selkäevän alapuolelta läpi selkälihaksen. Kiinnityksessä käytetyt muovilla päällystetyt teräslangat työnnettiin injektioneulojen kautta kalan toiselle kyljelle, jonka jälkeen neulat vedettiin pois. Tämän jälkeen teräslankoihin pujotettiin ohuet muoviset lätkät ja holkit, jotka puristettiin pihtien avulla siten, että teräslangat eivät päässeet luistamaan läpi. Merkinnän jälkeen kalat vapautettiin altaaseen, jossa niiden toipumista merkinnästä pystyttiin seuraamaan.

Luonnontaimenien (20 kpl) merkintä tehtiin Pakajokivarressa kenttäolosuhteissa samaan tapaan kuin viljeltyjen taimenienkin. Suurien (>200 mm) luonnontaimenien vähäisen määrän takia myös pienempiä kaloja jouduttiin merkitsemään. Radiolähettimellä merkityt luonnontaimenet olivat keskimäärin 194 mm pitkiä (min. 169 mm, maks. 267 mm, liite 3). Merkinnän jälkeen kalat siirrettiin sumppuun, josta ne vapautettiin 38 min – 5 h 55 min kuluttua merkinnästä.

3.3.3 Radiolähettimellä merkittyjen kalojen seuranta

Radiolähetinkaloja, jotka eivät lähteneet vaeltamaan, seurattiin Pakajoessa käsivastaanottimen ja antennin avulla joka toinen päivä, lukuun ottamatta muutamaa pidempää taukoa. Seuranta toteutettiin joko laskemalla joki kumiveneellä tai kävelemällä jokivartta pitkin.

Radiolähettimen signaali kuuluu voimakkaimpana, kun antenni on suunnattu sitä kohden. Tämän perusteella kala pystyttiin paikantamaan muutaman kymmenen metrin säteelle. Pienessä joessa tarkempi paikannus onnistui irroittamalla kaapeli antennista (muutaman metrin tarkkuus) tai suuntimalla pelkällä vastaanottimella (alle metrin tarkkuus). Kun kala paikannettiin, sen olinpaikka merkittiin karttaan ja GPS-koordinaatit kirjattiin paperille.

Pakajoen lisäksi radiolähetinkaloja käytiin etsimässä Saijanjoesta (19.5.) ja Äkäsjoesta (22.6.) sekä paikannettiin Ruotsin puolelta Parkajoesta (1.6., 8.6. ja 26.6.). Seuranta tehtiin laskemalla jokea pitkin kumiveneellä.

Muonionjoen puolella Pakajokisuussa kaloja paikannettiin aktiivisesti 27.4.–30.4. Lisäksi Pakajokisuulta Äkäsjokisuuhun (37 km) laskettiin kumiveneellä useita kertoja. Pääuomaan kadonneiden radiolähetinkalojen paikantamiseksi laskettiin kumiveneellä 13. – 15.6. Pakajokisuusta Kivirantaan (257 km).

Kalojen vaelluksen seuraamiseksi pääuoman varteen asennettiin kolme vastaanotinta, jotka oli kytketty tallennusyksiköihin (taulukko 4).

Taulukko 4. Vaellusreitille asetettujen automaattitallenninpisteiden toiminta-aika, sijainti ja etäisyys Pakajokisuusta. Automaattitallennin nro 1 oli väliaikaisesti Pakajokisuussa 26.4. – 3.5. jäiden takia.

nro	toiminta-aika	paikka	etäisyys Pakajokisuusta
1a	26.4. – 3.5.	Pakajokisuu	0 km
1b	3.5. – 30.6.	Naapanginsaari	3 km
2	26.4. – 30.6.	Äkäsjokisuu	37 km
3	26.4. – 30.6.	Kiviranta	257 km

Automaattiseuranta oli jatkuvaa 26.4.–30.6. lukuun ottamatta 4.5. klo 18.00 – 5.5. klo 11.55, jolloin tallennusyksikkö nro 1b ei ollut toiminnassa agregaatin rikkoutumisen takia. Sekä Naapanginsaaren että Kivirannan automaattitallenninpisteet toimivat moitteettomasti ja kattoivat koko joenuoman. Sen sijaan Äkäsjokisuussa vastaanotinta jouduttiin säätämään häiriösignaalin takia siten, että muutamat kalat ohittivat sen kirjautumatta tallenninyksikköön. Lisäksi toukokuun alussa Äkäsjokisuussa oli usean päivän ajan kilometrien mittainen jääpato, joka todennäköisesti esti radiolähetinsignaalien kulkeutumisen vastaanottimeen.

Tallennusyksikkö ohjelmoitiin siten, että se kuunteli vuorotellen kaikkia siihen ohjelmoituja taajuuksia, kutakin viisi sekuntia. Jos laite sai havainnon kalasta se pysähtyi kuuntelemaan sitä 10 sekunniksi, jonka jälkeen laite poisti kyseisen kalan kierrosta viideksi minuutiksi. Tällä vältettiin samojen kalojen kirjautuminen tallennusyksikköön toistuvasti.

3.4 Pakajokeen jääneiden yksilöiden koekalastus

3.4.1 Pyynnin kuvaus ja koealojen sijoittaminen

Pakajokeen jääneiden istutettujen taimenien tiheyksiä sekä levittäytymistä tutkittiin sähkökalastamalla. Koealat sijoitettiin siten, että Honkakosken istutuspaikalla kalastettiin 40 m:n alueelta. Istutuspaikalta edettiin molempiin suuntiin seuraavin välimatkoin: 50, 50, 100, 100, 200, 200, 400 ja 600 m. Neljällä istutuspaikkaa lähinnä olevalla koealalla kalastettiin jokea 20 m:n alueelta ja lopuilla koealoilla 15 m:n alueelta. Jos koeala sattui paikkaan, jossa ei pystynyt kalastamaan (esimerkiksi syvä suvanto), kalastettiin lähin mahdollinen alue. Habitaattinsa puolesta taimenen poikaselle huonosti soveltuvat koealat kalastettiin, mutta tällöin kalastettiin vertailun vuoksi myös lähin taimenen poikaselle habitaatin puolesta soveltuva koeala.

Tämän lisäksi sähkökalastettiin myös merkintä-takaisinpyyntipaikan ja vaelluspoikaspyydyksen läheisyydessä molemmissa kaksi koealaa. Näiltä koealoilta pyrittiin löytämään mahdollisesti vaelluksensa keskeyttäneitä nauhamerkillä merkittyjä taimenia.

Sähkökalastusryhmään kuului kaksi henkilöä, joista toinen toimi anodin käyttäjänä ja toinen haavimiehenä. Koealoilla ei käytetty sulkuverkkoja. Pyynnin jälkeen kalat nukutettiin. Luonnontaimenista eroteltiin kesän vanhat poikaset (0+) ja vanhemmat (> 0+) koon perusteella, ja niiden lukumäärä laskettiin. Istutetut kalat lopetettiin. Tämän jälkeen ne mitattiin 1 mm:n, punnittiin 1 g:n tarkkuudella ja niiltä otettiin suomunäyte. Kalojen sukupuoli määritettiin gonadeja tarkastelemalla ja vatsalaukku avattiin, jotta nähtiin olivatko kalat syöneet luonnonravintoa.

3.4.2 Pyydystettävyyden määrittäminen

Taimenien pyydystettävyyttä (p-arvo) selvitettiin kolmen kerran poistopyynnillä (Junge & Libosvarsky 1965), kun saaliiksi saatiin yli 30 kpl > 0+ taimenia. P-arvon vaihtelun pienentämiseksi anodia käytti kaikilla koealoilla sama henkilö.

Pyydystettävyyttä arvioitaessa ei otettu mukaan koealaa "7. ylös", sillä veden sameus oli kasvanut sateiden takia ja määritetyt pyydystettävyydet eivät olleet vertailtavissa muiden koealojen kanssa. Istukkaille käytettiin kaikkien > 0+ taimenien yhdistettyä pyydystävyysarvoa 0,45 ja luonnonkaloille arvoa 0,55 (taulukko 5). Kesän vanhojen poikasten p-arvona käytettin aiempina vuosina sivujoissa tehtyjen kolmen kalastuskerran poistopyyntien perusteella laskettua arvoa 0,42.

Taulukko 5. Taimenen pyydystettävyysarvot kolmen kerran poistopyynnin perusteella. Koeala "7. ylös" on erotettu muista sähkökalastuksen aikaisten poikkeavien olosuhteiden takia.

	Koealakohtainen p-arvo				yhdistetty	yhdistetty ilman alaa 7. ylös
	Honkakoski	1. alas	2. alas	*7. ylös*		
> 0+ luonnon	0,51	0,50	0,63	*0,78*	0,61	**0,55**
> 0+ kaikki	0,52	0,32	0,52	*0,78*	0,54	**0,45**

3.5 Ikämääritys

Suomut prässättiin iänmääritystä varten polykarbonaattilevylle, jonka jälkeen niitä voitiin tarkastella 38,6-kertaisella suurennoksella mikrofilmin lukulaitteessa. Kalojen ikämääritys tehtiin

suomutulkinnan perusteella. Luonnonkaloja ikämääritettiin 135 kappaletta. Lisäksi määritettiin Pakajoesta sähkökalastettujen 35 istukkaan istutuksen jälkeinen lisäkasvu.

3.6 Vaellusnopeuden määrittäminen

Vaelluspoikasten vaellusnopeuksia määritettiin radiolähettimillä, nauhamerkeillä ja panjet-tatuoinneilla merkityistä kaloista. Radiolähettimillä merkityistä kaloista saatiin luotettavaa tietoa automaattitallenninpisteiden (Pakajokisuu / Naapanginsaari, Äkäsjokisuu ja Kiviranta) ansiosta. Nauhamerkeillä ja panjet-tatuoinneilla merkittyjen kalojen vaellusnopeus puolestaan määritettiin istutusajankohdan tai poikaspyydykseltä vapautusajankohdan ja Kivirannan rysälle saapumisen perusteella. Koska kalat ovat voineet uida rysään minä aikana tahansa koentojen välillä, valittiin laskennalliseksi rysään saapumisajaksi keskimääräinen aika rysän koentakertojen välillä.

Kalojen vaeltamat välimatkat on mitattu Pohjoiskalotti-komitean julkaisemasta Tornion-Muonionjoen kanoottikartasta, jonka mittakaava on 1:50 000.

3.7 Tilastolliset testit

Normaalisuutta tarkasteltaessa (Q-Q plot) havaittiin eri kalaryhmien pituusjakaumien noudattavan lähes normaalijakaumaa, joten pituusvertailut tehtiin parametrisillä testeillä. Ei-parametrisia testejä käytettiin, kun yksilömäärät jäivät vähäisiksi (< 30). Eri istutusryhmien välisiä pituuseroja testattiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA). Ryhmät, joiden välillä eroa havaittiin, paikannettiin Tukeyn testillä. Vaelluspoikaspyydyksellä pyydettyjen istukkaiden ja jokeen istutettujen kalojen pituuseroja testattiin kolmivuotiaiden osalta parittaisella t-testillä ja kaksivuotiaiden osalta Mann-Whitneyn U-testillä.

Vaelluspoikasten pituuden mahdollista muutosta vaelluskauden edetessä tarkasteltiin lineaarisella regressioanalyysillä. Regressioanalyysilla kuvataan muuttujien välistä riippuvuutta, joka on sitä suurempi, mitä lähempänä arvoa 1 selitysaste on.

Jaettaessa istukkaita pituuden mukaan eri ryhmiin käytettiin kvartiilijakoa: q1 (25 %), med. (50 %) ja q3 (25 %).

Tilastolliset testit tehtiin SPSS 9.05 ohjelmistolla.

4. Tulokset

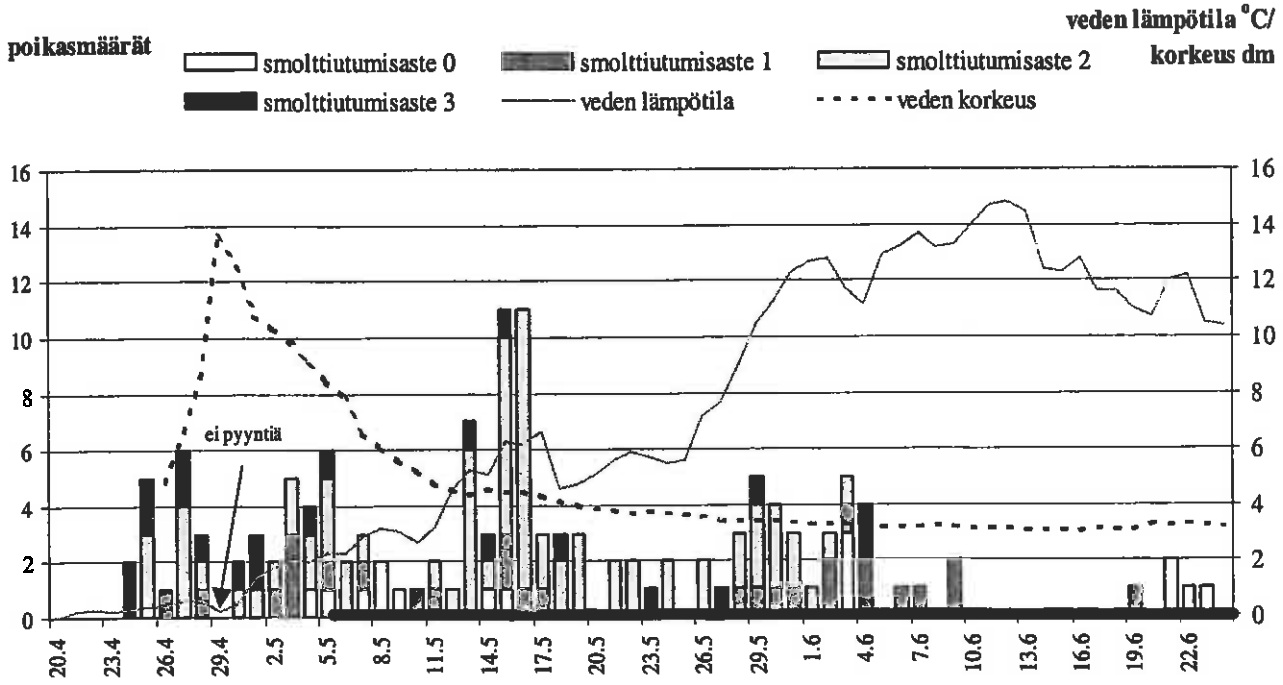
4.1 Poikaspyydyksen pyydystävyys

Merkintä-takaisinpyynnin perusteella kaikkien kalaryhmien yhdistetty vapautuskertakohtainen pyydystävyys oli pyydyksen vakioinnin jälkeen (6.5. – 24.6.) 0–68,9 % koko pyyntikauden takaisinsaannin ollessa 46,1 % (liite 1). Vaelluspoikasistukkailla pyydystävyys oli 0–100 % koko pyyntikauden takaisinsaannin ollessa 49,2 % (liite 2). Kyseisiä pyydystävyysarvoja voidaan pitää minimiarvoina, sillä osa merkityistä kaloista keskeytti vaelluksen (katso luku 4.4.1).

Vaelluspoikaspyynnin alussa ennen pyydyksen vakiointia ei smolttiruuvin pyydystävyyttä pystytty arvioimaan (katso luku 3.1.2.2).

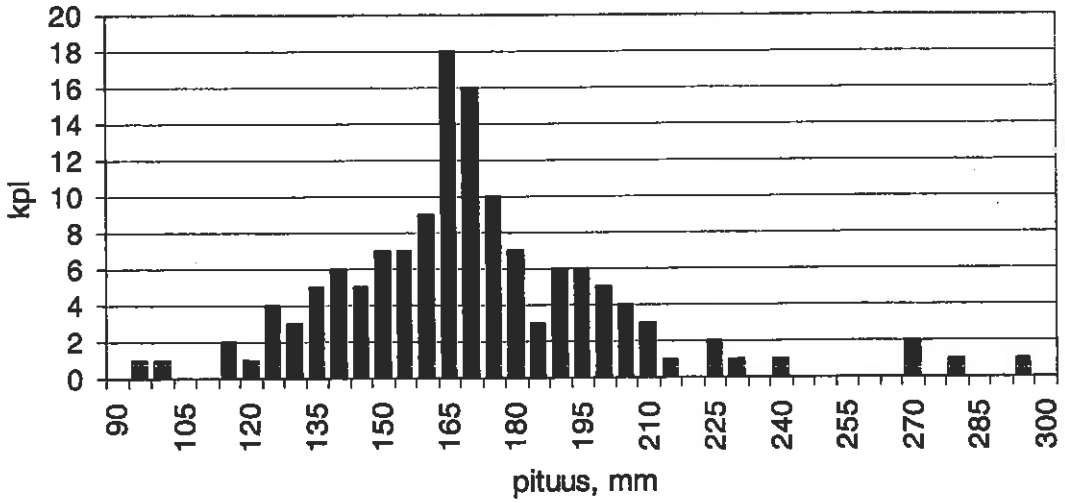
4.2 Luonnontaimenien poikasvaellus Pakajoessa

Luonnontaimenia saatiin saaliiksi yhteensä 140 kappaletta. Vaellus käynnistyi 24.4. veden lämpötilan ollessa 0,3 ^{0}C ja veden korkeuden alkaessa nousta. Vaellus oli aktiivisimmillaan 24.4.–19.5., mutta jatkui tämän jälkeenkin. Kesäkuun 4. päivän jälkeen saatiin saaliiksi vain muutamia yksilöitä ja niistäkin valtaosa oli taimenen jokipoikasia tai paikallisia taimenia. Viimeinen ulkoisten merkkien perusteella täysin smolttiutunut luonnontaimen (smolttiutumisaste 3) joutui pyydykseen 4.6. (kuva 5).



Kuva 5. Luonnontaimenien saalisjakauma. Taimenet on luokiteltu smolttiutumisasteen mukaan (0-3). Rysä oli pyynnissä 21.4.–25.4. klo 19.30. Ruuvi laitettiin pyyntiin 26.4. klo 7.00. Paksu viiva kuvaa ajankohtaa (6.5.–24.6.), jolloin pyydys oli vakioitu.

Vaelluspoikaspyydyksellä pyydetyt luonnontaimenet olivat 94–292 mm pitkiä keskipituuden ollessa 169,7 mm (kuva 6).

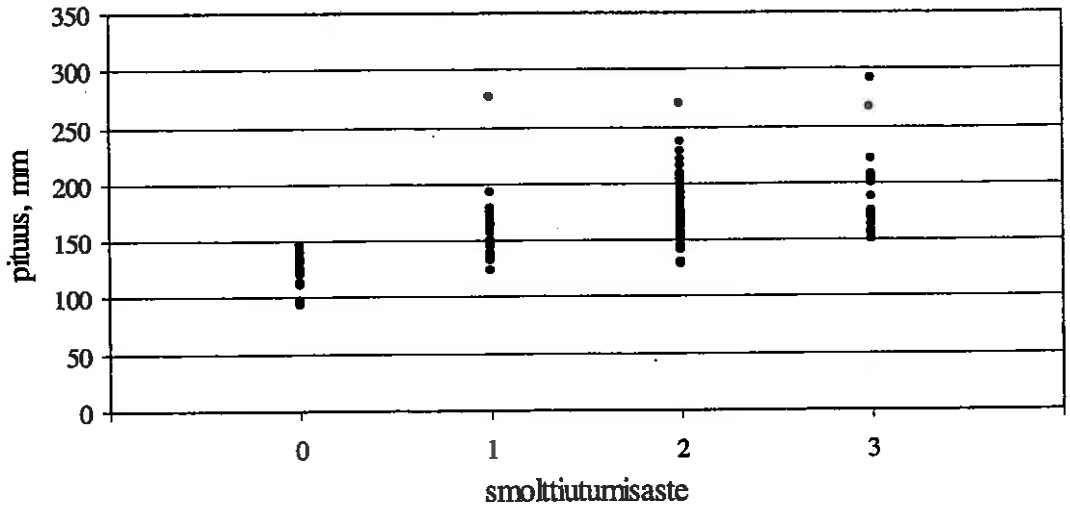


Kuva 6. Luonnontaimenien pituusjakauma.

Huhti- ja toukokuussa pyydettyjen taimenien pituusjakaumat noudattivat pitkälti koko vaelluskauden pituusjakaumaa. Sen sijaan kesäkuussa pienet (<150 mm) ja suuret (>250 mm)

taimenen poikaset esiintyivät suhteellisesti yliedustettuina. Minkäänlaista trendiä (regressio-analyysi, $R^2 = 0{,}001$) erikokoisten kalojen vaelluksen ajoittumisesta tiettyyn vaellusajankohtaan ei kuitenkaan ollut havaittavissa.

Kalan pituudella oli merkitystä smolttiutumisasteeseen (kuva 8). Varsinkin alle 150 mm pitkät kalat erottuivat muista kokoluokista ollen joko täysin jokipoikasväritteisiä tai hieman smolttiutuneita.



Kuva 8. Kalan pituuden suhde smolttiutumisasteeseen. 0 = jokipoikasväritteinen ja 3 = täysin smolttiutunut.

Luonnontaimenet olivat pääosin kolmivuotiaita iän vaihdellessa yhdestä viiteen vuoteen (taulukko 6). Yksi- ja kaksivuotiaat olivat pääosin jokipoikasväritteisiä, jotka tuskin olivat vielä vaeltamassa merelle.

Taulukko 6. Pyydykseen uineiden luonnontaimenien ikä.

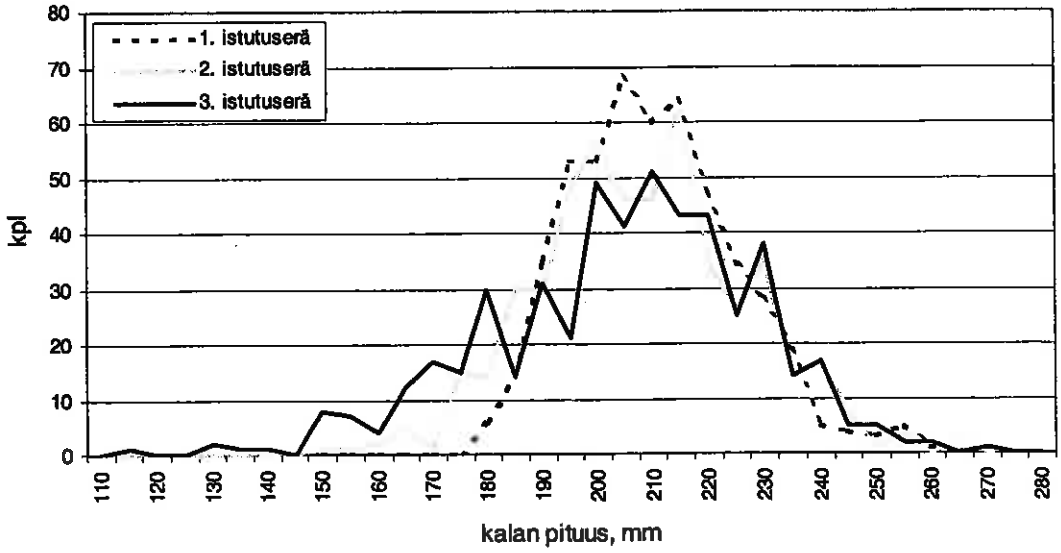
	kpl	%
1-v	1	0,7
2-v	9	6,6
3-v	89	65,4
4-v	33	24,3
5-v	4	2,9
yht.	136	

4.3 Viljeltyjen poikasten istutuskokeet

4.3.1 Istukkaat Muonion kalanviljelylaitoksessa

4.3.1.1 Kolmivuotiaat

Kolmannen istutuserän kalat olivat merkitsevästi pienempiä (varianssianalyysi, Tukey, $p < 0{,}001$ ja 0,01) kuin 1. ja 2. istutuserän kalat, joiden keskipituudet eivät eronneet tilastollisesti toisistaan ($p > 0{,}05$). Pienet (pituudeltaan < 170 mm) yksilöt puuttuivat kokonaan 1. istutuserästä (kuva 9).



Kuva 9. Muonion kalanviljelylaitoksella mitattujen kolmivuotiaiden vaelluspoikasten pituusjakaumat (n = 500 / istutuserä).

Kolmivuotiaista vaelluspoikasista lähes kaikki olivat ulkoisten merkkien perusteella täysin smolttiutuneita. Pienimpien poikasten joukossa oli muutamia yksilöitä, jotka olivat jokipoikasväritteisiä tai täyttivät vain yhden kolmesta smolttiutumisen merkistä (taulukko 7).

Taulukko 7. Eri istutuserien vaelluspoikasten smolttiutumisasteet prosentteina.

	smolttiutumisaste (%)			
	0	1	2	3
1. istutuserä	0	0,8	6,2	93
2. istutuserä	0	3,2	20	76,2
3. istutuserä	0,6	2,8	15	81,6

Keväällä 2003 sukupuolimääritetyistä kolmivuotiaista vaelluspoikasistukkaista 63 % oli uroksia. Uroksista 34,9 % oli varhaissukukypsiä. Varsinkin ylimpään neljännekseen kuuluneista kaloista

huomattavan suuri osuus (78,6 %) oli uroksia ja niistä jopa 45,5 % varhaissukukypsiä (taulukko 8).

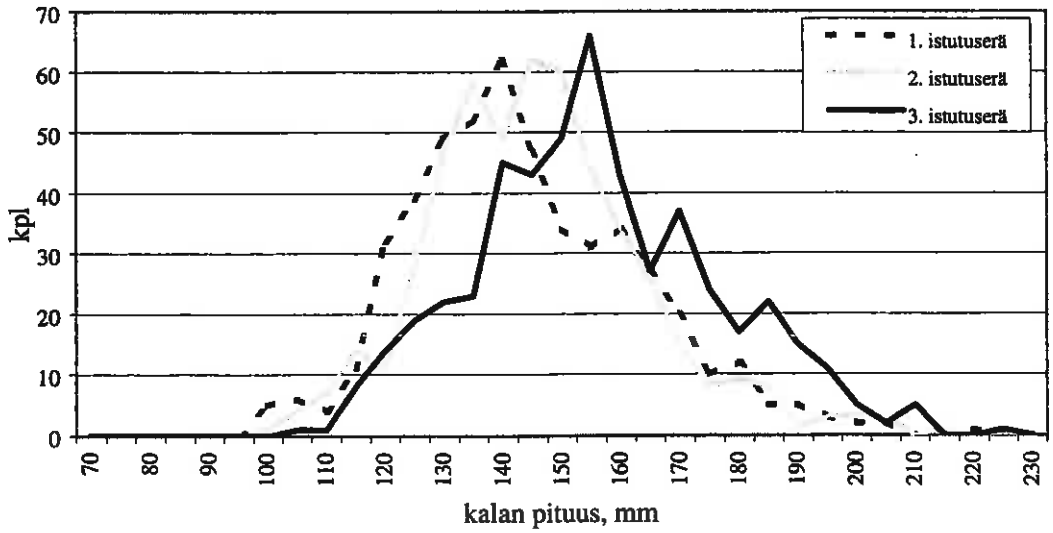
Taulukko 8. Kolmivuotiaiden vaelluspoikasistukkaiden sukupuolijakauma ja varhaissukukypsien uroksien osuus keväällä 2003. Kalat on jaoteltu pituusryhmiin vuonna 2002 istutettujen kalojen kvartiililuokkien mukaisesti.

	uros		naaras		varhaissukukypsä uros	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
q1	10	47,6	11	52,4	2	2
med	20	54,1	17	45,9	5	5
q3	33	78,6	9	21,4	15	15
yht.	63	63	37	37	22	22

Eri kokoluokkien sukupuolisuhteen ja varhaissukukypsyysosuuden mukaan laskettaessa kaikissa kolmivuotiaiden vaelluspoikasten istutuserissä (n = 500 / istutuserä) oli 90 kpl eli 18 % varhaissukukypsiä uroksia.

4.3.1.2 Kaksivuotiaat

Kahden ensimmäisen istutuserän kalojen pituudet eivät eronneet merkitsevästi toisistaan (varianssianalyysi, Tukey: $p > 0.05$). Sen sijaan kolmannen istutuserän kalat olivat merkitsevästi (varianssianalyysi, Tukey: $p < 0.001$ ja 0,001) suurempia (kuva 10).



Kuva 10. Muonion kalanviljelylaitoksella mitattujen kaksivuotiaiden vaelluspoikasten pituusjakaumat (n = 500 / istutuserä).

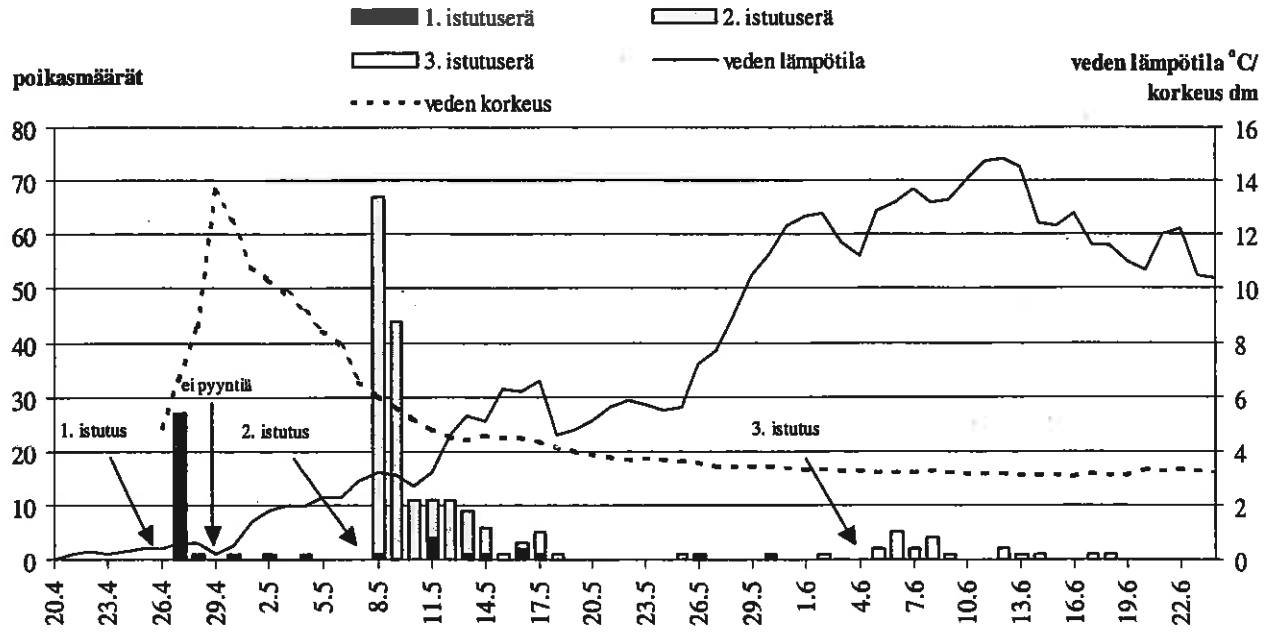
Kaksivuotiaat olivat heikommin smolttiutuneita kuin kolmivuotiaat. Suurin osa kaloista oli kuitenkin joko täysin tai lähes täysin (kaksi kolmesta smolttiutumisen tuntomerkistä) smolttiutuneita (taulukko 9). Pienimpien kalojen joukossa oli täysin jokipoikasväritteisiä yksilöitä.

Taulukko 9. Eri istutuserien kaksivuotiaiden vaelluspoikasten smolttiutumisasteet prosentteina.

	smolttiutumisaste (%)			
	0	1	2	3
1. istutuserä	0,6	14,0	37,8	47,6
2. istutuserä	0,6	4,6	40,4	54,4
3. istutuserä	0,2	6,8	30,2	62,7

4.3.2 Istukasryhmien vaellusaktiivisuus

Kahden ensimmäisen istutuserän 3-v istukkaat vaelsivat aktiivisesti. Vaellus käynnistyi lähes välittömästi istutuksen jälkeen, ja istukkaita saatiin saaliiksi eniten istutuspäivän jälkeisessä koennassa ensimmäisten ilmestyessä pyydykseen jo istutuspäivän iltana. Viimeinen ensimmäisen istutuserän kala saatiin saaliiksi 30.5. ja toisen istutuserän 2.6. Toukokuun 17. päivän jälkeen kaloja saatiin vain muutamia (kuva 11). Kolmivuotiaita vaelluspoikasistukkaita saatiin yhteensä saaliiksi 1. istutuserästä 43 kpl ja toisesta istutuserästä 161 kpl.



Kuva 11. Kolmivuotiaana istutettujen vaelluspoikasten saalisjakauma. Rysä pyynnissä 21.4.–25.4. klo 19.30. Ruuvi pyyntiin 26.4. klo 7.00. Pyydys vakioitiin 6.5.

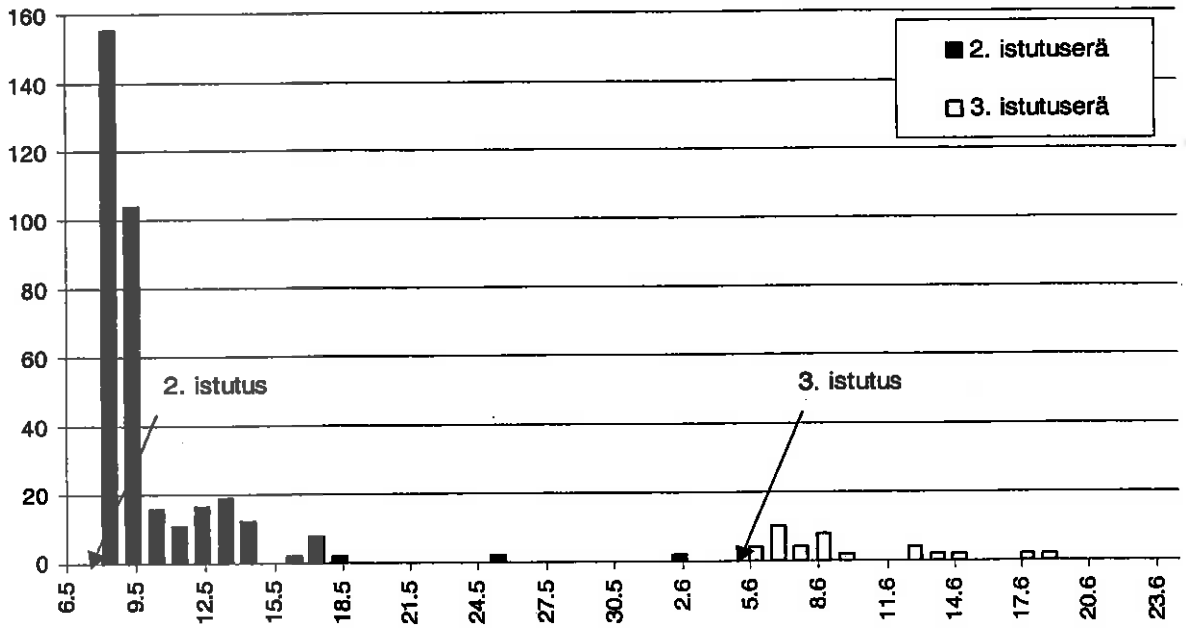
Myös merkintä-takaisinpyyntiä varten ylävirtaan kuljetetut kahden ensimmäisen istutuserän 3-v istukkaat osoittivat suurta vaellusaktiivisuutta. Takaisin saaduista kaloista 91 % (81 kpl) ui pyydykseen vapautusta seuraavana aamuna, 7 % kahden vuorokauden kuluttua ja 2 % neljän vuorokauden kuluttua vapautuksesta.

Kesäkuun alkupuolella (4.6.), alueen tyypilliseen istutusaikaan vapautetun kolmannen istutuserän 3-v istukkaiden vaellusaktiivisuus oli vähäistä. Viidestäsadasta istukkaasta saatiin saaliiksi vain 20 yksilöä. Kaloilla ei ollut varsinaista vaellushuippua, vaan ne uivat pyydykseen istutuksen jälkeisen kahden viikon aikana (kuva 11). Merkintä-takaisinpyyntiä varten kuljetetuista viidestä istukkaasta ei saatu yhtään takaisin.

Kaikkien istutuserien 2-v istukkaiden vaellusaktiivisuus oli vähäistä. Saaliiksi saatiin vain muutamia yksilöitä (1. istutuksesta 2 kpl, 2. istutuksesta 7 kpl ja 3. istutuksesta 1 kpl) 1–19 vrk:n kuluessa istutuksista.

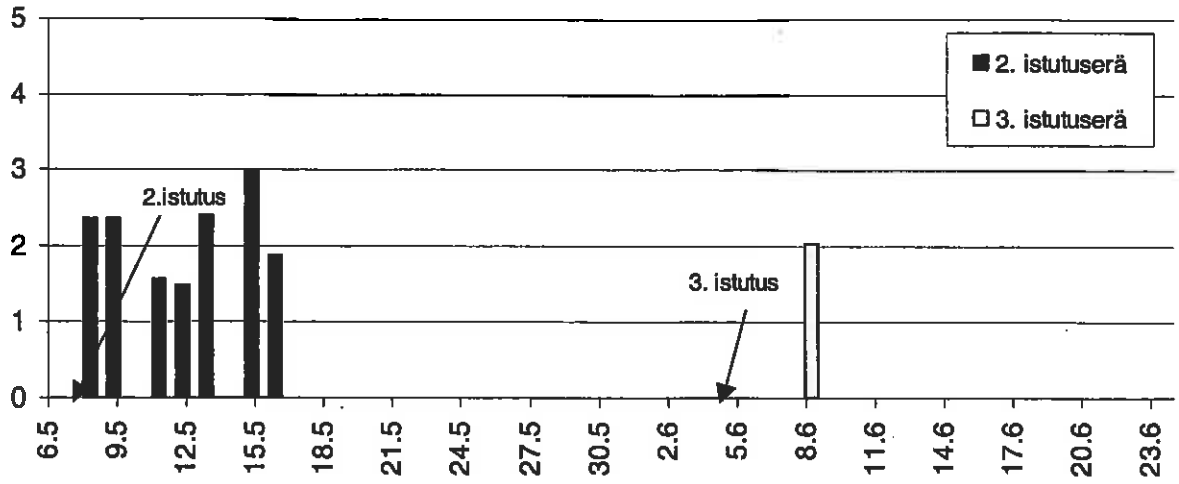
4.3.3 Istukkaiden vaellusarviot

Vaelluspoikas- ja merkintä-takaisinpyynnin sekä Petersenin menetelmällä laskettujen pyydystävyysarvioiden (katso luku 3.1.2.4) perusteella toisen istutuserän 500:sta 3-v istukkaasta 350 yksilöä eli 70 % aloitti vaelluksen kohti merta (kuva 12). Kolmannen istutuserän kaloista ainoastaan 40 yksilöä eli 8 % aloitti vaelluksen.



Kuva 12. Toisen ja kolmannen istutuserän 3-v istukkaiden kokonaisvaellusarvio perustuen vaelluspoikaspyydyksellä saatuihin saaliisiin ja merkintä-takaisinpyyntituloksiin.

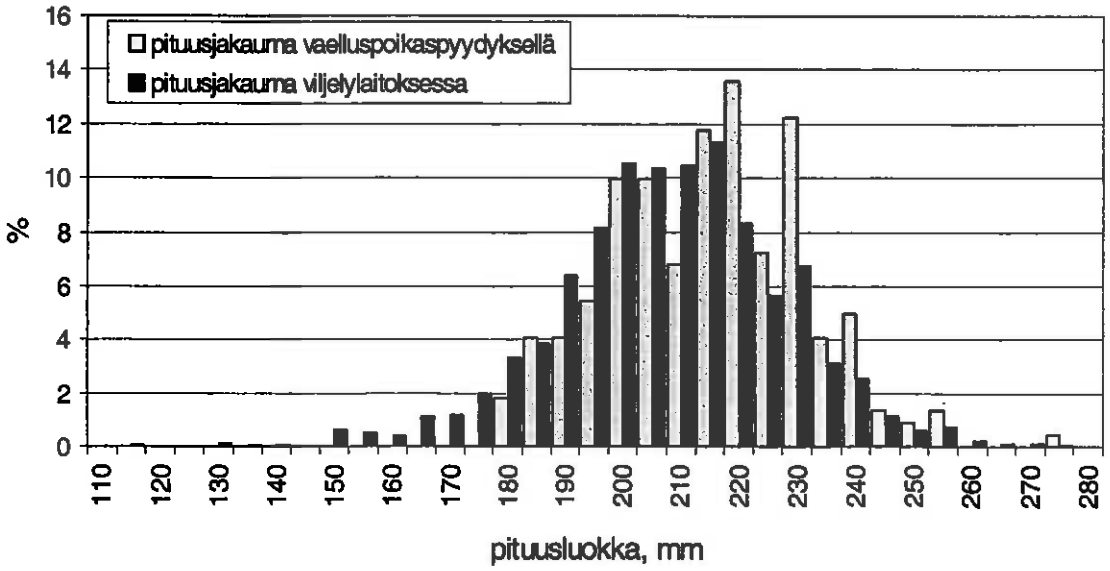
Toisen istutuserän 2-v istukkaista lähti vaellukselle 14 yksilöä eli 3 % ja kolmannesta istutuserästä vain kaksi yksilöä eli 0,4 % (kuva 13).



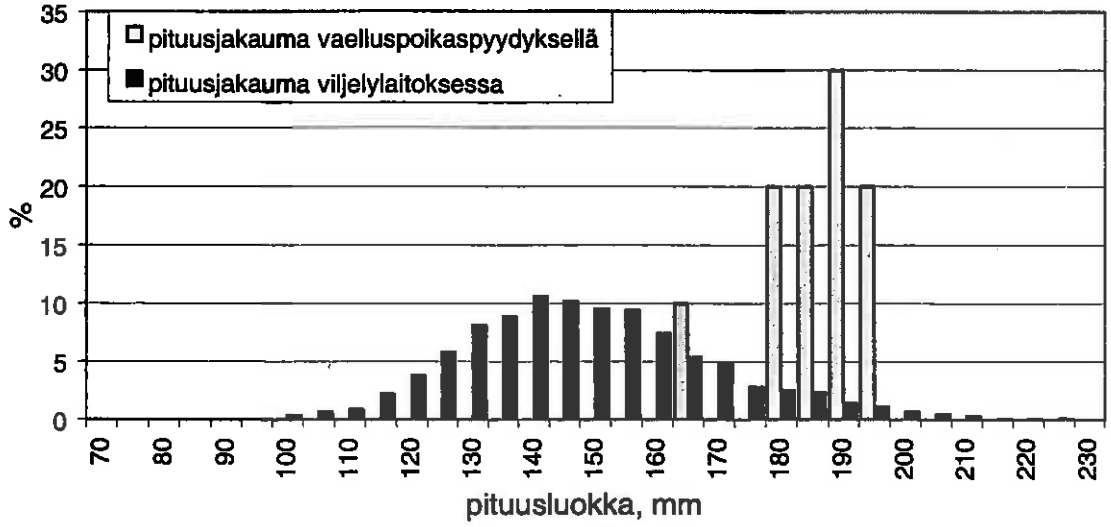
Kuva 13. Kaksivuotiaana istutettujen kokonaisvaellusarvio.

4.3.4 Koon ja smolttiutumisasteen vaikutus vaellukselle lähtöön

Vaelluspoikaspyydyksellä pyydetyt istukkaat olivat merkitsevästi suurempia kuin jokeen istutetut vaelluspoikaset (3-v, parittainen t-testi: $p < 0.001$, 2-v, Mann-Whitneyn U-testi: $p < 0.001$). Kolmivuotiaana istutetuista pienimmät (< 175 mm) ja 2-v istukkaista sekä pienet että keskikokoiset (< 163 mm) yksilöt puuttuivat saaliista kokonaan (kuvat 14 ja 15). Varsinkin 2-v istukkaiden kohdalla vaeltaneiden ja jokeen jääneiden yksilöiden kokoero oli huomattava (kuva 15).



Kuva 14. Kolmivuotiaiden vaelluspoikasistukkaiden suhteelliset pituusjakaumat viljelylaitoksessa (n=1500) ja vaelluspoikaspyydyksellä (n=221).



Kuva 15. Kaksivuotiaiden vaelluspoikasistukkaiden suhteelliset pituusjakaumat viljelylaitoksessa (n=1500) ja vaelluspoikaspyydyksellä (n=10).

Istutettujen kalojen ryhmän sisäinen koko vaikutti voimakkaasti kalojen vaellusaktiivisuuteen. Vaeltaneet kalat olivat lähinnä istutettujen kalojen ylimmästä neljänneksestä sekä mediaaniluokasta. Vain pieni osa alimman neljänneksen kaloista lähti vaellukselle (taulukot 10 ja 11).

Taulukko 10. Pyydykseen uineiden kolmivuotiaiden vaelluspoikasistukkaiden koko ryhmän sisällä prosentteina. q1 = alin neljännes (25 %), med. = mediaaniluokka (50 %) ja q3 = ylin neljännes (25 %).

	q1	med.	q3
1. istutuserä	12	44	44
2. istutuserä	16	49	35
3. istutuserä	5	38	57

Taulukko 11. Eri ikäisten ja eri aikoina istutettujen kalojen kokoluokkakohtaiset vaellusarviot sekä kappaleina että prosentteina istutusmäärästä. q1 = alin neljännes (25 %), med. = mediaaniluokka (50 %) ja q3 = ylin neljännes (25 %).

		kpl			vaellus %		
		q1	med	q3	q1	med	q3
	istutettu	125	250	125			
3-v	2. istutuserä	53	169	128	42,4	67,6	102,4
	3. istutuserä	2	16	22	1,6	6,4	17,6
2-v	2. istutuserä	0	0	14	0	0	11,2
	3. istutuserä	0	2	0	0	0,8	0

Pyydykseen uineet istukkaat olivat keskimäärin paremmin smolttiutuneita kuin jokeen istutetut. Vaellukselle lähteneistä 2-v istukkaista kaikki kuuluivat ulkoisten merkkien perusteella smolttiutumisasteeseen 3 (kaikki smolttiutumisen tuntomerkit). Myös 3-v istukkaista yhtä lukuun ottamatta kaikki täyttivät ulkoiset smolttiutumisen tunnusmerkit.

4.3.5 Pakajokeen jääneiden istukkaiden levittäytyminen

Istukkaita saatiin sähkökalastamalla saaliiksi 35 kpl, joista kolmivuotiaita oli kahdeksan ja kaksivuotiaita 27 kpl. Suurimmat istukkaiden tiheydet havaittiin 50–300 m istutuspaikasta alavirtaan (taulukko 12). Ylävirran puolelta istukkaita saatiin saaliiksi ainoastaan kaksi kappaletta, joista toinen oli vaeltanut 50 m ja toinen 300 m. Istukkaita ei saatu saaliiksi yli 300 m:n päästä istutuspaikasta. Jokeen jääneet radiolähetinkalat levittäytyivät kuitenkin huomattavasti laajemmalle alueelle. Kauimmainen kaloista asettui noin 300 m Pakajokisuusta ylävirtaan eli lähes 5 km:n päähän istutuspaikasta. Radiolähetinkaloilla havaittiin myös ylävirtaan vaeltamista (katso luku 4.4).

Taulukko 12. Luonnontaimenien (0+, > 0+) ja vaelluspoikasistukkaiden tiheydet Pakajoessa sähkökalastetuilla koealoilla.

	koealatiedot			istukkaiden tiheydet / 100 m²			luonnontaimenien poikastiheydet / 100 m²	
	etäisyys istutuspaikalta, m	pinta-ala, 100 m²	kalastus-kertoja	2-v	3-v	yht.	0+	> 0+
7. alas	1500	1,7	1	0	0	0	20,7	12,6
6. alas	900	1,6	1	0	0	0	9,2	8,2
5. alas	500	1,1	1	0	0	0	52,9	14,5
4. alas	300	1,5	1	3	1,5	4,4	7,9	10,9
3. alas	200	1,7	1	3,9	0	3,9	26,2	9,5
2. alas	100	2,6	3	3,7	1,8	5,5	11	11,8
1. alas	50	1,9	3	5,7	0,6	6,3	4,6	17,4
istutuspaikka	0	3,8	3	0,9	0	0,9	6,2	11,3
1. ylös	50	2,2	1	1	0	1	8,5	17,9
2. ylös	100	2	1	0	0	0	1,2	0,9
3. ylös	200	1,5	1	0	0	0	3,2	0
4. ylös	300	1,5	1	1,5	0	1,5	0	0
5. ylös	500	1,6	1	0	0	0	0	1,2
6. ylös	900	1,8	1	0	0	0	1,3	10,1
7. ylös	1500	1,7	3	0	0	0	9,4	28,1
yht.		**28,2**	**Ka**	**1,3**	**0,3**	**1,6**	**10,8**	**10,3**

Suurin osa sähkökalastetuista kaksi- ja kolmivuotiaista vaelluspoikasistukkaista oli kolmannesta istutuserästä ja kuului mediaaniluokkaan (taulukko 13). Kolmivuotiaana istutetuista kaikki (8 kpl) olivat uroksia, joista seitsemän oli varhaissukukypsiä (gonadit turvonneet).

Taulukko 13. Sähkökalastamalla pyydettyjen istukastaimenien istutuserä, suhteellinen koko ja sukupuolijakauma.

	istutuserä			koko ryhmän sisällä			sukupuoli	
	1.	2.	3.	q1	med.	q3	uros	naaras
2-v	6	3	18	3	20	4	15	12
3-v	0	2	6	2	5	1	8	0

Lähes kaikilla kaksivuotiailla jokeen jääneillä istukkailla oli suomutulkinnan perusteella havaittavissa istutuksen jälkeistä lisäkasvua. Kolmivuotiaista puolestaan ainoastaan kahdella yksilöllä kahdeksasta oli havaittavissa lisäkasvua.

4.4 Poikasten yksilöllinen seuranta

4.4.1 Poikasten käyttäytyminen Pakajoessa

Vaelluskäyttäytymisestä saatiin yksilöllistä tietoa erityisesti radiolähetinseurannan, mutta myös merkintä-takaisinpyynnin yhteydessä.

Vaelluspoikaspyydyksellä 25.4. – 19.5. tapahtuneen radiolähetinmerkinnän jälkeen luonnontaimenet (liitteet 3 ja 4) pysyivät jonkin aikaa paikoillaan ennen kuin jatkoivat vaellustaan. Pakajoessa vietetty aika merkinnän jälkeen vaihteli alle tunnista noin kolmeen vuorokauteen. Lisäksi kaksi kalaa, jotka poikkesivat vaelluskäyttäytymiseltään muista, viipyivät Pakajoessa pidempään. Kaikki radiolähettimellä merkityt luonnontaimenet poistuivat Pakajoesta.

Radiolähettimellä merkittyjen vaelluspoikasistukkaiden vaelluskäyttäytyminen puolestaan vaihteli huomattavasti ensimmäisen ja kolmannen istutuserän välillä (liitteet 5, 6, 7 ja 8).

Ensimmäisen istutuserän kalat vapautettiin 26.4. klo 07.00. Radiolähetinkaloja käytiin seuraamassa vapautuspaikalla istutuspäivänä klo 16.30, jolloin kymmenen viidestätoista istukkaasta oli edelleen kuultavissa. Ensimmäinen radiolähettimellä merkitty istukas saapui poikaspyydykselle 27.4. klo 01.00. Aamukoentaan (klo 09.00) mennessä sen oli ohittanut 4 lähetinkalaa, joista kaksi joutui pyydykseen. Istutuksen jälkeisenä päivänä 27.4. yksikään radiolähetinkaloista ei ollut enää istutuspaikalla, vaan ne olivat levittäytyneet istutuspaikan alapuoliselle jokiosuudelle. Ensimmäisen istutuserän 15 lähetinkalasta seitsemän laskeutui pääuomaan ja aloitti vaelluksen kohti merta.

Kolmannen istutuserän radiolähetinkaloista (vapautus 4.6. klo 17.00) kaikki olivat vielä samana iltana klo 21.10 istutuspaikalla. Seuraavaan aamuun mennessä yksikään lähetinkaloista ei ollut saapunut vaelluspoikaspyydykselle. Istutuksen jälkeisenä päivänä kaikki lähetinkalat paikannettiin istutuspaikan ja istutuspaikalta noin kaksi kilometriä alavirtaan väliselle alueelle. Tällöin puolet merkkikaloista oli istutuspaikan välittömässä läheisyydessä. Ainoastaan kaksi yksilöä laskeutui pääuomaan ja aloitti vaelluksen kohti merta.

Nauhamerkillä merkintä-takaisinpyyntiä varten merkityistä ja ylävirtaan kuljetetuista kaloista suurin osa saatiin saaliiksi seuraavan vuorokauden koennassa (taulukko 14). Osa kaloista kuitenkin keskeytti vaelluksen ja jäi Pakajokeen. Kesäkuussa matalassa ja kirkkaassa vedessä

tehtiin useita näköhavaintoja vapautuspaikan läheisyyteen jääneistä merkkikaloista. Lisäksi kalastajilta saatiin kaksi merkkipalautusta Koiraojasta pyydetyistä luonnontaimenista. Koiraoja on pieni noin metrin levyinen puro, joka laskee Pakajokeen (kuva 3). Ensimmäinen merkkipalautus saatiin 1.7. kalasta, joka merkinnän aikaan oli 206 mm pitkä ja smolttiutumisasteeltaan 2. Toinen merkkipalautus tuli 5.7. kalasta, joka oli merkittäessä 167 mm pitkä ja smolttiutumisasteeltaan 1.

Taulukko 14. Istukkaiden ja luonnontaimenien takaisinsaanti merkintä-takaisinpyyntiä varten tehdyn vapautuksen jälkeen.

	istukkaat		luonnontaimenet	
vrk	kpl	%	kpl	%
1	81	91,0	9	47,4
2	6	6,7	7	36,8
3	0	0	2	10,5
4	2	2,2	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	1	5,3

Lisäksi kaksi nauhamerkityistä luonnontaimenista saatiin saaliiksi poikaspyydyksestä useampaan kertaan. Kala, joka merkittiin 29.5., saatiin saaliiksi 31.5. ja toistamiseen 24.6. Toinen kaloista merkittiin 31.5. ja saatiin saaliiksi 1.6., 3.6. sekä 5.6. Molemmat kaloista olivat suuria (270 mm ja 237 mm) ja väritykseltään kellertäviä/ruskeita.

4.4.2 Radiolähettimellä merkittyjen istukkaiden kuolleisuus Pakajoessa

Ensimmäisen istutuserän lähetinkaloista ei ollut yksikään hengissä Pakajoessa tutkimuksen päättyessä (liite 6). Neljä yksilöä katosi. Näiden kohdalla todennäköisintä lienee lähettimen vioittuminen tai lintujen aiheuttama predaatio. Kadonneiden lähetinkalojen lisäksi yksi lähettimistä havaittiin todistetusti koskelon syömäksi linnun lentäessä paikantajien yli kesken kalojen paikannuksen. Yksi lähettimistä löydettiin rannalta pureskeltuna (mahdollisesti minkki). Lisäksi kaksi lähetintä oli todennäköisesti irrallaan joen pohjassa, sillä mitään reaktiota ei seurannut häirinnästä ja sähkön johtamisesta kyseiseen paikkaan.

Kolmannen istutuserän lähetinkaloista kahdeksan oli hengissä Pakajoessa tutkimuksen päättyessä (liite 8). Yksi kaloista katosi täysin ja yksi paikannettiin juurakon alapuoliseen maanalaiseen onkaloon (mahdollisesti minkin pesä), joka sijaitsi Pakajokeen laskevassa purossa.

4.4.3 Poikasten siirtyminen pääuomaan

Pääuoman ollessa jäässä automaattinen seurantapiste sijaitsi Pakamukassa ja se tallensi kalojen liikkeitä Pakajoen muodostamalta sula-alueelta (taulukko 15).

Taulukko 15. Pakamukan automaattiseurantapisteeseen tallentuneet, radiolähettimellä merkityt luonnontaimenet ja vaelluspoikasistukkaat Muonionjoen ollessa jäässä.

		saapui		poistui		
	nro	pvm	klo	pvm	klo	aika
luonnontaimenet	151	26.4.	9:30	26.4.	19:45	10 h 15 min
	172	27.4.	13:30	27.4.	20:14	6 h 44 min
	193	28.4.	14:52	28.4.	17:27	2 h 35 min
	201	28.4.	13:42	29.4.	23:39	33 h 57 min
vaelluspoikasistukkaat	13	27.4.	13:48	27.4.	15:43	1 h 55 min
	22	27.4.	10:58	27.4.	13:29	2 h 31 min
	72	27.4.	13:55	27.4.	21:31	7 h 36 min
	101	28.4.	0:03	29.4.	5:00	28 h 57 min
	113	27.4.	21:36	29.4.	13:42	40 h 6 min
	122	27.4.	10:55	27.4.	21:21	10 h 26 min
	133	27.4.	20:55	29.4.	22:22	49 h 27 min

Luonnontaimenien ja istukkaiden vaellus keskeytyi väliaikaisesti niiden siirtyessä jäiden peittämään pääuomaan. Sitä mukaa kun Pakajoen virtaus sulatti pääuoman jäitä, kalat siirtyivät eteenpäin. Kalojen haluttomuus jäiden alla vaeltamiseen oli selvästi havaittavissa aktiiviseurannassa. Lähetinkalat liikkuivat sulan reunalla uiden välillä jäiden alle, mutta palaten takaisin sulakohtaan.

Kalojen poistuttua automaattitallentimen kuuluvuusalueelta niiden seuraamista häiritsivät jäät, jotka vaimensivat radiosignaalia. Luonnonkalat 151 ja 172 paikannettiin vielä 28.4. noin klo 12.00 jään reunalta sulapaikasta vajaa kilometri Pakajokisuusta alaspäin. Aktiiviseurannassa havaittiin myös jääpadon aiheuttavan vaelluksen keskeytymistä. Vaelluspoikasistukkaista kala 112 pysähtyi Naapanginsaaren kohdalle 29.4. muodostuneeseen jääpatoon. Kala paikannettiin jääpadon reunalta klo 21.30, noin kahdeksan tuntia Pakamukasta poistumisen jälkeen.

Jäiden lähdettyä kokonaan 30.4. klo 6.00 lähetinkaloja ei ollut enää viiden kilometrin säteellä Pakajoesta.

Jäiden lähdön jälkeen Pakajokisuun automaattitallenninpiste siirrettiin Naapanginsaaren alapuolelle, noin 3 km Pakajokisuusta alavirtaan. Sulan veden aikaan merkittyjen ja vapautettujen luonnontaimenien vaelluksen jatkaminen ja Naapanginsaaren automaattitallennuspisteelle saapuminen tapahtui 43 min – 65 h 50 min kuluessa keskiarvon ollessa 13 h 42 min (taulukko 16).

Taulukko 16. Radiolähettimellä merkittyjen luonnontaimenien vapautusaika, saapuminen Naapanginsaaren automaattiseurantapisteelle ja vaellukseen kulutettu aika.

	vapautus		saapui		
nro	pvm	klo	pvm	klo	vaellusaika
213	3.5.	15:40	3.5.	16:23	43 min
223	3.5.	15:40	3.5.	16:51	1 h 11 min
231	4.5.	10:30	4.5.	17:22	6 h 52 min
243	4.5.	10:30	6.5.	1:50	39 h 20 min
252	5.5.	12:10	6.5.	0:19	12 h 9 min
262	6.5.	10:28	7.5.	1:18	14 h 50 min
273	6.5.	10:28	6.5.	14:01	3 h 33 min
283	11.5.	11:20	12.5.	0:52	13 h 32 min
291	12.5.	10:45	12.5.	16:12	5 h 27 min
313	13.5.	11:40	13.5.	14:36	2 h 56 min
323	15.5.	11:30	15.5.	22:20	10 h 50 min
332	16.5.	11:45	16.5.	15:36	3 h 51 min
353	17.5.	12:00	17.5.	23:17	11 h 17 min
361	19.5.	10:30	22.5.	4:20	65 h 50 min
Ka					13 h 42 min

Muista kaloista poiketen luonnonkala 301 vaelsi ylävirtaan siirryttyään pääuomaan 25.5. Se vaelsi neljässä vuorokaudessa noin 15 km Muonionjokea vastavirtaan ja lähti nousemaan Parkajokeen, joka on Muonionjoen ruotsinpuoleinen sivuhaara. Kala asettui Parkajokeen reilun viiden kilometrin päähän jokisuusta, josta se paikannettiin vielä 26.6.

4.4.4 Radiolähettimillä merkittyjen poikasten kuolleisuus pääuomassa

Pakajokisuusta alavirtaan vaeltaneista luonnonkaloista (n = 19) viiden yksilön (26 %) havaittiin selviytyneen vaelluksesta Tornion Kivirannalle. Kadonneista kaloista kolme yksilöä paikannettiin pääuomasta liikkumattomina hidasvirtaisilta alueilta ja yksi liikkumattomana kosken alta. Loput kymmenen lähetinkalaa katosivat pääuomaan täysin. Jos sekä kadonneet että liikkumattomat yksilöt oletetaan kuolleiksi, kuolleisuus pääuomassa nousee 74 %:iin.

Ensimmäisen istutuserän alavirtaan vaeltaneista (n = 7) lähetinkaloista neljä yksilöä eli 57 % selvisi Tornion Kivirantaan. Pääuomaan katosi 1. istutuserästä kolme yksilöä. Kuolleisuus pääuomassa oli vain 43 %. Kolmannesta istutuserästä pääuomaan siirtyi vain kaksi yksilöä, joista toinen katosi. Toinen kaloista paikannettiin Äkäsjokisuuhun ensimmäisen kerran 13.6. Telemetriaseurannan loppuessa kala oli vielä samalla paikalla eikä reagoinut häirintään.

4.5 Poikasten vaellusnopeus

4.5.1 Koko vaelluksen keskimääräinen nopeus

Radiolähettimellä merkityistä neljästä luonnontaimenesta ja seitsemästä vaelluspoikasistukkaasta, jotka laskeutuivat pääuomaan sen ollessa jäässä, selvisi Kivirannan automaattiseurantapisteelle kaksi luonnonkalaa ja neljä istukasta. Luonnontaimenet uivat 257 km vaelluksen 0,6 km/h ja 0,7 km/h nopeudella, mikä tarkoittaa 14 km:n ja 18 km:n päivittäistä vaellusta (taulukko 17). Istukkaiden vaellusnopeus oli 0,6 km/h – 1,1 km/h, eli vaellusmatkoiksi muutettuna ne uivat 14 km – 26 km päivittäin.

Taulukko 17. Jääkannen peittämään Muonionjokeen laskeutuneiden radiolähetinkalojen vaellukseen käyttämä aika ja vaellusnopeus Pakajokisuun ja Kivirannan automaattitallenninpisteiden (etäisyys 257 km) välillä.

		poistui Pakajokisuusta		saapui Kivirantaan			
	nro	pvm	klo	pvm	klo	vaellusaika (vrk)	km / h
luonnontaimenet	151	26.4.	19:45	14.5.	23:57	18,2	0,6
	172	27.4.	20:14	12.5.	7:21	14,5	0,7
istukkaat	22	27.4.	13:29	7.5.	13:26	10	1,1
	72	27.4.	21:31	12.5.	19:58	14,9	0,7
	122	27.4.	21:21	16.5.	22:01	19	0,6
	133	29.4.	22:22	16.5.	7:18	16,4	0,7

Jäiden lähdettyä pääuomasta luonnontaimenia merkittiin 15 yksilöä, joista 14 lähti vaeltamaan alavirtaan. Kivirannan seurantapisteelle niistä tallentui kolme yksilöä. Näiden kalojen vaellus oli hieman nopeampaa kuin ennen jäiden lähtöä vaelluksen alottaneilla. Vaellus tapahtui keskimäärin 1,3 km/h:ssa eli 32 km vuorokaudessa (taulukko 18). Nopein kaloista käytti Naapanginsaaren ja Kivirannan automaattiseurantapisteiden välisellä 254 km:n matkalla ainoastaan 5,5 vrk, jolloin keskinopeudeksi tulee 1,9 km/h ja päivittäiseksi vaellusmatkaksi 46 km.

Taulukko 18. Jäiden lähdön jälkeen Muonionjokeen laskeutuneiden radiolähetinkalojen vaellukseen käyttämä aika ja vaellusnopeus Naapanginsaaren ja Kivirannan automaattitallenninpisteiden (etäisyys 254 km) välillä.

	poistui Naapanginsaarelta		saapui Kivirantaan			
nro	pvm	klo	pvm	klo	vaellusaika (vrk)	km / h
243	6.5.	1:55	15.5.	0:31	8,9	1,2
273	6.5.	14:04	18.5.	4:19	11,6	0,9
313	13.5.	15:22	19.5.	3:45	5,5	1,9
Ka					8,7	1,3

Pakajoen poikaspyydyksellä nauhamerkillä merkityistä 231 istukkaasta neljä ja 131 luonnontaimenesta yksi kappale saatiin saaliiksi Kivirannan rysästä. Vaelluspoikasistukkailla vaellus merkintä-takaisinpyynnin jälkeisestä vapautuksesta Kivirannan rysälle (258 km) kesti keskimäärin 11 vrk vaellusnopeuden ollessa 1,1 km/h eli noin 26 km vuorokaudessa (taulukko 19).

Kivirannan rysästä saaliiksi saadut vaelluspoikasistukkaat olivat toisen istutuserän myöhäisiä vaeltajia. Ne aloittivat istutuksen jälkeisen poikasvaelluksensa vasta 5–8 vrk:n kuluttua istutuksesta, kun 68 % toisen istutuserän saaliiksi saaduista vaelluspoikasista aloitti vaelluksen kahden vuorokauden kuluessa istutuksesta.

Taulukko 19. Kivirannan rysästä saaliiksi saatujen nauhamerkillä merkittyjen vaelluspoikasten vaellukseen käyttämä aika ja vaellusnopeus merkintä-takaisinpyyntipaikan ja Kivirannan rysän välillä (258 km).

	vapautus		saapuminen Kivirantaan			vaellusnopeus (km/h)	
	pvm	klo	pvm	klo	vaellusaika (vrk)	vapautuksesta	istutuksesta
luonnontaimen	16.5.	10:35	5.6.	6:00	19,8	0,5	
istukkaat	12.5.	10:55	27.5.	21:00	14,4	0,7	0,6
	13.5.	11:20	27.5.	21:00	13,4	0,8	0,6
	14.5.	10:25	23.5.	21:00	8,4	1,3	0,7
	15.5.	11:20	23.5.	21:00	7,4	1,5	0,7

Viljelylaitoksella ennen istutusta Panjet-tatuoituja vaelluspoikasitukkaita saatiin Kivirannan rysällä saaliiksi neljä kappaletta. Näistä kolme yksilöä oli toisesta ja yksi ensimmäisestä istutuserästä. Kalat vaelsivat 262 km Pakajoen Honkakoskesta (istutuspaikka) Kivirantaan noin 20 vrk:ssa keskinopeuden ollessa 0,6 km/h, eli noin 13 km vuorokaudessa (taulukko 20).

Taulukko 20. Kivirannan rysästä saaliiksi saatujen Panjet-tatuoinnilla merkittyjen vaelluspoikasistukkaiden kuluttama aika istutuspaikan (Honkakoski) ja Kivirannan rysän välillä (262 km).

istutus		saapuminen Kivirantaan			
pvm	klo	pvm	klo	vaellusaika (vrk)	km/h
26.4.	7:00	25.5.	21:00	25,9	0,4
7.5.	10:00	23.5.	21:00	16,5	0,7
7.5.	10:00	24.5.	21:00	17,5	0,6
7.5.	10:00	1.6.	21:00	20,6	0,5
Ka				20,1	0,6

4.5.2. Nopeus vaelluksen alussa

Äkäsjokisuun kohdalla sijainneen jääpadon aiheuttaman signaalien heikentymisen takia vain yksi merta kohti vaeltaneista istukkaista tallentui Äkäsjokisuun automaattitallentimeen. Kala 072 ohitti Äkäsjokisuun 1.5. klo 16.44. Aikaa Pakajokisuusta Äkäsjokisuuhun (37 km) kalalta kului lähes neljä vuorokautta vaellusnopeuden ollessa 0,4 km/h eli noin 10 km vuorokaudessa.

Jääpato esti myös ennen pääuoman jäidenlähtöä merkittyjen luonnontaimenien kirjautumisen Äkäsjokisuun tallenninyksikköön. Sen sijaan yhdeksän jäiden lähdön jälkeen pääuomaan siirtyneen luonnontaimenen radiolähettimen lähettämä signaali tallentui automaattitallentimeen. Naapanginsaaren ja Äkäsjokisuun väliseen 33,5 km:n matkaan kalat käyttivät aikaa 5,5 h – 40,2 h keskiarvon ollessa 15 h. Vaellusnopeus vaihteli 6,1 km/h ja 0,8 km/h välillä keskinopeuden ollessa 3,6 km/h (taulukko 21). Nopeimman kalan vauhdilla (6,1 km/h) matkaa taittuu vuorokaudessa noin 147 km, jolloin tasaisella vauhdilla kala olisi vaeltanut merelle alle kahdessa vuorokaudessa. Kalojen vaellus 3.5.–14.5. oli keskimäärin nopeampaa kuin 15.5.–23.5.

Taulukko 21. Radiolähettimellä merkittyjen luonnonkalojen vaellus Naapanginsaaren automaattipisteeltä Äkäsjokisuun automaattipisteelle.

	Naapanginsaari		Äkäsjokisuu			
	pvm	klo	pvm	klo	vaellusaika	km / h
213	3.5.	16:26	4.5.	1:24	9 h	3,7
243	6.5.	1:55	6.5.	7:24	5 h 30 min	6,1
252	6.5.	0:25	6.5.	6:28	6 h 6 min	5,5
262	7.5.	1:26	7.5.	9:00	7 h 36 min	4,4
283	12.5.	0:55	12.5.	7:00	6 h 6 min	5,5
313	13.5.	15:22	14.5.	1:02	9 h 42 min	3,5
323	15.5.	22:26	17.5.	10:26	36 h	0,9
332	16.5.	15:42	17.5.	6:18	14 h 36 min	2,3
361	22.5.	4:36	23.5.	20:47	40 h 12 min	0,8
Ka					15,0 h	3,6

5. Tulosten tarkastelu

5.1 Vaelluspoikaspyynti

Poikaspyynnissä esiintyivät samat ongelmat kuin aikaisemmissakin pyyntiyrityksissä, tosin menetelmäkehityksen (smolttiruuvi ja säleaidat) ansiosta lievempinä. Suurimpia ongelmien aiheuttajia olivat äärimmäisen kova virtaus sekä joessa kulkeneet jäälautat ja vesisammal, jota jäälautat irroittivat joen pohjasta. Näiden ongelmien takia vaelluspoikaspyydys pystyttiin asettamaan kokonaisuudessaan pyyntiin ja vakioimaan vasta 6.5. Ennen vakiointia pyydyksen kokoonpano vaihteli huomattavasti ja se kattoi vain pienen osan uoman poikkipinta-alasta ollen ajoittain jopa sivussa päävirrasta (katso luku 3.1.2.2). Ennen pyydyksen vakioimista jäivät myös kalamäärät niin vähäisiksi, ettei luotettavaa merkintä-takaisinpyyntiä ollut mahdollista tehdä. Alkukauden tulokset kertovatkin lähinnä kvalitatiivisesti vaelluksen käynnistymisajankohdasta ja sen jatkumisesta myös tulva-aikana.

Smolttiruuvin pyydystävyyteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä ovat mm. virran voimakkuus, pyyntipaikan syvyys, veden kirkkaus ja pintavirran rikkoutuminen. Näistä kolme ensimmäistä vaihteli huomattavasti kauden mittaan. Virran voimakkuus heikkeni tulvahuipun jälkeen, ja veden kirkkaus vaihteli tulvan aikaisesta ruskeasta hyvin humuspitoisesta loppukauden melko kirkkaaseen veteen. Molemmat tekijät aiheuttivat sen, että kalat pystyivät havaitsemaan pyydyksen paremmin ja mahdollisesti välttämään sen. Toisaalta pyyntipaikka madaltui, jolloin ruuvin alle jäävä pyydyksen katvealue supistui ja kalojen väistämismahdollisuudet pienenivät.

Merkintä-takaisinpyyntiaineiston perusteella pyydyksen pyytävyys heikkeni kauden loppua kohden (liitteet 1 ja 2). Tämä ei kuitenkaan kerro koko totuutta, sillä merkittyjen kalojen määrä jäi varsinkin loppukaudesta vähäiseksi. Lisäksi loppukautta kohden myös kalojen vaellusaktiivisuus väheni ja osa merkintä-takaisinpyyntiä varten merkityistä kaloista keskeytti vaelluksensa jääden jokeen (katso luku 4.4.2). Tämä luonnollisesti vaikutti pyydystävyyteen heikentävästi. Eri kokoisten kalojen pyydykseen joutumisen todennäköisyyttä ei ole vertailtu pienen kalamäärän takia.

5.2 Luonnonpoikaset Pakajoessa

5.2.1 Vaelluksen ajoittuminen ja siihen vaikuttavat tekijät

Valojaksoisuus on tärkeä tekijä endokrinologisissa ja fysiologisissa muutoksissa, jotka valmistavat poikasta vaellusta varten (Arawomo 1980). Itse vaelluksen kuitenkin käynnistävät ympäristötekijät, joista tärkeimpiä ovat lämpötila ja virtaama/vedenkorkeus (Solomon 1978, Jonsson & Ruud-Hansen 1985, Holtby ym. 1989, Greenstreet 1992). Myös kalan koolla, kasvulla ja kuolleisuudella on havaittu olevan vaikutusta vaelluksen ajankohtaan (Bohlin ym. 1993a, 1996).

Pakajoella vaellus käynnistyi 24.4. lähes samanaikaisesti jäidenlähdön kanssa veden korkeuden alkaessa nousta. Lämpötila oli tällöin vain 0,3 ^{0}C. Vaelluksen laukaisevana tekijänä toimi todennäköisesti veden korkeuden nousu sekä mahdollisesti veden lämpötilan lievä kohoaminen talviaikaisesta lämpötilastaan. Lähes yhtä varhaisista vaeltajista on havaintoja myös vuosilta 1993 (29.4., 1 ^{0}C) ja 1994 (27.4., 1,7 ^{0}C) Pakajoen rysäpyynnistä (Paksuniemi ym. 1995). Myös tällöin vedenkorkeus oli nousussa vaelluksen käynnistyessä. Vaelluskauden jatkuessa ja tulvan laskiessa veden lämpötilan kohoamisella oli selvä vaellusta kiihdyttävä vaikutus. Myös allaskokeessa viljelylaitoksessa on havaittu, että vaelluksen laukaisevana tekijänä ei ollut mikään selvä yksittäinen lämpötila, joka saavutettiin, vaan liikkuminen alavirtaan kiihtyi välittömästi, kun lämpötila alkoi kohota (Pirhonen ym. 1998, Pirhonen ym. 2003).

Taimenien poikasvaellus Pakajoessa loppui lähes täysin veden lämpötilan saavuttaessa 12 ^{0}C touko- kesäkuun vaihteessa. Vilkkaimmillaan vaellus oli 0,4 ^{0}C ja noin 6 ^{0}C välillä. Tämä on huomattavasti matalampi lämpötila, kuin mihin ulkomailla tehdyissä tutkimuksissa on päädytty (Leonko & Chernitskiy 1986, Chelkowski ym. 1994, Moore & Potter 1994). Chelkowski ym.

(1994) havaitsivat Puolassa tehdyissä tutkimuksissaan meritaimenen poikasten vaeltavan 5 ^{0}C ja 19 ^{0}C välillä vaelluksen ollessa intensiivisintä 8 ^{0}C ja 13 ^{0}C välillä. Kalanviljelylaitoksella tehdyissä allaskokeissa puolestaan on havaittu alavirtaan kohdistuvan liikehdinnän olevan vilkkainta 6 ^{0}C ja 10 ^{0}C välillä (Pirhonen ym. 1998), joka viittaisi taimenen varhaisempaan vaellukseen suhteessa loheen. On kuitenkin muistettava, että ennen kuin Pakajoen vaelluspoikaset ovat merellä, niiden on uitava 250 km, johon radiolähetinkaloilta kului 5,5 – 19,0 vrk. Siten vaelluslämpötila poikasten saapuessa Tornionjoen alaosaan on luonnollisesti huomattavasti korkeampi kuin niiden lähtiessä Pakajoesta. Viimeisen radiolähettimellä merkityn luonnontaimenen ohittaessa Kivirannan automaattiseurantapisteen (19.5.) oli lämpötila Tornionjoen alajuoksulla 8,5 ^{0}C.

Harvat vertailevat tutkimukset, joita on tehty lohen ja meritaimenen poikasvaelluksista, ovat ristiriitaisia. On tutkimuksia, joiden mukaan molempien lajien vaellus tapahtuu samanaikaisesti (Swan 1957, Cross & Piggins 1982, Leonko & Chernitskiy 1986) ja toisaalta tutkimuksia, joiden mukaan taimenen vaellus tapahtuu varhemmin (Lindroth 1977) ja kestää pidempään (Bagliniere 1979). Tornionjoella aikaisemmin tehtyjen havaintojen (Nylander & Romakkaniemi 1995, Paksuniemi ym. 1995) perusteella taimenen poikasvaellus ajoittuu lohen vaellusta aikaisemmaksi. Aikaisempien tutkimusten yhteydessä heränneet epäilyt taimenen aikaisesta vaeltamisesta vahvistuivat radiolähettimellä merkittyjen vaelluspoikasten tuoman tiedon myötä.

Useissa tutkimuksissa on havaittu suurien poikasten lähtevän vaellukselle pieniä varhemmin vaelluskauden sisällä (Ewing ym. 1984, Irvine & Ward 1989, Jonsson ym. 1990, Bohlin ym. 1993b, 1996, katso myös Hvidsten ym. 1995). Pakajoella vastaavaa trendiä ei ollut havaittavissa. Vaeltavat kalat olivat melko tasakokoisia lukuun ottamatta aktiivisen vaelluskauden jälkeistä aikaa (kesäkuu), jolloin suurimpien ja toisaalta pienimpien suhteellinen osuus oli suurempi. Näiden kalojen vaellusaktiivisuus vaikutti olevan vähäisempää, ja onkin hyvin todennäköistä, että nämä kalat eivät olleet matkalla merelle. Kaikesta huolimatta Kivirannan rysästä saadaan kuitenkin vuosittain sekä suuria (yli 250 mm) että pieniä (alle 150 mm) taimenen poikasia (Nylander & Romakkaniemi 1995).

5.2.2 Poikasten ikä, koko ja smolttiutuminen

Jokipoikasvaiheen pituus ja vaelluspoikasten koko kasvavat pohjoista kohti siirryttäessä. Tähän vaikuttavat lähinnä jokiveden ja meren lämpötilat (L`Abée-Lund ym. 1989). Kuten vuosina 1993 ja 1994 (Paksuniemi ym. 1995), myös vuonna 2002 valtaosa taimenen vaelluspoikasista oli

kolmivuotiaita iän vaihdellessa kahdesta viiteen vuoteen. Tämä vastaa pitkälti Tornionjoen alajuoksulta Kivirannasta pyydettyjen taimenen vaelluspoikasten ikäjakaumaa (Haikonen & Romakkaniemi 1999, Romakkaniemi ym. 2000, Haikonen ym. 2001, 2002, 2003), sillä merkittävimmät meritaimenen poikastuotantoalueet sijaitsevat samassa Tornionjoen vesistön osassa, missä Pakajoki sijaitsee (Ikonen ym. 1986).

Loheen (*Salmo salar* L.) verrattaessa taimenen smolttiutuminen ei ole yhtä pitkälle kehittynyt eikä se ole välttämätön sopeutumisessa meriveteen (Tanguy ym. 1994). Tästä johtuen myös vaeltavien taimenien iässä ja koossa on enemmän hajontaa kuin lohilla (Nylander & Romakkaniemi 1995). Keskimäärin taimenen vaelluspoikaset ovat Tornionjoella suurempia kuin lohen vaelluspoikaset (Haikonen ym. 2003). Pyydettyjen luonnontaimenien pituus vaihteli 94 ja 292 mm:n välillä keskipituuden ollessa 169,7 mm.

Poikaspyydykseen uineiden taimenien smolttiutumisaste vaihteli täysin jokipoikasväritteisistä täysin smolttiutuneisiin yksilöihin. Kaikki pyydetyt taimenet eivät siis olleet matkalla merelle, vaan pyydykseen saattoi joutua myös ainoastaan pieniä matkoja siirtyviä taimenen poikasia. Kalan pituuden kasvaessa myös smolttiutumisaste nousi. Kynnyspituutena vaelluspoikasen ja jokipoikasen välillä voidaan karkeasti yleistäen pitää 150 mm, sillä yksikään jokipoikasväritteinen yksilö ei ollut yli eikä yksikään täysin smolttiutuneeksi arvioitu ollut alle 150 mm. Erot smolttiutumisasteessa vaeltavien ja paikallisten kalojen välillä olivat muutamissa tapauksissa marginaalisia. Varsinkin suuret taimenet aiheuttivat ongelmia – hyvänä esimerkkinä 13.5. radiolähettimellä merkitty 267 mm pitkä taimen, joka täytti kaikki kolme vaelluspoikasen tunnusmerkkiä. Kyseinen kala viipyi Pakajoessa noin viikon, jonka jälkeen se laskeutui pääuomaan ja nousi 15 km ylävirtaan vaeltaen sitten Ruotsin puolella sijaitsevaan Parkajokeen useita kilometreja. Tästä johtuen on syytä suhtautua varauksellisesti smolttiutumisasteen käyttämiseen vaellusvalmiuden mittarina. Hyvin todennäköistä kuitenkin on, että täysin jokipoikasväritteiset yksilöt eivät lähde vaeltamaan.

5.3 Istutetut poikaset

5.3.1 Istukkaiden koko, smolttiutuminen ja sukupuoli

Kokoerot istukkaiden keskuudessa olivat suuria, kaksivuotiaiden koon vaihdellessa noin 100 mm:stä yli 200 mm:iin. On selvää, että näin suurien kokoerojen ollessa kyseessä myös kalojen vaellusvalmiudessa on suuria eroavaisuuksia. Kaksivuotiaana istutettujen joukossa olikin täysin

jokipoikasväritteisiä ja vain hieman smolttiutuneita yksilöitä, jotka jäivät jokeen paikallisiksi taimeniksi tai lähtevät vaellukselle tulevina vuosina. Isot istukkaat (> 170 mm) puolestaan olivat täysin smolttiutuneita.

Kolmivuotiaana istutettujen kokoerot olivat vieläkin suurempia, koon vaihdellessa noin 110 mm:stä noin 280 mm:iin. Suurista kokoeroista huolimatta varsinaista kaksihuippuisuutta, jota viljelyoloissa esiintyy varsinkin lohella (Thorpe 1977), ei ollut havaittavissa. Pienien kalojen puuttuminen (< 170 mm) ensimmäisestä istutuserästä aiheutui siitä, että viljelylaitoksen työntekijät olivat haavinneet kalat käsittelyä varten erillisiin altaisiin ja samalla pienet yksilöt oli epähuomiossa poistettu. Istukkaat olivat erittäin hyvin smolttiutuneita, joskin pienimpien joukossa oli muutamia jokipoikasväritteisiä tai vain vähän smolttiutuneita kaloja.

Kolmivuotiaiden istukkaiden sukupuolijakauma määritettiin keväällä 2003 kaloista, jotka olivat samoista emokaloista ja käyneet läpi vastaavan kasvatuksen, kuin edellisenä keväänä istutuksissa käytetyt kalat. Silmiinpistävää oli sukupuolijakauman urospainottuneisuus ja varsinkin varhaissukukypsien urosten suuri osuus.

5.3.2 Varhaissukukypsyys – ongelma viljelylaitoksissa

Varhaissukukypsyys on läheisesti yhteydessä yksilön kasvuun. Kokeellisesti on todistettu, että varhaissukukypsät urokset ovat nopeimmin kehittyvien yksilöiden joukossa (Thorpe 1986, Dellefors & Faremo 1988, Rowe & Thorpe 1990). Viljelylaitoksissa kalat ruokitaan tarkoituksellisesti hyvin, jolloin kehitys nopeutuu (Thorpe 1991). Tämän takia sukukypsien poikasten osuus viljelylaitoksissa voi olla hyvinkin suuri (Leyzerovich 1973, Saunders ym. 1982, Jonsson & Jonsson 1993).

Istutusten saalistuoton kannalta varhaissukukypsyys on suuri ongelma. Varhaissukukypsien urosten vaellusaktiivisuus on huomattavasti vähäisempi kuin sukukypsymättömien (Skrochowska 1969, Österdahl 1969, Hansen ym. 1989, Fängstam ym. 1993, Pirhonen ym. 2003). Tämä johtunee siitä, että sukukypsyminen ja smolttiutuminen ovat fysiologisilta toiminnoiltaan ristiriitaisia (Saunders ym. 1982, Lundqvist 1983, Thorpe 1986, 1987, Lundqvist ym. 1990, Berglund ym. 1991, 1992). Vähäisemmän vaellusaktiivisuutensa takia varhaissukukypsät istukkaat tuottavat luonnollisesti huomattavasti pienemmät saaliit merikalastuksessa (Carlin 1955, Larsson 1984, Lundqvist ym. 1988, Berglund ym. 1992). Lundqvist ym. 1994 havaitsivat jopa 7-8 kertaisen tuoton sukukypsymättömien lohien istutuksissa verratuna sukukypsien istutuksiin. Jos tilanne on

sama taimenella, niin huomattavasti parempi rahallinen tuotto istutuksista saataisiin, jos varhaissukukypsien poikasten määrää viljelylaitoksessa pystyttäisiin vähentämään (Pirhonen ym. 2003). Lohen kohdalla tilanne on tavallaan parempi, sillä lohella sukukypsyys ei estä smolttiutumista, vaan todennäköisesti vain myöhästyttää sitä (Myers 1984) ja/tai pienentää pre- ja postsmolttien hengissä pysymistä (Dalley ym. 1983, Myers 1984, Lundqvist ym. 1988). Varhaissukukypsät taimenet puolestaan tulevat seuraavinakin vuosina sukukypsiksi ennemmin kuin smolttiutuvat ja vaeltavat merelle (Skrochowska 1969, Jonsson 1985, Dellefors & Faremo 1988, Hansen ym. 1989). Jokeen jäävillä taimenistukkaillakin on kuitenkin merkityksensä taimenkannan elvytyksessä. Vaelluspoikasistukkaiden jääminen jokeen paikallisiksi taimeniksi on ollut havaittavissa aikaisemminkin Tornionjoella (Nyberg & Romakkaniemi 1995, Paksuniemi ym. 1995) sekä Isojoella (Pirhonen ym. 2003). Jokeen jäädessään vaelluspoikasistukkaat kilpailevat reviireistä sekä ravintovaroista taimenen jokipoikasten ja paikallisten luonnontaimenien kanssa. Toisaalta ne osallistuvat kutuun ja voivat siten elvyttää poikastuotantoa, mikäli lisääntymiskykyisten urosten pieni määrä rajoittaa lisääntymistä.

5.3.3 Istutusajankohdan, iän, ryhmän sisäisen koon sekä smolttiutumisasteen vaikutus vaellusaktiivisuuteen

Vapautusajankohdan tärkeydestä anadromisia lohikaloja istutettaessa on raportoitu useissa artikkeleissa (Bilton ym. 1982, Lundqvist ym. 1994, McKinnell 1998, Pirhonen ym. 2003). Istutusten väärää ajankohtaa onkin pidetty osasyyllisenä taimenistutusten heikkoon tuottoon (Pirhonen ym. 2003). Viljelylaitoksissa tehdyissä allaskokeissa on havaittu, että kesä-heinäkuussa luonnonkalojen vaelluksen loputtua myös istukkaiden virransuuntainen liike vähenee huomattavasti (Pirhonen ym. 1998).

Pakajoella tehdyistä istutuksista ensimmäinen (26.4.) ajoittui aivan luonnontaimenien vaelluksen alkuhetkille. Huolimatta veden lämpötilasta (vain 0,4 °C) suuri osa 3-v istukkaista aloitti välittömästi vaelluksen kohti pääuomaa. Lähes 70 % pyydykseen uineista kaloista saatiin saaliiksi istutusta seuranneena aamuna. Tämä ei tosin kerro koko totuutta, sillä pian istutuksen jälkeen vesi kohosi tulvalukemiin ja pyydyksen pyytävyys todennäköisesti pieneni. Pyydys oli myös poissa pyynnistä 29.4 – 30.4. Vaikka aikaisemmissa tutkimuksissa onkin havaittu, että viljellyt vaelluspoikaset aloittavat vaelluksen välittömästi istutuksen jälkeen (esim. Doving ym. 1984, Hansen ym. 1984, Kennedy ym. 1984), oli välitön vaelluksen käynnistyminen näin kylmässä lämpötilassa yllätys. Ensimmäisen istutuserän kaloista ei valitettavasti pystytty tekemään luotettavaa vaellusarviota pyynnissä esiintyneiden hankaluuksien takia. Vaihtelevalla

pyydyskokoonpanolla saadut saaliit sekä radiolähetinkalojen käyttäytyminen kuitenkin osoittivat, että vaellusaktiivisuus oli runsasta.

Toisen istutuksen (7.5.) yhteydessä kalojen vaellusaktiivisuus vaikutti hyvin samankaltaiselta kuin ensimmäisenkin. Pyydetyistä 3-v istukkaista lähes 70 % saatiin saaliiksi kahtena istutusta seuranneena päivänä kokonaisvaellusmäärän ollessa arviolta 350 (70 %). Vaikka radiolähettimellä merkittyjä yksilöitä ei kyseisessä istutuserässä ollutkaan, voitiin kalojen saapuminen Tornionjokisuulle varmentaa Kivirannan vaelluspoikasrysästä saatujen nauhamerkittyjen yksilöiden avulla. Koska istutus onnistui erinomaisesti ja pyydys oli vakioituna koko istutusta seuranneen ajan, voidaan tuloksia pitää luotettavina.

Kolmannen istutuserän (4.6.) kaloista sen sijaan suurin osa ei lähtenyt vaeltamaan. Istutetuista 500 kolmivuotiaasta arviolta vain 41 (8 %) yksilöä vaelsi pääuomaan. Veden lämpötila oli tällöin 11,2 ^{0}C ja luonnontaimenien vaellus oli pääosin jo lakannut. Onkin todennäköistä, että Pirhosen ym. (1998) havaitsema vaellusaktiivisuuden väheneminen ja "ylismolttiutuminen / desmoltifikaatio" oli tapahtunut. Kaloilla ei ollut enää fysiologista valmiutta eikä halua merivaellukselle. Vaellusarvioiden mukaan toukokuussa istutetut 3-v istukkaat vaelsivat yli kahdeksan kertaa lukuisampina kuin kesäkuussa istutetut. Vaelluspoikaspyydyksellä pyydettyjen istukkaiden lisäksi myös radiolähettimellä merkityt kalat osoittivat kesäkuussa istutettujen kalojen vaellusaktiivisuuden vähäiseksi. Lähettimillä merkityistä 12 yksilöstä ainoastaan kaksi poistui Pakajoesta ja niistä kumpikaan ei vaeltanut merelle asti. Vastaavasti huhtikuussa istutetuista 15 lähetinkalasta seitsemän laskeutui pääuomaan ja aloitti vaelluksen kohti merta.

Kaksivuotisistukkaiden vaellusaktiivisuus kaikissa kolmessa istutuserässä oli todella vähäistä. Vaikka kaikkien istutuserien yhteissaalis jäi mitättömäksi (n = 10), on kolmannen istutuserän muita vähäisempi vaellusaktiivisuus havaittavissa ottaen huomioon kalojen suuremman koon kyseisessä erässä. Kalojen jokeen jäämisen ilmeisin syy oli istukkaiden liian pieni koko vaellusvalmiuden saavuttamiseksi (pituuden ka. 1. istutuksessa 142 mm, 2. istutuksessa 144 mm ja 3. istutuksessa 154 mm).

Vuonna 2002 kevät oli poikkeuksellisen lämmin ja se saattoi kärjistää eroja eri istutusryhmien vaellusaktiivisuudessa. Isojoella tehdyssä kolmivuotisessa istutustutkimuksessa näin selviä eroja istutusryhmien välillä ei havaittu (Pirhonen ym. 2003). Aiemmat tulokset antavatkin vain vähän tukea suositelluille aikaistetuille kevätistutuksille (Kääriä & Naarminen 1996, Joentakanen ym.

1997, Koivurinta ym. 2001). Huhti- ja toukokuun aikana istutetuista kaloista saatiin kyllä keskimäärin hieman enemmän merkkipalautuksia kuin kesä-heinäkuussa istutetuista, mutta hajonta oli suurinta huhtikuussa istutettujen poikasten kohdalla (Pirhonen ym. 2003). Toisaalta mitään muuta haittaa varhaistetusta kevätistutuksesta ei havaittu (Pirhonen ym. 2003). Kevätistutuksen hyvänä puolena pidetään myös suuren virtaaman aiheuttamaa predaation pienentymistä (Hvidsten & Hansen 1988, Leavings ym. 1994).

Istukkaiden iällä ei vaikuttaisi olevan juurikaan merkitystä vaellusaktiivisuuteen (Bohlin ym. 1996). Tärkeämpi tekijä vaellukselle lähdön kannalta tuntuisi olevan kalan koko, ja tarkemmin määriteltynä ei niinkään absoluuttinen, vaan suhteellinen koko (Jonsson 2001). Suhteellisella koolla tarkoitetaan yksilön kokoa suhteessa muihin saman kasvatuserän kaloihin. Esimerkiksi 180 mm pitkä kala edusti 3-v istukkaiden joukossa pientä, alimpaan neljännekseen kuuluvaa hidaskasvuista yksilöä, kun taas saman mittainen 2-v istukas oli suhteessa muihin saman kasvatusaltaan kaloihin suuri, ylimpään neljännekseen kuuluva nopeakasvuinen yksilö. Suhteellisen koon vaikutus vaellusaktiivisuuteen on selvästi havaittavissa aineistosta. Kaksivuotiaana istutetuista ainoastaan nopeasti kasvaneita suuria yksilöitä saatiin saaliiksi, tosin yksilömäärä jäi erittäin vähäiseksi (n=10). Kolmivuotiailla sama suuntaus oli myös havaittavissa. Ylimpään neljännekseen (q3, 25%) kuuluneista 2. istutuserän kaloista saatiin merkintä-takaisinpyynnin perusteella takaisin jokseenkin kaikki. Alimpaan neljännekseen (q1, 25%) kuuluneista kaloista lähti puolestaan vaellukselle vain 42 prosenttia. Ylimpään neljännekseen kuuluneiden kalojen mahdottomalta tuntuva vaellusaktiivisuus on selitettävissä merkintä-takaisinpyynnissä käytettyjen merkkikalojen pienellä kappalemäärällä, jonka takia vaellusarvioihin liittyy epätarkkuutta. Yksi mahdollinen epätarkkuutta aiheuttanut tekijä on erikokoisten istukkaiden erilainen todennäköisyys joutua pyydykseen. Joka tapauksessa ylimmän neljänneksen näinkin suuri vaellusaktiivisuus on yllättävää, sillä juuri kyseiseen pituusluokkaan kuuluneista kaloista 78,6 % oli uroksia. Uroksista 45,5 % eli 45 kpl oli varhaissukukypsiä, jotka kirjallisuuden ja tämän tutkimuksen sähkökalastustulosten perusteella jäävät usein jokeen paikallisiksi taimeniksi. Jäljelle jääneiden kalojen keskuudessa vaellusaktiivisuus on ollut todella runsasta ja istukkaiden kuolevuus vähäistä, eikä pois voida sulkea mahdollisuutta, että osa varhaissukukypsistä istukkaista on lähtenyt vaellukselle. Erittäin suuria varhaissukukypsien urosten osuuksia on havaittu aikaisemmissakin tutkimuksissa meritaimenen (71,1 –86,2 %, Pirhonen ym. 2003) sekä lohen viljellyillä vaelluspoikasilla (noin 50 %, Lundqvist ym. 1994).

Vaelluspoikasten smolttiutumisasteen merkitys oli myös selvästi havaittavissa vaellusaktiivisuudessa. Kaksivuotiaista kaikki ja kolmivuotiaista yhtä lukuun ottamatta kaikki poikaspyydykseen tulleet kalat olivat täysin smolttiutuneita. Subjektiivisesti tehtyä silmämääräistä smolttiutumisen arvioimista, johon liittyy epätarkkuutta, ei tämän tutkimuksen perusteella kuitenkaan voida luotettavasti käyttää vaellukselle lähtevien kalamäärien arvioimiseen. Vaikkakin kaikki pyydyksestä saadut kalat oli laitoksella arvioitu vaellukselle lähteviksi, jäi jokeen vielä runsaasti kaloja, joiden olisi pitänyt määrityksen mukaan lähteä merta kohti. Tämä koskee lähinnä kesäkuussa istutettuja kolmivuotiaita poikasia sekä kaikkia kaksivuotiaiden istutuseriä. Kesäkuussa istutetut 3-v istukkaat eivät ulkoisesti eronneet mitenkään aikaisempien istutusten yksilöistä 29.5. – 2.6. tehdyissä smolttiutumisen määrityksissä.

5.3.4 Pakajokeen jääneet istukkaat

Mittavissa sähkökalastuksissa vaelluskauden päätyttyä saatiin saaliiksi ainoastaan 35 kpl vaelluspoikasistukkaita. Suurin osa (24 kpl) pyydetyistä kaloista oli kolmannesta istutuserästä, jonka vaellusaktiivisuus oli vähäistä. Vaikka eri istutuserien suhteet vaikuttavat järkeviltä, kalojen vähäinen määrä ihmetyttää. Kuolevuus istukkaiden keskuudessa on ollut todennäköisesti suurta. Esimerkiksi Tornionjoella lohen jokipoikasistukkaista 10 – 25 % on havaittu selviytyvän vaelluspoikasiksi (Karlström & Byström 1994). Istukkaiden suuri kuolevuus yhdistetään yleensä ongelmiin, joita niillä esiintyy morfologiassa, fysiologiassa ja käyttäytymisessä (Dellefors & Johnsson 1995, White ym. 1995, Johnsson ym. 1996).

Radiolähettimellä merkittyjä 3-v istukkaita sähkökalastettaessa havaittiin niiden karkottuvan helposti anodin vaikutusalueelta. Onkin mahdollista, että sähkökalastus ilman sulkuverkkoja ei sovellu suurille taimenen poikasille, jotka saattavat helposti paeta niitä häirittäessä.

Pääosa istukkaista jäi jokeen melko suppealle alueelle istutuspaikan läheisyyteen, vaikka poikasille hyvin soveltuvia habitaatteja olisi ollut tarjolla myös kauempana istutuspaikasta. Jokipoikasilla tehdyissä istutuskokeissa on havaittu, että kalatiheydellä ei juurikaan ole vaikutusta kalojen vaellusaktiivisuuteen (Jonsson 2001). Käyttäytymismuutoksia kalojen reviirikäyttäytymisessä saattaa kuitenkin tapahtua, kuten esimerkiksi ns. floating-käyttäytymistä, jossa kalat ajoittain parveutuvat ja ajoittain käyttäytyvät territoriaalisesti riippuen kilpailusta (Jonsson 2001).

Sähkökalastamalla havaitut > 0+ vuotiaiden luonnontaimenien poikastiheydet olivat 0 – 28,1 yks. / 100 m^2 koealojen keskitiheyden ollessa 10,3 yks. / 100 m^2. Istutusalueilla on siis esiintynyt vuorovaikutusta (Einum & Fleming 2001), mahdollisesti kilpailuakin luonnontaimenien ja istukkaiden sekä aikaisemmin istutettujen ja myöhemmin istutettujen yksilöiden välillä. Tässä kilpailussa ns. prior residence -mekanismilla (esim. Brännäs 1995, Huntingford & De Leaniz 1997, Chellappa ym. 1999, Deverill ym. 1999) on oma merkityksensä. Prior residence mekanismilla tarkoitetaan, että tietyt kalat ovat jo asettuneet reviirille ja puolustavat sitä myöhemmin tulevia tunkeilijoita (esimerkiksi istukkaita) vastaan. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että reviirin vallanneilla on suurempi todennäköisyys selvitä reviirikamppailusta voittajina reviiriä valloittamaan pyrkiviin verrattuna (Brännäs 1995, Huntingford & De Leaniz 1997, Chellappa ym. 1999, Deverill ym. 1999). Toisaalta istukkaiden suuri koko (Jenkins 1969, Wankowski & Thorpe 1979) ja suurempi agressio (Fenderson ym. 1968, Swain & Riddell 1990, Mesa 1991, Deverill ym. 1999) suhteessa luonnon jokipoikasiin ovat suuria etuja reviirikamppailuissa.

Pyydetyt 3-v istukkaat (n = 8) olivat kaikki uroksia ja niistä yhtä lukuun ottamatta kaikki olivat varhaissukukypsiä. Tämä tukee aikaisemmissa tutkimuksissa tehtyjä havaintoja varhaissukukypsien urosten muita alhaisemmasta vaellusaktiivisuudesta (Skrochowska 1969, Österdahl 1969, Hansen ym. 1989, Fängstam ym. 1993, Pirhonen ym. 2003).

Poikaspyydyksellä havaittiin varsinkin 3-v istutettujen kokojakauman ylimmän neljänneksen, mutta myös mediaaniluokan yksilöiden vaeltavan huomattavasti aktiivisemmin kuin alimman neljänneksen. Onkin yllättävää, että tätä eroa ei ole havaittavissa joesta pyydettyjen kalojen kokojakaumassa, missä mediaaniluokan kalat vallitsivat ja alimman neljänneksen kaloja oli ainoastaan kaksi kappaletta. Myös kaksivuotiaiden jokeen jääneiden keskuudessa alimpaan neljännekseen kuuluvat yksilöt olivat vähemmistönä. Useissa istutustutkimuksissa on havaittu pienillä istukkailla pienempiä eloonjäämis- ja saaliisosuuksia kuin suuremmilla istukkailla (esim. Cresswell 1981, Tipping 1997, Jonsson 2001). Alimman neljänneksen yksilöiden suurempi kuolleisuus mediaaniluokan ja ylimmän neljänneksen kaloihin nähden onkin todennäköinen selitys sähkökalastustuloksille.

Jokeen jääneet istukkaat olivat hyväkuntoisia ja niiden vatsoissa oli luonnonravintoa. Suomutulkinnan perusteella lähes kaikilla kaksivuotiailla istukkailla olikin havaittavissa vapautuksen jälkeistä lisäkasvua. Sen sijaan kolmivuotiaista lisäkasvua oli vain kahdella yksilöllä

kahdeksasta. Tämä on selitettävissä kolmivuotiaiden kalojen varhaissukukypsyydellä ja energiavarojen tuhlaamisella sukutuotteisiin.

5.4 Vaelluskäyttäytyminen

5.4.1 Radiolähetinmerkintä

Radiolähettimen kiinnittäminen saattaa vaikuttaa kalan käyttäytymiseen ja "suorituskykyyn" (Lewis & Muntz 1984, Mellas & Haynes 1985, Baras 1991). Myös vaikutusta kuolleisuuteen (esim. Nettles ym. 1983, Knights & Lasee 1996), uintikykyyn (esim. McCleave & Stred 1975, Arnold & Holford 1978) ja kasvuun (esim. Wrenn & Hackney 1979, Greenstreet & Morgan 1989) on havaittu. Radiotelemetriassa suuri määrä havaintoja kerätään pienestä määrästä yksilöitä. Tulosten yleistettävyyden kannalta on tärkeää, että merkityt kalat käyttäytyvät kuten muukin populaatio. Erityisen tärkeää kalojen käyttäytymisen kannalta on valita merkintätapa ja lähettimen koko kyseisille kaloille sopivaksi (Bégout Anras ym. 1998). Tässä tutkimuksessa käytettiin ulkoista merkintää (Beaumont ym. 1996), joka on kuvattu tarkemmin luvussa 3.3.2.1. Vatsalaukkuun työnnettävää lähetintä ei käytetty, koska lohikalojen vaelluspoikasten on havaittu syövän aktiivisesti vaelluksen aikana (Södergren & Österdahl 1965, Heinimaa & Erkinaro 1998, Linnansaari ym.) ja kyseinen menetelmä häiritsee kalojen ravinnon käyttöä (Armstrong & Rawlings 1993). Ruumiinontelon sisäinen merkintä puolestaan on menetelmänä hitaampi (Mellas & Haynes 1985) ja kenttäolosuhteissa vaativampi kuin ulkoinen merkintä.

Kalaan ulkoisesti kiinnitettävän lähettimen etuja ovat merkinnän nopeus ja helppous sekä kalan nopea palautuminen (Mellas & Haynes 1985). Haittoja puolestaan ovat ulkoisen merkin lisäämä vastus virrassa ja siitä aiheutuva uintikyvyn heikkeneminen (Arnold & Holford 1978), kalan näkyvyyden ja sitä kautta predaation lisääntyminen (Ross & McCormick 1981) sekä ennenaikainen merkin irtoaminen (Ross & McCormick 1981, Lucas & Johnstone 1993, Bégout Anras ym. 1998). Itsestään irronneita ja predaation seurauksena joen pohjalle joutuneita merkkejä on mahdoton erottaa toisistaan, koska radiolähetin kulkee esimerkiksi petokalojen ruoansulatuskanavan läpi 3 – 6 vrk:ssa ja säilyy muuttumattomana (Jepsen ym. 1998).

Radiolähetinseurannan onnistumisen kannalta on erityisen tärkeää pitää merkin painon ja kalan painon välinen suhde mahdollisimman pienenä. Yleensä suositellaan, että radiolähettimen painon pitäisi olla vähemmän kuin 2 % kalan painosta (Winter 1996). Painavampi lähetin saattaa vaikuttaa kalan uintikykyyn tai lisätä ennenaikaisesti irronneiden lähettimien määrää (Summerfelt

& Mosier 1984). Toisaalta on kuitenkin tehty tutkimuksia, joissa on käytetty edellistä suositusta huomattavasti painavampia lähettimiä suhteessa ruumiinpainoon, eikä haittavaikutuksia ole huomattu. Esimerkiksi on havaittu, että stressin määrä ei korrelloi lähettimen suhteellisen painon (lähettimen ja kalan painon suhde 1,3 – 3,5) kanssa (Jepsen ym. 2001). Myöskään eroa uintikyvyn, syömisen tai agressiivisen käyttäytymisen suhteen ei havaittu eri ryhmien (1,4 – 4,7 % sekä 4,5 – 14,5 %) välillä (Moser ym. 1990). Jos noudatetaan 2 %:n rajaa, pystytään lohikalojen vaelluspoikasilla tekemään ainoastaan lyhytaikaisia seurantoja kevyiden lähettimien lyhyen toiminta-ajan takia. Houkutus painosuhteeltaan kookkaampien lähettimien käyttöön on siis suuri riskistä huolimatta. Pakajoella katsottiin välttämättömäksi, että lähetin kestää vähintään kuukauden vaellusmatkan ja vaelluskauden pituuden takia. Tämän takia käytettiin 3,6 g:n painoisia lähettimiä. Istukkailla lähettimen ja kalan painon välinen suhde oli 2,4 – 5,8 sekä luonnontaimenilla 2,2 – 8,9. Mitään viitteitä suurien merkkien aiheuttamista käyttäytymishäiriöistä ei havaittu. Viljelyaltaassa kalat käyttäytyivät kuten merkitsemättömät yksilöt ja toipuivat käsittelystä pian merkinnän jälkeen. Myös luonnontaimenet toipuivat nopeasti. Lisäksi yksikään luonnontaimen ei keskeyttänyt poikasvaellustaan merkinnän jälkeen, kuten aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu taimenen vaelluspoikasilla helposti käyvän (Hyvärinen ym. 2000). Sen sijaan vaelluspoikaspyydyksellä nauhamerkillä merkityistä taimenista osa ei lähtenyt vaellukselle. On kuitenkin epäselvää, aiheuttiko käsittelyn, merkinnän ja kuljetuksen aiheuttama stressi vaelluksen keskeytymisen, vai oliko kaloilla alun perinkään aikeita lähteä vaellukselle.

Kenttäolosuhteissa merkityt luonnontaimenet vapautettiin pian merkinnän ja nukutuksesta toipumisen jälkeen. Tällöin merkinnästä oli kulunut 38 min – 5 h 55 min. Peake & McKinleyn (1997) tutkimuksessa merkinnän jälkeisessä palautumisessa (1 h ja 16 h) ei havaittu juurikaan eroja. Kalojen vapauttaminen pian toipumisen jälkeen onkin yleinen käytäntö kenttäolosuhteissa tehtyissä merkinnöissä (Moore & Potter 1994, Peake & McKinley 1997, Jepsen ym. 2001).

5.4.2 Istukkaiden käyttäytyminen Pakajoessa

Telemetriaseurannalla hankitut tiedot vaelluspoikasistukkaiden käyttäytymisestä tukivat pitkälti vaelluspoikaspyynnillä saatuja tuloksia. Ensimmäisen istutuserän kalojen voimakas vaellusaktiivisuus ja nopea vaelluksen käynnistyminen olivat selvästi havaittavissa. Vaikka kaloista vain seitsemän laskeutui pääuomaan, oli vaellusaktiivisuutta havaittavissa myös muissa yksilöissä. Vain neljä radiolähetinkalaa oli selvästi asettumassa Pakajokeen aloilleen. Muiden kohtaloksi muodostui katoaminen tai kuolema alavirtaan vaelluksen aikana.

Ensimmäisen istutuserän tuloksia todennäköisesti vääristääkin lähettimellä merkittyjen istukkaiden suuri kuolevuus ja katoamisprosentti, joka saattoi aiheutua osin kuljetuksen yhteydessä sattuneesta onnettomuudesta (katso luku 3.2.2). Merkintästressi, kuljetusstressi, lisäksi vielä tapaturman ja uuden elinympäristön aiheuttama stressi ovat varmasti vaikuttaneet kalojen kuntoon, vaikka ne vapautettaessa näyttivätkin pirteiltä ja hyväkuntoisilta. Onkin hyvin mahdollista, että osa petojen suuhun joutuneista lähetinkaloista oli kuolleita tai erittäin heikkokuntoisia jo ennen saaliiksi joutumistaan. Vaikuttaisi omituiselta, jos istukkaiden predaatio kylmän ja korkean/samean veden aikaan olisi huomattavasti suurempi kuin lämpimällä, matalalla ja kirkkaalla vedellä (kolmannen istutuserän aikaan), sillä kevätistutuksen hyvänä puolena pidetään juuri suuren virtaaman aiheuttamaa predaation pienentymistä (Hvidsten & Hansen 1988).

Pakajokeen jääneet 3. istutuserän lähetinkalat liikkuivat hieman istutuksen jälkeisenä viikkona. Tämän jälkeen kalat pysyttelivät etsimällään reviirillä melko paikoillaan. Kalat paikannettiin pääasiassa koski- ja niva-alueille, mutta muutama havainto tehtiin myös suvannoista. Vaikka suurin osa kaloista laskeutuikin jokea alaspäin, radiolähetinkalojen joukossa (kaksi yksilöä) esiintyi myös ylävirtaan vaellusta, jopa useita kilometrejä.

Jokeen jääneistä kolmannen istutuserän kaloista kolme kappaletta saatiin pyydystetyksi sähkökalastamalla radiolähetinseurannan loputtua kesä-heinäkuun vaihteessa. Nämä yksilöt olivat oppineet syömään luonnonravintoa ja ne olivat ulkoiselta olemukseltaan hyväkuntoisia. Silmiinpistävää oli viljelyolosuhteissa rähjääntyneiden evien nopea kasvaminen ja "laitoshabituksen" muuttuminen luonnollisempaan suuntaan. Radiolähettimen kiinnityskohta oli kahdessa tapauksessa kolmesta hieman vereslihalla kalan laihtumisen aiheuttaman merkin löystymisen takia. Mitään tulehdusta tai merkkejä lähettimen irtoamisesta ei kuitenkaan ollut havaittavissa.

5.4.3 Radiolähetinkalojen käyttäytyminen Muonionjokeen siirryttäessä

Merkittävä havainto taimenen poikasvaelluksen osalta Tornion-Muonionjoen pääuomassa oli vaelluspoikasten haluttomuus jäiden alle vaeltamiseen. Tämä oli havaittavissa automaattiseurannassa ja varsinkin aktiiviseurannassa. Johtopäätelmän yksiselitteisyyttä vaikeuttaa tosin pääuoman jäiden aiheuttama radiolähettimen signaalin heikkeneminen ja siitä aiheutunut Äkäsjokisuun automaattitallentimen toimimattomuus. Yksi vaelluspoikasistukas kirjautui kuitenkin automaattitallentimeen. Kyseinen kala ohitti seurantapisteen vasta jäiden

lähdettyä 1.5. klo 16.44, vaikka se oli poistunut Pakajokisuun automaattitallentimen kuuluvuusalueelta jo 27.4. klo 21.31. Sekä luonnontaimenien että vaelluspoikasistukkaiden käyttäytyminen siirryttäessä pääuomaan oli hyvin samankaltaista.

Jäiden lähdettyä kalojen vaellus pääuomaan siirryttäessä oli huomattavasti suoraviivaisempaa. Matkalla pidempään viipyneet yksilöt jäivät oleilemaan hetkeksi Pakajokeen, mutta pääuomassa viivyttelyä ei ilmeisesti tapahtunut.

Jäät vaelluksen hidastajina tuovat mielenkiintoisen hypoteettisen näkökulman vaelluspoikasten mereen siirtymisen ajoittumiseen. Kun poikasvaellus käynnistyy sivujoissa ennen pääuoman jäiden lähtöä, ja radiolähetinkaloilla on pystytty todentamaan keskimääräinen vaellusnopeus, pystytään vuosittaisen jäiden lähdön (tärkeimpien poikastuotantojokien edustalta) perusteella arvioimaan vaelluksen ajoittuminen Tornionjoen alajuoksulla. Tämä vähentää aikaisemmin esiintynyttä epävarmuutta Kivirannan vaelluspoikaspyynnin kattavuudesta ja taimenen poikasvaelluksen vuosittaisesta ajoittumisesta.

5.4.4 Vaellusnopeus

Taimenien vaellusnopeus vaihteli sekä kauden mittaan että vaelluksen kuluessa. Kauden alussa, jäisessä pääuomassa kylmän veden aikaan vaellukselle lähteneiden kalojen vaellusnopeus oli huomattavasti hitaampaa kuin sulan ja lämpimämmän veden aikaan vaeltaneiden. Lohen vaelluspoikasilla tehdyissä tutkimuksissa lämpötilan on havaittu korrelloivan positiivisesti vaellusnopeuden kanssa (Haikonen 1996). Ero vaellusnopeudessa ei todennäköisesti aiheutunut kuitenkaan yksinomaan veden lämpötilasta, vaan myös kalojen haluttomuudesta vaeltaa jäiden alla, jolloin ne todennäköisesti odottelivat jäiden lähtöä paikoillaan. Veden virtaama on myös jäiden lähdön aikaan huomattavasti heikompi kuin hieman sen jälkeen kevättulvalla.

Vaelluspoikaset käyttävät veden virtausta hyväkseen vaelluksen aikana (Fängstam 1994) ja virtaaman on havaittu vaikuttavan vaellusnopeuteen (Youngson ym. 1989). On hypoteeseja, joiden mukaan poikasvaellus on seurausta uintikyvyn heikkenemisestä ja tapahtuu passiivisena kulkeutumisena (Tytler ym. 1978, Thorpe ym. 1981), jossa juuri virran voimakkuudella on suuri merkitys. Muonionjoessa Pakajoen ja Äkäsjoen välisellä osuudella on virran nopeus keskiuomassa keskimäärin noin 1m/s, luonnollisesti paikoitellen nopeampaa (koskissa) tai hitaampaa, jopa seisovaa vettä (suvannoissa). Virran mukana kulkiessaan vaelluspoikasen nopeus olisi siis 1 m/s eli 3,6 km/h. Useiden yksilöiden vaellusnopeus oli kuitenkin huomattavasti nopeampaa, jopa 6,1

km/h. Tämä tukee käsitystä poikasvaelluksesta osittain aktiivisena prosessina (esim. Hansen & Jonsson 1985, Bourgeois & O`Connell 1988).

Vaelluksen kuluessa vaellusnopeus vaihteli vaelluksen syklisyyden takia. Lyhyellä välimatkalla (33,5 km) vaellusnopeus oli jopa 6,1 km/h, kun koko vaellusmatkan suurin keskinopeus oli 1,9 km/h. Vaikka vaelluspoikanen aloittaa vaelluksen kohti merta, se viettää suurimman osan ajasta paikoillaan (Solomon 1978). Pitkällä vaellusmatkalla levon ja ravinnon tarve kasvavat, mikä tietenkin vaikuttaa vaellusnopeuteen. Myös Kemppainen ym. (1995) havaitsivat vaelluspoikasten vaellusnopeuden laskevan matkan pidentyessä. Toisaalta Tornionjoella lohen vaelluspoikasten vaellusnopeuden on havaittu kasvavan matkan pidentyessä (Haikonen 1996).

Panjet-tatuoinnilla, nauhamerkillä ja radiolähettimellä merkittyjen kalojen välillä ei havaittu merkittäviä eroja vaellusnopeudessa. Voidaankin olettaa, että radiolähettimen painolla ei ollut vaikutusta vaelluskäyttäytymiseen. Sen sijaan eri yksilöiden välillä oli huomattaviakin eroja vaellusnopeudessa. Muita kaloja huomattavasti nopeammin vaeltanut yksilö (kala nro 313) oli taimeneksi harvinaisen hyvin smolttiutunut ja erosi siinäkin suhteessa muista vaelluspoikasista. Aineiston pienuuden takia kalan koon vaikutusta vaellusnopeuteen ei vertailtu. Aikaisemmissa tutkimuksissa sen on kuitenkin havaittu vaikuttavan positiivisesti vaellusnopeuteen, joskin hajonta isojen yksilöiden keskuudessa oli suurta (Haikonen 1996).

Taimenen poikasten vaellus oli Tornionjoessa hitaampaa kuin lohen istutettujen vaelluspoikasten (Haikonen 1996). Se oli kuitenkin huomattavasti nopeampaa kuin muualla tutkittujen lohen vaelluspoikasten vaellusnopeus. Esimerkiksi Kiiminkijoella istukkaat vaelsivat 0,21 – 0,64 km/h (Kemppainen ym. 1994), Simojoella keskimäärin 0,5 km/h (Jutila 1978) ja koeuomastossa 0,6 km/h (Fängstam 1993). Haikosen (1996) mukaan vaelluspoikasten vauhdikas vaellus Tornionjoessa perustuu suureen vesimäärään ja veden virtaukseen. Taimenen lohta hitaampaan vaellusnopeuteen Tornionjoella puolestaan on varmasti useita syitä: 1) Taimenen vaellusaikana vesi on viileämpää, 2) kevät ja kesä 2002 olivat erittäin vähävetisiä ja veden virtaus oli siten muita vuosia hitaampaa, 3) lohella on suurempi vaellusvietti kuin taimenella ja se on yleensä paremmin smolttiutunut (Tanguy ym. 1994).

5.4.5 Lähetinkalojen kuolleisuus

Poikasvaelluksen aikana taimenia saalistavat useat petokalat (esim. Larsson 1985), vesilinnut (esim. Feltham 1995) sekä nisäkkäät. Predaattoreiden vaikutus poikasten kuolleisuuteen voi olla hyvinkin suurta (esim. Larsson 1985, Hvidsten & Mokkelgjerd 1987, Jepsen ym. 2000, Hyvärinen ym. 2003). Predaatio-osuuden selvittäminen on kuitenkin erittäin hankalaa. Esimerkiksi radiolähettimillä tehdyissä tutkimuksissa joen pohjaan paikannetut lähettimet saattavat olla seurausta lähettimen irtoamisesta tai predaatiosta. Seuranta-alueelta kadonneet yksilöt puolestaan voivat olla ihmisten kalastamia, lintujen syömiä tai seurausta lähettimen hajoamisesta sekä mahdollisesta taajuuden vaihtumisesta. Tornionjoen kokoisessa vesistössä kadonnut yksilö saattaa yksinkertaisesti myös olla seuraajien tavoittamattomissa. Esimerkiksi Karunginjärvessä sekä Ylitornion saarisella jokiosuudella katvealueita ei pystytty välttämään.

Lähetinkalojen selviytyminen poikasvaelluksesta pääuomassa oli ensimmäisten vaeltajien keskuudessa huomattavasti suurempaa kuin myöhemmin vaelluskauden kuluessa. Sama suuntaus oli havaittavissa sekä luonnontaimenilla että istukkailla. Pääuoman jäidenlähdöllä saattaa olla predaatiota alentava vaikutus. Vaikka lähetinkalat eivät ilmeisesti vaeltaneet jäiden alla, on mahdollista, että joessa kulkevat jäälautat antoivat kaloille suojan varsinkin ylhäältäpäin tapahtuvaa saalistusta vastaan. Myös petokalojen elintoiminnot ovat kylmässä vedessä hitaita, jolloin niiden saalistustiheys on harvempi (Wootton 1990). Kuolleisuus Pakajoessa puolestaan oli ensimmäisellä istutuserällä huomattavasti suurempaa kuin kolmannella istutuserällä. Istutuserien kuolleisuudet Pakajoessa eivät kuitenkaan ole vertailukelpoisia, sillä kuljetusonnettomuuden osuutta ei pystytä arvioimaan.

Luonnontaimenien suurempi yöaktiivisuus (21:00 – 09:00) suhteessa vaelluspoikasistukkaisiin oli havaittavissa Äkäsjokisuun ja Kivirannan seurantapisteillä. On mahdollista, että laitosolosuhteissa kasvaneet poikaset jatkavat myös luonnossa päiväaktiivisuutta. Kun lisäksi vielä viljeltyjen lohikalojen reaktiot saalistajiin on todettu tutkimuksissa heikommiksi kuin luonnollista alkuperää olevien (Johnsson ym. 1996), ne mahdollisesti joutuvat suuremman predaation kohteeksi. Kyseinen aineisto ei kuitenkaan ole riittävä hypoteesin todistamiseksi.

5.5 Luonnonpoikasten ja istukkaiden väliset erot

Luonnontaimenet eroavat monilta piirteiltään, niin ulkonäöltään kuin käytökseltäänkin, viljelylaitoksessa kasvatetuista yksilöistä. Einum & Fleming (2001) ovat tutkimuksessaan

tarkastelleet lähemmin eroavaisuuksia ja niiden syitä. Kalat ovat ulkoasultaan hyvin mukautuvia ja niiden ulkoasu voi muotoutua hyvinkin erilaiseksi viljelyolosuhteissa (Petersson & Järvi 1995, Petersson ym. 1996, Pakkasmaa 2000). Lisäksi valinnan voimakkuus ja suunta vaihtelevat huomattavasti luonnon olosuhteissa ja viljelylaitoksella. Myös käyttäytymisessä on havaittu suuria eroja niin agressiivisuuden (Dellefors & Jonsson 1995, Johnsson ym. 1996), ravintokäyttäytymisen (L'Abée-Lund & Langeland 1995) kuin vaelluskäyttäytymisenkin (Bachman 1984, Hansen ym. 1984, Hansen 1987) suhteen.

Pakajokeen istutetuista vaelluspoikasista kolmivuotiaat olivat keskimäärin pidempiä kuin luonnonpoikaset ja samanpituisiin luonnonpoikasiin verrattuna painavampia. Kaksivuotiaina istutetut puolestaan olivat keskimäärin lyhyempiä kuin vaeltavat luonnonpoikaset. Smolttiutumisasteen määrittämiseen käytetyt ulkoiset piirteet olivat istukkailta selvästi paremmin havaittavissa. Luonnontaimenilla muutamaa yksilöä lukuun ottamatta merkit olivat olemassa, mutta eivät kuitenkaan täysin kehittyneitä. Dellefors (1996) on kuitenkin havainnut, että viljellyillä meritaimenen vaelluspoikasilla on alhaisempi fysiologinen valmius kuin luonnon vaelluspoikasilla.

Istukkaiden vaellus ajoittui pääosin istutuksen välittömään läheisyyteen. Näin ollen vaellusajankohdan vertailu luonnonpoikasten vaellukseen ei ole järkevää. Useissa yhteyksissä havaittua vaelluspoikasistutusten vaikutusta luonnontaimenien vaellukseen (esim. Leonko & Chernitskiy 1986) ei esiintynyt, tosin ensimmäisen istutuksen yhteydessä sen havainnointi oli vajavaista. Lohen vaelluspoikasistukkaiden on havaittu vaeltavan nopeammin kuin luonnonlohien (Hansen ym. 1984, Haikonen 1996). Tässä tutkimuksessa eroja vaellusnopeudessa tai vaelluspoikaspyydykseen joutumisen todennäköisyydessä ei juurikaan havaittu istukkaiden ja luonnonkalojen välillä. Sen sijaan vaelluksen aloittaneiden istukkaiden vaellusaktiivisuus vaikutti suuremmalta. Yksikään merkintä-takaisinpyyntiä varten merkityistä istukkaista ei todistettavasti jäänyt jokeen, kun taas luonnontaimenista tehtiin useita havaintoja. Lisäksi istukkaat jatkoivat nauhamerkinnän jälkeen vaellustaan hieman nopeammin (liitteet 1 ja 2). Myös radiolähettimellä merkittyjen kalojen vaelluksesta selviämisessä oli eroa. Yllättäen Kivirantaan asti selvisi istukkaista huomattavasti suurempi osuus kuin luonnontaimenista. Tosin ero on selitettävissä merkkikalojen vapautusajankohdalla. Vaelluksen alussa, joen ollessa vielä osittain jäässä, lähetinkalojen selviytyminen pääuomassa oli suurempaa kuin myöhemmin, jolloin suurin osa luonnonkaloista merkittiin.

6. Vaelluspoikasistutuksia koskevat suositukset

Jos meritaimenistutusten tarkoituksena on tuottaa vaelluspoikasia, joista mahdollisimman suuri osa lähtee vaellukselle vielä samana vuonna, tulisi istutuksissa ja viljelyssä kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin. Edellytyksenä on, että istutuksissa käytetään vaelluspoikasia, jotka ovat käyneet läpi vastaavan kasvatuksen (esim. ruokinta ja valorytmi) viljelylaitoksessa kuin tämän tutkimuksen istukkaat.

1. Vaelluspoikasistutuksissa tulee käyttää kolmivuotiaita taimenenpoikasia, sillä 2-v istukkaiden vaellusvalmius ei ole vielä tarpeeksi kehittynyt todennäköisesti liian pienen yksilökoon takia. Jos kasvu laitoksessa on nopeaa, on mahdollista, että myös 2-v istukkailla saadaan hyviä tuloksia.

2. Vaelluspoikaset tulee istuttaa keväällä mahdollisimman pian jäidenlähdön alettua ennen kuin veden lämpötila saavuttaa 6 ^{0}C. On todennäköistä, että luonnontaimenien vaellus on sopeutuma mahdollisimman suotuisaan ajankohtaan, minkä takia istukkaiden poikasvaelluksen eriaikaiselle ajoittamiselle ei ole perusteita.

3. Urosten varhaissukukypsyyteen tulisi kiinnittää huomiota viljelyprosessissa. Atlantin lohella tehtyjen tutkimuksien mukaan varhaissukukypsyyttä on mahdollista kontrolloida vähentämällä ravintoa (Rowe & Thorpe 1990, Thorpe ym. 1990, Rowe ym. 1991, Thorpe & Metcalfe 1998, katso myös Pirhonen & Forsman 1999).

4. Runsaiden vaelluspoikasistutusten ollessa kyseessä istukkaat tulisi jakaa joen eri osa-alueille, koska on mahdollista, että suuri osa istukkaista jää jokeen paikallisiksi taimeniksi.

7. Kiitokset

Kiitän suomalais-ruotsalaista rajajokikomissiota tutkimuksen rahallisesta tukemisesta sekä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitosta, jolta sain käyttööni kenttätöissä tarvittavat apuvälineet ja työvoiman.

Erityisesti tahtoisin kiittää Muonion kalanviljelylaitoksen tuotantopäällikköä Juha Iivaria ja tutkimusmestari Rainer Määttää kärsivällisyydestä ja avusta tutkimuksen aikana, tutkija Petri Karppista Oulun riistan- ja kalantutkimuksesta avusta tutkimuksen telemetriaosuuden suunnittelussa ja toteuttamisessa sekä tutkimusmestari Ari Haikosta Oulun riistan- ja kalantutkimuksesta. Haikosen kokonaisvaltainen panos projektin onnistumiselle oli välttämätön.

Työn raskaudesta ja työaikojen epäinhimillisyydestä huolimatta kenttätyöntekijät Matti Ankkuriniemi, Tommi Linnansaari ja Kari Pulkkinen hoitivat hommansa moitteettomasti, kiitos siitä heille! Eikä ilman kiitosta voi jättää myöskään Tommin puolisoa Jonna Karhusta ja pientä Oskaria, jotka suhtautuivat kärsivällisesti "liukuvaan" työaikaan. Kiitän myös vanhempiani sekä Hakalan perhettä koirani Helmin hoitamisesta kenttätyöperiodien aikana.

Lopuksi tahtoisin kiittää graduohjaajaani Atso Romakkaniemeä asiantuntevasta ohjauksesta.

8. Kirjallisuus

Andersson, T.C. & McDonald, B.P. 1978. A Portable Weir for Counting Migrating Fishes in Rivers. Fisheries and Marine Service, Technical Report No. 733.

Anonyymi. 1980. Lapin vesien kokonaissuunnitelma. Vesihallitus, tiedotus 186. 150 s.

Anttinen, P., Pruuki, V. ja Karlström, Ö. 1988. Tornionjoen vesistön meritaimenkantojen nykytila ja elvyttäminen. Tornionlaakson neuvosto, Meritaimenprojektin loppuraportti. 19 s.

Aprahamian, M., Smith, K., McGinnity, P. & Taylor, J. 2003. Restocking of salmonids – opportunities and limitations. Fisheries Research 62: 211-227.

Arawomo, G.A.O. 1980. Downstream movement of juvenile brown trout, *Salmo trutta* L. in the tributaries of Loch Leven, Kinross, Scotland. Hydrobiologia 77: 129-131.

Armstrong, J.D. & Rawlings, C.E. 1993. The effect of intragastric transmitters on feeding behaviour of Atlantic salmon, *Salmo salar*, parr during autumn. Journal of Fish Biology 43: 646-648.

Arnold, G.P. & Holford, B.H. 1978. The physical effects of an acoustic tag on the swimming performance of place and cod. Journal du Conseil International pour L'Exploration de la Mer 38: 89-200.

Bachman, R.A. 1984. Foraging behavior of free-ranging wild and hatchery brown trout in a stream. Transactions of American Fisheries Society 113: 1-32.

Bagliniere, J.L. 1979. Devalaison de truites (*Salmo trutta*) sur la riviera Elle. Bull. Franc. Piscicult. 52 nro. 13: 49-60.

Balon, E.K. 1983. Epigenic mechanisms: erflections on evolutionary processes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40: 2045-2058.

Baras, E. 1991. A bibliography on underwater telemetry, 1956-1990. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1819.

Beaumont, W.R.C., Clough, S., Ladle, M. & Welton, J.S. 1996. A method for the attachment of miniature radio tags to small fish. Fisheries Management and Ecology 3: 201-207.

Bégout Anras, M.L., Bodaly, R.A. & McNicol, R. 1998. Use of an Acoustic Beam Actograph to Assess the Effects of External Tagging Procedure on Lake Whitefish Swimming Activity. Transactions of the American Fisheries Society 127: 329-335.

Bergelin, U. & Karlström, Ö. 1985. Havsöringen i sidovatten till Torneälvs vattensystem. Fiskeriintendenten övre norra distriktet, meddelande 5. 37 s.

Berglund, I., Hansen, L.P., Lundqvist, H., Jonsson, B., Eriksson, T., Thorpe, J.E. & Eriksson, L.O. 1991. Effects of elevated winter temperature on seawater adaptability, sexual rematuration and downstream migratory behaviour in mature male Atlantic salmon parr (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 48: 1041-1047.

Berglund, I., Schmitz, M. & Lundqvist, H. 1992. Seawater adaptability in Baltic salmon (*Salmo salar*), a bimodal smoltification pattern in previously mature males. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49: 1097-1106.

Bilton, H.T., Alderdice, D.F. & Schnute, J.T. 1982. Influence of time and size at release of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) on returns at maturity. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 39: 426-447.

Bohling, T., Dellefors, C. & Faremo, U. 1993a. Optimal time and size for smolt migration in wild sea trout (*Salmo trutta*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50: 224-232.

Bohling, T., Dellefors, C. & Faremo, U. 1993b. Timing of sea-run brown trout (*Salmo trutta*) smolt migration: effects of climatic variation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50: 1132-1136.

Bohling, 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.

Bourgeois, C.E. & O'Connell, M.F. 1988. Observations on the seaward migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts through a large lake as determined by radiotelemetry and Carling tagging studies. Canadian Journal of Zoology 66: 685-691.

Bremset, G. & Heggenes, J. 2001. Competitive interactions in young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in lotic environments. Nordic Journal of Freshwater Research 75: 127-142.

Brännäs, E. 1995. First access to territorial space and exposure to strong predation pressure: a conflict of early emerging Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Evolutionary ecology 9: 411-420.

Böhling, P. & Juntunen, K. (toim.) 1999. Vastavirtaan – Lohen, meritaimenen ja vaellussiian luonnonkannat ja niiden tulevaisuus. RKTL, Helsinki. 54 s. ISBN 951-776-188-0.

Carlin, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan. Report of the Institute of Freshwater Research, Drottningholm 36: 57-74.

Chelkowski, Z., Chelkowska, B. & Ciupinski, M. 1994. Period of downstream migration of sea trout (*Salmo trutta* L.) smolt grown in Gowienica River. Acta Ichthyologia et Piscatoria 24: 145-152.

Chellappa, S., Yamammoto, M.E., Cacho, M.S. & Huntingford, F.A. 1999. Prior residency, body size and the dynamics of the territorial disputes between male freshwater angelfish. Journal of Fish Biology 55: 1163-1170.

Cresswell, R.C. 1981. Post-stocking movements and recapture of hatchery-reared trout released into flowing waters – a review. Journal of Fish Biology 18: 429-442.

Cross, T.F. & Piggins, D.J. 1982. The effect of abnormal climatic conditions on the smolt run of 1980 and subsequent returns of Atlantic salmon and sea trout. ICES, C.M.M. 26: 1-8.

Dalley, E.L., Andrews, C.W. & Green, J.M. 1983. Precocious male Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) in insular Newfoundland. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40: 647-652.

Dellefors, C. 1996. Smoltification and sea migration in wild and hatchery-reared brown trout, *Salmo trutta*. Ph.D. Thesis, University of Göteborg, Sweden.

Dellefors, C. & Faremo, U. 1988. Early sexual maturation in males of wild sea trout, *Salmo trutta* L., inhibits smoltification. Journal of Fish Biology 33, 741-749.

Dellefors, C. & Johnsson, J.I. 1995. Foraging under risk of predation in wild and hatchery-reared juvenile sea trout (*Salmo trutta* L.). Nordic Journal of Freshwater Research 70: 31-37.

Deverill, J.I., Adams, C.E. & Bean, C.W. 1999. Prior residency, aggression and territory acquisition in hatchery-reared and wild brown trout. Journal of Fish Biology 55: 868-875.

Doving, K.B., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1984. The effect of anosmia on the migration of Atlantic salmon smolts, (*Salmo salar* L.) in freshwater. Aquaculture 38: 383-386.

Einum, S. & Fleming, I.A. 2001. Implications of Stocking: Ecological Interactions Between Wild and Released Salmonids. Nordic Journal of Freshwater Research 75: 56-70.

Elliot, J.M. 1994. Quantitative Ecology and the Brown trout. Oxford University Press, Oxford. 286 s. ISBN 0-19-854090-6.

Ewing, R.D., Hart, C.E., Furtish, C.A. & Concannon, G. 1984. Effects of size and time of release on seaward migration of spring chinook salmon, Oncorhynchus tshawytscha. Fishery Bulletin 82: 157-164.

Feltham, M.J. 1995. Consumption of Atlantic salmon smolts and parr by goosanders: estimates from doubly-labelled water measurements of captive birds released on two Scottish rivers. Journal of Fish Biology 46: 273-281.

Fenderson, O.C., Everhart, W.H. & Muth, K.M. 1968. Comparative agonistic and feeding behaviour of hatchery-reared and wild salmon in aquaria. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 25: 1-14.

Frier, J.-O. 1994. Growth of anadromous and resident brown trout with different life histories in a Danish lowland stream. Nordic Journal of Freshwater Research 69: 58-70.

Friman, T., Koljonen, M-L., Nyberg, K. & Saura, A. 1999. Kalojen merkintätutkimukset. Teoksessa Kalataloustarkkailu – Periaatteet ja menetelmät (toim. Böhling, P & Rahikainen, M.). RKTL. Helsinki. S. 103-135.

Fängstam, H. 1993. Individual downstream swimming speed during the natural smolting period among young of Baltic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Zoology 71: 1782-1786.

Fängstam, H. 1994. Individual swimming speed and time allocation during smolt migration in salmon. Nordic Journal of Freshwater Research 69: 99.

Fängstam, H., Berglund, I., Sjöberg, M. & Lundqvist, H. 1993. Effects of size and early sexual maturity on downstream migration during smolting in Baltic salmon (*Salmo salar*). Journal of Fish Biology 43: 517-529.

Greenstreet, S.P.R. 1992. Migration of hatchery reared juvenile Atlantic salmon, Salmo salar L., smolts down a release ladder. 1. Environmental effects on migratory activity. Journal of Fish Biology 40: 655-666.

Greenstreet, S.P.R. & Morgan, R.I.G. 1989. The effect of ultrasonic tags on the growth rates of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr of varying size just prior smolting. Journal of Fish Biology 35: 301-309.

Haikonen, A. 1996. Lohen, *Salmo salar*, villien ja istutettujen smolttien vaellusnopeus ja vaellusnopeuteen vaikuttavat tekijät Tornionjoessa vuosina 1991-1995. VKOL, lopputyö. 47 s.

Haikonen, A & Romakkaniemi, A. 1999. Lohi- ja meritaimenkantojen poikastutkimukset Tornionjoessa vuonna 1998. RKTL, Kala- ja riistaraportteja 145, 26 s.

Haikonen, A., Romakkaniemi, A., Keinänen, M., Linnansaari, T., Mäntyniemi, S., Pasternack, M. ja Vatanen, S. 2002. Lohi- ja meritaimenkantojen seuranta Tornionjoessa vuonna 2001 – Monitoring of the salmon and trout stocks in the River Tornionjoki. RKTL, Kala- ja riistaraportteja 250, 48 s.

Haikonen, A., Romakkaniemi, A., Keinänen, M., Mäntyniemi, S. ja Vatanen, S. 2001. Lohi- ja meritaimenkantojen seuranta Tornionjoessa vuonna 2000. RKTL, Kala- ja riistaraportteja 215, 52 s.

Haikonen, A., Romakkaniemi, A., Keinänen, M., Mäntyniemi, S. ja Vatanen, S. 2003. Lohi- ja meritaimenkantojen seuranta Tornionjoessa vuonna 2002 – Monitoring of the salmon and trout stocks in the River Tornionjoki. RKTL, Kala- ja riistaraportteja 275, 54 s.

Hansen, L.P. 1987. Growth, migration and survival of lake reared juvenile anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Fauna Norvegica 8: 29-34.

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

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., Morgan, R.I.G. & Thorpe, J.E. 1989. Influence of parr maturity on emigration of smolting Atlantic salmon. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 410-415.

Heinimaa, S. & Erkinaro, J. 1998. 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.

Holtby, L.B., McMahon, T.E. & Scrivener, J.C. 1989. Stream temperatures and inter-annual variability in the emigration timing of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolt and fry and chum salmon (*O. keta*) fry from Carnation Creek, British Columbia. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 1396-1405.

Huntingford, F.A. & De Leaniz, C. 1997. Social dominance, prior residence and the acquisition of profitable feeding sites in juvenile Atlantic salmon. Journal of Fish Biology 51: 1009-1014.

Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. 1988. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. Journal of Fish Biology 32: 153-154.

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

Hvidsten, N.A. & Mokkelgjerd, P.I. 1987. Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of River Surna, Norway. Journal of Fish Biology 30: 273-280.

Hyvärinen, P., Laaksonen, T., Heinimaa, S. & Nikulainen, M. 2000. Mitä tapahtuu taimenistukkaille, jotka eivät tule saaliiksi? Suomen Kalastuslehti 107 (5): 20-22.

Hyvärinen, P. Vehanen, T., Laaksonen, T. & Johansson, K. 2003. Hauen saalistus ja taimenen istutuskoko. Radiolähettimellä merkittyjen kalojen seurantatulokset. Kala- ja Riistaraportteja 267. 11 s.

Ikonen, E., Jutila, E., Koljonen, M-L., Pruuki, V. ja Romakkaniemi, A. 1986. Tornionjoen vesistön meritaimenkantojen tila, geneettiset erot ja viljelytarpeet. RKTL, Monistettuja julkaisuja 57. 103 s.

Irvine, J.R. & Ward, B.R. 1989. Patterns of timing and size of wild coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts migrating from Keogh River Watershed on northern Vancouver Island. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 1086-1094.

Itkonen, J. 1984. Tornion-Muonionjoen tila perifytonkokeiden ja vesianalyysien perusteella arvioiden. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. 71 s.

Jenkins, T.M. 1969. Social structure, position choice and microdistribution of two trout species (*Salmo trutta* and *Salmo Gardneri*) resident in mountain streams. Animal Behaviour Monographes 2: 57-123.

Jepsen, N., Aarestrup, K., Økland, F. & Rasmussen, G. 1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. Hydrobiologia 371/372: 347-353.

Jepsen, N., Davis, L.E., Schreck, C.B. & Siddens, B. 2001. The physiological response of Chinook salmon smolts to two methods of radio-tagging. Transactions of the American Fisheries Society 130: 495-500.

Jepsen, N., Pedersen, S. & Thorstad, E. 2000. Behavioural interactions between prey (trout smolts) and predators (pike and pikeperch) in an impounded river. Regulated rivers: Research & Management 16: 189-198.

Joentakanen, I., Heinonen, A., Kääriä, J. & Kyllönen, S. 1997. Saaristomerellä vuosina 1983-1990 suoritettujen meritaimenistutusten tulokset Carlin-merkintöjen perusteella. Varsinais-Suomen kalastajaliitto r.y. julkaisu 29, 20 s.

Johnsson, J.I., Petersson, E. Jönsson, E., Björnsson, B.T. & Järvi, T. 1996. Domestication and growth hormone alter antipredator behaviour and growth patterns in juvenile brown trout, *Salmo trutta*. Canadian Journal of Aquatic Sciences 53: 1546-1554.

Jonsson, B. 1982. Diadromous and resident trout *Salmo trutta*: is their difference due to genetics? Oikos 38: 297-300.

Jonsson, B. 1985. Life history patterns of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. Transactions of the American Fisheries Society 114: 182-194.

Jonsson, B. & Jonsson, N. 1993 Partial migration: niche shift versus sexual maturation in fishes. Reviews in Fish Biology and Fisheries 3: 348-365.

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., Jonsson, B. & Hansen L.P. 1990. Partial segregation in the timing of migration of Atlantic salmon of different ages. Animal Behaviour 40: 313-321.

Jonsson, S. 2001. Stocking of brown trout (*Salmo trutta* L.): Factors affecting survival and growth. Ph.D. thesis. Department of aquaculture, Swedish University of Agricultural Science, Umeå.

Junge, C.O. & Libosvarsky, J. 1965. Effects of size selectivity on population estimates based on successive removals with electrical fishing gear. Zoologicke Listy 14: 171-178.

Jutila, E. 1978. Simojoen lohen poikasten esiintyminen, kasvu ja vaellus mereen. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, Limnologian ja Ympäristönsuojelutieteen laitos.

Jutila, E. Pruuki, V. & Romakkaniemi, A. 1993. Lohen ja taimenen mädin haudontakokeet kertovat jokien veden laadusta. Suomen kalastuslehti 100 (3): 24-25.

Kallio-Nyberg, I., Jutila, E. & Saura, A. (toim.) 2002. Meritaimenen tila ja kalastus Pohjanlahden alueella. RKTL. Kalatutkimuksia 182. 69 s.

Kallio-Nyberg, I & Koljonen, M.-L. 1991. The Finnish trout (*Salmo trutta*) stock register. RKTL, Finnish Fisheries Research 12: 38-90.

Karlström, Ö. & Byström, P. 1994. Estimates of the smolt run in the River Torne älv 1987-1993. ICES, C.M. 1994/M:19, Anadromous and Catadromous Fish Committee.

Kemppainen, S., Niemitalo, V., Lehtinen, E. & Pasanen, P. 1995. Lohen ja meritaimenen istutustutkimukset Kiiminkijoella. RKTL. Kalatutkimuksia – Fiskeundersökningar 95. 36 s.

Kennedy, G.J.A., Strange, C.D., Andersen, R.J.D. & Johnston, P.M. 1984. Experiments on the descent and feeding of hatchery reared salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the River Bush. Fisheries Management 15: 15-25.

Knights, B.C. & Lasee, B.A. 1996. Effects of implanted transmitters on adult bluegills at two temperatures. Transactions of the American Fisheries Society 125: 440-449.

Koivurinta, M., Vähänäkki, P. & Saura, A. 2001. Meritaimen ja sen kalastus itäisellä Suomenlahdella 1990-luvulla. RKTL. Kalatutkimuksia 174. 24 s.

Kääriä, J. & Naarminen, M. 1996. Varhain keväällä istutettavat meritaimenet antavat parhaiten saalista Turun puolessa. Suomen kalastuslehti 103 (2): 28-31.

L'Abée-Lund, J.H., Johnsson, B., Jensen, A.J., Saettem, L.M., Heggberget, T.G., Johnssen, B.O. ja Næsje, T.F. 1989. Latitudinal variation in life-history characteristics of sea-run migrant brown trout *Salmo trutta*. Journal of Animal Ecology 58: 525-542.

L'Abée-Lund, J.H. & Langeland, A. 1995. Recaptures and resource use of native and non-native brown trout, *Salmo trutta* L., released in a Norwegian lake. Fisheries Management and Ecology 2: 135-145.

Larsson, P.O. 1984. Some characteristics of the Baltic salmon, *Salmo salar* L., population. Dissertation, University of Stockholm, Sweden.

Larsson, P.O. 1985. Predation on migrating smolt as a regulating factor in Baltic salmon, *Salmo salar* L., populations. Journal of Fish Biology 26: 391-397.

Leavings, C.D., Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1994. Feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) postsmolts in a fjord in central Norway. Canadian Journal of Zoology 72: 834-839.

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 (6): 113-120.

Lewis, A.E. & Muntz, W.R.A. 1984. The effects of external ultrasonic tagging on the swimming performance of rainbow trout, *Salmo Gairdneri*. Journal of Fish Biology 25: 577-585.

Leyzerovich, K.A. 1973. Dwarf males in hatchery propagation of the Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of Ichtyology 13: 382-391.

Lindroth, A. 1977. The smolt migration in the River Mörrumsån (Sweden), 1963-1966. ICES, C.M.M. 8: 1-22.

Linnansaari, T., Vatanen, S. & Haikonen, A. The diet of wild and hatchery reared Baltic salmon (*Salmo salar* L.) smolts during the downstream migration in subarctic River Tornionjoki. Käsikirjoitus.

Lucas, M.C. & Johnstone, A.D.F. 1993. Use of Physiological Telemetry as a Method of Estimating Metabolism of Fish in the Natural Environment. Transactions of the American Fisheries Society 122: 822-833.

Lundqvist, H. 1983. Precocious sexual maturation and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar* L.): photoperiodic synchronisation and adaptive significance of annual biological cycles. Ph.D. thesis, University of Umea, Sweden.

Lundqvist, H., Berglund, I., Mayer, I. & Borg, B. 1990. Seawater adaptability in Baltic salmon, *Salmo salar*, immature smolt and mature male parr; lack of effect of spring-time castration. Canadian Journal of Zoology 68: 2181-2184.

Lundqvist, H., Clarke, W.C. & Johansson, H. 1988. The influence of precocious sexual maturity on survival to adulthood of river stocked Baltic salmon, *Salmo salar*, smolts. Holarctic Ecology 11: 60-69.

Lundqvist, H., McKinnell, S., Fängstam, H. & Berglund, I. 1994. The effect of time, size and sex on recapture rates and yield after river releases of *Salmo salar* smolts. Aquaculture 121: 245-257.

McCleave, J.D. & Stred, K.A. 1975. Effect of dummy telemetry transmitters on stamina of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Journal of Fisheries Research Board of Canada 32: 559-563.

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 Sciences 55 (Suppl. 1): 77-92.

McDowall, R. M. 1988. Diadromy in fishes. Croom Helm, London, 308 s.

McKinnell, S.M. 1998. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) life history variation: implications for the Baltic Sea fishery. Ph.D.- Thesis, Department of Aquaculture, Swedish University of Agricultural Science, Umeå.

Mellas, E.J. & Haynes, J.M. 1985. Swimming performance and behaviour of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and white perch (*Morone americana*): effects of attaching telemetry transmitters. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42: 488-493.

Mesa, M.G. 1991. Variation in feeding, aggression and position choice between hatchery and wild cutthroat trout in an artificial stream. Transactions of the American Fisheries Society 120: 723-727.

Moore, A. & Potter, E.C.E. 1994. The movement of wild sea trout *Salmo trutta* L., smolts through a river estuary. Fisheries Management and Ecology 1: 1-14.

Moser, M.L., Olson, A.F. & Quinn, T.P. 1990. Effects of dummy ultrasonic transmitters on juvenile coho salmon. Pages 353-356 in Parker, N.C. and five coeditors. Fish-Marking Techniques. American Fisheries Society. Symposium 7, Bethesda, Maryland.

Müller, P. 1993. Intraspezifishe DNS-Sequenzvariation der mitochondrialen D-Loop Region von *Salmo trutta* L. aus dem Bodensee-Einzugsgebiet. Masters Thesis, University of Constance, Constance. 76 s. (saksaksi).

Myers, R.A. 1984. Demographic consequences of precocious maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41: 1349-1353.

Nettles, D.C. 1983. Ecology of Lake Ontario brown trout. M.S. thesis, SUNY College at Brockport.

Nordeng, H. 1983. Solution to the "char problem" based on Arctic Char (*Salvelinus Alpinus*) in Norway. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40: 1372-1387.

Northcote, T. G. 1979. Migratory strategies and production in fresh water. –Teoksessa: Gerking, S. D. (toim.): Ecology of freshwater fish production. Blackwell, Oxford 326-359.

Nylander, E. & Romakkaniemi, A. 1995. Tornionjoen meritaimen ja sen kalastus. RKTL, Kalatutkimuksia 89. 63 s.

Pakkasmaa, S. 2000. Morphological and early life history variation in salmonid fishes. – Tohtorin väitös, Ekologian ja systematiikan laitos, Helsingin yliopisto.

Paksuniemi, S., Romakkaniemi, A. ja Juntunen, K. 1995. Meritaimenen poikaset lähtevät vaellukselle heti kevättulvan alettua. Suomen Kalastuslehti 102 (4): 20-23.

Peake, S. & McKinley, R.S. 1997. Influence of transmitter attachment procedures on swimming performance of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. Transactions of the American Fisheries Society 126: 707-714.

Petersson, E. & Järvi, T. 1995. Evolution of morphological traits in sea trout (*Salmo trutta*) parr (0+) through sea-ranching. Nordic Journal of Freshwater Research 70: 62-67.

Petersson, E., Järvi, T., Steffner, N.G. & Ragnarsson, B. 1996. The effect of domestication on some life history traits of sea trout and Atlantic salmon. Journal of Fish Biology 48: 776-791.

Peuranen, S., Vuorinen, P.J. & Hollander, A. 1994. The effects of iron, humic acids and low pH on the gills and physiology of brown trout (*S. trutta*). Annales Zoologici Fennici 31: 389-396.

Pirhonen, J. & Forsman, L. 1998. Relationship between Na+, K+ -ATPase activity and migration behaviour of brown trout and sea trout (*Salmo trutta* L.) during the smolting period. Aquaculture 168: 41-47.

Pirhonen, J. & Forsman, L. 1999. Can smolting and maturation of hatchery-reared brown trout *Salmo trutta* L. be affected by food deprivation during the first and second years of rearing?. Aquaculture Research 30: 611-620.

Pirhonen, J., Forsman, L., Soivio, A. & Thorpe, J. 1998. Movements of hatchery reared *Salmo trutta* during the smolting period, under experimental conditions. Aquaculture 168: 27-40.

Pirhonen, J., Valkeajärvi, P., Thorpe, J. E. & Soivio, A. 2003. Effect of stocking time on yield and location of recapture in two forms of brown trout (*Salmo trutta*) when stocked in respect to migration activity. Aquaculture 222: 189-201.

Policansky, D. 1983. Size, age and demography of metamorphosis and sexual maturation of fishes. American Zoologist 23: 57-63.

Potter, E.C.E., MacLean, J.C., Wyatt, R.J. & Campbell, R.N.B. 2003. Managing the exploitation of migratory salmonids. Fisheries Research 62: 127-142.

Puro-Tahvanainen, A., Viitala, L., Lundvall, D. Brännström, G. & Lundstedt, L. 2001. Tornionjoki – vesistön tila ja kuormitus. Lapin ympäristökeskus, Alueelliset ympäristöjulkaisut 95. 239 s.

Raitaniemi, J. Nyberg, K. & Torvi, I. 2000. Kalojen iän ja kasvun määritys. RKTL, Helsinki. 232 s. ISBN 951-776-296-8.

Romakkaniemi, A., Haikonen, A. ja Mäntyniemi, S. 2000. Lohi- ja meritaimenkantojen seuranta Tornionjoessa vuonna 1999 – Monitoring of the Salmon and Trout Stocks in the River Tornionjoki in 1999. RKTL. Kala- ja riistaraportteja 173. 66 s.

Ross, M.J. & McCormick, J.H. 1981. Effects of external radio transmitters on fish. Progressive Fish-Culturist 43: 67-72.

Rounsefell, G.A. 1958. Anadromy in North American Salmonidae. U.S. Fisheries and Wildlife Service, Fish Bulletin 58: 171-185.

Rowe, D.K. & Thorpe, J.E. 1990. Suppression of maturation in male Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr by reduction in feeding and growth during spring months. Aquaculture 86: 291-313.

Rowe, D.K., Thorpe, J.E. & Shanks, A.M. 1991. Role of fat stores in the maturation of male Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 48: 405-413.

Ryhänen, R. 1959. Summary of Observations on Trout in the Isojoki (Finland). Rapport et Proces – Verbaux des Reunions 148: 76-80.

Saunders, R.L., Henderson, E.B. & Glebe, B.D. 1982. Precocious sexual maturation and smoltification in male Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 28: 211-229.

Schulz, U.H. 1999. Downstream migration of European lake trout, *Salmo trutta f. lacustris* L., and resident brown trout, *Salmo trutta f. fario* L., progeny in a Lake Constance affluent river. Fisheries Management and Ecology 6: 187-194.

Seber, G.A.F. 1982. Estimation of animal abundance and related parameters. 2nd edition. London, Griffin. 654 p.

Sivill, M. & Latvala, J. 2001. Lapväärtin-Isojoen meritaimenen vaelluspoikastuotanto on vähäistä. Suomen Kalastuslehti 105 (6): 32-35.

Skaala, Ø & Nævdal, G. 1989. Genetic differentiation between freshwater resident and anadromous brown trout, *Salmo trutta*, within watercourses. Journal of Fish Biology 34: 597-605.

Skrochowska, S. 1969. Migrations of the sea trout, brown trout and their crosses. Polish Archives of Hydrobiology 16: 125-192.

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

Summerfelt, R.C. & Mosier, D. 1984. Transintestinal expulsion of surgically implanted dummy transmitters by channel catfish. Transactions of the American Fisheries Society 113: 760-766.

Swain, D.P. & Riddell, B.E. 1990. Variation in agonistic behaviour between newly emerged juveniles from hatchery and wild populations of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 47: 566-571.

Swan, A. 1957. Factors affecting the downstream migration of salmon and sea trout. ICES, C.M. Salmon and Trout Comm. 61: 1-2.

Svärdson, G. Fagerström, Å. 1982. Adaptive differences in the long distance migration of some trout (*Salmo trutta* L.) stocks. Report. Institute of Freshwater Research, Drottningholm 60: 51-80.

Södergren, S. & Österdahl, L. 1965. Laxungarnas föda under utvandringen. SSRI, report. 7 s. (Ruotsiksi).

Tanguy, J.M., Ombredane, D., Bagliniere, J.L. & Prunet, P. 1994. Aspects of parr-smolt transformation in anadromous and resident forms of brown trout (*Salmo trutta*) in comparison with Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 121: 51-63.

Taylor, L.R. & Taylor, R.A.J. 1977. Aggregation, migration and population mechanics. Nature, 265: 415-421.

Thorpe, J.E. 1977. Bimodal distribution of length of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under artificial rearing conditions. Journal of Fish Biology 11: 175-184.

Thorpe, J.E. 1986. Age at first maturity in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): freshwater period influences and conflicts with smolting. Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Sciences 89: 7-14.

Thorpe, J.E. 1987. Smolting versus Residency: Developmental Conflict in Salmonids. American Fisheries Society Symposium 1: 244-252.

Thorpe, J.E. 1991. Acceleration and deceleration effects of hatchery rearing on salmonid development, and their consequences for wild stocks. Aquaculture 98: 111-118.

Thorpe, J.E. 1994. An alternative view of smolting in salmonids. Aquaculture 121: 105-113.

Thorpe, J.E. & Metcalfe, N.B. 1998. Is smolting a positive or a negative developmental decision? Aquaculture 168: 95-103.

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., Talbot, C., Miles, M.S. & Keay, D.S. 1990. Control of Maturation in Cultured Atlantic Salmon, *Salmo salar*, in Pumped Seawater Tanks, by Restricting Food Intake. Aquaculture 86: 315-326.

Tipping, J.M. 1997. Effect of smolt length at release on adult returns of hatchery-reared winter steelhead. The Progressive Fish-Culturist 59: 310-311.

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

Wankowski, J.W. & Thorpe, J.E. 1979. Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. juveniles. Journal of Fish Biology 14: 239-247.

White, R.J., Karr, J.R. & Nehlsen, W. 1995. Better roles for fish stocking in aquatic resource management. American Fisheries Society Symposium 15: 527-547.

Winter, J.D. 1996. Advances in Underwater Biotelemetry. Pages 555-590 in Murphy, B.R. & Willis, D.W. (toim.). Fisheries Techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Wootton, R. J. 1990. Ecology of Teleos Fishes. Chapman & Hall. London. 404 s.

Wrenn, W.B. & Hackney, P.A. 1979. Growth and survival of sauger (*Stizostedion canadense*) with surgically implanted dummy transmitters. Underwater Telemetry Newsletter 10: 6-8.

Youngson, A.F., Hansen, L.P., Jonsson, B. & Næsje, T.F. 1989. Effects of exogenous thyroxine or prior exposure to raised water flow on the downstream movement of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. Journal of Fish Biology 34: 791-797.

Österdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. In *Symposium on Salmon and Trout in Streams* (Toim. Northcote, T.G.), s. 295-215. Vancouver: Institute of Fisheries, University of British Columbia.

Liite 1. Kaikkien kalaryhmien yhdistetty merkintä-takaisinpyyntiaineisto.

		takaisinsaanti vrk vapautuksesta								
pvm	merkitty (kpl)	1	2	3	4	5	6	7	takaisinsaatuja yht.	%
27.4.	*25*	*1*							*1*	*4*
8.5.	68	26	1		1				28	41,2
9.5.	45	28	3						31	68,9
10.5.	12	7							7	58,3
11.5.	13	6			1				7	53,8
12.5.	12	5							5	41,7
13.5.	15	6	2						8	53,3
14.5.	8	2	1						3	37,5
15.5.	13	5							5	38,5
16.5.	13	4	1						5	38,5
17.5.	7	2							2	28,6
18.5.	4		1	1					2	50
29.5.	9	3	1					1	5	55,6
30.5.	5		1				1		2	40
31.5.	6					1			1	16,7
1.6.	5								0	0
6.6.	6								0	0
Yht.	241	**94**	**11**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**111**	**46,1**
%		**84,7**	**9,9**	**0,9**	**1,8**	**0,9**	**0,9**	**0,9**		

Liite 2. Kaikkien vaelluspoikasistukkaiden merkintä-takaisinpyyntiaineisto. Erikseen eriteltynä myös 1. ja 2. istutuserän takaisinsaantiprosentti.

		takaisinsaanti vrk vapautuksesta								
pvm	merkitty (kpl)	1	2	3	4	5	6	7	takaisinsaatuja yht.	%
27.4.	*19*								*0*	*0*
8.5.	66	26	1		1				28	42,4
9.5.	45	28	3						31	68,9
10.5.	11	7							7	63,6
11.5.	12	7			1				8	66,7
12.5.	12	5							5	41,7
13.5.	10	3	1						4	40
14.5.	6	2							2	33,3
15.5.	3	1							1	33,3
16.5.	4	1							1	25
17.5.	5	1							1	20
18.5.	1		1						1	100
30.5.	1								0	0
6.6.	5								0	0
Yht.	181	81	6	0	2				89	49,2
%		**91**	**6,7**	**0**	**2,2**	**0**	**0**	**0**		
1. ja 2. istutuserä yht.	176								89	50,6

Liite 3. Radiolähettimellä merkityt luonnontaimenet. 1 = ominaisuus on, tyhjä = ominaisuus puuttuu.

					smolttiutumisaste		
Taajuus	merkintä päivä	vapautus aika	pituus, mm	Paino g	Tumm. ev.	hop.	Poik. laik. häv.
151.151	25.4.	12:00	177	41,5		1	1
151.162	25.4.	12:00	188	50,5		1	1
151.172	27.4.	11:30	198	60,7		1	1
151.193	28.4.	11:20	175	40,8	1	1	1
151.201	28.4.	11:20	181	51		1	1
151.213	3.5.	13:40	169			1	
151.223	3.5.	15:40	176			1	1
151.231	4.5.	10:30	171			1	1
151.243	4.5.	10:30	200			1	1
151.252	5.5.	12:10	202		1	1	1
151.262	6.5.	10:28	197			1	1
151.273	6.5.	10:28	177			1	1
151.283	11.5.	11:20	189	55,5		1	1
151.291	12.5.	10:45	170	40,4		1	1
151.301	13.5.	11:40	267	162,4	1	1	1
151.313	13.5.	11:40	215	83,3		1	1
151.323	15.5.	11:30	205	68	1	1	1
151.332	16.5.	11:45	191	57,7		1	1
151.353	17.5.	12:00	197	55,9		1	1
151.361	19.5.	10:30	228	102,9		1	1

Liite 4. Radiolähettimellä merkittyjen luonnontaimenien saapuminen automaattitallenninpisteille. Eritelty myös kadonneet tai liikkumattomina olleet, mahdollisesti kuolleet yksilöt.

	1a / 1b		2		3		Kadonnut		Liikkumaton	
Taajuus	pvm	klo	pvm	klo	pvm	klo	Pakajoesta	pääuomasta	Pakajoessa	pääuomassa
151.151	26.4.	19:45			14.5.	23:57				
151.162			6.5.	2:38				1		
151.172	27.4.	20:14			12.5.	7:21				
151.193	28.4.	17:27						1		
151.201	29.4.	23:39						1		
151.213	3.5.	16:26	4.5.	1:24				1		
151.223	3.5.	17:09						1		
151.231	4.5.	17:22						1		
151.243	6.5.	1:55	6.5.	7:24	15.5.	0:31				
151.252	6.5.	0:25	6.5.	6:28				1		
151.262	6.5.	1:26	7.5.	9:00				1		
151.273	6.5.	14:04			18.5.	4:19				
151.283	12.5.	0:55	12.5.	7:00						1
151.291	12.5.	16:17						1		
151.301										
151.313	13.5.	15:22	14.5.	1:02	19.5.	3:45				
151.323	15.5.	22:26	17.5.	10:26				1		
151.332	16.5.	15:42	17.5.	6:18						1
151.353	17.5.	23:27								1
151.361	22.5.	4:36	23.5.	20:47						1

Liite 5. Radiolähettimellä merkityt istukkaat 1. istutuserästä. 1 = ominaisuus on, tyhjä = ominaisuus puuttuu.

	istutus				smolttiutumisaste		
Taajuus	päivä	klo	pituus, mm	Paino g	Tumm. ev.	hop.	Poik. laik.
151.000	26.4.	7:00	215	85,8	1	1	1
151.013	26.4.	7:00	258	146,3	1	1	1
151.022	26.4.	7:00	250	136,6	1	1	1
151.032	26.4.	7:00	217	86,8	1	1	1
151.042	26.4.	7:00	203	65,3	1	1	1
151.052	26.4.	7:00	222	100,6	1	1	1
151.063	26.4.	7:00	213	88,8	1	1	1
151.072	26.4.	7:00	215	86,3	1	1	1
151.083	26.4.	7:00	232	109,8	1	1	1
151.092	26.4.	7:00	206	74,7	1	1	1
151.101	26.4.	7:00	225	100,5	1	1	1
151.113	26.4.	7:00	220	91,3	1	1	1
151.122	26.4.	7:00	241	124,7	1	1	1
151.133	26.4.	7:00	239	116,9	1	1	1
151.143	26.4.	7:00	213	89,1	1	1	1

Liite 6. Radiolähettimellä merkittyjen viljeltyjen 1. istutuserän taimenien saapuminen automaattitallenninpisteille. Lisäksi liitteessä on eritelty sekä Pakajokeen että pääuomaan kadonneet tai syödyt / kuolleet ja Pakajokeen asettuneet yksilöt.

	1a / 1b		2		3		Kadonnut		Syöty / kuollut		Hengissä
Taajuus	pvm	klo	pvm	klo	pvm	klo	Pakajoesta	pääuomasta	Pakajoesta	pääuomasta	Pakajoessa
151.000							1				
151.013	27.4.	13:48						1			
151.022	27.4.	10:58			7.5.	13:26					
151.032							1				
151.042									1		
151.052									1		
151.063							1				
151.072	27.4.	13:55	1.5.	16:44	12.5.	19:58					
151.083									1		
151.092							1				
151.101	28.4.	0:03						1			
151.113	27.4.	21:36						1			
151.122	27.4.	10:55			16.5.	22:01					
151.133	27.4.	20:55			16.5.	7:18					
151.143									1		

Liite 7. Radiolähettimellä merkityt istukkaat 3. istutuserästä. 1 = ominaisuus on, tyhjä = ominaisuus puuttuu.

	istutus				smolttiutumisaste		
Taajuus	päivä	klo	pituus, mm	Paino g	Tumm. ev.	hop.	Poik. laik.
151.182	4.6.	17:00	219	92,8	1	1	1
151.342	4.6.	17:00	212	83,7	1	1	1
151.402	4.6.	17:00	243	123,4	1	1	1
151.412	4.6.	17:00	227	117,3	1	1	1
151.421	4.6.	17:00	225	100,3	1	1	1
151.432	4.6.	17:00	215	92,5	1	1	1
151.443	4.6.	17:00	241	134	1	1	1
151.451	4.6.	17:00	259	150,8	1	1	1
151.462	4.6.	17:00	199	78,2	1	1	1
151.471	4.6.	17:00	226	96	1	1	1
151.483	4.6.	17:00	200	61,9	1	1	1
151.492	4.6.	17:00	216	85,9	1	1	1

Liite 8. Radiolähettimellä merkittyjen viljeltyjen 3. istutuserän taimenien saapuminen automaattitallenninpisteille. Lisäksi liitteessä on eritelty sekä Pakajokeen että pääuomaan kadonneet, syödyt / kuolleet tai liikkumattomat ja Pakajokeen asettuneet yksilöt.

	1a / 1b		2		3		Kadonnut		Syöty / kuollut, liikkumaton		Hengissä
Taajuus	pvm	klo	pvm	klo	pvm	klo	Pakajoesta	pääuomasta	Pakajoesta	pääuomassa	Pakajoessa
151.182											1
151.342											1
151.402	8.6.	16:15	13.6.	6:04						1	
151.412											1
151.421											1
151.432											1
151.443											1
151.451							1				
151.462											1
151.471											1
151.483									1		
151.492	6.6.	14:39						1			