

Jukka Kekäläinen

Haukien (*Esox lucius* L.) saalistuksen vaikutus
istutettujen lohen (*Salmo salar* L.)
vaelluspoikasten kuolleisuuteen Pyhäjoella

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kannen kuva: Matti Janhunen

ISBN 951-776-486-3

ISSN 0787-8478

Edita Prima Oy

Helsinki 2005

Sisällys

JOHDANTO.....	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	2
2.1. Tutkimusalue	2
2.2. Haukien merkintä-takaisinpyynti	3
2.2.1. Merkintä.....	4
2.2.2. Merkintävaiheessa käytetyt pyydykset	5
2.2.3. Takaisinpyynti	6
2.3. Haukipopulaation koon arviointi	7
2.4. Smolttien istutus	7
2.5. Merkittyjen haukien vaeltamisen ja kalastuskuolleisuuden arviointi	8
2.6. Ravintoanalyysi	8
2.7. Smolttien kokonaispituuksien ja pituus-paino –suhteen määrittäminen.....	8
2.8. Tilastolliset menetelmät.....	9
3. TULOKSET	10
3.1. Merkittyjen haukien koko ja kuolleisuus sekä merkkien pysyvyys	10
3.2. Takaisinpyynnissä saatujen haukien koko ja sukupuolijakauma.....	11
3.3. Tutkimusalueen haukipopulaation koko.....	13
3.4. Ravintoanalyysi	14
3.4.1. Saalisajit	14
3.4.2. Haukien saaliin koostumus tutkimusalueella (Etelähaara)	14
3.4.3. Tutkimusalueella syötyjen smolttien yhteismäärät ja eri alueiden vertailu	18
3.4.4. Haukien saaliin koostumus vertailualueella (Pohjoishaara)	18
3.4.5. Smolttien puuttuvien kokonaispituuksien ja –painojen määrittäminen	19
4. TULOSTEN TARKASTELU	21
4.1. Haukien populaatiokoon arviointimenetelmän luotettavuus Pyhäjoella	21
4.1.1. Pyydysten selektiivisyys.....	21
4.1.2. Petersen-estimaatin luotettavuus	22
4.1.3. Muut populaatiokoon arvioinnin luotettavuuteen vaikuttavat tekijät	23
4.2. Tutkimusalueen hauet keskittyivät syömään lohien vaelluspoikasia.....	23
4.3. Suuret hauet söivät pieniä enemmän	23
4.4. Naaraat olivat ahneempia kuin koiraat	25
4.5. Hauet söivät vähintään 10 % istutetuista smolteista	26
4.6. Haukien syömien smolttien enimmäismäärä oli 19 %	27
5. TULEVAISUUDESSA HUOMIOITAVAT TEKIJÄT	28
KIITOKSET	29
KIRJALLISUUS	30

Johdanto

Pedot säätelevät saalislajiensa populaatiokokoa, ja niiden saaliiksi joutuvat etenkin ympäristöönsä keskimääräistä heikommin sopeutuneet yksilöt. Vesiekosysteemissä hauki (*Esox lucius* L.) on eräs merkittävimmistä pedoista. Hauen tärkeimpiä saalislajeja ovat mm. särki, ahven, salakka ja silakka (Koli 1998), mutta tilaisuuden tullen se syö myös lohikaloja. Luonnossa elävät kalapopulaatiot ovat sopeutuneet saalistajien läsnäoloon, ja niiden kyky välttää petoja on hyvin kehittynyt. Tästä huolimatta varsinkin poikasvaiheessa usein suurin osa kaloista kuolee, ja juuri saalistus eli predaatio on merkittävä kuolleisuuteen vaikuttava tekijä (Hirvonen 2003).

Muiden kalojen tapaan myös lohen (*Salmo salar* L.) poikaskuolleisuus on suurta. Eriyisen vaarallinen vaihe lohien elinkierrossa on niiden vaellus mereen (ns. smolttivaellus). Lohen jokipoikasten muuttuessa vaelluspoikasiksi eli smolteiksi ne jättävät suojapaikkansa ja uivat parvessa kohti merta, jolloin niiden riski tulla syödyksi kasvaa (Mather 1998, Niva ym. 1999). Koska luonnonlohikannat ovat monin paikoin kokonaan hävinneet tai ainakin heikentyneet tuntuvasti, on ryhdytty toimenpiteisiin lohikantojen palauttamiseksi ja taantuneiden kantojen suojelemiseksi. Eräs keskeinen keino kantojen hoidossa on ollut poikasten viljely kalanviljelylaitoksissa ja viljelyperäisten poikasten istuttaminen luonnonvesiin. On kuitenkin havaittu, että laitosperäisten poikasten kyky välttää petoja on heikompi kuin luonnossa syntyneillä kaloilla (Olla ja Davis 1989). Viljelypoikaset eivät kasvatuksen aikana saa kokemuksia pedoista, ja siksi niiden kyky tunnistaa ja paeta petoja on puutteellinen (Olla ym. 1998). Tästä johtuen laitosperäisten poikasten kuolevuus luonnonympäristössä on usein suurempi kuin luonnonkaloilla, ja istutukset eivät usein juurikaan paranna lohikantojen tilaa (Hirvonen 2003).

Varsin suuri osa lohikantojen elvytysistutuksista on vaelluspoikasistutuksia, ja siten ne ovat tällä hetkellä eräs keskeinen keino lohikantojen palauttamisessa. Istutusten huonon tuottavuuden takia mm. hauen ja muiden petokalojen vaikutusta niiden tuottoon on alettu tutkia tarkemmin. Etenkin juuri haukea on perinteisesti pidetty erityisen "ahneena" petona. Tilaisuuden tullen hauki pystyy syömään kokoonsa nähden varsin suuria määriä kalaa. Hauen yleisyydestä ja saalistustehokkuudesta johtuen sillä voi olla merkittävä rooli vaelluspoikasistutusten tuottavuuden alentajana.

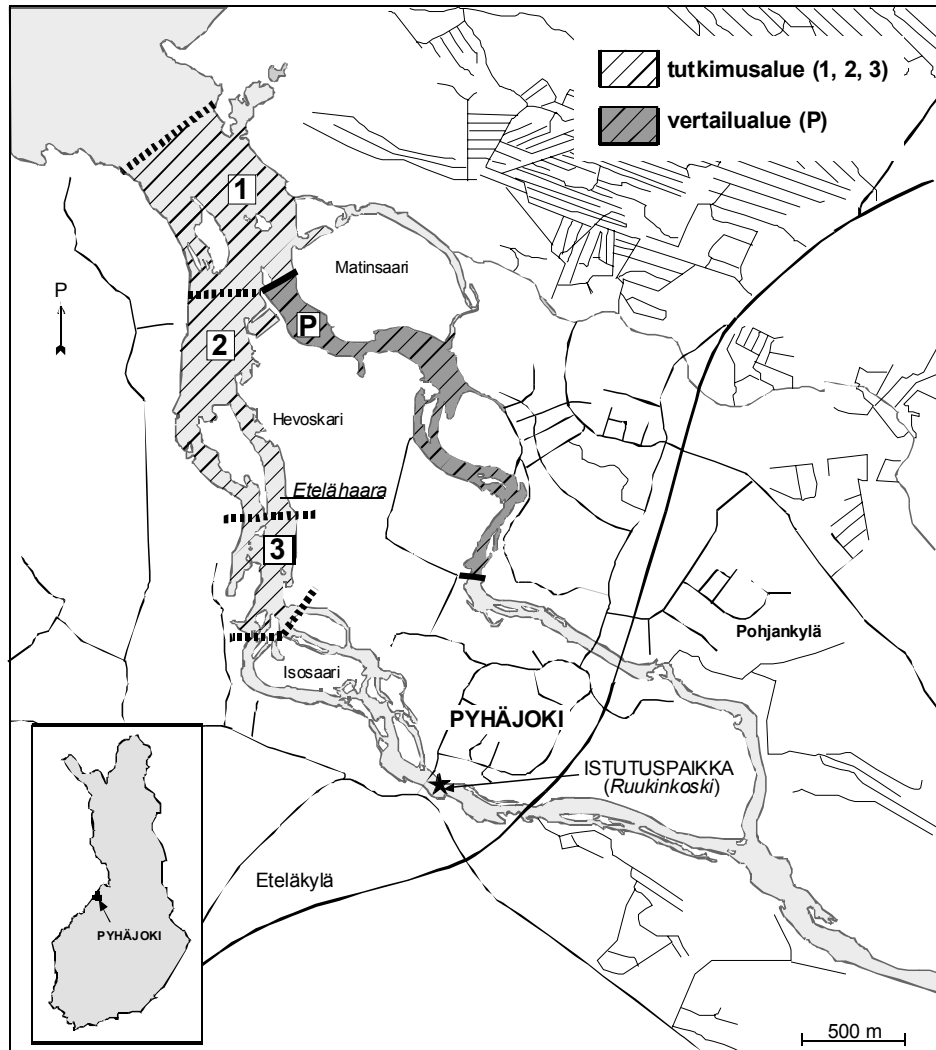
Tämä tutkimus toteutettiin osana lohikantojen elvyttämiseen tähtäävää Salmon Action Plan (SAP) -ohjelmaa. Ohjelman tavoitteena on vahvistaa lohen luonnonkantoja ja kotiuttaa lohikantoja sellaisiin jokiin, joissa luontainen lisääntyminen vielä on mahdollista (Erkinaro ym. 2003). Suomesta hankkeen piiriin on valittu viisi jokea: Tornionjoki, Simojoki, Kuivajoki, Kiiminkijoki ja Pyhäjoki. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia haukien predaation vaikutusta Pyhäjokeen istutettujen lohen vaelluspoikasten kuolleisuuteen. Työn päätavoitteena oli selvittää Pyhäjoen suualueen haukipopulaation koko ja arvioida haukien syömien smolttien määrä. Työn tarkoituksena oli tutkia myös hauen koon, sukupuolen ja pyyntipaikan vaikutusta saaliin koostumukseen. Lisäksi saatujen tulosten avulla voidaan yrittää löytää keinoja istutusten tuoton parantamiseksi.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Tutkimusalue

Pyhäjoen vesistöalue sijaitsee Oulun läänin lounaisosassa (kuva 1) (Ojala 1997). Joki saa alkunsa Pyhäjärven kaupungin alueella sijaitsevasta Pyhäjärvestä, jonka korkeus merenpinnasta on 139 metriä. Joen pituus on noin 160 km, ja se laskee Pyhäjoen kunnan kohdalla Perämereen. Vesistön valuma-alueen pinta-ala on 3 711 km² ja järvisyys 5,2 %, joten joen virtaamaa tasaavia järviä on alueella vähän. Pyhäjoen veden laatu on yleisen käyttökelpoisuusluokituksen mukaan tyydyttävää joen ala- ja keskiosilla ja hyvää joen yläosalla (Näpänkangas 2002). Vesi on väriltään ruskeaa, ja se luokitellaan suhteellisen reheväksi (kokonaisfosforipitoisuus 30-55 µg/l). Veden pH-arvo vaihtelee pääosin 6 ja 7 välillä, mutta etenkin keväisin pH voi laskea alle kuuden.

Pyhäjoki haarautuu suualueellaan kahdeksi haaraksi (Etelä- ja Pohjoishaara). Tutkimusalue sijaitsi joen Etelähaarassa. Pohjoishaaran (P) alaosa käytettiin vertailualueena haukien ravintoanalyysissä. Tutkimusalueella joki on matala, lukuun ottamatta ruopattua veneväylää (Juntunen ym. 2001). Laajat ilmaversoiskasvustot peittävät suuren osan alueen pinta-alasta. Alueen pituus on noin 2,5 km ja pinta-ala noin 89 ha. Meriveden korkeusvaihteluiden vaikutus ulottuu lähes koko tutkimusalueelle, ja alueen alaosa voi luonnehtia järvimäiseksi suvannoksi. Alueen yläosassa joki kapenee ja virtausnopeus kasvaa, jolloin myös meriveden vaikutus heikkenee. Tutkimusalue jaettiin kolmeen osa-alueeseen (pyyntivyöhykkeet), jotka numeroitiin yhdestä kolmeen (E1–E3) joen virtaussuunnassa alhaalta ylöspäin.



Kuva 1. Pyhäjoen suualueen kartta. Tutkimusalue (Etelähaara) on jaettu osaluaisiin (1–3) ja vertailualueena on Pohjoishaaran (P) alaosa. Smoltit istutettiin Ruukinkoskeen.

2.2. Haukien merkintä-takaisinpyynti

Haukipopulaation koon arvioiminen tapahtui yleisesti käytetyn epäsuoran menetelmän, merkintä-takaisinpyynnin, avulla (Hanski ym. 1998). Merkittäväksi tarkoitetut hauet pyydettiin pääasiassa rysillä ja verkoilla sekä 7 yksilöä myös vieheillä. Pyynti ajoitettiin pääasiassa haukien kutuaikaan, jolloin hauet kerääntyvät matalille kaislikkorannoille lisääntymään. Juuri kutuaikana haukien pyydystettävyys on parhaimmillaan (Yrjänä 1988), mikä mahdollistaa kattavan aineiston hankinnan suhteellisen lyhytaikaisella kalastusponnistuksella. Lisäksi keväällä kaikki sukukypsät kalat hakeutuvat kutualueille, ja se mahdollistaa lähes kaikkien kokoluokkien saamisen mukaan aineistoon (Tammi ja Kuikka 1994).

Haukien merkintäpyynnissä eri pyydysten käyttö jakaantui seuraavasti: Vyöhykkeellä 3 haukia pyydettiin pelkästään rysillä, vyöhykkeellä 1 pelkästään verkoilla ja vyöhykkeellä 2 molemmilla. Takaisinpyynti tapahtui koko tutkimusalueen kattavalla viehepyynnillä (kalastuskilpailu) sekä vyöhykkeellä 3 tapahtuneella verkkopyynnillä.

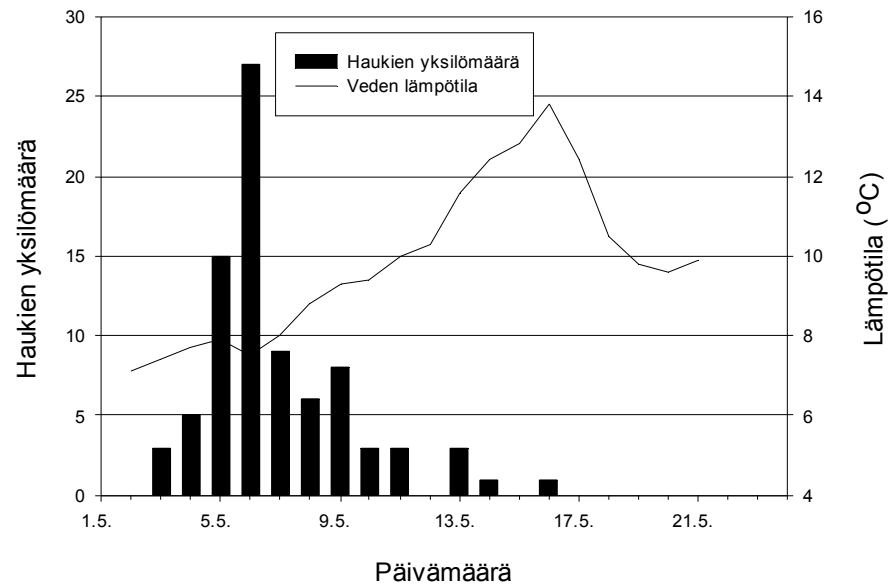
2.2.1. Merkintä

Haukien merkintä suoritettiin 3.5. ja 22.5.2002 välisenä aikana. Haudet merkittiin yksilöllisesti itse tehdyillä noin 200x4 mm:n mittaisilla nauhamerkeillä, joissa jokaisessa oli kalan tunnistamisen mahdollistava numero (kuva 2). Merkki kiinnitettiin isokokoisen neulan avulla haukien selkälihakseen selkäevän alapuolelle, ja sen pysyvyys varmistettiin solmimalla merkin molempiin päihin solmut. Merkkinauhojen irtoamisen varalta haudet merkittiin myös eväleikkauksilla. Merkintä tapahtui toimenpiteitä varten suunnitellussa merkintäputkilossa, jossa haudet pysyivät rauhallisina, eikä kalojen nukuttaminen siten ollut tarpeen.



Kuva 2. Hauden selkäevän alle kiinnitetty nauhamerkki ja pyrstön alaosan eväleikkaus (yläkuva) sekä haukien merkinnässä ja pituuden mittaamisessa käytetty putkilo (alakuva).

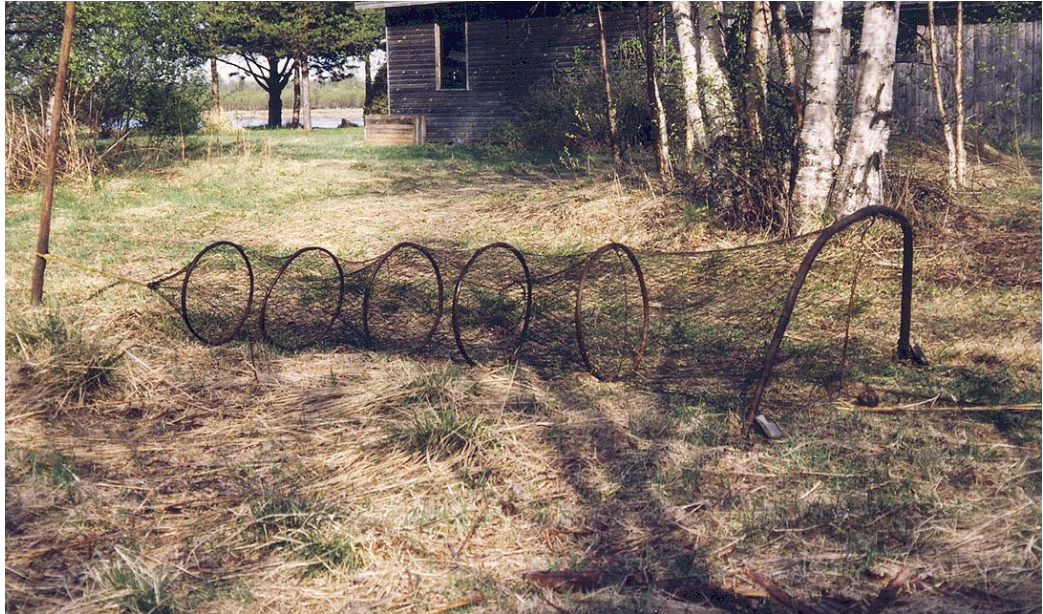
Haudet mitattiin putkiloon kiinnitetyn mittanauhan avulla. Merkittyjen haukien pituuden alaraja oli 40 cm, jota pienemmät haudet vapautettiin. Pahoin vertavuotavia tai muuten vaurioituneita haukia ei merkitty. Uistimella pyydetyistä hauista merkittiin vain helposti koukuista irrotettavissa olleet ja suustaan kiinni olleet yksilöt. Merkinnän jälkeen haudet vapautettiin takaisin pyyntialueelleen. Pyynti- ja merkintäkuolleisuuden kontrollointi tapahtui sumputuskokeiden avulla. Rysistä saatuja haukia sumputettiin 1,5–24 ja verkosta saatuja haukia 0,5–60 tuntia. Vieheillä pyydetyjä haukia ei sumputettu. Veden pintalämpötilan kehitystä merkintä-pyynnin aikana seurattiin päivittäin (kuva 3).



Kuva 3. Veden pintalämpötila (°C) ja rysillä saatujen haukien yksilömäärät merkintäpyynnin aikana.

2.2.2. Merkintävaiheessa käytetyt pyydykset

Rysillä pyydetyt kalat ovat hyväkuntoisia, joten ne soveltuvat hyvin merkittäviksi (Tammi ja Kuikka 1994). Kalojen hyvä kunto pyydyksestä vapauttamisen jälkeen ja saalisvarmuus olivat tärkeimmät pyyntimuodon valinnan kriteerit. Lisäksi rysäpyynti sopii hyvin juuri kutuaikana tapahtuvaan kalastukseen. Rysien vanteen halkaisija oli 50 cm, aitaverkon pituus 10 m ja korkeus 60 cm (kuva 4). Aitaverkon ja rysän perän hapaan solmuväli oli 30 mm. Pienen kokonsa ansiosta rysät soveltuivat erinomaisesti matalilla ja kaislikkoisilla rannoilla tapahtuneeseen haukien kutupyyntiin. Rysäpaikkojen syvyys vaihteli 0,5 ja 1 metrin välillä ja rysien paikkoja muutettiin aina tarvittaessa, kun vedenkorkeus ja virtaama tutkimusaikana vaihtelivat. Rysät sijoitettiin pyyntiin joen virran myötäisesti, mikä vähensi pyydysten likaantumista. Rysät koettiin 1–2 kertaa vuorokaudessa, kello 8 ja 19 välisenä aikana, riippuen edellisen koentakerran saaliin määrästä. Koentakertojen yhteydessä rysät ja aitaverkot myös puhdistettiin ja hapaisiin syntyneet repeämät korjattiin.



Kuva 4. Haukien merkinnässä käytetty rysä.

Rysille soveltuvien kalastuspaikkojen puutteesta johtuen päädyttiin käyttämään myös verkkoja. Lisäksi rysien ja verkkojen yhteiskäytöllä pyrittiin varmistamaan mahdollisimman laajan ja kaikki kokoluokat käsittävän aineiston saaminen. Etenkin joen suualue (vyöhyke 1) koettiin vaikeaksi kalastaa rysillä. Rysien pienen koon takia verkko-kalastuksen katsottiin soveltuvan paremmin syvemmille joenosille. Lisäksi rysien pyyntiteho heikkenee selvästi hauen kudun loputtua, ja juuri kutuajan ulkopuolisessa pyynnissä verkkojen pyyntiteho oli rysyä parempi. Käytetyt verkot olivat 1,8 m korkeita, 30 m pitkiä ja niiden hapaan solmuvälit olivat 50, 55 ja 60 mm. Havas oli valmistettu kierretystä monofil-langasta. Tällaiset verkot ovat hyvin kestäviä ja soveltuvat siksi erinomaisesti isojenkin haukien pyyntiin. Lisäksi verkot eivät sotkeudu yhtä pahasti kuin tavalliset yksisäikeiset verkot, joten kalojen irrottaminen verkosta on nopeampaa. Verkot laitettiin pyyntiin useimmiten 3–6 verkon jatoina pääasiassa kaislikkojen reuna-alueille, joen virtaussuunnan myötäisesti. Veden syvyys pyyntipaikoilla vaihteli noin 1 ja 3 metrin välillä. Verkot koettiin 1–2 kertaa vuorokaudessa, kello 8 ja 22 välisenä aikana.

Haukien viehepyynti oli hyvin satunnaista ja tapahtui lähinnä veneellä uistelemalla. Käytetyt uistimet olivat pituudeltaan 10–15 cm. Uistinpyynnin avulla pyrittiin täydentämään lähinnä alueen 1 verkkopyyntiä ja siten varmistamaan kyseisellä alueella merkittyjen haukien riittävä määrä.

2.2.3. Takaisinpyynti

Haukien takaisinpyynti tapahtui Pyhäjoen suualueella järjestetyn haukien kalastuskilpailun avulla. Kilpailuajankohta oli 25.–26.5.2002, kello 19.00–07.00. Kilpailualueen ja tutkimusalueen rajat olivat samat joen etelähaaran osalta (kuva 1). Lisäksi tutkimusalueen ulkopuolinen Pohjoishaaran alaosa kuului kilpailualueeseen. Pohjoishaaraan ei istutettu lainkaan vaelluspoikasia, joten alueen haukien ravintonäytteet kuvaavat paremmin ajankohdan luonnonmukaista ravinnonkäyttöä. Kilpailijoille jaettiin lyhyt kirjallinen tiedote tutkimuksesta ja haukien onnistuneen takaisinpyynnin edellytyksistä. Saaliin käsittelypaikalla hauet punnittiin ja mitattiin. Mittausten yhteydessä hauen pyydystäjäältä kysyttiin kalan saantipaikka ja -aika. Tämän jälkeen hauet avattiin ja kaikki sisälmykset poistettiin. Haukien sukupuoli määritettiin sukuruuhasten perusteel-

la kalojen avaamisen yhteydessä. Kaikki mahanäytteet pakastettiin myöhempää käsittelyä varten. Nauhamerkityiltä haulilta otettiin ylös merkin numero. Lisäksi kaikkien haukien evät tarkastettiin nauhamerkkien irtoamisen varalta.

Kilpailun jälkeen haukien takaisinpyyntiä jatkettiin verkkokalastuksella ja satunnaisella uistinpyynnillä. Resurssien rajallisuuden takia verkkokalastus toteutettiin vain vyöhykkeen 3 alueella, kyseiseltä alueelta kalastuskilpailussa saatujen haukien vähäisen määrän takia. Takaisinpyynnissä käytetyt verkot olivat samoja kuin kalojen merkinnässä (luku 2.2.2.). Verkot laskettiin pyyntiin 2–5 verkon jatoina lähinnä kaislikkojen reuna-alueille. Pyydykset koettiin 1–3 kertaa vuorokaudessa, kello 9 ja 22 välisenä aikana. Ennen verkkojen nostamista kaislikoissa oleskelevia haukia yritettiin säilyttellä uimaan verkkoihin mm. puuseipäiden avulla. Saadut hauet käsiteltiin edellä kuvatulla tavalla.

2.3. Haukipopulaation koon arviointi

Haukipopulaation koon arviointi tehtiin Petersen-estimaatin Chapman'in muunnoksen avulla (Ricker 1975, Friman ym. 1999). Populaatiokoon määrittäminen tapahtui seuraavasti: Pyydettiin N yksilön populaatiosta T haukea, jotka merkittiin ja palautettiin pyyntipaikalleen (pyyntivyöhyke). Oletettiin, että merkityt kalat sekoittuvat koko populaatioon. Takaisinpyynnissä pyydettiin n haukea, joista osa oli merkittyjä, m . Haukien kokonaismäärä laskettiin seuraavasti:

$$N = \left[\frac{(T+1)(n+1)}{m+1} \right] - 1$$

Lisäksi laskettiin 95 %:n luottamusväli suhteelle $m/n (=p)$,

$$p \pm 1,96 \sqrt{\frac{p(1-p)(1-m/T)}{(n-1) + \frac{1}{2n}}}$$

sekä määritettiin saatujen p :n ylä- ja alarajojen [$p(\text{ylä})$ ja $p(\text{ala})$] avulla vastaavat N :n ylä- ja alarajat ($N = T/p$):

$$N(\text{ylä}) = \frac{T}{p(\text{ala})} \quad \text{ja} \quad N(\text{ala}) = \frac{T}{p(\text{ylä})}$$

2.4. Smolttien istutus

Lohen vaelluspoikaset istutettiin 23.5.2002, 2 vrk ennen takaisinpyynnin alkua. Istutettavat smoltit olivat Pyhäjoelle SAP-ohjelman perusteella kotiutettavaa Tornionjoen kantaa. Poikasia istutettiin yhteensä 39 706 yksilöä, joista 1 000 kalaa oli Carlinmerkkityjä. Istutettavat lohet olivat kaksivuotiaita, ja niiden keskipituus oli 172 mm ja keskipaino noin 45 g. Istutettujen poikasten alamitta oli 140 mm, ja suurimmat kalat olivat pituudeltaan 200–210 mm. Kalojen istutuspaikka oli Ruukinkosken pohjoisrannalla noin 200 m Kielosaaresta ylävirtaan päin (kuva 1). Kalojen liikkumista välittömästi istutuksen jälkeen havainnoitiin sekä istutuspaikalla että varsinaisella tutkimusalueella. Smoltit lähtivät varsin nopeasti alavirtaan, ja ensimmäiset havainnot tutki-

musalueen yläosissa tehtiin jo noin tunti istutuksen jälkeen. Havainnot perustuivat lähinnä haukien ja muiden petokalojen saalistusaktiivisuuden lisääntymiseen, joka voitiin myös silmämääräisesti todeta pintakäyntien selvästi kasvaneina määrinä.

2.5. Merkittyjen haukien vaeltamisen ja kalastuskuolleisuuden arviointi

Merkittyjen haukien mahdolliset vaellukset pois tutkimusalueelta voivat vääristää merkintä-takaisinpyynnillä saatavaa populaatiokoon arviota (Jaakko Erkinaro, suullinen tiedonanto). Haukien vaellusta tarkkailtiin koko merkintä-takaisinpyynnin ajan. Tarkoitus oli selvittää, esiintyykö hauilla systemaattista vaellusta ylä- tai alavirtaan. Haukien pienimuotoinen liikkuminen oli tosin toivottavaa, koska merkittyjen kalojen tasainen sekoittuminen populaation muihin kaloihin on tärkeää luotettavan populaatiokoon arvion saamiseksi (Ricker 1975, Erkinaro ja Gibson 1997). Jos oletus tasaisesta sekoittumisesta ei toteudu, voi populaatiokoon arvio poiketa suurestikin todellisesta arvosta (Erkinaro ja Gibson 1997). Merkittyjen haukien sekoittuminen populaatioon pyrittiin varmistamaan vaihtelemalla haukien vapautuspaikkoja kunkin pyyntivyöhykkeen sisällä. Haukien tutkimuksenaikaista kalastuskuolleisuutta selvitettiin viehekalastusluvan ostaneille kalastajille toimitetun kyselyn avulla. Jos luvan ostajalta ei määräaikaan mennessä saatu vastausta, lähetettiin kyseiselle kalastajalle uusintakysely. Lisäksi kyselylomakkeita toimitettiin tutkimusalueella verkoilla kalastaneille henkilöille. Tutkimuksesta ja sen tavoitteista tiedotettiin myös kolmessa paikallisessa sanomalehdessä. Tiedotteissa korostettiin tutkimusalueelta pyydettyjen merkittyjen haukien ilmoittamisen tärkeyttä ja pyydettiin palauttamaan kaloissa olleet merkit palautusosoitteeseen.

2.6. Ravintoanalyysi

Haukien ravintonäytteiden analysointi tapahtui Oulun yliopiston eläinmuseon tiloissa. Kulloinkin käsiteltävät näytteet otettiin huoneenlämpötilaan sulamaan 8–12 tuntia ennen analysointia. Tarvittaessa näyte sulatettiin kuumassa vedessä. Kun näytteet olivat riittävän sulaneita, vatsalaukut avattiin ja suolet tyhjennettiin sormilla painaen mahdollisten Carlin-merkkien havaitsemiseksi. Mahoista löydetty kalat ryhmiteltiin lajinsa mukaisiin ryhmiin sekä tunnistamattomiin lohi- ja muihin kaloihin. Kunkin lajin yksilöiden kappalemäärä ja yhteispaino kirjattiin muistiin. Löydetystä lohen vaelluspoikasista otettiin ylös tarkemmat tiedot; yksilöllinen paino 100 mg:n tarkkuudella, kokonaispituus kuonosta yhteen puristetun pyrstöevän kärkeen sekä pituudet kuonosta selkäevän etureunaan ja pyrstön loveen. Pituudet mitattiin 1 mm:n tarkkuudella. Smolteilta mitattujen eri pituusmittojen suhteiden avulla pyrittiin määrittämään smoltin kokonaispituus, vaikka kala olisikin osittain sulanut (luku 2.7.). Lisäksi smolteille pyrittiin määrittämään pituus-paino -suhde, jonka avulla takautuvasti laskettiin smolteille niiden alkuperäinen paino. Mittausten lisäksi smolteille määriteltiin sulamisaste. Aineisto luokiteltiin 3 pääluokkaan, ei sulaneisiin, keskimääräisesti sulaneisiin ja pitkälle sulaneisiin kaloihin. Pitkälle sulaneiksi luokiteltiin smoltit, jotka olivat vain vaivoin tunnistettavissa. Mahalaukuista löytyneitä selkärangattomia eläimiä ei määritetty.

2.7. Smolttien kokonaispituuksien ja pituus-paino –suhteen määrittäminen

Niiden smolttien, joiden kokonaispituutta ei kalan sulamisen takia voitu suoraan mitata, pituus pyrittiin määrittämään epäsuorasti kahden muun pituusmitan avulla. Näiden mittojen ja kokonaispituuden välisestä riippuvuudesta laadittiin lineaariset regressiomallit, joiden avulla puuttuvien kokonaispituuksien määrittäminen oli mahdollista

(Ranta ym. 1999). Niiden smolttien osalta, joille kokonaispituus voitiin selvittää, määritettiin myös alkuperäinen, haukien saalistusta edeltävä paino. Tämä tapahtui smolteille lasketun pituus-paino –suhdetta kuvaavan yhtälön avulla:

$$W = a L^b,$$

jossa W = paino (g), L = pituus (mm) ja a sekä b ovat vakioita (Le Cren 1951). Vakio b kuvaa saaliskalan (smoltin) ruumiinmuotoa ja saa arvoja yleensä 2,5 ja 4,0 väliltä. Kalalla, jonka ruumiinmuoto säilyy täysin samana koko kasvun ajan, vakion arvo on 3. Koska pituuden ja painon riippuvuus on luonteeltaan eksponentiaalista, muutettiin aineisto lineaariseksi ottamalla molemmista muuttujista logaritmit, jolloin yhtälö voidaan esittää muodossa:

$$\log(W) = \log(a) + b \log(L).$$

Esimerkkiaineiston perusteella vakion $\log(a)$ arvoksi saatiin -10,877 ja vakiolle b 2,852. Yhtälön ratkaiseminen tapahtui lineaarisen regression avulla. Muille saaliskaloille pituus-paino –suhdetta ei määritetty, joten niiden osalta tiedot haukien syömistä lajikohtaisista biomassoista perustuvat pelkästään punnitustietoihin. Mallien pohjatietoina käytettiin istutuserän sadalta Carlin-merkityltä smoltilta mitattuja pituuksia ja painoja.

2.8. Tilastolliset menetelmät

Haukien merkintä-takaisinpyynnin kummassakin vaiheessa eri pyydyksillä saatujen haukien sekä takaisinpyynnin osalta myös eri sukupuolten välisiä keskipituuksia verrattiin t-testien avulla. Merkinnässä käytettyjen pyydysten (rysä ja verkot) osalta aineiston normaalisuusoletusten täytyminen edellytti logaritimuunnoksia. T-testiä käytettiin myös merkinnässä ja takaisinpyynnissä saatujen kalojen kokonaisjakaumien keskinäiseen vertailuun. Pyrkimyksenä oli selvittää, eroavatko merkintä-takaisinpyynnin eri vaiheissa saatujen haukien pituusjakaumat ja keskipituudet toisistaan. Pituusjakaumien normalisointi edellytti logaritimuunnoksia.

Ravintoanalyysissä tutkimusalueen smolteja syöneiden, eri pituusluokkiin jaettujen haukien saaliin lukumääriä verrattiin Kruskalin-Wallisin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Samaa testiä käytettiin myös eri osa-alueilla syötyjen smolttien määrän vertailuun. Molemmissa tapauksissa luokkien parittaisiin vertailuihin käytettiin PC-testiä (Conover 1999). Smolteja syöneiden naaras- ja koirashaukien saalismäärän vertailussa käytettiin Mannin-Whitneyn U-testiä. Ei-parametriset menetelmät valittiin, koska testatut jakaumat eivät olleet normaalijakautuneita, eikä niiden normalisointi muunnoksilla ollut mahdollista. Myös otoskoot olivat osassa tapauksista varsin pienet. Syötyjen smolttien keskipituuksia kahteen pituusluokkaan jaetulla haukiaineistolla tutkittiin t-testillä. Lisäksi syötyjen smolttien keskipituuksia ja -painoja verrattiin tutkimusalueen eri osa-alueilla varianssianalyysin avulla. Aineiston tilastollinen käsittely tapahtui SPSS 11.0 –tilasto-ohjelmalla.

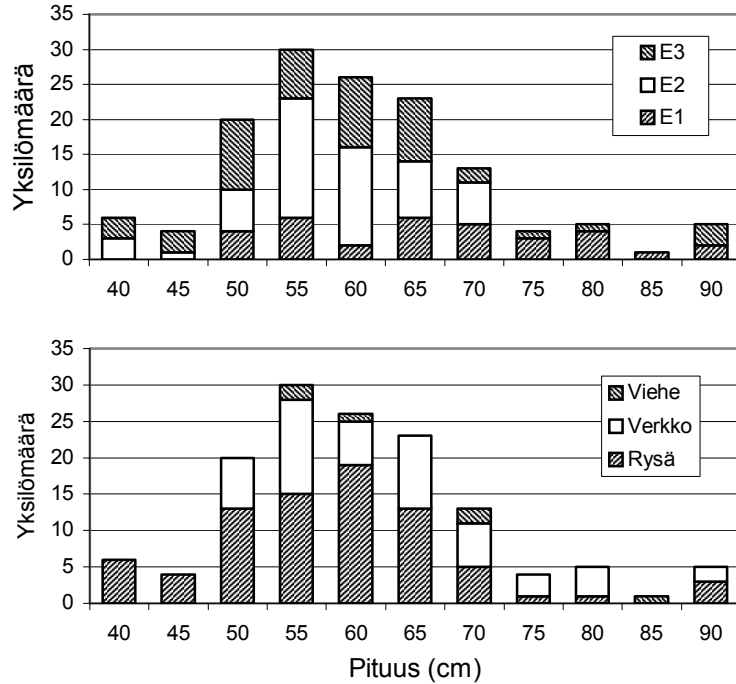
3. Tulokset

3.1. Merkittyjen haukien koko ja kuolleisuus sekä merkkien pysyvyys

Merkittyjä haukia kertyi kaikkiaan 144 yksilöä, joiden keskipituus oli $62,9 \pm 11,4$ cm (taulukko 1). Haukien pituudet vaihtelivat 40,5 ja 105,0 cm:n välillä ja yli 80 % hauista oli pituudeltaan 50–74,9 cm (kuva 5). Verkoilla saadut hauet olivat keskimäärin rysähaukia pidempiä (t-testi, $p = 0,004$). Keskimäärin suurimmat hauet merkittiin alueella 1, jossa haukien pyynti tapahtui pääosin verkkokalastuksella. Haukien pyynnistä ja merkinnästä johtuvaa kuolleisuutta kontrolloitiin 45 rysähauen ja 48 verkkohauen sumputuskokeilla. Kalojen kuolleisuus oli hyvin vähäistä. Kaikkien rysillä pyydettyjen haukien kunto oli erinomainen kokeiden päättyessä. Verkoilla pyydettyistä kaloista vain kaksi jo ennakkoon kuoleviksi arvioitua haukea kuoli kokeiden aikana. Sumppuihin kuolleiden haukien lisäksi yhteensä kolme merkittyä haukea jäi tutkimusalueella kalastaneiden verkkokalastajien saaliiksi. Kalastuskuolleisuutta kontrolloineessa kyselyssä yksikään viehekalastaja ei ilmoittanut saaneensa merkittyjä haukia. Kaikki luvan ostaneet eivät tosin palauttaneet saamaansa kyselylomaketta; lomakkeita lähetettiin 12 kpl ja vastauksia saatiin 7 kpl. Sumputuskokeiden ja kyselyiden perusteella merkittyjä haukia oli elossa ennen takaisinpyyntiä 139 yksilöä.

Taulukko 1. Merkittyjen haukien pyyntialue- ja pyyntivälinekohtaiset yksilömäärät ja keskipituudet (cm). Takaisinpyynnin alkaessa elossa olleiden haukien yksilömäärät on esitetty sulkeissa. Alueella 1 haukia pyydettiin vain verkoilla ja vieheillä ja alueella 3 vain rysillä.

Väline	E1		E2		E3		Yhteensä	
	n	pituus	n	pituus	n	pituus	n	pituus
Rysä	-	-	32	59,3	51 (50)	61,8	83 (82)	60,8
Verkko	32 (29)	68,6	22	60,8	-	-	54 (51)	65,4
Viehe	5 (4)	68,2	2	66,5	-	-	7 (6)	67,7
Kaikki	37 (33)	68,6	56	60,2	51 (50)	61,8	144 (139)	62,9



Kuva 5. Merkittyjen haukien pituusluokkajakauma eri pyyntialueilla (yllä) ja pyydyksillä (alla).

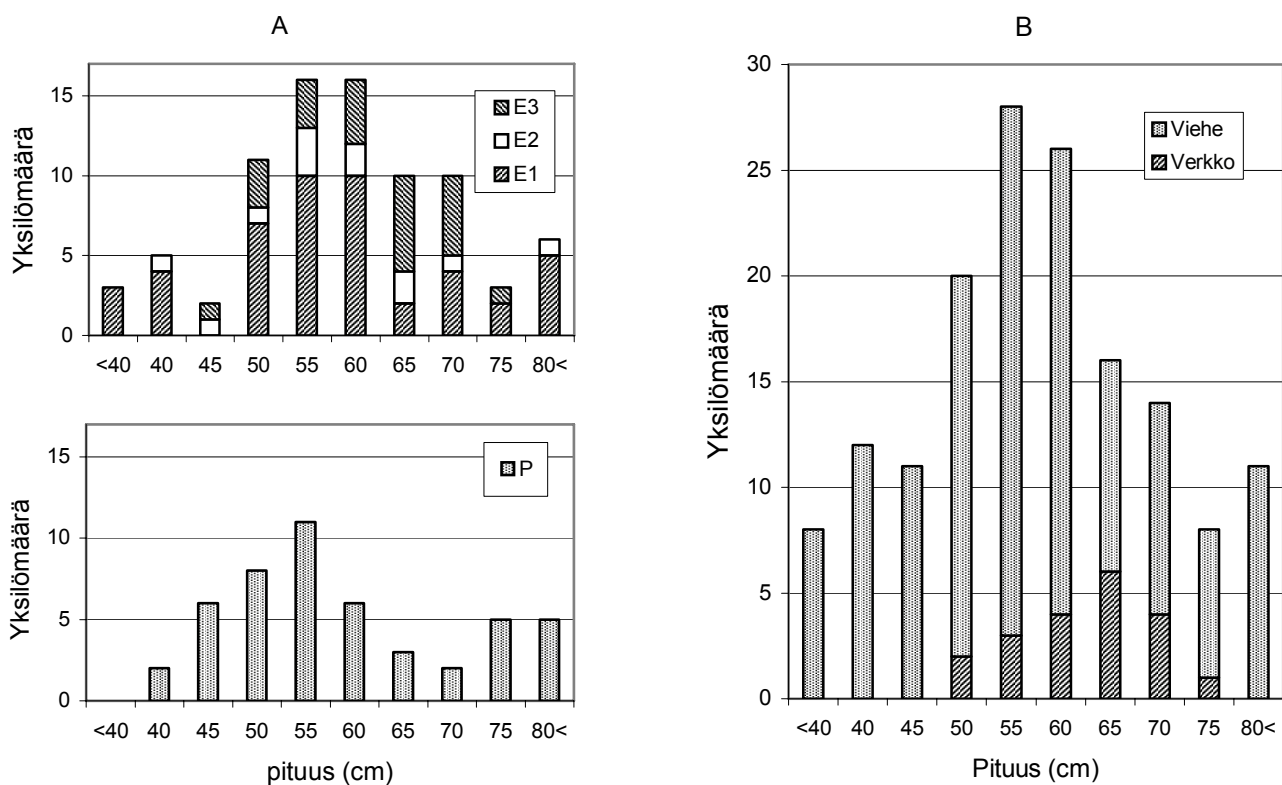
Nauhamerkit pysyivät varsin hyvin kiinni kaloissa; merkin havaittiin irronneen kahdelta hauelta. Nämä olivat merkinnän alkuvaiheessa merkittyjä kaloja, joissa nauhamerkki oli kiinnitetty vain selkävän eväkalvoon. Kun merkki kiinnitettiin selkälihakseen, ei merkittäviä kaloja enää havaittu. Takaisinsaatuisten haukien pintapuolisen tutkimuksen perusteella kalojen käsittelystä ei näyttäisi olleen näkyviä haittoja myöskään pidemmällä, 2–3 viikon aikavälillä.

3.2. Takaisinpyynnissä saatujen haukien koko ja sukupuolijakauma

Takaisinpyynnissä saatiin yhteensä 154 haukea, joista 101 yksilöä (8 merkittyä) tutkimusalueelta ja 48 kalaa vertailualueelta (taulukko 2). Yhteensä 24 hauen tarkkaa pyyntialuetta ei saatu selville. Haukien pituus vaihteli 28,8 ja 96,5 cm:n välillä (ka. $60,3 \pm 13,0$ cm) ja paino 140 ja 7 660 g:n välillä (ka. $1\,679 \pm 1\,161$ g) (kuva 6). Verkoilla saadut hauet olivat keskimäärin vieheillä saatuja pidempiä (t-testi, $p = 0,003$) ja myös painavampia. Merkinnässä ja takaisinpyynnissä saatujen haukien pituusjakaumat vastasivat hyvin toisiaan, eikä myöskään tilastollisesti merkittäviä jakaumien välisiä eroja löydetty (t-testi, $p = 0,571$). Keskipainon perusteella suurimmat hauet saatiin alueelta 3 ja pienimmät Pohjoishaarasta. Alueittaiset keskimittat poikkeavat jonkin verran koko takaisinpyynnin keskiarvoista, koska pyyntipaikaltaan tuntemattomaksi jääneet hauet olivat pääasiassa keskimääräistä pienempiä. Alueen 3 haukien suuri keskipaino johtuu todennäköisesti käytettyjen verkkojen silmäkokojen (50–60 mm) suurempia haukia suosivasta selektiivisyydestä.

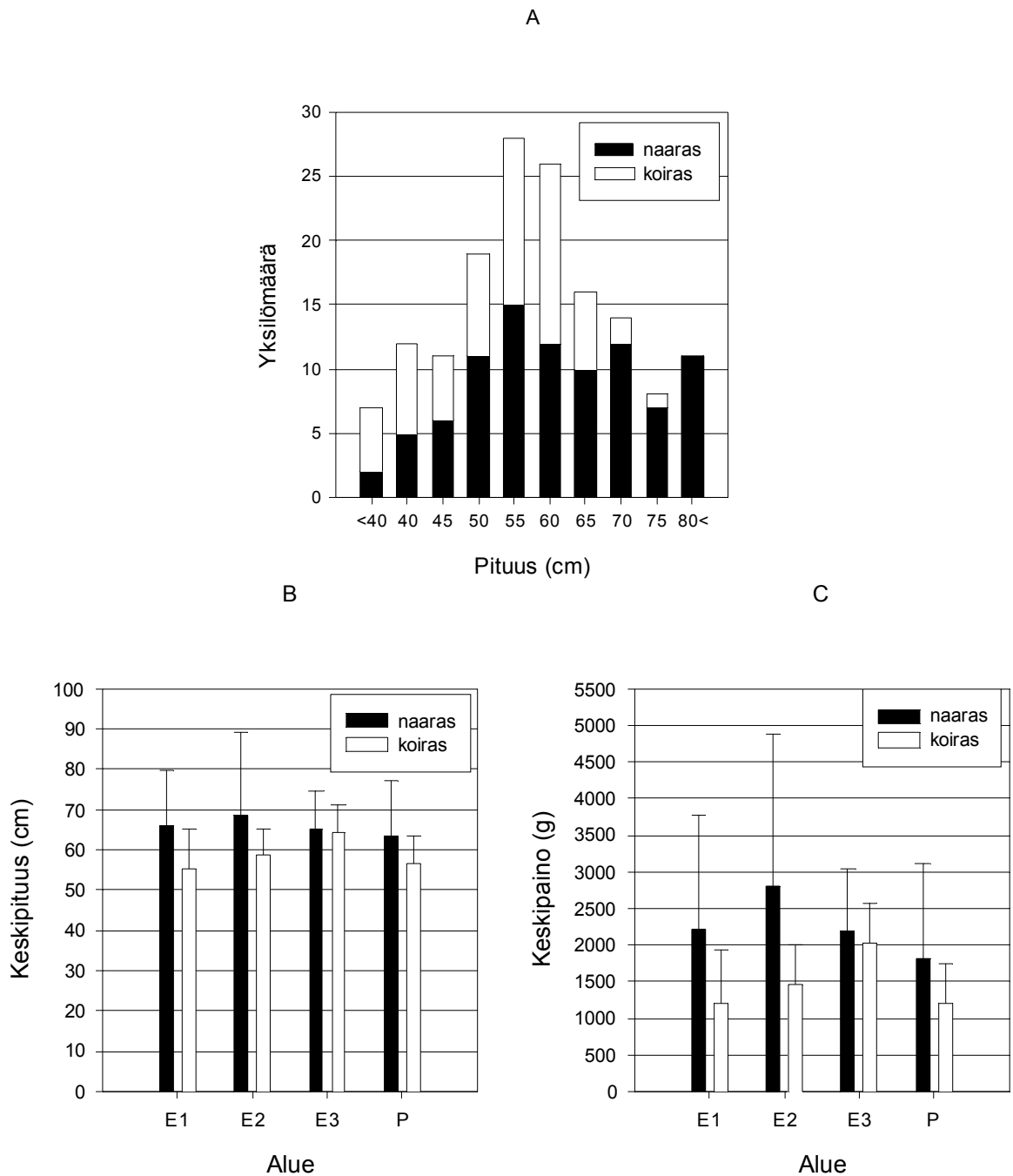
Taulukko 2. Takaisinpyynnissä saatujen haukien pyyntialue- ja pyyntivälinekohtaiset lukumäärät, keskipituudet (cm) sekä keskipainot (g) (P = joen pohjoishaara). Verkoilla kalastettiin vain alueella 3. Pyyntipaikaltaan tuntemattomaksi jääneitä haukia ei ole huomioitu taulukossa.

Väline	E1			E2			E3			P			Yhteensä		
	n	pituus	paino	n	pituus	paino	n	pituus	paino	n	pituus	paino	n	pituus	paino
Verkko	-	-	-	-	-	-	20	65,4	2 180	-	-	-	20	65,4	2 180
Viehe	47	61,0	1 744	12	62,0	1 910	3	57,4	1 460	48	61,7	1 685	110	61,3	1 728
Kaikki	47	61,0	1 744	12	62,0	1 910	23	64,4	2 086	48	61,7	1 685	130	61,9	1 798



Kuva 6. Takaisinpyynnissä saatujen haukien pituusluokkajakauma eri alueilla (E1-E3 ylhäällä ja P alhaalla) (A) ja pyyntivälineillä (B). Pyyntipaikaltaan tuntemattomaksi jääneitä haukia ei ole huomioitu kuvassa A.

Takaisinpyynnissä saaduista hauista naaraita oli 91 yksilöä (59,1 %) ja koiraita 61 yksilöä (39,6 %). Kahden hauen sukupuolta ei kyetty määrittämään. Naaraat olivat keskimäärin pidempiä kuin koiraat (t-testi $p < 0,001$) (kuva 7). Naaraiden keskipituus oli $63,8 \pm 13,4$ cm ja keskipaino $1 980 \pm 1 312$ g ja koiraiden vastaavasti $55,7 \pm 10,0$ cm ja $1 264 \pm 707$ g. Alle 65 cm:n hauissa sukupuolten lukusuhte oli tasainen (1:1), mutta suuremmissa kokoluokissa vallitsi selvä naarasemmistö. Alueella 3 naaraat ja koiraat olivat verkkojen selektiivisyydestä johtuen keskimäärin lähes samankokoisia, mutta muilla alueilla naaraat olivat selvästi koiraita suurempia.



Kuva 7. Takaisinpyynnissä saatujen naaras- ja koirashaukien pituusluokkajakauma (A) sekä keskipituudet (\pm keskihajonta) (B) ja keskipainot (\pm keskihajonta) (C) eri alueilla.

3.3. Tutkimusalueen haukipopulaation koko

Haukien yksilömäärä arvioitiin vain yli 40 cm haukien osalta, koska alle 40 cm:n haukia ei merkitty. Haukien kokonaismääräksi tutkimusalueella saatiin 1 507 yksilöä (95 %:n luottamusväli 1 012-4 731). Siten haukien keskimääräinen tiheys 89 hehtaarin tutkimusalueella oli noin 17 haukea ha⁻¹. Haukien tutkimuksenaikaisen liikkumisen ei voitu osoittaa vaikuttavan populaatiokoon arvioon; merkittyjen kalojen liikkeiden perusteella hauilla ei esiintynyt systemaattista vaellusta pois tutkimusalueelta. Haukien jakautumista eri osa-alueiden kesken ei voitu luotettavasti arvioida puutteellisten saanti-

paikkatietojen takia. Vertailualueen populaatiokokoa ei määritetty resurssien riittämättömyyden takia.

3.4. Ravintoanalyysi

3.4.1. Saalislajit

Kaikista tutkimus- ja vertailualueelta saaduista 154 hauesta 152 kalan mahalaukut analysoitiin. Niistä 106 kpl (69,7 %) sisälsi ravintoa 46 (30,3 %) mahalaukun ollessa tyhjiä. Löydettyjen saaliskalojen yhteismäärä oli 351 kpl, jotka kuuluivat 9 eri lajiin (taulukko 3). Lohen (*Salmo salar* L.) vaelluspoikaset olivat ylivoimaisesti runsain ravintokohde (251 kpl, 8 901 g).

Taulukko 3. Haukien syömien saalislajien lajikohtaiset yksilömäärät ja kokonaispainot sekä kunkin lajin %-osuudet saalislajien kokonaislukumäärästä ja ravinnon yhteispainosta. Taulukossa ei ole huomioitu vatsalaukuissa tapahtuneen sulamisen vaikutusta lajikohtaisiin saaliin painoihin.

Saalislaji	Yksilömäärä		Kokonaispaino	
	n	%	g	%
Ahven (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	3	0,9	121	1,2
Hauki (<i>Esox lucius</i> L.)	3	0,9	110	1,1
Kiiski (<i>Gymnocephalus cernuus</i> L.)	13	3,7	154	1,5
Kivenuoliainen (<i>Noemacheilus barbatulus</i> (L.))	4	1,1	15	0,2
Kivisimppu (<i>Cottus gobio</i> L.)	2	0,6	2	< 0,1
Kolmipiikki (<i>Gasterosteus aculeatus</i> L.)	22	6,3	40	0,4
Kymmenpiikki (<i>Pungitius pungitius</i> (L.))	3	0,9	2	< 0,1
Nahkiainen (<i>Lampetra fluviatilis</i> (L.))	9	2,6	288	2,8
Lohi (<i>Salmo salar</i> L.)	251	71,5	8 901	88,0
Tunnistamattomat kalat (<i>pisces</i> sp.)	28	8,0	177	1,7
Tunnistamattomat lohikalat (<i>Salmo</i> sp.)	13	3,7	285	2,8
Tunnistamaton ravinto	-	-	22	0,2
Yhteensä	351	100	10 117	100

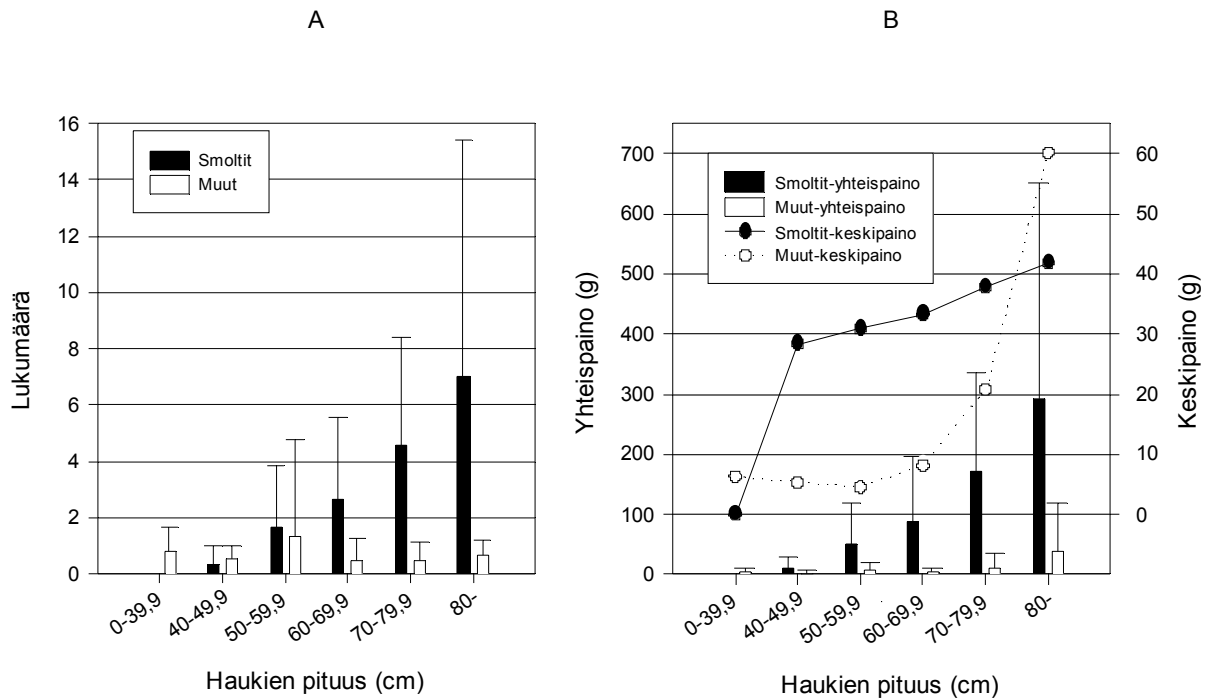
3.4.2. Haukien saaliin koostumus tutkimusalueella (Etelähaara)

Analysoiduista 99 mahalaukusta 80 kpl (80,8 %) sisälsi ravintoa, yhteispainoltaan 9 530 g. Hauista 55 yksilöä (55,5 %) oli syönyt smoltteja. Viisi haukea oli syönyt Carlin-merkittyjä smoltteja, yhteensä 7 kpl. Syötyjen kalojen yhteismäärä oli 321 kpl, joista 248 kpl (77,3 %) oli lohen vaelluspoikasia. Saaliin yhteispainosta smolttien osuus oli 92,1 % (8 780 g) ja muiden kalojen 7,7 % (732 g). Loppu 0,2 % (18 g) oli tunnistamatonta ravintoainesta. Muista kaloista löytyi eniten tunnistamattomia lohikaloja, muita tunnistamattomia kaloja, sekä nahkiaisia ja haukia.

Ravintoa syöneiden haukien osuus oli likimain yhtä suuri (75,8–83,3 %) kaikissa alle 80 cm:n pituusluokissa. Sen sijaan yli 80 cm:n kaloista kaikki (100 %) olivat syöneet

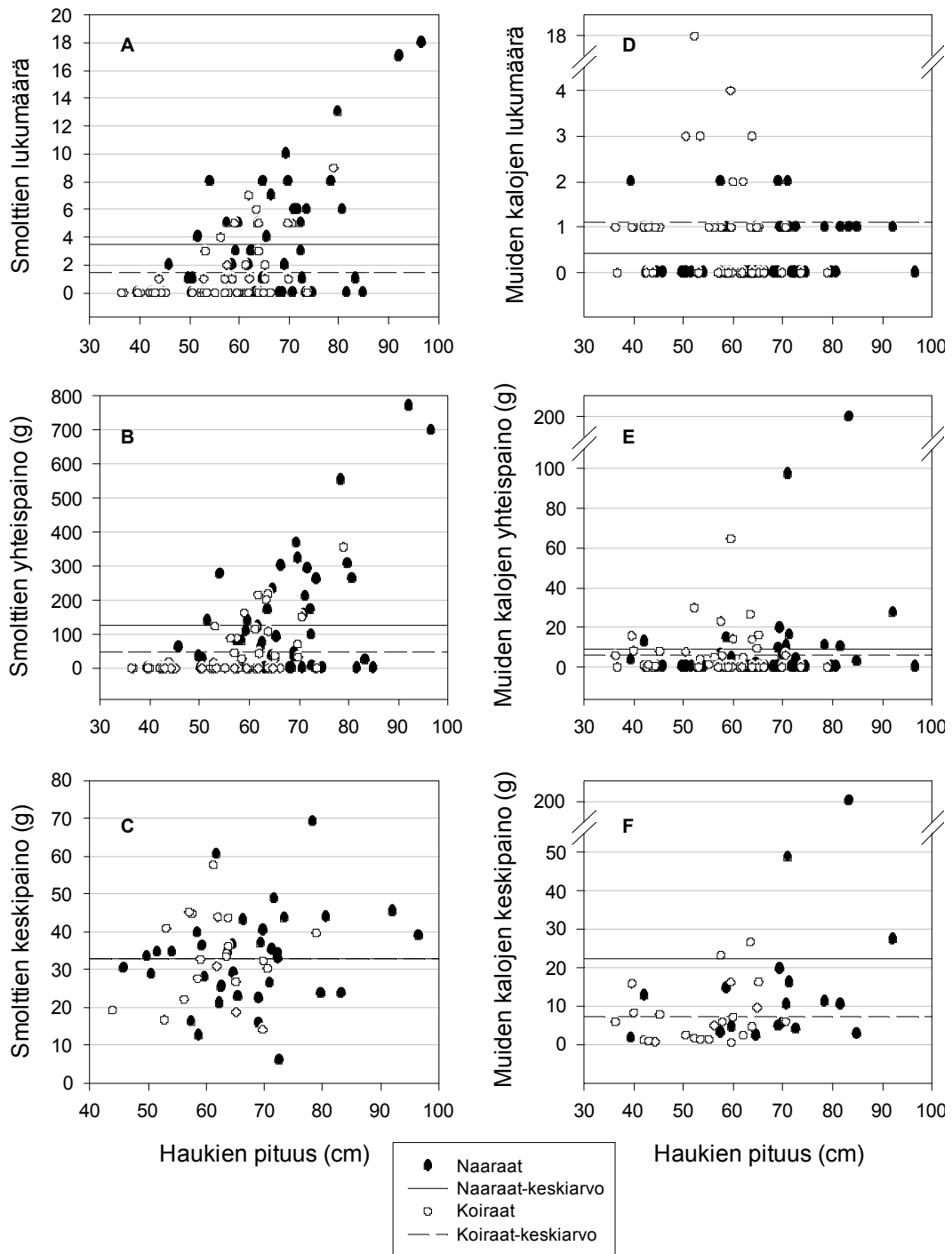
ravintoa. Smoltteja syöneiden haukien osuus kasvoi haukien pituuden kasvaessa. Alle 40 cm:n hauet eivät olleet syöneet smoltteja lainkaan ja 40–49,9 cm:n hauistakin vain joka neljäs (25,0 %). Muissa pituusluokissa smoltteja syöneitä haukia oli yli 50 % haukien kokonaismäärästä. Haukien koon kasvaessa myös syötyjen smolttien lukumäärä kasvoi (kuva 8). Pituusluokan 40–49,9 cm:n hauet olivat syöneet smoltteja keskimäärin $0,3 \pm 0,7$ kpl, kun suurimmilta, yli 80 cm:n haulilta smoltteja löytyi $7,0 \pm 8,4$ kpl. Tarkasteltaessa pelkästään smoltteja syöneitä haukia syötyjen smolttien keskimääräiset lukumäärät ja yhteispainot eri pituusluokissa erosivat myös tilastollisesti toisistaan (Kruskalin-Wallisin yksisuuntainen varianssianalyysi, $p = 0,015$ ja $0,018$). Parittaisissa vertailuissa tilastollisesti merkittävät erot löydettiin verrattaessa kahta pienintä pituusluokkaa (40–49,9 ja 50–59,9 cm) kahteen suurimpaan (70–79,9 ja yli 80 cm) (PC-testi). Muita saaliskaloja syöneiden haukien osalta selvää hauen pituuden ja saalismäärän välistä positiivista riippuvuutta ei löydetty.

Suuret hauet olivat syöneet suurempia saaliskaloja kuin pienet (kuva 8) (luku 3.4.5.); 40–49,9 cm:n hauet olivat syöneet keskimäärin 28 ± 7 g painavia smoltteja. Keskipaino lisääntyi joka pituusluokassa ja oli suurimmilla haulilla 42 ± 10 g. Myös kaikkien muiden saalislajien yhteenlaskettu keskipaino kasvoi haukien pituuden kasvaessa, mutta ei yhtä säännöllisesti kuin smolteilla.



Kuva 8. Tutkimusalueen haukien keskimääräiset smolttien ja muiden kalojen lukumäärät (\pm keskihajonta) (A) sekä yhteispainot (\pm keskihajonta) ja keskipainot (B) eri pituusluokissa. Alle 40 cm:n mittaiset hauet eivät olleet syöneet lohen vaelluspoikasia. Yli 80 cm:n haulilla syötyjen smolttien määrä vaihteli 1 ja 18 välillä, mistä johtuen keskihajonta on suuri. Saaliskalojen sulamisen vaikutusta yhteis- ja keskipainoihin ei ole huomioitu.

Naaraat olivat syöneet yhteispainoltaan enemmän smoltteja kuin koiraat (Mannin-Whitneyn U-testi, $p = 0,005$) (kuva 9b). Myös smolttien keskimääräinen lukumäärä oli naarailla ($3,5 \pm 4,2$ kpl) koiraita ($1,4 \pm 2,3$ kpl) suurempi (kuva 9a). Sen sijaan syötyjen smolttien keskokoot eivät eronneet eri sukupuolilla (kuva 9c). Koiraat olivat syöneet muita saaliskaloja kappalemäärältään naaraita enemmän (kuva 9d). Sen sijaan muiden kalojen keskimääräiset yhteis- (kuva 9e) ja keskipainot (kuva 9f) olivat naarailla suurempia.



Kuva 9. Tutkimusalueen naaras- ja koirashaukien syömät smolttien ja muiden kalojen lukumäärät (A ja D), yhteispainot (B ja E) sekä keskipainot (C ja F) eripituisilla hauilla. Syötyjen smolttien keskipainojen keskiarvo (C) on lähes täsmälleen sama molemmilla sukupuolilla. Saaliskalojen sulamisen vaikutusta yhteis- ja keskipainoihin ei ole huomioitu.

Yksittäisistä hauista lukumääräisesti eniten smoltteja, yhteensä 18 kpl (700 g), oli syönyt aineiston suurin, 7 660 g:n (96,5 cm) naarashauki (kuva 10). Yhteispainoltaan suurin smolttimäärä, 771 g (17 kpl) löytyi aineiston toiseksi suurimmalta (5 560g, 92,0 cm) naaraalta. Koirashauista eniten smoltteja, 9 kpl (357 g) söi 3 720 g:n (78,9 cm) yksilö, joka oli koko aineiston suurin koiras. Tätä kalaa lukuun ottamatta kaikki yli 7

smoltia syöneet hauet olivat naaraita. Saalismäärien ja keskipainojen laskemisessa kalojen sulamista mahalaukuissa ei ole otettu huomioon, vaan saadut tulokset perustuvat suoriin mittauksiin. Epäsuorien menetelmien avulla määritettyjä, saaliiksi joutumista edeltäviä mittoja on käsitelty luvussa 3.4.5.

A



B



Kuva 10. Lukumääräisesti (18 kpl) (A) ja yhteispainoltaan (770,6 g) (B) eniten smoltteja syöneiden hauen mahalaukkujen sisältö. Kuvan B hauki oli syönyt myös yhden Carlin-merkityn smoltin.

3.4.3. Tutkimusalueella syötyjen smolttien yhteismäärät ja eri alueiden vertailu

Tutkimusalueen yli 40 cm:n hauet söivät keskimäärin 2,6 smolttia/hauki. Koko 1 507 (95 % luottamusväli 1 012–4 731) hauen populaation voidaan siten arvioida syöneen yhteensä noin 3 900 (2 631–12 301) smolttia eli noin 10 % (6,6–31,0 %) istutettujen kalojen kokonaismäärästä viikon seurantajakson aikana. Eniten smoltteja olivat syöneet alueelta 3 pyydystetyt hauet, ja määrä pieneni alueilla 2 ja 1 (taulukko 4). Eri osaluueilla syötyjen smolttien lukumäärät erosivat toisistaan myös tilastollisesti (Kruskalin-Wallisin yksisuuntainen varianssianalyysi, $p = 0,001$). Parittaisissa vertailuissa (PC-testi) tilastollisesti merkittävät erot löydettiin alueiden 1 ja 3 sekä 2 ja 3 välille. Erityisesti alueiden 1 ja 3 välinen ero oli erittäin merkitsevä ($p < 0,001$). Smolttien osuus syödyn ravinnon kokonaispainosta oli huomattavan suuri (88,2–96,6 %) kaikilla osaluueilla. Vertailualueella (luku 3.4.4.) syötyjen smolttien määrä oli huomattavasti tutkimusaluetta pienempi.

Taulukko 4. Eri alueilta pyydettyjen haukien syömiä smolttien lukumäärät (n), yhteispainot (g) ja keskipainot (g) sekä smolttien osuudet kunkin alueen ravinnon kokonaismäärästä (%), keskimääräinen saaliin paino (g/hauki) sekä kappalemäärä (n/hauki). Alue E käsittää tutkimusalueelta pyydetty hauet, joiden tarkka pyyntivyöhyke ei ole tiedossa. Alue P = Pohjoishaara. Saaliskalojen sulamisen vaikutusta kokonaispainoihin ei ole huomioitu.

Alue	Haukia (n)	Smoltteja (n)	Yhteispaino (g)	Keskipaino (g)	%	g/hauki	n/hauki
E1	47	89	3 396	38	88,2	72	1,9
E2	11	33	1 398	42	96,6	127	3,0
E3	22	100	2 901	29	93,9	132	4,5
E	19	26	1 084	42	94,9	57	1,4
P	48	3	121	40	20,8	3	< 0,1

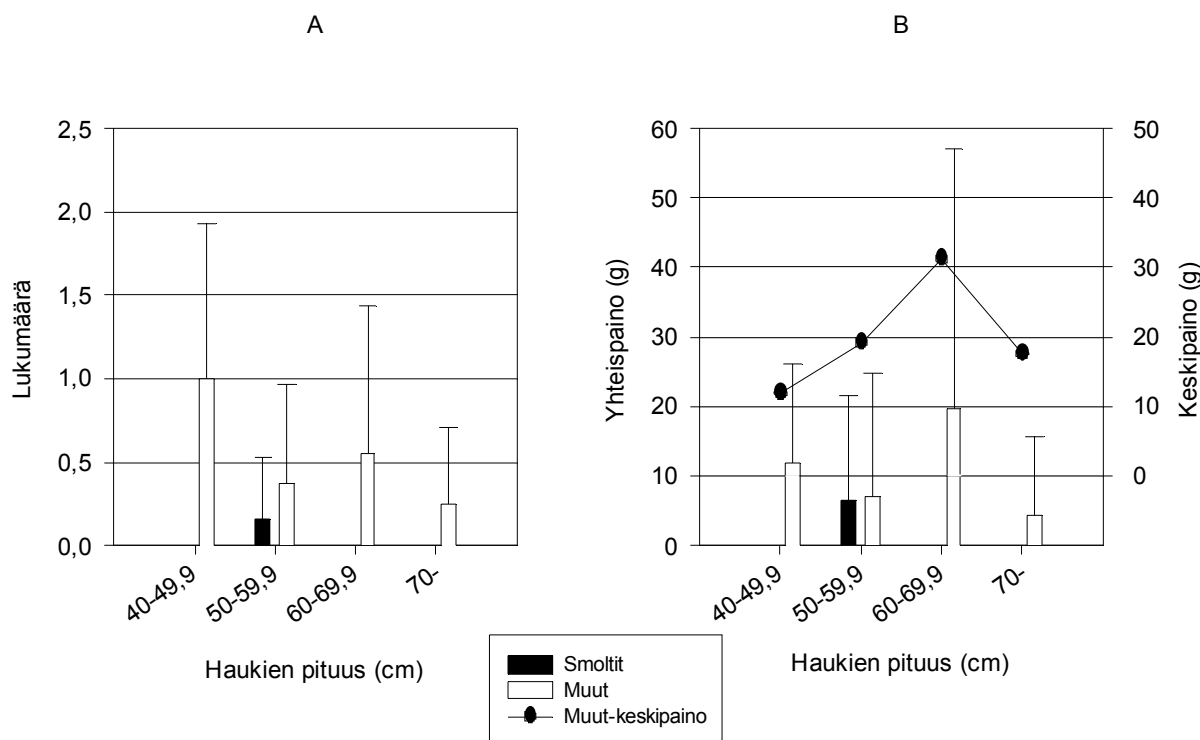
Syötyjen smolttien keskipaino oli pienin alueella 3 (29 g), kun se muilla alueilla oli noin 40 g (taulukko 4). Alueen 3 haukien pyynti tapahtui pääosin varsinaisen takaisinpyynnin (kalastuskilpailu) jälkeisellä verkkopyynnillä. Siten pienempi smolttien keskipaino johtuu osaksi siitä, että kyseisen alueen hauilla on ollut enemmän aikaa sulattaa syömiään kaloja. Sulatteluajan pituus näkyikin alueen 3 smolteille määritetyissä sulamisasteissa, sillä 41 % määritetyistä smolteista luokiteltiin pahoin sulaneiksi. Alueilla 1 ja 2 pahoin sulaneita smoltteja oli kummallakin alueella vain 21 %. Lisäksi on havaittu, että haukien syödessä useita saaliskaloja peräjälkeen ravinnon poistumisnopeus mahalaukusta kasvaa (Windell 1978 Tammi ja Kuikka 1994:n mukaan). Pelkääntään saaliin sulamisella ei kuitenkaan voida alueen 3 smolttien pientä keskipainoa selittää, vaan näyttäisi siltä, että kyseisellä alueella syötyjen poikasten keskipaino todella oli pienin (luku 3.4.5.).

3.4.4. Haukien saaliin koostumus vertailualueella (Pohjoishaara)

Pohjoishaaran 48 hauesta 22 yksilöä (45,8 %) oli syönyt ravintoa, yhteensä 581 g, josta tunnistetun ravinnon osuus oli 578 g. Vain 3 haukea (6,3 %) oli syönyt smoltin, kunkin yhden kappaleen. Muita kaloja alueen hauet söivät yhteensä 23 kpl, joten smolttien

osuus kalojen yhteismäärästä oli 11,5 %. Kappalemääräisesti runsaimmat ravintokohteet olivat kiiski, tunnistamattomat kalat, nahkiainen ja ahven.

Alle 80 cm:n hauilla ravintoa syöneiden kalojen osuus pieneni haukien pituuden kasvaessa jokaisessa pituusluokassa. Pienimmistä 40–49,9 cm:n kaloista 62,5 % oli syönyt ravintoa, kun 70–79,9 cm:n hauilla osuus oli enää 28,6 %. Poikkeuksena olivat suuret, yli 80 cm:n hauet, joilla osuus jälleen kasvoi (40,0 %). Alle 40 cm:n haukia ei aineistossa ollut lainkaan. Smoltteja syöneet hauet kuuluivat kaikki pituusluokkaan 50–59,9 cm (kuva 11). Kappalemääräisesti eniten muita kalalajeja olivat syöneet 40–49,9 cm:n hauet (1,0 ±0,9 kpl) ja saaliin painon perusteella 60–69,9 cm kalat (19,8 ±37,2 g). Haukien pituuden ja syötyjen kalojen keskipainon välillä ei havaittu selvää riippuvuutta. Smoltteja syöneet hauet olivat kaikki naaraita, mutta muita kaloja koiraat olivat syöneet naaraita enemmän, keskimäärin 0,7 ±0,9 kpl (naaraat 0,4 ±0,6 kpl). Koirailta myös syötyjen kalojen keskipaino oli huomattavasti naarashaukia suurempi, 29 g (naarailla 15 g), vaikka kooltaan koiraat (56,5 cm) olivatkin keskimäärin naaraita (63,3 cm) pienempiä.



Kuva 11. Vertailualueen haukien keskimääräiset smolttien ja muiden kalojen lukumäärät (\pm keskihajonta) (A) sekä yhteispainot (\pm keskihajonta) ja muiden kalojen keskipainot (B) eri pituusluokissa. Kaloja syöneitä yli 70 cm:n haukia oli vain 3. Saaliskalojen sulamisen vaikutusta yhteis- ja keskipainoihin ei ole huomioitu.

3.4.5. Smolttien puuttuvien kokonaispituuksien ja –painojen määrittäminen

Ravinnon sulamisen aiheuttamaa vääristymää syötyjen smolttien kokonaismitoissa tutkittiin luvussa 2.7. esitettyjen regressiomallien avulla. Smolttien kokonaispituuksia ennustavissa kahdessa mallissa selitysasteet olivat 0,936 ja 0,988, joten kummankin mallin avulla voitiin selittää yli 90 % kokonaispituuden vaihtelusta. Pituus-paino-suhdetta ennustavassa mallissa selitysaste oli myös yli 90 % (0,919), joten käytettyjen kolmen regressiomallin avulla sekä puuttuvien pituuksien että painojen luotettava ennustaminen oli mahdollista. Mallien luotettavuutta testattiin lisäksi sulamattomilla

smolteilla, joiden pituudet olivat tiedossa. Mallien antamat ennusteet täsmäsivät mitattujen arvojen kanssa hyvin. Mitattujen 58 smoltin keskipituudeksi laskettiin 174,7 mm, kun mallien antamista ennusteista lasketut keskiarvot olivat 174,2 ja 174,6 mm. Pituus-paino –suhdetta ennustavan mallin mukainen smolttien keskipaino oli 49 g. Kyseisen mallin luotettavuutta ei voitu käytännössä tutkia ravinnon sulamisen aiheuttaman painon vääristymän takia. Joka tapauksessa syötyjen smolttien keskipituus ja –paino vastasivat varsin hyvin istutettujen smolttien keskikokoa (172 mm ja 45 g). Saalistusta edeltävät painot ja pituudet pystyttiin laskemaan 125 smoltille.

Käytetyn smolttien kokonaispainoa ennustavan mallin tulokset tukevat edellä esitettyä havaintoa, jonka mukaan suuret hauet söivät pienempiä lajitovereitaan suurempia saalissmolttia. Yli 60 cm:n hauilla sekä syötyjen smolttien keskipaino (t-testi, $p = 0,013$) että –pituus (t-testi, $p = 0,045$) olivat suurempia kuin alle 60 cm:n mittaisilla lajitovereillaan (taulukko 5). Eri sukupuolet olivat syöneet keskimäärin lähes samankokoisia smoltteja, kuten luvussa 3.4.2. todettiin. Alueiden välisessä vertailussa voitiin havaita, että keskimäärin pienimmät smoltit syötiin alueella 3 ja suurimmat alueella 2. Tilastollisesti merkitsevää eroa eri alueiden saalissmolttien painojen ja pituuksien välille ei löydetty (varianssianalyysi, $p = 0,080$ ja $0,076$). Yhteenvetona voidaan todeta, että regressiomallien avulla lasketut tulokset ovat yhteneväisiä edellä esitettyjen suorien mittaustulosten kanssa

Taulukko 5. Regressiomallien avulla lasketut 125 smoltin keskimääräiset painot ja pituudet eri pituusluokkiin luokitelluilla hauilla (A) sekä eri pyyntialueilla ja sukupuolilla (B). Pituusluokan 40-49,9 cm arvot perustuvat vain yhden smoltin mittoihin, joten kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei kyseisen pituusluokan saaliista voi tehdä.

A					
Smoltit	Haukien pituusluokat (cm)				
	40-49,9	50-59,9	60-69,9	70-79,9	80-
Paino (g)	36	44	49	49	52
Pituus (cm)	159,0	169,0	175,4	175,2	180,1

B						
Smoltit	Haukien pyyntialue				Sukupuoli	
	1	2	3	E	♀	♂
Paino (g)	51	52	44	50	50	48
Pituus (cm)	178,1	179,1	168,9	177,7	175,8	174,5

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Haukien populaatiokoon arviointimenetelmän luotettavuus Pyhäjoella

Merkintä-takaisinpyynnin tavoitteena Pyhäjoella oli saada mahdollisimman tarkka arvio smoltteja syöneiden haukien yksilömäärästä tutkimusalueella. Populaatiokoon arviointia kuitenkin vaikeuttavat monet tekijät, kuten mm. erot kalojen pyydystettävyydessä (Pierce 1997). Pyydystettävyyteen puolestaan vaikuttaa käytettyjen pyydyksien selektiivisyys. Muita huomioon otettavia virhetekijöitä ovat mm. merkinnän aiheuttama kuolleisuus ja merkkien irtoaminen sekä merkkien raportoimattomuus (Friman ym. 1999).

4.1.1. Pyydysten selektiivisyys

Pyydysten selektiivisyys voi olla erilainen esimerkiksi eri ikä- ja kokoluokilla sekä sukupuolilla (Hamley 1975). Erityisesti verkkojen selektiivisyyttä on tutkittu paljon ja on havaittu, että verkot pyytävät erikokoisia kaloja hyvin valikoivasti. Verkkojen pyyntitehon on osoitettu heikentyvän merkittävästi, jos kalojen koko poikkeaa vain 20 % optimaalisesta. Siten populaation yksilöiden kokojakaumasta voidaan verkoilla pyydystettäessä saada varsin vääristynyt kuva, erityisesti käytettäessä näytteenotossa hyvin suppeaa silmäkokojakaumaa. Kalan ympärysmitta on tärkein optimaaliseen silmäkokoan ja kalan verkkoon tarttumiseen vaikuttava tekijä (Kurkilahti 1999). Silmäkokoan ohella myös useat muut verkon ominaisuudet, kuten hapaan näkyvyys ja materiaali sekä langan paksuus, vaikuttavat kalojen tarttumiseen ja kiinni pysymiseen. Lisäksi on havaittu, että pienisilmäiset verkot pyytävät suhteessa huonommin kalaa kuin suuret silmäkoot. Kalojen ja verkon kohtaamistekijä (encounter factor) kasvaa kalojen koon kasvaessa, eli suuremmilla kaloilla on suurempi todennäköisyys jäädä saaliiksi (mm. Rudstam ym. 1984, Pierce ym. 1994, Pierce 1997). Siten pienet kokoluokat voivat jäädä näytteessä aliedustetuiksi, vaikka silmäkokojakauma käsittäisi myös pienille kaloille optimaalisia silmäkokoja.

Tutkittaessa verkkojen selektiivisyyttä erikokoisilla hauilla on havaittu, että verkot pyytävät haukia tehokkaimmin, kun hauen pituuden ja verkon silmän ympärysmittan suhde on 3,5–3,7:1 (Pierce ym. 1994). Suhdeluvun ollessa 3,2–4,5:1 haukien pyydystettävyys oli edelleen suhteellisen hyvä, mutta sitä suuremmilla ja pienemmilla arvoilla se pieneni nopeasti. Tämän oletuksen perusteella Pyhäjoella käytetyt 50–60 mm:n (silmän ympärysmitta 20–24 cm) verkot olisivat pyytäneet parhaiten noin 70–90 cm:n ja suhteellisen hyvin myös 64–108 cm:n kaloja. Verkoilla ei tutkimuksen aikana saatu yhtään alle 50 cm:n haukea. Käyttämämme silmäkoot pyysivät siten selektiivisesti vain yli 50 cm:n kaloja, ja verkkojen optimaalisin saaliskoko onkin siten ollut todennäköisesti huomattavasti suurempi. On kuitenkin huomioitava, että tutkimuksessaan Pierce ym. (1994) tutkivat verkkojen selektiivisyyttä vain 30–60 cm haukien osalta, eivätkä mallin ennustamat arvot välttämättä pidä paikkaansa muilla kokoluokilla.

Kalojen kuntokerroin voi vaikuttaa verkkojen selektiivisyyteen (Kurkilahti ym. 2002), ja siten muutokset kalan ympärysmittassa voivat vaikuttaa optimaaliseen verkon silmäkokoan. Alueella 3 verkolla pyydettyjen haukien kuntokertoimet olivat suurista saalismäärästä johtuen keskimääräistä suurempia. Tästä huolimatta alueen haukien keskipituus ei kuitenkaan poikennut ennen istutusta verkoilla pyydettyjen haukien keskipituudesta. Näin ollen kalojen kuntokertoimen muutosten ei tässä tutkimuksessa voitu osoittaa vaikuttaneen verkkojen selektiivisyyteen.

Rysien selektiivisyyttä on tutkittu suhteellisen vähän, mutta on todettu, että rysien selektiivisyys on pienempi kuin monilla muilla pyydyksillä (Hayes 1989). Lisäksi rysät

pyytävät kaloja laajemmalla kokojakauma-alueella kuin useat muut pyydykset. Hanchin ym. (2002) totesivat rysien pyytävän etenkin pieniä kokoluokkia verkkoja paremmin. Lisäksi he huomasivat, että erityisesti rysien ja verkkojen yhteissaalis antaa parhaimman kuvan matalien järvien kalayhteisöistä. Pyhäjoella rysillä pyydettyjen haukien keskikoko (60,8 cm) oli verkkohaukia (65,4 cm) pienempi. Rysähaukien todellinen keskikoko oli vieläkin pienempi, koska saaliiksi saatuja alle 40 cm:n haukia ei huomioitu keskikokoja laskettaessa. Myös rysähaukien kokojakauma oli laajempi (40,5–105 cm) verkoilla saatuihin (50–101 cm) verrattuna. Rysien pyytämien kalojen määrään ja kokoon vaikuttaa myös käytetyn silmäkoon suuruus. Besler ym. (1998) havaitsivat tutkimuksessaan, että saadun saaliin määrä kasvoi rysien solmuvälien (13, 19 ja 25 mm) kasvaessa. Saatujen kalojen kokojakauma oli silti lähes samanlainen kaikilla rysillä. Saaliin koostumuksen perusteella tässä tutkimuksessa käytetyt rysät pyysivät suhteellisen hyvin myös pienempiä, 40–50 cm:n haukia.

Viehepyynnin selektiivisyyttä on tutkittu hyvin vähän. On havaittu, että kalastajakohdattaiset saaliit ja myös kalastajien väliset erot haukien pyydystettävyydessä vaihtelivat huomattavasti, eikä populaation tiheyden ja haukien pyydystettävyyden välillä havaittu riippuvuutta (Pierce ja Tomcko 2003). Takaisinpyyntivaiheessa vieheellä saatujen haukien pituusjakauma oli suhteellisen laaja, ulottuen noin 30 cm:n hauista lähes metrin mittaisiin (96,5 cm). Verrattaessa takaisinpyynnissä saatujen, yli 40 cm:n viehe- ja verkkohaukien pituusluokkajakaumaa havaittiin, että verkoilla saatiin isompia haukia.

Kaiken kaikkiaan haukien merkinnässä saatiin rysä- ja verkkopyynnin avulla todennäköisesti suhteellisen edustava otos tutkimusalueen yli 40 cm haukien kokojakaumasta. Sekä merkinnässä että takaisinpyynnissä saatujen haukien pituusjakaumat vastasivat hyvin toisiaan. Siten voidaankin olettaa, että myös takaisinpyynnissä saadut hauet edustavat hyvin todellista populaatiota.

4.1.2. Petersen-estimaatin luotettavuus

Populaatiokoon aliarviointi on monissa tutkimuksissa ollut varsin yleistä (Buck ja Thoits 1965, Pierce 1997). On havaittu, että merkittviä yksilöitä voidaan takaisinpyynnissä saada enemmän kuin niiden todellinen runsaus edellyttäisi. Pyydystettävyyseroja voidaan vähentää mm. satunnaisen näytteenoton avulla sekä käyttämällä merkinnässä ja takaisinpyynnissä erilaisia näytteenottotekniikoita (Seber 1982). Pierce (1997) tutki haukien populaatiokoon arvioinnissa käytettyjen yleisimpien arviointimenetelmien, yksinkertaisen ja moninkertaisen merkintä-takaisinpyynnin sekä poistopyynnin, luotettavuutta. Petersen-estimaattiin perustuvassa yksinkertaisessa merkintä-takaisinpyynnissä merkittävät hauet pyydettiin rysillä ja takaisinpyynti tapahtui verkoilla. Tutkimuksessa havaittiin Petersen-estimaatin antavan luotettavimman kuvan haukien todellisesta populaatiokoosta, vaikka sekin hiukan aliarvioi todellista yksilömäärää. Edelleen parempi tulos saatiin, kun haukien eri pituusluokille arvioitiin omat runsausestimaattinsa ja kokonaismäärä arvioitiin laskemalla yhteen osapopulaatioiden yksilömäärät. Näin saatiin 4 % suurempia arvoja kuin suoraan koko populaation kokoa arvioimalla. Tämän kaltainen eri pituusluokkiin jaettujen osapopulaatioiden runsausarviointi ei Pyhäjoella ollut mahdollista, koska haukien määrä oli siihen liian vähäinen. Myöskään pyydysten paikkoja ei satunnaistettu, vaan pyynti tapahtui lähinnä kasvillisuusrannoilla. Toisaalta juuri kutuaikana kaikki sukukypsät kokoluokat hakeutuvat samoille alueille, mikä tasapuolistaa pyydystettävyyttä (Tammi ja Kuikka 1994). Koska Petersen-estimaatti kuitenkin antanee varsin luotettavan arvion populaatiokoosta myös arvioitaessa kokoa suoraan koko populaatiolle, voidaan menetelmän avulla saatua arviota (1 507 yksilöä) pitää melko luotettavana myös tässä tutkimuksessa. Kuitenkin haukien runsausarviossa saatu 95 %:n luottamusväli oli suhteellisen suuri, 1 012–4 731 yksilöä. Luottamusvälin pienentäminen olisi vaatinut tuntuvasti suurempaa aineistoa, minkä hankkiminen ei resurssien vähäisyyden takia ollut mahdollista.

4.1.3. Muut populaatiokoon arvioinnin luotettavuuteen vaikuttavat tekijät

Petersen-estimaatin luotettavuuteen vaikuttavat mm. merkintäkuolleisuus ja merkkien irtoaminen sekä merkkien raportoimattomuus (Friman ym. 1999). Merkinnästä ja haukien pyynnistä aiheutuva kuolleisuus oli todennäköisesti hyvin vähäistä (luku 3.1.). Myöskään merkkien irtoaminen ja merkittyjen haukien mahdollinen kalastuskuolleisuus eivät suoritettun kyselyn perusteella vaikuttaneet tulosten luotettavuuteen. Kalastajien määrä tutkimusalueella oli tutkimuksen aikana hyvin vähäinen, ja siksi kalastuskuolleisuutta ei todennäköisesti esiintynyt. Hauet pysyivät merkittyjen haukien liikkuvuuden perusteella tutkimusalueella todennäköisesti koko tutkimuksen ajan, eikä yhdensuuntaista liikettä pois alueelta havaittu.

4.2. Tutkimusalueen hauet keskittyivät syömään lohen vaelluspoikasia

Hauki on opportunistinen saalistaja, joka pystyy hyödyntämään hyvin ravinnon määrän ja koostumuksen ajalliset vaihtelut (Reist 1983, Adams 1991). Tutkimusalueen osalta haukien predaatio kohdistuikin välittömästi lohismolttien istutuksen jälkeisenä aikana pääosin juuri istutettuihin vaelluspoikasiin. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että petojen lohenpoikasiin kohdistama saalistuspaine lisääntyy lohen smolttivaelluksen aikana, jolloin smoltit vaeltavat suurina parvina kohti merta (Poe ym. 1991, Vigg ym. 1991, Tabor ym. 1993, Beauchamp 1995). Pedot voivat myös kerääntyä istutuspaikkojen läheisyyteen (Larsson 1985) ja jokien suualueille (Hvidsten ja Mokkelgjerd 1987) saalistamaan, jolloin istukkaiden kuolleisuus voi lisääntyä merkittävästi. Petoja houkuttelevat paikalle etenkin suurien istutuserien takia syntyvät luonnottoman suuret smolttitiheydet (Collis ja Beaty 1995, Shively ym. 1996). Pyhäjoen tapauksessa haukien kerääntymistä varsinaiselle istutuspaikalle pyrittiin ehkäisemään istuttamalla poikaset tutkimusalueen ulkopuoliseen Ruukinkoskeen (kuva 1), jossa haukien määrän oletettiin olevan tutkimusaluetta pienempi. Varsinaisella tutkimusalueella virtauksen hidastumisen ja joen leventymisen takia olosuhteet haukien predaatiolle olivat suotuisat ja haukitiheys olikin varsin suuri (17 yksilöä ha⁻¹).

Vertailualueella hauet eivät olleet keskittyneet yhtä voimakkaasti pelkästään yhteen saalistajiin, vaan hauet olivat syöneet suhteellisen tasaisesti useita eri kalalajeja. Koska vertailualueelle ei ennen takaisinpyyntiä istutettu lainkaan lohenpoikasia, smolttien vähäinen määrä haukien ravinnossa viittaisi siihen, että luontaisesti smolttiutuneiden kalojen vaellus oli hyvin vähäistä ainakin koepyyntin (25.–26.5.) aikana. Myös Etelähaarassa smolttien vaellus oli tutkimusalueen yläpuolisen smolttien koepyyntin saaliin perusteella käytännössä ohi, sillä 95 % kevään 2002 saaliista oli saatu 22.5. mennessä (Keijo Juntunen, suullinen tiedonanto). Siten voidaan olettaa, että tutkimusalueen haukien syömät smoltit olivat suurelta osin peräisin takaisinpyyntiä edeltäneestä istutuksesta. Saatujen tulosten voidaankin olettaa kuvaavan hyvin juuri vastaistutettujen vaelluspoikasten alttiutta predaatiolle.

4.3. Suuret hauet söivät pieniä enemmän

Eläinten syömän ravinnon määrää rajoittavat mm. mahalaukun rajallinen kapasiteetti (Magnuson 1969) ja tarjolla olevan saaliin määrä (Orlova ja Popova 1986). Tässä tutkimuksessa saaliin määrä ei todennäköisesti tutkimusalueen haukien ravinnonottoa juurikaan rajoittanut, ainakaan alueen yläosassa. Sen sijaan etenkin haukien mahalaukun koko rajoitti syötyjen smolttien määrää. On havaittu, että kun saalistuksen kohteena oleva laji esiintyy hyvin runsaslukuisena, pedot syövät tarjolla olevasta ravinnosta tarpeitansa vastaavan määrän ja syödyn saaliin kappalemäärä riippuu yksinomaan petojen lukumäärästä (Ricker 1952 Mann 1982:n mukaan). Etenkin tutkimus-

alueen yläosan verkoilla pyydetyistä hauista lähes kaikki olivat syöneet mahansa äärimmilleen täyteen. Haukien koon kasvaessa myös syötyjen smolttien lukumäärä ja saaliin yhteispaino kasvoivat mahalaukun suuremmasta kapasiteetista johtuen. Hauen koon kasvaessa myös sen energiankulutus kasvaa. Suurikokoiset hauet ovat todennäköisesti myös tehokkaampia saalistajia, mikä helpottaa niiden suuremman energiantarpeen tyydyttämistä (Eklöv ja Diehl 1994). Vertailualueella haukien syömät saalismäärät olivat huomattavasti pienempiä, eikä vastaavaa hauen koon ja saalismäärän välistä riippuvuutta ollut havaittavissa. Myös tyhjien mahalaukkujen määrä oli huomattavasti suurempi. Tyhjämaahaisten haukien suuri määrä onkin varsin tavallista haukien ”normaalissa” ravinnonkäytössä (Diana 1979), jollaista vertailualueen haukien ravinnonoton juuri oletettiin edustavan.

Hauki saalistaa valikoivasti tietyn kokoisia saaliskaloja (Nursal 1973, Hart ja Connellan 1984, Nilsson 2000). Hauen on havaittu syövän erityisesti kaloja, joiden pituus on noin $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ sen omasta pituudesta. Saaliskalan ruumiin muoto vaikuttaa saalistettavan lajin valintaan. Valikoimalla suhteellisen pieniä ja matalaruumiisia kaloja hauki voi minimoida saaliin nielemiseen vaadittavan ajan. Saaliin morfologia ja lisäksi myös mm. pedon ja saalin kohtaamisen todennäköisyys (encounter rate) sekä pedon hyökkäämistehokkuus (attack efficiency) vaikuttavat syödyn saaliin kokoon (Hirvonen ja Ranta 1996). Jos saaliskala on kooltaan liian kaukana optimaalisesta, hyökkäämistehokkuus voi heikentyä huomattavasti. Myös saaliin nielemistä edeltävä käsittelyaika voi pidentyä saaliin koon kasvaessa (Hart ja Connellan 1984).

Hauen ravinto muotoutuu lähinnä saalislajien runsauden ja saatavuuden perusteella, eikä hauen pituuden ja saaliskalan pituuden välillä olekaan välttämättä selvää korrelaatiota (Korhonen ja Heikinheimo-Schmid 1993). Suurikaan hauki ei saalista pelkästään kookkaita saaliskaloja, jos pieniä ravintokohteita on runsaasti ja helposti pyydetävissä. Pyhäjoella petoihin tottumattomien smolttien runsaasta tarjonnasta johtuen myös suuret, yli 80 cm:n hauet keskittyivät syömään optimikokoaan pienempiä smoltteja. Suurien haukien syömät smoltit olivat kuitenkin kooltaan keskimäärin hiukan suurempia kuin pienillä hauilla. Pituusluokkien väliset erot eivät silti ole etenkään smolttien pituuden osalta suuria, mutta silti luokittain kasvava trendi on havaittavissa (taulukko 5). Tässä yhteydessä on myös otettava huomioon, että istutuserän kalojen alamitta oli 140 mm ja suurimmat kalat olivat pituudeltaan noin 200–210 mm. Siksi kovin merkittäviä eroja saaliin keskipituuksissa ei voitu olettaakaan löytyvän. Vaikuttaisi siltä, että hauet söivät keskimäärin hiukan pienempiä smoltteja alueella 3 kuin tutkimusalueen alaosassa, vaikka tilastollisia eroja ei löydettykään. Onkin havaittu, että hauet voivat valikoida tarjolla olevan saalislajin keskimääräistä pienempiä yksilöitä (mm. Mauck ja Coble 1971, Hart ja Hamrin 1988, Nilsson ja Brönmark 2000a, 2000b) ja tämä on mahdollista myös smolttipredaatioissa. Eräänä tärkeimpänä syynä pienten saaliskalojen suosimiseen on suurempien saaliskokojen vaatima pidempi käsittelyaika (Nilsson ja Brönmark 2000a, 2000b). Manipulaatioajan kasvamisen myötä riski muiden haukien aiheuttamalle kleptoparasitismille (saaliin ryöstäminen), häirinnälle ja jopa kannibalismille kasvaa. Saalistaan käsittelevä hauki houkuttelee paikalle muita haukia, jotka voivat pahimmassa tapauksessa syödä sekä saaliin että sen saalistaneen hauen. Siten pienten saaliskalojen valikointi voikin olla strategia, jonka avulla yksilö minimoi riskit tulla haavoitetuksi tai syödyksi (Nilsson ym. 2000). Pieniä saaliskaloja suosivan strategian edut tulevat esille etenkin suurissa haukitiheyksissä. Haukien selektiivisyys vaikuttaa myös saalislajin kokojakaumaan, ja suurissa haukitiheyksissä saalislajin suuresta yksilökoosta voikin olla hyötyä pienentyneen predaatoriskin muodossa. Alueella 3 haukitiheys on alueen pienuudesta johtuen voinut nousta varsin suureksi. Siten syötyjen smolttien pienempi keskikoko voikin johtua juuri alueen suhteellisen suuresta haukimäärästä ja haukien keskinäisen kilpailun aiheuttamasta pienempien saaliskalojen suosimisesta.

Hauen syömien saaliskalojen kokoa rajoittaa hauen kidan koko (Nilsson ja Brönmark 2000a). Hauki nielee saaliskalansa yleensä pää edellä ja saaliin ollessa kyljellään (Reimchen 1991). Saaliskalan nielemistä ei yleensä estä saaliin liiallinen pituus, vaan

rajoittavana tekijänä on lähinnä saaliskalan ruumiin korkeus. Alle 40 cm:n mittaiset hauet eivät olleet syöneet lainkaan smoltteja. Havainto selittyikin lähinnä istutettujen smolttien suurella koolla (ruumiin korkeudella), sillä sopivan kokoisia saaliskaloja ei hauille ollut juuri tarjolla. Myös saalistajan ja saaliskalojen uintinopeudella on havaittu olevan merkitystä saaliin koon määräytymisessä (Christensen 1996, Lundvall ym. 1999). Kalojen koon kasvaessa niiden maksimaalinen uintinopeus kasvaa (Beamish 1978). Mitä suurempi saaliskalan koko on suhteessa saalistajan kokoon, sitä paremmat mahdollisuudet saaliskalalla on päästä karkuun. Saalistajan uintinopeus hyökkäyksen aikana on pienempi kuin pedon maksimaalinen uintinopeus, koska saaliin arvaamatomat liikkeet vaativat tarkkaa liikkeiden kontrollointia (Lundvall ym. 1999). Kun saaliin koko (uintinopeus) on optimaalista suurempi, etenkin saalistajan hyökkäyksen aikaisten liikkeiden tarkkuus kärsii, vaikka uintinopeus riittäisikin saaliin kiinni uimiseen. Näin ollen alle 40 cm haukien osalta myös smolttien uintinopeus on voinut rajoittaa saalistuksen tehokkuutta. Kyseisen kokoluokan haukia oli aineistossa varsin vähän. Joka tapauksessa alle 40 cm haukien syömien smolttien määrä on todennäköisesti ollut hyvin vähäinen, eikä sillä siksi ole ollut juurikaan vaikutusta kokonaiskuolleisuuteen.

4.4. Naaraat olivat ahneempia kuin koiraat

Naarashaukien vuotuisen ravinnonkulutuksen on arvioitu olevan 1,1–1,3 -kertainen koiraisiin verrattuna (Diana 1983). Suurempi energiankulutus johtuu etenkin naaraiden munarauhasten kasvuun kuluva suuremmasta energiantarpeesta ja siten suuremmista lisääntymiskustannuksista. Lisääntymiskauden aikana haukien ravinnonottoaktiivisuus on pieni, vaikka energiantarve on suuri (Diana 1979, Diana ja Mackay 1979). Molemmilla sukupuolilla syödyn ravinnon määrä on suurimmillaan kutuajan jälkeen touko-elokuussa, jolloin lisääntymisessä kuluneet energiavarastot täydennetään. Lisäksi on havaittu, että naarashauilla ravinnonkulutus lisääntyy kudun jälkeen huomattavasti koiraita enemmän (Tammi ja Kuikka 1994). Myös hauen suosimien saaliskalojen runsas esiintyminen lisää haukien saalistusaktiivisuutta (Orlova ja Azhigaliyeva 1984).

Pyhäjoella hauen lisääntymiskausi päättyi noin 1–2 viikkoa ennen smolttien istutusta. Siten istutus todennäköisesti ajoittui ajankohtaan, jolloin haukien ravinnonottoaktiivisuus oli suuri. Lisäksi smolttien runsas esiintyminen lisäsi sitä entisestään. Naaraat söivät tutkimusalueella smoltteja ennako-odotusten mukaisesti koiraita enemmän. Naarailta syötyjä smoltteja löytyi keskimäärin 3,5 kpl eli 2,5 kertaa koiraita (1,4 kpl) enemmän. Naaraat tosin olivat keskimäärin koiraita suurempia, sillä naaraiden keskipituus oli 63,8 cm ja koiraiden 55,7 cm. Pelkästään kokoerot eivät silti riittäneet naaraiden suurempaa saalismäärää. Eri sukupuolien syömät smoltit olivat keskimäärin samankokoisia, joten koiraat olivat saalistaneet pituuteensa nähden suurempia smoltteja. Koirailta smolttien koko oli regressiomalleilla laskettuna keskimäärin 175 mm eli 31 % hauen pituudesta. Vastaavasti naaraiden syömien, keskimäärin 176 mm pitkien, smolttien osuus hauen kokonaispituudesta oli keskimäärin 27 %. Kumminkin sukupuolet söivät siten keskimääräisesti saaliskaloja, jotka olivat pituudeltaan noin $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ hauen pituudesta. Kuten luvussa 4.3. todettiin, keskimääräistä suuremmilla hauilla saaliskalat olivat usein tätä pienempiä, koska optimikokoisia saaliskokoja ei istutetuissa smolteissa juurikaan ollut. Joka tapauksessa myös mm. Nilsson (2000) on havainnut haukien suosivan juuri em. pituisia saaliskaloja. Koska koiraat söivät suhteessa suurempia saaliskaloja kuin naaraat, se on voinut heikentää niiden saalistustehokkuutta mm. saaliin käsittelyajan lisääntymisen takia. Muiden kalojen määrät olivat kummallakin sukupuolella niin vähäisiä, että kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei niiden perusteella voitu tehdä.

Vertailualueella syötyjen saaliskalojen vähäisyys johtui todennäköisesti hauen suosimien saaliskalojen vähäisestä määrästä. Onkin havaittu, että kun suosittuja saalistalajeja

ei ole saatavilla riittävää määrää, ravinnon kokonaiskulutus kaloilla yleensä pienenee (Mann 1978). Koiraat olivat smoltit pois lukien syöneet vertailualueella naaraita enemmän. Siten tulos on ristiriidassa edellä mainittujen havaintojen kanssa. Kaloja syöneitä koiraita oli tosin vain 5 yksilöä, ja siksi lasketut keskiarvot eivät välttämättä anna totuudenmukaista kuvaa todellisesta tilanteesta. Lisäksi vertailualueen hauet pyydettiin kaikki vieheillä ja on havaittu, että tällöin syödyn ravinnon määrä mahdollisesti aliarvioidaan (Tammi ja Kuikka 1994), kuten luvussa 4.6. osoitetaan.

4.5. Hauet söivät vähintään 10 % istutetuista smolteista

Vastaistutetut smoltit ovat erityisen alttiita predaatiolle istutuksen jälkeisenä ajanjaksona (Olla ym. 1998). Viljelyperäisten poikasten kyky tunnistaa ja paeta petoja on puutteellinen, koska kalat eivät ole laitostuskasvatuksen aikana koskaan sellaisia kohdanneet. On myös havaittu, että istutettavien poikasten käsittely ja kuljettaminen aiheuttavat istukkaille voimakasta stressiä (Carey ja McCormick 1998). Lohen vaelluspoikaset stressaantuvat huomattavasti jokipoikasista helpommin niin luonnossa kuin viljelyolosuhteissakin. Viljelyperäiset lohet joutuvat kokemaan voimakasta kroonista ja akuuttia stressiä laitostuskasvatuksen, kalojen käsittelyn ja kuljettamisen aikana (Maule ym. 1987 Carey ja McCormick 1998:n mukaan). Voimakas stressaantuminen voi lisätä tällaisten poikasten riskiä joutua petojen saaliiksi (Mesa 1994).

Tutkimusalueen haukien yhteismäärän ja haukien mahoista löydettyjen smolttien lukumäärän perusteella hauet söivät noin 3 900 kpl (10 %) istutetuista smolteista noin 2,5 km pitkällä ja 89 hehtaarin laajuisella tutkimusalueella. Lukua voidaan pitää suhteellisen suurena, kun otetaan huomioon tutkimusalueen pieni koko. Todellisuudessa hauet todennäköisesti söivät smoltteja vieläkin enemmän (luku 4.6.).

Muissa petojen smolteille aiheuttamaa kuolleisuutta arvioineissa tutkimuksissa suurimmassa osassa (80 %) predaatiota pidettiin tärkeänä lohikannan säätelijänä (Mather 1998). Tarkkoja arvioita haukien saalistuksen vaikutuksesta smolttien kuolleisuuteen ei kirjallisuudessa juurikaan ole esitetty. Larsson (1985) arvioi, että villien smolttien kuolleisuus Mörrumjoessa oli 8 kilometrin jokiosuudella noin 35 % ja Emäjoessa 22 kilometrin matkalla noin 48 %. Mainitut luvut ovat arvioita smolttien kokonaiskuolleisuudesta, eikä yksittäisten petolajien predaatiosta ole tietoja. Huomattavasti suurempaan kuolleisuusarvioon päätyivät Jepsen ym. (1998) omassa tutkimuksessaan. Heidän mukaansa 12 km pitkän patoaltaan läpi vaeltaneista viljelyperäisistä lohen ja luonnossa syntyneistä taimenen vaelluspoikasista 90 % kuoli kolmen viikon seurantajakson aikana. Tärkeimmät pedot olivat hauet, jotka söivät 56 % smolteista ja linnut (31 %). Muista Itämeren alueen jokien mahdollisista petokaloista mateiden on arvioitu syöneen noin 30 % istutetuista smolteista Luulajajoella (Larsson ja Larsson 1975. Linnuista smoltteja syövä mm. isokoskelot (*Mergus merganser*) ja tukkakoskelot (*Mergus serrator*) (Feltham ja MacLean 1996) sekä merimetsot (*Phalacrocorax carbo*) (Kennedy ja Greer 1988).

Syötyjen smolttien haukikohtaiset määrät vähenevät tutkimusalueen yläosasta alaspäin edettäessä. Koska ylimmän vyöhykkeen (E3) hauet pyydettiin suurelta osin verkoilla, ei tulosta voida suoraan verrata muiden vyöhykkeiden vieheillä pyydettyjen haukien saaliiseen. Runsaasti smoltteja syöneiden haukien pyydystettävyyttä vieheillä oli vähemmän syöneitä kaloja huonompi. Haukia saatiin kalastuskilpailussa vähiten (3 yksilöä) juuri alueelta 3, jossa haukien voidaan olettaa syöneen eniten smoltteja. Eniten haukia saatiin alueelta 1 (44 yksilöä), jossa hauet olivat syöneet smoltteja vähiten. Haukien merkinnässä tilanne oli päinvastainen. Alueelta 3 saatiin enemmän merkittäviä haukia kuin alueelta 1, eivätkä hauet todennäköisesti vaeltaneet tutkimusaikana juuri ollenkaan. Siten saadut tulokset eivät välttämättä johdu haukien vähydestä alueella 3, vaan syynä voi olla juuri mahojen täyteisyys. Toisaalta alueiden 1 ja 2 haukien aktiivinen saalistusjakso oli mahdollisesti vielä kesken, jonka takia alueiden haukien syömien smolttien määrä voitiin aliarvioida (luku 4.6.).

4.6. Haukien syömien smolttien enimmäismäärä oli 19 %

Vastaistutetut smoltit eivät aina ole fysiologisesti tai käyttäytymiseltään vaellusvalmiita heti vapauttamisen jälkeen, mistä johtuen vaellukselle lähtö voi viivästyä ja alttius predaatiolle kasvaa (Muir ym. 1994). Osa istutetuista smolteista voi olla myös jokeen jääviä varhaiskypsiä kääpiökoiraita. Lisäksi istutuserissä on kaloja, joiden vaellusvalmius on jo alkanut heikentyä ja jotka ovat alkaneet muuttua takaisin jokipoikasiksi. Karkean arvion mukaan noin 5–10 % istutetuista poikasista voisi jäädä jokeen istutuksen jälkeen (Keijo Juntunen, suullinen tiedonanto). Smoltteja liikkui todistettavasti tutkimusalueella ja istutuspaikalla myös vielä kalastuskilpailun jälkeen, mutta haukien pyyntiä voitiin resurssien puutteen takia jatkaa ainoastaan alueella 3. Haukien smoltteihin kohdistuva saalistus jatkui kuitenkin todennäköisesti myös muilla osa-alueilla. Pitempiaikaisesta näytepyynnistä johtuen alueella 3 syötyjen smolttien määrän arvioon vaikuttaa saaliin sulaminen mahalaukuissa. Osa syödyistä smolteista ehti siten varmuudella sulaa tunnistamattomaksi etenkin pyyntijakson loppupuolen hauilla.

Mahdollisena syötyjen smolttien määrän aliarvioon johtavana tekijänä voidaan esille nostaa myös luvussa 4.5 mainittu runsaasti saalista syöneiden haukien haluttomuus liikkua ja ottaa vieheisiin. Etenkin alueella 3 ravintoon sulattelevien haukien pyydystettävyyttä oli todella huono. Hauki onkin saalistusjakson jälkeisenä saaliin sulamisaikana hyvin passiivinen, eikä siten useinkaan ota uutta ravintoa ennen kuin edellinen ateria on käsitelty (Korhonen ja Heikinheimo-Schmid 1993). Lisäksi haukien saalistamiseen käyttämä aika on hyvin lyhyt sen jälkeiseen passiiviseen ajanjaksoon verrattuna (Diana 1979). Saaliin sulamisaika on noin 3 vrk veden lämpötilan ollessa 8–18 °C (Popova 1978). Myös Niva ja Hyvärinen (2001) päätyivät samaan arvioon omassa tutkimuksessaan, jossa veden lämpötila oli 11,4–14,8 °C. On todettu, että saaliin sulamisaika pitenee aterian koon kasvaessa (Tammi ja Kuikka 1994). Siten etenkin paljon smoltteja syöneillä hauilla aika on voinut olla vielä huomattavasti pidempi. Voidaan olettaa, että hauet olivat etenkin alueella 3 vielä takaisinpyynnin alkuvaiheessa sulattamassa syömäänsä saalista. Paikoin ainoana pyyntikeinona oli haukien säilyttely verkkoihin kaislikoista, joissa kalat oleskelivat. Runsaasti saalista syöneiden haukien passiivisuus todennäköisesti vääristää kuvaa syötyjen smolttien kokonaismäärästä, koska etenkin vieheet ilmeisesti pysyivät selektiivisesti keskimääräistä tyhjämahaisempia haukia (katso myös Tammi ja Kuikka 1994). Yhtenä virhetekijänä on otettava huomioon myös, että istutuspaikan sijainnista johtuen predaatiota todennäköisesti esiintyi jo ennen varsinaista tutkimusaluetta (kuva 1). Kirjallisuudessa esitettyä ravintoanalyysien virhetekijää, kalojen oksentamista pyydyksissä, ei tässä tutkimuksessa havaittu (Diana 1979).

Mahanäytteistä löydettyjen smolttien määrä voidaan aliarvioida, jos hauki on pyydetty kesken sen aktiivisen syöntijakson (Diana 1979). Tällöin esimerkiksi heti syöntijakson alussa pyydetty hauki olisi vapaana ollessaan voinut syödä vielä useita smoltteja. On mahdollista, että vielä kalastuskilpailun aikana ainakin joidenkin haukien saalistusjakso oli vielä kesken. Haukien syömien smolttien lukumäärän arviointi alueilla 1 ja 2 perustui pelkästään kalastuskilpailussa 12 tunnin aikana saatuun aineistoon. Tämän sekä edellä mainitun paljon syöneiden kalojen heikon pyydystettävyyden takia haukien saalismäärä todennäköisesti aliarvioitiin kyseisten alueiden osalta. Alueiden 1 ja 2 haukien keskimääräiset smolttimäärät ovat kuitenkin todennäköisesti pienemmät kuin alueella 3. Siten alueen 3 haukien saalismäärä (4,5 kpl/hauki) kuvaa tutkimusalueen haukien syömää smolttien enimmäismäärää, joka olisi noin 6 800 kpl (4,5 x 1 507) (95 % luottamusväli 4 554–21 290). Jos saaliin sulamista mahalaukuissa ja muita edellä mainittuja virhetekijöitä ei oteta huomioon ja noin 10 % (4 000) smolteista oletetaan jääneen istutuspaikalle tai kuolleen ennen tutkimusaluetta, voidaan haukien arvioida syöneen viikon seurantajakson aikana noin 19 % tutkimusalueelle uineista (35 700 yks.) smolteista.

5. Tulevaisuudessa huomioitavat tekijät

Jatkotutkimuksissa tulisi kiinnittää enemmän huomiota kerralla istutettavien kalojen määrään, jotta tässä tutkimuksessa havaitut ongelmat haukien pyydystettävyydessä voitaisiin välttää. Smoltit kannattaisikin todennäköisesti istuttaa useassa pienessä erässä ja pidemmän ajanjakson aikana. Samalla myös haukien takaisinpyynnin kestoa voitaisiin pidentää, mikä mahdollistaisi ravinnonkulutukseen perustuvien menetelmien käytön syötyjen smolttien määrän arvioinnissa (mm. Diana 1979, Hewett ja Johnson 1992 Miinalainen ym. 1998:n mukaan). Siten saataisiin tarkempi kuva predaatiosta, sen kestosta ja myös saaliskalojen sulamisen vaikutusta tuloksiin voitaisiin vähentää. Haukien ajoittain huono pyydystettävyys ei vastaavalla tavalla vaikeuttaisi tutkimuksen onnistumista, jos takaisinpyynti ja mahanäytteiden keruu tapahtuisi pidemmällä aikavälillä. Tällöin saataisiin myös parempi kuva haukien luontaisesta ravinnonkäytöstä, johon kuuluvat sekä aktiiviset saalistusjaksot että niiden väliset pidemmät lepojaksot.

Käytännön istutustyössä suurista istutuseristä voi olla hyötyä istutuspaikan läheisyydessä. Yhdestä suuresta erästä hauet eivät kykene jokialueella syömään kuin pienen osan, koska mm. haukien mahalaukun koko rajoittaa saalistusta. Sen sijaan saman kalamäärän istuttaminen useissa erissä voi johtaa tuntuvasti suurempaan kuolleisuuteen, jos hauet ovat istutuserien välissä ehtineet sulattaa saaliinsa. Ajoittamalla smoltti-istutukset ajankohtaan, jolloin mahdollisimman suuri osa istutusalueen hauista on sulattamassa edellistä saalistaan, voidaan predaatiopainetta tuntuvasti vähentää. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi alueen haukien ”ruokkimista” jollakin muulla haukien suosimalla, vähempiarvoisella kalalajilla, noin 1-2 vuorokautta ennen varsinaista istutuserää. Riittävän runsaana esiintyessään haukien saalistuspaine keskittyisi silloin todennäköisesti juuri näihin kaloihin ja varsinaiseen istutuserään kohdistuva predaatio vähenisi. Käytännön toteutuksen kannalta realistisempi keino olisi kuitenkin istutusten ajoittaminen haukien kutuaikaan. Haukien ravinnonkulutus on tällöin pienimmillään ja naaraat voivat jopa kokonaan paastota ennen kutua (Diana 1979, Tammi ja Kuikka 1994). Istutusten ajoittaminen juuri oikeaan ajankohtaan vaatisi mm. veden lämpötilan ja haukien kutukypsyyden seuranta. Myös mm. istukkaiden kuljetusjärjestelyiltä menettely vaatisi nykyistä suurempaa joustavuutta. Eräänä keinona vähentää istukkaisiin kohdistuvaa saalistusta on istutuspaikan ja lähialueen haukien ja muiden petojen tehopyynti. Tällöin petojen määrän vähentyessä myös syötyjen istukkaiden määrä vähenisi. Lisäksi predaatiota voidaan todennäköisesti pienentää myös viljelyperäisten kalojen synnynnäisten pedonvälttämisyreaktioiden keinotekoisien vahvistamisen avulla (Brown ja Day 2002, Brown ja Laland 2001, Hirvonen 2003).

Istukkaisiin kohdistuva predaatio nähdään usein perusteettomasti pelkästään negatiivisena, istutusten taloudellista tuottavuutta alentavana tekijänä. Laajemmin tarkasteltuna predaatio voidaan kuitenkin nähdä myös merkittävänä lohikannan perimän laatua ylläpitävänä tekijänä, joka karsii populaatiosta (=istutuserästä) petoihin keskimääräistä heikommin sopeutuneita yksilöitä. Laitosympäristössä luonnonvalintaa ei ole, joten ilman smoltteihin kohdistuvaa voimakasta predaatiota myös tällaiset yksilöt voivat jäädä henkiin. Vaikka viljelyperäisten smolttien kuolleisuus voikin heti istutuksen jälkeen olla varsin suurta, ei pelkkä jokisuun saalistuspaineen pieneneminen todennäköisesti paranna suurestikaan lohikantojen tilaa. Lohien lisääntymisen onnistuminen riippuu myös monista muista tekijöistä (Erkinaro ym. 2003). Elvytettävien lohijokiemme ongelmia ovat mm. jokien riittämätön virtaama ja heikko vedenlaatu, kutu- ja poikas- tuotantoalueiden riittämättömyys sekä kudulle pyrkivien lohien liikakalastus. Ilman määrätietoista puuttumista kaikkiin kantojen elpymisen esteenä oleviin ongelmiin lohikantojen elvyttämisyrityksiä tulokset jäävät heikoiksi.

Kiitokset

Tutkimuksen kenttätöissä avustivat mm. Markku Tuuttila, Jorma Tuikkala, Alpo Huhmarniemi ja Lassi Honkanen. Käsikirjoitusta kommentoivat Raimo Parmanne, Eero Jutila, Ismo Holopainen ja Teuvo Niva. Heille, ja kaikille muille työssä mukana olleille, lämpimät kiitokset.

Kirjallisuus

- Adams, C.E. 1991. Shift in pike, *Esox lucius* L., predation pressure following the introduction of ruffe, *Gymnogephalus cernus* (L.) to Loch Lomond. *J. Fish Biol.* 38, p. 663-667.
- Beamish, F.W.H. 1978. Swimming capacity. In: Hoar, W.S. & Randall, D.J. (ed.), *Fish physiology*. Vol. VII. Locomotion. Academic Press, New York, p. 101-187.
- Beauchamp, D.A. 1995. Riverine predation on sockeye salmon fry migrating to Lake Washington. *N. Am. J. Fish. Manage.* 15, p. 358-365.
- Besler, D.A., Bryant, S.L. & Van Horn, S.L. 1998. Evaluation of crappie catch rates and size distribution obtained from 3 different trap nets. *Proc. Annu. Conf. SEAFWA* 52, p. 119-124.
- Brown, C. & Day, R. 2002. The future of stock enhancements: Bridging the gap between hatchery practice and conservation biology. *Fish and Fisheries* 3, p. 79-94.
- Brown, C. & Laland, K.N. 2001. Social learning and life skills training for hatchery reared fish. *J. Fish Biol.* 59, p. 471-493.
- Buck, D.H. & Thoits, C.F. 1965. An evaluation of Petersen estimation procedures employing seines in 1-acre ponds. *J. Wildl. Manage.* 29, p. 598-621.
- Carey, J.B. & McCormick, S.D. 1998. Atlantic salmon smolts are more responsive to an acute handling and confinement stress than parr. *Aquaculture* 168, p. 237-253.
- Christensen, B. 1996. Predator foraging capabilities and prey antipredator behaviours: Pre- versus postcapture constraints on size-dependent predator-prey interactions. *Oikos* 76, p. 368-380.
- Collis, K. & Beaty, R.E. 1995. Changes in catch rate and diet of northern squawfish associated with the release of hatchery-reared juvenile salmonids in a Columbia River reservoir. *N. Am. J. Fish. Manage.* 15, p. 346-357.
- Conover, W.J. 1999. *Practical nonparametric statistics*. John Wiley & Sons, New York, 584 p.
- Diana, J. 1979. The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike (*Esox lucius*). *Can. J. Zool.* 57, p. 2121-2127.
- Diana, J.S. 1983. An energy budget for northern pike (*Esox lucius*). *Can. J. Zool.* 61, p. 1968-1975.
- Diana, J.S. & Mackay, W.C. 1979. Timing and magnitude of energy deposition and loss in the body, liver, and gonads of northern pike (*Esox lucius*). *J. Fish. Res. Bd Can.* 36, p. 481-487.
- Eklöv, P. & Diehl, S. 1994. Piscivore efficiency and refuging prey: the importance of predator search mode. *Oecologia* 98, p. 344-353.
- Erkinaro, J. & Gibson, R.J. 1997. Movements of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr and brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), in lakes, and their impact on single-census population estimation. *Fish. Manage. Ecol.* 4, p. 369-384.
- Erkinaro, J., Mäki-Petäys, A., Juntunen, K., Romakkaniemi, A., Jokikokko, E., Ikonen, E. & Huhmarniemi, A. 2003. Itämeren lohikantojen elvytysohjelma SAP vuosina 1997-2002. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 186, 31 s.
- Feltham, M.J. & MacLean, J.C. 1996. Carlin tag recoveries as an indicator of predation on salmon smolts by goosanders and red-breasted mergansers. *J. Fish Biol.* 48, p. 270-282.

- Friman, T., Koljonen, M.-L., Nyberg, K. & Saura, A. 1999. Kalojen merkintätutkimukset. Teoksessa: Böhling, P. & Rahikainen, M. (toim.), Kalataloustarkkailu – Periaatteet ja menetelmät. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, s. 103-135.
- Hamley, J.M. 1975. Review of gillnet selectivity. J. Fish. Res. Board Can. 32, p. 1943-1969.
- Hanchin, P.A., Willis, D.W. & St.Sauver, T.R. 2002. Comparison of concurrent trap-net and gill-net samples for black bullheads. J. Freshwat. Ecol. 17, p. 233-238.
- Hanski, I., Lindström, J., Niemelä, J., Pietiäinen, H. & Ranta, E. 1998. Ekologia. Wsoy, Juva, 580 s.
- Hart, P.J.B. & Connellan, B. 1984. Cost of prey capture, growth rate and ration size in pike, *Esox lucius* L., as functions of prey weight. J. Fish Biol. 25, p. 279-292.
- Hart, P. & Hamrin, S.T. 1988. Pike as a selective predator. Effects of prey size, availability, cover and pike jaw dimensions. Oikos 51, p. 220-226.
- Hayes, J.W. 1989. Comparison between a fine mesh trap net and five other fishing gears for sampling shallow-lake fish communities in New-Zealand. N.Z. J. Mar. Freshwat. Res. 23, p. 321-324.
- Hewett, S.W. & Johnson, B.L. 1992. Fish bioenergetics model 2. UW Sea grant technical report WIS-SG-92-250. University of Wisconsin-Madison, 79 p.
- Hirvonen, H. 2003. Miten lohikalojen istukaspoikasten selviytymistä voidaan parantaa –Saimaannieriät opintieillä. Julkaisussa: Leskelä, A. (toim.), Kalavesien hoidon uudet tuulet – Kalantutkimuspäivät 2003. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja nro 291, s. 7-11.
- Hirvonen, H. & Ranta, E. 1996. Prey to predator size ratio influences foraging efficiency of larval *Aeshna juncea* dragonflies. Oecologia 106, p. 407-415.
- Hvidsten, N.A. & Møkkelgjerd, P.I. 1987. Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. J. Fish Biol. 30, p. 273-280.
- Jepsen, N., Aarestrup, K., Økland, F. & Rasmussen, G. 1998. Survival of radiotagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. Hydrobiologia 371/372, p. 347-353.
- Juntunen, K., Paso, J. & Jokikokko, E. 2001. Lohi nousee Simojokeen, Kuivajokeen, Kiiminkijokeen ja Pyhäjokeen. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja nro 221, 49 s.
- Kennedy, G.J.A. & Greer, J.E. 1988. Predation by cormorants, *Phalacrocorax carbo* (L.), on the salmonid populations of an Irish river. Aquac. Fish. Mgmt. 19, p. 159-170.
- Koli, L. 1998. Suomen kalat. WSOY, Porvoo, 357 s.
- Korhonen, P. & Heikinheimo-Schmid, O. 1993. Suurten petokalojen ravinto Ontojärven ja Lentuassa ja ravinnonkulutuksen arviointi. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 70, 52 s.
- Kurkilahti, M. 1999. Nordic multimesh gillnet – Robust gear for sampling fish populations. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 27 s.
- Kurkilahti, M., Appelberg, M., Hesthagen, T. & Rask, M. 2002. Effect of fish shape on gillnet selectivity: A study with Fulton's condition factor. Fish. Res. 54, p. 153-170.
- Larsson, H.O. & Larsson P.O. 1975. Predation på nyutsatt odlad smolt i Luleälven 1974. Swedish Salmon Res. Inst. Rep. Nro 9. 14 s.
- Larsson, P.O. 1985. Predation on migrating smolt as a regulating factor in Baltic salmon, *Salmo salar* L., populations. J. Fish Biol. 26, p. 391-397.

- Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.* 20, p. 201-219.
- Lundvall, D., Svanbäck, R., Persson, L. & Byström, P. 1999. Size-dependent predation in piscivores: Interactions between predator foraging and prey avoidance abilities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56, p. 1285-1292.
- Magnuson, J.J. 1969. Digestion and food consumption by skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Trans. Am. Fish. Soc.* 98, p. 379-392.
- Mann, K.H. 1978. Estimating the food consumption of fish in nature. In: Gerking, S.D. (ed.), *Ecology of freshwater fish production*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 250-273.
- Mann, R.H.K. 1982. The annual food consumption and prey preferences of pike (*Esox lucius*) in the River Frome, Dorset. *J. Anim. Ecol.* 51, p. 81-95.
- Mather, M. 1998. The role of context-specific predation in understanding patterns exhibited by anadromous salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55 (Suppl.), p. 232-246.
- Mauck, W.L. & Coble, D.W. 1971. Vulnerability of some fishes to northern pike (*Esox lucius*) predation. *J. Fish. Res. Bd Can.* 28, p. 957-969.
- Maule, A.G., Schreck, C.B. & Kaattari, S.L. 1987. Changes in the immune system of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) during the parr-to-smolt transformation and after implantation of cortisol. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44, p. 161-166.
- Mesa, M.G. 1994. Effects of multiple acute stressors on the predator avoidance ability and physiology of juvenile Chinook salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 123, p. 786-793.
- Miinalainen, M., Vuorimies, O. & Heikinheimo, O. 1998. Hauen ravinto Vuokalanjärvestä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 152, 28 s.
- Muir, W.D., Zaugg, W.S., Giorgi, A.E. & McCutcheon, S. 1994. Accelerating smolt development and downstream movement in yearling Chinook salmon with advanced photoperiod and increased temperature. *Aquaculture* 123, p. 387-399.
- Nilsson, A. 2000. *Pikeivory: Behavioural mechanisms in northern pike piscivory*. Lund University, Sweden, 90 p.
- Nilsson, P.A. & Brönmark, C. 2000a. Prey vulnerability to a gape-size predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *Oikos* 88, p. 539-546.
- Nilsson, P.A. & Brönmark, C. 2000b. The role of gastric evacuation rate in handling time of equal-mass rations of different prey sizes in northern pike. *J. Fish Biol.* 57, p. 516-524.
- Nilsson, P.A., Nilsson, K. & Nyström, P. 2000. Does risk of intraspecific interactions induce shifts in prey-size preference in aquatic predators? *Behav. Ecol. Sociobiol.* 48, p. 268-275.
- Niva, T. & Hyvärinen, P. 2001. Evacuation rates of coded wire tags implanted in prey of northern pike. *N. Am. J. Fish. Manage.* 21, p. 692-695.
- Niva, T., Iivari, J., Savikko, A. & Pasanen, P. 1999. Hauen ja mateen ravinto Tornionjoen ylä- ja alajuoksulla lohien smolttivaelluksen aikana vuosina 1994-1999. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja nro 17, 16 s.
- Nursal, J.R. 1973. Some behavioural interactions of spottail shiners (*Notropis hudsonius*), yellow perch (*Perca flavescens*), and northern pike (*Esox lucius*). *J. Fish. Res. Bd Can.* 30, p. 1161-1178.
- Näpänkangas, J. 2002. Ympäristön tila Pohjois-Pohjanmaalla. <http://www.vyh.fi/tila/ppo/vltiedot/pyhajoki.htm>. 15.10.2002.

- Ojala, K. 1997. Pyhäjokivarren kalastusalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Pyhäjokivarren kalastusalue. 49 s. + liitteet.
- Olla, B.L. & Davis, M.W. 1989. The role of learning and stress in predator avoidance of hatchery-reared coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) juveniles. *Aquaculture* 76, p. 209-214.
- Olla, B.L., Davis, M.W. & Ryer, C.H. 1998. Understanding how the hatchery environment represses or promotes the development behavioural survival skills. *Bull. Mar. Sci.* 62, p. 531-550.
- Orlova, E.L. & Azhigaliyeva, G.K. 1984. Food availability and growth of pike in the Volga delta. *Hydrobiol. J.* 20, p. 26-31.
- Orlova, E.L. & Popova, O.A. 1986. Feeding of predatory fishes in relation to concentration of prey organisms. *J. Ichthyol.* 26, p. 72-79.
- Pierce, R.B. 1997. Variable catchability and bias in population estimates for northern pike. *Trans. Am. Fish. Soc.* 126, p. 658-664.
- Pierce, R.B. & Tomcko, C.M. 2003. Variation in gill-net and angling catchability with changing density of northern pike in a small Minnesota Lake. *Trans. Am. Fish. Soc.* 132, p. 771-779.
- Pierce, R.B., Tomcko, C.M. & Kolander, T.D. 1994. Indirect and direct estimates of gill-net size selectivity for northern pike. *N. Am. J. Fish. Manage.* 14, p. 170-177.
- Poe, T.P., Hansel, H.C., Vigg, S., Palmer, D.E. & Prendergast, L.A. 1991. Feeding of predaceous fishes on out-migrating juvenile salmonids in John Day Reservoir, Columbia River. *Trans. Am. Fish. Soc.* 120, p. 405-420.
- Popova, O.A. 1978. The role of predaceous fish in ecosystems. In: Gerking, S.D. (ed.), *Ecology of freshwater fish production*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 215-249.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1999. *Biometria. Tilastotiedettä ekologeille*. Yliopistopaino, Helsinki, 569 s.
- Reimchen, T.E. 1991. Evolutionary attributes of head first prey manipulation and swallowing in piscivores. *Can. J. Zool.* 69, p. 2912-2916.
- Reist, J.D. 1983. Behavioral variation in pelvic phenotypes of brook stickleback, *Culaea inconstans*, in response to predation by northern pike, *Esox lucius*. *Env. Biol. Fish.* 8, p. 255-267.
- Ricker, W.E. 1952. Numerical relations between abundance of predators and survival of prey. *Canadian Fish Culturist* 13, p. 5-9.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd Can.* 191, Ottawa, 382 p.
- Rudstam, L.G., Magnuson, J.J. & Tonn, W.M. 1984. Size selectivity of passive fishing gear: A correction for encounter probability applied to gill nets. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, p. 1252-1255.
- Seber, G.A.F. 1982. *The estimation of animal abundance and related parameters*. MacMillan, New York, 654 p.
- Shively, R.S., Poe, T.P. & Sauter, S.T. 1996. Feeding response by northern squawfish to a hatchery release of juvenile salmonids in the Clearwater River, Idaho. *Trans. Am. Fish. Soc.* 125, p. 230-236.
- Tabor, R.A., Shively, R.S. & Poe, T.P. 1993. Predation on juvenile salmonids by smallmouth bass and northern squawfish in the Columbia River near Richland, Washington. *N. Am. J. Fish. Manage.* 13, p. 831-838.

Tammi, J. & Kuikka, S. 1994. Hauen ravinnonkäytön ajallinen ja alueellinen vaihtelu kutuaikana. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 78, 43 s.

Vigg, S., Poe, T.P., Prendergast, L.A. & Hansel, H.C. 1991. Rates of consumption of juvenile salmonids and alternative prey fish by northern squawfish, walleyes, smallmouth bass, and channel catfish in John Day Reservoir, Columbia River. Trans. Am. Fish. Soc. 120, p. 421-438.

Windell, J.T. 1978. Digestion and the daily ration of fishes. In: Gerking, S.D. (ed.), Ecology of freshwater fish production. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 159-183.

Yrjänä, T. 1988. Eräiden hauen ja mateen kalastusmenetelmien käyttökelpoisuudesta neljällä kuhmolaisella järvellä. Suomen Kalastuslehti 95, s. 234-238.

Jukka Kekäläinen

Haukien (*Esox lucius* L.) saalistuksen vaikutus istutettujen lohen (*Salmo salar* L.) vaelluspoikasten kuolleisuuteen Pyhäjoella

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viljelyperäisten vaelluspoikasten istuttamisella on keskeinen merkitys entisten lohijokiemme lohikantojen elvyttämisessä. Istukkaisiin kohdistuva saalistus eli predaatio on yksi tärkeimmistä istutusten tuottoa vähentävistä tekijöistä. Tämän työn tarkoituksena oli tutkia haukien predaation vaikutusta vastaistutettujen lohen vaelluspoikasten kuolleisuuteen. Tutkimus toteutettiin Pyhäjoella, joka on yksi luonnonlohikantojen elvyttämiseen tähtäävän Salmon Action Plan -ohjelman kohteista. Haukien syömien istukkaiden määrä arvioitiin määrittämällä tutkimusalueen haukipopulaation koko merkintä-takaisinpyynnillä ja analysoimalla takaisinpyynnissä saatujen haukien syömän ravinnon koostumus. Ennen takaisinpyyntiä tutkimusalueen yläpuolelle istutettiin noin 40 000 lohen vaelluspoikasta. Haukien arvioidun yksilömäärän ja syötyjen smolttien lukumäärän perusteella arvioitiin koko haukipopulaation syömien istukkaiden kokonaismäärä.

Tutkimusalueen haukien määräksi arvioitiin 1 507 (1 012–4 731) yksilöä ja tiheydeksi 17 yks. ha⁻¹. Käytetty populaatiokoon arviointimenetelmä antoi todennäköisesti varsin totuudenmukaisen kuvan haukipopulaatiosta. Hauet söivät arviolta 10–19 % istutetusta smolteista 2,5 km pitkällä ja 89 ha laajuisella alueella viikon seurantajakson aikana. Tutkimusalueen hauet keskittyivät istutuksen jälkeisenä aikana ravinnonotossaan lähes pelkästään istutettuihin smoltteihin. Vertailualueella yksikään saalislaji ei noussut hallitsevaan asemaan haukien ravinnossa. Syötyjen smolttien määrä ja keskikoko kasvoivat haukien koon kasvaessa, ja naaraat söivät istukkaita huomattavasti koiraita enemmän. Alle 40 cm:n hauet eivät olleet syöneet smoltteja lainkaan, koska istukkaat olivat niille liian suurikokoisia (keskimäärin 172 mm, 45 g).

Mahdollisimman suuren eloonjäännin varmistamiseksi smoltti-istutukset tulisi suorittaa silloin, kun haukien ravinnonkulutus on pienimmillään. Käytännössä tämä tarkoittaisi istutusten ajoittamista haukien kutuaikaan tai ajankohtaan, jolloin kylläisten, juuri ravintoa syöneiden haukien määrä on mahdollisimman suuri. Istutusten jälkeisen predaation väheneminen ei välttämättä johda istutusten parempaan tuloksellisuuteen, koska myös monet muut tekijät vaikuttavat lohien lisääntymisen onnistumiseen. Lisäksi istukkaisiin kohdistuva predaatio on todennäköisesti myös tärkeä lohien perimän laatua ylläpitävä tekijä.

lohi, *Salmo salar* L., vaelluspoikaset, kalanviljely, hauki, *Esox lucius* L., saalistus, kuolleisuus

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 194

951-776-487-1

0787-8478

34 s.

Suomi

8 €

Julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Asiakaspalvelu ja myynti

PL 2

Viikinkaari 4

00791 Helsinki

00790 Helsinki

Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

julkaisumyynti@rktl.fi

Inverkan av predation från gädda (*Esox lucius* L.) på dödlighet hos laxsmolt (*Salmo salar* L.) som satts ut i Pyhäjoki älv

Utsättning av odlad smolt har en central betydelse för revitaliseringen av laxstammarna i våra forna laxälvar. En av de viktigaste faktorerna som minskar avkastningen av utsättningarna, är den fångst eller predation som är riktad mot de utplanterade ynglen. Avsikten med detta arbete var att undersöka hur gäddans predation påverkar dödligheten hos nyligen utsatt smolt. Undersökningen utfördes i Pyhäjoki, som är en av älvarna i Salmon Action Plan – programmet, som syftar till en revitalisering av de naturliga laxstammarna. Antalet smolt som ätits av gädda beräknades genom att man bestämde gäddpopulationen i det undersökta området med märkning-återfångstmetod och analyserade sammansättningen av den föda som de återfångade gäddorna intagit. Före återfångsten sattes ca 40 000 smolt ut i älven ovanför försöksområdet. Utgående från det beräknade antalet gäddor och antalet konsumerade smolt kalkylerades det totala antal utsatta smolt som ätits av hela gäddpopulationen.

Antalet gäddor i det undersökta området beräknades till 1 507 (1 012- 4 731) individer och tätheten till 17 ind. per ha⁻¹. Beräkningsmetoden för populationens storlek gav uppenbarligen en rätt sann bild av gäddpopulationen. Gäddorna beräknas under en vecka av uppföljningsperioden ha ätit 10-19 % av de utsatta smolten i försöksområdet, som var 2,5 km långt och omfattade 89 ha. Efter att smolten satts ut riktade gäddorna i försöksområdet sitt näringsintag nästan uteslutande mot de utsatta ynglen. I referensområdet dominerade ingen enskild bytesart i gäddornas föda. Större gäddor konsumerade ett större antal smolt som i genomsnitt var större och honor åt betydligt fler yngel än hanar. Gäddor under 40 cm hade inte ätit smolt över huvud taget, eftersom smolten var för stora för dem (i medeltal 172 mm, 45 g).

För att försäkra sig om en så god överlevnad som möjligt bör utsättning av smolt göras då gäddornas födokonsumtion är som lägst. I praktiken skulle det innebära att utsättningarna görs under gäddans lektid eller under en tidpunkt, då antalet gäddor som nyligen intagit föda dvs antalet mätta gäddor är så stort som möjligt. En minskad predation efter utsättningen leder inte nödvändigtvis till ett bättre resultat, eftersom också många andra faktorer har betydelse för att laxens reproduktion skall lyckas väl. Den predation som riktas mot de utsatta smolten är sannolikt också en viktig faktor för att upprätthålla laxens genetiska kvalitet.

lax, *Salmo salar* L., smolt, fiskodling, *Esox lucius* L., predation, dödlighet

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Publication

May 2005

Author(s)

Jukka Kekäläinen

*Title of Publication***Effects of predation by northern pike (*Esox lucius* L.) on the mortality of introduced salmon (*Salmo salar* L.) smolts in the River Pyhäjoki***Type of Publication*

Research report

Commissioned by

Finnish Game and Fisheries Institute

*Date of Research Contract**Title and Number of Project**Abstract*

The introduction of hatchery-reared smolts of salmon is an important means of restoring depleted salmon stocks in Finland. Predation on hatchery-reared smolts is probably one of the main factors reducing the productivity of stockings. The aim of this work was to study the effects of northern pike predation on the mortality of newly-introduced smolts. The study was done in the River Pyhäjoki, which is one of the rivers in the Salmon Action Plan, a project that aims to restore wild salmon stocks. The number of smolts eaten by pike was evaluated by estimating the size of the pike population by means of a mark-recapture experiment and by studying the stomach contents of pike. Before recapturing the pike, about 40 000 smolts were introduced above the research area. After the number of pike and the average number of smolts in their stomachs were estimated, the total amount of smolts eaten was evaluated.

The estimated size of the pike population was 1 507 (1 012–4 731) individuals and the population density was 17 pikes/hectare. The evaluation method used probably gave a fairly accurate estimation of population size. Pike ate approximately 10–19% of smolts introduced in the 2.5 km long (89 hectare) research area during one week. After the introduction, pike started to feed almost entirely on the introduced smolts in the research area, whereas pike in the control area fed on several species. The amount and average size of smolts eaten grew with pike size, and females ate considerably more than males. Pike under the length of 40 cm did not eat any smolts because of the excessively large size of prey available (average size 172 mm, 45 g).

To maximize the survival of introduced smolts, introductions should occur during the pike's spawning season or when pike are mainly digesting their previous prey, i.e. when their food consumption is low. The decreased predation rate would not necessarily improve the condition of salmon stocks, since many other factors affect the success of introductions. It is also important to realize that predation on the introduced smolts is an essential factor maintaining the genetic quality of salmon stocks.

*Key words*salmon, *Salmo salar* L., smolt, hatchery, northern pike, *Esox lucius* L., predation, mortality*Series (key title and no.)*

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 194

ISBN

951-776-487-1

ISSN

0787-8478

Pages

34 p.

Language

Finnish

Price

€ 8

Confidentiality

Public

Distributed by

Finnish Game and Fisheries Research Institute
Customer Service
P.O. Box 2
FIN-00791 Helsinki, Finland
Phone +358 205 7511 Fax +358 205 751 201
www.rkti.fi

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute
Viikinkaari 4, PO. Box 2
FIN-00791 Helsinki, Finland
Phone +358 205 7511 Fax +358 205 751 201

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

193. HEINIMAA, S., SALONEN, E.

Lokkilapamadon esiintyminen Inarijärven taimenissa ja nieriöissä vuosina 1994–2003. (Måsbinnikemask hos öring och röding i Enare träsk åren 1994–2003). (Occurrence of gull tapeworm in brown trout and arctic char in the Lake Inari in years 1994–2003). 22 s. Helsinki 2005.

192. KERÄNEN, P.

Alitsariinipunainen S (ARS) -väriaineella merkittyjen kalojen otoliittien tulkinta fluoresenssimikroskopiolla. (Analys, med hjälp av fluorescensmikroskopi, av otoliter från fisk, som märkts med alizarinrött S (ARS)). The interpretation of alizarin red S (ARS) labelled fish otoliths with fluorescence microscopy. 34 s. Helsinki 2004.

191. LOUHI, P., MÄKI-PETÄYS, A.

Elämää soraikon ulkopuolella ja sisällä – lohen ja taimenen kutupaikan valinta sekä mädin elinympäristövaatimukset (Livet utanför och inne i grusbädden – laxens och öringens val av lekplats och rommens krav på miljö) (Living outside and inside the gravel – the spawning habitat selection of Atlantic salmon and brown trout and the habitat requirements of intragravel embryos). 23 s. Helsinki 2003.

190. MIKKOLA, J., YRJÖLÄ, R.

Suomalainen vapaa-ajankalastaja ja -kalastus vuosituhannen vaihtuessa. (Fritidsfiskaren och fritidsfisket i millennieskiftets Finland) (Finnish recreational fishermen and fishery at the turn of the century). 35 s. Helsinki 2003.

189. LAUTALA, T.

Hybridisaatio taimenkantojen hoidossa – uhka vai oljenkorsi taimenen monimuotoisuudelle? (Hybridisering av öringstammarna - hot eller halmstrå för diversiteten?) (Hybridization in trout stock management – a threat, or an opportunity for trout diversity?). 21 s. Helsinki 2003.

187. TOIVONEN, A.-L., MIKKOLA, J., SALMI, P., SALMI, J.

Vapaa-ajankalastuksen monet merkitykset. (Det mångfacetterade fritidsfisket) (Multiple dimensions of recreational fisheries). 30 s. Helsinki 2003.

186. ERKINARO, J., MÄKI-PETÄYS, A., JUNTUNEN, K., ROMAkkANIEMI, A., JOKIKOKKO, E., IKONEN, E., HUHMARNIEMI, A.

Itämeren lohikantojen elvytysohjelma SAP vuosina 1997 – 2002. (Vitaliseringsprogrammet för laxstammarna i Östersjön SAP åren 1997-2002) (The Baltic Salmon Action Plan in Finland, 1997-2002). 31 s. Helsinki 2003.

185. KREIVI, P., SIIRA, A., IKONEN, E., SUURONEN, P., HELLE, E., RIIKONEN, R., LEHTONEN, E.

Hylkeen aiheuttamat saalistappiot ja pyydysvahingot lohirsäkalastuksessa vuonna 2001. (Fångstförluster och redskapsskador förorsakade av säl i fisket med laxryssjor år 2001) (Seal-induced damage to salmon trap net fishery in the year 2001). 20 s. Helsinki 2002.

184. SIIRA, A., IKONEN, E., SUURONEN, P., RIIKONEN, R., LEHTONEN, E.

Lohen eloonjäänti rysästä vapauttamisen jälkeen. (Laxarnas överlevnad sedan de släppts ur ryssjan) (Survival of trap net-caught and live-released salmon in the Gulf of Bothnia in Baltic Sea). 24 s. Helsinki 2002.

183.

Vesialueiden omistus ja alueellinen hallinnointi. Muje, K., Tonder, M. (toim.). (Vattenägande och regional förvaltning) (Ownership of water and regional management). 119 s. Helsinki 2002.

182.

Meritaimenen tila ja kalastus Pohjanlahden alueella. Kallio-Nyberg, I., Jutila, E. & Saura, A. (toim.). (Havsöringens tillstånd och havsöringsfisket i Bottniska viken) (The status and fishing of sea trout in the Gulf of Bothnia area). 69 s. Helsinki 2002.

181. ESKELINEN, P., PIIRONEN, J., PRIMMER, C.

Selviävätkö kaikki lohiperheet yhtä hyvin alkukasvatuksen aikana? (Klarar sig alla laxfamiljer lika bra i början av uppfödningen?) (Do all salmon families manage equally during the early culture stages?). 32 s. Helsinki 2002.

180. HUHMARNIEMI, A., ARONSUU, K.

Kalajoen vaellussiika – lisääntymisongelmia ja istukkaiden liikapyyntiä. (Vandringssiken i Kalajoki – reproduktionsproblem och en alltför intensivt fångst av utplanterad fisk) (Whitefish of the River Kalajoki – Problems with natural production and with overfishing of stocked fish). 32 s. Helsinki 2001.

179. NIVA T.

Perämeren ja sen jokien lohi-istutusten tuloksellisuus vuosina 1959-1999. (Utbytet av laxutsättningarna i Bottenviken och dess älvar åren 1959-1999) (Results of salmon smolt releases in the Bothnian Bay from 1959-1999). 67 s. Helsinki 2001.

178. PENNANEN, J. T.

Toutaimen istutukset ja niiden tulokset. (Utsättningar av asp och deras resultat) (Releases of asp and their results). 55 s. Helsinki 2001.

177. Paikallinen tieto, asiantuntijuus ja vuorovaikutus kalavesien hallinnassa. Salmi. P. (toim.)

(Lokal kunskap, sakkunskap och samverkan vid administration av fiskevatten) (Local knowledge, expert knowledge and communication in fisheries governance). 115 s. Helsinki 2001.

176. NIEMELÄ, E., ERKINARO, J., KYLMÄÄHO, M., JULKUNEN, M., MOEN, K.

Näätämojoen lohen poikastiheys ja kasvu. (Yngeltäthet och tillväxt hos laxen i Näätämojoki) (The density and growth of juvenile salmon in the River Näätämojoki). 27 s. Helsinki 2001.

175. SAURA, A.

Taimenkantojen tila Suomenlahden pohjoisrannikon joissa. (Öringsbeståndens tillstånd i åar och älvar längs Finska vikens norra kust) (Sea trout stocks in the rivers flowing from the northern coast into the Gulf of Finland). 48 s. Helsinki 2001.

174. KOIVURINTA, M., VÄHÄNÄKKI, P., SAURA, A.

Meritaimen ja sen kalastus itäisellä Suomenlahdella 1990-luvulla. (Havsöring och havsöringsfiske i östra Finska viken på 1990-talet) (Stocking results of sea trout in the eastern Gulf of Finland). 24 s. Helsinki 2001.

173. KALLIO-NYBERG, I., KOLJONEN, M.-L., JUTILA, E.

Taimenatlas. (Öringsatlas) (Atlas of brown trout stocks). 57 s. Helsinki 2001.

172. LÖNNSTRÖM, L.-G., RAHKONEN, R., GRÖNDAHL, A., PASTERNAK, M., LUNDÉN, T., KOSKELA, J., BYLUND, G.

Siian rokotus paisetautia ja vibrioosia vastaan. (Vaccinering av sik mot furunkulos och vibrios) (Vaccination against vibriosis and furunculosis in whitefish, *Coregonus lavaretus* (L.)). 15 s. Helsinki 2001

171. KOSKELA, J., RAHKONEN, R., FORSMAN, L., NORRDAHL, O., LÖNNSTRÖM, L.-G.

Siika ruokakalanviljelyssä – kahden siikakannan ja kantaristeytymän vertailu. (Sik i matfiskodling – en jämförelse mellan två sikstammar och deras hybrider) (Whitefish in aquaculture: comparison of two stocks and their hybrids). 24 s. Helsinki 2001.

170. PARMANNE, R.

Silakan poikasten runsaus Suomen rannikolla vuosina 1974-1996. (Tätheten av strömmingsyngel vid Finlands kuster åren 1974-1996) (Abundance of Baltic herring larvae off the coast of Finland in 1974 – 1996). 44 s. Helsinki 2001.

169. MIKKOLA, J., LAAMANEN, M., JUTILA, E.

Kymijoen vaelluskalat ja kalastus 1990-luvulla. (Kymmene älvs vandringsfiskar och fisket under 1990-talet) (Migratory fish of the Kymijoki river and their fishing in the 1990s). 44 s. Helsinki 2000.

168. LAPPAINEN, A.

Sisävesikalastus muuttuvassa yhteiskunnassa. (Insjöfisket i ett föränderligt samhälle) (Inland Fishing in a Changing Society). 38 s. Helsinki 2000.

167. KOLARI, I., AUVINEN, H., HIRVONEN, E.

Kalastus Puruvedellä vuosina 1979-1995. (Fisket i Puruvesi åren 1979-1995) (Fishing in Lake Puruvesi in 1979-1995). 25 s. Helsinki 2000.

166. MÄKI-PETÄYS, A., HUUSKO, A., KREIVI, P.

Järvilohen poikasten elinympäristövaatimukset kesällä ja syksyllä. (Insjöläxylens krav på sin livsmiljö under sommar och höst) (Summer and autumn habitat requirements and the habitat use of young landlocked salmon (*Salmo salar m. lacustris*)). 15 s. Helsinki 2000.

165. KEINÄNEN, M., TOLONEN, T., IKONEN, E., PARMANNE, R., TIGERSTEDT, C., RYTI LAHTI, J., SOIVIO, A., VUORINEN P.J.

Itämeren lohen lisääntymishäiriö – M74. (Östersjöläxens reproduktionsstörning – M74) (Reproduction disorder of Baltic salmon – M74). 38 s. Helsinki 2000.

164. KOIVURINTA, M., SYDÄNOJA, A., MARJOMÄKI, T., HELMINEN, H., VALKEAJÄRVI, P.

Taimenen ja järvilohen ravinto ja kasvu Puulassa, Päijänteessä, Konnevedessä ja Säskylän Pyhäjärvestä vuosina 1995-1996. (Öringens och insjöläxens föda och tillväxt i Puula, Päijänne, Konnevesi och Säskylä Pyhäjärvi åren 1995-1996) (Diet and growth of brown trout and landlocked salmon in lakes Puula, Päijänne, Konnevesi (central Finland) and Pyhäjärvi (SW Finland) from 1995-1996). 32 s. Helsinki 2000.

163. KOLARI, I., HIRVONEN, E., FRIMAN, T.

Nieriäistutusten tuloksellisuus Puruvedessä. (Utbytet av rödingsutsättningarna i Puruvesi) (The stocking results of Arctic charr in Lake Puruvesi). 42 s. Helsinki 1999.

162. Ahvenen ravinto Puruvedessä. Vuorimies, O. (toim.). (Abborrens föda i Puruvesi) (The food of perch in Lake Puruvesi). 44s. Helsinki 1999.

161. VALKEAJÄRVI, P.

Päijänteen säännöstelyn vaikutus siikkakantaan. (Inverkan av Päijännes reglering på sikbeståndet) (Effect of water level regulation on the whitefish stock in Lake Päijänne). 34 s. Helsinki 1999.

160. SIIRA, A., HUUSKO, A., KORHONEN, P.

Taimenistutusten vaikutus vaikutus Kitkajärvien muikkukantaan ja kalansaaliiseen. (Inverkan av öringutsättningarna på beståndet av siklöja och på fiskfångsterna i Kitkajärvi-sjöarna) (Affects of stocking of Brown Trout on Vendace population and total catch of fish in Lake Kitkajärvi). 27 s. Helsinki 1999.

159. PARMANNE, R.

Silakan kudun ajoittuminen ja kutuparvien koostumus rysäkalastuksen perusteella. (Strömmingens lektider och de lekande stimmens sammansättning enligt ryssjefångster) (The spawning time and composition of spawning shoals according to trapnet fishing of Baltic herring). 41 s. Helsinki 1999.

158. MUTENIA, A., SALONEN, E., KOTAJÄRVI, M.

Lokan ja Porttipahdan vaellussiika – tekojärvien paikallinen arvokala. (Älvsiken i Lokka och Porttipahta - vattenmagasinens lokala värdefisk) (Whitefish: a Local Fish of Value in the Lokka and Porttipahta Reservoirs) 29. s. Helsinki 1999.

157. SAURA, A.

Taimenen säilyttäminen Gumbölenjoessa. (Åtgärder för att bevara öringen i Gumböleån) (Maintenance of the trout in the Gumbölenjoki River in Espoo). 19. s. Helsinki 1999.

156. NYKÄNEN, M., HUUSKO, A.

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä - kirjallisuusselvitys. (Harrens miljökrav i rinnande vatten - litteraturundersökning) (Habitat requirements and habitat use of riverine European grayling (Thymallus thymallus (L.)) — a review). 23 s. Helsinki 1999.

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

154. JUTILA, E., JOKIKOKKO, E., SALO, P.

Viehekalastuksen kehitys Simojoella - kalastus Simossa ja Ranualla 1994 -1997

(Utvecklingen av spöfisket i Simojoki - fisket i Simo och Ranua åren 1994 - 97) (Development of rod fishing in the Simojoki River: fishing in the municipalities of Simo and Ranua, 1994-1997). Helsinki 1999.

153. HEIKINHEIMO, O.

Siian kalastuksen säätely sisävesissä.

(Reglering av sikfisket i insjöområdet) (Management of the whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) fishery in inland waters). 26 s. Helsinki 1999.