KALOJEN VAELLUS PAATSJOESSA 1993-1994

Pekka Hyvärinen, Teppo Vehanen, Aki Mäki-Petäys ja Erja Konttinen

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on osa Inarijärven säännöstelystä aiheutuvaa hoidon tuloksellisuuden tarkkailua. Hankkeesta tehtiin sopimus 22.2.1993 Lapin vesi- ja ympäristöpiirin (Lavy) ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) kesken. RKTL vastasi tutkimuksen toteutuksesta ja Lavy rahoituksesta. Tutkimukseen kuuluvan kaikuluotauslaitteiston asennus- ja huoltotyöt teki Echo Research Oy ja vedenalaisen asennuksen Sukellustyö Ilkka Leinonen.

Tutkimuksen alkuunpanijoina olivat ylitarkastaja Kai Kaatra Vesi- ja ympäristöhallituksesta (VYH) ja tutkimusjohtaja Kalervo Salojärvi RKTL:sta. Hankkeen edistymistä seurasivat ja ohjasivat biologi Sakari Kännö ja limnologi Erkki Huttula Lavy:stä ja Mika Marttunen VYH:sta. Projektipäällikkönä tutkimuksessa toimi Pekka Hyvärinen. Koekalastuksesta vastasi kalastusmestari Erja Konttinen apulaisinaan tutkimusavustajat Sulo Seppänen, Toivo Kiprianoff, Kent Voudinmäki, Taisto Kunnari, Jari Kallio, Pentti Anneberg, Erkki Kokkosuo, Matti Saijets, Seppo Palokangas, Jouni Mattus ja Raimo Sarre. Tutkimusavustajista töihin osallistui kerrallaan 2-4 henkilöä. Myös kalastusmestari Mikko Ahonen osallistui koekalastusmenetelmien kehittelyyn tutkimuksen alkuvaiheessa. Tutkimuksen aikana tehdyt järvitaimenien ruiskuvärjäysmerkinnät tehtiin tutkija Tuomas Frimanin johdolla.

Kaikuluotauslaitteiston asennus- ja huoltotyöt tekivät Echo Research Oy:n Sergei Tigunov, Konstantin Tsertkov ja Andrei Kapanov, jotka ovat myös suunnitelleet ja rakentaneet laitteiston. Vedenpitävien koteloiden ja ankkuroinnin suunnittelua veti Ilkka Leinonen, joka vastasi sukellustöistä Jorma Bandyn kanssa. Tutkimuksessa kerätyn suomuaineiston käsittelystä vastasivat kalastusmestarit Tapio Laaksonen ja Erja Konttinen. Suomuaineistojen käsittelyyn käytettiin tarkoitusta varten kehitettyä tietokoneeseen kytkettyä suomunlukulaitetta. Myös kalastusmestari Eero Heinonen osallistui ikämääritystyöhön. Aineiston tallennustyöt tekivät toimistoapulaiset Leena Leinonen ja Taimi Palola. Tutkimusaineiston käsittelystä vastasivat Pekka Hyvärinen ja Teppo Vehanen, jotka kirjoittivat myös tämän tutkimusraportin. Aki Mäki-Petäys kirjoitti Pekka Hyvärisen kanssa tutkimuksen väliraportin (28.6.1994), jonka tekstiosia etenkin aineisto- ja menetelmät kappaleissa on suoraan lainattu tähän loppuraporttiin. Suurin osa kaikuluotauksen menetelmäosuudesta on suomennettu Sergei Tigunovin englanninkielisestä raportista. Mäki-Petäys osallistui myös tämän loppuraportin aineiston alustaviin käsittelyihin.

Tutkimuksen kenttätyöt, koekalastus ja kaikuluotauslaitteiston asennus tehtiin Sarmijärven kalanviljelylaitokselta (SKVL) käsin, jonka tuotantopäällikkö Ari Kauttu oli tutkimuksen alkuvaiheista lähtien mukana ratkaisemassa kaikuluotauslaitteiston asennukseen ja koekalastukseen liittyviä ongelmia. Kauttu vastasi myös kenttätöiden organisoinnista yhdessä Erja Konttisen ja Pekka Hyvärisen kanssa. Pääosa koekalastuksessa käytetyistä pyydyksistä valmistettiin SKVL:lla laitoksen henkilökunnan avustuksella. Osa käytetyistä pyydyksistä lainattiin Inarin ja Kainuun kalanviljelylaitoksilta. Myös tutkimuksessa merkintöihin käytetyt järvitaimenen poikaset olivat peräisin SKVL:lta, missä kalojen merkintä myöskin tapahtui. Kalastusmestari Jaana Kauttu avusti tutkimukseen liittyvissä toimistotehtävissä sekä osallistui kaikuluotauslaitteiston valvontatehtäviin. Tutkija Erno Salonen avusti Inarijärveä koskevien tilastotietojen kokoamisessa. Tutkimuksen kenttätyöt tapahtuivat varsinaisesti Virtaniemen rajavartioaseman alueella ja tiloissa. Aseman henkilökunta avusti tutkimuksen kulkua monin eri tavoin ja yhteistoiminta rajavyöhykealueella sujui hyvin. Tutkimusraportin käsikirjoitukseen ovat esittäneet hyödyllisiä parannusehdotuksia tutkijat Erno Salonen ja Juha Jurvelius, laitosjohtaja

Petri Heinimaa, tutkimusjohtaja Raimo Parmanne, limnologi Erkki Huttula ja tuotantopäällikkö Ari Kauttu. Kaikille edellä mainituille ja muille tutkimukseen osallistuneille ja eri vaiheissa työtämme avustaneille esitämme lämpimät kiitokset.

Pekka Hyvärinen Teppo Vehanen

Aki Mäki-Petäys Erja Konttinen

SISÄLLYS

1. JOHDANTO 1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT 1
2.1. Tutkimusalue 1
2.2. Kaikuluotaus 4
2.2.1. Laitteiston alkuperä, sijoitus ja käyttö 4
2.2.2. Laitteiston mekaniikka 5
2.2.3. Kaiun muodostuminen ja tallennus 6
2.2.4. Tallennettavan aineiston muodostuminen 7
2.2.5. Kalibrointi 8
2.2.6. Häiriöiden poisto 8
2.2.7. Kaikuluotaustulosten laajennus koko joen poikkileikkauspinta-alalle 10
2.2.8. Vaellukseen vaikuttavien tekijöiden arvioiminen 11
2.3. Koekalastus 12
2.3.1. Koekalastuksessa käytetyt pyydykset 12
2.3.2. Saalisnäytteiden käsittely 14
2.3.3. Gyrodactylus näytteenotto 14
2.3.4. Istutettujen kalojen erottaminen saaliista 14
2.3.5. Yksikkösaaliiden laskeminen 15
2.3.6. Kalamerkinnät 15
2.4. Kaikuluotaustulosten jako lajeihin 16
3. TULOKSET JA TARKASTELU 17
3.1. Kaikuluotaukset 17
3.1.1. Kokojakauma 22
3.2. Vaellukseen vaikuttavien tekijöiden arvioiminen 25
3.3. Koekalastus 31
3.3.1. Koekalastussaaliin lajit ja niiden runsausuhteet 31
3.3.2.. Eri siikamuotojen osuudet 37
3.3.3. Istutettujen taimenten osuus 39
3.3.4. Merkinnät koekalastuksen yhteydessä 40
3.3.5. Gyrodactylus-näytteiden määritystulokset 41
3.4. Kaikuluotauksen ja koekalastuksen vertailu 42
3.5. Kaikuluotaustulosten jako kalalajeittain 43
4. MENETELMIEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI 48
5. ARVIO VAELLUSTEN KALATALOUDELLISESTA MERKITYKSESTÄ 50
6. YHTEENVETO 50
KIRJALLISUUS 51

1. JOHDANTO

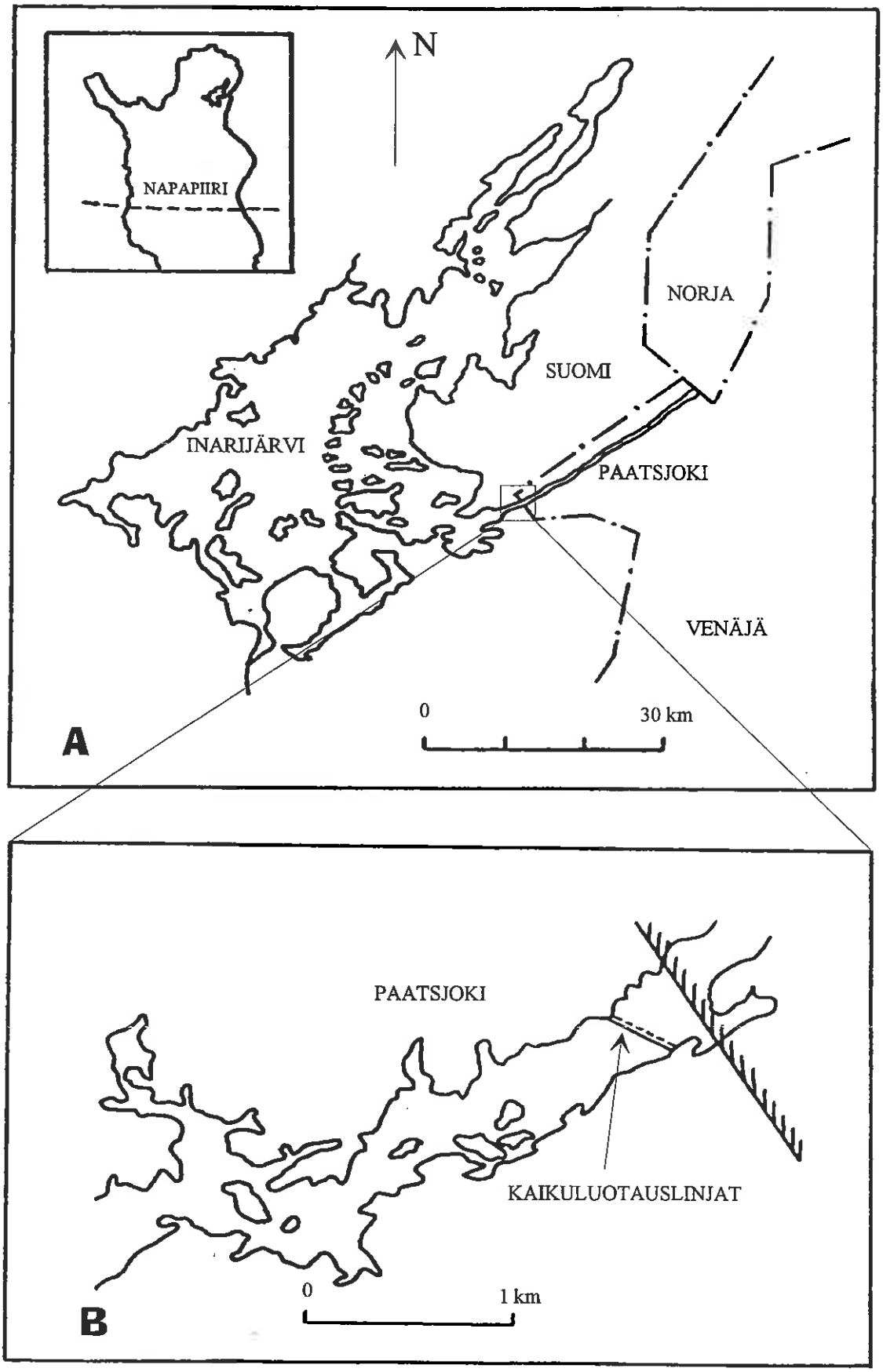
Velvoiteistutusten kohteina olevien säännösteltyjen järvien luusuoihin on eri yhteyksissä vaadittu rakennettavaksi vaellusesteitä, jotta istutetut kalat eivät pääsisi vaeltamaan pois istutusjärvistä. Vesi- ja ympäristöhallituksen (nykyinen Suomen Ympäristökeskus) tilauksesta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa on laadittu tutkimusohjelma, jossa selvitetään säännösteltyihin järviin istutettujen kalojen alasvaelluksen määrää ja kalataloudellista merkitystä. Tähän tarkoitukseen Lapin vesi- ja ympäristöpiirille (Lavy, nykyinen Lapin ympäristökeskus) hankittiin jokiolosuhteisiin kehitetty kaikuluotauslaitteisto. Tutkimusohjelmaan liittyvä tutkimus Oulujärveen istutettujen kalojen alasvaelluksesta valmistui keväällä 1992 (Hyvärinen ym. 1992).

Tutkimus Inarijärveen istutettujen kalojen alasvaelluksen laajuuden ja kalataloudellisen merkityksen selvittämiseksi aloitettiin Lavy:n toimeksiannosta syksyllä 1992. Marraskuussa 1993 Paatsjokeen asennettiin Oulujoella käytössä ollut kaikuluotauslaitteisto. Aineiston keruu aloitettiin 12. päivänä marraskuuta ja sitä jatkettiin vuoden 1994 lokakuun 24. päivään saakka. Laitteiston avulla selvitettiin joessa vaeltavien kalojen määrä, koko sekä uintisuunta. Kalakaikuluotauksia täydennettiin koekalastuksin, sillä kaikuluotauksen tuloksista ei voida erotella eri lajeja, vaikka kalojen kokoluokat saadaankin selville. Luotausalueen läheisyydessä koekalastuksissa käytettiin koeverkkoja, rysiä ja kurenuottaa. Lisäksi sekä istutettavia että joesta pyydystettyjä kaloja merkittiin polttomerkinnöillä ja ruiskuvärjäyksellä. Yhdistämällä koekalastukset kaikuluotauksiin arvioitiin eri lajien vaeltavien yksilöiden kokonaismääriä, vaelluksiin vaikuttavia ympäristötekijöitä sekä vaellusten kalataloudellista merkitystä.

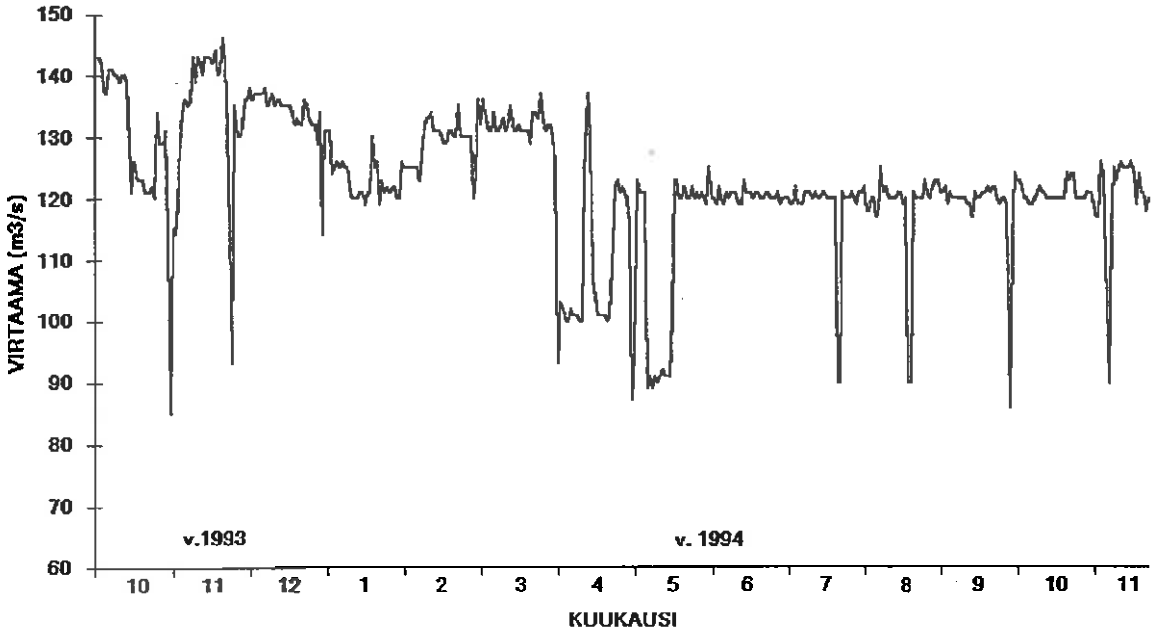
2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusalue

Inarijärvi on pinta-alaltaan (1102 km^2) Suomen toiseksi suurin järvi (kuva 1a). Se kuuluu Jäämereen laskevan Paatsjoen vesistöalueeseen, jonka pinta-ala Suomen puolella on 14 424 km^2 (Raatikainen ja Kuusisto 1988). Inarijärveä on säännöstelty vuodesta 1941 lähtien. Vuosina 1944-1948 järveä ei säännöstelty voimalaitosten tuhouduttua sotatoimien yhteydessä (Toivonen 1966). Nykyisin Paatsjoessa on yhteensä seitsemän voimalaitosta, joista Venäjä omistaa viisi ja Norja kaksi. Säännöstelyluvan sallima suurin veden vaihteluväli on 2,36 metriä. Nykyisten lupaehtojen mukaan toteutetun säännöstelyn aikana veden korkeuden vaihtelu on ollut keskimäärin 1,48 metriä jaksolla 1959 - 1989. Säännöstely on lisännyt veden vaihteluväliä 30-35 cm luonnonmukaiseen verrattuna (Järvinen 1991). Järven keskisyvyys on 16,2 m ja suurin syvyys lähteestä riippuen 91,8 - 96 m (Kuusisto & Mälkki 1982). Paatsjoen ylimmän, Kaitakosken voimalaitoksen keskivirtaama on 145 m^3/s (Salonen 1992). Kaitakosken voimalaitoksella mitattu virtaama marraskuusta 1993 lokakuuhun 1994 on esitetty kuvassa 2 (Vesi- ja ympäristöhallitus, kirjallinen tiedonanto).



Kuva 1. Tutkimusalueen (A) ja kaikuluotauslinjojen (B) sijainti.



Kuva 2. Vuorokauden keskivirtaama Paatsjoessa Kaitakoskella 1.10.1993-30.11.1994.

Inarijärven kalalajistossa esiintyvät lohensukuiset kalalajit runsaina. Tyypillisenä piirteenä Inarijärvelle, samoin kuin muille pohjoisimman Suomen vähäravinteisille järville, on, että särkikalat puuttuvat mutua lukuunottamatta. Luontaisina lajeina järvessä esiintyy taimen, nieriä, siika, harjus, hauki, ahven, made, kolmipiikki, kymmenpiikki ja mutu (Toivonen 1966). Uusina lajeina järveen on istutettu planktonsiikaa, harmaanieriää ja järvilohta. Näiden lisäksi järveen on levinnyt kirjolohta ja muikkua, joista jälkimmäinen on myös kotiutunut Inarijärveen (Salonen 1992).

Kalataloudellisesti Inarijärvi on merkittävimpiä pohjoissuomalaisista sisävesistä. Tärkeimmät saalislajit vuosina 1935 - 1990 olivat siika, nieriä, harmaanieriä, taimen ja järvilohi sekä vuodesta 1986 lähtien myös muikku (Salonen 1992). Ennen säännöstelyä vuosina 1935 - 1940 kalasaalis oli lähes 250 tonnia vuodessa. Alimmillaan saaliit olivat 1960-luvun lopussa, jolloin ne olivat arvion mukaan vain 78 tonnia vuodessa (Toivonen 1972). 1980-luvun lopulla alkuperäislajien saalis nousi säännöstelyä edeltäneelle tasolle. Muikun osuus nosti kokonaissaaliin 1980-luvun lopulla tästä vielä yli kaksinkertaiseksi. Muikkukannan taantuminen alkoi vuonna 1990 ja jatkui edelleen myös tämän tutkimuksen aikana (esim. Mutenia ym. 1995). 1970-luvun lopulta lähtien Inarijärveen on istutettu vuosittain noin 500.000 - 2 milj. kesänvanhaa siian poikasta ja noin 100.000 - 400.000 lohensukuista petokalaa (Salonen 1992).

Tutkimusalueeksi valittiin Paatsjoen Suomen puoleinen osa ja sitä edeltävä Paatsvuono (kuva 1b). Kaikuluotaimet asennettiin Paatsjokeen kahteen noin 20 metrin etäisyydellä toisistaan olevaan poikkilinjaan, joista ylempään sijoitettiin 24 ja alempaan 16 kaikuluotainyksikköä. Koekalastus keskittyi kaikuluotainlinjojen läheisyyteen, 50-1000 metriä näiden yläpuolelle.

2.2. Kaikuluotaus

2.2.1. Laitteiston alkuperä, sijoitus ja käyttö

Kaikuluotauslaitteiston asennuksesta, säädöistä ja kalibroinnista vastasi Echo Research Oy. Laitteiston tekniset tiedot on esitetty yksityiskohtaisesti Echo Research Oy:n laatimassa raportissa (Tigunov 1994). Menetelmä perustui hydroakustiseen mittausjärjestelmään RSS (River Sonar Station) 320, joka oli suunniteltu kalojen vaelluskäyttäytymisen tutkimiseen matalissa jokiolosuhteissa. Osa laitteistosta oli ollut käytössä Oulujoella vastaavassa tutkimuksessa (Hyvärinen ym. 1992). Rikkoontumisten takia kaikki vedenalaisesta ja osa vedenpäällisestä laitteistosta rakennettiin uudestaan. Järjestelmän akustiikka perustui kiinteisiin, vakiomallisiin 192 kHz:n kaikuluotainyksiköihin. Tähän oli liittyneenä Echo Research Oy:n kehittämä sovellus tiedontallennus- ja käsittelytekniikkaa.

Tutkimusta varten Paatsjokeen (noin 400 metriä valtakunnan rajasta ylävirtaan) asennettiin kaksi joen poikki kulkevaa kaikuluotainlinjaa, joissa oli yhteensä 40 kaikuluotainyksikköä. Näistä 24 kappaletta kiinnitettiin joen poikki menevään "vastuupuomi" -siltaan, jolloin niiden lähettämät ääniaallot suunnattiin joen pohjaan. Siltaan kiinnitetyistä pintaluotaimista noin 20 metrin päähän alavirtaan ankkuroitiin joen pohjaan 16 pohjaluotainta, joiden ääniaallot suunnattiin pintaan (Kuva 1b).

Keilojen kattama alue joen poikkileikkauksesta on sitä pienempi, mitä lähempänä anturia tilannetta tarkastellaan. Tästä syystä pintaluotaimet kuvaavat kattavammin syvemmällä liikkuvia kaloja. Vastaavasti pohjaluotainten keräämä tieto kalojen vaelluksista on kattavinta lähellä pintaa. Kaikkien luotainten toimiessa pintaluotaimilla kaikukeilojen osuus joen poikkileikkauspinta-alasta oli noin 15 % ja vastaavasti pohjaluotaimilla noin 12 %.

Joen leveys luotainlinjojen kohdalla oli noin 380 metriä. Pintaluotainten etäisyys toisistaan vaihteli 10 - 13 metrin välillä ja vastaava etäisyys pohjaluotaimilla oli 12 - 27 metriä. Lähimmäksi rantaa sijoitettujen luotainten etäisyys rannasta oli 26 - 65 metriä. Joen syvyys näillä ranta-alueilla oli 0 - 4 metriä ja varsinaisella luotausalueella 4 - 12 metriä (Liite 1). Pintaluotainten kaikukeilat suunnattiin 10° joen virtaussuuntaa vasten ja pohjaluotainten kaikukeilat 10° myötävirtaan. Luotainanturit asetettiin tähän ns. "tilttikulmaan", jotta kalojen uintisuunnat pystyttiin arvioimaan. Pinta- ja pohjaluotainten suuntaaminen eri suuntiin vähentää näiden toisilleen aiheuttaman häiriön mahdollisuutta (vrt. Hyvärinen ym. 1992).

Laitteisto on kehitetty korkeintaan 30 metrin syvyisiin jokiolosuhteisiin käytettäväksi. Näissä olosuhteissa luotaimet keräävät tietoa 16 kohdevoimakkuusluokassa, joiden laajuudeksi voidaan säätää 1 dB, 1,5 dB, 2 dB tai 3dB. Tätä tutkimusta varten kohdevoimakkuusluokkien väleiksi säädettiin 1,5 dB. Kohdevoimakkuusluokkien jakauma asennettiin välille -51..-27 dB. Tällöin 14 keskimmäiseen luokkaan tallentuu tarkasti 1,5 dB:n kohdevoimakkuudet ja jakauman laitimmaisten luokkien -51..-49,5 dB ja -28.5..-27 dB toimiessa nk. likaluokkina eli kohdevoimakkuusluokkina, joihin tallentuu kaikki raja-arvoja -49.5 dB pienemmät ja -28.5 dB suuremmat kohdevoimakkuudet. Kun lasketaan eri kohdevoimakkuusluokkiin tallentuneiden kalavaellusten lukumääriä näiden likaluokkien tietoa ei voida käyttää niissä usein esiintyvien häiriöiden (esim. vierekkäisten luotaimien toisilleen aiheuttamat häiriöt, ilmakuplat ja roskat) vuoksi. Likaluokkien lisäksi suurin tarkasteltu kohdevoimakkuusluokka -30..-28,5 dB suljettiin pois käsittelystä koska luokkaan tallentunut aineisto poikkesi huomattavasti muista kohdevoimakkuuksista

(mahdolliset häiriöt). Näinollen käyttökelpoinen kohdevoimakkuuksien jakauma - 49,5..-30 dB vastaa siialle ja sisävesikuoreelle lasketun yhtälön (Jurvelius 1991) mukaan 7 - 71 cm:n pituusluokkajakaumaa.

Luotaimien keräämä aineisto tallentui joka kuukausi luotainkohtaisiin tiedostoihin. Sitä aikajaksoa, jonka kaikuluotainaineisto tallentuu edellä mainittuihin tiedostoihin, on mahdollisuus muuttaa. Tässä tutkimuksessa aineistoa kerättiin yhtäjaksoisesti siten, että kaikuluotauslaitteistoa ohjaava ohjelma tallensi jatkuvasti tietokoneiden kovalevylle havaittuja kalatietoja taulukoihin joihin kuhunkin kerättiin tietoja yleensä 4 tai 6 tunnin aikajaksoista. Kun ko. aikajakso päättyi, ohjelma aloitti tallennuksen välittömästi muodostamaansa seuraavan aikajakson taulukkoon. Kalojen esiintymistä eri syvyyksillä voitiin tarkastella säätämällä kullekin luotaimelle haluttu määrä syvyysvyöhykkeitä, joissa esiintyneet kalat pystyttiin erottamaan tallennetusta aineistosta. Tässä tutkimuksessa luotainten keilat jaettiin 1-3 syvyysvyöhykkeeseen.

Kaikuluotainyksiköiden toisilleen aiheuttamien häiriöiden estämiseksi kaksi luotainyksikköä jouduttiin sulkemaan. Pintaluotaimista suljettiin 10. luotain ja pohjaluotaimista 8. luotain etelärannasta laskettuna. Tämän lisäksi molemmista luotainlinjoista laitimmaiset luotaimet (pintaluotainten 1 ja 24 luotain sekä pohjaluotainten 1. ja 16. luotain) jätettiin erilleen muun luotausaineiston käsittelystä liian matalan veden ja veden pinnan vaihtelun aiheuttamien häiriöiden vuoksi. Näiden rantaluotaimien antamien kalakaikujen perusteella annettiin kuitenkin arvio rantavyöhykkeessä liikkuneista kaloista koko kaikuluotausjaksolta. Pinta- ja pohjaluotaimet keräsivät yhtäjaksoisesti aineistoa koko luotausjakson ajan 12.11.1993-24.10.1994 seuraavin poikkeuksin: yhden pohjaluotaimen (5.) ja yhden pintaluotaimen (17.) tutkimuksen alkuvaiheessa keräämää aineistoa ei komponenttivian aiheuttamien häiriöiden vuoksi voitu käyttää. Vika korjattiin kalibroinnin yhteydessä, jonka jälkeen 27.5.1994 lähtien ko. luotaimet keräsivät käyttökelpoista tietoa. Pintaluotaimet 11-24 ja pohjaluotaimet 9-16 eivät ohjelmavian vuoksi keränneet tietoa 8.1.-21.1.1994 välisenä aikana, 19.-20.1.1994 koko laitteisto oli sähkökatkoksen vuoksi poissa käytöstä, 25.-27.5.1994 laitteisto kalibroitiin eikä tietoa kerätty ja 28.8.-8.9.1994 pintaluotaimet 1-9 ja pohjaluotaimet 1-7 eivät tietokonevian vuoksi keränneet dataa. Yksittäisistä luotaimista lisäksi pintaluotaimista 18. luotainyksikkö oli viallinen 11.7-24.10.1994 ja 23. luotainyksikkö 26.7.-24.10.1994 sekä pohjaluotaimista 15. luotainyksikkö 5.9.-24.10.1994. Aineiston käsittelyssä tauot tiedon keräyksessä yksittäisten käytöstä poissa olleiden luotaimien osalta otettiin huomioon laajentamalla viereisen tai viereisten luotaimien pinta-aloja toiminnasta poissa olleiden alueelle. Kun osa luotaimista oli poissa toiminnasta käytettiin käytössä olleiden kaikuluotauslinjan keskimääräisiä arvoja laajennuksessa ja niiltä ajanjaksoilta, jolloin koko luotauslinja oli pois toiminnasta, käytettiin luotauslinjan keskimääräisiä arvoja kyseiseltä kuukaudelta.

2.2.2. Laitteiston mekaniikka

Jokaisen luotaimen elektroniset kaiun anturit sijaitsivat veden alle sijoitetuissa vesitiiviissä teräskoteloissa. Näistä johti kaksi kaapelia rannalla sijaitsevan kaikuluotauskeskuksen porttiasemaan. Porttiasemia oli yhteensä kaksi kappaletta, joista toiseen oli yhteydessä 24 ja toiseen 16 luotainta. Impulssien vahvistukseen tarvittavat porttiasemat olivat kumpikin yhteydessä omiin 386 mikrotietokoneisiin. Molempien tietokoneiden sisään oli rakennettu kolme kaikuluotauksen ohjauskorttia. Rannalle asetettu laitteisto oli sijoitettu sähkölämmitteiseen lasikuituvaunuun eli kaikuluotainkeskukseen. Tässä keskuksessa luotaimien keräämää ja ohjauskortin

mittaamaa kaikutietoa voitiin jatkuvasti havainnoida mikrotietokoneiden näyttöpäätteeltä tätä tarkoitusta varten kehitetyn ohjelman avulla.

Kaikuluotainkeskuksessa sijaitsevissa porttiasemissa on jokaisella luotaimella oma impulssin vahvistukseen tarkoitettu korttinsa, jotka ovat yhteydessä kahdella kaapelilla veden alla sijaitseviin lähetys/vastaanottoyksikköön. Toista kaapelia pitkin kulkevat sähköimpulssit ja toista pitkin johdetaan sähkövirtaa lähetys/vastaanottoyksiköissä sijaitseville korteille (2 kpl). Lähetyskortti lähettää porttiasemasta tulevan sähköimpulssin kaapelia pitkin anturiin (Lowrence THS-1992-20), minkä seurauksena anturin keraamisen kiven värinä aiheuttaa vedessä etenevän ääni-impulssin. Tämän jälkeen anturi vastaanottaa lähettämänsä ääni-impulssin kaiun, joka sähköimpulssiksi muutettuna etenee lähetys/vastaanottoyksikön vastaanottokortille. Vastaanottokortin vahvistamana impulssi palaa takaisin porttiasemaan ja edelleen tietokoneen ohjauskortille mittausta, tallennusta ja jatkokäsittelyä varten. Välittömästi impulssin mittauksen jälkeen lähtee samanlaiset vaiheet läpikäyvä uusi impulssi.

2.2.3. Kaiun muodostuminen ja tallennus

Jokainen kaikuluotain eli kanava toimii itsenäisesti toisista luotaimista riippumatta. Tässä yhteydessä käydään läpi yhden kanavan muodostaman kaiun syntyminen, tiedon tallentuminen ja niihin vaikuttavat tekijät. Käytettävien parametrien lukuarvot ovat niitä, joita tämän tutkimuksen yhteydessä on säädetty laitteistoon.

Tietokoneeseen on kehitetty ohjelma, joka antaa ohjauskortille käskyn äänen lähetyksestä ja vastaanotosta, minkä seurauksena ohjauskortista lähtee sähköimpulssi kyseisen kanavan porttiaseman kortille. Porttiaseman ja lähetys/vastaanottoasemien välisten pitkien etäisyyksien vuoksi porttiaseman kortilla impulssia vahvistetaan, jonka jälkeen se jatkaa kulkua lähetys/vastaanottoasemaan. Täältä sähköimpulssi jatkaa edelleen kulkuaan anturiin. Anturissa sähköimpulssin energia muuttuu mekaaniseksi energiaksi, jolloin anturin keraamisen kiven värähtely aiheuttaa paineen veteen. Impulssin kestää 150 µs:n ajan, mikä ääni-impulssin etenemänä matkana vastaa noin 22 senttimetriä.

Tutkimuksessa käytetyn kaikuluotausaineiston kaikukeilojen pääkeilan leveys on 20°. Anturin ja joen pohjan välistä aluetta pääkeilassa kutsutaan mittausalueeksi. Anturin läheisyydessä ääni-impulssin muoto on epämääräinen ja terävä, minkä takia tämän sokean alueen kaikuja ei voida mitata. Tällä laitteistolla tämän alueen syvyys on 64 cm ja se voidaan laskea kaavoista:

$B = (2 \times d^2) / \lambda$,

$a=c/f$,

joissa B = sokea alue, d = anturin pohjan halkaisija, λ = aallonpituus, c = äänen nopeus vedessä = 1500 m/s ja f = taajuus = 192 kHz.

Jotta ääniaalto olisi tasainen ja sini-muotoinen, jokaiseen kanavaan säädettiin 1 metrin alue anturista, jonka läpi kulkevasta ääni-impulssista ei mitattu kaikua. Varsinainen mittausalue oli siis joen kokonaissyvyys, josta vähennettiin 1 metri sekä anturin etäisyys (noin 0,5 metriä) pinnasta (pintaluotain) tai pohjasta (pohjaluotain).

Vedessä ääni-impulssi jatkaa kulkuaan samalla heikentyen, kunnes se saavuttaa pohjan, josta se heijastuu kaikuna takaisin anturin suuntaan. Jos ääni-impulssi kohtaa kalan tai muun kohteen varsinaisella mittausalueella, anturi ottaa vastaan ko. kohteen kaiun pohjakaiun lisäksi.

Tietokoneen ohjelma antoi ohjauskortille käskyn äänen lähettämisestä. Tähän käskyyn liittyy myös lähetetyn äänen kuuntelu, mittaus ja tallennus. Heti impulssin lähettämisen jälkeen kanava toimii käänteisesti, jolloin anturi, lähetys/vastaanottoyksikkö, porttiasema sekä ohjauskortti alkavat kuunnella lähettämänsä äänen kaikua. Ääni-impulssin syntyhetkestä sen kuuntelemiseen kuluvaa aikaa kutsutaan pingiksi. Se on säädetty kanavakohtaisesti siten, että sinä aikana ääni-impulssi ehtii kulkea vähintään pohjan ja anturin välisen matkan ja heijastua takaisin. Pingin pituus aikayksikössä siis suurenee joen syvyyden kasvaessa. Tässä tutkimuksessa pingien lähetystaajuus oli 4 - 10 pingiä/sekuntti.

Jostain kohteesta anturiin heijastuvan kaiun voimakkuus on sitä pienempi, mitä kauempana anturista ko. kohde sijaitsee. Tämän takia lähetys/vastaanottoyksiköön saapuvaa sähköimpulssia vahvistetaan (20 log R time varied gain) sitä enemmän, mitä kauempana (R = kohteen etäisyys anturista) kohde sijaitsee. Tämän avulla eri etäisyyksillä sijaitsevien, samansuuruisen kohdevoimakkuuden omaavien kohteiden kaiun voimakkuudet "korjataan" yhtäsuuriksi. Tietokoneen ohjelmalla impulssia vahvistetaan edelleen (40 log R time varied gain). 20 log R -vahvistuksen jälkeen mitatusta jännitteestä saadaan laskettua suoraan impulssien kohteiden kokonaisvolyymi (Sv, volume strength), mikä on suoraan verrannollinen kohteiden biomassaan. 40 log R -vahvistusta tarvitaan kohteiden kaikuvoimakkuuksien (ES, echo strength) mittaamisessa ja kohdevoimakkuuksien (TS, target strength) laskemisessa, mitkä ovat tärkeitä estimaatteja kaikuluodattujen kalojen kokojakauman arvioinnissa.

Lähetys/vastaanottoyksiköstä vahvistettu impulssi jatkaa edelleen porttiaseman kautta tietokoneen ohjauskortille, jolle ohjelma on antanut käskyn kuunnella ja mitata mahdollisia kaikuja välittömästi, kun ääni-impulssi on kulkenut yhden metrin matkan vedessä. Tietyin aikavälein ohjauskortti mittaa mahdollisia palaavia ääniä, silloin se ei kuuntele. Tätä aikaväliä kutsutaan askeleeksi (step = sample resolution), ja se vastaa 2 cm:ä ääni-impulssin etenemänä matkana. Näin edeten varsinainen mittausvyöhyke käydään läpi kokonaan, jolloin pingiä vastaava aika on kulunut loppuun. Tämän jälkeen tietokoneen ohjelma laskee ko. pingiin sisältyvät kohteet ohjauskortista ja tallentaa ne havainnolliseen muotoon kovalevylle.

2.2.4. Tallennettavan aineiston muodostuminen

Jos vedessä kulkeva ääni-impulssi osuu pingin aikana johonkin kohteeseen kuten esimerkiksi kalaan, ohjauskortti mittaa siitä heijastuvan äänen intensiteettiä (V) askeleittain. Jokaisen askelta seuraa keräys, jolloin kohteesta mitattu intensiteetti tallentuu ohjauskortin muistiin. Jos kohteena on esim. kala, jossain keräyshetkessä intensiteetti saavuttaa maksimiarvonsa, jonka jälkeen se jälleen pienenee. Tätä maksimiarvoa nimitetään kaiuksi (echo). Kaikki kalasta heijastuneet maksimikaiut muodostavat yhdessä jäljen (trace), joka vastaa yhtä kalaa. Ohjelma oli säädetty siten, että saman anturin vähintään kahden pingin maksimikaikua tarvittiin, jotta heijastava kohde tallennettiin kalana. Muutoin ohjelma tulkitsi sen häiriöksi, eikä tallentanut sitä.

Kaikista mitatuista intensiteeteistä lasketaan integroimalla kohteiden intensiteetin kokonaisvolyymi (Sv, volume strength), minkä perusteella voidaan laskea kohteiden biomassa ja lukumäärä. Tämän jälkeen ohjelma käy läpi mitatun jäljen kaikki maksimikaiut (echos), joista suurimman perusteella lasketaan ko. kohteen kaikuvoimakkuus (ES, echo strength). Kaikuvoimakkuuden perusteella voidaan arvioida kohdevoimakkuus (TS, target strength), missä mukaellaan Craigin &

Forbesin (1969) menetelmää. Kohdevoimakkuus on tärkeä estimaatti, kun halutaan tietää aineistoon tallentuneiden kalojen kokojakauma.

Kohteen intensiteetin kokonaisvolyymi (Sv) ja kaikuvoimakkuus (ES, echo strength) laskettiin seuraavista kaavoista:

$Sv = Cv \times U^2$,
$ES = 10 \log U^2 + 10 \log R^2 + Ct$,
jossa U = ohjelman mittaama kohteen intensiteetti (V)
R = ohjelman mittaama kohteen etäisyys anturista (m)
Cv, Ct = kalibroinnin yhteydessä saatavat vakiot.

Kalan uintisuunta suhteessa luotaimeen saatiin vertaamalla kalan etäisyyttä anturista ensimmäisen pingin aikana (R1) vastaavaan etäisyyteen viimeiseen kalan kohdanneen pingin aikana (R2). Jos R1/R2 < 1, kala lähestyy luotainta, ja suhteen ollessa > 1 kala loittonee luotaimesta. Kun R=1, kalan etäisyys ei muutu suhteessa anturiin. Menetelmä on mukaelma Biosonicin "Fish Trace Tracking " -menetelmästä (Biosonics Inc. 1987).

2.2.5. Kalibrointi

Jokainen kaikuluotain kalibroitiin ennen aineiston keruun aloitusta marraskuussa 1993 ja aineiston keräyksen aikana toukokuussa 1994. Kalibroitaessa tietokoneen ohjelma mittaa kohdevoimakkuudeltaan tunnetun esineen kaikuvoimakkuutta. joka on kohdevoimakkuuden kanssa yhtäsuuri silloin, kun ko. esine sijaitsee pääkeilan akustisella akselilla. Tällä menetelmällä jokaiselle luotaimelle saadaan mitattua kalojen kaikuvoimakkuuksien laskemisessa tarvittavat vakiot (Ct, Cv).

Tämän laitteiston kalibroinnissa käytettiin kuparikuulaa, jonka kohdevoimakkuus on -44,5 dB. Kalibroitaessa tämä kuula oli saatava tarkasti luotaimen pääkeilan akustiselle akselille, jossa siitä mitattu kaikuvoimakkuus on suurimmillaan. Kaikuvoimakkuuksien mittauksissa laitteiston ominaisuuksiin kuuluu 0.5 dB:n virhemarginaali. Tämän vuoksi kuulan ollessa akustisella akselilla porttiaseman luotainkohtaisia kortteja säädettiin siten, että ohjelman mittaama kaikuvoimakkuus oli joko -44 dB tai -45 dB. Kalibroitaessa käytettiin seuraavia perusyhtälöitä:

$ES = TSa$;
$TSa = 10 \log(Ua)^2 + 10 \log R^2 + Ct$; [dB = V + m]

jossa,

TSa = kuparikuulan kohdevoimakkuus (dB) pääkeilan akustisella akselilla (vakio), = -44,5 dB
Ua = ohjelman mittaama kuparikuulan intensiteetti (V) pääkeilan akustisella akselilla,
R = ohjelman mittaama kuparikuulan ja anturin välinen etäisyys (m).

2.2.6. Häiriöiden poisto

Kaikuluotainten asennusvaiheessa jokainen luotain pyrittiin asentamaan sellaisiin paikkoihin, joissa niiden lähettämät kaiut eivät häiritse toisten luotainten toimintaa. Samasta syystä pintaluotainten ja pohjaluotainten anturit asennettiin siten, että niiden lähettämät kaikukeilat osoittivat eri suuntiin. Pintaluotainten kaikukeilat suunnattiin

noin 10° vastavirtaan ja pohjaluotainten kaikukeilat noin 10° myötävirtaan. Näistä toimenpiteistä huolimatta on mahdollista, että aineistoon kertyi myös häiriöitten aiheuttamaa tietoa. Tämä voi johtua esim. vedenkorkeuden muutoksista, jolloin tiettyyn suuntaan suunnattujen kaikukeilojen kulma muuttuu verrattuna asennusvaiheen tilanteeseen. Tällöin on mahdollista, että esim. pohjassa sijaitsevista isoista kivistä heijastuu kaiku väärään luotaimeen. Tällainen tietylle luotaimelle kuulumaton kaiku voi tulla kaukaakin kulkien useasti pinnan ja pohjan välillä. Tämän seurauksena pitkän matkan kulkenut "väärä" kaiku heikentyy ja kohdatessaan jonkin toisen luotaimen anturin se voi tallentua vääränä, useimmiten pieninä kohdevoimakkuuksina kyseisen luotaimen aineistoon.

Häiriöitä voidaan poistaa eri menetelmillä. Aineiston keräämisvaiheessa jokaisen luotaimen kaikukeiloja seurattiin mikrotietokoneen näytöltä vähintään kerran kuukaudessa noin viiden päivän intensiivijaksoja. Tämän lisäksi jokaisen luotaimen toimintaa seurattiin lyhyempiä aikajaksoja kahdesti viikossa. Jos kaikukeiloissa esiintyi säännöllisiä häiriöitä, joita ei tulkittu kaloiksi, ne voitiin rajata pois aineiston keruuta kontrolloivaan ohjelmaan sisältyvillä visuaaliseen havainnointiin perustuvalla menetelmällä ennen aineiston tallentamista tiedostoihin. Yhtäjaksoinen häiriö rajattiin näyttöruudulla häiriönpoistorajoittimilla siten, että kyseisen luotaimen syvyysvyöhykkeeltä, jossa häiriöitä esiintyi, ei aineistoa tallennettu. Näin menetellen vain pieni osa kaikukeilan keräämästä mittausalueesta menetettiin, jolloin suurin osa kaikukeilasta keräsi häiriötöntä aineistoa. Periaatteena kaikuluotausaineiston keräämisessä oli puhdistaa se mahdollisimman tarkasti ennen tallennusta.

Häiriötarkkailusta ja ohjelman kuukausittaisesta säätämisestä huolimatta satunnaisten häiriöiden vuoksi tai jostain muusta syystä kerättävään aineistoon saattoi tallentua kalojen lisäksi myös virheellistä tietoa. Tällaisessa tapauksessa aineisto puhdistettiin häiriötiedoista tätä tarkoitusta varten kehitetyn ohjelman avulla. Ohjelma poisti aineistosta tallennukset, joiden kaikuintensiteetti poikkesi selvästi kalojen kaikuintensiteetistä. Ohjelman keräämästä aineistosta virheellisiä tietoja etsittiin seuraavien ehtolausekkeiden perusteella (käytettyjen termien selitykset ks. kappaleet 2.2.3. ja 2.2.4. sekä Tigunov 1994):

SvPings (1) >= SvPings (2) >= SvPings (3) + SvPings (4)

SvSamples (1) >= SvSamples (2) >= SvSamples (3) + SvSamples (4)

SvIntegral (1) >= SvIntegral (2) >= SvIntegral (3) + SvIntegral (4)

TS (5) * TraceMaxLength >= P * TS (3) >= TS (5) * TraceMinLength

TS (6) * TraceMaxLength >= P * TS (4) >= TS (6) * TraceMinLength

kaavoissa

SvPings = ohjelman hyväksymien pingien lukumäärä tiettynä ajanjaksona ja tietyssä syvyysvyöhykkeessä,

SvSamples = pingien mittaukseen käytettyjen jaksojen lukumäärä tiettynä ajanjaksona ja tietyssä syvyysvyöhykkeessä ,

SvIntegral = kohteen intensiteetin kokonaisvolyymi,

TS (3 ja 4) = tiettyyn kohdevoimakkuusluokkaan ohjelman hyväksymien pingien lukumäärä

TS (5 ja 6) = tiettyyn kohdevoimakkuusluokkaan ohjelman hyväksymien "jälkien" (trace) lukumäärä

TaceMaxLength = hyväksytyn "jäljen" maksimipituus (pingien maksimikaikujen lukumäärä),

Trace MinLength = hyväksytyn "jäljen" minimipituus (pingien maksimikaikujen lukumäärä),

P = vakio

Kaavoissa esiintyvät numerot viittaavat kaikuluotausohjelman tallennuksessa käyttämiin seuraaviin ryhmiin: (1) = ohjelman hyväksymät kaikki havaitut kohteet, (2) = ohjelman hyväksymät yksittäiset kohteet, (3) = ohjelman hyväksymät luotainta lähestyvät yksittäiset kohteet, (4) = ohjelman hyväksymät luotaimesta loittonevat yksittäiset kohteet, (5) = ohjelman hyväksymä luotainta lähestyvät "jäljet" (trace) ja (6) = ohjelman hyväksymät luotaimesta loittonevat "jäljet" (trace). P- vakio valittiin siten, ettei tunnistettuja "puhtaita" tietoja olisi poistunut aineistosta, mutta häiriötiedoiksi todetut edellämainitut ehtojen rajaamat häiriötiedot poistettiin aineistosta. Tietoa "varmoista" kalahavinnoista ja eri tyyppisistä häiriöistä, joita oli kerätty häiriötarkkailun yhteydessä käytettiin tässä häiriönpoisto-ohjelman virittämisessä hyödyksi. Vertaamalla näyttöruudulla havaittuja kaloja tai häiriöitä tiedostoon kertyneisiin numerotietoihin saatiin lopputulokseksi mahdollisimman puhdasta kaikuluotausaineistoa tilastollista käsittelyä varten.

Jos häiriönpoisto-ohjelma havaitsi poikkeavia kaikuintensiteettejä keräysjaksolla (yleensä 4 tai 6 tuntia), se poisti koko kyseisen luotaimen havainnon keräysjaksolta. Laskettaessa päivittäin liikkuneiden kalojen määrää, oletettiin että kalat liikkuivat samassa suhteessa häiriöttömänä kuin häiriönpoisto-ohjelman poistamina ajanjaksoina. Päivittäin liikkuneet kalamäärät laskettiin seuraavasti:

$Tij = (Hij/Pij)*Lij$,

missä

Hij = i-suuntaan uineiden j-kokoisten kalojen havaintojaksojen kokonaismäärä kyseisenä päivänä
Pij = i-suuntaan uineiden j-kokoisten kalojen poistettujen havaintojaksojen kokonaismäärä kyseisenä päivänä
Lij = kaikuluotaimen havaitsemien i-suuntaan uineiden ja j-kokoisten kalojen lukumäärä tarkasteltavana päivänä
Tij= kaikuluotaimen päivittäin i-suuntaan uineiden j-kokoisten kalojen vaellusmäärä

2.2.7. Kaikuluotaustulosten laajennus koko joen poikkileikkauspinta-alalle

Tarkasteltujen luotaimien kaikuluotauskeilat kattoivat yhteensä noin 27 % joen poikkileikkauspinta-alasta tutkittavalla alueella. Keräysjaksoista laskettiin päivittäin ylä- ja alavirtaan vaeltaneiden kalojen lukumäärät kullekin luotaimelle. Luotaimien kaikukeilojen poikkileikkauspinta-alat laajennettiin koskemaan koko jokialuetta suhteuttamalla kunkin kaikuluotauskeilan poikkileikkauspinta-ala sitä ympäröivän jokialueen poikkileikkauspinta-alaan. Kunkin luotaimen tulokset laajennettiin koskemaan sitä joen poikkileikkauspinta-alaa, joka ulottui puoliväliin suhteessa viereisiin luotaimiin. Tällöin oletettiin, että kalat liikkuivat samassa suhteessa luodatuilla ja luotaamattomilla alueilla. Laajennus tehtiin luotaimittain ja erikseen

molemmille luotainlinjoille. Kummankin luotainlinjan arvioimat kalamäärät saatiin laskemalla yhteen eri luotainten antamat tulokset. Rannoilta suljettiin pois yhteensä noin 215 m^2 kokoinen alue (noin 8 % joen kokonaispoikkileikkauspinta-alasta, laitimmaisia luotaimia ei otettu tarkasteluun), koska matalia ranta-alueita ei pystytty luotettavasti kaikuluotaamaan. Ranta-alueilla liikkuneista kaloista annettiin kuitenkin erillinen arvio laitimmaisten luotaimien antamien kalakaikujen perusteella.

Kunkin kaikuluotaimen kaikuluotaustulos laskettiin seuraavasti:

$Vij = (Ap/Lp)*Kij$,

missä Vij= i-suuntaan uineiden j-kokoisten kalojen vaellusmäärä tarkasteltavana päivänä kaikuluotainta ympäröivällä alueella
Ap = kaikuluotainta ympäröivän alueen pinta-ala (m^2)
Lp = luotaimen kaikukeilan pinta-ala (m^2)
Kij = kaikuluotaimen havaitsemien i-suuntaan uineiden ja j-kokoisten kalojen lukumäärä tarkasteltavana päivänä

2.2.8. Vaellukseen vaikuttavien tekijöiden arvioiminen

Kalojen vaelluksiin vaikuttavia mahdollisia tekijöitä haettiin ympäristömuuttujista. Pintaveden lämpötila oli käytettävissä päivittäin mitattuna arvoina avovesikaudelta Vesi- ja ympäristöhallituksen rekistereistä Inarin Nellimistä (PIN-N) sekä Paatsjoesta tämän tutkimuksen koekalastuksen yhteydessä mitattuna (PIN-P). Tämän lisäksi käytettävissä oli Inarijärven Paksuvuonon suulta noin 10 päivän välein vuoden ympäri mitatut veden pintalämpötilat (PIN-PA). Inarijärven veden pinnan muutoksia kuvaamaan käytettiin Inarin Nellimistä Vesi- ja ympäristöhallituksen mittaamia vuorokautisia pinnan korkeuksia (cm, PIN-INA). Paatsjoen virtaamatiedot (m^3/s) oli mitattu tuntikeskiarvoina Kaitakosken voimalaitoksella (Vesi- ja ympäristöhallituksen kirjallinen tiedonanto) (VIRT-PA). Viiden vuorokauden sadantaa (mm) Paatsjoen valuma-alueen luusuassa käytettiin sademäärän mittarina (SADE-PA). Ilmatieteen laitokselta saatiin Ivalosta mitatut vuorokausikeskiarvot tuulen nopeudesta (m/s, TUUL-IVA), ilmanpaineesta (hPa, IPA-IVA), pilvisyydestä (asteikko 1-8, PILV-IVA) ja ilman lämpötilasta (C, LÄMP-IVA). Keskilämpötilan muutos viikkojen välillä laskettiin vähentämällä viikon keskilämpötila edellisen viikon keskilämpötilasta (LÄMP-ERO). Ympäristömuuttujilla selitettiin kaikuluotauslinjoilla arvioitujen kalojen kokonaismäärää (KSUMMA) ja ympäristömuuttujien vaikutusta kokonaisvaelluksen suuntaan (ylävirtaan uineet-alavirtaan uineet, EROTUS). Kaikuluotauslinjoilla arvioiduista kalamääristä laskettiin viikottaiset summat, koska vuorokautisissa arvoissa satunnaisvaihtelun osuus voisi olla suuri. Ympäristömuuttujista laskettiin viikottaiset keskiarvot. Yhteensä tarkastelussa oli 49 kokonaista viikkoa.

Muuttujien keskinäisiä riippuvuuksia tutkittiin ei parametrisellä Spearmanin-korrelaatiolla. Muuttujien normaalisuutta tarkasteltiin graafisesti ja testattiin Kolmogorov-Smirnovin testillä. Veden lämpötiloja ei voimakkaasti vinon jakauman (talvikauden alhaiset lämpötilat) voitu muunnoksin normalisoida, joten veden lämpötiloja ei parametrisissä testeissä voitu käyttää kuin avovesikaudelta. Korvaavana muuttujana käytettiin ilman lämpötilaa, joka korreloi voimakkaasti veden pintalämpötilojen kanssa avovesikaudella vovesikaudella (r=0,84-0,91). Logaritmimuunnos tehtiin virtaamalle, tuulen nopeudelle ja kalojen kokonaismäärälle (log(y)) sekä eri suuntaan uineiden kalojen määrälle (log(y+1000)). Regressionalyysiä käytettiin selittämään arvioituja kalojen kokonaismääriä (KSUMMA) ja eri suuntaan uineiden kalojen määriä (EROTUS). Pääkomponenttianalyysillä muodostettiin

ympäristömuuttujista uusia, keskenään korreloimattomia pääkomponentteja, joita käytettiin selittävinä muuttujina regressioanalyysissä. Pääkomponenttianalyysin periaatteena on, että alkuperäisistä muuttujista muodostetaan lineaarisia lausekkeita, joista ensimmäinen sisältää mahdollisimman paljon alkuperäisessä aineistossa olevasta vaihtelusta, toinen mahdollisimman paljon jäljelle jääneestä vaihtelusta jne. (Ranta ym. 1989). Parhaassa tapauksessa suuri osa aineiston sisältämästä vaihtelusta voidaan sisällyttää muutamaan pääkomponenttiin, jotka eivät korreloi keskenään.

2.3. Koekalastus

2.3.1. Koekalastuksessa käytetyt pyydykset

Koekalastusten lajijakauma eri pituusluokissa on oleellinen tieto, kun eri pituusluokkiin jaetun kaikuluotausaineiston perusteella arvioidaan lajikohtaisten vaellusten määrää. Tämän takia oli pyrittävä saamaan riittävä otos erilajisten ja -kokoisten kalojen vaelluksista samanaikaisesti kerättävän kaikuluotausaineiston kanssa. Talvikauden koekalastuksissa käytettiin jään alle uitettuja verkkoja. Sulanveden aikana koeverkkojen lisäksi käytettiin rysiä ja kurenuottaa. Kaikuluotausjakson aikana käytettyjen pyydysten pyyntiponnistustiedot ja kokonaissaaliit on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Tässä raportissa esiteltyjen koekalastustietojen lisäksi alueella koekalastettiin myös ennen kaikuluotausjakson alkamista. Tämän pyynnin tarkoituksena oli selvittää kyseisiin olosuhteisiin parhaiten soveltuvimmat pyyntimenetelmät sekä merkitä joessa liikkuvia kaloja. Koekalastusalueena oli kaikuluotauslinjojen yläpuolinen alue noin 50-1000 metriä kaikuluotauslinjoista ylävirtaan (kuva 1b). Vaikeiden jääolojen vuoksi koekalastusaineistoa ei saatu ajalta 25.2. - 21.3.1994.

Verkkopyynnissä käytettiin kolmen tyyppisiä koeverkkosarjoja. Eniten käytettiin verkkosarjaa jonka yhteispituus oli 80 metriä ja syvyys 1,8 metriä. Verkkosarja koostui kahdesta 40 metrin mittaisesta jatasta (KOEV-1,8-A ja KOEV-1,8-B), jotka jakautuivat edelleen neljään kymmenen metrin pituiseen osaan. A-jatassa silmäharvuudet olivat verkon päästä lukien 12 mm, 75 mm, 20 mm ja 35 mm sekä vastaavasti B-jatassa 15 mm, 60 mm, 25 mm ja 45 mm. Rinnan 1,8 m korkuisten koeverkkojen kanssa käytettiin myös muuten samanlaista, mutta korkeudeltaan 3,0 metrin koeverkkosarjaa (KOEV-3,0-A ja KOEV-3,0-B). Kolmas käytetyistä verkkosarjoista (VEKARY) koostui kahdeksasta kolmenkymmenen metrin pituisesta ja 1,8 metrin korkuisesta verkosta, yksi verkko kutakin edellämainittua silmäharvuutta.

Koeverkkoja pyrittiin pitämään päivittäin pyynnissä vähintään kaksi sarjaa kaikuluotauslinjan läheisyydessä. Jokaisen verkonlaskun yhteydessä vaihdettiin verkkojen silmäharvuusjärjestystä kullakin pyyntipaikalla siten, että lähimmäksi rantaa sijoitettiin vuorokerroilla A-sarjassa 12 mm:stä ja 35 mm:stä sekä B-sarjassa 15 mm:stä ja 45 mm:stä alkava verkon pää. Näin menetellen pyrittiin mahdollisimman hyvin satunnaistamaan eri silmäharvuuksien sattuminen eri jokiosuuksille ja syvyyksille. Verkkokalastuksessa käytettiin vain joen pohjalle laskettuja verkkoja. Talvijaksolla verkkoja koettiin yleensä kahdesti viikossa ja kesäjaksolla kerran päivässä.

Koekalastuksissa käytettiin koeverkkojen lisäksi kurenuottaa ja rysiä, jotta saatiin tietoa myös pinnan tuntumassa liikkuvien kalojen lajijakaumasta. Käytetty 120 m

kurenuotta ja pyyntimenetelmä olivat samoja kuin Oulujoen tutkimuksessa (Hyvärinen ym. 1992). Koekalastusalueella käytetty rysä oli rakenteeltaan vannerysä, jonka pyyntikorkeus oli neljä metriä ja perän silmäharvuus 12 mm. Kaikuluotausjakson aikana rysä oli pyynnissä 1.11.-16.11.1993 ja 6.6.-28.9.1994 välisinä aikoina joen pohjoisrannalla n. 200 metrin etäisyydellä kaikuluotauslinjasta. Talvijakson aikana rysäpyynti ei onnistunut vaikeiden jääolojen vuoksi. Ennen kaikuluotausjakson alkamista jokialueella rysäpyyntiä kokeiltiin eri paikoista. Kesällä 1993 tutkimuksessa käytettiin lisäksi yhtä kahdeksan metrin pyyntisyvyistä avorysää joka oli sijoitettu Inarijärven Paatsvuonoon. Pyynnin tarkoituksena oli merkitä vuonossa liikkuvia kaloja ja seurata niiden mahdollista vaellusta Paatsjokeen. Myös suurin osa jokirysä- ja kurenuottapyynnin saaliskaloista merkittiin kuumapolttomenetelmällä.

Taulukko 1. Koekalastuksessa käytettyjen verkkosarjojen ja rysien koentakerrat sekä nuotan vetokerrat kuukausittain kaikuluotausjakson aikana (pyydysten rakenne on selitetty kappaleessa 2.3.1).

KUUKAUSI	KOEV-1,8-A	KOEV-1,8-B	KOEV-3,0-A	KOEV-3,0-B	VEKARY	NUOTTA	RYSÄ
mar-93	17	16	0	0	0	0	3
jou-93	29	29	0	0	0	0	0
tam-94	17	18	0	0	0	0	0
hel-94	13	14	0	0	0	0	0
maa-94	12	12	0	0	0	0	0
huh-94	29	30	0	0	0	0	0
tou-94	56	58	0	0	4	28	0
kes-94	54	54	10	10	5	76	8
hei-94	60	56	12	16	4	114	8
elo-94	52	60	18	16	4	82	8
syy-94	50	53	9	8	3	4	3
lok-94	53	54	11	12	2	0	0
YHTEENSÄ	442	454	60	62	22	304	30

Taulukko 2. Koekalastuksen kappalemääräinen saalis pyydyksittäin ja kuukausittain kaikuluotausjakson aikana.

KUUKAUSI	KOEV-1,8-A	KOEV-1,8-B	KOEV-3,0-A	KOEV-3,0-B	VEKARY	NUOTTA	RYSÄ	YHTEENSÄ
mar-93	35	34	0	0	0	0	0	69
jou-93	64	39	0	0	0	0	0	103
tam-94	31	27	0	0	0	0	0	58
hel-94	15	19	0	0	0	0	0	34
maa-94	5	2	0	0	0	0	0	7
huh-94	23	7	0	0	0	0	0	30
tou-94	35	23	0	0	2	0	0	60
kes-94	54	62	3	8	33	6	13	179
hei-94	69	80	10	8	30	121	18	336
elo-94	71	75	13	14	21	2071	23	2288
syy-94	106	85	19	18	41	801	22	1092
lok-94	96	125	21	25	10	0	0	277
YHTEENSÄ	604	578	66	73	137	2999	76	4533

2.3.2. Saalisnäytteiden käsittely

Lähes kaikki saaliiksi saadut kalat, joita ei merkitty ja vapautettu, käsiteltiin seuraavassa esitetyn mukaisesti. Vain 7 cm ja tätä suuremmat kalat otettiin aineiston käsittelyssä huomioon, koska kaikuluotaimien rekisteröimät kalat olivat tämän kokoisia tai suurempia. Myöhempää iänmääritystä varten näytekaloista otettiin talteen suomunäytteet, otoliitit ja/tai hartianlukkoluu. Pyyntipaikka ja -aika, verkon silmäharvuus sekä saaliin paino ja lukumäärä kirjattiin muistiin jokaisen koentakerran jälkeen. Saaliskirjanpidon ohella kalayksilökohtaiset tiedot kirjattiin suomupusseihin. Suomupusseihin merkattiin kirjanpitotietojen lisäksi kalayksilön pituus, paino, sukupuoli, sukukypsyys ja siian kohdalla siivilähampaiden lukumäärä. Siivilähampaiden laskemisessa käytettiin apuna tarvittaessa suurennuslasia tai stereomikroskooppia. Istutuskalojen merkinnän lisäksi taimenet pyrittiin erottelemaan istutuskaloiksi tai luonnonkaloiksi ulkoisten tuntomerkkien perusteella, jotka kirjattiin muiden suomupussitietojen lisäksi. Koekalastusalue oli jaettu neljään alueeseen kaikuluotauslinjojen ja Paatsjoen luusuan välillä. Pyynnin kirjauksessa alueet jaettiin lisäksi pohjois- ja etelärantaan sekä keskialueeseen. Koekalastussaaliista merkityistä kaloista kirjattiin lukumääräinen saalis ja muut edellämainitut pyyntitiedot. Lisäksi ne mitattiin ennen vapauttamista.

2.3.3. Gyrodactylus näytteenotto

Gyrodactylus Salaris -loisen mahdollista leviämistä Paatsjoen vesistö-alueella seurattiin tutkimuksen aikana ottamalla koekalastussaaliin lohikaloista ja muduista evä-näytteitä. Näytteitä kerättiin jo ennen kaikuluotaustutkimusta alkaen 1.1.1993. Viimeiset näytteet otettiin 9.11.1994. Näytteet kerättiin Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksen Oulun aluelaboratorion ohjeiden mukaan. Näyte otettiin kaloista heti pyydysten kokemisen jälkeen. Kalan, josta näyte otettiin, tuli olla elävä tai vasta kuollut. Näytekalalta leikattiin molemmat rintaevät saksilla aivan evien tyvestä ja evät säilöttiin puskuroituun formaliiniin. Jokaisen eri kalalajin evät säilöttiin omaan näytepurkkiinsa ja niitä kerättiin kuukauden ajan, jonka jälkeen purkit lähetettiin Oulun aluelaboratorioon määritettäviksi. Tarkoituksena ei ollut ottaa näytteitä kaikista kaloista, vaan koota kuukauden kattava evänäytteistö tarkkailun alaisista lajeista. Kuitenkin kaikista nieriöistä, harjuksista ja muduista otettiin näytteet. Näytteitä säilytettiin noin 15-20 asteen läpötilassa.

2.3.4. Istutettujen kalojen erottaminen saaliista

Inarijärveen on viime vuosina eri siikamuodoista istutettu pelkästään pohjasiikaa. 1980- luvulla keskimäärin 73 % Inarijärven siikasaaliista oli pohjasiikaa ja tästä noin kolmannes oli istutuksista peräisin (Salojärvi ja Mutenia 1992). Koko siikasaaliista istutettujen osuus oli n. 25 %. Arvio perustui kuonomerkittyjen siikojen osuuteen pohjasiikasaaliissa. Tässä tutkimuksessa istutettujen siikojen osuutta ei voitu suoraan laskea merkintätietojen puuttuessa. Istutettujen siikojen osuuden oletettiin olevan sama (kolmannes) kuin Inarijärven pohjasiikasaaliissa 1980 luvulla. Koekalastussaaliin pohjasiikojen osuus arvioitiin siivilähampaiden lukumäärän perusteella. Ivalojoen mädinhankintapyynnissä 1976-1983 pohjasiian siivilähampaiden lukumäärä vaihteli 16-27 (Heinonen 1985). Lypsettäviksi oli hyväksytty siiat, joiden siivilähammasluku oli 24 tai vähemmän. Myös tässä tutkimuksessa pohjasiioiksi (tai harvasiivilähampaisiksi siioiksi) nimitettiin siikoja

joiden siivilähampaiden lukumäärä oli 24 tai vähemmän. Tosin Paatsjoen pohjasiialla on aikaisemmin todettu olevan hieman korkeampi siivilähammasluku kuin Ivalojoen pohjasiikakannalla (Sarjamo ym. 1989). Muita siikamuotoja tässä tutkimuksessa nimitettiin yhteisnimellä tiheäsiivilähampaisiksi siioiksi. Nämä siiat voivat siivilähammasjakauman perusteella olla riika- tai reeskakantoja. Ne voidaan erottaa toisistaan kasvun perusteella, reeska on hitaampikasvuinen. Rääpys on Inarijärvessä esiintyvä harva-siivilähampainen (15-20) hidaskasvuinen siikamuoto. Se eroaa pohjasiiasta myös ulkoisten tuntomerkkien perusteella suurine silmineen ja punertavine rinta- ja vatsaevineen sekä syvällä eläville kaloille ominaisesta "vesimahasta" (Palomäki 1981).

Istutettujen taimenten osuutta koekalastuksessa saaliiksi saaduista taimenista tutkittiin merkintöjen ja ulkoisten tuntomerkkien perusteella. Kala koodattiin istukkaaksi, mikäli sillä oli selvä todennäköisesti kasvatuksessa aiheutunut eväkuluma tai muu vastaava merkki havaittavissa. Lisäksi kalat, joilta löydettiin istutusalkuperän varmistava merkki (poltto- tai värimerkki), koodattiin istukkaiksi. Ulkoisten tuntomerkkien perusteella tapahtunut arviointi on epävarma, mutta ydistettynä merkinnöistä saatuun tietoon, voitaneen koekalastusaaliista arvioida ainakin istutettujen taimenten minimimäärä.

Muita Inarijärveen istutettavia lajeja: Järvilohta, inarinnieriää ja harmaanieriää saatiin koekalastuksessa saaliiksi niin vähäisiä määriä, ettei niiden erottelu istukkaiksi tai luonnonkudusta peräisin oleviksi ollut tarkoituksenmukaista.

2.3.5. Yksikkösaaliiden laskeminen

Verkkojen koekalastustuloksista laskettiin viikottaiset yksikkösaalisindeksit koeverkkosarjalle (1,8 m). Yksikkösaalisindeksiä käytettiin koekalastus- ja kaikuluotaustulosten riipuvuuden selvittämisessä. Indeksin laskemisessa käytettiin kaavaa:

$$CPUE = C_A/N_A + C_B/N_B$$

jossa

CPUE = koeverkkosarjan (1,8 m) yksikkösaalisindeksin viikkokeskiarvo

C_A = koeverkkosarjan (1,8 m) A-jatan lukumääräinen viikkosaalis

C_B = koeverkkosarjan (1,8 m) B-jatan lukumääräinen viikkosaalis

N_A = viikon aikana koettujen A-jatojen lukumäärä

N_B = viikon aikana koettujen B-jatojen lukumäärä

2.3.6. Kalamerkinnät

Lisätietoa yksittäisten kalojen vaelluksesta pyrittiin saamaan merkinnöillä. Koekalastuksessa rysällä ja nuotalla saatuja kaloja merkittiin polttomerkillä taulukon 9 mukaisesti. Tämän lisäksi Inarijärveen istutettavia järvitaimenen poikasia merkittiin ruiskuvärimenetelmällä taulukon 8 mukaisesti. Tällä pyrittiin saamaan tietoa myös istutusalueen ja -ajankohdan vaikutuksesta taimenten vaellukseen. Saaliiksi saaduista kaloista tarkistettiin mahdollinen polttomerkki silmämääräisesti ja värimerkki tähän tarkoitukseen valmistetulla pimiölaitteella. Polttomerkin käyttöä on kehitellyt mm. Saura (1986). Ruiskuvärjäysmenetelmä on Suomessa suhteellisen uusi menetelmä,

jonka käyttökelpoisuutta mm. järvitaimenelle on arvioinut Friman (1994). Värimerkin pysyvyyttä arvioitiin tämän tutkimuksen yhteydessä talven 1993-1994 aikana. Vuonna 1993 istutettavat värimerkityt järvitaimenet lisäksi polttomerkittiin värimerkin pysyvyyden toteamiseksi. Vuonna 1994 istutettavat järvitaimenet (yhteensä 39 300 kpl) värimerkittiin 30.9.-4.10.1993 välisenä aikana, jonka jälkeen kaloja säilytettiin Sarmijärven kalanviljelylaitoksella noin 9 kuukautta. Merkin pysyvyys tarkistettiin 1 500 kalan otoksesta ennen istutusta 3.-20.6.1994.

2.4. Kaikuluotaustulosten jako lajeihin

Kaikuluotausaineisto jaettiin kohdevoimakkuuden mukaan kuuteen pituusluokkaan. Kohdevoimakkuuden ja kalan pituuden välille on siialle ja sisävesikuoreelle esitetty seuraava riippuvuus: log L = (TS+67)/20, jossa L = kalan pituus (cm) ja TS = kalan kohdevoimakkuus (dB) (mm. Lindem 1983, Jurvelius 1991). Tässä raportissa eri kalalajien oletettiin heijastavan samanlaista kohdevoimakkuutta suhteessa kalan pituuteen.

Kahden kuukauden aikana koekalastuksissa saatu lajikohtainen saalis jaettiin pituusluokkiin yhtälön A mukaisesti. Edelleen eri lajien osuudet kahden kuukauden jaksoissa laskettiin luotaustuloksista yhtälöiden B ja C mukaisesti erikseen alavirtaan ja ylävirtaan vaeltaneista kaloista. Laskelmassa käytettiin kaikuluotausjakson aikana koeverkoilla (KOEVERKKO-1,8, KOEVERKKO-3,0 ja VEKARY), kurenuotalla ja jokirysällä saaliiksi saatujen kalojen laji- ja kokojakaumaa. Kaavoissa käytetty lajikohtainen kokojakauma laskettiin erikseen talvikuukausille (1.11.1993-31.4.1994) ja kesäkuukausille (1.5.-31.10.1994). Jos joittenkin kalayksilöiden pituutta ei oltu koekalastuksen yhteydessä mitattu (joitakin merkittyjä ja vapautettuja kaloja), käytettiin laskelmassa em. kalojen pituutena samana tai viereisenä päivänä samalla pyydyksellä saatujen saman lajin kalojen keskipituutta. Talvikuukausina ei pyynnin vaikeuden vuoksi saatu saaliiksi kuin muutamia 7-11 cm kokoluokan kaloja, vaikka kaikuluotaimilla kyseisen kokoisia kaloja havaittiinkin. Näytteiden vähyyden vuoksi kokoluokalle käytettiin talvikuukausina koko tutkimusjakson aikana saaliiksi saatujen kalojen lajijakaumaa.

(A) $Cij = (nij/Ni)xCi$

(B) $Aij = (Cij/(SUM(Ci)j))x(Xja)$

(C) $Yij = (Cij/SUM(Ci)j))x(Xjy)$

joissa

nij = i-lajin j-kokoisten saaliiksi saatujen kalojen lukumäärä erikseen talvi- ja kesäkauden aikana

Ni = i-lajin kaikkien saaliiksi saatujen kalojen lukumäärä erikseen talvi- ja kesäkauden aikana

Ci = i-lajin saalis (lkm) kahden kuukauden saaliissa

Cij = i-lajin j-kokoisten kalojen lukumäärä kahden kuukauden saaliissa

SUM(Ci)j = kaikkien lajien j-kokoisten kalojen lukumäärä kahden kuukauden saaliissa

Xja = j-kokoisten alavirtaan vaeltaneiden kalojen lukumäärä kahden kuukauden kaikuluotaustuloksissa

Xjy = j-kokoisten ylävirtaan vaeltaneiden kalojen lukumäärä kahden kuukauden kaikuluotaustuloksissa

Aij = i-lajisten j-kokoisten alavirtaan vaeltaneiden kalojen määrä kahden kuukauden aikana

Yij = i-lajisten j-kokoisten ylävirtaan vaeltaneiden kalojen määrä kahden kuukauden aikana

3. TULOKSET JA TARKASTELU

3.1. Kaikuluotaukset

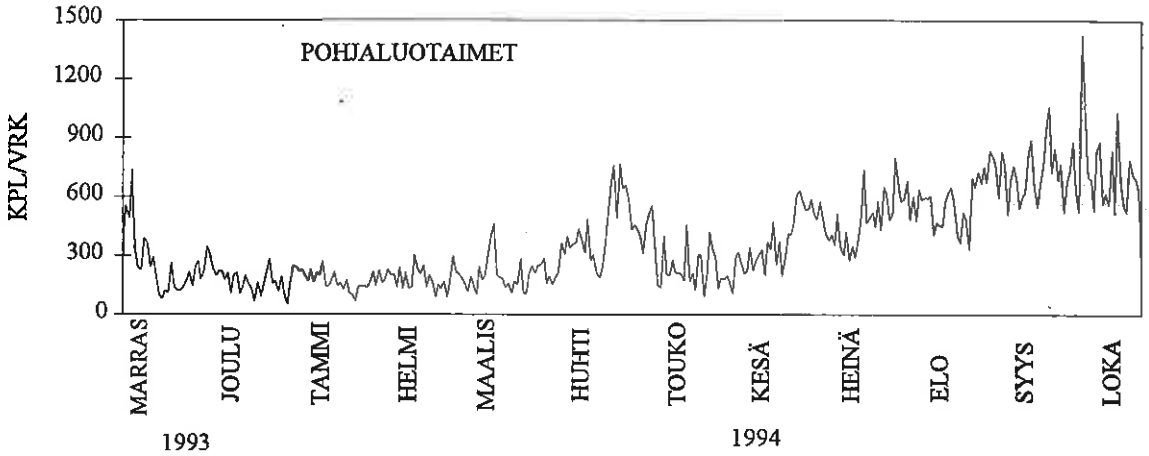
Kaikuluotainten keilan muodosta johtuen (sitä leveämpi keila mitä kauempana luotaimen anturista) pohjaluotainten peittoalue on suurempi joen pintakerroksessa ja toisaalta pintaluotainten pohjakerroksessa. Tämän vuoksi pohjaluotainlinja kuvaa parhaiten pintakerroksissa tapahtuvaa liikettä ja vastaavasti pintaluotainlinja pääasiassa pohjassa tapahtuvaa liikettä. Kaikuluotaustulokset laskettiin erikseen pinta- ja pohjaluotauslinjalle kattamaan koko joen poikkileikkauspinta-alaa (lukuunottamatta ranta-alueita). Näin saatiin kaksi rinnakkaista tulosta. Tuloksissa arvioitiin erikseen ylä- ja alavirtaan liikkuvat kalamäärät. Tuloksia tulkittaessa on kuitenkin otettava huomioon, että sama kala voi tulla lasketuksi yhtenä päivänä useita kertoja liikkuneeksi molempiin suuntiin.

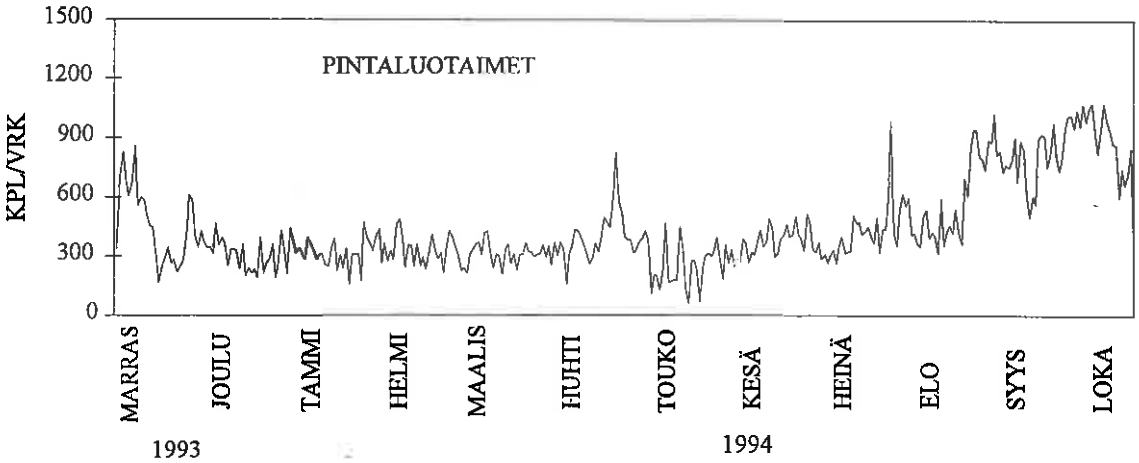
Pohjaluotaimien antamien kalakaikujen mukaan arvioitiin koko kaikuluotausjaksolla liikkuneen yhteensä 128 438 kalaa, joista alavirtaan ui 69 300 kalaa (54 %) ja ylävirtaan 59 138 kalaa (46 %). Pintaluotaimin arvioitiin kaikuluotausjaksolta yhteensä 152 522 kalaa, joista alavirtaan ui 70 106 kalaa (46 %) ja ylävirtaan 82 416 kalaa (54 %). Näissä luvuissa ei ole mukana ranta-alueita. Pohjaluotainlinjan laitimmaisten luotainten mukaan ranta-alueilla kaikuluotausjaksolla arvioitiin yhteensä 24 835 kalaa, josta alavirtaan ui 11 299 kalaa ja ylävirtaan 13 536 kalaa. Vastaavasti pintaluotauslinjan laitimmaisten luotaimien mukaan arvioitiin luotausjaksolla yhteensä 35 895 kalaa, joista alavirtaan ui 15 078 kalaa ja ylävirtaan 20 816 kalaa. On kuitenkin otettava huomioon, että laitimmaisten luotainten kaikukeilojen peittoalue on mataluuden vuoksi hyvin pieni (alle 3% ranta-alueen poikkileikkauksesta) ja lisäksi veden pinnan vaihtelun vuoksi (alhaisimmillaan syvyys vain noin 1 metri) luotaimien antama tieto kalojen lukumääristä ei ole niin luotettavaa kuin syvempään veteen asennettujen luotainten.

Vaellusten ajoittumisesta luotaintulosten perusteella voidaan havaita, että talvijaksolla (marraskuu-maaliskuu) sekä pohjaluotainten että pintaluotainten mukaan vaellusmäärät ovat suhteellisen vähäisiä (kuva 3). Keväällä huhti-toukokuussa vaellusten määrä selvästi lisääntyi laskien jälleen kesäkuussa. Tämän jälkeen kalojen liikkeet molempien kaikuluotauslinjojen mukaan alkoivat nousta vaellusmäärien ollessa suurimmillaan syys-lokakuussa. Kokonaisuudessaan voidaan sanoa, että sekä luotauslinjoilla arvioidut kalamäärät että arvioiduissa kalamäärissä tapahtuneet muutokset kaikuluotausjaksolla olivat huomattavasti pienempiä kuin vastaavalla laitteistolla tehdyssä tutkimuksessa Oulujoella vuosina 1990-1991 (vrt. Hyvärinen ym. 1992).

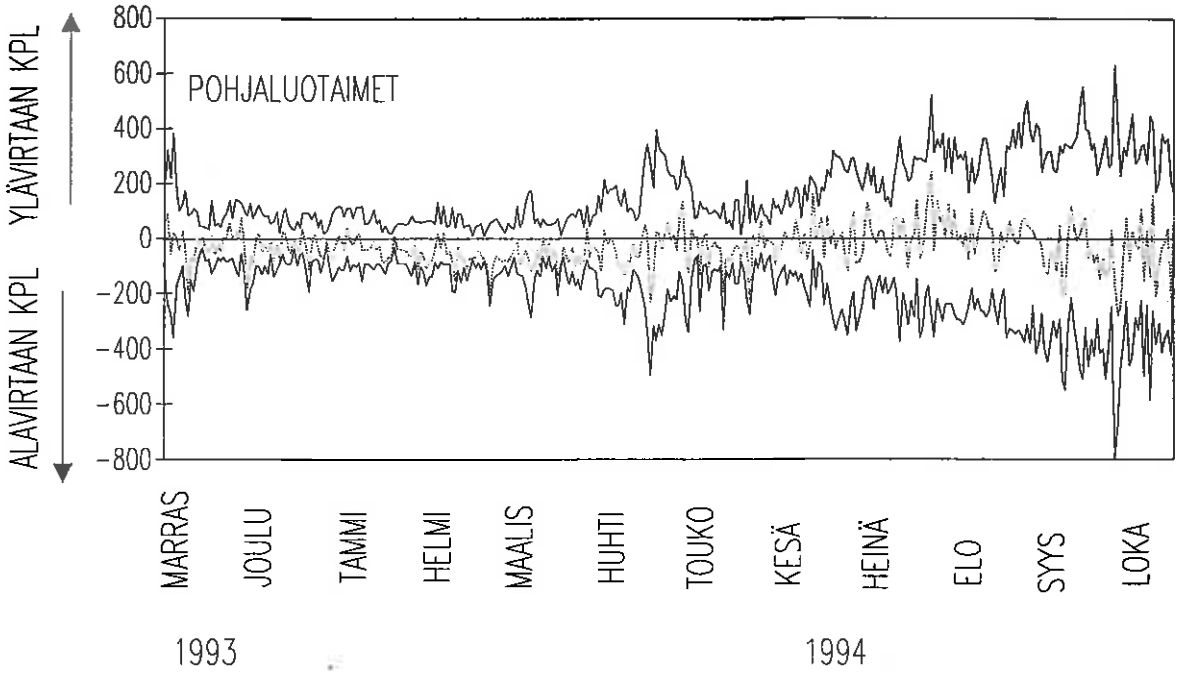
Kuvassa 4 on esitetty kaikuluotainlinjoilla arvioidut kalamäärät jaettuna ylä- ja alavirtaan uineisiin kaloihin. Molemmilla linjoilla havaitaan, että liikkeen lisääntyminen keväällä ja syksyllä tapahtuu sekä ylävirtaan että alavirtaan uineissa

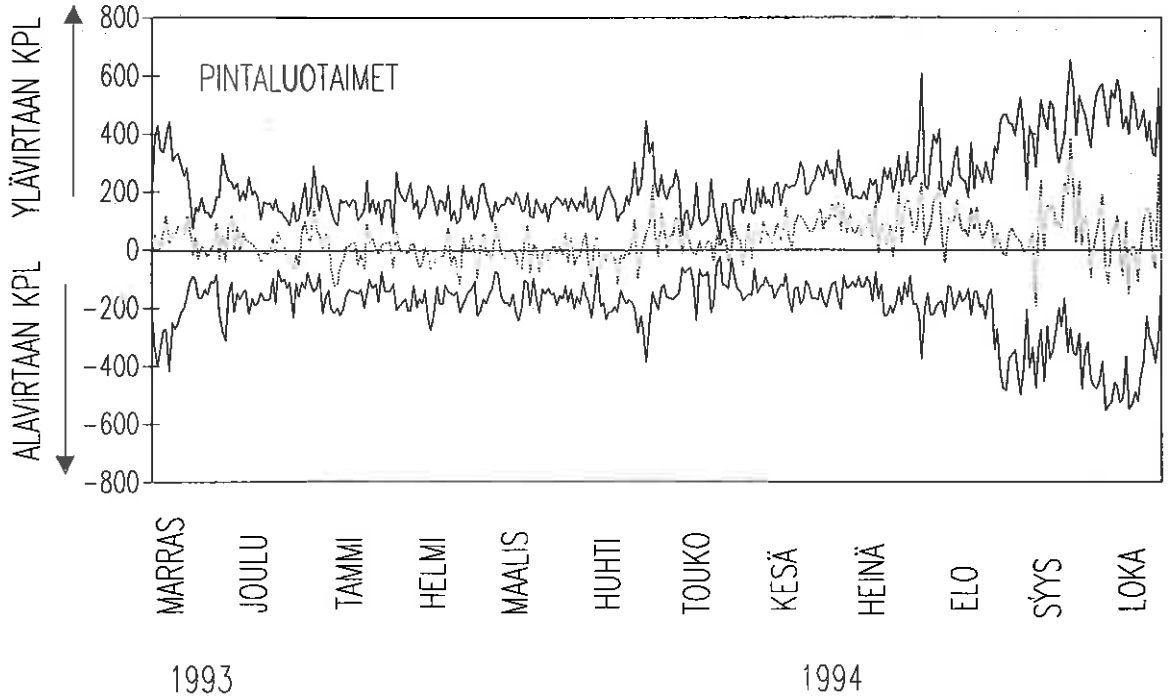
kaloissa. Pohjaluotainten mukaan talvijaksolla suurempi osa kaloista on uinut alavirtaan kuin ylävirtaan. Keväällä huhti-toukokuussa havaittu liikkeen lisääntyminen on tapahtunut sekä ala- että ylävirtaan, kuitenkin suuremman määrän havaituista kaloista uidessa alavirtaan. Kesällä, heinä-elokuussa, pohjaluotainten mukaan suurempi osa liikkeestä tapahtuu ylävirtaan mutta syksyllä suurempi osa havaituista kaloista ui pohjaluotainten mukaan jälleen alavirtaan joitakin selviä ylävirtaan tapahtuvia vaelluspiikkejä lukuunottamatta. Pintaluotainlinjan mukaan (pohjassa tapahtuva liike) kalojen uintisuunnassa tapahtui vastaavia muutoksia kuin pohjaluotainlinjalla havaitut muutokset, sillä erotuksella että kalojen uintisuunta oli selvästi enemmän ylävirtaan tapahtuvaa liikettä. Talvijaksolla kaloja liikkui melko tarkoin sama määrä niin ylä- kuin alavirtaan. Kevään ja kesän aikana suurempi osa kaloista ui luotainten mukaan ylävirtaan. Syksyllä myös alaspäin vaeltavien kalojen määrä edelleen lisääntyy. On kuitenkin huomattava, että esimerkiksi kuukausittain summatuista kalamääristä arvioituna erot eri ajanjaksoina ylöspäin ja alaspäin vaeltaneiden kalojen määrässä eivät ole kovin suuria (kuva 5), vaan liikettä tapahtuu koko ajan sekä ala- että ylävirtaan. Verrattuna vuosien 1990-1991 vastaavaan tutkimukseen Oulujoella kalojen uintisuunta Paatsjoessa ei ollut niin selkeästi alavirtaan tapahtuvaa liikettä kuin Oulujoella (vrt. Hyvärinen ym. 1992). Oulujoella myös yhteensä vuorokausittain arvioitujen kalojen määrä oli selvästi suurempi kuin Paatsjoessa.



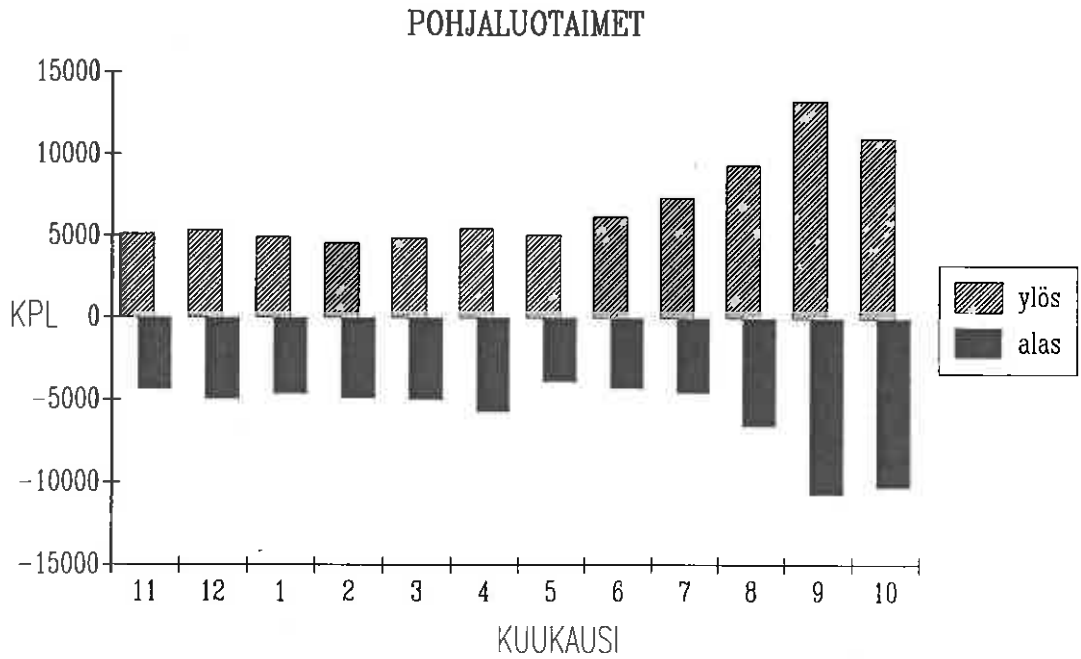


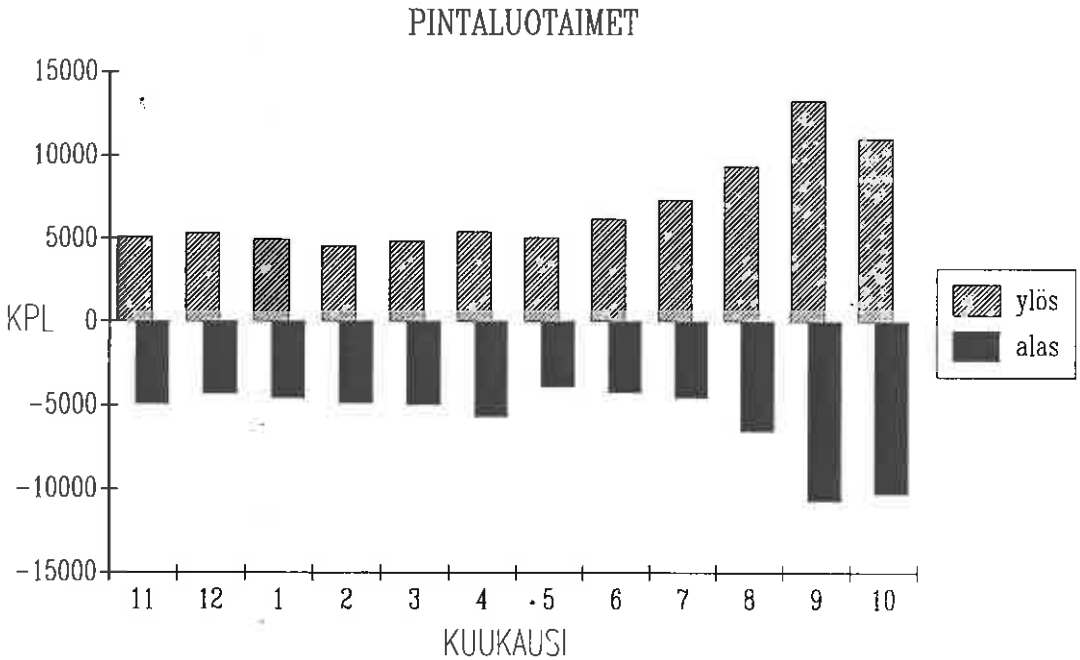
Kuva 3. Luotauslinjoilla arvioidut vuorokautiset kalamäärät 12.11.1993-24.10.1994. Ylävirtaan ja alavirtaan liikkuvat kalat on laskettu yhteen.





Kuva 4. Kaikuluotauslinjojen kalakaikujen perusteella arvioidut ylä- ja alavirtaan uineet kalamäärät 12.11.1993-24.10.1994. Katkoviiva kuvaa ylä- tai alavirtaan uineiden kalojen erotusta (ylävirtaan vaeltaneet-alavirtaan vaeltaneet).

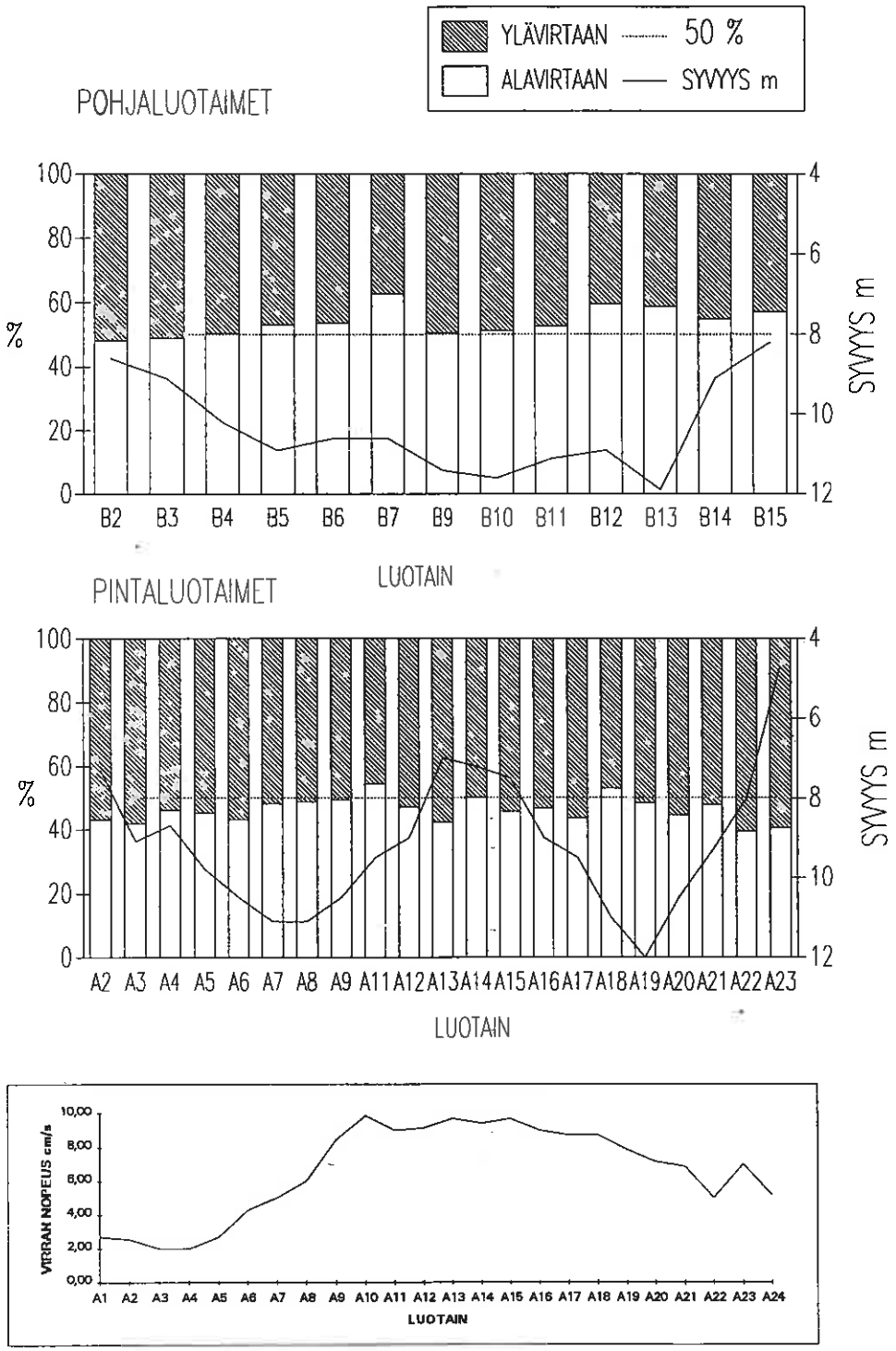




Kuva 5. Kaikuluotauslinjojen kalakaikujen perusteella arvioidut ylä- ja alavirtaan uineet kalamäärät kuukausittain 12.11.1993-24.10.1994 välisenä aikana.

Pohjaluotaimista kaikissa paitsi kahdessa laitimmaisessa luotaimessa (b2 ja b3, kuva 6), alavirtaan uineiden kalojen lukumäärä oli puolet tai yli puolet arvioidusta kalamäärästä. Suurimmillaan alasvaeltaneiden prosenttiosuus oli luotainten b7 (joen keskiosa) ja luotainten b12-b15 (joen eteläpuoli) kohdalla. Pintaluotainten kohdalla tilanne oli päinvastainen (kuva 6). Ainoastaan kaksi luotainta (a11 ja a18) rekisteröivät enemmän alavirtaan kuin ylävirtaan uineita kaloja, muiden luotainten kohdalla yli puolet liikkeestä tapahtui ylävirtaan. Suurimmillaan ylävirtaan vaeltaneiden prosenttiosuus oli molemmilla laidoilla, mutta myös joen keskiosassa

matalassa kohdassa (luotain a13) ylävirtaan uineiden kalojen osuus oli suhteellisen suuri. On kuitenkin otettava huomioon, että suurimmillaankin ero ylä- ja alavirtaan vaeltaneiden prosenttiosuuksien välillä oli luotaimittain tarkasteltuna vain noin 20 %.

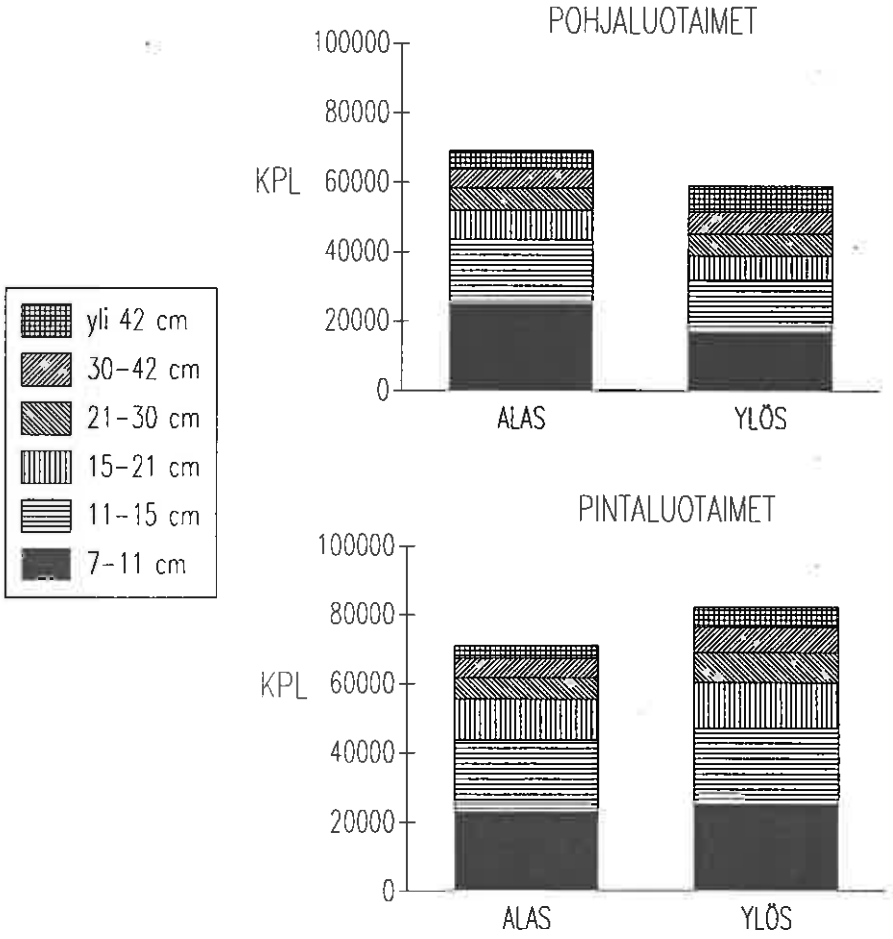


Kuva 6. Ylä- ja alavirtaan uineiden kalojen prosenttiosuudet pohja- ja pintaluotaimittain luotausjaksolla 12.11.1993-24.10.1994 sekä keskimääräinen virtausnopeus (1 m syvyydessä) kunkin pintaluotaimen kohdalla.

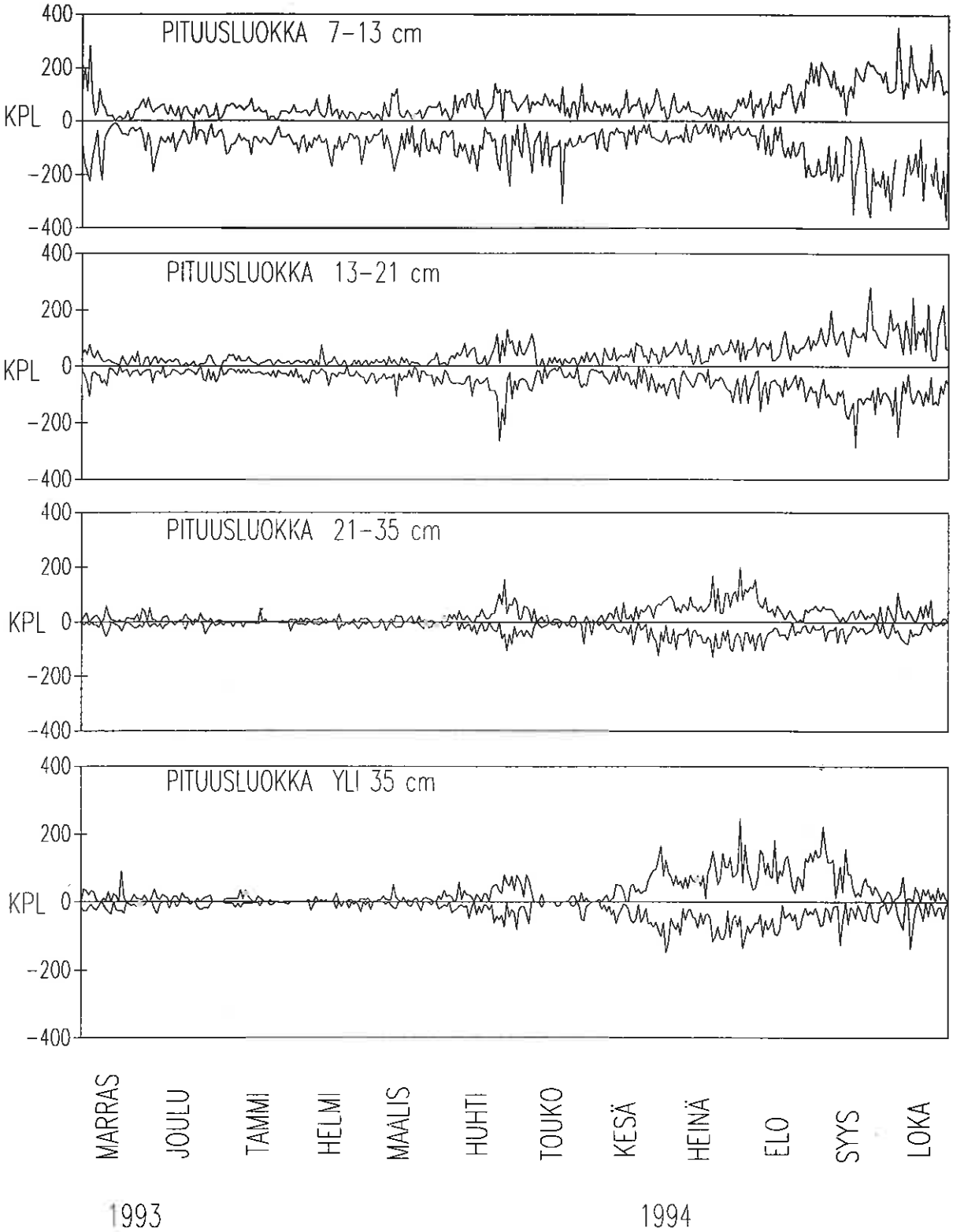
3.1.1. Kokojakauma

Pohjaluotainten mukaan alaslaskeutuvissa kaloissa oli enemmän pieniä (alle 21 cm:n pituisia) kaloja kuin ylösnousevissa kaloissa (kuva 7). Pintaluotainten mukaan ylösnousevia kaloja oli jonkin verran enemmän kaikissa kokoluokissa verrattuna laskeutuviin kaloihin.

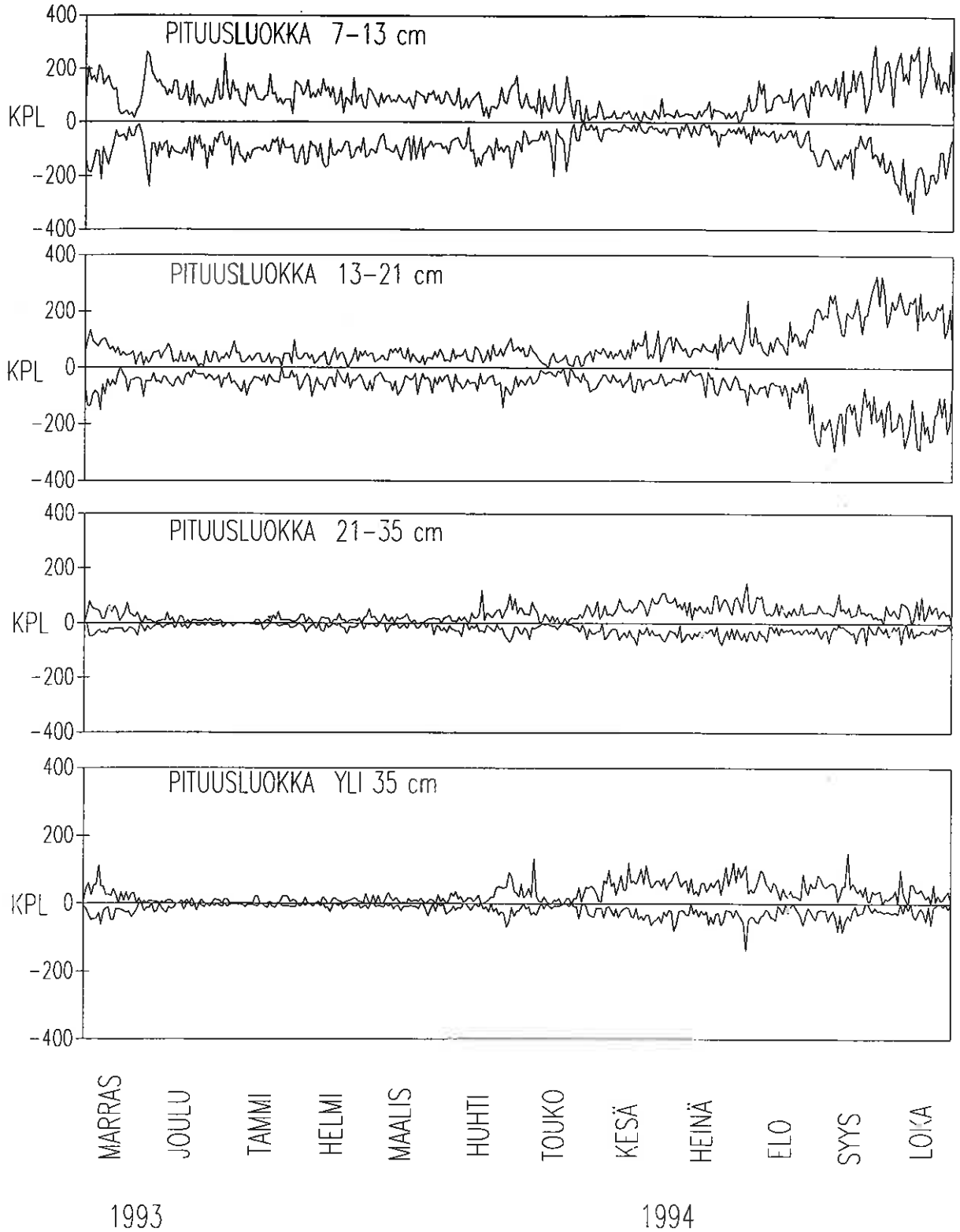
Kuvassa 8 ja 9 on jaettu pohjaluotainten ja pintaluotainten mukaan arvioidut kalamäärät neljään eri kokoluokkaan jaettuna. Kuvista havaitaan, että syksyllä elokuusta lähtien havaittu kalamäärien lisääntyminen luotauslinjoilla johtui pääosin alle 21 cm pituisten kalojen liikkeistä. Erityisesti pintaluotaimien mukaan pienimmän käytetyn pituusluokan (7-13 cm) kaloja liikkui vähiten kesällä, kesä- ja heinäkuussa. Yli 21 cm pituisia kaloja liikkui talvikaudella ennen huhtikuuta hyvin vähän, mutta huhti-toukokuussa tapahtuu yli 21 senttisten kalojen liikkeissä selvä lisääntyminen. Tämä näkyi pohjaluotaimissa jo 13-21 sentin kokoluokassa. Kevään piikin jälkeen yli 21 sentin kalojen liike väheni lyhyeksi ajaksi ja lisääntyi jälleen jatkuen pohjaluotainten mukaan syys-lokakuun vaihteeseen saakka ja pintaluotaimien mukaan lokakuun lopulle saakka.



Kuva 7. Pohja- ja pintaluotainlinjoilla havaittujen ylä- ja alavirtaan uineiden kalojen kokojakauma Paatsjoessa 12.11.1993-24.10.1994



Kuva 8. Pohjaluotaimien mukaan vuorokausittain arvioidut ylä- ja alavirtaan (-) uineet kalamäärät neljässä eri kokoluokassa 12.11.1993-24.10.1994.



Kuva 9. Pintaluotaimien mukaan vuorokausittain arvioidut ylä- ja alavirtaan (-) uineet kalamäärät neljässä eri kokoluokassa 12.11.1993-24.10.1994.

3.2. Vaellukseen vaikuttavien tekijöiden arvioiminen

Ympäristömuuttujista veden lämpötila, ilman lämpötila ja Inarinjärven pinnankorkeus korreloivat tilastollisesti merkitsevästi sekä kaikuluotauslinjoin arvioidun kalamäärän että vaelluksen suunnan (ylä/alavirtaan uineiden kalojen erotus) kanssa molemmilla kaikuluotainlinjoilla (taulukko 3). Ilman viikottaisten keskilämpötilojen muutos ei kuitenkaan korreloinut kummankaan selitettävän muuttujan kanssa. Paatsjoen virtaama korreloi negatiivisesti arvioidun kokonaiskalamäärän kanssa pohjaluotainlinjalla (pinnassa tapahtuva liike pieneni virtaaman lisääntyessä) sekä pintaluotainlinjalla (pohjassa tapahtuva liike) negatiivisesti vaelluksen suunnan kanssa (eli virtaaman kasvaessa alaspäin uivia kaloja oli pohjassa enemmän). Myös sadanta pohjaluotainlinjalla ja pilvisyys pintaluotainlinjalla korreloi jokseenkin merkitsevästi vaelluksen suunnan kanssa. Yksittäisten korrelaatiokertoimien tulkinta voi kuitenkin olla tässä tapauksessa harhaanjohtavaa voimakkaitten keskinäisten korrelaatioiden vuoksi (ks. taulukko 4).

Taulukko 3. Ympäristömuuttujien Spearmanin-korrelaatiokertoimet luotauslinjoin havaitun kalojen kokonaismäärän ja kalojen uintisuunnan (ylävirtaan uineet-alavirtaan uineet) kanssa (lyhenteiden selitykset kappaleessa 2.2.8). Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot lihavoidulla kirjasimella. p<0,05=*, p<0,01=, p<0,001***. N=49.**

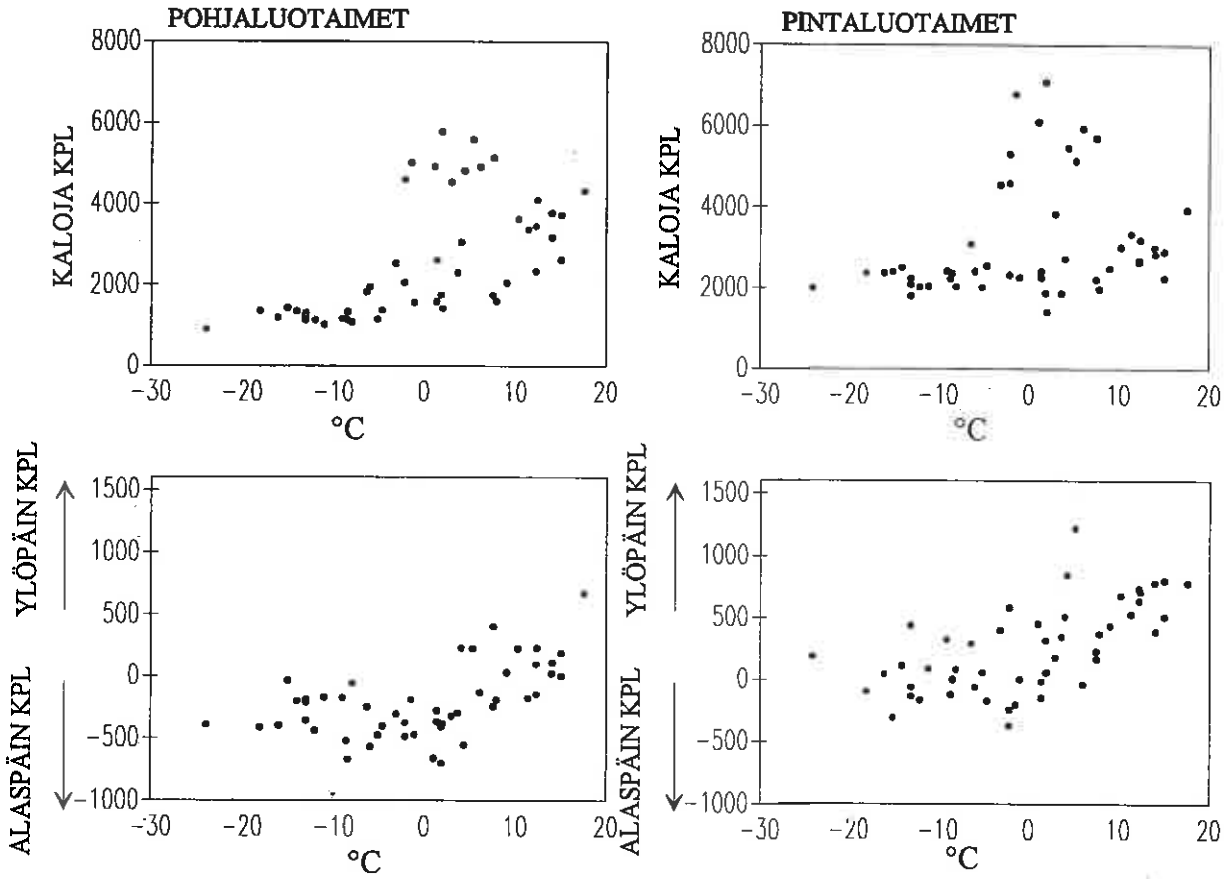
Pohjaluotaimet

	PIN-N	PIN-P	PIN-INA	VIRT-PA	SADE-PA	TUUL-IVA	IPA-IVA	PILV-IVA	LÄMP-IVA	LÄMP-ERO
KSUMMA	**0,74*****	**0,69*****	**0,48*****	**-,59*****	0,17	-,02	0,13	-,24	**0,71*****	-,07
EROTUS	**0,53*****	**0,49*****	**0,62*****	-,22	**0,31***	-,08	0,24	-,10	**0,55*****	0,05

Pintaluotaimet

	PIN-N	PIN-P	PIN-INA	VIRT-PA	SADE-PA	TUUL-IVA	IPA-IVA	PILV-IVA	LÄMP-IVA	LÄMP-ERO
KSUMMA	**0,44****	**0,49*****	**0,47*****	-,22	0,01	-,04	0,07	-,14	**0,39****	-,09
EROTUS	**0,65*****	**0,65*****	**0,69*****	**-,34***	**0,13***	-,01	0,17	**-,37***	**0,66*****	-,09

Korrelaatiokertoimien mukaan lämpötilan ja arvioitujen kalojen määrän ja kalojen uintisuunnan välillä oli voimakkaimmat korrelaatiot. Lämpötilan noustessa luotauslinjoilla arvioidut kalamäärät lisääntyivät erityisesti pohjaluotainlinjalla (pääosin pinnassa tapahtuva liike) ja kaloja ui enemmän ylävirtaan kuin alhaisilla lämpötiloilla. Kuvassa 10 on esitetty ilman viikottaisen keskilämpötilan riippuvuus luotainlinjoilla arvioitujen viikottaisten kalamäärien ja kalojen uintisuunnan (ylävirtaan uineet-alavirtaan uineet) kanssa. Molemmilla luotauslinjoilla suurin havaittu kalojen kokonaismäärä ei ajoitu suurimpiin lämpötiloihin, vaan molemmin puolin 0 °C oleviin lämpötiloihin. Sensijaan ylävirtaan nousseiden kalojen määrä näyttäisi kasvavan lämpötilan noustessa.



Kuva 10. Ilman viikottaisen keskilämpötilan riippuvuus luotainlinjoilla arvioitujen viikottaisten kalamäärien summan ja kalojen uintisuunnan (ylävirtaan uineet-alavirtaan uineet) kanssa luotausjaksolla.

Ympäristömuuttujien välillä oli voimakkaita keskinäisiä korrelaatioita (taulukko 4), mikä vaikeuttaa yksittäisten muuttujien vaikutuksen tarkastelua. Tämän vuoksi ympäristömuuttujista muodostettiin keskenään korreloimattomat pääkomponentit, joita käytettiin alkuperäisten muuttujien tilalla. Pääkomponenteista otettiin tarkasteluun neljä ensimmäistä komponenttia, jotka yhdessä selittävät 80,1 % alkuperäisen aineiston kokonaisvaihtelusta jakautuen seuraavasti: 27,5 % ensimmäinen pääkomponentti (ominaisarvo 1,9), 21,1 % toinen pääkomponentti (ominaisarvo 1,5), 16,1 % kolmas pääkomponentti (ominaisarvo 1,1) ja 15,4 % neljäs pääkomponentti (ominaisarvo 1,1). Muuttujakohtaiset kertoimet on esitetty taulukossa 5. Ensimmäisen pääkomponentin voimakkain kerroin on ilman lämpötilalla, mutta komponentissa ovat suhteellisen voimakkaasti mukana myös sadanta ja Inarijärven pinnan korkeus. Toisen pääkomponentin muuttujakohtaisesta kertoimista suurin on ilmanpaineella, johon liittyi negatiivinen kerroin sadannalle. Myös tuulen nopeus on suhteellisen voimakkaasti mukana komponentissa. Kolmas pääkomponentti yhdistää Paatsjoen virtaaman ja Inarijärven pinnankorkeuden. Neljännessä pääkomponentissa selvästi voimakkain kerroin on pilvisyydellä.

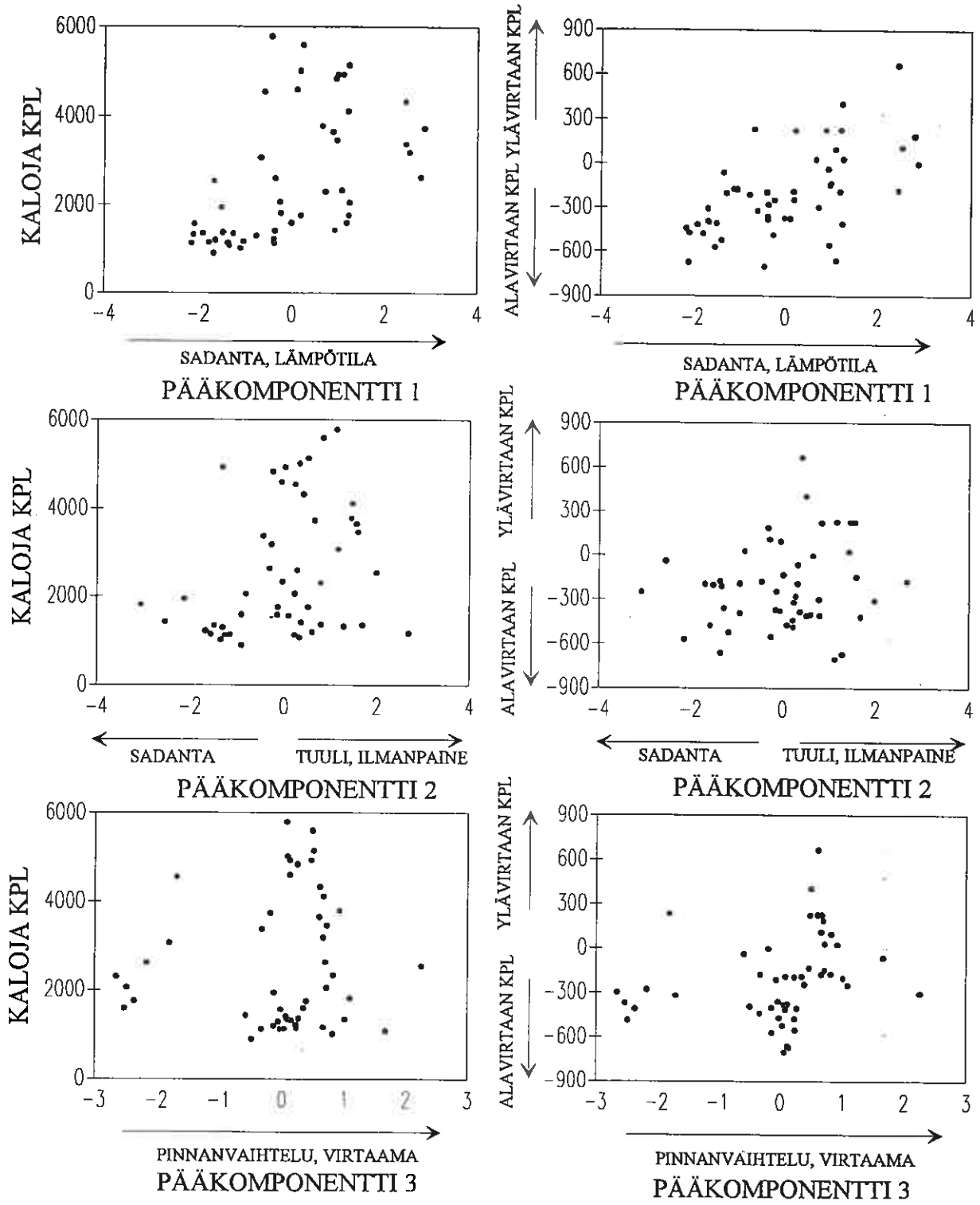
Taulukko 4. Ympäristömuuttujien väliset Spearmanin korrelaatiokertoimet. Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot lihavoidulla kirjasimella. p<0,05=*, p<0,01=, p<0,001***. N=49.**

	PIN-N	PIN-P	PIN-INA	VIRT-PA	SADE-PA	TUUL-IVA	IPA-IVA	PILV-INA	LÄMP-INA
PIN-N	1,0								
PIN-P	**0,86*** **	1,0							
PIN-INA	**0,67*** **	**0,82*** **	1,0						
VIRT-PA	**-,62*** **	**-,45** **	-,13	1,0					
SADE-PA	**0,34* **	0,27	0,28	-,26	1,0				
TUUL-IVA	-,19	-,11	-,11	0,06	**-,40** **	1,0			
IPA-IVA	0,08	0,27	0,14	**-,28* **	-,17	0,11	1,0		
PILV-INA	-,17	-,19	-,15	0,19	0,24	0,08	-,10	1,0	
LÄMP-INA	**0,91*** **	**0,84*** **	**0,63*** **	**-,62*** **	0,27	0,01	0,25	0,01	1,0

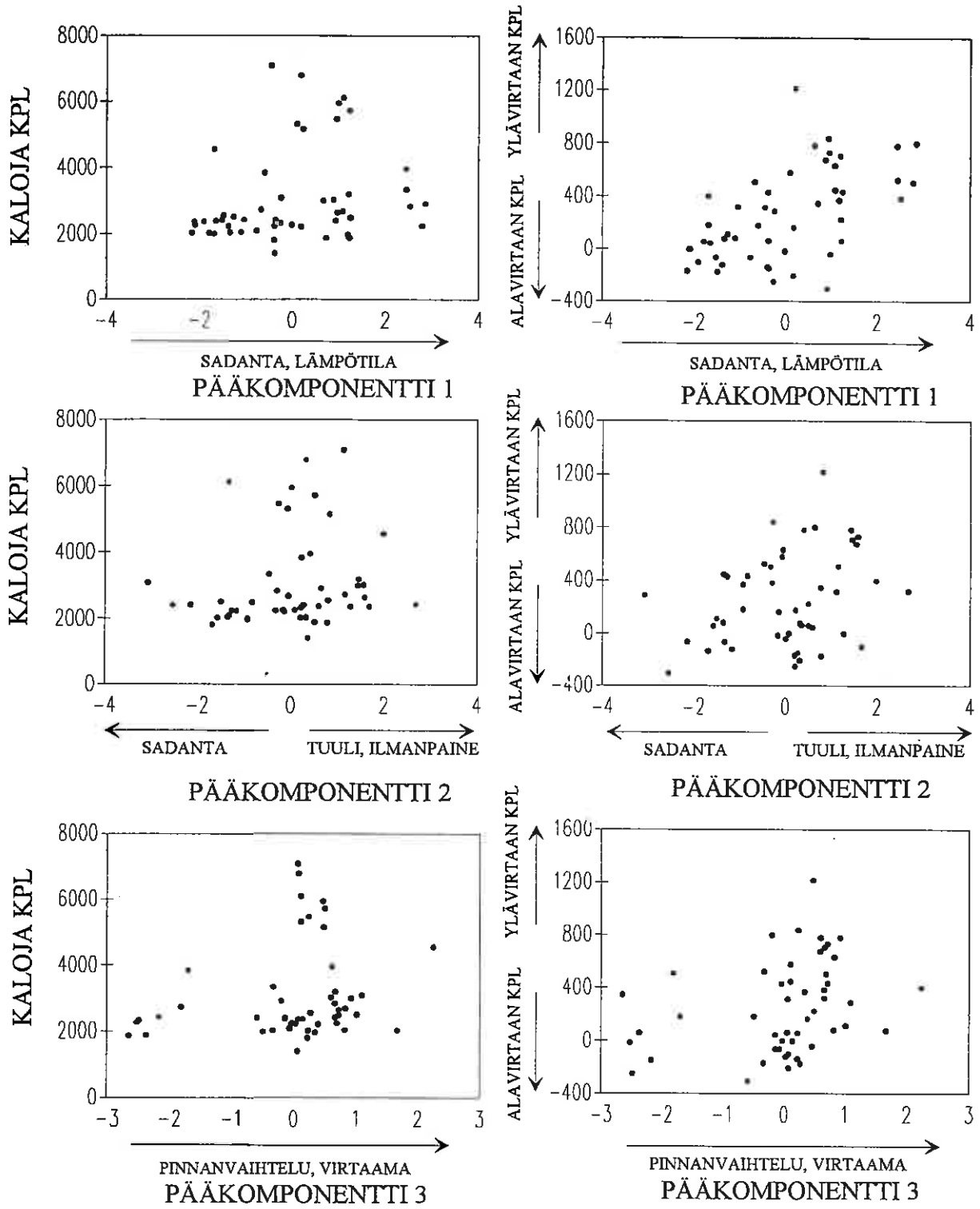
Taulukko 5. Ympäristömuuttujilla tehdyn pääkomponenttianalyysin muuttujakohtaiset kertoimet.

	PIN-INA	VIRT-PA	SADE-PA	TUUL-IVA	IPA-IVA	PILV-INA	LÄMP-INA
PÄÄKOMPONENTTI 1	0,46	-,37	0,48	-,27	0,07	-,06	0,57
PÄÄKOMPONENTTI 2	0,10	-,18	-,44	0,44	0,61	-,36	0,26
PÄÄKOMPONENTTI 3	0,66	0,73	-,04	0,13	-,01	0,04	0,05
PÄÄKOMPONENTTI 4	-,10	-,07	0,10	0,52	0,05	0,79	0,27

Ympäristömuuttujista muodostettujen pääkomponenttien ja kaikuluotauslinjoilla arvioitujen viikottaisten kalamäärien (logaritmimuunnos) sekä vaelluksen suunnan (logaritmimuunnos) välisiä vuorovaikutuksia tutkittiin korrelaatiolla ja regressioanalyysillä. Alkuperäisten muuttujien ja kolmen ensimmäisen pääkomponentin väliset riippuvuudet on esitetty kuvissa 11 ja 12. Pearsonin korrelaatiokertoimien mukaan viikottaisten kokonaiskalamäärien kanssa tilastollisesti merkitsevästi pohjaluotainlinjalla korreloi ensimmäinen pääkomponentti ($r=0,60$, $p<0,001$) ja selvästi heikommin toinen pääkomponentti ($r=0,31$, $p<0,05$). Vastaavasti pintaluotainlinjalla ainoastaan ensimmäinen pääkomponentti korreloi heikosti (raja-arvo) viikottaisen kokonaiskalamäärän kanssa ($r=0,28$, $p=0,05$). Vaelluksen suunnan (ylöspäin uineet-alaspäin uineet) kanssa pääkomponenteista pohjaluotainlinjalla tilastollisesti merkitsevästi korreloi ensimmäinen pääkomponentti ($r=0,54$, $p<0,001$) ja pintaluotainlinjalla ensimmäinen pääkomponentti ($r=0,54$, $p<0,001$) ja heikommin toinen ($r=0,30$, $p<0,05$) ja kolmas ($r=0,32$, $p<0,05$) pääkomponentti.



Kuva 11. Kolmen ensimmäisen ympäristömuuttujista (ks. taulukko 5) muodostetun pääkomponentin riippuvuus pohjaluotaimilla viikottain havaitun kokonaiskalamäärän ja vaelluksen suunnan kanssa.



Kuva 12. Kolmen ensimmäisen ympäristömuuttujista (ks. taulukko 5) muodostetun pääkomponentin riippuvuus pintaluotaimilla viikottain havaitun kokonaiskalamäärän ja vaelluksen suunnan kanssa.

Usean selittävän muuttujan regressioanalyysissä kalojen kokonaismäärää ja vaelluksen suuntaa selitettiin neljällä ensimmäisellä ympäristömuuttujista muodostetulla pääkomponentilla. Regressioanalyysien yhteenveto on esitetty taulukoissa 6 ja 7. F-testisuureen perusteella kaikissa malleissa ainakin yhden muuttujan regressiokerroin eroaa 0:sta. Mallin selitysaste kalojen kokonaismäärää selitettäessä on pohjaluotainlinjalla 46,6 % mutta pintaluotainlinjalla vain 19,4 %.

selittää pohjaluotainlinjalla 37,4 % ja pintaluotainlinjalla 49,0 %. Pohjaluotainlinjalla regressiokertoimien mukaan selitysvoimaa omaavat pääkomponentit yksi ja kolme sekä pintaluotainlinjalla kaikki kolme ensimmäistä pääkomponenttia.

Taulukko 6. Yhteenveto regressioanalyysistä, jossa pohjaluotauslinjalla havaittuja kalojen viikottaista kokonaismäärää (A) ja kalojen uintisuuntaa (B) selitetään neljällä ympäristömuuttujista (ks. taulukko x) muodostetulla pääkomponentilla. N=49.

A Selitettävä muuttuja kalojen kokonaismäärä

Muuttuja	kerroin	SE	t	p_{hav}
Vakio	7,70	0,06	123,84	0,001
Pääkomponentti 1	0,25	0,04	5,49	0,001
Pääkomponentti 2	0,15	0,05	2,84	0,007
Pääkomponentti 3	0,01	0,06	0,22	0,828
Pääkomponentti 4	-,03	0,06	-,43	0,671

$F=9,61$, $p<0,001$
$R^2=46,6$

B Selitettävä muuttuja kalojen vaellussuunta

Muuttuja	kerroin	SE	t	p_{hav}
Vakio	6,60	0,04	148,10	0,001
Pääkomponentti 1	0,15	0,03	4,57	0,001
Pääkomponentti 2	0,04	0,04	1,18	0,245
Pääkomponentti 3	0,09	0,04	2,03	0,049
Pääkomponentti 4	0,01	0,04	0,14	0,891

$F=6,60$, $p<0,001$
$R^2=37,5$

Taulukko 7. Yhteenveto regressioanalyysistä, jossa pintaluotauslinjalla havaittuja kalojen viikottaista kokonaismäärää (A) ja kalojen uintisuuntaa (B) selitetään neljällä ympäristömuuttujista (ks. taulukko x) muodostetulla pääkomponentilla. N=49.

A Selitettävä muuttuja kalojen kokonaismäärä

Muuttuja	kerroin	SE	t	p_{hav}
Vakio	7,94	0,05	151,09	0,001
Pääkomponentti 1	0,08	0,04	2,07	0,044
Pääkomponentti 2	0,06	0,04	1,41	0,166
Pääkomponentti 3	0,08	0,05	1,66	0,103
Pääkomponentti 4	-,06	0,05	-1,25	0,219

$F=2,65$, $p<0,05$
$R^2=19,4$

B Selitettävä muuttuja kalojen vaellussuunta

Muuttuja	kerroin	SE	t	p_{hav}
Vakio	7,09	0,03	240,24	0,001
Pääkomponentti 1	0,11	0,02	5,02	0,001
Pääkomponentti 2	0,07	0,02	2,78	0,008
Pääkomponentti 3	0,08	0,03	3,00	0,004
Pääkomponentti 4	0,02	0,03	0,597	0,553

$F=10,57$, $p<0,001$
$R^2=49,0$

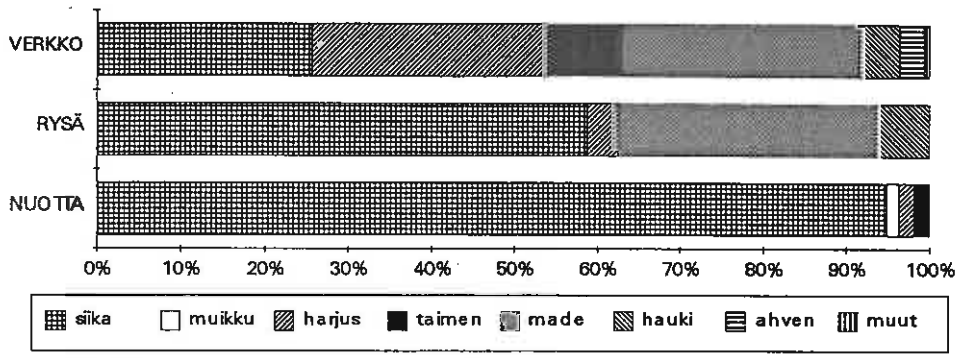
Tarkastelun mukaan lämpötilalla oli selkein vaikutus vaellusten ajoittumiseen (etenkin pinnassa tapahtuva liike) ja myöskin vaelluksen suuntaan. Inarijärven pinnankorkeus ja Paatsjoen virtaama selittivät havaittuja kalamääriä huomattavasti lämpötilaa heikommin, joskin näillä tekijöillä voi olla vaikutusta erityisesti vaelluksen suuntaan. Säännöstellyissä joissa virtaaman vaihtelujen vaikutus eri lajien alaslaskeutumiseen on ollut vaihteleva (esim. Irvine 1987), joissain tilanteissa virtauksen vaihtelun on havaittu lisäävän alaslaskeutumista, joissain tilanteissa sillä ei ole ollut vaikutusta. Myöskään ilmanpaine, tuuli ja sadanta eivät selittäneet merkitsevästi havaittua kalojen liikkeen määrää Paatsjoessa, mutta näillä tekijöillä näytti olevan merkitystä liikkeen suuntaa selitettäessä. Pilvisyydellä ei havaittu olevan merkitystä kalojen liikkeisiin eikä kalojen vaelluksen suuntaan Paatsjoessa. Hyvärisen ym. (1993) mukaan Oulujärvestä Oulujokeen havaittua alasvaellusta ympäristömuuttujista selittivät veden korkeus ja lämpötila.

3.3. Koekalastus

3.3.1. Koekalastussaaliin lajit ja niiden runsausuhteet

Kaikuluotausjakson aikana koekalastuksessa saatu kokonaissaalis oli 4533 kalaa (vrt. taulukko 2, kappale 2.3.1.). Valtalajeina saaliissa esiintyivät siika, harjus ja made. Muita saaliiksi saatuja lajeja olivat taimen, järvilohi, harmaanieriä, inarinnieriä, hauki, ahven ja muikku. Tässä tarkastelussa mukana olleiden lajien lisäksi saaliiksi saatiin pieniä määriä alle 7 cm pituisia mutuja ja kymmenpiikkejä, jotka poistettiin aineiston käsittelystä kokonsa vuoksi (kaikuluotausaneistossa käsiteltiin tietoja vain yli 7 cm mittaisista kaloista.).

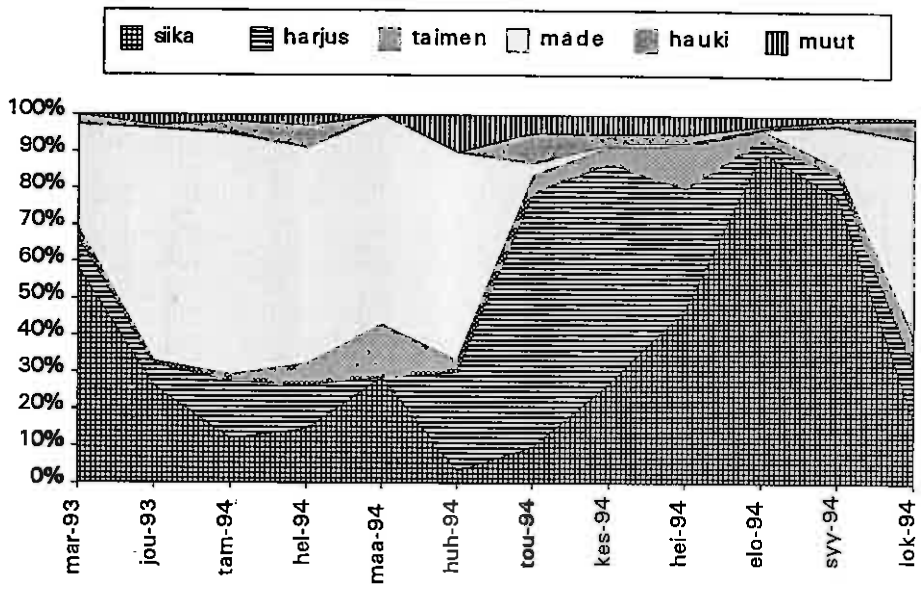
Koekalastussaaliin lajijakauma poikkesi eri pyydysten välillä huomattavasti. Koeverkoilla saatiin pyydystettyä enemmän eri lajeja kuin muilla pyydyksillä (kuva 13). Verkkopyynti kohdistui myös laajimmin eri alueille ja koko tutkimusajanjaksolle. Tosin verkoja käytettiin ainoastaan pohjaverkkoina. Muutamissa koepyynneissä kyseisissä virtausoloissa pintaverkkopyynti todettiin tehottomaksi. Rysä- ja nuottapyynti keskittyi sulanveden ajalle. Rysäpyynti kohdistui vain tiettyyn paikkaan eikä sen pyyntialuetta vaihdettu kaikuluotausjakson aikana. Kurenuottapyynti kohdistui keskivirran alueelle yli 4 metrin syvyisiin vesialueisiin. Sillä saatiin pyydystettyä lähinnä pinnan tuntumassa liikkuvia kaloja. Pyydystettävien kalojen koon suhteen koeverkot ja rysä olivat tasavertaisia, koska rysän perän silmäharvuus oli 12 mm kuten myös pienin koeverkoissa käytetty silmäharvuus. Kurenuotan perä oli silmäharvuudeltaan 8 mm, joten sillä saatiin myös jonkin verran pienempiä kaloja saaliiksi. Kurenuottasaaliissa suuri siian osuus johtuu osittain juuri pienten 0+ ikäisten alle 11 cm pituisten siianpoikasten suurista lukumääräisistä saaliista. Tämän kokoluokan kalat eivät yleensä jääneet koeverkkoihin tai rysään.



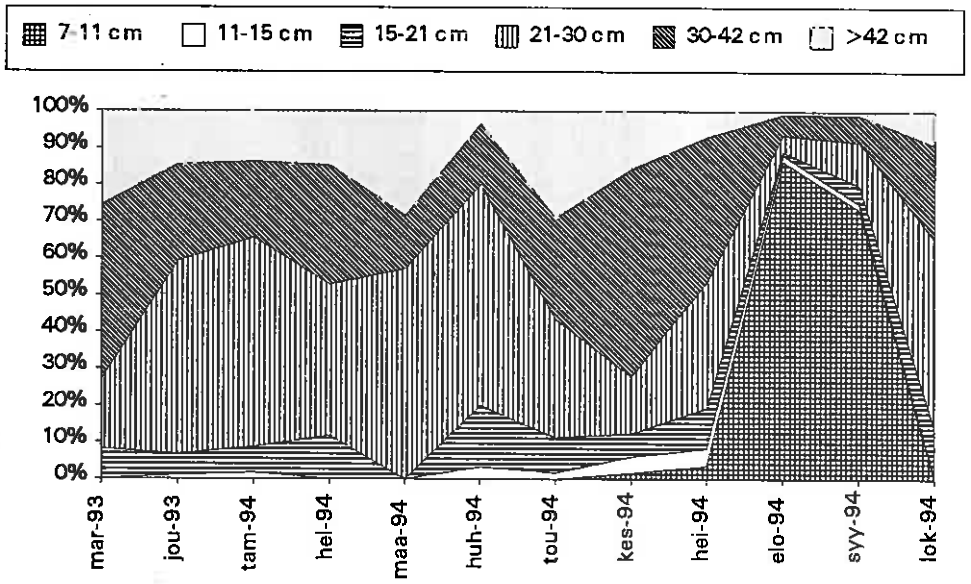
Kuva 13. Koekalastuksen lukumääräisen saaliin lajijakauma pyydyksittäin, muut=inarinnieriä+harmaanieriä+järvilohi.

Kuukausittain laji- ja kokojakauma tutkimusaikana vaihteli paljon (kuvat 14-16). Siian osuus oli suurimmillaan (yli 80 %) elo- syyskuussa 1994. Tämä johtui 0+ ikäisten siikojen suurista lukumääräisistä saaliista etenkin kurenuottapyynnissä. Muina ajanjaksoina saaliiksi saadut siiat olivat huomattavasti kookkaampia. Harjuksen osuus saaliissa oli suurimmillaan (yli 60 %) kutuliikehdinnän aikana toukokuussa 1994. Mateen osuus oli yli 50 % joulukuun 1993 ja huhtikuun 1994 välisenä aikana sekä marraskuussa 1994. Kesäkuukusina madetta ei juuri saatu saaliiksi. Taimenia, haukia ja ahvenia saatiin saaliiksi pieniä määriä tasaisesti koko tutkimusjakson ajan. Aikuisia muikkuja saatiin tutkimuksessa saaliiksi vain 3 kalaa. Sen sijaan elo- syyskuussa suuren määrän pieniä (0+) siikoja liikkuessa jokialueella, siikasaaliin seassa oli 0+ ikäisiä muikkuja 1,7 %. Inarijärvellä syksyllä 1994 (22.8.-1.9.1994) RKTL:n Ivalon toimipisteen tekemissä poikastroolauksissa 0+ ikäisten kalojen saalis oli 1805 kpl, joista 7,4 % oli muikkuja ja loput reeskoja (Mutenia ym. 1995). Ko. tutkimuksessa muikunpoikasia löytyi vain Inarijärven Eteläosista. Paatsjokea lähin vetoalue oli Kaikunuora, missä 0+ ikäisten kalojen saalis sisälsi 8,4 % muikkuja. Järvilohia, harmaanieriöitä ja inarinnieriöitä koekalastuksessa saatiin saaliiksi satunnaisesti vain muutamia kaloja.

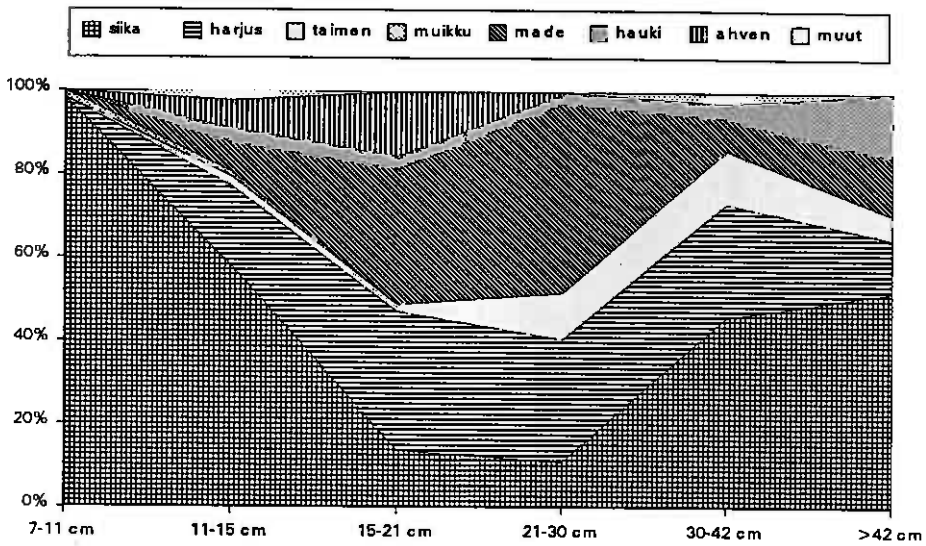
Pienistä 7-11 cm kaloista suurin osa oli siikoja (kuva 16). Näitä esiintyi saaliissa pääasiassa clo-syyskuussa 1994, mutta tuolloin ne liikkuivat suurina parvina. Kokoluokan 11-15 cm kaloja koekalastussaaliissa oli erityisen vähän. Ne olivat pääosin siikoja tai harjuksia. 15-21 cm kalojen osuus oli melko tasainen koko tutkimusjakson ajan ja siinä esiintyi useimmat saalislajeista. Ahven oli tässä kokoluokassa enimmillään (n. 20 %). 21-30 cm kokoluokan kalojen osuus oli suurimmillaan talvikuukausina, koska suuri osa mateista kuului tähän kokoluokkaan. Kahdessa suurimmassa kokoluokassa 30-42 cm ja yli 42 cm siian osuus oli yksittäisistä lajeista suurin (n. 50 %). Näitten kokoluokkien osuus kokonaissaaliista oli merkittävän suuri (n. 30-80 %) muina ajanjaksoina kuin elo-syyskuussa (kuva 15). Taimenia esiintyi pieniä määriä kaikissa koekalastussaaliin kokoluokissa, eniten yli 21 cm kokoluokissa.



Kuva 14. Koekalastuksen lukumääräisen saaliin lajijakauma kuukausittain (kaikki kokoluokat), muut=inarinieriä, harmaanieriä, järvilohi, muikku ja ahven.



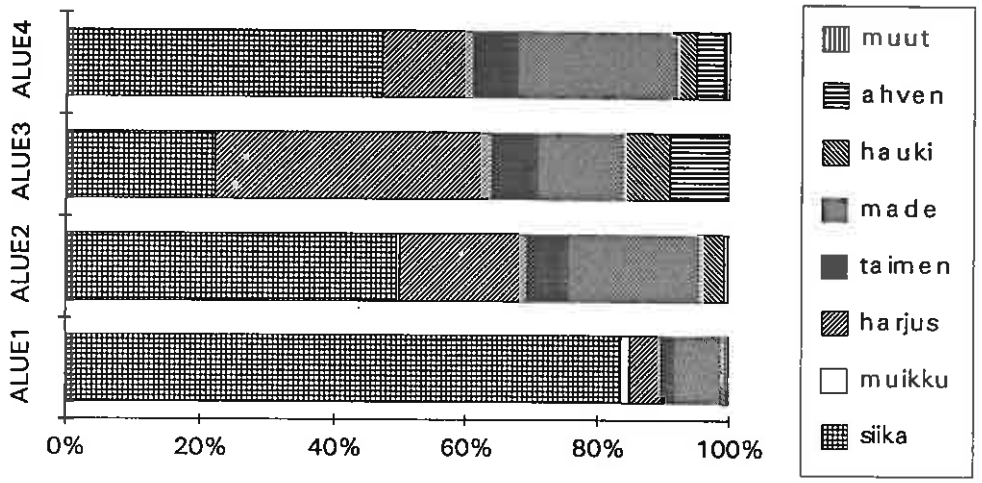
Kuva 15. Koekalastuksen lukumääräisen saaliin kokojakauma kuukausittain (kaikki lajit).



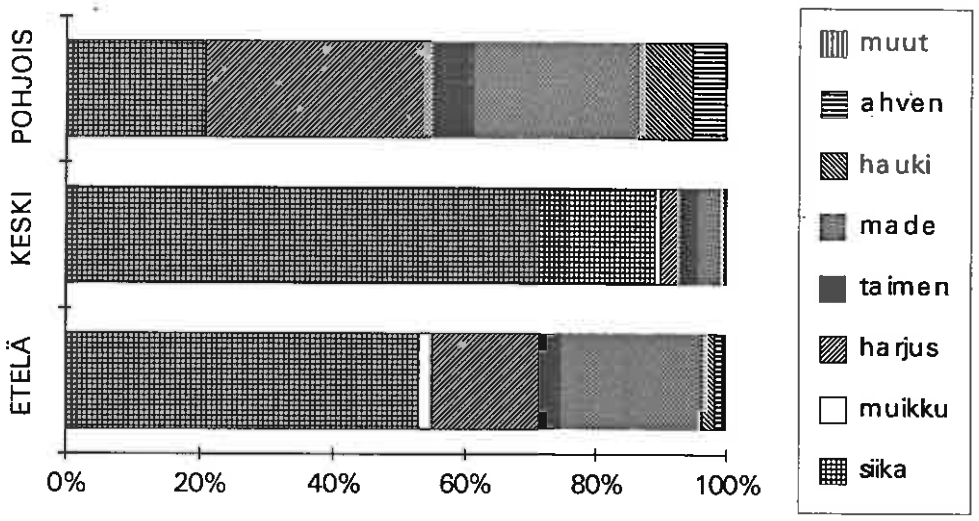
Kuva 16. Koekalastuksen lukumääräisen saaliin lajijakauma eri kokoluokissa 1.11.1993-31.10.1994, muut=inarinieriä, harmaanieriä, ja järvilohi.

Verrattuna Oulujoella vuosina 1990-1991 saatuun koekalastussaaliiseen Paatsjoen tutkimuksen koekalastussaalis poikkesi merkittävästi sekä koko- että lajijakauman osalta (Hyvärinen ym. 1992). Oulujoen saaliista pääosa kuului kahteen kokoluokkaan, 11-15 sekä 21-30 cm kokoluokat. Näistä kokoluokka 11-15 cm puuttui lähes kokonaan Paatsjoen saaliista. 21-30 cm kokoluokan kaloista Oulujoella suurin osa oli siikoja ja särkiä, kun Paatsjoella päälajeina olivat harjus ja made. Oulujoen koekalastuksessa yli 30 cm kaloja saatiin saaliiksi vain pieniä määriä, kun taas Paatsjoella yli 30 cm kalat muodostivat noin puolet kokonaissaaliista poislukien elosyyskuun jakson (kuva 15). Oulujoen saaliissa esiintyneistä lajeista kiiski, kuore, ankerias ja särkikaloista muut paitsi mutu puuttuivat Paatsjoen saaliista.

Koekalastussaaliin lajisuhteet Paatsjoella vaihtelivat myös koekalastusalueen osa-alueilla (1-4) (kuva 17). Lähimpänä kaikuluotauslinjaa alueella 1 siian osuus oli suurin (yli 80 %) ja alueella 3 pienin (n. 20 %). Lisäksi lajisuhteet vaihtelivat myös ranta-alueiden (etelä- ja pohjoisranta) ja joen keskivirran välillä (kuva 18). Keskivirrassa siian osuus oli suurin ja pohjoisrannalla pienin. Sekä aluekohtainen että ranta-alueiden ja keskivirran välinen lajisuhteiden vaihtelu saaliissa johtui ainakin osittain eri pyyntimuotojen keskittymisestä tietylle alueelle. Alueella 1 ja keskivirrassa siian suuri osuus johtui kurenuotalla pyydystettyjen pienten siikojen suurista lukumääräisistä saaliista. Ranta-alueet (pohjois- ja eteläranta) olivat pyynnin suhteen muuten samanarvoisia, mutta rysäpyynti tapahtui etelärannalla. Tämä vaikutti myös etelärannalla siian osuuden kasvuun. Jostain syystä rysällä ei saatu harjuksia pyydystettyä yhtä hyvin kuin verkoilla (kuva 13).

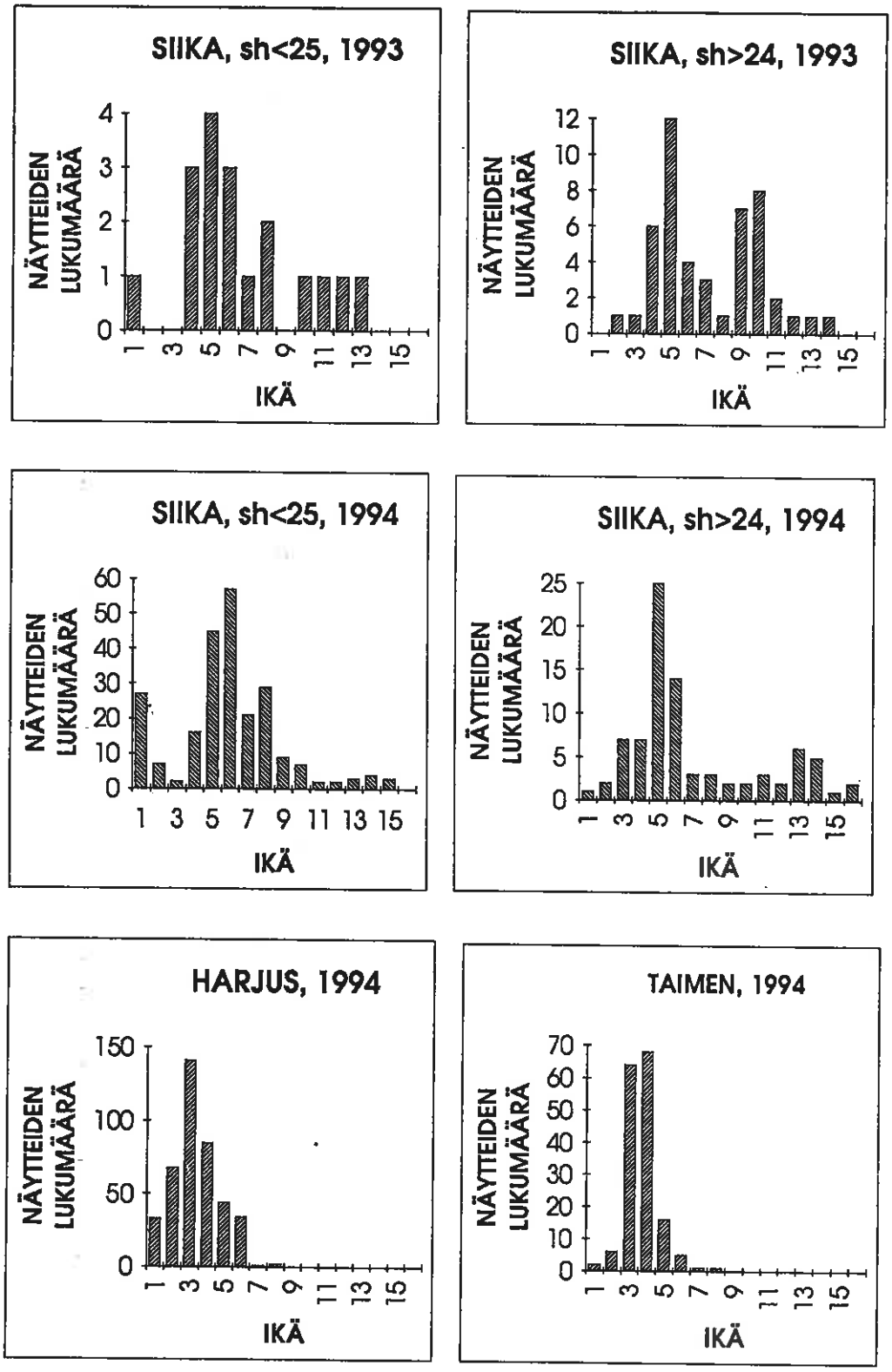


Kuva 17. Koekalastuksen lukumääräisen saaliin lajijakauma alueittain (alue 1 on lähimpänä kaikuluotauslinjaa ja alue 4 kauimpana) 1.11.993-31.10.1994, muut=inarinieriä, harmaanieriä, ja järvilohi.



Kuva 18. Koekalastuksen lukumääräisen saaliin lajijakauma joen ranta ja keskialueilla 1.11.1993-31.10.1994, muut=inarinieriä, harmaanieriä, ja järvilohi.

Koekalastuksessa saaduista kaloista otettiin iänmääritystä varten näytteitä kaikista saaliiksi saaduista lajeista. Tässä raportissa käsitellään kuitenkin vain merkitykseltään tärkeimpien saalislajien siian, harjuksen ja taimenen ikämääritysten tulokset. Muista lajeista nieriän, harmaanieriän, järvilohen ja hauen näytemäärät olivat vähäisiä. Mateen ja ahvenen aineistot olisivat riittäneet tarkastelun tekemiseen, mutta ko. lajien merkityksen katsottiin olevan vähäinen tutkimuksen kohdistuessa pääasiassa Inarijärveen istutettujen kalojen vaellusten selvittämiseen. Tämän raportin aineiston käsittelyn yhteydessä mateen ja ahvenen iänmääritystä ei tehty.



Kuva 19. Koekalastuksen saalisnäytteiden ikäjakauma harva (sh<25) ja tiheä(sh>24) siivilähampaisille siioille vuosina 1993 ja 1994 sekä harjukselle ja taimenelle vuoden 1994 saaliista. 0+ ikäiset kalat puuttuvat aineistosta.

Siika-aineiston ikäjakauma laskettiin erikseen vuosille 1993 ja 1994 sekä erikseen harva- ja tiheäsiivilähampaisille siioille. Vuoden 1993 aineistossa pääosa siikasaaliista oli 4, 5 ja 6 vuotiaita kaloja. Harvasiivilähampaisissa oli suhteellisen runsaasti myös 9 ja 10 vuotiaita kaloja, jotka lähes puuttuivat tiheäsiivilähampaisten siikojen aineistosta. Vuonna 1994 huomattava osa siikasaaliista koostui 5 ja 6 vuotiaista siioista molemmissa siikamuodoissa. Siikamuotojen erot olivat lähinnä siinä, että 1-vuotiaita kaloja oli melko runsaasti harvasiivilähampaisten siikojen joukossa, mutta ne puuttuivat lähes kokonaan tiheäsiivilähampaisten aineistosta. Toisaalta seuraavassa kappaleessa (3.2.2) on tarkasteltu myös 0+ ikäisten siikojen siivilähammasjakaumaa ja tämän ikäluokan osalta näytti tiheäsiivilähampaisten osuus olevan selvästi suurempi kuin harvasiivilähampaisten.

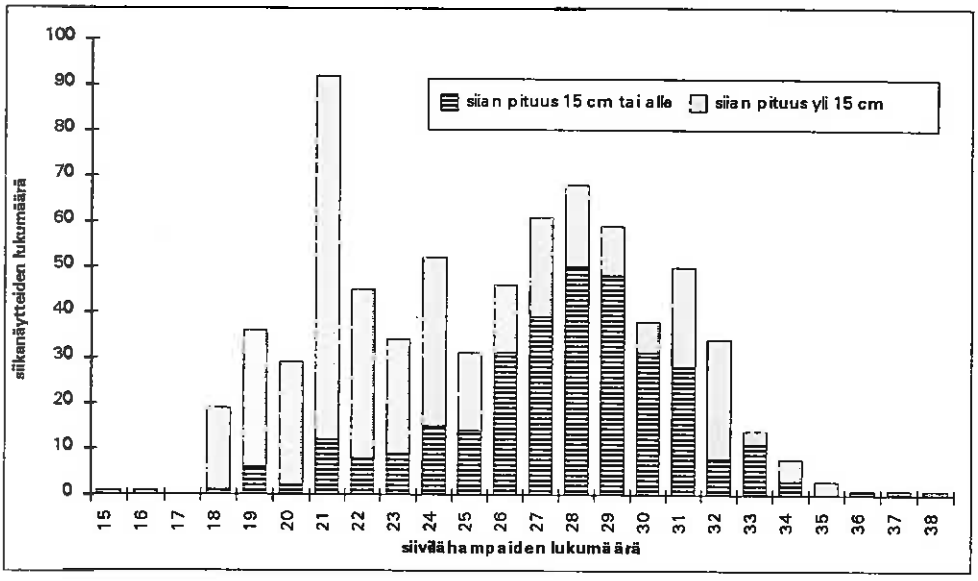
Harjussaaliin ikäjakauma vuonna 1994 koostui 1-6 vuotiaista kaloista. Taimenista, etenkin istutetuiksi todetuista kaloista, suurin osa oli pyydystetty istutusvuonna (3-4 v) tai sitä seuraavana vuonna (4-5 v).

3.3.2.. Eri siikamuotojen osuudet

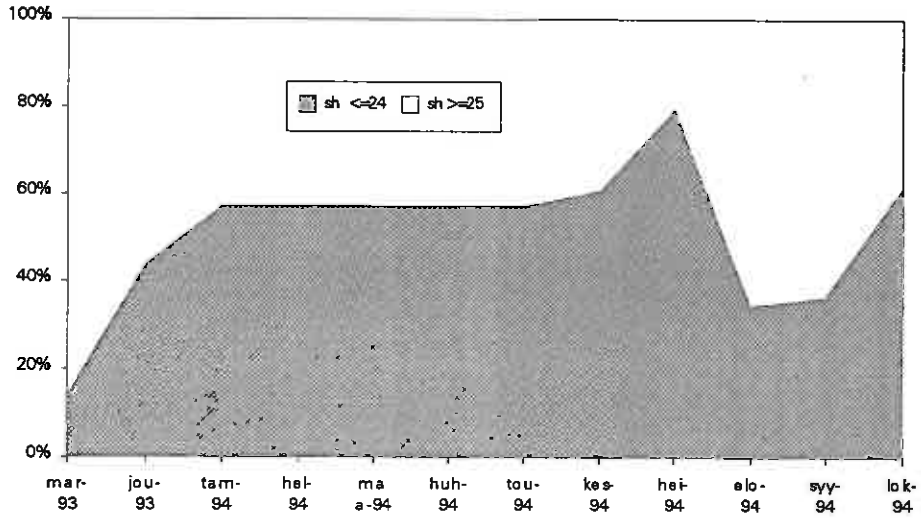
Siikojen siivilähampaiden lukumäärän frekvenssijakauma oli selkeästi kaksiosainen (kuva 20). Pienistä (alle 15 cm) siioista suurin osa oli tiheäsiivilähampaisia siikoja. Suuremmat (yli 15 cm) siiat jakautuivat tasaisemmin molempiin siikamuotoihin. Kuvassa 21 on tarkasteltu pohjasiikojen (harvasiivilähampaisten siikojen) ja tiheäsiivilähapaisten siikojen osuuksia kuukausittain. Tammi-toukokuun näytemäärät olivat pienet, joten kyseisille kuukausille laskettiin ko. ajanjakson keskimääräinen arvo.

Tiheäsiivilähampaisten siikojen osuus oli suurimmillaan marraskuussa 1993 (yli 80 %) ja elo-syyskuussa 1994 (n. 60 %). Marraskuussa kalat olivat suuria kutukypsiä, pääasiassa yli 30 cm pituisia ja elo-syyskuussa pieniä alle 11 cm pituisia 0+ ikäisiä poikasia. Pohjasiikojen osuus oli suurimmillaan heinäkuussa (n. 80 %). Muina kuukausina siikamuotojen osuudet olivat lähes yhtäsuuret. Ulkoisten tuntomerkkien perusteella harvasiivilähampaisten joukossa ei ollut yhtään rääpystä, vaan ne olivat kaikki pohjasiikoja. Kasvun perusteella tiheäsiivilähampaisten siikojen joukossa oli luultavasti vain yksi reeska (kuva 22). Muut olivat kasvultaan samaa tasoa kuin harvasiivilähapaiset siiat.

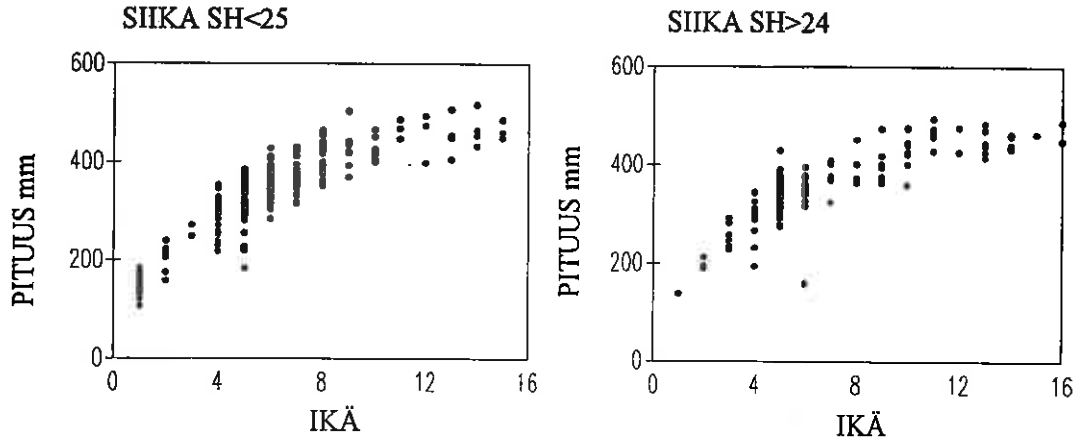
Tämän tutkimuksen aineistossa esiintyviä tiheäsiivilähampaisia siikoja vastaavia luontaisesti lisääntyviä siikamuotoja on esiintynyt myös Inarijärven aineistossa (Salonen 1992). Tiheäsiivilähampaisten sukukypsien siikojen runsastuminen marraskuussa viittaa ko. siikamuodon kutuvaellukseen ja 0+ poikasten runsastuminen elo-syyskuussa kudun onnistumiseen. Joessa havaittiin esiintyvän pieniä 0+ ikäisiä siikoja myös aiemmin kesällä, mutta niitä ei säännöllisesti yritetty pyydystää, koska pienten alle 7 cm kalojen määrää ei käsitelty kaikuluotaustuloksista. Pienet kalat pääsivät yleensä karkaamaan käytetyistä pyydyksistä havaksen läpi ja havainnot jäivät usein silmämääräisiksi.



Kuva 20. Koekalastussaaliin siikanäytteiden siivilähampaiden lukumäärän frekvenssijakauma 1.11.1993-31.10.1994, pienet (<=15 cm) ja suuret (> 15 cm) siiat eriteltynä.



Kuva 21. Harva (<=24) siivilähampaisten ja tiheä (>=25) siivilähampaisten siikojen prosenttiosuudet kuukausittain. Tammi-toukokuun 1994 aineisto on yhteenlaskettuna keskiarvona.



Kuva 22. Tiheä- (sh>24) siivilähampaisten ja harva- (sh<25) siivilähampaisten siikojen mitatut pituudet ikäryhmittäin. 0+ ikäiset puuttuvat tarkastelusta.

3.3.3. Istutettujen taimenten osuus

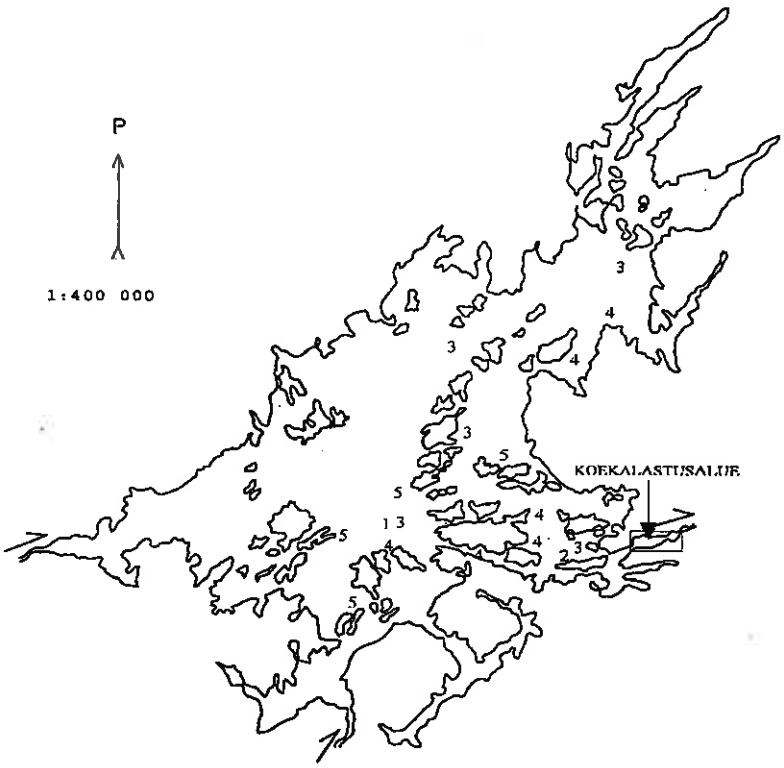
Taulukossa kahdeksan on esitetty Inarijärveen istutettujen taimenten istutus- ja palautustiedot. Värimerkin säilyvyys oli talvella 93/94 tehdyssä seurannassa keskimäärin 86,5 % (erät 3-5). Värimerkin lisäksi polttomerkityistä kaloista saatiin takaisin viisi kalaa, joista kaikilta löytyi molemmat merkit (erät 1-2). Värimerkin säilyvyyttä voidaan pitää riittävänä tämän tutkimuksen tarkoituksiin. Eniten Paatsjoesta saaliiksi saatiin istutuserien kaksi ja neljä taimenia. Istutuserä kaksi ja merkittävä osa (noin 60 %) erän neljä taimenista on istutettu Paatsvuonon läheisyyteen (kuva 23), joten istutuspaikalla voi olla merkitystä taimenten vaellukselle Paatsjokeen. Oulujoen tutkimuksessa (Hyvärinen ym. 1992) istutusajankohta ja veden lämpötilan muutos vaikuttivat taimenen alasvaellukseen. Paatsjoen aineistosta vastaavaa ei kuitenkaan voitu havaita.

Taulukko 8. Inarijärveen istutettujen värimerkittyjen järvitaimenten istutustiedot sekä Paatsjoesta koekalastuksen yhteydessä saaliiksi saatujen merkkikalojen määrä. Erän numerointi vastaa kuvan 23 numerointia. Keskimääräinen vaellus on istutushetken ja pyyntihetken välinen aika.

Nro	kanta	ikä	Istutusaika	Merkitty kpl	Säilyvyys %	Istutettu Merkittyjä	Kpituus mm	Kpaino g	Palautus kpl	Palautus %	Vaellus-aika vrk
1	JT-JUU	3	12.7.1993	2310		2310	213	104	0	0,00	0
2	JT-JUU	3	12.7.1993	2860		2860	213	104	5	0,17	336
3	JT-JUU	4	9.-15.6.1994	10900	77,40	8437	266	220	1	0,01	89
4	JT-JUU	4	24.-29.6.1994	14570	94,80	13812	264	222	20	0,14	37
5	JT-IVA	3	20.-22.6.1994	13830	85,00	11756	238	150	4	0,03	60
YHTEENSÄ				44470	86,50	39174			30	0,08	91

Koekalastuksen yhteydessä Paatsjoesta saatiin näytteeksi yhteensä 299 taimenta. Näistä taimenista 174 alkuperää ei ulkoisten tuntomerkkien perusteella (ks. kappale 2.3.4.) pystytty luotettavasti määrittämään luonnonkaloiksi tai istukkaiksi. Lopuista 125:stä taimenesta 55 (44 %) arvioitiin luonnonkaloiksi ja 70 (56 %) istutuksista peräisin oleviksi taimeniksi. Inarijärveen istutettiin vuonna 1994 yhteensä 34 005 värimerkittyä taimenta (taulukko 8), joka on 29,3 % vuoden 1994 koko istutusmäärästä. Paatsjoesta saatiin vuonna 1994 näytteeksi 176 taimenta, joista 145

oli 2-4 vuotiaita mahdollisa istukkaita. Näistä 25 oli värimerkittyjä taimenia. Kun värimerkittyjen taimenten osuus istutetuista taimenista on oletettavasti sama kuin Inarijärvessä, saadaan suhteiden perusteella tulokseksi, että 2-4 vuotiaista joessa tavatuista taimenista 85 (58,9 %) oli peräisin vuoden 1994 istutuksista.



Kuva 23. Inarijärveen istutettujen värimerkittyjen järvitaimenten istutuspaikat. Erien numerointi vastaa taulukon kahdeksan numerointia.

3.3.4. Merkinnät koekalastuksen yhteydessä

Koekalastuksessa rysällä ja nuotalla saatuja kaloja merkittiin polttomerkillä yhteensä 844 kpl (taulukko 9). Kaloista 330 kpl merkittiin Paatsvuonossa ja 514 kpl Paatsjoessa. Vuonna 1992 niistä merkittiin 94 kpl, vuonna 1993 536 kpl ja vuonna 1994 214 kpl. Merkityistä suurin osa oli siikoja. Siian lisäksi harjuksen, taimenen ja mateen merkintä- ja palautusmääristä voidaan tehdä joitakin päätelmiä. Muiden lajien merkintämäärät olivat liian pieniä johtopäätösten tekemiseksi.

Kokonaisuutena merkintä- ja takaisinsaantiaineisto oli melko pieni ja hajanainen. Tuloksista laskettiin lajeittain palautusprosentti sekä keskimääräinen aika vapautuksen ja uudelleen pyynnin välillä (taulukko 9). Siian keskimääräinen palautusaika oli tarkastelussa pisin (160 vrk). Puolet (11 kpl) takaisin saaduista siioista tulikin uudelleen pyydetyiksi merkintää seuraavana vuonna. Osa siioista tuli kuitenkin uudelleen pyydetyksi jo muutaman päivän kuluttua merkinnän jälkeen. Taimenista viisi pyydystettiin uudelleen merkintävuonna ja kolme merkintää seuraavana vuonna. Kaikki tutkimuksen aikana merkityt mateet ja harjukset oli pyydystetty jokialueelta. Uudelleen pyydetyistä mateista kaikki (4 kpl) saatiin saaliiksi ensimmäisen kuukauden aikana merkinnän jälkeen. Harjusten takaisinsaanti vaihteli eniten lyhimmän ajan ollessa 1 vuorokausi ja pisimmän ajan 683 vuorokautta.

Paatsvuonossa merkityistä kaloista ainoastaan yksi siika ja yksi taimen saatiin uudelleen pyydetyksi jokialueella. Jos jätetään Paatsvuonossa merkityt kalat tarkastelun ulkopuolelle, kaikkien kalojen palautusprosentiksi saadaan yhteensä 8,75 %. Siikojen takaisinsaantiprosentti on silloin vastaavasti 8,43 % ja taimenten 13,2 %. Taimenten ja siikojen takaisinsaantiprosenttia voidaan pitää melko suurena, jos sitä verrataan vastaavaan merkintätutkimukseen Oulujoella (Hyvärinen 1992), missä taimenten takaisinsaanti oli 0,8 % ja siikojen 3,8 %.

Taulukko 9. Koekalastussaaliista polttomerkityt ja Paatsjokeen tai Paatsvuonoon vapautetut kalat lajeittain sekä palautukset ja keskimääräinen aika (vrk) vapautuksen ja uudelleen pyynnin välillä.

	SIIKA	HARJUS	TAIMEN	INIERIÄ	HNIERIÄ	JLOHI	MADE	HAUKI	YHT.
MERKITTY KPL	537	123	78	24	2	1	73	6	844
PALAUTUKSIA KPL	22	12	8	0	0	0	4	2	48
PALAUTUS %	4,10	9,76	10,26	0,00	0,00	0,00	5,48	33,33	5,69
AIKA VRK	160	96	121	0	0	0	10	211	119

3.3.5. Gyrodactylus-näytteiden määritystulokset

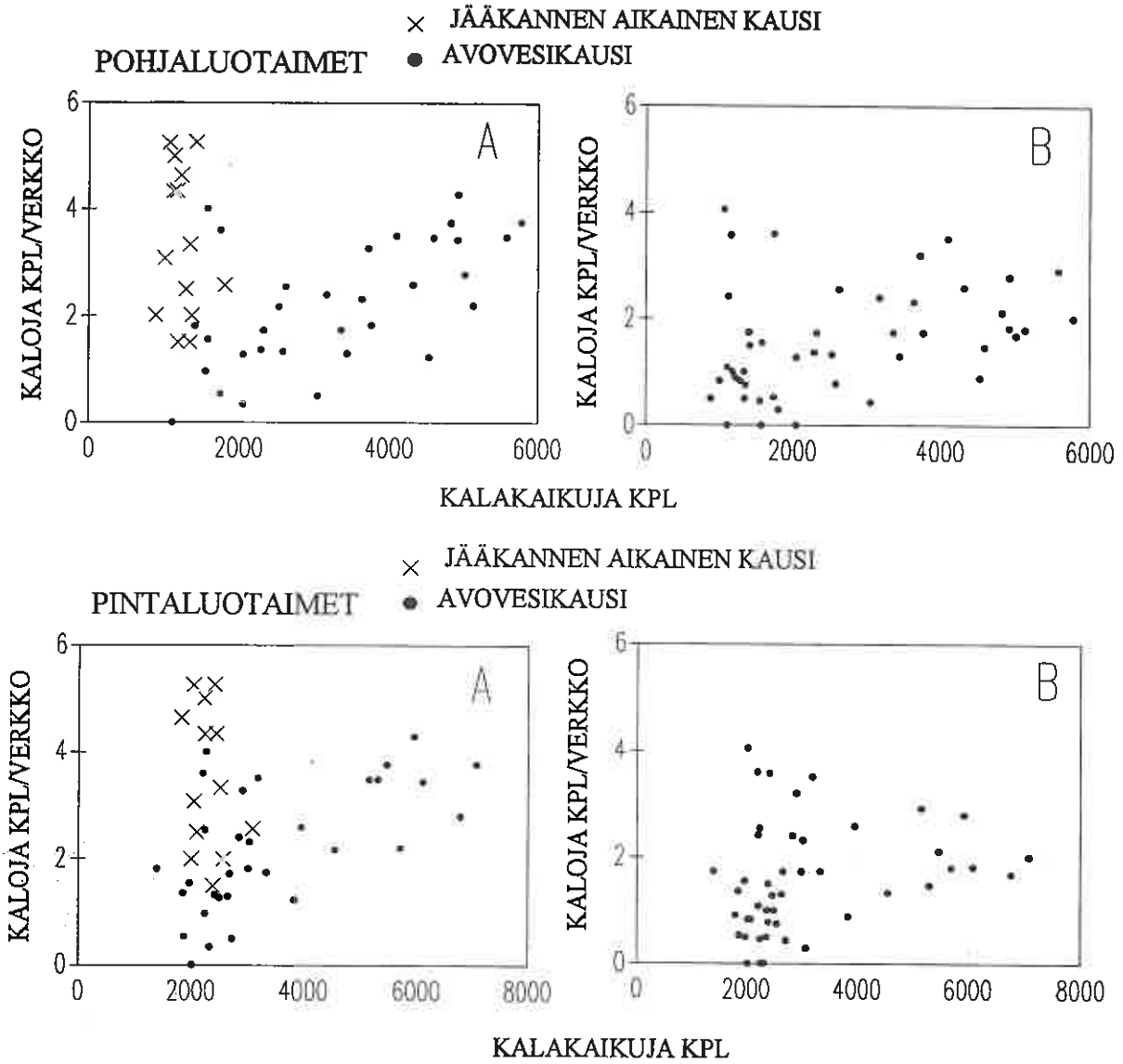
Koekalastussaaliista kerättiin Gyrodactylus-näytteitä yhteensä 754 kalasta. Kuukausittain lajikohtaiset näytemäärät vaihtelivat jonkin verran (taulukko 10). Näytteet tutkittiin Oulun aluelaboratoriossa. Kaikista tutkituista näytteistä kahdesta siiasta, joista toinen oli saatu saaliiksi Paatsjoesta kesäkuussa 1994 ja toinen elokuussa 1994 sekä yhdestä nieriästä, joka oli saatu saaliiksi kesäkuussa 1993, löydettiin rintaevältä yksi monogeeniloinen. Loisten lajimääritystä ei vielä tätä raporttia kirjoitettaessa oltu tehty. Näytteet on lähetetty lajinmääritystä varten jatkotutkimuksiin. Muista tutkituista kaloista monogeeneja ei todettu.

Taulukko 10. Paatsjoen koekalastussaaliista kerätyt ja tutkitut gyrodactylus-näytemäärät kuukausittain ja lajeittain.

KUUKAUSI	SIIKA	TAIMEN	HARJUS	INIERIÄ	HNIERIÄ	JÄRVILOHI	MUTU
tam-93	7	2	1	0	0	0	0
hel-93	4	4	1	0	2	0	0
maa-93	0	2	0	0	0	0	0
huh-93	0	0	0	0	0	0	1
tou-93	2	0	5	0	0	0	0
kes-93	31	1	15	3	0	0	0
hei-93	34	3	3	0	0	0	0
elo-93	30	5	5	0	2	1	0
syy-93	16	8	9	0	0	0	0
lok-93	17	1	11	2	0	0	0
mar-93	14	2	5	0	0	0	0
jou-93	18	1	0	0	0	0	0
tam-94	6	1	6	1	0	0	0
hel-94	5	1	3	0	0	0	0
maa-94	2	1	0	0	0	0	0
huh-94	0	2	6	0	0	0	0
tou-94	6	3	36	1	0	0	0
kes-94	35	6	77	0	0	1	0
hei-94	50	9	16	2	0	0	0
elo-94	52	17	14	0	0	0	0
syy-94	34	14	12	0	0	0	0
lok-94	38	11	12	0	0	0	0
mar-94	4	2	0	0	0	0	0
YHTEENSÄ	405	96	237	9	4	2	1

3.4. Kaikuluotauksen ja koekalastuksen vertailu

Kaikuluotauslinjoilla arvioitujen viikottaisten kalamäärien yhteyttä viikottaisiin keskimääräisiin koekalastussaaliisiin (kalaa/verkko/koentakerta, 1,8 m korkea koeverkkosarja) tutkittiin koko koekalastusjaksolta. Kolmelta viikolta (viikot 9-11 vuonna 1994) ei huonojen pyyntiolosuhteiden vuoksi ollut koekalastustuloksia, joten tarkasteluun jäi 46 viikkoa. Kaikuluotauksin arvioidun kokonaiskalamäärän ja keskimääräisen koekalastuksen saaliin välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota pohjaluotainlinjalla (Spearmanin järjestyskorrelaatio, r=-,00, N.S.) eikä pintaluotainlinjalla (r=0,17, N.S.). Kuitenkin kun koekalastuksen saaliista poistaa mateen osuuden (kuva 24b), kaikuluotauksin arvioidun kalamäärän ja koekalastuksen keskimääräisen saaliin välillä on tilastollisesti merkitsevä, tosin heikko korrelaatio sekä pohjaluotainlinjalla (r=0,40, p<0,05) että pintaluotainlinjalla (r=0,34, p<0,05). Kuvassa 24a on tarkastelujakso jaettu jääkannen aikaiseen talvijaksoon (viikot 47-52 vuonna 1993 ja 1-11 vuonna 1994) ja avovesikauteen. Kaikuluotauksella arvioidun kalamäärän ja koekalastussaaliin korreloimattomuus johtuu nimenomaan talvijaksosta, jolloin koekalastuksen saalis koostuu suurelta osin juuri mateesta. Talvijaksolla kaikuluotauksella arvioidun viikottaisen kalamäärän ja koekalastussaaliin välillä ei ole tilastollista riippuvuutta. Jos tarkastellaan pelkästään avovesijaksoa, niin sekä pohjaluotainlinjalla (r=0,56, p=0,001), että pintaluotainlinjalla (r=0,55, p<0,01) kaikuluotauksin arvioidun kalamäärän että koekalastuksen saaliin välillä on tilastollisesti merkitsevä riippuvuus.



Kuva 24. Kaikuluotauksella arvioidun viikottaisen kalamäärän ja koekalastuksen (1,8 m koeverkkosarja, kalaa/verkko/koentakerta) keskimääräisen viikottaisen saaliin välinen riippuvuus Paatsjoella kaikuluotausjaksolla sekä pohja- että pintaluotainlinjoilla. Kuvissa A tarkastelujakso on jaettu jääkannen aikaiseen jaksoon ja avovesijaksoon. Kuvissa B koekalastuksen saaliista on poistettu mateen keskimääräinen osuus.

3.5. Kaikuluotaustulosten jako kalalajeittain

Taulukossa 11 on esitetty pohja- ja pintaluotainlinjoilla arvioidut kalamäärät jaettuna eri lajeihin kappaleessa 2.4 esitetyn menetelmän mukaan. Arvio laskettiin erikseen alavirtaan ja ylävirtaan uineista kaloista. Periaatteessa ala- ja ylävirtaan vaeltaneiden lajikohtaisten kalamäärien erotuksen pitäisi osoittaa kunkin lajin kokonaisvaelluksen suunnan ja määrän. Oletuksessa on kuitenkin sellainen heikkous, ettei se ota huomioon lajikohtaisesti erilaista vaelluskäyttäytymistä. Tulosta voidaan tarkastella kuitenkin myös sillä oletuksella, että tietty laji vaeltaa ainoastaan tiettyyn suuntaan, jolloin saadaan ko. lajin ja vaellussuunnan maksimiarvio. Erikseen laskettuja pohja- ja pintaluotainlinjojen tuloksia voidaan pitää rinnakkaisina arvioina. Tuloksia

verrattaessa on kuitenkin otettava huomioon, että pohjaluotaimet kuvaavat paremmin pinnan läheisyydessä tapahtuvaa liikettä ja pintaluotaimet paremmin pohjan tuntumassa tapahtuvaa liikettä. Lisäksi pelkästään kaikuluotauslinjojen yläpuolella tapahtuneella koekalastuksella on voitu vähentää enemmän alaspäin laskeutuvia kuin ylöspäin nousevia kaloja, mutta merkittävää vaikutusta koekalastuksen saaliilla ei ole lopputulokseen.

Taulukko 11. Arvio Paatsjoessa vaeltaneiden kalojen kokonaismäärästä pohja- ja pintaluotainlinjoilla.

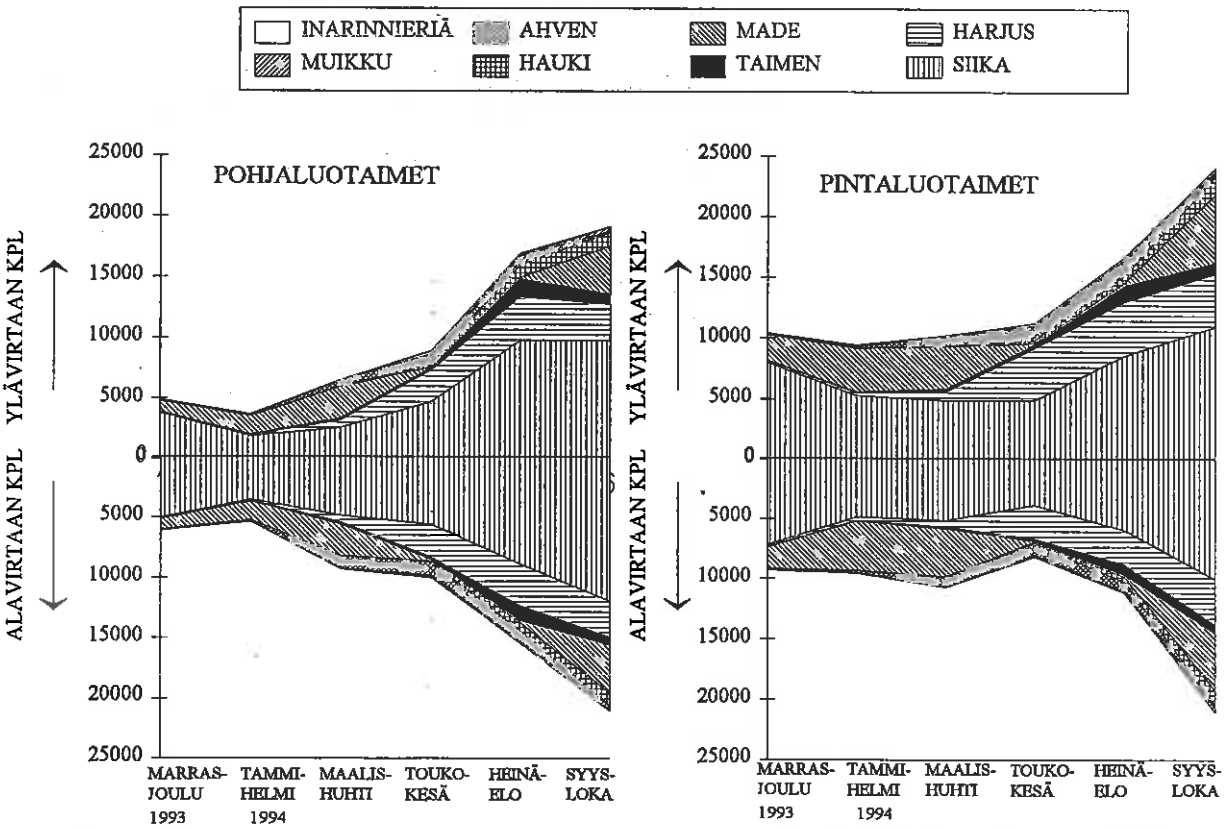
	POHJALUOTAIMET			PINTALUOTAIMET		
LAJI	YLÄV. KPL	ALAV.KPL	ERO	YLÄV.KPL	ALAV.KPL	ERO
SIIKA	32532	39665	-7133	42933	37106	5827
HARJUS	9915	9809	106	14086	10272	3814
TAIMEN	2802	2426	376	3022	2055	968
MADE	9189	11284	-2094	15142	14774	367
HAUKI	2355	1964	391	2481	1841	639
AHVEN	2306	3079	-773	3540	3009	531
MUIKKU	499	620	-121	767	678	88
INARINNIERIÄ	423	424	-2	391	355	57

Siika muodosti molemmilla kaikuluotauslinjoilla yli puolet arvioiduista kalamääristä. Siikoja ui pohjaluotainlinjan mukaan enemmän alavirtaan kuin ylävirtaan. Pintaluotainlinjalla tilanne oli päinvastainen. Siivilähampaiden jakauman perusteella tehdyn jaon mukaan (vrt. kappale 3.3.2) pohjaluotainlinjalla voitiin arvioida kaikuluotausjaksolla yhteensä 18 392 alaspäin ja 14 740 ylöspäin uivaa pohjasiioiksi luettavaa siikaa (n. 45 %) ja vastaavasti pintaluotainlinjalla 16 560 alaspäin ja 19 007 ylöspäin uivaa pohjasiiaksi luettavaa siikaa. Tiheämpisiivilähampaisia siikoja (n. 55 %) pohjaluotainlinjalla arvioitiin 21 626 alaspäin uivaa ja 17 792 ylöspäin uivaa siikaa sekä pintaluotainlinjalla 20 542 alaspäin uivaa siikaa sekä 23 679 ylöspäin uivaa siikaa. Jos oletetaan, että pohjasiioista kolmannes on istutuksista peräisin (oletus = istutettujen siikojen osuus 1980- luvulla Inarijärven pohjasiikasaaliissa (Salojärvi ja Mutenia 1994)), saadaan istutettujen siikojen maksimimääriksi 5520-6131 alavirtaan uivaa kalaa ja 4913-6336 ylävirtaan uivaa kalaa. Tarkastelun mukaan arvio Inarijärvestä Paatsjokeen vaeltaneiden istukkaiden määrästä liikkuu välillä 0-6000 siikaa luotausjakson aikana. Inarijärveen istutettujen pohjasiikojen määrä on ollut viime vuosina noin 710 000 kpl (v. 1993 533 956 ja v. 1994 886679 kpl). Tämän tarkastelun perusteella vuosittain istutetusta siikamäärästä enintään 0,8 % vaelsi alas Paatsjokea.

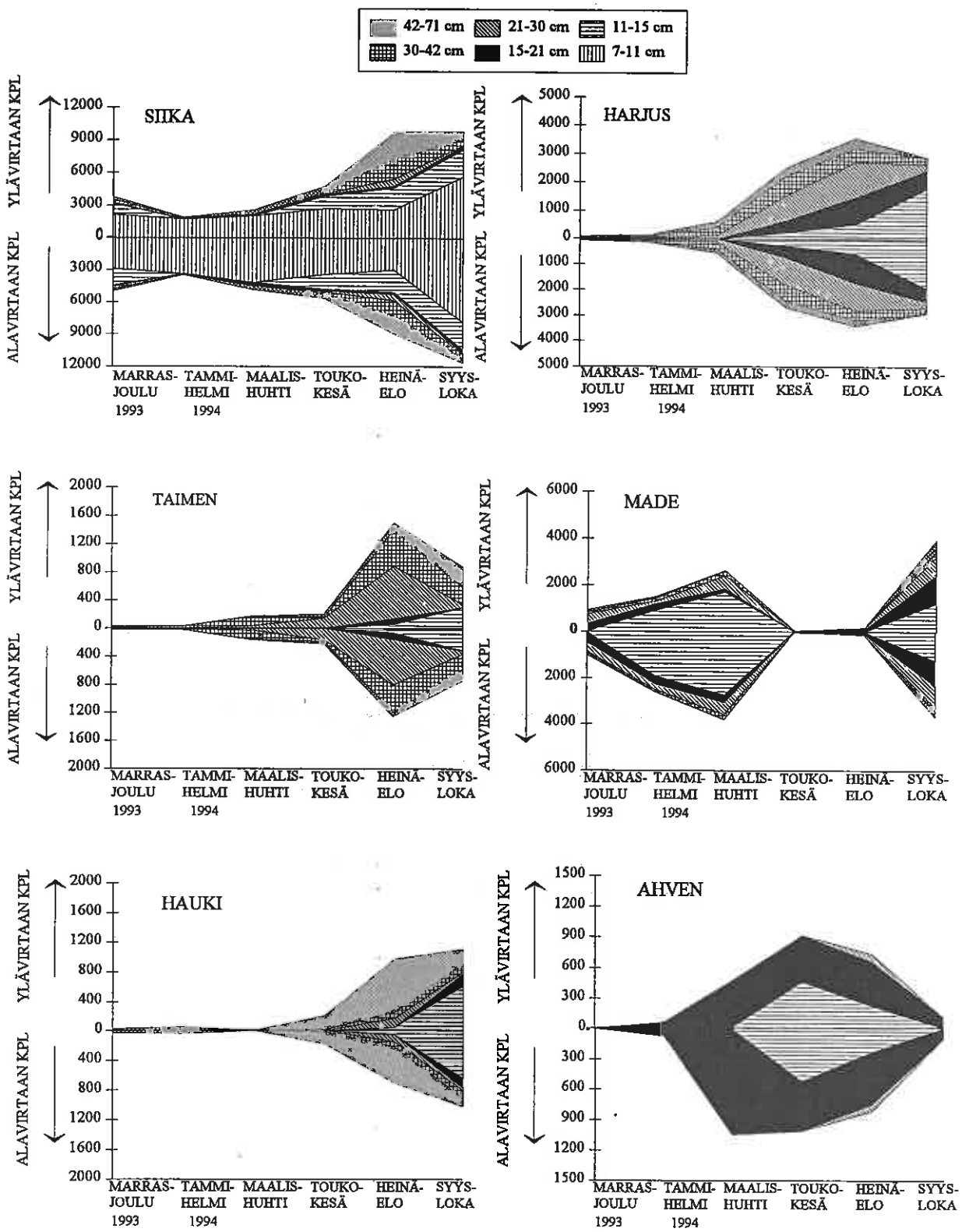
Taimenen arvioitu vaellusmäärä oli suhteellisen alhainen ja kaikuluotauslinjojen mukaan suurempi osa liikkeestä tapahtui ylävirtaan kuin alavirtaan. Taimennäytteiden perusteella 81,4 % vuoden 1994 näytteiksi saaduista taimenista oli 2-4 vuotiaita taimenia. Värimerkintöjen mukaan näistä yli puolet, 58,9 %, oli peräisin vuoden 1994 istutuksista. Kun oletetaan kaikuluotausten ja koekalastusten perusteella arvioidun ylös- ja alasvaeltaneen taimenmäärän noudattavan samaa ikä- ja alkuperä jakaumaa, saadaan alavirtaan vaeltaneiden istutettujen taimenten määräksi 986-1165 kalaa ja ylävirtaan vaeltaneiden istutettujen taimenten määräksi 1345-1451 kalaa. Tarkastelun mukaan arvio Inarijärvestä Paatsjokeen vaeltaneiden istukkaiden määrästä liikkuu siis välillä 0-1500 taimenta luotausjakson aikana. Inarinjärveen istutettiin vuonna 1994 116 120 taimenta (Mutenia ym. 1995). Tämän aineiston perusteella vuonna 1994 istutetusta taimenmäärästä alle 1,5 % vaelsi Paatsjokeen.

Harjus oli mateen ohella siian jälkeen seuraavaksi eniten Paatsjoessa havaittu laji. Harjuksia ui erityisesti pintaluotainlinjan mukaan enemmän ylävirtaan kuin alavirtaan. Ahvenen ja mateen osalta liikkeen pääsuunta oli alavirtaan lähinnä pohjaluotainlinjan arvion vaikutuksesta (taulukko 11). Hauen, muikun ja inarinnieriän arvioidut määrät Paatsjoessa olivat melko pienet. Taulukossa 11 esitettyjen lajien lisäksi vähäisessä määrin havaittuja lajeja olivat järvilohi, harmaanieriä, kymmenpiikki ja mutu. Vaikka muikkua esiintyi tutkimusajankohtana Paatsjoessa vain vähäisiä määriä, on mahdollista, että muikun vaellus on ollut runsaampaa 1980-luvun lopulla, jolloin muikkukannat Inarijärvessä olivat runsaita. Norjalaisten selvitysten mukaan muikku on levinnyt Inarijärvestä Paatsjokeen ja esiintynyt Norjan alueen järvilaajentumissa jo vuonna 1989 (Amundsen & Staldvik 1993).

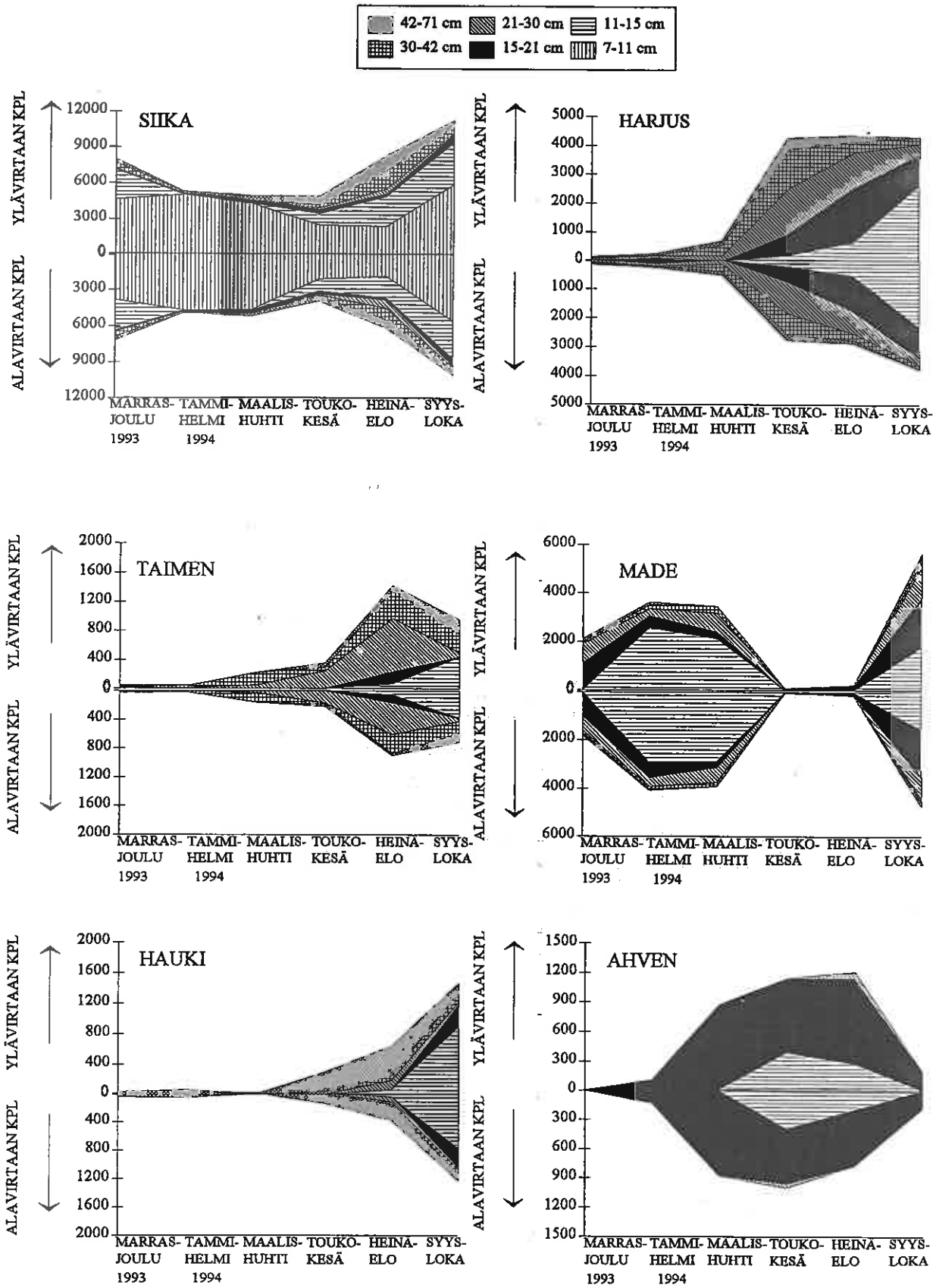
Kuvassa 25 on esitetty eri lajien vaellusmäärät eri ajanjaksoina pohja- ja pintaluotainlinjoilla. Siikaa Paatsjoessa liikkui ympäri vuoden, mutta suurimmillaan siikojen määrä oli syksyllä syys-lokakuussa. Harjuksia joessa liikkui arvion mukaan talvella vähän, mutta harjusten määrä alkaa lisääntyä maalis-huhtikuussa ollen suurimmillaan heinä-elokuun jaksolla. Taimenten liike oli suurimmillaan heinä-lokakuussa. Mateen esiintyminen ajoittui selvästi kahteen ajankohtaan tammi-helmikuulle ja syys-lokakuuhun. Haukien liikkuminen Paatsjoessa oli arvion mukaan määrällisesti suurimmillaan syys-lokakuussa ja ahventen maaliskuusta elokuuhun.



Kuva 25. Eri lajien vaellusten ajoittuminen tutkimusjakson aikana. Arvio on laskettu kaikuluotaus- ja koekalastusaineistojen kahden kuukauden jaksojen tulosten perusteella.



Kuva 26. Eri lajien vaellusten ajoittuminen eri ajanjaksoihin ja pituusluokkiin pohjaluotainlinjalla. Arvio on laskettu kaikuluotaus- ja koekalastusaineistojen kahden kuukauden jaksojen tulosten perusteella. Huomaa akseleiden erilaiset asteikot.



Kuva 27. Eri lajien vaellusten ajoittuminen eri ajanjaksoihin ja pituusluokkiin pintaluotainlinjalla. Arvio on laskettu kaikuluotaus- ja koekalastusaineistojen kahden kuukauden jaksojen tulosten perusteella. Huomaa akseleiden erilaiset asteikot.

Pääosa joessa ympärivuotisesti liikkuvista siioista oli pieniä 7-11 cm siikoja (kuvat 26 ja 27). Loppukesällä ja syksyllä myös suurempien siikojen osuus alkaa lisääntyä, jolloin yli 30 senttisten siikojen osuus arvioidusta siikamäärästä oli tällöin huomattava. Harjuksen liikkuminen lisääntyi arvion mukaan aluksi kevättalvella ja keväällä kookkaiden harjusten liikkumisen lisääntymisenä, syksyllä sen sijaan pääosan arvioidusta harjusmäärästä muodostivat 11-15 sentin harjukset. Taimenten liikkuminen Paatsjoessa oli arvion mukaan suurimmillaan loppukesällä ja syksyllä. Heinä-elokuussa pääosa taimenista oli yli 21 cm:n pituisia ja syksyllä lisääntyi erityisesti 11-15 cm taimenten osuus. Keväällä ja kesällä pääosa hauista oli kookkaita yli 42 cm:n haukia. Syksyllä lisääntyi pienten 11-15 cm haukien määrä joessa. Pääosa arvioiduista ahvenista oli kokoluokkaa 15-21 cm, lukuunottamatta touko-kesäkuuta, jolloin myös 11-15 cm kalojen osuus arvioidusta ahvenmäärästä oli suuri (kuvat 26 ja 27).

4. MENETELMIEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI

Tutkimuksessa käytetty kaikuluotauslaitteisto toimi pääosiltaan tutkimuksen ajan yhtäjaksoisesti (vrt. kappale 2.2.1). Yksittäisten luotaimien toiminnassa oli joitakin katkoksia tutkimuksen aikana. Näiltä jaksoilta tulokset laajennettiin pinta-alojen suhteessa viereisten luotaimien tulosten perusteella. Vierekkäisten luotaimien tulokset tutkimusjakson aikana olivat yleensä samansuuntaisia, joten ko. aikajaksojen tuloksia voidaan pitää oikean suuntaisina. Kaikuluotaimet oli sijoittettu joen poikkileikkaukseen tasaisesti lukuunottamatta joen reuna-alueita 26-65 metriä rantaviivasta. Näillä alueilla syvyys vaihteli 0-4 metriä eikä luotainten kattama alue muodostunut siten yhtä suureksi kuin keskiuomassa. Reuna-alueiden tuloksia voidaan pitää kuitenkin suuntaa antavina.

Tutkimuksessa käytetyillä kaikuluotaimilla pystytään havaitsemaan hyvin pieniä kohteita. Aineiston keruuvaiheessa kuitenkin selvisi, että alle 7 cm kokoluokissa kaikuluotausta ohjaava ohjelma tallensi kalojen lisäksi satunnaisesti myös muitten kohteitten aiheuttamia havaintoja eikä niiden arvio ollut yhtä luotettava kuin suurempia kaloja laskettaessa. Häiriöitä aiheuttivat mm. pienet roskat, lehdet sekä viereisten luotaimien sivukeilat. Säännölliset häiriöt ohjelma pystyi poistamaan ennen tietojen tallennusta.

Kaikuluotaimet oli asennettu kahteen linjaan siten, että pintaan asennetut luotaimet olivat yhdessä linjassa ja noin 20 metriä näiden alapuolella olivat pohjaan asennetut luotaimet. Pintaluotainten kattama alue on suurempi pohjan tuntumassa ja vastaavasti pohjaluotainten kattama alue pinnan tuntumassa. Tämän vuoksi voitiin olettaa, että pintaluotaimet arvioivat paremmin pohjan läheisyydessä uivia kaloja ja vastaavasti pohjaluotaimet pinnan lähellä uivia kaloja. Linjojen välisestä etäisyydestä johtuen oli mahdollista, että sama kala tuli lasketuksi sekä pinta- että pohjaluotainlinjalla. Toisaalta pystyttiin myös laskemaan kaksi vertailtavaa tulosta. Koko tutkimusjaksolle arvioitu alavirtaan uivien kalojen määrä molemmilla luotauslinjoilla oli lähes yhtä suuri. Pintaluotaimilla arvioitu kalamäärä oli 806 kalaa suurempi kuin pohjaluotaimilla arvioitu määrä. Yävirtaan uineiden kalojen määrässä ero oli

huomattavasti suurempi. Pintaluotainlinjalla ylävirtaan uineiden määrä arvioitiin 23 278 kalaa suuremmaksi kuin pohjaluotainlinjalla. Tulos voi johtua siitä, että alavirtaan vaellus tapahtui syvyydeltään keskialueella, jolloin molemmat luotauslinjat havaitsivat kalojen liikkeen ja ylävirtaan vaellus tapahtui enemmän pohjan tuntumassa, jolloin pohjaluotaimet eivät kalojen liikettä havainneet. Lajikohtaisesti jaettuna tulosten ero on kuitenkin niin vähäinen, ettei sen vaikutuksella tuloksista tehtyihin johtopäätöksiin ollut merkitystä.

Kalojen uintisuuntaa arvioitaessa oletettiin, että tullessaan luotaimen vaikutusalueelle kalat uisivat joen suuntaisesti joko ala- tai ylävirtaan. Mahdollisesti näin ei kuitenkaan ole aina tapahtunut vaan kalat ovat voineet liikkua luotausalueella myös virran poikki, jolloin uintisuunnan arvioinnissa on voinut tulla virhe.

Tutkimusjakson aikana saatu koekalastussaalis oli yhteensä 4533 kalaa. Jos oletetaan, että nämä kalat olisivat vaeltaneet koekalastusalueelle kaikuluotauslinjojen alapuolelta, aiheutuu kalojen pyynnistä vastaava vähennys alavirtaan vaelluksen arviossa olettaen, että samat kalat olisivat olleet myöhemmin vaeltamassa takaisin luotausalueen alapuolelle.

Koekalastuksen tavoitteena oli selvittää luotausalueen läheisyydessä liikkuvien kalojen laji- ja kokojakauma siten, että luotaustulokset pystytttiin arvioimaan lajeittain. Talvijakson aikana helmikuusta huhtikuuhun saaliiksi saadut kalamäärät olivat melko pienet ja vaikeiden jääolojen takia 25.2.-21.3.1994 väliseltä ajalta koekalastusaineistoa ei saatu lainkaan. Koska tuloksia laskettaessa ko. ajanjaksolta käytettiin talviajan keskimääräisiä koekalastustuloksia saattaa lajijakauma olla jossain määrin virheellinen. Koska kaikuluotaimien havaitsemat kalamäärät talvijakson aikana olivat kuitenkin melko pienet ei tästä mahdollisesti aiheutuva virhe ole kuitenkaan tulosten johtopäätösten kannalta merkittävä.

Koska koeverkkokalastus tapahtui pohjaverkkopyyntinä ei verkoilla saatu tietoja pinnan tuntumassa liikkuvista kaloista. Avovesikauden aikana käytetyt kurenuotta ja rysä kalastivat pinnasta noin neljän metrin syvyyteen. Koska eri pyyntimenetelmät kohdistuivat eri syvyysvyöhykkeisiin pyrittiin niitä käyttämään mahdollisimman paljon samanaikaisesti. Virheitä tuloksiin voi aiheutua kuitenkin siitä, jos pyynti ei ole kohdistunut kaikkiin lajeihin ja kokoluokkiin yhtä voimakkaana. Koska verkkojen yksikkösaaliin ja luotaustulosten välillä etenkin avovesikauden aikana oli tilastollisesti merkittävä riippuvuus, voidaan olettaa, että koekalastusaineisto on kuitenkin ollut riittävä lajikohtaisten tulosten arvioinnin tekemiseksi ja luotaustuloksiin eniten vaikuttavat lajit ovat olleet hyvin edustettuina koekalastussaaliissa.

Istutettujen ja luonnonvaraisten taimenten erottaminen ulkoisten tuntomerkkien perusteella oli vaikeaa, eikä tulosta tältä osin voida pitää kovin luotettavana. Tutkimukseen liittyvien laajojen merkintäistutusten perusteella pystyttiin kuitenkin istutettujen kalojen osuus arvioimaan riittävällä tarkkuudella. Laskelmassa tehtiin oletus, että merkittöminä istutetut taimenet olisivat vaeltaneet samalla tavoin kuin merkityt, mikä ei välttämättä pidä paikkaansa, koska merkittömiä kaloja istutettiin laajemmalle alueelle eri puolille Inarijärveä. Toisaalta alavirtaan vaeltaneiden taimenten maksimimäärä oli niin vähäinen, että merkintään sisältyvät virheet eivät olisi muuttaneet tuloksista tehtäviä päätelmiä.

5. ARVIO VAELLUSTEN KALATALOUDELLISESTA MERKITYKSESTÄ

Kaikuluotausaineiston perusteella laskettu alavirtaan vaeltaneiden kalojen kokonaismäärä n. 70 000 yksilöä oli suunnilleen yhtä suuri kuin ylävirtaan vaeltaneiden kalojen kokonaismäärä. Ilman laji- ja kokojakaumatarkastelua voitaisiin todeta, että Inarijärvestä ei vaeltanut kaloja Paatsjokeen laisinkaan, vaan kaikuluotaimien havaitsemat kalat olisivat olleet joessa edestakaisin liikkuvia kaloja. Koska lajien vaelluskäyttäytyminen on kuitenkin erilaista eikä yksittäisten lajien vaelluksen suuntaa voitu varmuudella päätellä, laskettiin kullekin lajille ala- ja ylävirtaan vaelluksen maksimiarvio. Tässä tarkastellaan eri lajien alavirtaan vaelluksen maksimimäärän mahdollista merkitystä Inarijärven kalataloudelle.

Pohjasiikojen osuus (45 %) Paatsjoessa esiintyneistä siioista oli selvästi pienempi kuin 1980-luvulla Inarijärven siikasaaliissa (73 %) (Salojärvi ja Mutenia 1994). Tässä tutkimuksessa arvioitu alasvaeltaneiden siikojen maksimimäärä n. 40 000 yksilöä on kalataloudellisesti vähäinen. Alasvaeltaneiden pohjasiikojen maksimimäärä n. 18 000 yksilöä on vain 1,4 % kolmevuotiaiden ja vanhempien pohjasiikojen määrästä (1980-luvulla keskimäärin 1311 000 kpl). Paatsjoessa tavatut tiheäsiivilähampaiset siiat ovat luontaisen lisääntymisen varassa oleva kanta, joka oletettavasti lisääntyy myös Paatsjoessa.

Alavirtaan vaeltaneiden istutettujen taimenten maksiarvio 1500 yksilöä on merkitykseltään vähäinen suhteessa Inarijärveen vuosittain istutettavien taimenten määrään (alle 1,5 %). Taimen lisääntyy Paatsjoessa, joten taimenen poikastuotannolla kuten siiankin lisääntymisellä saattaa olla myös kalataloudellista arvoa lisäävä vaikutus Inarijärveen.

Paatsjoessa esiintyi kaikkia muita Inarijärvessä esiintyneitä lajeja paitsi kirjolohta. Istutettavista lajeista muitten kuin siian tai taimenen esiintyminen oli vain satunnaista eikä niiden vaelluksella ole merkitystä Inarijärven istutusten tuloksellisuudelle. Muista lajeista harjus ja made esiintyivät Paatsjoessa siian jälkeen runsaimpina, mutta niiden merkitys Inarijärven kalataloudelle lienee vähäinen ja etenkin harjuksen merkitys itse Paatsjoen kalastukselle suurempi.

Kalojen vaelluksen estämistä Inarijärvestä Paatsjokeen tai Paatsjoesta Inarijärveen ei voi suositella eikä sille voi esittää perusteita tämän tutkimuksen tulosten perusteella. Vapaana olevan jokiosuuden merkitys Inarijärven kalataloudelle voi olla myös positiivinen.

6. YHTEENVETO

Eri yhteyksissä säännösteltyjen järvien huonon istutustuloksen on arveltu johtuvan istukkaiden vaeltamisesta pois istutusjärvestä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin 12.11.1993-24.10.1994 välisenä aikana Paatsjoessa vaeltavien kalojen määrää, laji- ja kokojakaumaa sekä vaellusten ajoittumista ja suuntaa sekä vaellusten merkitystä Inarijärven kalataloudelle. Riista - ja kalatalouden tutkimuslaitos toteutti työn Lapin vesi- ja ympäristöpiirin toimeksiannosta.

Tutkimusaineisto koostui yhtäjaksoisesti kerätystä kaikuluotaus- sekä koekalastus- ja merkintäaineistoista. Kaikuluotauslaitteisto koostui 40 kaikuluotainyksiköstä, joista 24 oli asennettu linjaan Paatsjoen pinnalle ja 16 linjaan joen pohjaan Virtaniemessä n. 400 m Venäjän rajasta. Koekalastuksessa käytettiin koeverkkosarjoja, rysää ja kurenuottaa. Vuorokausikohtaiset ylä- ja alavirtaan liikkuvien kalojen määrät kuudessa kokoluokassa arvioitiin erikseen pohjaluotaimille ja pintaluotaimille. Kaikuluotaustulokset jaettiin lajikohtaisesti kahden kuukauden jaksoissa.

Pelkästään kaikuluotausaineiston perusteella arvioidut kalamäärät olivat tutkittuna aikana lähes yhtäsuuret n. 70 000 kalayksilöä ylävirtaan ja alavirtaan. Lajikohtaisista arvioista siikojen alavirtaan vaelluksen maksimimäärä oli suurin n. 40 000 yksilöä. Tästä pohjasiikojen osuus oli n. 45 %. Tämä oli n. 1,4 % Inarijärven yli 3 vuotiaiden pohjasiikojen määrästä. Joessa vaeltaneista taimenista osa oli luonnonkaloja, osa istutettuja taimenia. Alavirtaan vaeltaneiden istutettujen taimenten maksimimäärä n. 1500 oli alle 1,5 % vuonna 1994 Inarijärveen istutettujen taimenten määrästä. Siian ja taimenen lisäksi Paatsjoessa tavattiin Inarijärvessä esiintyneistä kalalajeista kaikkia muita paitsi kirjolohta. Vaellusten merkitys Inarijärven kalataloudelle oli vähäinen.

Ympäristötekijöistä lämpötilalla oli suurin vaikutus havaittuihin kalamääriin. Arvioidut kalamäärät olivat suurimmillaan ilman lämpötilan ollessa 0 °C molemmin puolin. Lämpötilan kasvaessa ylävirtaan vaeltaneiden kalojen vaellus näytti lisääntyvän.

Tulosten perusteella vaellusten estämistä ei voi suositella. Paatsjoessa vapaan jokialueen kalatuotannolla voi olla myös positiivinen vaikutus Inarijärven kalataloudelle.

KIRJALLISUUS

Amundsen, P.-A. & Staldvik, F. 1993. Lagesilda i Pasvikvassdraget - Undersokelser i 1991 og 1992. University of Tromso. Report. 13 pp.

Backiel, T. & Welcomme R.L. 1980. Guidelines for Sampling Fish in Inland Waters, EIFAC Technical Paper No. 33. FAO, Rome 1980, p.115-141.

Craig, R.E. & Forbes, S.T. 1969. Technical raport of the ICES/FAO Acoustic Training Course, Solvaer, Norway, 2-15 March 1969. Rome FAO Fisheries Report No. 78, p. 40-48.

Friman, T. 1993. Ruiskuvärjäyksen käyttö kalanviljelyssä ja -tutkimuksessa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Moniste 6 s.

Heinonen, E. 1985 Ivalojoen jokikutuinen pohjasiika ja sen mädinhankinta. Inari. Opinnaytetyö kalatalousteknikon tutkintoa varten. 39 s..

Hyvärinen, P., Salojärvi, K., Pushkin, S. & Ahonen, M. 1992. Kalojen vaellus Oulujärvestä Oulujokeen. VYH, Helsinki 1992. 92 s.

Irvine, J.R. 1987. Effects of varying flows in man-made streams of rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson) fry. Teoksessa: Craig, J.F & Kemper, J.B. (toim.) 1987. Regulated Streams. Advances in Ecology. Plenum Press. New York and London. 419 s.

Jurvelius, J. 1991. Distribution and density of pelagic fish stocs, especially vendace (Coregonus albula (L.)), monitored by hydroacoustics in shallow and deep southern boreal lakes. Finnish Fish. Res. 12. s. 45-63.

Järvinen, E. 1991. Inarijärven säännöstelystä. Toim. Salonen, E. Inarijärvi-Symposium Ivalossa 27.-28.11.1990. Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 24. s. 3-10.

Kuusisto, E. & Mälkki, E. 1982. Yleinen vesitekniikka RIL 141. Monisteessa: Suomen rakennusinsinöörien liitto. Helsinki.

Lindem, T. 1983. Successes with conventional in situ determinations of fish target strength. In: Nakken, O. & Veneme, S.C. (eds.), Symposium on fisheries acoustics. Selected papers of the ICES/FAO Symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21-24 June 1982. Rome. FAO Fish. Rep. 300, p. 104-111.

Mutenia, A., Salonen, E., Maunu, A. Pukkila, H. ja Ahonen, M. 1995. Inarijärven ja sen sivuvesistöjen kalakantojen hoidon tarkkailututkimus. Toimintakertomus vuodelta 1994. 32 s.

Palomäki, R. 1981. Inarijärven siikamuodot ja niiden ravinnonvalinta. Pro Gradu-tutkielma. 101 s.

Raatikainen, M. & Kuusisto, E. 1988. Suomen järvien lukumäärä ja pinta-ala. (The number and surface area of the lakes in Finland). Terra 102: 2. s.97-110.

Raemhild, G. 1987: The Application of Hydroacoustic Techniques in Solving Fishery Problems Related to Hydroelectric Dams. Biosonics, Inc. Washington, U.S.A.

Salojärvi, K. & Mutenia, A. 1994. Effects of stocking fingerlings on recruitment in Lake Inari whitefish (Coregonus lavaretus L. s.l.) fishery. In Rehabilitation of freshwater fisheries. Edited by I.G.Cowx. Fishing News Books 1994. p. 302-312.

Salonen, E. 1992. Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Nykytila. RKTL, kalantutkimusosasto. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar No. 50.

Sarjamo, H.., Jääskö, O. & Ahvonen, A. 1989. Inarin kunnan vesien käyttö- ja hoitosuunnitelma. Monistettuja julkaisuja 96. RKTL, kalantutkimusosasto. Helsinki. 187 s..

Saura, 1986. Polttomerkinnän käyttö meritaimenen (salmo trutta m. trutta) jokipoikasten kotipaikkauskollisuuden selvittämisessä. Suomen kalastuslehti, 7/1986, s. 327-330.

Tigunov, S. 1994. Tecnical report. Moniste. Paltamo. 27 s.

Toivonen, J. 1966. Lausunto veden säännöstelyn vaikutuksista Inarijärven kalakantoihin ja kalastukseen. Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. 72 s. (Moniste).

Toivonen, J. 1972. Vedensäännöstelyn vaikutus Inarijärven kalakantoihin ja kalastukseen. Täydentävä lausunto. Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. 28 s. (Moniste).