

OULUN YLIOPISTO

VESITEKNIIKAN LABORATORIO

**UNIVERSITY OF OULU
HYDRAULIC AND WATER RESOURCES
ENGINEERING LABORATORY**

**SARJA A SERIES
JULKAISU 63 PUBLICATION**

LOHI MATKALLA JOKEA YLÖS

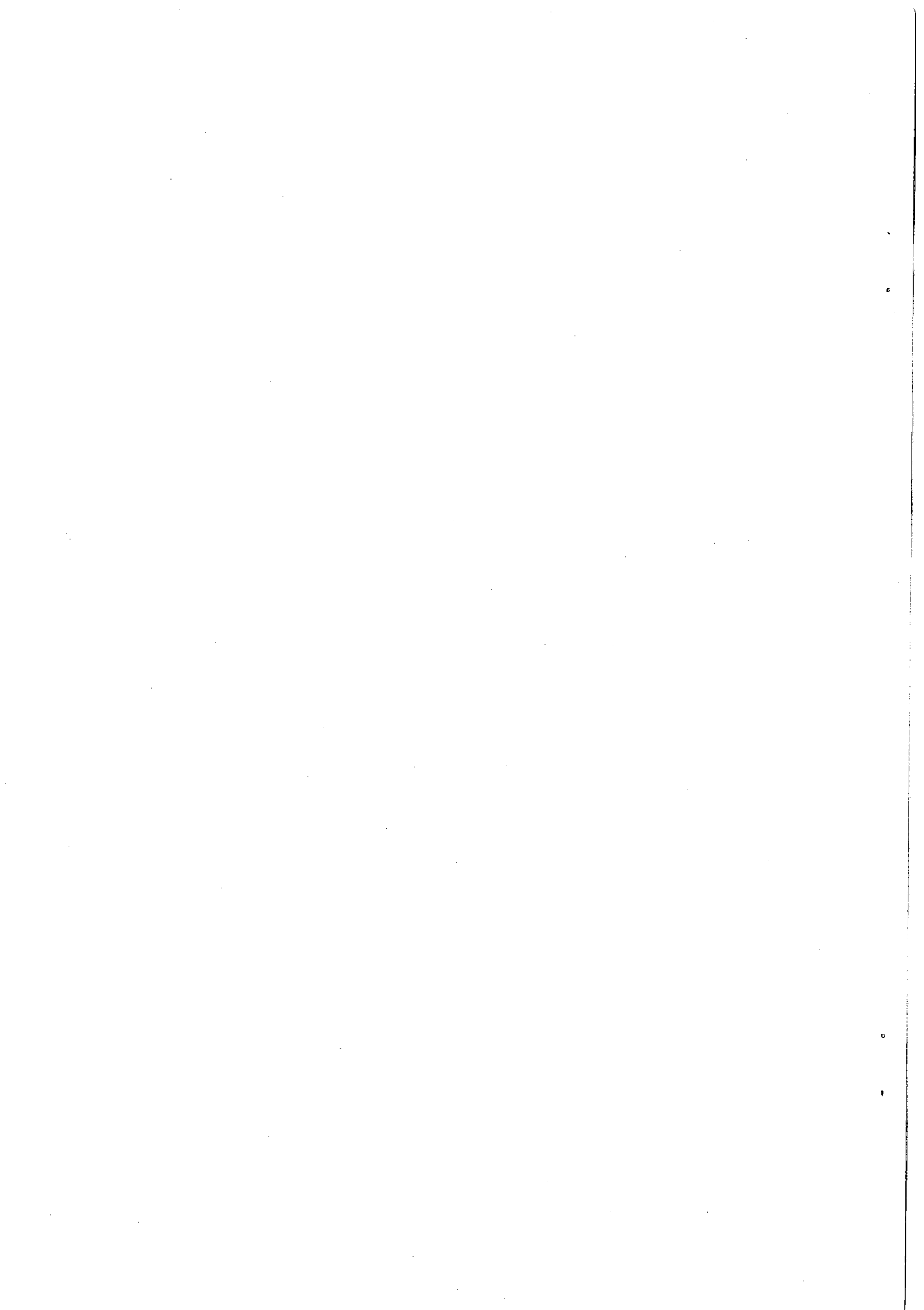
Raportti Kemijoen Isohaaran kalatietutkimuksesta

SALMON ON THE WAY UP

**Summary report of the research at the Isohaara fishway
in the River Kemijoki, Finland**

**Laine Anne
Kamula Riitta
Viitala Jukka
Pohjamo Timo
Hooli Jussi**

Oulu, Finland 1995



TIIVISTELMÄ

Kemijoki on ollut aikoinaan Pohjanlahden tuottoisin lohijoki. Isohaaran padon ja vesivoimalaitoksen valmistuminen Kemijoen suuhun 3,5 kilometriä mereltä sisämaahan päin vuonna 1949 esti vaelluskalojen nousun Kemijokeen. Nykyään Kemijoki ja sen sivujoet voimatalousrakentamiselta rauhoitettua Ounasjokea lukuunottamatta ovat käytännössä täysin porrastettuja voimatalouden tarpeisiin.

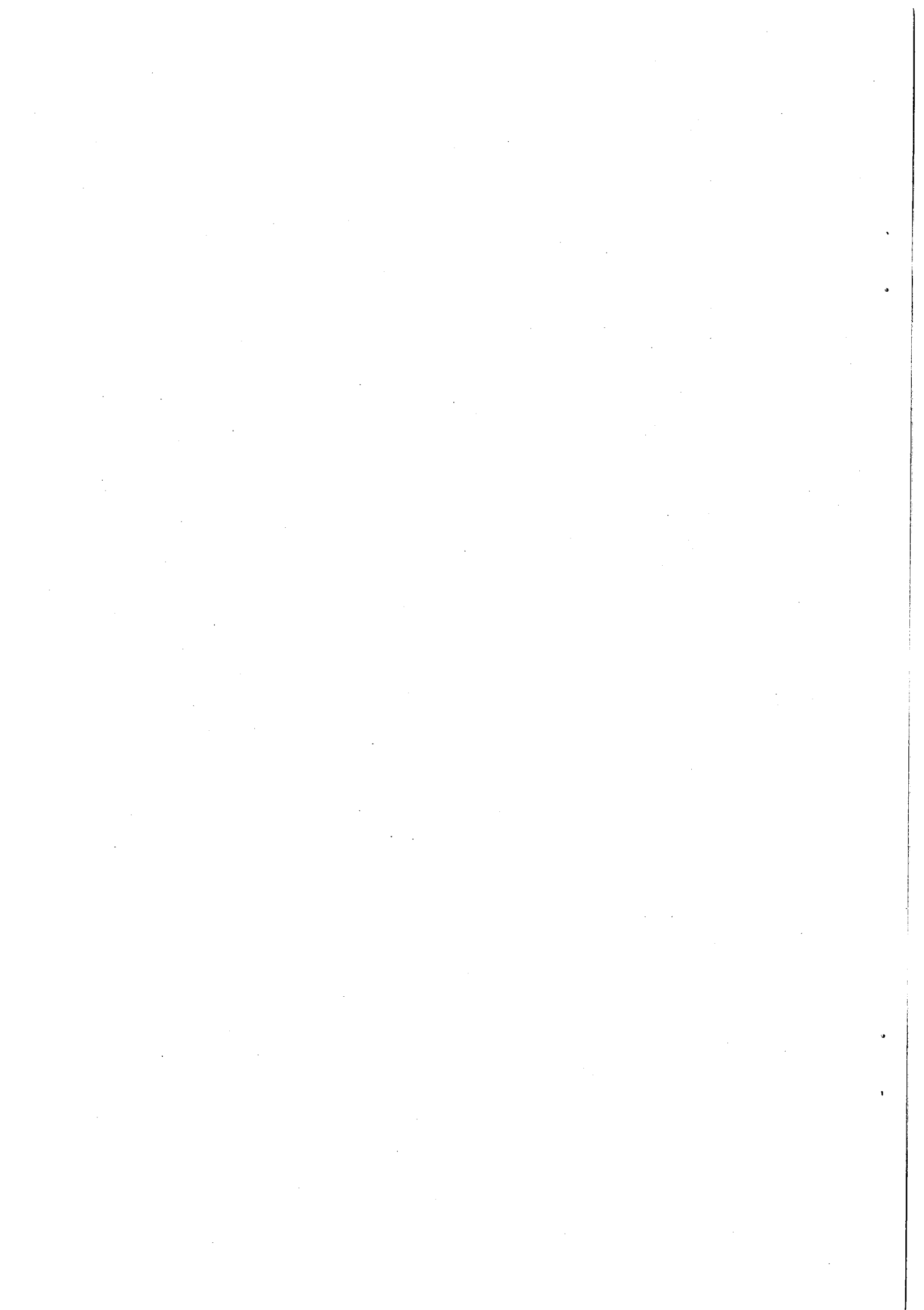
Isohaaran patoon on toivottu pitkään kalatietä, vaikka Kemijoen kalakantoja on jo kauan ylläpidetty ja hoidettu istutuksin. Voimalaitoksen laajennustöiden yhteydessä vuonna 1993 valmistui myös uusi kalatie. Sen kokonaispituus on 230 metriä ja putousero 12,5 metriä. Isohaaran kalatiessä on kaksi sisäänkäyntiä, eteläinen ja pohjoinen, joita käytetään vuorotellen. Kalatiessä on kahta erilaista kalatietyyppiä, pystyrakokalatietä ja Denil-kalatietä.

Isohaaran kalatien suunnittelussa käytettiin apuna pienoismallitutkimuksia. Kalatien hydraulista toimintaa on tutkittu kalatiellä tehdyin mittauksin ja laboratoriossa pienoismallikokein. Kalatien pystyraoissa mitatut virtausnopeudet vastasivat ± 5 prosentin tarkkuudella pienoismallikokeissa määritettyjä nopeuksia. Myös altaiden vesisyvytydet vastasivat toisiaan ± 5 prosentin tarkkuudella luonnossa ja pienoismallissa. Kalatien yläosan Denil-jaksot toimivat käytännössä vastaavalla tavalla kuin pienoismalli, vaikka jaksojen toteutus poikkeaa suunnitellusta. Denil-osuudelle on tehty jonkin verran rakenteellisia muutoksia myös kalatien käyttöönoton jälkeen.

Isohaaran padon alapuolelle tulevien vaelluskalojen määrään vaikuttavat pääasiassa istutusmäärät ja istutusten onnistuminen sekä kalastus merialueella ja jokisuulla. Tärkeimmät ympäristötekijät, jotka vaikuttavat kalojen nousuun jokeen, ovat veden lämpötila, virtaama sekä säätila. Lisäksi juoksutuksilla ja alaveden korkeudella on tärkeä merkitys. Kalatien keräilyaltaassa havaittiin kolmen vuoden aikana 984 aikuista lohikalaa. Kaloista oli 60 % merilohia, 32 % meri- ja järvitaimenia ja 8 % kirjolohia. Merilohien nousu kalatiessä painottui loppukesään, lohista 82 % nousi elo-syyskuun aikana. Vaikka suurin osa taimenista ja kirjolohista käytti kalatietä heinäkuussa, ajoittui niiden nousu lohta tasaisemmin eri kuukausille. Aikuisten lohikalojen lisäksi kalatien keräilyaltaassa oli harjuksia, nieriöitä, ahvenia, särkikaloja ja runsaasti lohikalojen istutuspoikasia. Kalatien kummastakin sisäänkäynnistä nousi suunnilleen yhtä paljon lohia ja taimenia. Yläveden korkeus ja sitä kautta kalatien virtaama vaikuttivat lohien nousuun kalatiehen. Myös alaveden korkeudella ja uuden koneaseman koneistojen käytöllä oli vaikutusta kalatiehen nousseiden kalojen määrään.

Kemijoelle vaeltavat merilohet ja -taimenet ovat peräisin pääasiassa jokisuulle ja läheiselle merialueelle tehdyistä istutuksista. Niiden motivaatio nousta padon yläpuolelle lienee melko heikko tai olematon. Patoaltaaseen istutetuilla järvitaimenilla vietti nousta padon yläpuolelle voi olla merilohta ja -taimenta voimakkaampi. Tähän vaikuttaa kuitenkin se, minkä kokoisina kalat on jokeen istutettu. Olisi suositeltavaa toteuttaa uusi laaja kalatieseuraanta sitten, kun Perämeren kalamäärät alkavat kasvaa ja kun suunnitteilla oleva Nousukas-projekti on toteutettu.

Kalojen ohjautumista Isohaaran kalatien suulle voidaan tehostaa erilaisten ohjainten avulla. Tätä tulisi tutkia silloin, kun kalatien alapuoliset kalamäärät kasvavat. Eräs tärkeä tutkimuskokonaisuus, jota Isohaarassa voidaan myös tutkia, ovat nahkiaisen nousuun vaikuttavat tekijät Denil-kalatiessä.



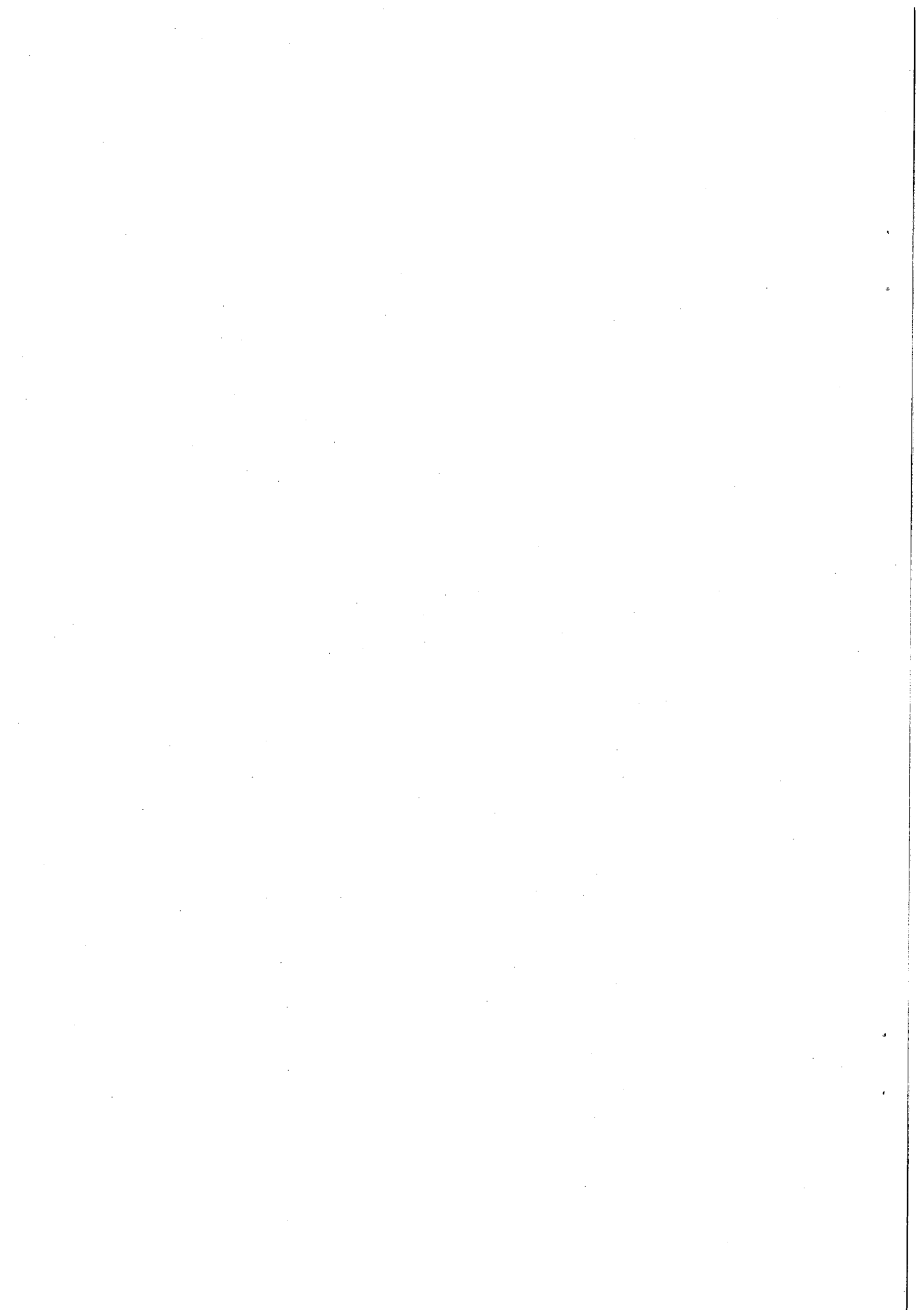
ABSTRACT

River Kemijoki has once been the most productive salmon river of the Bothnian Bay. The Isohaara dam and the waterpowerplant, 3,5 kilometers from the river mouth, were completed in 1949, which blocked the fish migration into the river. Nowadays the river is totally harnessed for water power generation. There have been demands for a fishway at the Isohaara dam although the fish stocks of the River Kemijoki have been maintained by planting. In connection with the powerplant enlargement, also a fishway was built at the dam in 1993. Its total length is 230 meters and the rise is 12,5 meters. The fishway has two entrances, which are used alternately. There are both vertical slot and Denil sections in the fishway.

During the design of the Isohaara fishway, scale model studies were performed. In studying the hydraulic operation of the fishway, measurements were performed in the fishway and also in the laboratory scale model. The results of the scale model tests and measurements in the fishway were compared. According to the results, water velocities in vertical slots in the fishway corresponded to the velocities in the model with an accuracy of ± 5 percent. Water depths in the pools corresponded with the same accuracy. Although the structure of the Denil sections differs from designed, the hydraulic operation of the sections is equal to that of the scale model. After the construction of the fishway, some structural alterations have been done in the Denil sections in order to improve conditions for fish ascent.

The number of migrating fish below the Isohaara dam is mainly dependent on the amount and success of planting. Also fishing at the sea areas and at the river mouth affects the number of migrating fish below the dam. Most important environmental factors affecting the number of fish entering the river are water temperature, flow, tailwater level and also weather. During the three year follow-up, 984 adult salmonids were counted in the gathering pool of the fishway. Most of the fish, about 60 percent, were Atlantic salmon, 32 percent brown trout and 8 percent rainbow trout. Atlantic salmon passed through the fishway mainly during August and September. Most of the brown trout and rainbow trout ascended in July. In addition to adult salmonids, there were grayling, char, perch, cyprinids and a lot of salmon and trout juveniles in the gathering pool. Both entrances were used equally by Atlantic salmon and brown trout. The forebay water level and thus the discharge of the fishway had an effect on the numbers of Atlantic salmon in the gathering pool. Also tailwater level and use of turbines affected the fish numbers.

Most of the migrating fish, which enter the River Kemijoki, have originally been planted at the river mouth and the sea areas nearby. Thus their motivation to pass the dam is supposed to be weak or totally lacking. The motivation of the brown trout, planted in the impounding reservoir above the Isohaara dam, is supposed to be stronger. This depends, however, on the size of the planted fish. It is preferable to carry out a new thorough follow-up at the Isohaara fishway after a few years when there are more migrating salmon and trout in the Bothnian Bay. Further aspects to be studied at the Isohaara fishway in the future are the ways and facilities for guiding the fish below the dam and the factors affecting the ascent of lampreys in Denil fishways.



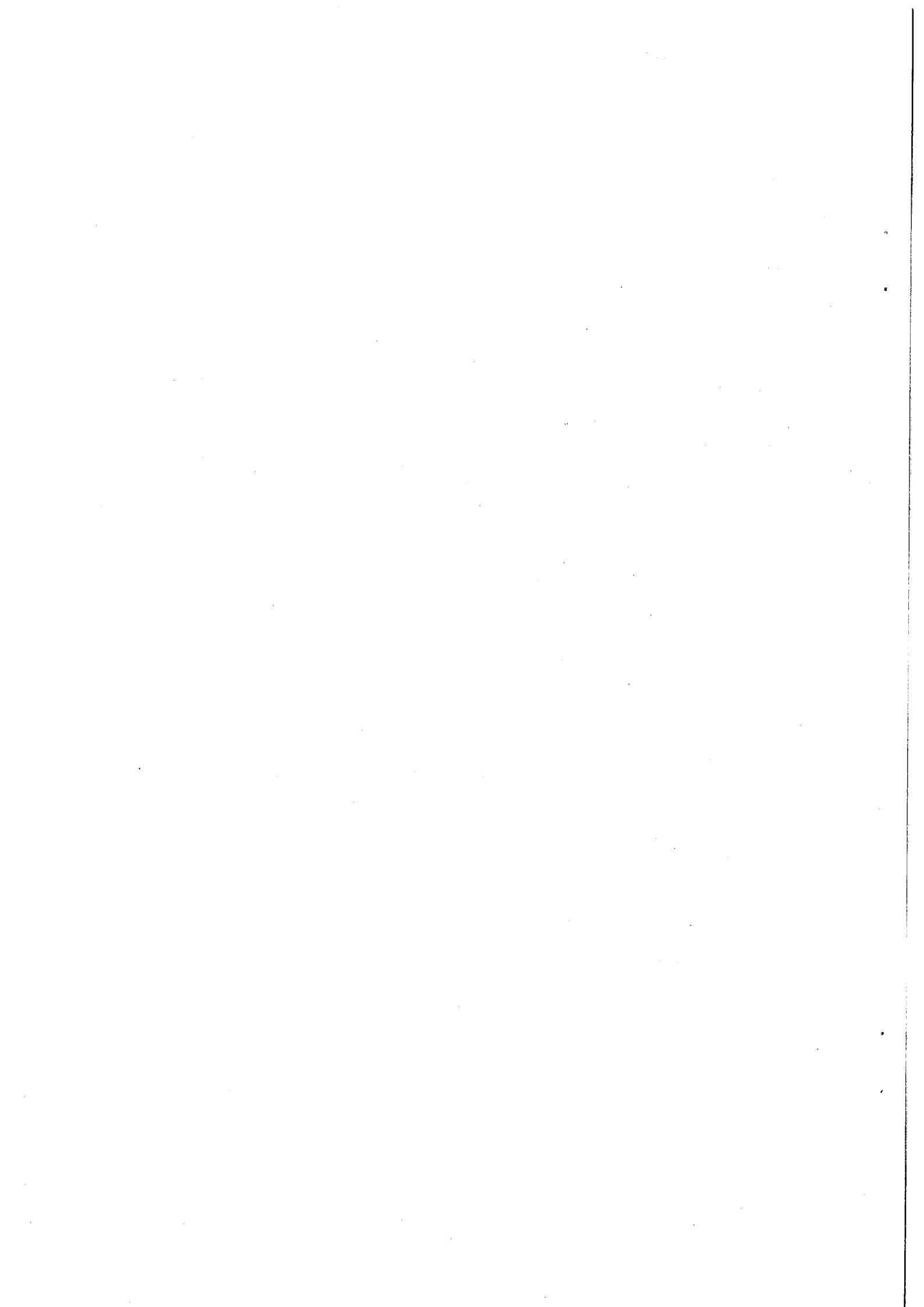
ALKUSANAT

Kemijoen Isohaaran kalatien rakennetta, hydraulista toimintaa ja kalojen kulkua koskevat tutkimukset aloitettiin kesäkuussa 1993. Kolmivuotisen tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa suuren vesivoimalaitoksen yhteydessä olevan kalatien toimivuudesta ja merkityksestä, Denil-kalatien soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin ja suomalaisille kalalajeille sekä yleensä kalojen käyttäytymisestä kalatiessä.

Tutkimus ajoittui vuosiin, jolloin Kemijokeen nousevien lohien määrä alkoi pienentyä, mikä näkyi kalatien kautta nousevien kalojen vähenemisenä ensimmäisen tutkimuskesän jälkeen. Isohaaran kalatie on osoittautunut lohien ja taimenten nousun kannalta hyväksi. Vaellussiikaa on noussut kalatiehen heikosti. Syyinä ei liene niinkään kalatien soveltumattomuus siialle, vaan muut siian nousuun vaikuttavat tekijät. Nahkiaisen nousumahdollisuuksia lähinnä lohta ja taimenta varten rakennetussa kalatiessä on tutkimuksen kuluessa pystytty parantamaan, mutta sen nousun varmistaminen vaatii jatkotoimia.

Isohaaran kalatiellä tehdyn tutkimuksen vastuullisena johtajana on toiminut professori Jussi Hooli Oulun yliopiston vesitekniikan laboratorion johtajana. Tutkijoina ovat olleet FL Anne Laine, TkL Riitta Kamula ja DI Timo Pohjamo. Kalastoseurannasta Isohaarassa on vastannut kalastusmestari Jukka Viitala. Tutkimuksen seurantaryhmään ovat kuuluneet professori Jussi Hooli ja dosentti Kalevi Kuusela Oulun yliopistosta, johtaja Markku Juola ja johtaja Reijo Saari Voimalohi Oy:stä, ympäristönsuojelusihteeri Aapo Mäenpää Keminmaan kunnasta, johtaja Heikki Sylander Iijoen Voima Oy:stä sekä kalatalousjohtaja Olli Tuunainen Lapin maaseutuelinkeinopiiristä.

Kalatiellä tehdyn tutkimuksen lisäksi on vuonna 1995 tutkittu radiotelemetrian avulla lohien ja taimenten vaelluskäyttäytymistä Isohaaran padon ala- ja yläpuolella. Tästä tutkimuksesta on vastannut kalatalousjohtaja Olli Tuunainen Lapin maaseutuelinkeinopiiristä. Tutkija Erkki Jokikokko Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksesta vastaa tämän tutkimuksen raportoinnista yhdessä Jukka Viitalan kanssa.



Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1.	TAUSTA	1
2.	MEREISILLE VAELLUSKALOILLE TEHDYT KALATIET SUOMESSA	1
3.	KEMIJOKISUUN KALAKANNAT JA NIIDEN HOITO	3
3.1.	Kalasto ja kalanhoitovelvoitteet	3
3.2.	Kalansaaliit	3
3.3.	Kalastusrajoitukset ja tautitarkkailupyynti	5
4.	KALATIEN KUVAUS	5
4.1	Kalatietyyppien rakenneperiaatteet	9
4.2	Eteläinen sisäänkäynti	10
4.3	Pohjoinen sisäänkäynti	10
4.4	Pystyrako-osuus paaluvälillä 0-65	11
4.5	Yläosan Denil-osuus paaluvälillä 65-100	12
4.6	Kalatien valaistusolot	15
5.	ISOHAARAN KALATIEN HYDRAULINEN TOIMINTA	16
5.1	Virtausolosuhteet kalatien suuaukoilla ja sisäänkäynneissä	17
5.1.1	Eteläinen suuaukko	17
5.1.2	Pohjoinen suuaukko ja sisäänkäynti	18
5.2	Alemman pystyrako-osuuden virtausolosuhteet	19
5.3	Virtausolosuhteet yläosan Denil-osuudella	19
5.4	Virtausolosuhteet kalatien muutoskohdissa	22
5.4.1	Kalatien haarautumiskohta 0-paalulla, ns. jakoporttiallas	22
5.4.2	Lepo- ja kulma-altaat paaluilla 30 ja 40	23
5.4.3	Pystyrako- ja Denil-osuuden yhtymäkohta	24
5.4.4	Denil-osuuden vaimennusaltaat	25
5.5	Kalatien yläosan toiminta	25
5.6	Kalatien purkautumiskäyrä	25
6.	KALOJEN HAKEUTUMINEN ISOHAARAN KALATIEHEN	26
6.1	Kalojen käyttäytyminen padon alapuolella	26
6.2	Kalojen käyttäytyminen kalatien suulla	27
6.3	Kalojen nousu kalatiehen eri sisäänkäynneistä	29

7.	KALATIEN NOUSSEIDEN KALOJEN MÄÄRÄT	30
7.1	Keräilyaltaaseen vuonna 1993 nousseet kalat	30
7.2	Keräilyaltaaseen vuonna 1994 nousseet kalat	31
7.3	Keräilyaltaaseen vuonna 1995 nousseet kalat	31
7.4	Kalojen kokonaismäärät ja nousun ajoittuminen	31
8.	YMPÄRISTÖN OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS KALOJEN NOUSUUN KALATIESSÄ	33
8.1	Veden lämpötila	33
8.2	Yläveden korkeus	35
8.3	Alaveden korkeus	35
8.4	Voimalaitoksen koneistojen käyttö	36
9.	KALOJEN JA NAHKIAISEN KÄYTTÄYTYMINEN KALATIESSÄ	36
9.1	Lohi ja taimen	37
9.2	Vaellussiika	37
9.3	Nahkiainen	37
10.	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET	40

KIRJALLISUUS

Liitteet:

1. KEMIJOKISUULLE JA SEN EDUSTAN MERIALUEELLE VUOSINA 1993-95 TEHDYT KALAISTUTUKSET
2. KEMIJOKEEN JA ISOHAARAN PATOALTAASEEN VUOSINA 1995-93 TEHDYT KALAISTUTUKSET
3. ISOHAARAN VOIMALAITOKSEN JUOKSUTUKSET JA KALATIEN NOUSSEET KALAT VUOSINA 1993-95

1. TAUSTA

Kemijoki on ollut aikoinaan Pohjanlahden tuottoisin lohijoki. Kemijoen alajuoksu on aina ollut tärkeintä kalastusalueetta, ja vuotuiset nousukalamäärät olivat huikeita vielä 25 kilometriä jokisuulta sijaitsevalla Taivalkoskella. Kesän lämpimimpään aikaan nousevaa siikaa saatiin lippoamalla yli 54 000 kg, lohta jopa 24 000 kg ja taimentakin yli 7 000 kg (Paulaharju 1967). Tulvan aikana jokeen noussut lohi 'kirsikala' nousi Kemihaaraa Kemijärvelle asti ja Ounasjokea myöten aina Enontekiölle saakka (Vilkuna 1975).

Isohaaran padon ja vesivoimalaitoksen valmistuminen vuonna 1949 esti vaelluskalojen nousun Kemijokeen. Padon valmistumisen jälkeen sen alapuolella oli tuhansittain lohia (Vilkuna 1975). Lohien ylisiirto käynnistyi kesällä 1950, jolloin saaliiksi saatiin 5455 ja padon yläpuolelle kuljetettiin 2740 lohta. Lohien keskipaino oli 9 kg. Vuonna 1951 saalis oli enää 1892 lohta. Samana kesänä valmistui kalahissi, jonka virtaama oli 200-300 l/s. Lohet, taimenet, siiat ja nahkiaiset eivät uineet kalahissiin (Vilkuna 1975). Lohia yritettiin edelleen kalastaa ja siirtää padon yläpuolelle, mutta kesällä 1957 saalis alkoi nopeasti vähentyä ja vuonna 1959 saatiin enää 101 lohta. Kemijoessa luonnonmukaisesta kudusta syntynyt lohikanta oli merestä loppumassa.

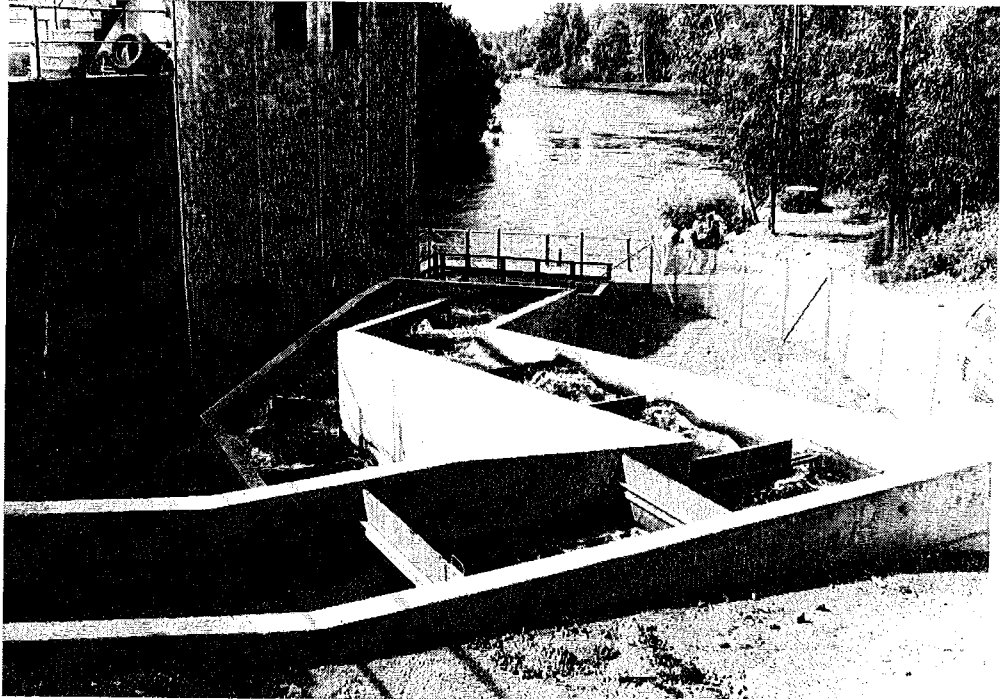
Kalatietä Isohaaran patoon on toivottu pitkään, vaikka Kemijoen kalakantoja on jo kauan ylläpidetty ja hoidettu istutuksilla. Voimalaitoksen laajennustöiden yhteydessä vuonna 1993 Isohaaraan valmistui Keminmaan kunnan rahoittamana uusi kalatie. Ensimmäistä kertaa Suomessa kalatiessä on mukana Denil-kalatieosuuksia. Denil-kalateitä on käytetty menestyksellisesti muun muassa Kanadassa ja Pohjois-Ruotsissa.

2. MEREISILLE VAELLUSKALOILLE TEHDYT KALATIET SUOMESSA

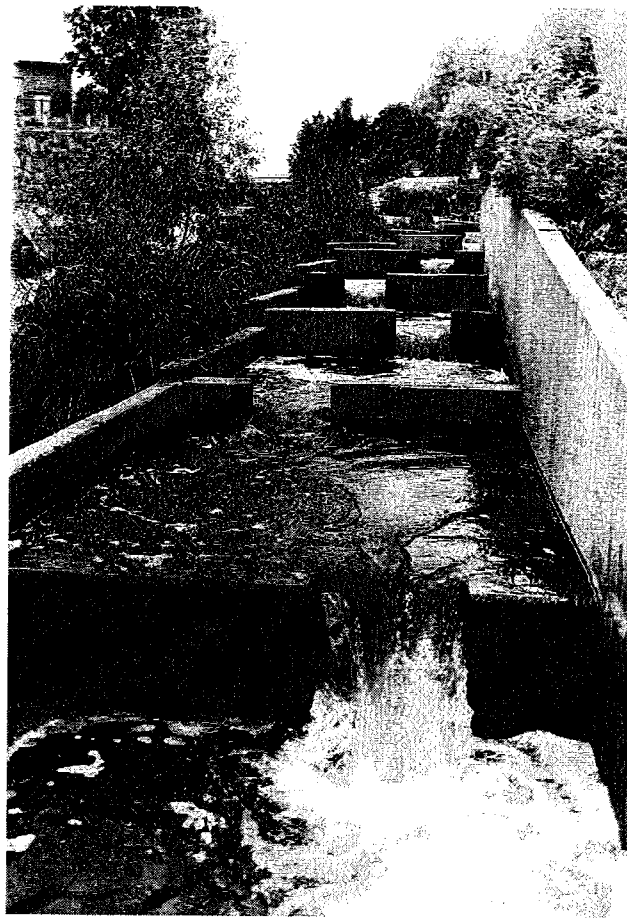
Mereisiä vaelluskaloja varten on rakennettu Suomessa vain muutamia kalateitä. Isohaaran kalatien lisäksi tärkeimmät ovat Kymijoen Ahvenkosken ja Koivukosken sekä Vantaanjoen Vanhankaupunginkosken kalatiet sekä Aurajoen Halistenkoskeen vuonna 1995 valmistunut pystyrakokalatie.

Kymijoen suualueella on kaikkiaan neljä kalatietä, joista Ahvenkosken ja Stråkan kalatiet ovat joen läntisessä haarassa. Pyhtäänhaarassa, jossa Stråkan padon kalatie sijaitsee, nousulohia on ollut viime vuosina satunnaisesti (Saura ym. 1992). Ahvenkoskella nousevat kalat kerätään kiinniottolaitteella ylisiirtoa varten. Itäisessä haarassa sijaitsevan Koivukosken säännöstelyuoman vanha kalaporras toimii hyvin, mutta vain silloin, kun padon kautta juoksetetaan riittävästi vettä (yli 5 m³/s). Kalatietä käyttävät lohen ja taimenen lisäksi muun muassa vaellussiika, lahna ja nahkiainen. Koivukosken voimalaitospadon vuonna 1990 valmistunutta kalatietä kalat eivät juuri käytä (kuva 1). Syyksi on epäilty sitä, että kalat eivät löydä kalatien suuta (Saura ym. 1992).

Vantaanjoessa on kaksi suuhaaraa, pääosa virtauksesta tulee läntisen suuhaaran kautta. Vantaanjoen suualueella tehdyissä nousulohien ja -taimenterien ultraäänimerkinnöissä havaittiin kalojen hakeutuvan läntiseen suuhaaraan, jossa pato katkaisee niiden nousureitin. Yksikään merkitty kala ei yrittänyt itäiseen suuhaaraan, jossa ylivirtaustyyppinen Vanhankaupunginkosken kalatie sijaitsee (kuva 2). Kalatiehen nousevat lohikaloista käytännössä vain lohi ja taimen, siioille kalatie ei sovellu. Lohetkin käyttävät mieluummin kalatien viereistä pientä koskea, jossa on vain ajoittain riittävästi vettä (Mikkola ja Saura 1994).



Kuva 1. Kymijoen Koivukosken voimalaitoksen yhteydessä oleva pystyrakokalatie (kuva: Ulla-Riitta Tikkanen, Oulun yliopisto)



Kuva 2. Vantaanjoen Vanhankaupunginkosken allaskalatie (kuva: Ulla-Riitta Tikkanen, Oulun yliopisto)

3. KEMIJOKISUUN KALAKANNAT JA NIIDEN HOITO

3.1 Kalasto ja kalanhoitovelvoitteet

Kemijoen vaelluskalakantoja ylläpidetään istutuksilla. Kemijoki Oy ja Iijoen Voima Oy on velvoitettu istuttamaan Kemijokisuun merialueelle vuosittain 615 000 lohien vaelluspoikasta (yli 14 cm), 90 000 meritaimenen vaelluspoikasta (yli 18 cm) ja 3,1 miljoonaa kesänvanhaa vaellussiian poikasta Kemijoen mereisen kalakannan säilyttämiseksi. Istutettavat merilohet ovat Tornion-Iijoen kantaa ja meritaimenet Iijoen kantaa. Käytännön kalanhoidosta on vastannut vuodesta 1987 alkaen Voimalohi Oy. Kalatietutkimuksen aikana kalatien vaikutusalueelle tehdyt istutukset on esitetty liitteessä 1.

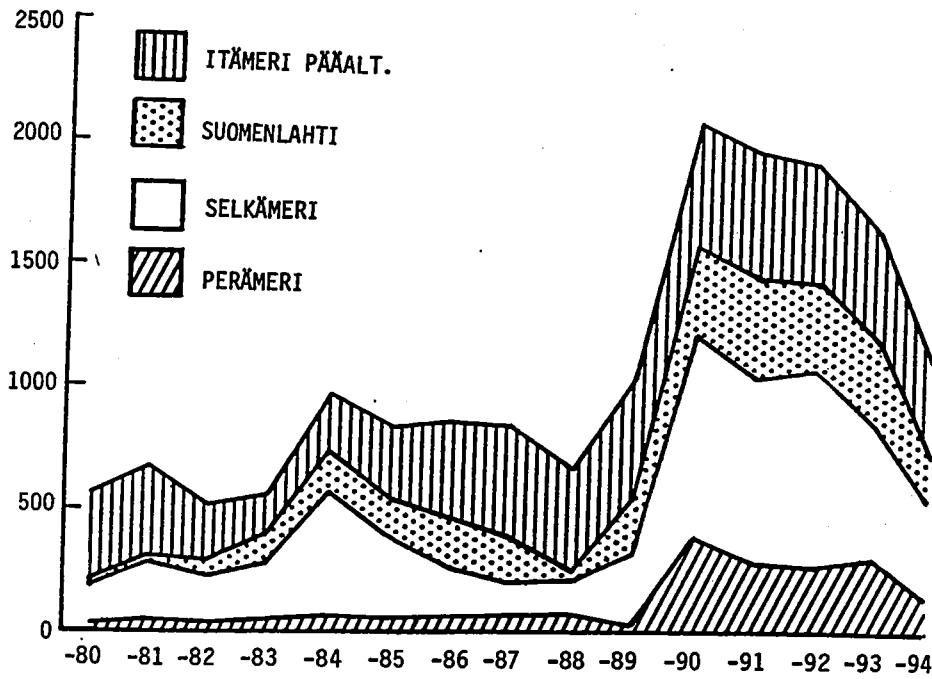
Merivaellukselta palaavat aikuiset meritaimenet nousevat Kemijokisuulle kesäkuun alusta lähtien, lohien nousu alkaa juhannuksen tienoilla. Vaellussiian nousu Kemijokeen painottuu loppukesään ja syksyyn. Nahkiainen alkaa nousta Kemijokeen ympäristön olosuhteista riippuen elo-syyskuussa ja sen nousu loppuu loka-marraskuun vaihteessa. Kantojen ylläpitämiseksi Isohaaran patoaltaaseen siirretään padon alapuolelta vuosittain nahkiaisia. Ylisiirtovelvoite on 100 000 kpl/vuosi. Nahkiaisen ja vaelluskalojen lisäksi jokisuun kalastoon kuuluvat lähinnä paikalliset ahven- ja särkikalat, made ja hauki.

Kemijoki Oy ja Iijoen Voima Oy on velvoitettu istuttamaan Kemijokeen vuosittain 60 000 sisävesiin soveltuvaa lohikalaa (yli 20 cm), lähinnä järvitaimenta, 2,1 miljoonaa kesänvanhaa sisävesisiian poikasta ja 200 000 harjuksen tai siian poikasta. Pääuoman velvoiteistutukset alkoivat vuonna 1983. Isohaaran padon alapuolella esiintyvät kirjolohet ja järvitaimenet ovat peräisin patoaltaaseen tehdyistä istutuksista. Kalatien keräilyaltaassa on tutkimuksen kuluessa havaittu useita järvitaimenia, jotka kokoluokan perusteella on mahdollisesti istutettu Rovaniemen korkeudelle Kemijokeen tai jotka ovat eläneet vuoden patoaltaassa. Isohaaran altaaseen tutkimusvuosina tehdyt istutukset on esitetty liitteessä 2.

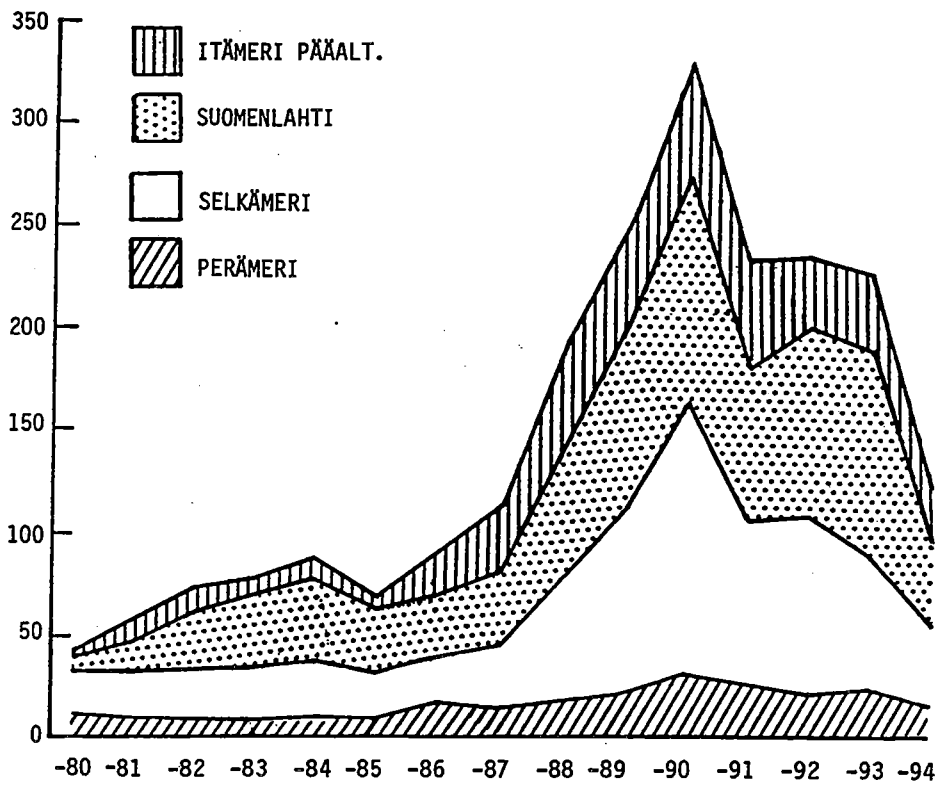
3.2 Kalansaaliit

Itämeren pääaltaan ja Pohjanlahden vuosittainen lohisaalis on ollut 1970-luvulta alkaen 400-600 tonnia. Perämeren jokien velvoiteistutusten alkaessa vaikuttaa 1980-luvun puolivälistä lähtien saalis nousi 600-800 tonniin vuodessa. Vuonna 1990 saalis oli 1800 tonnia. Se johtui poikkeuksellisen pienestä poikaskuolleisuudesta, runsaista istutuksista, kalojen kasvun paranemisesta ja Itämeren pääaltaan avomerikalastuksen vähenemisestä (Ikonen 1995). Merilohien ja -taimenen saaliit ovat 1990-luvulla selvästi vähentyneet (kuvat 3 ja 4). Syynä on muun muassa normaalista kannanvaihtelusta johtuva kalastettavien vuosiluokkien pienempi määrä sekä porrastetusta kevättrauhoituksesta luopuminen.

Kemijokisuun vuosittaisista kalansaaliista ei ole tietoja. Mädinhankintapyyntiin yhteydessä saatu siikasaalis on useita tuhansia kiloja. Vuoden 1990 lohi- ja taimensaaliita on arvioitu kalastajille suunnatulla kyselyllä. Vastausten perusteella merilohia saatiin 4500 kg (718 kpl, keskipaino 6,3 kg) ja meritaimenia 600 kg (320 kpl, keskipaino 2,0 kg). Todellinen saalismäärä on arvioitua suurempi. Kemijokisuulla vallitseva 90 mm:n silmäkorajoitus karsii saaliiksi lähinnä suurimpia kaloja.



Kuva 3. Ammattimaisen kalastuksen vuosittainen merilohisaalis tuhansina kiloina (Voimalohen 1995 mukaan)



Kuva 4. Ammattimaisen kalastuksen vuosittainen meritaimensaalis tuhansina kiloina (Voimalohen 1995 mukaan)

Kesällä 1993 Kemijokisuulle pääsi kookasta lohta edelliseen vuoteen verrattuna alle puolet, ja siihen kohdistui tehokas kalastus. Yli kymmenkiloisia lohia arvioitiin olevan vain joitakin kymmeniä kappaleita. Yhden merivuoden lohien (kossien) määrä oli keskimääräisellä tasolla. Vuonna 1994 Lapin maaseutuelinkeinopiirille kirjanpitoa pitävien Perämeren isorysäkalastajien lohisaalis putosi alle puoleen (30 tonnia) vuoden 1993 saaliista (75-80 tonnia), joten voidaan olettaa, että Kemijokisuulle saapuvien lohien määrä vastaavasti vähentyi. Jokisuun pyynnissä saatiin 50-100 yli viisikiloista lohta.

Kemijokisuulla saadaan vuosittain 20 000 - 400 000 nahkiaista keskiarvon ollessa 235 000. Tutkimusvuosina 1993-95 nahkiaisia on pyydystetty ylisiirtoa varten kalatien suualueella ja vanhan koneaseman alapuolella. Syksyjen 1993 ja -94 nahkiaissaaliit jäivät koko maassa pieneksi. Suurimpana syynä heikkoihin saaliisiin pidetään lähes kymmenen vuotta sitten sattuneita poikkeuksellisen voimakkaita kevättulvia, jotka hävittivät Pohjanmaan joista suurimman osan vuosien 1983 ja 1984 toukista, jotka tutkimusvuosien aikana olisivat tulleet pyyntikokoon. Vuoden 1995 nahkiaissaalis oli Perämeren alueella vuosikymmenen heikoin, koska jokien virtaamat olivat koko syksyn pieniä, vesi pysyi lämpimänä pitkään ja tuulet olivat nahkiaisen nousun kannalta epäsuotuisia. Kemijoen nahkiaissaaliit olivat kuitenkin poikkeuksellisen hyvät.

3.3 Kalastusrajoitukset ja tautitarkkailupyynti

Isohaaran padon ja nelostien sillan välisellä alueella kiellettiin verkkokalastus 11.6.-11.7.1993. Saman vuoden heinäkuussa Isohaaran vanhan koneaseman puolella pyydystettiin vaelluskaloja lipolla ja nuotalla tautitarkkailua varten. Tavoitteena oli saada 60 lohi-, 60 siika- ja 60 taimennäytettä. Päävirtaus oli heinäkuun alkupuolella joen pohjoisrannalla.

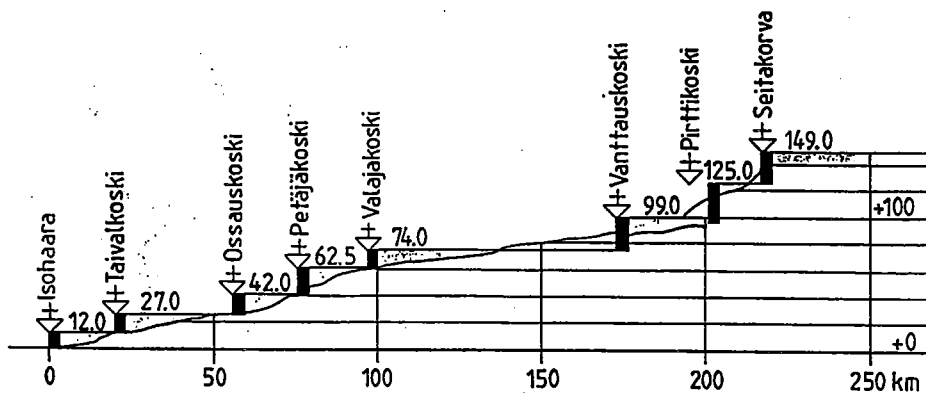
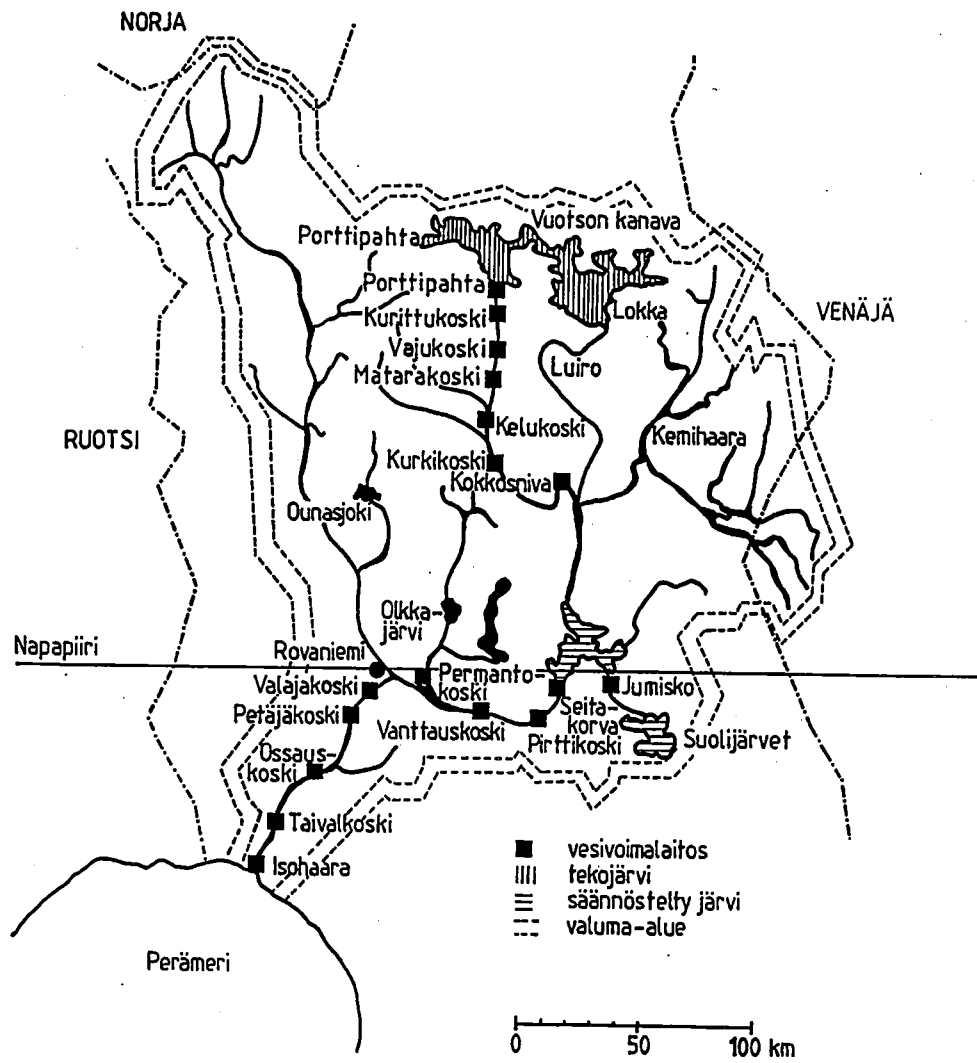
Kalatien alapuolisen alueen verkkokalastusta yritettiin rajoittaa vuonna 1994 verkkojen silmäkokoa pienentämällä. Tautitarkkailupyynti oli heinäkuussa (1.7.-20.7.) kuten edellisenäkin vuonna. Päävirtaus oli heinäkuun alkupuolella joen pohjoisrannalla. Vanhan koneaseman alapuolelta saatiin 39 merilohta (yhteispaino 264 kg), 36 meritaimenta (123 kg) ja 85 vaellussiikaa (40,5 kg).

Vuonna 1995 tautitarkkailupyynti aloitettiin kesäkuun puolivälissä ja se jatkui runsaan kuukauden. Verkkokalastuskielto Isohaaran padon ja nelostien sillan välisellä alueella oli 15.6.-15.7. Tänä aikana pyynnissä oli arviolta 10-15 verkkoa vuorokaudessa. Verkkokalastuskiellon päätyttyä pyynnissä oli 20-30 verkkoa vuorokaudessa (Viitala 1995).

4. KALATIEN KUVAUS

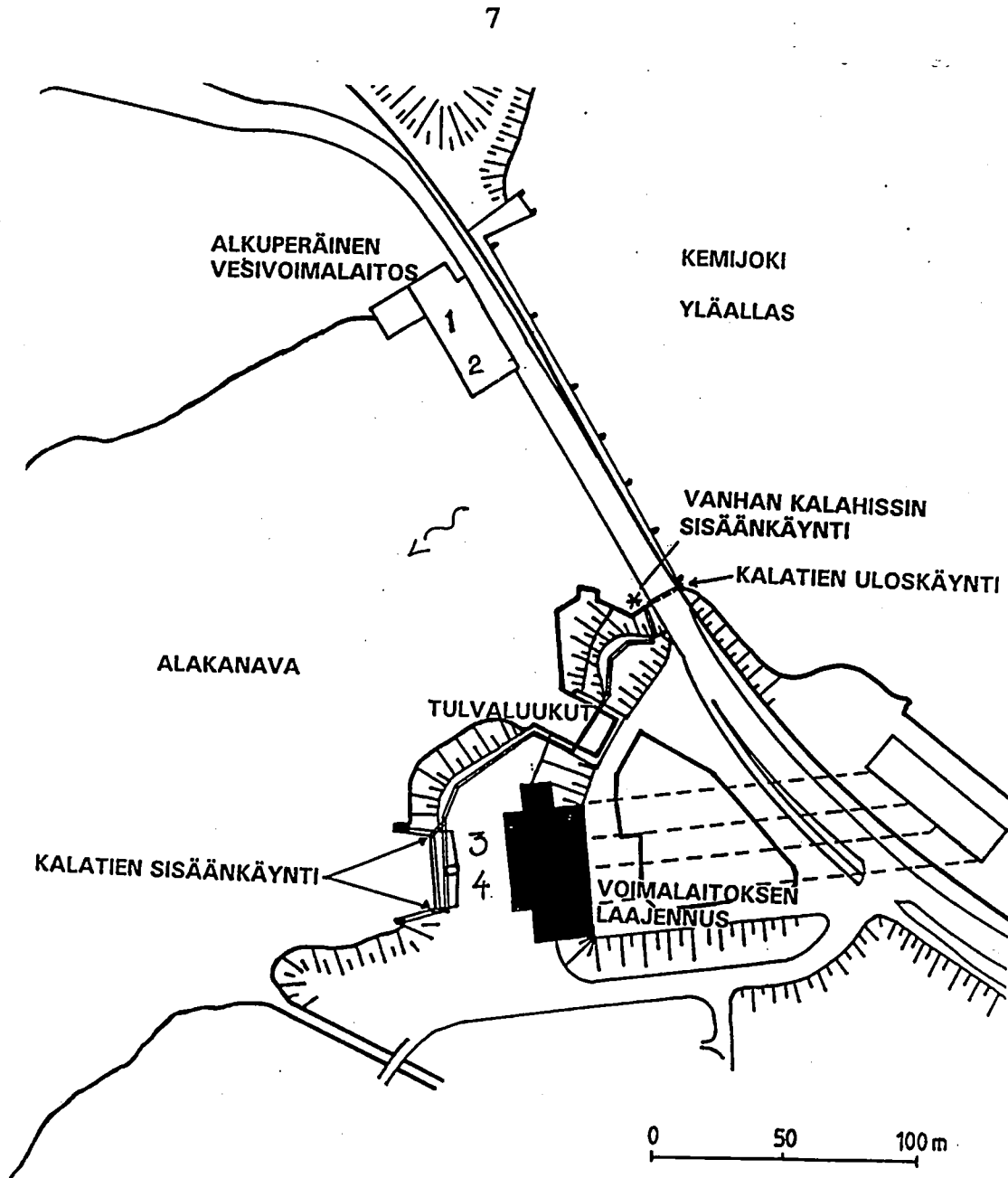
Kemijoki on eräs Suomen suurimpia jokia, sen vesistöalue on 51 000 km² ja keskivirtaama jokisuulla 556 m³/s. Joki ja sen sivujoet voimatalousrakentamiselta rauhoitettua Ounasjokea lukuunottamatta ovat käytännössä täysin porrastettuja voimatalouden tarpeisiin (kuva 5). Jokea käytetään vuorokausisäätöön.

Isohaaran pato sijaitsee Kemijoen suussa 3,5 kilometriä mereltä sisämaahan päin. Joen leveys padon alapuolella on lähes 200 metriä. Vanha koneasema on rakennettu joen pohjoisrannalle ja uusi koneasema joen etelärannalle. Näiden välissä ovat tulvaluukut. Isohaaran voimalaitoksessa on neljä koneistoa, joista kaksi on vanhalla ja kaksi uudella koneasemalla (kuva 6).



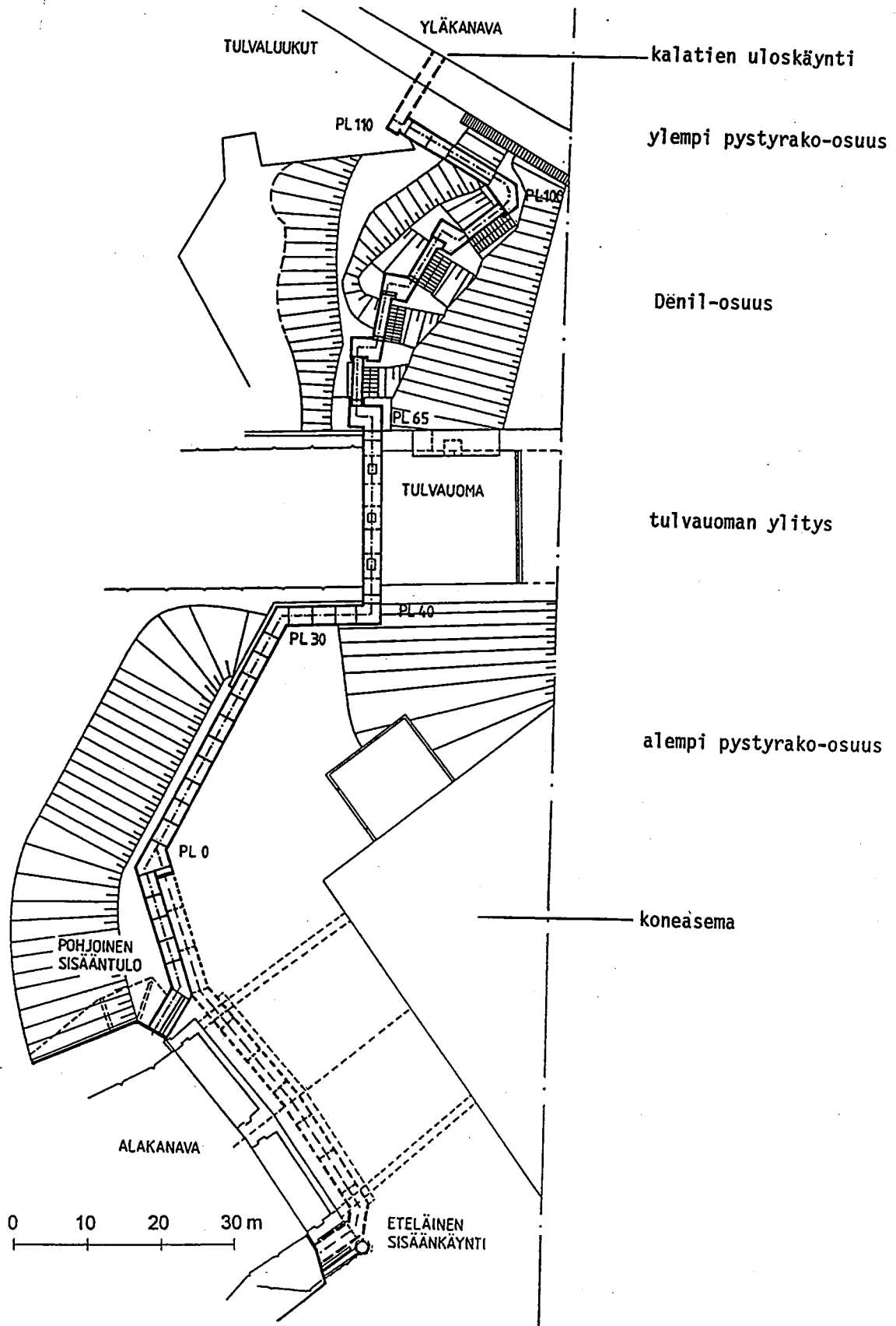
Kuva 5.

Kemijoen vesistöalue ja joen porrastus voimalaitoksineen



Kuva 6. Isohaaran voimalaitosalue ja kalatie. Numerot viittaavat voimalaitoksen koneistoihin

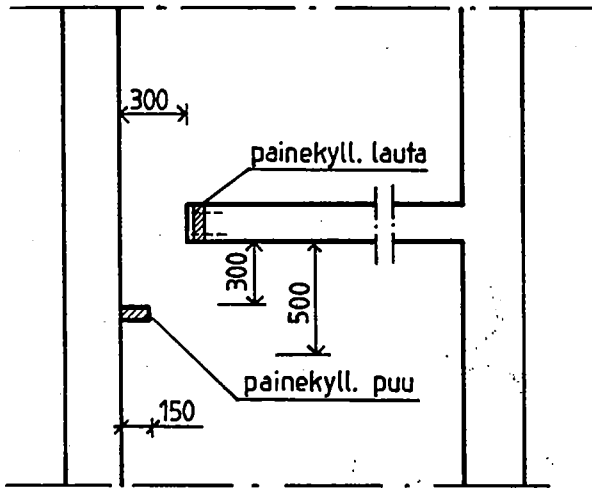
Isohaaran kalatien kokonaispituus on 230 metriä ja putousero 12,5 metriä. Kalatiessä on kaksi sisäänkäyntiä, eteläinen ja pohjoinen, joita käytetään vuorotellen. Vuorottelu voidaan hoitaa joko automaattisesti esimerkiksi koneistojen käytön ja alavedenpinnan mukaan tai käsin. Tutkimuksen aikana vuorottelu on tehty käsin. Sisäänkäynnit yhtyvät paalulla 0 sijaitsevaan niin kutsuttuun jakoporttialtaaseen, jonka pohja on suunnilleen merenpinnan tasolla. Jakoporttialtaan jälkeen kalatie jatkuu 65 metriä yhtenä pystyrako-osuutena, jonka yläpuolella olevan Denil-osuuden pituus lepoaltaineen on 50 metriä. Loppuosa kalatiestä, noin 6 metriä, on pystyrakokalatietä. Kalatie liittyy vanhoihin kalahissin rakenteisiin, joiden kautta kalat pääsevät voimalaitoksen yläaltaaseen (kuva 7).



Kuva 7. Isohaaran kalatien tasopiirustus. PL viittaa paaluun

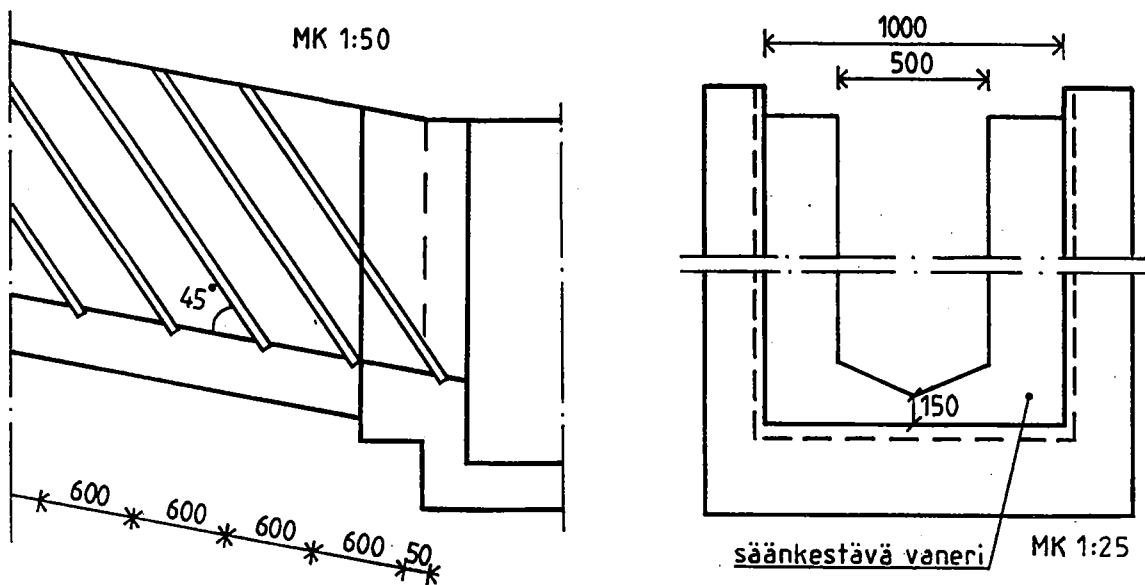
4.1 Kalatietyyppien rakenneperiaatteet

Kalatie kaikki pystyrakojaksot on mitoitettu periaatteessa samalla tavalla. Altaiden leveys on 1,8 metriä ja niiden pituudet ovat 2,2-2,9 metriä. Pituuskaltevuus on 4-7 %. Kynnyksetömät pystyraot ovat suorassa linjassa, ja virtaus vaimennetaan virranohjaimin. Pystyrakojen mitoitus on aina sama riippumatta altaiden pituudesta ja kalatien pituuskaltevuudesta. Pystyrakojen leveydet ovat 0,30 metriä ja ohjaimet ovat 0,15 metriä leveitä (kuva 8).



Kuva 8.
Pystyraon ja virranohjainten mitoitus kaikilla pystyrako-osuuksilla

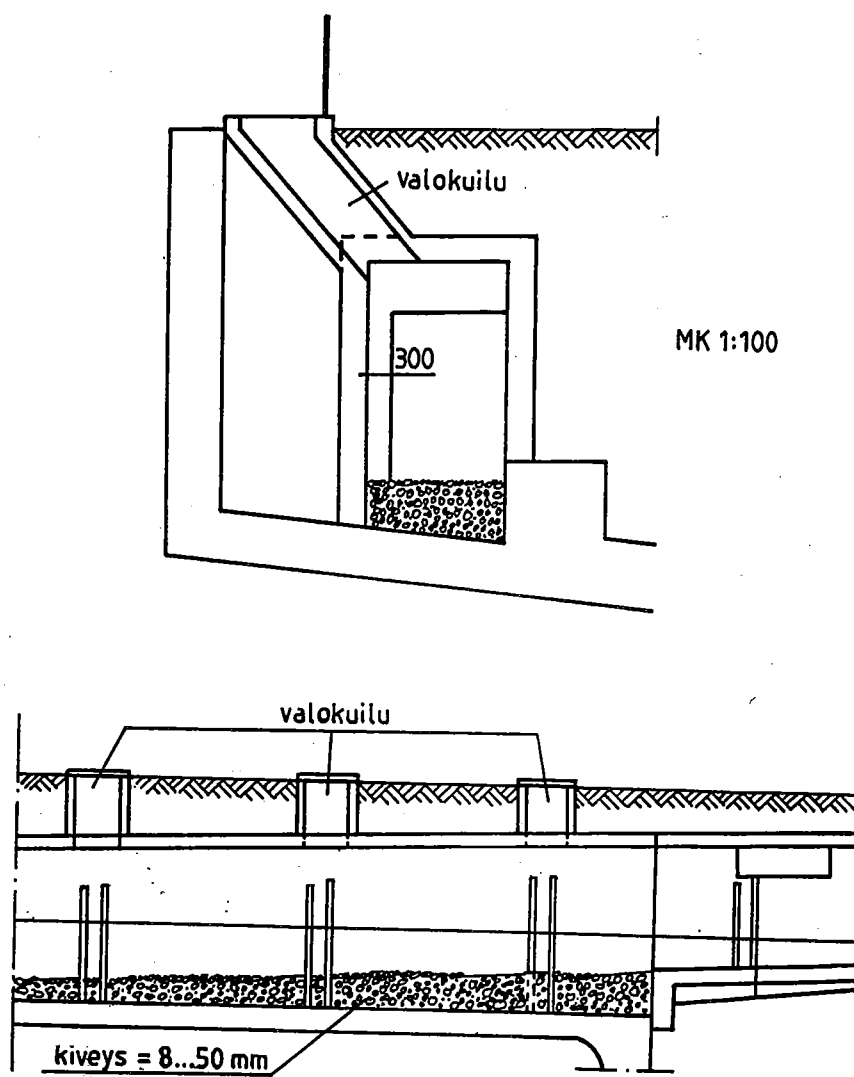
Kaikki Denil-jaksot on mitoitettu periaatteessa samalla tavalla. Virtauskourun leveys, vapaa aukko, virtausta ohjaavien siivekkeiden kaltevuus sekä niiden välinen etäisyys ovat aina samat riippumatta jakson pituudesta ja pituuskaltevuudesta. Virtauskourun leveys on 1,00 metriä ja vapaan aukon leveys 0,50 metriä. Virtaus vaimennetaan pohjaa vastaan 45 asteen kulmaan asetetuin siivekkein, joiden välinen etäisyys on 0,60 metriä (kuva 9). Denil-jaksojen pituuskaltevuudet ovat 11-25 % ja niiden pituudet ovat 5,00-7,00 metriä.



Kuva 9. Denil-jaksojen mitoitus

4.2 Eteläinen sisäänkäynti

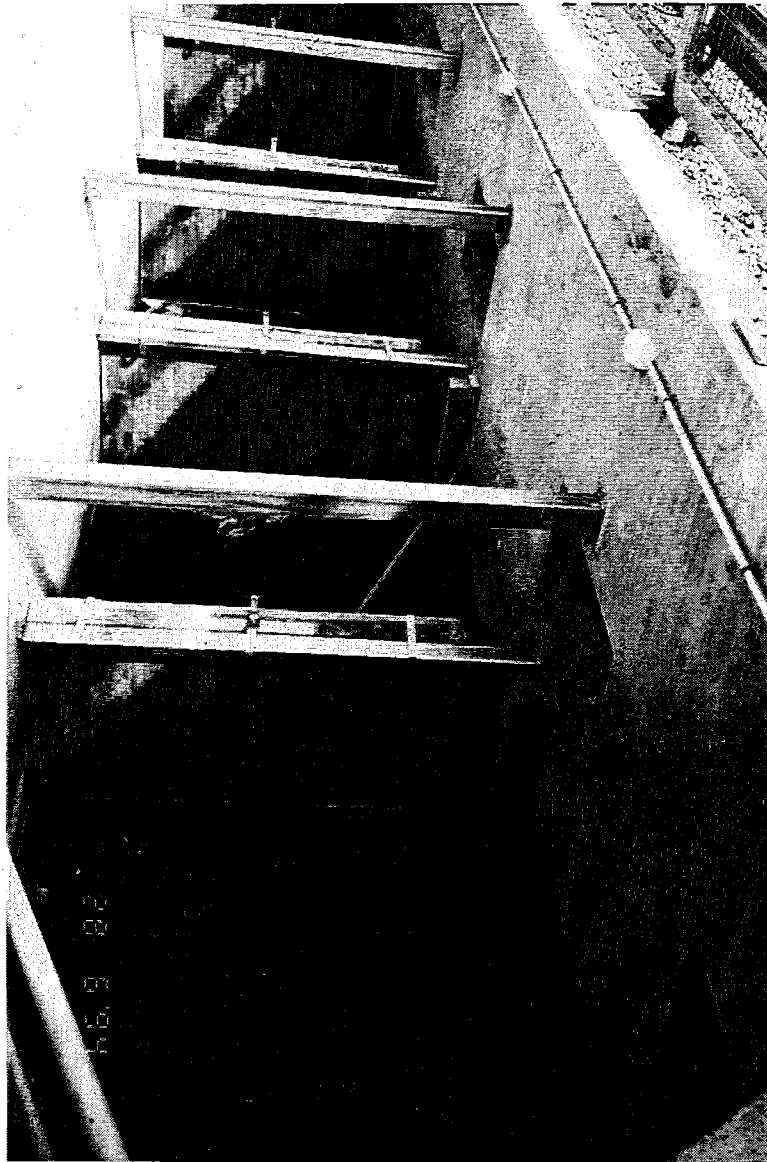
Eteläinen sisäänkäynti on 55 metriä pitkä pystyrakokalatietyyppiä oleva tunneliosuus. Sen pituuskaltevuus on 1:26 eli 4 %. Altaiden pituus on 2,90 metriä ja leveys 1,80 metriä. Väliseinät on rakennettu betonista, pystyrakojen verhous ja virranohjaimet ovat painekyllästettyä puuta. Osassa eteläisen sisäänkäynnin alaosan väliseiniä on kynnykset, mutta altaiden pohja on täytetty kivillä kynnyksen ylälaitaan saakka. Ratkaisuun on päädytty kustannussyistä (kuva 10).



Kuva 10. Eteläisen sisäänkäynnin alaosan altaita, joissa pohja on täytetty kivillä

4.3 Pohjoinen sisäänkäynti

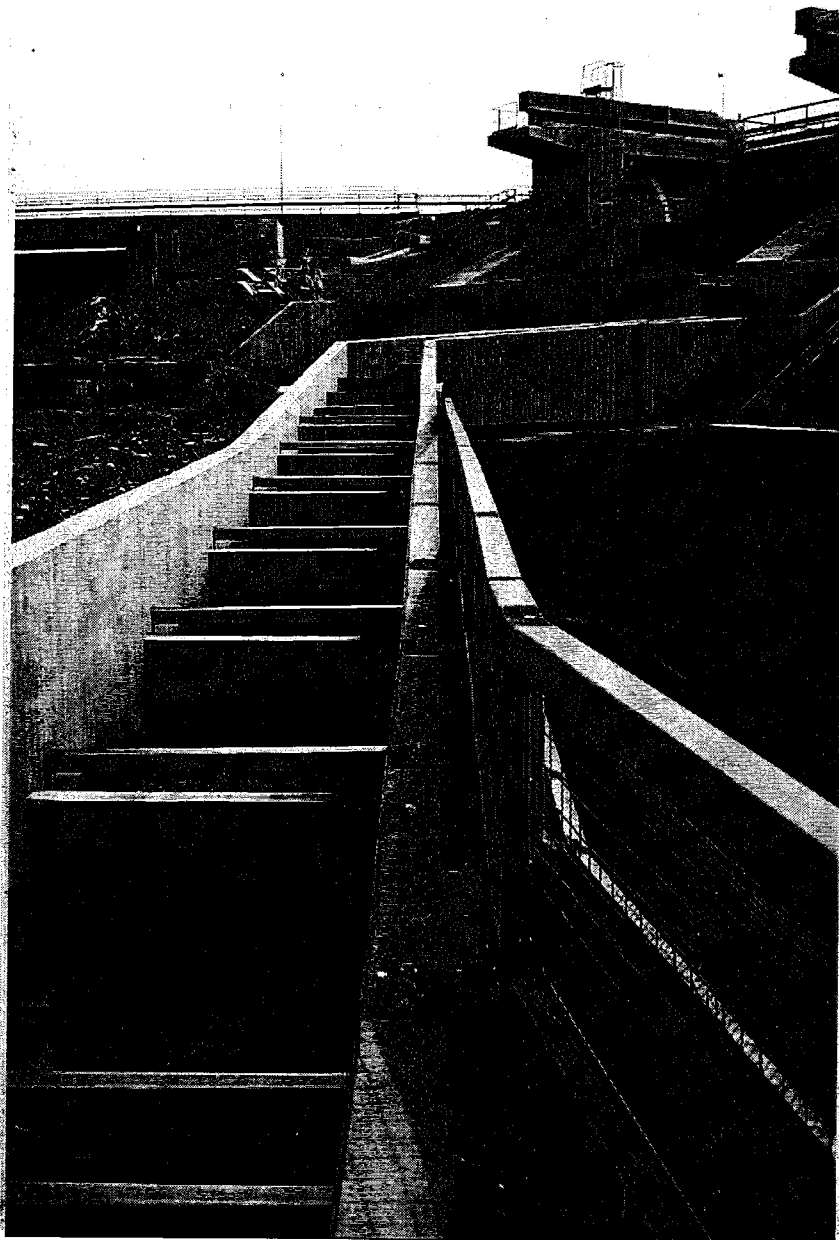
Pohjoinen sisäänkäynti on pituudeltaan 20 metriä, sen alaosa on Denil-tyyppinen ja yläosa pystyrakotyyppinen. Denil-osuus on rakennettu teräksestä ja se on pituuskaltevuudeltaan säädeltävä. Pohjoisen sisäänkäynnin pystyrako-osuuden pituuskaltevuus on 1:14 eli 7 %. Altaiden pituus on 2,20 metriä ja leveys 1,80 metriä. Väliseinät ja virranohjaimet ovat painekyllästettyä puuta (kuva 11).



Kuva 11. Pohjoisen sisäänkäynnin pystyrako-osuuden rakenteita. Oikealla näkyvät eteläiselle tunneliosuudelle luonnonvaloa antavat valoaukot (kuva: Riitta Kamula, Oulun yliopisto)

4.4 Pystyrako-osuus paaluvälillä 0-65

Pystyrako-osuus alkaa jakoporttialtaasta paalulta 0 ja päättyy paalulla 65 Denil-osuuden alapuolelle. Osuuden pituuskaltevuus on 1:14 eli 7 %. Altaiden pituus on 2,90 metriä ja leveys 1,80 metriä. Väliseinät ovat betonia, pystyrakojen verhous ja virranohjaimet ovat painekyllästettyä puuta (kuva 12). Kalatie ylittää tulvauoman paaluvälillä 40-65. Tulvauoman ylitys on toteutettu kotelopalkkina.

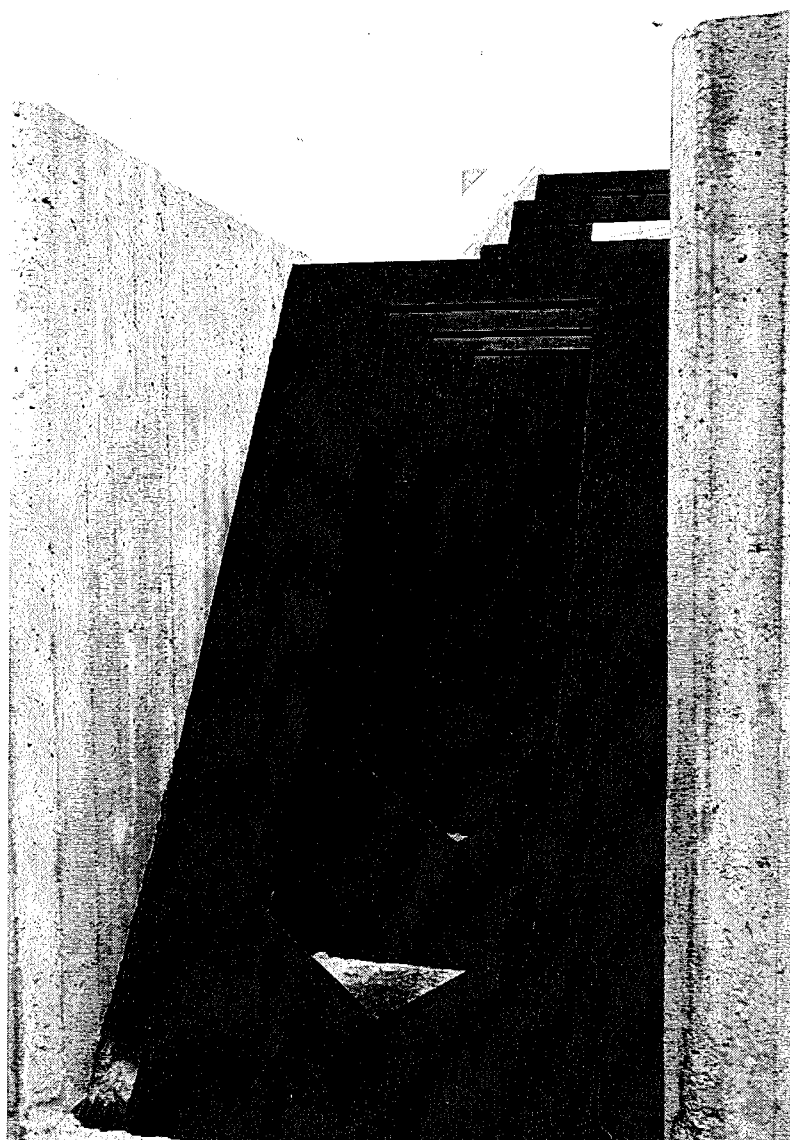


Kuva 12. Pystyrako-osuuden rakenteita paaluvälillä 0-65 (kuva: Anne Laine, Oulun yliopisto)

4.5 Yläosan Denil-osuus paaluvälillä 65-100

Yläosan Denil-osuus alkaa paalulta 65. Se muodostuu viidestä Denil-jaksosta ja niiden välisistä vaimennusaltaista eli kalojen kannalta katsoen lepoaltaista. Denil-osuuden alin vaimennusallas on samalla pystyrako-osuuden ylin allas. Virtauskourut ovat tällä osuudella betonia ja virtausta ohjaavat siivekkeet ovat vesivaneria (kuva 13). Denil-jaksot ja niiden väliset vaimennusaltaat on katettu teräsverkoin, koska alueelle pääsee vapaasti.

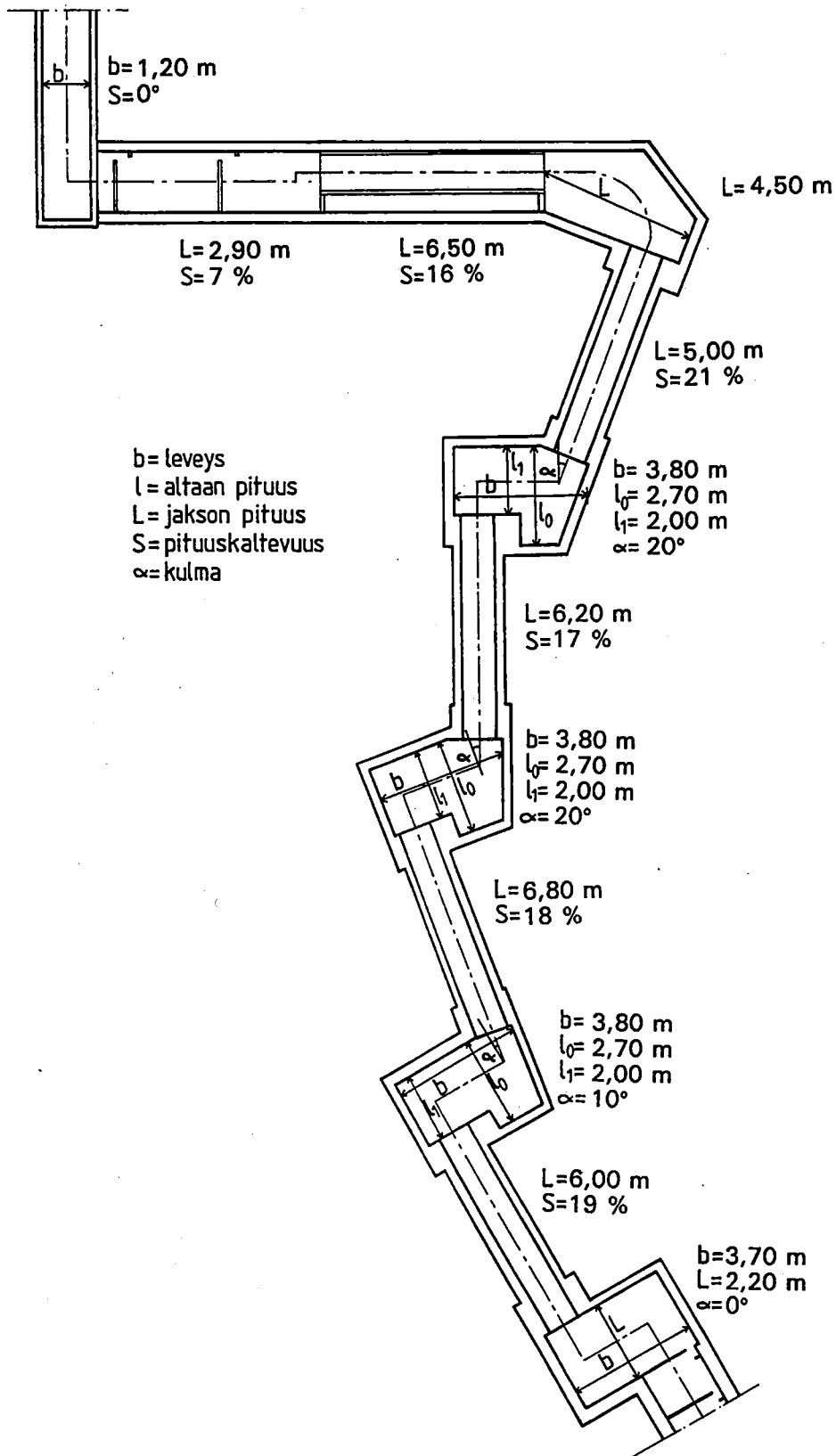
Jaksojen suunnitellut pituudet olivat 6,40 metriä ja pituuskaltevuudet 17 prosenttia. Rakennusvaiheessa tulleista virheistä johtuen ne eroavat toisistaan. Myös jaksojen väliset vaimennusaltaat eroavat toisistaan (taulukko 1 ja kuva 14).



Kuva 13. Virtauskourut yläosan Denil-jaksoilla ovat betonia ja virtausta ohjaavat siivekkeet ovat vesivaneria (kuva: Aapo Mäenpää, Kemnmaan kunta)

Taulukko 1. Yläosan Denil-jaksojen toteutuneet pituudet ja pituuskaltevuudet. Suunnitellut pituudet olivat 6,40 m ja pituuskaltevuudet 20 %

KALATIEN JAKSO	JAKSON PITUUS, m	PITUUSKALTEVUUS, %
Alin	6,00	19
Toiseksi alin	6,80	18
Keskimmäinen	6,20	17
Toiseksi ylin	5,00	21
Ylin	6,50	16



Kuva 14. Yläosan Denil-osuuden vaimennusaltaiden mitat sekä Denil-jaksojen pituudet ja pituuskaltevuudet

4.6 Kalatien valaistusolot

Kalatiessä on kolme osuutta, joihin tulee luonnonvaloa vähemmän kuin muille osuuksille. Näitä osuuksia ovat

- a) eteläinen sisäänkäynti, joka on koko pituudeltaan tunnelissa
- b) tulvauoman ylitys, joka on rakennusteknisistä syistä johtuen tehty kotelorakenteena
- c) padon läpi menevä ja tiealueen alittava vanha osuus.

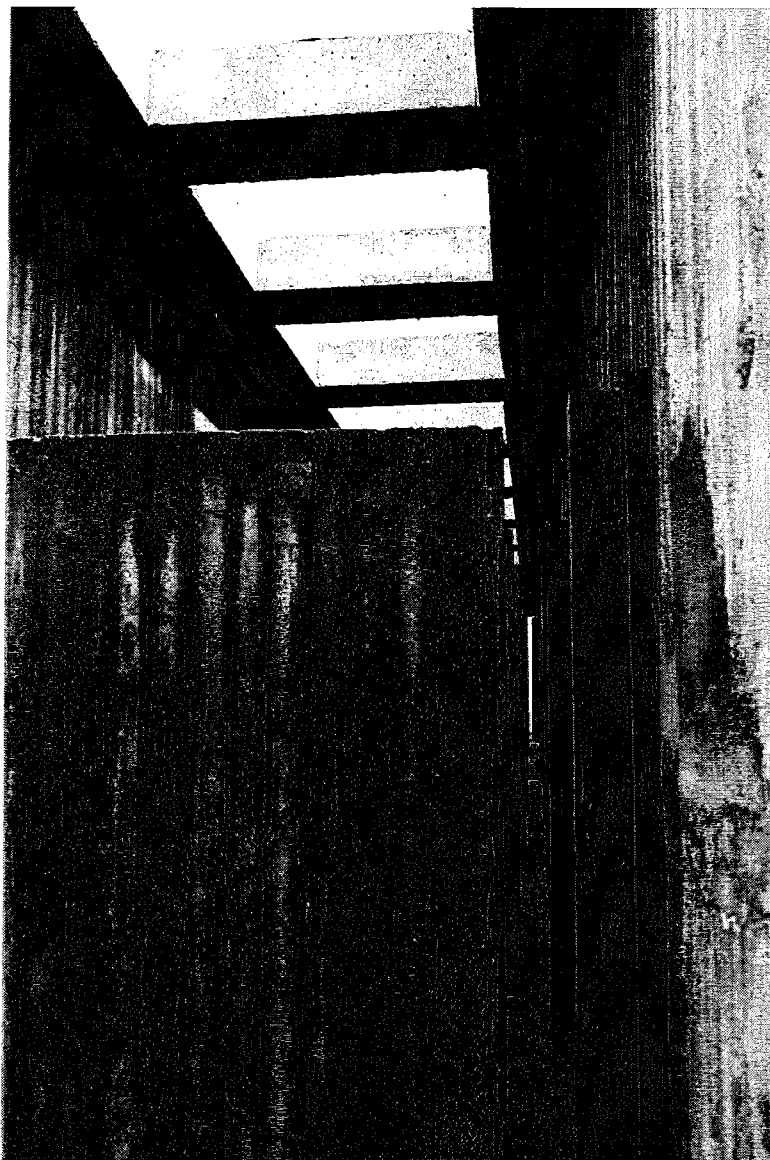
Eteläisen sisäänkäynnin tunneliosuudella valaistus on järjestetty valoaukkojen ja kaltevien valokuilujen avulla (kuvat 11 ja 15). Ne sijaitsevat pystyrako-osuuden väliseinien kohdalla. Valoaukkojen poikkipinta-ala on $0,50 \times 1,00 \text{ m}^2$ ja valokuilujen $0,60 \times 0,60 \text{ m}^2$. Näiden lisäksi tunneliosuudelle on varauduttu järjestämään keinovalaistus, mutta vuosina 1993-95 osuutta ei ole valaistu.



Kuva 15. Eteläisen sisäänkäynnin tunneliosuudelle on järjestetty luonnonvaloa kaltevien valokuilujen avulla (kuva: Aapo Mäenpää, Keminmaan kunta)

Kalatien tulvauoman ylittävällä osuudella paaluvälillä 40-65 olevaan kotelopalkkiin on tehty poikkipinta-alaltaan $1,00 \times 1,40 \text{ m}^2$ suuruiset aukot, joiden kautta kalatiehen pääsee luonnonvaloa (kuva 16).

Padon läpi menevä ja tiealueen alittava vanha osuus on pääosin tunnelissa. Luonnonvaloa sinne tulee ainoastaan tunnelin päissä olevien aukkojen kautta. Osuudelle on varauduttu järjestämään keinovalaistus, mutta vuosina 1993-95 osuutta ei ole valaistu.



Kuva 16. Kalatien tulvauoman ylittävälle osuudelle tulee luonnonvaloa kotelopalkissa olevien valoaukkojen kautta (kuva: Aapo Mäenpää, Keminmaan kunta)

5. ISOHAARAN KALATIEN HYDRAULINEN TOIMINTA

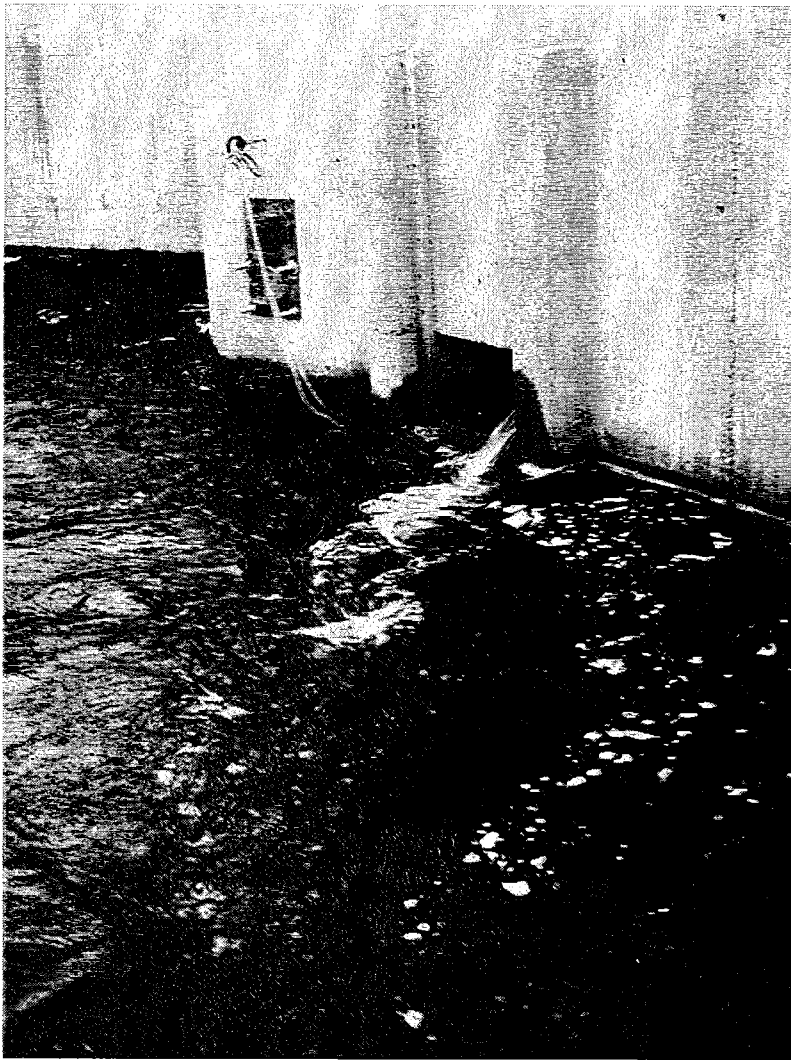
Kalatien suunnittelussa käytettiin apuna pienoismallitutkimuksia, jotka tehtiin pääasiassa vuoden 1993 aikana. Niissä määritettiin pystyrako-osuuksien altain muoto, pystyrakojen leveys ja virranohjainten muoto ja sijainti sekä Denil-osuuksien kaltevuus ja siivekkeiden välimatkat. Tutkimusten perusteella kalatien eri osuudet mitoitettiin hydraulisesti yhteensopiviksi. Tutkimuksissa määritettiin myös kalatien purkautumiskäyrä, jonka avulla voidaan arvioida kalatien virtaama yläveden korkeuden perusteella. Vuonna 1994 tutkittiin pienoismallin avulla kalatiessä havaittujen hydraulisesti huonosti toimivien osuuksien parantamismahdollisuuksia. Alkuvuodesta tehtiin pienoismallikokeita, joissa tutkittiin pystyrako-osuuden ja Denil-osuuden välisen ylimääräisen väliseinän vaikutusta tämän liittymäkohdan hydrauliseen toimintaan. Denil-kalatien yläosan rakenteelliseen optimointiin liittyen on tehty myös diplomityö.

Mittaukset kalatiellä on tehty pääasiassa perinteisellä A. Ottin siivikolla, jolla on mitattu vedennopeuksia pystyrako-osuuksilla, Denil-osuuksilla ja lepo- ja vaimennusaltaissa kalatien eri virtaamilla. Vuonna 1993 mittauksia tehtiin jonkin verran myös Marsh McBirneyn kaksikanavaisella sähkömagneettisella vedennopeusmittarilla M511, jolla mitattiin hetkellisiä nopeuksia kalatien eteläisellä suuaukolla ja kalatien haarautumiskohdan jakoporttialtaan yläpuolisessa pystyraossa.

5.1 Virtausolosuhteet kalatien suuaukoilla ja sisäänkäynneissä

5.1.1 Eteläinen suuaukko

Kalatien eteläiselle suuaukolle on mahdollista johtaa kalatien virtaaman lisäksi myös houkutusvettä. Houkutusvesipumppu on sijoitettu eteläisen sisäänkäynnin yhteyteen. Pumpun teho on 400 l/s. Houkutusvedestä osa purkautuu kalatien toiseksi alimpaan altaaseen reikälevyn läpi ja osa johdetaan putkea pitkin putoukseksi kalatien suulle (kuva 17). Kalatiehen purkautuva vesimäärä on noin 300 l/s ja kalatien suulle putouksena tuleva vesimäärä noin 100 l/s.



Kuva 17. Kalojen houkuttelemiseksi eteläiselle suuaukolle johdetaan putouksena noin 100 l/s (kuva: Anne Laine, Oulun yliopisto)

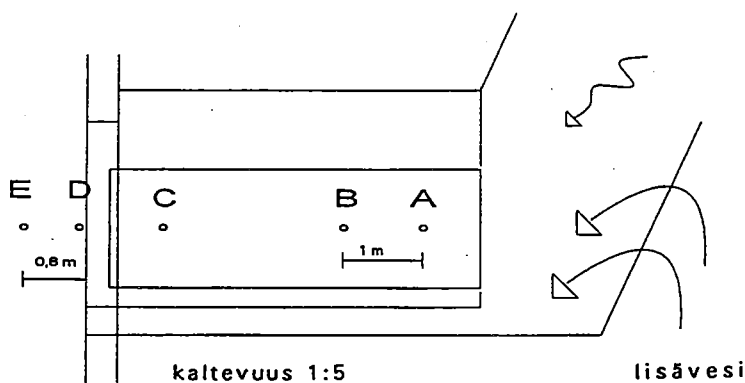
Eteläisellä suuaukolla tehtiin vuonna 1993 mittauksia Marsh MacBirneyn laitteistolla. Alavedenkorkeus oli tuolloin poikkeuksellisen matala (NN-0,69) eikä kalatiehen johdettu lisävettä (taulukko 2). Nopeudet olivat lähes samoja pystyraon koko korkeudella.

Taulukko 2. Keskinopeudet eteläisessä pystyrakotyypisessä suuaukossa 12.10.1993, kun alavedenkorkeus oli NN-0,69

ETAISYYS POHJASTA, m	VEDENNOPEUS, m/s
0,10	0,7
0,30	0,8
0,50	0,9
0,70	0,9
pinta	0,9

5.1.2 Pohjoinen suuaukko ja sisäänkäynti

Pohjoisen sisäänkäynnin Denil-jaksolla mittaaminen on vaikeaa. Nopeuksia mitattiin siellä vain kerran. Alavedenkorkeus oli mittaushetkellä NN-0,30 m ja osuuden kautta virtasi lisävettä. Mittausten mukaan Denil-jakso toimi virtauksellisesti kohtuullisesti. Nopeudet kalojen yleisimmällä uintisyvyydellä (alle 0,6 m) olivat alle 0,9 m/s (kuva 18).



mittaus- kohta	Piste A:	Piste B	Piste C	Piste D	Piste E
	nopeus	nopeus	nopeus	nopeus	nopeus
pohjassa	0,6 m/s	0,5 m/s	0,9 m/s		
keskellä	0,9 m/s	1,3 m/s	1,3 m/s		
pinnassa	1,1 m/s	2,7 m/s	3,0 m/s	3,0 m/s	0,4 m/s

Kuva 18. Pohjoisen sisäänkäynnin Denil-jaksolla 27.9.1993 tehdyn mittauksen tulokset

5.2 Alemman pystyrako-osuuden virtausolosuhteet

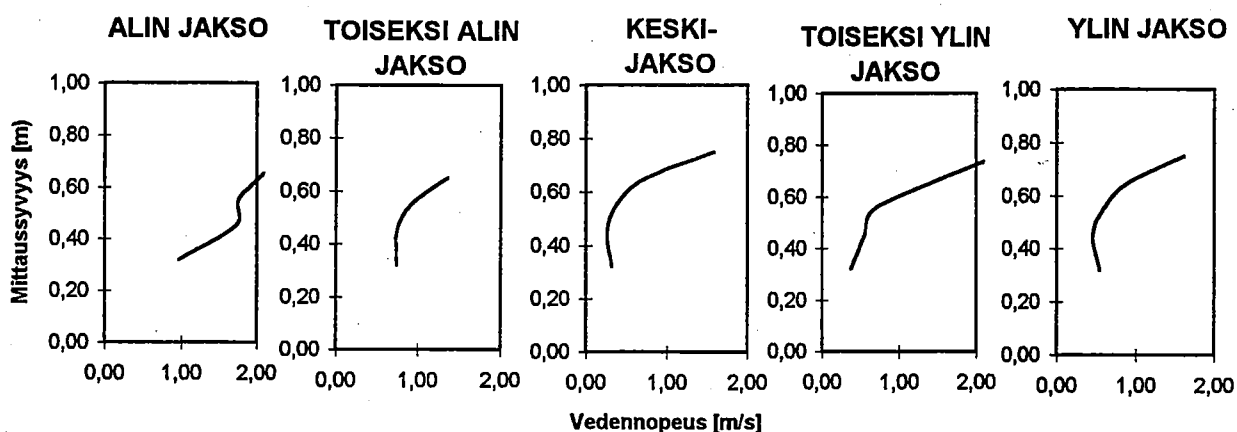
Alemman pystyrako-osuuden hydraulisen toiminnan tutkimiseksi valittiin edustavasta paikasta paaluvälin 0-30 puolivälistä pystyrako, jossa mitattiin siivikolla vedennopeudet ja niiden pystysuuntainen jakaantuminen. Mittauksia tehtiin kalatien eri virtaamilla eli erilaisilla Isohaaran yläaltaan vedenkorkeuksilla. Mittauksissa todettiin, että nopeudet pystyraoissa ovat lähes samat koko pystyraon korkeudella ja alle 1,4 m/s, minkä arvioidaan olevan myös uintikyvyltään heikohkojen kalojen kannalta riittävän pieni. Pystyrakokalatien toiminnan ominaispiirteiden mukaan nopeus pystyraossa ei muutu virtaaman eli altaan vesisyvyyden muuttuessa, ja kalojen nousua Isohaaran kalatien pystyrako-osuuksilla rajoittaa siten ainoastaan liian pieni vesisyvyys.

Kalatien pystyraoissa mitatut virtausnopeudet vastasivat ± 5 prosentin tarkkuudella pienoismallikokeissa määritettyjä nopeuksia. Myös altaiden vesisyvyydet vastasivat toisiaan ± 5 prosentin tarkkuudella luonnossa ja pienoismallissa.

5.3 Virtausolosuhteet yläosan Denil-osuudella

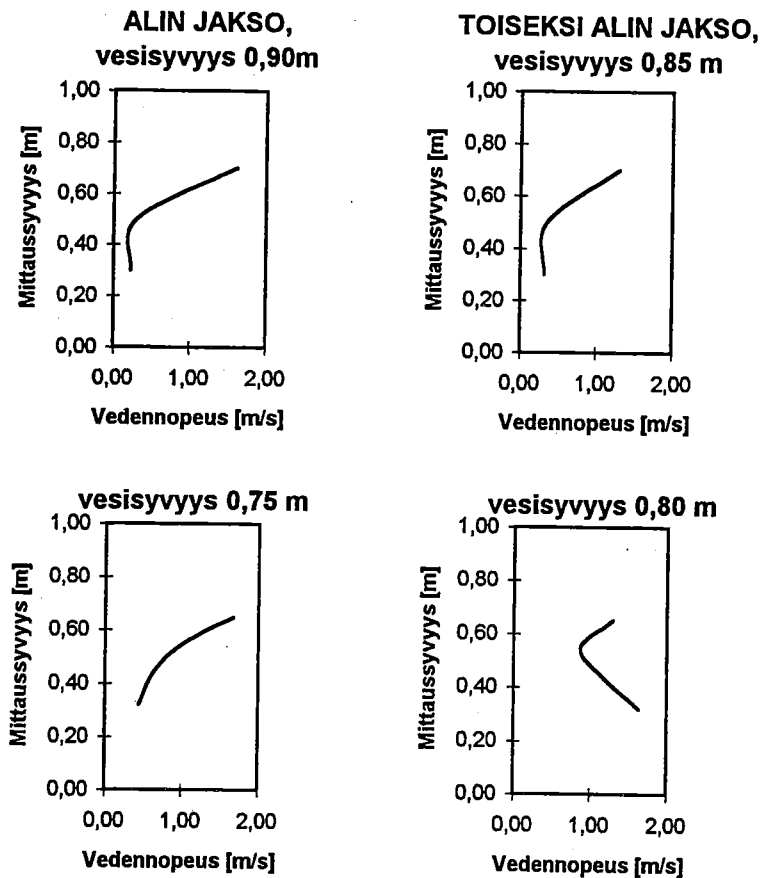
Jokaisella viidellä yläosan Denil-jaksolla mitattiin tutkimuksen aikana siivikolla useasta poikkileikkauksesta vedennopeudet ja vesisyvyys kohtisuoraan pohjaa vastaan. Mittauksia tehtiin eri ylävedenkorkeuksilla eli erilaisilla kalatien virtaamilla.

Ensimmäisissä mittauksissa todettiin, että Denil-jaksot olivat hydrauliselta toiminnaltaan erilaisia. Kaksi alinta olivat virtausolosuhteiltaan kalojen kannalta vaikeat. Nopeudet kalojen uintisyvyydellä (alle 0,60 m) olivat näillä osuuksilla 1-2 m/s. Ylemmillä Denil-jaksoilla vastaavat nopeudet olivat alle 0,5 m/s (kuva 19).



Kuva 19. Nopeusjakaumat yläosan Denil-jaksojen puolivälissä kesällä 1993. Vesisyvyys kahdella alimmalla jaksolla oli 0,80 m ja niitä ylemmillä jaksoilla 0,95 m

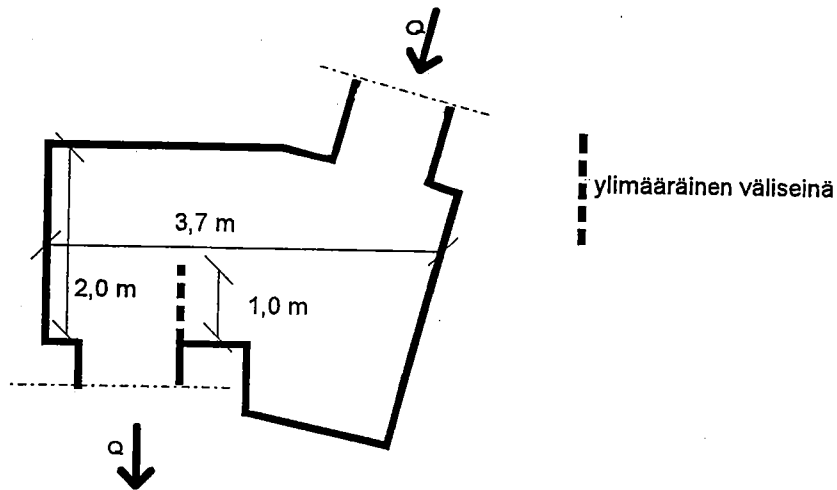
Keväällä 1994 tehtiin kahdella alimmalla Denil-jaksolla pienoismallikokeisiin perustuvia muutostöitä. Alimman Denil-jakson alapuoliseen vaimennusaltaaseen rakennettiin ylimääräinen väliseinä (kohta 5.4.3). Lisäksi toiseksi alimman Denil-jakson virtausta vaimentavien siivekkeiden väliset etäisyydet pienennettiin 0,40 metriin ja siivekkeiden ja pohjan väliset kulmat muutettiin koko jaksolla samoiksi. Kesällä 1994 tehtiin vedennopeusmittauksia muutettujen Denil-jaksojen hydraulisen toiminnan tarkistamiseksi eri ylävedenkorkeuksilla. Muutostöiden havaittiin jossain määrin parantaneen Denil-jaksojen hydraulista toimintaa. Mittauksissa havaittiin kuitenkin toiseksi alimman jakson toiminnan häiriytyvän helposti vesitilanteen muuttuessa (kuva 20).



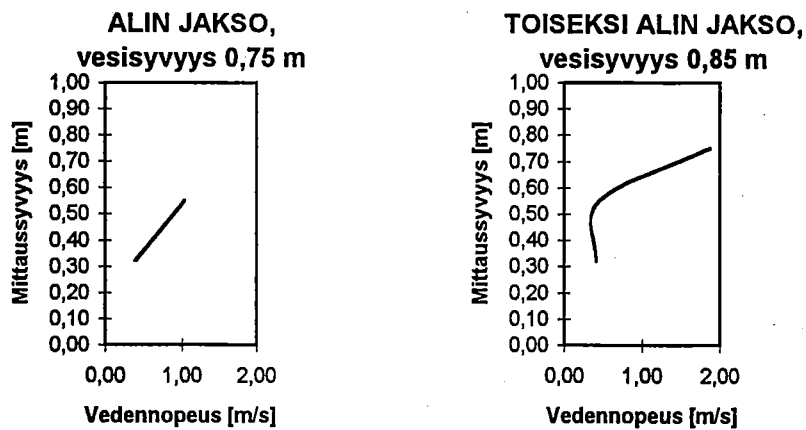
Kuva 20. Nopeusjakauma kahden alimman Denil-jakson puolivälissä eri vesisyvyyksillä vuonna 1994

Koska kalatiellä tehdyt muutostyöt eivät poistaneet toiminnallisia eroja, arveltiin syynä olevan jaksojen yläpäiden erilaisuus. Denil-kalatie yläosan rakenteen optimoimiseksi aloitettiin kesällä 1994 pienoismallitutkimukset, joissa tutkittiin virtausta ohjaavien siivekkeiden ja pohjan välisen kaltevuuskulman sekä siivekkeiden välimatkan vaikutusta Denil-kalatie toimintaan. Tutkimuksia tehtiin käyttäen useita eri virtaamia ja Denil-kourun pituuskaltevuuksia (Heikkinen 1995). Tutkimuksissa ei löydetty ratkaisevaa syytä siihen, miksi Isohaarassa toiset Denil-jaksot toimivat hyvin ja toiset huonosti.

Denil-jaksojen toiminnan erilaisuuden syiden arvioimiseksi keskusteltiin myös useiden ulkomaisten kalatieasiantuntijoiden kanssa sekä tutustuttiin alan kirjallisuuteen. Yhteydenottojen perusteella syyksi arveltiin Denil-jaksojen välisiä vaimennusaltaita. Denil-jaksojen toiminnan parantamiseksi asennettiin huonosti toimivien jaksojen yläpuolisiin vaimennusaltaihin virtausta ohjaamaan ylimääräiset väliseinät (kuva 21). Väliseinien asennuksen jälkeen tehdyissä nopeusmittauksissa havaittiin väliseinien parantaneen alapuolisten Denil-jaksojen toimintaa (kuva 22).



Kuva 21. Denil-osuuden vaimennusaltaihin asennetut ylimääräiset väliseinät. Periaatepiirros



Kuva 22. Kahden alimman Denil-jakson nopeusjakaumat eri vesisyvyyksillä vuonna 1995, kun jaksojen yläpuolisiin vaimennusaltaihin oli asennettu ylimääräiset väliseinät

5.4 Virtausolosuhteet kalatien muutoskohdissa

Kalatien muutoskohtia ovat kulma- ja lepoaltaat sekä kalatietyyppien vaihtumiskohdat. Isohaaran kalatien tärkeimmät muutoskohdat ovat sisäänkäyntien jälkeen alaosasta lähtien

- 1) kalatien haarautumiskohta 0-paalulla, ns. jakoporttiallas:
- 2) lepo- ja kulma-allas paalulla 30
- 3) lepo- ja kulma-allas ennen tulvauoman ylitystä paalulla 40
- 4) lepo- ja vaimennusallas tulvauoman ylityksen jälkeen, missä kalatie muuttuu pystyrakotyyppisestä Denil-tyyppiseksi, paalulla 60
- 5) Denil-osuuksien väliset lepo- ja vaimennusaltaat paaluilla 70, 80, 90 ja 100
- 6) kalatien yläosan liittyminen vanhoihin kalahissin rakenteisiin ja tien alitus; tähän osuuteen kuuluu Denil-osuuden muuttuminen pystyrako-osuudeksi, kaksi pystyrako-allasta sekä nollakaltevuuksinen kanava tien ali.

Muutoskohdissa tehtiin mittauksia kalatien eri virtaamilla.

5.4.1 Kalatien haarautumiskohta 0-paalulla, ns. jakoporttiallas

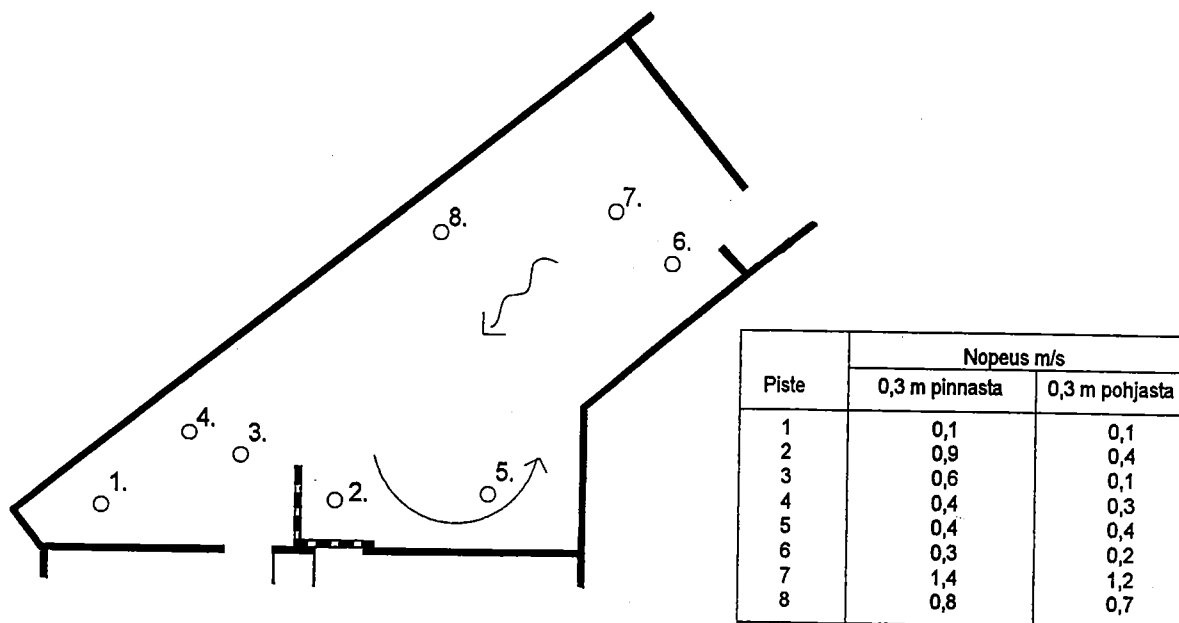
Kalatien haarautumiskohdassa olevassa jakoporttialtaassa mitattiin vedennopeuksia 16.10.1993 Marsh MacBirney -laitteistolla. Vesisyvyys altaassa oli 1,45 m. Mittaushetkellä oli käytössä kalatien eteläinen sisäänkäynti. Altaan yläpuoliseen pystyraoon oli laitettu nahkiaisten nousua helpottamaan harjas. Mittauksia tehtiin altaan yläpuolisessa pystyraossa, sen alapuolisen ohjuripalkin kohdalla 0,3 metriä alavirtaan sekä niiden välisessä tilassa väliseinän tuntumassa. Altaan yläpuolisessa pystyraossa keskinopeuksien resultantti oli 1,6-1,7 m/s, mikä on kohtuullinen kalan nousua ajatellen (taulukko 3). Keskinopeuksien resultantti ohjurin kohdalla oli pohjan tuntumassa 0,9 m/s ja pinnassa 2,0 m/s. Kalojen uintisyvyydellä oli nopeusvektorin resultantti 1,7 m/s (taulukko 4). Jakoporttialtaassa 12.8.1994 tehtyjen mittauksen perusteella altaassa on alueita, jotka soveltuvat kalojen lepoalueiksi (kuva 23). Mittaustilanteessa oli auki pohjoinen sisäänkäynti.

Taulukko 3. Keskinopeudet jakoporttialtaan yläpuolisen pystyraon keskellä 16.10.1993

ETAISYYS POHJASTA, m	X-NOPEUDEN KESKIJARVO, m/s	Y-NOPEUDEN KESKIJARVO, m/s	NOPEUKSIEN RESULTANTTI m/s
0,25	0,7	1,4	1,6
0,50	0,6	1,6	1,7
0,80	0,3	1,5	1,6

Taulukko 4. Keskinopeudet jakoporttialtaan yläpuolisen pystyraon alapuolisen ohjuripalkin kohdalla 16.10.1993

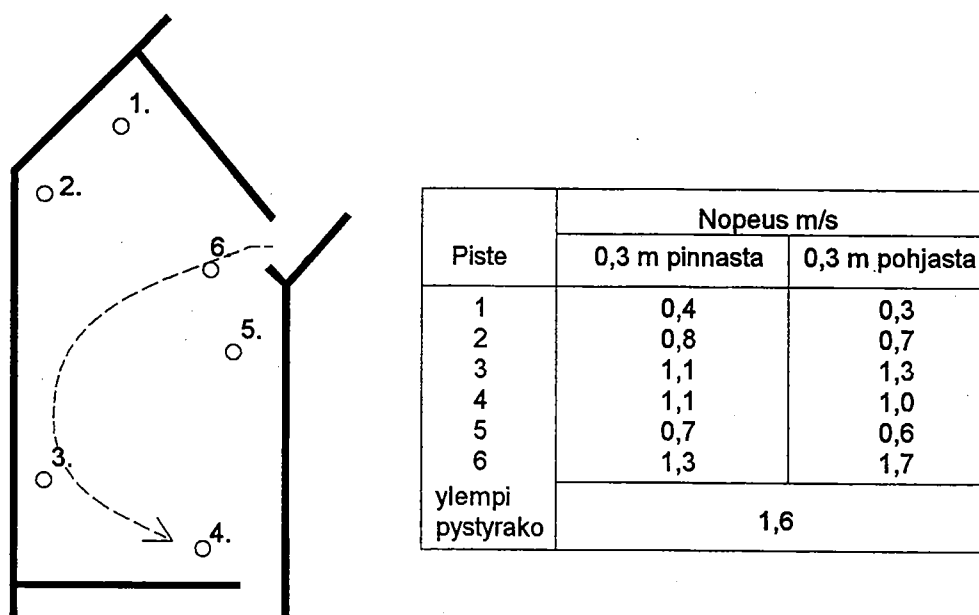
ETAISYYS POHJASTA, m	X-NOPEUDEN KESKIJARVO, m/s	Y-NOPEUDEN KESKIJARVO, m/s	NOPEUKSIEN RESULTANTTI m/s
0,05	0,8	0,4	0,9
0,20	1,3	1,1	1,7
0,50	1,4	1,0	1,7
0,80	1,8	0,9	2,0



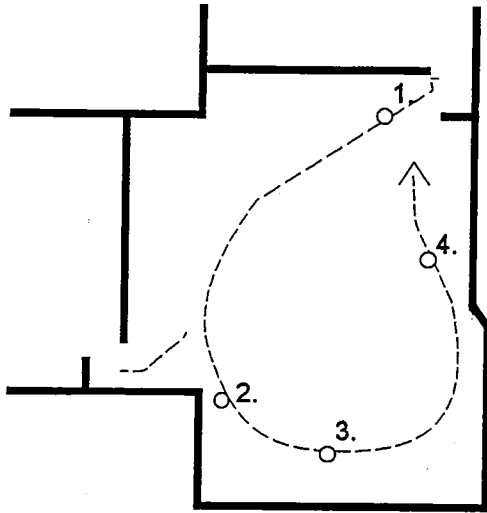
Kuva 23. Isohaaran kalatien jakoporttiaaltaan virtausolosuhteet 12.8.1994. Altaan vesisyvyys oli 1,3 m

5.4.2 Lepo- ja kulma-altaat paaluilla 30 ja 40

Kalatien kulma-altaissa, paaluilla 30 ja 40, tehtiin mittauksia kesällä 1994 (kuvat 24 ja 25). Niissä todettiin molemmissa altaissa olevan alueita, joissa nopeudet olivat alle 0,5 m/s. Paalulla 30 olevassa kulma-altaassa oli myös kalojen lepoalueeksi soveltuva alue, jossa virtausnopeus oli 0,30 m/s. Paalulla 40 sijaitsevassa kulma-altaassa ei tehdyn mittauksen perusteella ollut lepoalueiksi sopivia alueita.



Kuva 24. Paalulla 30 sijaitsevan kulma-altaan virtausolosuhteet 12.8.1994



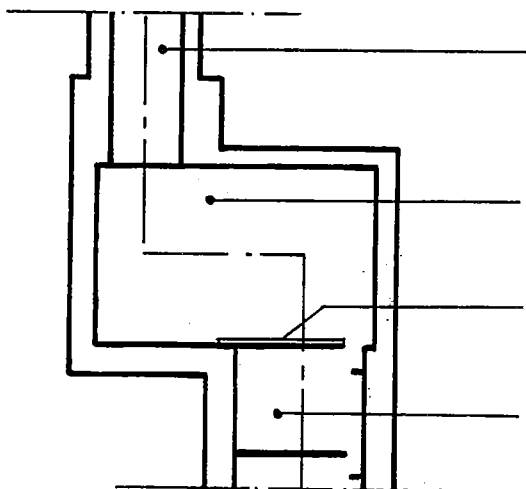
Piste	Nopeus m/s	
	0,3 m pinnasta	0,3 m pohjasta
1	-	1,3
2	-	0,4
3	-	0,6
4	-	0,5

Kuva 25. Paalulla 40, tulvauoman ylityksen alapuolella, sijaitsevan kulma-altaan virtausolosuhteet 12.8.1994

5.4.3 Pystyrako- ja Denil-osuuden yhtymäkohta

Denil-osuuden ja sen alapuolisen pystyrako-osuuden liittymäkohta ei toiminut kesällä 1993 suunnitellulla tavalla. Tarkemmittauksissa havaittiin kalatien yläosan rakenteiden poikkeavan suunnitellusta, minkä arveltiin huonontavan liittymäkohdan hydraulista toimintaa.

Toiminnan parantamiseksi tutkittiin pienoismallissa vuoden 1994 alussa ylimääräisen pystyraon asentamista Denil-osuuden alapuoliseen vaimennusaltaaseen. Kokeiden perusteella määritettiin optimaalinen aukkoleveys sekä virranohjaimen muoto ja sijainti (kuva 26). Muutostyöt kalatiellä tehtiin keväällä 1994. Kesällä 1994 tehtyjen mittausten perusteella havaittiin ylimääräisen väliseinän pienentäneen yläpuolisen Denil-osuuden vedennopeuksia ja nostaneen vaimennusaltaan vesisyvyyttä (kohta 5.3, kuva 20).



yläosan alin Denil-jakso

vaimennusallas paalulla 65

ylimääräinen pystyrakovaliseinä

pystyrako-osuus

Kuva 26. Pystyrako- ja Denil-osuuden liittymäkohtaan paalulle 65 asennettu ylimääräinen väliseinä

Kesällä 1994 tehtyjen mittausten mukaan virtausnopeus uudessa pystyraossa oli 0,7 m/s ja sen alapuolisessa pystyraossa 1,4 m/s. Nopeudet pystyraossa olivat luonnossa noin 15 % pienempiä kuin pienoismallissa.

5.4.4 Denil-osuuden vaimennusaltat

Denil-osuuksien välisten vaimennusaltaiden virtausolosuhteita tutkittiin laboratoriossa ottamalla tutkimuskohteeksi muodoltaan epäedullisin vaimennusallas. Pienoismallitutkimusten perusteella virtausolosuhteet ovat altaissa kohtuulliset ja sinne muodostuu lepoalueiksi sopivia virtaukseltaan rauhallisempia alueita (virtausnopeudet vastasivat noin 0,2 m/s luonnossa). Alimmat virtausnopeudet vallitsivat altaan vesisyvyyden puolivälissä.

Kalatiellä tehtiin virtausnopeusmittauksia yläosan toiseksi alimman Denil-jakson yläpuolisessa vaimennusaltaassa rauhallisimmalla alueella kesällä 1993. Altaan vesisyvyys oli mittaushetkellä 1,7 m. Virtausnopeudet olivat pohjan lähellä (vesisyvyys alle 0,5 m) noin 0,15 m/s, altaan vesisyvyyden puolivälissä noin 0,35 m/s ja lähellä pintaa (vesisyvyys noin 1,5 m) noin 0,5 m/s. Mittausten perusteella altaan pohjalla on kaloille sopivia lepoalueita.

Verrattaessa luonnossa tehtyjen nopeusmittausten tuloksia pienoismallin antamiin tuloksiin havaitaan, että pienoismallissa pienimmät nopeudet vallitsivat vesimassan puolivälissä, kun taas luonnossa pienimmät nopeudet vallitsivat lähellä altaan pohjaa.

5.5 Kalatien yläosan toiminta

Kalatien suunnittelun yhteydessä vuonna 1993 pienoismallissa tutkittiin kalatien yläosan toimintaa ylimmän pystyrako-osuuden ja Denil-osuuden liittymiskohdan yhteentoimivuuden varmistamiseksi ja kalatien purkautumiskäyrän määrittämiseksi.

Pienoismallikokeissa yläosan Denil-jakson ja ylimpien pystyrakoaltaiden liittymäkohta toimi vedenkorkeuksien suhteen suunnitellulla tavalla. Virtaus liittymäkohdassa olevassa altaassa oli pyörteisempää verrattuna tavanomaiseen pystyrakokalatien altaaseen.

5.6 Kalatien purkautumiskäyrä

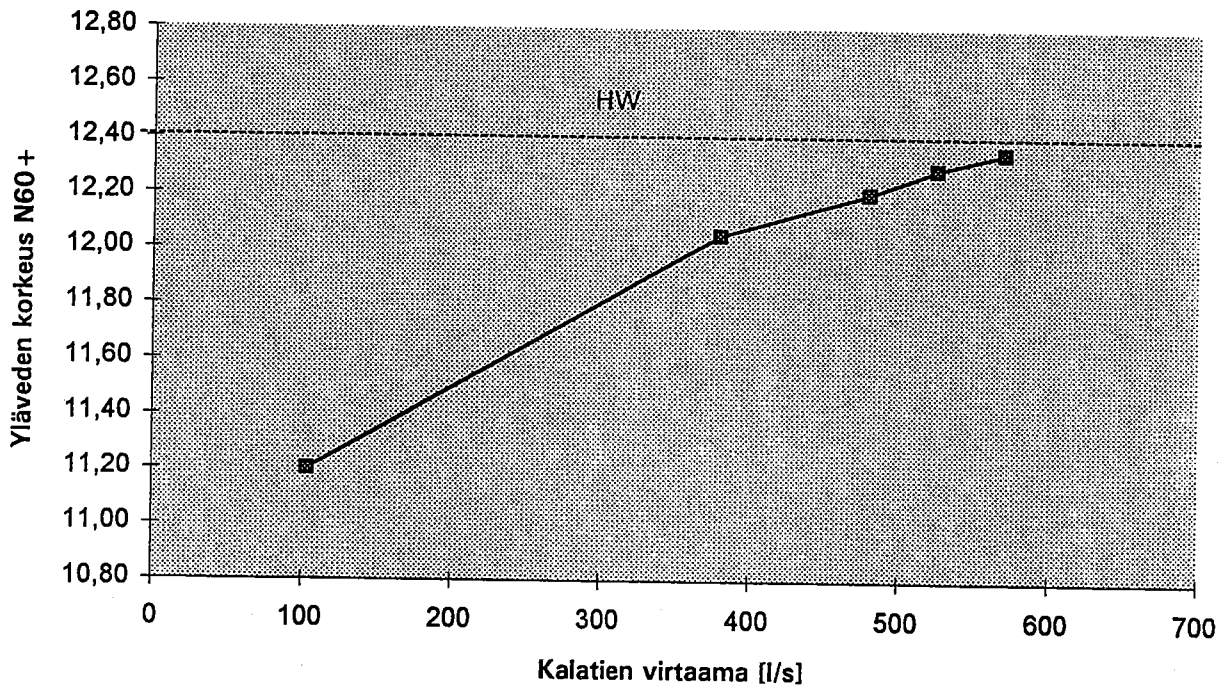
Kalatien purkautumiskäyrällä tarkoitetaan tässä Isohaaran voimalaitoksen ylävedenkorkeuden ja kalatien virtaaman välistä vastaavuutta. Purkautumiskäyrää tarvitaan määrittäessä kalatien kautta virtaavaa vesimäärää.

Isohaaran yläaltaan vedenpinnan ylin sallittu korkeus on N60+12,40 ja hälytysraja N60+12,80. Kalatie on mitoitettu ylävedenkorkeudelle N60+12,40, jolloin kalatien virtaama on 0,5 m³/s. Patoaltaalle ei ole määritetty alinta vedenkorkeutta, mutta voimalaitoksen optimaalinen käyttö edellyttää mahdollisimman suurta putouskorkeutta ja siten myös mahdollisimman suurta ylävedenkorkeutta. Tästä syystä purkautumiskäyrän määrittämiseen liittyvät tutkimukset rajoitettiin ylävedenkorkeudelle N60+11,70 ... +13,00.

Purkautumiskäyrän määrittämiseen liittyvien pienoismallikokeiden mukaan kalatien kaksi ylintä pystyrakoa toimivat parhaiten silloin, kun toiseksi ylin pystyrako on 0,30 m ja ylempi täysin tai lähes täysin auki. Pienoismallikokein saatu purkautumiskäyrä vastaa tilannetta,

jossa toiseksi ylin pystyrako on 0,30 m ja ylin auki (0,40 m) tai lähes täysin auki (0,38 m). Näille eri käyttötilanteille ei saatu eroa. Kalatien virtaamaksi laboratorioskokeiden perusteella parhaalla yläosan toimintatavalla saatiin noin 530 l/s ylävedenkorkeudella N60+12,40.

Pienoismallikokein määritetyn purkautumiskäyrän paikkansapitävyyden tarkistamiseksi tehtiin Isohaaran kalatiellä kesällä 1994 ja 1995 mittauksia. Niiden perusteella todellinen virtaama on 10 prosenttia suurempi luonnossa kuin pienoismallissa määritetty. Kalatien virtaamaksi ylävedenkorkeudella N60+12,40 saatiin noin 565 l/s (kuva 27). Ero voi selittyä todellisen käyttötilanteen ja pienoismallin perusteena olleen suunnittelutilanteen erolla.



Kuva 27. Isohaaran kalatien purkautumiskäyrä, joka on määritetty kalatiellä tehtyjen mittausten perusteella

6. KALOJEN HAKEUTUMINEN ISOHAARAN KALATIEHEN

Isohaaran padon alapuolelle tulevien vaelluskalojen määrään vaikuttavat pääasiassa istutusmäärät ja istutusten onnistuminen sekä kalastus merialueella ja jokisuulla. Tärkeimmät ympäristötekijät, jotka vaikuttavat kalojen nousuun jokeen, ovat veden lämpötila, virtaama sekä säätila. Rakennetuissa joissa juoksutuksilla ja alaveden korkeudella on tärkeä merkitys.

6.1 Kalojen käyttäytyminen padon alapuolella

Lohet tulivat Kemijokisuulle melko myöhään kesällä 1993, mikä johtui pitkään vallinneesta pohjoistuulesta. Seuraavana kesänä lohet saapuivat aikaisemmin. Välillä niitä ei saatu juuri lainkaan saaliiksi Kemijokisuulta eikä Perämereltä. Vuonna 1995 merilohta saatiin Kemijokisuulta jo kesäkuun alusta lähtien, juhannuksen tienoilla lohta oli joessa runsaasti. Ensimmäiset meritaimenet saatiin heti tulvajuoksutusten loputtua.

Yleensä yli 10-kiloiset lohet nousevat Kemijokisuulle alkukesällä, kossien nousu painottuu loppukesään. Jokisuun mataluuden vuoksi kalat noussevat parhaiten, kun alavesi on korkealla ja päivä on pilvinen. Kalat nousevat jokisuussa moottoritien siltaan asti koko joen leveydeltä (Viitala 1995). Matalikot ylitettyään kalat siirtyvät rantojen lähelle. Tällöin voimalaitoksen juoksutukset määräävät paljolti sen, kumpaa rantaa kalat lähtevät etenemään. Tämä tarkoittaa sitä, että koneistojen käytöllä voidaan jossain määrin ohjailla jokeen nousseita kaloja joko vanhan tai uuden koneaseman alapuolelle. Koneistovirtauksen saavutettuaan kalat asettuvat uimaan virtausta vastaan joskus useiksi päiviksi virtauksen voimakkuuden määrätessä kalan etäisyyden voimalasta (Viitala 1995). Kesän aikana kalat uivat alavirtaan ja takaisin koneistovirtaukseen useita kertoja.

Isohaaran vesivoimalaitoksen uusien koneistojen huoltojen ja korjausten takia päävirtaus on tutkimuksen aikana ollut ajoittain vanhan koneaseman puolella. Vuonna 1993 vanhan koneaseman ja tulvaluukkujen kautta tuleva virtaama oli uuden koneaseman kautta tulevaa virtaamaa suurempi lähes heinäkuun puoliväliin asti (liite 3). Vuonna 1994 koneasemien virtaamat olivat samaa suuruusluokkaa heinäkuun alkuun asti, jonka jälkeen vanhan koneaseman virtaama oli kahden viikon ajan uuden koneaseman kautta tulevaa virtaamaa suurempi. Elokuun puolivälissä uusi koneasema suljettiin korjausten vuoksi. Vuonna 1995 tulva kesti kesäkuun puoliväliin asti. Tästä eteenpäin uuden koneaseman virtaama oli käytännössä jatkuvasti suurempi kuin vanhan koneaseman kautta tuleva virtaama.

Padon alapuolella vuosina 1993-94 tehdyissä kaikuluotauksissa havaittiin joitakin yli 10-kiloisia lohia. Eniten havaintoja tehtiin joen eteläiseltä rannalta ja verkkopyyntialueen yläpuoliselta alueelta. Kalojen pääteltiin asettuneen koneistovirtauksen reunamille. Eniten havaintoja kaloista oli ranta-alueilla. Vuonna 1994 koneistovirtauksessa tehdyissä videokuvausissa suuria lohia ei havaittu. Kosseja, taimenia ja vaellussiikoja oli selvästi enemmän rannan kuin uoman puoleisten koneistojen edustalla sekä vanhalla että uudella koneasemalla.

6.2 Kalojen käyttäytyminen kalatien suulla

Kalojen käyttäytymistä kalatien suulla tutkittiin vedenalaisen videokameran avulla. Kalatien suualueen kuvauksissa pyrittiin selvittämään kalojen hakeutumista kalatiehen erilaisissa olosuhteissa. Veden kuplaisuus ja suuri virtausnopeus vaikeuttivat videokuvauskohteita kalatien pohjoisella suuaukolla, eteläisellä suuaukolla kuvaaminen onnistui hyvin. Kuvaukset koostuivat lyhyistä eri päivinä otetuista jaksoista, joten tietoa saatiin lähinnä kalaparvien ilmestymisestä kalatien lähistölle ja vaelluskalojen käyttäytymisestä kalatien suulla.

Neloskoneiston edessä uivaa useiden kymmenien kossien parvea kuvattiin 9.8.1994. Osa kaloista ui kalatiestä tulevassa virtauksessa käyden välillä kauempana. Videokuvista näkyi, miten eteläisen sisäänkäynnin lisävesityksen poistaminen vähensi ilmakuplia kalatien suulla ja sai aikaan parven siirtymisen lähemmäksi. Koneistovirtaaman pienentyessä lohet poistuivat kalatien alapuolelta ja siirtyivät todennäköisesti lähemmäksi koneistoja. Koneistojen sulkeminen korjausten vuoksi sai aikaan kossiparven hajoamisen. Siten ei saatu tietoa siitä, kuinka moni kaloista olisi kalatiehen uinut ja kuinka kauan parven hakeutuminen kalatiehen olisi kestänyt. Kaksi yksilöllisesti tunnistettua kalaa tavattiin pyyntialtaasta 22.8. ja kolmas 24.8.1994, koneistovirtaaman puuttuessa näillä yksilöillä kului kalatiehen hakeutumiseen kaksi viikkoa.

Lokakuun alkupuolella otetuissa kuvissa näkyi, että taimen- ja siikaparvet viihtyvät koneistovirtauksessa. Vain osa näistä kaloista tuli kalatien suulle. Kalojen havaittiin harvoin uivan suoraan sisälle kalatiehen. Etenkin lohi ja taimen tuntuivat vaativan virtaan tutustumisen ja usein myös useita käyntejä kalatiessä ennen kuin ne nousivat koko kalatien. On mahdollista, että osa kalatiehen nousseista kaloista palasi takaisin, koska parven muut kalat eivät lähteneet nousuun mukaan.

Todennäköisesti lohien hakeutuminen kalatiehen koneistovirtauksesta kestää 1-2 viikkoa. Tähän päädyttiin vertailemalla pohjoisrannalla vuonna 1994 tehdyn tautitarkkailupyynnin tuloksia ja kalatiehen nousseiden lohien määriä sekä juoksutuksia koneistojen kautta. Päävirtaus oli kesäkuun lopusta heinäkuun puoliväliin pääasiassa vanhan koneaseman puolella. Merilohia saatiin pohjoisrannalla heti heinäkuun alusta lähtien. Kun päävirtaus heinäkuun 16. päivä siirtyi etelärannalle, kesti 10 vuorokautta siihen, kun kesän ensimmäinen lohi ui kalatien pyyntialtaaseen. Yhden-kahden viikon viiveeseen viittaa myös se, että meritaimenten ensimmäinen pääparvi (14 kalaa neljän päivän aikana) nousi kalatiehen kaksi viikkoa sen jälkeen, kun ensimmäiset taimenet saatiin uistimilla jokisuulta.

Isoja lohia ja taimenia havaittiin kalatien suualueella vuonna 1995 juhannuksen jälkeen. Tällöin nousivat myös ensimmäiset taimenet kalatiehen. Lohien nousu kalatiehen alkoi kuitenkin vasta elokuun alussa, yli kuukauden kuluttua ensimmäisistä havainnoista.

Kalojen ohjautumista kalatien eteläiseen sisäänkäyntiin pyrittiin tehostamaan ohjainaidan avulla vuonna 1995. Ohjainaita oli noin 8 metriä pitkä ponttooni, jonka pohjaan oli hitsaamalla kiinnitetty metrin korkuinen virranohjain ja sen alapuolelle verkkoaita (kuva 28). Ohjainaidan asentamista seuraavana päivänä tehdyissä kuvauksissa kalojen yleensä suosimasta uintipaikasta tavattiin kolme kossia ja kalatien suulta kuusi kossia. Elokuun alkupuolella tehdyissä kuvauksissa ohjainaidan havaittiin olevan huonossa kunnossa, ja se poistettiin.



Kuva 28. Ohjainaidan rakenne (kuva: Anne Laine, Oulun yliopisto)

6.3 Kalojen nousu kalatiehen eri sisäänkäynneistä

Kalojen nousua kalatiehen eri sisäänkäyntien kautta tarkasteltiin vuorottelemalla suuaukkoja. Alaveden korkeutta ja koneistovirtaamia ei otettu erikseen huomioon. Vuorottelu ei ollut säännöllistä. Eteläinen sisäänkäynti oli avoinna vuonna 1993 kaikkiaan 54 vuorokautta ja pohjoinen 52 vuorokautta. Vuonna 1994 aukiolovuorokaudet olivat vastaavasti 80 ja 55 sekä vuonna 1995 77 ja 50. Sisäänkäyntejä vuoroteltiin poikkeuksellisesti päivittäin 21.-30.9.1995.

Tarkasteltaessa taimenen ja kirjolohen nousua kalatiehen otettiin huomioon tutkimusvuosien heinäkuun tulokset ja merilohen nousua tarkasteltaessa elo-syyskuun tulokset, koska kalojen nousu keskittyi näille kuukausille (taulukko 5). Kun kalamäärät suhteutetaan sisäänkäyntien aukioloaikaan, lohia ja taimenia nousi kummastakin sisäänkäynnistä suunnilleen yhtä paljon. Kirjolohet käyttivät jonkin verran enemmän eteläistä pystyrakosisisäänkäyntiä.

Taulukko 5. Kalojen nousu kalatien sisäänkäynneistä vuosina 1993-95 sekä sisäänkäyntien avoinnaolovuorokaudet heinäkuussa ja elo-syyskuussa. Kunkin kalalajin kohdalla on esitetty kokonaismäärän lisäksi suluissa kalojen määrä kymmentä aukiolovuorokautta kohti

SISÄÄNKÄYNTI	VII (vrk)	VIII-IX (vrk)	MERILOHI kpl	TAIMEN kpl	KIRJO- LOHI, kpl
Eteläinen	44	82	173 (21)	39 (9)	21 (5)
Pohjoinen	46	53	103 (19)	51 (11)	11 (2)
Yhteensä	90	135	176	90	32

Pelkän suuaukon vaihtamisen vaikutusta kalojen mahdollisesti lisääntyvään kiinnostukseen uida sisälle kalatiehen tarkasteltiin vertaamalla kunkin avoinnaolujakson ensimmäisen ja viimeisen päivän kokonaiskalamäärien suhdetta. Merilohella suhde oli 1.0 eli sisäänkäynnin vaihtaminen ei vaikuttanut nousuaktiivisuuteen. Meritaimenella suhde oli 0.6 eli kaloja nousi enemmän avoinnaolujakson lopussa kuin uuden jakson alkaessa ja kirjolohella 2.0 eli sisäänkäynnin vaihtaminen lisäsi selvästi nousuaktiivisuutta. Kirjolohen kohdalla kyse voi olla sattumasta, koska niiden lukumäärä oli pieni.

Syyskuussa 1995 tehdyn nopearytmisen suuaukkojen vuorottelun mahdollista nousua edistävää vaikutusta tarkasteltiin vertaamalla tämän jakson aikana kalatien keräilyaltaassa havaittujen lohien ja taimenten määriä saman vuoden syyskuussa havaittuihin kalamääriin silloin, kun pelkästään eteläinen tai pohjoinen sisäänkäynti oli ollut yhtäjaksoisesti pitempään auki. Lohien määriä nopea vuorottelu tuntui selvästi kasvattavan (taulukko 6). Eteläinen sisäänkäynti (pystyrako) oli molemmilla lajeilla syyskuussa 1995 pohjoista sisäänkäyntiä (Denil) suosittampi.

Taulukko 6. Kalatien läpi uineiden lohien ja taimenten määrät eri sisäänkäyntien (SK) avoinnaolovuorokautta kohti syyskuussa 1995 sekä nopearytmisen sisäänkäyntien vuorottelun vaikutus lohien ja taimenten määriin kalatiessä

KALALAJI	POHJOINEN SK (DENIL)	ETELÄINEN SK (PYSTYRAKO)	NOPEA VUOROTTELU
MERILOHI	0,4	1,2	4,6
TAIMEN	0,3	1,1	1,2

7. KALATIEN NOUSSEIDEN KALOJEN MÄÄRÄT

Isohaaran kalatien kalaseuranta on toteutettu kaikkina tutkimuskesinä samalla tavoin. Kalatien yläpään keräilyaltaaseen nousseiden aikuisten lohikalojen määrä on arvioitu lajeittain katseluikkunan läpi nousevien kalojen lukumäärästä riippuen 1-2 kertaa vuorokaudessa. Samalla on arvioitu kalojen painoa. Lohikalojen poikasten ja särkikalojen yksilömääriä ei ole kirjattu, koska ne pystyvät poistumaan altaasta sulkuverkon läpi ylävirtaan ja nielun kautta alavirtaan.

Laskennan jälkeen keräilyallas on tyhjennetty avaamalla altaan yläpäässä oleva sulkuverkko, jolloin kalat ovat päässeet vapaasti uimaan ylävirtaan. Kalatie on saattanut olla tällä tavoin auki joinakin päivinä useita tunteja, joten kalatien nousseiden kalojen todellinen määrä lienee tässä esitettyä suurempi.

Vuonna 1995 tehty radiotelemetriaseuranta ja sen yhteydessä toteutettu kalatien nousseiden kalojen evämerkintä vahvistivat sitä käsitystä, että samat kalat saattoivat nousta kalatien useaan kertaan. Yksi koneistojen kautta padon alapuolelle laskeutunut radiolähettimellä merkitty lohi havaittiin seuraavana aamuna keräilyaltaasta. Evämerkityistä lohista 13 % nousi kalatien uudestaan.

7.1 Keräilyaltaaseen vuonna 1993 nousseet kalat

Vuonna 1993 kalatie oli avoinna 7.6.-15.10. välisen ajan. Kalatien kautta nousi yhteensä 456 aikuista lohikalaa, joista valtaosa oli merilohia (taulukko 7). Lohista suurin osa oli kilon painoisia yhden merivuoden uroskaloja. Suurimmat kalatien nousseet lohiet painoivat arviolta 3-4 kiloa. Pääosa lohista nousi syyskuussa. Taimenten ja kirjolohien nousu ajoittui tasaisemmin eri kuukausille. Taimenista suurin osa oli 2-3 merivuoden kaloja, joiden keskipaino oli 1,5-2,0 kg. Suurimmat kalatien nousseet taimenet painoivat 5-6 kg. Kirjolohista lähes kaikki ja taimenista neljäsosa (järvitaimenet) olivat peräisin samana kesänä Isohaaran patoaltaaseen tehdyistä velvoiteistutuksista. Syksyllä muutama aikaisempien istutuserien järvitaimen nousi kalatien.

Aikuisten lohikalojen lisäksi kalatiessä oli heinäkuun loppupuolelta lähtien meritaimenen ja merilohen istutuspoikasia, joista osa nousi keräilyaltaaseen asti. Kalatiehen kesän alusta kerääntyneistä tuhansista särkikaloista joitakin kymmeniä särkiä ja seipiä havaittiin keräilyaltaassa pääasiassa heinäkuussa. Lisäksi keräilyaltaassa nähtiin nierä ja harjus.

7.2 Keräilyaltaaseen vuonna 1994 nousseet kalat

Kalatie oli avoinna 23.5.-17.10.1994. Toukokuun aikana kalatien nousi lohikaloista ainoastaan yksi kirjolohi (taulukko 7). Kesäkuussa pyyntialtaaseen nousi pääasiassa taimenia ja heinäkuun lopulla nousivat ensimmäiset lohet. Elo-syyskuussa kalatien kautta nousi pääasiassa lohia. Lohista suurin osa oli yhden merivuoden uroksia (0,5-1,2 kg) ja taimenista 2-3 merivuoden kaloja (1,5-2,0 kg). Suurimmat kalatien nousseet lohet painoivat 2,5-3,0 kg ja taimenet 5 kg. Kirjolohtia pyyntialtaaseen nousi 8 kpl, eli huomattavasti vähemmän kuin edellisenä vuonna. Syynä tähän lienee muuttunut istutustapa, jonka vuoksi vähemmän kirjolohtia kulkeutui patoaltaasta padon alapuolelle. Yhteensä kesän 1994 aikana kalatien nousi 230 aikuista lohikalaa, mikä on puolet edellisen vuoden määrästä. Suurimpana syynä vähenyneisiin kalamääriin oli uuden koneaseman sulkeminen korjauksia varten elokuun 15. päivä.

Aikuisten lohikalojen lisäksi kalatien tarkkailultaassa oli kesän aikana useita satoja tai mahdollisesti tuhansia merilohen ja -taimenen istutuspoikasia, joiden alakuperää ei tunneta. Ne voivat osaksi olla peräisin Kemijokisuun istutuksista ja osaksi Ala-Kemijokeen ja sen sivujokiin tehdyistä jokipoikasistutuksista.

Kalatien tarkkailultaassa havaittiin satoja särkiä ja seipiä sekä muutama ahven ja lahna. Kalatiessä 6.6.-10.6.1994 toteutetun 'roskakalapyyntin' kokonaissaaliista (1 228 kg) valtaosa oli särkiä. Lisäksi saatiin seipiä, ahvenia, mateita, harjuksia ja järvitaimenia.

7.3 Keräilyaltaaseen vuonna 1995 nousseet kalat

Kalatie oli avoinna 15.5.-22.10.1995. Meritaimenten nousu kalatiehen alkoi juhannuksen tienoilla ja ensimmäinen yksittäinen merilohi nousi heinäkuun puolivälissä. Merilohen varsinainen nousu alkoi vasta elokuun alussa (taulukko 7). Kalatiehen nousseet lohet olivat pääasiassa kosseja, joiden paino oli keskimäärin 1,5 kg. Suurimmat yksittäiset lohet painoivat noin 3 kg ja meritaimenet 6-7 kg keskipainon ollessa 2,5-3,0 kg. Kalatiehen nousi hieman enemmän kirjolohtia kuin edellisenä kesänä. Syksyllä kirkkaita meritaimenia alkoi nousta kalatiehen 6.10. lähtien (paino 0,1-1,0 kg). Kalatiessä havaittiin myös muutamia kirkkaita merilohia, joiden paino oli joitakin satoja grammoja. Yhteensä 298 aikuista lohta, taimenta ja kirjolohta nousi kalatien kesän aikana.

Särkikalojen ja lohikalojen istutuspoikasten lisäksi keräilyaltaassa havaittiin kesän aikana ahven, harjus ja neljä nieriää. Kalatiessä 9.6.-19.6. tehdyn 'roskakalapyyntin' saalis oli vain 30-40 kg ja se koostui särjestä, mateesta, seivestä ja salakasta.

7.4 Kalojen kokonaismäärät ja nousun ajoittuminen

Kalatien keräilyaltaassa havaittiin kolmen vuoden aikana 984 aikuista lohikalaa. Kaloista merilohia oli 588 (60 %), meri- ja järvitaimenia 313 (32 %) ja kirjolohtia 83 (8 %). Lisäksi kalatien keräilyaltaassa nähtiin muutamia harjuksia, nieriöitä ja ahvenia. Keräilyaltaassa oli vuosittain särkikalvoja (särki, seipi, salakka) ja runsaasti lohikalojen istutuspoikasia.

Merilohien nousu kalatiessä painottui loppukesään, lohista 82 % nousi elo-syyskuun aikana. Vaikka suurin osa taimenista (39 %) ja kirjolohista (40 %) käytti kalatietä heinäkuussa, ajoittui niiden nousu lohta tasaisemmin eri kuukausille.

Vuonna 1993 eniten aikuisia lohikaloja nousi kalatiessä 27.9., jolloin pyyntialtaassa havaittiin 22 merilohta, 2 meritaimenta ja 1 kirjolohi. Veden lämpötila oli tällöin 8°C, uuden koneaseman virtaama tuli neloskoneiston kautta ja avoinna oli eteläinen sisäänkäynti. Vuoden 1994 elokuun puolivälistä lähtien joen kalatien puoleiset koneistot olivat suljettuina korjaustöiden vuoksi. Aikuisten lohikalorien määrät jäivät alle kymmeneen vuorokautta kohti. Vuonna 1995 suurin vuorokautinen kalamäärä keräilyaltaassa oli 26.9., jolloin siellä oli 17 merilohta. Veden lämpötila oli tällöin 10,7°C, uuden koneaseman molemmat koneistot olivat käynnissä ja kalatien eteläinen sisäänkäynti oli avoinna.

Taulukko 7. Isohaaran kalatien nousseiden aikuisten lohikalorien kappalemäärät kuukausittain vuosina 1993-95. ML=merilohi, MT=meritaimen, JT=järvitaimen, KL= kirjolohi

1993	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Yht.
ML	0	0	21	81	179	23	304
MT+JT	0	3	25	35	21	13	97
KL	0	1	24	9	21	0	55
Yht.	0	4	70	125	221	36	456

1994	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Yht.
ML	0	0	8	54	53	6	121
MT	0	19	38	2	4	2	65
JT	0	15	13	3	4	1	36
KL	1	6	1	0	0	0	8
Yht.	1	40	60	59	61	9	230

1995	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Yht.
ML	0	0	1	52	63	47	163
MT	0	17	29	3	3	6	58
JT	0	6	18	9	18	6	57
KL	0	1	8	8	1	2	20
Yht.	0	24	56	72	85	61	298

1993-95	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Yht.
ML	0	0	30	187	295	76	588
MT+JT	0	60	123	52	50	28	313
KL	1	8	33	17	22	2	83
Yht.	1	68	186	256	367	106	984

8. YMPÄRISTÖN OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS KALOJEN NOUSUUN KALATIESSÄ

Kalatiessä tehdyn kalaseurannan ohessa tehtiin havaintoja muun muassa veden lämpötilasta, vallitsevasta säätyypistä, voimalaitoksen käytöstä ja meriveden korkeudesta sekä koottiin tietoja muista kalojen nousuun mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä. Kun tarkastellaan ympäristön olosuhteiden vaikutusta kalatiehen nousseiden kalojen määrään, on muistettava, että tarkkoja kalojen nousuaikoja kalatiessä ei ole käytettävissä eikä kalojen hakeutumiseen koneistovirtauksesta kalatiehen kuluva aikaa varmuudella tiedetä. Aikuisten lohikalorien oletetaan nousevan Isohaaran kalatien nopeasti. Tähän viittaavat kokemukset muista kalateistä sekä se, että videokuvauksissa näiden kalojen ei ole havaittu oleskelevan kalatiessä. Yhden lohien tiedetään nousseen kalatien kolmessa tunnissa.

Kalojen nousuun vaikuttavat ympäristötekijöiden lisäksi kalojen sisäiset tekijät. Näitä ovat nousumotivaation ohella esimerkiksi sopivan nousuparven muodostumiseen liittyvät seikat. Nousumotivaatio on erittäin voimakas vaelluksella olevalla luonnonkalalla, joka on palaamassa 'syntymäpaikalleen' kutemaan, samoin sen voi olettaa olevan voimakas sellaisella viljelykalalla, joka on saanut leimautua virtaavaan veteen ja kokea mahdollisimman luonnollisen smolttiutumisen.

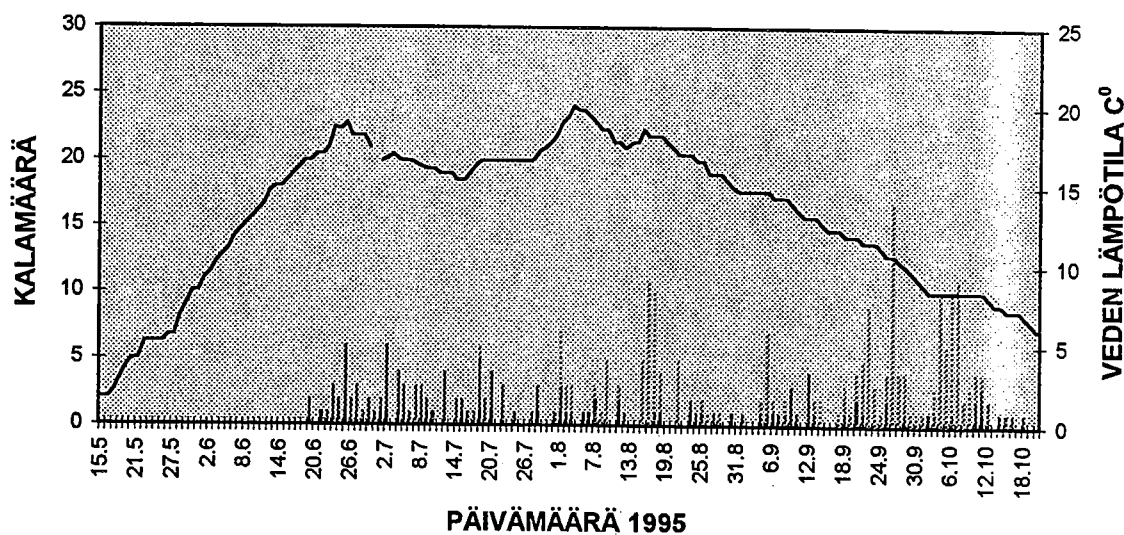
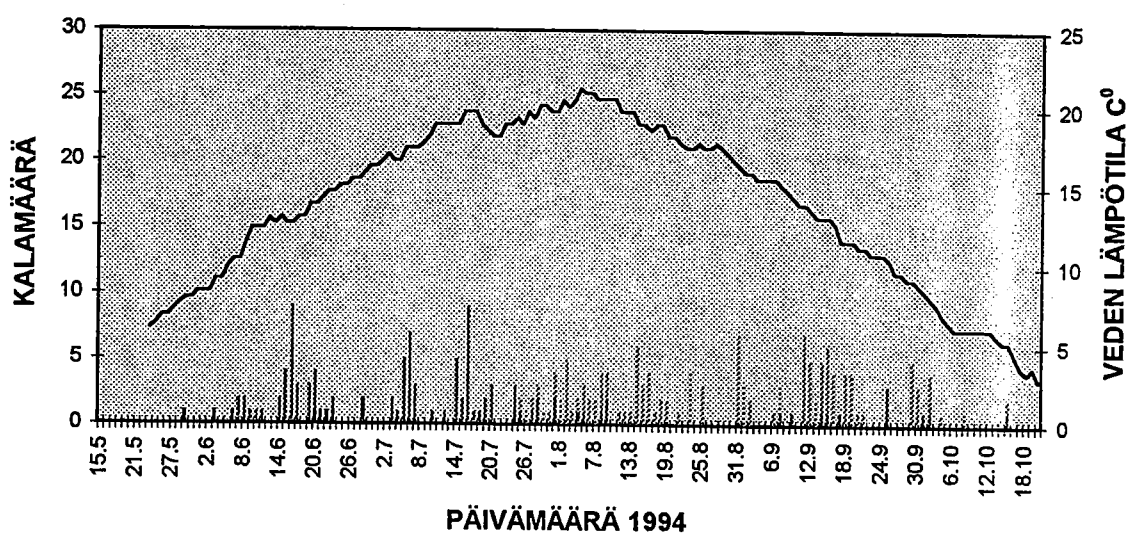
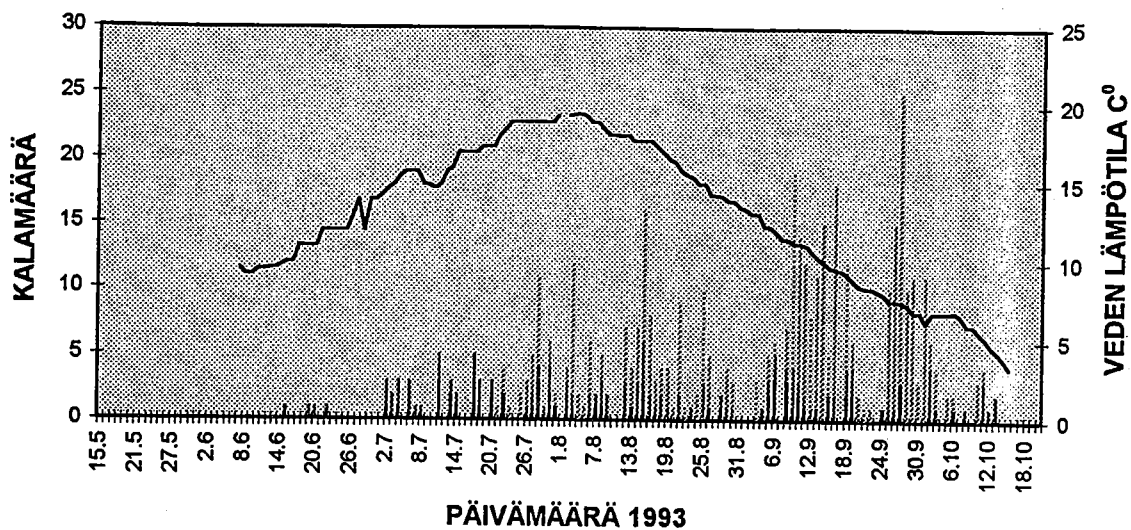
Kemijoelle vaeltavat merilohet ja -taimenet ovat peräisin pääasiassa jokisuulle ja läheiselle merialueelle tehdyistä istutuksista. Niiden motivaatio nousta padon yläpuolelle lienee melko heikko tai olematon. Patoaltaaseen istutetuilla järvitaimenilla vietti nousta padon yläpuolelle voi olla merilohta ja -taimenta voimakkaampi. Tähän vaikuttaa kuitenkin se, minkä kokoisina kalat on jokeen istutettu. Rakennetuissa joissa pyrkimyksenä on istuttaa kalat niin suurina, että ne eivät lähde merivaellukselle vaan pysyttelevät istutuspaikallaan. Tällaisten kalojen nousumotivaatio lienee merilohen ja -taimenen luokkaa.

8.1 Veden lämpötila

Ensimmäiset taimenet nousivat kalatien keräilyaltaaseen vuosina 1993 ja 1994 kesäkuussa, kun veden lämpötila oli 11°C. Viimeiset taimenet havaittiin keräilyaltaassa lokakuun puolivälissä veden lämpötilan ollessa 4°C. Vuonna 1995 ensimmäiset taimenet nousivat kalatiessä kesäkuun loppupuolella veden lämpötilan ollessa lähes 17°C. Syynä nousun viivästymiseen lienee ollut aikaisempia vuosia voimakkaampi tulva, joka jatkui kesäkuun alkupuolelle (liite 3). Saman vuoden lokakuun puolivälissä, kun viimeiset taimenet nousivat kalatiehen, veden lämpötila oli hieman korkeampi (7°C) kuin edellisinä tutkimusvuosina. Taimenten nousu kalatiehen oli melko tasaista läpi kesän (kuva 29), vaikka kokonaismääriä tarkasteltaessa se keskittyi heinäkuulle.

Merilohet alkoivat nousta kalatiehen myöhemmin kuin taimenet. Ensimmäiset lohet havaittiin keräilyaltaassa heinäkuun loppupuolella tai elokuun alussa, kun veden lämpötila oli 17-19°C, ja viimeiset lokakuussa veden lämpötilan ollessa 5-8°C. Elo- ja syyskuussa 1993 lohella oli muutama selkeä nousuhuippu. Nousuhuippujen ei havaittu ajoittuneen mihinkään tiettyyn veden lämpötilaan, koneistovirtaamaan tai alavedenkorkeuteen.

Ensimmäiset merilohen ja taimenen istutuspoikaset ilmestyivät kalatiehen kesäkuun loppupuolella tai heinäkuun alussa (20.6.-3.7.) veden lämpötilan ollessa 14-17°C. Istutuspoikasia oli kalatiessä tasaisesti koko kesäkauden ajan.



ATLANTIN LOHI KIRJOLOHI
 MERITAIMEN VEDEN LÄMPÖTILA

Kuva 29. Veden lämpötila ja keräilyaltaaseen päivittäin nousseiden lohien, taimenten ja kirjolohien lukumäärät Isohaaran kalatiessä vuosina 1993-95

8.2 Yläveden korkeus

Lohen nousun suhdetta yläveden korkeuteen tarkasteltaessa vuoden 1994 tulokset jätettiin pois, koska parhaana lohennousuaikana elo-syyskuussa vain vanha koneasema oli toiminnassa. Kaloja kalatien vaikutusalueelle ohjaava virtaus puuttui kokonaan.

Tarkastelujakson (vuosien 1993 ja 1995 elo- ja syyskuut) aikana yläveden korkeus vaihteli välillä $N60+11,83$ - $N60+12,33$. Kalatien keräilyaltaaseen nousi päivittäin 0-22 lohta. Vuorokaudessa nousi kymmenen lohta tai sitä enemmän (yhteensä 14 tapausta) ainoastaan silloin, kun vuorokauden keskimääräinen ylävedenkorkeus oli suurempi kuin $N60+12,15$. Tällöin vesisyvyys pystyrako-osuuksilla oli yli 1,3 metriä. Yläveden korkeuden ollessa $N60+11,95$ - $N60+12,10$ suurin vuorokautinen lohimäärä keräilyaltaassa oli viisi. Yläveden korkeuden laskettua alemmaksi kuin $N60+11,95$ yhtään lohta ei noussut kalatien keräilyaltaaseen. Vesisyvyys pystyrako-osuuksilla oli tällöin alle 1,1 metriä. Yläveden korkeus ja sitä kautta kalatien virtaama näyttävät vaikuttavan lohien nousuun kalatiehen.

Yläveden korkeuden vaikutusta keräilyaltaaseen nousseiden meritaimenten määrään tarkasteltiin kunkin tutkimusvuoden heinäkuun tulosten perusteella, koska taimenten nousu kalatiehen keskittyi tälle kuukaudelle. Heinäkuinen yläveden korkeus vuosina 1993-95 vaihteli välillä $N60+11,74$ - $N60+12,29$. Keräilyaltaaseen nousi vuorokaudessa viisi tai sitä enemmän taimenia yläveden korkeuden ollessa $N60+12,05$ - $N60+12,20$ (viisi tapausta). Taimenia nousi kalatien keräilyaltaaseen myös silloin, kun yläveden korkeus laski alemmaksi kuin $N60+11,75$. Määrät olivat kuitenkin pieniä.

8.3 Alaveden korkeus

Alavesi oli kalojen nousun aikana ensimmäisenä tutkimuskesänä keskimäärin korkeammalla ($N60-0,15$ - $N60+0,60$) kuin kahtena seuraavana kesänä ($N60-0,60$ - $N60+0,20$). Vuoden 1995 touko-kesäkuussa alavesi oli hyvin korkealla voimakkaan tulvan takia. Kalatien keräilyaltaaseen nousseiden lohien määriä suhteessa alaveden korkeuteen tarkasteltiin elo- ja syyskuun 1993 ja 1995 tulosten perusteella. Nollahavaintoja oli tasaisesti joka vesikorkeudella. Niitä ei ole otettu tarkastelussa huomioon.

Vuonna 1993 alaveden korkeus vaihteli tarkkailujakson aikana välillä $N60-0,20$ - $N60+0,55$. Kalatien keräilyaltaaseen nousi yli kymmenen lohta vuorokaudessa silloin, kun alaveden korkeus oli pienempi kuin $N60+0,40$. Tällöin nousi keskimäärin kuusi lohta vuorokaudessa (kaikkiaan 40 havaintoa). Alaveden korkeuden noustua suuremmaksi kuin $N60+0,40$ keskimäärin kolme lohta nousi vuorokaudessa (8 havaintoa). Vuonna 1995 alaveden korkeus vaihteli välillä $N60-0,55$ - $N60+0,05$. Vuorokaudessa nousi keskimäärin kahdeksan lohta silloin, kun alaveden korkeus oli suurempi kuin $N60-0,10$ (6 havaintoa). Kun alaveden korkeus laski tätä alemmaksi, keräilyaltaaseen nousi keskimäärin kaksi lohta vuorokaudessa (27 havaintoa).

Kun kahden tarkkailuvuoden tulokset yhdistetään, näyttää siltä että eniten lohia nousee kalatiehen silloin, kun alaveden korkeus on $N60-0,10$ - $N60+0,40$. Liian korkea alavesi pienentää virtausnopeuksia kalatien suuaukolla ja näin heikentää virtauksen houkuttelevuutta. Myös kalatien suulla oleva putous pienenee ja sen houkuttelevuus vähenee. Liian matala alavesi puolestaan voi muuten vähentää kalamääriä kalatien suulla.

Kalatien keräilyaltaaseen nousseiden taimenten määrien suhdetta alaveden korkeuteen tarkasteltiin vain heinäkuun (1993-95) tulosten perusteella. Taimenten määriä 0-3 vuorokaudessa oli tasaisesti eri alavedenkorkeuksilla (N60-0,50 - N60+0,60). Yli neljän taimenen määrät ylittyivät vain silloin, kun alaveden korkeus oli N60-0,20 - N60+0,25 (7 havaintoa). Tällä alaveden korkeuden vaihteluvälillä nousi keskimäärin 2,6 taimenta kutakin aukiolovuorokautta kohti. Alaveden korkeuden laskettua alemmaksi (15 havaintoa) tai noustua ylemmäksi (11 havaintoa) nousi keskimäärin 1,6 taimenta vuorokaudessa kalatien keräilyaltaaseen.

8.4 Voimalaitoksen koneistojen käyttö

Merilohien nousuhiiput ajoittuvat melko selkeästi elo-syyskuulle. Vuonna 1994 joen koko virtaama ohjattiin korjaustöiden vuoksi elokuun puolivälistä lähtien vanhan koneaseman kautta. Kalatiehen nousi tänä aikana useita kymmeniä lohia huolimatta siitä, että kaloja kalatien suualueelle kauempaa houkutellut koneistovirtaama puuttui: virtaama kalatien puoleisella joen etelärannalla oli noin 0,5 m³/s ja pohjoisrannalla 100-200 m³/s. Myös muutamia taimenia nousi kalatiehen. Ainakin osa lohista ja taimenista on näin ollen poistunut joen päävirtauksesta ja hakenut aktiivisesti nousureittejä muualta. Kalatiehen nousseiden lohikalojen määrät olisivat syksyllä 1994 olleet huomattavasti suuremmat, mikäli uudet koneistot olisivat olleet käytössä normaalisti.

Kun lohikalojen käyttäytymistä seurattiin videokameran ja radiotelemetrian avulla uuden koneaseman edustalla, havaittiin että virtaaman suureneminen sai aikaan kalojen siirtymisen kauemmaksi alavirtaan. Virtaaman pieneneminen aiheutti sen, että kalat uivat lähemmäksi voimalaitosta (Viitala 1995).

Kalatien keräilyaltaaseen nousseiden aikuisten taimenten määrillä ei todettu olevan yhteyttä uuden koneaseman koneistojen virtaamiin. Taimenia nousi tasaisesti kaikilla koneistovirtaamilla.

Uuden koneaseman kautta tulevan kokonaisvirtaaman tai eteläisen sisäänkäynnin puoleisen neloskoneen virtaaman suuruudella ei ollut selvää yhteyttä kalatien keräilyaltaaseen nousseiden lohien määrään syksyllä 1993, jolloin avoinna oli eteläinen sisäänkäynti. Vuorokauden aikana nousi kymmenen lohta tai enemmän kuitenkin vain silloin, kun neloskoneen virtaama oli välillä 50-150 m³/s. Kun vuorokauden keskivirtaama oli suurempi kuin 150 m³/s (7 havaintoa), keräilyaltaaseen nousi enintään yksi lohi vuorokaudessa. Kun virtaama oli pienempi kuin 50 m³/s, keräilyaltaaseen nousi enintään yhdeksän lohta vuorokaudessa (5 havaintoa).

9. KALOJEN JA NAHKIAISEN KÄYTTÄYTYMINEN KALATIESSÄ

Kalojen käyttäytymistä Isohaaran kalatiessä seurattiin lähinnä videolaitteiston avulla. Vuodesta 1993 lähtien käytössä oli vanha värikamera ja vuonna 1994 otettiin ser. lisäksi käyttöön mustavalkoinen valvontakamera, jonka valontarve oli pieni. Kameroille oli rakennettu kotelot vedenalaisia kuvauksia varten. Videokuvauksilla pyrittiin selvittämään muun muassa lohikalojen nousuaikoja kalatiessä sekä sitä mihin asti ja minkälaisissa olosuhteissa vaellussiika ja nahkiainen nousevat kalatiessä.

9.1 Lohi ja taimen

Lohella ja taimenella kalatien suulta keräilyaltaaseen kuluvaan aikaan pyrittiin selvittämään kahdella videokameralla. Toinen kamera asennettiin kalatien suuaukolle siten, että sillä pystyttiin havaitsemaan kalan meno sisälle kalatiehen. Toinen kamera asennettiin kuvaamaan pyyntialtaaseen saapuvaa kalaa. Koska nousevia lohikaloja oli vuorokaudessa yleensä vain muutamia kappaleita, saatiin hyvin niukasti tietoa kalojen nousuun käyttämästä ajasta.

Lohien ja taimenten mahdollisten lepopaikkojen selvittämiseksi kalatien eri altaita kuvattiin käsivaralla. Jokaisella kuvauskerralla kalatiessä tavattiin merilohen ja -taimenen istukkaita, muutaman kerran myös aikuisia taimenia. Aikuisia merilohia altaissa ei ollut. Mitään uutta tietoa näiden kalojen käyttäytymisestä kalatiessä ei saatu. Tulokset antavat kuitenkin viitteitä siitä, että lohien nousu kalatiessä on ollut varsin nopeaa, eikä niiden ole tarvinnut levähtää kalatiessä nousun aikana toisin kuin ainakin joidenkin taimenten.

9.2 Vaellussiika

Vaellussiikoja havaittiin syksyllä 1993 kalatien suulla ja uuden koneaseman edustalla. Jotkut siioista uivat sisälle kalatiehen. Tunneliosuudella kaloja ei pystytty kuvaamaan eikä ylempänä kalatiessä siikoja havaittu. Pyyntialtaaseen siiat eivät tiettävästi nousseet.

Kalatien suulla havaittiin vuonna 1994 muutamia vaellussiikoja, ensimmäinen heinäkuun loppupuolella. Yhdenkään siian ei todettu nousevan kalatiehen. Uuden voimalan loppukesään ja syksyyn ajoittuneet korjaukset heikensivät kalatien toimintaedellytyksiä, koska kaloja kalatien alapuolelle ohjaava virtaus puuttui. Uuden koneaseman ollessa suljettuna sen alapuolella ei nähty siikoja. Pohjoisrannan koneistovirtauksessa tehdyissä videokuvauksissa näkyi joitakin kymmeniä siikoja. Tämä viittaa siihen, että siiat eivät lähde päävirtauksesta hakemaan nousureittejä yhtä aktiivisesti kuin lohet ja taimenet.

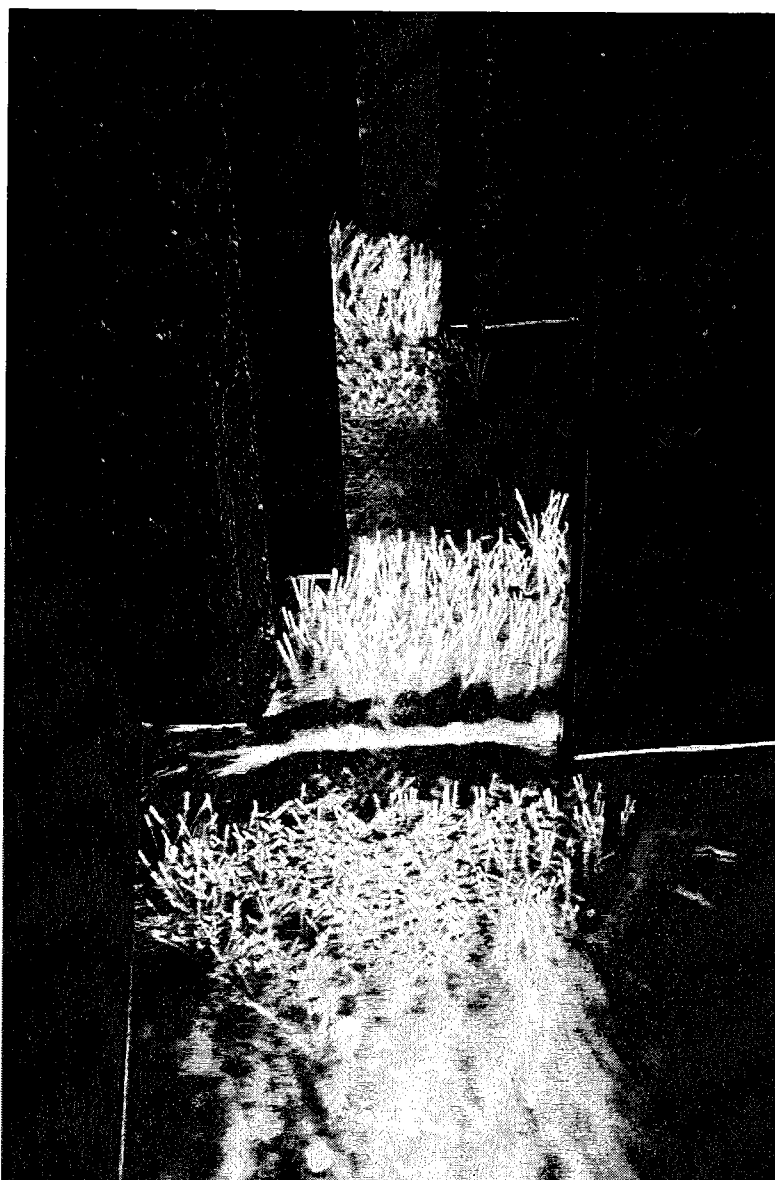
Vuonna 1995 ensimmäiset siikahavainnot tehtiin patoaltaalla. Vaellus- ja planktonsiikojen (0,1-0,3 kg) vaellus alavirtaan alkoi 11.-12.6. veden lämpötilan ollessa 14°C ja päättyi 16.-17.6. veden lämpötilan ollessa 16°C. Padon alapuolelle laskeutuneet siiat, arviolta tuhansia kiloja, pysyttelivät kalatien tuntumassa vuorokauden ajan. Kymmeniä siikoja nousi kalatiessä jakoportille asti. Siiat jatkoivat pian matkaansa merelle, jossa pikkusiikasaliitit kasvoivat. Syksyinen vaellussiika ei tiettävästi noussut kalatiehen.

9.3 Nahkiainen

Nahkiaisten videoseuranta kalatiessä vaikeutti nousun ajoittuminen hämärän ja pimeän aikaan. Päivittäinen kuvausaika rajoittui suunnilleen tuntiin. Kalatiessä nousseiden nahkiaisten määrien arvioimiseksi joissakin pystyraoissa pidettiin kertoja tiettyinä seurantajaksoina.

Syksyllä 1993 havaittiin, että nahkiaisella oli vaikeuksia edetä kalatiessä. Ylin esiintyminen kalatiessä vaihteli meriveden korkeuden mukaan siten, että nahkiaisia oli 2-3 pystyrakoosuutta meriveden pintaa ylempänä. Nahkiaisit kerääntyivät altaan suojaisiin paikkoihin, esimerkiksi virranohjaimen taakse. Videolla nähtiin useita yrityksiä uida pystyraosta, jossa vedennopeus näytti ylittävän nahkiaisien uintikyvyn. Veden lämpötila kuvausten aikana (25.8.-1.9.1993) oli 14-13°C.

Nahkiaisten nousua seurattiin videokuvauksin ja mertapyynnin avulla 17.8.-9.9.1994. Nahkiaisen nousua helpottavia harjaksia asennettiin 16.8. neljään ja 18.8. vielä kahteen seuraavaan jakoportin yläpuoliseen pystyraakoon (kuva 30). Nahkiaiset pystyivät hyödyntämään harjasta pystyraossa uideessaan (kuva 31). Mertaseurannassa nahkiaisia tavattiin Denil-osuuden alapuolisessa altaassa saakka (taulukko 8). Harjasten lisäksi nahkiaisten nousua helpotti edelliseen syksyyn verrattuna korkeampi veden lämpötila (tarkkailujaksolla 19-14 °C). Denil-osuuden yläpuolella nahkiaisia ei havaittu. Kun kalatievirtaama ohjattiin syyskuun 1994 alusta pohjoisen Denil-sisäänkäynnin kautta, vähenivät kalatiehen nousseet nahkiaiset selvästi (taulukko 8).



Kuva 30. Kalatien pystyraon pohjalle asennettuja harjaksia (kuva: Anne Laine, Oulun yliopisto)



Kuva 31. Nahkiaisia kalatien pystyraon pohjalla olevien harjasten seassa (kuva: Anne Laine, Oulun yliopisto)

Taulukko 8. Nahkiaissaaliit kalatiessä syksyllä 1994. Harjakset sijaitsivat seurannan aikana neljässä (18.8) tai kuudessa (19.8. lähtien) jakoportin yläpuolisessa pystyraossa (pr)

Pvm	Suuaukko	Merran sijainti	Nahkiaismäärä (kpl)
18.8.	Eteläinen	6. pr jakoportin yläpuolella	179
19.8.	Eteläinen	8. pr jakoportin yläpuolella	139
20.8.	Eteläinen	8. pr jakoportin yläpuolella	101
21.8.	Eteläinen	9. pr jakoportin yläpuolella	96
22.8.	Eteläinen	11. pr jakoportin yläpuolella	41
23.8.	Eteläinen	12. pr jakoportin yläpuolella	61
24.8.	Eteläinen	1. tulvaluukun ylityksen pr	49
25.8.	Eteläinen	ylin pr ennen denil-osuutta	29
26.8.	Eteläinen	sama	19
27.8.	Eteläinen	sama	27
28.8.	Eteläinen	sama	34
29.8.	Eteläinen	sama	61
30.8.	Eteläinen	kalatien ylin pr	0
1.9.	Pohjoinen	2. pr suuaukon yläpuolella	6
2.9.	Pohjoinen	sama	7
3.9.	Pohjoinen	sama	0
4.9.	Pohjoinen	sama	0
5.9.	Pohjoinen	sama	0
6.9.	Pohjoinen	sama	0

Vuonna 1995 ensimmäiset nahkaiset havaittiin kalatien jakoportin yläpuolisessa altaassa elokuun ensimmäisellä viikolla. Seuraavana päivänä pystyrako-osuuden ylimpään pystyrakoon asennettiin nahkiaismerta. Saalista ei saatu. Pystyrako-osuuden kaikkien pystyrakojen pohjalle asennettiin 17.8. harjakset. Tämän jälkeen avoimna pidettiin eteläistä sisäänkäyntiä, jota nahkiaisten oli todettu edellisenä vuonna käyttävän.

Kolmen päivän kuluttua harjasten asentamisesta Denil-osuuden alimmassa vaimennusaltaassa havaittiin nahkiaisia. Alimpaan Denil-jaksoon asennettiin 23.8. nahkiaisia varten vesivanerista tehty uintiputki. Kun kalatie käytettiin asennustyön aikana tyhjänä, havaittiin kalatien pystyrako-osuudella satoja nahkiaisia. Pystyrako-osuuden ylimpään pystyrakoon 25.8. asennettun merran kolmen seuraavan yön saaliit olivat 345, 339 ja 149 nahkiaista (merta oli kahtena ensimmäisenä yönä täysi). Elokuun lopussa tehdyissä kuvauksissa havaittiin, että nahkaiset olivat vähentyneet selvästi kalatiessä. Niiden määrät olivat suurimmat alimmissa altaissa.

Tulosten perusteella voidaan todeta harjasten asentamisen lisänneen tuntuvasti nahkiaisia kalatiessä Denil-jakson alapuolella. Denil-osuuteen nahkaiset eivät tiettävästi nousseet. Nahkaiset hakeutuivat Denil-osuuteen asennettun putken suulle, mutta sisälle ne eivät menneet.

10. YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET

Mereisiä vaelluskaloja varten on rakennettu Suomessa vain muutamia kalateitä. Isohaaran kalatien lisäksi tärkeimmät ovat Kymijoen Ahvenkosken ja Koivukosken sekä Vantaanjoen Vanhankaupunginkosken kalatiet sekä Aurajoen Halistenkoskeen vuonna 1995 valmistunut pystyrakokalatie. Kalojen nousun kannalta kalatiet ovat toimineet vaihtevalle menestyksellä.

Kemijoki on ollut aikoinaan Pohjanlahden tuottoisin lohijoki. Isohaaran pato ja vesivoimalaitos valmistuivat Kemijoen suuhun vuonna 1949. Pato esti mereisten vaelluskalojen nousun Kemijokeen. Nykyään Kemijoki ja sen sivujoet voimatalousrakentamiselta rauhoitettua Ounasjokea lukuunottamatta ovat käytännössä täysin porrastettuja voimatalouden tarpeisiin.

Kemijoen vaelluskalakantoja ylläpidetään istutuksilla mereisen kalakannan säilyttämiseksi. Istutettavat merilohet ovat Tornion-Iijoen kantaa ja meritaimenet Iijoen kantaa. Käytännön kalanhoidosta on vastannut vuodesta 1987 alkaen Voimalohi Oy. Isohaaran patoaltaaseen siirretään padon alapuolelta nahkiaisia niiden kantojen ylläpitämiseksi. Itämeren pääaltaalla ja Pohjanlahdella merilohen ja -taimenen saaliit ovat 1990-luvulla selvästi vähentyneet, mihin on ollut syynä muun muassa normaalista kannanvaihtelusta johtuva kalastettavien vuosiluokkien pienempi määrä sekä porrastetusta kevätrauhoituksesta luopuminen.

Merivaellukselta palaavat aikuiset meritaimenet nousevat Kemijokisuulle kesäkuun alusta lähtien, lohien nousu alkaa juhannuksen tienoilla. Vaellussiaan nousu Kemijokeen painottuu loppukesään ja syksyyn. Nahkiainen alkaa nousta Kemijokeen ympäristön olosuhteista riippuen elo-syyskuussa ja sen nousu loppuu loka-marraskuun vaihteessa. Nahkiaisien ja vaelluskalojen lisäksi jokisuun kalastoon kuuluvat lähinnä paikalliset ahven- ja särkikalat, made ja hauki.

Isohaaran patoon pitkään toivottu uusi kalatie valmistui voimalaitoksen laajennustöiden yhteydessä vuonna 1993. Kalatien kokonaispituus on 230 metriä ja putousero 12,5 metriä. Kalatiessä on kaksi sisäänkäyntiä, eteläinen ja pohjoinen, joita käytetään vuorotellen.

Isohaaran kalatiessä pystyrakokalatie- ja Denil-kalatieosuudet vuorottelevat. Rakennusmateriaaleina on käytetty betonia, terästä, vesivaneria ja painekyllästettyä puuta.

Isohaaran kalatien suunnittelussa käytettiin apuna pienoismallitutkimuksia. Kalatien hydraulista toimintaa on tutkittu kalatiellä tehdyin mittauksin ja laboratoriossa pienoismallikokein. Pienoismallikokeiden ja kalatiessä tehtyjen mittausten tuloksia verrattiin keskenään. Kalatien pystyraoissa mitatut virtausnopeudet vastasivat ± 5 prosentin tarkkuudella pienoismallikokeissa määritettyjä nopeuksia. Myös altaiden vesisyvytydet vastasivat toisiaan ± 5 prosentin tarkkuudella luonnossa ja pienoismallissa. Kalatien Denil-jaksot toimivat käytännössä vastaavalla tavalla kuin pienoismalli, vaikka yläosan Denil-jaksojen toteutus poikkeaa suunnitellusta. Denil-jaksoilla on tehty kalatien käyttöönoton jälkeen rakenteellisia muutoksia, joilla on pystytty parantamaan kalojen nousuolosuhteita. Isohaaran kalatie on pitkä ja sen putousero on suuri, joten kaloille on oltava riittävästi lepoalueita. Kalat pystyvät levähtämään lähes kaikissa pystyrako-osuuksien altaissa sekä Denil-osuuksien vaimennus- eli lepoaltaissa.

Isohaaran padon alapuolelle tulevien vaelluskalojen määrään vaikuttavat pääasiassa istutusmäärät ja istutusten onnistuminen sekä kalastus merialueella ja jokisuulla. Tärkeimmät ympäristötekijät, jotka vaikuttavat kalojen nousuun jokeen, ovat veden lämpötila, virtaama sekä säätila. Lisäksi juoksuuoksilla ja alaveden korkeudella on tärkeä merkitys. Kalatien keräilyaltaassa havaittiin kolmen vuoden aikana 984 aikuista lohikalaa. Kaloista 60 % oli merilohia, 32 % meri- ja järvitaimenia ja 8 % kirjolohia. Merilohien nousu kalatiessä painottui loppukesään, lohista 82 % nousi elo-syyskuun aikana. Vaikka suurin osa taimenista ja kirjolohista käytti kalatietä heinäkuussa, ajoittui niiden nousu lohta tasaisemmin eri kuukausille. Aikuisten lohikalojen lisäksi kalatien keräilyaltaassa oli harjuksia, nieriöitä, ahvenia, särkikaloja ja runsaasti lohikalojen istutuspoikasia.

Kalatien kummastakin sisäänkäynnistä nousi suunnilleen yhtä paljon lohia ja taimenia. Kalojen nousu alkoi veden lämpötilan noustua yli 10 asteeseen. Yläveden korkeus ja sitä kautta kalatien virtaama vaikuttivat kalatiehen nousseiden lohien määrään. Lohen nousu kalatiehen loppui, kun yläveden korkeus laski alle N60+11,95, jolloin vesisyvyys kalatien pystyrako-osuuksilla oli alle 1,1 metriä. Meritaimenen nousuun yläveden korkeudella ei ollut yhtä selvää yhteyttä. Myös alaveden korkeudella ja uuden koneaseman koneistojen käytöllä oli vaikutusta kalatiehen nousseiden kalojen määrään. Liian korkea alavesi pienentää virtausnopeuksia kalatien suuaukolla ja näin heikentää virtauksen houkuttelevuutta.

Isohaaran kalatiessä seurattiin kalojen käyttäytymistä lähinnä videokameroiden avulla. Kuvauksilla pyrittiin selvittämään muun muassa lohikalojen nousuaikoja kalatiessä sekä sitä mihin asti ja millaisissa olosuhteissa vaellussiika ja nahkiainen nousevat. Koska vuorokauden aikana nousi yleensä vain muutamia lohikaloja, saatiin kalojen nousuun käyttämästä ajasta vain niukasti tietoa. Vaellussiikojen havaittiin uivan sisälle kalatiehen, mutta pyyntialtaaseen asti ne eivät tietävästi nousseet. Nahkiaisten videoseurantaa kalatiessä vaikeutti nousun ajoittuminen hämärän ja pimeän aikaan. Kuvauksissa havaittiin nahkiaisilla olevan vaikeuksia uida pystyraoista, minkä vuoksi pystyrakoihin asennettiin 'nahkiaisharjakset'. Nahkiaisten havaittiin käyttävän harjaksia apunaan uidessaan pystyraon läpi. Harjasten asentamisen jälkeen nahkiaiset pystyivät nousemaan kalatiessä aina Denil-osuuden alapuolelle. Denil-osuuteen nahkiaiset eivät nousseet.

Kemijoelle vaeltavat merilohet ja -taimenet ovat peräisin pääasiassa jokisuulle ja läheiselle merialueelle tehdyistä istutuksista. Niiden motivaatio nousta padon yläpuolelle lienee melko heikko tai olematon. Patoaltaaseen istutetuilla järvitaimenilla vietti nousta padon yläpuolelle

voi olla merilohta ja -taimena voimakkaampi. Tähän vaikuttaa kuitenkin se, minkä kokoisina kalat on jokeen istutettu. Olisi suositeltavaa toteuttaa uusi laaja kalatiseuranta sen jälkeen, kun Perämeren kalamäärät alkavat kasvaa ja kun suunnitteilla oleva Nousukas-projekti on toteutettu.

Kalojen ohjautumista Isohaaran kalatien suulle voidaan tehostaa erilaisten ohjainten avulla. Tätä tulisi tutkia silloin, kun kalatien alapuoliset kalamäärät kasvavat. Eräs tärkeä tutkimuskokonaisuus, jota Isohaarassa voidaan myös tutkia, ovat nahkiaisen nousuun vaikuttavat tekijät Denil-kalatiessä.

KIRJALLISUUS

- Heikkinen, H. 1995. Denil-kalatien yläosan virtausolosuhteet. Diplomityö. Luonnos. 75 s.
- Ikonen, E. 1995. Lohen pyynnin nykyisyys. VII Kalastusmuseopäivät. Lohen jokipyynnistä merikalastukseen -symposiumi, Kemin kaupungin kulttuurikeskus 31.1.1995. 2 s.
- Mikkola, J. & Saura, A. 1994. Viemäristä lohijokeksi. Vantaanjoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1987-1993. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia 84. 90 s.
- Paulaharju, K. 1967. Taivalkosken siianlippous. Teoksessa: Linkola, M. Entinen Kemijoki. s. 140-149.
- Saura, A., Mikkola, J. & Ikonen, E. 1992. Kymijoen vaelluskalatutkimukset 1989-1991. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia 52. 60 s.
- Viitala, J. 1995. Kemijokisuun velvoiteistutuksista peräisin olevien merilohien telemetriatutkimuksen raportti. Lapin maaseutuelinkeinopiiri, kalatalouden vastuualue. Käsikirjoitus, 8 s. + liitteet.
- Vilkuna, K. 1975. Lohi. 423 s.
- Voimalohi Oy. 1995. Kalanhoidon tarkkailutulokset. Kemijoki ja Iijoki 1983-1994. Merialue. 8 s.

KEMIJOKISUULLE JA SEN EDUSTAN MERIALUEELLE VUOSINA 1993-95 TEHDYT KALAISTUTUKSET

Vuonna 1993 Kemijokisuulle istutettiin 605 000 lohen vaelluspoikasta (+4,09 % alle 14 cm) sekä 72 000 meritaimenen vaelluspoikasta (+1,3 % alle 18 cm).

Vuonna 1994 Kemijokisuulle ja sen edustan merialueelle istutettiin 97 000 meritaimenta (+2 % alle 18 cm) jäidenlähdön jälkeen ja kesäkuun loppuun mennessä 522 000 lohta (6,25 % alle 14 cm). Lohista 5,6 % eli noin 29 000 oli pituudeltaan 13,0-13,9 cm. Sen lisäksi istutettiin 35 000 alle 13 cm pituista lohta. Kokoluokan 13,0-13,9 poikaset hyväksyttiin istutuksiin maa- ja metsätalousministeriön erillispäätöksellä, joka perustui vuosien 1992-93 poikkeuksellisen kylmiin kasvukausiin ja istutushetken fysiologisiin vaellusvalmiustesteihin. Kemijokisuulle sekä Kaakamon ja Ajoksen kalasataman väliselle alueelle istutettiin elo-lokuussa 1 450 000 yksikesäistä vaellussiikaa.

Vuonna 1995 Kemijokisuulle ja sen edustan merialueelle istutettiin 15.5.-17.5. 74 800 meritaimenta (1 % alle 18 cm). Ensimmäinen erä istutettiin poikkeuksellisesti 12.4., millä selvitetään aikaisen istutusajankohdan vaikutusta kalojen käyttäytymiseen. Toukokuun loppupuolella, 17.5-20.5., istutettiin 877 000 merilohta (2 % alle 14 cm).

KEMIJOKEEN JA ISOHAARAN PATOALTAASEEN VUOSINA 1993-95 TEHDYT KALAISTUTUKSET

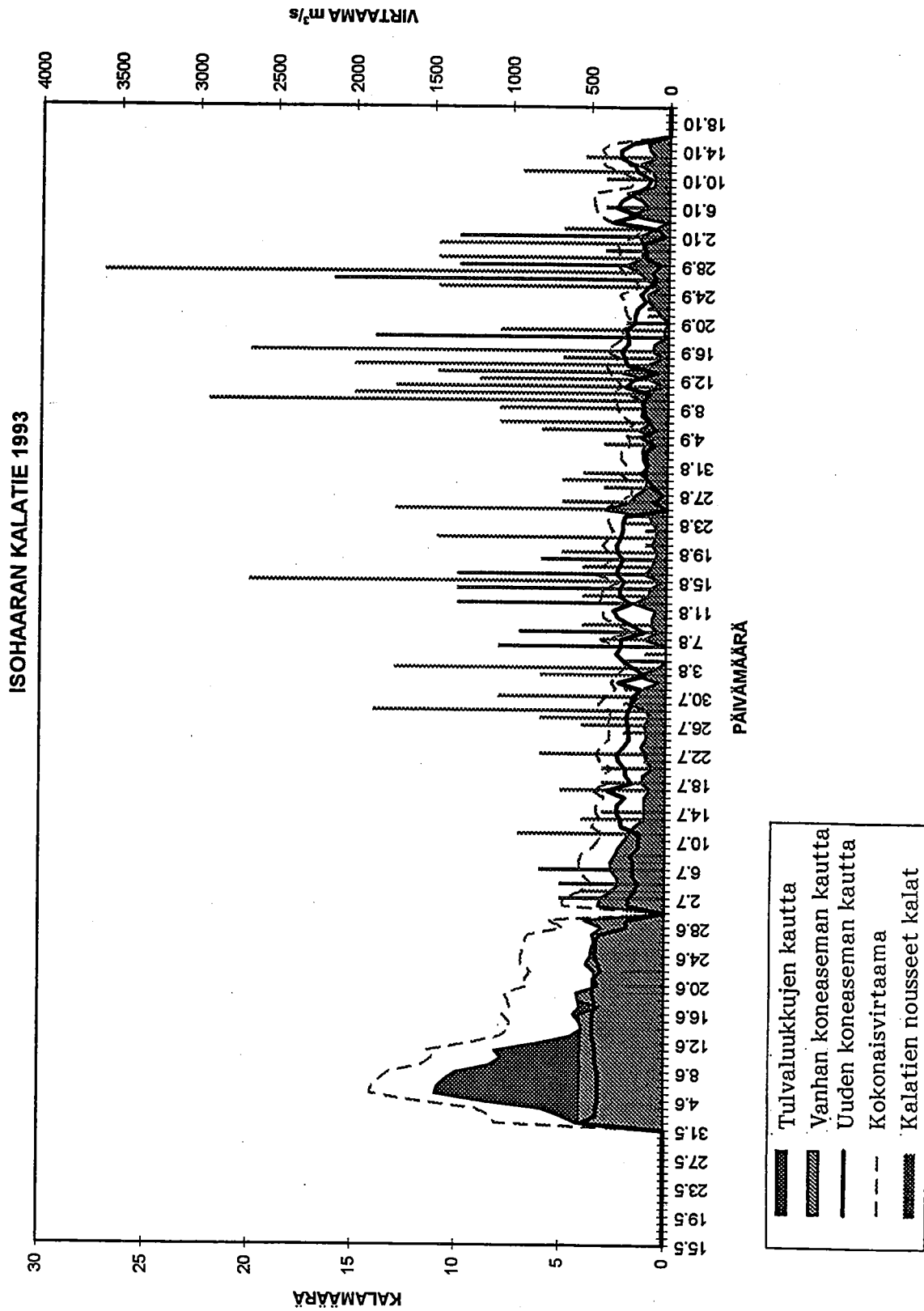
Vuonna 1993 Isohaaran patoaltaaseen istutettiin 415 kg kaksivuotiaita ja 360 kg kolmivuotiaita järvitaimenia sekä 2987 kpl keskipainoltaan 0,5-1,0 -kiloisia kirjolohtia.

Vuonna 1994 Maulaan istutettiin 421 kaksivuotiaista järvitaimenta ja Alapaakkolaan 2 280 kolmivuotiaista järvitaimenta. Lisäksi patoaltaaseen istutettiin 978 kirjolohta. Vuonna 1994 istutukset tehtiin aikaisemmista vuosista poiketen veneestä eri puolille patoallasta. Alin istutuspaikka oli kaksi kilometriä vuoden 1993 alinta istutuspaikkaa ylempänä.

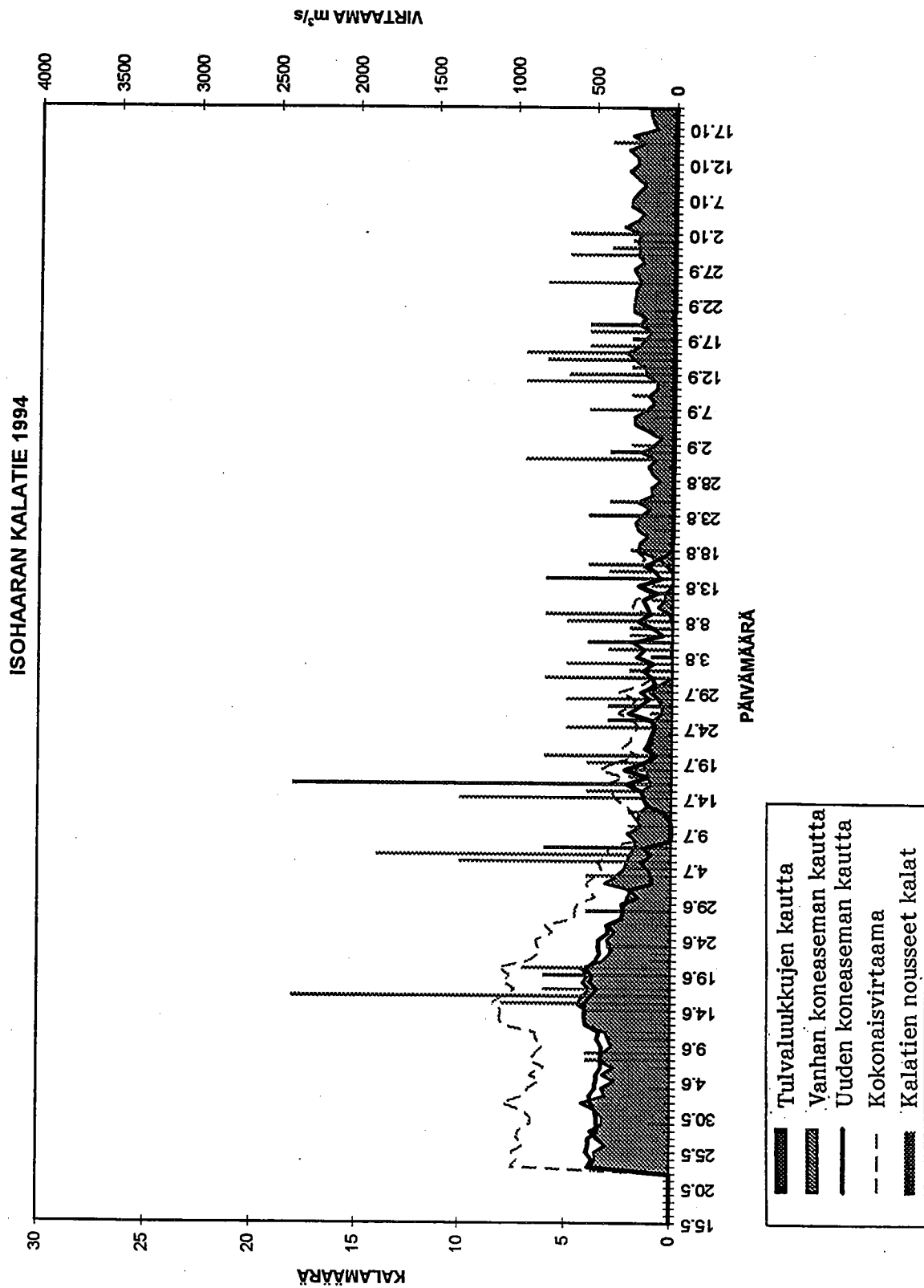
Keväällä 1995 tulvajuokсутusten loputtua patoaltaaseen istutettiin 1 268 kg kirjolohta (keskipaino 0,7 kg). Syksyllä istutettiin 694 kg kirjolohta (keskipaino 0,9 kg). Keväällä istutettiin patoaltaaseen järvitaimenia 498 kg (keskipaino 0,5 kg).

Voimalohi Oy poistaa vuosittain tuotannostaan poikasajan kuolleisuusprosentin vaihtelusta johtuvia ylimääräisiä merilohen ja meritaimenen poikasia. Poikaset istutetaan Ossauskosken kalanviljelylaitokselta suoraan pääuomaan tai alueen kalastuskunnat istuttavat kalat Kemijoen sivujokiin. Vuonna 1995 pääuomaan istutettiin 145 700 yksivuotiaita merilohia (7 cm, 3,5 g) ja 98 400 nollavuotiaita merilohia. Sivujokiin istutettiin 37 220 nollavuotiaita meritaimenia (12 cm, 18 g).

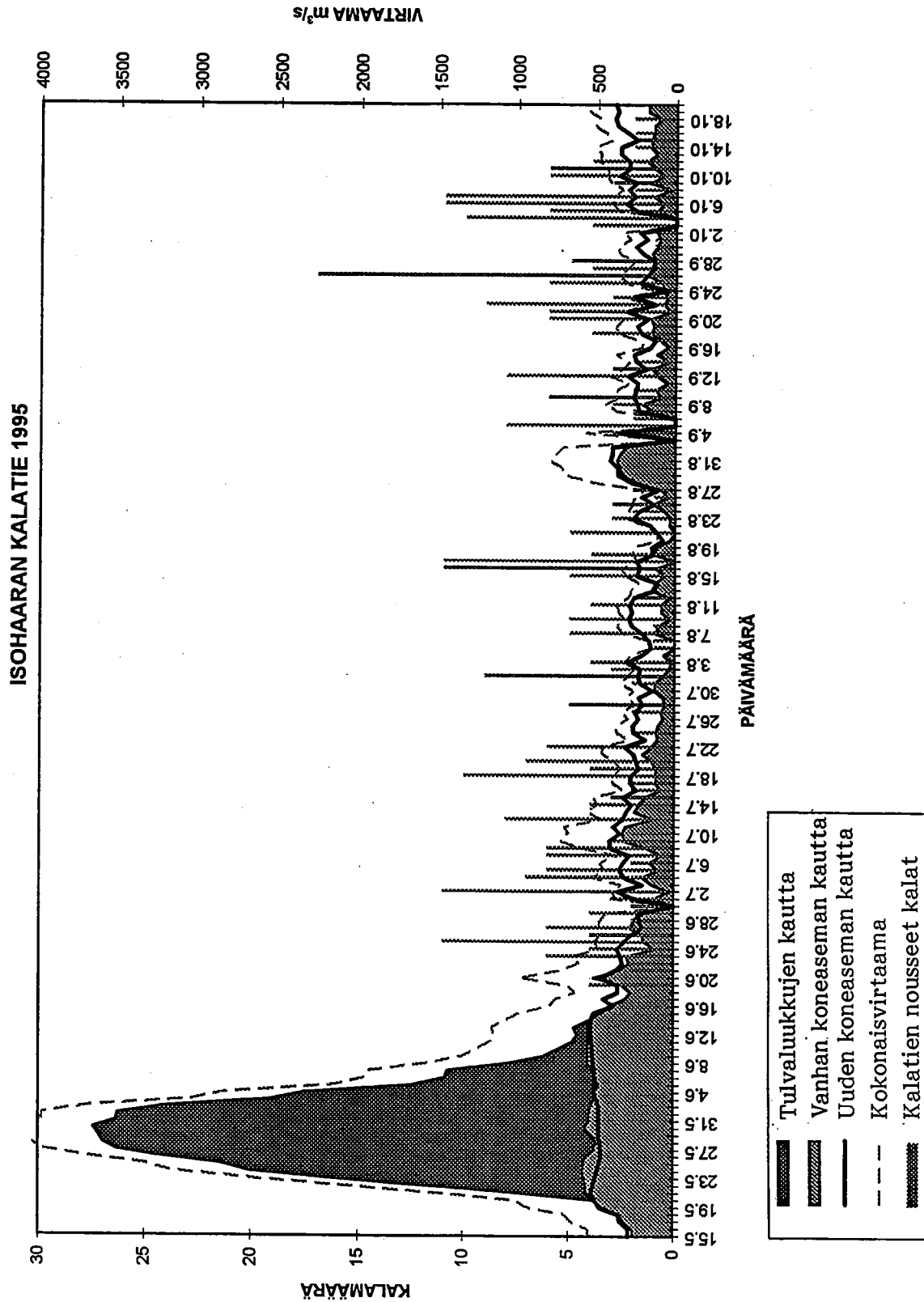
ISOHAARAN VOIMALAITOKSEN JUOKSUTUKSET JA KALATIEN NOUSSEET
KALAT VUOSINA 1993-95



ISOHAARAN VOIMALAITOKSEN JUOKSUTUKSET JA KALATIEN NOUSSEET
KALAT VUOSINA 1993-95



ISOHAARAN VOIMALAITOKSEN JUOKSUTUKSET JA KALATIEN NOUSSEET
KALAT VUOSINA 1993-95



**OULUN YLIOPISTON KALATIETUTKIMUKSEEN LIITTYVÄT JULKAISUT
PUBLICATIONS ON FISHWAY RESEARCH AT THE UNIVERSITY OF OULU**

Kamula, R., Interdisciplinary research for successful fish migration improvement. In: Proc. Int. symposium on fishways '95 in Gifu, Japan Oct. 24-26, 1995. p. 385-390

Laine, A., Kamula, R., Recent studies on fishways at the University of Oulu, Finland. Sapporo Meeting on 'Fishpassage for Northern Countries. Oct. 20th 1995, Sapporo, Japan. Technology Research Center for Riverfront Development. p. 3-18

Pohjamo, T., Special devices for a combination of fishway and boat channel. Sapporo Meeting on 'Fishpassage for Northern Countries. Oct. 20th 1995, Sapporo, Japan. Technology Research Center for Riverfront Development. p. 19-30

Laine, A., Fish behaviour in Finnish fishways. In: Proc. Int. symposium on fishways '95 in Gifu, Japan Oct. 24-26, 1995. p. 323-328

Pohjamo, T., A combination of fishway and boat channel. In: Proc. Int. symposium on fishways '95 in Gifu, Japan Oct. 24-26, 1995. p. 371-376

Kamula, R., Hooli, J., Eri mallityyppien käyttö vesirakennustekniikassa. Vesitalous 5/1995. s. 6-8

Kamula, R., Laine, A., Hooli, J., Climbing up fishways. In: Aktuumi. Sanomia Oulun yliopistosta, English language issue. No. 4, 1995, p. 12-15

Kamula, R., Pystyrakokalateiden hydrauliiikka ja pienoismallikokeet. Hydraulics and scale model studies of vertical slot fishways. Oulun yliopisto, Vesitekniikan laboratorio, sarja A:61. Oulu 1995. 75 s. ISBN 951-42-4148-7, ISSN 0781-934X (in Finnish with English abstract)

Herva, M., Vanha jokikalastus käytti hyväkseen lohikalajien virtahakuisuutta. Suomen Kalastuslehti 3/1995, s. 20-22

Kamula, R. (ed.), Travelling fishways. Travel accounts from the Hydraulic and Water resources Engineering Laboratory. Oulun yliopisto, Vesitekniikan laboratorio, sarja A:59. 57 s. Oulu 1994

Herva, M., The present importance of the fishways in Norway. Report on the excursion to fishways in Norway in 11.-17.9.1991. In: Kamula, R. (ed.), Travelling fishways. Travel accounts from the Hydraulic and Water resources Engineering Laboratory. Oulun yliopisto, Vesitekniikan laboratorio, sarja A:59. s. 1-8

Herva, M., Fiskevandring og systematiske fiskeveiobservasjoner. In: Kamula, R. (ed.), Travelling fishways. Travel accounts from the Hydraulic and Water resources Engineering Laboratory. Oulun yliopisto, Vesitekniikan laboratorio, sarja A:59. s. 9-20

Kamula, R., Pohjamo, T., Hooli, J., Fishways in Northern Sweden. Report on the excursion to Northern Sweden in 25.-27.8.1992. In: Kamula, R. (ed.), Travelling fishways. Travel accounts from the Hydraulic and Water resources Engineering Laboratory. Oulun yliopisto, Vesitekniikan laboratorio, sarja A:59. s. 21-43

- Kamula, R., Shared responsibility for shared resources. AFS 123rd annual meeting in Portland, Oregon. Travel account 28.8-2.9.1993. In: Kamula, R. (ed.), Travelling fishways. Travel accounts from the Hydraulic and Water resources Engineering Laboratory. Oulun yliopisto, Vesitekniikan laboratorio, sarja A:59. s. 44-57
- Kamula, R., The Isohaara fishway - successful design by means of research. In: Proceedings of the 1st international Symposium on Habitat Hydraulics, August 18.-20., 1994. Trondheim, Norway. p. 268-276
- Kamula, R., Hooli, J., Fishways as means of conserving migrating fish stocks. In: ISCORD'94 Symposium Report, extended abstracts. Fourth International Symposium on Cold Region Development, June 13-16, 1994, Helsinki, Finland. p. 235-236
- Kamula, R., Bonnevilien padossa on neljä kalatietä. Suomen Kalastuslehti 2/1994, s. 22-23
- Kamula, R., Pääosassa lohi. Oulun kalatietutkimus mukana American Fisheries Societyn kokouksessa Portlandissa, Oregonissa 28.8-2.9.1993. Suomen Kalastuslehti 2/1994, s. 24
- Laine, A., Kalojen uintikäyttäytyminen ja siihen vaikuttavat tekijät virtaavassa vedessä ja kalatiessä. The swimming behaviour of fish and factors affecting it in flowing water and fishways. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, sarja A:53. Oulu 1993. 74 s.
- Laine, A., Kamula, R., Hooli, J., Fundamental concepts of fish passage in Scandinavian Countries. In: Fish passage policy and technology. Proceedings of a symposium. Sponsored by the Bio-engineering section of the American Fisheries Society. September 1993. Portland, Oregon USA. p. 81-85
- Kamula, R., Laine, A., Hooli, J., Considering non-salmonid fish in fishway hydraulics. In: Fish passage policy and technology. Proceedings of a symposium. Sponsored by the Bioengineering section of the American Fisheries Society. September 1993. Portland, Oregon USA. p. 117-121
- Herva, M., Vapaa kalankulku, kalojen käyttäytyminen ja rinnakkaiset kalatiet. Kokemuksia Japanin kalateistä. Suomen Kalastuslehti 4-5/1993, s. 12-14
- Herva, M., Kalankulun seuranta joessa ja kalateissä. Suomen Kalastuslehti 4-5/1993, s. 14-17
- Herva, M., Japanin kalatiesymposiumin esitelmien pääasiallinen sisältö. Vesitalous 2/1993 s. 18-21.
- Kamula, R., Kalaportaaltä kolmannelle - lyhyt katsaus kalateiden historiaan. Suomen Kalastuslehti 1/1993. s. 4-7.
- Kamula, R., Laine, A., Pohjamo, T., Hooli, J., Siikajoen Pöyryn kalatien tutkimus ja seuranta. Yhteenvetoraportti vuosien 1989-91 tutkimuksista. The research in the Pöyry fishway of the river Siikajoki, Finland. Summary report. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, sarja A:49. Oulu 1992. 55 s. + liitt.
- Kamula, R., Pohjamo, T., Ajatuksia kalateistä. Vesitalous 6/1992. s. 27-30.

- Ylinärä, T., Paaso, M. K. J., Siian pakoreaktivoiman ja syöksy-uintiliikkeen taajuuden mittaaminen voima-anturia käyttäen. *Vesitalous* 3/1992. s. 34-39.
- Hooli, J., Kalateitä koskevan tutkimustoiminnan ohjelmointi Oulun yliopistossa. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, sarja A:51. Oulu 1992. 34 s.
- Ylinärä, T., Vedennopeuden mittaaminen kalatiessä. *Vesitalous* 2/1991. s. 31-34.
- Herva, M., Tietä kalalle. *Kaleva* 27.1.1991. Eripainos. 8 s.
- Kamula, R. (toim.), Siikajoen Pöyryn kalatien tutkimus ja seuranta. Raportti vuodelta 1990. Viitasaaren Kärnänkosken kalatien tutkimus ja seuranta. Raportti vuodelta 1990. Siikajoen Ruukinkosken kalatien virtaustilaselvitys. Raportti vuodelta 1990. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, sarja A:46. Oulu 1991. 31+28+14 s. +liitt.
- Laine, A., Ylinärä, T., Heikkilä, J., Hooli, J., Siikajoen Pöyryn kalatien tutkimus ja seuranta. Raportti vuodelta 1989 ja tutkimussuunnitelma vuodelle 1990. Viitasaaren Kärnänkosken kalatien seuranta ja virtaustilaselvitys. Raportti vuodelta 1989. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, sarja A:43. Oulu 1990, 52+22 s.
- Laine, A., Kalojen uiminen ja siihen vaikuttavat tekijät Inarin Kirakkakönkään kalatiemallissa. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio. Julkaisu n:o 41, sarja A, 1990, 107 s.
- Laine, A., Ylinärä, T., Heikkilä, J., Kokemuksia Siikajoen Pöyryn ja Viitasaaren Kärnänkosken kalateistä. *Suomen Kalastuslehti* 7/1990. s. 300-301.
- Laine, A., The effects of a fishway model hydraulics on the ascent of vendace, whitefish and brown trout in Inari, northern Finland. *Aqua Fennica*, vol. 20, 2/1990. p. 191-198.
- Heikkilä, J., Hooli, J., Swimming behaviour of fish in flowing water: a multidisciplinary research project within the University of Oulu. *Acta univ. Ouluensis F* 3/1989. s. 56-61. 6 s.
- Hooli, J., Mela, M., Ylinärä, T., Vesivirran nopeuden ja pako-reaktivoiman mittaaminen vaelluskalan uintitutkimuksessa. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio. Julkaisu n:o 39, sarja A. 1989. 84 s.
- Hooli, J., Kalateiden pienoismallikokeista. *Vesitalous* 1/1989. 7 s.
- Laine, A., Heikkilä, J., Kalatiesuunnittelu - kokonaisvaltaista kalakannan palvelua. *Vesitalous* 4/1989: 38-41.
- Heikkilä, J., Herva, M., Hooli, J., Laine, A., Ylinärä, T., Kalatietutkimus ja vaelluskalan uinti virtausesteessä.
- Osa 1. Kalatietutkimuksen toteuttaminen
 - Osa 2. Koekalojen uiminen pienoismalliportaassa turbulentsissa virtauksessa
 - Osa 3. Havainto- ja mittaustekniikan kehittäminen - videokuvaus ja kaikuluotaus
 - Osa 4. Havainto- ja mittaustekniikan kehittäminen - venymäliuskamittari
- Julkaisuluettelo
- Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio. Julkaisu n:o 34, sarja A, 1988. 92 s.

- Liikkanen, R., Heikkilä, J., Kotivesiä jokikaloille, Helsingin Sanomat/sunnuntai 24.7.1988.
- Hooli, J., Heikkilä, J., Ylinärä, T., Kalateitä koskevien tutkimusprojektien loppuraportit. Vuosien 1985-1986 kenttä-tutkimukset. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio. Julkaisu n:o 32, sarja A, 1988. 31 s.
- Herva, M., Hooli, J. (toim.), Kalojen virtakäyttäytyminen neuvostoliittolaisten tutkimusten valossa. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio. Julkaisu n:o 33, sarja A. 1988. 136 s.
- Herva, M., Heikkilä, J., Hooli, J., Laine, A., Ylinärä, T., Kalatietutkimus ja vaelluskalan uinti virtausesteessä. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio. Julkaisu n:o 34, sarja A, 1988. 102 s.
- Hooli, J., Studies in the fishway models. Aqua Fennica, Vol. 18, 2/1988. p. 171-178
- Laine, A., Tervaniemi, O. M., Inarin Kirakkakönkään kalatiemallit. Suomen Kalastuslehti 94/1987 s. 9-12
- Liikkanen, R., Heikkilä, J., Kalaportaiden kautta kutumatkalle. Helsingin Sanomat/sunnuntai 31.10.1987
- Laine, A., Kalatietutkimus Kirakkakönkällä vuosina 1984 ja 1985. SITRA, julkaisu A 79. Helsinki 1986. 80 s.
- Hooli, J., Kalatiet kalataloudellisissa kunnostushankkeissa. Koetoiminnan yleiset puitteet Oulun yliopistossa. HY:n täydennyskoulutuskurssi/Kalavesien kunnostus 14.-16.10.1986 Siilinjärvi. s. 43-44.
- Narkilahti, A., Kirakkakönkään kalatiemallit ja niiden virtauskokeet. Diplomityö, Oulun yliopisto 1986. Vesihallituksen monistesarja n:o 363. 89 s.
- Laine, A., Kalojen nousukäyttäytyminen Kirakkakönkään kalatie-mallissa. Vuoden 1985 tulokset. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, julkaisu 22, sarja A 1986. 72 s.
- Veijalainen, V., Kalateiden hydraulikka. Vesitalous 4/1986. s. 30-34. 5 s.
- Herva, M., Keminmaassa oleva kalatien pienoismalli kalakokeiden suorituspaikkana. HY:n täydennyskoulutuskurssi/Kalavesien kunnostus 14.-16.10.1986. Siilinjärvi. s. 48-56.
- Laine, A., Inarin Kirakkakönkään kalatiekokeilu. HY:n täydennyskoulutuskurssi/Kalavesien kunnostus 14. -16.10.1986. Siilinjärvi. s. 45-47.
- Korhonen, J., Heikkilä, J., Vaellussiian julkinen häämatka. Helsingin Sanomat/sunnuntai 3.8.1986.
- Haarahiltunen, P., Heikkilä, J., Siikatutkijat saalistavat videolla. Kuvalehti Pellervo n:o 15/1986. s. 36-39.
- Herva, M., Kalan kulku ja kalatie. Esitelmä II vesistötutkimuspäivillä. Jokien kalataloudellinen kunnostaminen. Oulu 16.4.1985. VH:n monistesarja n:o 342. 23 s.

Veijalainen, V., Kalaportaan hydraulinen mitoitus. Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, sarja A:17. Oulu 1985. 96 s.

Hooli, J., Kalatietutkimus ja kalateiden koerakentaminen. Rakennustekniikka 5/1984. s. 371-375. 5 s.

Laine, A., Kalatietutkimus ja kalateiden koerakentaminen. Kirakkajoen tutkimusraportti vuodelta 1983. Oulun yliopisto, vesirakennustekniikan laitos, sarja A:13. Oulu 1984. 45 s.

Herva, M. (toim), Kalatiemalli ja siinä suoritettu koetutkimus. Oulun yliopisto, vesirakennustekniikan laitos, julkaisu 15, sarja A, 1983. 66 s. + liitt.

Helenius, L., Keränen, M., Savolainen, J., Veijalainen, V., Tutkimus kalateistä. Oulun yliopisto, vesirakennustekniikan laitos, julkaisu 7, sarja A, 1981. 47 s.