

K. JUNTUNEN

SUOMEN ITSENÄISYYDEN JUHLAVUODEN 1967 RAHASTO

KIRAKKAKÖNKÄÄN KALATIENTUTKIMUS

Anne Laine

SARJA A
Nro 79

HELSINKI 1985

ESIPUHE

Kalateitä koskeva tutkimus- ja kehitystoiminta on ollut maasamme hyvin vähäistä ja sattumanvaraista. Kun kalateitä ei ole rakennettu, ei ole ollut myöskään edellytyksiä niitä koskevan suunnitteluperinteen muodostumiseen. Huoli luonnonkalakantojen säilymisestä on kuitenkin lisännyt siinä määrin yleistä kiinnostusta asiaan, että tällä hetkellä kalateiden suunnittelu on esillä useissa vesistöissä osana kalataloudellista kunnostusta.

Kun kunnostamistarve koskee erityisesti Keski- ja Pohjois-Suomea, on kalatietutkimuksiin panostamista Oulun yliopistossa pidettävä erittäin perusteltuna. Tästä syystä nyt toteutetun tutkimuksen lähtökohdat ovatkin Oulun yliopistossa laaditussa laajajakossa tutkimusohjelmassa.

Hydraulisten olosuhteiden huomioon ottamista kalateiden mitoituksessa on tutkittu Oulun yliopiston vesitekniikan laboratoriossa. Tästä on valmistunut erillinen tutkimusraportti, joka on julkaistu laboratorion julkaisusarjassa (sarja A, numero 17).

Kokeellinen tutkimustoiminta kenttäoloissa aloitettiin syksyllä 1982, jolloin rakennettiin yliopiston toimesta kalaportaan pienoismalli Kemijoen partaalle Keminmaalle. Samana syksynä siinä tehtiin opiskelijoiden erikoistyönä virtausselviytyksiä sekä alustavia kokeita kalojen käyttäytymisestä. Tehdystä erikoistyöstä on laadittu erillinen julkaisu (Oulun yliopisto, vesitekniikan laboratorio, sarja A, numero 15). Myöhemminä kesinä kokeita on jatkettu mm. tutkimusmetodien ja mittausmenetelmien kehittämiseksi. Siinä saatuja kokemuksia on käytetty hyväksi Inariin tehdyn Kirakkakönkään kalatiemalien rakentamisessa. Kesällä 1984 saatujen tulosten täydentämiseksi on tehty virtausmittauksia apajapaikoilla Tornionjoen kahdessa alimmassa koskessa.



Professori Jussi Hooli, puheenjohtaja, Oulun yliopisto
Piiripäällikkö Olli Tuunainen, varapuheenjohtaja, Lapin
kalastuspiiri

Dosentti Kalevi Kuusela, Oulun yliopisto

Dipl.ins. Matti Herva, Keminmaa

Tutkija Erkki Ikonen, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Dipl.ins. Esko Valtanen, Lapin vesipiiri

Kalabiologi Sakari Kännö, Lapin vesipiiri

Dipl.ins. Risto Mäkinen, SITRA, 30.10.1983 saakka

Dipl.ins. Jarmo Helasterä, SITRA, 1.11.1983 alkaen

Tarkastaja Pentti Munne, Maa- ja metsätalousministeriö

Johtoryhmän sihteerinä on toiminut 31.12.1983 saakka insi-

nööri Jouko Alatalo Lapin vesipiiristä ja 1.1.1984 alkaen

fil. kand. Anne Laine Oulun yliopistosta.

Edellä mainittujen ohella tutkimuksen toteuttamisessa ovat avustaneet useat henkilöt mm. Lapin vesipiiristä, Inarin kunnan sähkölaitokselta, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokselta sekä Lapin kalastuspiiristä.

SITRA kiittää kaikkia tutkimukseen osallistuneita vaikeissakin olosuhteissa tehdystä suuriarvoisesta työstä.

Helsingissä 12. syyskuuta 1985

Suomen itsenäisyyden juhlavuoden 1967 rahasto, SITRA

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	2
2.1	Tutkimusalue	2
2.2	Ympäristöolot	4
2.3	Kalatutkimus	5
2.3.1	Kalasto ja koekalat	5
2.3.2	Näytteiden otto ja käsittely	6
2.3.3	Turbiinikokeet	6
2.4	Kalatiemallit	7
2.4.1	Kalaporras	7
2.4.2	Borland-kalatie	8
2.5	Kalatieutkimus	8
2.5.1	Kalaporras	8
2.5.2	Borland-kalatie	10
3	TAUSTATIEDOT KALATIEUTKIMUSTA VARTEN	10
3.1	Ympäristön olosuhteet	10
3.1.1	Ilman ja veden lämpötila	10
3.1.2	Voimalan käyttö ja alakanavan virtaustila	10
3.1.3	Plankton	11
3.2	Kalasto	11
3.2.1	Ukonjärvi	11
3.2.2	Alakanava ja luonnonuoma	12
3.2.3	Yläpuolinen vesistö	13
3.3	Kalojen vaurioituminen voimalan turbiineissa	14
3.3.1	Alas laskeutuvat kalat	14
3.3.2	Kalakokeet	14
4	TULOKSET KALATEISSÄ TEHDYISTÄ KOKEISTA	15
4.1	Kalaporraskokeet	15
4.1.1	Pikkusiika	15
4.1.2	Pikkutaimen	16
4.1.3	Emotaimen	17
4.1.4	Järvitaimen	19
4.1.5	Pohjasiika	20

	4.2	Borland-kalatiekokeet	20
5.		TULOKSET KALOJEN NOUSUSTA KALAPORTAASEEN. . .	21
	5.1	Kalojen nousu kesällä 1983	21
	5.2	Kalojen nousu kesällä 1984	22
	5.2.1	Sääolot ja veden lämpötila. . .	22
	5.2.2	Kalamäärät ja kalojen jakautu- minen kalaportaaseen.	22
	5.2.3	Kalojen käyttäytyminen.	23
	5.2.4	Nousukalojen kuvaus	24
6		JOHTOPÄÄTÖKSET	25
	6.1	Kalasto	25
	6.1.1	Inarijärvi ja Ukonjärvi	25
	6.1.2	Alakanava	26
	6.1.3	Rahajärvi	27
	6.1.4	Kirakkajoki	27
	6.2	Kalaporras	28
	6.2.1	Paikallisilla kaloilla tehdyt kokeet	28
	6.2.2	Paikallisen kalan nousu kalaportaaseen	29
	6.2.3	Paikalle tuoduilla kaloilla tehdyt kokeet	31
	6.3	Borland-kalatie	34
	6.4	Kalat ja virtausnopeus	35
	6.5	Alas laskeutuvat kalat	36
7		KALAPORTAAN SUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	38
	7.1	Koekalaportaan heikkoudet	38
	7.2	Kalaportaan sijoittaminen ja rakenteet	39
	7.3	Kalaportaan rakentamisen edellytykset ja vaikutukset	41
8		TIIVISTELMÄ	42
9		KIRJALLISUUS	46

Maa- ja metsätalousministeriön aloitteesta Inarin kunta on teettänyt kalatalousselvityksen Kirakkajoen vesistöön kuuluvista Raha- ja Hammajärvistä. Tämä säännöstelyn vaikutuksia järvien kalakantoihin sekä kalakantojen hoitosuunnitelman käsittelevä raportti valmistui 1982 (Sarjamo 1982). Samana vuonna teki Inarin kunta puolestaan maa- ja metsätalousministeriölle aloitteen kalatien rakentamisesta Rahajärven alapuolisessa Kirakkaköngkäässä olevan vesivoimalan ohi. Oulun yliopistossa olivat jo tällöin vesirakennustekniikan ja eläintieteen laitokset yhteistyössä aloittaneet kalateitä koskevan mallitutkimuksen. Nämä erillisinä lähteneet toimenpiteet johtivat kalateitä koskevan tutkimustoiminnan laajentumiseen niin, että Oulun yliopisto, Lapin vesipiiri, Lapin kalastuspiiri ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos laativat laajahkon tutkimussuunnitelman, jossa esitettiin mm. kalatiemallien rakentamista Kirakkaköngkääseen. Lapin vesipiiri rakensi paikalle kesä- ja heinäkuussa 1983 tutkimusta varten tavallisen kalaportaan ja Borland-kalatien (kuva 1). Tutkimustoiminta käynnistyi samana kesänä ja jatkui 1984.

Tutkimus jakautuu periaatteessa kolmeen osa-alueeseen:

a) varsinaiseen kalatietutkimukseen, johon kuuluvat erilaiset rakenne- ja virtaustilaselvitykset, b) kalatutkimukseen, jossa selvitetään kalojen käyttäytymistä kalateissä erilaisissa olosuhteissa ja tutkitaan koekalojen ohella myös paikallista kalastoa, ja c) yläpuolisen vesistön tutkimukseen. Virtaustila- ja rakenneselvityksistä on tekn. yo. Auli Narkilahti tehnyt Oulun yliopiston vesirakennustekniikan laitokselle diplomityön. Se julkaistaan vesihallituksen monistesarjassa.

Yläpuolisen vesistön tutkimuksesta tekee biol. yo. Olli-Matti Tervaniemi Oulun yliopiston eläintieteen laitokselle opinnäytetyön, joka valmistunee 1986. Molempien edellä mainittujen tutkimusten alustavia tuloksia on soveltuvin osin käytetty tässä raportissa.

Patorakentamisen kanssa joutuvat tekemisiin anadromien (esim. lohi ja taimen) ja katadromien kalojen (ankerias) ohella myös paikalliset, pieniä vaelluksia suorittavat kalat. Kalatie tarvitaan, jos halutaan pitää kalojen elinympäristö yhtenäisenä syönnös- sekä lisääntymis- ja poikaskasvualueiden muodostamana kokonaisuutena. Kalateiden rakentamisen historiaa ja nykytilaa sekä niiden rakennetta ja toimintaa niin Pohjoismaissa kuin muualla maailmassa ovat suomalaisista tutkijoista tarkastelleet mm. Herva (1981) ja Helenius ym. (1981).

Kalatieen aikaan saaminen edellyttää onnistumista sen suunnittelussa ja sijoittamisessa sekä rakentamisessa ja käytössä. Pienoismallikalateita on menestyksellisesti käytetty mm. Borland-kalatie kehittämissä (Murphy ja Dooge 1951). Myös Bonnevillen kalatielaboratoriolla on ollut merkittävä vaikutus kaikkialla saavutettuihin tuloksiin (Collins ja Elling 1960). Suomessa pienoismallikalatietutkimusta on tehty Keminmaassa (Herva 1983). Kirakkaköngkällä päädyttiin koekalateiden rakentamiseen, koska Suomessa ei ole kalateiden rakentamisen perinnettä. Myös suunnitteluperusteiden ja ohjearvojen tarkistaminen sisävesikalajien kannalta on tullut ajankohtaiseksi, koska niille tarkoitettujen kalateiden suunnittelussa ei ole tapahtunut juuri edistymistä mm. lohen ja taimenen kalateiden suunnitteluun verrattuna (Katopodis 1981). Esimerkiksi lähes kaikki Länsi-Euroopan kalatiet ovat Atlantin lohelle ja taimenelle rakennettuja (Herva 1981).

Tässä tutkimuksessa selvitetään Inarijärveen laskevien jokien kalojen nousua kalatiemalleihin. Sen lisäksi, että tuloksia voidaan käyttää varsinaisen kalatien suunnittelussa, ne antavat tietoa kalojen käyttämisestä erilaisissa virtausoloissa ja esimerkiksi luonnonolojen vaikutuksista siihen.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusalue

Inarin kunnan alueella sijaitseva Kirakkajoki kuuluu Paatsjoen vesistöön, jonka keskusaltaana on Inarijärvi (kuva 2).

Inarijärveen Kirakkajoen vedet laskevat lounaasta Raha- ja Ukonjärvien kautta (kuva 3). Vesistön valuma-alueen pinta-ala on 471 km^2 ja järvisyys 10 %. Liitteessä 1 esitetään Kirakkajoen vesistön jako osa-alueisiin. Vesistöalueeseen kuuluu kaksi suurehkoa järveä, Rahajärvi ($22,6 \text{ km}^2$) ja Hammasjärvi ($9,3 \text{ km}^2$), joiden osuus koko järvipinta-alasta on kaksi kolmasosaa. Hammas- ja Rahajärven välinen Kirakkajoen osa on 20 km pitkä ja putouskorkeutta on 100 m. Tämä alue kuuluu kalastollisen jokiluokituksen (ks. esim. Huet 1959) taimenvyöhykkeeseen.

Vuonna 1983 tehtiin havaintoja Kirakkajoen kahden koskijakson pohjaeläintuotannosta, kalastosta, pohjan laadusta ja virtausoloista (Laine 1984). Vuonna 1984 laajennettiin vesistö-tutkimusta siten, että biol. yo. Olli-Matti Tervaniemi alkoi kerätä Kirakkajoen harjuksesta ja taimenesta aineistoa opinäytetyötä varten. Tutkimusmenetelminä ovat erilaisten habitaattien kalastus ja niiden geomorfologisten ja hydrologisten ominaisuuksien selvittäminen. Aineiston keruu jatkuu 1985.

Aiemmin vesi purkautui Rahajärvestä Ukonjärveen Kirakkakönkään kautta. Se oli taimenen kutualuetta ja toimi mm. taimenen ja harjuksen nousuväylänä yläpuoliseen vesistöön (Sarjamo 1982). Vuonna 1953 Kirakkakönkään uoma (700 m) jäi tulvavesiväyläksi, kun järvien väliin rakennettu vesivoimala otettiin käyttöön (ks. kuva 3). Tulvavesiväylälle ei ole määrätty erityistä virtaamaa; enimmäkseen se on kuivillaan. Kirakkakönkään voimalaan vesi tulee Rahajärvestä yläkanavaa ja puuputkia myöten (kuvat 4 ja 5). Lyhyen alakanavan jälkeen vedet purkautuvat Ukonjärveen. Putouskorkeus on 13 m. Kuvassa 6 esitetään Kirakkakönkään voimalan pituusleikkaus. Laitoksen teho on 1 MW ja saatava energiamäärä keskimäärin 4 GWh/a. Rakennusvirtaama on $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Laitoksessa on kaksi Francis-turbiinia.

Paatsjoen luusuassa Neuvostoliiton puolella on pato, jolla Inarijärveä säännöstellään voimatalouskäyttöä varten. Inarijärveen yhteydessä olevassa Ukonjärveessä tämä näkyy 1,5 m:n

rajoissa (118 - 119,5 m). Kirakkakönkään yläpuolista Rahajärveä on säännöstelty vuodesta 1953 lähtien. Säännöstelyväli on 2,5 m (130 - 132,5 m). Hammasjärven säännöstely aloitettiin 1963, mutta siitä luovuttiin 1976 Kirakkajoen suponmuodostuksen vuoksi (Sarjamo 1982). Hammasjärven luusuassa on edelleen pato. Puutavaran uitto alkoi Inarijärvellä ja siihen laskevissa joissa 1920-luvulla (Vesihallitus 1980b). Tässä yhteydessä perattiin myös Rahajärveen laskevia Kirakka- ja Ronkajokia. Kirakkajoen perkuukoskia on yhteensä 3,6 km, ja Ronkajoki on paikoitellen lähes rännimäinen.

Kirakkajoen vesistön veden laatuun säännöstelyllä ei ole ollut merkittävää vaikutusta. Kirakkajoen kautta Inariin purkautuva vesi on laadultaan erinomaista (Vesihallitus 1980a). Palomäen (1981) mukaan Inarijärven vedelle on tyypillistä neutraalisuus, vähäravinteisuus, alhaiset kovuusarvot, vähähumuosisuus ja pienet väriarvot. Pintaveden lämpötila nousee harvoin yli 15 °C:n.

2.2 Ympäristöolot

Tutkimuksen aikana tehtiin päivittäin havainnot vallitsevasta säästä ja siinä tapahtuneista muutoksista. Ivalon lentokentän säätiedot (ilman lämpötila, ilmanpaine, tuulen suunta ja nopeus) tilattiin Ilmatieteen laitoksen lentosääosastolta. Vuonna 1983 lukemat otettiin joka tunti, 1984 joka kolmas tunti. Veden lämpötila mitattiin aamuisin voimalan alakanavasta.

Tiedot Ukonjärven ja Rahajärven vedenkorkeuksista sekä alakanavan vuorokausivirtaamista saatiin Kirakkakönkään voimalasta. Alakanavan virtausnopeuksia mitattiin 1983 normaalsiivikolla (malli A OTT C-31, siipi 1-72928) kaikkiaan viideltä poikkileikkauslinjalta. Lukemat otettiin 1 - 4 metrin syvyydeltä eri etäisyyksiltä rannasta (Narkilahti 1985).

Kerran viikossa otettiin alakanavasta heti voimalan alapuolelta planktonnäyte valuttamalla 50 l vettä planktonhaavin

(90 µ) läpi. Näytteet säilöttiin 4-prosenttiseen formaliniin määrittystä ja laskentaa varten. Määrittys tehtiin karkeasti ryhmiin Cladocera, Cyclopoida ja Calanoida. Naupliustoukkavaiheet eroteltiin omaksi ryhmäkseen. Näytteenotto ei ollut tarkka, mutta näytteet ovat keskenään vertailukelpoisia ja antavat riittävän kuvan planktereiden runsaudenvaihteluista sekä muutoksista eri ryhmien välillä. Myös määrittystarkkuus katsottiin riittäväksi.

2.3 Kalatutkimus

2.3.1 Kalasto ja koekalat

Paatsjoen vesistölle on ominaista lohensukuisten kalalajien suuri määrä, useiden särkikalalajien puuttuminen (taulukko 1) sekä siian runsasmuotoisuus. Toivosen ym. (1981) mukaan Inarijärvässä on pohjasiikaa ja räppystä (Coregonus pidschian), riikaa ja reeskaa (C. wartmanni), lehtisiikaa (C. holsatus) sekä istutettuna planktonsiikaa (C. muksun). Lisäksi Inarin järvissä esiintyy alkuperältään epäselvää vaellussiikatyyppistä pikkusiikaa, joka lienee C. lavaretus -siian hidaskasvuinen muoto. Mm. Raha- ja Hammasjärven siika on pääosin juuri tätä (Sarjamo 1982). Inarin siioista taloudellisesti merkittävin on pohjasiika, josta tavataan sekä jokikutuinen että järvikutuinen muoto (Toivonen ym. 1981).

Inarin taimenkannat ovat taantuneet niin, että kaloja nousee enää vain Juutuanjokeen ja Ivalojokeen (Tuunainen ym. 1980). Kirakkajoessa on heikko taimenkanta, jolla on ollut vaellusyhteys Ukonjärven kautta Inarijärveen ennen Kirakkakönkään patoamista.

Varsinaisissa kalatiekokeissa käytettiin voimalan alakanavaan nousevien kalojen (1983 pikkusiika ja pohjasiika, 1984 näiden lisäksi reeska ja muikku) ohella myös paikalle kuljetettuja kaloja. Inarin kalanviljelylaitokselta saatiin kokeita varten vuonna 1983 3-kesäisiä taimenenpoikasia ja 1984 isoja Juutuan kantaan olevia emotaimenia. Vuonna 1984 kesäkuussa hankittiin Inarijärven nuottapyyynnistä koekaloiksi pieniä järvitaimenia

sekä syyskuussa Ivalojoen rysäpyynnistä kutunousulla olevia isoja pohjasiikoja. Kalat kuljetettiin muovisäkkiin suljetuina. Hapetusta käytettiin aina, vaikka kuljetusmatkat olivat lyhyet. Tarvittaessa kaloja merkittiin pujottamalla muoviliuska selkäevän alta.

2.3.2 Näytteiden otto ja käsittely

Vuonna 1983 tutkittiin kaikki kalatiekokeissa käytetyt kalat ja lisäksi osa kalateihin itsestään nousseista kaloista. Vuonna 1984 kalanäytteitä otettiin sekä kalaportaan keruualtaasta että eri osista kalaporrasta. Alakanavasta otettiin kalanäytteitä sekä haavilla että verkolla. Haavilla otettiin näytteitä myös Rahajärvestä voimalan turbiinien kautta alakanavaan laskeutuneista vaurioituneista kaloista. Luonnonuomasta haavittiin ohijuoksutusten jälkeen jonkin verran kaloja. Vuonna 1983 siellä kokeiltiin myös rysäpyyntiä.

Paikallisen kalaston selvittämiseksi ja vertailuaineiston saamiseksi suoritettiin 1983 Ukonjärvellä (6.9. - 15.9.) ja 1984 Rahajärvellä (25.7. - 1.8.) verkkosarjapyyntiä. Ukonjärvellä pyyntiä oli yhteensä 9 yönä ja Rahajärvellä 5 yönä, kunakin 12 tuntia.

Kaikista tutkituista kaloista ($n = 3670$) mitattiin pituus ja paino. Usein otettiin myös suomunäyte iänmäärittystä varten. Eräistä näyte-eristä määritettiin lisäksi kalojen sukupuoli, gonadien kehitysaste ja rasvaisuus. Siikamuodon määrittämisessä käytettiin siivilähampaiden lukumäärän lisäksi kalan ikää, kokoa ja gonadien kehitysastetta.

2.3.3 Turbiinikokeet

Vuonna 1983 yritettiin selvittää alas laskeutuvien kalojen vaurioitumista turbiineissa laittamalla voimalan yläpuolelle, tuloputken suulle kalanviljelylaitoksen pieniä taimenia. Vuonna 1984 koe toistettiin muoviliuskoilla merkityillä siioilla. Alakanava oli tällöin suljettu kettingillä

painotetulla nailonverkolla. Koska kokeiden tulokset olivat kuitenkin lähes olemattomat, pudotettiin yläpuolelta putkien suulle pienissä erissä juuri kuolleita, ehyitä siikoja. Kunkin erään valittiin tasakokoisia kaloja. Voimalan alapuolelta haavittiin läpi tulleet kalat tai, ellei se onnistunut, arvioitiin vaurion laatu silmämääräisesti. Kirkkaan veden ansiosta tämä onnistui kohtalaisen luotettavasti.

2.4 Kalatiemallit

Kirakkakönkään voimalan alapuolelle rakennettujen koekalateiden materiaalina käytettiin ns. vesivaneria, betonia ja puuta. Toinen kalateistä on tavallinen kalaporras (kuva 7) ja toinen sulkuperiaatteella toimiva Borland-kalatie (kuva 8). Kalateilla on betonialustalle rakennettu yhteinen ala-allas, jossa on viisi vaihtoehtoista suuaukkoa. Kuvissa 9 ja 10 näkyy kalateiden ala-altaan rakennetta ja suuaukkojen sijainti. Borland-kalatiehen johtava nousuaukko sijaitsee pitkänmallisen ala-altaan päässä, kalaportaan nousuaukko puolestaan sen pitkällä seinustalla. Molemmat kalatiet päättyvät keruualtaaseen. Vesi kalateihin saadaan voimalan tuloputkista PVC-putkien ($\phi = 200$ mm) kautta (kuva 11). Tulevaa vesimäärää voidaan säätää venttiileillä. Kalateiden piirustukset on tehty Lapin vesipiirissä (Alatalo 1983). Kalateiden rakennusvaiheita on selvittänyt Narkilahti (1985).

2.4.1 Kalaporras

Kalaporras lähtee aluksi nousemaan Ukonjärven suuntaan, mutta kääntyy puolivälissä olevan leveän kulma-altaan kautta kohti Rahajärveä (kuvat 5 ja 7). Kalaporras on n. 30 m pitkä, nousua on n. 2 m. Ala-altaan, kulma-altaan ja keruualtaan lisäksi mallissa on 18 varsinaista allasta. Näiden väliseinien aukkojen alareuna on 10 cm:n korkeudella pohjasta. Kulma-altaassa vastaava kynnyks on 27 cm ja ala-altaassa n. 60 cm. Altaiden alkuperäinen leveys oli 120 cm, pituus n. 150 cm ja seinämien korkeus 75 cm. Kuvassa 10 esitetään kalaportaan alustajärjestelyt ennen ja jälkeen 1984 tehtyjä rakennemuutoksia.

Tällöin kalaportaan alaosan alimmat altaat kavennettiin ja ylimmät pidennettiin. Näin saatiin erilaisia koevaihtoehtoja virtaustilatutkimusta varten.

Vuonna 1983 käytettiin kalaportaassa useita eri virtaamia. Näistä yleisimmät olivat suuruudeltaan n. 40 l/s. Vuonna 1984 lisättiin kalaportaaseen toinen vedentuloputki, jolloin vesimäärä saatiin kaksinkertaistetuksi. Kesällä 1983 oli käytössä kuvan 12 a mukaiset väliseinät, joissa joka toinen aukko sijaitsi samalla seinustalla. Kesällä 1984 käytettiin aluksi edellisen kesän kaltaisia väliseiniä. Aukot olivat nyt suuremmat ja sijaitsivat samassa linjassa (kuva 12 b ja 13). Myöhemmin, varsinaisen kalannousun jälkeen, käytettiin kalaportaan alaosalla kolmatta väliseinätyyppiä (kuva 12 c). Sitä tutkittiin lähinnä virtaustilojen kannalta. Lisäksi selvitettiin erilaisten virtauksen ohjaimien vaikutusta alapuolisen altaan virtaustiloihin (Narkilahti 1985). Vuonna 1984 oli ala-altaan yläpuolella varjostin (ks. kuva 9).

2.4.2 Borland-kalatie

Borland-kalatie (kuva 8) toiminta perustuu siihen, että sulusta ala-altaaseen tuleva virtaus houkuttelee kalat sisälle. Kun nyt alhaalla sijaitseva aukko suljetaan, alkaa vesi nousta pystykuilussa, kunnes se täyttää ylhäällä sijaitsevan yhdyskourun. Tätä pitkin veden mukana nousseet kalat voivat uida kourun toisessa päässä olevaan keruualtaaseen. Veden pinnan liiallinen nousu estetään avaamalla alhaalla sijaitseva toinen aukko, josta vesi pääsee sihtilevyn läpi purkautumaan ala-altaaseen ja edelleen alakanavaan saaden samalla aikaan jatkuvan houkutusvirtauksen.

2.5 Kalatietutkimus

2.5.1 Kalaporras

Kalakokeissa seurattiin joko kalaportaan eri osiin alakana-
vasta haavilla nostettuja tai sinne muualta tuotuja kaloja.

Tarvittaessa niitä säilytettiin alakanavaan laitetussa sum-
pussa (koekaloista ks. 2.3.1). Kokeen ajaksi oli joko ala-
altaan avoinna oleva suuaukko suljettu metalliverkolla tai
kulma-allas jaettu poikittaisella väliseinällä kahtia. Väli-
seinän aukkoa peitti tällöin metalliverkko. Kokeista pidet-
tiin päiväkirjaa, johon merkittiin veden lämpötilan, sään
muutosten ja koejärjestelyjen lisäksi kalojen liikkuminen
(lepopaikat, uintireitit yms.) Sanallista kuvailua selvennet-
tiin tarvittaessa piirroksilla. Ongelmalliseksi tuli nimen-
omaan kalojen jatkuva havainnointi, jota vaikeuttivat tummat
altaat. Varsinaisen kokeen päätyttyä tehtiin samoissa olosuh-
teissa virtaustilaselvityksiä.

Alakanavasta kalaportaaseen nousevia kaloja pystyttiin seu-
raamaan yksilöllisesti silloin, kun niitä oli kalaportaassa
vain vähän. Tällöin kartoitettiin niiden nousureitit ja oles-
kelupaikat altaissa. Nousun ollessa parhaimmillaan kaloja oli
kalaportaassa jopa tuhansia eikä yksilöllinen seuranta enää
onnistunut. Liian lämmin vesi esti myös kalojen merkinnän.
Siksi vuonna 1984 olikin varsinaisen nousun aikana tyydyttävä
pelkkään kalojen laskemiseen ja näytteiden ottamiseen sekä
satunnaisiin käyttäytymishavaintoihin.

Kalat laskettiin seurantajakson alussa kustakin altaasta
yleensä 5 kertaa vuorokaudessa, myöhemmin kalamäärien jatku-
vasti vähentyessä pelkästään aamuisin ja iltaisin. Apuväli-
neenä käytettiin sukelluslaseja. Keruuallas tyhjennettiin
haavimalla aamuisin klo 8 - 10 ja toisen kerran illalla klo
20 - 22. Kalat joko tutkittiin tai vain laskettiin niiden lu-
kumäärät lajeittain. Jonkin verran kaloja päästettiin takai-
sin alakanavaan. Kalanäytteitä otettiin tarvittaessa eri
osista kalaporrasta.

Altaiden ja aukkojen virtaustilaa tutkittiin siivikolla
(malli A OTT C-2, siipi 3-75479), väriaineilla ja kalojen se-
kä erilaisten kappaleiden liikkeitä seuraamalla. Virtaamat
määritettiin pintapadolla (Narkilahti 1985).

2.5.2 Borland-kalatie

Borland-kalatiellä tehdyissä kokeissa kaloja pyrittiin saamaan ala-altaasta Borland-sulun alaosaan ja edelleen ylös ke-ruualtaaseen erilaisissa virtaamissa. Vuonna 1983 kokeet jäivät vähäisiksi ja niiden ajoitus oli huono (Laine 1984). Vuonna 1984 tehtiin paikallisilla kaloilla vain muutama lisä-koe, koska käynnissä olevaa nousua kalaportaaseen ei tahdottu häiritä. Lisäksi tekniset vaikeudet, mm. luukkujen juuttumi-nen kiinni, vaikeuttivat koetoimintaa.

3 TAUSTATIEDOT KALATIETUTKIMUSTA VARTEN

3.1 Ympäristön olosuhteet

3.1.1 Ilman ja veden lämpötila

Vuoden 1983 aikana ilman keskilämpötila oli korkeimmillaan kesä-heinäkuun vaihteessa (kuva 14). Lämpötila pysytteli melko korkeana syyskuun lopulle saakka, jolloin ilma kylmeni hyvin nopeasti. Vuonna 1984 lämpimin jakso oli vasta kuukautta myöhemmin. Ilma kylmeni kuitenkin edellistä vuotta aikaisemmin. Tutkimusjaksolla 1.7. - 31.8.1984 tehdyt muut säähavainnot esitetään kuvassa 26.

Alakanavan veden lämpötila ei 1983 noussut yli 14 °C:n. Maksimi-arvot mitattiin heinäkuun alkupuolella (kuva 14). Vuonna 1984 veden lämpötila nousi aina elokuun alkupuolelle saakka, jolloin se oli 17,5 °C. Maksimin jälkeen veden lämpötila las-ki nopeasti.

3.1.2 Voimalan käyttö ja alakanavan virtaustila

Vuonna 1983 voimala oli kiinni vähintään joka toinen viikon-loppu tutkimuksen alusta lähtien (kuva 14). Elokuun puolivälistä lähtien yleensä vain toinen koneista oli käytössä. Vuonna 1984 molemmat koneet toimivat pieniä katkoksia lukuun ottamatta syyskuun alkupuolelle asti Rahajärven vedenpinnan

ollessa lähes koko kesän säännöstelyn ylärajan tuntumassa. Liitteessä 2 esitetään Rahajärven vedenkorkeudet tutkimusjaksoilta 1983 ja 1984. Syksyllä laitos oli pitkiäkin aikoja suljettuna. Molempina vuosina juoksetettiin vettä luonnonuomaa pitkin, 1983 yhteensä 9 vuorokautta ja 1984 24 vuorokautta.

Voimalan molempien koneiden toimiessa alakanavan virtaama oli 8 - 9 m³/s ja vain toisen toimiessa 3 - 4 m³/s (Laine 1984). Kuvassa 15 esitetään alakanavan virtausnopeuksia virtaaman ollessa 8 m³/s. Alakanavan voimalan puoleisessa osassa ne olivat enimmäkseen 0,2 - 0,4 m/s, maantiesillan alla jo kaksinkertaiset. Veden korkeus alakanavassa oli etenkin loppukesällä 1984 lähes jatkuvasti suurempi kuin 1983 (liite 3).

3.1.3 Plankton

Vuonna 1984 Rahajärvestä alakanavaan tulevat planktonmäärät olivat lähes jatkuvasti suuremmat kuin 1983 (kuva 14). Alku- ja loppukesällä vallitsivat pienet, kaloille ravinnon kannalta merkityksettömät naupliustoukkavaiheet. Isokokoisia ravintoeläimiä oli tarjolla eniten kesä - heinäkuussa. Vuonna 1984 niitä oli tosin runsaasti jo kesäkuussa. Kesäajan planktonnäytteissä oli eniten vesikirppuja (Cladocera).

3.2 Kalasto

Vuosien 1983 ja 1984 koko kala-aineisto on koottu liitteeseen 4. Kalat on siinä jaettu ryhmiin pyyntipaikan mukaan. Liitteessä esitetään kalojen määrät, pituuden ja painon keskiarvot sekä kalojen ikärakenne.

3.2.1 Ukonjärvi

Ukonjärven verkkosarjapyynnin tulokset syksyllä 1983 esitetään taulukossa 2. Valtaosa kaloista oli siikaa, mutta myös muikkua saatiin runsaasti. Vaellussiikatyyppistä pikkusiikaa oli siikasaaliista yli puolet; pohjasiiian ja planktonsiian

osuudet jäivät pienemmäksi (taulukko 3). Pohjasiiialla ei ollut varsinaista vallitsevaa ikäryhmää. Muikuista yli 70 % oli 1-vuotiaita. Pikkusiika- ja reeskanäytteissä oli selvästi eniten 4-vuotiaita kaloja (liite 4).

3.2.2 Alakanava ja luonnonuoma

Vuonna 1983 alkoi kaloja nousta Ukonjärvestä voimalan alakanavaan heinäkuun alussa. Viikon kuluttua nousun alkamisesta oli kaloja arviolta yli 10 000 (kuva 14). Kalamäärät alkoivat pian vähentyä, ja elokuun puolivälissä kanava oli jo tyhjentynyt. Syyskuun alussa oli alakanavassa parhaimmillaan enää vajaat 1 000 kalaa. Vuonna 1984 kaloja oli alakanavassa jo kesäkuun puolivälistä lähtien. Heinäkuun puolivälissä niitä oli arviolta yli 100 000. Kuvassa 16 näkyy pieni osa alakanavan kaloista kalaportaan vierustalla. Kalojen määrä pysyi edellisen kesän huipun tasolla tai sen yläpuolella kuukauden ajan. Elo - syyskuun vaihteessa ei kaloja alakanavassa ollut. Syysnousussa ei edellisen vuoden tapaan saavutettu enää 1 000:ta kalaa (kuva 14).

Vuonna 1983 alakanavassa oli vain pikkusiikaa ja pohjasiiikaa (liite 4). Pohjasiiian osuus oli hyvin pieni. Kesäajan parvi oli tiivis. Kalat oleskelivat lähellä turbiiniaukkoja ja keskellä uomaa melko syvässä vedessä (kuva 17). Ainoastaan voimalan aukkojen seinustoilla kaloja oli myös lähellä pintaa. Matalasta rantavedestä kalat puuttuivat lähes kokonaan. Kun virtaus alakanavassa pysähtyi, poistui parvi jonkin ajan kuluttua Ukonjärveen. Kalatiestä tuleva virtaus ei tällöin houkutellut kaloja.

Syksyllä kaloja oli myös rantavedessä. Näin ollen kalatien suunkin lähellä niitä oli suhteellisesti enemmän kuin kesällä. Vain toisen koneen toimiessa kalat olivat aina seisovan veden puolella. Myös kalatien suun läheltä kalat lähtivät tällöin lähes seisovaan veteen. Voimalan ollessa kokonaan suljettuna kalat eivät nyt poistuneet alakanavasta kuten kesällä.

Vuonna 1984 alakanavassa oli pikkusiian ja pohjasiian lisäksi myös reeskaa ja muikkua. Kesäkuussa oli eniten pohjasiikaa, pikkusiika ja reeska vallitsivat heinäkuussa. Syksyllä reeskaa oli hyvin paljon (taulukko 4). Kaloja oli nyt erittäin runsaasti myös ranta-alueilla, kalatien suun lähellä sekä siitä tulevan virtauksen vaikutusalueella (kuva 17). Voimalla ollessa kiinni kalat eivät poistuneet alakanavasta kuten edellisellä kesänä; tosin laitos oli kiinni vain lyhyitä aikoja. Syksyllä laitoksen ollessa kiinni pitempään kaloja oli jatkuvasti kalaportaasta tulevassa virtauksessa. Tällainen pieni kalaparvi näkyy kuvassa 18.

Taulukossa 5 esitetään 1984 alakanavasta ja kalaportaasta otettujen näytteiden mukaan kalojen sukupuolten lukusuhteet sekä gonadien kehitysasteet. Pikkusiika- ja pohjasiikanäytteissä oli koiraita ja naaraita suunnilleen yhtä paljon. Reeskakoiraita oli kesäaikana enemmän kuin naaraita. Muikun osalta aluksi vallinneiden naaraiden osuus pieneni kesän aikana. Alhaiset kehitysasteet (2 - 3) vallitsivat kaloilla läpi kesän, lokakuussa tavattiin jokunen jo kutenut kala (8).

Luonnonuomaan kaloja nousi aina kesäaikaisissa juoksutuksissa, jos ne kestivät muutamankin päivän. Vuonna 1983 rysänäyte oli hyvin pieni ja siinä oli pelkästään pikkusiikaa (liite 4). Vuonna 1984 haavinäytteissä oli pikkusiian lisäksi pohjasiikaa ja muikkua.

3.2.3 Yläpuolinen vesistö

Rahajärven verkkosaaliista suurin osa oli pikkusiikaa (taulukko 6). Eniten oli 4- ja 5-vuotiaita siikoja. Vanhin kala oli 12-vuotias (liite 4).

Kirakkajoelta saatiin 1984 perho-ongella 51 kalastustunnin aikana 85 harjusta ja 18 taimenta. Harjusten keskipituus oli 224 mm ja keskipaino 105 g. Taimenen vastaavat arvot olivat 207 mm ja 95 g (Tervaniemi, julkaisematon aineisto).

3.3 Kalojen vaurioituminen voimalaitoksen turbiineissa

3.3.1 Alas laskeutuvat kalat

Rahajärvestä turbiinien kautta alakanavaan tulleita vahingoituneita pikkusiikoja havaittiin molempina vuosina kymmeniä. Eniten kaloja tuli alas yöllä, 1983 heinäkuun alkupuolella ja 1984 kesäkuun loppupuolella. Yläkanavassa tuloputkien suulla oli tällöin iso siikaparvi.

Alas laskeutuneet kalat olivat enimmäkseen 4-vuotiaita, keskimäärin n. 17 - 18 cm:n mittaisia ja 30 g:n painoisia (liite 4). Suurin osa kiinni saaduista kaloista oli vaurioitunut pahoin (pää poikki, erilaisia litistymiä ja ruhjeita). Jonkin verran oli lievästi vaurioituneita kaloja (irtoilleita suomuja, katkeilleita eväruotoja ym.). Myös sellaisia kaloja, joilla ei havaittu mitään näkyviä ulkoisia vaurioita, saatiin kiinni virran mukana ajelehtimasta (taulukko 7).

3.3.2 Kalakokeet

Elävillä kaloilla tehdyistä kokeista (30 pikkutaimenta 1983 ja 12 merkittyä siikaa 1984) saatiin hyvin niukasti tuloksia. Verkolla suljetussa alakanavassa ei havaittu varmasti yhtään pikkutaimenta ja vain 5 kuollutta siikaa saatiin kiinni.

Käytettäessä kuolleita kaloja 80 % niistä saatiin joko haavilla kiinni alakanavasta tai niiden vaurioitumisaste pystytettiin muuten arvioimaan. Vauriot jaettiin lieviin ja vakaviin sen mukaan, miten ne vaikuttaisivat kalojen elinkykyyn. Yli 20 cm:n mittaisista kaloista kokoluokasta riippuen 77 - 100 % oli vaurioitunut vakavasti (taulukko 8). Kuvassa 19 on osa haavilla kiinni saaduista, turbiinien läpi tulleista kaloista.

4 TULOKSET KALATEISSÄ TEHDYISTÄ KOKEISTA

4.1 Kalaporraskokeet

Vuonna 1983 tehdyillä kalakokeilla pyrittiin hakemaan kalaporrasmalliin sopivia virtaamia ja virtaustiloja. Paikallissella pikkusiialla tehtiin useita kokeita; lisäksi joitakin kokeita tehtiin kalanviljelylaitoksen pienillä taimenilla. Vuoden 1984 kokeissa tutkittiin vain isojen kalojen käyttäytymistä kalaportaassa. Paikalle tuotiin järvitaimenia, kalanviljelylaitoksen emotaimenia ja pohjasiikoja (ks. 2.3.1).

4.1.1 Pikkusiika

Vuonna 1983 käytettiin kuvan 12 a väliseiniä kaikissa kokeissa. Aluksi virtauksen ohjaimet puuttuivat, mutta niitä rakennettiin kokeiden edistytessä (Laine 1984). Virtaamat olivat 18 - 45 l/s. Alimmille altaille oli tyypillistä päävirtauksen kiertäminen altaiden seinien kautta (kuva 20 a). Kalaportaan yläosalla virtaus oli suoraviivaisempaa, mutta joissakin altaissa virtaus pyöri melko pahasti.

Koekalat olivat enimmäkseen 4-vuotiaita, keskimäärin n. 20 cm:n mittaisia ja n. 50 g:n painoisia. Kalat muuttuivat yleensä parin tunnin kuluttua kokeen alkamisesta hyvin passiivisiksi, joten niitä vaihdettiin useitakin kertoja kokeen aikana.

Kulma-allaskokeet

Ensimmäisissä kokeissa käytettiin virtaamia 30 ja 45 l/s. Kalat laitettiin kulma-altaaseen, jonka vesisyvyys mainitussa virtaamassa oli 30 - 40 cm. Altaan virtausnopeudet vaihtelivat välillä 0,1 - 1,1 m/s. Virtaaman ollessa 45 l/s vesisyvyys oli 55 - 65 cm ja pienin mitattu virtausnopeus 0,2 m/s (Narkilahti 1985). Kalat pyörivät jatkuvasti altaassa virtauksen mukana ja joutuivat ajoittain väliseinän metalliverkkoa vasten. Ne väsyivät hyvin nopeasti ja kuolivat lopulta kulma-altaaseen.

Kun virtaamaa pienennettiin (18 l/s) ja vesisyvyys nostettiin 54 cm:iin, kaloja lähti nousemaan kalaportaan yläosaan. Yhteensä 35 koekalasta keruualtaaseen nousi vain kaksi yksilöä muiden liikkuaessa enimmäkseen alimpien altaiden ja kulma-altaan välillä (taulukko 9). Vesisyvyys altaissa oli kokeen aikana 20 - 30 cm ja aukoissa 15 - 20 cm. Aukkojen virtausnopeudet vaihtelivat suuresti ja olivat 0,7 - 1,4 m/s.

Ala-allaskokeet

Ala-altaaseen laitettujen kalojen käyttäytymistä seurattiin virtaamien ollessa 18 - 45 l/s. Joissakin kokeissa vettä tuli ala-altaaseen myös Borland-kalatiestä metalliverkolla peitetyn aukon läpi. Kokeissa käytettiin kaikkiaan 93 pikkusiikaa. Ala-altaassa ne asettuivat altaan pohjalle, josta kävivät harvakseltaan ylimmissä vesikerroksissa ja joutuivat näin kalaportaasta tulevan virtauksen vaikutusalueelle. Ala-altaan kalat pysyivät pitempään virkeinä kuin kulma-altaan kalat.

Kaloille tyypillistä oli liikuskelu edestakaisin alimmissa altaissa (taulukko 10). Koekaloista vain yksi nousi keruualtaaseen ja muut pysyttelivät kulma-altaan alapuolella. Parhaiten kaloja nousi virtaaman ollessa n. 30 l/s (Laine 1984). Siiat käyttivät yläpuoliselle aukolle noustessaan lähinnä kolmea reittiä, jotka esitetään kuvassa 21.

4.1.2 Pikkutaimen

Pikkutaimenkokeissa yleiset koejärjestelyt olivat samat kuin pikkusiikakokeissa. Virtaamat olivat nyt kuitenkin pienemmät (16 - 18 l/s), jolloin virtausnopeus kalaportaan yläosan aukoissa oli 0,6 - 1,2 m/s ja alaosan aukoissa 0,3 - 1,0 m/s. Vesisyvyys altaissa oli 15 - 30 cm ja esimerkiksi yläosan aukoissa 20 - 30 cm (Narkilahti 1985). Koekalat olivat 3-kesäisiä, keskimäärin 15 cm:n mittaisia ja 35 g:n painoisia laitospoikasia.

Kulma-altaaseen laitetuista kaloista puolet oli noussut keruualtaaseen alle 10 tunnissa (taulukko 11). Ala-altaan kaloista puolet oli keruualtaassa vasta toisena tutkimuspäivänä (taulukko 12). Myös nämä kalat liikkuvat kalaportaassa edestakaisin kuten pikkusiiat. Keruualtaastakin ne saattoivat pian laskeutua jopa ala-altaaseen saakka.

Vuonna 1984 muutamien pikkutaimenten havaittiin nousevan keruualtaaseen virtaaman ollessa jopa 50 - 80 l/s. Tarkempia kokeita näillä ei tehty.

4.1.3 Emotaimen

Yleiset koejärjestelyt

Juutuan kantaa olevilla kalanviljelylaitoksen emotaimenilla tehtiin kesäkuun loppupuolella 1984 kaikkiaan kolme koetta. Koekalat olivat 8-vuotiaita, 56 - 58 cm:n pituisia ja 2 - 3 kg:n painoisia (kuva 22). Kokeissa käytettiin kuvan 12 b mukaisia väliseiniä. Aukot sijaitsivat suorassa linjassa, ainoastaan ala-altaan ja ensimmäisen altaan välinen aukko oli toisella seinustalla. Virtaamat olivat 60 l/s ja 84 l/s. Virtaustilalle ominaista oli virtauksen pyöriminen altaissa (kuva 20 b). Ala-altaaseen kalaportaasta purkautuva vesi iskeytyi suoraan vastapäiseen seinään; pohjavirtaus tulikin näin aivan väärästä suunnasta (kuva 23 a ja b).

Virtaamassa 84 l/s aukkojen virtausnopeudet aukosta ja mitaussyvyydestä riippuen olivat 0,6 - 1,4 m/s. Kalaportaan alaosalla ja yläosalla virtausnopeudet eivät juuri eronneet toisistaan. Vesisyvyydet olivat alimmissa altaissa jopa 75 cm ja yläosalla alimmillaan vain 45 - 55 cm (Narkilahti 1985, ks. myös kuva 13).

Taimenkokeet

Ensimmäisessä kokeessa kalat laitettiin suoraan kuljetussäiliöstä ala-altaaseen. Kaloista yksi nousi keruualtaaseen.

Muut kävivät muutaman kerran kalaportaan alimmissa altaissa, mutta eivät lähteneet nousemaan. Kalat jätettiin yöllä neljäksi tunniksi ala-altaaseen virtaaman ollessa vain 23 l/s. Tällöin pienin vesisyvyys altaissa oli 19 cm ja aukoissa vain 16 cm. Kalaportaan kertaalleen noussut yksilö oli tänä aikana noussut keruualtaaseen ja kolhinut itsensä pahasti. Jäljelle jääneet kolme taimenta laitettiin viikon sumputuksen jälkeen kalaportaan kolmeen alimpaan altaaseen. Nyt kaikki kalat nousivat keruualtaaseen.

Aluksi kalat oleskelivat altaiden ulkoseinustan vieressä (kuva 24 a), minkä jälkeen ne alkoivat liikusella ensin altaan eri osissa ja sitten muutamassa alimmassa altaassa ennen kuin todella lähtivät nousemaan. Poikkeuksena oli toisen kokeen yksi kala, joka ponkasi lähtöaltaasta suoraan kulma-altaaseen jääden sinne useaksi tunniksi.

Varsinaisen nousun alkaessa taimenet oleskelivat jonkin aikaa ylemmästä altaasta tulevassa virrassa ennen aukon ohittamista (kuva 24 b). Näin ne saattoivat nousta useitakin altaita päävirtauksesta poistumatta. Aukkoa kalat lähestyivät suoraan virrassa pysytellen ja ohittivat sen vesipatsaan puolivälin alapuolelta. Lepopaikkana kalat pitivät suojaisella seinustalla olevaa aluetta (kuva 24 a).

Yhden kalan nousu

Kun oli seurattava useita kaloja yhtä aikaa, pääsi aina joku huomaamatta karkuun. Kolmas koe tehtiin vain yhdellä kalalla, koska haluttiin saada tarkka kuva noususta keruualtaaseen asti. Koekala oli jo edellisenä päivänä kertaalleen noussut kalaportaan.

Taimen laitettiin altaaseen kaksi (kuva 10), jossa se asettui seinustalle. Alkuvaihe, johon kuului useita käyntejä aukosta tulevassa virrassa, kesti kaikkiaan lähes kaksi tuntia (taulukko 13). Kala ei enää kierrellyt alimpia altaita vaan nousi kalaportaan alaosan suoraan virrassa pysytellen

käyttäen kutakin allasta kohti aikaa keskimäärin alle minuutin. Kalaportaan yläosan nousemiseen aikaa kului 45 minuuttia. Pisimpään kala viivytteli altaissa 12 ja 18.

4.1.4 Järvitaimen

Kesäkuun alussa saatiin erä merkittyjä Inarin taimenia. Kalat olivat n. 25 - 35 cm:n mittaisia ja painoivat arviolta 100 - 500 g. Näistä osa laitettiin verkolla suljettuun alakanavaan ja osa sumppuun myöhemmin tehtäviä kokeita varten.

Lähes kaikki alakanavaan laitettut kalat (n. 10) hakivat suojaisan oleskelupaikan, jossa virtausnopeus oli miltei olematon. Esimerkiksi sumpun alla seisovassa vedessä oleskeli varsin pitkään kolme pienikokoista taimenta. Vain kahden kalan havaittiin oleskelevan virtaavassa vedessä. Toinen näistä viihtyi kalaportaan vierustalla matalassa rantavedessä (kuva 25) ja toinen syvemmällä uomassa 0,2 - 0,3 m/s virtausnopeudessa. Ilmeisesti juuri tämä yksilö kävi myöhemmin kalaportaan ala-altaassa.

Ensimmäisessä kalakokeessa laitettiin ala-altaaseen kolme merkittyä taimenta. Kalaportaasta tuleva virtaama oli 60 l/s ja muut olosuhteet samat kuin emotaimenkokeissa (4.1.3). Kaksi taimenista oleskeli 16 tuntia kestäneen kokeen ajan lähes liikkumatta ala-altaan suojaisella seinustalla. Yksi taimen sen sijaan liikkui ala-altaan eri osissa ja käytyään muutaman kerran alimmissa altaissa lähti nousemaan ylös (taulukko 14). Nousutaktiikka ja lepopaikat olivat samanlaiset kuin emotaimenella. Erona oli se, että kalaportaan alaosan nouseminen kesti nyt kauemmin kuin yläosan nouseminen. Kaikkiaan aikaa kului vain vajaat 20 minuuttia 4,5 tunnin "alkuharjoittelun" jälkeen.

Kolmen viikon sumpituksen jälkeen tehtiin kalalla vielä kaksi lisäkoetta virtaaman ollessa 84 l/s. Kummassakin kokeessa kala pääsi havainnoijalta karkuun ja löytyi etsittäessä keruualtaasta.

4.1.5 Pohjasiika

Syksyllä 1984 tuotiin kalaportaaseen Ivalojoen rysäpyynnistä kaikkiaan 15 kpl 35 - 45 cm:n mittaisia 5 - 10-vuotiaita kutunousulla olevia pohjasiikoja. Näillä tehtiin 4.10. - 11.10.1984 välisenä aikana useita kokeita erilaisissa virtaamissa. Käytössä olivat kavennetut ja pidennetyt altaat (kuva 10 b). Väliseinät olivat kuvan 12 c mukaiset. Veden lämpötila Kirakkaköngäessä oli koko ajan korkeampi kuin Ivalojoessa.

Kaloja laitettiin ala-altaaseen, kulma-altaaseen ja varsinaisiin altaisiin. Ala-altaassa ne olivat jatkuvasti pohjalla lähes liikkumatta pää poispäin aukosta (kuva 23 b). Altaisiin laitettuna ne ajautuivat virtaamasta riippumatta alas kolhien itseään aukkojen reunoihin ja virtauksen ohjaimiin. Kulma-altaasta ne myös vähitellen ajautuivat virran mukana alas.

4.2 Borland-kalatiekokeet

Vuonna 1983 ala-altaasta alakanavaan tulevaa virtaamaa voimistettiin usein juoksuttamalla vettä yhtä aikaa molemmista kalateistä. Tällöin kalat uivat helpommin Borland-kalatiehen kuin kalaportaaseen, jos kulkuaukko oli auki. Vaikeuksia sen sijaan oli kalojen saamisessa Borland-kalatiehen yläosaan. Varsinaisia kokeita tehtiin vähän (ks. 2.5.2). Kesällä 1983 keiiltiin kaikkiaan 32 pikkusiian ja 30 pikkutaimenen uintia Borland-kalatiessä. Virtaamat kokeissa olivat 5 - 55 l/s. Kaloista ui Borland-kalatiehen alaosaan reilusti alle puolet. Ylös jatkoi nousuaan vain muutama kala (taulukko 15). Parhaiten kalat nousivat pienimmissä virtaamissa (Laine 1984).

Vuonna 1984 tehtiin yksi useita tunteja kestänyt koe, jossa tarkkailtiin kalojen käyttäytymistä monessa erilaisessa virtaamassa. Koe tehtiin silloin, kun paikallisen kalan nousu kalaportaaseen oli parhaillaan käynnissä. Ala-altaasta saatiin Borland-kalatiehen muutamassa minuutissa n. 300 siikaa

ja jokunen muikku. Kaloista valtaosa pysytteli koko kokeen ajan pystykuilun alimmissa vesikerroksissa käytetystä virtaamasta riippumatta. Ainoastaan muutama kala kävi ylhäällä.

5 TULOKSET KALOJEN NOUSUSTA KALAPORTAASEEN

Kalojen nousulla tarkoitetaan tässä kalojen uintia alakana- vasta kalateiden ala-altaaseen ja edelleen kalaportaaseen (vrt. kalakokeet). Kesällä 1983 tulokset jäivät vähäisiksi ja hajanaisiksi (6.3.2). Kesän 1984 tulokset on käsitelty perusteellisemmin, koska kalojen nousua pystyttiin seuraamaan lähes kaksi kuukautta.

5.1 Kalojen nousu kesällä 1983

Vuoden 1983 tutkimuksen aikana kaloja nousi alakanavasta kalateiden ala-altaaseen vain silloin, kun voimalan molemmat koneet olivat käytössä. Kaikki kalat (n. = 150) nousivat voimalan puoleisesta suuaukosta e (kuvat 9 ja 10) virtaaman ollessa noin 80 l/s virtausnopeus oli suuaukossa 0,2 - 0,8 m/s, puolen metrin päässä 0,2 - 0,6 m/s ja kahden metrin päässä enää enintään 0,2 m/s (Narkilahti 1985).

Kalaportaaseen lähti ala-altaaseen nousseista kaloista vajaa neljäsosa. Keruualtaaseen asti näistä nousi 14 kpl. Tämä merkitsi, että 9 % koko kalamäärästä ja 40 % kalaportaaseen läheneistä kaloista pääsi ylös asti (taulukko 16). Heinäkuussa ala-altaaseen tulleista kaloista puolet jatkoi kalaportaaseen, syyskuussa enää vain viidennes. Eniten kaloja nousi ala-altaasta kalaportaaseen virtaaman ollessa 40 - 50 l/s (Laine 1984).

Kalaportaasta otetuissa näytteissä oli ainoastaan vaellusii- katyyppistä pikkusiikaa (liite 4). Kalojen keskimääräinen pituus oli n. 22 cm ja paino 60 g.

5.2 Kalojen nousu kesällä 1984

Alakanavasta nousseita kaloja havaittiin kalaportaassa jo kesäkuun loppupuolella huolimatta siitä, että ala-allas oli usein suljettuna kalakokeiden vuoksi. Varsinainen nousun seuranta aloitettiin 4.7., jolloin kokeet toistaiseksi lopetettiin. Seuranta kesti lähes kaksi kuukautta. Virtaama oli 84 l/s, väliseinät kuvan 12 b mukaiset ja niiden aukot sijaitsivat suorassa linjassa. Virtaustila, vesisyvytydet ja virtausnopeudet olivat samat kuin emotaimenkokeissa (ks. 4.1.3 ja kuva 20 b). Ala-altaan suuaukot a ja e olivat käytössä (kuva 10). Myös syksyllä nousi alakanavasta ala-altaaseen kaloja, mutta määrät olivat melko vähäiset. Kalaportaaseen näistä nousi vain muutamia.

5.2.1 Sääolot ja veden lämpötila

Tutkimusjakson 1.7. - 31.8 aikana sää oli yleensä melko vaihteleva. Etenkin alkukesällä pilvisiä ja sateisia päiviä oli paljon (kuva 26). Tuuli oli enimmäkseen pohjoisilta ilmansuunnilta. Ilmanpaine oli korkeimmillaan heinä-elokuun vaihteessa. Tällöin oli pitkä aurinkoinen jakso, jolloin tuuli oli eteläinen. Ilman ja veden lämpötilat kohosivatkin ennätyslukemiin.

5.2.2 Kalamäärät ja kalojen jakautuminen kalaportaaseen

Kalaportaan kokonaiskalamäärissä on havaittavissa kolme huippua (kuva 26). Suurin niistä oli elokuun alkupuolella, jolloin kalaportaassa oli enimmillään yhtä aikaa n. 6 000 kalaa. Elokuun huipun jälkeen kalamäärät vähenivät tasaisesti syyskuun alkupuolelle asti. Keruualtaaseen nousi seurantajakson aikana kaikkiaan 7 900 kalaa, näistä 70 % elokuun aikana. Myös keruualtaaseen nousseiden kalojen määrissä on havaittavissa kolme huippua, joista keskimäinen on heikoin. Liitteessä 5 esitetään kalamäärät kalaportaan eri osissa seurantajakson aikana.

Kaloista suurin osa oli ala-altaassa ja kalaportaan alaosalla (kuva 26). Parhaimmillaan ala-altaassa oli arviolta 1 700 kalaa, jolloin ne täyttivät lähes koko altaan. Kalaportaan alaosan altaissa oli jatkuvasti paljon kaloja. Yhdessä altaassa saattoi olla jopa 400 kalaa. Kulma-altaassa oli enimmillään n. 1 000 kalaa. Kalaportaan yläosan altaissa oli yleensä vähän kaloja. Niiden suhteellinen osuus kasvoi siellä vasta suurimman huipun tienoilla. Keruualtaaseen nousi päivittäin kaloja koko kalaportaan kalamäärästä vain muutaman prosentin verran. Huipun tienoilla ylittyi kuitenkin muutamana päivänä 10 %.

5.2.3 Kalojen käyttäytyminen

Kalat liikkuivat edestakaisin sekä altaiden että ala-altaan ja alakanavan välillä (taulukko 17). Kokonaiskalamäärän kasvaessa ylös nousevia oli enemmän kuin alas laskevia ja vähentessä päinvastoin.

Osa kaloista saattoi nousta kalaportaan alaosalla suhteellisen nopeasti ylös virrassa pysytellen, mutta yleensä kalat jäivät tuntikausiksi, jopa vuorokausiksi johonkin altaaseen. Kun kaloja oli altaassa vähän, ne oleskelivat lähes poikkeuksetta altaan suojaisessa yläkulmassa (kuva 27). Määrän kasvaessa kalat levittäytyivät altaassa kaikkialle paitsi varsinaiseen aukkovirtaukseen, jolloin ne muodostivat eräänlaisen vastavirtaan hitaasti liikkuvan "ympyrän" (kuvat 27 ja 28). Aukkovirran puoleisesta osasta niitä nousi hiljalleen yläpuoliseen altaaseen.

Kulma-altaaseen yläpuolisesta aukosta tuleva vesi iskeytyi vastapäiseen seinään ja kääntyi kohti alapuolista aukkoa. Tämä ilmeni mittauksen lisäksi myös väriainekokeista (kuva 29). Oleskelupaikkana kulma-altaassa oli aluksi altaan oikea nurkka ja seinusta, mutta kalamäärän lisääntyessä tänne muodostui samanlainen "ympyrä" kuin kalaportaan alaosan altaisiin. Kalojen oleskelualueilla virtaustila oli rauhallinen. Voimakkaasti virtaavalla alueella kaloja oli hyvin vähän.

Kalaportaan yläosalla lepopaikka oli altaan yläkulmassa, mutta kaloja oleskeli usein myös aukosta tulevassa virrassa tai sen tuntumassa. Ympyrämuodostelmia ei syntynyt.

Keruualtaaseen kaloja nousi molempina kuukausina enemmän päivällä kuin yöllä (taulukko 18). Veden lämpötila vaikutti nousseiden kalojen määriin. Eniten kaloja saatiin keruualtaasta, kun lämpötila nousi 16 °C:sta 17 °C:een (taulukko 19). Tällöin valtaosa kaloista oli pientä muikkua. Kalat asettuivat aluksi keruualtaan pohjalle, mutta alkoivat ajan kuluessa liikuskella myös ylemmissä vesikerroksissa. Osa ehti laskeutua takaisin kalaporttaaseen ennen haavimista. Näin olleen keruualtaaseen nousseiden kalojen todellinen määrä on laskettua suurempi.

5.2.4 Nousukalojen kuvaus

Seurantajakson aikana kalaporttaaseen nousi pohjasiikaa, pikkusiikaa, reeskaa ja muikkua sekä jokunen mutu. Kuvassa 30 on keruualtaasta haavittuja pohjasiikoja ja pikkusiikoja. Alaltaassa kävi lisäksi taimen ja lokakuussa keruualtaaseen nousi kolme pientä taimenta.

Heinäkuun puolivälissä oli kalaporttaassa selvästi eniten siikoja (kuva 31). Muikkua oli jonkin verran kulma-altaassa ja sen alapuolella, mutta ei juuri keruualtaassa tai kalaportaan yläosalla. Reeskaa keruualtaassa ei ollut, pohjasiian osuus siellä taas oli moninkertainen kalaportaan muihin osiin verrattuna. Keruualtaassa pohjasiiat ja pikkusiiat olivat keskimäärin suurempia kuin ala-altaassa ja kalaportaan alaosalla (taulukko 20).

Elokuun näytteissä valtaosa oli muikkua (kuva 31). Ainoastaan keruualtaasta saatiin runsaasti myös siikaa. Elokuussa keruualtaaseen nousseet muikut olivat pienempiä kuin heinäkuussa, tosin jo silloin saatiin ala-altaasta pieniä muikkuja ja myös siikoja (kuva 32).

Taulukossa 21 esitetään seurantajakson aikana keruualtaasta haavitut kalat lajeittain. Eniten nousi muikkuja. Näistä valtaosa oli 1-vuotiaita (ks. myös liite 3). Reeska- ja pikkusiikanäytteissä oli eniten 4-vuotiaita kaloja. Pohjasiiialla ei ollut varsinaista vallitsevaa ikäryhmää. Keruualtaaseen nousseista kaloista keskimäärin suurimpia olivat pohjasiiat ja pienimpiä muikut. Suurin keruualtaasta haavittu kala oli 36 cm:n pituinen ja 350 g:n painoinen pohjasiiika, pienin oli 8 cm:n pituinen ja 1 g:n painoinen pikkusiika (taulukko 21).

Muikkua nousi eniten elokuun alkupuolella (kuva 33). Pikkusiikaa nousi suhteellisen tasaisesti läpi kesän, pohjasiiikaa eniten jakson alussa ja reeskaa jakson lopussa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Kalasto

6.1.1 Inarijärvi ja Ukonjärvi

Inarijärven tärkein saaliskala on pohjasiiika, joka nousee mm. Ivalojokeen kutemaan. Siikasaaliit ovat säännöstelyn alkamisen jälkeen laskeneet puoleen entisestään (Toivonen ym. 1981). Taimenta nousee Ivalojoen lisäksi enää Juutuanjokeen. Kirakkakönkään patoaminen on tuhonnut Kirakkajoen kannan. Inarijärveen on istutettu mm. pohjasiiikaa, planktonsiikaa, taimenta, järvilohtha, nieriää ja harmaanieriää.

Inarijärveen yhteydessä olevassa Ukonjärvessä tavattiin 1983 pohjasiiikaa, pikkusiikaa, planktonsiikaa, reeskaa, muikkua, ahventa ja madetta (taulukot 2 ja 3). Lisäksi järvessä esiintyy ainakin mutua, haukea, harjusta ja taimenta. Pikkusiika vallitsi verkkosaaliissa, mutta myös muikkua oli Ukonjärvessä runsaasti. Vuonna 1984 havaittu erittäin voimakas muikun esiintyminen Kirakkakönkään voimalan alakanavassa on yhtenä merkinä kannan voimistumisesta. Kanta on peräisin 1960-luvulla Alajärveen tehdystä istutuksesta.

6.1.2 Alakanava

Vuosittain Kirakkakönkään voimalan alakanavaan on noussut runsaasti pientä paikallista kalaa. Kesänousu alkoi 1983 veden lämpötilan noustua 11 °C:seen (kuva 14). Kun kalojen määrä oli suurimmillaan, oli veden lämpötila n. 13 - 15 °C. Isokokoisten ravinnoksi kelpaavien planktereiden osuus planktonnäytteissä oli kasvanut jo vallitsevaksi. Kalat katosivat alakanavasta veden lämpötilan jälleen laskettua 11 °C:n alapuolelle. Tällöin myös planktonmäärät alkoivat vähetä ja naupliustoukkavaiheiden osuus kasvoi.

Vuonna 1984 oli alakanavassa edelliseen kesään verrattuna jopa kymmenkertainen määrä kaloja. Mukana oli nyt lisäksi reeskaa ja muikkua. Myös pohjasiikaa oli etenkin alkukesällä runsaasti (taulukko 4). Kaloja oli eniten veden lämpötilan ollessa 11 - 12 °C (kuva 14). Kalamäärät pysyivät suurina kuu-kauden ajan. Tällöin veden lämpötila nousi jatkuvasti.

Kun lämpötila alkoi tasaisesti laskea, väheni kalojen lukumäärä alakanavassa selvästi. Suuriin kalamääriin ovat voineet vaikuttaa edelliseen kesään verrattuna korkeampi veden lämpötila sekä suuremmat planktonmäärät ja veden korkeus (kuva 14 ja liite 3). Koska voimalaa pidettiin lisäksi pieniä katkoja lukuun ottamatta käynnissä syksyyn asti, oli houkutusvirtaus lähes jatkuva.

Kesäaikana kalojen kehitysasteet olivat alhaiset. Suurin osa pohja- ja pikkusiiioista oli nuoria, eivätkä ne vielä olleet sukukypsiä. Ikärakenteeltaan alakanavaan nousseet kalat eivät juuri poikenneet Ukonjärven verkkopyynnillä saaduista kaloista (liite 4).

Syksyiset kalamäärät olivat kesäisiin verrattuna hyvin pienet. Useina vuosina syysnousua ei ole edes havaittu. Kumpanakin vuonna syysnousun aikaan veden lämpötila oli jo alle 10 °C ja laski jatkuvasti. Planktonmäärät olivat vähäiset ja naupliustoukkavaiheiden osuus huomattava (kuva 14). Näin ollen

syönnösvaellus tuskin on enää ollut kyseessä etenkin kun kalojen mahat olivat melko tyhjiä (Laine, julkaisematon aineisto). Kutuvaelluksestakaan ei voida puhua. Nuoria kaloja oli runsaasti ja kehitysasteet olivat pieniä (taulukko 5).

6.1.3 Rahajärvi

Sarjamon (1982) tekemän selvityksen mukaan Rahajärvessä on vallitsevana pienikokoinen ja heikkolaatuinen siika. Kalastus on säännöstelyn alkaessa tapahtuneen suurikokoisen kalan häviämisen mukana suuntautunut muualle. Näin nykyinen kalakanta on sekä alikalastuksen että petojen puutteen vuoksi tiheä. Kalat ovat hidaskasvuisia ja loisten vaivaamia. Järveen on istutettu mm. järvitaimenta ja pohjasiikaa. Merkkipalautusten määrä on ollut pieni; tosin kalastuskin on ollut heikkoa. Ei ole ollut tietoa siitä, miten mahdollisesti alas laskeutuneet kalat ovat selviytyneet voimalan turbiinien läpi.

Kumpanakin tutkimuskesänä tuli Rahajärven pikkusiikoja voimalan läpi alakanavaan. Kalat olivat ilmeisesti joutuneet liian lähelle vedenottoaukkoja ollessaan syönnöksellä yläkanavan voimalan puoleisessa päässä, missä kalaparvista tehtiin joidakin havaintoja. Rahajärven verkkopyynnillä saatiin runsaasti juuri pikkusiikaa, mutta sen lisäksi mm. muutama taimen. Ainakin kaksi näistä oli pyrkimässä Ronkajokeen. Taimenia on saatu myös Kirakkajokisuulta, vaikka nousevien kalojen määrä onkin hyvin pieni.

6.1.4 Kirakkajoki

Ennen Kirakkakönkään rakentamista Kirakkajoen ja Ronkajoen taimenista osa on laskeutunut Ukonjärven kautta Inarijärveen syönnösvaellukselle (Sarjamo 1982). Arvioitu poikastuotanto on luonnontilan vallitessa ollut 2 500 kappaletta vuodessa. Jokien yhteen laskettu poikastuotantoalue on ollut 10 ha. Lisäksi Kirakkakönkäässä on ollut poikastuotantoalueita yhteensä 2 ha.

Nykyisellään Kirakkajoen taimenkanta on tammukoitunut, pieni ja heikko (Tuunainen, suullisesti). Hyväkasvuista harjusta on joessa sen sijaan runsaasti (Tervaniemi, julkaisematon aineisto). Hammasjärven ja Kirakkajoen välillä kalojen vaeluksia on pitkään estänyt pato.

6.2 Kalaporras

6.2.1 Paikallisilla kaloilla tehdyt kokeet

Vuonna 1983 kaloja jouduttiin nostamaan kalatiehen kokeita varten, koska kalojen aktiivinen nousuvaihe alakanavaan oli kalateiden valmistuttua jo ohi ja niiden hakeutuminen kalateiden ala-altaaseen oli erittäin vähäistä. Saatujen tulosten merkitystä vähentää kalojen heikentynyt aktiivisuus. Lisäksi kun kaloja nostettiin haavilla alakanavasta, on mukaan voinut joutua myös nousuhaluttomia kaloja alakanavan heikosti virtaavista osista. Kalaportaassakin nämä ovat mahdollisesti hakenneet vain suojaista oleskelupaikkaa.

Kulma-altaaseen laitettut pikkusiiat kuolivat varsin pienissä vesimäärissä (30 ja 45 l/s). Syynä lienee se, että kun kulmaallas oli jaettu väliseinällä kahteen osaan, muodostui yläpuolisen puoliskon virtaustila hyvin rauhattomaksi. Yhdessä pyörivän virtauksen kanssa tämä sai aikaan sen, että kalat tempautuivat helposti virran mukaan, vaikka altaassa oli myös pienten virtausnopeuksien alueita. Kun virtaamaa pienennettiin (18 l/s), aloittivat kalat liikuskelun yläpuolisissa altaissa ja niitä nousi jopa keruualtaaseen (taulukko 9). Vesimäärän vähentäminen sinänsä ei ollut nousua stimuloiva tekijä vaan se, että tällä ja vedenpinnan nostamisella saatiin kulma-altaan virtaustila rauhoittumaan.

Ala-altaaseen laitettut kalat eivät väsyneet kuten kulma-altaan kalat, koska vesisyvyys oli suuri ja virtaustila rauhallinen. Kutakin kalaa kohti tehtiin keskimäärin 0,7 nousuhavaintoa. Nousemaan lähteneistä kaloista yli 70 % palasi jo ensimmäisestä altaasta takaisin ja keruualtaaseen

päätyi vain 2 % (taulukko 10). Kulma-altaasta lähteneillä kaloilla vastaavat arvot olivat 36 % ja 3 % (taulukko 9). Kalaportaan alaosalla ja nimenomaan sen alimmissa altaissa päävirtaus kiersi seiniä myöten (kuva 20 a). Tällöin virtaustilasta tuli hyvin vaikea ja kalat palasivat helposti altaaseen.

Virtaaman ollessa 18 l/s keruualtaan kaloista tehtiin 2,8 nousuhavaintoa kalaa kohti (taulukko 9), ala-altaan kaloista vastaavasti vain 0,04 (Laine 1984). Kokeet tehtiin viikon kuluessa, eikä esimerkiksi veden lämpötilassa ollut merkittäviä eroja. Ala-altaan kalojen heikompaa nousemaan lähtemistä selittää se, että kalat uivat lähelle pohjaa, kun taas vesi tuli korkealla sijaitsevasta kalaportaan aukosta ala-altaan pitkällä seinustalla (kuva 10). Kulma-altaan kynnyks oli matalampi ja vesisyvyys pienempi, joten ylhäältä tuleva heikkokin virtaus on ollut helpommin havaittavissa.

6.2.2 Paikallisen kalan nousu kalaporttaaseen

Vuonna 1983 kalaporttaassa oli yhtä aikaa enimmillään 30 kalaa, 1984 n. 6 000. Keruualtaaseen nousi ensimmäisenä tutkimuskesänä yhteensä 14 kalaa (taulukko 16), toisena lähes 8 000 (taulukko 21). Erot olivat valtavat.

Vuonna 1983 tutkimus päästiin aloittamaan varsin myöhään. Kalojen nousuvire oli jo melko huono (Laine 1984). Kalaportaan edustalla kaloja oli ajoittain runsaastikin, mutta hakeutumisen ala-altaaseen oli heikkoa. Kalat nousivat ala-altaaseen voimalan puoleisesta suuaukosta e (kuva 10), jonka edustalla oli muihin aukkoihin verrattuna eniten kaloja. Tämän aukon vaikutusalueella vesi oli lähes seisovaa, joten aukosta tullut heikkokin virtaus erottui ympäristöstä. Ala-altaaseen nousi kaloja vain silloin, kun voimalan molemmat koneet toimivat. Kun voimala suljettiin, poistuivat kalat ala-altaan lähietäältä alakanavaan. Myös silloin kun vain toinen kone oli toiminnassa, kalat oleskelivat heikommin virtaavalla alakananan puoliskolla. Tämä saattaa merkitä sitä, että alakanavan

kaloja oli levähtämässä kalateiden ala-altaan ja voimalan seinän välisellä alueella, jossa vesi virtasi vain heikosti, mutta vesisyvyys oli melko suuri. Kaloista suuri osa väistikin kalatiestä tulevaa virtausta ja vain osa lähti pyrkimään virtaan.

Vuoden 1984 parempaan nousuun on vaikuttanut ensinnäkin kalojen suurempi määrä alakanavassa ja nimenomaan kalaportaan edustalla (kuva 17). Yhtenä syynä tähän on voinut olla alakanavan suurempi vesisyvyys (liite 3) ja voimalan jatkuva käyttö (kuva 14). Kalatiestä tulevaan virtaukseen hakeutui kaloja runsaasti niin kesällä kuin syksylläkin, jopa silloin, kun voimalan molemmat koneet olivat kiinni (kuva 18). Myös sisälle kalaportaaseen kalat nousivat edellistä vuotta aktiivisemmin. Tähän on osaltaan voinut vaikuttaa vesimäärien lisääminen, ala-altaan päälle rakennettu varjostin ja altaiden parempi virtaustila (kuva 20 b). Vuonna 1983 ala-altaan virtaustilaa sekoitti usein se, että vettä tuli sekä kalaportaasta että Borland-kalatiestä. Lisäksi alimpien altaiden virtaustila oli kehno. Tämä johtui siitä, että päävirtaus kiersi seinien myötäisesti ja vaihtoi suuntaa altaasta toiseen, koska aukot sijaitsivat vuorotellen väliseinien vastakkaisilla reunoilla. Ensimmäisenä kesänä kalojen nousua kalaportaaseen on voinut lisäksi estää tuoreen puutavaran, betonin, liiman ja kyllästysaineen haju sekä rakenteiden paikoin kirkkaat värit. Toisena tutkimuskesänä rakenteet olivat jo tummuneet ja limoittuneet. Myös mäkärien ja koskikorentojen toukkia oli kalaportaassa runsaasti, toisin kuin kesällä 1983.

Veden lämpötila pysytteli vuoden 1984 koko nousujakson (4.7. - 28.8.) ajan 10 °C:n yläpuolella. Kalojen määrän lisääntyminen kalaportaassa ajoittui ainakin alkuosaltaan hyvin aurinkoiseen säähän (kuva 26). Ilmanpaine, ilman lämpötila, tuuli ja sää vaikuttivat veden lämpötilan kautta kalannousuun. Veden lämpötilan kohotessa ylös nousevien kalojen osuus muuttui suuremmaksi kuin alas laskeutuvien, jolloin kalamäärät kalaportaassa kasvoivat ja myös keruualtaaseen nousi enemmän kalaa. Lämpötilan laskiessa kalamäärät vastaavasti vähenivät.

Paikallisille kaloille tyypillistä oli kuljeskelu altaissa edestakaisin (taulukko 17). Etenkin pieniä siikoja ja alussa lisäksi muikkua kertyi runsaasti ala-altaaseen, kalaportaan alaosan altaisiin ja kulma-altaaseen. Kalaportaan yläosan altaissa kaloja oli huomattavasti vähemmän kullakin havainnointikerralla (kuva 26). Täällä myös vesisyvyys oli pienempi. Näköhavainnot ja kalaportaan eri osista otetut näytteet (taulukko 20 ja kuva 31) osoittavat, että esimerkiksi pohjasiika tai muut suurikokoiset kalat nousivat nopeasti kalaportaan ylös asti.

Keruualtaaseen nousi pikkusiikaa eniten jakson alkupuolella, jolloin myös pohjasiian osuus oli huomattava (kuva 33). Elokuussa valtalajina oli muikku. Jakson loppua kohti pienten, 1-vuotiaiden muikkujen osuus kasvoi (taulukko 20). Veden lämpötila oli muikun huippunousun aikana korkeimmillaan, tosin lämpötilan ylitettyä 17 °C muikkumäärätkin alkoivat vähentyä. Suurimman nousuhuipun aikana kalojen suhteellinen osuus kalaportaan yläosan altaissa kasvoi jopa 15 %:iin koko kalamassasta (kuva 26). Pienet muikut ovat saattaneet nousta niin hitaasti, että ne ovat saavuttaneet keruualtaan vasta lämpötilamaksimin aikoihin. Myös veden korkea lämpötila on voinut nopeuttaa kalojen uintia. Pavlov ja Pahurkov (1983) ovat todenneet pienten kalojen uintinopeuden muuttuvan sekä kalan koon kasvaessa että veden lämpötilan kohotessa. Pieniä muikkuja alkoi löytyä keruualtaasta pari viikkoa sen jälkeen kun niitä oli havaittu kalaportaan alimmissa altaissa. Nousuvauhti on ollut hidas ja kalat ovat levähtäneet myös kalaportaan yläosan altaissa.

6.2.3 Paikalle tuoduilla kaloilla tehdyt kokeet

Kun kaloja tuodaan kalaporraskokeisiin muualta, on otettava huomioon esimerkiksi pyynnin ja kuljetuksen mahdollisesti aiheuttamat häiriöt sekä pyynti- ja koepaikan erilaiset olot (mm. veden haju ja lämpötila). Joissakin kokeissa kaloja käytettiin suoraan kuljetuksen jälkeen (esim. ensimmäinen emotaimenkoe), mutta yleensä kaloja pidettiin ensin sumpussa.

Pikkutaimen

Kalanviljelylaitoksen pikkutaimenet olivat kehitysvaiheeltaan vasta virrassa oleskelevia poikasia. Kalaportaassa ne nousivat vaikeuksitta vaikkakin suhteellisen hitaasti. Kun kokeet kestivät usean vuorokauden ajan, oli kaloista suurin osa keruualtaassa muiden ollessa hajaantuneina kalaportaan eri osiin (taulukot 11 ja 12). Täällä ne olivat vallanneet omat oleskelupaikkansa, joita ne puolustivat muita altaisiin saapuvia lajitovereita vastaan.

Virtaamat (16 - 18 l/s) ja vesisyvyys (15 - 30 cm) olivat erittäin pieniä. Aukkojen virtausnopeus oli suurimmillaan jopa 1,4 m/s. Tämäkään ei osoittautunut esteeksi nousulle. Vuonna 1984 havaittiin pikkutaimenten nousevan keruualtaaseen asti virtaaman ollessa jopa 50 - 84 l/s. Varsinaisia kokeita näillä kaloilla ei kuitenkaan enää tehty.

Emotaimen

Kalanviljelylaitoksen emotaimenet olivat koekaloista suurimpia. Kalaportaassa liikkuminen oli vaivatonta, kunhan vain vesisyvyys oli riittävä. Pienikään virtaama ei tosin ollut esteenä kalalle, joka vasta nousutyylin oppineena pyrki keruualtaaseen suoritustaan (ks. 4.1.3).

Ensimmäisessä kokeessa ala-altaaseen laitetuista neljästä kalasta vain yksi lähti nousemaan. Kun kalat laitettiin kalaportaan alimpiin altaisiin, nousivat niistä kaikki. Tämä ei välttämättä merkitse sitä, että taimenten oli vaikea lähteä ala-altaasta, sillä muutkin kuin itse nousukala kävivät alimmissa altaissa. Ehkä altaan rauhallinen virtaustila ja syvä vesi eivät innostaneet laitoskaloja nousemaan. Itse altaissa virtaus oli selvä ja voimakas ja vesisyvyys oli pienempi.

Ennen varsinaisen nousun alkamista kalat tutustuivat lähes poikkeuksetta ensiksi yhden altaan virtaustilaan liikkumalla siinä ja oleskelemalla jonkin aikaa ehkä useankin kerran

ylhäältä tulevassa virrassa. Tämän jälkeen ne liikkuivat muutamassa yläpuolisessa altaassa ja palasivat lähtöaltaaseen. Viimeisessä kokeessa käytetyltä kalalta tämä vaihe puuttui. Ilmeisesti sille - kalaportaan edellisellä päivänä jo kertaalleen noustuaan - oli muodostunut virtaustilasta jo riittävä kuva. Oleskelupaikkana, johon kierroksilta palattiin, oli aina altaan ulommainen sivuseinusta, jossa virtausnopeus oli pienimmillään 0,1 - 0,2 m/s (Narkilahti 1985). Täällä kala oli pää alavirtaan päin (kuva 24), mikä johtui altaan pyöriävästä virtaustilasta.

Varsinaisen nousun alkaessa kalalla tuntui olevan selvä kuva virtauksista, koska se kykeni ohittamaan useita altaita koko ajan virrassa pysytellen. Kulma-allas hidasti nousua. Siinä kala aina pysähtyi ja kierteli allasta oleskelupaikasta käsin. Yläosalla altaat 12 ja 18 veivät eniten aikaa (taulukko 13). Altaan 12 hankaluus saattaa johtua siitä, että siinä aukot olivat kalasta katsoen ensimmäisen kerran eri puolella allasta kuin kalaportaan alaosalla (kuva 20 b ja taulukko 13).

Kun emotaimen lähti nousemaan, se nousi poikkeuksetta kalaportaan ylös asti. Tulokset osoittavat, että isokokoinenkin kala pystyy hallitsemaan kalatiemallin virtaustilan hyvin ja nousemaan jopa erittäin nopeasti, kuten toisessa kokeessa kalaportaan alaosan parissa sekunnissa noussut yksilö. Virtausnopeuksilla ja altaiden virtaustiloilla ei tässä tapauksessa näytä olevan kovin suurta vaikutusta, kunhan vain muutoksia virtaustilassa ja kalaportaan rakenteessa ei ole kovin paljon.

Järvitaimen

Inarijärveltä nuotatut taimenet eivät olleet kovin hyviä koe-kaloja, mikä näkyi mm. siitä, että lähes kaikki alakanavaan laitetut kalat valitsivat suojaisan oleskelupaikan virtaamattomasta tai vain heikosti virtaavasta vedestä. Sama ilmeni kalaportaaseen laitetuista kolmesta koekalasta, joista vain yksi osoitti koko aikana virtahakuisuutta.

Tällä kalalla kalaportaaseen ja sen virtaustilaan totuttelu vei pitemmän ajan kuin emotaimenella, jolle porras oli jo tuttu (taulukot 13 ja 14). Järvitaimenella nousemiseen kului aikaa vain pieni osa siitä, minkä se käytti ala-altaan ja alimpien altaiden kiertelyyn (taulukko 14). Myös kalaportaan yläosan se nousi erittäin nopeasti. Aikaa kului vain altaassa 12, jossa kala joutui liikuskelemaan ennen nousun jatkamista. Suuremmatkaan vesimäärät eivät estäneet nousua; tosin havaintojen teko jäi kalan karkaamisen vuoksi kesken.

Pohjasiika

Pohjasiikat tuotiin Ivalojoesta Kirakkakönkälle kesken kutunousun. Kokeissa ne eivät lähteneet yrittämäänäkään nousemista kalaportaaseen. Syynä on voinut olla mm. pyynnin ja kuljetuksen aiheuttamat häiriöt, jokivesien lämpötilaero ja muut fysikaaliset seikat, kalaportaaseen muutostöissä tehtyjen uusien rakenteiden tuoksu sekä kalaportaan koskinen luonne, joka poikkesi selvästi Ivalojoen alaosan tasaisesta virtauksesta ja alhaisista virtausnopeuksista.

6.3 Borland-kalatie

Borland-kalatiellä tehdyt kokeet jäivät hyvin vähäisiksi, eikä sitä ehditty saada välttävällä tavalla toimimaan. Esimerkiksi veden kierto on voinut jäädä riittämättömäksi. Myös koekalatie rakenteella saattaa olla oma vaikutuksensa tuloksiin. Koekalatie oli melko kevytrakenteinen massiivisiin betonirakenteisiin kalateihin verrattuna. Mm. tästä on voinut johtua havaittu värähtely ja soiva ääni, jotka varmasti ovat vaikuttaneet koekalojen käyttäytymiseen.

Vuonna 1984 ajan puutteen lisäksi tekniset vaikeudet, mm. luukkujen juuttuminen kiinni, vaikeuttivat koetoimintaa. Kirakkakönkään vähäisyydessäänkin huonoja tuloksia ei kuitenkaan voi eikä kannata yleistää, sillä maailmassa on lukuisia Borland-kalateitä, joista on saatu erittäin hyviä kokemuksia (Herva 1981).

6.4 Kalat ja virtausnopeus

Voimalasta Ukonjärveen virtaava vesi toimii eräänlaisena houkutusvirtauksena, joka saa vuosittain kaloja nousemaan alakanavan suulle ja alakanavaan. Täällä ne kerääntyvät parviksi voimalan alle tai kanavan reunoille. Kalaparvia liikkuu jatkuvasti Ukonjärven ja alakanavan välillä. Myös luonnonuomaan nousee kaloja, mikäli ohjuoksutus kestää muutamankin päivän.

Sillasta n. 20 m Ukonjärven suuntaan ovat virtausnopeudet virtauksen vaikutusalueella 0,2 - 0,7 m/s. Alakanavaan noustessaan kalat joutuvat uimaan maantiesillan alla n. 6 m:n matkan 0,7 - 0,8 m:n/s virtausnopeuksissa (kuva 5 ja 15). Sillalta alakanavan puoliväliin mennessä n. 30 m:n matkalla nopeudet kalojen uintireiteillä ovat heikentyneet vasta vähän ja ovat 0,4 - 0,5 m/s. Kalojen oleskelualueilla alakanavan voimalan puoleisella osalla virtausnopeudet ovat enää 0,2 - 0,3 m/s.

Alakanavan oikealla ja vasemmalla puoliskolla ei virtausnopeuksissa ollut merkittäviä eroja, vaikka vettä tulee oikeasta turbiinista jonkin verran enemmän. Kummankin koneen toimiessa kaloja oli aina enemmän oikealla rannalla, jossa kalaporras sijaitsee. Ala-altaan sisääntuloaukkojen tuntumassa nopeudet olivat jopa 0,8 m/s. Ne pienenevät kuitenkin nopeasti aukosta pois päin siirryttäessä (Narkilahti 1985).

Itse kalaportaassa virtausnopeudet vaihtelivat suuresti ja olivat altaiden hitaasti virtaavissa osissa tavallisesti n. 0,4 - 0,5 m/s (min 0,1 m/s, max 0,6 m/s). Aukkojen välisillä alueilla ne saattoivat olla jopa 1,5 m/s. Vesimäärää suurentaessa vesisyvyys kasvoi, mutta virtausnopeudet eivät välttämättä suurentuneet. Virtaamassa 84 l/s kalaportaan keuruultaaseen nousi hyvin erikokoisia kaloja aina 1 g:n painoisesta pikkusiiasta lähes 3 kg painavaan emotaimeneen (taulukko 21).

Isot kalat (emotaimen, järvitaimen ja alakanavasta noussut pohjasiika) nousivat yleensä hyvin nopeasti useitakin altaita peräkkäin (taulukot 13 ja 14). Esimerkiksi järvitaimenella kului 30 m:n pituisen kalaportaan nousemiseen aikaa vajaat 20 minuuttia. Tämän mukaan suunnilleen samankokoisella nousukalalla kuluisi kalaportaassa 100 metrin matkalla aikaa tunnin verran. Pienet kalat oleskelivat altaissa ja saattoivat tehdä useitakin yrityksiä aukolle ennen kuin pystyivät uimaan seuraavaan altaaseen, jossa sama taas toistui. Altaissa ne oleskelivat alueilla, joissa virtausnopeus oli yleensä 0,1 - 0,2 m/s, mutta myös jopa 0,4 - 0,5 m/s. Pienemmiltä kaloilta 30 metrin mittaisen kalaportaan nouseminen saattoi viedä jopa vuorokausia. Pienet laitostaimenet ja jotkut pienet siiat tosin nousivat n. 10 metriä parissa tunnissa, jolloin 100 metrin matkalla aikaa kuluisi suunnilleen vuorokauden verran.

6.5 Alas laskeutuvat kalat

Aikuiset kalat ja vaelluspoikaset laskeutuvat voimalapadon ohi yleensä voimalan turbiinien tai ohitusväylien kautta. Turbiinien läpi kulkeminen voi vaurioittaa kaloja, ja on laskeuttu, että se lisää kuolevuutta 3 - 12 % jokivoimalan ja turbiinien koosta tai tyypistä riippuen (Herva 1981). Glossin ja Wahlin (1960) mukaan 75 % kuolemantapauksista tapahtuu heti turbiineissa ja 10 % seuraavan 24 tunnin kuluessa. Tulvaväylien kautta laskeutuminen ei myöskään ole vaaratonta. Jos padossa on kalatie, kalat voivat laskeutua myös sen kautta. Useiden kalateiden ylävirran puoleiset suuaukot eivät kuitenkaan kerää alas vaeltavia kaloja (Sweeney ja Rutherford 1981). Pavlov ja Pahurkov (1983) ovat pohtineet laajalti kalojen suojaamista joutumasta vedenottolaitteisiin. Heidän mukaansa tulevaisuudessa onkin sangen tärkeää kehittää kalateitä nimenomaan laskuvaelluksella oleville kaloille.

Kirakkakönkään voimalassa on pienet Francis-tyyppiä olevat turbiinit. Voimalan hoitajan mukaan ei ole mahdollista, että kalat pääsisivät elävänä laitoksen läpi. Tähän on syynä se, että virtausnopeus turbiineihin tultaessa on erittäin suuri

ja turbiinien lähekkäiset siivet pyörivät hyvin nopeasti, jolloin silpoutumisen vaara on suuri. Myös Rahajärveen istutettujen vaelluskalojen erittäin huonot merkkipalautukset ovat antaneet aiheutta olettaa, että kaloja kuolee runsaasti voimalan turbiineissa (Simola, suullisesti). Tämän tutkimuksen aikana tehdyt lukuisat havainnot Rahajärvestä tulleista vaurioituneista pikkusioista tukivat käsitystä.

Vaurioitumista turbiineissa pyrittiin selvittämään eläviä kaloja käyttäen. Kokeet eivät kuitenkaan onnistuneet, koska kaloja ei saatu laitetuksi välittömästi vedenottoputkien suulle. Näin osa niistä saattoi karata Rahajärveen. Alakanavasta puolestaan oli vaikeaa havaita ylhäältä tulleita mahdollisesti vahingoittumattomia kaloja, koska muita kaloja oli siellä runsaasti. Merkityillä kaloilla taas merkit irtoilivat helposti.

Kuolleilla kaloilla tehdyt kokeet eivät anna kuvaa siitä, kuinka suuri osa alas laskeutuvista kaloista selviäisi turbiinien läpi, mutta kylläkin siitä, kuinka suuri osa kaloista vähintään tuhoutuisi. Tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon se, että elävät kalat mahdollisesti pystyvät jonkin verran väistämään turbiinien siipiä. Näin saadut arvot ovat liian suuria. Kokeiden mukaan Kirakkaköngkään voimalan turbiineissa kuolisi alle 20 cm:n mittaisista alas vaeltavista kaloista koosta riippuen 0 - 70 % ja yli 20 cm:n mittaisista kaloista peräti 80 - 100 % (taulukko 8).

Kalojen vaurioitumista voidaan vähentää ohjaamalla alas laskeutuvat kalat kalaportaaseen. Kirakkaköngkällä se onnistunee helposti, koska yläkanava on kapea ja sen virtausnopeus on melko alhainen. Ohjaimena voisi toimia joko säleikkö tai pelkkä kanavassa viistoittain sijaitseva verkko, jota tarvittaisiin ainoastaan kalojen laskuaikana.

7. KALAPORTAAN SUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

7.1 Koekalaportaan heikkoudet

Kalaporttaasta alakanavaan tuleva virtaus ei ulottunut kovin laajalle. Suuaukoissa virtausnopeudet olivat kohtalaiset, mutta ne heikkenivät nopeasti. Aukosta e (kuva 10) vesi purkautui lähes seisovaan veteen ala-altaan ja voimalan seinämän väliin. Pienestä aukosta tullessaan virtaus muodostui jyrkkärajaiseksi, ja sen vaikutuspiiriin joutuessaan varsinkin pienet kalat saattoivat jopa paiskautua syrjään. Tälle alueelle alakanavasta voi kerääntyä kaloja levähtämään, jolloin houkutusvirtauksen suunta on väärä. Aukoista b, c tai d tullessaan virtaus peittyi voimalasta tulevaan virtaukseen, jolloin sen vaikutusalue jäi lähes olemattomaksi. Myös kalat uivat aukkojen edustalla hyvin syvällä (Laine 1984). Aukosta a vesi purkautui matalahkoon rantaveteen, mutta kaloja oli tämän aukon edessä runsaasti etenkin 1984 alakanavan vedenpinnan ollessa korkealla (kuva 17). Myös syvällä uineita isoja kaloja nousi tästä aukosta kalaporttaaseen.

Vesi tuli kalaporttaasta ala-altaaseen aukosta, jonka alareuna oli n. 60 cm:n korkeudella ala-altaan pohjasta. Aukko sijaitsi ala-altaan pitkällä seinustalla (kuva 10). Aukosta tuleva virtaus iskeytyi täällä vastapäiseen seinään ja ilmeisesti painui altaan pohjalle (kuva 23), jossa hajaantui eri suuntiin. Kalat olivatkin pohjalla yleensä pyrstö kohti aukkoa. Ohjaimilla ja aukon sijoittamisella virtauksen suuntaa pystyttiin hieman parantamaan (Narkilahti 1985). Borland-kalatiehen johtava aukko sijaitsi ala-altaan päässä (kuva 10) huomattavasti kalaporttaaseen johtavaa aukkoa alempana. Näin se oli helpommin löydettävissä.

Kalaportaan kulma-altaaseen vesi tuli pitkällä seinustalla sijaitsevasta aukosta ja iskeytyi vastapäiseen seinään kääntyen siitä kohti alapuolista aukkoa (kuva 29). Kulma-altaan yläpuolisen aukon kynnyks (27 cm) oli suurempi kuin muissa

altaissa (10 cm). Kaloja kertyi runsaasti kulma-altaaseen, ja myös isot nousukalat joutuivat siellä hetkeksi keskeyttämään nousunsa (taulukot 13 ja 14).

Vuoden 1984 aukkoratkaisulla (kuva 12 b) virtaustila oli selvästi parempi kuin vuoden 1983, jolloin pienemmät aukot (kuva 12 a) sijaitsivat vuorotellen väliseinän eri reunoilla (kuva 20). Veden pyöriminen altaissa sai kuitenkin edelleen aikaan kalojen väärää suuntautumista. Altaiden ulkoseinustoilla kalat olivat lähes poikkeuksetta pää alavirtaan (kuvat 24 ja 28). Pyörimistä ei saatu ohjaimilla, altaan muodon muutoksilla tai uusilla väliseinillä (kuvat 10 b ja 12 c) kokonaan poistetuksi (Narkilahti 1985). Kalaportaan yläosalla vesisyvyys jäi pienemmäksi kuin alaosalla. Kun yläosalle saatiin riittävästi vettä, tulvi alaosa yli. Syynä olivat ilmeisesti mitoituksesta aiheutuneet tekijät ja kalaportaan alaosan padotus. Tämä on ongelma, johon suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota.

Virtausnopeudet aukoissa vaihtelivat virtaaman pysyessä muuttumattomanakin. Ne olivat suurimmillaan jopa 1,5 m/s (Narkilahti 1985). Myös pieniä virtaamia käytettäessä aukkojen virtausnopeudet saattoivat olla varsin suuria etenkin kalaportaan yläosalla, jossa vesisyvyys oli pieni.

7.2 Kalaportaan sijoittaminen ja rakenteet

Kalatieen suunnittelussa, sijoittamisessa ja rakentamisessa huomioitavia seikkoja ovat esittäneet mm. Herva (1981) ja Helenius ym. (1981). Tämä tutkimus tehtiin keruualtaisiin päättyvillä kalatiemalleilla. Tietoja mahdollisesta kalaportaan yläosan sijoittamisesta ja rakenteesta ei siis saatu. Yläosan sijoittamisessa on kuitenkin otettava huomioon se, että alas laskeutuvat kalat on mahdollisesti ohjattava kalaportaaseen.

Kalaportaalalle paras paikka on alakanavan ylävirralta katsoen oikealla rannalla. Täällä oli selvästi enemmän kaloja kuin vasemmalla rannalla. Ala-altaan suuaukoista parhaaksi

osoittautui alavirtaan oleva aukko a (kuva 10). Ulos purkautuvan virtauksen tulisi olla mahdollisimman tasainen ja rauhallinen. Kaikissa kokeissa vesimäärät olivat alle $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Kun alakanavan virtaama oli jopa $9 \text{ m}^3/\text{s}$, jäi kalaportaan virtaama siihen verrattuna heikoksi. Tarvittaessa voidaankin virtausta voimistaa tai kaloja ohjata muilla keinoin sen vaikutusalueelle alakanavan keskiosista.

Kalatien mitoitukseen vaikuttaa mm. sitä käyttävien kalojen laji, koko ja määrä. Clay (1961) on määrittänyt taimenelle kalatien vähimmäismitat: altaan leveys 120 cm, pituus 150 cm ja syvyys 60 cm sekä pystysuoran virtausraon leveys 15 - 19 cm. Kirakkakönkään kalatiemallissa käytettiin suunnilleen näitä mittoja. Alaita vieläkin pidentämällä virtaustilaa saataisiin rauhoitetuksi. Jos altaan pituus oli pienempi kuin 150 cm (altaat 8 - 11, ks. kuva 10), oli virtaustila hyvin rauhaton (Narkilahti 1985).

Virtausraon leveyden ollessa 15 cm isot emotaimenetkin nousivat ja laskeutuivat vaikeuksitta. Sen sijaan vesisyvyys ainakin kalaportaan yläosalla oli isommille kaloille aivan liian pieni. Sen tulisi olla vähintään kalaportaan alaosan vesisyvyyden tasolla eli n. 70 - 75 cm jotta kalat saisivat tarpeeksi suojaa. Siika tuntuu vaativan suuremman vesisyvyyden kuin taimen.

Altaiden välinen kynnyks, 10 cm, tuntui kaikille kaloille riittävältä. Jopa pienet, alle 10 cm pituiset muikut nousivat, vaikka suositusten mukaan kynnyksen korkeus saisi olla vain puolet kalan pituudesta. Kynnystä voidaan jonkin verran korottaa, jos sillä on halutun virtaustilan kannalta merkitystä, mutta välttämätöntä se ei liene.

Jos kalaportaassa on nykyisen kaltainen ala-allas, tulee sieltä kalaportaaseen johtavan aukon sijaita altaan päässä ja nykyistä alempana, jotta pohjalla uivat kalat havaitsisivat helpommin sieltä tulevan virtauksen. Vastaavasti käännoksissä tarvittavien kulma-altaiden virtaustilaa olisi pyrittävä

rauhhoittamaan esimerkiksi sijoittamalla yläpuolinen aukko altaan päähän ja alentamalla sen kynnyistä. Kulma-altaat olisi mahdollista myös korvata useilla pienillä vähitellen kääntyvillä altailla. Varsinaisia levähdysaltaita ei välttämättä tarvita, koska niin pienet kuin isotkin koekalat pystyvät levähtämään itse altaissa.

Kalaportaan altaiden virtaustilan tulee olla mahdollisimman selkeä. Kun aukot sijaitsivat samassa linjassa, pystyvät isot kalat nousemaan hyvinkin nopeasti. Rakenteelliset muutokset (esimerkiksi juuri muista altaista poikkeava kulma-allas ja yläosan altaiden aukkojen siirtyminen toiselle puolelle väliseinää) hidastivat nousua.

Kalatien valmistuttua on aluksi odotettavissa huonompaa nousua, koska kalat tuntuvat varovan uusia rakenteita. Paras rakennusmateriaali lienee betoni.

7.3 Kalaportaan rakentamisen edellytykset ja vaikutukset

Kun suunnitellaan kalatien rakentamista, on otettava huomioon seuraavat seikat: a) Nouseva kalakanta joko on olemassa tai se voidaan saada aikaan istuttamalla. b) Esteen takana on lisääntymis- ja poikaskasvualueita tai niitä voidaan kunnostaa ja entistää. c) Veden laatu ja muut ympäristöolot ovat hyvät. d) Kalastuksen järjestämiseen on mahdollisuus.

Kirakkakönkään voimalan valmistuttua varsinaiset Kirakkajokeen nousevat kalakannat tuhoutuivat. Nykyään Rahajärvestä nousee Kirakkajokeen enää vain hyvin vähän taimenta. Kirakkajoessa on mm. tammukkaa ja harjusta. Koska joella on edelleen hyviä kutu- ja poikaskasvualueita, on mahdollista istuttaa sinne nopeakasvuista Inarijärveen vaeltavaa taimenta (esimerkiksi Juutuan kantaa), joka tulisi käyttämään kalatietä Kirakkakönkään ohittamiseen. Myös aikoinaan perattujen uittoväylien kunnostaminen voisi tulla ajankohtaiseksi.

Sarjamo (1982) on esittänyt mm. kalastuksen tehostamista Rahajärnessä sekä petokalojen, planktonsiian ja muikun istutuksia. Kalastusta tehostamalla ja petoja suosimalla saataisiin pikkusiikakannat vähenemään. Muikun kotiutusistutuksilla puolestaan parannettaisiin petojen ravintotilannetta, koska Rahajärven säännöstelyn vuoksi piikkikala- ja pohjaeläinkannat ovat taantuneet ja näin ravintokohteiden määrä on niukka.

Kalatie vaikuttaisi järven kalaston siten, että petokalojen, esimerkiksi taimenen, ohella järveen pääsisi nousemaan siikaa ja muikkua. Tämän tutkimuksen mukaan siioista suurimmat nousisivat parhaiten ja muikkua nousisi etenkin lämpiminä kesinä. Näin osa Sarjamon (1982) ehdotuksista toteutuisi tarvitsematta varautua vuosittaisiin istutuksiin ja mädinhankintapyyntiin tai kalojen ylisiirtoon.

Kirakkakönkään kalatiekokeissa havaittiin kalaportaan tulevan toimeen pienilläkin virtaamilla. Sopivaksi näissä olosuhteissa osoittautui 85 l/s, jolloin alimmat altaat olivat täynnä vettä. On kuitenkin huomattava, että Kirakkakönkäällä nousukalat olivat pieniä eivätkä siis vaatineetkaan kovin suuria vesimääriä. Jos paikalle rakennetaan varsinainen kalaporras, joudutaan vesimäärää lisäämään, koska kalatien mittoja on nykyisestä jonkin verran suurennettava lähinnä isoja nousukaloja varten. Kaiken kaikkiaan tarvittava vesimäärä jää kuitenkin melko pieneksi, etenkin kun kalatie on käytössä vain kalojen nousu- ja mahdollisesti laskuaikoina.

8 TIIVISTELMÄ

Vuonna 1953 valmistui Inarin Kirakkakönkääseen voimalapato, joka esti mm. taimenen, harjuksen ja siian nousemisen yläpuolisen Kirakkajoen kutualueille. Nykyään voimalan alakanavaan nousee kesäisin runsaasti pientä kalaa alapuolisesta Ukonjärvestä. Vuonna 1983 alakanavassa oli vaellussiikatyyppistä pikkusiikaa ja pohjasiikaa, 1984 näiden lisäksi reeskaa ja muikkua. Voimalan yläpuolisen Rahajärven valtalajina on hidasvasvuinen pikkusiika, jonka kanta on osaksi alikalastuksen ja osaksi petojen puutteen vuoksi hyvin tiheä.

Voimalan alapuolelle rakennettiin kesällä 1983 kaksi kalatiemallia: tavallinen kalaporras, jossa oli leveän kulma-altaan lisäksi 18 varsinaista allasta, sekä sulkuperiaatteella toimiva Borland-kalatie. Kalateillä oli yhteinen alallas, ja molemmat kalatiet päättyivät keruualtaaseen. Vesi kalateihin tuli venttiilien ja putkien kautta voimalan tuloputkista.

Borland-kalatiellä tehtiin melko vähän kokeita, eikä sitä ehditty saada toimimaan välttävällä tavalla. Tutkimus keskityikin paljolti kalaportaaseen. Siinä sekä tehtiin erilaisia kalakokeita että seurattiin kalojen nousua alakanavasta portaaseen. Lisäksi selvitettiin erilaisin menetelmin virtaustiloja.

Vuonna 1983 kalateiden valmistuttua kalojen hakeutuminen kalatiehen oli jo heikkoa. Tämän vuoksi kalaportaassa tehtiin kokeita alakanavasta haavituilla pikkusiiioilla (n. 20 cm, 50 g), joita laitettiin ala-altaaseen ja kulma-altaaseen. Kokeilla pyrittiin selvittämään kaloille sopivia virtaamia ja virtaustiloja. Kalat lähtivät nousemaan melko huonosti niin ala-altaasta kuin kulma-altaastakin.

Varsinaista nousua ei saavutettu. Kalat kulkivat enimmäkseen alimmissa altaissa edestakaisin, ja vain muutama kala nousi keruualtaaseen. Inarin kalanviljelylaitoksen pikkutaimenilla (15 cm, 35 g) tehtiin joitakin lisäkokeita. Nämä nousivat varsin pienissä virtaamissa vaikeuksitta keruualtaaseen asti. Alakanavasta nousi ala-altaaseen n. 150 pikkusiikaa, joista valtaosa ei käynyt kalaportaassa. Keruualtaaseen näistä nousi vain 14 kalaa.

Vuonna 1983 virtaamat olivat hyvin pienet, yleensä alle 50 l/s, ja virtaustila oli huono, koska altaiden väliseiniä aukot sijaitsivat vuorotellen eri puolilla allasta. Etenkin kalaportaan alimmissa altaissa päävirtaus kiersi seinien kautta. Kalojen huono nouseminen on osaltaan voinut johtua kalateiden uusista rakenteista.

Vuonna 1984 kaksinkertaistettiin kalaportaan vesimäärä, rakennettiin ala-altaan päälle varjostin ja käytettiin väliseiniä, joiden aukot olivat suuremmat kuin edellisenä kesänä ja sijaitsivat suorassa linjassa. Virtaustila olikin selkeämpi, vaikka virtaus pyörikin edelleen. Koekaloiksi tuotiin Inarin kalanviljelylaitoksen isoja emotaimenia (60 cm, 2 - 3 kg), Inarijärven taimenia (30 cm) ja Ivalojokeen kutunousulla olevia pohjasiikoja (40 cm). Yleisemmin käytetty virtaama oli n. 85 l/s, jolloin virtausnopeus kalaportaan aukoissa oli 0,6 - 1,4 m/s. Altaiden hitaimmin virtaavissa osissa virtausnopeus oli 0,1 - 0,5 m/s. Vesisyvyys kalaportaan alaosalla oli 75 cm ja yläosalla alimmillaan vain 45 - 55 cm.

Taimenet nousivat vaikeuksitta. Parhaimmillaan 30 m:n mittaisen kalaportaan nousemiseen kului aikaa 20 minuuttia. Oleskelu- ja lepoalueena oli altaan ulkoseinusta. Noustessaan kalat pysyttelivät aukkojen välisessä päävirtauksessa ja nousivat pysähtymättä jopa kymmenkunta allasta kerrallaan. Kulma-altaassa kalat joutuivat poikkeuksetta pysähtymään. Pohjasiikat eivät lähteneet kalaportaaseen. Syynä saattoivat olla kesken kutunousun tapahtuneen pyynnin ja kuljetuksen aiheuttamat häiriöt, jokivesien lämpötilaero sekä kalaportaan koskinen luonne, joka poikkesi täysin Ivalojoen alaosan tasisaisesta virtauksesta ja pienistä virtausnopeuksista.

Vuonna 1984 kalaportaaseen nousi alakanavasta runsaasti pikkusiikaa, pohjasiikaa, reeskaa ja muikkua. Noin kaksi kuu-kautta kestäneen seurantajakson aikana keruualtaasta haavittiin lähes 8 000 kalaa. Näistä yli puolet oli pientä muikkua. Virtaaman pysyessä samana (85 l/s) lähinnä veden lämpötila vaikutti kalojen nousuun. Pienin alakanavasta keruualtaaseen noussut kala oli 1 g:n painoinen pikkusiika ja suurin 345 g:n painoinen pohjasiika. Isot kalat nousivat huomattavasti nopeammin kuin pienet kalat.

Voimalan yläpuolisella Kirakkajoella on taimenelle hyviä kutu- ja poikaskasvualueita. Sinne voidaan istuttaa nopeakasvuista Inariin vaeltavaa taimenta esimerkiksi Juutuan

kannasta. Vaelluksellaan taimen tulisi käyttämään kalatietä Kirakkakönkään ohittamiseen. Alas laskeutuvat kalat ja vaelluspoikaset olisi mahdollisesti ohjattava laskeutumaan kalaportaan kautta, koska suuri osa kaloista todennäköisesti tuhoutuu voimalaitoksen turbiineissa. Jos paikalle rakennetaan kalaporras, on nykyinen sijainti hyvä. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon mm. se, että kaikenlaiset rakenteelliset muutokset hidastavat kalojen nousua. Lisäksi nykyisen mallin ala-altaan ja kulma-altaan rakenne on huono. Ala-altaan pohjalla uivat kalat eivät helposti havaitse liian korkealla sijaitsevasta kalaportaan aukosta tulevaa virtausta.

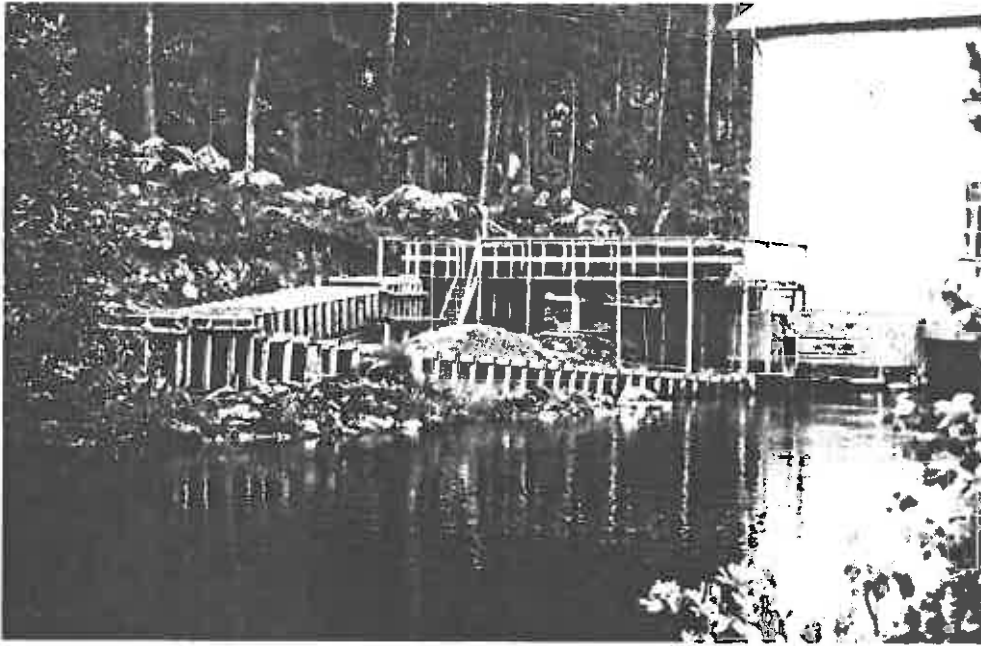
9 KIRJALLISUUS

- Alatalo, J. 1983: Kirakkakönkään kalatien tutkimusmallit. - Lapin vesipiirin vesitoimisto.
- Clay, C.H. 1961: Design of fishways and other fish facilities. - Queen's Printer Ottawa, Canada. 301 ss.
- Collins, G.B. ja Elling, C.H. 1960: Fishway research at the fisheries-engineering research laboratory. U.S. Fish Wildl. Serv. Circ. 98: 1-17.
- Gloss, S.P. ja Wahl, J.R. 1983: Mortality of juvenile salmonids passing through ossberger cross-flow turbines at small-scale hydroelectric sites. - Trans. Am. Fish. Soc. 112: 194-200.
- Helenius, L., Keränen, M., Savolainen, J. ja Veijalainen, V. 1981: Tutkimus kalateistä. - Oulun yliopisto, vesirakennustekniikan laitos, sarja A, julkaisu 7: 1-48.
- Herva, M. 1981: Joen vaelluskalakannan elvyttämiseen ja säilyttämiseen käytetyt vesirakennustekniset toimenpiteet ja näiden vesiensuojelulliset edellytykset. - Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Herva, M. 1983: An experimental small scale fishway. - Salmo salar. Luleå 4.- 6.10.1983.
- Huet, M. 1959: Profiles and biology of western European streams as related to fish management. - Trans. Am. Fish. Soc. 88: 155-163.
- Katopodis, C. 1981: Considerations in the design of fishways for freshwater species. - 5th Can. Hydro-techn. Conf. Can. Soc. Civil Eng. Federation, New Brunswick.
- Laine, A. 1984: Kalatietutkimus ja kalateiden koerakentaminen. Kirakkajoen tutkimusraportti. - Oulun yliopisto, vesirakennustekniikan laitos, sarja A, julkaisu 13: 1-40.

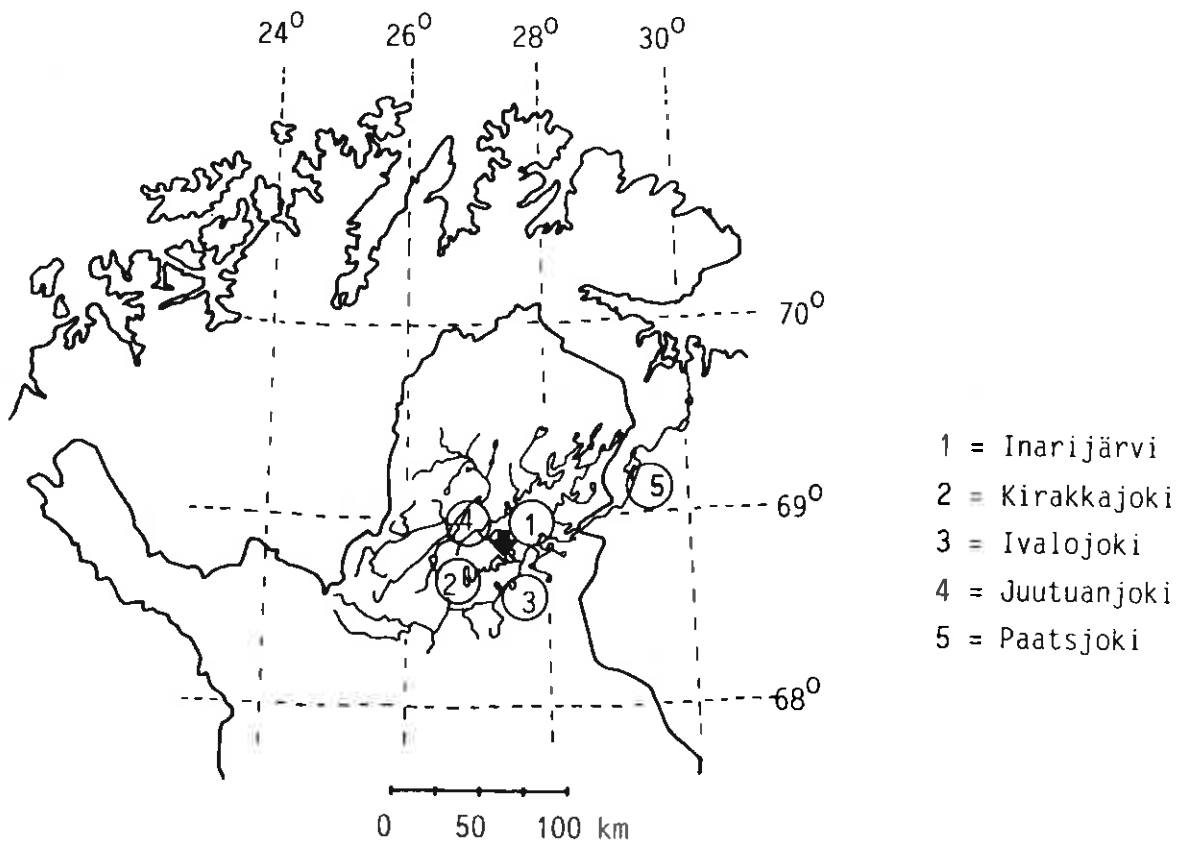
- Murphy, A.M. ja Dooge, J.C.J. 1951: The hydraulic fish lift at Leixlip. - Inst. Civil Eng. Ireland. 63-88, 121-146.
- Narkilahti, A. 1985: Kirakkakönkään kalatiemallit ja niiden virtaustutkimukset.- Vesihallituksen monistesarja (painossa).
- Palomäki, R. 1981: Inarijärven siikamuodot ja niiden ravinnonvalinta. - Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Pavlov, D.S. ja Pahurkov, A.M. 1983: Biologiset perusteet kalojen suojaamiseksi joutumasta vedenottolaitteisiin. (Biologitjeskie osnovy zastsity ryd ot popadanija v vodozabornye sooruzenija.) Moskova.
- Sarjamo, H. 1982: Kirakkajoen vesistön säännöstelyn vaikutukset Rahajärven, Hammajärven ja Ukonjärven kalakantoihin sekä kalakantojen hoitosuunnitelma. - Käsikirj. 45 ss.
- Sweeney, R.K. ja Rutherford, R.J. 1981: Evaluation of a free-fall apparatus for downstream passage of Atlantic salmon (*Salmo salar*, L). - Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 1632: 1-14.
- Toivonen, J., Tuunainen, P. ja Auvinen, H. 1981: Verkkojen alimman silmäkoon määrittäminen Inarijärven kalastuksessa. - RKTL kalantutkimusos. Tied. 17: 12-30.
- Tuunainen, O., Kyrö, J., Jomppanen, H. ja Guttorm, J. 1979: Lausunto Inarijärven sivuvesistöjen kalataloudellisista muutoksista ja säännöstelyn osuudesta niihin. - Lapin vesipiirin vesitoimisto. 59 ss.
- Tuunainen, O., Kyrö, J. ja Guttorm, J. 1980: Lisälausunto Inarijärven sivuvesistöjen kalataloudellisista muutoksista. Biologiset aineistot ja merkinnät. - Käsikirj. 11 ss.

Vesihallitus, 1980a: Lapin vesien käytön kokonaissuunnitelma. Vesihallituksen asettaman työryhmän ehdotus. I osa. Suunnittelualue ja vesivarat. - Tied. 186: 1-150.

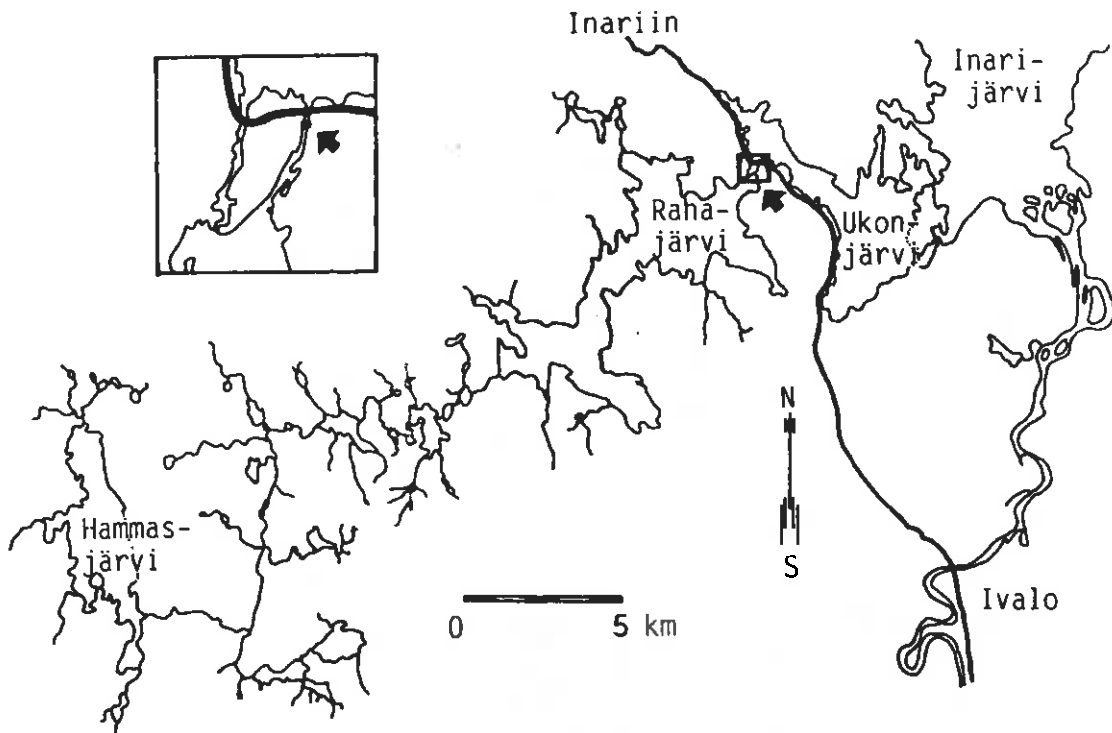
Vesihallitus, 1980b: Lapin vesien käytön kokonaissuunnitelma. Vesihallituksen asettaman työryhmän ehdotus. II osa. Vesien käytön tavoitteet, suunnittelu ja toimenpidesuosituksset. - Tied. 186: 1-285.



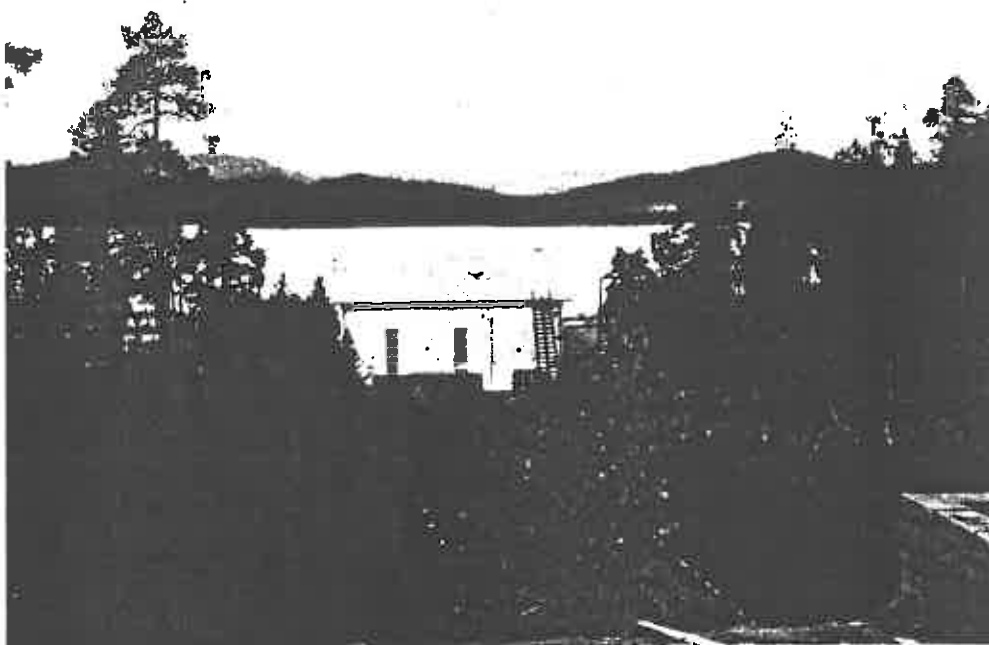
1. Kirakkaköngkään kalatiemallit. Etualalla on kalaporras ja taustalla Borland-kalatie. Oikealla näkyy Kirakkaköngkään voimalaa.



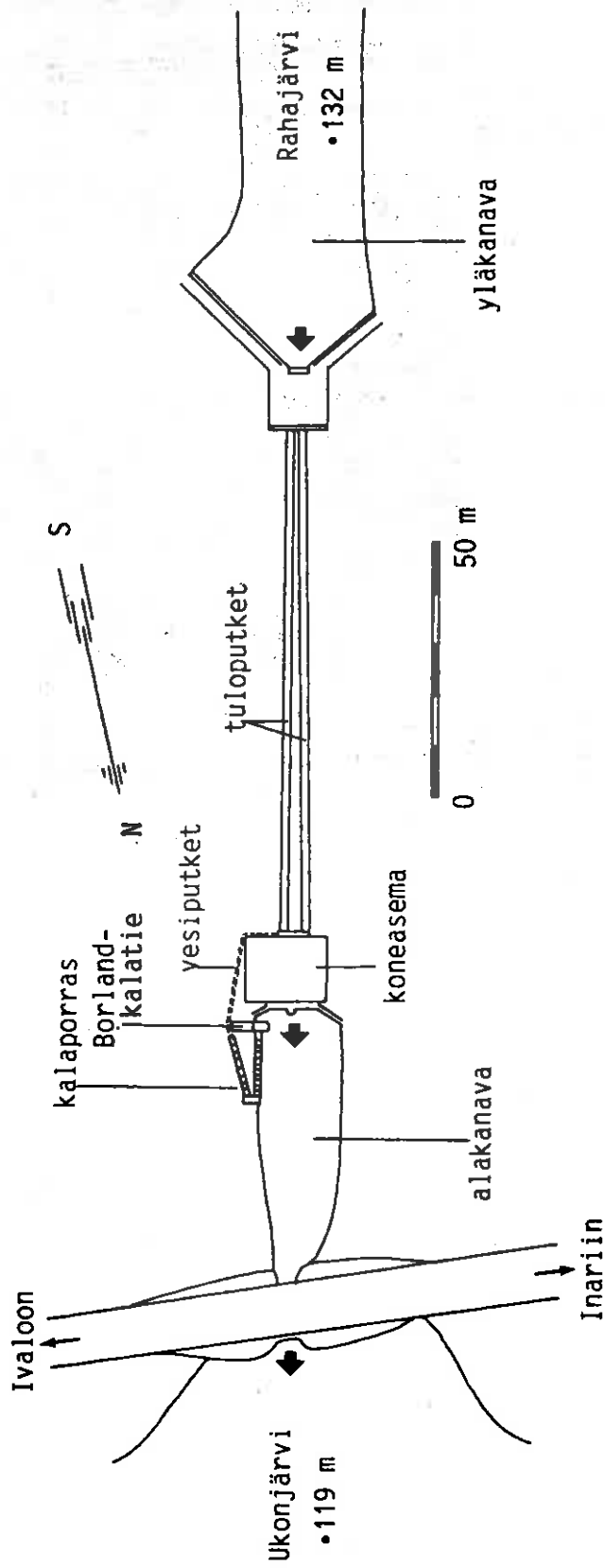
2. Paatsjoen vesistöalue. Kirakkaköngkään tutkimuskohde on osoitettu nuolella.



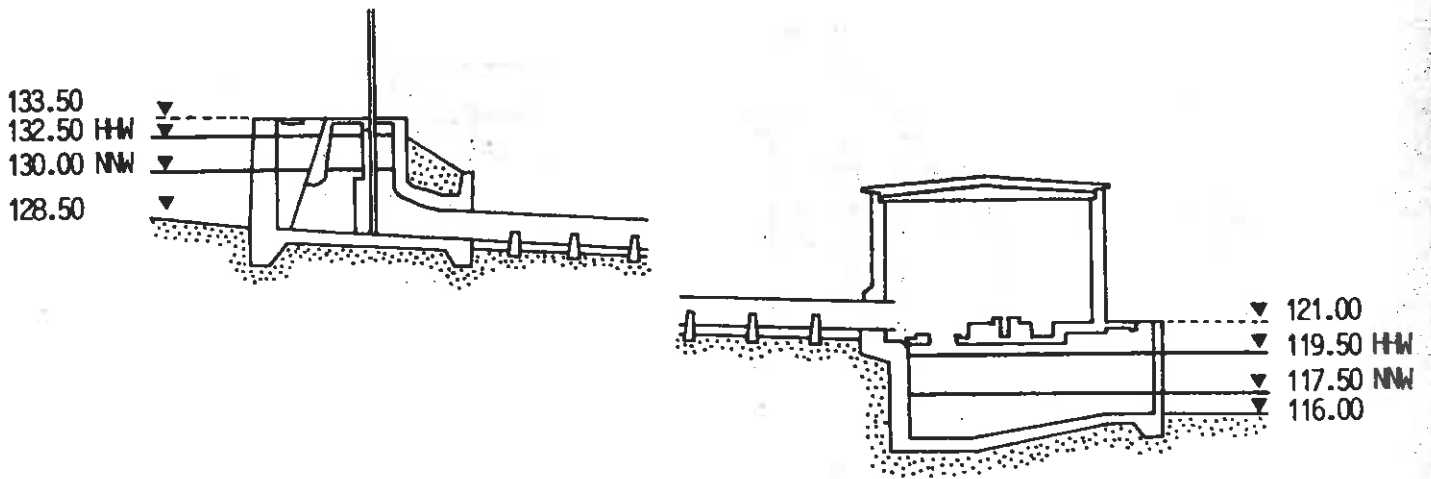
3. Kirakkajoen vesistö. Voimalan sijainti on osoitettu nuolella. Pikkukuvassa vasemmalla näkyy luonnonuoma ja oikealla nykyinen väylä Ukonjärveen.



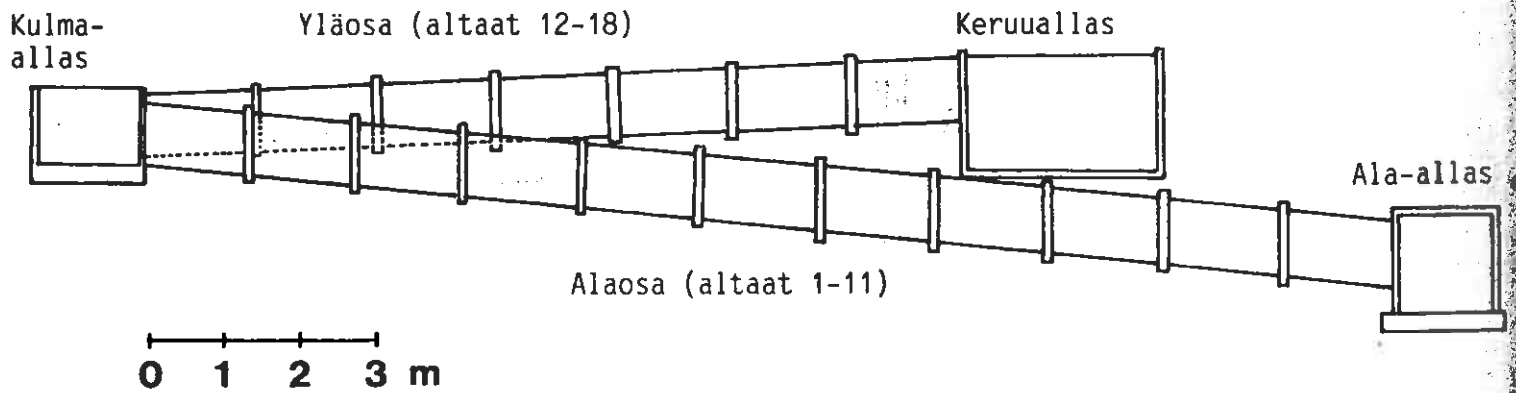
4. Kirakkakönkään voimala yläkanavalta kuvattuna. Taustalla on Ukonjärvi.



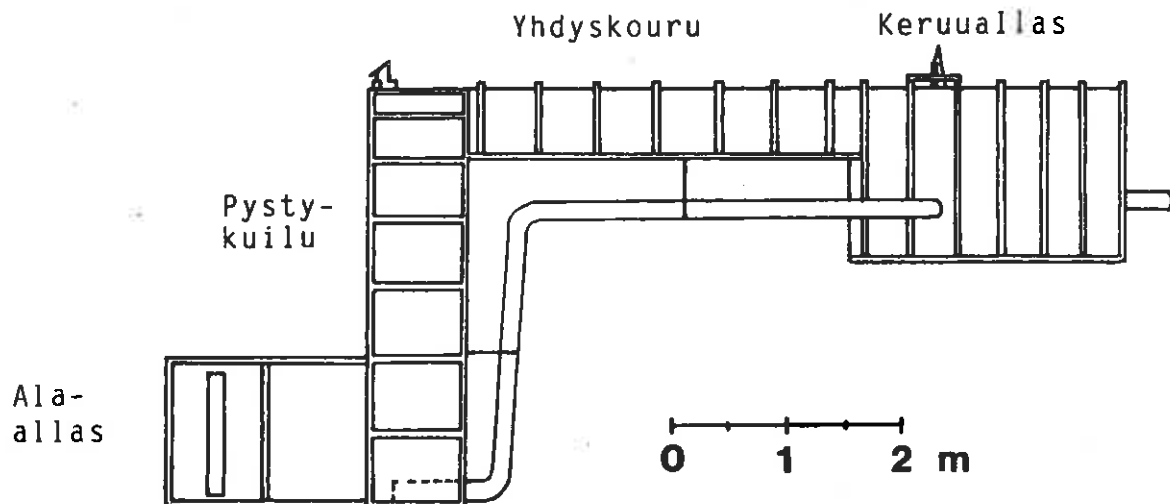
5. Kirakkakönkään voimalan yksityiskohtainen asemapiirros.



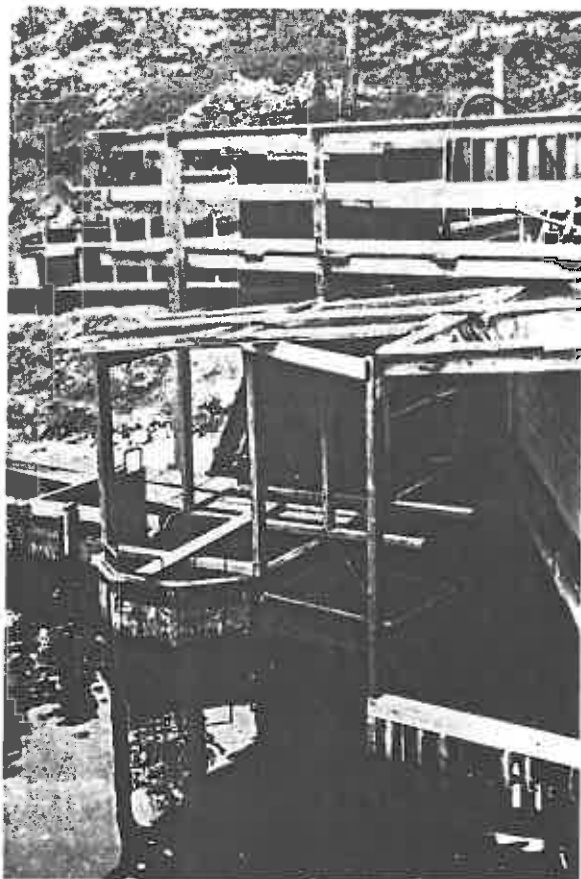
6. Kirakkaköngkään voimalan pituusleikkaus.



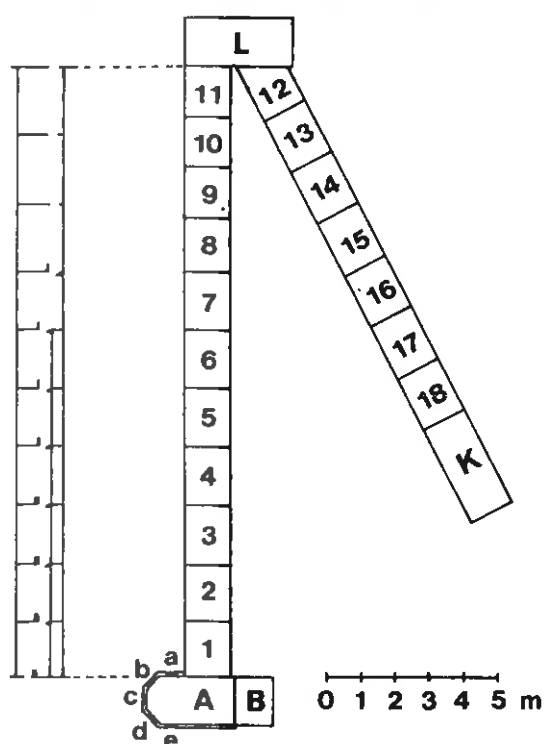
7. Kalaporrasmalli Narkilahden (1985) piirustusten mukaan.



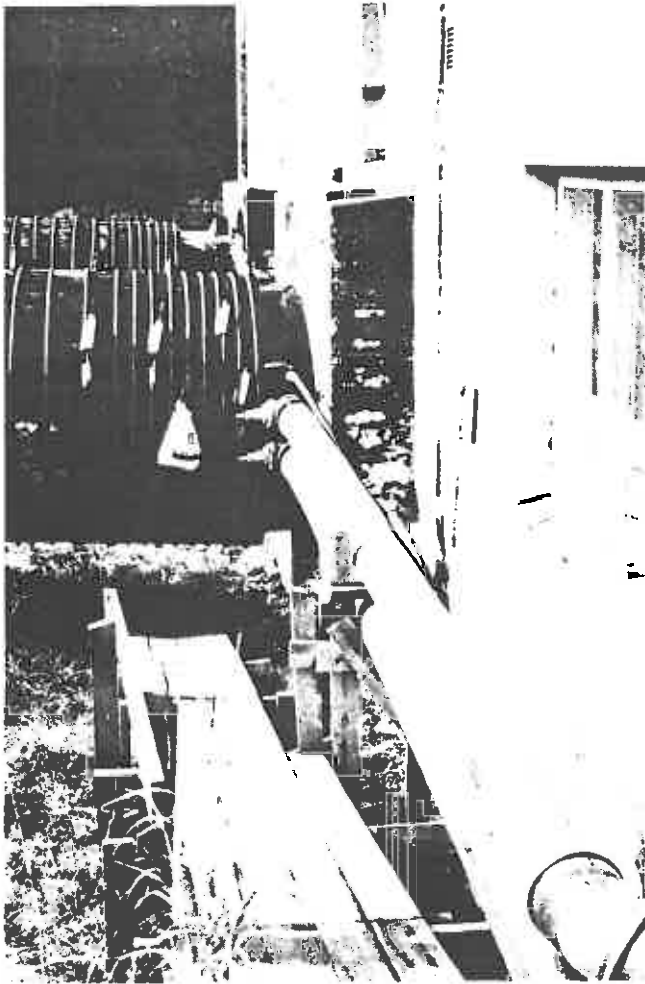
8. Borland-kalatiemalli Narkilahden (1985) piirustusten mukaan.



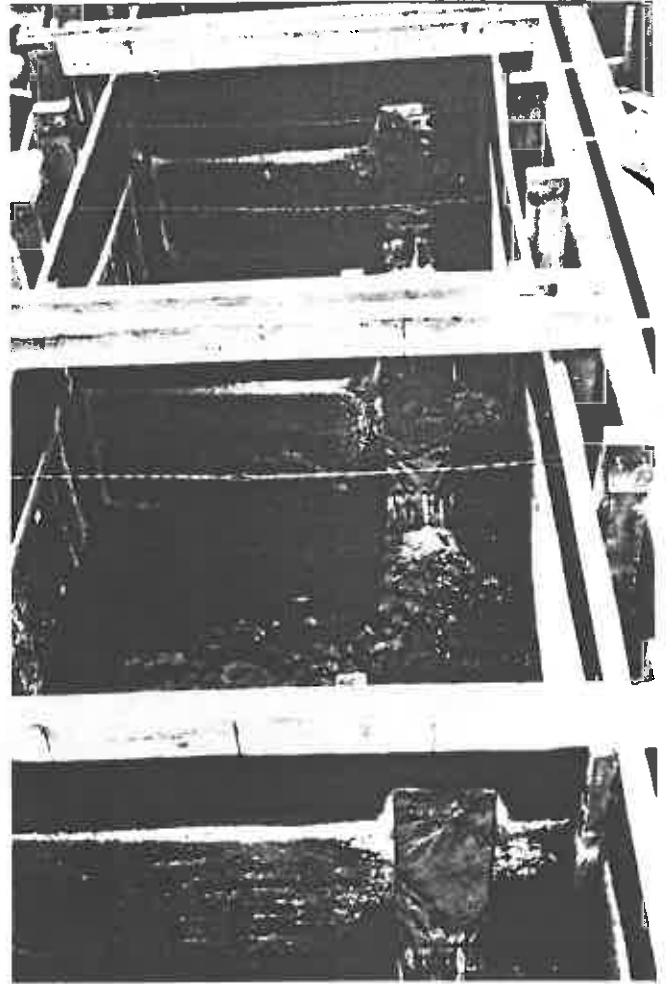
9. Kalateiden yhteinen ala-allas. Viidestä vaihtoehtoisesta suuaukosta on näkyvissä kolme keskimmäistä.



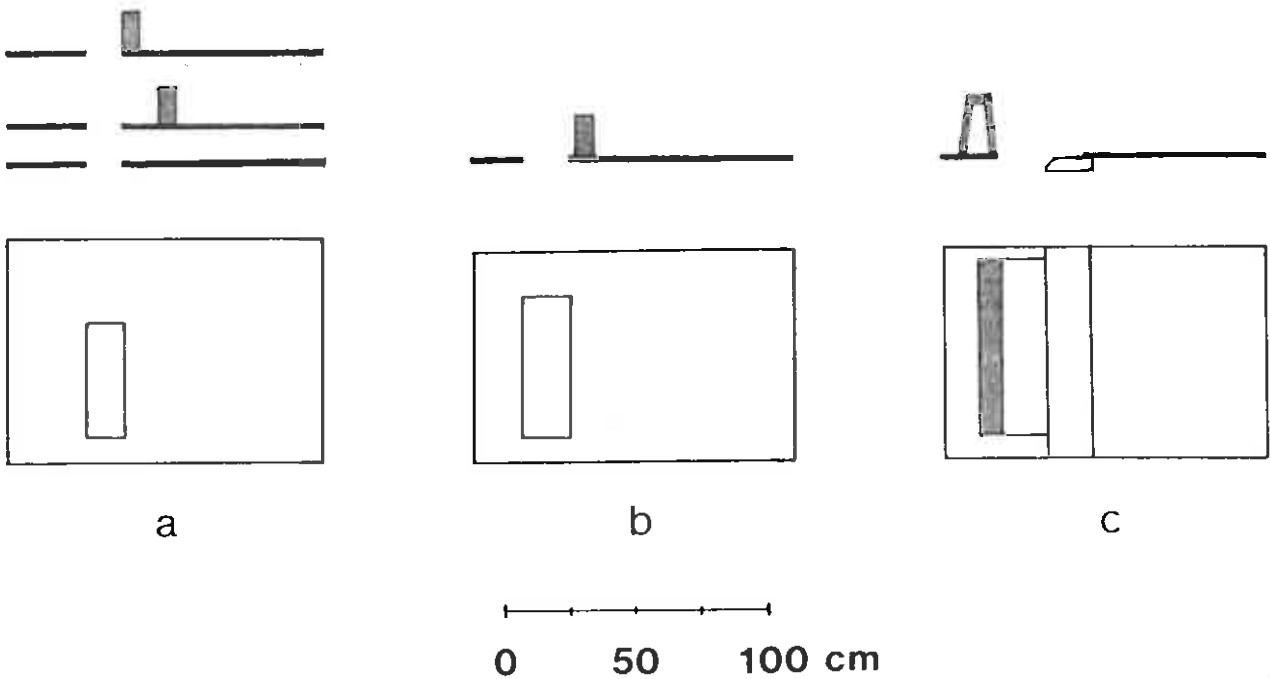
10. Kalatietutkimuksessa käytetyt symbolit. A = ala-allas, B = Borland-kalatie, L = kulma-allas, K = keruuallas, 1 - 18 = varsinaiset altaat, a-e = ala-altaan suuaukot (a) sekä kalapor-
taan alaosan altaissa syksyllä 1984 tehdyt muutokset (b).



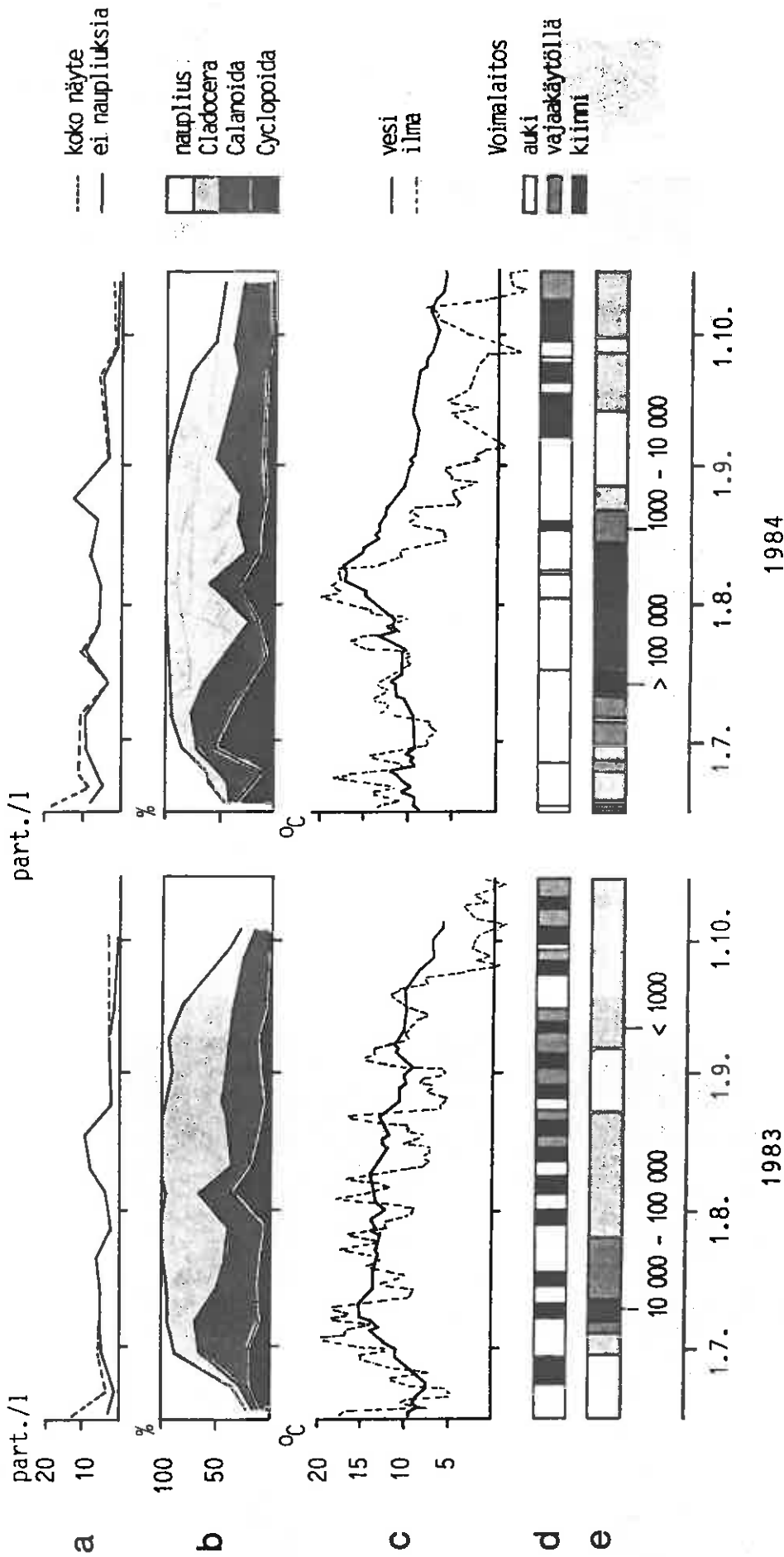
11. Voimalan tuloputket (taustalla), joista vesi otetaan kalaticmal-
leihin venttiilien ja muoviputkien (stualalla) kautta.



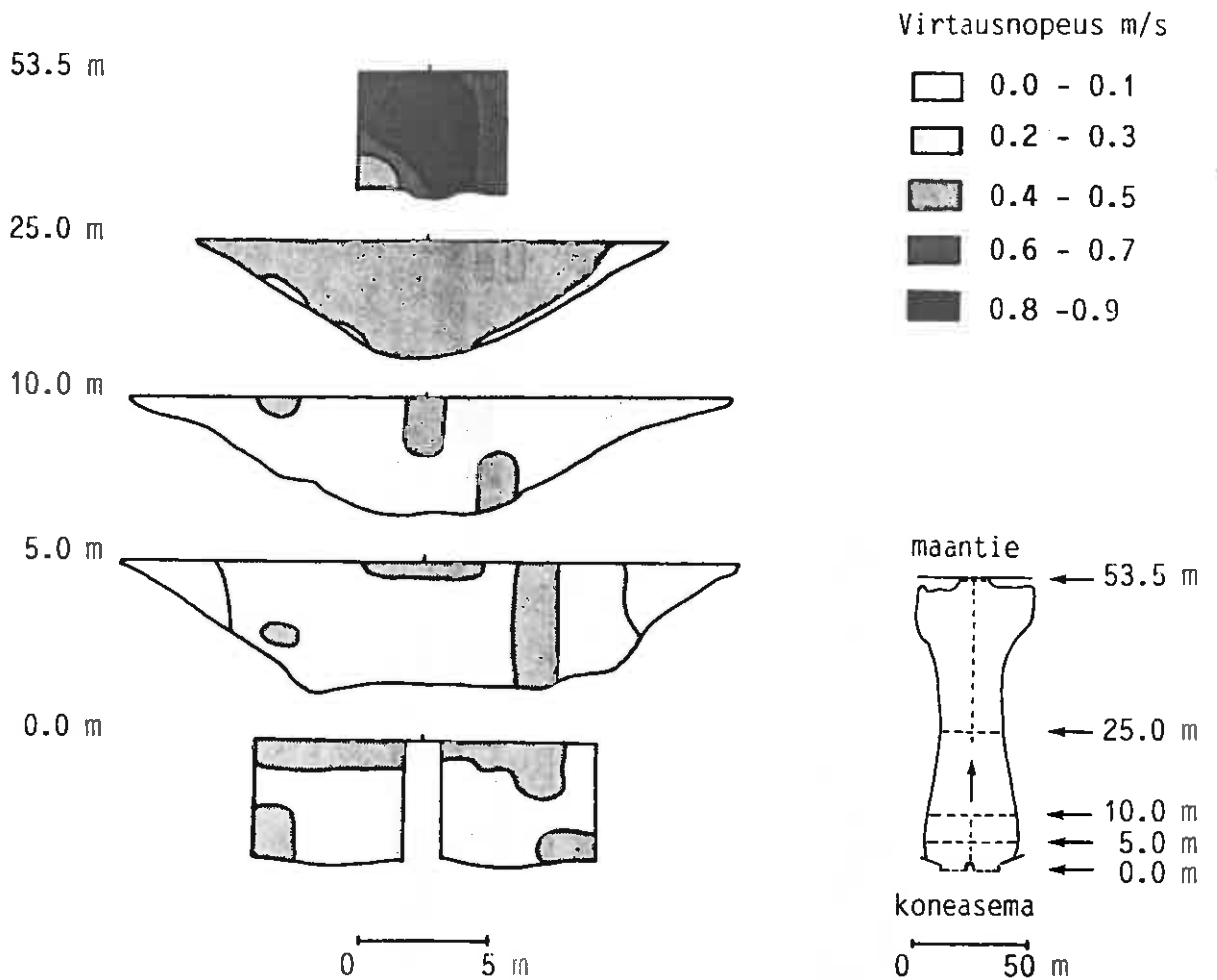
13. Kesän 1984 kalaporrastutkimuksissa käytetyt väliseinäjärjestelyt.
Vaaleat juovat osoittavat vedenpinnan tason 84 l/s virtaamalla.
Kuva on otettu kalaportaan alaosan ylimmistä altaista.



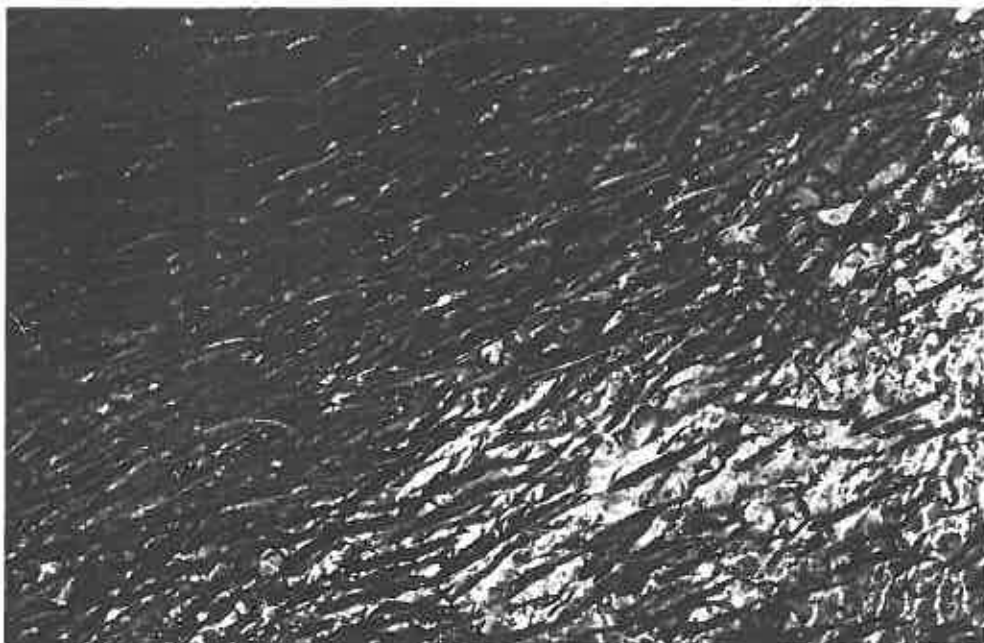
12. Kalaportaassa käytetyt erilaiset väliseinätyypit edestä ja päältä
katsottuna.



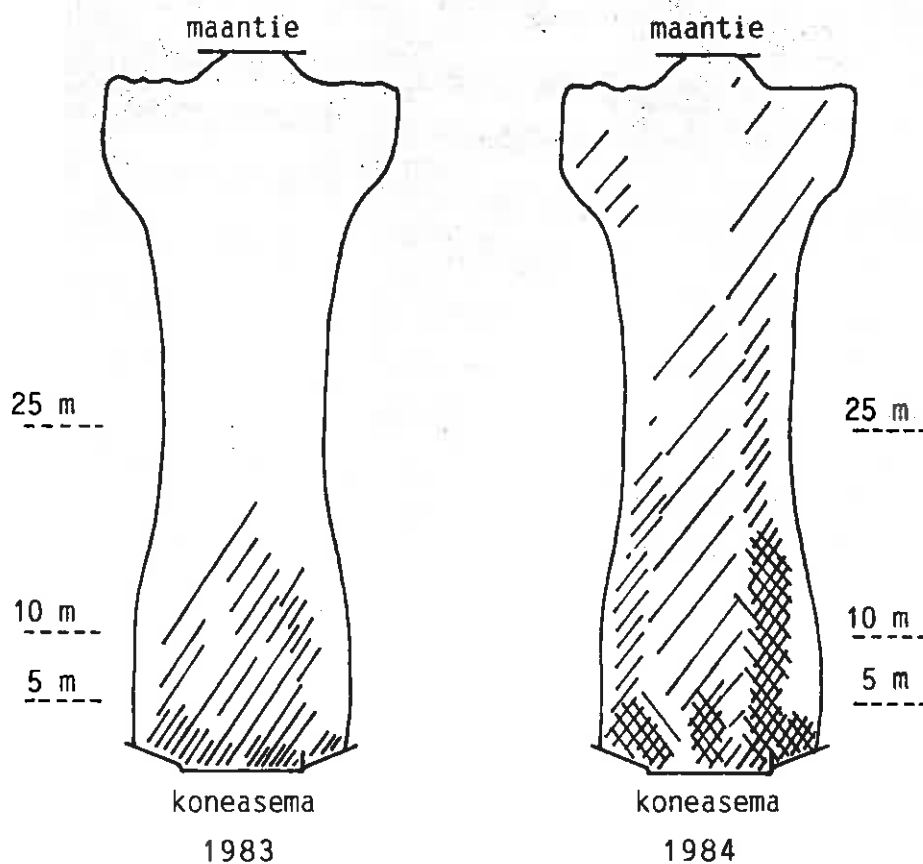
14. Planktonmäärät (a), planktonin koostumus (b), ilman ja veden lämpötila (c), voimalaisuuden käyttö (d) sekä kalojen määrät alakanavassa (e) tutkimuskausina 1983 ja 1984.



15. Virtausnopeuksia Kirakkakönkään voimalan alakanavassa viideltä poikkileikkauslinjalta mitattuna. Mittaukset on tehty alakanavan virtaaman ollessa $8 \text{ m}^3/\text{s}$.



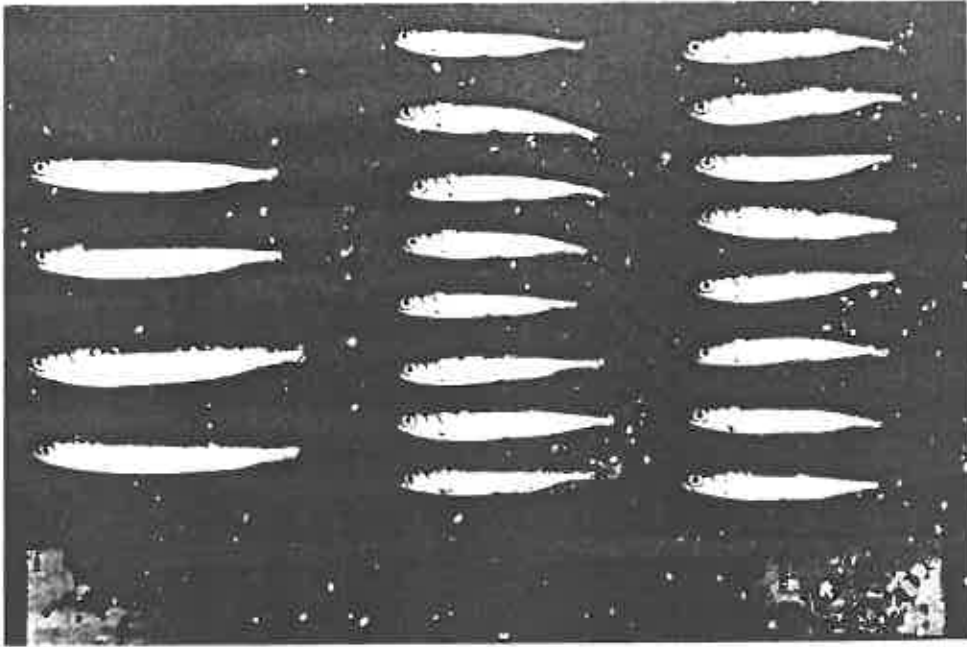
16. Kaloja kalaportaan edustalla heinäkuussa 1984.



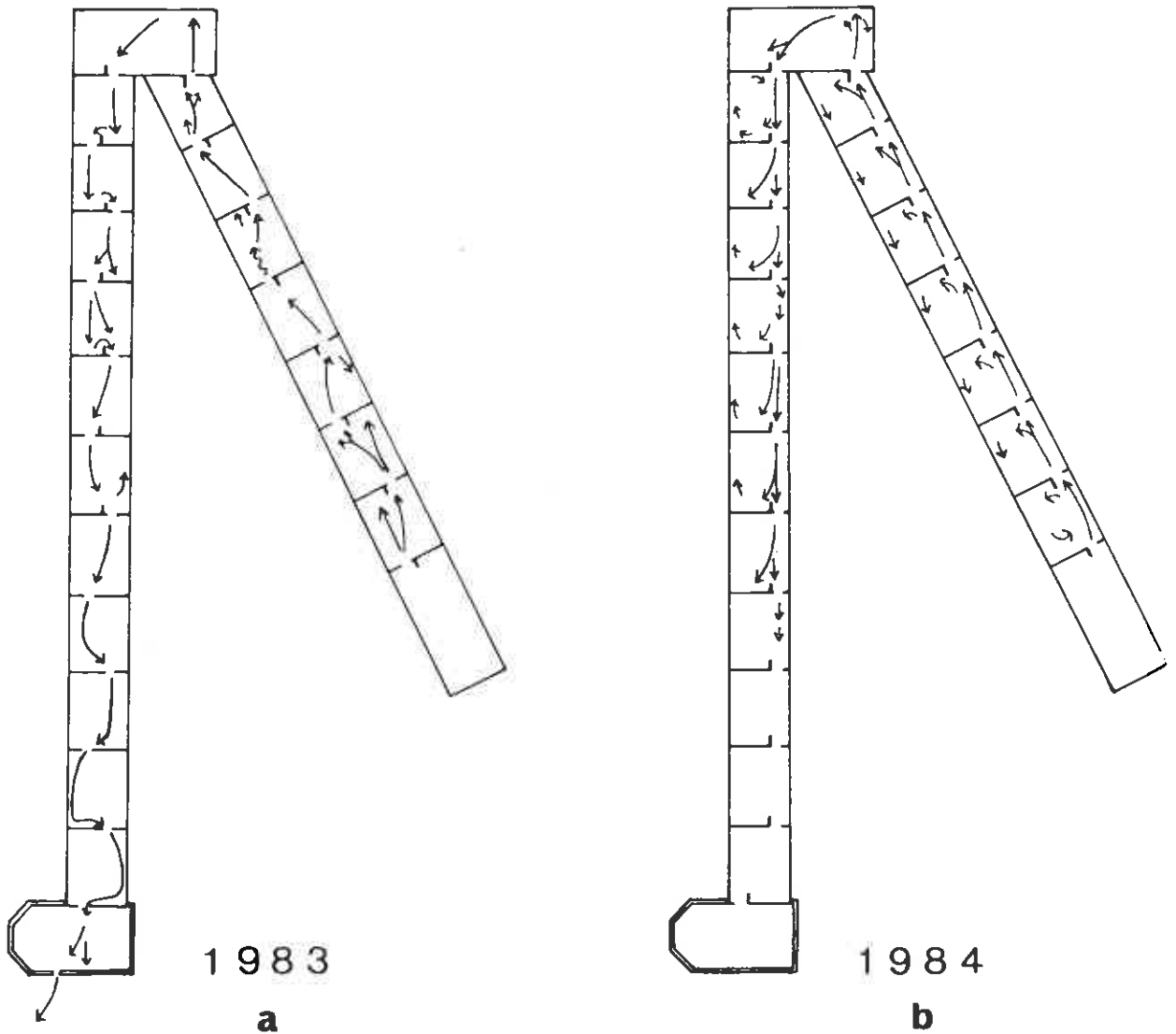
17. Kalojen oleskelualueet voimalan alakanavassa 1983 ja 1984.



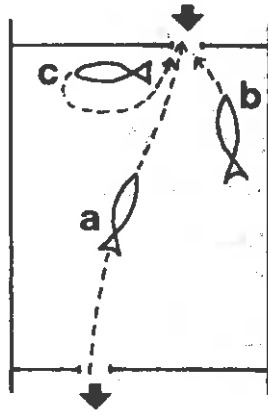
18. Kaloja kalaportaasta tulevassa virtauksessa syksyllä 1984 voimalan ollessa kiinni.



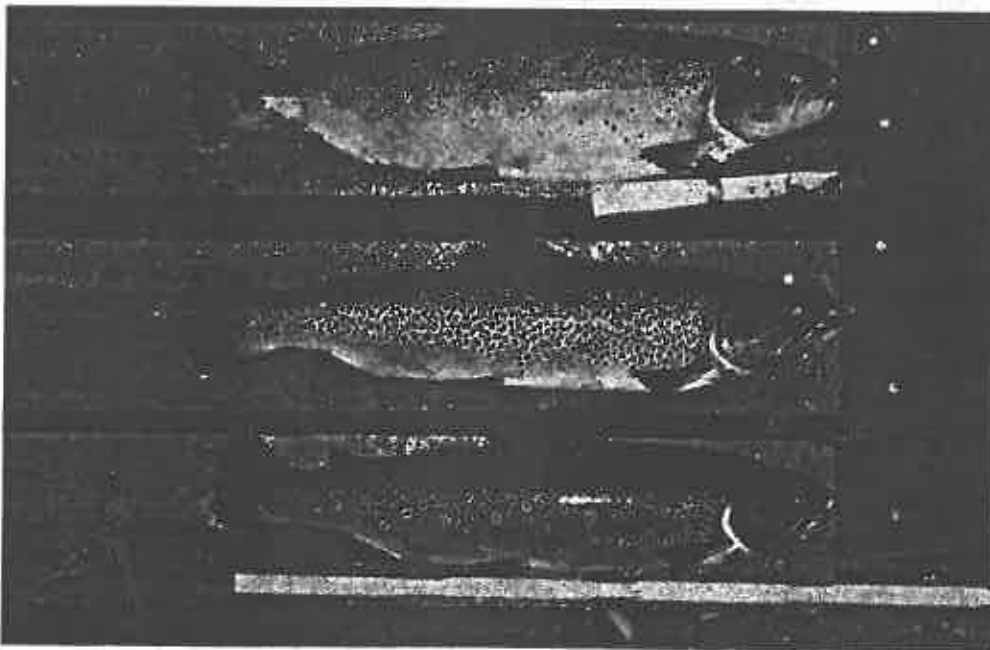
19. Osa Kirakkakönkään voimalan turbiinien läpi laitetuista koekaloista syksyllä 1984.



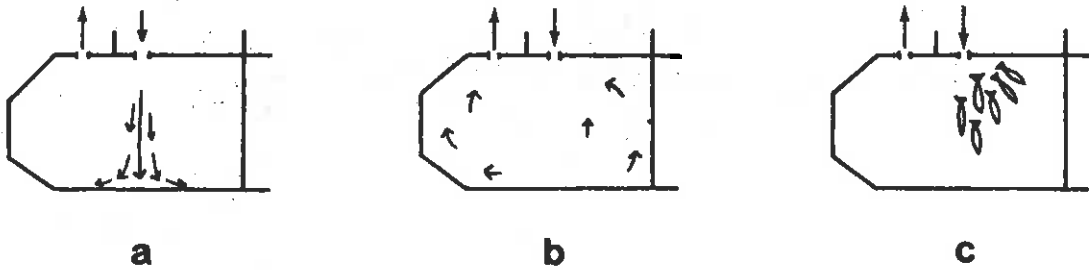
20. Yksinkertaistettu kuvaus kalaportaan virtaustilasta 1983 (a) ja 1984 (b) rakenteilla.



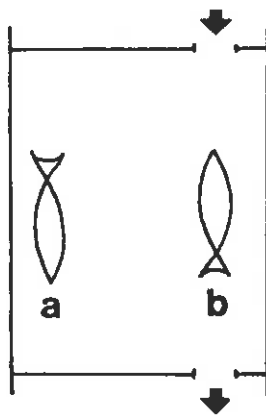
21. Pikkusiian uinti yläpuoliselle aukolle suoraan altaan läpi (a), sisäkautta kiertäen (b) tai yläpuolisen seinustan kautta (c). Vaihtoehtoja b ja c edelsi yleensä vaihtelevan pituinen oleskelu altaassa.



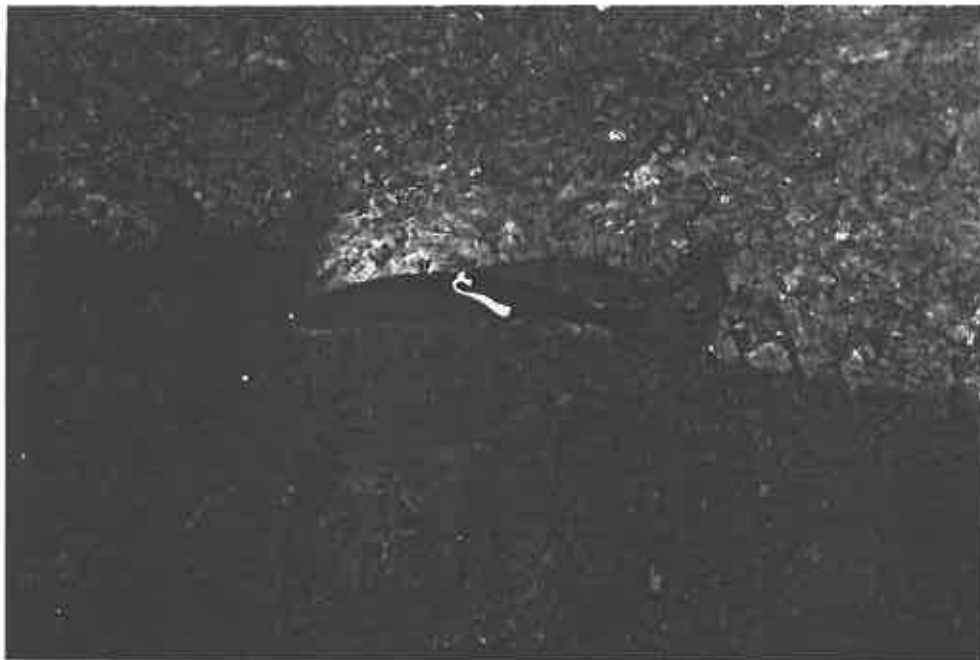
22. Kalaporraskokeissa käytettyjä emotaimenia.



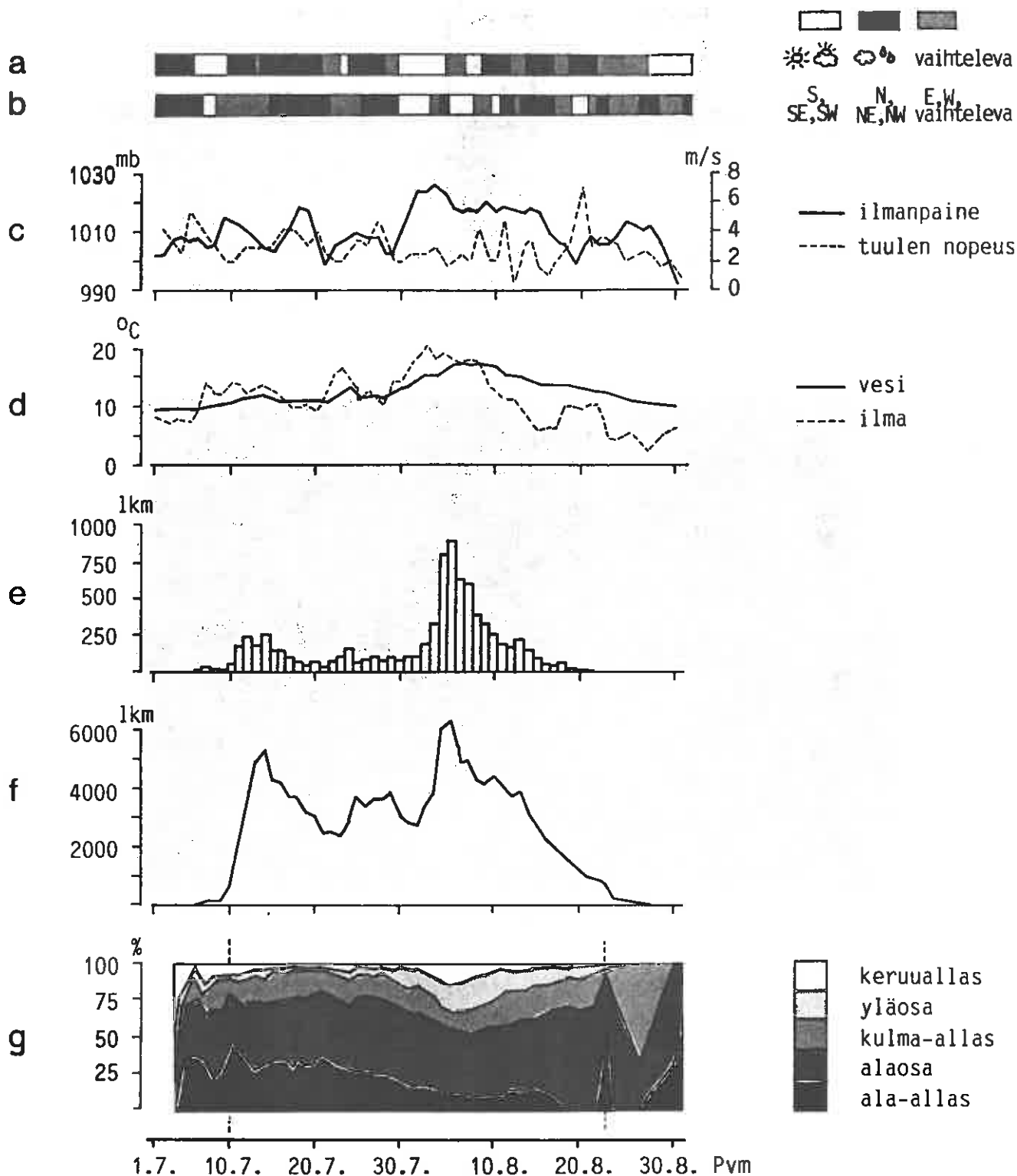
23. Kalaportaasta tuleva virtaus ala-altaan pinnalla (a) ja pohjalla (b) Narkilahden (1985) mukaan sekä Ivalojoen pohjasiikojen oleskelualue ala-altaan pohjalla (c).



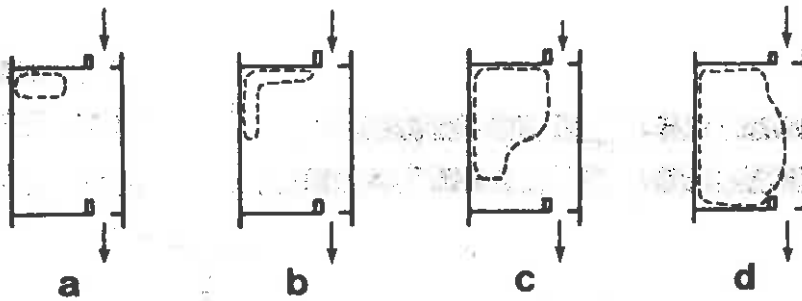
24. Emotaimenen oleskelupaikka kalaportaan altaan ulkoseinustan vierellä (a) ja yläpuolisesta altaasta tulevassa virtauksessa (b).



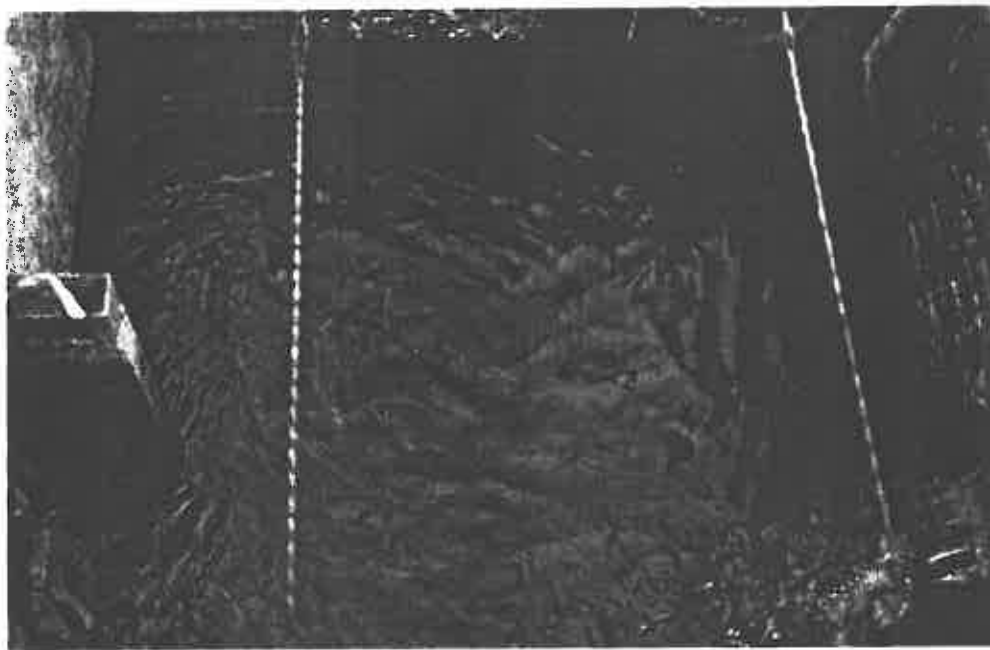
25. Järvitaimenen oleskelupaikka kalaportaan lähistöllä matalassa vedessä.



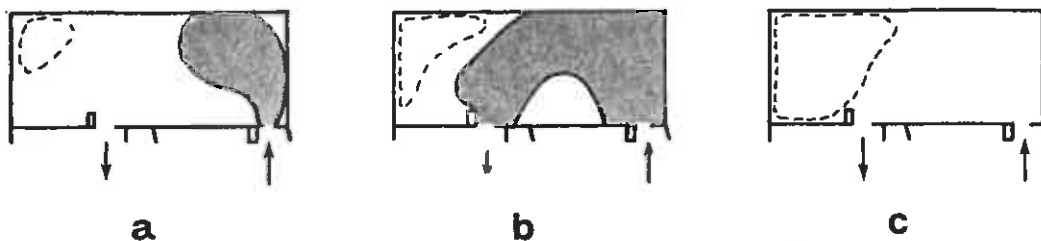
26. Säätila (a), tuulen suunta (b), ilmanpaine ja tuulen nopeus (c), veden ja ilman lämpötila (d), kalaportaan keruualtaaseen nousseiden kalojen määrät/vrk (e), kalaportaan kokonaiskalamäärät/vrk (f) sekä kalojen jakautuminen kalaportaan eri osiin (g) vuoden 1984 seurantajakson aikana.



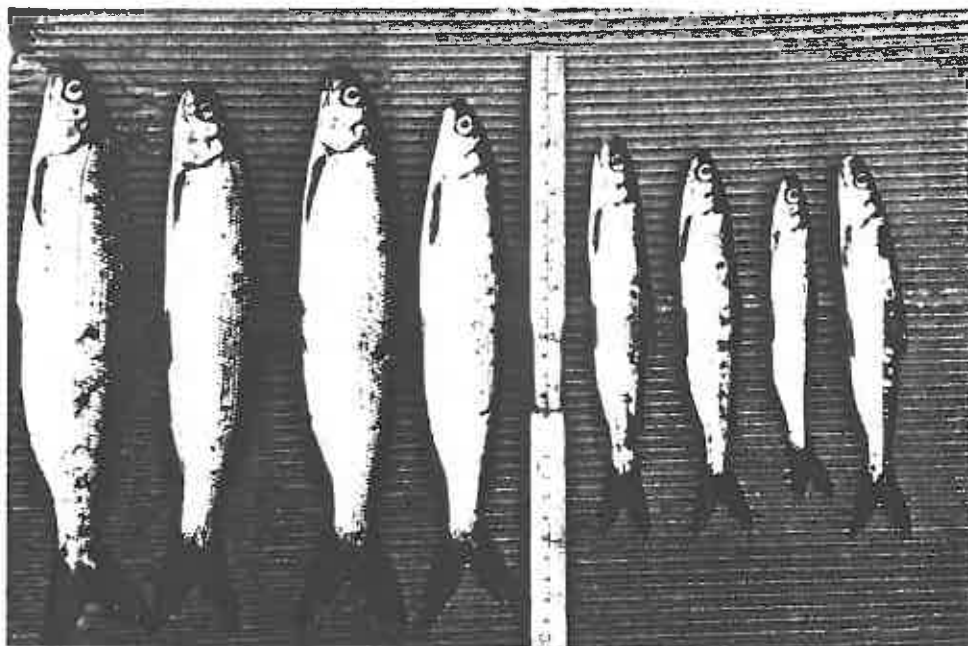
27. Kalojen oleskelualueen laajeneminen kalaportaan alaosan altaissa kalojen lukumäärän kasvaessa (a-d).



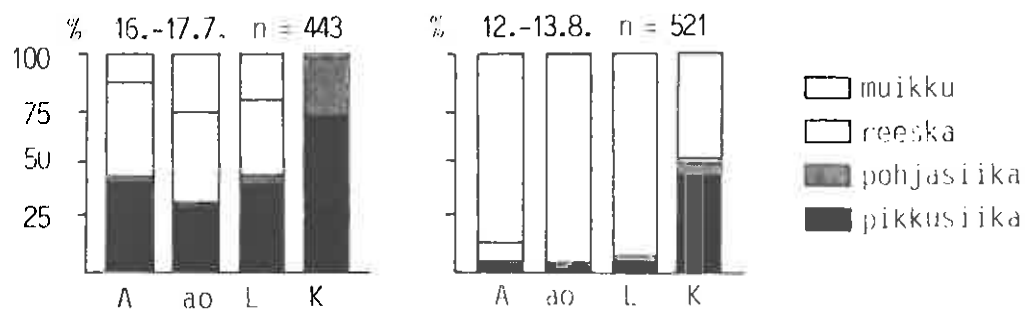
28. Kalamuodostelma kalaportaan altaassa virtaaman ollessa hyvin pieni.



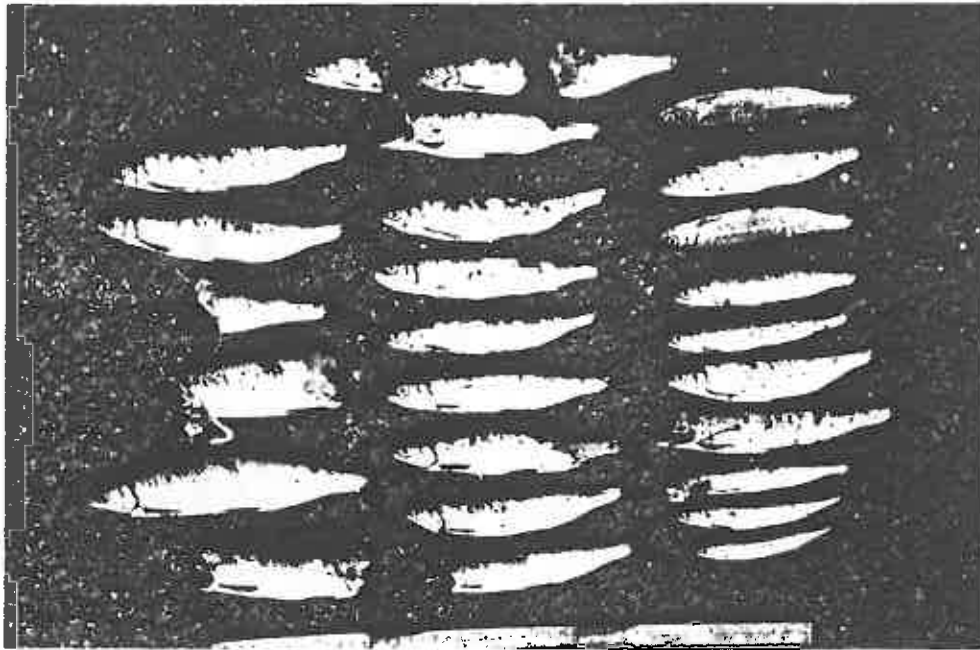
29. Oleskelualueen laajeneminen kalaportaan kulma-altaassa kalojen lukumäärän kasvaessa (katkoviiva) sekä yläpuolisesta aukosta laitettun värialueen leviäminen altaaseen (varjostus).



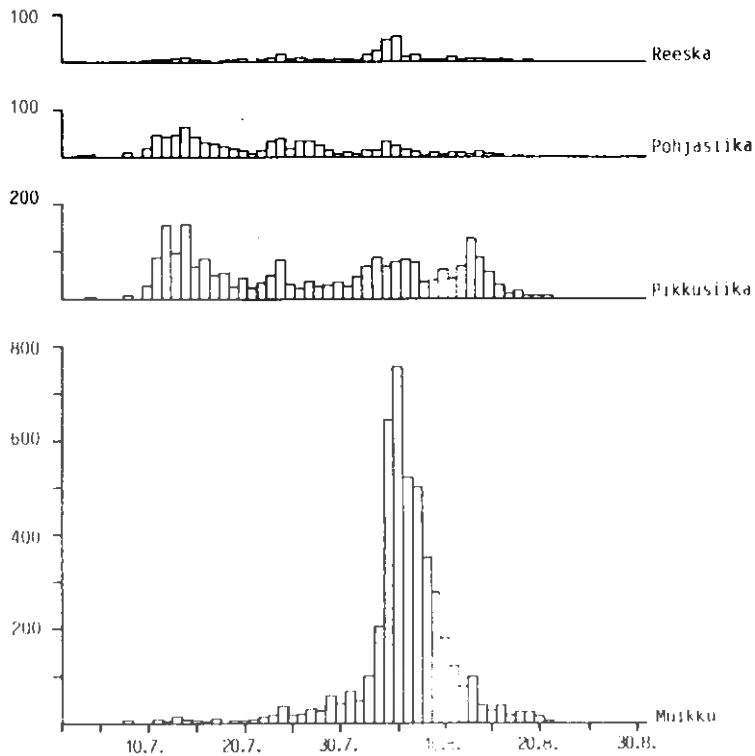
30. Kalaportaan keruualtaasta haavittuja pohjasiikoja (vasemmalla) ja pikkusiikoja (oikealla).



31. Eri kalalajien osuudet kalaportaan eri osista otetuissa kalanäytteissä heinä- ja elokuussa 1984. A = ala-allas, ao = kalaportaan alaosa, L = kulma-allas, K = keruallas.



32. Kalatien ala-altaasta haavittuja pieniä muikkuja (vasen rivi) ja siikoja (oikealla) heinäkuussa v. 1984.



33. Kalaportaan keruualtaasta haavittujen kalojen lukumäärät 1.7 - 31.8.1984.

TAULUKOT

Taulukko 1. Paatsjoen vesistössä esiintyvät kalalajit (Tuunainen ym. 1979). i = istutettu.

järvilohi (i)	pikkunieriä	kymmenpiikki
taimen	harmaanieriä (i)	kolmipiikki
siika	hauki	mutu
harjus	made	muikku (i)
isonieriä	ahven	ruutana (i)

Taulukko 2. Ukonjärven verkkosarjapyyntin tulokset. 45 ja 60 mm:n verkoilla kaloja ei saatu

verkko mm	siika		muikku		made		ahven		yht. lkm
	lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%	
12	48	26	139	74					187
15	164	72	61	27	3	1	1	+	229
20	121	88	5	4	10	7	2	1	138
25	42	89			4	9	1	2	47
35	3	75			1	5			4
Yht.	378	62	205	34	18	3	4	1	605

Taulukko 3. Ukonjärvestä verkoilla saatujen eri siikamuotojen lukumäärät sekä niiden siivilähampaiden määrän keskiarvot ja hajonnat.

Laji	lkm	%	Siivilähampaita
Pohjasiika	67	18	22 ± 2,1
Pikkusiika	243	64	32 ± 2,4
Reeska	65	17	36 ± 2,4
Planktonsiika	3	1	56 ± 1,7

Taulukko 4. Kalalajit Kirakkakönkään alakanavasta eri kuukausina otetuissa näytteissä

Vuosi	kk	Pikkusiika		Pohjasiika		Reeska		Muikku		Yht. lkm
		lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%	
1983	VII	156	87	23	13					179
	IX	11	100							11
1984	VI	9	13	50	75	1	1	15	11	75
	VII	81	44	2	1	96	49	17	9	196
	X	15	15			83	82	3	3	101

Taulukko 5. Eri kalalajien sukupuolet (%) ja kehitysasteet (%) kesä-lokakuussa 1984 alakanavasta otetuissa näytteissä. Kehitysasteet: 1 = nuori, 2 = nuori kehittyvä, 3 ja 4 = kehittyvä, 5 = kutuun valmis, 6 = kuteva, 7 = osittain kutenut ja 8 = täysin kutenut kala.

Laji	Kk	lkm	♀	♂	Kehitysaste								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
Pikkusiika	VI	16	50	50		38	56	6					
	VII	376	48	52	1	55	36	8					
	VIII	43	37	63		51	33	16					
	X	37	38	62		40	43	11	3				3
Pohjasiika	VI	67	46	54		33	66	1					
	VII	190	53	47	1	32	63	4					
	VIII	6	67	33		33	47	20					
Reeska	VI	1	100				100						
	VII	239	39	61		2	63	35					
	VIII	12	33	67			83	17					
	X	88	51	49			14	31	8				48
Muikku	VI	16	100				6	94					
	VII	114	71	29	2	3	82	13					
	VIII	227	60	40			30	63	7				
	X	4	100					25	25	25			25

Taulukko 6. Rahajärven verkkosarjapyyntin tulokset. 35, 45 ja 60 mm:n verkoilla kaloja ei saatu.

verkko mm	pikkusiika		pohjasiika		taimen		nierjä		ahven		hauki		made		yht. lkm
	lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%	
12	18	86					2	10			1	4			21
15	140	96	2	1			4	2					2	1	148
20	23	40			2	4	1	2	28	49	3	5			57
25	18	47			3	8	1	3	16	42					38
Yht.	199	75	2	1	5	2	8	3	44	17	4	2	2	1	264

Taulukko 7. Rahajärvestä voimalan turbiinien läpi alakana-vaan laskeutuneiden pikkusiikojen vaurioituminen.

Vuosi	lkm	vauriot (%)		
		ei	lievät	vakavat
1983	17	29	10	61
1984	24	17	8	75

Taulukko 8. Kirakkakönkään voimalan turbiinien läpi laitettujen siikojen vaurioituminen eri kokoluokissa.

Kokoluokka	kaloja			vauriot (%)		
	laitettu yläkana- vaan lkm	havaittu alakana- vassa lkm	%	ei	lievät	vakavat
10-15 cm	4	2	50	100		
15-20 cm	53	39	74	23	13	64
20-25 cm	68	57	84	12	11	77
25-30 cm	17	16	94	6		94
30-35 cm	6	6	100			100
Yhteensä	148	120	81	16	9	75

Taulukko 9. Kalaportaan kulma-altaaseen (L) laitettujen pikkusiikojen (35 kpl) liikkuminen kalaportaan yläosan altaissa virtaaman ollessa 18 l/s. K = keruuallas, n = nousuhavainto (vain ylin allas, jossa kala kävi, on otettu mukaan), v = altaiden välisen aukon virtausnopeus (m/s).

Allas	L	12	13	14	15	16	17	18	K	Yht.
n	35	26	12	21	5	5	1		2	72
%		36	17	29	7	7	1		3	
v		0,7	0,7	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,4	
n/kala										2,8

Taulukko 10. Ala-altaaseen (A) laitettujen pikkusiikojen (93 kpl) liikkuminen kalaportaan virtaaman ollessa 18 l/s. L = kulma-allas, K = keruuallas, n = nousuhavainto.

Allas	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	L	12-18	K	Yht.
n	93	46	4	3	2	1	1	3	2			1			1	62
%		72	6	5	3	2	2	5	3			2			2	
n/kala																0.7



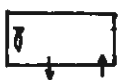



Taulukko 11. Kalaportaan kulma-altaaseen (L) laitettujen pikkutaimenten (14 kpl) liikkuminen kalaportaan virtaaman ollessa 18 l/s. K = keruuallas, x: ko, vuorokautta kuvaava keskiarvo.

Pvm	Klo	L		yläosa		K	
		lkm	%	lkm	%	lkm	%
11.8.	12	14	100				
	15	3	21	9	64	2	14
	18	3	21	6	43	5	36
	21	1	7	6	43	7	50
12.8.x		1	7	4	29	9	64
13.8.x				3	21	11	79
14.8.x				3	21	11	79
15.8.x				2	14	12	86


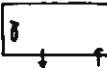


Taulukko 12. Kalaportaan ala-altaaseen (A) laitettujen pikkutaimen-
ten (36 kpl) liikkuminen kalaportaassa virtaaman olles-
sa 18 l/s. L = kulma-allas, K = keruuallas, x: ko vuo-
rokautta kuvaa keskiarvo.

Pvm	Klo	A		alaosa		L		yläosa		K	
		lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%
29.8.	13	36	100								
	15	29	81	5	14	1	3	1	3		
	18	21	58	7	19			3	10	5	14
	21	5	14	12	33	1	3	3	10	15	42
30.8.x		6	17	4	11			7	19	19	53
31.8.x		5	14	6	17			4	11	21	58

Taulukko 13. Kalaportaan altaaseen 2 laitettun emotaimen liikku-
minen kalaportaassa virtaaman ollessa 84 l/s. Alue
esittää kalan pääasiallista oleskelualueutta altaassa,
muu liikkuminen käy ilmi huomautuksista. L = kulma-
allas, K = keruuallas.

Allas	Aika	Alue	Huomautuksia
2	1h 40 min		Useita käyntejä virrassa. Ennen nousua pysytteli virrassa.
2→L	7 min		Nousi poistumatta päävirtauksesta
L	3 min		Pari käyntiä yläpuolisella au- kolla.
12	10 min		Liikuskeli altaassa lepopaikas- ta käsin.
12→18	9 min		Nousun aikana useita pysähdyksiä seinustalle.
18	26 min		Kävi usein virrassa.
2→K	55 min		

Taulukko 14. Kalaportaan ala-altaaseen (A) laitettun järvitaimenen liikkuminen kalaporttaassa virtaaman ollessa 60 l/s.
L = kulma-allas, K = keruuallas.

Allas	Aika	Alue	Huomautuksia
A	4h 30 min		Liikuskelu alkoi 1/h kokeen alkamisesta. Muutamia käyntejä alimmissa altaissa.
A→L	10 min		Pysytteli virrassa koko nousun ajan.
L	5 min		Oleskeli lähes koko ajan seinustalla.
12	2 min		Liikuskeli ympäri allasta lepopaikasta käsin.
12→K	2 min		Nopea nousu virrassa pysyttellen.
A→K	19 min		

Taulukko 15. Pikkusiikojen ja pikkutaimenten nousu ala-altaasta (a) Borland-kalatien pystykuilun alaosaan (B ao) ja edelleen keruualtaaseen (B yo). Suluissa oleva arvo osoittaa keruualtaaseen kaikista koekaloista päässeiden kalojen prosenttiosuuden.

Laji	A	A → B ao		B ao → B yo		
	lkm	lkm	%	lkm	%	
Pikkusiika	32	12	38	5	42	(16)
Pikkutaimen	30	7	23	5	14	(3)

Taulukko 16. Kalojen nousu kalaportaaseen heinä- ja syyskuussa v. 1983. A = ala-allas, alaosa = altaat 1-11, L = kulma-allas, yläosa = altaat 12-18, K = keruuallas, n = kalojen määrä. Prosenttiosuudet on laskettu ala-altaan kalojen mukaan.

Kk	A lkm	alaosa		L		yläosa		K		Yht.	
		lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%	lkm	%
VII	35	4	24	4	24			9	53	17	48
IX	115	10	50	1	6	2	11	5	28	18	16
Yht.	150	14	26	5	14	2	6	14	40	35	23

Taulukko 17. Kalojen liikkuminen joissakin kalaportaan aukoissa 19.-24.7.1984 tehtyjen laskentojen mukaan. n = havaintojen määrä.

Aukko	Laskennan kesto (min)	Nousu ylös (n/30 min)	Lasku alas (n/30 min)
A	7	220	129
1	13	94	66
2	24	28	22
5	34	38	36
8	23	35	10
11	50	21	15
L	35	0,5	3
18	30	3	1

Taulukko 18. Kalojen nousu kalaportaan keruualtaaseen heinä- ja elokuussa 1984. Tulokset on jaettu "yöhön" (klo 22-10) ja "päivään" (klo 10-22).

Kk	"yö"		"päivä"		Yht.	
	lkm	%	lkm	%	lkm	%
VII	994	41	1421	59	2415	31
VIII	2285	42	3203	58	5488	69
Yht.	3279	41	4624	59	7903	100

Taulukko 19. Kalojen nousu kalaportaan keruualtaaseen erilaisissa veden lämpötiloissa. Tulokset on jaettu kahteen ryhmään sen mukaan, onko lämpötila ollut nouseva vai laskeva.

Lämpötila °C	Nouseva lämpötila			Laskeva lämpötila		
	vrk	lkm	lkm/vrk	vrk	lkm	lkm/vrk
9-10	3	5	2	6	0	0
10-11	4	103	26	5	0	0
11-12	5	864	173	1	1	1
12-13	2	204	102	4	18	4
13-14	3	349	116	5	271	54
14-15	1	112	112	1	136	136
15-16	3	1338	446	3	553	185
16-17	1	882	882	1	246	246
17-18	3	1600	533	1	320	320
Yht.	25	5457	218	27	1545	57

Taulukko 20. Kalalajit sekä niiden pituuden (mm), painon (g) ja iän (v) keskiarvot eri puolilta kalaporrasta otetuissa näytteissä heinä- ja elokuussa v. 1984.

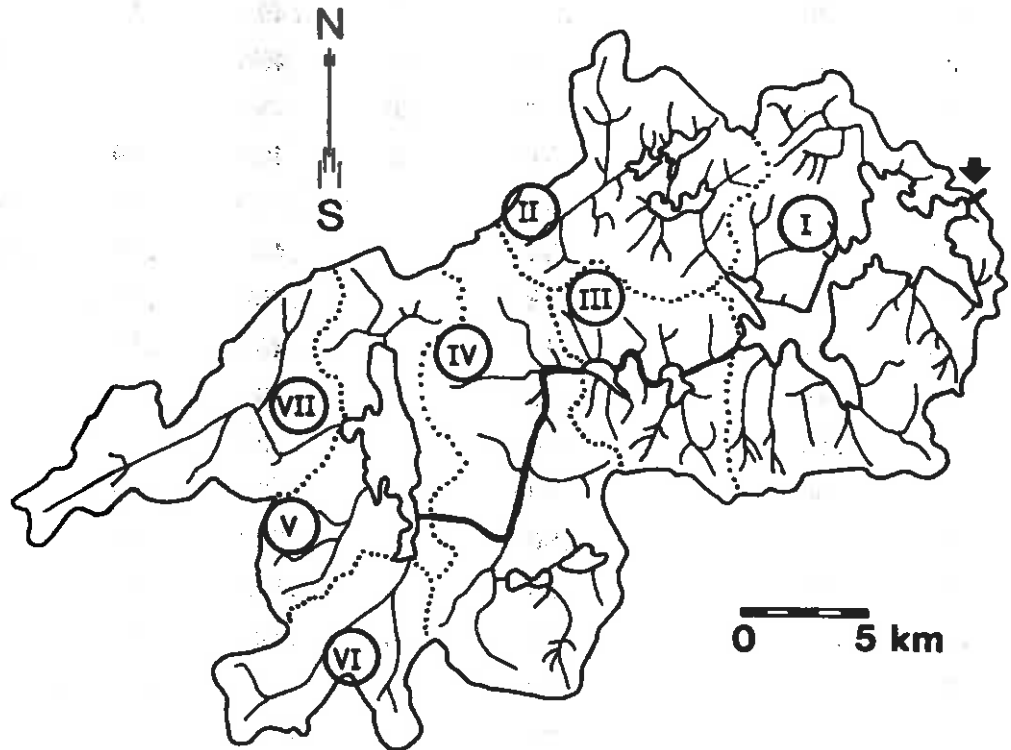
Laji	Kk	lkm	ala-allas			alaosa			kulma-allas			keruuallas		
			mm	g	v	mm	g	v	mm	g	v	mm	g	v
Pikkusiika	VII	195	161	29	2.6	182	32	3.2	191	37	3.6	205	44	3.8
	VIII	83	204	51	4.2	152	25	3.7	200	48	4.0	204	48	4.0
Pohajsiika	VII	33	182	43	2.5	248	98	4.0	265	128	4.0	268	139	4.6
	VIII	10	207	63	3.0							248	111	4.6
Reeska	VII	143	164	22	3.9	162	21	3.7	167	24	3.8			
	VIII	17	162	19	3.8	159	22	4.0	154	19	3.2	161	22	3.3
Muikku	VII	72	159	22	2.1	142	18	1.7	169	28	2.2	150	13	1.0
	VIII	411	119	7	1.0	122	10	1.1	118	8	1.0	135	14	1.2

Taulukko 21. Kalaportaan keruualtaasta heinä- ja elokuussa 1984 haavittujen kalojen lukumäärät, ikä (keskiarvo ja vaihteluväli), sekä pituuden (mm) ja painon (g) keskiarvo, keskihajonta, pienin ja suurin arvo.

Laji	lkm	%	ikä v	pituus, mm				paino, g			
				\bar{x}	S.D.	min	max	\bar{x}	S.D.	min	max
Pikkusiika	2294	30	4 (0-8)	199	27.5	75	292	43	17.7	1	150
Pohjasiika	788	10	4 (1-9)	252	28.7	142	357	110	46.1	17	345
Reeska	272	4	4 (0-6)	164	9.5	79	184	22	3.9	2	33
Muikku	4350	56	1 (1-5)	137	35.9	85	259	15	13.3	3	68

LIITTEET

Liite 1. Kirakkajoen vesistön jako osa-alueisiin. Mittaukset on tehty 1 : 50 000 -kartasta. Kirakkaköngäs äärimmäisenä oikealla on merkitty nuolella.



Vesistöalue	Valuma-alueen pinta-ala	Järvien pinta-ala	Järvisyys %
I Rahajärvi	118.3 km ²	23.8 km ²	20.1
II Ronkajoki	63.8 "	5.0 "	7.8
III Kirakkajoen alaosa	43.4 "	3.2 "	7.4
IV Kirakkajoen yläosa	94.3 "	3.5 "	3.7
V Hammasjärvi	59.4 "	10.2 "	5.8
VI Kulpakkojoki	35.2 "	0.9 "	2.6
VII Harrijoki	56.5 "	1.2 "	2.1
Koko valuma-alue	470.9 km ²	47.8 km ²	10.2

Liite 2. Rahajärven veden korkeudet vuosien 1983 ja 1984 tutkimus-
jaksoilla.

Pv.	kesäkuu		heinäkuu		elokuu		syyskuu		lokakuu	
	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984
1	132.22	132.23	132.48	132.53	132.34	132.50	132.17	132.37	131.92	132.30
2	.25	.30	.47	.55	.32	.49	.17	.36		.34
3	.27	.37	.47	.53	.30	.46		.34	.95	.34
4	.28	.43	.46	.53	.28	.45		.33	.95	.35
5	.30	.42	.46	.51	.26	.46	.19	.32	.94	.36
6	.31	.43	.44	.51		.46	.18	.30	.94	
7	.32	.45	.43	.50		.46	.17	.28	.94	.40
8	.33	.47	.42	.48		.48	.17			.41
9	.33	.47		.47	.30	.48	.16			.41
10	.34	.49		.48	.28	.48			.99	.41
11		.50	.46	.48	.26	.50			132.00	.42
12		.50	.46	.49	.23	.50	.18		.00	.41
13	.45	.51	.43	.50		.52	.16		.00	.42
14	.45	.51	.42	.50		.52	.16		.00	.42
15	.45	.52	.40	.50	.26	.52	.15			.42
16	.45	.54		.50	.25	.53	.14			.42
17	.43	.53		.50	.23	.53	.09	.47	.04	.43
18	.43	.53	.45	.51	.22		.09	.46	.10	.42
19	.43	.53	.46	.50	.22	.59	.09	.44	.10	.43
20	.43	.53	.44	.50		.56	.07	.42	.10	
21	.42	.53	.42	.54		.52	.05	.40	.11	
22	.40	.52	.40	.53	.24	.51	.03	.38		.46
23	.39	.51		.53	.23	.48	.00	.36		.48
24		.50		.54	.23	.45		.35	.12	.49
25		.49	.37	.54	.20	.44		.34	.19	.50
26		.50	.35	.55	.17	.43	.02	.33	.21	.50
27	.48	.52	.34	.55		.42	.00	.31	.21	.50
28	.49	.51	.31	.57		.42	.00	.30	.21	.50
29	.49	.53	.29	.55	.19	.41	131.98	.28		.50
30	.48	.52		.52	.19	.39	.96			.49
31				.52	.18	.38			.24	.48

Liite 3. Ukonjärven veden korkeudet vuosien 1983 ja 1984 tutkimus-
jaksoilla.

Pv.	kesäkuu		heinäkuu		elokuu		syyskuu		lokakuu	
	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984
1	119.15	119.29	119.39	119.32	119.37	119.49	119.16	119.34	119.10	119.22
2	.19	.29	.40	.34	.36	.49	.15	.33		.21
3	.21	.29	.40	.36	.37	.50		.32	.07	.22
4	.24	.29	.39	.39	.36	.49		.31	.07	.20
5	.26	.30	.39	.40	.30	.46	.15	.32	.06	.20
6	.27	.30	.39	.40		.46	.13	.30	.06	
7	.27	.31	.38	.39		.43	.13	.30	.06	.20
8	.28	.32	.38	.40		.43	.12			.20
9	.31	.32		.40	.28	.44	.12			.20
10	.32	.33		.39	.28	.43			.11	.21
11		.31	.37	.38	.29	.48			.11	.21
12		.30	.38	.38	.30	.45	.09		.12	.21
13	.38	.29	.42	.37		.45	.09		.12	.21
14	.39	.29	.41	.36		.45	.08		.13	.21
15	.39	.29	.40	.35	.26	.44	.08			.20
16	.40	.30		.37	.26	.43	.08			.20
17	.40	.30		.37	.25	.42	.10	.27	.14	.19
18	.41	.30	.38	.39	.25		.10	.28	.14	.18
19	.40	.30	.37	.38	.23	.39	.10	.28	.14	.18
20	.40	.31	.42	.40		.40	.11	.28	.15	
21	.40	.30	.40	.39		.40	.11	.27	.15	
22	.39	.29	.40	.40	.21	.38	.12	.28		.19
23	.38	.29		.40	.20	.39	.12	.28		.20
24		.29		.41	.18	.38		.27	.19	.18
25		.29	.40	.44	.18	.38		.26	.20	.18
26		.30	.38	.45	.19	.36	.09	.26	.20	.17
27	.36	.30	.39	.45		.36	.08	.26	.20	.17
28	.36	.31	.39	.47		.36	.07	.24	.21	.16
29	.38	.32	.38	.47	.16	.35	.06	.24		.16
30	.38	.32		.49	.16	.35	.06			.15
31				.49	.14	.34			.23	.15

Liite 5. Kalojen lukumäärät kalaportaan eri osissa seurantajakson 4.7.-31.8. 1984 aikana. A = ala-allas, ao = kalaportaan ala-osa (altaat 1-11), L = kulma-allas, yo = kalaportaan yläosa (altaat 12-18), K = keruuallas. Kutakin vuorokautta kuvaa useiden laskentojen keskiarvo.

Pvm	A	ao	L	yo	K	Yht.
4.7.	3	2	1	1	2	9
5.7.	10	9	2	2	3	26
6.7.	12	12	8			32
7.7.	42	40	20	2	23	127
8.7.	35	91	32	4	18	180
9.7.	42	70	37	1	14	164
10.7.	325	228	78	13	48	692
11.7.	880	740	300	88	171	2179
12.7.	1120	1454	600	181	216	3571
13.7.	1520	2039	860	256	181	4856
14.7.	1680	2191	930	323	228	5352
15.7.	1500	1630	820	176	135	4261
16.7.	1500	1632	712	160	136	4140
17.7.	1100	1674	712	114	99	3699
18.7.	1262	1525	812	92	61	3752
19.7.	938	1435	675	78	55	3181
20.7.	1012	1412	512	61	67	3064
21.7.	925	1044	412	46	25	2452
22.7.	838	1127	400	88	68	2521
23.7.	733	996	400	108	101	2338
24.7.	825	1195	425	193	161	2799
25.7.	975	1778	600	206	64	3623
26.7.	1012	1599	538	175	80	3404
27.7.	950	1799	575	212	98	3634
28.7.	950	1860	612	204	70	3696
29.7.	925	1896	650	289	103	3863
30.7.	712	1476	512	360	77	3137
31.7.	512	1382	412	386	111	2803
1.8.	500	1338	500	308	112	2758
2.8.	600	1613	583	399	202	3397
3.8.	650	1775	600	490	336	3851
4.8.	700	2942	675	990	800	6107
5.8.	800	2688	700	1182	882	6252
6.8.	625	2065	550	995	621	4856
7.8.	600	2160	600	1032	603	4995
8.8.	450	1888	650	925	376	4289
9.8.	425	1865	700	818	320	4128
10.8.	475	2105	700	902	246	4428
11.8.	500	1975	775	652	176	4078
12.8.	550	1642	750	598	167	3707
13.8.	500	1900	700	600	221	3911
14.8.	475	1472	550	470	136	3103
15.8.	425	1310	550	350	90	2725
16.8.	300	1185	400	298	56	2239
17.8.	200	1135	325	226	47	1933
18.8.	46	1145	300	170	57	1718
19.8.	50	955	275	118	21	1419
20.8.	2	810	250	121	10	1193
21.8.	20	672	200	90	4	986
22.8.		675	200	56		931
23.8.	400	285	40	16	4	745
24.8.		130	35	2		167
25.8.		75	40		1	116
27.8.		19	40			59
31.8.	2		4			6