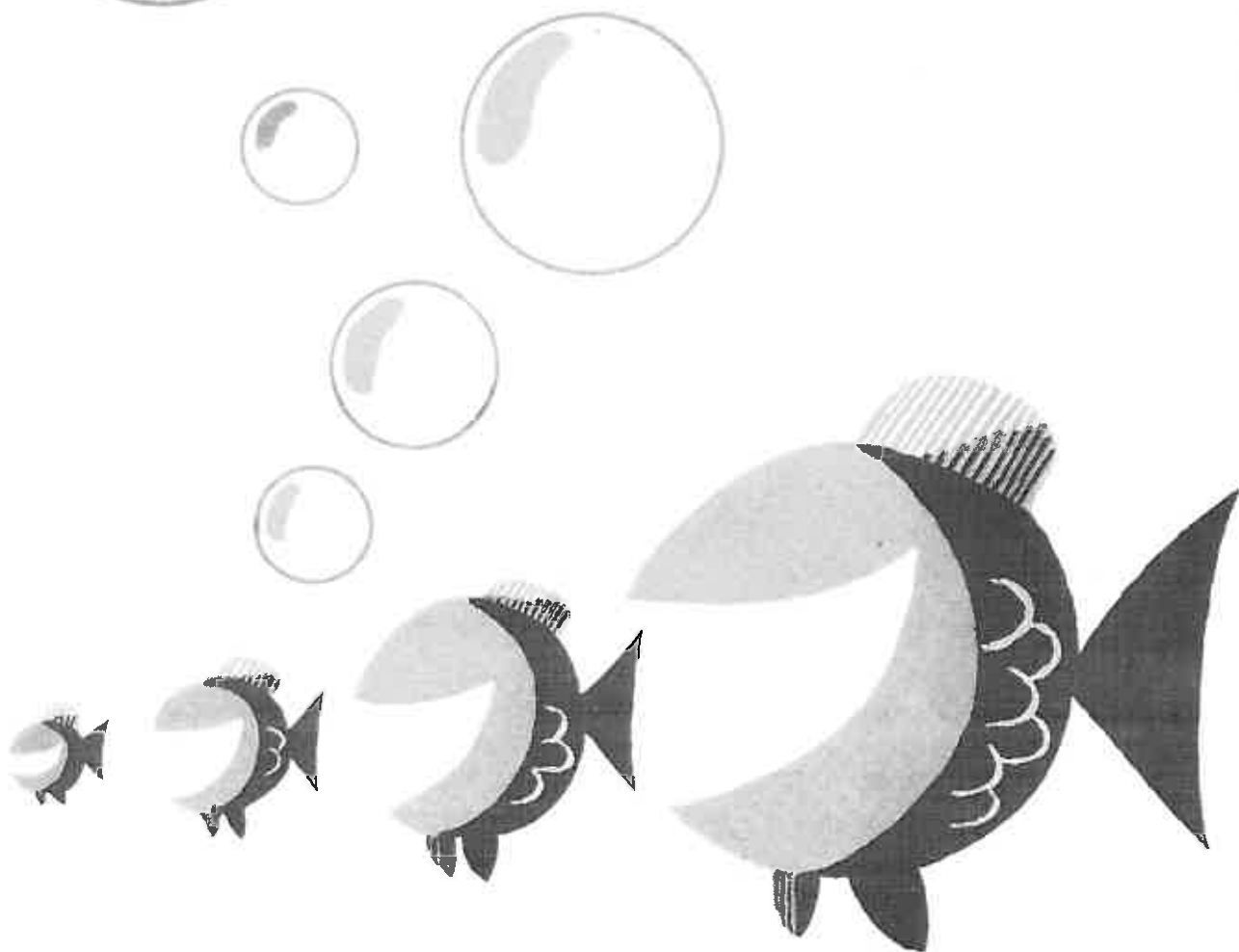


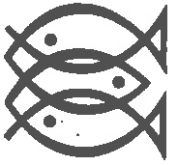
RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS  
KALANTUTKIMUSOSASTO



# MONISTETTUJA JULKAISUJA

68  
1987





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS  
KALANTUTKIMUSOSASTO

# MONISTETTUA JULKAISUA

Toimittaja: Viljo Nylund. Toimitussihteerit: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen.

Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston kirjastolle, PL 193, 00131 Helsinki 13.

Monistettuja julkaisuja on jatkoa sarjalle: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Kalantutkimusosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" ja "Meddelanden".

Redaktör: Viljo Nylund. Redaktionssekreterare: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

Förfrågningar angående tidskriften riktas till bibliotekarien, Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet, fiskeriforskningsavdelningen, PB 193, 00131 Helsingfors 13.

Tidskriften är fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Övriga publikationsserier från fiskeriforskningsavdelningen är "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" och "Meddelanden".

MUIKUN KUTUALUEISTA JA MÄDIN SELVIITYMISESTÄ  
KEMIJÄRVESSÄ VUOSINA 1982 - 1985

PERTTI TIKKANEN JA SEPPO HELLSTEN

KEMIJÄRVEN BIOLOGIS-KALATALOUELLINEN TUTKIMUS  
KALATALOUELLINEN OSATUTKIMUS

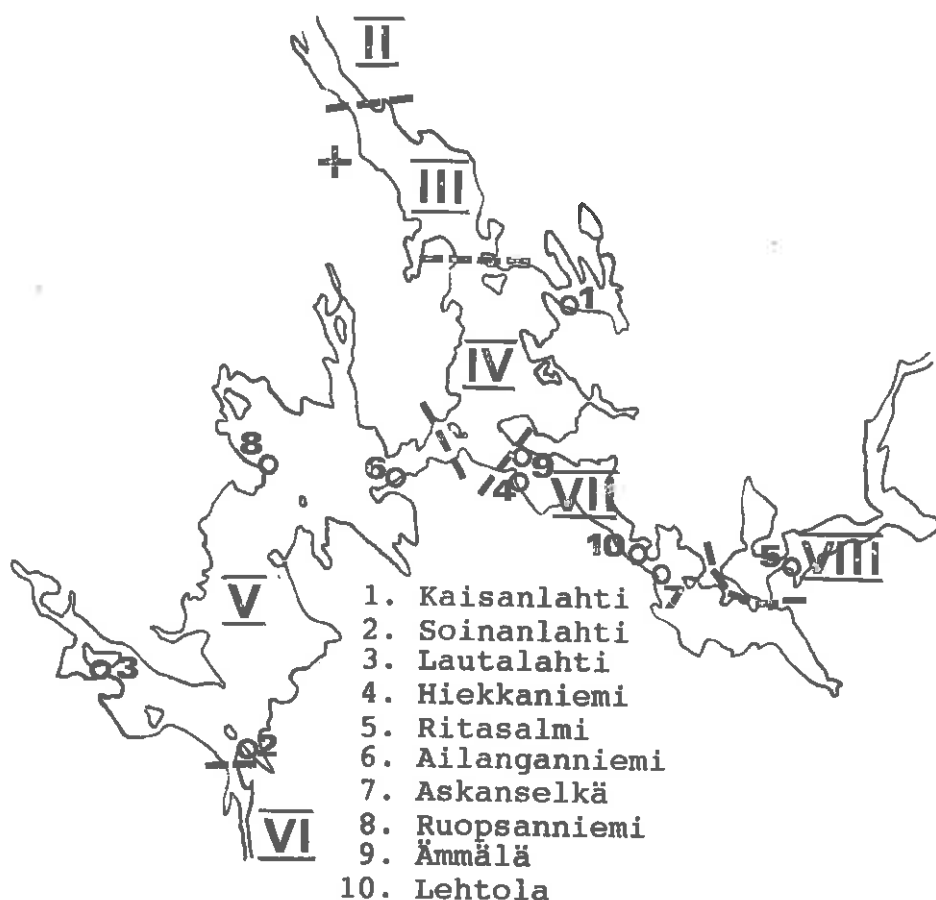
## 1. Johdanto

Selvitys kuuluu osana Kemijärven biologis-kalataloudelliseen tutkimukseen. Työ tehtiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen Rakennuslaboratorion yhteistyönä Lapin läänin maatalouskeskuksen avustamana. Selvityksen tarkoituksena oli saada tietoa muikun kudun onnistumisesta säännöstellyssä Kemijärvessä sekä kartoittaa kutualueita. Kutualueilla selvitettiin mädin tiheyttä ja esiintymissyvyyttä ottamalla näytteitä paineilmaimurilla. Mädin säilyvyyttä selvitettiin sekä imurinäytteillä että sumputuskokeilla, joissa elävää mätiä pidettiin verkkosumpuissa talven yli muikun kutualueilla.

## 2. Aineisto ja menetelmät

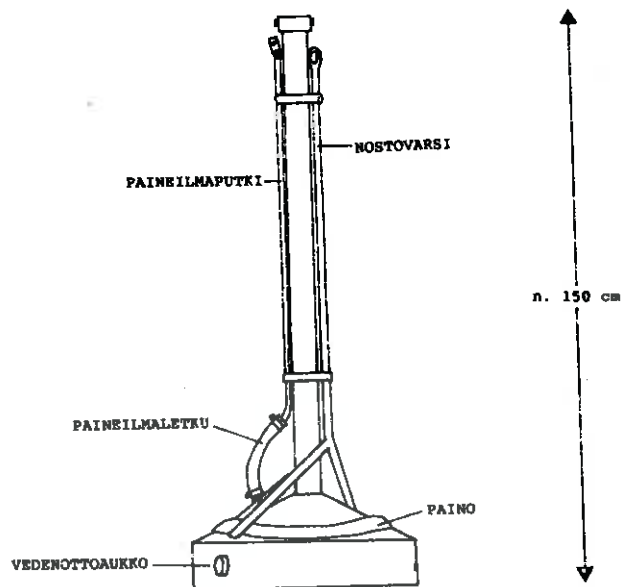
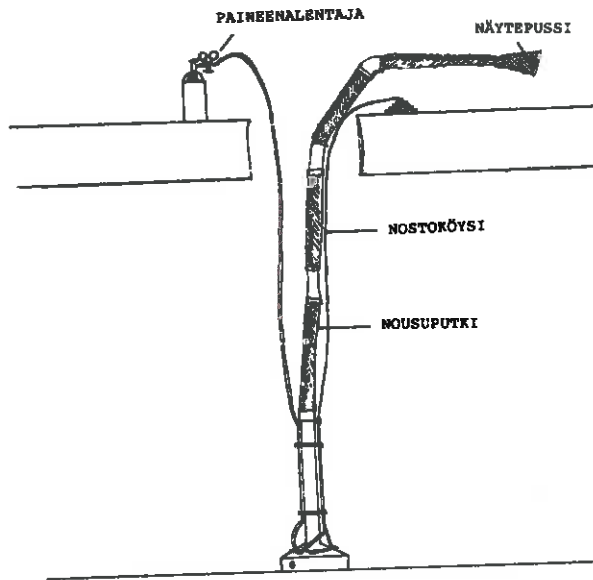
### 2.1. Imurinäytteet

Kalastajien parissa tehdyn kyselyn perusteella ja syvyyskarttojen avulla valittiin todennäköisiä kutualueita, joilla tehtiin imurointeja 7.-11.12.1982. Tuolloin käytiin läpi kahdeksan aluetta (kuva 1), mutta mätiä löydettiin vain yhdeltä. Yhteensä otettiin 29 imurinäytettä. Seuraavana talvena tehtiin imurointeja sekä syksyllä kudun jälkeen (25.-29.11.1983) että keväällä ennen mädin kuoriutumista (9.-13.4.1984). Syksyn kierroksella otettiin 20, kevään kierroksella 22 näytettä. Talven 1983-1984 näytteenotto keskitettiin Kauhaselälle Ämmälän ja Lehtolan alueille. Imurointialueet nähdään kuvasta 1 ja näytteenottosyvyydet liitteestä 1.



Kuva 1. Tutkimusalueiden sijainti Kemijärvellä.

Mädin imuroinnissa käytettiin Timolan (1982) Perämeren tutkimusasemalla kehittämää paineilmaimuria, jonka rakenne ja toimintaperiaate näkyvät kuvassa 2. Imuri koostuu teräsrakenteisesta, halkileikkaukseltaan pyöreästä kehikosta, joka lasketaan pohjaan köyden varassa. Paineilmaa annostellaan paineenalentajan kautta kehikkoon johtavaan letkuun, joka haaroituu kehikon sisälle. Ilma nousee kammiosta ensin teräsputkea, sitten muoviputkea pitkin pintaan. Putken päässä on harsopussi, johon näyte tulee. Putkessa ylös nouseva ilma laajenee ja kuplii aiheuttaen imun, joka nostaa ainesta pohjasta. Imun tehoa voidaan säätää pullon ulostulopainetta muuttamalla. Matalin toimintasyvyys imurilla on noin 1,5 metriä ja imun teho kasvaa syvyyden mukana. Imuria laskettaessa aloitettiin ilman annostelu



Kuva 2. Mädin imuroinnissa käytetty paineilmaimuri (Timola 1982).

ennen kuin imuri saavutti pohjan ja imuri laskettiin pohjaan vasta kun letkusta tuli vettä. Näin vältettiin paineaallon muodostuminen eikä keveintä ainesta ilmeisesti huuhtoutunut imurin edeltä. Ilmaa annosteltiin noin puolen minuutin ajan ja paineena käytettiin 15-20 ilmakehää. Kun noudinta nostettiin pintaan annettiin letkun ensin tyhjentyä pohja-aineksesta ennen ilmahanan sulkemista.

Näyte otettiin noin 1 metri x 1 metrin kokoisesta avannosta, yksi imu kustakin kulmasta. Samaan pussiin otettiin neljä imua yhdeksi näytteeksi. Noutimen pinta-ala on noin  $0,12 \text{ m}^2$ , joten koko näytteen pinta-alaksi tulee  $0,48 \text{ m}^2$ . Mätijyvät poimittiin sisätiloissa valkoiselta alustalta voimakkaassa valossa.

## 2.2. Sumputuskoheet

Talvella 1984-1985 tutkittiin syyskutuisten kalojen mädin säilymistä jääpeitteen aikana (marraskuu-toukokuu) mätisumputuksen avulla. Tarkoitukseen käytettiin VTT:n säännöstelyjärvitutkimuksen yhteydessä kehitettyjä muoviverkkosumppuja (Alasaarela ym. 1985). Sumppu oli yksiosastoinen kotelo ( $\varnothing$  110 mm, pinta-ala  $95 \text{ cm}^2$ ), jonka pohja ja kansi olivat muoviverkkoa ( $\#$  1 mm). Lisäksi Kauhaselällä käytettiin sumppujen rinnalla nylonverkosta ( $\#$  0,5 mm) tehtyä pussia vertailunäytteinä. Sumpuissa tai pusseissa oli joko muikun tai siian mätiä. Mädin luovutti tutkimuksen käyttöön kalastusmestari Arvo Juopperi Ketolan kalanviljelylaitokselta. Alkuperäinen ajatus oli sumputtaa pelkästään muikun mätiä. Mäti vaikutti kuitenkin jo sumputuksen aloitusvaiheessa laitoksella melko huonokuntoiselta, joten osassa sumppuja käytettiin Suolijärviltä peräisin olevaa siian mätiä. Kontrolliksi asetettiin mätiä sumppuihin myös Ketolan laitoksella haudottavaksi, vastaavin tiheyksin ja samoin sumpuin kuin varsinaisessa järvisumputuksessa. Kaikki kontrollisumppujen mätijyvät olivat toukokuussa yhä eläviä. Sen sijaan laitoksen haudontasuppiloissa haudottu muikun mäti tuhoutui kokonaan, joten mätierä ei ehkä ollut erityisen korkealaatuista. Kontrollisumppujen mätitiheys oli

ilmeisesti sen verran alhainen, että kaikki mätimunat säilyivät hengissä.

Sumputukseen valittiin kolme koealuetta: Ruopsanselältä Ruopsanniemen läheisyydestä, Kauhaselältä Ämmälän edustalta sekä Hietaselän Ritasalmesta, jossa säännöstelyväli on luonnonkynnyksen ansiosta vain 4,5 metriä. Alueiden sijainti selviää kuvasta 1 ja liitteistä la-f, sumputuslinjojen yleistiedot on koottu taulukkoon 1. Mätijyviä laskettiin noin 30 kpl kuhunkin sumppuu. tai pussiin. Mäti laskettiin sumppuihin valmiiksi laitoksella (Ämmälän ja Ritasalmen kohteet) ja kuljetettiin paikalle termoslaukussa. Ruopsanniemellä mäti laskettiin sumppuihin vasta järvellä. Koettaessa elävät ja kuolleet mätijyvät laskettiin js osa elävästä mädistä otettiin talteen. Sumputussyvyudet ja sumppujen lukumäärä käyvät ilmi taulukosta 1.

Keväällä koennan yhteydessä otettiin lisäksi vesinäytteitä ohutkerrosnoutimella (Kettunen 1975, Alasaarela ym. 1985). Näytteistä mitattiin lämpötila, happipitoisuus ja rautapitoisuus 0,5 ja 0,25 metrin etäisyydellä pohjasta sekä sedimentin pinnalta. Analyysit teki Lapin vesipiirin vesilaboratorio.

Taulukko 1. Sumputuskoealueet talvella 1984-1985

Linja	Ruopsanniemi			Kauhaselkä			Hietaselkä		
	Ru 1	Ru 2	Ru 3	Ka 1	Ka 2	Ka 3	Ri 1	Ri 2	Ri 3
Sumputuspiste	Ru 1	Ru 2	Ru 3	Ka 1	Ka 2	Ka 3	Ri 1	Ri 2	Ri 3
Sumppujen lkm <sup>1</sup>	M2, S2	M2, S2	M2, S2	M1+1,S2+1	M1+1,S2+1	M1+1,S2+1	M2, S2	M2, S2	M2, S2
Syvyys MHW:stä, m	3,0	4,3	6,8	2,3	4,3	10,3	2,6	4,3	6,3
Syvyys sumputuksen alussa, m	2,7	4,0	6,5	2,0	4,0	10,0	2,3	4,0	6,0
Syvyys sumputuksen lopussa, m	kuiva	kuiva	3,7	kuiva	0,5	6,7	kuiva	1,2	3,2
Sumputusaika	28.11. - 16.5.			29.11. - 15.5.			29.11. - 16.5.		

<sup>1</sup>: M = muikku, S = siika



### 3. Tulokset

#### 3.1. Muikun mädin tiheydet rantavyöhykkeellä 1982-1984

Syksyn 1982 tutkimuksissa ei ilmeisesti osuttu parhaille kutualueille. Ainoat mätijyvät löydettiin Ruopsanniemeltä (liite 1e), missä tiheydet olivat suuruusluokkaa 2-6 kpl/m<sup>2</sup> syvyyksillä 3-5 metriä ylärajasta. Syksyllä 1983 imuroinnit rajoitettiin Ämmälän ja Lehtolan alueille (liite 1f). Näiltä alueilta mätiä tavattiin useimmista avannoista, varsinkin Ämmälän Kotisaarten edustalta. Ämmälässä ja Lehtolassa 9 näyteavantoa oli säännöstelyvyöhykkeellä, 4 selvästi alapuolella sekä yksi suunnilleen alarajan tasolla. Tiheydet olivat edelleenkin suhteellisen alhaisia, luokkaa 2-10 kpl/m<sup>2</sup>.

Alarajan alapuoleltakin mätiä löydettiin, Ämmälästä tiheyksin 2-4 kpl/m<sup>2</sup>, Lehtolassa 6-8 kpl/m<sup>2</sup>. Keväällä 1984 vesipinnan ollessa alimmillaan otettiin imurinäytteitä alarajan alapuolelta, samoilta pohjan aloilta, joilta jo syksyllä oli mätiä löydetty (NN+ 137-140 m). Eläviä mätimunua löydettiin yhä, kutakuinkin samoin tiheyksin kuin syksylläkin: 2-12 kpl/m<sup>2</sup>. Useimmat mätimunat olivat elinvoimaisia. Sisätiloihin kuljetuksen jälkeen mätimunista kuoriutui poikasia; ilmeisesti lämpötilavaihtelun ja/tai käsittelystä johtuvan tärinän vaikutuksesta. Jonkin verran löydettiin myös kuolleita jyväsiä, joko harmaan sameita tai sienikasvustojen peittämiä. Näitä tavattiin yhteensä 11 kpl. Eläviä mätimunua löytyi näytteenotossa yhteensä 39 kpl. Kaikkien kolmen imurointikerran aineisto on esitetty taulukossa 2 luokiteltuna syvyyssvyöhykkeisiin (taso NN+ 149 m). Syvyyssvyöhykkeen 9-10 metriä suuri osuus johtuu kevään 1984 näytteenoton keskittämisestä alarajan alapuoliselle vyöhykkeelle. Taulukossa ilmoitetut vyöhykkeiden mätitiheydet tarkoittavat nimenomaan arvoja niistä avannoista, joista mätiä löydettiin. Näissä näytteissä tiheydet ovat tasaisesti samat välillä 3-10 metriä ylärajasta. Aineistoa ei voi pitää riittävänä mätitiheyden syvyyssjakauman arvioimiseksi edes talven 1983-1984 kahdella kutupaikalla, Lehtolassa tai Ämmälän Kotisaarten alueella.

Taulukko 2. Imurointiaineisto syvyysvyöhykkeittäin

Syvyysvyöhyke, metriä ylärajasta	Näytteitä	Näytteitä, joissa mätiä	Mätiä yhteensä	Mäti- tiheydet <sup>1</sup>
2-2,5 m säännöstely-	5	-	-	-
3-4 m vyöhyke	10	4	10	5
5-6 m pääaltaassa	14	4	10	5
7-8 m	10	3	6	4
9-10 m	23	17	42	5
yli 10 m	2	1	2	2
<b>Yhteensä</b>	<b>64</b>	<b>29</b>	<b>70</b>	<b>4,8</b>

<sup>1</sup>: Mäti-  
tiheydet (kpl/m<sup>2</sup>) avannoista, joista mätiä löytyi, tyhjät avannot eivät ole mukana

### 3.2. Mätisumputuksen tulokset 1984-1985

Vedenlaatu- ja sumputustulokset on esitetty liitteessä 2. Veden happipitoisuus oli Ruopsanniemen ja Kauhaselän tutkimuspisteillä jokseenkin samanlainen ja edullinen - kyllästysprosentti n. 70 %. Hietaselällä sedimentin pinnalla vallitsi heikko happitilanne, ts. kyllästysprosentti oli n. 30 %. Myös sedimentin pinnan fosfori- ja rautapitoisuudet olivat Hietaselällä vastaavan syvyisen Ruopsanniemen arvoja selvästi korkeammat. Kauhaselällä olivat pitoisuudet erittäin korkeita johtuen tutkimuspisteen syvyydestä (10,3 metriä).

Mädin kuolleisuus eri sumpuissa vaihteli suuresti. Ruopsanniemen linjalla ei 3,0 ja 4,3 metrin syvyyksiltä saatu sumppuja ylös, koska sumput olivat pahasti jään puristuksessa. Mäti oli näissä sumpuissa aivan ilmeisesti kuollut. Syvimmässä pisteessä (6,8 metrin syvyys) oli sekä siian että muikun mäti kuollutta. Hietaselän linjalla oli

tilanne jokseenkin samansuuntainen: ylimmällä pisteellä mäti oli ilmeisesti jäätynyttä ja kuollutta. Syvyydellä 4,3 metriä mädin tuhoutumiseen oli nähtävästi vaikuttanut heikko happitilanne. Sen sijaan 6,3 metrin syvyydellä oli joitakin muikun ja siian mätijyväsiä edelleen elossa huolimatta huonosta happitilanteesta. Kauhaselän tutkimuslinja poikkesi merkittävästi muista. Ylimmällä pisteellä tosin mäti oli jäätynyt ja kuollut kuten muuallakin vastaavilla syvyyksillä, mutta 4,3 metrin syvyydessä jopa puolet muikun mädistä oli hengissä. Näin siitäkin huolimatta, että sumput olivat olleet jään puristuksissa miltei kaksi kuukautta. Sekä siian että muikun mäti oli selviytynyt melko hyvin myös 10 metrin syvyydessä, vaikka rauta- ja fosforipitoisuudet olivat varsin korkeita.

#### 4. Mädin selviytymiseen vaikuttavista tekijöistä

Nykyään pidetään varsin selvänä, ettei syyskutuisten kalojen mätitutkimuksilla pystytä ennustamaan kudusta syntyvän vuosiluokan suuruutta. Muikun kannanvaihteluiden suurimpana syynä pidetään kuoriutumisen jälkeisen ajan olosuhteita (mm. Nissinen 1972, Tiitinen 1982, Viljanen 1986). Mätitutkimuksilla voidaan saada tietoja muikun kutusyvydestä, kutualueiden laadusta ja laajuudesta. Elävän mädin sumputuskokeilla voidaan vertailla kuolevuutta erilaisilla alueilla.

Muikun kutusyvyys vaihtelee huomattavasti eri järvissä. Tavallisimmat syvyydet ovat välillä 2-10 metriä (Tiitinen 1982), mutta isoissa järvissä (mm. Vänern, Laatokka) saattaa muikku kutea aina 20-40 metrin syvyyksiin. Esimerkiksi Puruvedellä ovat kutupaikat syvänteiden rinteillä syvyydellä 8-22 metriä (Nissinen 1972). Etelä-Saimaalla mätiä esiintyi syvyyksillä 5-20 metriä, maksimi oli syvyydellä 10-15 metriä (Viljanen 1985). Lappajärvellä on kutusyvyys välillä 0,5-13 metriä, suojaisissa lahdissa matalalla, selkäalueilla syvällä (Tiitinen 1982). Yleensä muikku suosii kutualueena ulappa-alueiden reunoilla olevien syvänteiden rinteitä. Kuitenkin esimerkiksi Lappajärvessä myös suojaisilla lahtialueilla on suosittuja kutualueita (Tiitinen (1982).

Muikun mädin tiheys kutupaikoilla on yleensä korkeintaan muutamia kymmeniä neliömetrillä. Esimerkiksi Puruvedellä olivat syksyn tiheydet välillä 6-56 kpl/m<sup>2</sup>, Oulujärvellä 7-30 kpl/m<sup>2</sup> (Nissinen 1972) ja Etelä-Saimaalla alle 24 kpl/m<sup>2</sup> (Viljanen 1985). Joskus saattavat tiheydet olla useita satoja neliömetrillä. Lappajärvellä suurin arvo on ollut 950 kpl/m<sup>2</sup> (Tiitinen 1982). Korkeita arvoja tavataan vain syksyllä, pian kudun jälkeen. Tällöin saattaa huomattava osa mädistä olla kuollutta tai hedelmöitymätöntä (Tiitinen 1982). Lappajärvelläkin tavallisimmat tiheysarvot ovat suuruusluokkaa 10-50 elävää mätimunaa neliömetrillä. Ennen kuoriutumista keväällä ovat tiheydet tietysti alhaisempia riippuen erilaisesta kuolevuudesta eri kutupaikoilla. Nissisen (1972) pumppauksissa olivat keskimääräiset kevättiheydet Puruvedellä 15 kpl/m<sup>2</sup> ja Oulujärvellä 5-6 kpl/m<sup>2</sup>. Lappajärvellä kevään tiheydet olivat parhaimmillaan n.50, mutta yleensä alle 10 elävää mätimunaa neliömetrillä.

Mädin kuolleisuuteen vaikuttavat monet tekijät. Heti kudun jälkeen on yleensä muutaman viikon pituinen jakso ennenkuin järvi saa jääpeitteen, ainakin jos on kyse normaalista syyskutuisesta muikkukannasta. Tällöin saattaa mäti joutua alttiiksi aallokon aiheuttamalle mekaaniselle rasitukselle matalilla kutualueilla (Tiitinen 1982). Samaten aallokko aiheuttaa pohjalle laskeutuneen mädin liikkumista ja kasautumista - mäti saattaa joutua hautoutumisen kannalta epäedulliselle pohjalle. Talven aikaisen hautoutumisjakson pituuden määrää lämpötila, jota usein ilmaistaan ns. päiväastemäärällä (hautoutumisjakson pituus x vuorokausilämpötilojen keskiarvo). Hautoutumisjakson pituus ei kuitenkaan ole vakio, ei myöskään päiväastemäärä (Salojärvi 1982, siika-aineisto). Korkeassa lämpötilassa hautoutumisaika on lyhempi ja päiväastemäärä on alimmillaan alhaisissa lämpötiloissa. Talven aikaisesta alhaisesta lämpötilasta on siten seurauksena myöhäinen kuoriutuminen, korkeasta lämpötilasta aikainen kuoriutuminen. Samasta syystä saattavat saman järven muikut kuoriutua eri aikaan eri syvyysvyöhykkeiltä, jos keskimääräinen lämpötila on eri syvyyksillä erilainen. Veden lämpötila talven aikana

määräytyy syksyn sääolojen (sekoittuminen, veden jäähtyminen ja jäätyminen) perusteella ja esim. 0,5-1,0 °C-asteen eroja eri vuosina pidetään mahdollisina (Tiitinen 1982).

Mädin kuolleisuuteen vaikuttavat mm. pohjan ja sen läheisen vesikerroksen fysikaalis-kemialliset ominaisuudet sekä predaatio. Ehkä tärkein fysikaalis-kemiallinen tekijä on happipitoisuus, joskaan yksinomaisen määrääjä se ei ole (Tiitinen 1982). Yhdessä happipitoisuuden kanssa vaikuttavat ainakin hapetus-pelkistys-potentiaali sekä lämpötila ja myös sedimentaatio. Happi ja redox-potentiaali määräävät yhdessä mädille myrkyllisten aineiden liukenemisen pohjalietteestä. Esimerkiksi olosuhteissa, joissa typpi esiintyy nitriittinä säilyy mäti vielä elossa, mutta kun typpi muuttuu ammoniummuotoon mäti kuolee. Sedimentaation merkitys kuolleisuudessa ei ole yksiselitteistä. Kudun jälkeen syksyllä saattaa ilmetä voimakasta sedimentaatiota syksyn leväkukinnan jälkeen. Seurauksena saattaa olla mädin peittyminen ja happiolosuhteitten ratkaiseva heikkeneminen. Toisaalta on esitetty (mm. Zuromska 1982), että vähäinen sedimentaatio ja seurauksena oleva mädin "roskaantuminen" suojaavat mätiä predaatiolta, ainakin mätiä syövilta kaloilta. Sedimentaatiolla katsotaan olevan merkitystä vain hautoutumisen alkuvaiheessa. Lisääntyneen orgaanisen aineksen hajoamisesta johtuva hapenkulutuksen lisäys ei välttämättä ole merkittävä, koska talvien lämpötilat ovat alhaiset. Korkeintaan sedimentin hajoamisen aiheuttamalla hapenkulutuksella saattaa olla merkitystä matalilla lahtialueiden kutupaikoilla. Jos keväinen lämpötilan nousu on tällaisilla alueilla nopeaa eivätkä poikaset vielä ole valmiita kuoriutumaan, saattaa lisääntynyt hapenkulutus lisätä kuolleisuutta (Tiitinen 1982).

On havaittu viitteitä siitä, että lisääntymistuotteiden laatu - ja samalla mädin säilyvyys - on riippuvaista kutevien kalojen iästä. Laadultaan parasta mätiä tuottivat puolalaisissa muikkupopulaatioissa ikäryhmien 2+-4+ naaraat (Kamler ym. 1982). Muikun mädin kuolleisuutta on selvitetty hautomo-olosuhteissa (Luczynski 1985). Vakiolämpötiloissa havaittiin puolalaisissa populaatioissa optimilämpötilaksi

4,9 °C ja tästä arvosta kumpaankin suuntaan kuolleisuus kasvoi. Optimilämpötilan kokonaiskuoriutumisen oli 75 %, normaaleja (terveitä) poikasia kuoriutui 61 %:sta mätimunia. Vakiolämpötilassa haudottaessa havaittiin kaksi korkean kuolleisuuden vaihetta; ensimmäinen heti hedelmöitymisestä silmäpisteasteelle ("lens primordia visible") sekä toinen kuoriutumisen jo päästyä vauhtiin. Jäljiteltäessä luonnollista talven lämpötilakehitystä hautoutumiskokeissa oli kuolleisuuden kehitys toisenlaista. Ensimmäinen kriittinen vaihe oli yhä sama, mutta kuoriutumisen aikana ei havaittu kuolleisuuden lisääntymistä. Luczynskin (1985) mukaan em. kuolleisuuspiirteet ovat osoitus siiansukuisten kalojen sopeutumisesta kuoriutumaan heti jäiden lähdettyä. Luonnossa - ja luonnon oloja jäljittelevässä kokeessa - lämpötila alkaa kohota nopeasti samaan aikaan kuoriutumisen alkamisen kanssa. Kokeessa käytettiin lämpötilan nousuna 6 °C:ta kuoriutumisjakson aikana. Luczynskin (1985) mukaan optimaalisin kehitys muikun mädin selviytymisen kannalta onkin seuraavan kaltainen: alkionkehityksen ensi vaiheet laskevan lämpötilan aikana; talven aikainen yksilönkehitys selvästi vakiolämpötilassa tapahtuvan haudonnan "optimilämpötilan" alapuolella; keväällä jäiden lähdettyä lämpötilan nopea nousu.

Edellä kuvattu optimikehitys ei välttämättä aina toteudu luonnon oloissa. On epäilty, että optimaalisesta poikkeavien olojen ja siiansukuisten kalojen kannanvaihteluilla olisi yhteyttä (Christie 1963). Suomalaisissa oloissa ainakin kahdenlaiset poikkeamat kuvatuista optimioloista voisivat olla mahdollisia. Syksyn sääolot määräävät veden lämpötilan talven aikana ja samalla hautuoutumislämpötilan (Shemeikka ym. 1978) sekä kuoriutumisajankohdan. Huomattava osa poikasista saattaa kuoriutua järven ollessa vielä jäässä. Tällöin ei vielä ole ehtinyt kehittyä kalanpoikasten ravinnoksi riittävän runsaita eläinplanktonpopulaatioita (Luczynski 1985). Vastakuoriutuneiden poikasten ravinto-oloihin saattaa vaikuttaa myös jäiden lähdon jälkeinen kylmä sääjakso, joka estää veden lämpiämisen ja mahdollisesti myös eläinplanktonin runsastuminen (Luczynski 1985). Siian poikasten istutustulosten perusteella on

oletettu (Salojärvi 1980), ettei kuoriutumisen jään alla välttämättä tarvitse olla poikasille kohtalokasta. Eläinplanktonia on myös jään alla, joskin harvemmassa kuin avoveden aikaan. Jää ja lumi yhdessä saattavat tosin aiheuttaa ravinnonottoon soveliaan valoisan ajan lyhenemistä. Jos planktereita on tuolloin harvassa, saattaa poikasten ravintoplanktereiden minimitiheys nousta niin korkeaksi, että seurauksena on nälkiintymistä kriittisinä viikkoina (Dabrowski 1985). Kuoriutumisen jälkeen poikaset elävät ruskuaispussinsa sisältämän ravinnon turvin ennen siirtymistään ravinnonottoon. Esim. 5 °C:ssa poikaset saattavat elää ilman ravintoa n. 22 vrk (Dabrowski 1976), 10 °C:ssa n. 6 vrk (Tiitinen 1982). Lähellä nollaa olevissa lämpötiloissa eivät poikaset kasva vaikka ravintoa olisikin tarjolla (Salojärvi, Tiitisen 1982 mukaan).

#### 4.2. Muikun mädin selvitymisestä Kemijärvessä

Pumppaustulosten perusteella ei juurikaan voida tehdä johtopäätöksiä muikun kutusyvyvyydestä Kemijärvessä. Mätiä löydettiin suhteellisen tasaisesti syvyysvälillä 2-10 metriä, mikä sopii yhteen kutupyntisyvyyksien kanssa varsinaisen Kemijärven pääaltaan alueella (taulukko 3). Myöskään ei saatu paikannettua parhaimpia tai huonoimpia kutupaikkoja sen pidemmälle kuin mitä tiedetään kutualueista haastattelujen perusteella. Sitäpaitsi kaikki kalastajien ilmoittamat kutualueet eivät välttämättä sellaisia ole.

Sumputuskokeissa mäti odotetusti tuhoutui säännöstelyvyöhykkeen jäätyvällä osalla (0-4,5/5 metriä ylärajasta). Yllättävää oli mädin osittainen hengissä pysyminen sulana pysyvällä, mutta jään painamalla säännöstelyvyöhykkeen alimmalla osalla (4,5/5-7 metriä ylärajasta; Kauhaselkä). Vastaavanlainen tulos on havaittu myös säännöstellyllä Ontojärvellä Kuhmossa (Alasaarela ym. 1985, sumputusaineisto). Imurointien perusteella on edelleen selvää, että osa mädistä kuoriutuu myös säännöstelyn alarajan alapuolisilla pohjan alueilla, löydettiinhan elävää mätiä syvimmistäkin tutkimuspisteistä (12 metrin syvyydeltä säännöstelyn ylärajasta). Aineiston perusteella ei kuitenkaan ole mah-

dollista arvioida lasketusta mädistä hengissä selviävän osan suuruutta, koska mädin jakautumisesta eri syvyysvyöhykkeille ei ole riittävästi tietoa.

Potentiaalisista kutualueista vaikuttavat Ruopsanniemi ja Hietaselkä sumputusten valossa heikolta. Ruopsanniemen mädin suurelle kuolleisuudelle ei löytynyt selitystä. Hietaselällä ilmeisesti normaalia hieman korkeampi rehevyystaso ja samalla sedimentaatio heikentävät pohjan happitilannetta. Sen sijaan Kauhaselän alue vaikuttaa sekä pumppausten että sumputusten valossa erinomaiselta kutualueelta. Ilmeisesti suhteellisen suuren läpivirtaaman vaikutuksesta happitilanne pysyi hyvänä syvälläkin ja mätiä säilyi jopa jään painumisvyöhykkeellä. On mahdollista, että läpivirtauksen edullinen vaikutus korostuu kriittisenä kevättalven aikana, jolloin uoma Lehtosalmen ja Kauhaselän alueella on kapeimmillaan. Tässä valossa on vaikea selittää Hietaselän tutkimusalueen huonoja säilymistuloksia muuten kuin voimakkaan sedimentaation ja nopeamman hapenkulutuksen avulla, koska myös kyseisellä Ritasalmen alueella ovat virtaukset keväällä varsin voimakkaat.

Taulukko 3. Muikun pyyntisyvyys kutupyynnissä: haastatteluvastausten lukumäärä osa-alueittain (Heikinheimo-Schmid ym. 1987)

Pyyntisyvyys	OSA-ALUE					
	II	III	IV	V	VII	VII
1-2 m	1	1	11	10	14	-
2-4 m	1	1	12	13	14	4
4-5 m	-	-	12	8	13	3
yli 6 m	-	-	10	14	10	2
Vastanneita yht.	1	1	13	20	16	5



Mädinsyöjien vaikutusta mädin selviytymiseen ei tässä tutkimuksessa selvitetty, joten ilmiön pohdiskelu perustuu yksinomaan kirjallisuustietoihin. Pohjaeläinpredaattoreista merkittävinä pidetään isokokoisimpia lajeja: katkat, vesisiira, vesiperhosten ja päiväkorentojen toukat (mm. Zuromska 1982, Shemeikka ym. 1978). Näiden määrät Kemijärvessä ovat kuitenkin säännöstelyn vaikutuksesta huomattavasti vähentyneet (Tikkanen 1984), joten pohjaeläinpredaatiota ei voi Kemijärven tapauksessa pitää tärkeänä. Kalapredaatio kohdistuu voimakkaimpana, ehkäpä yksinomaisena, ylimmälle rantavyöhykkeelle. Mädinsyöjäkalojen vaikutuksen suuruus saattaa olla matalilla alueilla huomattavakin, mutta koska laskeutuva jää sekä pohjan jäätyminen tuhoavat mädin 4 metriä matalammilla alueilla joka tapauksessa, ei ylimmän rannan kalapredaatiolla voi olla merkitystä. Periaatteessa olisi ajateltavissa, että mädinsyöjäkalat verottaisivat mätiä myös routaantuvan pohjan alapuolisilla pohjan alueilla. Kuitenkin syksyllä jäättömän ja korkean veden aikaan ko. alueet ovat vähintään 4-5 metrin syvyydessä. Suhteellisen tummavetisenä järvenä Kemijärvessä ei ole erityisen todennäköistä, että visuaalista predaatiota tapahtuisi kyseisillä syvyyksillä. Talven kuluessa sulana pysyvä säännöstelyvyöhykkeen osa jää yhä matalammalle ja ainakin periaatteessa visuaalinen kalapredaatio olisi mahdollista. Tällöin kuitenkin jää ja lumi huonontavat valaistusoloja, ehkäpä ratkaisevasti. Näin ainoaksi ajankohdaksi, jolloin kalat saattaisivat huomattavasti syödä mätiä, jää aika jäiden lähdön ja veden nousun välissä. Koska ko. ajanjakso on erittäin lyhyt, ei predaatio ilmeisestikään voi olla merkittävää. Kaiken kaikkiaan onkin katsottava, ettei kalapredaatiolla liene suurtakaan merkitystä muutoin elossa säilyvän mädin verottajana.

Säännöstely vaikuttaa Kemijärven lämpöolosuhteisiin etenkin kevättalvella, kun jäät alkavat lähteä ja vesi nousta (ks. Huusko ja Karttunen 1987). Kemijärvessä vesi nousee keväällä hyvin nopeasti ja pääallas täyttyykin yleensä runsaan viikon aikana. Viileät tulvavedet ja talven aikana routaantunut

pohja estävät rantaveden lämpötilan nopean nousun, joka on tyypillistä luonnontilaisilla järvillä. Myöskin muikunpoikasten ravinnokseen käyttämän eläinplanktonin kehitys on viileässä rantavedessä hidasta, mikä saattaa vaikeuttaa kuoriutuvien poikasten ensimmäisten viikkojen olosuhteita. Kemijärven läpivirtausluonne vaikuttaa ilmeisesti myöskin rantavesiä viilentävästi edesauttamalla rannan ja ulapan vesien sekoittumista (Huusko ja Karttunen 1987). Edellä hahmoteltu kevään lämpötilakehitys on Kemijärven oloissa ilmeisesti huomattavin poikkeama Luczynskin (1985) esittämistä, muikun mädin selviytymisen kannalta optimaalisesta lämpötilakehityksestä. Luczynskin optimaaliseen kehitykseen kuuluvat: alkionkehityksen ensi vaiheet laskevan lämpötilan aikaan / talvenaikainen yksilönkehitys alhaiseaa lämpötilassa / lämpötilan nopea nousu keväällä kuoriutumisen alettua.

Tutkimuksen perusteella on selvää, että Kemijärven vedenpinnan säännöstely vaikuttaa negatiivisesti muikun mädin selviytymiseen. Vaikutusten suuruusluokkaa ja tarkkaa merkitystä muikkukantoihin on mahdotonta arvioida. Ilmeisesti kutu onnistuu osittain ainakin pääaltaan alueella. Pohjapadottujen alueiden kudun onnistumisesta ei tämän tutkimuksen perusteella voi esittää arviota. Voidaan kuitenkin olettaa, että pienialaisilla pohjapadotuilla lahdilla vähäinen veden vaihtuma ja sedimentaatio-olot muodostuvat mädin selviytymiselle epäedulliseksi.

#### Kirjallisuus

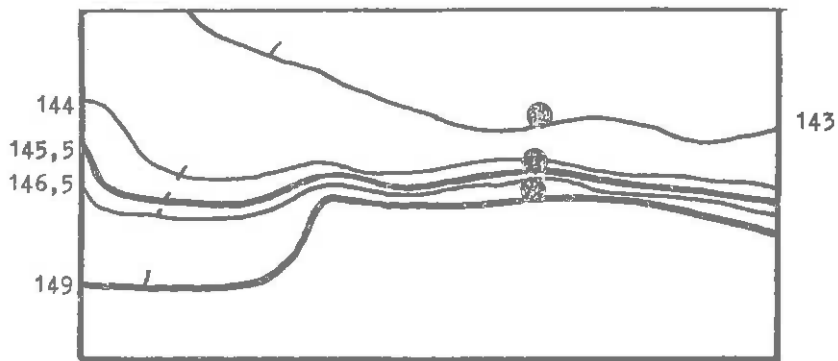
Alasaarela E., Hellsten S., Hirvonen A., Huusko A., Kankaala P., Kolu A., Mähönen O., Neuvonen I., Nevalainen P., Sutela T., Tikkanen P., Vasama A. & Yrjänä T. 1985: Ekologiset näkökohdat eräiden Pohjois-Suomen järvien säännöstelyssä. - VTT. Rakennuslaboratorio. Moniste 115 s. + 3 liitettä.

- Christie W.J. 1963: Effects of artificial propagation and the weather on recruitment in the Lake Ontario whitefish fishery. - J. Fish. Res. Bd. Can. 20, 597-646.
- Dabrowski K. 1985: Can coregonid fish larvae feed under the ice? - Arch. Hydrobiol. 104/3, 427-432.
- Heikinheimo-Schmid, O., Nenonen, M, Liekonen E. & Huusko A. 1987. Kalastus Kemijärvässä vuonna 1980. RKTL, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 68.
- Huusko, A. & Karttunen, V. 1987. Kalanpoikasten esiintymisestä Kemijärvässä vuonna 1985. RKTL. Kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 68.
- Kamler E., Zuromska H. & Nissinen T. 1982: Bioenergetical evaluation of environmental and physiological factors determining egg quality and growth in *Coregonus albula*. - Pol. Arch. Hydrobiol. 29/1, 71-122.
- Kettunen I. 1975: Menetelmä ohuitten vesikerrosten tutkimiseksi. - Ympäristö ja terveys 1975, 3.
- Luczynski M. 1985: Survival of *Coregonus albula* embryos incubated at different thermal conditions. - Hydrobiologia 121, 51-58.
- Nissinen, T. 1972: Mätitiheys ja mädin eloonjääminen muikun (*Coregonus albula* L.) kutupaikoilla Puruvedessä ja Oulujärvässä. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto., Tiedonantoja 1: 1-114.
- Salojärvi K. 1980: Siikaistutusten tuloksista ja kannattavuudesta. - Suomen Kalastuslehti 87/3 82-88.
- Salojärvi K. 1982: Spawning ecology, larval food supplies and causes of larval mortality on the whitefish (*Coregonus lavaretus*). - Pol. Arch. Hydrobiol. 29/1, 159-178.
- Shemeikka P., Oksman H. & Mikkola H. 1978: Muikun ja siian mädin hautoutumiseen vaikuttavista tekijöistä. - Savon vesiensuojeluyhdistys. Julkaisu n:o 28, 27 s.
- Tiitinen J. 1982: Muikkukantojen runsaudentvaihtelut Lappajärvässä mätitutumusten ja saalistietojen perusteella. Vesihallituksen tiedotus 220, 78 s.

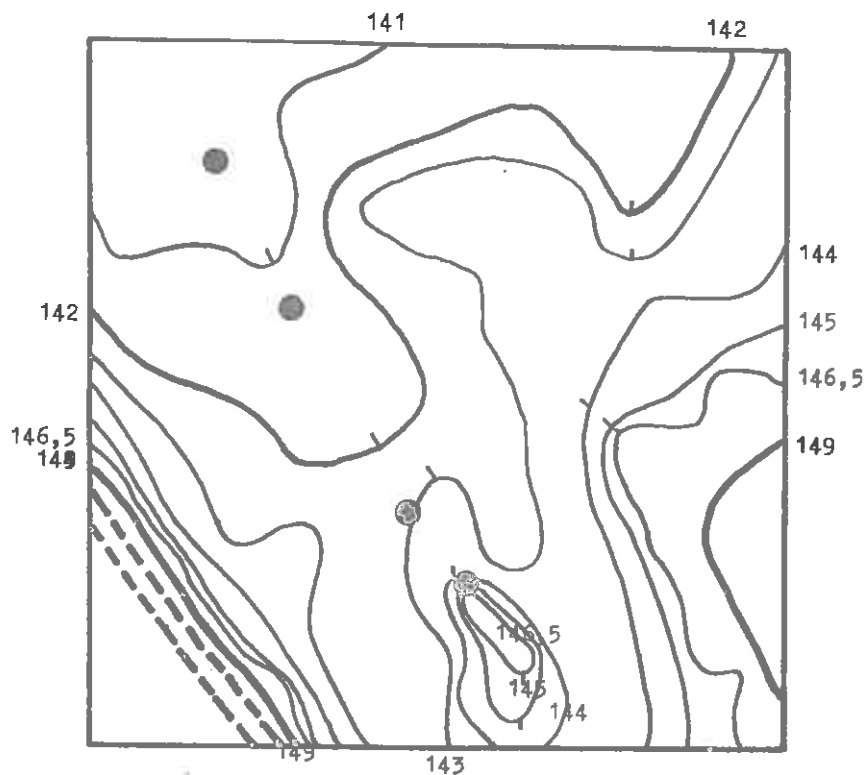
- Tikkanen P. 1984: Kemijärven litoraalin pohjaeläimistö ja sen koostumukseen vaikuttavat tekijät. - Raportti, 38 s.
- Timola O. 1983: Paineilmalaite mädin pumppaamiseen pohjalta. - Suomen Kalastuslehti 90/3, 84-85.
- Viljanen M. 1985: Muikun ja siian mädin ja poikasten esiintyminen Etelä-Saimaalla. - Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisu 71, 233-245.
- Viljanen M. 1986: Biology, propagation, exploitation and management of vendace (Coregonus albula L.) in Finland. - Arch. Hydrobiol. Beih. 22, 73-97.
- Zuromska, H. 1982: Egg mortality and its causes in Coregonus albula and Coregonus lavaretus in two Masurian lakes. - Pol. Arch. Hydrobiol. 29/1, 29-70.

Liite 1/a. Näytepisteiden sijainti eri tutkimusalueilla. Säännöstelyn ylä- ja alaraja merkitty paksummalla viivalla.

- imurinäyte, syksy 1982 (9. ja 10. syksy 1983)
- imurinäyte, kevät 1984
- sumputus, talvi 1984-1985

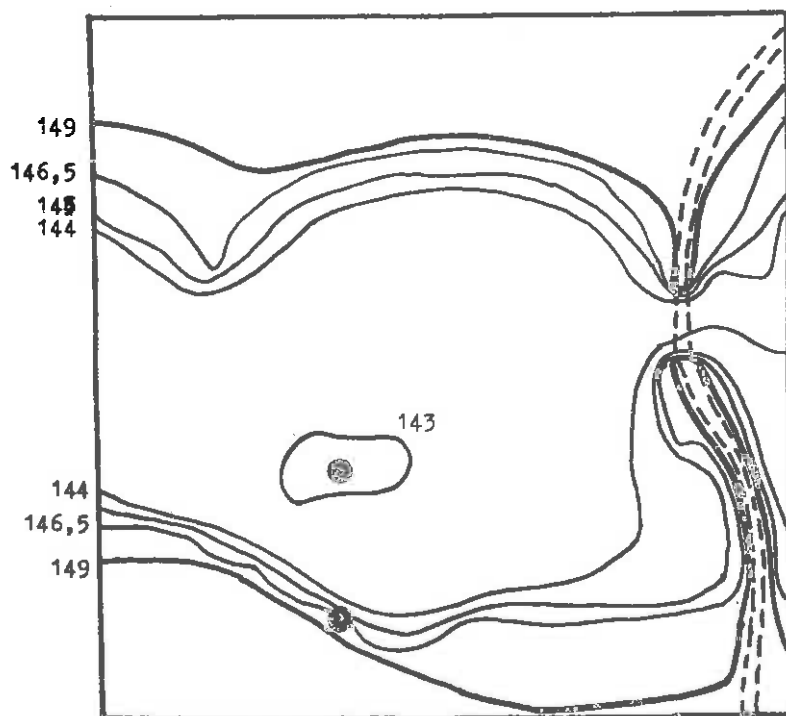


1. Kaisanlahti (pohjapato NN+145,50)



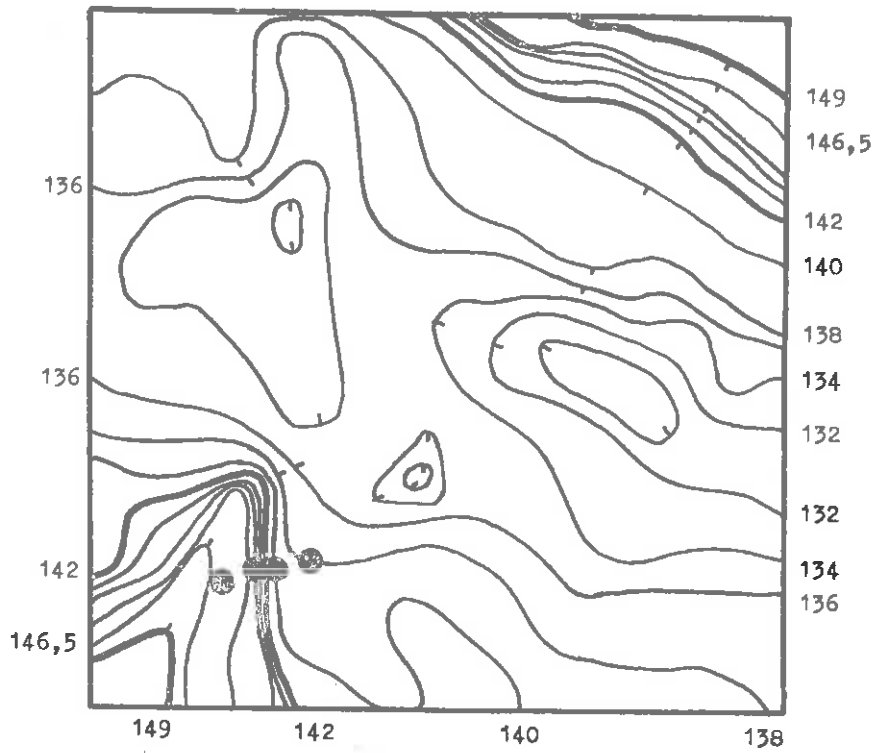
2. Soinanlahti (täysi säännöstely, alaraja NN+142,00)

## Liite 1/b

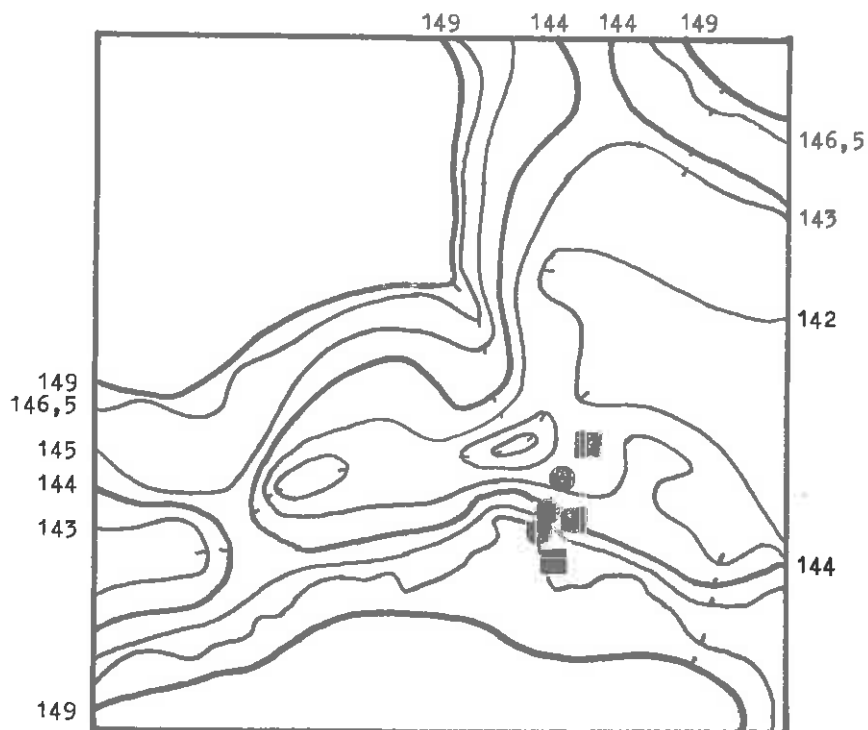


## 3. Lautalahti (täysi säännöstely, alaraja NN+142,00)

## Liite 1/c

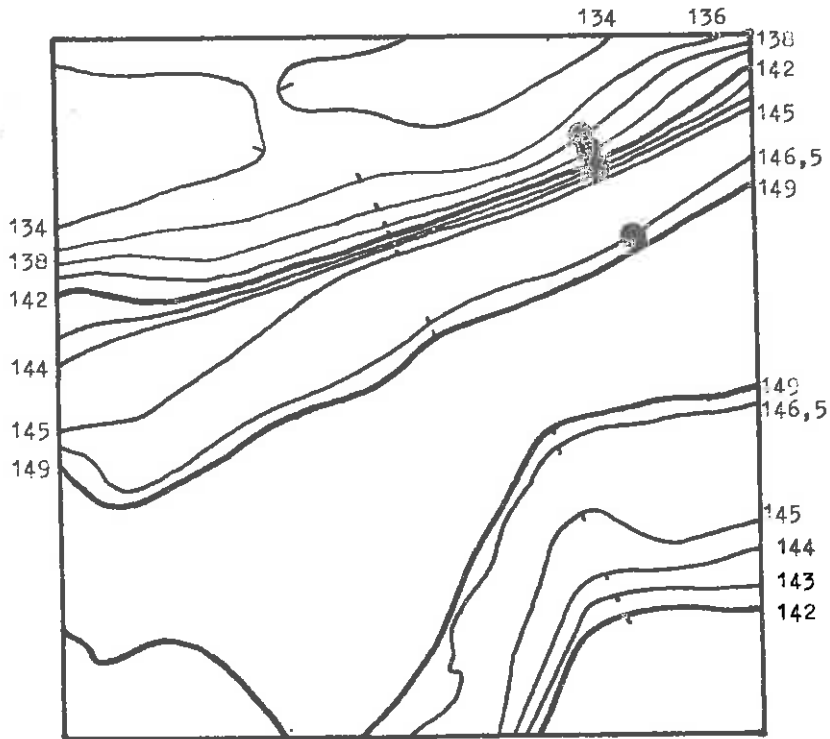


4. Hiekkaniemi (täysi säännöstely, alaraja NN+142,00)

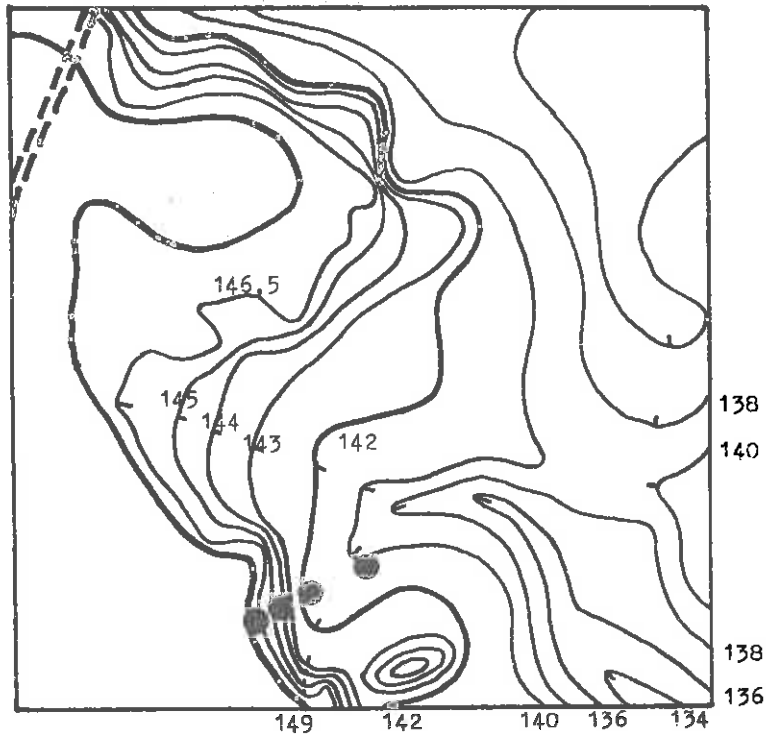


5. Ritassalmi (luonnonkynnys NN+144,00)

## Liite 1/d



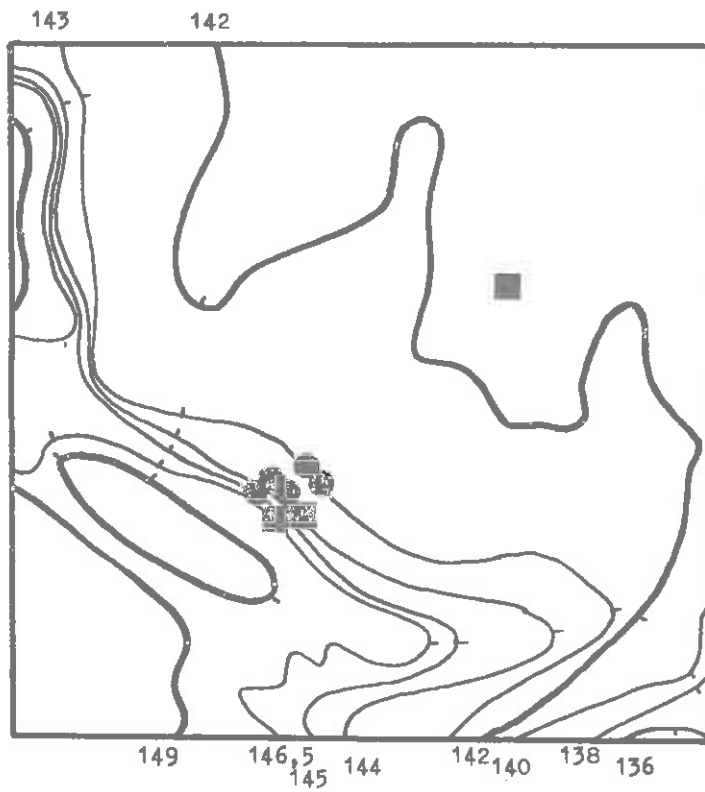
6. Ailanganniemi (täysi säännöstely, alaraja NN+142,00)



7. Askanselkä (täysi säännöstely, alaraja NN+142,00)

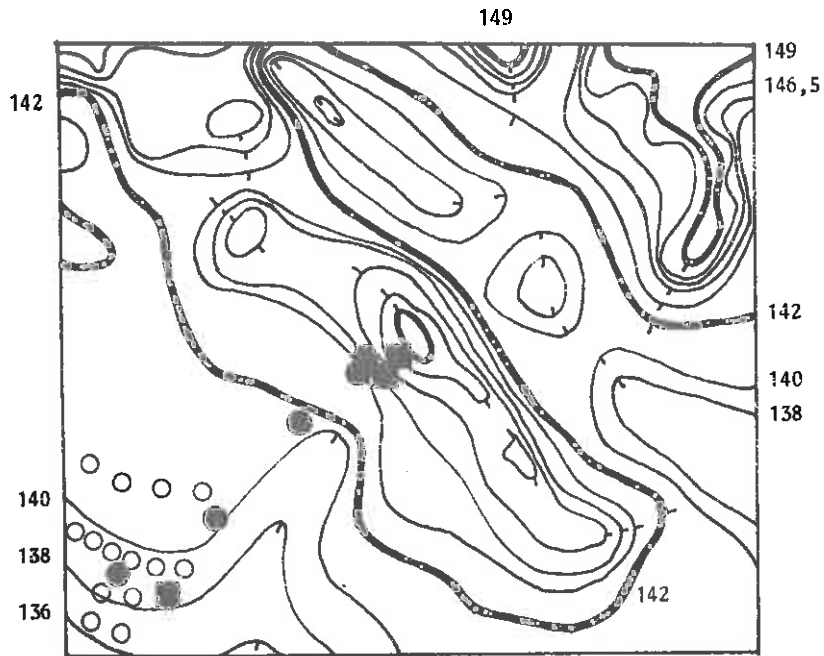


Liite 1/e

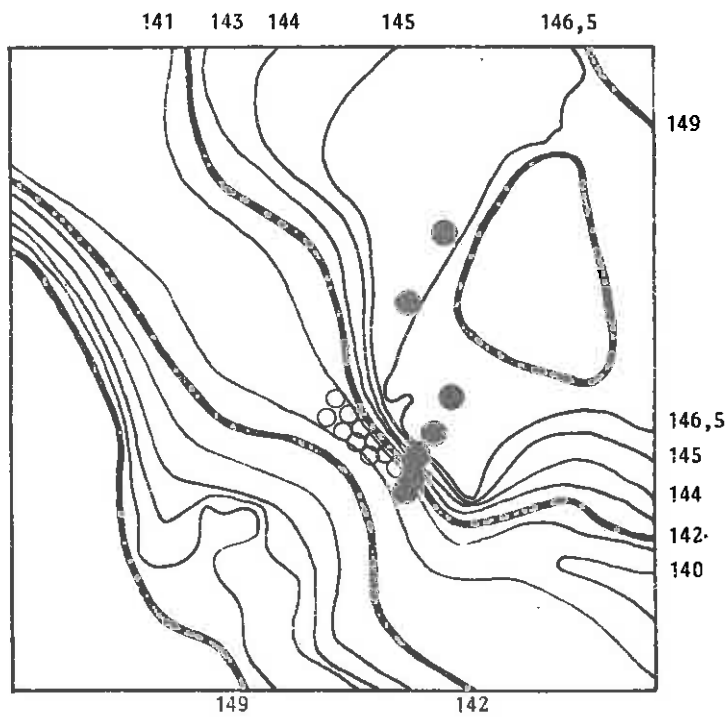


8. Ruopsanniemi (täysi säännöstely, alaraja NN+142,00)

Liite 1/f



9. Ämmälä (täysi säännöstely, alaraja NN+142,00)



10. Lehtola (täysi säännöstely, alaraja NN+142,00)





**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,  
KALANTUTKIMUSOSASTO**

**MONISTETTUA JULKAISUJA**

- No 46. Nahkiainen-nejonögon -symposiumin, 17.—18.10.1979 Kalajoki. Toim. T. Järvenpää ja K. Westman. Helsinki 1986. 107 s.
- No 47. LEHTONEN, H., BÖHLING, P. och HUDD, R.: Siken och sikfisket i Kvarkenområdet. Helsinki 1986. 76 s.
- No 48. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1986. Helsinki 1986. 178 s.
- No 49. ERONEN, T., HANSKI, A., HYYTINEN, L. ja KAIJOMAA, V.-M.: Vuoksen vesistöalueen lohi- ja taimenkantojen hoidon puiteohjelma. Helsinki 1986. 117 s.
- No 50. TUUNAINEN, P., VUORINEN, P., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T. ja VUORINEN, M.: Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin. Raportti vuodelta 1985. English summary: Effects of acidic deposition on fish, Report 1985. 1—39.  
TIKKA, J. ja PAASIVIRTA, L.: Ahvenen populaatiorakenne, kasvu ja tuotanto kahdessa eteläsuomalaisessa metsäjärvenä. 40—63. Helsinki 1986.
- No 51. Valtion kalanviljelyn VII neuvottelupäivät 12.—14.4. 1983 Punkaharjulla. Toim. A. Vihervuori. Helsinki 1986. 119 s.
- No 52. NIKINMAA, B.: Inverkan av ljus och insektilskott till födan på tillväxten hos laxyngel Salmo salar. Helsinki 1986. 79 s.
- No 53. Papers presented at ICES Statutory Meetings in 1984—86 by Finnish participants. Helsinki 1986. 260 pp.
- No 54. JÄRVENPÄÄ, T.: Veden vähähappisuuden ja happamuuden vaikutukset ravun hemolymfaan. Helsinki 1986. 64 s.
- No 55. NYLUND, V.: Ravun loisen, *Psorospermium haeckeli* Hilgendorf rakenne, haittavaikutukset ja taksonominen asema. Helsinki 1986. 60 s.
- No 56. KETTUNEN, J. ja HILDÉN, M.: Populaatioanalyysi ja sen herkkyys parametrien muutoksille. Helsinki 1986. 50 s.
- No 57. IKONEN, E., JUTILA, E., KOLJONEN, M.-L., PRUUKI, V. ja ROMA-KANIEMI, A.: Tornionjoen vesistön meritaimenkantojen tila, geneettiset erot ja viljelytarpeet. Helsinki 1986. 103 s.
- No 58. SALOJÄRVI, K. ja HUUSKO, A.: Sotkamon reitin velvoitehoidon tulokset v. 1981—1985, tuloksiin vaikuttavat tekijät ja suositukset hoidon kehittämiseksi. Helsinki 1987. 311 s.
- No 59. HEINONEN, M.: Suur-Saimaan siikojen taksonomia ja geneettinen muuntelu. Helsinki 1987. 88 s.
- No 60. PENNANEN, J.T.: Kokemäenjoen vesistön toutaimen hoito- ja suoje-luohjelma. Helsinki 1987. 56 s.
- No 61. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1987. Helsinki 1987. 184 s.
- No 62. IKONEN, E., AHLFORS, P., MIKKOLA, J. ja SAURA, A.: Meritaimenen ja lohen elvyttäminen Vantaanjoen vesistöissä. Helsinki 1987. 106 s.
- No 63. WESTMAN, K., SOIVIO, A., AUTTI, M., JUOLA, M., ARO, M., NENONEN, O. ja TUUNAINEN, P.: Kemi- ja Iijoen lohivelvoitteen hoito. Helsinki 1987. 81 s.
- No 64. JUNTUNEN, K.: Kromosomimääritys apuna siikojen taksonomisten ongelmien ratkaisemisessa. Helsinki 1987. 77 s.
- No 65. PARTANEN, H.: Kalan markkinoinnin nykytila ja kehittäminen Inarin kunnan alueella. Helsinki 1987. 110 s.
- No 66. SARJAMO, H. ja HONKASALO, L.: Kirakkajoen vesistön säännöstelyn vaikutukset Rahajärven, Hammasjärven ja Ukonjärven kalakantoihin sekä kalakantojen hoitosuunnitelma. Helsinki 1987. 70 s.
- No 67. TUUNAINEN, P., VUORINEN, P.J., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T. ja VUORINEN, M.: Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin. Raportti vuodelta 1986. English summary: Effects of acidic deposition on fish, Report 1986. Helsinki 1987. 72 s.

## SISÄLTÖ

HEIKINHEIMO-SCHMID, O., NENONEN, M., LIEKONEN, E. ja HUUSKO, A.: Kalastus Kemijärvässä vuonna 1980 .....	1—42
HEIKINHEIMO-SCHMID, O.: Kalastus Kemijärvässä vuonna 1982 .....	43—82
PARTANEN, H.: Selvitys Kemijärven kalan markkinoinnista .....	83—111
NENONEN, M.: Selvitys Kemijärven kaloissa esiintyvistä haju- ja makuvirheistä .....	113—147
TIKKANEN, P. ja HELLSTEN, S.: Muikun kutualueista ja mädin selviytymisestä Kemijärvässä vuosina 1982—1985 .....	149—173
HUUSKO, A. ja KARTTUNEN, V.: Kalanpoikasten esiintymisestä Kemijärvässä vuonna 1985 .....	175—194
HUUSKO, A.: Siian ja ahvenen ravinnosta Kemijärvässä .....	195—222
HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja HUUSKO, A.: Kalojen vaellus Kemijärvestä alavirtaan .....	223—251