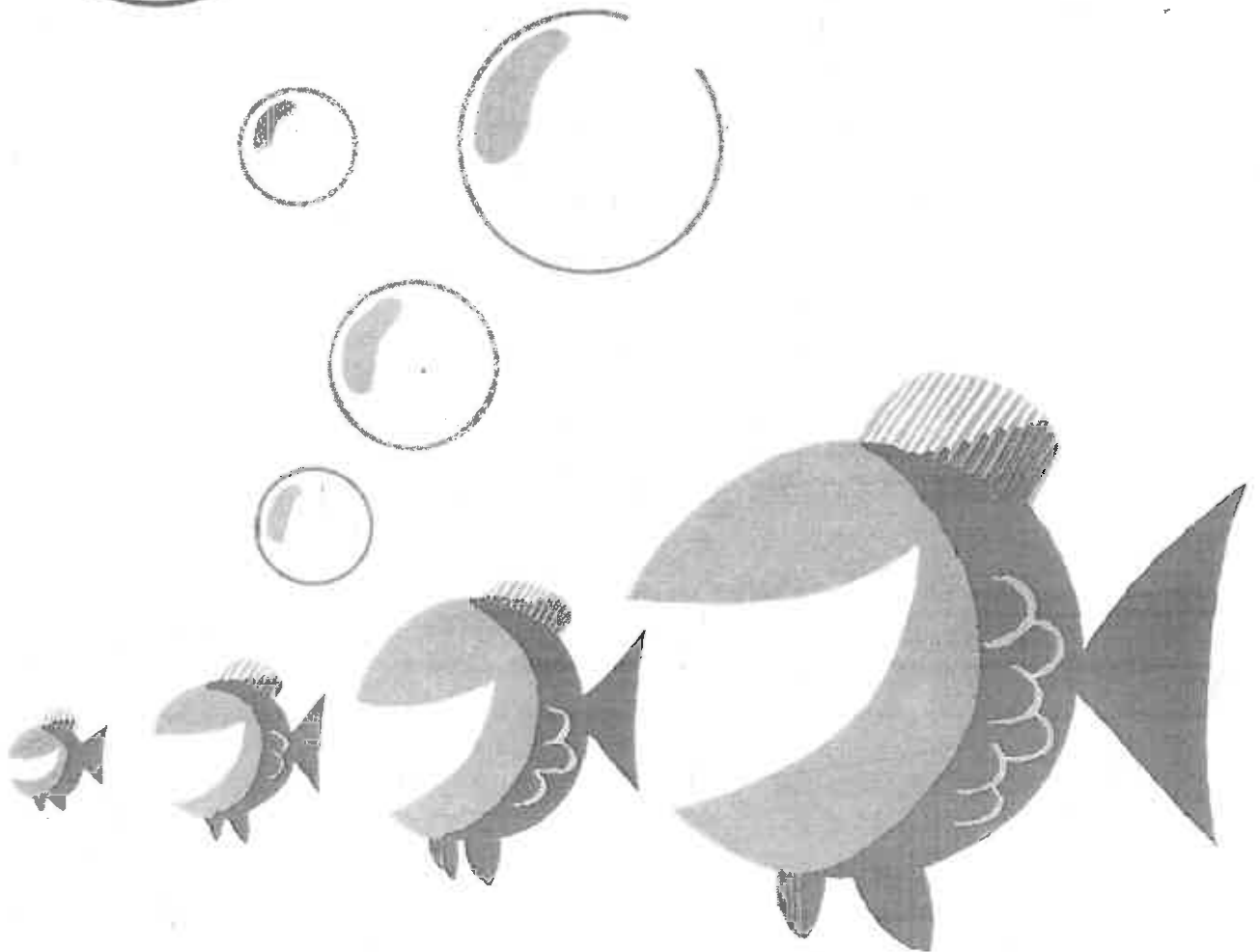


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUJA JULKAISUJA

20
1984



RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUA JULKAISUA

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

Julkaisusarjassa sovelletaan Suomen Biologian Seuran Vanamon käsikirjoitusten laadinta-ohjeita.

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.

Vid uppgörande av manuskript bör Suomen Biologian Seura Vanamos direktiv tillämpas.

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".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS, KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUJA JULKAISUJA

No 20

1984

PELEDSIIAN (COREGONUS PELED (GMELIN)) JA PLANKTONSIIAN
(COREGONUS MUKSUN (PALLAS)) KANTOJEN ARVIOINTI JA ISTUTUSTEN
KANNATTAVUUS KAHDESSA ETELÄSUOMALAISESSA PIENJÄRVESSÄ

Veijo Pruuki

HELSINKI 1984

ISBN 951-9092-37-4
ISSN 0358-4623
Helsingin yliopiston monistuspalvelu
Painatusjaos Helsinki 1984

Sisällysluettelo

Sivu

1.	JOHDANTO	1
2.	AINEISTO JA MENETELMÄT	2
2.1.	Tutkimusjärvet	2
2.1.1.	Sijainti ja veden laatu	2
2.1.2.	Kalasto	3
2.2.	Tutkimusmateriaalin keruu	5
2.2.1.	Koekalastukset yleiskatsausverkoilla ..	5
2.2.2.	Muu pyynti	6
2.3.	Iänmääritys	6
2.4.	Siikojen kasvu	7
2.4.1.	Takautuva kasvunmääritys	7
2.4.2.	Siikojen painon kehitys	8
2.4.3.	Pituus-paino-suhde	8
2.4.4.	Kasvuanalyysi von Bertalanffyn yhtälöl- lä	8
2.5.	Merkintä-takaisinpyynti	9
2.5.1.	Merkintäkuolevuus	9
2.5.2.	Siikakantojen koon laskeminen	10
2.6.	Siikojen kuolevuus ja populaatiokoon kehitys ..	11
2.7.	Saaliskäyrä (Y/R)	12
2.8.	Vuosiluokan biomassan kehitys	13
2.9.	Saalissiikojen paino verkon solmuvälin funktio- na	14
2.10.	Istutusten kannattavuus	14
3.	TULOKSET	15
3.1.	Saaliit	15
3.1.1.	Koekalastukset yleiskatsausverkoilla ..	15
3.1.2.	Muu pyynti	16

	Sivu
3.2. Siikojen iät	17
3.3. Siikojen kasvu	19
3.3.1. Keskipituudet ja painot	19
3.3.2. Pituus-paino-suhde ja von Bertalanffyn yhtälö	21
3.4. Merkintä-takaisinpyynti	23
3.4.1. Merkintäkuolevuus	23
3.4.2. Siikakantojen koot merkintä-takaisin- pyynnin perusteella	26
3.5. Siikojen kuolevuus ja populaatiokoon kehitys ..	26
3.6. Saaliskäyrät (Y/R)	32
3.7. Vuosiluokan biomassan kehitys	32
3.8. Saalissiikojen paino verkon solmuvälin funktio- na	35
3.9. Istutusten kannattavuus	35
4. TARKASTELU	37
4.1. Saaliit	37
4.2. Siikojen iänmääritys	37
4.3. Siikojen kasvu	38
4.3.1. Keskipituuksien ja -painojen kehitys ...	38
4.3.2. Pituus-paino-suhde ja von Bertalanffyn kasvuyhtälö	40
4.4. Merkintä-takaisinpyyntitulosten luotettavuus ..	41
4.5. Siikojen kuolevuus ja populaatiokoon kehitys ..	42
4.6. Saaliskäyrät (Y/R)	44
4.7. Vuosiluokan biomassa kehitys ja tuotanto	44
4.8. Saalissiikojen paino verkon solmuvälin funktio- na	46
4.9. Istutusten kannattavuus	47
4.9.1. Käytetty menetelmä	47
4.9.2. Istukkaiden ja saaliin arvo	47
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	48
TIIVISTELMÄ	49
KIITOKSET	51
LÄHDELUETTELO	52

1. JOHDANTO

Suomessa on noin 70 000 alle 100 ha:n pienjärveä (Järvikalastuskomitean osamietintö 1953), mutta niiden kalataloudellisia käyttömahdollisuuksia ei ole täysin selvitetty. Pienjärvien kalastossa ovat yleisimpiä kalalajeja ahven, hauki, särki, made ja kiiski (TOIVONEN 1964), joten kalastosta puuttuvat sellaiset eläinplanktonia pääasiallisena ravintonaan käyttävät lajit, jotka ovat kalataloudellisesti arvostettuja. Monissa tapauksissa kalasto on niin vähälajinen, että tyhjien ekologisten lokeroitten olemassaolo on ilmeistä. Näiden syiden vuoksi on alettu kokeilla eläinplanktonia ravinnokseen käytävien siikojen istuttamista pienjärviin.

Kesänvanhojen luonnonvesiin istutettavien siikojen tuotannossa Suomi on maapallon johtavia maita (SALOJÄRVI 1980). Vuonna 1980 tuotettiin tässä työssä tarkasteltavien siikalajien, Siperiasta peräisin olevan peledsiian (Coregonus peled (Gmelin)) ja kotimaisen planktonsiian (Coregonus muksun (Pallas)), 1-kesäisiä poikasia yhteensä 13,2 miljoonaa kappaletta ja kaikkien siikojen kesänvanhoja poikasia yhteensä 26,5 miljoonaa kappaletta (ESKELINEN & SUMARI 1981). Näistä valtaosa istutettiin reittivesiin ja isoihin järviin. Vaikka siianviljely on näin laajaa, ei istutusten kannattavuudesta juuri ole tutkimuksiin perustuvia julkaistuja tietoja. Tietojen vähäisyyteen on puututtu mm. Kalatalouden tavoitekomitean (1979) mietinnössä.

Tässä työssä on tutkittu peled- ja planktonsiian soveltuvuutta pienjärviin istutettaviksi lajeiksi ja selvitetty istutusten kannattavuutta seuraamalla kyseisten siikalajien kasvua, kuolevuutta ja tuotantoa kahdessa Evon kalastuskoeaseman ja kalanviljelylaitoksen hallinnassa olevassa järvessä.

Tutkimustuloksia on aiemmin esitelty EIFACin symposiumissa Budapestissa (PRUUKI ym. 1982), Kalamies-lehdessä (PRUUKI 1982) ja Suomen Kalastuslehdessä (PRUUKI ym. 1983).

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusjärvet

2.1.1. Sijainti ja veden laatu

Tutkimuksen kohteena olevat järvet, Rahtijärvi ja Valkea-Mustajärvi, sijaitsevat Evolla, Lammin kunnassa (EH), Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Evon kalastuskoeaseman ja kalantutkimuslaitoksen alueella (kuva 1). Rahtijärvi on purojen kautta yhteydessä muihin pienjärviin, kun taas Valkea-Mustajärvi on umpijärvi. Järviä ympäröivät pääasiassa mäntyä kasvavat hiekka- ja kivikkokankaat tai kangasrämeet. Rannat ovat enimmäkseen isovarpuista rämettä.

Rahtijärven valuma-alueen pinta-ala on 33 km^2 ja järvisyys 5 %. Valkea-Mustajärven valuma-alueen vastaavat arvot ovat $0,5 \text{ km}^2$ ja 33 % (HELSINGIN VESIPIIRI, julkaisematon). $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$:n keskivalumalla Rahtijärven keskivirtaamaksi saadaan noin 300 l s^{-1} ja Valkea-Mustajärven noin 5 l s^{-1} .

Rahtijärven pinta-ala on 13,2 ha ja maksimisyvyys noin 15 m (kuva 2). Päälyysveden happitilanne on hyvä ympäri vuoden, mutta alusvedessä happea on niukasti. Veden pH-arvot ovat suomalaisille pienjärville luonteenomaisia. Rahtijärven vesi on erittäin humuspitoista, mikä näkyy myös korkeissa KMnO_4 -kulutuksen arvoissa. (Taulukko 1).

Valkea-Mustajärven pinta-ala on 13,9 ha ja maksimisyvyys noin 10 m (kuva 2). Päälyysvedessä happea on runsaasti ympäri vuoden, mutta alusvedessä happitilanne on lopputalvella ja loppukesällä melko huono, koska veden vaihtuvuus on erittäin vähäinen. Veden pH-arvot ovat tavanomaisia suomalaisille pienjärville. Alhainen väriluku merkitsee alhaista humuspitoisuutta, mikä ilmenee myös pienessä KMnO_4 -kulutuksessa. (Taulukko 1).

Kummassakin järvessä johtokyky, kokonaiskovuus ja rautapitoisuus ovat korkeita verrattuina SUMARin (1971) tuloksiin 32:sta

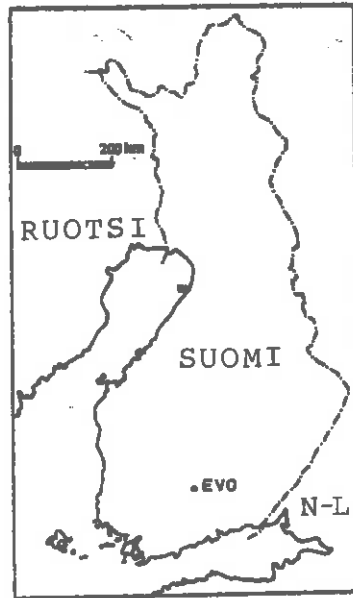
suomalaisesta pienjärvestä. Korkeat arvot johtuvat alueen maaperän suuresta kivennäismaalajipitoisuudesta.

Taulukko 1. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven vesianalyysitulosten keskiarvoja ajanjaksolta 1973-1981. Tulokset perustuvat Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ja Evon kalastuskoeaseman ja kalanviljelylaitoksen laboratorioden analyysiin.

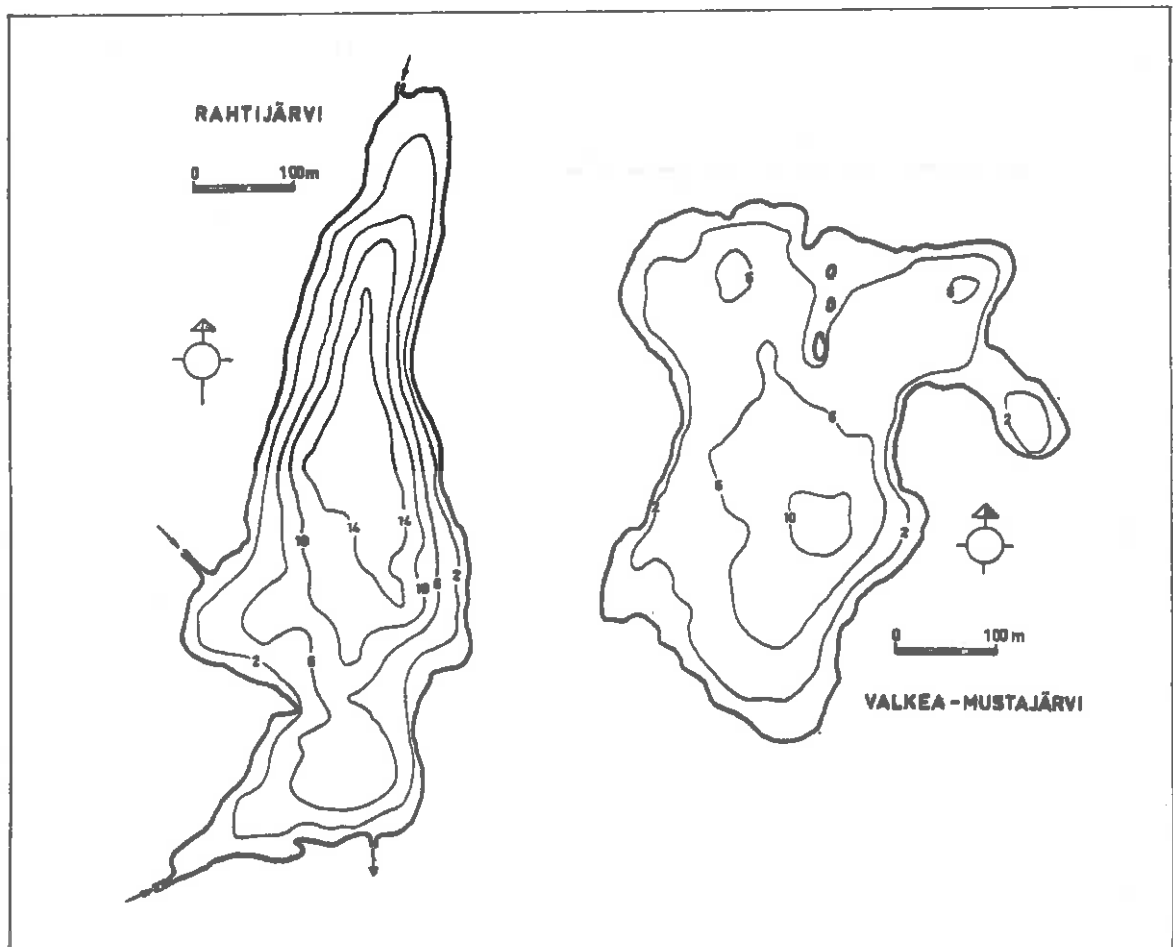
Järvi ja näytteenottosyvyys	O ₂ , mg l ⁻¹	pH	Väri, mg Pt l ⁻¹	KMnO ₄ - kulutus, mg l ⁻¹	Johtokyky, μS	Kokonaiskovuus, °dH	Kok. Fe, mg l ⁻¹
Rahtijärvi							
1 m	9,6	6,1	107	60,9	37	1,00	0,49
7-11 m	2,6	5,9	153	57,6	43	1,19	1,91
Valkea-Mustajärvi							
1 m	10,8	6,4	25	16,8	30	0,76	0,06
9 m	3,4	6,2	50	19,6	29	0,76	0,84

2.1.2. Kalasto

Rahtijärven luontaisesti lisääntyvään kalastoon kuuluvat Evon kalastuskoeaseman ja kalanviljelylaitoksen saalistilastojen mukaan ahven (Perca fluviatilis (L.)), hauki (Esox lucius L.), made (Lota lota (L.)), salakka (Alburnus alburnus (L.)) ja särki (Rutilus rutilus (L.)). Merkintä-takaisinpyyntikokeiden perusteella järven haukikantaan kuuluu satoja yksilöitä ja särkikalapopulaatioon kymmeniä tuhansia yksilöitä (julkaisematon aineisto). Vuodesta 1974 alkaen järveen on istutettu 1-kesäisiä peledsiian (Coregonus peled (Gmelin)) ja planktonsiian (C. muksun (Pallas)) poikasia taulukossa 2 esitetyt määrät. Siikojen ei ole havaittu lisääntyvän järvessä.



Kuva 1. Tutkimusjärvien sijainti (Evo).



Kuva 2. Rahtijärvi ja Valkea-Mustajärvi (BROFELDTin (1920) mukaan piirretty).

Valkea-Mustajärven luontaisesti lisääntyvään kalastoon kuuluvat Evon kalastuskoeaseman ja kalanviljelylaitoksen saalistilastojen mukaan ahven (Perca fluviatilis (L.)) ja hauki (Esox lucius L.). Merkintä-takaisinpyyntikokeiden perusteella järveissä on ahventa noin 10 kg ha⁻¹ ja haukia koko järveissä vain muutama (julkaisematon aineisto). Vuodesta 1973 alkaen järveen on istutettu 1-kesäisiä peledsiian (Coregonus peled (Gmelin)) ja planktonsiian (C. muksun (Pallas)) poikasia taulukossa 2 esitetyt määrät. Siikojen ei ole havaittu lisääntyvän järveissä. Vuonna 1977 järveen istutettiin 130 lahnaa (Abramis brama (L.)) ja vuonna 1979 1-vuotiaita karpin (Gyprinus carpio (L.)) poikasia 590 kpl.

Taulukko 2. 1-kesäisten peled- ja planktonsiikojen istutukset Rahtijärveen ja Valkea-Mustajärveen v. 1973-1981.

Vuosi	Rahtijärvi (13,2 ha)		Valkea-Mustajärvi (13,9 ha)	
	Peledsiika	Planktonsiika	Peledsiika	Planktonsiika
1973	-	-	487 kpl	487 kpl
1974	1200 kpl	-	-	-
1975	920 "	1000 kpl	-	700 kpl
1976	1300 "	-	462 kpl	939 "
1977	1300 "	-	463 "	941 "
1978	1300 "	-	-	1400 "
1979	1300 "	-	-	1400 "
1980	1320 "	-	-	1400 "
1981	1000 "	-	-	1400 "

2.2. Tutkimusmateriaalin keruu

2.2.1. Koekalastukset yleiskatsausverkoilla

Koekalastuksia nk. yleiskatsausverkoilla tehtiin Rahtijärveissä vuosina 1978-1981 ja Valkea-Mustajärveissä v. 1979-1981. Yleiskatsausverkossa on seitsemän 3 m korkea ja 6 m pitkä jaksoa, joiden liinosten solmuvälit ovat 35, 60, 25, 12, 45, 20 ja 15 mm.

Kunakin vuonna koekalastettiin vähintään kahtena yönä.

Saaliskalojen kokonaispituus mitattiin millimetrin tarkkuudella ja paino punnittiin gramman tarkkuudella. Siioilta otettiin iänmäärittystä varten 5-20 suomua vatsaevien välistä EINSELEn (1943) suosituksen mukaisesti. Peled- ja planktonsiian erottaminen perustui leukojen mittasuhteisiin ja ruumiinrakenteeseen. Vaikeasti erotettavat yksilöt luokiteltiin järven päälajiin kuuluviksi.

2.2.2. Muu pyynti

Yleiskatsausverkkokalastusten lisäksi siikoja saatiin v. 1974-1981 kevään vähäarvoisten lajien pyynnissä pauneteilla, merkintä-takaisinpyyntinuottauksissa, syksyn mädinhankintapyynnissä ja Rahtijärven laskujoen ankeriasarkusta. Pääosa näistä saaliista käsiteltiin samoin kuin yleiskatsausverkkosaaliit. Kokonaissaaliita laskettaessa puuttuvat painotiedot arvioitiin täydellisesti käsiteltyjen saaliiden ja pituus-paino -suhteen perusteella. Kaikki järvillä harjoitettu kalastus oli Evon kalastuskoeaseman ja kalanviljelylaitoksen valvonnassa.

2.3. Iänmäärittäminen

Siikojen iät määritettiin suomuista, joista tehtiin preparaatit puristamalla suomuista kuvat millimetrin vahvuiselle asetyleenilevyille. Preparaatit katsottiin mikrofilminlukulaitteella 24-42 -kertaisella suurennoksella vähintään kaksi kertaa. Vuosirenkaiden paikallistaminen perustui esim. BAGENALin ja TESCHin (1978) esittämiin kriteereihin, joista tärkeimpinä pidettiin koko suomun ympäri ulottuvaa striatihentymää ja vailinlaisesti muodostuneiden striojen esiintymistä suomussa.

Takautuvaa kasvunmäärittystä varten mitattiin mikrofilminlukulaitteen kuvasta selväpiirteisistä suomuista vuosirenkaiden ja suomun reunan etäisyys suomun fokuksesta oraalisuuntaan, koska somu on siihen suuntaan helpoimmin tulkittavissa.

2.4. Siikojen kasvu

2.4.1. Takautuva kasvunmääritys

Siikojen eri ikäryhmien keskipituudet vuosittain saatiin koekalastussaaliista niinä vuosina, joina koekalastettiin. Muiden vuosien keskipituudet saatiin suomusta takautuvalla pituudenmäärityksellä soveltamalla ns. Lean kaavaa (esim. BAGENAL & TESCH 1978):

$$l_n = \frac{S_n}{S} \cdot l \quad (1)$$

jossa l_n = kalan pituus vuosirenkaan n muodostuessa
 l = kalan pituus pyyntihetkellä
 S_n = vuosirenkaan n säde
 S = suomun kokonaissäde

Lean kaava edellyttää suomun säteen ja kalan pituuden suoraa kasvusuhdetta, joka harvoin toteutuu. Tämän vuoksi suoraa kasvusuhdetta sovellettiin vasta ensimmäisen vuosirenkaan muodostumisen jälkeiseen kasvuun olettamalla ensimmäisen vuosirenkaan säteen vastaavan istutuspituutta, koska istutukset tapahtuivat syksyllä vesien viilennyttyä ja kasvun heikennyttyä. Tällä perusteella kaava (1) muokattiin muotoon

$$\bar{l}_n = \frac{\bar{S}_n - \bar{S}_1}{\bar{S} - \bar{S}_1} \cdot (\bar{l} - \bar{l}_{ist.}) + \bar{l}_{ist.} \quad (2)$$

jossa \bar{S}_1 = ensimmäisen vuosirenkaan säteiden keskiarvo
 $\bar{l}_{ist.}$ = siikojen istutuspituuden keskiarvo
 muut symbolit ovat samat kuin kaavassa 1

Takautuvan pituudenmäärityksen antamat vuosirenkaiden syntymiskauden ja kesän koekalastussiikojen keskipituudet saatiin vertailukelpoisiksi olettamalla kasvukauden puolivälin sattuvan koekalastusajankohtaan.

2.4.2. Siikojen painon kehitys

Siikojen keskipainot eri ikäryhmissä saatiin koekalastussaa-
liista niitä vuosina, joina koekalastettiin. Muiden vuosien
keskipainot laskettiin muuntamalla takautuvalla pituudenmääri-
tyksellä saadut pituudet painoiksi pituus-paino-suhteen perus-
teella. Ensi sijassa käytettiin tutkitun vuosiluokan pituus-
paino-suhdetta, toissijaisesti lähimmän vuoden, jolle ko. suh-
de oli määritetty.

2.4.3. Pituus-paino-suhde

Siikojen pituus-paino-suhde laskettiin kaavalla

$$\bar{w} = a\bar{l}^b \quad (\text{esim. BAGENAL \& TESCH 1978}) \quad (3)$$

jossa \bar{w} = siikojen keskipaino ikäryhmässä
 \bar{l} = siikojen keskipituus ikäryhmässä
 a ja b ovat vakioita

Eri vuosien pituus-paino-suhteita verrattiin laskemalla 20:n,
30:n ja 40 cm:n vertailupituuksia vastaavat painot ko. vuodel-
le ratkaistulla pituus-paino-suhteella. Siikojen kasvun iso-
metrisuutta tutkittiin testaamalla hypoteesi $H_0: b=3$ t-testil-
lä. Laskutoimitukset tehtiin käyttäen Valtion tietokonekes-
kuksen UNIVAC-1108 -tietokonetta ja WTLN-ohjelmaa (ABRAMSON
1971).

2.4.4. Kasvuanalyysi von Bertalanffyn yhtälöllä

Siikojen pituuskasvua analysoitiin von BERTALANFFYN (1938,
ref. RICKER 1975) kasvuyhtälöllä

$$l_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (4)$$

jossa l_t = kalan pituus
 L_∞ = kalan asymptoottinen pituus
 K = Brodyn kasvukerroin
 t_0 = hypoteettinen ajankohta, jolloin kalan pituus on 0

Kalojen pituuden (l_t):n arvoina käytettiin ikäryhmien keskiarvoja ja takautuvan kasvunmäärityksen perusteella saatuja pituuksia.

Siikojen asymptoottiset painot (W_∞) saatiin muuttamalla asymp-
toottiset pituudet (L_∞) vastaaviksi painoiksi vuosiluokittain
lasketun pituus-paino-suhteen perusteella.

Näin saatujen kasvutietojen luotettavuutta selvitettiin tutki-
malla, sijoittuvatko saadut arvot havaittujen arvojen 95 %:n
luotettavuusrajojen sisään.

Peled- ja planktonsiian kasvua verrattiin tarkastelemalla nii-
den vuosiluokkien kasvua, jolloin kumpaakin lajia oli istutet-
tu samaan järveen. Samoille vuosiluokille laskettiin myös
vuotuiset lisäkasvut.

Vuosiluokkien 1976 ja 1977 kasvutietojen keskiarvot valittiin
siikojen kasvua parhaiten kuvaaviksi, koska nämä vuosiluokat
olivat osana keskitiheitä populaatioita.

Laskutoimitukset tehtiin käyttäen Valtion tietokonekeskuksen
UNIVAC-1108 -tietokonetta ja ABRAMSONin (1971) ohjelmaa BGC 3.

2.5. Merkintä-takaisinpyynti

2.5.1. Merkintäkuolevuus

Merkinnöistä aiheutunut kuolevuus arvioitiin sumputtamalla
merkittyjä kaloja muutamia päiviä, tarkkailemalla merkinnän
vuoksi kuolleiden siikojen ilmestymistä pintaan ja sukeltamal-
la Valkea-Mustajärvässä satunnaisesti valittu noin 500 m pitkä
ja 2 m leveä linja merkintöjen jälkeisenä päivänä.

2.5.2. Siikakantojen koon laskeminen

Siikapopulaatioita arvioitiin merkintä-takaisinpyynti-menetelmällä (esim. RICKER 1975). Sekä merkintä- että takaisinpyynnissä nuotattiin useita apajia eri puolilla järveä 150 m pitkällä ja 5,5 m korkealla nuotalla, jonka perän harvuus oli 8 mm. Syksyllä 1980 Valkea-Mustajärvellä takaisinpyynnissä käytettiin kahta avoperärysiä eli paunettia, joiden korkeudet olivat 3,5 m ja 5,0 m ja perän harvuus 8 mm.

Merkintäpyynnissä saadut siiat mitattiin senttimetrin tarkkuudella ja merkittiin seuraavasti: Rahtijärvi, kesä 1980: oikean vatsaevän kärkileikkaus; Rahtijärvi, syksy 1981: rasvaeväleikkaus; Valkea-Mustajärvi, syksy 1980: rasvaeväleikkaus; Valkea-Mustajärvi, kesä 1981: vasemman rintaevän kärkileikkaus. Merkinnän jälkeen siiat vapautettiin heti tai lyhyen sumputuksen jälkeen. Takaisinpyynnissä siiat mitattiin jälleen senttimetrin tarkkuudella ja merkintä tarkastettiin. Koekalastussaaliin ja nuottaussaaliista otettujen näytteiden perusteella siiat jaettiin ikäryhmiin.

Populaation koko laskettiin ikäryhmittäin kaavalla

$$\hat{N} = \frac{(M+1)(C+1)}{R+1} \quad (\text{CHAPMAN 1951, RICKER 1975}) \quad (5)$$

jossa \hat{N} = populaatiokoon estimaatti

M = merkittyjen yksilöiden lukumäärä

C = takaisinpyynnissä saatujen kalojen lukumäärä

R = takaisinpyynnissä saatujen merkittyjen kalojen lukumäärä

Ennen laskemista vähennettiin merkittyjen yksilöiden lukumäärästä (M) arvioitu merkinnästä aiheutunut kuolevuus.

Populaatiokoon estimaatin (\hat{N}) luotettavuutta kuvaa estimaatin varianssi, $V(\hat{N})$

$$V(\hat{N}) = \frac{\hat{N}^2 (C-R)}{(C+1)(R+2)} \quad (\text{CHAPMAN 1951, RICKER 1975}) \quad (6)$$

jossa symbolit ovat samat kuin kaavassa 5.

Estimaatin 95 %:n luotettavuusrajat ovat

$$\hat{N} \pm 2\sqrt{\hat{V}(\hat{N})} \quad (\text{ks. ROBSON \& REGIER 1971 ja YOUNGS \& ROBSON 1978}) \quad (7)$$

2.6. Siikojen kuolevuus ja populaatiokoon kehitys

Siikojen kuolevuuden arvioiminen aloitettiin tekemällä aineistosta populaatioanalyysi (VPA, virtual population analysis) (GULLAND 1965), jolla vuosittaisten saalistietojen, luonnollisen kuolevuuden, vanhimman ikäryhmän kalastuskuolevuuden ja viimeisen tarkasteltavan vuoden kaikkien ikäryhmien kalastuskuolevuuden perusteella saatiin hetkelliset kalastuskuolevuudet ja eri ikäryhmien koot vuosittain.

Populaatioanalyysi perustuu kaavoihin

$$\frac{C_i}{N_i} = \frac{F_i}{F_i + M_i} \cdot (1 - e^{-(F_i + M_i)}) \quad (\text{esim. CADIMA 1978}) \quad (8)$$

ja

$$\frac{N_{i+1}}{N_i} = e^{-(F_i + M_i)} \quad (\text{esim. CADIMA 1978}) \quad (9)$$

joissa C_i = vuosiluokasta saatava saalis (kpl) vuonna i
 N_i = vuosiluokan koko (kpl) vuonna i
 F_i = hetkellinen kalastuskuolevuus vuonna i
 M_i = hetkellinen luonnollinen kuolevuus vuonna i
 e = luonnollisen logaritmin kantaluku, Naperin luku = 2,7183...

Kaavasta 8 saadaan ikäryhmän i saalis tai populaatiokoko kapaleina, ja kaava 9 määrittelee peräkkäisten vuosien populaatiokokojen yhteyden.

Populaatioanalyysin lähtötiedoiksi tarvittavat kuolevuudet arvioitiin tunnetun rekrytoinnin eli istutusmäärien, tunnettujen kokonaissaaliiden, koekalastusaineistoista laskettujen yk-

sikkösaaliiden ja merkintä-takaisinpyyntitulosten perusteella kaavoilla

$$Z = -(\ln N_{i+1} - \ln N_i) \quad (\text{esim. RICKER 1975}) \quad (10)$$

$$Z = M + F \quad (\text{esim. RICKER 1975}) \quad (11)$$

joissa Z = hetkellinen kokonaiskuolevuus
 N_{i+1} = kalojen lukumäärä tai yksikkösaalis vuonna $i+1$
 N_i = kalojen lukumäärä tai yksikkösaalis vuonna i
 M = hetkellinen luonnollinen kuolevuus
 F = hetkellinen kalastuskuolevuus

Rahtijärvessä planktonsiian luonnollisen kuolevuuden oletettiin olevan sama kuin pääasiallisen siikalajin eli peledsiian. Valkea-Mustajärvessä peledsiian luonnollisena kuolevuutena käytettiin planktonsiialle laskettuja arvoja. Näin menetettiin, koska aineistot olivat liian vähäiset siikojen erilliseen käsittelyyn ja koska saaliit eivät viitanneet peled- ja planktonsiian oleellisesti toisistaan poikkeaviin luonnollisiin kuolevuuksiin.

Näin saadut hetkelliset kuolevuudet, populaatiokoot ja rekrytointi sovitettiin yhtäpitäviksi tunnettujen kokonaissaaliiden, merkintä-takaisinpyyntitulosten ja istutusmäärien kanssa iteroinnilla. Iterointiin käytettiin FPROG 4. -ohjelmaa (ks. SALOJÄRVI et al. 1978), joka perustuu populaatioanalyysiin ja laskee populaatiossa vuosittain tapahtuvat muutokset kuolevuuksien ja rekryyttimäärän perusteella. Tuloksina saadaan vuosiluokittain kannan koko ja saalis kappalemäärinä ja biomassana. Laskutoimituksiin käytettiin Valtion tietokonekeskuksen UNIVAC-1108 -tietokonetta.

2.7. Saaliskäyrä (Y/R)

Saaliskäyrä (Y/R) laskettiin populaatioanalyysiin perustuvalta FPROG 6.-ohjelmalla (ks. SALOJÄRVI et al. 1978), joka laskee annettujen eri ikäryhmien kuolevuuksien, keskipainojen ja istutusmäärän perusteella kannan koon ja saaliin kappalemäärinä ja biomassoina ikäryhmittäin halutun ajanjakson kuluttua.

Hetkellisen luonnollisen kuolevuuden arvoina käytettiin kapaleessa 2.6. esitetyllä tavalla saatujen luonnollisen kuolevuuden pitkän ajan keskiarvoja.

Kalastuskuolevuutena käytettiin vuoden 1981 arvoja ja sen monikertoja $5 \cdot F_{81}$ ja $10 \cdot F_{81}$.

Keskipainoina käytettiin von Bertalanffyn kasvuyhtälöstä saatuja vuosiluokkien 1976-1977 keskiarvoja ja istutusmäärinä Rahtijärvessä 1300 kpl/v ja Valkea-Mustajärvessä 1400 kpl/v, mikä merkitsee kummassakin järvessä 100 kpl/ha/v.

Maksimi-ikäenä FPROG 6. -ohjelmassa käytettiin 10 vuotta. Kannan tilaa tarkasteltiin yli 10 vuoden kuluttua, jolloin se on saavuttanut tasapainotilan ja eri ikäryhmien antama yhteissaa- lis on sama kuin yhdestä vuosiluokasta koko sen elinaikana saatu saalis.

Saaliskäyrästä (Y/R) määritettiin graafisesti $F_{0,1}$ ja F_{\max} . $F_{0,1}$ on se hetkellinen kalastuskuolevuus, jonka kohdalla saaliskäyrän kaltevuus on kymmenesosa sen alkuosan kaltevuudesta. $F_{0,1}$ on siis se kalastus, jossa saaliin lisäys, kun lisätään yksi kalastuskuolevuuden yksikkö, on kymmenesosa vastaavasta saaliin lisäyksestä, joka saadaan, kun kalastamatonta kalakantaa rasitetaan yhtä kalastuskuolevuuden yksikköä vastaavalla kalastustoiminnan määrällä (Anon. 1977). F_{\max} on se hetkellinen kalastuskuolevuus, joka maksimoi saaliin rekryyttiä kohti tietyllä hyödyntämisellä ikäryhmittäin (Anon. 1977).

2.8. Vuosiluokan biomassan kehitys

Istutuksiin perustuvien siikkakantojen yhden vuosiluokan saavuttama maksimibiomassa saatiin FPROG 6. -ohjelmalla selvittämällä vuosiluokan koon kehitys, mikäli kalastuskuolevuutta ei olisi ollenkaan. Muiden tekijöiden kuin kalastuskuolevuuden kohdalla käytettiin samoja arvoja kuin saaliskäyrää (Y/R) laskettaessa. Näin saatiin vuosiluokan koko kalojen iän funktiona,

Tällä menetelmällä maksimaalinen siian nettotuotanto on sama kuin biomassakäyrän huippu ja edullisin pyynti-ikä on se ikä, jolloin biomassamaksimi saavutetaan.

Peled- ja planktonsiikaa verrattiin laskemalla vuosiluokan koon kehitys niiden vuosiluokkien kasvutietojen perusteella, jolloin kumpaakin lajia istutettiin samaan järveen.

Laskutoimitukset tehtiin Valtion tietokonekeskuksen UNIVAC 1108 -tietokoneella.

2.9. Saalissiikojen paino verkon solmuvälin funktiona

Kesän 1981 koekalastusaineistosta laskettiin eri solmuvälis-ten verkkojen saalissiikojen keskipaino ja keskiarvon keski-
virhe. Keskipainoja solmuvälin funktiona tarkasteltiin graa-
fisesti maksimisaaliin antavan solmuvälin selvittämiseksi.

2.10. Istutusten kannattavuus

Kappaleessa 2.8. kuvatulla tavalla laskettujen maksimibiomassojen arvot laskettiin kertomalla maksimibiomassat vähittäismyyntihinnalla (A) ja kalastajalle maksetulla hinnalla (B). III-luokan siian hintoina käytettiin: $A=11,50$ mk/kg ja $B=7,67$ mk/kg. II-luokan vastaavat hinnat olivat $A=16,50$ mk/kg ja $B=11,00$ mk/kg ja I-luokan $A=22,50$ mk/kg ja $B=15,00$ mk/kg. III-luokkaan kuuluvat alle 0,5 kg:n siiat, II-luokkaan 0,5-1,0 kg:n siiat ja I-luokkaan yli 1,0 kg:n siiat (Asetus n:o 401/79). Hinnat koskivat vuotta 1981 ja perustuivat Kontio & Kontio Oy:ltä saatuun tiedonantoon.

Istutusten kannattavuutta selvitettiin vertaamalla istutus-kustannuksia saaliin arvoon (SALOJÄRVI 1980). Kesänvanhojen siikojen suositushinnan (Anon. 1981) ja siikojen kilohinnan perusteella laskettiin, paljonko istutuksesta on vähintään saatava saalista, jotta kustannukset olisivat enintään saaliin raha-arvon suuruiset.

3. TULOKSET

3.1. Saaliit

3.1.1. Koekalastukset yleiskatsausverkoilla

Rahtijärven yleiskatsausverkkosaaliit vuosilta 1978-1981 on esitetty taulukossa 3 ja Valkea-Mustajärven koekalastussaaliit vuosilta 1979-1981 taulukossa 4.

Taulukko 3. Rahtijärven yleiskatsausverkkokalastukseen perustuva koekalastussaaalis ja saaliin %-jakauma lajeittain 1978-1981.

Kalalaji	Koekalastusajankohta ja yleiskatsausverkkokertojen lukumäärä											
	5.-6.7.1978,6x			27.-28.6.1979,4x			30.6.-1.7.1980,4x			14.-15.7.1981,6x		
	Saalis											
	paino-%			paino-%			paino-%			paino-%		
	kpl	kg		kpl	kg		kpl	kg		kpl	kg	
Ahven	59	3,0	20	21	1,1	11	5	0,3	5	4	0,4	4
Hauki	1	0,1	1	1	0,2	2	3	1,1	17	4	1,6	16
Made	3	0,5	4	1	0,1	1	6	0,8	13	5	0,9	9
Muikku	2	0,3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peledsiika	37	8,2	56	26	4,2	42	14	2,6	41	26	5,2	54
Planktonsiika	-	-	-	-	-	-	2	0,5	8	2	0,7	7
Salakka	42	0,6	4	82	1,1	11	8	0,1	2	8	0,1	1
Särki	68	2,0	14	210	3,4	34	63	0,9	14	66	0,9	9
Yhteensä	212	14,7	101	341	10,1	101	101	6,3	100	115	9,8	100

Taulukko 4. Valkea-Mustajärven yleiskatsausverkkokalastukseen perustuva koekalastussaaliskäytännön ja saaliin %-jakauma lajittain v. 1978-1981.

Kalalaji	Koekalastusajankohta ja yleiskatsausverkkokertojen lukumäärä								
	5.-6.7.1979, 4x			2.-3.7.1980, 4x			21.-22.7.1981, 6x		
	Saalis								
	paino-%			paino-%			paino-%		
	kp1	kg		kp1	kg		kp1	kg	
Ahven	91	6,7	32	199	4,2	23	225	4,6	15
Lahna	3	1,2	6	1	0,3	1	7	4,4	15
Peledsiika	4	1,4	7	9	4,7	26	12	6,4	22
Planktonsiika	29	11,6	56	43	8,3	47	71	14,6	49
Siika sp.	-	-	-	1	0,4	2	-	-	-
Yhteensä	127	20,9	101	253	17,9	99	315	30,0	101

3.1.2. Muu pyynti

Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siiankalastukseen käytetyt pyydykset, pyyntikertojen lukumäärät ja siikojen kokonaissaaliit v. 1974-1981 on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siiankalastus ja siikojen kokonaissaaliit v. 1974-1981. Taulukossa esiintyvien pyydysten lisäksi Rahtijärven laskujoessa on ollut ankeriasarkku pyynnissä jatkuvasti.

Järvi	Vuosi	Siianpyyntitoiminnan määrä				Saalis					
		Verkkopyyntiöitä, kpl/verkkojen solmuvälit, mm	Yleiskatsausverkko-öitä, kpl	Paunetti-pyyntivuorokausia, kpl	Nuotta-apajia, kpl	Peledsiika			Planktonsiika		
						kg	kg	kg	kg	kg	kg
Rahti-järvi	1975	464/12-75	-	-	-	1	0,1	0,0	-	-	-
	1976	112/25-75	-	10	-	17	3,5	0,3	-	-	-
	1977	103/20-75	-	27	1	12	3,9	0,3	-	-	-
	1978	36/40-50	6	10	-	43	10,4	0,8	-	-	-
	1979	-	4	25	-	50	7,0	0,5	-	-	-
	1980	-	4	87	8	28	3,3	0,3	2	0,5	0,0
	1981	45/20-45	6	69	12	164	26,6	2,0	15	6,6	0,5
Valkea-Musta-järvi	1974	218/ 8-75	-	-	8	71	8,3	0,6	69	4,4	0,3
	1975	561/20-75	-	-	-	29	12,9	0,9	63	15,9	1,1
	1976	305/40-45	-	2	-	-	-	-	33	16,0	1,2
	1977	60/50-60	-	-	-	-	-	-	33	25,1	1,8
	1978	24/60-65	-	8	-	-	-	-	8	6,6	0,5
	1979	30/60-65	4	-	1	15	7,6	0,5	38	16,2	1,2
	1980	-	4	14	-	10	5,3	0,4	103	22,3	1,6
	1981	80/55-60	6	22	20	25	14,4	1,0	161	57,4	4,1

3.2. Siikojen iät

Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven kokonaissiikasaaliit ikäryhmittäin vuosilta 1974-1981 on esitetty taulukoissa 6 ja 7.

Taulukko 6. Rahtijärven kokonaissiikasaaliit ikäryhmittäin v. 1975-1981 (suluissa koekalastuksen osuus kokonaissaaliissa, kpl).

Ikä	Peledsiika							Planktonsiika	
	Vuosi							Vuosi	
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1980	1981
	Saalis, kpl							Saalis, kpl	
0	-	-	-	-	-	-	11	-	1
1	1	-	-	-	-	9	23	-	-
2	-	17	6	12 (12)	2 (2)	1	12	-	-
3	-	-	6	18 (17)	41 (19)	9 (7)	13 (1)	-	-
4	-	-	-	13 (8)	5 (4)	6 (4)	33 (5)	-	-
5	-	-	-	-	2 (1)	1 (1)	59 (14)	2 (2)	-
6	-	-	-	-	-	2 (2)	13 (4)	-	14 (2)
Yht.	1	17	12	43 (37)	50 (26)	28 (14)	164 (26)	2 (2)	15 (2)

Taulukko 7. Valkea-Mustajärven kokonaissiikasaaliit ikäryhmittäin v. 1974-1981 (suluissa koekalastuksen osuus kokonaissaaliissa, kpl).

Ikä	Planktonsiika							Peledsiika					
	Vuosi							Vuosi					
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1974	1975	1979	1980	1981
	Saalis, kpl							Saalis, kpl					
1	69	-	-	-	-	3 (3)	11 (9)	17 (14)	71	-	-	-	-
2	-	63	-	-	-	4 (4)	41 (22)	21 (15)	-	29	1 (1)	-	-
3	-	-	33	-	-	14 (14)	32 (3)	53 (24)	-	-	14 (3)	1 (1)	-
4	-	-	-	33	-	16 (9)	17 (7)	34 (12)	-	-	-	9 (8)	19 (7)
5	-	-	-	-	8	-	2 (2)	26 (5)	-	-	-	-	6 (5)
6	-	-	-	-	-	1	-	10 (1)	-	-	-	-	-
Yht.	69	63	33	33	8	38 (30)	103 (43)	161 (71)	71	29	15 (4)	10 (9)	25 (12)

3.3. Siikojen kasvu

3.3.1. Keskipituudet ja keskipainot

Eri ikäryhmien siikojen keskipituudet, keskipainot, keskiarvojen keskivirheet ja näytteiden lukumäärät vuosittain on esitetty taulukoissa 8 ja 9.

Taulukko 8. Rahtijärven peledsiian (A) ja planktonsiian (B) keskipituus (\bar{l} , cm) ja keskipaino (\bar{w} , g) v. 1975-1981. S.E. = keskiarvon keskivirhe, n = tutkittujen kalojen lukumäärä, * = luvut perustuvat takautuvaan kasvunmäärittelyyn, pituus-paino-suhteeseen ja oletukseen, että siikojen kasvukausi on puolivälissä koekalastushetkellä keskikesällä.

A. Peledsiika						
Vuosi	Ikä					
	1+	2+	3+	4+	5+	6+
	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$
	n	n	n	n	n	n
1975	13,5 *	-	-	-	-	-
1976	12,8 *	24,0 *	-	-	-	-
1977	12,5 *	23,3 *	29,4 *	-	-	-
1978	14,3 *	22,3 \pm 0,6	29,3 \pm 0,8	35,0 \pm 1,2	-	-
1979	15,4 *	21,3 \pm 4,2	25,6 \pm 0,8	31,6 \pm 3,4	38,2	-
1980	13,5 *	22,2 *	26,3 \pm 0,2	27,5 \pm 1,4	29,5	35,6 \pm 3,2
1981	16,3 \pm 3	18,1 *	26,4	28,7 \pm 1,4	29,9 \pm 1,2	29,2 \pm 2,2
	$\bar{w} \pm 2 S.E.$	$\bar{w} \pm 2 S.E.$	$\bar{w} \pm 2 S.E.$	$\bar{w} \pm 2 S.E.$	$\bar{w} \pm 2 S.E.$	$\bar{w} \pm 2 S.E.$
	n	n	n	n	n	n
1975	19 *	-	-	-	-	-
1976	16 *	111 *	-	-	-	-
1977	13 *	98 *	211 *	-	-	-
1978	20 *	93 \pm 4	232 \pm 24	403 \pm 40	-	-
1979	25 *	76 \pm 48	129 \pm 18	275 \pm 118	476	-
1980	16 *	84 *	136 \pm 8	166 \pm 38	209	389 \pm 118
1981	28 \pm 8	43 *	158	201 \pm 26	225 \pm 30	211 \pm 64

B. Planktonsiika						
Vuosi- luokka	Ikä					
	1+	2+	3+	4+	5+	6+
	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$
	n	n	n	n	n	n
1975	12,8 *	18,5 *	24,2 *	28,8 *	32,7 *	36,7 *
	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$
	n	n	n	n	n	n
1975	15 *	47 *	107 *	181 *	267 *	379 *

Taulukko 9. Valkea-Mustajärven planktonsiian (A) ja peledsiian (B) keskipituus (\bar{l} , cm) ja keskipaino (\bar{w} , g) v. 1974-1981. S.E. = keskiarvon keskivirhe, n = tutkittujen kalojen lukumäärä, * = luvut perustuvat takautuvaan kasvunmääritykseen, pituus-paino-suhteeseen ja oletukseen, että siikojen kasvukausi on puolivälissä koekalastushetkellä keskikesällä.

A. Planktonsiika						
Vuosi	Ikä					
	1+	2+	3+	4+	5+	6+
	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n
1974	18,5 * 17	-	-	-	-	-
1975	-	29,5 \pm 1,4 5	-	-	-	-
1976	14,7 * 9	-	36,3 * 11	-	-	-
1977	13,6 * 13	26,8 * 9	-	41,0 * 27	-	-
1978	15,5 * 4	25,6 * 13	34,9 * 9	-	42,4 * 8	-
1979	17,4 \pm ∞ 3	27,8 \pm 0,8 4	32,8 \pm 1,4 14	39,5 \pm 2,0 9	-	-
1980	14,2 \pm 0,8 9	24,4 \pm 1,0 22	31,1 \pm 1,0 3	37,1 \pm 1,4 7	40,8 \pm 2,0 2	-
1981	19,9 \pm 0,4 14	23,7 \pm 1,6 15	30,0 \pm 0,8 24	34,9 \pm 1,0 12	38,5 \pm 1,6 5	42,1 - 1
	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n
1974	51 * 17	-	-	-	-	-
1975	-	232 \pm 36 5	-	-	-	-
1976	24 * 9	-	435 * 11	-	-	-
1977	19 * 13	165 * 9	-	641 * 27	-	-
1978	29 * 4	143 13	384 * 9	-	714 * 8	-
1979	43 \pm ∞ 3	172 \pm 10 4	319 \pm 58 14	592 \pm 104 9	-	-
1980	23 \pm 2 9	114 \pm 10 22	242 \pm 28 3	477 \pm 54 7	680 \pm 82 2	-
1981	61 \pm 1 14	103 \pm 26 15	212 \pm 20 24	338 \pm 38 12	495 \pm 82 5	649 - 1

B. Peledsiika						
Vuosi- Tuokka	Ikä					
	1+	2+	3+	4+	5+	6+
	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{l} \pm 2 \cdot S.E.$ n
1973	17,6 \pm 1,4 7	34,0 \pm 1,0 11	-	-	-	-
1976	16,4 * 3	28,0 * 3	33,8 \pm 1,2 3	37,5 \pm 0,8 8	38,6 \pm 0,8 5	-
1977	16,0 * 7	30,1 - 1	34,4 - 1	36,8 \pm 1,0 7	-	-
	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n	$\bar{w} \pm 2 \cdot S.E.$ n
1973	47 \pm 12 7	415 \pm 41 11	-	-	-	-
1976	38 * 3	213 * 3	403 \pm 37 3	540 \pm 37 8	593 \pm 55 5	-
1977	36 * 7	235 - 1	400 - 1	498 \pm 39 7	-	-

3.3.2. Pituus-paino-suhde ja von Bertalanffyn yhtälö

Kun koekalastusten pituustietojen lisäksi käytettiin hyväksi kevät- ja syyspyyntien tulokset v. 1974-1981, takautuvat kasvunmääritykset ja oletettiin vuosikasvun olleen puolivälissä koekalastushetkellä, saatiin eri vuosille taulukoissa 10 -12 esitetyt pituus-paino-suhteet. Ko. taulukoissa näkyy myös $H_0 : b = 3$ -hypoteesin testaus.

Samaan aineistoon perustuvat von Bertalanffyn kasvuyhtälön parametrien arvot vuosiluokittain on esitetty tulukossa 13. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty vastaavat kasvukäyrät ja kuvassa 5 vuotuiset lisäkasvut iän funktiona tutkimuksen kannalta keskeisille vuosiluokille.

Von Bertalanffyn kasvuyhtälöllä ja pituus-paino-suhteen avulla saadut kasvut sijoittuivat havaittujen arvojen 95 %:n luottavuusrajojen sisään.

Taulukko 10. Rahtijärven peledsiian pituus-paino-suhteen ($\bar{w} = a\bar{l}^b$) vakiot vuosittain 1978-1981, vertailupituuksia vastaavat painot ja hypoteesin $H_0 : b = 3$ testaus. \bar{w} = kalojen keskipaino ikäryhmittäin (g), \bar{l} = kalojen keskipituus ikäryhmittäin (mm), a ja b = vakioita.

Vuosi	Pituus-paino -suhteen vakiot		Vertailupituuksia vastaavat painot, g			$H_0 : b = 3$ testaus		
	a	b	20 cm	30 cm	40 cm	t	To,05	testauksen tulos
1978	$0,19320 \cdot 10^{-5}$	3,27276	66	247	634	8,54	2,03	H_0 hylätään
1979	$0,13821 \cdot 10^{-5}$	3,31211	58	221	574	4,86	2,06	"
1980	$0,11553 \cdot 10^{-5}$	3,34273	57	220	576	39,70	2,18	"
1981	$0,07061 \cdot 10^{-5}$	3,43667	57	230	618	11,61	2,06	"

Taulukko 11. Valkea-Mustajärven planktonsiian pituus-paino-suhteen ($\bar{w} = a\bar{l}^b$) vakiot v. 1976-1981, vertailupituuksia vastaavat painot ja hypoteesin $H_0 : b = 3$ testaus t-testillä. \bar{w} = kalojen keskipaino ikäryhmittäin (g), \bar{l} = kalojen keskipituus ikäryhmittäin (mm), a ja b = vakioita.

Vuosi	Pituus-paino -suhteen vakiot		Vertailupituuksia vastaavat painot, g			$H_0 : b = 3$ testaus		
	a	b	20 cm	30 cm	40 cm	t	To,05	testauksen tulos
1976	$0,27087 \cdot 10^{-5}$	3,20562	64	236	594	330,34	12,71	H_0 hylätään
1977	$0,29841 \cdot 10^{-5}$	3,18896	65	237	593	254,49	4,30	"
1978	$0,30848 \cdot 10^{-5}$	3,18350	65	237	593	284,08	3,18	"
1979	$0,24182 \cdot 10^{-5}$	3,22726	64	239	604	2,73	2,05	"
1980	$0,36548 \cdot 10^{-5}$	3,14755	64	229	566	0,89	2,02	H_0 hyväksytään
1981	$0,46615 \cdot 10^{-5}$	3,09344	61	214	522	1,27	2,00	"

Taulukko 12. Valkea-Mustajärven peledsiian pituus-paino-suhteen ($\bar{w} = a\bar{l}^b$) vakiot vuosiluokissa 1973 ja 1976-1977, vertailupituuksia vastaavat painot ja hypoteesin $H_0 : b = 3$ testaus t-testillä. \bar{w} = kalojen keskipaino ikäryhmittäin (g), \bar{l} = kalojen keskipituus ikäryhmittäin (mm), a ja b = vakioita.

Vuosiluokka	Pituus-paino -suhteen vakiot		Vertailupituuksia vastaavat painot, g			$H_0 : b = 3$ testaus		
	a	b	20 cm	30 cm	40 cm	t	To,05	testauksen tulos
1973	$0,78832 \cdot 10^{-5}$	3,04304	79	272	653	0,26	1,98	H_0 hyväksytään
1976	$0,29774 \cdot 10^{-5}$	3,20964	72	266	669	7,57	1,98	H_0 hylätään
1977	$0,40003 \cdot 10^{-5}$	3,15297	72	258	640	3,18	1,98	H_0 hylätään

Taulukko 13. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven peled- ja planktonsiikojen von Bertalanffyn kasvuyhtälön parametrit vuosiluokittain. L_{∞} = asymptoottinen pituus, W_{∞} = asymptoottinen paino, K = Brodyn kasvukerroin, T_0 = hypoteettinen ajankohta, jolloin kalan pituus on 0.

Järvi	Vuosi- luokka	Siikalaji	von Bertalanffyn kasvuyhtälön parametrit			
			L_{∞} , cm	W_{∞} , g	K	T_0
Rahti- järvi	1974	Peledsiika	38,8	480	0,5842	0,2332
	1975	"	31,0	243	1,0252	0,3353
	"	Planktonsiika	69,9	3363	0,1078	-0,8947
	1976	Peledsiika	30,7	235	0,6671	0,1611
	1977	"	33,1	311	0,4863	-0,1431
	1978	"	32,4	290	0,5177	-0,2378
Valkea- Musta- järvi	1973	Planktonsiika	46,4	908	0,5151	0,0284
	1975	"	45,7	928	0,5149	0,2071
	1976	"	43,0	737	0,4821	0,0320
	"	Peledsiika	41,1	730	0,6052	0,1070
	1977	Planktonsiika	37,0	405	0,7341	0,2011
	"	Peledsiika	39,0	591	0,7630	0,2291
1978	Planktonsiika	37,2	413	0,5430	0,0016	

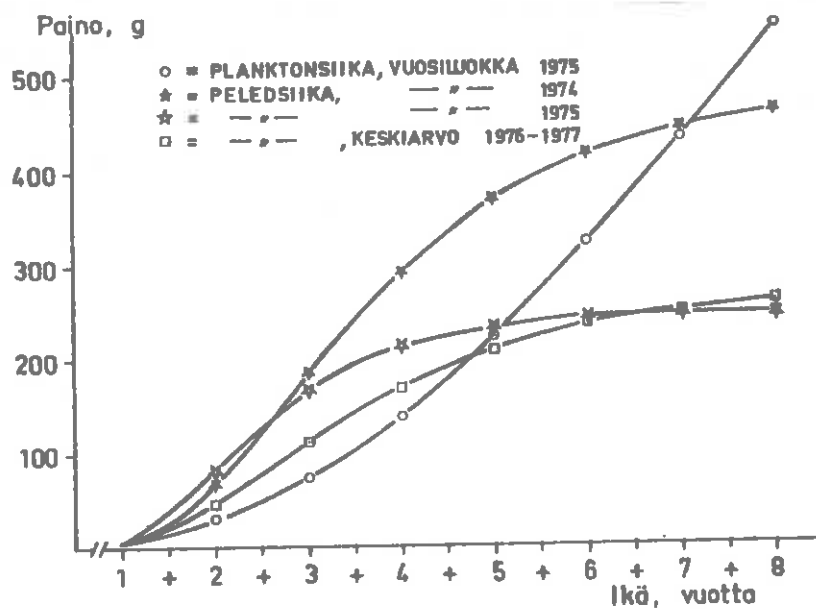
3.4. Merkintä-takaisinpyynti

3.4.1. Merkintäkuolevuus

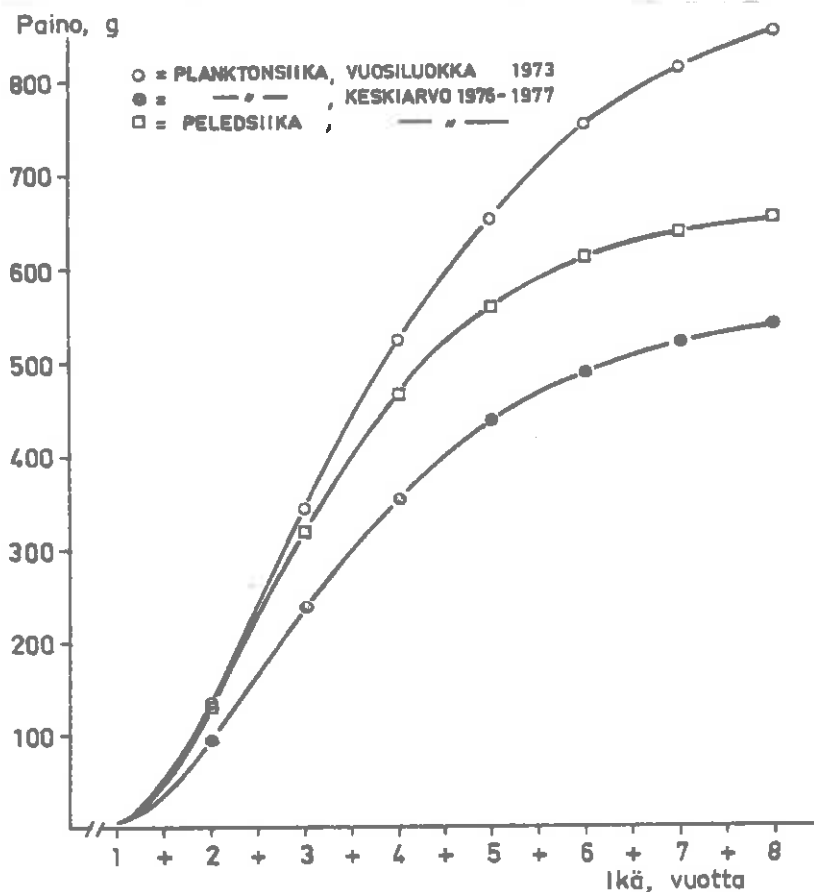
Siikojen merkintäkuolevuudeksi arvioitiin 5 %, joka vähennettiin merkittyjen siikojen lukumäärästä populaatiokokoa laskettaessa. 5 %:in päädyttiin seuraavien havaintojen perusteella:

23.10.1980: Nuotattuja siikoja (496 kpl) sumputettiin vuorokausi ennen merkintää. Tänä aikana ei kuolevuutta ilmennyt eikä myöskään heti merkinnän jälkeen.

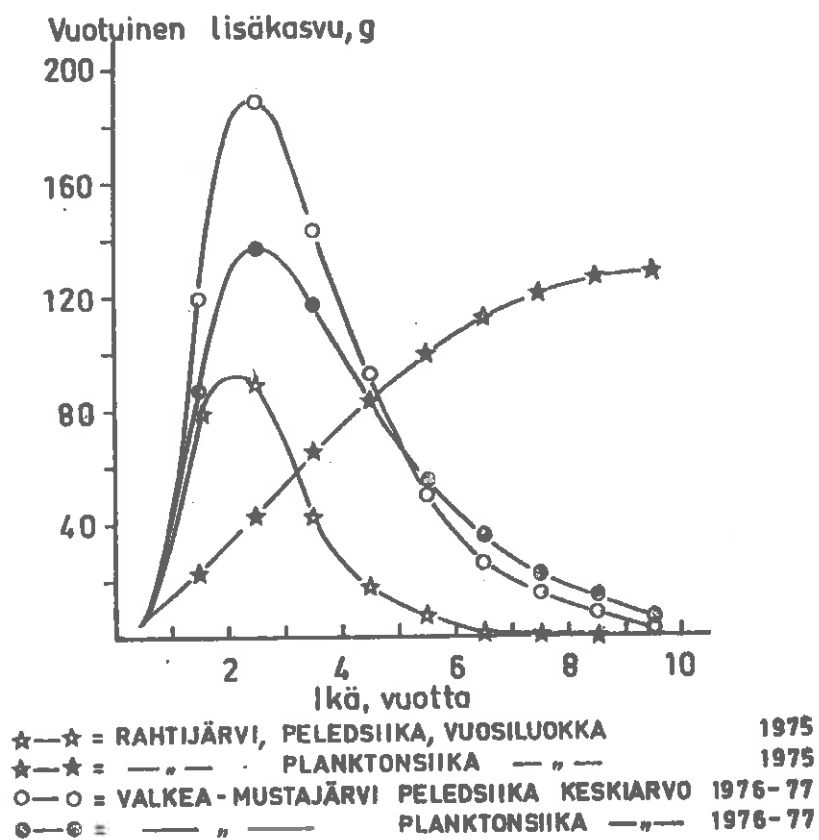
17.8.1981: 118:sta merkinnän jälkeen sumputetusta siiasta kuoli vuorokaudessa 2 kpl = 2 %.



Kuva 3. Rahtijärven peled- ja planktonsiikojen keskipainot eri ikäisinä tarkasteltavissa vuosiluokissa von Bertalanffyn kasvuyhtälön ja pituus-paino-suhteen perusteella laskettuina.



Kuva 4. Valkea-Mustajärven plankton- ja peledsiikojen keskipainot eri ikäisinä tarkasteltavissa vuosiluokissa von Bertalanffyn kasvuyhtälön ja pituus-paino-suhteen perusteella laskettuina.



Kuva 5. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven peled- ja planktonsiikojen vuotuiset lisäkasvut kalojen iän funktiona von Bertalanffyn kasvuyhtälön perusteella laskettuina niille vuosiluokille, jolloin kumpaakin lajia istutettiin samaan järveen.

26.8.1981: 34 merkittyä siikaa sumputettiin. 3 vuorokaudessa kuoli 5 kpl, mikä merkitsi 15 %:n kuolevuutta.

27.8.1981: Sukellettiin n. 500 m pitkä ja 2 m leveä linja Valkea-Mustajärvässä. Yhtään kuollutta siikaa ei havaittu.

20.10.1981: Sumputettiin kahteen sumppuun 89 ja 44 kpl merkittyjä siikoja. Kahden vuorokauden kuluttua kuolleita tai huonokuntoisia oli 5 kpl ja 3 kpl eli 6 % ja 7 %.

3.4.2. Siikakantojen koot merkintä-takaisinpyynnin perusteella

Rahtijärven peledsiikojen merkintä-takaisinpyyntinuottaukset, nuottausten ajankohdat, apajien lukumäärät, kannan koon estimaatit ja estimaattien 95 %:n luotettavuusrajat on esitetty taulukossa 14. Valkea-Mustajärven vastaavat tiedot on esitetty taulukossa 15.

Rahtijärven peledsiikapopulaation kooksi syksyllä 1981 saatiin 1455 kpl, joka muodostui eri ikäisistä siioista seuraavasti: 0+: 500 kpl, 1+: 566 kpl, 2+: 155 kpl, 3+: 36 kpl, 4+: 67 kpl, 5+: 119 kpl ja 6+: 12 kpl (ks. myös taulukko 20).

Valkea-Mustajärvässä tehtiin kesällä 1981 kaksi takaisinpyyntiä, joiden keskiarvona planktonsiikapopulaation kooksi saatiin 4108 kpl. Eri ikäryhmien kooksi saatiin: 1+: 1246 kpl, 2+: 753 kpl, 3+: 1264 kpl, 4+: 564 kpl, 5+: 234 kpl ja 6+: 47 kpl (ks. myös taulukko 21).

3.5. Siikojen kuolevuus ja populaatiokoon kehitys

Populaatioanalyysin ja iteroinnin lähtöarvoiksi istutusmäärien, koekalastusten yksikkösaaliiden ja merkintä-takaisinpyyntitulosten perusteella saadut positiiviset hetkellisen kokonaiskuolevuuden (Z) arvot on esitetty taulukossa 16 ja 17.

Taulukko 14. Rahtijärven peledsiikakannan koon arvioinnit merkintä-takaisinpyyntimenetelmällä v. 1980-1981.

Merkintäpyynti- ja takaisinpyyntipäivämäärät. Suluissa nuotattujen apajien lukumäärät.	Ikäryhmä	Merkittyjen lukumäärä - 5 % (M)	Takaisinpyyntisaalis (C), kpl	Merkittyjä saaliissa (R), kpl	Populaatioon estimaatti (N), kpl	N:n 95 %:n luotettavuusrajat
merk.: 14.8.1980 (5) tak.: 27.8.1980 (4)	1+	65	120	12	614	304-924
merk.: 20.-21.10.1981 (7) tak.: 2.-3.11.1981 (5)	0+	144	68	19	500	316-684
	1+	86	51	7	566	219-913
	≥2+	56	40	5	390	118-662
	Yhteensä	286	159	31	1456	
	0+ - 6+	286	159	31	1435	988-1881

Taulukko 15. Valkea-Mustajärven planktonsiikakannan koon arvioinnit merkintä-takaisinpyyntimenetelmällä v. 1980-1981.

Merkintäpyynti- ja takaisinpyyntipäivämäärät. Suluissa nuotattujen apajien lukumäärät.	Ikäryhmä	Merkittyjen lukumäärä - 5 % (M)	Takaisinpyyntisaalis (C), kpl	Merkittyjä saaliissa (R), kpl	Populaatioon estimaatti (N), kpl	N:n 95 %:n luotettavuusrajat
merk.: 22.10.1980 (3) tak.: 30.10.-3.11.1980 (2 paunettia)	0+	471	426	157	1276	1115-1437
merk.: 10.8.-11.8.1981 (7) tak.: 17.8.1981 (7)	1+	111	103	11	971	465-1477
	2+	40	51	1	1066	0-2273
	3+	84	106	7	1137	408-1866
	≥4+	71	68	5	828	527-1129
	Yhteensä	306	328	24	4002	
	1+ - 7+	306	328	24	4040	2517-5563
merk.: 10.8.-17.8.1981 (14) tak.: 1.-2.9.1981 (6)	1+	198	129	16	1522	853-2190
	2+	87	49	9	440	321-559
	3+	174	166	20	1392	1273-1671
	≥4+	129	85	12	860	436-1284
	Yhteensä	588	429	57	4214	
	1+ - 7+	588	429	57	4367	3309-5425

Saman järven peled- ja planktonsiikojen luonnollisen kuolevuuden arvioitiin olevan keskenään samaa suuruusluokkaa, koska Rahtijärven vuosiluokan 1975 ja Valkea-Mustajärven vuosiluokkien 1976 ja 1977 siikalajit esiintyivät vuosien 1980 ja 1981 saaliissa istutusmääriä vastaavissa suhteissa (taulukot 6 ja 7). Iteroinnilla saadut hetkelliset kuolevuudet ja populaatiokoon kehitys on esitetty taulukoissa 18-21.

Taulukko 16. Rahtijärven peledsiian hetkelliset kokonaiskuolevuudet (Z) istutusmäärien, koekalastusten yksikkösaaliiden (kk) ja merkintä-takaisinpyyntitulosten (mt) perusteella arvioituina.

Ikä	1978 - 1979	1979 - 1980	1980 - 1981	Keskiarvo
0+/1+	-	0,75 (mt)	0,85 (mt)	0,80
1+/2+	-	-	1,38 (mt)	1,38
2+/3+	-	-	-	-
3+/4+	1,03 (kk)	1,57 (kk)	0,81 (kk)	1,14
4+/5+	1,47 (kk)	1,20 (kk)	-	1,34
Keskiarvo	1,25	1,17	1,01	1,17

Taulukko 17. Valkea-Mustajärven planktonsiian hetkelliset kokonaiskuolevuudet (Z) istutusmäärien, koekalastusten yksikkösaaliiden (kk) ja merkintä-takaisinpyyntitulosten (mt) perusteella arvioituina.

Ikä	1979 - 1980	1980 - 1981	Keskiarvo
0+/1+	-	0,12 (mt)	0,12
1+/2+	-	-	-
2+/3+	0,22 (kk)	0,47 (kk)	0,35
3+/4+	0,67 (kk)	-	0,67
4+/5+	1,53 (kk)	0,81 (kk)	1,17
5+/6+	-	0,92 (kk)	0,92
Keskiarvo	0,81	0,58	0,65

Taulukko 18. Rahtijärven peledsiian hetkelliset kuolevuudet ja keskiarvot vuosilta 1974-1981 iteroinnin perusteella arvioituina. M = hetkellinen luonnollinen kuolevuus, F = hetkellinen kalastuskuolevuus, Z = hetkellinen kokonaiskuolevuus. Taulukon luvut ovat vuotuisarvoja, joten 0-vuotiaiden kuolevuudet on kerrottava 4:llä istutussyksyn eli istutuksen jälkeisen 1/4 vuoden kuolevuuden kuvaamiseksi.

Ikä	1974			1975			1976			1977			1978		
	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z
0	0,35	0	0,35	0,35	0	0,35	0,20	0	0,20	0,60	0	0,60	1,00	0	1,00
1	-	-	-	0,35	0,00	0,35	0,35	0	0,35	0,20	0	0,20	0,45	0	0,45
2	-	-	-	-	-	-	0,30	0,03	0,33	0,30	0,02	0,32	0,20	0,02	0,22
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50	0,02	0,52	0,50	0,07	0,57
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	0,07	0,87
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
≥6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K.a.	0,35	0	0,35	0,35	0,00	0,35	0,28	0,01	0,29	0,40	0,01	0,41	0,59	0,03	0,62

Ikä	1979			1980			1981			Keskiarvo		
	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z
0	0,60	0	0,60	0,40	0	0,40	0,70	0,02	0,72	0,53	0,00	0,53
1	1,00	0	1,00	0,60	0,02	0,62	0,60	0,04	0,64	0,51	0,01	0,52
2	0,50	0,01	0,51	0,90	0,01	0,91	1,00	0,05	1,05	0,53	0,02	0,55
3	0,40	0,07	0,47	0,75	0,04	0,79	1,00	0,30	1,30	0,63	0,10	0,73
4	0,80	0,04	0,84	0,70	0,02	0,72	0,90	0,50	1,40	0,80	0,16	0,96
5	0,90	0,03	0,93	0,90	0,02	0,92	0,90	0,50	1,40	0,90	0,18	1,08
≥6	-	-	-	1,00	0,10	1,10	1,00	0,70	1,70	1,00	0,40	1,40
K.a.	0,70	0,03	0,73	0,75	0,03	0,78	0,87	0,30	1,17	0,70	0,12	0,82

Taulukko 19. Valkea-Mustajärven planktonsiian hetkelliset kuolevuudet ja keskiarvot vuosilta 1973-1981 iteroinnin perusteella arvioituna. M = hetkellinen luonnollinen kuolevuus, F = hetkellinen kalastuskuolevuus, Z = hetkellinen kokonaiskuolevuus. Taulukon luvut ovat vuotuisarvoja, joten 0-vuotiaiden kuolevuudet on kerrottava 4:llä istutussyksyn eli istutuksen jälkeisen 1/4 vuoden kuolevuuden kuvaamiseksi.

Ikä	1973			1974			1975			1976			1977		
	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z
0	0,10	0	0,10	-	-	-	0,10	0	0,10	0,10	0	0,10	0,08	0	0,08
1	-	-	-	0,08	0,18	0,26	-	-	-	0,10	0	0,10	0,10	0	0,10
2	-	-	-	-	-	-	0,08	0,21	0,29	-	-	-	0,10	0	0,10
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,15	0,27	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,23	0,63
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
≥6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K.a.	0,10	0	0,10	0,08	0,18	0,26	0,09	0,11	0,20	0,11	0,05	0,16	0,17	0,06	0,23

Ikä	1978			1979			1980			1981			Keskiarvo		
	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z	M	F	Z
0	0,02	0	0,02	0,30	0,00	0,30	0,10	0,00	0,10	0,07	0,00	0,07	0,11	0,00	0,11
1	0,08	0	0,08	0,01	0,00	0,01	0,25	0,01	0,26	0,10	0,01	0,11	0,10	0,03	0,13
2	0,10	0	0,10	0,08	0,01	0,09	0,01	0,03	0,04	0,10	0,03	0,13	0,08	0,05	0,13
3	0,14	0	0,14	0,14	0,02	0,16	0,13	0,05	0,18	0,10	0,04	0,14	0,13	0,05	0,18
4	-	-	-	0,40	0,04	0,44	0,40	0,04	0,44	0,40	0,07	0,47	0,40	0,10	0,50
5	1,00	0,14	1,14	-	-	-	1,20	0,01	1,21	1,20	0,12	1,32	1,13	0,09	1,22
≥6	-	-	-	1,20	0,10	1,30	-	-	-	1,20	0,24	1,44	1,20	0,17	1,37
K.a.	0,27	0,03	0,30	0,36	0,03	0,39	0,35	0,02	0,37	0,45	0,07	0,52	0,45	0,07	0,52

Taulukko 20. Rahtijärven peledsiikakannan rakenne v. 1974-1981 vuoden alussa iteroinnin ja syksyn 1981 merkintä-takaisinpyynnin perusteella arvioituna.

Ikä	Vuosi ja peledsiikojen lukumäärä ikäryhmittäin, kpl								Merkintä-takaisinpyynti, syksy 1981
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
Istutus	1200	920	1300	1300	1300	1300	1320	1000	
1	-	846	648	1064	713	478	713	885	566
2	-	-	595	457	871	455	176	384	155
3	-	-	-	428	333	702	275	71	36
4	-	-	-	-	255	189	439	125	67
5	-	-	-	-	-	107	82	214	119
6	-	-	-	-	-	-	42	33	12
7	-	-	-	-	-	-	-	14	0
Yhteensä	-	846	1243	1949	2172	1931	1727	1726	1455

Taulukko 21. Valkea-Mustajärven planktonsiikakannan rakenne v. 1974-1981 vuoden alussa iteroinnin ja kesän 1981 merkintä-takaisinpyynnin perusteella arvioituna.

Ikä	Vuosi ja planktonsiikojen lukumäärä ikäryhmittäin, kpl								Merkintä-takaisinpyynti, kesä 1981
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
Istutus	0	700	938	941	1400	1400	1400	1400	
1	441	0	633	849	869	1372	1037	1267	1246
2	-	340	0	573	768	802	1356	798	753
3	-	-	254	0	519	695	736	1303	1264
4	-	-	-	194	0	451	591	616	564
5	-	-	-	-	103	0	290	383	234
6	-	-	-	-	-	33	0	87	47
7	-	-	-	-	-	-	9	0	0
Yhteensä	441	340	887	1616	2259	3353	4019	4454	4108

3.6. Saaliskäyrät (Y/R)

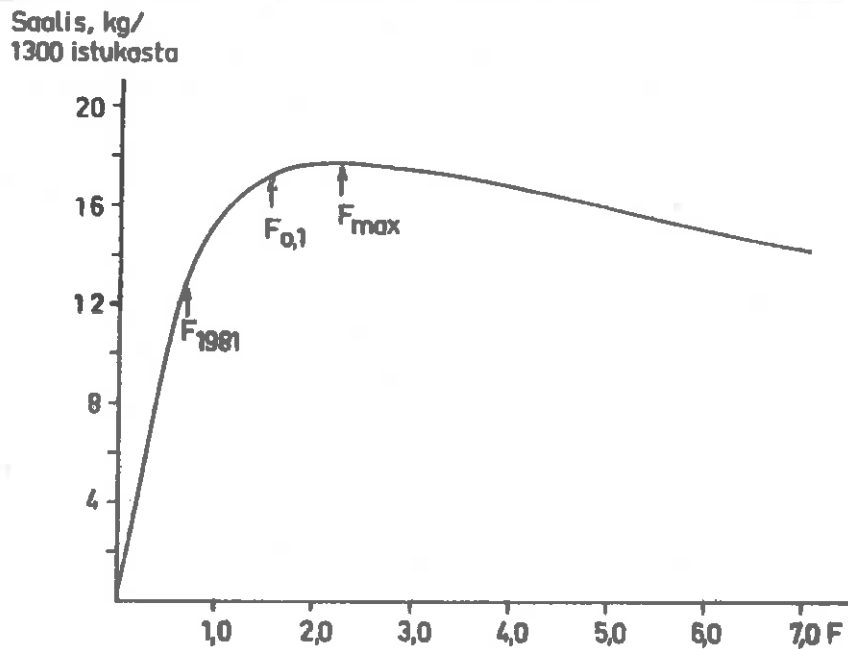
Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven saaliskäyrät (Y/R) ja saaliskäyrästä ratkaistut $F_{0,1}$ ja F_{max} on esitetty kuvissa 6 ja 7.

3.7. Vuosiluokan biomassan kehitys

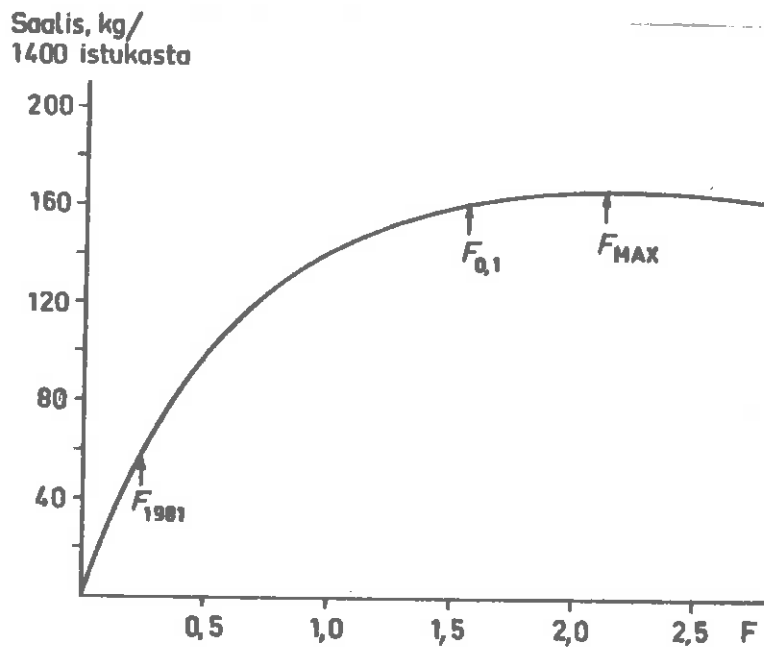
Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siikakantojen koon (kpl ja kg) kehitys vuosiluokan iän funktiona, mikäli kalastuskuolevuutta ei ole, on esitetty kuvissa 8 ja 9. Kuvista graafisesti ratkaistut vuosiluokan maksimibiomassat 1000 istukasta kohti ja vastaavat iät käytettäessä eri vuosien kasvutietoja on esitetty taulukossa 22. Taulukkoon on myös laskettu $\pm 30\%$:n keskipainosta poikkeamisen vaikutus vuosiluokan biomassaan.

Taulukko 22. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siikojen yhden vuoden istutuserän saavuttama maksimibiomassa 1000 istukasta kohti ja vastaavat iät ja keskipainot eri vuosien kasvutietojen perusteella laskettuina. Taulukossa on myös esitetty biomassat, kun kalojen keskipaino poikkeaa $\pm 30\%$ maksimibiomassan antavasta keskipainosta.

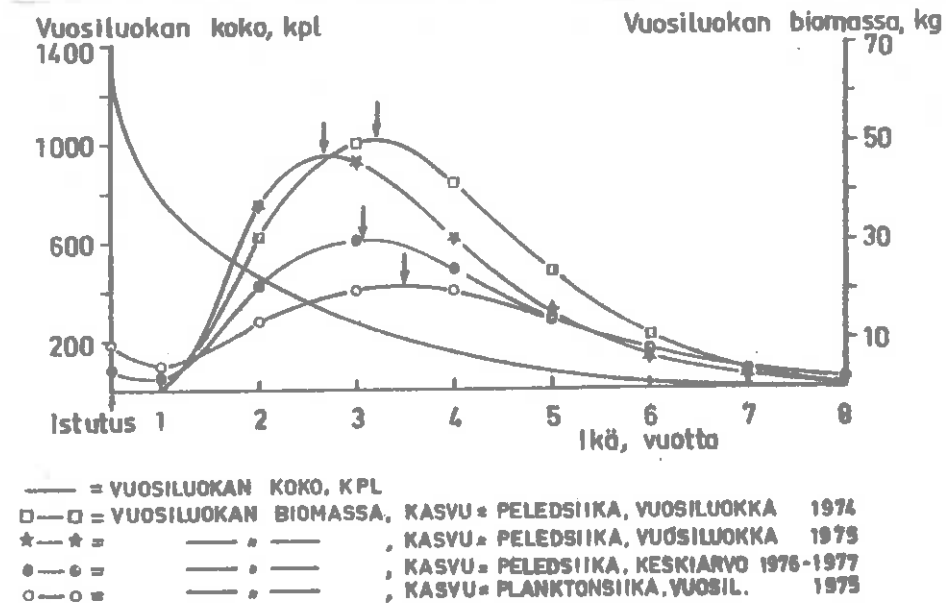
Järvi	Siikalaji	Vuosiluokka, johon kasvutiedot perustuvat	Maksimibiomassa, kg/1000 istukasta	Maksimibiomassaa vastaava ikä	Maksimibiomassaa vastaava keskipaino, g	Biomassa, kg/1000 istukasta, kun kalojen keskipaino poikkeaa optimista	
						-30 %	+30 %
Rahtijärvi	Peledsiika	1974	39	3	215	37	35
	"	1975	37	2+	155	34	30
	"	K.a. 1976-1977	23	3	111	21	22
	Planktonsiika	1975	16	3+	110	15	15
Valkea-Mustajärvi	Planktonsiika	1973	343	4	560	289	146
	"	K.a. 1976-1977	231	4	368	189	89
	Peledsiika	K.a. 1976-1977	307	4	480	259	53



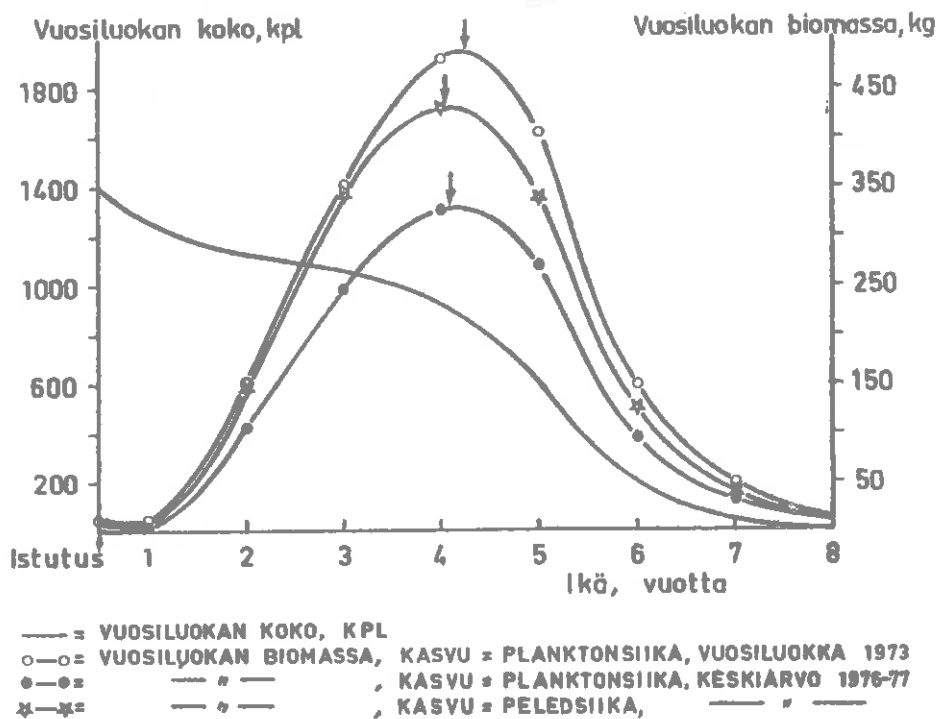
Kuva 6. Rahtijärven peledsiian saaliskäyrä (Y/R). Hetkellisen luonnollisen kuolevuuden arvoina käytettiin populaatioanalyysistä saatuja keskiarvoja. Kalastuskuolevuuden arvot perustuivat vuoden 1981 kalastukseen. Kasvutietoina käytettiin vuosiluokkien 1976 ja 1977 keskiarvoja.



Kuva 7. Valkea-Mustajärven planktonsiian saaliskäyrä (Y/R). Hetkellisen luonnollisen kuolevuuden arvoina käytettiin populaatioanalyysistä saatuja keskiarvoja. Kalastuskuolevuuden arvot perustuivat vuoden 1981 kalastukseen. Kasvutietoina käytettiin vuosiluokkien 1976 ja 1977 keskiarvoja.



Kuva 8. Rahtijärven peled- ja planktonsiikojen vuosiluokan koon kehitys, kun istukkaita on 1300 kpl, luonnollinen kuolevuus on vuosien 1974-1981 keskiarvo ja kasvu vaihtelee. Biomassamaksimi on merkitty biomassakäyriin nuolella.



Kuva 9. Valkea-Mustajärven plankton- ja peledsiikojen vuosiluokan koon kehitys, kun istukkaita on 1400 kpl, luonnollinen kuolevuus on vuosien 1973-1981 keskiarvo ja kasvu vaihtelee. Biomassamaksimi on merkitty biomassakäyriin nuolella.

3.8. Saalissiikojen paino verkon solmuvälin funktiona

Rahtijärven peledsiian ja Valkea-Mustajärven planktonsiian keskipainot vuoden 1981 koekalastussaaliissa verkon solmuvälin funktiona on esitetty kuvissa 10A ja 10B.

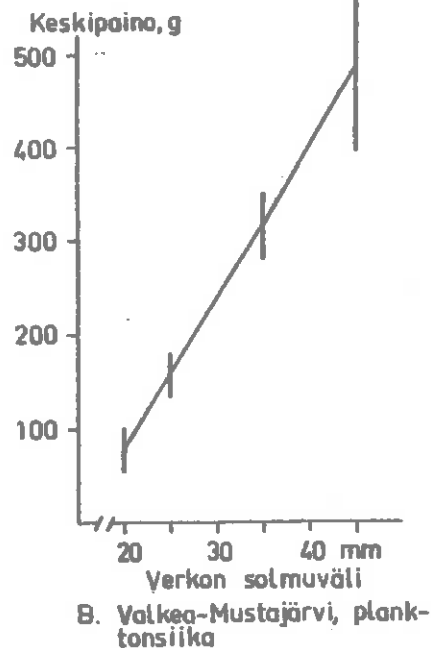
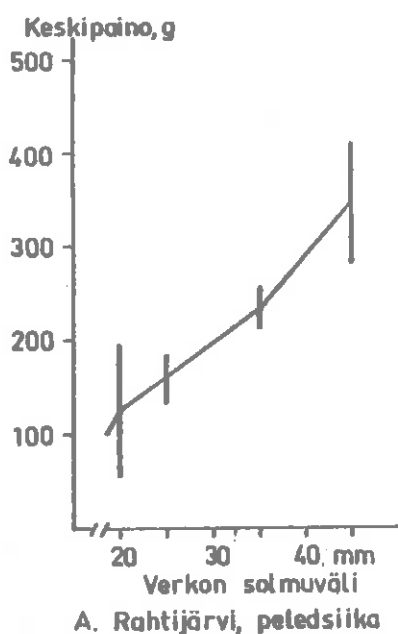
3.9. Istutusten kannattavuus

Kuvassa 11 on esitetty, paljonko 1000 kesänvanhan siianpoikasen istutuksesta on vähintään saatava saalista, jotta kustannukset olisivat enintään saaliin raha-arvon suuruiset.

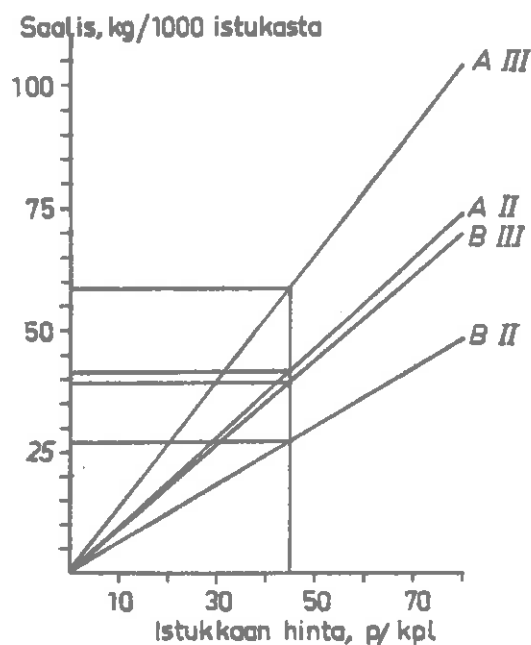
Taulukossa 23 on esitetty Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven istutuskustannukset ja siian eri kokoluokkien maksimibiomassojen arvot.

Taulukko 23. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven 1-kesäisten siikojen istukkaiden arvo, graafisesti kuvista 5-6 ratkaistut maksimibiomassat eri vuosien kasvutietojen perusteella kokoluokittain ja maksimibiomassojen arvot vähittäismyyntihinnan perusteella. Istukkaiden (9-10 cm) hintana käytettiin 45 p/kpl (Anon. 1981) ja siian vähittäismyyntihintana kokoluokassa II (0,5-1,0 kg) 16,50 mk/kg ja kokoluokassa III (alle 0,5 kg) 11,50 mk/kg. Hintatiedot koskivat vuotta 1981. Tulokset laskettiin 1000 istukasta kohti.

Järvi	Siikalaji	Vuosiluokka, johon kasvutiedot perustuvat	Istukkaiden arvo, mk/1000 istukasta	Kokoluokka			
				II		III	
				Maksimibiomassa, kg	Maksimibiomassan arvo, mk	Maksimibiomassa, kg	Maksimibiomassan arvo, mk
Rahtijärvi	Peledsiika	1974	450	0	0	39	449
"	"	1975	"	0	0	37	426
"	"	K.a. 1976-1977	"	0	0	23	265
"	Planktonsiika	1975	"	2	33	16	184
Valkea-Mustajärvi	Planktonsiika	1973	"	343	5660	336	3864
"	"	K.a. 1976-1977	"	45	743	231	2657
"	Peledsiika	K.a. 1976-1977	"	300	4950	307	3531



Kuvat 10A ja 10B. Rahtijärven peledsiian ja Valkea-Mustajärven planktonsiian keskipaino verkon solmuvälin funktiona koekalastus-saaliissa. Kuviin on piirretty myös keskipainojen 95 %:n luottavuusrajat.



Kuva 11. Siikojen kesänvanhojen poikasten istutusten kannattavuus kalastajan saaman saaliin bruttohinnan (A) ja vähittäismyyntihinnan (B) mukaan laskettuna. Kuvaan on piirretty 45 pennin istukashintaa vastaavat saaliit.

II = kokoluokan 0,5-1,0 kg:n siika: A-hinta = 11,00 mk/kg
B-hinta = 16,50 mk/kg
III = kokoluokan alle 0,5 kg:n siika: A-hinta = 7,67 mk/kg
B-hinta = 11,50 mk/kg

4. TARKASTELU

4.1. Saaliit

Taulukoista 3 ja 4 käy ilmi, että Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven yleiskatsausverkkokalastuksissa siikojen osuus oli saaliissa noin puolet. Mikäli saaliin myyntiarvo otettaisiin huomioon, saaliin arvo perustuisi pääasiassa siikaan.

Siikojen kokonaissaaliit (taulukko 5) olivat erittäin alhaiset, koska pyyntiä ei ollut suunniteltu maksimaalisen siikasaaliin saamiseksi.

Vuosina 1974-1977 verkkokalastus oli tehokasta ja verkkojen solmuvälit sellaiset, että useat kokoluokat olivat pyynnin kohteena. Tämän jälkeen verkkokalastus oli niin vähäistä tai käytetyt verkot niin harvoja, että siikakannat olivat lähes kalastamattomat. Paunettisaaliista siiat yleensä vapautettiin. Vuoden 1981 edellisvuosia suuremmat siikasaaliit johtuivat pääasiassa merkintä-takaisinpyyntien nuottauksista. Pyyntitekniikan yksityiskohtainen analysointi vaatii lisäselvityksiä ja kuuluu tämän tutkimuksen jatkovaiheeseen.

4.2. Siikojen iänmääritys

Suurin osa näytteistä oli yksiselitteisesti tulkittavissa, mutta joissakin näytteissä valerenkaiden esiintyminen vaikeutti iänmääritystä. POWER (1978) on osoittanut, että siikojen otoliitista löytyy enemmän vuosirenkaita kuin suomuista, mikäli kalat ovat yli 12-vuotiaita. MILLS & BEAMISH (1980) ovat suositelleet eväruotoja siikojen iänmääritykseen, erityisesti hidaskasvuisilla populaatioilla.

Tässä tutkimuksessa käsitellyt siiat olivat nuoria ja kohtalaisesti kasvaneita, joten suomuihin perusteneita iänmäärityksiä voidaan pitää luotettavina.

Koekalastussaaliista arvioitu siikakannan jakaantuminen eri ikäryhmiin oli vain suuntaa-antava, koska sekä koekalastus- että kokonaissaaliit olivat pienet. Tulosten luotettavuutta paransi se, että näytemäärät suhteessa tutkittavien populaatioiden kokoon olivat suuret.

4.3. Siikojen kasvu

4.3.1. Keskipituuksien ja -painojen kehitys

TOIVONEN (1968) on esittänyt tuloksia ensimmäisten Suomen pienen vesiin istutettujen peledsiikaistukkaiden kasvusta. Hänen mukaansa järvissä, joissa oli normaali, luonnonvarainen kalakanta, peledsiikat saavuttivat kahdessa kasvukaudessa noin 300 g:n ja kolmessa kasvukaudessa 350-500 g:n painon.

Peled- ja planktonsiian kasvusta on tietoja myös rehevästä, 151 ha:n Hunttijärvestä. Siellä peledsiikat kasvoivat kahdessa kasvukaudessa 260 g:n ja planktonsiikat 80 g:n painoisiksi (Anon. 1980).

SALOJÄRVI et al. (1981) ovat julkaisseet tietoja planktonsiikojen kasvusta Oulujärven vesistöalueella. 2-vuotiaiden siikojen keskipainot olivat 49-220 g, 3-vuotiaiden 98-384 g, 4-vuotiaiden 156-379 g, 5-vuotiaiden 235-411 g ja 6-vuotiaiden 294-451 g.

RUDENKON (1975) ja MALASHKININ et al. (1978) mukaan kolmessa neuvostoliittolaisessa pienjärvessä peledsiikat painoivat 2-vuotiaina 55-250 g, 3-vuotiaina 90-453 g ja 4-vuotiaina 225-695 g, joten vaihtelu järvittäin ja vuosiluokittain oli suuri.

Edellä esitettyihin kasvutuloksiin verrattuna Rahtijärven siikojen kasvut (taulukko 8 ja kuva 3) olivat samaa luokkaa kuin huonokasvuisimpien siikakantojen, kun taas Valkea-Mustajärven (taulukko 9 ja kuva 4) siikat kasvoivat keskimääräistä paremmin. Valkea-Mustajärven siikojen Rahtijärveä selvästi parempi kasvu johtui ilmeisesti siitä, että Valkea-Mustajärven

muu kalasto oli huomattavasti niukempi ja veden laatu siikojen ravinnoksi soveltuvan eläinplanktonin tuotannon ja siikojen ympäristövaatimusten kannalta parempi.

Peled- ja planktonsiian kasvu erosi siten, että peledsiian vuotuiset lisäkasvut olivat 3-4 -vuotiaaksi asti suuremmat kuin planktonsiian, minkä jälkeen planktonsiika kasvoi yhtä hyvin tai paremmin (kuva 5). Ilmeisesti näissä olosuhteissa peledsiika on ensimmäisinä kasvukausinaan luontaisesti planktonsiikaa nopeakasvuisempi, mutta planktonsiikaa varhaisemman sukukypsäksituloiän vuoksi peledsiian kasvu heikkenee aikaisemmin.

Kuvista 8 ja 9 käy ilmi, että kasvunopeus vaikuttaa oleellisesti kalantuotannon tasoon. Tämä on otettava huomioon istutusmääriä ja kalastusta suunniteltaessa, jotta päästäisiin mahdollisimman hyvään istutusten kannattavuuteen.

Kummassakin järvessä ensimmäisten istutettujen vuosiluokkien kasvu oli selvästi paras. Sen jälkeen kasvu huononi vuosiluokittain siikakannan tihennyttyä istutusten ansiosta. Esimerkiksi Rahtijärven 3-vuotiaiden peledsiikojen keskipaino oli vuosiluokassa 1977 65 % vuosiluokan 1974 siikojen keskipainosta ja Valkea-Mustajärven 3-vuotiaiden planktonsiikojen keskipaino oli vuosiluokassa 1977 56 % vuosiluokan 1973 siikojen keskipainosta. Kasvun huononeminen näkyy täysimääräisesti kalantuotannon laskuna, mikäli muut tuotannontekijät pysyvät ennallaan. Tutkimusvuosien vedenlaadussa, lämpötiloissa ja istukkaiden laadussa ei havaittu kasvuun vaikuttaneita muutoksia, joten ravinnon puute oli todennäköisesti pääasiallinen siikojen kasvun rajoittaja. Tätä tukevat myös HAKKARIN et al. (1982) tutkimukset Evon pienjärvien siikojen ravinnonkäytöstä.

RUDENKON (1975) mukaan 67,5 ha:n Krivoe-järvessä 2-vuotiaiden peledsiikojen paino laski 2-3 peräkkäisessä vuosiluokassa 250 g:sta 94 g:an, 3-vuotiaiden 453g:sta 90-290 g:an ja 4-vuotiaiden 687 g:sta 240-560 g:an. TIKHOMIROVA (1975) oletti havai-

tun kasvun heikkenemisen johtuneen kasvaneista populaatiotiheyksistä, kilpailusta muiden lajien kanssa ja veden laadun huononemisesta.

MÄNTYRANTA (suullinen) on havainnut Pohjois-Suomessa planktonsiikojen kasvun heikentyneen kolmannesta istutuserästä alkaen, kun siikoja on istutettu vuosittain 70 kpl ha⁻¹. Myös SALOJÄRVELLÄ (julkaisematon) on samansuuntaisia havaintoja Oulujärven vesistöalueen pienjärvistä.

On ilmeistä, että ainakin pienjärvissä ravinnontuotanto on yksi siikojen kasvun minimitekijöistä, mutta myös isommissa järvissä siikojen kasvun ja kannan koon on havaittu olevan riippuvuussuhteessa keskenään (HEALEY 1975a, 1975b, 1980, KENYON 1978).

4.3.2. Pituus-paino-suhde ja von Bertalanffyn kasvuyhtälö

Kun tarkastellaan kalojen kunnan kehitystä pituus-paino-suhteella (taulukot 10-12), havaitaan, että vertailupituuksia vastaavien painojen kohdalla on lievästi laskeva trendi. Tämä kuvastaa siikojen kunnan huononemista ja tukee käsitystä ravinnon muodostumisesta kasvua rajoittavaksi tekijäksi. Valkea-Mustajärven peledsiikojen huomattavasti Rahtijärveä korkeammat vertailupituuksia vastaavat painot osoittavat Valkea-Mustajärven siikojen parempaa ravitsemustilaa, mikä sopii hyvin yhteen Valkea-Mustajärven siikojen paremman kasvun kanssa. Vastaviin tuloksiin ovat päätyneet HAKKARI et al. (1982) Evon pienjärvien siikojen ravinnonkäyttötutkimuksissa.

Pituus-paino-suhteen hypoteesin $H_0 : b = 3$ -testauksessa esiintyvät korkeat t:n arvot johtuivat alhaisista näytemääristä, mikä vähensi testauksen luotettavuutta.

Verrattaessa kuvia 3 ja 4 taulukoihin 8 ja 9 havaitaan, että siikojen kasvu noudatti hyvin von Bertalanffyn kasvuyhtälöä. Rahtijärven planktonsiian vuosiluokan 1975 muista vuosiluokista poikkeavat arvot lähenevät todennäköisesti keskimääräisiä arvoja, kun vuosiluokasta saadaan näytteitä seuraavilta vuosilta.

Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siikakantojen von Bertalanffyn kasvuyhtälön arvot olivat samaa luokkaa kuin SALOJÄRVEN (1982 ja julkaisematon) eräille Oulujoen vesistöalueen siikakannoille esittämät, joten kasvuparametrien perusteella tutkitut pienjärven soveltuvat siikojen kasvuympäristöksi.

4.4. Merkintä-takaisinpyyntitulosten luotettavuus

Käytetyllä kaavalla (6) saadaan tilastollisesti harhaton populaatiokoon estimaatti (N), jos merkittyjen kalojen lukumäärän (M) ja saaliskalojen lukumäärän (C) summa on suurempi kuin populaatiokoko (N) (CHAPMAN 1951, ROBSON & REGIER 1964). Käytännössä riittää, jos $M \cdot C > 4 \cdot N$ (RICKER 1975). Tällöin populaatiokoon estimaatin (\hat{N}) negatiivinen vinouma on alle 2 % (ROBSON & REGIER 1964). RICKERin (1975) mukaan tilastotieteellistä harhaa voidaan pitää merkityksettömänä, mikäli takaisinpyyntisaaliissa on merkittyjä kaloja vähintään 3 kpl. Edellä mainitut edellytykset tämän tutkimuksen merkintä-takaisinpyynnit täyttivät lukuunottamatta Valkea-Mustajärven ensimmäistä 2+ -ikäisten osapopulaation koon arviointia (taulukko 15).

Kalojen lukumäärät sekä merkintä- että takaisinpyynnissä olivat niin suuret, että populaatiokokojen estimaattien 95 %:n luotettavuusrajat jäivät kohtalaisen suppeiksi (taulukko 15).

Arvioitu merkintäkuolevuus (5 %) oli samaa suuruusluokkaa kuin SALOJÄRVEN (suullinen) havaitsemat. Merkittyjen kalojen voitiin olettaa sekoittuneen merkitsemättömään populaatioon ennen takaisinpyyntiä, koska ne vapautettiin eri puolille järviä. Eväleikkaukset eivät ilmeisesti vaikuttaneet kalojen pyydystettävyyteen takaisinpyynnissä. Merkityt kalat olivat helposti tunnistettavissa takaisinpyyntisaaliissa. Merkintä- ja takaisinpyyntien väli oli niin lyhyt, että rekrytointia tai immigraatiota voitiin pitää merkityksettöminä. Näillä perusteilla Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siikakantojen koon arvioinnit merkintä-takaisinpyynnillä täyttivät RICKERin (1975) esittämät menetelmän käytön edellytykset ja antoivat suhteellisen luotettavan lähtökohdan kuolevuuksien iteroinnille populaatioanalyysillä.

4.5. Siikojen kuolevuus ja populaatiokoon kehitys

Koekalastusten yksikkösaaliiden perusteella lasketut hetkellisten kokonaiskuolevuuksien arvot (taulukot 16 ja 17) perustuivat pieniin saaliisiin, mutta antoivat hyvän pohjan iteroinnille.

Mikäli järvissä esiintyisi emigraatiota, olisivat saadut luonnolliset kuolevuudet todellista suurempia. Immigraatio puolestaan pienentäisi luonnollisen kuolevuuden arvoja. Rahtijärven laskujoen kautta emi- tai immigraatiota ei ankerias-arkun vuoksi voinut tapahtua. Rahtijärveen laskevien purojen kautta siikojen kulkeminen oli mahdollista, mutta ei todennäköistä. Valkea-Mustajärvi oli sekä emi- että immigraation suhteen suljettu.

Iteroinnilla saadut hetkelliset kuolevuudet (taulukot 18 ja 19) perustivat niin moneen tunnettuun tekijään, että kuolevuuksien suuruusluokkia voidaan pitää oikeina.

Kun tarkastellaan luonnollisen kuolevuuden jakautumista eri ikäryhmille ja keskimääräistä tasoa, on samalla tarkasteltava kalastuskuolevuutta, koska luonnollinen kuolevuus on ilmeisesti jossakin määrin siitä riippuvainen. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siikakantojen hetkellinen kalastuskuolevuus oli erittäin alhainen, noin 0,1 (taulukot 18 ja 19), joten ko. siikakantoja voidaan pitää lähes kalastamattomina.

SALOJÄRVI (julkaisematon) on olettanut siikaistukkaiden luonnollisen kuolevuuden olevan aluksi korkea, mutta laskevan sen jälkeen ja pysyvän vanhemmilla ikäryhmillä alhaisena. Tätä tukevat mm. havainnot altaissa kasvatetuista siikojen emokalaparvista, joissa hetkellinen luonnollinen kuolevuus on ollut vain 0,01:stä 0,07:ään (MÄÄTTÄ 1982). POWER (1978) on päätenyt vastaavaan luonnollisen kuolevuuden jakatumiseen eräissä kanadalaisissa siikapopulaatioissa.

RICKER (1947) ja SPANGLER (1970) sen sijaan ovat havainneet siikojen luonnollisen kuolevuuden selvän nousun niiden vanhe-

tessa. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siikojen luonnollinen kuolevuus jakautui vastaavasti eri ikäryhmille eli istutus-
syksyn jälkeen hetkellinen luonnollinen kuolevuus laski kohotakseen 4-5 -vuoden iässä. Havaittu nousu johtui ilmeisesti sekä ravinnon niukkuudesta että sukukypsyyden saavuttamisesta. Sukukypsäksituloikään sijoittuvan luonnollisen kuolevuuden nousun ovat havainneet mm. ORIORDAN & KENNEDY (1964, ref. TUUNAINEN 1965) irlantilaisten pienjärvien kirjolohi-istukkailla.

HEALEY (1975a) on taulukoinut kalastamattomien siikapopulaatioiden hetkellisen luonnollisen kuolevuuden arvoja. Ne vaihtelivat 0,2:sta 1,2:een keskiarvon ollessa 0,69. SALOJÄRVI (julkaisematon) on arvioinut eräiden Oulujoen vesistöalueelle istutettujen siikapopulaatioiden hetkellisen luonnollisen kuolevuuden olevan 0,1-0,2. Kyseiset populaatiot olivat tehokkaasti kalastettuja.

Edellä esitettyihin tuloksiin verrattuina Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siikakantojen luonnollisen kuolevuuden arvot olivat tavanomaisia. Rahtijärven selvästi Valkea-Mustajärveä korkeampi siikojen ensimmäisten vuosien luonnollinen kuolevuus johtui ilmeisesti Rahtijärven suuremmasta petokalakannasta, erityisesti hauesta, jonka merkitystä siikojen luonnollisen kuolevuuden aiheuttajana mm. MACHNIAK (1975) on korostanut. Samaan suuntaan vaikuttivat todennäköisesti myös Rahtijärven runsas, siikojen kanssa ravinnosta kilpaileva särkikalasto ja siikojen kannalta Valkea-Mustajärveä huonompi veden laatu. Myös HAKKARI et al. (1982) ovat havainneet pienjärvissä ilmeisesti ravinnon puutteesta ja huonosta vedenlaadusta johtuvaa siikojen kuolemista.

Taulukoista 20 ja 21 nähdään, että luonnollinen kuolevuus on asettunut sellaiselle tasolle, etteivät lisäistutukset ole enää johtaneet siikakannan koon oleelliseen kasvamiseen. Istutusmäärien nostaminen nykyisestä johtaisi ilmeisesti yhä korkeampaan luonnolliseen kuolevuuteen, kun taas kalastuksen tehostaminen eli kalastuskuolevuuden nousu laskisi luonnollista kuolevuutta.

Jatkotutkimuksissa on paneuduttava luonnollisen kuolevuuden jakautumiseen vaikuttavien tekijöiden ja luonnollisen ja kalastuskuolevuuden välisen riippuvuuden selvittämiseen.

4.6. Saaliskäyrät (Y/R)

Saaliskäyristä (Y/R) (kuvat 6 ja 7) nähdään, että sekä Rahtijärvessä, että Valkea-Mustajärvessä vielä vuoden 1981:kin kalastus oli vähäistä suurimman saaliin antavaan kalastukseen verrattuna, vaikka tällöin kalastettiin huomattavasti edellisvuosia tehokkaammin. Vuoden 1981 kalastuskuolevuuden jakautumista eri ikäryhmille ei ollut optimoitu, joten F_{max} :lla saatava saalis ei kuvasta kannan todellista tuotantopotentiaalia. Jatkotutkimuksissa on selvitettävä, minkälaisella pyynnin rakenteella ja teholla eri kalastuskuolevuudet ovat edullisimmin saavutettavissa.

4.7. Vuosiluokan biomassan kehitys ja tuotanto

Taulukosta 22 ja kuvista 8 ja 9 nähdään, että sekä Rahtijärvessä että Valkea-Mustajärvessä suurin maksimibiomassa saatiin käytettäessä ensimmäisen istutusvuosiluokan kasvutietoja. Tällöin kasvu oli paras, koska siikapopulaatio oli pieni ja ravintoa oli tarjolla riittävästi. Vuosiluokkien 1976-1977 kasvutietojen perusteella saadut maksimibiomassat merkitsevät Rahtijärven siioilla 2 kg ha^{-1} :n Valkea-Mustajärven peledsiialla 31 kg ha^{-1} :n ja planktonsiialla 23 kg ha^{-1} :n nettotuotantoa vuosittain, mikäli vain yhtä siikalajia istutetaan järveen. Planktonsiian alhaisemmat tulokset johtuivat huonommasta ensimmäisten vuosien kasvusta. Valkea-Mustajärven moninkertainen siian tuotanto Rahtijärveen verrattuna aiheutui paremmasta kasvusta ja alhaisemmasta luonnollisesta kuolevuudesta.

HAKKARI et al. (1982) ovat arvioineet Valkea-Mustajärven tuotavan eläinplanktonia kalojen ja pohjaeläinten käytettäväksi vähintään $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$. Tämä sopii hyvin yhteen edellä esi-

tettyjen siikatuotantoarvioiden kanssa. On kuitenkin selvittämättä, kykeneekö Valkea-Mustajärvi jatkuvasti ylläpitämään näin korkeaa eläinplankton- ja siikatuotantoa. Rahtijärven eläinplanktontuotannosta ei ole olemassa arvioita.

Mikäli tulevaisuudessa kalastusta tehostetaan eli kalastuskuolevuus kasvaa, on mahdollista, että samalla luonnollinen kuolevuus laskee ainakin vanhemmilla ikäryhmillä, kasvu paranee ja rekryyttikohtainen tuotanto kasvaa.

Tässä työssä esitettyjä maksimibiomassoja ja nettotuotantoarvioita ei voida suoraan rinnastaa saaliisiin, koska maksimibiomassa ja nettotuotanto ilmaisevat vain otettavissa olevan saaliin ehdottoman ylärajan eivätkä ole kokonaisuudessaan kalastettavissa. Käytännössä Rahtijärven ensimmäisestä peledsiikaistutuksesta saatiin siikoja saaliiksi 41 kpl ja Valkea-Mustajärven ensimmäisestä planktonsiikaistutuksesta 207 kpl (taulukot 6 ja 7). Vastaavat saaliit olivat tuhatta istukasta kohti laskettuina ja biomassoiksi muutettuina 11 kg ja 141 kg eli kummassakin järvessä noin puolet arvioidusta nettotuotannosta.

Evon järvistä on saatu vuosisadan alussa siikaa BROFELDTin (1920) tilastojen mukaan keskimäärin 20 kg/1000 kpl 1-kesäistä istukasta (SALOJÄRVI 1980). SALOJÄRVEN (1980 ja julkaisematon) mukaan siikasaalis Oulujoen ja Iijoen vesistöalueen eräissä järvissä on vaihdellut 3 kg:sta 187 kg:an tuhatta 1-kesäistä istukasta kohti. Ko. istutuksista saadaan keskiarvoksi 95 kg/1000 istukasta.

GOTTBERGIN (1918) tilastojen mukaan Suomessa on vuosisadan alun siikaistutuksista saatu saalista $5-8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$. TITOVAN (1978, ref. RESHETNIKOV 1979) esittämien tulosten mukaan peledsiikaistutuksista saatu saalis on ollut suuruusluokaltaan $24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ eräissä neuvostoliittolaisissa vesissä.

HEALEY (1975b) on arvioinut kanadalaisen Drygeese-järven siikatuotannoksi $39,4 \text{ kg/1000}$ rekryyttiä ja maksimisaaliiksi $5,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$. BELLin et al. (1977) tilastojen mukaan siikasaalis

13:sta Albertan alle 1000 ha:n järvestä on ollut keskimäärin $5,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$. Nämä kannat ovat perustuneet luontaiseen lisääntymiseen, mikä edellyttää kalastustehon rajoittamista sellaiselle tasolle, että kutevan kannan koko pysyy lisääntymisen kannalta riittävän suurena. Tätä rajoitusta ei Rahtijärvessä ja Valkea-Mustajärvessä ollut, koska kannat perustui-
vat kokonaan istutuksiin.

Kun Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven tuloksia verrataan edellä esitettyihin tutkimuksiin, nähdään, että Rahtijärven siiantuotanto ja siikasaalisolivat alhaisimpia havaittuja ja Valkea-Mustajärvi edusti parhaita siianistutusvesiä. Tässä tapauksessa on siis kyse kahdesta siiantuotannon kannalta eri tyyppisestä järvestä, joissa eläinplankton tuotantoa käyttäville siioille soveltuvan vapaan ekologisen lokeron suuruudessa on oleellinen ero.

Kasvuparametrien ja populaatiokoon kehityksen perusteella voidaan arvioida kummankin järven siiantuotannon nykyisellään olevan lähellä suurinta mahdollista tuotantoa. Sen suuruuden määräytymisessä muulla kalastolla on tärkeä merkitys, koska luontainen kalastovaikuttaa luonnolliseen kuolevuuteen ja siikojen käyttämän ravinnon riittävyys. Ilmeisesti nämä tekijät selittävät SALOJÄRVEN (1980) havainnot, joiden mukaan Evon kalastuskoeaseman pienjärvissä vuosisadan alussa siikaistutusten onnistuminen korreloi positiivisesti ahvensaaliin kanssa ja negatiivisesti petokalasaaliin kanssa.

4.8. Saalissiikojen paino verkon solmuvälin funktiona

Rahtijärvessä maksimibiomassan antavat peledsiat ovat kalastettavissa noin 20 mm:n solmuvälisillä verkoilla, mutta biomassakäyrän (kuva 8) loivahuippuisuudesta johtuen pyynnin ei tarvitse olla kovin tarkkaan valikoivaa.

Valkea-Mustajärven maksimibiomassan antavat planktonsiat ovat kalastettavissa noin 35 mm:n solmuvälisillä verkoilla. Valkea-Mustajärven vuosiluokan biomassaa kuvaava käyrä on terävähuip-

puinen (kuva 9), joten pyynnin on oltava melko selektiivistä suurimman mahdollisen saaliin saamiseksi. Erityisesti liian harvojen verkkojen käyttö eli vain optimikokoa suurempiin siikoihin kohdistuva kalastus vähentää saalista voimakkaasti (taulukko 22).

4.9. Istutusten kannattavuus

4.9.1. Käytetty menetelmä

Istutusten kannattavuuden selvittämiseen käytetty menetelmä ei ota huomioon todellisia kustannuksia eikä kaikkia saaliiseen liittyviä arvoja, mutta vastaa pienjärvien hoidon käytännön tilannetta ja on siten käyttökelpoinen istutusten kannattavuutta selvitettäessä.

Siian vähittäismyyntihinnan käyttöä ensisijaisena saaliin arvon laskemisperusteena puoltaa se, että tällöin saaliin arvoksi tulee ns. vaihtoehtoinen hinta eli vähittäismyyntihinta. Tässä menetelmässä muiden kustannusten kuin istukkaiden hinnan ajatellaan olevan yhtä suuret kuin kalastukseen liittyvien virkistysarvojen, joten niitä ei tarvitse erikseen arvioida.

4.9.2. Istukkaiden ja saaliin arvo

Kuvasta 11 ja taulukosta 23 nähdään, että Rahtijärvestä ei ole saatavissa istukkaiden arvoa vastaavaa siikasaalista missään hintaluokassa. Jotta Rahtijärven istutukset saataisiin kannattaviksi, olisi siikojen kasvuolosuhteita kyettävä parantamaan niin, että luonnollinen kuolevuus laskisi ja kasvu paranisi. Tämä edellyttäisi muun kalaston harventamista, siikojen istutustiheyden pienentämistä ja siiankalastuksen tehostamista.

Valkea-Mustajärven siiantuotanto antaa mahdollisuuden niin suuriin siikasaaliisiin, että saaliiden arvo voi kohota moninkertaiseksi istutuskustannuksiin verrattuna. Istutukset oli-

sivat kannattavia, vaikka siiat kalastettaisiin huomattavasti optimikokoa isompinakin (taulukko 23).

Koska Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven siiantuotannon tarkastelu oli teoreettinen, on jatkotutkimuksissa selvitettävä, kuinka suuri osa tässä tutkimuksessa esitetystä siikojen nettotuotannosta on käytännössä kalastettavissa ja minkälaiset istutustiheydet ja -taajuudet antavat edullisimman tuloksen.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven peled- ja planktonsiikojen kasvuparametrit olivat samaa luokkaa kuin isoissa vesistöissä, mikä osoittaa tutkittujen järvien olevan siiioille sopivia kasvuympäristöiksi.

Pienjärviin eläinplanktonia ravinnokseen käyttäviä siikoja istutettaessa siikojen kasvu heikkenee vuosittain, mikäli istutustiheys ja -taajuus ovat järvien eläinplanktontuotantoon verrattuina liian suuret ja kalastus tehotonta. Rahtijärven ja Valkea-Mustajärven kalastuksen on oltava huomattavasti viime vuosina harjoitettua kalastusta tehokkaampaa suurimman mahdollisen saaliin saamiseksi. Samalla on odotettavissa kasvun paraneminen ja luonnollisen kuolevuuden aleneminen.

Pienjärvien kalataloudellista arvoa voidaan kohottaa istuttamalla eläinplanktonia syöviä siikalajeja. Istutusten kannattavuuteen vaikuttavat erityisesti siianpoikasiin kohdistuva predaatio ja siikojen kasvu. Tämän tutkimuksen perusteella Neuvostoliitosta kotoisin olevan peledsiika on varteenotettava vaihtoehto kotimaisille lajeille hyvän ensimmäisten vuosien kasvunsa vuoksi.

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä on tutkittu peled- ja planktonsiian soveltuvuutta pienjärviin istutettaviksi lajeiksi ja selvitetty istutusten kannattavuutta seuraamalla kyseisten siikalajien kasvua, kuolevuutta ja tuotantoa Evon Rahtijärvessä (13,2 ha) ja Valkea-Mustajärvessä (13,9 ha).

Rahtijärven vesi on erittäin humuspitoista ja kalasto runsas ja monilajinen (ahven, hauki, made, salakka ja särki). Valkea-Mustajärvi on kirkasvetinen, ja järven niukan luontaisen kalaston valtalajina on ahven. Kumpaankin järveen on istutettu peled- tai planktonsiikoja noin $100 \text{ kpl ha}^{-1}\text{v}^{-1}$ lähes kymmenen vuoden ajan.

Tämän tutkimuksen siika-aineisto saatiin pääasiassa verkoilla tehdyillä koekalastuksilla. Siikojen iät määritettiin suomuista ja kasvua analysoitiin pituus-paino-suhteella ja von Bertalanffyn kasvuyhtälöllä. Vuoden 1981 siikakantojen koot saatiin merkintä-takaisinpyynti-menetelmällä. Siikojen kuolevuudet, populaatiokoon kehitys, saaliskäyrä (Y/R) ja nettotuotanto laskettiin populaatioanalyysiin (VPA) perustuvilla tietokoneohjelmilla. Istutusten kannattavuutta selvitettiin laskemalla, paljonko istutuksista on vähintään saatava saalista, jotta kustannukset olisivat enintään saaliin raha-arvon suuruiset.

Siikojen kokonaissaaliit tutkimusjärvistä olivat vain noin $1 \text{ kg ha}^{-1}\text{v}^{-1}$, koska pyyntiä ei ollut suunniteltu maksimaalisen siikasaaliin saamiseksi. Kyseessä olivat siis lähes kalastamattomat populaatiot.

Rahtijärvessä siikojen kasvu oli huono ja Valkea-Mustajärvessä hyvä verrattuna eräisiin suomalaisiin ja neuvostoliittolaisiin kasvututkimuksiin. Järvien välinen ero johtui siitä, että Valkea-Mustajärven luontainen kalasto oli huomattavasti niukempi ja veden laatu siikojen ravinnoksi soveltuvan eläinplanktonin tuotannon ja siikojen ympäristövaatimusten kannalta parempi kuin Rahtijärvessä.

Kummassakin järvessä eri ikäryhmien siikojen keskikoot laskevat 3-4 vuodessa istutusten alkamisen jälkeen lähes puolella, mikä johtui todennäköisesti ravinnon puutteesta. Useat tulokset viittaavat siihen, että pienjärviin siikoja istutettaessa siikojen kasvu heikkenee vuosittain, mikäli istutustiheys ja -taajuus ovat järvien kalojen käyttämän ravinnon tuotantoon verrattuina liian suuret ja kalastus tehotonta.

Pituus-paino-suhteen ja von Bertalanffyn kasvuyhtälön parametrien perusteella tutkitut pienjärvet sopivat peled- ja planktonsiian kasvuympäristöksi. Peledsiika on suositeltava istutuslaji hyvän ensimmäisten vuosien kasvunsa vuoksi.

Rahtijärvessä ja Valkea-Mustajärvessä siikojen hetkellinen luonnollinen kuolevuus laskee istutussyksyn 0,4-2,1:stä 0,1-0,5:een kohotakseen 4-5 -vuotiailla kaloilla noin 1:een. Nousu johtui ilmeisesti ravinnon niukkuudesta ja sukukypsyyden saavuttamisesta. Rahtijärven siikojen luonnollinen kuolevuus oli 0-4 vuotiailla 2-5 -kertainen Valkea-Mustajärveen verrattuna, mikä johtui todennäköisesti Rahtijärven Valkea-Mustajärveä suuremmasta haukikannasta, tiheämmästä särkikalastosta ja huonommasta veden laadusta.

Vuosiluokkien 1976-1977 kasvutietojen ja ajanjakson 1973-1981 luonnollisen kuolevuuden perusteella Rahtijärven istutuksiin perustuvan siikavuosisiluokan maksimibiomassaksi saadaan noin 20 kg/1000 istukasta ja Valkea-Mustajärven 200-300 kg/1000 istukasta, jos siikoja istutetaan vuosittain 100 kpl hehtaarille. Tuotannoksi muutettuina edellä esitetyt maksimibiomassat merkitsevät Rahtijärvessä $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$:n ja Valkea-Mustajärvessä $20-30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$:n nettotuotantoa. Suuri ero selittyy sillä, että kyseessä ovat siiantuotannon kannalta eri tyyppiset järvet, joissa eläinplanktonuotantoa käyttäville siioille soveltuvan vapaan ekologisen lokeron suuruudessa on oleellinen ero.

Rahtijärven siiantuotanto on niin alhainen, ettei siitä ole kalastettavissa istukkaiden arvoa vastaavaa saalista. Sen sijaan Valkea-Mustajärven siiantuotanto antaa mahdollisuuden

niin suuriin siikasaaliisiin, että saaliiden arvo voi kohota moninkertaiseksi istutuskustannuksiin verrattuna.

Koska tässä tutkimuksessa siiantuotannon tarkastelu oli teoreettinen, on jatkotutkimuksissa selvitettävä, kuinka suuri osa siikojen nettotuotannosta on käytännössä kalastettavissa ja minkälaiset istutustiheydet ja -taajuudet antavat edullisimman tuloksen pienjärvien kalataloudellista arvoa siikais-
tutuksilla kohotettaessa.

KIIITOKSET

Tämä työ on osa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tutkimusprojektia, jossa selvitetään plankton- ja peledsiian tuotantobiologiaa ja soveltuvuutta pienvesien hoitoon.

Lausun kiitokseni FL Kai Westmannille ja FK Markku Pursiainenle mahdollisuudesta työskennellä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella ja Evon kalastuskoeasemalla, prof. Veikko Sjöblomille ja MMK Mikael Hildénille monista työni kannalta oleellisista neuvoista ja FK Kalervo Salojärvelle keskusteluis-
ta, joissa tuli esille aiheen käsittelyn kannalta tärkeitä näkökohtia.

Lisäksi haluan kiittää lukuisia henkilöitä avustamisesta aineiston keräämisessä ja käsittelyssä, rakennusmestari Osmo Ranta-Ahoa kuvien piirtämisestä ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen konekirjoittajia puhtaaksikirjoituksesta.

LÄHDELUETTELO

- ABRAMSON, N.J. 1971: Computer programs for fish stock assessment. - FAO Fish. Techn. Pap. 101.
- Anon. 1977: Report of the Ad Hoc Meeting on the Provision of Advice on the Biological Basis for Fisheries Management. - ICES Cooperative Research Report 62, 16 pp.
- Anon. 1980: Hunttijärven vedenlaatu ja kalasto. - Helsingin yliopisto, limnologian laitos. Laudaturkurssityö. 49 pp. (moniste).
- Anon. 1981: Kalanpoikasten hintasuositus vuodelle 1981. - Suomen Kalastuslehti 88:27.
- Asetus n:o 401/79. Asetus tuoreen kalan käsittelystä ennen kulutukseen tai jalostettavaksi toimittamista. - Valtion painatuskeskus. Helsinki.
- BAGENAL, T.B. & TESCH, F.W. 1978: Age and growth. - In: BAGENAL, T. (ed.), Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, Int. Biol. Programme, Handbook No 3, 3rd ed., pp. 101-136. - Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh & Melbourne.
- BELL, G., HANDFORD, P. & DIETZ, C. 1977: Dynamics of an exploited population of lake whitefish (Coregonus clupeaformis). - J. Fish. Res. Bd Can. 34: 942-953.
- von BERTALANFFY, L. 1938: A quantitative theory of organic growth. - Human Biol. 10: 181-213. Ref. RICKER 1975.
- BROFELDT, P. 1920: Evon kalastuskoeasema, 25-vuotinen toiminta ja tulokset 1892-1917. - Suomen Kalatalous 6: 1-141.
- CADIMA, E.L. 1978: Cohort analysis. - In: Anon., Models for fish stock assessment. - FAO Fisheries Circular 701: 49-60.
- CHAPMAN, D.G. 1951: Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological sample censuses. - Univ. Calif. Publ. Stat. 1: 131-160.
- EINSELE, W. 1943: Über das Wachstum der Coregonen im Vor-alpengebiet, insbesondere über das Verhältnis von Schuppen- und Längenwachstum. - Zeitsch. für Fischerei 41 (1): 23-45.
- ESKELINEN, U. & SUMARI, O. 1981: Kalanviljely Suomessa vuonna 1980. - Suomen Kalankasvattaja 1981 (4): 21-23.
- GOTTBERG, G. 1918: Kalanistutuksista Suomessa. - Kalastustentarkastajan julkaisuja N:o 8: 1-36.
- GULLAND, J.A. 1965: Estimation of mortality rates. Annex to Report Arctic Fish. Working Group. - ICES C.M. 1965 (3). 9 pp. (moniste).
- HAKKARI, L., WESTMAN, K. & SELIN, P. 1982: The food of the native whitefish (Coregonus muksun) and the introduced whitefish (C. peled) stocked in the same small forest lakes in southern Finland. - EIFAC Symposium, Budapest, toukokuu 1982. (käsikirjoitus).

- HEALEY, M.C. 1975a: Dynamics of exploited whitefish populations and their management with special reference to the Northwest Territories. - J. Fish. Res. Bd Can. 32: 427-448.
- 1975b: Production in unexploited lake whitefish populations in northern Canadian lakes. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 2371-2377.
- 1980: Growth and recruitment in experimentally exploited lake whitefish (Coregonus clupeaformis) populations. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 255-267.
- Järvikalastuskomitean osamietintö vuodelta 1953. - Komiteanmietintö. Valtion painatuskeskus, Helsinki. 68 pp.
- Kalatalouden tavoitekomitean mietintö 1979. - Komiteanmietintö 1979:41. Valtion painatuskeskus, Helsinki. 125 pp.
- KENYON, R.B. 1978: Growth changes in a population of whitefish in Lake Erie. - New York Fish and Game Journal 25 (2): 129-139.
- MACHNIAK, K. 1975: The effects of hydroelectric development on the biology of northern fishes (reproduction and population dynamics). I Lake whitefish Coregonus clupeaformis (Mitchill). A literature review and bibliography. - Technical Report 527. 67 pp.
- MALASHKIN, N.N., AFANASYEV, E.A., ANTIPOVA, L.F., IVANOVA, M.A., MININA, N.G., TARASOVA, S.G., RAKHMANOV, V.R. & ULYANOVA, R.P. 1978: Experience in creation of spawners stocks and in the peled eggs in lake market fish farms (in Russian) Opyt sozdaniya matotsnih stad i zagotovki ikri peljadi v ozernyh hozjajstvah. - Trudy Pskovskogo otdeleniya GosNIORH 3: 35-82.
- MILLS, K.H. & BEAMISH, R.J. 1980: Comparison of fin - ray and scale age determination for lake whitefish (Coregonus clupeaformis) and their implications for estimates of growth and annual survival. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 534-544.
- MÄÄTTÄ, V. 1982: Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen siian emokalanviljely. - Kalatalousteknikkötö. (käsikirjoitus).
- ORIORDAN, A. & KENNEDY, M. 1964: Preliminary report on experimental stocking of rainbow trout (Salmo gairdneri) in small Irish lakes. - The inland Fisheries Trust Incorporated. Dublin. Ref. TUUNAINEN 1965.
- POWER, G. 1978: Fish population structure in Arctic lakes. - J. Fish. Res. Bd Can. 35: 53-59.
- PRUUKI, V. 1982: Pienjärvet hoidon kohteeksi - kalastusta tehostamaan ja siikoja istuttamaan. - Kalamies 1983(8): 3.
- PRUUKI, V., PURSIAINEN, M. & WESTMAN, K. 1982: A study of the growth and production of the native whitefish (Coregonus muksun (Pallas)) and the introduced whitefish (C. peled (Gmelin)) stocked in two small forest lakes in southern Finland. - EIFAC Symposium, Budapest, toukokuu 1982. 14 pp. (käsikirjoitus).

- PRUUKI, V., PURSIAINEN, M. & WESTMAN, K. 1983: Vähäarvoisten kalojen tehostetusta pyynnistä ja pyynnin vaikutuksista kalastoon Evon kalastuskoeaseman pienjärvissä. - Suomen Kalastuslehti 90: 60-65.
- RESHETNIKOV, Y.S. 1979: Whitefishes in Northern Ecosystems. - J. Ichthyol. 19(3): 31-44.
- RICKER W.E. 1947: Mortality rates in some little - exploited populations of freshwater fishes. - Trans. Am. Fish. Soc. 77: 114-128.
- 1975: Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. - Bull. Fish. Res. Bd Can. 191: 1-382.
- ROBSON, D.S. & REGIER, H.A. 1964: Sample size in Petersen mark-recapture experiments. - Trans. Am. Fish. Soc. 93: 215-226.
- ROBSON, D.S. & REGIER, H.A. 1971: Estimation of Population Number and Mortality Rates. - In: RICKER, W.E. (ed.), Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, Int. Biol. Programme, Handbook No 3, 2nd ed., pp. 131-165. - Blackwell Scientific Publications, Oxford & Edinburgh.
- RUDENKO, G.P. 1975: Results of work on rehabilitation of Krivoe lake with a view to use it as a fishery pond (in Russian) Itogi rabot po rybohozjajistvennomu preobrazovaniju ozera Krivoe. - Izvestija GosNIORH 99: 148-160.
- SALOJÄRVI, K. 1980: Siikaistutusten tuloksista ja kannattavuudesta. - Suomen Kalastuslehti 87: 82-89.
- 1982: Kiantajärven siikakantojen hoidon biologiset perusteet. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. (käsikirjoitus).
- SALOJÄRVI, K., AUVINEN, H. & IKONEN, E. 1978: Oulujoen vesistön kalataloudellisen hoidon kokonaissuunnitelma. Osa I. Liite: Atk-sovellutukset. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. (moniste).
- SALOJÄRVI, K., AUVINEN, H. & IKONEN, E. 1981: Oulujoen vesistön kalatalouden hoitosuunnitelma. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 1, 1981. 277 pp.
- SPANGLER, G.R. 1970: Factors of mortality in an exploited population of whitefish, *Coregonus clupeaformis*, in northern Lake Huron. - In: LINDSEY, C.C. & WOODS, D.S. (eds.), Biology of Coregonid fishes, pp. 515-529. - Univ. Manitoba Press, Winnipeg.
- SUMARI, O. 1971: Structure of the perch populations of some ponds in Finland. - Ann. Zool. Fennici 8: 406-421.
- TIKHOMIROVA, L.P. 1975: Feeding and food interrelations of fish in Krivoe lake (in Russian) Pitanie i pishsevye vzaimootnošenija ryb v ozere Krivom. - Izvestija GosNIORH 99: 101-122.
- TITOVA, G.D. 1978: The economic efficiency of the intensification of fish farming in small and medium-sized lakes (in Russian) Ekonomicheskaya effektivnost' intensivifikatsii rybnogo hozyaystva na melkikh i srednikh ozerakh. - Moscow, Author's Abstract of Canditure Thesis. Ref. RESHETNIKOV 1979.

- TOIVONEN, J. 1964: Rotenonmyrkytysten avulla saatuja tietoja eräiden lampien kalakannoista ja niihin vaikuttavista tekijöistä. I Lampien yleisluonne ja kokonaiskalamäärät. - Suomen Kalastuslehti 71: 156-161.
- 1968: Tuloksia peledsiikakokeilusta. - Suomen Kalastuslehti 75: 208-211.
- TUUNAINEN, P. 1965: Taimenen ja sateenkaariraudun kasvusta rotenonilla myrkytetyissä lammissa. - Limnologisymposium 1965: 127-135.
- YOUNGS, W.D. & ROBSON, D.S. 1978: Estimation of Population Number and Mortality Rates. - In: BAGENAL, T. (ed.), Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, Int. Biol. Programme, Handbook No 3, 3rd ed., pp. 137-164. - Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh & Melbourne.

**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,
KALANTUTKIMUSOSASTO**

MONISTETTUJA JULKAISUJA

- No 1. SALOJÄRVI, K., AUVINEN, H. ja IKONEN, E.: Oulujoen vesistön kalatalouden hoitosuunnitelma. Helsinki 1981. 277 s.
- No 2. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1981. Helsinki 1981. 151 s.
- No 3. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn III neuvottelupäivät 8.—9.5.1979 Laukaan Pitkäniemessä. Helsinki 1981. 90 s.
- No 4. HEIKINHEIMO-SCHMID, O.: Siian ravinnosta luonnontilaisessa ja säännöstellyssä järvessä. Helsinki 1982. 64 s.
- No 5. SEPPOVAARA, O.: Harjuksen (*Thymallus thymallus* L.) levinneisyys, biologia, kalastus ja hoitotoimet Suomessa. Helsinki 1982. 88 s.
- No 6. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1982. Helsinki 1982. 146 s.
- No 7. AUVINEN, H., TOIVONEN, J., HEIKKINEN, T. ja MANNINEN, K.: Kalastus Vuoksen vesistön eteläosissa vuonna 1979. Helsinki 1983. 16 s.
- No 8. NIEMELÄ, E. ja HYNNINEN, P. R.: Utsjoen tunturivesien kalakantojen hoitosuunnitelma. Helsinki 1983. 114 s.
- No 9. BÖHLING, P., LEHTONEN, H. ja VIITANEN, M.: Saaristomeren pohjoisosan kalatalouden nykytila. 1—85.
LEHTONEN, H., BÖHLING, P. ja HILDÉN, M.: Saaristomeren pohjoisosan kalavarat. 86—140. Helsinki 1983.
- No 10. SALOJÄRVI, K., HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja JUTILA, E.: Hyrynsalmen reitin kala- ja rapukannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi. Helsinki 1983. 96 s.
- No 11. SALOJÄRVI, K., HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja VIHERVUORI, A.: Sotkamon reitin kala- ja rapukannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi. Helsinki 1983. 99 s.
- No 12. WESTMAN, K., TUUNAINEN, P., JURVELIUS, J. and PURSIAINEN, M.: Country Report of Finland for the Intersessional Period 1978—1980. 1—25.
JURVELIUS, J., PURSIAINEN, M., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P.: Country Report of Finland for the Intersessional Period 1980—1982. 26—52. Helsinki 1983.
- No 13. Saaristomeren pohjoisosan kalatalouden kehittämissuunnitelma. Helsinki 1983. 48 s.
- No 14. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn IV neuvottelupäivät 9.—10.4.1980 Lammin biologisella asemalla. Helsinki 1983. 70 s.
- No 15. TOIVONEN, J., IKONEN, E., LINDSTRÖM, A., ALAPASSI, T. ja KOKKO, U.: Järvi- ja lampien merkittävien poikasten istutukset Suomessa vuosina 1959—1969. Helsinki 1983. 226 s.
- No 16. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1983. Helsinki 1983. 143 s.
- No 17. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn V neuvottelupäivät 2.—3.4.1981 Laukaan Pitkäniemessä. Helsinki 1984. 67 s.
- No 18. KOLJONEN, M—L.: Ihmisen toiminnan vaikutus lohen perinnölliseen rakenteeseen. Helsinki 1984. 39 s.
- No 19. KEINÄNEN, A.: Konneveden kalasto ja kalastus vuosina 1969—1970. Helsinki 1984. 55 s.

SISÄLTÖ

PRUUKI, V.: Peledsiian (Coregonus peled (Gmelin)) ja plänktonsiian (Coregonus muksun (Pallas)) kantojen arviointi ja istutusten kannattavuus kahdessa eteläsuomalaisessa pienjärvessä. 55 s.