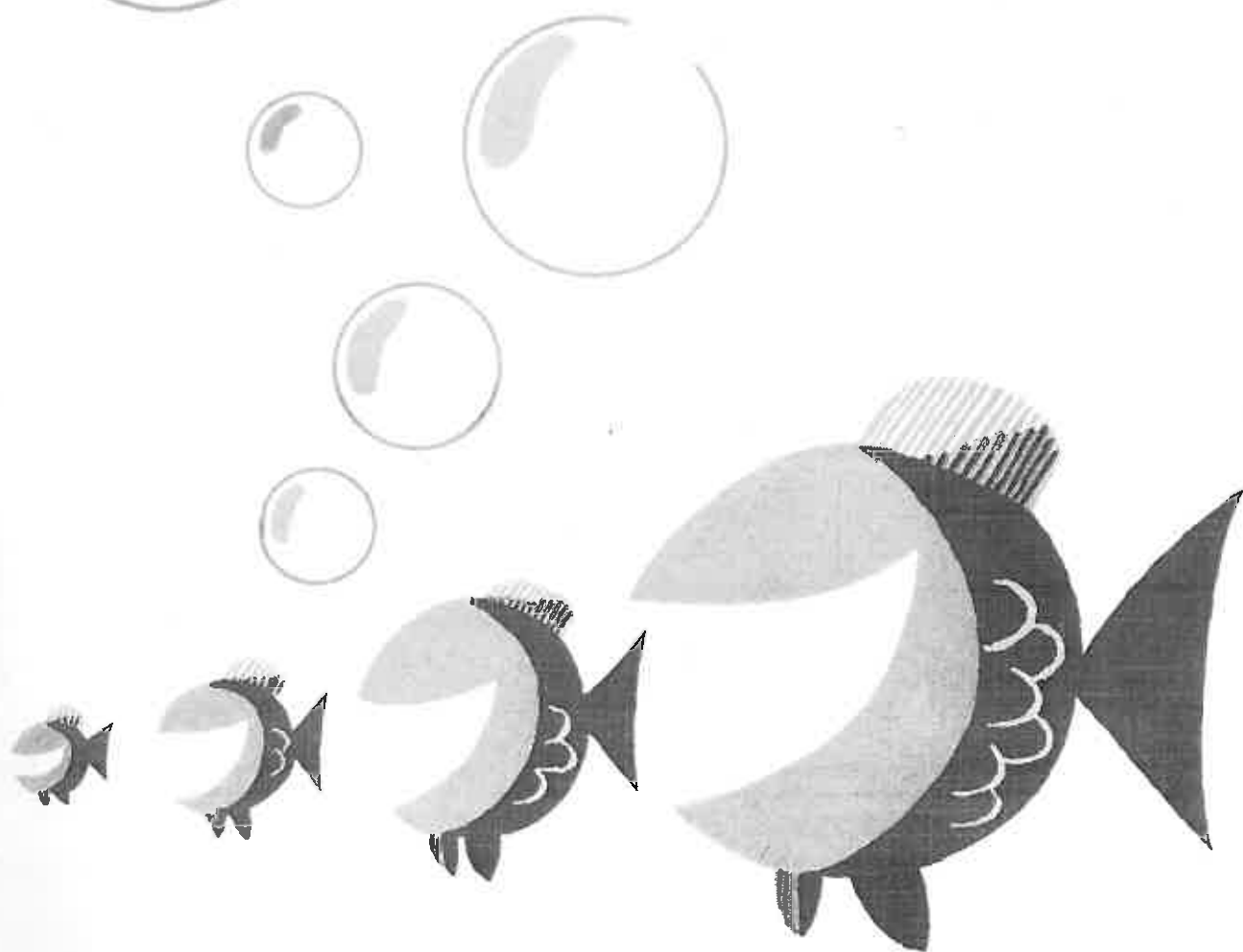


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO



MONISTETTUJA JULKAISUJA

73
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 202, 00151 Helsinki.

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 202, 00151 Helsingfors.

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 73

1987

LAUKAAN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSELLA
VUOSINA 1978-1984 TEHTYJÄ TUTKIMUKSIA

HELSINKI 1987

ISBN 951-8914-02-8
ISSN 0358-4623
HELSINKI 1987
YLIOPISTOPAINO

SISALLYSLUETTELO

	sivu
Alkusanat	1
Rehun kosteuden ja raekokojakauman vaikutus annostel- tavuuteen automaattiruokinnassa U. Eskelinen	2
Vuotuisen lisäkasvun ennustaminen rehunkulutuksen ar- vioimiseksi kalanviljelylaitoksella K. Ruohonen	7
Tulokset kahden Ewos-lohirehun vertailusta lohen 1. kesän kasvatuksessa Laukaan keskuskalanviljelylaitok- sella 1983 U. Eskelinen, R. Jäppinen ja E. Anttonen	12
Nevan lohen ensimmäisen kesän kasvatus kolmella kuiva- rehulla Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella vuonna 1981 T. Mäkinen, R. Jäppinen ja O. Sumari	25
Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella Ewos L 119/81 ja S 80 rehuilla vuonna 1981 suoritettu lohen ruokin- takoe T. Mäkinen, O. Sumari ja P. Eskelinen	37
Vertaileva kasvatuskoe lohella Ewos S 31 ja Ewos T 40 rehuilla vuonna 1980 T. Mäkinen ja O. Sumari	60
Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella yhteistyössä Juurikassokeri Oy:n kanssa vuonna 1979 toimeenpannun rehukokeen tulokset T. Mäkinen ja O. Sumari	74
Vaasan Höyrymylly Oy:n koerehuilla tehtyjen kasvatus- kokeiden tulokset vuonna 1979 T. Mäkinen ja O. Sumari	85
Lohen kasvatuskoe Vaasan Höyrymylly Oy:n koerehuilla vuonna 1978 T. Mäkinen ja O. Sumari	110
Lohikalojen mädinkehityksestä Laukaan keskuskalanvil- jelylaitoksella E. Erkamo ja U. Eskelinen	134

	sivu
Mätimäärien arvioinnista mätimunnan halkaisijan avulla U. Eskelinen ja R. Jäppinen	145
Lohiparvien mädintuotannon ennustaminen K. Ruohonen ja U. Eskelinen	152
Lohikalojen mädin ja maidin säilyttäminen K. Nyholm ja J. Piironen	161
Kalojen kuljetusveden tuuletustehon tarve ja tuuletuk- sen vaikutus veden lämpötilaan U. Eskelinen ja E. Erkamo	170
Tuuletuksen vaikutus kalojen kuljetusveden laatuun, vuoden 1984 kuljetuskoe P. Eskelinen	176
Porraskosken koekalanviljelylaitoksen pyörreselkeytti- men toimivuuden tutkimus T. Mäkinen	189
Lietteen kerääntyminen ja hydrauliset ominaisuudet kolmella koealtaalla Savon Taimen Oy:n kalanviljely- laitoksella 1983 T. Mäkinen	213
Fosforin vapautuminen eri rehuilla ruokittujen kirjo- lohien ulostelietteestä P. Eskelinen	229
Hydixor-ilmastuslaitteen käyttökelpoisuutta kalanvil- jelyssä selvittävä koe Laukaan keskuskalanviljelylai- toksessa 1983 T. Mäkinen, P. Eskelinen ja R. Jäppinen	246
Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen kokemuksia lohien luonnonravintoviljelystä U. Eskelinen	253
Tuloksia Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen lohimer- kinnöistä K. Ruohonen	261

Alkusanat

Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen toimintaan kuuluu tuotannon ohella tutkimus. Erilliset projektit ovat ulospäin näkyvin osa tutkimusta. Kokonaisuus on kuitenkin monitahoisempi. Merkittävä osa tutkimustyöstä on laitoksen välittömiä tietotarpeita palvelevaa toimintojen ja tuotteiden kehittelyä. Tämä tutkimus on kiinteässä vuorovaikutuksessa tuotannon kanssa. Vuosien varrella on Laukaassa tehty selvityksiä, jotka ovat käsitelleet suppea-alaisia kalanviljelyn erityiskysymyksiä. Tulokset on raportoitu keskuskalanviljelylaitoksen omaan käyttöön. Vaikka näillä raporteilla ei luonteensa vuoksi voi olla kovin laajaa yleistä kiinnostavuutta, on niiden aihepiiriä koskevia kyselyjä tullut toistuvasti. Tämä on synnyttänyt paineen julkistaa tehdyt raportit sopivalla tavalla.

Käsillä oleva kooste ei ole, eikä pyri olemaan tyhjentävän tieteellinen, vaan pikemminkin retrospektiivinen katsaus Laukaassa harjoitettuun kalanviljelyn kehittämistyöhön ja sen tuloksiin. Tämä näkökulma antaa mukana olon oikeutuksen myös uutuusarvonsa jo menettäneille töille.

Kirjoittajat

REHUN KOSTEUDEN JA RAEKOKOJAKAUMAN VAIKUTUS ANNOSTELTAVUUTEEN AUTOMAATTIRUOKINNASSA

Unto Eskelinen

1. Johdanto

Kalojen ruokinnan automatisoinnissa on yleisimmin tavoitteena pääsy mielekkäisiin ruokintaohjelmiin kilpailukykyisin kustannuksin. Kalojen kasvua edesauttavat muutokset, kokonaisruokinta-ajan pidentäminen ja ruokintavälin lyhentäminen eivät automaattiruokinnassa ole kustannuslisäyksiä. Toisin on laita käsiruokinnassa.

Koska ruokinta-automaatti ei kontrolloi kalojen kylläisyyttä, on sen annostelevuuden oltava tarkka, jotta tahaton yli- tai aliruokinta vältetään. Useimpien kaupallisten automaattityyppien annostus on aikaohjattava. Syöttönopeus tietyllä säädöllä oletetaan vakioksi. Syöttömekanismi ei kuitenkaan ole mittaava, vaan perustuu rehun painovoimaiseen valumiseen. Rehun fysikaaliset ominaisuudet vaikuttavat annostustarkkuuteen. Erityisesti pikkupoikasruokinnassa, jossa automatisoinnin teoreettiset edut ovat ilmeisimmät, ovat myös suuret suhteelliset annostusvirheet mahdollisia.

Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella tehtiin kesällä 1983 koe, jossa testattiin rehun kosteuden ja raekokojakauman vaikutusta annostustarkkuuteen kahdella syöttönopeudella. Kokeen tulokset esitellään tässä raportissa.

2. Aineisto ja menetelmät

Kokeet tehtiin kahdella EWOS 505 automaatilla käyttäen syöttöajan ja -raon yhdistelmiä 1 min/6 mm sekä 3 min/5 mm.

Käytetty rehu oli mureista LOHI-SMOLTTI kuivarehua, josta oli seulasarjalla valmistettu kaksi raekokojakaumaa, mahdollisimman tasarakeinen ja toisena sekarakeinen, jonka murekoon hajonta vastasi suurinta kaupallisista mureista mitattua hajontaa. Tasa- ja sekarakeisen rehun raekoon hajonta on esitetty kuvassa 1.

Rehuja tehtiin kahta käyttökosteutta säilyttämällä rehueriä 5 vrk 65 ± 5 % ja 100 % ilman suhteellisessa kosteudessa (RH). Rehujen mitatut kosteudet olivat seuraavat:

RH 65 %	tasarakeinen	8.0 %
	sekarakeinen	7.7 %
RH 100 %	tasarakeinen	18.0 %
	sekarakeinen	17.0 %

Kokeet tehtiin kaikilla automaatti/syöttösäätö/kosteus/raekokoyhdistelmillä. Kussakin kokeessa punnittiin 20 syötetyn rehuanoksen paino.

3. Tulokset

Koekohtaiset syöttötulokset on koottu taulukkoon 1 ja keskimääräiset annoksen painon vaihtelukertoimet muuttujittain taulukkoon 2.

Tulokset ovat osittain epäjohdonmukaisia. Automaatti 1 syöttää 5 mm rakosäädöllä kuivaa rehua enemmän kuin automaatti 2, mutta kosteaa rehua vähemmän. 6 mm rakosäädöllä erot ovat pieniä. Kokonaisuutena automaattien annostustarkkuudessa ei ole suurta eroa.

Tasarakeisen rehun annostustarkkuus on molemmilla automaateilla ja syöttösäädöillä ja kummallakin kosteudella parempi kuin sekarakeisen.

Kostea rehu annostuu tarkemmin kuin kuiva lukuunottamatta sekarakeista rehua 6 mm raolla. Kostuminen tahmeuttaa rehua ja estää rehun valumisen itsestään. Kokeessa käytetty kosteutus heikentää kuitenkin rehun laatua.

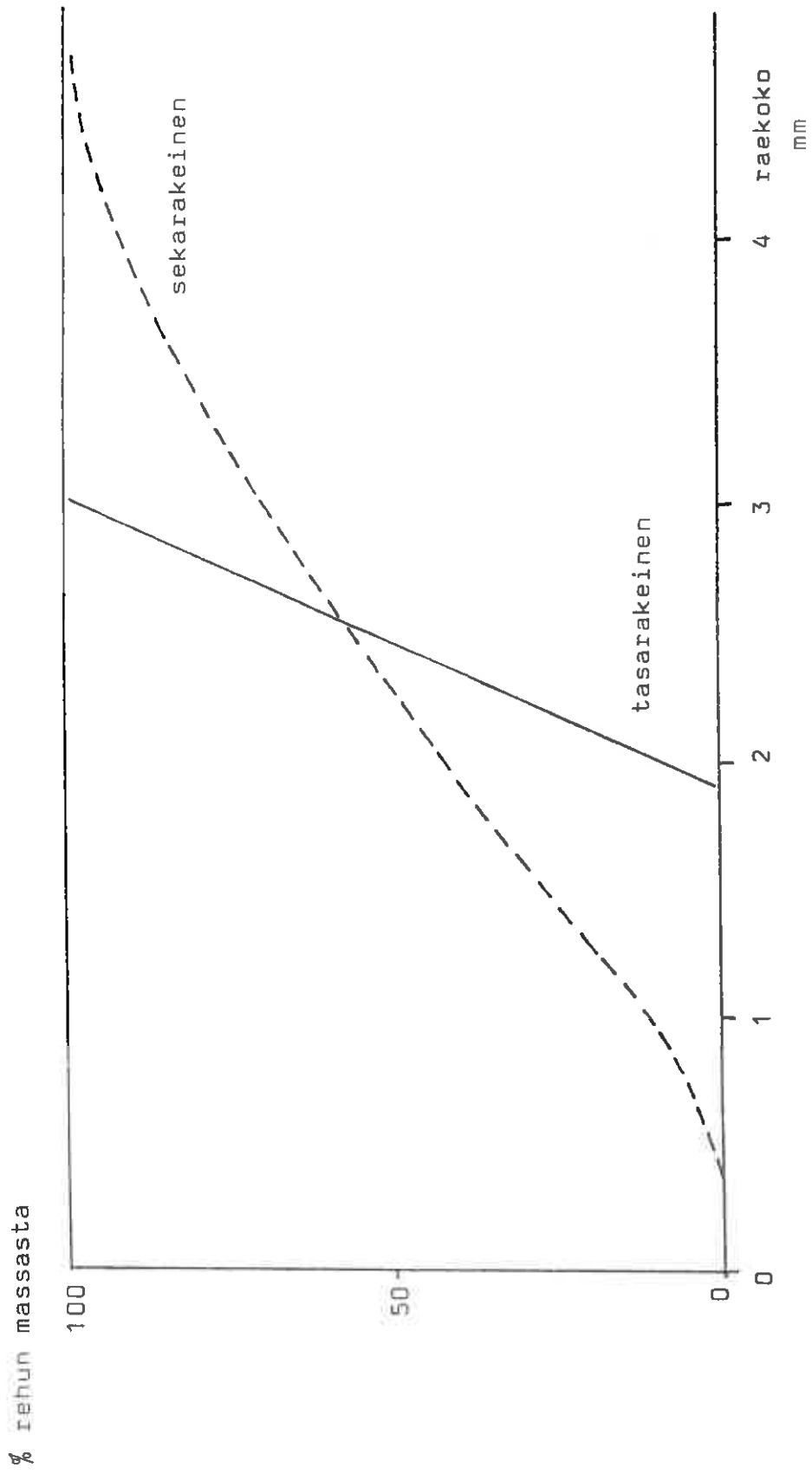
4. Tarkastelu

Kokeessa käytetyllä automaattityypillä rehun fysikaalisten ominaisuuksien vaikutus annostelutarkkuuteen on selvä. Myös automaattien välillä on niin suuria eroja, ettei todellista syöttönopeutta voida päätellä mitatuista automaatin asetuksista. Pyrittäessä tarkkaan ruokintaan on jokaisen automaatin todellinen syöttönopeus mitattava.

Annostustarkkuus käytetyillä rehuilla ja automaateilla on jokseenkin riittävä harvaväliseen rutiiniruokintaan. Annostusvirheen luonne on enemmän absoluuttinen kuin suhteellinen. Kerta-annoksen kasvaessa suhteellinen virhe pienenee. Suurilla ja nopeasti syötetyillä kerta-annoksilla automaatti toimii kohtuullisesti.

Lohikaloilla hyvän ja tasaisen kasvutuloksen saaminen edellyttää tiheävälistä ruokintaa ja hidasta syöttönopeutta. Kokeessa käytetty automaattityyppi soveltuu tasarakeisellakin rehulla huonosti tämäntyyppisiin ruokintaohjelmiin.

Tiheäväliseen ruokintaan ja erityisesti tutkimustarkoituksiin riittävän tarkan automaatin annostuksen tulee perustua joko syötettävän rehuerän tilavuusmittaukseen tai syötettävän/automaattiin jäävän rehumäärän painon mittaukseen.



Kuva 1. Kokeissa käytettyjen iehujen raekokojakauma kertymäkuvaajana.

Taulukko 1. Rehuannosten keskipaino (XW), keskihajonta (SD) ja prosentuaalinen vaihtelukerroin (CV) eri kokeissa. Kunkin kokeen N = 20.

Koejärjestely	rehun säilytysilman kosteus (RH)					
	65 %			100 %		
	XW	SD	CV	XW	SD	CV
3 min/5 mm						
tasarae autom. 1	28.52	1.72	6.0	19.37	1.08	5.5
autom. 2	14.94	1.78	11.9	23.75	0.65	2.7
sekarae autom. 1						
	20.55	2.83	13.8	18.47	0.99	5.4
autom. 2	9.95	1.49	14.9	20.86	1.41	6.8
1 min/6 mm						
tasarae autom. 1	12.14	1.36	11.2	8.73	0.48	5.5
autom. 2	9.23	0.60	6.5	8.43	0.46	5.5
sekarae autom. 1						
	8.88	1.48	16.7	6.61	1.09	16.5
autom. 2	7.69	0.80	10.4	6.53	1.01	15.5

Taulukko 2. Keskimääräiset rehuannoksen painon vaihtelukertoimet muuttujittain.

Ilmankosteus		automaatti		syöttösäätö		raekoon hajonta	
65 %	100 %	no 1	no 2	3/5	1/6	tasa	seka
11.4	7.9	10.1	9.3	8.4	11.0	6.9	12.5

VUOTUISEN LISÄKASVUN ENNUSTAMINEN REHUNKULUTUKSEN ARVIOIMISEKSI
KALANVILJELYLAITOKSELLA

Kari Ruohonen

1. Yleistä

Kalanviljelylaitoksen rehunkulutus voidaan tietyllä tarkkuudella arvioida esimerkiksi tulevaa vuotta varten, mikäli tunnemme eri kalalajien (-kantojen ?) lisäkasvun ikäluokittain. Koska tulevaa lisäkasvua on mahdotonta tietää, on lisäkasvu pyrittävä ennustamaan jollakin hyväksytyllä tarkkuudella. Lisäkasvun ennustamiseksi on luotavissa varmasti useita erilaisia malleja. Seuraavassa esiteltävä malli perustuu kalaston koostumukseen ja määrään ennustettavan vuoden alussa. Vuotuinen lisäkasvu ikäluokittain arvioidaan ennustamalla kunkin ikäluokan keskimassan muutos.

2. Mallin perusteista

Ennusteen laadinnassa tunnetuiksi (so. selittäviksi) muuttujiksi oletetaan:

a_i = kalan ikä
 N_i = ikäluokan i yksilömäärä
 d_i = ikäluokan i kuolleisuus
 w_i = ikäluokan i keskimassa

Em. muuttujista lasketaan lisäksi seuraavat apusuureet:

Δw_i^k = lisäkasvukerroin
 q_i = ikäluokan i suhteellinen kuolleisuus

Seuraavien ennusteyhtälöiden avulla on yo. muuttujista ennustettavissa kalamassa (M), yksilömäärä (N), yksilön keskimassa (w) ja sen lisäys (Δw) sekä vuoden lisäkasvu (L). Ennusteyhtälöt ovat:

$$\Delta w_i = w_i \Delta w_i^k \quad (1)$$

$$w_{i+1} = w_i + \Delta w_i \quad (2)$$

$$N_{i+1} = N_i - d_i = N_i(1 - q_i) \quad (3)$$

$$M_{i+1} = N_{i+1}w_{i+1} = N_i(1 - q_i)(w_i + \Delta w_i) \quad (4)$$

$$L_i = N_{i+1}\Delta w_i = N_i(1 - q_i)\Delta w_i \quad (5)$$

k:n ikäluokan koko lisäkasvu

$$L_{tot}^k = \sum_{i=1}^k L_i \quad (6)$$

3. Käytäntö ja mallin soveltaminen

Käytännössä malli johtaa kahteen ongelmaan: tulevan keskimassan lisäyksen ja kuolleisuuden ennustamiseen. Eräs tapa lähestyä näitä ongelmia on määritellä lisäkasvulle ja kuolleisuudelle suhteelliset apusuureet, suhteellinen lisäkasvu (tässä lisäkasvukerroin) ja suhteellinen kuolleisuus, kuten populaatiobiologiassa yleisesti onkin tapana tehdä. Kuolleisuus voidaan ajatella suhteessa yksilömäärään lähtötilanteessa - jokin osa yksilöistä kuolee. Siten suhteellinen kuolleisuus q_i on

$$q_i = d_i / N_i \quad (7)$$

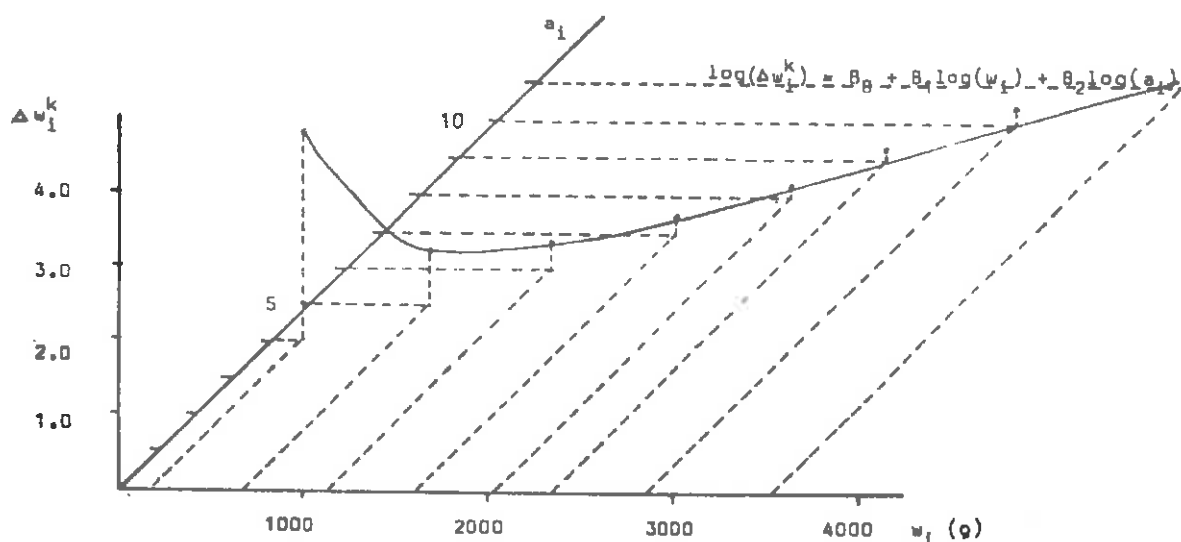
Lisäkasvukerroin voidaan määritellä vastaavalla tavalla. Yksilö kasvaa vuodessa tietyn osan lähtömassastaan, ts.

$$w_i^k = w_i / w_i \quad (8)$$

Lisäkasvukerroin voidaan ajatella melko tarkoin rajatuksi kalan äärellisyyden vuoksi. Oletetaan, että kerroin on kalan iän ja lähtömassin funktio. Kalan kasvussa tapahtuu muutoksia iän myötä. Toisaalta mitä suurempi kala on sitä vähemmän se voi kasvaa suhteessa lähtömassaansa. Voidaankin perustellusti esittää osamalli, jonka mukaan ikäluokan i lisäkasvukerroin Δw laskettavissa ikäluokan iän ja lähtömassin perusteella. Riippuvuus näiden muuttujien välillä on ennemminkin käyräviivainen kuin lineaarinen (vrt. kuva 1.). Lisäkasvukerroin saadaan siten yleisesti yhtälöstä

$$\log \Delta w_i^k = B_0 + B_1 \log w_i + B_2 \log a_i$$

Kertoimet B_0 , B_1 , B_2 ratkaisesta kahden selittävän muuttujan regressioanalyysillä. Tämän jälkeen lisäkasvu on laskettavissa yhtälöllä (1) käyttämällä lisäkasvukertoimen yhtälön (9) vasemmanpuolen antilogaritmia.



Kuva 1. Erään lohikannan (LN 72) kasvukertoimen riippuvuus kalan iästä ja lähtömassasta Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen aineiston mukaan.

Kertoimet B_0 , B_1 , B_2 määritettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella vuosina 1975 - 1983 kertyneestä kalastoaineistosta seuraaville kalalajeille: lohi, järvitaimen, meritaimen, järvilohi, siika ja kirjolohi (taulukko 1.). Eri kantojen tietoja yhdisteltiin kalalajeittain. Saatujen regressioyhtälöiden korrelaatiokertoimet ovat kaikki merkitseviä riskitasolla $\alpha = 0.99$.

Taulukko 1. Yhtälön (9) kertoimet joillekin kalalajeille Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen kalastoaineiston mukaan. Aineisto on vuosilta 1975 - 83. (R^2 = regressioyhtälöiden selitysaste).

Kalalaji	B_0	B_1	B_2	R^2	n
lohi	1.315	-0.651	0.329	0.834	32
järvitaimen	1.140	-0.426	-0.295	0.804	36
meritaimen	1.304	-0.962	1.500	0.735	34
järvilohi	1.196	-0.768	0.974	0.833	18
siika	1.247	-0.529	-0.326	0.741	33
kirjolohi	1.833	-0.439	-1.021	0.860	63

Koska kuolleisuus on käytetyn kalastoaineiston mukaan kalamäärästä ja yksilökoosta lähes riippumaton muuttuja ja kuolleisuuden hajonta on suuri, kuolleisuuden oletetaan eniten riippuvan sattumasta. Kuolleisuuden lajispesifin todennäköisyysfunktion muodostaminen vaatisi laajaa demografista aineistoa tuekseen, joten tässä tyydytään toistaiseksi kalalajeittain laskettuihin kuolleisuuskeskiarvoihin vuosilta 1975 - 1983 (taulukko 2.). Kuolleisuuden arviointia olisi syytä tarkentaa myöhemmin mikäli mahdollista.

Taulukko 2. Kalalajien keskimääräiset kuolleisuudet Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen aineiston mukaan vuosina 1975 - 1983.

Kalalaji	qi
lohi	0.294
järvitaimen	0.379
meritaimen	0.466
järvilohi	0.479
siika	0.285
kirjolohi	0.422

TULOKSET KAHDEN EWOS-LOHIREHUN VERTAILUSTA LOHEN 1. KESÄN KASVATUKSESSA LAUKAAN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSELLE 1983

Eskelinen Unto, Jäppinen Raimo, Anttonen Esko

1. Johdanto

Nopeasti kasvanut lohen vaelluspoikastuotanto ja parantuneet tiedot poikasten ravinnon ja aineenvaihdunnan sekä smolttien kunnon yhteydestä ovat tehneet kuivarehujen kehittämisen yhä tärkeämmäksi. Nevan lohikannan kasvatuksessa on erityismielenkiintoa myös rehun kasvatusominaisuuksilla. Lohenkasvatusruutiinit ovat kehittyneet niin, että nopeakasvuinen Nevan lohikanta saavuttaa hyvissä olosuhteissa intensiivisellä ruokinnalla optimaalista selvästi suuremman smolttikoon. Tämän vuoksi Laukaan keskuskalanviljelylaitos seuraa tiiviisti rehujen kehittymistä ja testaa niiden käyttökelpoisuutta. Tässä raportissa esitellään tulokset kokeesta, jossa testattiin markkinoilla olevan Ewos-S80 lohirehun ja Ewos-koerehun kasvatusominaisuuksia Nevan lohen 1. kesän kasvatuksessa.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Kalat

Kaloina käytettiin 0-vuotiaita lohia, jotka olivat peräisin samasta emo- ja lypsyryhmästä. Keskipaino startissa 0.2 g.

2.2. Ryhmät ja koeaika

Kummallakin rehutyyppillä kolme rinnakkaisallasta, A, B ja C. Yksilölaskettu alkumäärä A ja C-altaissa 8 000 kpl, B-altaassa 9000 kpl. Koe alkoi 8.6. ja päättyi 2.11.1983.

2.3. Altaat ja vesitys

Altaat olivat 4 m² vihreitä lujitemuovialtaita. Muoto neliömäinen, kulmien pyöristyssäde 30 cm. 70 % allasalasta peitetty harmaalla muovikalvolla. Vesitys kokeessa yhdellä putkella altaan kulmasta. Poisto keskeltä pinnasta teleskooppiputkella. Sihtinä lieriösihti. Virtaama 3.8. saakka 0.5 l/s, siitä eteenpäin 0.7 l/s. Kokeessa käytetty vesisyvyys 15 cm ja viipymät vastaavasti 19 min ja 14 min. Altaat puhdistettiin 2 kertaa viikossa.

2.4. Rehut ja ruokinta

Rehujen koostumukset pääkomponenttien osalta olivat vakuustodistusten mukaan seuraavat:

	Koerehu	Vakiorehu
Kosteutta	9 %	9 %
Raakarasvaa	18.5	14
Raakavalkuaista	51	48
Raakakuitua	1	2
Typettämiä uuteaineita	11	17
Tuhkaa	9.5	10

Merkittävin ero on koerehun korkeampi rasva- ja valkuaispitoisuus, mikä viittaa myös korkeampaan muuntokelpoiseen energiasisältöön.

Kalat ruokittiin käsin klo 7 - 21 hieman alle tunnin välein eli noin 20 kertaa/vrk. Ruokintateho oli Ewos-taulukon mukainen. Päivittäinen rehutarve (F) laskettiin kaavalla

$$F_t = FR \times \left[B_{t_0} - M_{t_0-t} + \left(\frac{1}{FC} \times F_{t_0-t} \right) \right]$$

jossa F_t = päivän t rehutarve
 FR = ruokintateho (% kalabiomassasta/vrk)
 B_t = kalabiomassasta punnitushetkellä t
 M_t^0 = ajalla $t_0 - t$ kuollut kalabiomassa
 FC^{0-t} = oletettu rehukerroin = 1.5
 F_t^0 = syötetty rehumäärä ajalla $t_0 - t$

Kummankin rehun tiheät ryhmät (B) siirrettiin 15.9. kylläisyysruokintaan.

2.5. Veden laatu ja sen seuranta

Altaat vesitettiin Peurunkajärven päällysvedellä, jota luonnehtivat seuraavat laatuparametrit

pH	6.7 - 7.1
väri mgPt/l	15 - 35
BHK mgO /l	0.9 - 2.0
kok-N mgN/l	0.3 - 0.6
kok-P ugP/l	10 - 20
H ₂ S mS/m	4.8 - 5.0

Veden lämpötilaa seurattiin päivittäin. Happipitoisuus mitattiin 4 kertaa viikossa. Lämpötila- ja happipitoisuustiedot on esitetty kuvassa 1. pH ja poistoveden ammoniumtyppipitoisuus mitattiin kerran viikossa. Koejakson kesto oli 147 vrk ja lämpösummat seuraavat

kokonais	2 025
yli 5 °C	1 290
yli 10 °C	660
yli 20 °C	3

2.6. Kasvun ja kuolleisuuden seuranta

Kuolleet kalat poistettiin päivittäin. Kasvua seurattiin välipunnituksilla kahden viikon välein. Punnitus tehtiin yhteispainopunnituksena 300 - 600 kalan otoksesta/allas. Kokeen lopussa jokaisesta altaasta mitattiin ja punnittiin 100 kalan otokset. Mittauksen yhteydessä tarkastettiin 50 kalasta/allas evien kunto sekä mahdolliset kiduskansivirheet ja varhaissukukypsät kalat.

3. Tulokset

3.1. Kasvu

Kalojen painokehitys- ja kasvunopeuskäyrät on esitetty kuvassa 2. Loppupainot ja -pituudet on koottu taulukkoon 1. Koe-ryhmissä kasvunopeus oli kauden alussa selvästi vakiorehuryhmiä suurempi. Kesäkuukausina vakiorehuryhmien kasvunopeus oli lievästi koerehua suurempi. Syksyllä tilanne taas kääntyi koerehun eduksi. Siirtyminen rajoitetusta ruokinnasta kylläisyysruokintaan nosti molemmilla rehuilla kasvunopeutta selvästi.

Kokojakaumat ryhmissä on esitetty kuvassa 3. Loppupainoltaan pienimmiksi jääneiden ryhmien jakauma on yksihiippuinen (vakiorehu A ja C), kun taas muissa ryhmissä selvästi kaksihiippuinen.

3.2. Kuolleisuus

Ryhmissä kokeen aikana havaittu kuolleisuus on esitetty taulukossa 2. Molempien rehujen tiheässä parvessa (B) kuolleisuus on selvästi korkeampi kuin muissa ryhmissä. Harvemman lähtötiheyden parvissa kuolleisuus on koerehulla pienempi. Kuolleisuus oli karsivaa ja voimakkaasti kauden alkuun painottuvaa. Kuolleisuus jakautui kuukausittain seuraavasti

	Koerehu	Vakiorehu
Kesäkuu	37.3 %	31.5 %
Heinäkuu	50.8	58.9
Elokuu	7.7	4.2
Syyskuu	2.6	2.8
Lokakuu	1.6	2.6

Kaikenkaikkiaan kuolleisuus oli pientä. Kuolleisuutta aiheuttaneita epidemioita tai loisinvaasioita ei esiintynyt.

3.3. Rehunkäyttö

Koeryhmien rehunkulutus, lisäkasvu ja rehukerroin on esitetty taulukossa 3. Kummallakin rehulla sisäinen vaihtelu oli vähäistä. Koerehun rehukerroin oli noin 5 % pienempi kuin vakiorehun. Rehukertoimen kehitys kokeen aikana on esitetty kuvassa 4. Massaan suhteutetun ruokinnan rehukerroin on aina käänteisessä suhteessa kasvunopeuteen.

3.4. Kalojen ulkoinen kunto

Poikasten kunnan arviointikriteereinä käytettiin kuntokerrointa ja evien kuluneisuutta. Tulokset on esitetty taulukossa 4. Koerehulla ruokittujen poikasten kuntokerroin on hieman suurempi kuin vakiorehuryhmien. Ero ei ole merkittävä. Eväkulumien on havaittu ilmestyvän ensin ja olevan pahimpia ryhmien suurikokoisimmilla kaloilla (ESKELINEN 1983). Koerehupoikasten keskimäärin suuremmasta koosta huolimatta niillä oli eväkulumia vähemmän kuin vakiorehupoikasilla. Muita ulkoisia vajaakuntoisuuden merkkejä, kuten rintaeväkulumia, kiduskansivajauksia tms. ei havaittu.

4. Tarkastelu

4.1. Kasvatusolosuhteet

Kokeissa käytetty kasvatusrutiini on Suomessa tavanomaisesti käytetty. Kalakuorma on varsin korkea. Enimmillään noin 85 kg kalaa sekuntilitraa kohti. Tämä on selvästi enemmän kuin kirjallisuudessa suositetut kuormat (PIPER 1970, WESTERS 1978) ja saattaa johtaa loppukesällä hypoksisiin olosuhteisiin.

4.2. Rehun käyttö ja kasvu

Kokeessa vertailut rehut oli valmistettu eri tuotantolinjoilla, joten niissä saattoi olla kasvatuksen kannalta merkityksellisiä eroja muissakin suhteissa, kuin kemiallisen koostumuksen osalta.

Koerehulla saavutettiin selvästi vakiorehua parempi alkukasvu seurauksena tehokkaammasta rehunkäytöstä. Osatekijänä parempaan maittavuuteen oli koerehun edullisempi murekoko. Kokojakaumaltaan heterogeenisemmän vakiorehun mureista suurempi osa oli sopimattomia. Ellei rehun ainesosien jauhatuskarkeus ole huomattavasti hienojakoisempi kuin pienin murekoko, voi myös mureiden kemiallinen koostumus ja sen myötä maittavuus vaihdella suuresti.

Rehunkäyttöteho ja kasvunopeus kääntyi keskikesällä vakiorehulla paremmiksi. Tämä lienee osittain veden laadusta johtuva takaisinkytkentä. Paremman startin seurauksena koerehualtaiden kalamassa kasvoi nopeammin ja johti heikompaan happitilanteeseen. Hengityksen energiatarpeen nousu alensi kasvunopeutta. Vastaava ilmiö on todettu aiemmin (ESKELINEN 1983).

4.3. Kuolleisuus

Kuolleisuus kaksinkertaistui, kun kasvatustiheyttä nostettiin 12 %. Lähtötiheyden ja kuolleisuuden yllättävän selkeä yhteys on havaittu aiemminkin (JAPPINEN & al. 1982). Ilmiö osoittaa, että käytetyt tiheydet ovat kantokyvyn ylärajoilla. Pienikin tiheyslisa kasvattaa ympäristöstressiä ja lisää merkittävästi kuolleisuutta. Aineisto ei anna mahdollisuutta yksiselitteisesti selvittää kuolleisuuserojen ja rehukoostumuserojen yhteyttä. Runsasrasvaisen rehun alempi kuolleisuus on tämän kokeen lisäksi havaittu eräissä muissakin töissä (BERGSTRÖM 1973, ESKELINEN 1983).

5. Kirjallisuus

- BERGSTRÖM, E. 1973. The role of nutrition in growth and survival of young hatchery reared Atlantic salmon - Int. Atl. Salm. Found Spec. Publ. 4: 255-284.
- ESKELINEN, U. 1983. Lohenpoikasten vertailevien kasvatuskokeiden tuloksia. - Käsikirjoitus, 12 s. Laukaan keskuskalanviljelylaitos.
- JAPPINEN, R., MAKINEN, T. ja SUMARI, O. Nevan lohen ensimmäisen kesän kasvatus kolmella kuivarehulla Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella 1981. - Käsikirjoitus 11 s. Laukaan keskuskalanviljelylaitos.
- PIPER, G. R. 1970. Know the proper carrying capacities of your farm. - Am. Fish. U.S. Trout News 15: 4-6.
- WESTERS, H. 1978. Biological consideration in hatchery design for coolwater fishes. - Am. Fish. Soc. Spec. Publ. 11: 246-253.

Taulukko 1. Kalojen loppupainot ja pituudet koeryhmissä

	Koerehu			\bar{x}	Vakiorehu			\bar{x}
	A	B	C		A	B	C	
Keskipituus cm	8.92	9.15	8.21	8.76	8.06	8.69	8.29	8.35
Keskipaino g	7.50	8.35	6.09	7.31	5.38	6.91	5.84	6.04

2

Taulukko 2. Kuolleisuus (%) koeryhmissä

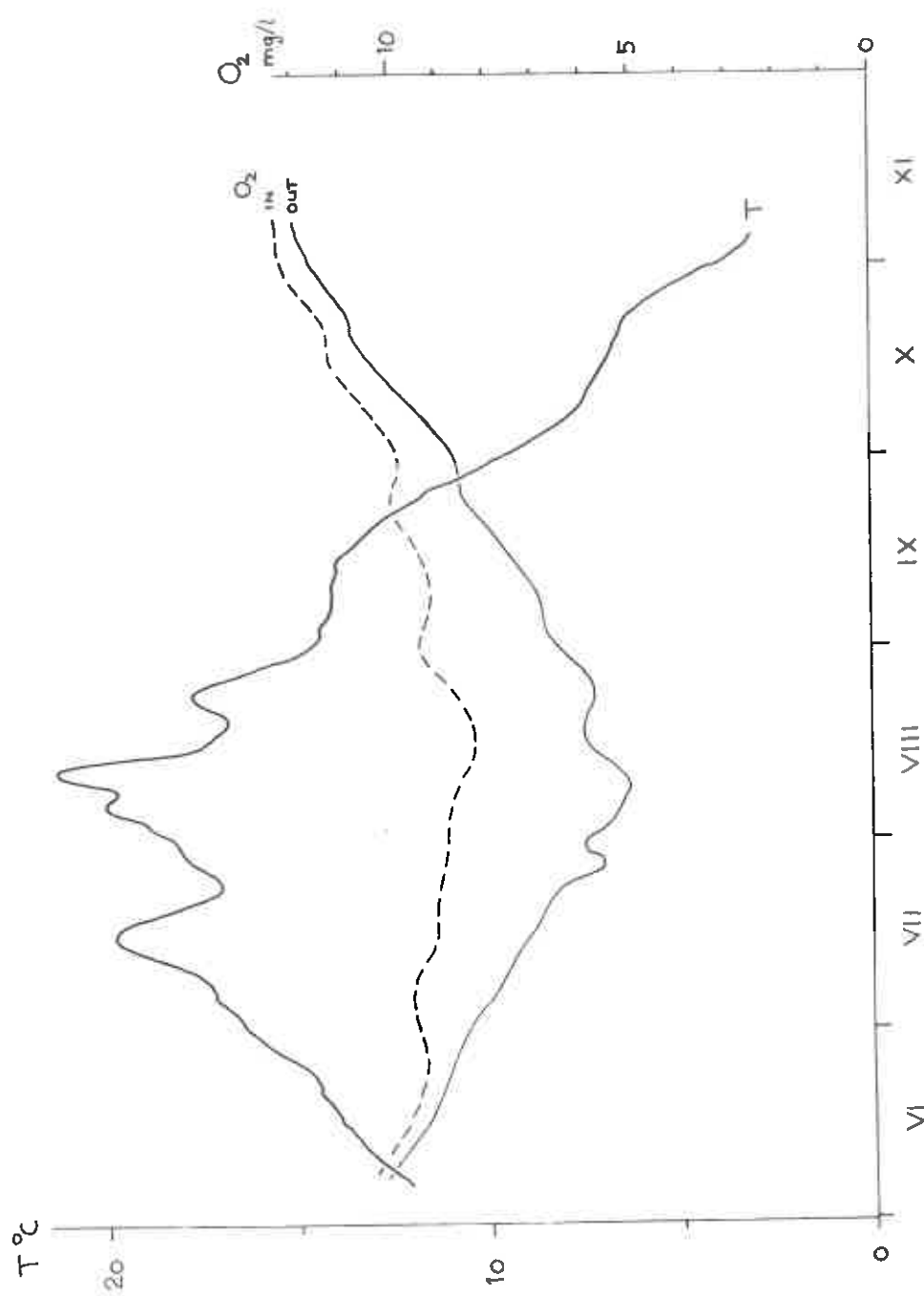
	Koerehu			\bar{x}	Vakiorehu			\bar{x}
	A	B	C		A	B	C	
Kuolleisuus	7.64	21.49	7.03	12.05	12.04	19.53	9.79	13.79

Taulukko 3. Rehunkulutus, lisäkasvu ja rehukerroin koeryhmissä.

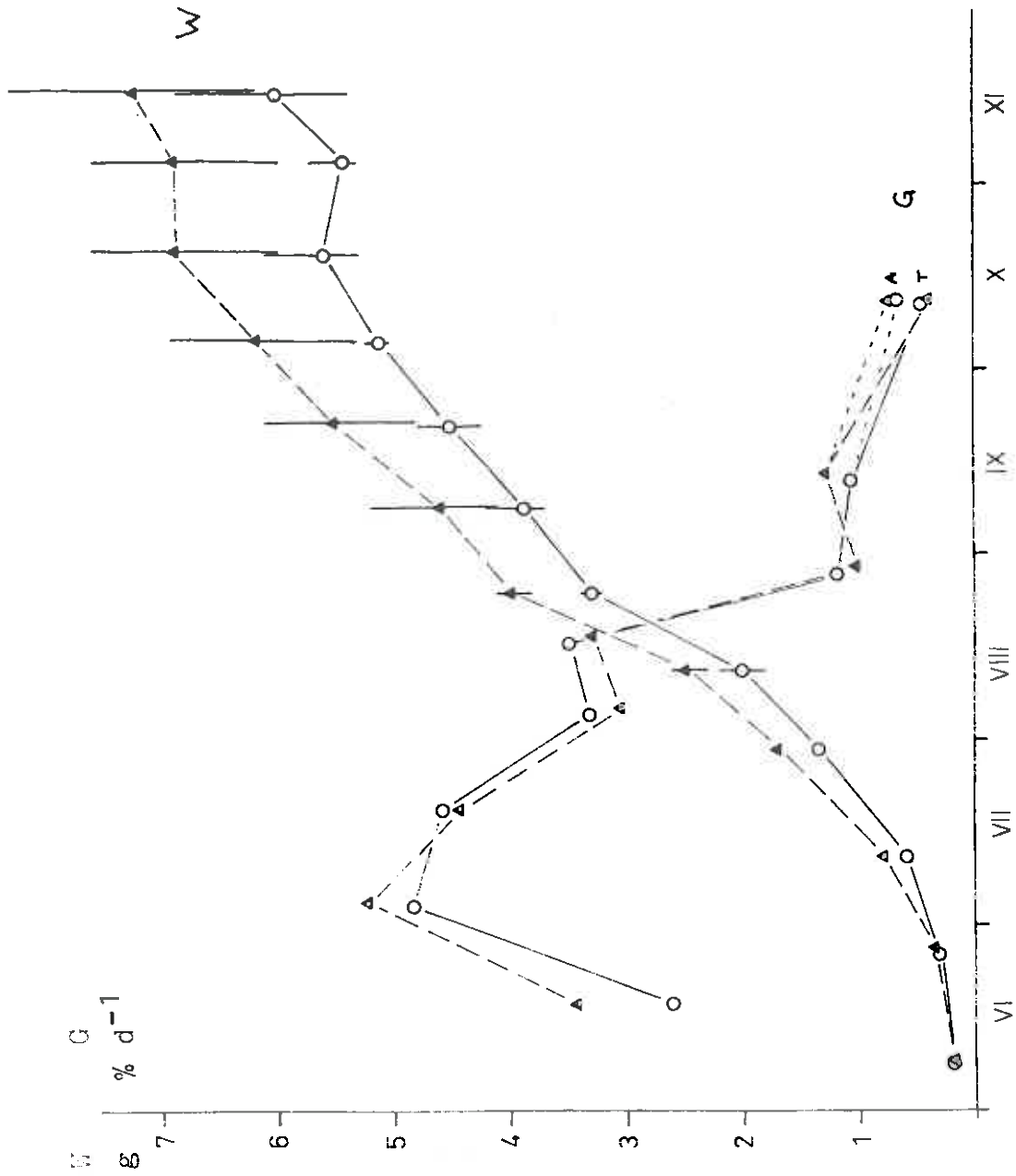
	Koerehu			Vakiorehu				
	A	B	C	\bar{x}	A	B	C	\bar{x}
Rehunkulutus kg	91.3	89.3	76.9	85.8	64.3	80.5	67.5	70.8
Lisäkasvu kg	57.3	57.8	48.3	54.5	39.2	48.8	41.0	43.0
Rehukerroin	1.59	1.54	1.59	1.57	1.64	1.65	1.65	1.65

Taulukko 4. Kuntokerroin ja selkäeväkulumat rehukoeryhmissä. Indeksit 0 = ehjä evä, 4 = täysin kulunut evä).

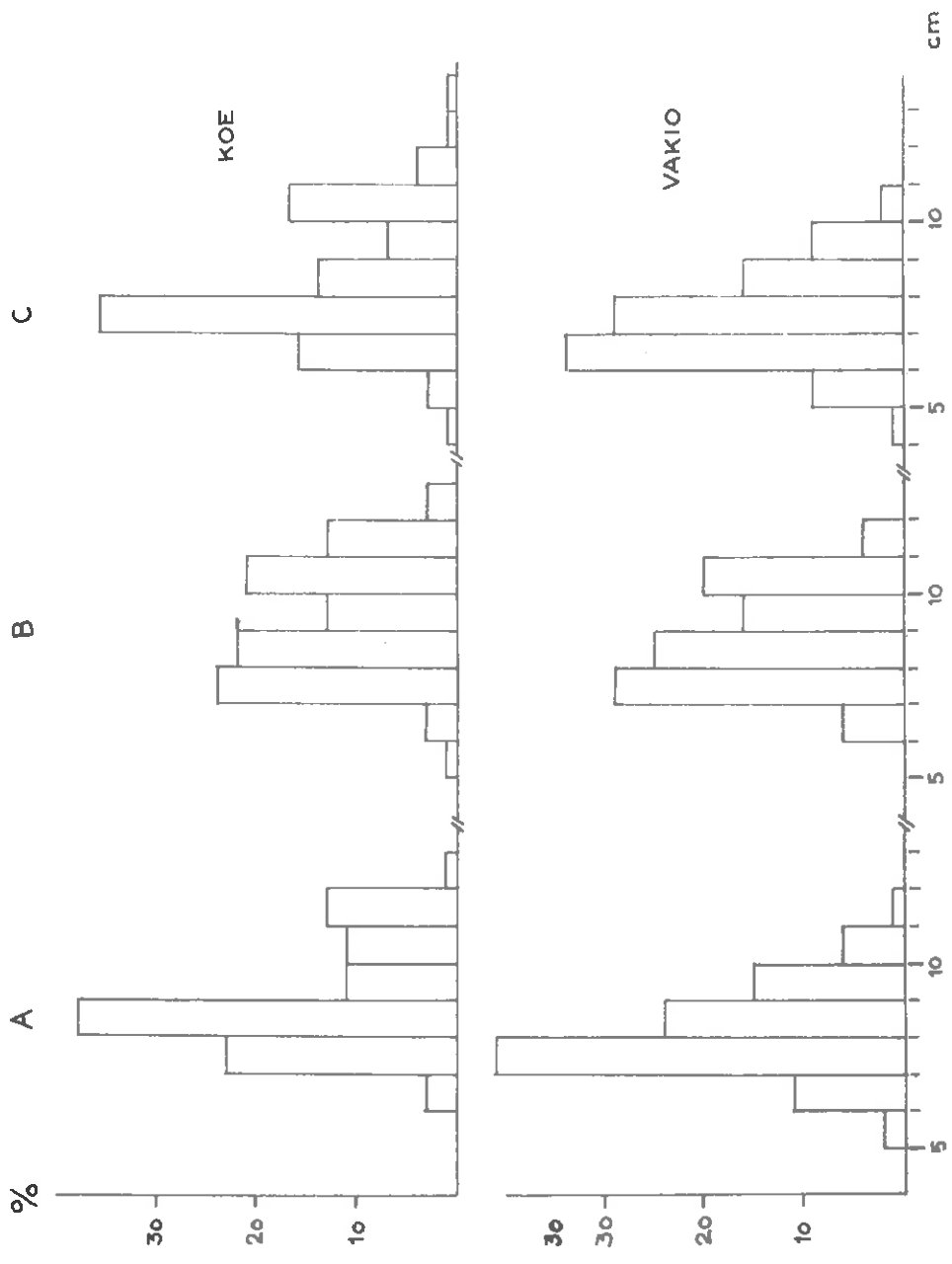
	Koerehu			Vakiorehu				
	A	B	C	\bar{x}	A	B	C	\bar{x}
Kuntokerroin	1.06	1.09	1.10	1.08	1.03	1.05	1.03	1.04
Eväkulumat Frekvenssi %	2	4	4	3.3	2	6	10	6
Keskim. indeksi	0.02	0.06	0.04	0.04	0.02	0.06	0.12	0.07



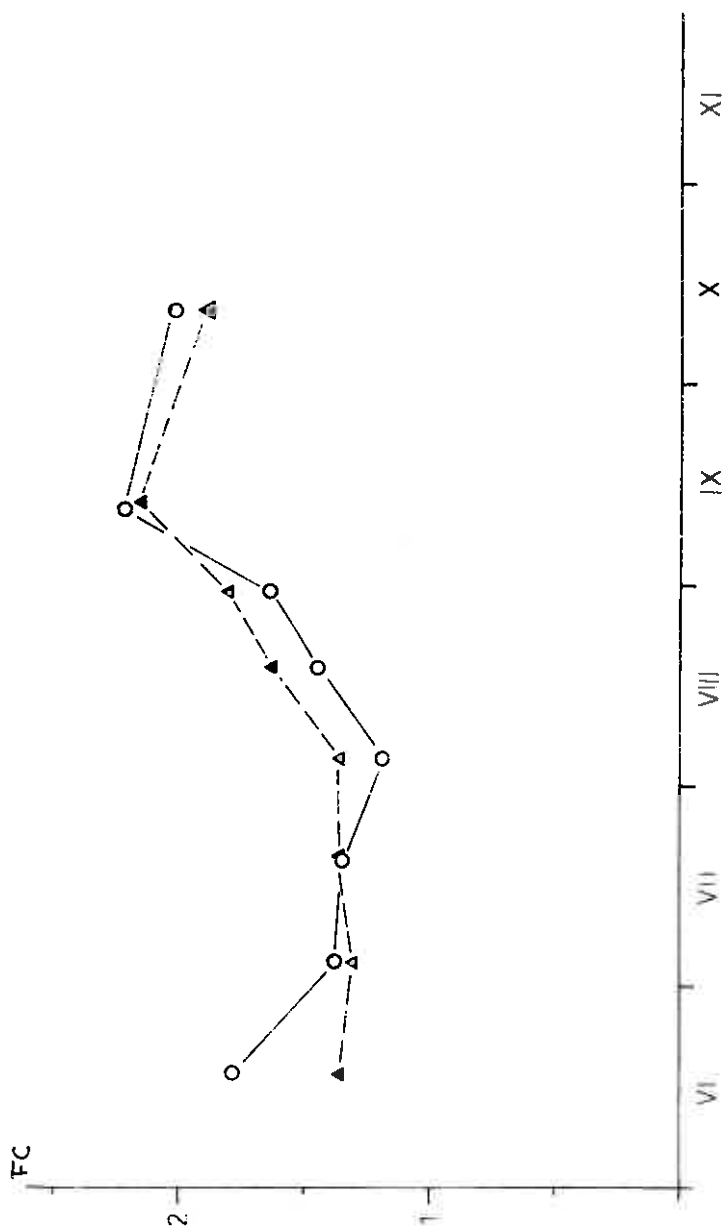
Kuva 1. Veden lämpötila (T) ja happipitoisuus (O₂) koealtaissa. O₂ IN = tulevan veden ja O₂ OUT = suurimman kalakuorman altaasta (koe B) lähtevän veden happipitoisuus.



Kuva 2. Kalojen painonkehitys (W) ja suhteellinen kasvunopeus (G) koeryhmissä. Mustat kolmiot = koerehu, avoimet ympyrät = vakioirehu. Pystyviivat ilmaisevat vaihteluvälin. A = kylläisyysruokinta, T = taulukkoruokinta.



Kuva 3. Koeryhmien kalojen pituusjakaumat kokeen lopussa (N = 100/ryhmä).



Kuva 4. Rehukierroin (FC) koeryhmissä. Laskettu 3 jakson liukuvana keskiarvona.
 Merkkien selitys kuten kuvassa 2.

NEVAN LOHEN ENSIMMAISEN KESAN KASVATUS KOLMELLA KUIVAREHULLA
LAUKAAN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSELLA VUONNA 1981

Timo Mäkinen, Raimo Jäppinen ja Olli Sumari

1. Johdanto

Lohen vaelluspoikastuotannon lisääntyessä tällä hetkellä voimakkaasti on kiinnitetty yhä enemmän huomiota lohirehujen kehittelyyn. Nämä rehut on tarkoitettu lohen istukkaiden tuottamiseen yksinomaisena rehuna pikkupoikasesta smolttivaiheeseen. Kaupallisten rehujen koostumus saattaa vaihdella vuosittain. Tämän vuoksi Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella pyritään seuraamaan uusien rehujen soveltuvuutta. Tämän lisäksi laitoksella tehdään jatkuvasti myös yhteistyötä rehunvalmistajien kanssa koerehujen testaamiseksi (ks. esim. SUMARI et al. 1981). Vuonna 1981 seurattiin kolmen kuivarehun kasvutuloksia Nevan lohen ensimmäisen kesän kasvatuksessa. Rehut olivat Ewos S 80, Tess (poikasrehu) ja Lohi-Smoltti.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Koeaika

Kasvatuskoe alkoi 9.6.1981 poikasten alkaessa ottaa ravintoa ja päättyi 19.11.1981 ensimmäisen kasvukauden lopulla. Kokeen kesto-aika oli 163 vrk.

2.2. Koekalat

Kasvatuksessa käytettiin Nevan kantaa olevien emokalojen (♀♀ 74/8, ♂♂ 72/6,5) mädistä 16.4. - 27.4.1981 kuoriutuneita poikasasia. Poikasten keskipaino vaihteli kokeen alussa 9.6.1981, 0.198 - 0.217 g eri altaissa.

2.3. Koejärjestelyt

Kalat kasvatettiin yhdeksässä 4 m² lasikuitualtaissa. Ruokinnan alkaessa kaloja oli allasta kohti 6.693 - 10.710 kpl. Kaloja ei laskettu yksitellen vaan määrät perustuvat silmäpisteasteella olevasta mädistä laskulevyllä tehtyyn laskentaan ja sen jälkeiseen kuolleisuusseurantaan. Poikaset siirrettiin asettimille 4 m² altaisiin huhtikuussa ja ne kuoriutuivat 16. - 27.4.1981. Koealtaat, yhteensä 9 kappaletta, kolme kutakin rehua kohti, sijaitsivat Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen kasvatushallissa samassa allasrivissä. Altaat olivat kasvatuksen ajan peitettynä noin 2/3-osaltaan harmaalla muovikalvolla.

2.4. Rehut ja ruokinta

Käytettyjen rehujen koostumus on esitetty taulukossa 1. Tiedot ovat valmistajien vakuustodistusten mukaan. Poikasia ruokittiin aluksi (9.6. - 3.8.1981) käsin klo 7.00 - 21.00 tunnin väliajoin eli 15 kertaa vuorokaudessa. Elokuun 4. päivästä alkaen ruokinta tapahtui ruokinta-automaatilla Ewos 505 klo. 7.00 - 21.00 puolen tunnin välein 3 minuuttia kerrallaan, ts. 30 kertaa vuorokaudessa. Rehuannosta lisättiin 1 - 2 kertaa viikossa ja automaatteja säädettiin tarpeen mukaan, mikäli syömätöntä rehua havaittiin kertyvän altaisiin.

Taulukko 1. Rehujen koostumus valmistajien vakuustodistusten mukaan.

	TESS raekoot 0 - 2	raekoot 3 - 4	EWOS S 80	Lohi- smoltti
valkuaista %	51.5	47.0	48.0	55.0
rasvaa %	15.5	19.0	14.0	12.5
kuitua %	-	-	2.0	1.0
tuhkaa %	-	-	10.0	10.0
typettömiä uuteaineita %	10.0	17.0	17.0	13.5
muuntokelpoista energiaa MJ/kg	15.91	15.28	14.20	-
kokonaisenergia kJ/kg	-	-	20368	20850

Rehujen mure- ja raekoko pyrittiin sovittamaan poikasille sopivaksi (taulukko 2.). Erot taulukon 2. päivämäärissä johduttavat rehuvalmistajien erilaisesta raekoon numeroinnista.

Taulukko 2. Rehujen raekokojen vaihtojankohdat.

raekoko no.	v a i h t o p ä i v ä m ä ä r ä t		
	Lohi-Smoltti	TESS	EWOS
0		9.6.	
1	9.6.	9.7.	9.6.
2	15.7.	16.7.	12.8.
3	26.8.	28.7.	23.9.

2.5. Altaiden vesitys

Altaisiin johdettiin Peurunjakjärvestä 4 m syvyydestä Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen vesiputkella saatavaa vettä 0.5 litraa sekunnissa. Virtaama tarkistettiin kaksi kertaa viikossa ja säädettiin tarvittaessa. Veden syvyys altaissa oli aluksi 12 cm ja elokuun puolenvälin jälkeen 15 cm. Veden vaihtuvuus altaissa oli tällöin aluksi 4.1 kertaa tunnissa ja myöhemmin 3.2 kertaa tunnissa.

2.6. Kasvatusveden ominaisuudet

Kasvatusveden lämpötila mitattiin päivittäin klo 7.00 ja klo 16.00. Kokeen alkaessa 9.6. oli lämpötila 12.7 °C. Korkeimmillaan veden lämpötila oli 6.8. klo 16.00, jolloin lämpötila oli 19.6 °C. Koejakson keskimääräinen lämpötila oli 12.3 °C ja koko koejakson päiväastesumma 2011.

Veden happipitoisuus vaihteli 8.0 - 12.0 mg O₂/l (85 - 104 O₂ %). Alimmillaan happipitoisuus oli 17.8. 8.0 mg O₂/l (85 O₂ %). Happipitoisuutta seurattiin päivittäin klo 7 - 8 EIL-happimittarilla.

Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen tuloveden laatua seurataan kerran kuukaudessa. Koeaikaiset analyysitulokset ovat taulukossa 3. Analyysit on tehnyt Jyväskylän yliopiston Hydrobiologinen tutkimuskeskus. Tulovesinäytteessä on 2/3 4 m ja 1/3 7 m syvyydestä Peurunkajärvestä saatavaa vettä.

Taulukko 3. Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen tuloveden vedenlaatuparametreja koeaikana.

analyysi	vaihteluväli
pH	6.8 - 7.1
KMnO ₄ -kul. mg/l	25 - 28
väri mg Pt/l	25 - 35
kok N mg/l	0.42 - 0.50
kok P ug/l	9 - 25
25 uS/cm	49 - 50
BHK ₇ mg O ₂ /l	0.6 - 2.7

2.7. Kasvun seuranta

Kalojen keskipaino kokeen alussa määritettiin kolmesta altaasta valikoimattomasta otoksesta vesipunnituksella 0.1 g tarkkuudella. Otoskoko oli 313 - 317 kpl/allas. Kuuden muun altaan keskipainona kokeen alussa on käytetty näiden kolmen altaan keskipainoa. Samoista kolmesta altaasta punnittiin 1 g tarkkuudella 354 - 569 kpl otokset vesipunnituksella 29.7. ja 29.9.1981. Kokeen loppuksi 19.11. kaikki kalat punnittiin 20 g tarkkuudella vesipunnituksella, minkä jälkeen kalat laskettiin yksitellen 30.11. - 3.12.1981.

2.8. Altaiden puhdistus ja kylvetykset

Altaat puhdistettiin 2 - 4 kertaa viikossa vesisuihkun ja harjan avulla. Altaiden keskellä olevat pystysihdit puhdistettiin ja kuolleet kalat poistettiin. Loisten torjuntaan käytettiin kesä - heinäkuussa formaliinia pitoisuutena 1:5000 40 - 45 minuuttia kerrallaan. Kylpyjä annettiin 29.6., 6.7.-8.7. ja 30.7.1981.

3. Tulokset

3.1. Tiheys ja lukumäärät

Kalojen tiheys vaihteli kokeen päättyessä TESSillä 6.185 - 8.500 kg/m², EWOS-rehulla 7.180 - 7.685 kg/m² ja Lohi-Smoltille 7.211 - 8.617 kg/m². Kaikkien ryhmien keskimääräinen tiheys oli 7.575 kg/m². Keskimääräinen massa kuutiometriä kohti oli 50.500 kg ja sekuntilitraa kohti 60.600 kg (taulukko 4.).

Kalojen lukumäärä kokeen lopussa vaihteli 4.625 - 7.334 kpl/allas, yhteensä 55.025 kpl.

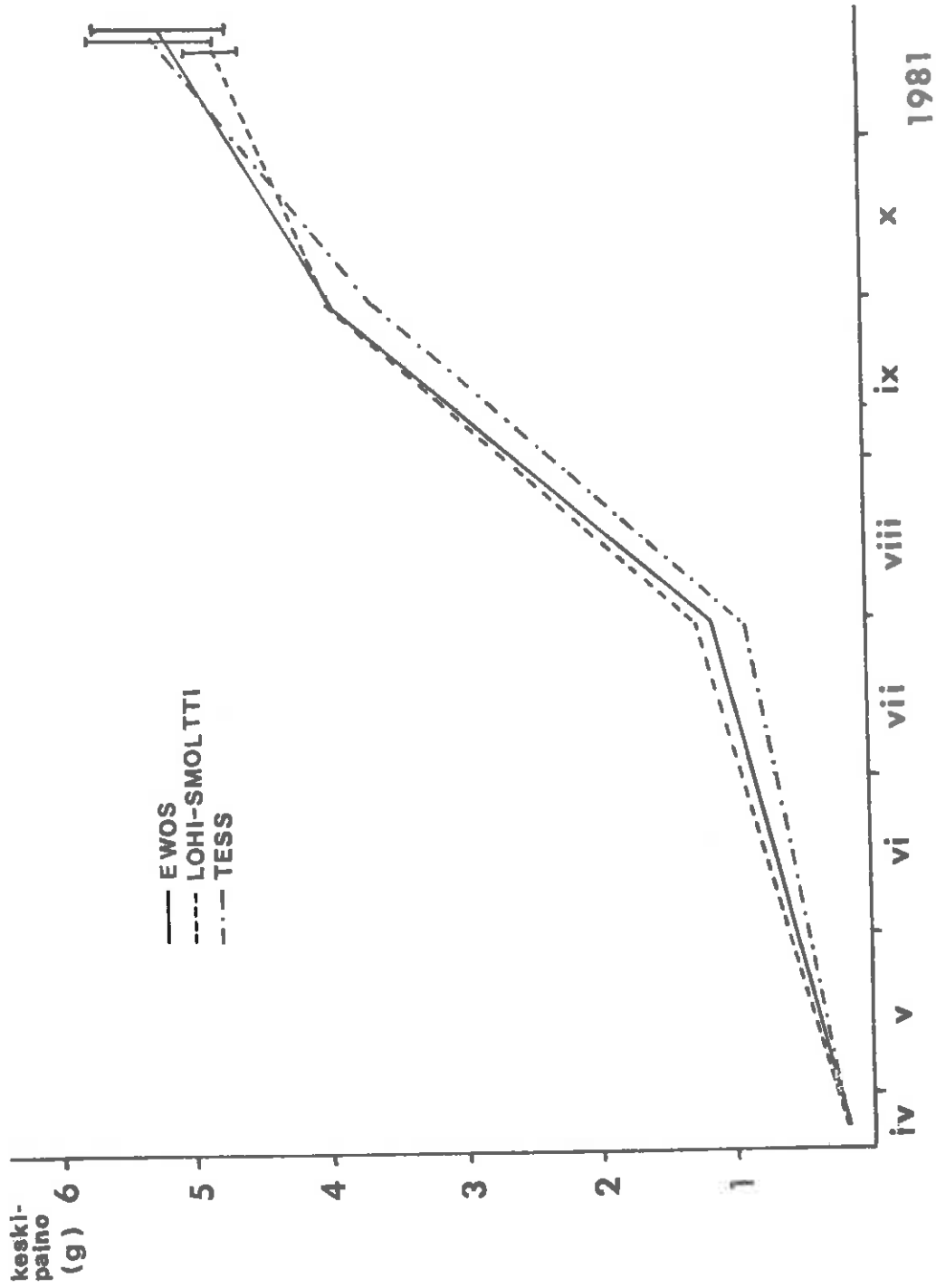
3.2. Kasvu

Kalojen keskipainon kehitys on esitetty kuvassa 1. ja taulukossa 4. Kokeen alussa keskipainoissa ei ollut juuri eroa. Kokeen lopussa keskipainot olivat:

rehu	keskipaino g	vaihteluväli g
TESS	5.1	4.1 - 6.1
EWOS	5.0	4.2 - 6.2
Lohi-Smoltti	4.8	4.3 - 5.2
kaikki yht.	5.0	4.1 - 6.2

Taulukko 4. Yhteenvedo koejaksosta.

	Tessa			Evoos			Lohi Smoltti			Kaikki kooryhmitt yhteensä/x
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
koe alkoi	24.4.	24.4.	24.4.	24.4.	24.4.	24.4.	24.4.	24.4.	24.4.	24.4.
kalojen lukumäärä kpl	9689	10080	10710	9891	6693	9934	9813	10042	9851	86703
kalojen keskipaino g	0.217	0.207	0.207	0.198	0.207	0.207	0.204	0.207	0.207	0.207
kalojen yht.paino kg	2.103	2.087	2.217	1.958	1.385	2.056	2.002	2.079	2.039	17.947
kalojen keskipaino 29.7. g	0.876			1.120			1.250			
kalojen keskipaino 29.9. g	3.39			3.89			3.93			
koe päättyi	19.11.	19.11.	19.11.	19.11.	19.11.	19.11.	19.11.	19.11.	19.11.	19.11.
kokeen pituus vrk	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163
kalojen lukumäärä kpl	6607	5006	6257	5693	4625	7334	5588	7113	6802	55025
kalojen keskipaino g	4.125	6.076	5.433	5.057	6.209	4.191	5.161	4.846	4.329	4.955
kalojen yht.paino kg	27.260	30.420	34.000	28.795	28.720	30.740	28.845	34.470	29.450	272.700
kuolleisuus kpl	3082	5074	4453	4198	2068	2600	4225	2929	3049	31678
kuolleisuus %	31.8	50.3	41.6	42.4	30.9	26.2	43.1	29.2	31.0	36.5
kuolleisuus %/vrk	0.20	0.31	0.26	0.26	0.19	0.16	0.26	0.18	0.19	0.22
keskipainon lisäys g	3.908	5.869	5.226	4.859	6.002	3.984	4.957	4.639	4.122	4.748
keskipainon lisäys %	1800.9	2835.9	2524.6	2454.0	2899.5	1924.6	2429.9	2241.1	1991.3	2293.7
keskipainon lisäys g/vrk	0.024	0.036	0.032	0.030	0.037	0.024	0.030	0.028	0.025	0.029
keskipainon lisäys %/vrk	11.0	17.4	15.5	15.1	17.8	11.8	14.9	13.7	12.2	14.1
kokonaispainon li- säys kg	25.157	28.333	31.783	26.837	27.335	28.684	26.843	32.391	27.411	254.774
rehun kulutus kg	38.5	34.5	38.0	42.5	34.5	34.5	35.0	37.0	39.5	334.0
rehun kulutus g/vrk	236.2	211.7	233.1	260.7	211.7	211.7	214.7	227.0	242.3	227.7
rehun kulutus % kalo- jen painosta/vrk	0.87	0.70	0.69	0.91	0.74	0.69	0.74	0.66	0.82	0.75
rehukerroin	1.53	1.22	1.20	1.58	1.26	1.20	1.30	1.14	1.44	1.31
kaloja kg/m ² 19.11.	6.815	7.605	8.500	7.198	7.180	7.685	7.211	8.617	7.362	7.575
kaloja kg/m ³ 19.11.	49.117	54.811	61.261	51.882	51.748	55.387	51.973	62.108	53.063	50.500
kaloja kg/l x s ⁻¹ 19.11.	54.520	60.84	68.000	57.590	57.44	61.48	57.69	68.94	58.90	60.600



Kuva 1. Keskipainon kehitys koeryhmissä. 29.7. ja 29.9. arvot vain yksistä ryhmistä. Koealtaiden keskihajonta 19.11. merkitty pystyviivalla.

3.3. Kuolleisuus

Poikasten kuolleisuus on esitetty taulukossa 4. Eri rehuilla kuolleisuus vaihteli altaittain seuraavasti:

rehu	kuolleisuuden vaihteluväli
TESS	31.8 - 50.3 %
EWOS	26.2 - 42.4 %
Lohi-Smoltti	29.2 - 43.1 %
kaikki yht.	26.2 - 50.3 %

3.4. Rehun kulutus ja rehukerroin

Rehunkulutus vaihteli altaittain 34.5 - 42.5 kg koejakson aikana (taulukko 4.). Rehukerroin eri rehuilla oli seuraava:

rehu	rehukerroin keskimäärin	vaihteluväli
TESS	1.30	1.20 - 1.53
EWOS	1.35	1.20 - 1.58
Lohi-Smoltti	1.29	1.14 - 1.44
kaikki yht.	1.31	1.14 - 1.58

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Kasvatustiheys

PETERSON et al. (1972) suosittelivat lohen kasvatukseen ensimmäisen kesän lopputiheudeksi noin viittä kiloa neliömetrillä. Tässä kokeessa on selvästi ylitetty tämä kasvatustiheys.

Pinta-alatiheyttä olennaisempaa on kalan tiheys tilavuusyksikköä kohti ja veden vaihtuvuus suhteessa kalamäärään. WESTERS (1978) esittää, että noin 50 kg kalamäärä kuutiota kohti edellyttää veden vaihtuvan ainakin kolme kertaa tunnissa. Tässä kokeessa vesi vaihtui loppukesän vedenkorkeudella 3.2 kertaa tunnissa ja tiheydet olivat jopa yli 60 kg/m³. PIPERin (1970) mukaan yhtä sekuntilitraa kohti voidaan pitää kirjo-lohta ja taimenta 21 - 32 kg. Tässä kokeessa lohenpoikasten tiheys vaihteli 54.5 - 68.0 kg sekuntilitraa kohti kokeen lopussa 19.11. SKJERVOLDin (1973) esittämiltä vedentarvekäyriiltä saadaan lohelle koeajan keskilämpötilaa käyttäen 0.1 - 2.0 g poikasille 27 - 43 kg sekuntilitraa kohti ja 1 - 6 g painoisille lohen poikasille 43 - 60 kg sekuntilitraa kohti (ks. MAKINEN 1981).

Heinä - elokuussa koeryhmissä tapahtunut kuolleisuus on johtunut liian suurista kalatiheyksistä virtaamaan ja käytettävissä olleeseen hapen määrään nähden. Tähän viittaa myös Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen kirjanpito koko ensimmäisen kesän kasvatuksesta, jossa on havaittu 4 m² altaiden poikasmäärien asettuvan kasvatuskauden lopulla noin 6.600 poikaseen ja keskimääräisen tiheyden noin 7.7 kg/m² huolimatta lähtötiheyksien eroista.

Kalatiheys (kg/m²) vaikuttaa koeryhmiä vertailtaessa positiivisesti kokonaispainon lisäykseen (kg/koeaika, R² = 0.99), mutta suhteelliseen painonlisäykseen sillä ei ole mitään vaikutusta (R² = 0.01). Tästä voitaneen päätellä, että näissä oloissa ja tällä ruokinnalla tiheys ja yksilömäärä ei ole ollut ruokintaan nähden liian suuri, ts. kaloja on pystytty hyvin tiheänä ryhmänäkin ruokkimaan riittävästi, koska suhteellisessa keskipainon lisäyksessä (%/vrk) ei ole eroja suhteessa kalatiheyteen.

4.2. Kalojen kasvu

Lohen vaelluspoikasen edullisin paino ottaen huomioon kasvatuskustannukset ja istutuksesta saatavan saaliin on 40 - 50 g. Jotta poikaset saataisiin kahdessa vuodessa riittävän kokoisiksi, olisi niiden keskipainon oltava 1. kasvukauden lopussa 5 g luokkaa. Tässä kasvatuskokeessa on tähän tavoitteeseen päästy kaikilla tutkituilla rehuilla melko tyydyttävästi. Kasvatustiheyksiä pienentämällä ja lajittelemalla poikaset toisen kasvatuskauden alussa saadaan liian pieniksi jäävien vaelluspoikasten osuus jäämään riittävän pieneksi.

Rehujen väliset erot ovat pienempiä kuin kunkin rehun rinnakkaisryhmien väliset erot (mitkä puolestaan tiedetään pienemmiksi kuin yksittäisten poikasten väliset erot, vrt. esim. SUMARI et al. 1981). Kaikkien kolmen kokeessa käytetyn kuivarehun voidaan sanoa soveltuvan hyvin tarkoitukseensa lohen ensimmäisen kesän kasvatukseen.

4.3. Kuolleisuus

Kuolleisuudet ovat olleet TESSin rehuilla ruokituissa ryhmissä noin kymmenen prosenttiyksikköä suuremmat kuin muissa ryhmissä, mutta erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (sovellettu t-testi).

Suurin osa kuolleisuudesta ajoittuu heinä - elokuulle. Kasvatustiheyksiä pienentämällä voitaisiin kuolleisuutta ilmeisesti pienentää kaikissa ryhmissä.

Ruotsin vesivoimahallinnon viidellä kalanviljelylaitoksella vuosina 1969 - 1970 keskimääräinen kuolleisuus lohen kasvatuksessa ensimmäisenä kesänä oli 20 % (MONTÉN 1971) eli noin kymmenen prosenttia vähemmän kuin tässä kasvatuskokeessa.

4.4. Rehun kulutus ja rehukerroin

Rehun kulutus (% kalamassasta/vrk) oli keskimäärin 0.75 ja rehukerroin 1.31 kaikilla ryhmillä koeaikana.

Verrattuna aikaisempiin Nevan lohen kasvatustuloksiin (ks. esim. SUMARI et al. 1981) on nyt saavutettua tulosta pidettävä erinomaisena. Ruokinta alittaa noin 30 - 50 % lohelle esitetyt ruokintataulukkojen ohjearvot.

Lohi-Smoltti poikkeaa jonkin verran rehukertoimen osalta muista ryhmistä. Lohi-Smoltilta kertoimet ovat hieman parempia, mutta rinnakkaisryhmien suuren vaihtelun vuoksi erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä.

Rehunkulutus (kg/koeaikana) on koeryhmiä vertailtaessa negatiivisessa korrelaatiossa lisäkasvuun (kg, $R^2 = 0.96$) ja suhteelliseen lisäkasvuun (% kalojen painosta/vrk, $R^2 = 0.58$). Tämä sinänsä täysin paradoksaalinen tulos selittyy sillä, että koeryhmien väliset erot käytetyn rehun määrissä ovat pienet ja varsinkin totutusruokinnan aikana hukkaantuvan rehun osuus voi olla suuri. Tähän viittaa myös se, että ryhmä vertailtaessa rehukerroin huononee suhteellisen rehunkulutuksen kasvaessa ($R^2 = 0.98$). Suhteessa kalatiheyteen (kg/m^2) rehukerroin paranee ($R^2 = 0.53$). Tämä puolestaan selittyy sillä, että tiheämpi kalaryhmä ehtii paremmin hyödyntää "rehupulseja".

5. Tiivistelmä

Vuonna 1981 seurattiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella kolmen kuivarehun kasvatustuloksia lohella ensimmäisen kesän kasvatuksessa. Rehut olivat EWOS S 80, TESS (poikasrehu) ja Lohi-Smoltti. Kaikkien kolmen kokeessa käytetyn kuivarehun voidaan sanoa soveltuvan hyvin lohen ensimmäisen kesän kasvatukseen.

Kasvun, kuolleisuuden ja rehun kulutuksen sekä rehukertoimen osalta on nyt saavutettua tulosta pidettävä erinomaisena aikaisempiin kasvatustuloksiin verrattuna. Kuolleisuutta voitaisiin ilmeisesti vähentää vielä jonkin verran kaikissa ryhmissä kasvatustiheyksiä pienentämällä.

6. Kirjallisuus

MONTEN, E. 1971. Vattenfalls fiskodlingsverksamhet. Berättelse nr 2, 1969 - 1970, mimeo. 49 s.

MAKINEN, T. 1981. Kasvatuskapasiteetin arvioimisesta. - Suomen Kalankasvattaja 2/1981, 28 - 34.

PETERSON, H. H., CARLSON, O. T. & JONASSON, 1972. The rearing of atlantic salmon. Södertälje, Astra Ewos AB, 39 s.

PIPER, G. R. 1970. Know the proper carrying capacities of your farm. - Am. Fishes U.S. Trout News 15, 4 - 6.

SKJERVOLD, H. 1973. Vannbehov ved oppdrett av orret og laks. - Norges landbrukshogskole, Institut for husdyravt, 1 - 36.

SUMARI, O., MAKINEN, T. & JÄPPINEN, R. 1981. Smoltti-lohirehukoikeista Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella. - Suomen Kalankasvattaja 4/1981, 37 - 48.

WESTWERS, H. 1978. Biological considerations in hatchery design for coolwater fishes. - Am. Fish. Soc. Spec. Publ. 11, 246 - 253.

LAUKAAN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSELLA EWOS L 119/81 JA S 80
REHUILLA VUONNA 1981 SUORITETTU LOHEN RUOKINTAKOE

Timo Mäkinen, Olli Sumari ja Päivi Eskelinen

1. Yleistä

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Laukaan keskuskalanviljelylaitos teki vuonna 1981 Finnewos Oy:n kanssa tehdyn sopimuksen perusteella kasvatuskokeen 1-vuotiailla lohilla neljässä 4 m²:n altaassa. Koejakso oli kasvatuskausi 1981. Koerehuina käytettiin koerehu L 119/81 ja Ewos S 80 -rehuja. Kokeen tarkoituksena oli vertailla kalojen kasvua ja kuolleisuutta, rehun hyväksikäytön hyötysuhdetta sekä muodostuvan jätefosforin ja kiintoaineen määriä eri rehuilla.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Koekalat

Koekaloina käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen viljelemiä merilohia, Nevan kantaa. Mäti hedelmöitettiin 19.10.1979, kehittyivät silmäpisteasteelle 7.1.1980 ja kuo-riutuivat 16. - 25.4.1980. Poikasten ruokinta aloitettiin 11.6.1980 (Ewos S 31/1), jolloin poikasten keskipaino oli 0.17 g. 30.10.1980 poikasten keskipaino oli 8.0 g ja 12.6.1981 tämän rehukokeen alkaessa 11.9.g. Poikasia laskettiin sadan kappaleen erissä 12.6.1981 yhteensä tuhat kappaletta kuhunkin koealtaaseen.

2.2. Altaat, vesitys ja lämpötilan seuranta

Koealtaina käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen 4 m²:n lasikuitualtaita. Altaissa on keskellä pyöreä

pystysihti sekä ylivuotoputki. Altaat katettiin kasvatuksen ajaksi harmaalla muovikalvolla.

Tulovirtaama suunnattiin altaissa siten, että vesi saatiin pyörivään liikkeeseen. Kuhunkin altaaseen tuli Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen vesiputkella Peurunkajärvestä 4 m:n syvyydestä vettä 0.5 l/s. Heinäkuun 15. päivänä muutettiin vesitys siten, että 17. päivänä virtaama lisättiin yhteen litraan sekunnissa. Lämpötila mitattiin yhdessä koealtaassa päivittäin klo 7.00 ja 16.00.

2.3. Kalojen kasvun seuranta

Kalojen kasvua seurattiin kasvukauden aikana vesipunnituksin. Kunkin altaan kaikki kalat punnittiin vedessä (valutus haavissa noin yhden minuutin ajan). Punnituspäivät olivat: 26.6., 13.7., 27.7., 18.8., 3.9. ja 15.9. Lisäksi kasvukauden lopussa 3. - 6.11.1981 nukutettiin (MS-222) kaikki kalat ja punnittiin 0.1 gramman ja mitattiin mm:n tarkkuudella.

2.4. Ruokinta ja rehun kulutuksen seuranta

Ruokinta tapahtui ohjeellisesti kasvukaudella 1981 käsinruokintana arkipäivinä klo 7 - 21 ja viikonloppuina klo 7 - 16, noin tunnin välein. Ruokintakertoja on ilmeisesti ollut tätä vähemmän varsinkin viikonloppuisin.

Kunkin koeryhmän rehumäärä laskettiin ja punnittiin päivittäin 26.6.1981 alkaen. Ruokintaprosentti laskettiin Ewoksen lohelle ilmoittaman ruokintaohjeen mukaisesti (6 - 18 °C, poikasten keskipaino 11 - 40 g, Ewos 1981) regressioyhtälöstä ($y = -0.83 + 0.18 x$, $y =$ ruokintaprosentti, $x =$ keskilämpötila °C, $r^2 = 99.52$). Saadun ruokintaprosentin avulla laskettiin päivittäin tarvittava rehumäärä koeryhmässä tapahtunutta kasvua arvioiden.

2.5. Kuormituksen seuranta

Kuormitusta seurattiin kahden koejakson aikana 14. - 24.7. ja 5. - 15.9.1981.

Koejakson aikana altaasta poistuvasta vedestä kerättiin kunkin vuorokauden aikana, rehuautomaattien ohjauskellon ohjaaman pumpun avulla 80 litran kokoomanäyte, josta otettiin sekoituksen jälkeen litran vesinäyte. Pumput toimivat 30 minuutin välein 2 minuuttia kerrallaan.

Koealtaiden poistoputkeen kiinnitettiin kuormituksen seuranta-jakson ajaksi kymmenen litran ämpäristä tehty ylivuotoreuna (kuva 1.), jonka avulla estettiin kiintoaineen poistumista veden mukana. Ylivuotoreunan alle muodostuneeseen "lietepe-
sään" kerääntynyt liete pumpattiin kerran vuorokaudessa 80 litran saaviin. Tämä liete suodatettiin seulakankaan läpi (silmäkoko 200 μm) ja suodoksesta otettiin litran vesinäyte. Seulakankaalle jääneen kiinteän jätteen tilavuus mitattiin, jonka jälkeen määritettiin sen kuivapaino.

Kiintoainekuormituksen selvittämiseksi analysoitiin päivittäin lietteen kuivapainon lisäksi kiintoaine altaista poistuvasta vedestä ja suodoksesta (ELLIS et al. 1978). Lisäksi tehtiin muutama kiintoainemääritys altaisiin tulevasta vedestä.

Fosforikuormituksen selvittämiseksi analysoitiin päivittäin poistuvan veden kokonaisfosforipitoisuus molybdaattiantimonimenetelmällä. Suodatetun lietteen kokonaisfosforipitoisuudet määritettiin sovelletulla Zink-Nielsen -menetelmällä (NORDFORSK 1975). Lisäksi tehtiin joitain määrityksiä suodoksesta ja altaisiin tulevasta vedestä.

Kokonaisfosforia on lisäksi analysoitu käytetyistä rehuista (vesihallitus).

3. Tulokset ja tarkastelu

3.1. Kalojen kasvu ja kuolleisuus sekä rehukerroin

Kaikkien koeryhmien kasvu on ollut hyvä. Tiedot koeryhmien kasvusta, rehunkulutuksesta ja kuolleisuudesta on koottu taulukoihin 1 - 5 ja kuvaan 2. Nopein kasvu on tapahtunut ajalla 18.8. - 3.9.1981 kaikissa ryhmissä. Suurin vuorokautinen painonlisäys on tapahtunut ensimmäisessä koeryhmässä (B 1, koerehu L 119/81) 18.8. - 3.9.1981. Suurin suhteellinen painon lisääntyminen toisessa koeryhmässä (B 2, Ewos S 80) samalla ajalla (1.73 %/vrk, kts. taulukot 1 - 5).

Hitainta kasvu on ollut koeryhmässä 2 (B 2, Ewos S 80) ajalla 26.6. - 13.7.1981, jolloin kasvu on jäänyt lähes olemattomaksi. Syy tähän ei selviä tutkimustuloksista.

Ryhmiä kokonaiskasvu on koerehuilla ollut selvästi parempi. Koerehuryhmien yhteispaino on noin 20 % suurempi kuin Ewos S 80 rehuryhmien. Kasvukerroin (kuolleet huomioitu) on koerehuryhmissä keskimäärin 3.6, kun se Ewos S 80 ryhmissä on keskimäärin 3.1. Tämän mukaan koeryhmien kasvu on 16 % parempi. Keskimääräisen yksilöpainon suhteellinen kasvu on koeryhmissä keskimäärin 2.7 ja Ewos S 80 ryhmissä 2.2. Keskimääräisten yksilöpainojen eroja ryhmien välillä loppupunnituksessa tutkittiin varianssianalyysin avulla ja erot ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä.

Koeryhmien kaikkien kalojen painon jakautuminen on esitetty kuvassa 3. Jakauman havaitaan olevan selvästi vino. Jakauman poikkeaminen normaalijakaumasta vaikeuttaa tilastomenetelmien käyttöä. Koerehuryhmissä (B1 ja B3, L 119/81) havaitaan jakauman olevan hieman "pitempi oikealle", eli yksittäisiä, hyvin painavia kaloja on useampia. Moodin ja keskiarvon erotus ei kuitenkaan poikkea koeryhmien välillä toisistaan.

Kuolleisuus on kaikissa ryhmissä ollut varsin pieni. Suurin kuolleisuutta aiheuttava tekijä on ollut kalojen hyppääminen pois altaasta. Näin erityisesti heinäkuussa, jolloin altaasta toiseen hypänneet ovat aiheuttaneet yllättävää "lisääntymistä" viereisessä koeryhmässä. Elokuun puolivälin jälkeen altaat peitettiin huolellisesti, mikä esti kalojen hyppäämisen altaista.

Rehukertoimet ovat kaikissa koeryhmissä olleet kohtuulliset. Rehukerroin on koeryhmissä keskimäärin 1.5 ja Ewos S 80 ryhmissä 1.7. Tämän mukaan koerehun hyötysuhde olisi noin 12 % Ewos S 80 rehua parempi. Toisen koeryhmän (B 2, Ewos S 80) rehukerroin on ollut erityisen huono 26.6. - 14.7.1981, jolloin kasvu jäi lähes olemattomaksi. Erityisen pieni rehukerroin (0.89) on ollut 18.8. - 3.9.1981 kolmannessa koeryhmässä (B 3, koerehu L 119/81), huolimatta siitä että kuolleisuus oli tuolloin suurin havaittu (49 yksilöä). Yllättävän suuren kasvun vuoksi on ruokinta tuolloin jäänyt noin kolmanneksen päähän ohjearvosta. Koeryhmissä näyttää vallitsevan käänteinen korrelaatio ruokinnan määrän ja rehukertoimen välillä.

Joillakin kalalajeilla on saatu tuloksia, joiden mukaan ruokinnan suhteellisella määrällä ei olisi lainkaan vaikutusta assimilaatiotehokkuuteen tai se vaihtelisi joka tapauksessa hyvin vähän (GERKING 1971, WARREN 1971, BEAMISH 1972). Kirjallisuudessa on kuitenkin havaittu, että ruokinnan määrä vaikuttaa ruuansulatuksen tehokkuuteen. Tietyissä oloissa (ruokinnan määrä yli 0.7 % kalan painosta) suhteen on havaittu olevan lineaarinen (WINDELL et al. 1969). Lisäksi on esitetty, ettei ruokintakertojen määrä vaikuta ruuansulatuksen tehokkuuteen mikäli päivittäinen ruokintaprosentti pysyy samana (SAROKON 1975). Usein toistuva ruokinta voi johtaa ravinnon ulostamiseen ennen kuin se on ehtinyt täydellisesti sulaa (BARRINGTON 1957). Osittain viime mainittuun seikkaan saattaa perustua edellä mainittu käänteinen riippuvuus ruokintatehon ja rehukertoimen välillä. Todennäköisempää kuitenkin on, että

ruokintatavan vuoksi rehua on jäänyt syömättä, mikä huonontaa rehukertoimia suhteellisesti suuremmalla ruokinnalla enemmän.

Punalohella on optimaalisen ravinnon hyötysuhteen ja nettokasvun alue varsin suppea. Se rajoittuu 8 - 10 °C:een ja ruokintatehokkuuteen alle 1.5 % kalojen kuivapainosta rehulla, jonka vesipitoisuus oli 63 % ja kaloripitoisuus 5.4 Kcal/g kuiva-ainetta. Kasvun nettotehokkuus oli 40 %. Maksimikasvu punalohella saavutettiin 6.0 %:n ruokinnalla lämpötilassa 16 °C, mutta tuolloin nettokasvun tehokkuus oli enää 30 % (BRETT et al. 1969). On ilmeistä, että ruokintaprozentin ja nettokasvun välinen yhteys on Nevan lohella samankaltainen kuin punalohella, mutta tarkkojen tutkimusten puuttuessa ei voida sanoa mikä on Nevan lohen kasvun kannalta ruokinnan optimaalinen alue. Koska rehukertoimet tässä kokeessa ovat odotettua suuremmat, saattaa olla, että Ewoksen lohirehuille ilmoittama ohjearvo ruokintatehon määrittelyä varten on liian suuri. Syynä voi kuitenkin olla myös ruokintatapa - poikaset eivät ehkä ole syöneet kaikkea rehua, vaan osa on jäänyt syömättä.

3.2. Kuormitus, altaista poistuva fosfori ja kiintoaine

Vesihallituksen analysoimat kokeen rehujen ravinnepitoisuudet olivat seuraavat:

	kuiva-aine rehu	Kok.P % rehusta	Kok.P % kuiva- aineesta	Kok.N % rehusta	Kok.N % kuiva- aineesta
Ewos L 119/81	0.937	1.4	1.5	7.9	8.4
Ewos S 80	0.905	1.1	1.2	7.4	8.2

Taulukkoon 6. on laskettu fosforin ainetase kuormituksen tarkkailujaksoille 14. - 24.7.1981 ja 5. - 15.9.1981. Taulukossa viimeisenä sarakkeena oleva poikkeama (%) tarkoittaa

kolmen edellisen sarakkeen (kaloihin sitoutunut, lietteen sisältämä ja veden mukana poistunut fosfori) summan ja rehun sisältämän fosforin erotuksen prosenttiosuutta viimeainitusta.

Ensimmäisellä tarkkailujaksolla näytteenoton ohi näyttää menneen noin kuudennes rehun mukana tulleesta fosforista. Tämä lienee tapahtunut partikkelien kulkeutuessa pois altaasta niin etteivät ne ole joutuneet pumpattuun vesinäytteeseen vastaavassa suhteessa. Toisen tarkkailujakson aikana fosforia näyttää puuttuvan hieman vähemmän (keskimäärin 10 %).

Kalojen fosforipitoisuudeksi on oletettu 0.35 % tuorepainosta (SUMARI & LAPPALAINEN 1973). Lohien P-pitoisuus tullaan tarkistamaan analysoimalla. Rehujen keskinäisiin suhteisiin se ei kuitenkaan vaikuta.

Jätelietteen sisältämän fosforin osuus lietteen ja poistuvan veden yhteisestä fosforimäärästä oli keskimäärin seuraava:

	L 119/81	Ewos S 80
14. - 27.7.1981	58 %	47 %
5. - 15.9.1981	62 %	44 %

Tämän perusteella näyttää, että ns. itsepuhdistuva allasratkaisu, jossa syntyvä liete välittömästi poistetaan ja estetään sen joutuminen vesistöön, vähentäisi fosforin kokonaiskuormitusta 50-60 %. Luvut ovat vähimmäisarvoja, koska veden mukana on voinut poistua myös laskeutuvaa kiintoainetta. Kiintoaineen täydellisellä laskeuttamisella voidaan päästä suurempiin lukuihin. Koerehun sisältämästä fosforista näyttää pidättyvän lietteeseen noin 10 % enemmän kuin Ewos S 80 rehulla.

Koealoiden "kiintoainetasot" on esitetty taulukossa 6. Rehun määristä on vähennetty rehun havaittua vesipitoisuutta vastaava osuus. Lietteiden ja veden kiintoainemäärien perusteella laskettu sulavuuskerroin (apparent digestibility coefficient, CASTELL & TIEWS 1980) näyttää vaihtelevan pikemminkin alaan kuin rehun mukaan. Koska assimilaatiotehokkuuden on todettu olevan 90 % tai yli (esim. WINDELL et al. 1972, PANDIAN 1967, BEAMISH 1972), on näin suuren jättemäärän löytyminen ilmeinen osoitus tapahtuneesta yliruokinnasta ja/tai ruokintatavan (tai esim. liian pienen rehun raekoon) aiheuttamasta rehun syömättä jäämisestä. Virhettä voi myös aiheuttaa kiintoainemäärityksen epätarkkuus ja mahdollisen virheen moninkertaistuminen virtaamalla painotettaessa. Tämän vuoksi ei myöskään pidä tehdä johtopäätöksiä sulavuuskertoimien eroista.

Altaissa todetun kiintoaineen määrä käytettyä rehu kiloa kohti on toisella tarkkailujaksolla lähes kaksinkertainen ensimmäiseen verrattuna. Seuraavassa taulukossa on keskimääräinen lietteiden kuivapaino (g) rehu kiloa kohti:

	L 119/81	Ewos S 80
14. - 24.7.1981	127.4	115.6
5. - 15.9.1981	207.5	220.4

Koeryhmien rehukertoimet olivat kuormituksen tarkkailujaksojen aikana keskimäärin seuraavat:

	L 119/81	Ewos S 80
14. - 24.7.1981	1.36	1.24
5. - 15.9.1981	1.95	2.22

Punalohella 10 °C lämpötiloissa tehdyillä kokeilla havaittiin kasvun ja ruokintaprosentin välillä käyräviivainen riippuvuus, joka saavutti asymptoottisen tason ruokinnalla hieman yli 7 % kuiva-aineesta (rehun vesipitoisuus 63 %) (BRETT et al. 1969). On ilmeistä, että myös Nevan lohella riippuvuus on samantapainen. Tällöin ei voida ajatella, että toisen koejakson huonommat rehukertoimet johtuisivat siitä, että kalan elimistö ei pysty käyttämään rehua tehokkaasti, vaan siitä, että rehua on jäänyt syömättä. Tätä osoittaa myös altaissa muodostuneen kiintoaineen lähes kaksinkertainen määrä rehukiloa kohti laskettuna toisella koejaksolla. Ilmeisesti osan tästä lisästä muodostaa hukkaantunut rehu. Tämä heikentää toisen koejakson tulosten luotettavuutta.

Liitteestä 1. havaitaan, että koerehuryhmien jäteliete sisältää keskimäärin 15 mg/g (64 %) enemmän fosforia. Altaissa todetun koerehulietteen tilavuus oli noin kolmanneksen pienempi kuin Ewos S 80 lietteen tilavuus käytettyä rehukiloa kohti laskettuna. Koerehulietteen kuiva-ainepitoisuus oli ensimmäisellä koejaksolla keskimäärin 90.7 g/l ja toisella 141.7 g/l, Ewos S 80 lietteen vastaavasti 54.3 g/l ja 105.2 g/l.

Altaista havaittu fosfori on esitetty taulukossa 6. Se on laskettu kasvatettua kalakiloa ja käytettyä rehukiloa kohti lietteessä sekä lietteessä ja poistuvassa vedessä yhteensä.

Fosforin kokonaiskuormitus rehukiloa kohti laskettuna on toisella tarkkailujaksolla 1.3 kertainen ensimmäiseen tarkkailujaksoon verrattuna. Tämä johtunee kahdesta syystä: Kuten edellä jo todettiin, rehua on jäänyt syömättä. Yksilön painon ja maksimaalisen ruokintamäärän välillä vallitsee logistinen suhde, siten että maksimiruokinta pienenee jyrkästi painon kasvaessa myös alueella 11 - 40 grammaa (BRETT 1971). Toisaalta usein toistuva ruokinta voi johtaa ravinnon ulostamiseen osittain sulamattomana (BARRINGTON 1957). Syömättä jäänyt

rehu ja mahdollisesti kalan elimistön tehokkaan rehunkäyttö-
kyvyn ylittävä ruokinnan määrä ovat syynä fosforikuormituk-
sen kasvuun.

Koerehun fosforikuormitus oli ensimmäisellä tarkkailujaksol-
la 1.4 kertainen ja toisella 1.2 kertainen rehukiloa kohti
laskettuna verrattaessa Ewos S 80 rehuun. Koerehun ja Ewos S
80 rehun fosforipitoisuuksien suhde on vesihallituksen labo-
ratoriomäärityksen mukaan 1.25.

Havaittu fosforin kokonaiskuormitus (6 - 11 mg/kg rehua) on
selvästi suurempi kuin esimerkiksi kalanviljelylaitosten
tarkkailuraportteja laadittaessa on totuttu arvioimaan (n.
6 % vesihallitus valvontaohjeessa 39).

4. Tiivistelmä

Kasvatuskoe tehtiin 1-vuotiailla Nevan lohilla neljässä 4
neliömetrin altaassa. Rehuina käytettiin koerehu L 119/81 ja
Ewos S 80 rehuja. Kasvu oli koerehulla selvästi parempi (ke-
skimäärin 16 %). Rehukertoimet olivat koerehulla keskimäärin
12 % parempia. Kuolleisuus oli kaikissa koeryhmissä melko
pientä.

Rehujen aiheuttamaa kuormitusta tarkkailtiin kahden kymmenen
päivän jakson aikana. Koerehun fosforista noin 10 % enemmän
näyttää pidättyvän lietteeseen. Lietteiden kuivapaino rehukiloa
kohti vaihteli noin 100 - 200 g käytettyä rehukiloa kohti.
Koerehulietteiden tilavuus oli noin kolmanneksen pienempi kuin
Ewos S 80 lietteen. Koerehulietteiden fosforipitoisuus, hehku-
tusjäännös ja tiheys olivat huomattavasti suuremmat. Havaittu
fosforin kokonaiskuormitus (6 - 11 mg/kg rehua) oli ensimmäi-
sellä tarkkailujaksolla koerehulla 1.4 kertainen ja toisella
tarkkailujaksolla 1.2 kertainen Ewos S 80 rehuun verrattuna.

5. Kirjallisuus

- BARRINGTON, C. J. W. 1957. The alimentary canal and digestion in: *The Physiology of Fishes*. vol. 1. (M. E. Brown, ed.), pp. 109-161. Academic Press, New York.
- BEAMISH, F. H. 1972. Ration size and digestion in largemouth bass, *Micropterus salmoides* Lacepede. - *Can. J. Zool.* 50: 153-164.
- BRETT, J. R. 1971. Growth responses of young sockeye salmon, *Onchorhynchus nerka*, during sustained performance. - *J. Fish. Res. Bd Canada* 30: 1799-1809.
- BRETT, J. R., SHELBOURN, J. E. & SHOUP, C. T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *onchorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. - *J. Fish. Res. Bd. Canada* 26: 2363-2394.
- CASTELL, J. D. & TIEWS, K. (eds) 1980. Report of the EIFAC, IUNS and ICES working group on the standardization of methodology in fish nutrition research. Hamburg, Federal Republic of Germany, 21-23 March, 1979. EIFAC Tech. Pap., (36): 24 p.
- ELLIS, J. E., TACKETT, D. L. & CARTER, R. R. 1978. Discharge of solids from fish ponds. - *Progr. Fish-Cult.* 40: 165-166.
- GERKING, S. D. 1971. Influence of rate of feeding and body weight on protein metabolism of bluegill sunfish. - *Physiol. Zool.* 44: 9-19.

- NORDFORSK MILJÖVARDSSSEKRETARIATET 1975. Interkalibrering af sedimentkemiske analysemetoder II.
- Publikation 1975: 6.
- PANDIAN, D. J. 1967. Intake, digestion, absorption and conversion of food in the fishes *Megalops cyprinoides* and *Ophiocephalus striatus*. - *Marine Biol.* 1: 16-32.
- SAROKON, J. 1975. Feeding frequency, evacuation, absorption, growth and energy balance in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Ph. D. Thesis, University of Colorado, Boulder.
- SUMARI, O. & LAPPALAINEN, K. M. 1973. Kalanviljelylaitosten vesistöjä kuormittavat vaikutukset. - *Vesitaluus* 3: 4 s.
- WARREN, C. E. 1971. *Biology and water pollution control*. Philadelphia.
- VESIHALLITUS, 1980. Kalankasvatustoimintaa koskeva valvontaohje 39. - *Suomen Kalankasvattaja* 1/80: 16-23.
- WINDELL, J. T. & NORRIS, D. O. 1969. Gastric digestion and evacuation in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. - *Prog. Fish. Cult.* 31: 20-26.
- WINDELL, J. T., HUBBARD, J. D. & HORAK, D. C. 1972. Rate of digestion in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, fed three pelleted diets. - *Prog. Fish-Cult.* 34 (3): 156-159.

Taulukko 1. Yhteenvedo ruokintakokeesta.

	L119/81		Ewos S 80	
	I	II	I	II
koe alkoi 26.6.				
poikasten lukumäärä	1000	1000	1000	1000
" keskipaino g	16.2	15.8	15.4	15.4
kalojen yhteispaino kg	16.175	15.800	15.370	15.400
koe päättyi	3.11.	4.11.	5.11.	6.11.
kokeen pituus vrk	130	131	132	133
poikasten lukumäärä	979	926	932	989
" keskipaino g \pm S.E.	60.8 \pm 0.61	57.7 \pm 0.60	49.3 \pm 0.50	49.2 \pm 0.52
" yhteispaino kg	59.508	53.497	45.969	48.644
" keskipituus cm	17.5	16.2	17.2	16.3
kuolleisuus kpl	21	74	68	11
keskipainon lisäys g	44.6	41.9	33.9	33.8
" " %	275	265	220	219
kokonaispainon lisäys kg	43.333	37.697	30.599	33.244
rehun kulutus kg	64.105	57.710	51.244	56.447
päivittäinen rehun kulutus g	493	441	388	424
rehukerroin	1.48	1.53	1.67	1.69
kasvukerroin	3.69	3.54	3.06	3.19

Taulukko 2.

Koejakso vrk	kalojen paino kg	painon lisäys		kg	rehun kulutus		reun- kerroin %	koejakson aikana havait- tu kuolleisuus- den kertymä kpl
		g/vrk	%/vrk		% kalojen painosta/ vrk	poikkeama ohjearvosta %		
26.6.	16,175							
13.7.	21,280	5,105	31,6	5,711	2,08	5,3	1,12	3
x 27.7.	24,950	3,670	17,2	6,081	1,74	11,5	1,66	7
18.8.	33,600	8,650	34,7	13,007	1,76	21,6	1,50	7
3.9.	43,875	10,275	30,6	642	1,76	17,9	0,99	24
x 15.9.	48,510	4,635	10,56	386	0,84	7,4	1,86	20
3.11.	59,508	10,998	22,67	224	0,42	0,1	1,86	21

x) Poikkeama yhtälön $y = -0,83 + 0,18 x$ (r^2 99,52) ilmoittaman ruokintaprozentin mukaisesta ruokinnasta %.
Regressioyhtälö laskettu Ewoksen lohien ruokintataulukon arvoista (6-18°C, kalojen keskipaino 6-40 g)

Taulukko 3.

Koejakso	vrk	kalojen paino kg	PAINON LISÄYS			REHUN KULUTUS			koejakson aikana havaittu kuolleisuuden kertymä kpl	
			kg	%	g/vrk	%/vrk	kg	% kalojen painosta/ vrk		poikkeama ohjearvosta %
26.6.		15,370								7
13.7.	17	16,300	0,930	6,1	55	0,34	1,98	+ 0,3	5,89	51
27.7.	14	19,450	3,150	19,3	225	1,26	1,62	- 19,7	1,40	51
18.8.	22	27,050	7,600	39,1	345	1,50	1,72	- 24,2	1,35	56
3.9.	16	35,680	8,630	31,9	539	1,73	1,50	- 17,4	0,99	71
15.9.	12	38,320	2,640	7,4	220	0,59	1,42	- 12,7	2,48	68
4.11.	50	45,969	7,649	19,96	153	0,36	0,70	- 0,1	2,09	

Taulukko 5.

B 4 - S 80

Koejakso	vrk	kalojen paino kg	PAINON LISÄYS			kg	REHUN KULUTUS	rehu- kerroin %	koejakson aikana havaittu kuolleisuuden kertymä kpl	
			%	g/vrk	%/vrk					% kalojen painosta/ vrk
26.6.		15,400								
13.7.	17	18,600	3,200	20,8	1,11	5,496	1,74	- 13,5	1,72	- 1
27.7.	14	22,225	3,625	19,5	1,27	5,214	1,68	- 15,4	1,44	+ 7
18.8.	22	29,800	7,575	34,1	1,33	11,710	1,79	- 19,3	1,55	+ 2
3.9.	16	39,250	9,450	31,7	1,72	9,088	1,45	- 21,4	0,96	- 14
15.9.	12	42,330	3,080	7,8	0,63	7,204	1,42	- 12,7	2,34	- 12
6.11.	133	48,644	6,315	14,92	0,27	17,735	0,70	0,1	2,81	- 11

Taulukko 6. Fosforin ja kiintoaineen taseet sekä poistuvan fosforin määrät.

fosforitase

	rehun P g (%)	kaloinin sit. P g (%)	lietteen P g (%)	poist. veden P g (%)	poikkeama %
I (4.-24.7.1981)					
B 1 L 119/81	56.4 (100.0)	10.107 (17.9)	21.647 (38.4)	15.40 (27.3)	-16.4
B 2 Ewos S 80	33.2 (100.0)	8.693 (26.2)	9.412 (28.3)	10.34 (31.1)	-14.3
B 3 L 119/81	53.2 (100.0)	9.947 (18.7)	18.170 (34.2)	13.31 (25.0)	-22.1
B 4 Ewos S 80	38.1 (100.0)	9.907 (26.0)	9.652 (25.3)	11.22 (29.4)	-19.2
II (5.-15.9.1981)					
B 1 L 119/81	104.0 (100.0)	14.452 (13.9)	51.454 (49.5)	29.97 (28.8)	- 7.8
B 2 Ewos S 80	65.4 (100.0)	8.499 (13.0)	19.919 (30.5)	26.62 (40.7)	-15.8
B 3 L 119/81	94.4 (100.0)	10.343 (11.0)	42.931 (45.5)	27.28 (28.9)	-14.7
B 4 Ewos S 80	71.9 (100.0)	9.784 (13.6)	31.545 (43.9)	35.81 (49.8)	+ 7.3

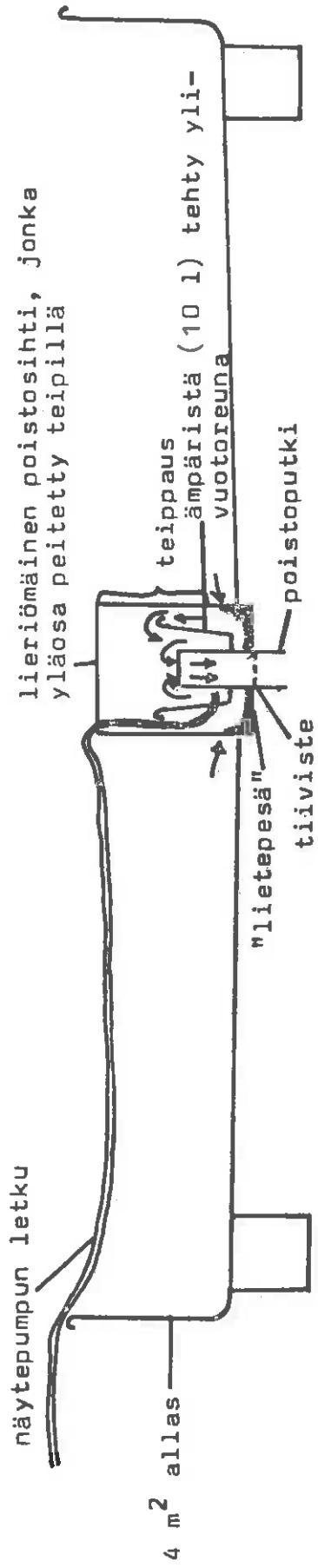
kiintoaineen "tase"

	rehun käyttö g	lietteen kuivapaino g	veden mukana poistunut kiin- toaine g	sulavuus- kerroin
I (4.-24.7.1981)				
B 1 L 119/81	3765	501.7	224.64	0.81
B 2 Ewos S 80	2765	311.1	34.56	0.87
B 3 L 119/81	3716	451.4	151.20	0.84
B 4 Ewos S 80	3177	376.9	125.28	0.84
II (5.-15.9.1981)				
B 1 L 119/81	6933	1331.1	380.16	0.75
B 2 Ewos S 80	5450	1046.2	285.12	0.76
B 3 L 119/81	6292	1402.7	380.16	0.72
B 4 Ewos S 80	5996	1492.3	285.12	0.70

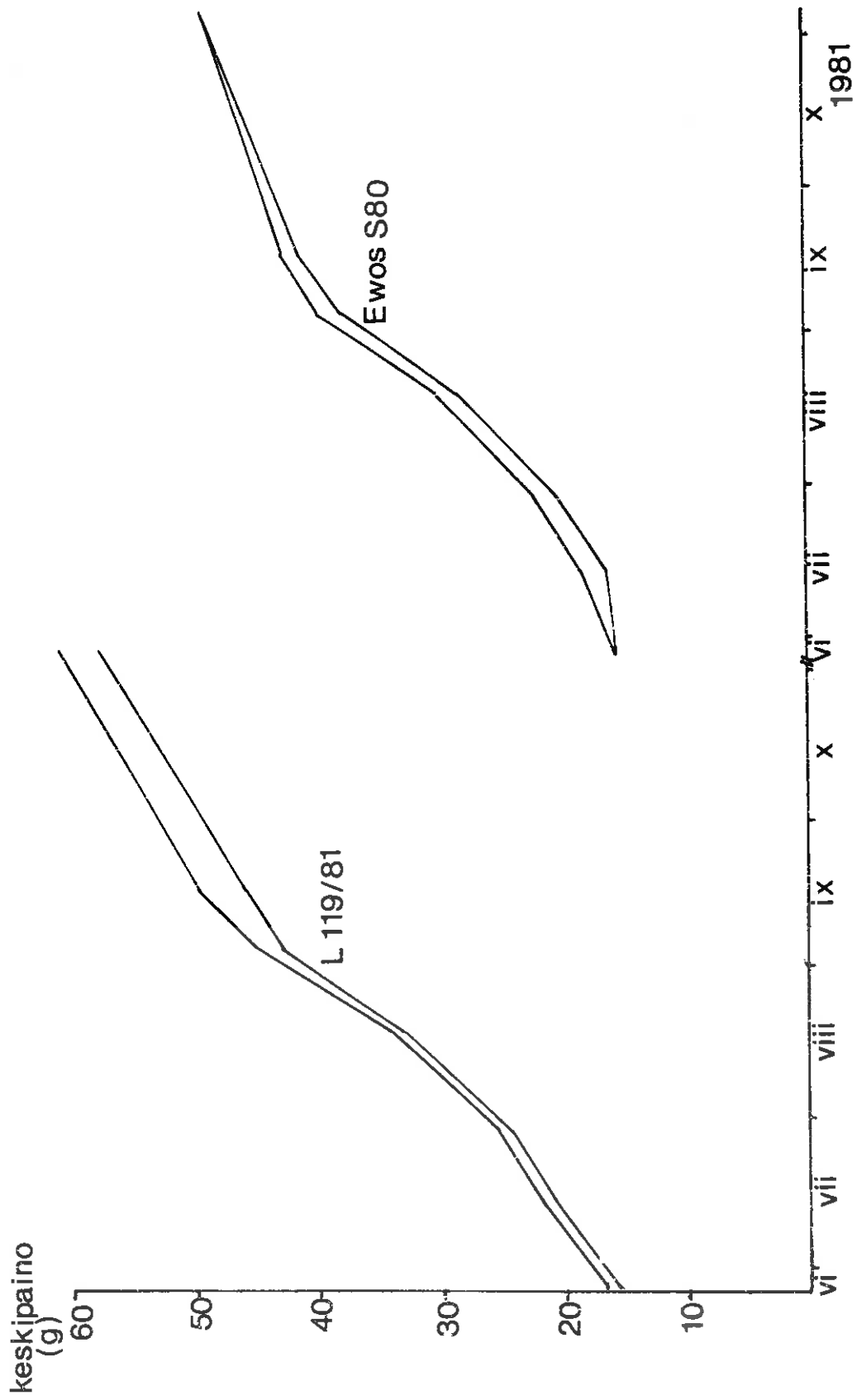
altaista poistuva fosfori g kasvatettua kalakiloa ja käytettyä rehukiloa kohti

	kalakiloa kohti				rehukiloa kohti			
	lietteessä		liett.+vedessä		lietteessä		liett.+vedessä	
	I	II	I	II	I	II	I	II
B 1 L 119/81	7.506	11.101	12.846	17.567	5.393	6.962	9.229	11.017
B 2 Ewos S 80	3.803	7.545	7.981	17.628	3.081	3.307	6.465	7.728
B 3 L 119/81	6.380	14.855	11.053	24.294	4.803	6.400	8.321	10.467
B 4 Ewos S 80	3.413	10.242	7.380	21.869	2.754	4.762	5.955	10.167
\bar{x} L 119/81	6.943	12.978	11.950	20.931	5.098	6.681	8.775	10.742
\bar{x} Ewos S 80	3.608	8.893	7.681	19.748	2.918	4.035	6.210	8.948

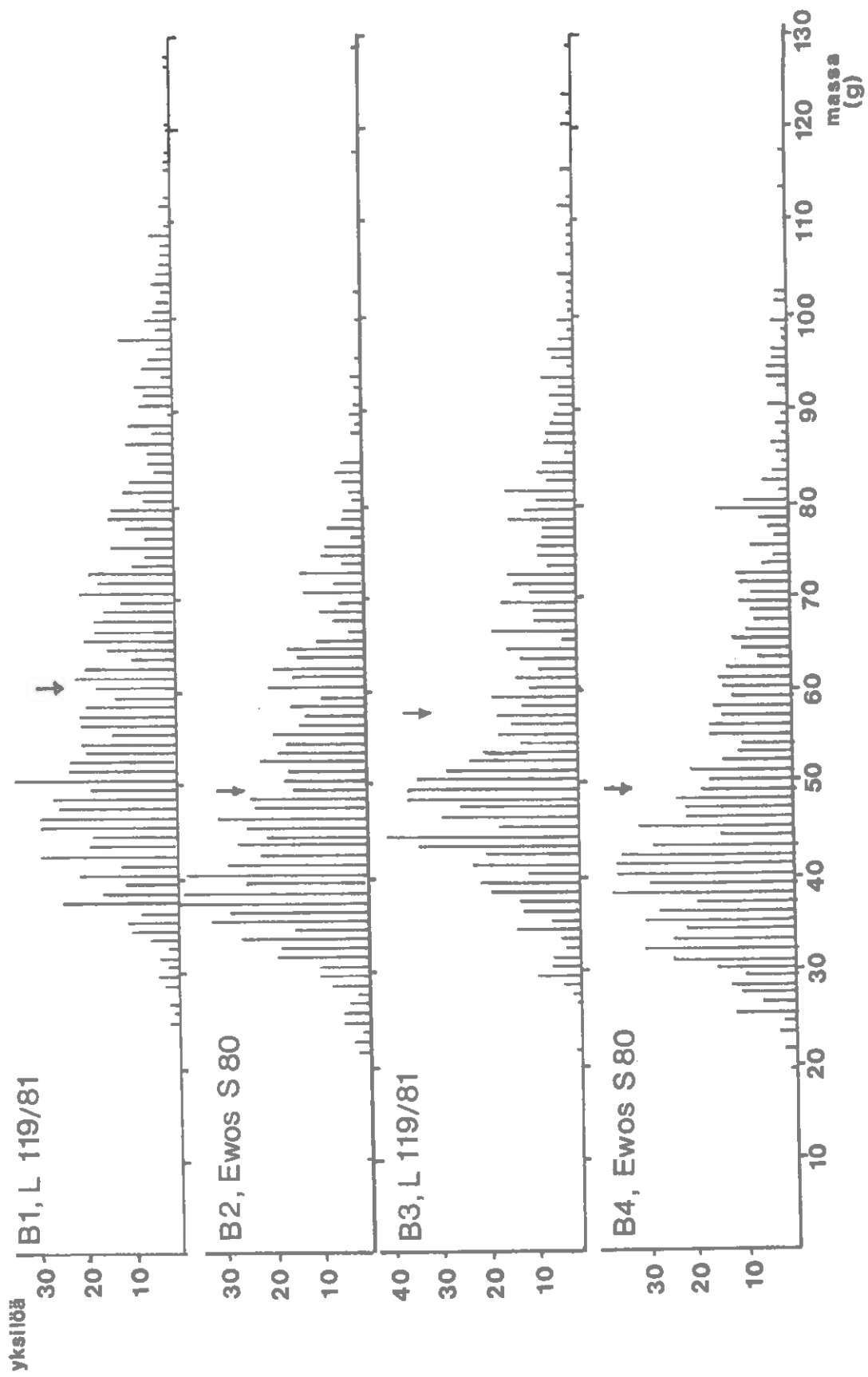
→ = poistovirtaus



Kuva 1. Kasvatusaltaan ja ylivuotoreunan poikkileikkaus. Mittakaava 1:20.



Kuva 2. Poikasten keskipainon kehitys koerehuilla.



Kuva 3. Koeryhmien kalojen massan jakauma 4.11.1981 (↓ = ryhmän keskiarvo).

Liite 1.

Ewos S 80 - L 119/81 JÄTELIETTEIDEN KOKONAISFOSFORI (mg P/g kuiva-ainetta) JA HEHKUTUSJÄÄNNÖS (% kuiva-aineesta) 1. KOEJAKSO

	B1 L 119/81		B2 Ewos S 80		B3 L 119/81		B4 Ewos S 80	
	mg P/g	hehk. jäännös %	mg P/g	hehk. jäännös %	mg P/g	hehk. jäännös %	mg P/g	hehk. jäännös %
14.7. -81	49.9.	32.2	35.8	13.1	46.4	32.2	25.8	23.3
15.7.			26.2	20.1			21.2	27.3
16.7.	46.6	49.0	35.7	22.1	58.9	44.8		
17.7.	54.0	50.1	37.6	26.9	46.1	33.0	24.2	21.1
18.7.	25.8	25.8	26.7	18.4				
19.7.	44.6	17.6	37.3	20.4	43.9	23.4	21.3	19.1
20.7.	52.5	40.6	34.4	24.4	30.5	30.1	32.4	22.0
21.7.	46.7	53.4	24.2	23.7	37.4	25.8		
22.7.								
23.7.			25.8	34.5			24.4	18.7
24.7.	47.4	46.6			21.3	24.5		
X	45.9	39.4	32.2	22.6	40.6	30.5	24.9	21.9

Liite 2.

EWOS S 80 - L 119/81 JÄTELIETTEEN KOKONAISFOSFORI (mg P/g kuiva-ainetta) JA HEHKUTUSJÄÄNNÖS
(% kuiva-aineesta) 2. KOEJAKSO

59

	L 119/81		Ewos S 80		L 119/81		Ewos S 80	
	mg P/g	hehk. jäännös %	mg P/g	hehk. jäännös %	mg P/g	hehk. jäännös %	mg P/g	hehk. jäännös %
5.9.	48.9	51.9	21.1	17.0	37.4	42.8	23.0	23.8
6.9.	36.5	18.3	22.6	14.3	20.5	15.4	20.2	10.8
7.9.	-	-	15.3	9.9	31.5	25.5	20.4	17.4
8.9.	52.1	36.9	17.9	11.0	24.3	21.5	17.9	12.0
9.9.	38.6	30.0	21.6	14.9	32.2	28.7	-	-
10.9.	33.2	22.8	20.9	14.3	36.8	26.6	21.4	12.4
11.9.	20.7	13.2	15.6	13.0	27.3	19.8	23.4	15.9
12.9.	33.8	27.0	20.0	12.6	26.2	17.6	24.8	21.2
13.9.	46.9	35.0	13.0	13.7	40.5	33.1	18.6	13.0
14.9.	42.5	33.9	21.1	13.3	23.9	18.6	21.6	10.7
15.9.	38.7	27.4	17.5	10.5	38.8	30.7	17.5	16.4
X	39.2	29.6	18.8	13.1	30.9	25.5	20.9	15.4

VERTAILEVA KASVATUSKOE LOHELLA EWOS S 31 JA EWOS T 40 REHUILLA
VUONNA 1980

Timo Mäkinen ja Olli Sumari

1. Johdanto

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella suoritettiin kesällä 1980 yhteistyössä OY Astra-Ewos ab:n kanssa vertaileva rehukoe Ewos S 31 lohirehulla ja uudella T 40 rehulla (ns. miljöfoder). Kokeen tarkoituksena oli vertailla keskenään lohenpoikasten kasvua, terveydentilaa ja kuolleisuutta sekä rehunkulutusta. Koejakso alkoi 3.6.1980 ja päättyi 31.10.1980. Koejakson pituus oli 145 vrk.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Koekalat

Koekaloina käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella kasvatetuista Nevan lohen (*Salmo salar* L.) emoista syksyllä 1979 lypsetystä mädistä 16. - 25.4.1980 kuoriutuneita poikasia. Poikasten keskipainoksi saatiin 3.6.1980 0.166 g (400 poikasen otos, vesipunnitus). Tällöin poikasia punnittiin vesipunnituksella 10.000 kpl kuhunkin koealtaaseen. Koeryhmät tasattiin 5.8.1980 siten, että kuhunkin koealtaaseen jätettiin 3.300 satunnaisesti valittua poikasta.

2.2. Altaat, vesitys ja lämpötilan seuranta

Koealtaina käytettiin hyötypinta-alaltaan 3.7 m²:n neliömäisiä muovialtaita. Koealtaisiin tuleva vesi suunnattiin siten, että vesi saatiin pyörivään liikkeeseen. Koealtaat puhdistettiin kaksi kertaa viikossa, tarvittaessa useammin.

Veden pinnankorkeus oli kaikissa altaissa 12 cm. Kokeen alkaessa 3.6.1980 kaikkiin altaisiin tuli kasvatusvesi LKKVL:n Peurunkajärvestä putkella 12 metrin syvyydestä järven alusvedestä. Kesäkuun 25. päivä vesitys muutettiin siten, että puolet tulevasta vedestä otettiin 4 m:n syvyydestä Peurunkajärven päällysvedestä. Elokuun 6. päivästä alkaen siirryttiin käyttämään pelkkää päällysvettä.

Virtaama on kaikissa altaissa ollut koko koeajan 0.5 l/s. Virtaama tarkistettiin ja säädettiin kaksi kertaa viikossa.

Kasvatusveden lämpötilaa seurattiin mittaamalla se päivittäin klo 7.00 ja klo 16.00 yhdestä koealtaasta (B 1).

2.3. Rehut ja ruokinta

Vertailevina rehuina käytettiin Ewoksen tavallista lohirehua (Ewos S 31) sekä Ewoksen uutta koerehua (Ewos T 40 miljöfoder).

Rehujen raekoko oli kokeen alkaessa no: 1. Koko vaihtui 18.8. n:o 2:een ja 24.9. 3:een.

Ruokinta aloitettiin 11.6. käsinruokintana tunnin välein klo 7.00 - 21.00, tällöin käytettiin kaikissa altaissa Ewos S 31 rehua (koerehua ei vielä oltu saatu käyttöön).

Heinäkuun ensimmäisenä päivänä siirryttiin automaattiruokintaan (klo 3.00 - 23.00 puolen tunnin väliajoin 1 min. kerrallaan). Ewos miljöfoder saatiin käyttöön automaattiruokinnan alkaessa (1.7.1980). Kahta koeallasta ruokittiin edelleen Ewos S 31:llä (B 1 ja B 2) ja kahta muuta uudella koerehulla (B 3 ja B 4).

Automaattiruokinnan ruokinta-aikaa pidennettiin 16.9.1980 siten, että automaattit ruokivat 1 1/2 min. kerrallaan.

Samalla ruokintakertoja vähennettiin siten, että ruokinta alkoi klo 6.00 ja päättyi klo 21.00 (edelleen 1/2 tunnin välein).

2.4. Kalojen hoitokylvetykset ja kuolleisuuden seuranta

Kylvetyksiä on jouduttu antamaan koekaloille seuraavasti:

Formaliini 1:5000

pvm	Aika min.
19.6.1980	40
2.7.1980	30
7.7.1980	40
15.7.1980	30
6.8.1980	40
18.8.1980	40

Kuolleisuuden vähennyttyä elokuun jälkeen ei kylpyjä enää ole tarvittu. Kuolleisuutta seurattiin altaiden puhdistuksen yhteydessä, jolloin kuolleina tavatut poikaset laskettiin. Lisäksi poikasten määrä kussakin altaassa laskettiin aina keskipainopunnitusten yhteydessä.

2.5. Kalojen kasvun seuranta

Kalojen kasvua seurattiin punnitsemalla koeryhmistä noin 200 kpl:een otos vesipunnituksella. Koeryhmän kalojen lukumäärä laskettiin samassa yhteydessä. Punnituspäivämäärät käyvät ilmi taulukosta 1. Punnitustarkkuus vesipunnituksissa käytetyllä vaa'alla oli noin 2 g.

Yksilöiden pituuden ja painon hajonnan selvittämiseksi punnittiin 31.10.1980 kustakin koeryhmästä 100 kpl:n satunnaisotos 0.1 g:n tarkkuudella ja mitattiin kunkin kalan pituus 1 mm:n

tarkkuudella. Vastaava yksilöllinen punnitus ja mittaus tehtiin myös 12.12.1980, 350 yksilön otosta käyttäen, koska edellisen punnituksen tulokset poikkesivat huomattavasti saman ajankohdan (31.10.1980) vesipunnituksen tuloksesta.

3. Tulokset ja tarkastelu

3.1. Kasvatusveden lämpötila, rehun kulutus ja ruokinnan intensiteetti

Kuvassa 1. on esitetty kasvatusveden lämpötila koejakson aikana viiden päivän aamu- ja iltalämpötilojen (klo 7.00 ja 16.00) liukuvana keskiarvona.

Seuraavassa taulukossa on esitetty rehunkulutus eri koeryhmissä.

pvm	Rehunkulutus g eri koeryhmissä			
	Ewos S 31		Ewos miljöfoder	
	B 1	B 2	B 3	B 4
3.6.-3.7.	500	319	422	342
4.7.-5.8.	4 240	4 100	4 720	4 800
6.8.-5.9.	6 440	6 490	6 270	6 235
6.9.-6.10.	8 900	8 110	9 000	9 000
7.10.-31.10.	7 810	6 700	8 680	9 640
1.11.-12.12.	10 060	6 900	9 370	10 460
Yhteensä	37 950	32 619	30 362	40 477

Ruokinnan suhteellista intensiteettiä kuvaa ehkä parhaiten rehunkulutuksen suhteellinen osuus koeryhmän kalojen painosta vuorokautta kohti laskettuna, nämä on esitetty seuraavassa taulukossa:

pvm	Rehunkulutus % kalojen painosta/vrk			
	Ewos S 31		Ewos miljöfoder	
	B 1	B 2	B 3	B 4
3.6.-3.7.	.96	.72	.81	.57
4.7.-5.8.	3.68	4.38	1.68	2.10
6.8.-5.9.	2.76	3.04	2.06	1.81
6.9.-6.10.	1.76	1.93	1.44	1.55
7.10.-31.10.	1.61	1.74	1.46	1.48
1.11.-12.12.				
keskiarvo:				
koaltaissa	2.15	2.36	1.49	1.50
rehut		2.26		1.50

Luvuista huomataan että koeryhmillä on jonkin verran eroa: Ewos S 31:llä ruokittujen ryhmien keskiarvo 2.26 %/vrk on merkitsevästi suurempi kuin Ewos miljöfoder ryhmien keskiarvo 1.5 %/vrk. Tämä merkitsee sitä, että kasvuvertailuja tehtäessä on erilainen ruokintaintensiteetti otettava tavalla tai toisella huomioon.

Ruokinnan intensiteetti on ns. "ad libitum" -tasolla (vertaa esim. EINSELE 1965 tai Ewos ruokintataulukot). Tämä tarkoittaa sitä, että hukkaan menevän, syömättä jäävän rehun osuus on ilmeisesti jäänyt verrattain pieneksi. Tämä lisää rehuker toimien vertailun luotettavuutta verrattuna tilanteeseen, jossa ruokitaan ylimäärin (eli pyritään vertaamaan kasvunopeuksia erilaisilla rehuilla).

3.2. Kuolleisuus koeryhmissä

Seuraavassa taulukossa on esitetty kuolleisuudet eri koeryhmissä. Kuolleisuustiedot perustuvat keskipainopunnitusten yhteydessä tehtyyn koko koeryhmän poikasmäärän laskentaan. Kuolleisuutta seurattiin koko kasvatusjakson ajan päivittäin,

mutta rehujätteen mukana poistetut, jo hajonneet, poikaset aiheuttavat epätarkkuutta näihin lukuihin.

Kuolleisuudet kpl eri koeryhmissä (suluissa prosenttia ko. aikavälillä).

	Ewos S 31		Ewos miljöfoder	
	B 1	B 2	B 3	B 4
3.6.-11.6.	111(1.13)	172(1.72)	142(1.42)	176(1.76)
12.6.-3.7.	905(9.15)	1735(17.35)	1418(14.38)	1138(11.58)
4.7.-5.8.(1)	4929(54.88)	4725(58.38)	1015(12.03)	2070(23.83)
6.8.-5.9.	25(0.76)	36(1.09)	76(2.30)	197(5.97)
6.9.-6.10.	7(0.21)	1(0.03)	1(0.03)	1(0.03)
7.10.-31.10.	6(0.18)	60(1.84)	32(0.99)	63(2.03)
3.6.-5.8.	5947(60.0)	6632(67.0)	2575(28.0)	3348(38.0)
5.8.-31.10.	38(1.2)	97(2.9)	109(3.3)	261(7.9)

1) 5.8.1980 koeryhmät tasattiin siten että jokaiseen jätettiin 3 300 poikasta.

Kuolleisuus on ollut Ewos S 31:llä ruokituissa ryhmissä merkittävästi suurempi kuin miljöfoderilla ruokituissa, joissa se oli 5.8. mennessä lähes puolta pienempi. Miljöfoderin koeryhmissä kuolleisuus vastaa suurin piirtein Ruotsissa Vattenfallsin laitoksilla 60-luvulla toteutunutta keskiarvoa ensimmäisen kesän kasvatuksessa. Rehujen välinen poikkeava kuolleisuus ei kuitenkaan johdu välttämättä pelkästä rehusta, vaan asiaan on voinut olla vaikuttamassa myös muita samansuuntaisia ympäristötekijöitä: Rinnakkaisten koeryhmien pienen määrän vuoksi ei tässä voida tehdä varmoja johtopäätöksiä.

3.3. Kalojen kasvu ja rehukertoimet

Seuraavassa taulukossa on esitetty vesipunnituksella saadut koeryhmien poikasten keskipainot (g).

Päivämäärä	Ewos S 31		Ewos miljöfoder	
	B 1	B 2	B 3	B 4
1.6.1980	0.168	0.177	0.179	0.182
3.7.1980	0.231	0.218	0.248	0.275
5.8.1980	0.860	0.842	1.150	1.045
5.9.1980	2.371	2.183	3.150	3.694
6.10.1980	4.990	4.154	6.244	6.039
31.10.1980	5.931	4.809	7.461	8.588

Edellä olevat keskipainotiedot on esitetty graafisesti kuvas-
sa 2. Seuraavassa taulukossa on yksilöllisten keskipaino- ja
pituusmittausten tulokset ($g \pm S.E.$, $cm \pm S.E.$).

Päivämäärä ja Ewos S 31 otoksen koko, n., 31.10.1980	Ewos S 31		Ewos miljöfoder	
	B 1	B 2	B 3	B 4
(n=100)				
pituus	7.9 \pm 0.11	8.1 \pm 0.11	8.7 \pm 0.12	9.1 \pm 0.14
paino	5.0 \pm 0.22	5.3 \pm 0.22	7.0 \pm 0.31	8.2 \pm 0.38
12.12.1980				
(n=350)				
paino	5.7 \pm 0.15	3.8 \pm 0.08	7.4 \pm 0.19	8.4 \pm 0.21

Seuraavaan taulukkoon on laskettu rehukertoimet 3.7. - 12.12.
(kuolleet mukana)

Päivämäärä	Ewos S 31		Ewos miljöfoder	
	B 1	B 2	B 3	B 4
3.6.-3.7.	0.80	0.79	0.62	0.37
4.7.-5.8.	0.75	0.81	0.62	0.72
6.8.-5.9.	1.29	1.47	0.95	0.71
6.9.-6.10.	1.04	1.26	0.90	1.24
7.10.-31.10.	2.54	3.13	2.21	1.22
3.6.-5.8.	0.69	0.67	0.53	0.60
3.6.-12.12.	2.22	3.03	1.34	1.56
keskiarvo		2.63		1.45

4. Tarkastelu

4.1. Rehukertoimet

Ruokinnan määräksi suositellaan ensimmäisen kesän kasvatuksessa lämpötilasta riippuen 3 - 5 % kalojen painosta (kts. esim. EWOS FISHFEED 1976). Koeryhmien ruokintaprosentit ovat kuitenkin olleet reilusti alle tämän tason, ainoastaan B 2 ryhmässä, jossa kasvu oli huonoin ja kuolleisuus suuri, luvut ovat olleet ajoittain yli kolmen (kts. taulukko sivulla 5). Tämän perusteella ruokinta on ollut ns. "ad libitum"-tasolla, ja edelläolevia rehukertoimia voidaan melko luotettavasti vertailla keskenään.

Kuolleisuuden voidaan ajatella vaikuttavan kahdella tavalla rehukertoimien arvoon: Toisaalta kuolleisuus harventaessaan koeryhmää sallii entistä pienemmän yksilömäärän käyttää entistä suuremman määrän rehua suuremmissa kasvatustilassa (jossa on vähemmän tilatekijän aiheuttamaa stressiä), toisaalta kuolleisuuden seurauksena osa ruokitusta rehusta voi joutua hukkaan. Viimeksimainittua tilannetta tuskin on ko. koeryhmissä kuitenkaan syntynyt, koska ruokinta, kuten edellä todettiin, on tapahtunut "ruokahalun mukaan". Se, että rehukertoimia laskettaessa kuolleiden osuus jätetään vähentämättä (kuten

yleisesti on tapana, ja kuten myös edellä on menetelty) on omiaan vaikuttamaan rehukerrointa parantavasti sellaisessa ryhmässä missä kuolleisuus on suhteellisesti suurempaa. Näin on laita Ewos S 31:llä ruokituissa ryhmissä (kts. taulukko sivulla 6). Mikäli kuolleiden osuus vähennettäisiin ennen rehukertoimen laskemista olisi rehujen välinen ero vielä suurempi.

4.2. Kasvuerojen merkitsevyydestä

Varianssianalyysi 31.10.1980 tehdystä yksilöllisestä punnituksesta antoi tulokseksi, että rehujen välinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ($F = 5.991$), kun sen sijaan rinnakkaisaltaiden välillä on tilastollisesti merkitsevä ero ($F = 3.543$). Tämä voidaan tulkita siten, että rehujen välinen, ehkä merkitseväkin ero "peittyy" rinnakkaisaltaiden väliseen suureen vaihteluun. Tästä päästäisiin lisäämällä rinnakkaisaltaiden määrää. Kokonaisvarianssin komponentit jakautuivat 31.10.1980 mittauksen perusteella siten, että mitattujen kalojen välillä (sama allas) vaihtelusta oli 89.8 %, rinnakkaisaltaiden välillä (sama rehu) 2.28 % ja rehujen välillä 7.96 %.

Koska 31.10.1980 tehdyn yksilöllisen punnituksen tulokset poikkesivat varsin huomattavasti vastaavan ajankohdan vesipunnituksella saadusta tuloksesta, katsottiin tarpeelliseksi tehdä punnitus uudelleen 12.12.1980: tällä kertaa se tehtiin 350 poikasen otoksesta 100 poikasen sijasta. Vastaavanlainen varianssianalyysi (hierarkkinen varianssianalyysi ns. sekamallin mukaisena, kts. esim. SNEDECOR & COCHRAN 1973) antoi seuraavanlaisen tuloksen:

Rehujen välinen vaihtelu, $F = 4.03$, ei tilastollisesti merkitsevä, altaiden välinen vaihtelu, $F = 3.76$, ei myöskään tilastollisesti merkitsevä.

Vaikka erot eivät olekaan tilastollisesti merkitseviä suuren näytteen sisäisen vaihtelun vuoksi, ovat erot kuitenkin vähintäänkin suuntaa antavia, kun otetaan huomioon edellä todettu ravintokerrointen eroavuus. Jos erilaisen ruokinnan vaikutus tasattaisiin ja otettaisiin huomioon erilainen ravintokerroin (kertomalla kunkin ryhmän ravintokertoimen käänteisluvulla kaikkien ryhmien senhetkinen keskimääräinen rehunkulutus), kasvaisivat erot nyt havaittuja suuremmiksi ja saattaisivat muuttua tilastollisesti merkitseviksi.

Painon kehitystä ajan funktiona ja siinä ilmenevien erojen merkitsevyyttä voidaan selvittää regressioanalyysin avulla.

Verrattaessa lineaarisen ($y = a+bx$) ja logaritmisen ($y = ax^b$) regression selityssastetta osoittautui molempien rehujen osalta lineaarinen regressio tässä tapauksessa paremmaksi.

Yhtälöt ovat:

Ewos S 31	$y = - 0.66 + 0.04 x$, $r^2 = 0.91$
Ewos miljöfoder	$y = - 1.06 + 0.06 x$, $r^2 = 0.93$
	$x = \text{vrk koejakson alusta}$	
	$y = \text{kalojenkeskipaino}$	
	$(\text{vesipunnitukset}) g$	

Vastaavat logaritmisen regression selityssasteet olivat:

Ewos S 31	$r^2 = 0.79$
Ewos miljöfoder	$r^2 = 0.81$

Kuvassa 2. on esitetty pystyjanoilla lineaarisen regression 95 %:n luotettavuusalueen rajat vesipunnitusten suorituspäivämäärien kohdalla. Huomatkaa, että lokakuun lopun arvot poikkeavat toisistaan jo melko selvästi. Tätä eroa voidaan pitää tilastollisesti merkittävänä, kun otetaan huomioon että lineaarinen malli joka tapauksessa on melko karkea keskimääräisen kasvun kuvaamiseen. (Paremmiin tähän soveltuisi logistinen yhtälö, joka noudattaisi kasvukäyrän loivan s-kirjaimen muotoa.)

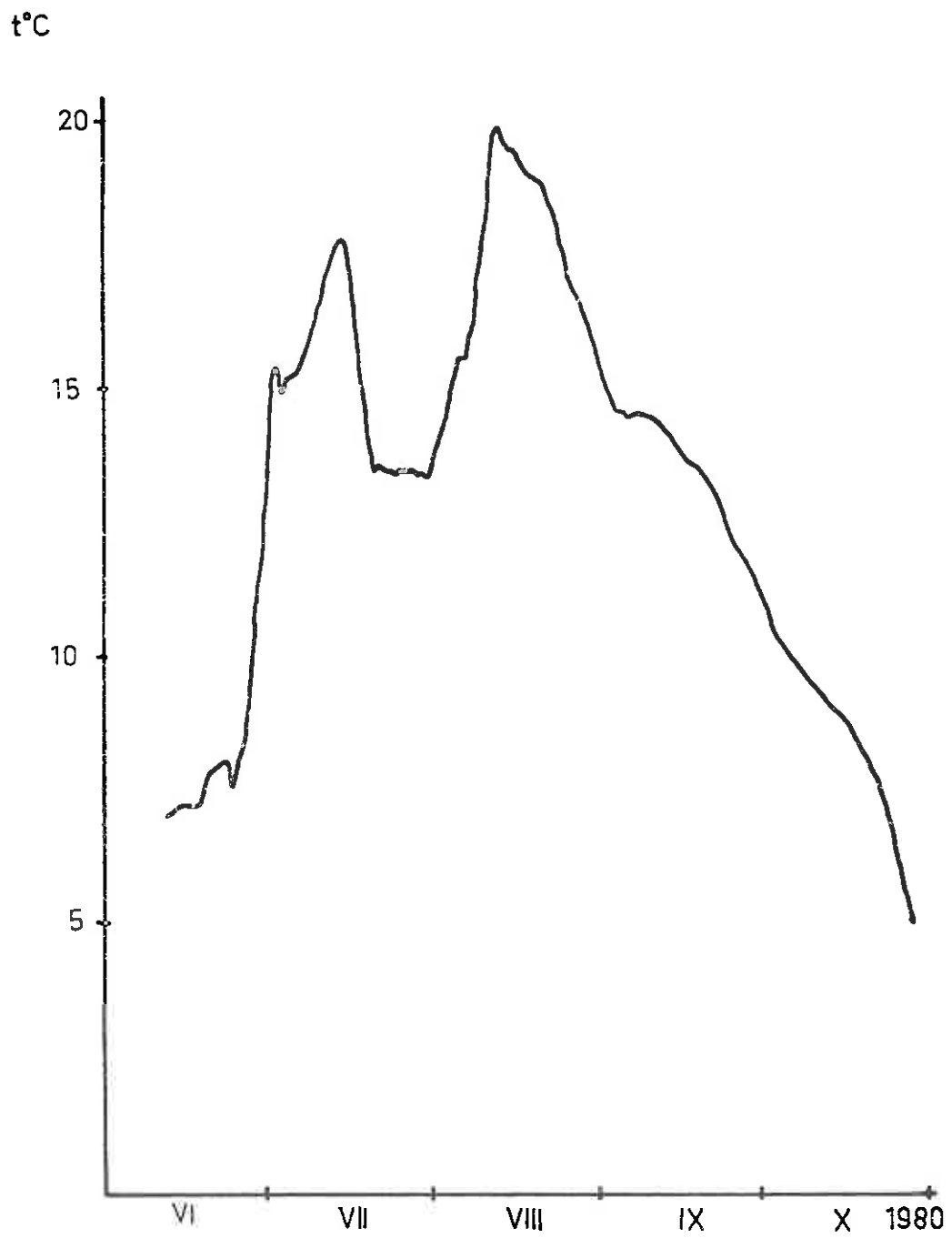
Yhteenvetona kasvuerosta voidaan todeta että miljöfoder on S 31:tä parempaa. Se näyttää tulevan paremmin hyödynnetyksi (ravintokertoimet, kuolleisuudet) ja aikaansaavan paremman kasvun.

Jatkotutkimuksissa tulisi rinnakkaisten kasvatusryhmien määrää lisätä ja mahdollisesti poikkeavan kuolleisuuden vaikutusta tulisi vähentää tasaamalla koeryhmien lukumäärät useampia kertoja kasvukauden aikana.

Erityisen tärkeää olisi selvittää, paljonko fosforia, typpeä ja happea kuluttavia aineita jää jätteeksi tuotettaessa kalaa eri rehuilla ja pienentääkö miljöfoder-rehun käyttö myös kalantuotannon aiheuttamaa vesistön ravinnekuormitusta.

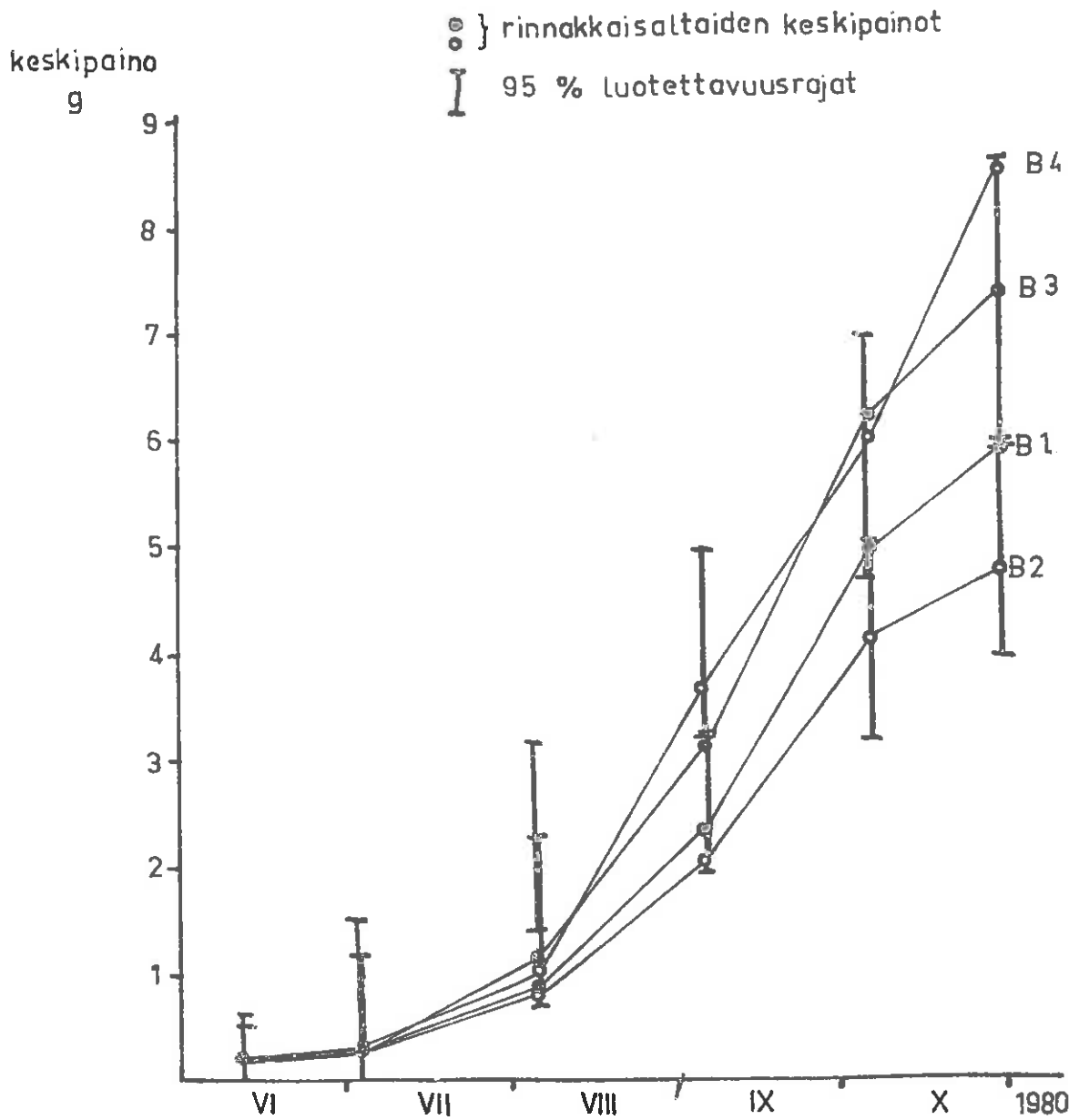
Taulukko 1. Yhteenveto koejaksosta.

	Allas B 1	Allas B 2	Allas B 3	Allas B 4
	Ewos S 31	Ewos S 31	Ewos T 40	Ewos T 40
Kalojen lukumäärä 3.6.1980	10 000	10 000	10 000	10 000
Kuolleisuus 5.8. mennessä kpl	5 947	6 632	2 575	3 348
Kuolleisuus %	59	66	26	33
Kalojen harvennuksen jälkeen 5.8. kpl	3 300	3 300	3 300	3 300
Kuolleisuus 5.8.-31.10. kpl	38	97	109	261
Kuolleisuus 5.8.-31.10. %	1	3	3	8
Kuolleisuus 3.6.-31.10. %	60	67	28	38
Kalojen paino 11.6. g/kpl	0.168	0.177	0.179	0.182
Kalojen paino 5.8. g/kpl	0.860	0.842	1.150	1.045
Kalojen paino 31.10.g/kpl	5.931	4.809	7.461	8.588
Lisäkasvu 11.6.-5.8. %	412	376	542	474
Lisäkasvu 5.8.-31.10. %	590	471	549	722
Lisäkasvu 11.6.-31.10. %	3 430	2 617	4 068	4 619
Kalamäärä 5.8. kg	3.586	2.8	8.5	6.9
Kalamäärä 31.10. kg	19.4	15.4	23.8	26.1
Kalamäärä 31.10. kg/m ²	5.2	4.2	6.4	7.1
Rehun kulutus 5.8 mennessä kg	4.74	4.419	5.142	5.142
Lisäkasvu 5.8.mennessä (kuolleet mukana) kg	6.92	6.65	9.71	8.63
Rehukerroin 5.8. men- nessä	0.69	0.67	0.53	0.60
Rehun kulutus 12.12. mennessä kg	37.95	32.619	30.362	40.477
Lisäkasvu 12.12. mennessä (kuolleet mukana) kg	17.13	10.77	22.63	25.9
Rehukerroin 12.12. mennessä	2.22	3.03	1.34	1.56
Keskipituus 31.10. (n=100) cm± S.E.	7.9± 0.11	8.1± 0.11	8.7± 0.12	9.1± 0.14
Keskipaino 31.10. (n=100) g ± S.E.	5.0± 0.22	5.3± 0.22	7.0± 0.31	8.2± 0.38
Keskipaino 12.12. (n=350) g ± S.E.	5.7± 0.15	3.8± 0.08	7.4± 0.19	8.4± 0.21



Kuva 1. Veden lämpötila koealtaissa.

Ewos s 31 B1 B2
 Ewos mitjöfoder B3 B4



Kuva 2. Koekalojen kasvu.

LAUKAAN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSELLA YHTEISTYÖSSÄ JUURIKAS-
SOKERI OY:N KANSSA VUONNA 1979 TOIMEENPANNUN REHUKOKEEN
TULOKSET

Timo Mäkinen ja Olli Sumari

1. Johdanto

Ruokintakokeen tarkoituksena on kehittää yhteistyössä Juurikassokeri osakeyhtiön kanssa kirjolohelle soveltuva pehmeäraerehu.

Pehmeäraerehulla tarkoitetaan tässä kokeessa happosäilötystä kalasta ja sideaineesta valmistettua rehua.

Kokeessa tutkittiin 1-vuotiaiden kirjolohien rehun käyttöä, kasvua ja kuolleisuutta sekä terveydentilaa kuudella koerohulla käyttäen vertailurehuna Vaasan Höyrymylly osakeyhtiön kuivarehua (Kasvatusforelli 1, 2 ja 3, rehuseos yli 10 cm:n pituisille kaloille.).

Koe aloitettiin 27.3.1979 ja lopetettiin 6.6.1979. Koejakson pituus oli näin ollen 71 vrk.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Koekalat

Koekaloina käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella kasvatetuista kirjolohiemoista saatuja poikasia (kanta: A 13 - 78/132 - 135). Emot lypsettiin keväällä 1978.

Poikaset hedelmöitettiin 10.3.1978 (hautomaveden lämpötila oli tuolloin 5 °C) ja kehittyivät silmäpisteasteelle 18.4.1978. Poikaset kuoriutuivat 15. - 20.5.1978.

Poikasten ruokinta aloitettiin 2.6.1978 Ewoksen S 31/1 rehul-la. Poikaset olivat 2.10.1978 saakka 1 m²:n laikuitualtaissa, joista ne 2.10.1979 siirrettiin uomatyypisiin maa-altaisiin. Poikasten keskipaino oli tuolloin 19.8 g.

Poikaset lajiteltiin 23.3.1979. Lajitelluista poikasista 12 mm:n seulalle jäävät käytettiin tässä kokeessa. Poikaset sijoitettiin aluksi samaan altaaseen, josta ne 26.3.1979 siirrettiin satunnaisesti valituissa erissä 1 m²:n altaisiin.

Kutakin koerehua ja vertailurehua varten perustettiin kaksi rinnakkaista 80 poikasen koeryhmää. Laukaan keskusklanviljelylaitoksella 3.5.1979 sattuneen yhtäaikaisen sähkökatkoksen ja varavoimakoneen rikkoutumisen seurauksena aiheutuneen kuolleisuuden vuoksi jouduttiin koeryhmät pienentämään 48 poikasta käsittäviksi.

Poikaset punnittiin ns. vesipunnituksella valuttaen huolellisesti (noin puolen minuutin ajan) ylimääräinen vesi pois. Käytetyllä vaa'alla päästiin noin 2 g:n punnitustarkkuuteen.

2.2. Altaat, vesitys ja lämpötilaseuranta

Altaina käytettiin 1 m²:n pyöreäkulmaisia pyöreällä vaakasihdillä varustettuja lasikuitualtaita. Altaat oli suojattu verkoilla hyppimisen estämiseksi.

Altaat puhdistettiin kerran viikossa ja virtaama säädettiin kaksi kertaa viikossa. Kaikissa koealtaissa käytettiin Laukaan keskusalanviljelylaitoksen pintaputken avulla 4 m:n syvyydestä Peurunkajärvestä saatavaa vettä.

Veden lämpötilaa seurattiin päivittäin klo 7.00. Kokeessa käytettiin 28.3. - 28.5.1979 lämmitettyä vettä. Loppuajan 28.5. - 6.6.1979 kokeessa käytettiin em. vettä lämmittämättömänä.

Veden korkeutena kaikissa altaissa pidettiin 15 cm ja virtaamana lämmitetyn veden käyttöaikana 0.14 l/s ja lämmittämättömän veden käyttöaikana 0.20 l/s allasta kohden.

Kaikki hoito- ym. toimenpiteet pyrittiin suorittamaan kaikille koealueille aina mahdollisimman samanlaisina.

2.3. Rehut ja ruokinta

Ruokinta aloitettiin 28.3.1979 ja veden lämmityksen ansioista poikaset alkoivat heti syödä hyvällä ruokahalulla. Ruokinta tapahtui neljä kertaa vuorokaudessa käsinruokintana. Rehua annosteltiin poikasten osoittaman ruokahalun mukaan.

Kokeessa käytetyt rehut olivat seuraavat:

Rehut ¹⁾	Rehun säilöntä- happo	Sideaine ¹⁾	Lisäaine	Koe numerot
1 Kala	muurahaishappo	Ewos	Ørrefoder (2.5 kg) ²⁾	1 A 1 B
2 Kala	muurahaishappo + rikkihappo	Ørrefoder	Ørrefoder (2.0 kg)	2 A 2 B
3 Kala	rikkihappo	Oregon M ³⁾	ruokintakalkkia (1.0 kg) ⁴⁾	3 A 3 B
4 Kala	rikkihappo	Ewos	ruisjauhoa (1.0 kg) Skretting ²⁾	4 A 4 B
5 Kala	rikkihappo	Skretting		5 A 5 B
6 Tavalli- nen kala- popsi		Skretting		6 A 6 B
F Forelli, kuivarehu				7 A 7 B

- 1) rehua ja sideainetta käytettiin sama painomäärä
- 2) lisäys tehty käsittelykelpoisten pillereiden aikaan-
saamiseksi
- 3) tanskalainen Silver Cup-valmisteinen kiintoaines
- 4) lisättiin rehun neutraloimiseksi

2.4. Kalojen kasvun seuranta

Kalat punnittiin kahden viikon välein vesipunnituksella. Punnituspäivämäärät olivat: 29.3., 10.4., 24.4., 3.5., 8.5., 23.5. ja 6.6.

3. Tulokset ja tarkastelu

Kasvumittaustulokset, kuolleisuus ja rehunkulutustiedot on koottu taulukkoon 1. ja kuvaan 1. Taulukossa ilmenevä painonlisäys %/vrk on laskettu kaavasta:

$$\frac{\ln w_2 - \ln w_1}{t} \times 100$$

missä w_1 = kalojen keskipaino koejakson alussa
 w_2 = kalojen keskipaino koejakson lopussa
 t = koejakson pituus vrk

3.1. Rehun kulutus ja kasvatusveden lämpö

Kaloja pyrittiin kokeen aikana ruokkimaan niiden osoittaman ruokahalun mukaan. Eri ryhmien ruokahalussa ilmeni koeruokinnan aikana selviä eroja, mutta ruokkijat eivät havainneet mitään systemaattisia eroja rehujen tai koeryhmien välillä.

Rehunkulutus vaihteli koko koejakson aikana 27.3. - 6.6.1979, 8.3 - 6.4 kg.

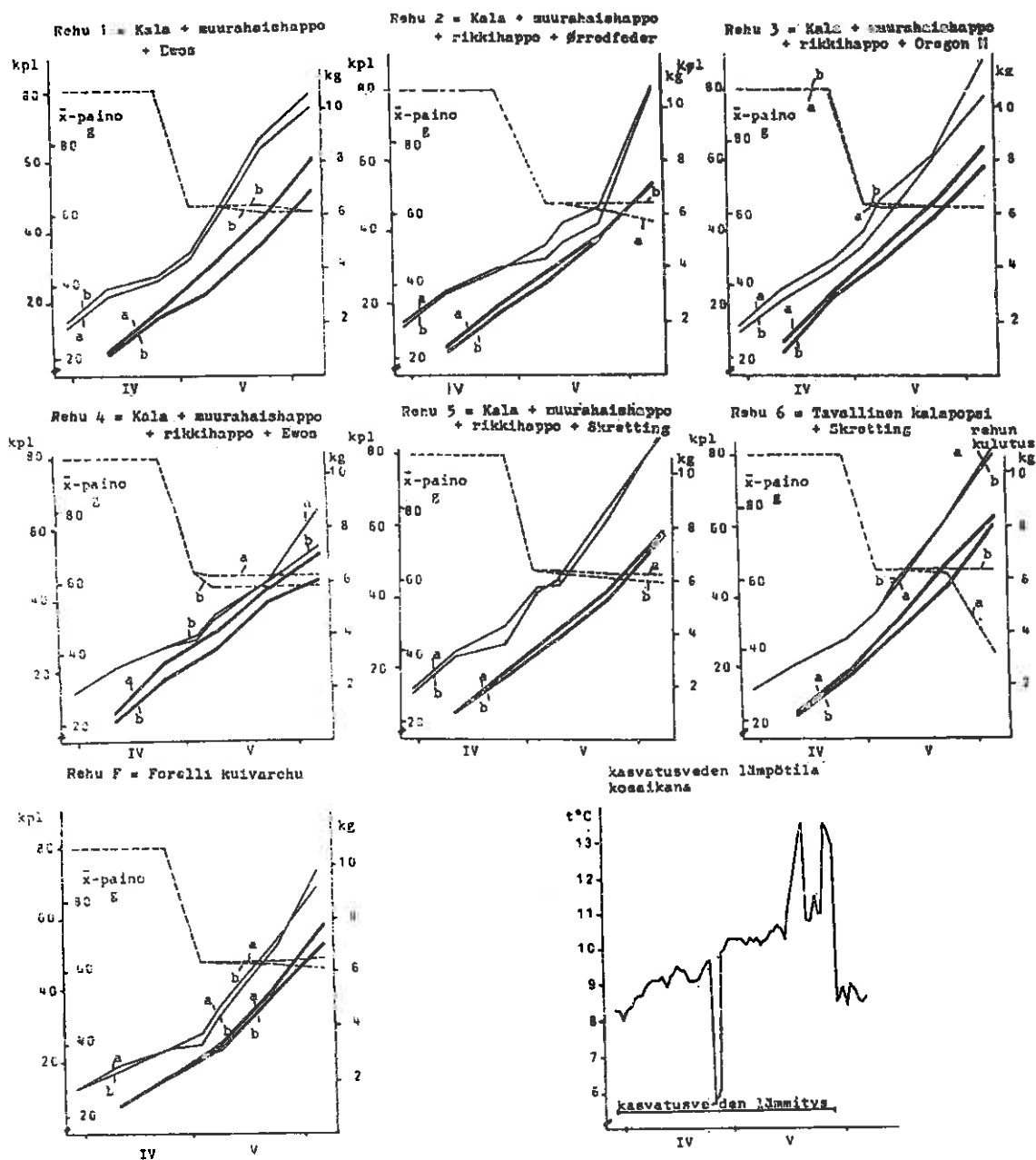
Lämpötilaa mitattiin koejakson aikana kahdessa altaassa päivittäin klo 7.00 (koealtaat 1 A ja 1 B). Erot mittauspisteiden välillä ovat jokaisella mittauskerralla olleet korkeintaan 0.1 °C. Näin pienet erot sisältyvät mittausvirheeseen. Tämän vuoksi esitetään kuvassa 1. vain altaan 1 A lämpötila, joka siis kuvaa luotettavasti kaikkien ryhmien kasvatusveden lämpötilaa.

Lämpötilakäyrällä huhtikuun loppupuolella ilmenevä pari päivää kestävä "kuoppa" johtuu Laukaan keskuskaivanviljelylaitoksen keskuslämmityskattilassa ilmenneestä vuodosta, jonka korjaamisen aikana lämmitettyä vettä ei saatu riittävästi käyttöön.

Taulukko 1. Koeryhmien kasvunmittaustulokset, kuolleisuus ja rehunkulutustiedot koeaikana.

Rehu Säilöntäainehappo Sideaine	Kala		Kala		Kala		Kala		Kala		Kalapopsi		Föreälli kutvarehu	
	muurahais- happo		Muurahais- happo + rikkihappo											
	Ewos		Ørrefoder	Oregon	Ewos		Skretting		Skretting			Skretting		
Koe alkoi	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.	27.3.
Kalojen lukumäärä	kpl	80 80	80 80	80 80	80 80	80 80	80 80	80 80	80 80	80 80	80 80	80 80	80 80	
Kalojen keskipaino	g	28.8 29.0	29.0 29.0	28.7 29.0	29.2 27.2	29.7 28.5	28.9 30.5	28.3 28.1						
Kalojen kokonaispaino	g	2303 2357	2397 2338	2378 2310	2442 2281	2174 2299	2318 2318	2265 2246						
Sähkökatkos 3.5. Koko koeryhmän keskipaino	g	54.4 51.8	56.2 58.2	53.2 49.0	53.0 54.7	51.3 50.6	49.5 51.6	43.5 42.9						
keskipainon lisäys	g	25.6 22.8	27.2 29.2	24.5 20.0	23.8 27.5	21.6 22.1	20.6 21.1	15.2 14.8						
keskipainon lisäys	%	89 79	94 101	85 69	82 101	73 78	71 69	54 53						
kuolleet	kpl	21 21	28 30	11 24	13 32	14 20	15 26	2 1						
Keskipaino	g	55.3 56.1	61.6 61.8	55.3 56.7	54.1 58.2	56.1 54.1	57.8 54.0	47.0 47.0						
Tasauksen vuoksi poistettu	kpl	11 11	4 1	21 8	12	18 12	17 6	27 30						
Jäljelle jätetty koeryhmä	kpl	48 48	48 48	48 48	48 48	48 48	48 48	48 48						
Keskipaino	g	51.7 51.0	53.3 52.7	43.1 45.2	53.0 51.3	47.7 51.0	47.2 49.2	43.0 40.4						
Koe päättyi		6.6. 6.6.	6.6. 6.6.	6.6. 6.6.	6.6. 6.6.	6.6. 6.6.	6.6. 6.6.	6.6. 6.6.						
Kokeen pituus	vrk	71 71	71 71	71 71	71 71	71 71	71 71	71 71						
Kalojen lukumäärä	kpl	24 48	47 45	47 44	47 47	43 48	46 46	49 ³⁾ 46						
Kalojen keskipaino	g	95.8 94.8	1021 1007	80.6 70.2	1032 93.2	96.3 95.6	90.9 94.3	84.3 89.1						
Kalojen kokonaispaino	g	2300 4550	4800 4590	3790 3090	4850 4380	4140 4590	4180 4340	4130 4100						
Kuolleisuus	kpl	56 ¹⁾ 32	33 35	33 36	33 33	37 32	34 34	31 34						
Kuolleisuus ilman sähkökatk.	kpl	24 ¹⁾ 0	1 4	1 4	8 1	5 0	2 2	3 ²⁾ 1 ²⁾						
Kuolleisuus ilman sähkökatk.	%	30.0 0:0	1.3 5.0	1.3 5.0	10.0 1.3	6.3 0.0	2.5 2.5	3.8 1.5						
Keskipainonlisäys	g	67.0 65.8	73.1 71.7	51.9 41.2	74.0 66.0	66.6 67.1	62.0 63.8	56.0 61.0						
Keskipainonlisäys	%	233 227	252 247	181 142	253 243	224 235	215 209	198 217						
Keskipainon lisäys %/vrk		1.69 1.67	1.77 1.75	1.45 1.25	1.78 1.73	1.66 1.70	1.61 1.59	1.53 1.63						
Redusoitu kokonais- painonlisäys ⁴⁾	g	918 3136	3410 3187	2363 1704	3385 3011	2836 3211	2789 2949	2771 2732						
Rehunkulutus yht.	g	8190 8010	7830 7690	7320 6400	8530 7750	7240 7200	8050 6760	7856 7179						
Redusoitu rehun kulutus yht. ⁴⁾	g	6466 6434	6246 6202	5676 4972	6670 6054	5720 5772	6458 5480	6530 5789						
Ravintokerroin		7.04 2.05	1.83 1.95	2.40 2.92	1.97 2.01	2.01 1.80	2.32 1.86	2.36 2.10						

1) 23 kalaa kuoli 26.5.-79 veden vajottua altaasta, 2) kalat karanneet, 3) yksi kala viereisestä ryhmästä hypännyt tänne, 4) kts. tarkemmin tekstistä.



Kuva 1. Keskipainon kehitys (—), kuolleisuus (---) ja rehunkulutuksen kertymä (—, kg) 28.3.-6.6. 1979 eri rehuilla ruokituissa ryhmissä (kaksi rinnakkaisryhmää a ja b) sekä kasvatusveden lämpötila koeaikana.

3.2. Kalojen kasvu

Rehukerrointa laskettaessa rehunkulutus ja kokonaispainon lisäys on 3.5.1979 sattuneen sähkökatkoksen aiheuttaman kuolleisuuden vuoksi jouduttu redusoimaan pienempää koeryhmää vastaavaksi. Tämä on tapahtunut siten, että laskettaessa kokonaispainon lisäyksiä lähtöpainot kerrottiin 0.6:lla (= 48/80). Vastaavasti ennen 8.5. kulutetun rehun kertymä on kerrottu 0.6:lla.

Sähkökatkoksen seurauksena ollut hapenpitoisuuden lasku kiertoveden loppuessa on aiheuttanut ensimmäisenä kuoleman niille yksillöille, joiden keskipaino ja siis hapentarve on ollut suurin. Tämä näkyy taulukon kuolleiden ja jäljellejääneiden koekalojen keskipainoja verrattaessa. Tämänkaltaisen "valikoi-va häiriö" kesken koejakson, aiheuttaa oman, joskin kaikissa ryhmissä samansuuntaisen, virheensä tulkittaessa kasvutuloksia eri ryhmissä.

Koska punnitustulokset eivät tässä kokeessa olleet yksilökoh-
taisia, ei vaihtelun eri komponentteja voida varianssianalyys-
sin kanssa arvioida. Koska havaitut erot eri rehujen välillä
voivat olla pelkästään sisäisestä vaihtelusta johtuvia, on
niihin suhtauduttava kriittisesti, eikä niistä pidä tehdä
liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Koeryhmien havaittua
prosentuaalista keskipainon lisäystä verrattiin keskenään
yksisuuntaisen t-testin avulla (vapausasteiden pienuuden
vuoksi ei sille ole muodollista estettä, vaikka varianssit
jonkin verran poikkeavatkin toisistaan). Vertailu tehtiin
sekä 3.5. että 6.6. vastaavien lukujen perusteella. Lasketut
t:n arvot ja niiden merkitsevyydet on koottu seuraaviksi
matriiseiksi:

MATRIISI 1: rehujen vertailu 3.5.

rehu	1	2	3	4	5	6	F
1		0.36	0.08	0.07	0.27	0.54	1.21
2			0.27	0.06	1.19	2.07	3.52
3				0.09	0.02	0.12	0.37
4					0.17	0.24	0.42
5						0.75	3.38
6		o					12.68
F		+			+	++	

MATRIISI 2: rehujen vertailu 6.6.

rehu	1	2	3	4	5	6	F
1		13.79	3.47	3.09	0.08	4.24	2.25
2	++		11.28	0.75	0.09	31.25	11.06
3	+	++		22.18	19.18	7.77	22.34
4	+		+++		16.82	21.59	21.32
5		++	+++	+++		9.55	2.61
6	+	+++	++	+++	++		1.42
F	o	++	+++	+++	o		

o = suuntaa anatava $P > 0.10$

+ = jokseenkin merkitsevä $0.05 > P > 0.01$

++ = merkitsevä $0.01 > P > 0.001$

+++ = erittäin merkitsevä $P < 0.001$

rehu 1 = kala + muurahaishappo + Ewos
 rehu 2 = kala + muurahaishappo + rikkihappo + Ørredfoder
 rehu 3 = kala + muurahaishappo + rikkihappo + Oregon M
 rehu 4 = kala + muurahaishappo + rikkihappo + Ewos
 rehu 5 = kala + muurahaishappo + rikkihappo + Skretting
 rehu 6 = tavallinen kalapopsi + Skretting
 rehu F = Forelli kuivarehu

Toukokuun alussa ei havaittu merkitseviä eroja lukuunottamatta Forelli kuivarehua, joka oli yhdessä vertailutapauksessa merkittävästi huonompi. Tämä on tulkittava siten, ettei lyhyt kasvatusaika ole vielä ehtinyt saada aikaan merkittäviä eroja muiden ryhmien välillä. Kesäkuun alussa havaitaan sen sijaan jo runsaasti merkitseviä eroja. Matriisin 2 merkitsevyystiedot voidaan esittää myös seuraavasti:

rehu	+++	++	+	o	-
1	0	1	3	1	1
2	2	3	0	0	1
3	3	2	1	0	0
4	4	1	0	0	1
5	2	2	0	1	1
6	2	3	0	0	1
F	2	1	1	1	1

rehut kuten edellisellä sivulla

Käyttämällä vastaavien riskitasojen mukaisia kertoimia 1):

riskitaso %:	0.1	1	5	10
kerroin :	100	10	2	1

1) Oikeampi tapa olisi laskea yhteen kunkin t-arvon kokonais-
todennäköisyydestä rajoittama osa, mutta koska testi on joka
tapauksessa epätarkka, tätä menettelyäkin voidaan käyttää.

rehu	"todennäköisyys- indeksi"
1 = kala + muurahaishappo + Ewos	17
2 = kala + muurahaishappo + rikkihappo + Ørredfoder	230
3 = kala + muurahaishappo + rikkihappo + Oregon M	322
4 = kala + muurahaishappo + rikkihappo + Ewos	410
5 = kala + muurahaishappo + rikkihappo + Skretting	221
6 = tavallinen kalapopsi + Skretting	230
F = Forelli kuivarehu	213

Luvut osoittavat, että rehu 1 on jonkinlainen keskiarvo, sillä se eroaa kaikkein vähiten muista rehuista. Rehu 4 sen sijaan eroaa lähes kaikista muista erittäin merkittävästi - se on parempaa kuin muut. Myös rehu 3 eroaa usein muista merkittävästi, se on huonompaa. Muiden rehujen suhteen keskinäistä paremmuutta ei havaituista merkittävyksistä huolimatta voida pitää varmana, sillä keskiarvojen erot voivat olla peräisin ryhmien sisäisestä vaihtelusta, jota ei tunneta yksilöimättömän punnituksen vuoksi.

Keskipainon lisäyksen ja ravintokertoimen perusteella parhaaksi osoittautui rehu 2. Huonoimmalta yhdistelmältä samoin perustein näyttää rehu 3., joka näyttää lähes kaikkien lasket-
tujen kasvua kuvaavien muuttujien suhteen poikkeavan muista huonompaan suuntaan.

VAASAN HÖYRYMYLLY OY:N KOEREHUILLA TEHTYJEN KASVATUSKOKEIDEN
TULOKSET VUONNA 1979

Timo Mäkinen ja Olli Sumari

1. Johdanto

Ruokintakokeen tarkoituksena on kehittää yhteistyössä Vaasan Höyrymylly osakeyhtiön kanssa kotimainen lohen ja taimenen ruokintaan yksinomaisena ravintona soveltuva kuivarehu. Rehu on tarkoitettu lähinnä 2-vuotiaiden istutukseen soveltuvien poikasten tuottamiseen.

Kokeet aloitettiin heinäkuun alussa 1978 keväällä kuoriutuneilla Nevan lohen poikasilla ja koetta jatkettiin 1979 jatkokasvatuksella sekä 1979 kuoriutuneilla Nevan lohen ja kirjolohen poikasilla. Ruokinnassa käytettiin kahta Vaasan höyrymyllyn valmistamaa koerehua (lohirehu A ja lohirehu B) ja vertailuna Ewos- lohirehua (Laxfoder standard s 31) lohenoikasilla. Koerehu B:n koostumusta on muutettu vuonna 1979 erilaiseksi kuin 1978. Kirjolohen poikasilla vertailurehuna käytettiin Vaasan Höyrymylly Oy:n poikasforellia. Kokeessa seurattiin kalojen kasvua, kuolleisuutta, rehun kulutusta ja kalojen terveydentilaa.

Varsinaisesti rehukoe päästiin aloittamaan vasta 3.7.1978, koska tätä ennen Vaasan Höyrymylly ei pystynyt toimittamaan raekooltaan aloitusruokintaan sopivaa rehua (raekoko 1.). Kokeen ensimmäinen jakso päättyi 22.9.1978, jolloin automaattiruokinta lopetettiin ja suoritettiin yksilöllinen mittaus ja punnitus eri koeryhmissä. Koe jatkui käsinruokintaan perustuvalla talvikasvatuksella, lämmitetyssä vedessä kasvatettujen poikasten merkinnällä ja istutuksella (huhtikuun lopussa 1979), sekä uuden automaattiruokintaan perustuvan koejakson aloittamisella (18.6.1979). Kesällä 1979 kokeessa oli mukana

1979 ja 1978 keväällä kuoriutuneita Nevan lohen poikasia sekä 1979 keväällä kuoriutuneita kirjolohen poikasia. Vuoden 1978 kasvatustulokset on esitetty aiemmin vuoden 1979 koeselostuksessa (MAKINEN ja SUMARI 1984).

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Koekalat

Kaloina käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella kasvatetuista Nevan lohen emoista saatuja poikasia sekä samoin laitoksella kasvatetuista kirjolohiemoista saatuja poikasia. Vuoden 1978 koekasvatukseen otettujen poikasten emot lypsettiin syksyllä 1977 ja vastaavasti vuoden 1979 koekasvatukseen mukaan otetut poikaset ovat syksyllä 1978 lypsetyistä emoista.

Vuonna 1978 osa poikasista haudottiin lämmitetyllä vedellä. Tämä ryhmä hedelmöitettiin 27.10.1977, poikaset kehittyivät silmäpisteasteelle 23.11.1977 ja kuoriutuivat 17. - 21.12.1977. Näiden poikasten ruokinta aloitettiin 20.1.1978 Ewoksen lohirehulla. Poikasia kasvatettiin lämmitetyssä noin 10 °C vedessä, 13.2.1978 lämpötila nostettiin keskimäärin noin 11.5 °C:een. Lämminvesikasvatuksella tuotetut kalat vastasivat keuhkäsäällä 1978 kooltaan normaalikasvatuksessa olevia 1-vuotiaita poikasia, joten keväällä 1979 nämä poikaset vastasivat jo 2-vuotiaita istukkaita, joiden tuottamiseen normaalilämpötilassa menee yksi kasvukausi kauemmin. Automaattiruokinnan loputtua 25.9.1978 nämä poikaset harvennettiin siten, että jatkokasvatukseen jäi 900 kpl/allas. Tällöin valikoitiin keskikooltaan suuremmat poikaset. Poikaset merkittiin ja istutettiin keväällä 1979.

Toinen osa vuoden 1978 kokeeseen otetuista Nevan lohen poikasista haudottiin ja kasvatettiin lämmittämättömällä vedellä. Nämä poikaset hedelmöitettiin 21.10.1977 ja kehittyivät silmäpisteasteelle 5.1.1978. Poikaset kuoriutuivat 3. - 13.4.1978.

Kaikki kokeeseen tulevat poikaset siirrettiin 28.6.1978 yhteen kasvatusaltaaseen, josta poikaset valikoimatta siirrettiin kuuteen kasvatusaltaaseen, noin 500 kpl erissä kasvatuskokeen aloittamista varten. Automaattiruokinnan loputtua syyskuun lopussa altaissa olevia kalamääriä harvennettiin siten, että poikasia jäi 3.000 kpl/allas. Vuoden 1979 automaattiruokintajakson alkaessa 18.6.1979 harvennettiin poikasten määrä kussakin altaassa 1.000 kappaleeseen.

Syksyllä 1978 lypsettiin kokeeseen mukaan otettujen Nevan lohien poikasten emot.

♀♀ -72/6.5
♂♂ -74/8

Poikaset hedelmöitettiin 20.10.1978, ne kehittyivät silmäpisteasteelle 29.1.1979 ja kuoriutuivat 29.4. - 7.5.1979. Ennen kuoriutumista kuhunkin koealtaaseen laskettiin 10.000 mätimunaa.

Vuoden 1979 rehukokeessa oli mukana myös vastakuoriutuneiden kirjolohen poikasten ryhmät. Näiden emot

♀♀ -71/30
♀♀ -74/41

lypsettiin 21.3.1978, poikaset kehittyivät silmäpisteasteelle 29.4.1979. Toukokuun 17. päivä laskettiin kuhunkin koealtaaseen 2.500 mätimunaa. Poikaset kuoriutuivat 23. - 26.5.1979.

Ruokintakoetta varten muodostettiin 1978 seuraavat koeryhmät (Nevan lohi 1978):

	lohirehu A	lohirehu B	Ewos s 31
lämminvesikasvatetut poikaset	1.350 kpl	1.350 kpl	1.350 kpl
lämmittämättömässä vedessä kasvatetut poikaset	6.000 kpl	6.000 kpl	6.000 kpl
	6.000 kpl	6.000 kpl	6.000 kpl

25. - 28.9.1978 tehtiin seuraavanlainen muutos:

lämminvesikasvatetut poikaset (valikoitu keskikooltaan suuremmat)	900 kpl	900 kpl	900 kpl
lämmittämättömässä vedessä kasvatetut poikaset	3.000 kpl	3.000 kpl	3.000 kpl
	3.000 kpl	3.000 kpl	3.000 kpl

Lämpimässä vedessä haudotut ja alkukasvatetut poikaset merkittiin huhtikuun lopussa 1979. Kesän 1979 alussa oli rehuko-
keessa seuraavanlaiset koeryhmät:

	lohirehu A	lohirehu B	Ewos s 31
--	------------	------------	-----------

Vuoden 1978 Nevan

lohen poikaset:

harvennus 3.000 kpl

1.000 kpl 18.6.1979	1.000 kpl	1.000 kpl	1.000 kpl
---------------------	-----------	-----------	-----------

satunnaisesti huono-	1.000 kpl	1.000 kpl	1.000 kpl
----------------------	-----------	-----------	-----------

kuntoiset valikoitu

pois

Uudet koeryhmät:

Nevan lohi 1979

17.4.1979	10.000 mätim.	10.000 mätim.	10.000 mätim.
	10.000 mätim.	10.000 mätim.	10.000 mätim.

Kirjolohi A 13/1979

17.5.1979	2.500 mätim.	2.500 mätim.	2.500 mätim.
-----------	--------------	--------------	--------------

Joulukuussa 1979 tehtiin koeryhmiin seuraavat muutokset:

	lohirehu A	lohirehu B	Ewos s 31
--	------------	------------	-----------

14.12.1978

Nevan lohen poikaset	600 kpl	600 kpl	600 kpl
	600 kpl	496 kpl 1)	600 kpl

Nevan lohi 1979

14.12.	1.500 kpl	1.500 kpl	1.500 kpl 2)
	1.500 kpl	1.500 kpl	1.500 kpl 2)

- 1) Tähän yhdistetty yli jääneet I-ryhmien kalat 365 kpl (= pienempi rinnakkaisryhmä).
- 2) Ryhmät muodostettu II-ryhmän kalat kahtia jakamalla. Kirjohiryhmien ruokintakoe lopetettiin joulukuussa 1979.

2.2. Altaat, vesitys ja lämpötilaseuranta

Altaina käytettiin hyötypinta-alaltaan 3.7 m²:n pyöreäkulmaisia, pystysihdillä varustettuja lasikuitualtaita, joissa virtaama suunnattiin siten, että vesi saatiin pyörivään liikkeeseen.

Altaat puhdistettiin yleensä kerran viikossa ja virtaama säädettiin kaksi kertaa viikossa. Kaikissa koealtaissa käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen pintaputken avulla 4 m:n syvyydestä Peurunkajärvestä saatavaa vettä. Lämpötilaa seurattiin päivittäin kolmessa altaassa, mittaus tapahtui aina samaan vuorokauden aikaan (klo 7.00). Veden korkeus oli kaikissa altaissa 1-vuotiaiden poikasten kasvatuksessa 15 cm ja 0-vuotiaiden kasvatuksessa 12 cm. Virtaamana pidettiin kaikissa altaissa 0.5 l/s.

2.3. Rehut ja ruokinta

Vuonna 1978 kaikkia poikasia jouduttiin aluksi ruokkimaan Ewoksen lohirehulla. Lämmitetyssä vedessä kasvatetun ryhmän ruokinta aloitettiin 20.1.1978, ruokinta tapahtui käsin tunnin välein 7.00 - 21.00. Ruokinta-automaattien käyttöön (Ewos 505) siirryttiin 3.7.1978, tällöin myös otettiin koerehut A ja B käyttöön. Automaatit ruokkivat ympäri vuorokauden 15 minuutin väliajoin 1½ minuuttia kerrallaan. Lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten ruokinta aloitettiin 1.6.1978 ja automaattiruokinta tapahtui samalla tavalla näille ryhmille.

Vuonna 1978 kesällä pidettiin halli, jossa koealtaat olivat, valaistuna ympäri vuorokauden ja altaat olivat noin 80 %:n alalta harmaalla muovikatoksella varjostettuna, joten valonvaihtelu jäi luonnonoloja pienemmäksi.

Automaattiruokinta lopetettiin 1.11.1978, jonka jälkeen ruokintaa jatkettiin 6 kertaa päivässä 2 tunnin välein. Lämmitettämättömässä vedessä kasvatettujen ryhmien ruokinnassa siirryttiin jälleen 19.7.1979 automaattiruokintaan. Tällöin automaattit ruokkivat 1/2 tunnin välein 3 min. kerrallaan klo 04.00 - 22.00. Halli, jossa koealtaat olivat, ei ollut öisin valaistua. Kaikki koealtaat oli varjostettu samalla tavalla, harmaalla muovikalvolla, noin 80 % pinta-alasta.

Vuoden 1979 Nevan lohen poikasten ruokinta aloitettiin 4.6.1979 käsinruokintana tunnin välein klo 7.00 - 21.00. Automaattiruokintaan siirryttiin 19.7.1979 samalla tavoin kuin 1978 poikasilla.

Kaikkien Nevan lohen koeryhmien ruokinnassa siirryttiin 25.8.1979 käsinruokintaan. Tämä tapahtui aluksi tunnin välein klo 7.00 - 21.00, 8.9.1979 lähtien ruokinta tapahtui 2 tunnin välein ja 29.11.1979 lähtien kaksi kertaa viikossa.

Kirjolohiryhmien ruokinta tapahtui koko kasvukauden käsinruokintana aluksi tunnin välein 7.00 - 21.00, 8.9.1979 lähtien 2 tunnin välein ja 29.11.1979 lähtien kerran päivässä. Koeryhmien ruokinta, käytetyt rehut ja raekoot ilmenevät taulukoista 1. ja 2.

Taulukko 1. Koeryhmien ruokinta

Aloituspv.	Ryhmä	Nevan lohi -78	Nevan lohi -78 lämmittämätön	Nevan lohi -79	Kirjolohi -79
20.1.-78					
1.6.-78					
3.7.-78					
1.11.-78					
4.6.-79					
19.7.-79					
25.8.-79					
8.9.-79					
29.11.-79					
	Lämmitysvesi				
	kasvatus				
		käsin (1x/h 07.00-21.00)	käsin (1x/h 07.00-21.00)		
		automaatti (4x/h, á 1 ¹ / ₂ min. koko vrk)	automaatti (4x/h, á 1 ¹ / ₂ min. koko vrk)		
		käsin (1x/2 h)	käsin (1x/2 h)		
				käsin (1x/h 07.00-21.00)	käsin (1x/h 07.00-21.00)
				automaatti (2x/h á 3 min 04.00-22.00)	
				käsin (1x/h 07.00-21.00)	
				käsin (1x/2 h 6x/päivä)	käsin (1x/2 h 6x/päivä)
				käsin (2x/viikko ma & pe)	käsin (2x/viikko ma & pe)

Taulukko 2. Käytetyt rehut ja raekoot.

Nevan lohi 1978, lämminvesihaudontaryhmät:

Aloituspvm	Rehu		
3.7.1978	lohirehu A/3	lohirehu B/3	Ewos s 31/3
22.8.1978	lohirehu A/4	lohirehu B/4	Ewos s 31/4

Nevan lohi 1978, lämmittämättömässä vedessä kasvatetut poikaset:

3.7.1978	lohirehu A/2	lohirehu B/2	Ewos s 31/1+2*
6.7.1978			Ewos s 31/2
27.8.1978	lohirehu A/3	lohirehu B/3	Ewos s 31/3
16.7.1979	lohirehu A/4	lohirehu B/4	Ewos s 31/4

Nevan lohi 1979:

4.6.1979	Ewos s 31/1	Ewos s 31/1	Ewos s 31/1
6.6.1979	lohirehu A/1	lohirehu B/1	
18.7.1979	lohirehu A/2	lohirehu B/2	Ewos s 31/2
5.9.1979	lohirehu A/2+3*	lohirehu B/2+3*	Ewos s 31/2+3*

Kirjolohi 1979:

12.6.1979	lohirehu A/1	lohirehu B/1	Ewos s 31/1
15.6.1979			Poikasforelli/1
16.7.1979	lohirehu A/2	lohirehu B/2	
19.7.1979			Poikasforelli/2
15.8.1979	lohirehu A/3	lohirehu B/3	
17.8.1979			Poikasforelli/3

*) jos alaindeksissä on kaksi rehukokonumeroa on sekoitussuhde ollut 50 + 50 %.

2.4. Kalojen hoitokylvetykset

Koekaloja on kylvetty ennalta ehkäisevästi normaalin kasvatuskäytännön mukaisesti. Kylvetyksiä tehtiin kaikille Nevan lohen 1978 poikasryhmille seuraavasti:

pvm	aine	pitoisuus- suhde	aika
21.6.1978	formaliini	1:5000	35 min
17.7.1978	formaliini	1:5000	40 min
8.8.1978	formaliini	1:5000	40 min
23.11.1978	formaliini	1:5000	40 min
23.3.1979	formaliini	1:5000	40 min
30.3.1979	formaliini	1:5000	40 min
19.7.1979	formaliini	1:5000	40 min
26.10.1979	formaliini	1:5000	40 min
19.12.1979	formaliini	1:5000	40 min

Vuoden 1979 Nevan lohen poikasia kylvettiin seuraavasti:

19.7.1979	formaliini	1:5000	40 min
-----------	------------	--------	--------

Kylvetysten määrä on normaalin kalanviljelyrutiinin mukainen.

2.5. Kalojen kasvun seuranta

Vuonna 1978 kuoriutuneista Nevan lohen poikasista punnittiin 27. - 28.6.1978 noin 100 kpl:n otos. Tällöin punnittiin kunkin kalan yksilöllinen paino 0.1 g:n tarkkuudella ja mitattiin pituus 1 mm:n tarkkuudella. Kesäkuun lopusta syyskuun alkuun punnittiin jokaisesta koeryhmästä kahden viikon välein 200 - 500 kpl otos vesipunnituksella. Kaloja valutettiin puolen minuutin ajan.

Automaattiruokinnan loputtua, syyskuun lopussa (22. - 27.9.1978) toteutettiin joka koeryhmässä yksilöllisten painojen ja pituuksien mittaus noin 200 kalasta 0.1 g:n ja 1 mm:n tarkkuudella. Kalat nukutettiin MS 222:lla (SANDOZ).

Tämän jälkeen kasvua seurattiin kuukauden välein tapahtuvalla vesipunnituksella kesän 1979 kasvukauden alkuun, jolloin punnitukset tehtiin taas kahden viikon välein.

Vuonna 1979 tehtiin edellä olevan mukainen yksilökohtainen punnitus ja mittaus 150 satunnaisesti valituista poikasista joka koeryhmästä 18.6. sekä 200 poikasen otoksesta 21. - 22.11.

Vastaava vuonna 1979 kuoriutuneiden poikasten tarkka yksilökohtainen punnitus tehtiin kirjolohien osalta 27.11. ja Nevan lohille 21.11. Nevan lohille tehtiin 13. - 14.6.1979 kokeen alussa alkupunnitus vesipunnituksena sekä mitattiin 20 satunnaisesti valitun poikasen pituus.

Vuonna 1979 kuoriutuneiden Nevan lohen poikasten ryhmät punnittiin 23.8.1979 ja kirjolohiryhmät 24.8.1979 kokonaisuudessaan vesipunnituksella. Saman ajankohdan vesipunnituksella satunnaisesti valitusta otoksesta saatua keskipainotietoa on käytetty ko. ryhmän koon ja kuolleisuuden laskemiseen kyseisenä päivämääränä. Vastaavanlainen koko koeryhmien vesipunnitus tehtiin myös joulukuussa 1979 kaikille koeryhmille.

3. Tulokset ja tarkastelu

Yhteenvedo eri koejaksojen tuloksista on esitetty taulukossa 3. Yksilöllisten punnitusten ja pituusmittausten tulokset ovat taulukossa 4.

Taulukossa 3. ilmenevä painonlisäys %/vrk on laskettu kaavasta:

$$100 (\ln w_2 - \ln w_1)$$

$$t$$

jossa w_1 = kalojen keskipaino koejakson alussa
 w_2 = kalojen keskipaino koejakson lopussa
 t = koejakson pituus vrk

Taulukoissa ilmenevä rehukerroin on laskettu vähentämällä kuolleiden poikasten biomassa. Kysymyksessä on siis tavanomaisesta poikkeava esitystapa, joka ei ota huomioon koko syntyntä biomassaa, vaan ainoastaan lopputuloksen. Kerrointa olisikin ehkä oikeampaa nimittää tuotanto- kuin rehukertomiksi, sillä se kuvaa tilannetta nimenomaan kasvattajan kannalta: käytetyn rehun määrää suhteessa aikaansaatuun kasvatustulokseen.

3.1. Rehun kulutus ja kasvatusveden lämpö

Rehun kulutus säädettiin kokeen aikana siten, että kaikille ryhmille pyrittiin antamaan rehua "riittävästi", ruokahalun mukaan. Talviaikainen rehun kulutus kuvastaa aineenvaihdunnan ylläpitämiseen tarvittavan energian määrää. Talvikaudella hukkaan joutuvan, syömättä jäävän rehun osuus saattaa joissakin tapauksissa olla huomattavaa, joten rehunkulutuksessa ja ravintokertoimissa olevista arvoista ei voida tehdä päätelmiä kasvusta ja rehujen eroista. Taulukoista ilmenee kuitenkin jonkinlainen "yleinen taso", jonka mukaisella rehun kulutuksella kyseisen suuruiset ryhmät voidaan viedä talvikauden yli.

Kasvatusveden lämpötila kasvukauden aikana on esitetty kuvassa 1.

3.2. Kalojen kasvu

Kalojen keskipainon kehitys eri koeryhmissä kasvukausina 1978 ja 1979 käy ilmi kuvista 1. - 5.

Käyrien perusteella koerehut näyttäsivät paremmilta kuin vertailurehut. Vertailua vaikeuttaa Nevan lohen 1979 poikasten Ewoksella ruokituissa ryhmissä tapahtunut suuri kuolleisuus. Kuolleisuuden ja kasvun käänteinen vaikutus on tässä tapauksessa selvästi havaittavissa. Kaikissa muissa ryhmissä kasvukaudella 1979 tapahtunut keskipainon suhteellinen lisäys on ollut koerehuilla suurempi kuin vertailurehuilla, ja koerehu A:lla keskimääräisesti suurempi kuin koerehu B:llä.

Yksilöllisten mittaustulosten perusteella tutkittiin koeryhmissä ilmenneitä eroja kaksitasoisella hierarkisella varianssianalyysillä (ns. sekamallin mukaisena, ks. esim. SOKAL & ROHLF 1969) sekä kirjolohiryhmissä, joilla ei ollut rinnakkaisryhmiä, yksinkertaisella varianssianalyysillä. Varianssianalyysi suoritettiin erikseen painon ja pituuden suhteen. Kokonaisvaihtelun komponenteille laskettiin myös estimaatit (taulukko 5.).

Taulukko 5. Aineiston hierarkkisen varianssianalyysin tulokset (ks. teksti).

Kasvatusryhmä ja mittauspvm	Rehujen välinen vaihtelu		Rinnakkaisaltaiden välinen vaihtelu		Otoksen kalojen välinen vaihtelu	
	merkitsevyys	s^2	merkitsevyys	s^2	s^2	%
Nevan lohi -78						
18.6.-79 (n = 150)						
paino	ei merk.	0.00	xxx	1.108	5.7	18.329 94.3
pituus	ei merk.	0.00	xxx	0.184	6.5	2.661 93.5
Nevan lohi -78						
22.11.-79 (n = 200)						
paino	xxx	73.048	12.4	205.802	35.0	309.061 52.6
pituus	xxx	1.209	25.2	ei merk. 0.033	0.7	3.553 74.1
Nevan lohi -79						
21.11.-79 (n = 200)						
paino	ei merk.	0.00	0.0	4.315	33.7	8.632 66.3
pituus	ei merk.	0.00	0.0	0.752	31.3	1.649 68.7
Kirjolohi -79						
22.11.-79 (n = 200)						
paino	xxx	7.756	18.6	2)		34.024 81.4
pituus	xxx	0.368	19.5			1.517 80.5

1) n = otoksen lukumäärä kussakin ryhmässä
 2) kirjolohilla ei ollut rinnakkaisia koealtaita

Tuloksesta huomataan koejärjestelyn kannalta tärkeä seikka: vaihtelu painottuu hierarkiassa alemmille tasoille. Jotta saataisiin esille mahdolliset erot rehujen välillä, on replikaatteja oltava runsaasti siellä missä vaihtelu on suurta. Nevan lohen 1978 18.6.1979 tehty mittaus kuvastaa enemmänkin alku- kuin lopputilannetta kysymyksen asettelun kannalta, on siis vähempimerkityksistä ettei tässä ole havaittu merkitseviä eroja ryhmien välillä. Se että vuoden 1979 Nevan lohen poikasryhmien välillä ei ole merkitseviä eroja, johtuu ilmeisesti rinnakkaisten koeryhmien suuresta vaihtelusta (em. kuolleisuus vertailurehuryhmissä), joka siis "peittää" rehujen välisen vaihtelun. Kirjolahiryhmien, merkitsevää erosta rehujen välillä herää kysymys, olisiko tulos sama, jos ympäristötekijöiden vaikutusta olisi tässäkin pyritty arvioimaan (rinnakkaisten koeryhmien avulla).

Yhteenvedonomaaisesti voidaan todeta, että käytetyt koerehut ovat lohen istukaspoikasten kasvatuksessa yksinomaisena rehu-
na osoittautuneet paremmiksi kuin vertailurehu. Tämä koskee erityisesti toisen kasvukauden kasvua.

3.3. Kuolleisuus ja terveydentila

Edellä jo mainittua Ewoksen rehulla ruokittujen Nevan lohen 1979 poikasten koeryhmien suurta kuolleisuutta vuonna 1979 lukuunottamatta ei kuolleisuus koeryhmissä ole ollut suurta.

Koerehu B:llä ruokituissa ryhmissä havaittiin 1978 evien kulumista enemmän kuin muissa ryhmissä (B-koerehun koostumus muutettiin vuodelle 1979).

Yleisesti ottaen poikasryhmien terveydentila on koko ajan pysynyt hyvänä ja ennaltaehkäiseviin hoitokylvetyksiin ei ole tarvinnut turvautua edes siinä laajuudessa kuin rutiinikasvatuksessa saattaa olla tavanomaista.

Helmikuussa 1979 havaittiin koerehu A:lla ruokitus Nevan

lohen 1979 ryhmässä värinmuutos, ihonvärin tummuminen, altaan kaikissa kaloissa. Poikasia tutkittiin 5.2.1979 neljä kappaletta. Niiden suolen havaittiin olevan täynnä nestettä ja mahalaukussa kaasua. Pernan väri oli ko. altaan kaloilla ruskeahko (vertailukaloilla kirkas). Sappi oli voimakkaasti paisunut. Kiduslehdet olivat epänormaalit, kidusten väri oli epänormaali (punakirjavuutta ym.). Loisia tai bakteereita ei tutkimuksessa todettu. Se, että ihonvärin muutos oli tapahtunut altaan kaikissa kaloissa viittasi tässä vaiheessa rehun osuuteen muutosten synnyssä esim. rehun huono säilyvyys, pilaantuminen olisi voinut olla syynä. Rehuja säilytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen rehuvarastossa, josta ne käytön yhteydessä avattu säkki kerrallaan siirrettiin pakasteeseen. Kyseisen ryhmän terveydentilassa ei kuitenkaan helmikuun jälkeen tapahtunut muutosta huonoon suuntaan eikä kuolleisuus kasvukauden aikana ollut kuin keskimäärin 35 % mitä ei voida pitää huonona tuloksena.

4. Yleinen tarkastelu

Vaasan Höyrymyllyn koerehut näyttävät soveltuvan lohen poikasten kasvatukseen istutuskokoisiksi varsin hyvin. Erityisesti koerehu A on osoittautunut paremmaksi kuin koerehu B ja vertailurehu. Kasvukaudella 1979 molemmat koerehut osoittautuivat paremmaksi kuin vertailurehuna käytetty Ewoksen rehu.

Istukaspoikasten tuotannossa on oleellista tuotettujen poikasten laatu. Tämän vuoksi rehujen vertailua tulisi vielä jatkaa tutkimalla merkittyjen istukkaiden avulla nyt tuotetuilla poikasilla aikaansaatuja lohisaalista (vertailemalla takaisinsaantiprosentteja eri ryhmissä).

5. Kirjallisuus

MAKINEN, T. & SUMARI, O. 1984. Lohen kasvatuskoe Vaasan Höyrymylly Oy:n koerehuilla vuonna 1978.

Taulukko 3. Koejaksojen tulokset vuosina 1978 - 1979.

- Koeryhmä - Koejakso pvm	Vrk	Keskipaino g		Keskipainon lisäys				Rehun kulutus		Kuolleisuus		
		alusaa	lopussa	g	%	g/vrk	%/vrk	g	% kalojen ravinto- painosta/ kerroin vrk	kpl	%	
<u>Nevanlohi -78</u>												
<u>lämmivesihaudotut:</u>												
27.06.-25.09.-78												
(1 350 kpl) 87												
Evos		3.0	28.2	25.2	838.7	0.29	2.92	49400	2.62	1.50	38	2.8
lohirehu A		3.1	24.4	21.3	695.1	0.25	2.37	53200	3.43	1.88	26	1.9
lohirehu B		3.1	22.2	19.1	612.9	0.22	2.26	49716	3.66	2.14	130	9.6
25.09.-78-23.04.-79												
(900 kpl) 182												
Evos		28.2	37.7	9.5	23.69	0.05	0.16	49303	0.01	5.77	0	0.0
lohirehu A		24.4	34.8	10.4	42.62	0.06	0.20	49850	0.88	5.34	3	0.3
lohirehu B		22.2	29.9	7.7	34.68	0.04	0.16	48810	1.00	7.10	7	0.8
<u>Nevanlohi -78</u>												
03.07.-26.09.-78												
(6 000 kpl) 85												
Evos		0.4	8.6	8.2	1995.12	0.10	3.77	54628	3.94	1.32	923	15.4
Evos		0.4	7.9	7.5	1915.38	0.09	3.68	62050	4.42	1.62	857	14.3
lohirehu A		0.3	8.1	7.7	2345.45	0.09	4.02	55500	3.46	1.42	935	15.6
lohirehu A		0.4	7.7	7.3	1866.67	0.09	3.66	63000	4.93	1.70	923	15.4
lohirehu B		0.4	7.3	7.0	1831.58	0.08	3.64	48500	3.78	1.41	1042	17.4
lohirehu B		0.4	7.2	6.8	748.7	0.08	3.69	57000	4.38	1.68	1017	17.0
25.10.-78-18.06.-79												
(3 000 kpl) 235												
Evos		9.2	10.0	+0.8	8.70	0.01	+0.87	56500	0.73	24.11	71	2.4
Evos		8.8	9.7	0.90	10.23	0.00	0.04	57000	0.77	21.91	110	3.7
lohirehu A		9.7	10.9	1.20	12.37	0.00	0.05	60000	0.71	16.93	46	1.5

jatkuu...

jatkuu...

- Koeryhmä - Koejakso pvm	Vrk	Keskipaino g		Keskipainon lisäys				Rehun kulutus		Kuolleisuus		
		alussa	lopuasa	g	%	g/vrk	%/vrk	g	% kalojen painosta/ vrk	ravinto- kerroin	kpl	%
lohirehu B		8.8	9.2	0.40	4.55	0.00	0.02	53590	0.58	45.31	43	1.4
lohirehu B		8.5	10.7	2.20	25.88	0.01	0.10	57000	0.67	8.56	45	1.5
18.06.-18.10.-79 (1 000 kpl)		122										
Ewos		10.0	32.9	22.90	229.00	0.29	0.98	44350	1.11	1.94	2	0.2
Ewos		9.7	30.2	20.50	211.34	0.17	0.93	44100	1.20	2.16	6	0.6
lohirehu A		10.9	54.3	43.40	398.17	0.36	1.32	51890	0.79	1.20	6	0.6
lohirehu A		10.0	58.1	48.10	481.00	0.39	1.44	52830	0.75	1.11	8	0.8
lohirehu B		9.2	40.1	30.90	335.87	0.25	1.21	42500	0.85	1.35	5	0.5
lohirehu B		10.7	41.4	30.70	286.92	0.25	1.11	42350	0.86	1.41	20	2.0
<u>Nevanlehti -79</u> 14.06.-23.08. (10 000 kpl)		70										
Ewos		0.21	4.48	4.27	2033.33	0.06	4.37	13580	5.38	3.95	9195	92.0
Ewos		0.20	2.90	2.70	1350.00	0.04	3.82	13800	2.17	1.63	6870	68.4
lohirehu A		0.19	1.67	1.48	778.95	0.02	3.11	12970	1.67	1.32	3340	33.4
lohirehu A		0.21	1.78	1.57	747.62	0.02	3.01	17360	2.14	1.74	3651	36.5
lohirehu B		0.20	2.12	1.92	960.90	0.03	3.33	16500	1.60	1.25	3132	31.3
lohirehu B		0.19	1.73	1.54	810.53	0.02	3.11	16850	1.69	1.35	1900	19.0
23.08.-18.10.		56										
Ewos		4.48	8.04	3.56	79.46	0.06	1.04	17670	4.90	6.20	1	0.1
Ewos		2.90	4.85	1.95	67.24	0.03	0.92	20650	2.43	3.78	8	0.3
lohirehu A		1.67	4.66	2.99	179.04	0.05	1.83	27990	1.62	1.41	30	0.5
lohirehu A		1.78	5.81	4.03	226.40	0.07	2.11	27790	1.35	1.09	12	0.2
lohirehu B		2.12	5.19	3.07	59.15	0.05	1.60	27660	1.39	1.32	17	0.
lohirehu B		1.73	4.87	3.14	181.50	0.06	1.85	27390	1.24	1.09	27	0.
<u>Kirjoioni -79</u> 15.06.-24.08.-79 (2 500 kpl)		70										
poikasforelli		0.14	2.92	2.78	1985.71	0.04	4.34	6806	2.23	1.64	1007	40.3
lohirehu A		0.15	4.53	4.38	2920.00	0.06	4.87	10153	2.18	1.58	1029	41.2
lohirehu B		0.15	4.29	4.14	2760.00	0.06	8.84	10217	2.07	1.50	854	34.2
24.07.-18.10.-79		55										
poikasforelli		2.92	11.84	8.92	305.48	0.16	2.54	15584	1.61	1.18	8	0.5
lohirehu A		4.53	16.76	12.23	269.98	0.22	2.38	19887	1.48	1.11	9	0.6
lohirehu B		4.29	15.36	11.07	258.04	0.20	2.32	17043	1.47	1.12	170	11.0

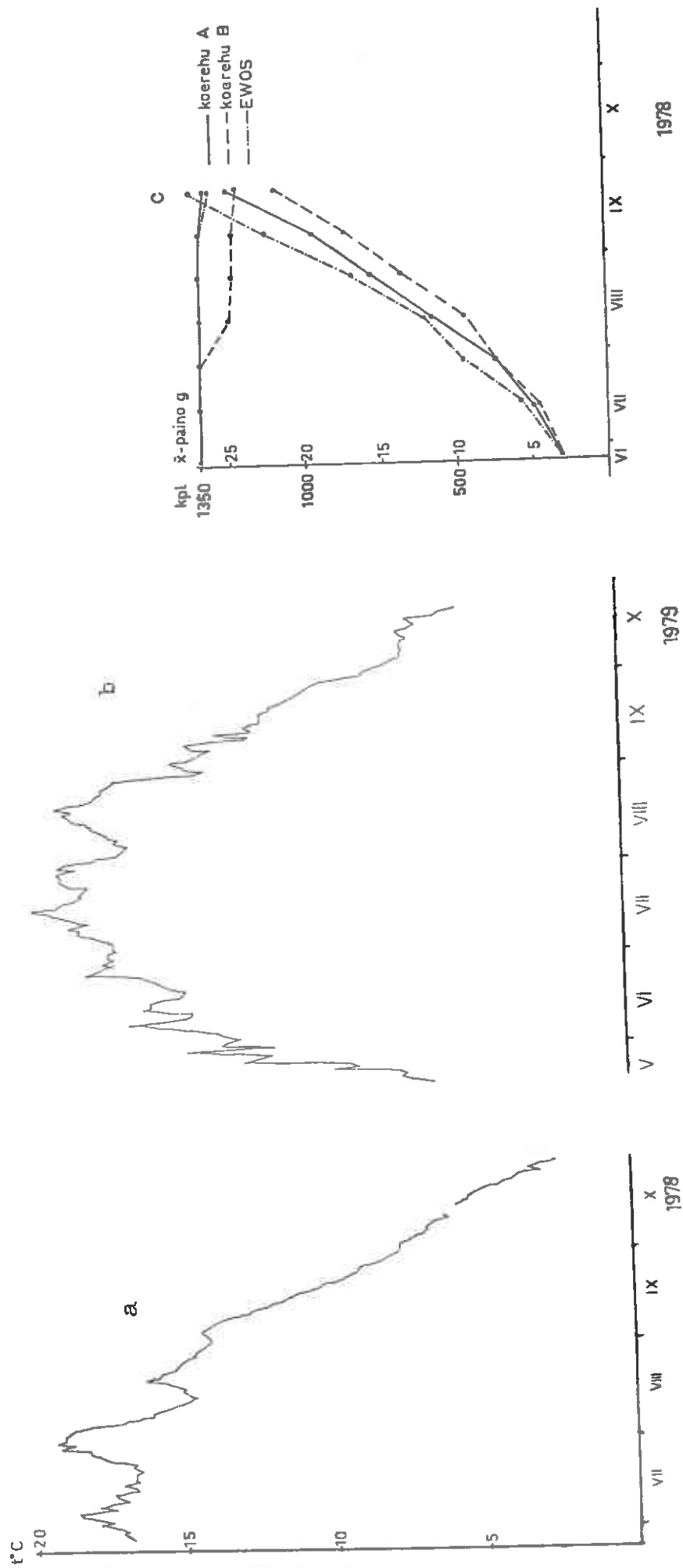
Taulukko 4. Koeryhmien yksilökohtaiset mittaustulokset.

Koeryhmä	Pvm	mitattu n	X-paino(g)±S.E.	X-pituus(cm)±S.E.
Lämmitetyllä vedellä haudotut ja alkukasvatetut Nevan lohen -78 poikaset:				
	27.05.-78	105	3.00±0.8	6.60±0.6
Evos-lohirehu	22.09.-78	211	27.60±0.6	13.20±0.1
lohirehu A	22.09.-78	212	24.90±0.7	12.90±0.1
lohirehu B	22.09.-78	200	20.90±0.7	12.10±0.2
Lämmitettömällä vedellä haudotut Nevan lohen -78 poikaset:				
	28.06.-78	100	0.26±0.009	3.20±0.03
Evos-lohirehu	26.09.-78	210	7.88±0.21	8.98±0.08
Evos-lohirehu	26.09.-78	199	7.46±0.23	8.78±0.09
lohirehu A	27.09.-78	200	7.97±0.22	9.12±0.09
lohirehu A	27.09.-78	200	7.97±0.41	9.02±0.08
lohirehu B	27.09.-78	210	7.07±0.44	8.90±0.08
lohirehu B	27.09.-78	200	6.66±0.52	8.73±0.10
Evos-lohirehu	18.06.-79	150	10.00±0.36	10.10±0.13
Evos-lohirehu	18.06.-79	150	9.70±0.32	10.10±0.12
lohirehu A	18.06.-79	150	10.90±0.38	10.30±0.12
lohirehu A	18.06.-79	150	10.10±0.38	10.00±0.13
lohirehu B	18.06.-79	150	9.10±0.36	9.80±0.13
lohirehu B	18.06.-79	150	11.20±0.74	10.60±0.20
Evos-lohirehu	22.11.-79	200	33.30±0.73	14.80±0.11
Evos-lohirehu	22.11.-79	200	34.10±0.75	14.80±0.11
lohirehu A	22.11.-79	200	57.80±1.41	17.20±0.15
lohirehu A	22.11.-79	200	55.00±1.49	16.80±0.14
lohirehu B	22.11.-79	131	41.00±1.14	15.50±0.15
lohirehu B	21.11.-79	200	43.30±1.22	15.70±0.15

jatkuu...

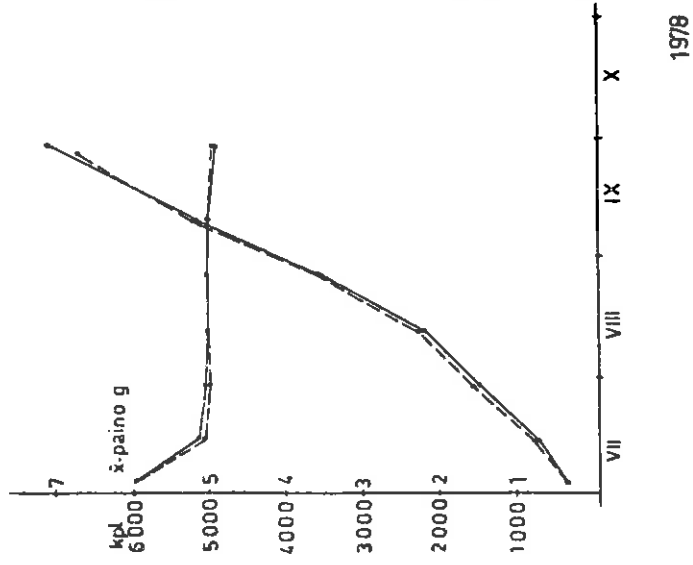
jatkuu...

Koeryhmä	pvm	mitattu n	X-paino(g)±S.E.	X-pituus(cm)±S.E.
Vuoden -79 keuhkilla kuoritutuneet Nevan lohen poikaset:				
Evos-lohirehu	13.-14.06.	20	0.2 (vesipunnitus	2.9±0.04
Evos-lohirehu	13.-14.06.	20	0.2 (n = 250 kpl)	2.9±0.04
lohirehu A	13.-14.06.	20	0.2 --"	2.9±0.05
lohirehu A	13.-14.06.	20	0.2 --"	2.9±0.04
lohirehu B	13.-14.06.	20	0.2 --"	2.8±0.03
lohirehu B	13.-14.06.	20	0.2 --"	2.8±0.04
Evos-lohirehu	21.11.-79	200	9.7±0.23	9.8±0.08
Evos-lohirehu	21.11.-79	200	6.3±0.16	8.5±0.08
lohirehu A	21.11.-79	200	4.5±0.16	7.6±0.08
lohirehu A	21.11.-79	200	6.6±0.23	8.7±0.13
lohirehu B	21.11.-79	200	5.9±0.23	8.3±0.10
lohirehu B	21.11.-79	200	4.9±0.22	7.7±0.10
Vuoden -79 keuhkilla kuoritutuneet kirjolo- hen poikaset:				
soikasforelli	27.11.-79	200	15.9±0.39	10.9±0.09
lohirehu A	27.11.-79	200	20.9±0.40	12.0±0.07
lohirehu B	27.11.-79	200	20.7±0.43	12.0±0.08

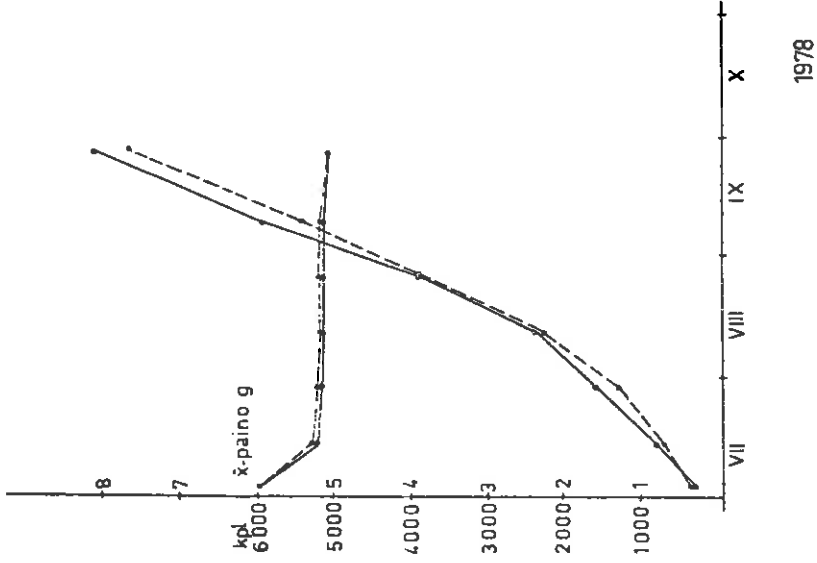


Kuva 1. Kasvatusveden lämpötila kasvukauden aikana vuosina 1978 (a) ja 1979 (b) sekä Nevan lohen -78 poikasten lämminvesihaudotut ja -alkukasvatetut ryhmät vuonna 1978 (keskipainotiedot vesipunnituksella, ei rinnakkaisryhmiä) (c).

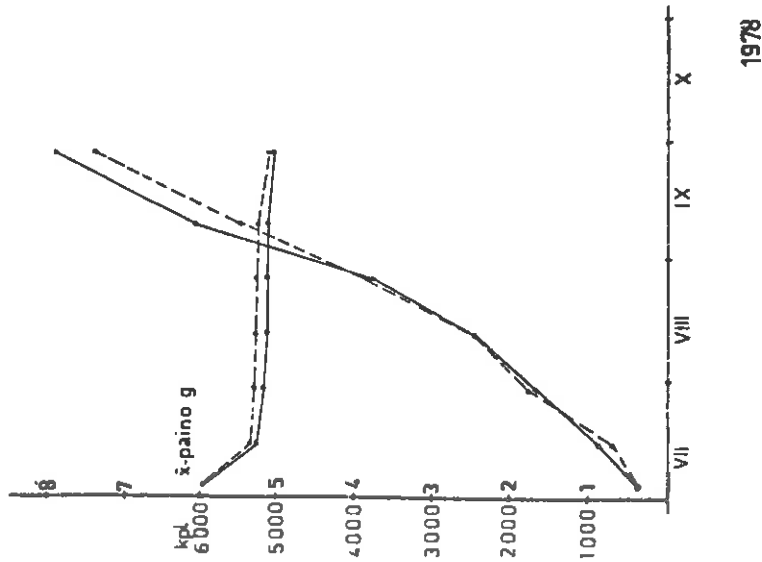
koerehu B



koerehu A



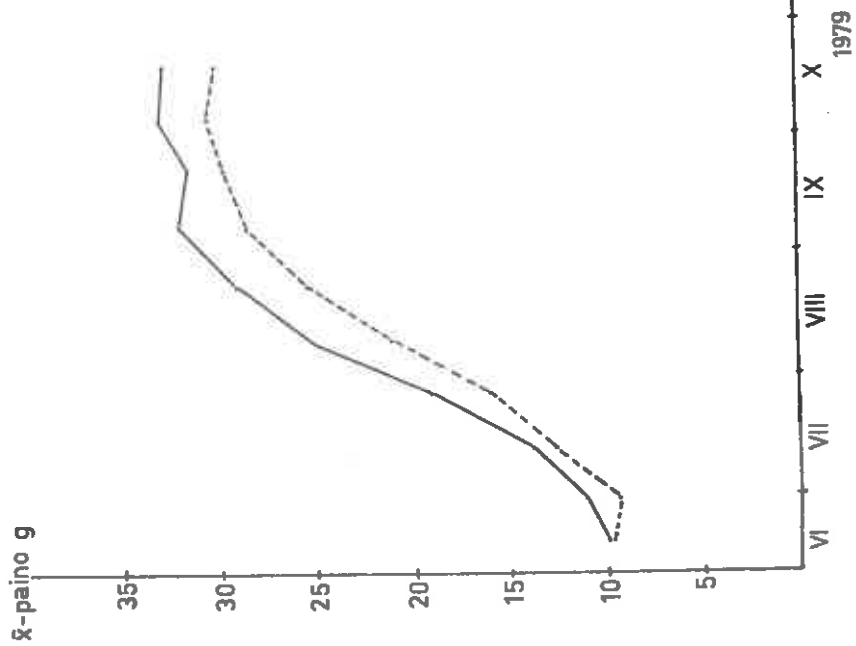
EWOS s 31



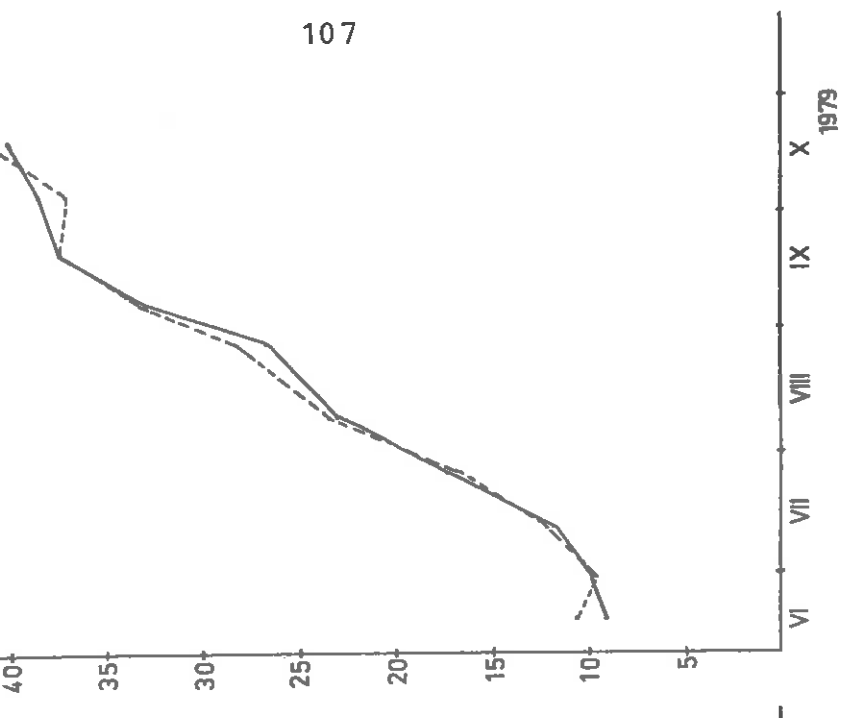
Kuva 2. Nevan lohen -78 poikasten ryhmät vuonna 1978 (kaksi rinnakkaisryhmää, keskipainotiedot vesipunnituksella).

\bar{x} -paino g

\bar{x} -paino g

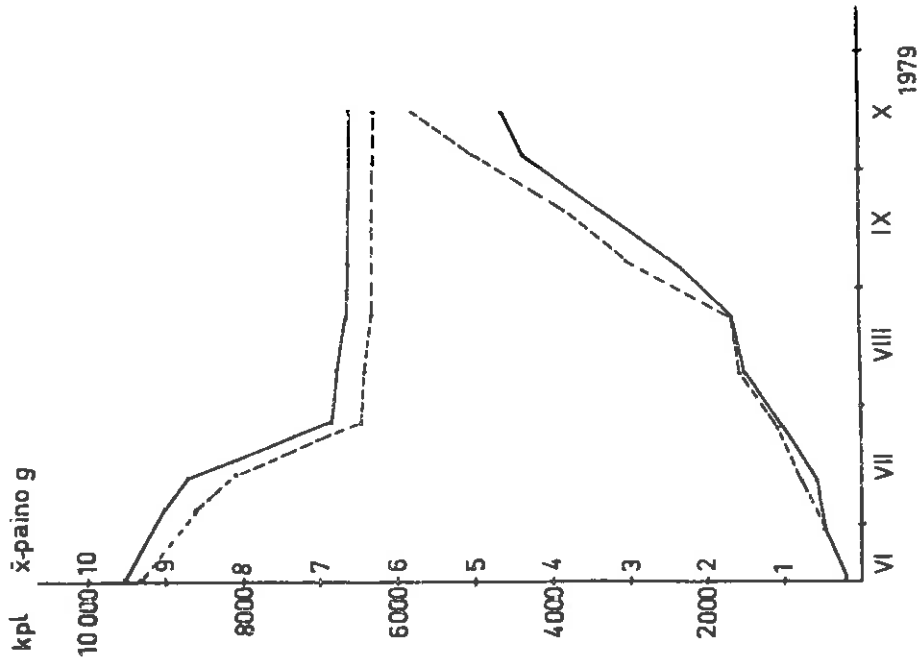


\bar{x} -paino g

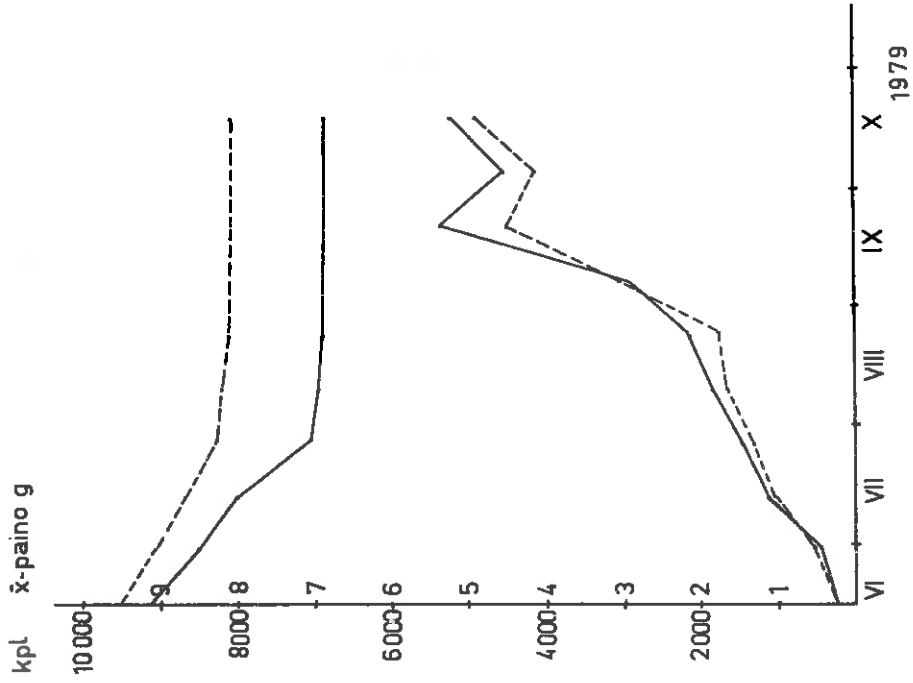


Kuva 3. Nevan lohen -78 poikasten ryhmät vuonna 1979 (kaksi rinnakkaisryhmää, keskipainotiedot vesipunnituksella).

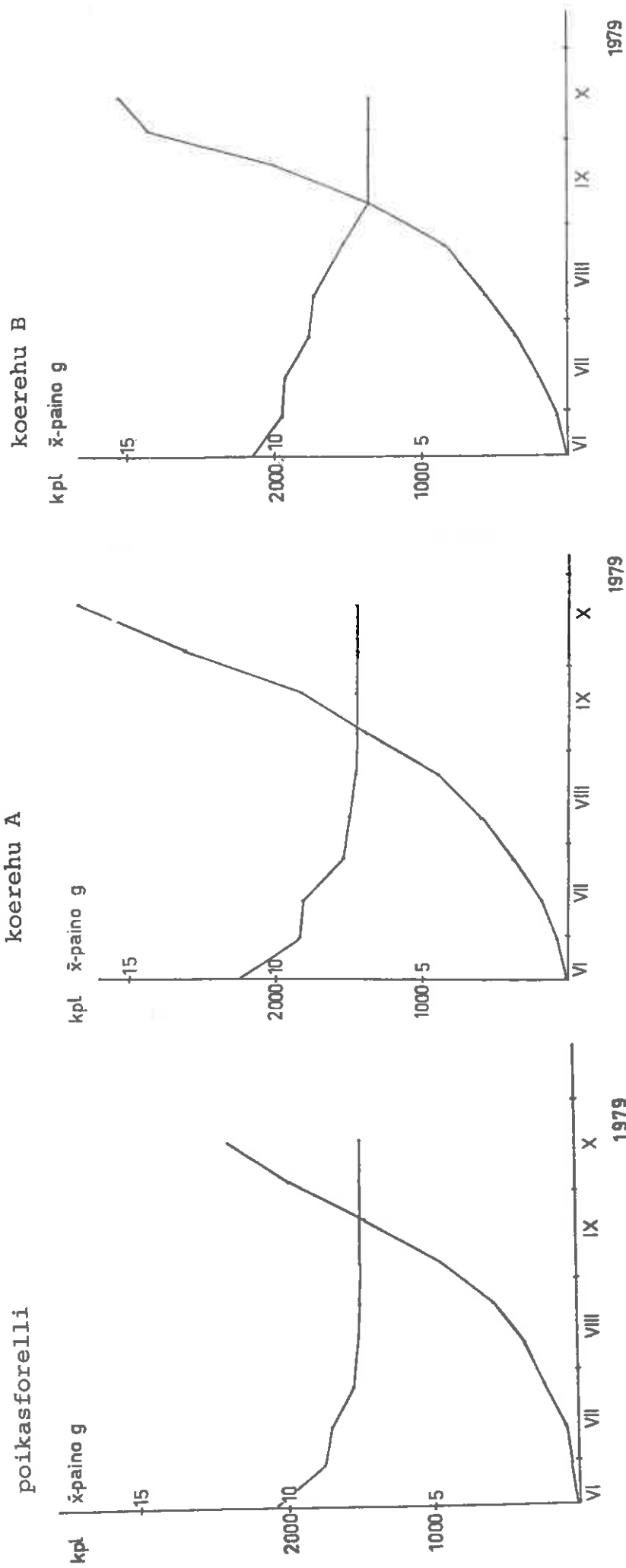
koerehu A



koerehu B



Kuva 4. Nevan lohen -79 poikasten ryhmät vuonna 1979 (kaksi rinnakkaisryhmää, keskipainotiedot vesipunnituksella).



Kuva 5. Kirjolohen poikasten ryhmät vuonna 1979 (keskipainotiedot vesipunnituksella, ei rinnakkaisryhmiä).

LOHEN KASVATUSKOE VAASAN HÖYRYMYLLY OY:N KOEREHUILLA VUONNA
1978

Timo Mäkinen ja Olli Sumari

1. Johdanto

Ruokintakokeen tarkoituksena on kehittää yhteistyössä Vaasan Höyrymylly osakeyhtiön kanssa kotimainen lohen ja taimenen ruokintaan yksinomaisena ravintona soveltuva kuivarehu lähinnä 2-vuotiaiden kalanistutukseen soveltuvien poikasten tuottamiseksi. Kokeet aloitettiin heinäkuun alussa 1978 keväällä kuoriutuneilla Nevan lohen poikasilla. Ruokinnassa käytettiin kahta Vaasan Höyrymyllyn valmistamaa koerehua ja vertailuna Ewos-lohirehua (Laxfoder standard s 31). Kokeessa verrattiin kalojen kasvua, kuolleisuutta, rehun kulutusta ja kalojen yleiskuntaa.

Varsinainen rehukoe päästiin aloittamaan vasta 3.7.1978, koska tätä ennen Vaasan Höyrymylly Oy ei pystynyt toimittamaan raekooltaan aloitusruokintaan sopivaa rehua (raekoko 1). Kokeen ensimmäinen jakso päättyi 22.9.1978. Tässä raportissa käsitellään tämän jakson tuloksia. Varsinainen koe jatkuu vielä poikasten kasvatuksella istutuskokoisiksi ja merkintä-istutuksella.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Koekalat

Koekaloina käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella kasvatetuista Nevan lohen emoista saatuja poikasia. Emot lypsettiin syksyllä 1977.

Osa poikasista haudottiin lämmitetyllä 10 °C vedellä. Tämä ryhmä hedelmöitettiin 27.10.1977, poikaset kehittyivät silmäpisteasteelle 23.11.1977 ja kuoriutuivat 17. - 21.12.1977. Ruokinta aloitettiin 20.1.1978 Ewoksen lohirehulla. Poikaset kasvatettiin lämmitetyssä 10 °C vedessä, 13.2.1978 lämpötila nostettiin noin keskimäärin 11.5 °C:een. Lämminvesikasvatuksella tuotetut kalat vastasivat kooltaan normaalikasvatuksessa olevia 1-vuotiaita poikasia, joten ruokintakoe näillä kaloilla vastasi tavanomaisessa kasvatuksessa toisen kasvukauden kasvatusta. Poikaset lajiteltiin koon mukaan 5.4.1978, ja keskikooltaan pienempiä käytettiin ko. kokeessa. Näistä poikasista otettiin 27.6.1978 105 kpl:een satunnaisotos punnitusta ja mittausta varten, tämän jälkeen poikaset jaettiin 200 kpl erissä kolmeen altaaseen ruokintakokeen aloittamista varten.

Toinen osa koepoikasista haudottiin ja kasvatettiin lämmittämättömällä vedellä. Nämä poikaset hedelmöitettiin 21.10.1977 ja kehittyivät silmäpisteasteelle 5.1.1978. Poikaset kuoriutuivat 3. - 13.4.1978. Kaikki kokeeseen tulevat poikaset siirrettiin 28.6.1978 yhteen kasvatusaltaaseen, josta otettiin 100 kpl satunnaisotos yksilöllisten paino- ja pituustietojen mittausta varten, jonka jälkeen poikaset siirrettiin kuuteen kasvatusaltaaseen, noin 500 kpl erissä rehukokeen aloittamista varten.

Automaattiruokinnan loputtua syyskuun lopussa altaissa olevia kalamääriä harvennettiin siten, että lämminvesikasvatettuja poikasia jäi 900 kpl/allas (valikoitu keskikooltaan suuremmat poikaset) ja lämmittämättömässä vedessä kasvatettuja 3.000 kpl/allas.

2.2. Altaat, vesitys ja lämpötilaseuranta

Altaina käytettiin hyötypinta-alaltaan 3.7 m²:n pyöreäkuumaisia pystysihdillä varustettuja lasikuitualtaita, joissa

virtaama suunnattiin siten, että vesi saatiin pyörivään liikkeeseen.

Altaat puhdistettiin yleensä kerran viikossa ja virtaama säädettiin kaksi kertaa viikossa. Kaikissa koealtaissa käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen pintaputken avulla 4 m:n syvyydestä Peurunkajärvestä saatavaa vettä, ja lämpötilaa seurattiin päivittäin kahdessa altaassa. Veden korkeus oli kaikissa altaissa 15 cm ja virtaama 0.5 l/s.

Loppukesästä Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella esiintyneiden vesivaikkeuksien vuoksi jouduttiin käyttämään myös laitokseen 12 m:n syvyydestä Peurunkajärvestä syväputkella saatavaa vettä. Virtaama pidettiin kuitenkin koko ajan 0.5 l/s.

2.3. Rehut ja ruokinta

Ennen varsinaisen ruokintakokeen aloitusta (3.7.1978), poikasia ruokittiin Ewoksen lohirehulla normaalikäytännön mukaisesti tunnin välein klo 7.00 - 21.00. Lämminvesihaudottujen poikasten ruokinta aloitettiin jo 20.1.1978 ja lämmittämättömässä vedessä haudottujen 1.6.1978.

Ruokintakoe aloitettiin 3.7.1978. Kokeessa käytettiin Vaasan Höyrymylly Oy:n valmistamaa koerehu A:ta ja B:tä sekä vertailuna Ewoksen lohirehua (Laxfoder standard s 31). Ruokinta tapahtui automaateilla 15 min. väliajoin 1.5 min kerrallaan, 12.8.1978 lähtien 2.5 min. kerrallaan ympäri vuorokauden. Halli, jossa koealtaat sijaitsevat on ympäri vuorokauden valaistu. Koealtaat on varjostettu noin 80 %:n alalta harmaalla muovikalvolla, joten valonvaihtelu jäi luonnonoloja pienemmäksi. Automaatteja säädettiin tarpeen mukaan, pyrittiin "riittävään" ruokintaan. Ruokintakoetta varten muodostettiin seuraavat koeryhmät:

	Lohirehu A	Lohirehu B	Ewos s 31
Lämminvesikasvatetut poikaset	1.350 kpl	1.350 kpl	1.350 kpl
Lämmittämättömässä vedessä kasvatetut poikaset	6.000 kpl 6.000 kpl	6.000 kpl 6.000 kpl	6.000 kpl 6.000 kpl

Rehujen raekoossa siirryttiin suurempaan tarpeen vaatiessa seuraavasti:

Lämminvesikasvatetut poikaset:

3.7.1978	Lohirehu A/3	Lohirehu B/3	Ewos s 31/3
22.8.1978	Lohirehu A/4	Lohirehu B/4	Ewos s 31/4

Lämmittämättömässä vedessä kasvatetut poikaset:

3.7.1978	Lohirehu A/2	Lohirehu B/2	Ewos s 31/1+2
6.7.1978			Ewos s 31/2
23.8.1978	Lohirehu A/3	Lohirehu B/3	Ewos s 31/3

Automaattiruokinta lopetettiin 25. - 26.9.1978, jonka jälkeen poikasten ruokinta on jatkettu käsin 6 kertaa päivässä 2 tunnin välein.

2.4. Kalojen hoitokylvetykset

Koekaloja on kylvetty ennalta ehkäisevästi normaalin kasvatuskäytännön mukaisesti. Kylvetyksiä on tehty kaikille ryhmille kolme kertaa seuraavasti:

21.6.1978	formaliini	1:5000	35 min
17.7.1978	formaliini	1:5000	40 min
8.8.1978	formaliini	1:5000	40 min

2.5. Kalojen kasvun seuranta

Lämminvesikasvatetuista ja lämmittämättömässä vedessä kasvatetuista poikasista otettiin 27. ja 28.6.1978 noin 100 kpl otos, josta punnittiin yksilöllinen paino 0.1 g tarkkuudella ja mitattiin pituus 1 mm tarkkuudella. Kesäkuun lopusta syyskuun alkuun punnittiin jokaisesta koeryhmästä kahden viikon välein 200 - 500 kpl otos vesipunnituksella. Kaloja valutettiin huolellisesti puolen minuutin ajan.

Automaattiruokinnan loputtua, syyskuun lopussa (22. - 27.9.1978) toteutettiin joka koeryhmässä yksilöllisten painojen ja pituuksien mittausta 0.1 g ja 1 mm tarkkuudella. Kalat nukutettiin MS 222:lla (Sandoz).

3. Tulokset ja tarkastelu

Kaikki kasvumittaustulokset, kuolleisuus ja rehunkulutustiedot on koottu taulukoihin 1 - 11.

Taulukoissa oleva painonlisäys %/vrk on laskettu kaavasta:

$$\text{painonlisäys \% / vrk} = \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{t} \times 100$$

missä w_1 = kalojen keskipaino koejakson alussa
 w_2 = kalojen keskipaino koejakson lopussa
 t = koejakson pituus vrk

3.1. Rehun kulutus ja kasvatusveden lämpö

Rehun kulutusta säädettiin kokeen aikana siten, että kaikille ryhmille pyrittiin antamaan rehua "riittävästi", hieman ylimäärin. Tämän vuoksi lasketut ravintokertoimetkin kuvaavat lähinnä annetun rehun määrää eivätkä niinkään kasvussa tapahtuneita vaihteluita. Kulutus vaihteli koejakson aikana (3.7. - 27.9.1978) lämmittämättömässä vedessä kasvatetuilla ryhmillä 48.5 - 62 kg, ja lämminvesikasvatetuilla ryhmillä 49.4 - 53.2 kg. Kulutuksessa ilmenevät erot eivät ole tahallisia, vaan johtuvat automaattien säädön karkeudesta. Erilainen rehunkulutus on otettu huomioon jäljempänä suoritettussa kasvun vertailussa.

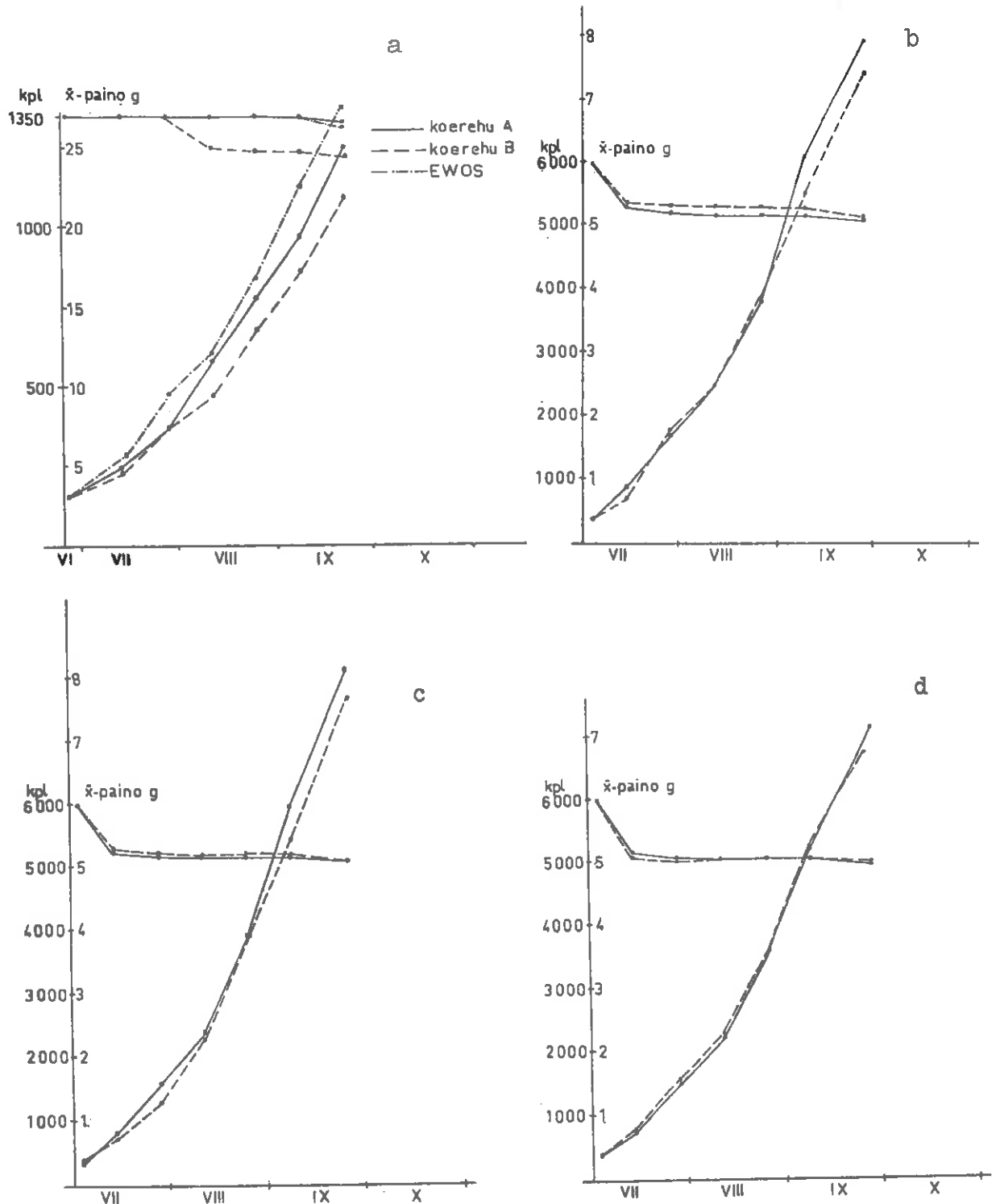
Kasvatusveden lämpö vaihteli lämminvesihaudonnassa ja alkukasvatuksessa olleiden ryhmien altaissa koejakson aikana 12.4 °C - 18.3 °C kaksiviikkoisjaksojen keskiarvoina. Vastaavat luvut lämmittämättömässä vedessä kasvatetuilla ryhmillä olivat 11.7 °C - 18.3 °C. Lämpösumma (päiväasteiden summa) koko koeajalta oli edellisessä ryhmässä 1390.5 ja jälkimmäisessä 1336.4, ero on melko pieni eikä sillä voida katsoa olevan merkitsevää vaikutusta kasvuun.

3.2. Kalojen kasvu

Kalojen keskipaino lisääntyi lämminvesikasvatettujen poikasten ryhmässä koeaikana noin 6 - 8 kertaiseksi (kuva 1a.) ja normaalilämpöisessä vedessä kasvatettujen poikasten ryhmässä vastaavasti 17 - 23 kertaiseksi (kuvat 1b., c., d.). Punnitus- ja mittaustulokset kustakin ryhmästä on koottu taulukoihin 1. - 11.

Kaikki kasvutietojen tilastolliset vertailut suoritettiin yksilökohtaisten mittaustulosten perusteella. Paitsi tilastoparametrien luonteen vuoksi oli tämä välttämätöntä myöskin sen vuoksi, että vesipunnitus antaa suurempia painotuloksia kuin yksilömittaus punnitukseen mukaan tulevan veden vuoksi.

Koejakson lopussa suoritettu vertailu vesipunnitusten ja yksilöpunnitusten välillä osoitti lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten painon olevan vesipunnituksella punnittuna keskimäärin 0.36 g (4.9 %) suuremman kuin yksilöpunnituksella. Erot vaihtelivat - 0.05 - + 0.70 g (- 0.6 - 8.9 %). Lämminvesikasvatetuissa vastaavat luvut olivat keskimäärin 0.44 g ja 2.0 % ja vaihtelu 0.57 - 1.28 g ja 2.3 - 6.1 %.



Kuva 1. a. Lämminvesikasvatettujen poikasten kasvu ja kuolleisuus vertailurehulla ja koerehulla (keskipainotiedot vesipunnituksella).
 b., c. ja d. Lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten kasvu ja kuolleisuus vertailurehulla (b), koerehulla A (c) ja koerehulla B (d) (keskipainotiedot vesipunnituksella, kaikissa kasvatuksissa kaksi rinnakkaisryhmää).

Kasvutietojen erojen merkitsevyys tutkittiin tilastollisesti. Aluksi tutkittiin lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen ryhmien rinnakkaisryhmien erojen merkitsevyys. Tämä tapahtui t-testillä (testin käytölle ei ollut esteitä, lohirehu A:n rinnakkaisryhmien varianssien ero tosin oli tilastollisesti melkein merkitsevä, mutta tämän ei tulkittu vaikuttavan itse testin tulokseen). Testin tulokseksi tuli, ettei rinnakkaisryhmillä, jotka oli ruokittu lohirehu A:lla ja lohirehu B:llä ollut merkitsevää eroa, mutta sen sijaan Ewoksen lohirehulla ruokitut kaksi ryhmää erosivat toisistaan painon suhteen merkitsevästi ($t = 2.413++$) ja pituuden suhteen melkein merkitsevästi ($t = 1.767+$). Tämän vuoksi rinnakkaisryhmien tuloksia ei ole yhdistetty vaan vertailu on suoritettu kustakin ryhmästä erikseen jäljempänä esitetyllä testimenettelyllä.

Koeryhmistä tehtiin myös tavanomainen varianssianalyysi, joka osoitti että tilastollisesti merkitseviä eroja eri ryhmien kasvutulosten välillä löytyy. Lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen ryhmien keskipituuden suhteen toteutettu varianssianalyysi osoitti ainoastaan merkitsevää eroa, kun taas muut lasketut F:n arvot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä (taulukko 12.).

Seuraavaksi ryhmien kasvutuloksia verrattiin t-testillä. Lämminvesikasvatuksessa olleiden poikasten kasvu osoittautui Ewoksen lohirehulla ruokituissa ryhmässä olleen sekä pituuden, että painon suhteen tilastollisesti erittäin merkitsevästi suurempaa kuin lohirehu B:llä ruokituissa ryhmässä (paino: $t = 21.708+++$, pituus $t = 5.602+++$). Lohirehu A:ta verrattaessa havaittiin Ewoksen S 31:llä ruokitun ja ko. ryhmän välillä myös tilastollisesti erittäin merkitsevä ero painon suhteen ($t = 8.575+++$), sen sijaan pituuden suhteen ero oli tilastollisesti vain jokseenkin merkitsevä ($t = 2.296+$). Verrattaessa A ja B koerehuja keskenään osoittautui A rehu tilastollisesti erittäin merkitsevästi paremmaksi sekä painon ($t = 12.972+++$) että pituuden ($t = 5.515+++$) suhteen.

Lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen ryhmien kasvueroja testattiin edellä oleva rinnakkaisryhmien erojen testaustulos huomioonottaen siten, että koerehujen A ja B ryhmiä verrattiin erikseen Ewoksen lohirehulla ruokittuun vertailuryhmän siihen puoleen, jonka rehunkulutus oli lähempänä verrattavan koeryhmän rehunkulutusta. Tällöin muodostui seuraavat testiparit (suluissa ao. ryhmän rehunkulutus koejakson aikana):

Ewos-lohirehu	(54 kg)	- Koerehu A	(55.5 kg)
Ewos-lohirehu	(54 kg)	- Koerehu B	(48.5 kg)
Ewos-lohirehu	(54 kg)	- Koerehu B	(57.0 kg)
Ewos-lohirehu	(62 kg)	- Koerehu A	(63.0 kg)

Testauksen tulos osoitti, ettei kahden ensimmäisen testiparin välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Kolmannen testiparin testaus osoitti tilastollisesti melkein merkitsevää eroa ($t = 1.936+$) Ewoksen lohirehun hyväksi, mutta ainoastaan pituuden, ei painon suhteen. Neljäs testipari osoitti pituuden suhteen tilastollisesti merkitsevää ($t = 2.327++$) ja painon suhteen erittäin merkitsevää eroa ($t = 3.153+++$) koerehun A hyväksi. Viimemainitun testiparin painon varianssit erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi joten t-testissä jouduttiin käyttämään ns. Cochranin likiarvomenettelyä.

Yhteenvedonomaaisesti voidaan tulosten tilastollisen käsittelyn pohjalta todeta, että Vaasan Höyrymylly Oy:n valmistamat koerehut A ja B ovat lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten (joiden keskipaino kokeen lopussa oli noin 7 g) ruokinassa osoittautuneet yhtä hyväksi kuin Ewoksen lohirehu.

Lämminvesikasvatettujen poikasten, joiden keskipaino kokeen lopussa oli noin 20 - 27 g, ruokinnassa Ewoksen valmistama rehu osoittautui kasvutuloksiltaan molempia koerehuja paremmaksi ja A-rehu paremmaksi kuin koerehu B.

3.3. Kuolleisuus ja terveydentila

Lämminvesikasvatettujen poikasten kuolleisuus vaihteli koejakson aikana 1.9 - 9.6 % (26 - 130 kpl). Lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten kuolleisuus vaihteli 14.3 - 17.4 % (857 - 1042 kpl) kuolleisuus ei ylitä normaalissa kalanviljelyrutiinissa havaittua tasoa.

Lopputarkastuksen ja koejakson aikana havaitun kuolleisuuden erotus tasoitettiin koejakson ajalle ennen havaintojen taulukointia siten, että erotuksen suuruudesta kuolleisuudesta puolet oletettiin tapahtuneen kahden ensimmäisen kaksiviikkoisjakson aikana ja lopun kokeen loppujakson aikana.

Koerehu B:llä ruokitusryhmässä havaittiin yksilöllisen punnituksen yhteydessä evien kulumista huomattavasti enemmän kuin koerehu A:lla tai Ewoksen lohirehulla ruokitusryhmässä.

Poikasryhmien terveydentila pysyi koko koeajan hyvänä, eikä hoitokylvetyksiä tarvinnut toteuttaa edes siinä laajuudessa kuin rutiinikasvatuksessa saattaa olla tavanomaista.

4. Yleinen tarkastelu

Vaasan Höyrymyllyn kehittämät koerehut näyttävät soveltuvan lohen poikasten 1-kesän kasvatukseen käsillä olevan selvityksen mukaan varsin hyvin. Kooltaan II kesän kasvatusjaksoa vastaavien lämminvesikasvatettujen poikasten ruokintaan koerehut eivät soveltuneet aivan yhtä hyvin, sillä kasvutulos oli koerehuilla heikompi kuin vertailurehuilla. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että kaikkia ryhmiä oli aikaisemmin ruokittu ko. rehulla jolloin siis niillä ryhmillä, jotka edelleen saivat ennestään tuttua rehua, ei tullut vaikeuksia uuteen rehuun totuttelussa. Kasvunopeuden erot ovatkin suurimmat juuri kahden ensimmäisen kaksiviikkoisjakson aikana.

Koerehu A:lla saatiin koejakson aikana suurempi keskipainon lisäys kaikissa ryhmissä. A-rehu näyttää siis olevan hieman B:tä parempi.

Käsillä olevan selvityksen tulokset ovat vielä alustavia siinä mielessä, että kyseessä olevien lohiryhmien kasvatuksen päämääränä on istukkaiden tuottaminen ja lopullisen rehujen soveltuvuuden ratkaisee vasta merkittyjen istukkaiden takaisinsäantitulokset.

Taulukko 1. Ewoksen lohیرهhulla ruokittu lämminvesikasvatettujen poikasten ryhmä.

koejakso	vrk	kaloja punnittu kpl	keski- paino (g)	keskipainon lisäys			rehun kulutus		havaittu kuolleisuuden kertymä kpl			
				g	%	g/vrk	%/vrk	% kalojen painosta/ vrk		ravinto kerroin		
27.6.-78		286	3.00									
27.6.-78	17	281	5.87	2.87	95.7	0.17	3.948	3430	2.56	0.89	9	
14.7.-78	14	299	9.65	3.78	64.4	0.27	3.551	4351	2.41	0.86	16	
28.7.-78	14	322	12.11	2.46	25.5	0.18	1.62	3952	1.76	1.21	23	
11.8.-78	14	327	16.81	4.70	38.8	0.34	2.34	8418	2.70	1.35	28	
25.8.-78	14	359	22.56	5.75	34.3	0.41	2.10	13668	3.29	1.80	33	
8.9.-78	14	1312	28.16	5.60	24.82	0.40	1.58	15581	3.01	2.12	38	
koko koeaika	87		25.16		838.67	0.29	2.52	49400	2.62	1.50	38	
											38	Kuolleisuus
												koejakson al- kana 2.8 %

Taulukko 2. Koerehu A:lla ruokittu lämminvesikasvatettujen poikasten ryhmä.

koejakso	vrk	kaloja punnittu kpl	keski- paino (g)	keskipainon lisäys			rehun kulutus % kalojen painosta/ vrk	ravinto kerroin	havaittu kuolleisuuden kertymä kpl			
				g	%	g/vrk				%/vrk	g	
27.6.-78		291	3.07	1.79	58.31	0.11	2.702	3764	3.39	1.56	5	
27.6.-14.7.-78	17	275	4.86	2.50	51.44	0.18	2.96	5866	4.25	1.75	9	
14.7.-28.7.-78	14	304	7.36	4.13	56.11	0.30	3.18	4058	1.89	2.24	14	
28.7.-11.8.-78	14	301	11.49	3.99	34.73	0.29	2.13	12358	4.28	2.32	17	
11.8.-25.8.-78	14	352	15.48	3.77	24.35	0.27	1.56	13522	3.78	2.70	24	
25.8.-8.9.-78	14	405	19.25	5.16	26.81	0.37	1.70	13632	3.01	2.00	26	
8.9.-22.9.-78	14	1325	24.41	21.34	695.11	0.25	2.37	53200	3.43	1.88	26	
koko koeaika	87											kuolleisuus koejakson ai- kana 1.9 %

Taulukko 3. Koerehu B:llä ruokittu lämminvesikasvatettujen poikasten ryhmä.

koejakso	vrk	kaloja punnittu kpl	keski- paino (g)	keskipainon lisäys			rehun kulutus % kalojen painosta/ vrk	ravinto kerroin	havaittu kuolleisuuden kertymä kpl	
				g	%	g/vrk				%/vrk
27.6.-78		249	3.11							
27.6.-14.7.-78	17	388	4.58	1.47	47.27	0.09	2.28	3.00	1.59	9
14.7.-28.7.-78	14	303	7.44	2.86	162.45	0.20	3.47	3.86	1.40	18
28.7.-11.8.78	14	363	9.44	2.00	26.88	0.14	1.70	2.81	1.86	110
11.8.-25.8.-78	14	370	13.59	4.15	43.96	0.30	2.60	4.09	1.88	121
25.8.-8.9.-78	14	369	17.12	3.53	25.97	0.25	1.65	4.59	3.13	126
8.9.-22.9.-78	14	1220	22.17	5.05	29.50	0.36	1.85	3.59	2.21	130
koko koeaika	87			19.06	612.86	0.22	2.26	3.66	2.14	130
										kuolleisuus koejakson ai- kana 9.6 %

Taulukko 5. Ewoksen lohirehulla ruokittu lämmitettömässä vedessä kasvatettujen poikasten ryhmä.

koejakso	vrk	kaloja punnittu kpl	keski- paino (g)	keskipainon lisäys			rehun kulutus % kalojen painosta / vrk	havaittu kuolleisuuden kertymä kpl
				g	%	g/vrk		
3.7.-78		274	0.39					
3.7.-14.7.-78	11	656	0.71	0.32	82.05	0.03	5.45	3639
14.7.-28.7.-78	14	546	1.79	1.08	152.11	0.08	6.61	6031
28.7.-11.8.-78	14	459	2.53	0.74	41.34	0.05	2.47	4580
11.8.-25.8.-78	14	527	3.85	1.32	52.17	0.09	3.00	9928
25.8.-8.9.-78	14	455	5.49	1.64	42.60	0.12	2.53	17005
8.9.-26.9.-78	18	5143	7.86	2.37	43.17	0.17	1.99	20867
koko koeaika	85			7.47	1915.38	0.09	3.68	62050
								2.1
								1.06
								1.19
								1.45
								2.01
								1.71
								1.62
								669
								744
								793
								818
								839
								857
								857

Kuolleisuus
koejakson ai-
kana 14.3 %

Taulukko 6. Koerehu A:lla ruokittu lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten ryhmä.

koejakso	vrk	kaloja punnittu kpl	keski- paino (g)	keskipainon lisäys			rehun kulutus % kalojen painosta / vrk	ravinto kerroin	havaittu kuolleisuuden kertymä kpl
				g	%	g/vrk			
3.7.-78		332	0.33						
3.7.-14.7.-78	11	561	0.83	151.52	0.05	8.38	5.42	0.99	783
14.7.-28.7.-78	14	489	1.60	92.77	0.06	4.69	3.16	0.92	869
28.7.-11.8.-78	14	496	2.37	48.13	0.06	2.81	2.65	1.14	893
11.8.-25.8.-78	14	546	3.84	62.03	0.11	3.45	2.74	1.00	909
25.8.- 8.9.-78	14	438	5.89	53.39	0.15	3.06	3.91	1.57	921
8.9.-26.9.-78	14	5065	8.07	37.01	0.12	1.75	2.85	1.90	935
koko koeaika	85		7.74	2345.45	0.09	4.02	3.46	1.42	935
									Kuolleisuus
									koejakson ai- kana 15.6 %

Taulukko 7. Koerehu A:lla ruokittu lämmitettämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten ryhmä.

koejakso	vrk	kaloja punnittu kpl	keski- paino (g)	keskipainon lisäys			rehun kulutus % kalojen painosta/ vrk	ravinto kerroin	havaittu kuolleisuuden kertymä kpl
				g	g/vrk	%/vrk			
3.7.-78		344	0.39						
3.7.-14.7.-78	11	572	0.74	0.35	0.03	5.82	8.53	1.98	704
14.7.-28.7.-78	14	626	1.31	0.57	0.04	4.08	7.01	2.26	801
28.7.-11.8.-78	14	510	2.33	1.02	0.07	4.11	3.54	1.13	837
11.8.-25.8.-78	14	543	3.95	1.62	0.12	3.77	3.30	1.13	866
25.8.-8.9.-78	14	470	5.46	1.51	0.11	2.31	4.21	2.13	895
8.9.-26.9.-78	18	5029	7.67	2.21	0.12	1.89	2.98	1.86	923
koko koeaika	85		7.28	1866.67	0.09	3.66	4.93	1.70	923

Kuolleisuus

koejakson ai-

kana 15.4 %

Taulukko 8. Koerehu B:llä ruokittu lämmitettämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten ryhmä.

koejakso	vrk	kaloja punnittu kpl	keski- paino (g)	keskipainon lisäys			g	rehun kulutus % kalojen painosta/ vrk	ravinto kerroin	havaittu kuolleisuuden kertymä kpl
				g	%	g/vrk				
3.7.-78		345	0.38							
3.7.-14.7.-78	11	622	0.74	0.36	94.74	0.03	6.06	1.57	858	
14.7.-28.7.-78	14	591	1.50	0.76	50.67	0.05	5.05	1.28	953	
28.7.-11.8.-78	14	539	2.20	0.70	46.67	0.05	2.74	0.99	1002	
11.8.-25.8.-78	14	569	3.61	1.41	64.09	0.10	3.54	1.06	1015	
25.8.-8.9.-78	14	459	5.24	1.63	45.15	0.12	2.66	1.57	1027	
8.9.-27.9.-78	19	4958	7.34	2.10	40.08	0.11	1.77	1.64	1042	
koko koeaika	86			6.96	1831.58	0.08	3.64	1.41	1042	
									Kuolleisuus koejakson ai- kana 17.4 %	

Taulukko 9. Koerehu B:llä ruokittu lämmittämättömässä vedessä kasvatettujen poikasten ryhmä.

koejakso	vrk	kaloja punnittu kpl	keski- paino (g)	keskipainon lisäys			rehun kulutus % kalojen painosta / vrk	ravinto kerroin	havaittu kuolleisuuden kertymä kpl
				g	%	g/vrk			
3.7.-78		404	0.39						
3.7.-14.7.-78	11	804	0.77	0.38	97.44	0.03	6.38	1.42	907
14.7.-28.7.-78	14	520	1.58	0.81	105.19	0.06	5.59	1.53	976
28.7.-11.8.-78	14	501	2.29	0.71	44.94	0.05	2.51	1.13	994
11.8.-25.8.-78	14	550	3.54	1.25	54.59	0.09	3.77	1.49	999
25.8.-8.9.-78	14	416	5.26	1.72	48.59	0.12	4.19	1.80	1009
8.9.-27.9.-78	19	4983	7.21	1.95	27.05	0.10	3.83	1.98	1017
koko koeaika	86			6.82	748.72	0.08	4.38	1.68	1017
									Kuolleisuus koejakson ai- kana 17.0 %

Taulukko 10. Mittaustulokset lämmitetyssä vedessä kasvatetuista poikasista koejakson alussa ja lopussa.

		Yksilökohtainen mittaus 27.6.-78		Vesipunnitus automaattiruokinnan alussa 27.6.-78	
n		Ewos-lohirehu	Lohirehu A	Ewos-lohirehu	Lohirehu B
	\bar{x} -paino \pm S.E. g	105	291	286	249
	\bar{x} -pituus \pm S.E. cm	3,00 \pm 0,81	3,07	3,00	3,11

Automaattiruokinnan loputtua 22.9.-78

		Vesipunnitus		Yksilökohtainen mittaus	
n		Ewos-lohirehu	Koerehu A	Ewos-lohirehu	Koerehu B
	\bar{x} -paino \pm S.E. g	1312	1220	211	200
	\bar{x} -pituus \pm S.E. cm	28,16	24,41	27,6 \pm 0,6	20,9 \pm 0,7
				13,2 \pm 0,1	12,1 \pm 0,2

Taulukko 11. Mittaustulokset lämmittämättömässä vedessä kasvatetuista poikasista koejakson alussa ja lopussa.

	Yksilökohtainen mittaus 29.6.-78		Vesipunnitus automaattiruokinnan alussa 3.7.-78					
	n		Ewos-lohirehu	Koerehu A	Koerehu B			
\bar{x} -paino \pm S.E g		100	293	274	332	344	345	404
\bar{x} -pituus \pm S.E cm		0,26 \pm 0,009	0,41	0,39	0,33	0,39	0,38	0,39
		3,20 \pm 0,03						

Automaattiruokinnan lopussa 26. - 27.9.-78

	Vesipunnitus:		Yksilökohtainen mittaus:				
	n		Ewos-lohirehu	Koerehu A	Koerehu B		
\bar{x} -paino g		8,59	7,86	8,07	7,67	7,34	7,21
		5071	5143	5065	5029	4958	4983
		7,88 \pm 0,21	7,46 \pm 0,23	7,97 \pm 0,22	7,97 \pm 0,41	7,07 \pm 0,44	6,66 \pm 0,52
		8,98 \pm 0,08	8,78 \pm 0,09	9,12 \pm 0,09	9,02 \pm 0,08	8,90 \pm 0,08	8,73 \pm 0,10
		210	199	200	200	210	200

Taulukko 12. Varianssianalyysi, vaihtelutaulukot.

LÄMMITTÄMÄTTÖMÄSSÄ VEDESSÄ KASVATETUT POIKASETPaino:

	df	NS	s ²	F
Kokonaisvaihtelu	1218	32 969,8		
Välivaihtelu	5	27 094,1	5 418,8	
				1 128,9 ⁺⁺⁺
Sisävaihtelu	1213	5 875,7	4,8	

Pituus:

	df	NS	s ²	F
Kokonaisvaihtelu	1218	1 524,9		
Välivaihtelu	5	21,7	4,3	
				3,6 ⁺⁺
Sisävaihtelu	1213	1 503,2	1,2	

LÄMMINVESIKASVATETUT POIKASETPaino:

	df	NS	s ²	F
Kokonaisvaihtelu	622	10 645,0		
Välivaihtelu	2	4 617,5	2 308,7	
				237,5 ⁺⁺⁺
Sisävaihtelu	620	6 027,5	9,7	

Pituus:

	df	NS	s ²	F
Kokonaisvaihtelu	622	1 342,4		
Välivaihtelu	2	128,7	64,4	
				32,9 ⁺⁺⁺
Sisävaihtelu	620	1 213,7	1,96	

LOHIKALOJEN MÄDINKEHITYKSESTÄ LAUKAAN
KESKUSKALANVILJELYLAITOKSELLA

Esa Erkamo ja Unto Eskelinen

1. Johdanto

Lohikaloiden mädinkehityksen vuorokausi- eli päiväastetarve riippuu haudontaveden lämpötilasta. Käytännön kalanviljelyssä tietoa mädin kehitysnopeudesta tarvitaan silmäpisteelle tulon ja kuoriutumisen ennakointiin sekä kuoriutumisen ajoittamiseen.

Kirjallisuustiedot päiväastetarpeen lämpötilariippuvuudesta perustuvat yleensä vakiohäudontoihin, mikä rajoittaa niiden sovellettavuutta käytännön haudontaoloihin, joissa lämpötila muuttuu haudonnan aikana. Yksittäisessä hautomossa lämpötilakehityksen luonne ei haudontakausien välillä paljontaan vaihtelee, joten pitkäaikaiset hautomokohtaiset havaintosarjat mädin kehityksestä ja lämpötilaoloista palvelevat hyvin edellä esitettyjä ennustetarpeita.

Tähän raporttiin on koottu tiedot Laukaan keskuskalanviljelylaitoksessa viljeltävien petomaisten lohikaloiden mädin kehityksen yhteydestä haudontalämpötiloihin.

2. Aineisto ja sen käsittely

Käsitelty aineisto koostuu lohi- ja taimenkantojen rutiinihaudonnan tiedostoista kuoriutumismuotoon 1984 saakka.

Haudontakortteihin on mädin kehitysvaiheista rekisteröity hedelmätyyppi, silmäpisteasteen (spa) saavuttaminen sekä

kuoriutumisen alku ja loppu. Lämpötilakertymän laskentaan on käytetty päivittäin klo 7 mitattuja haudontaveden lämpötiloja.

Silmäpisteaste on katsottu saavutetuksi, kun alkion silmät on hyvässä valaistuksessa voinut nähdä paljain silmin.

Mädinkehityksen päiväastetarpeen lämpötilariippuvuutta on jokaisen lajin ja kannan osalta tarkasteltu erikseen kehitysjaksoille hedelmöitys-spa ja spa-kuoriutuminen.

3. Tulokset ja tarkastelu

Käsitellyt lajit ja kannat, havaintovuodet sekä hedelmöityksen, silmäpisteasteelle tulon ja kuoriutumisen ajoittuminen olivat seuraavat:

Laji/kanta	vuodet	hedelm.	spa	kuoriut.
Lohi	78-84	17.10.-	5. 1.-	3. 4.-
Neva		19.11.	22. 2.	21. 5.
Järvilohi	82-84	11.10.-	22.11.-	1. 4.-
Vuoksen ves.		29.10.	4. 2.	10. 5.
Meritaimen	75-83	8.10.-	15.11.-	25. 2.-
Isojoki		30.10.	25. 1.	4. 5.
Meritaimen	76-84	28. 9.-	9.11.-	20. 2.-
Daljoki		9.11.	20. 2.	11. 5.
Järvitaimen	75-84	5.10.-	14.11.-	26. 2.-
Rautalamminr.		9.11.	20. 2.	13. 5.
Järvitaimen	78-84	29. 9.-	14.11.-	28. 2.-
Vuoksen ves.		28.10.	14. 1.	4. 5.

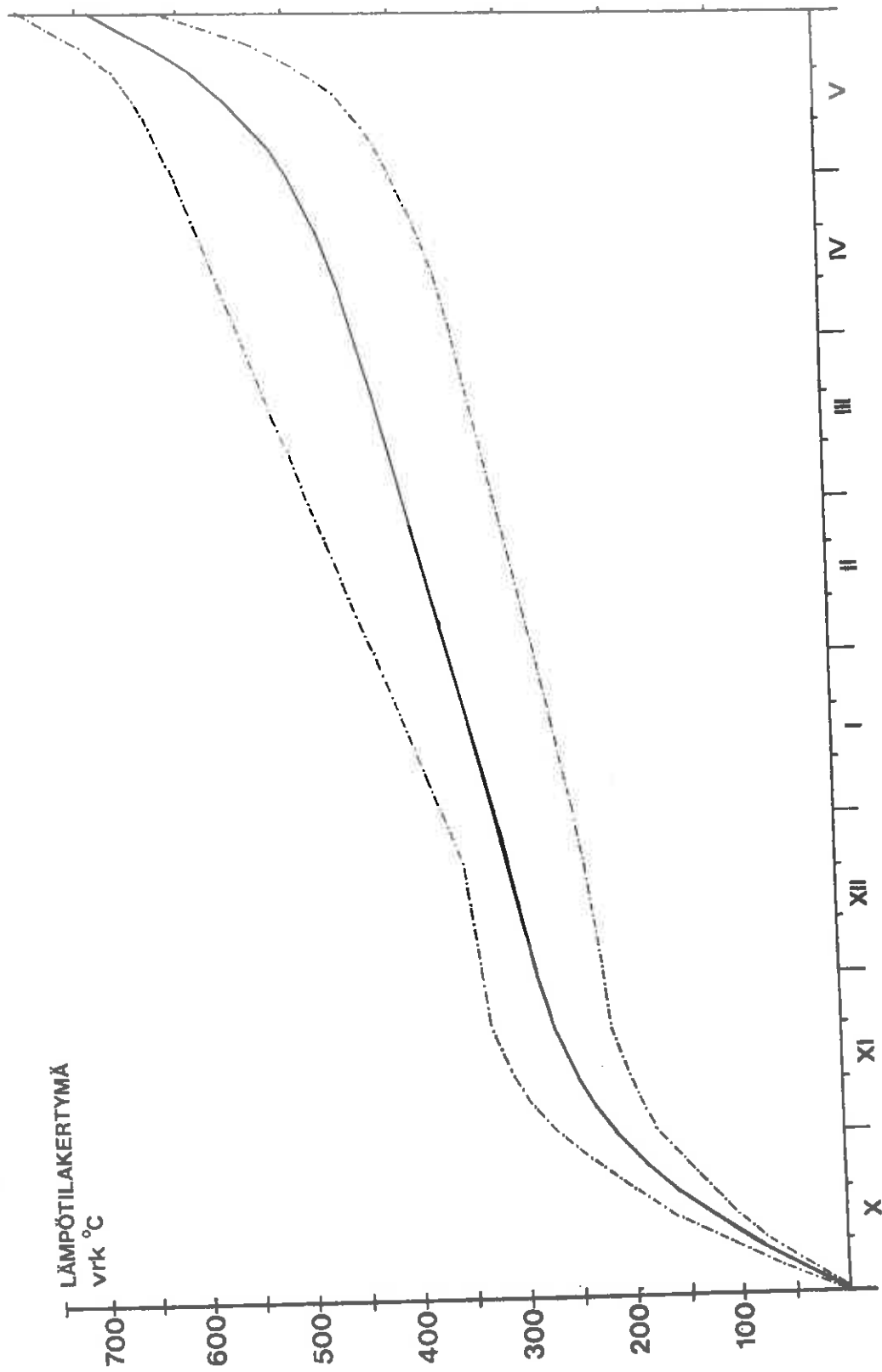
Haudontakausien lämpötilakertymät vuosien 1978 - 1984 keskiarvona ja ääriarvoina on esitetty kuvassa 1. Vaihtelu on järvidesilaitokselle luonteenomaisesti melko suurta.

Mädin päiväastetarpeen suhde haudontaveden keskilämpötilaan on esitetty kalakannoittain kuvissa 2 - 8. Päiväastetarve kasvaa lämpötilan noustessa.

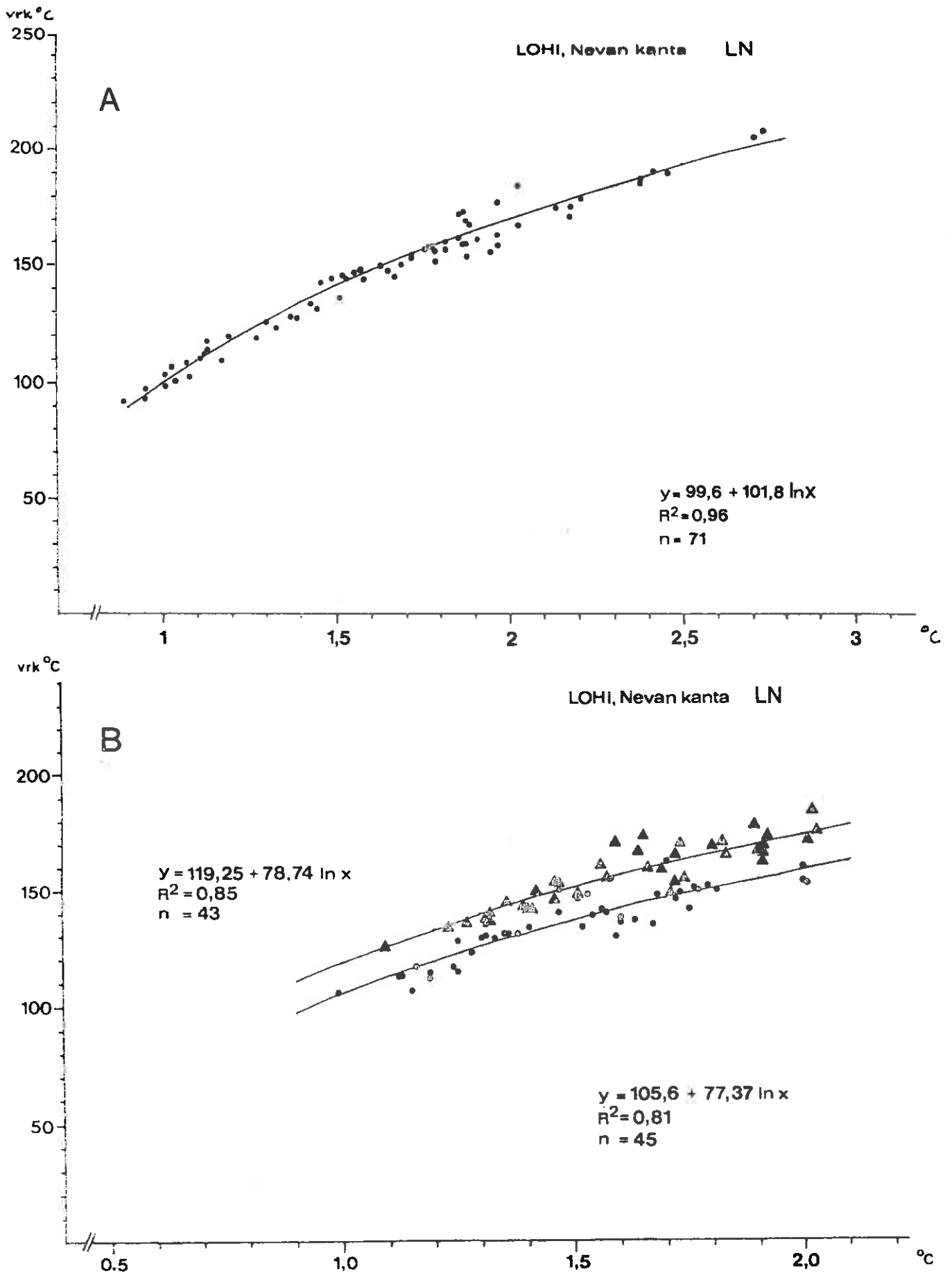
Lohien kutu- ja mädinkehityskierto on myöhäisempi kuin taimenten. Syksyn avovesikauden lämpötilaerot eivät juuri ehdi vaikuttaa lohien mädinkehitykseen. Tästä syystä lohien alkuhaudonnan havaintoaineisto sijoittuu paljon suppeammalle lämpötila-alueelle kuin taimenten.

Lasketut riippuvuusyhtälöt selittävät hyvin annettua havaintoaineistoa. Yhtälöiden soveltuvuus kokonaan toisenlaisille lämpötila-alueille, esim. jokivesihaudontaan on epävarmempaa.

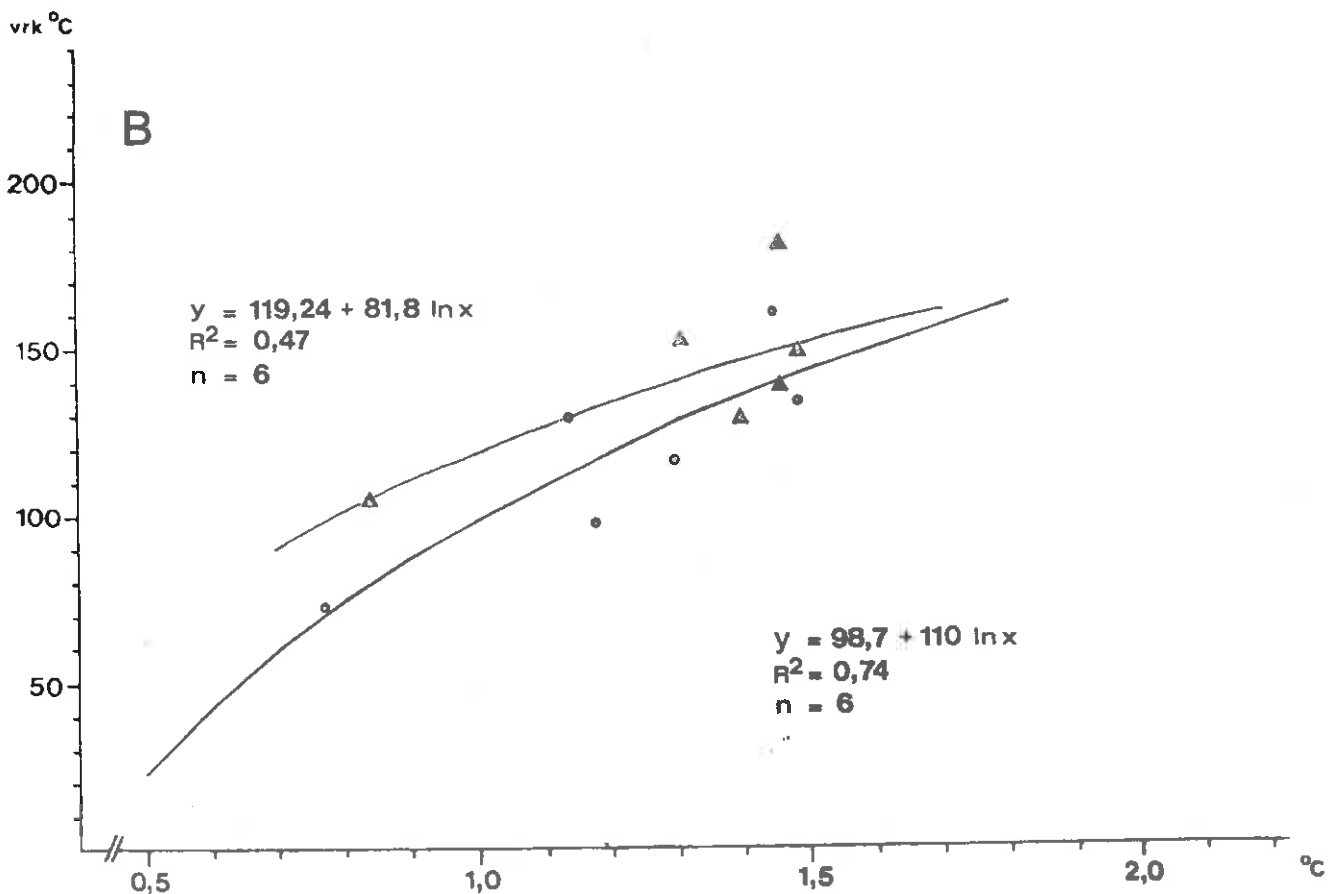
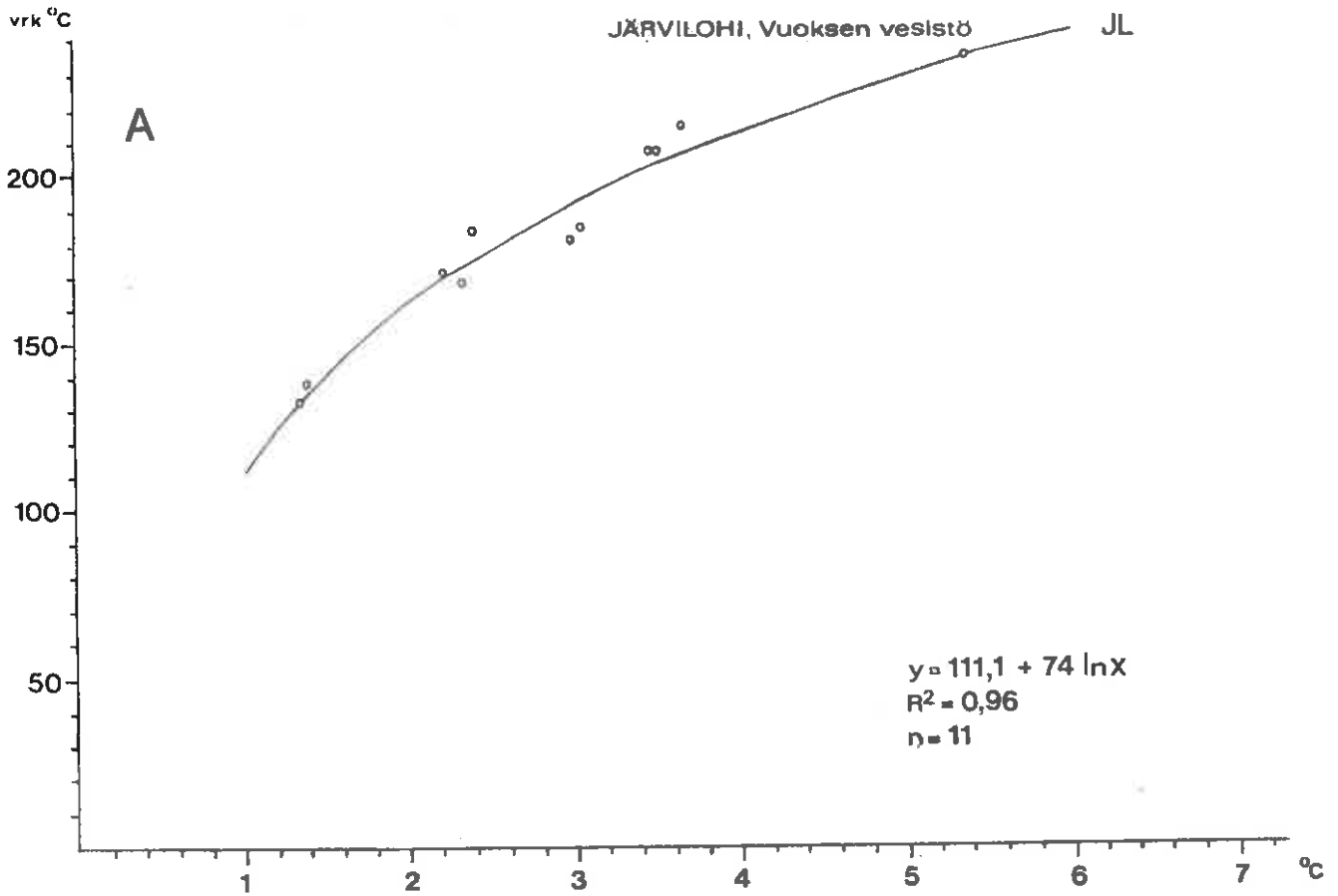
Yhtälöiden paras sovellutusalue on mätisiirtojen ajoittaminen, siirrettäessä mätiä laitoksille, joiden haudontalämpö poikkeaa luovuttajalaitoksen lämpötilasta. Siirtoajankohdalla voidaan tällöin vaikuttaa kuoriutumisaikaan. Siirrot on toisaalta tehtävä hyvissä ajoin ennen kuoriutumista.



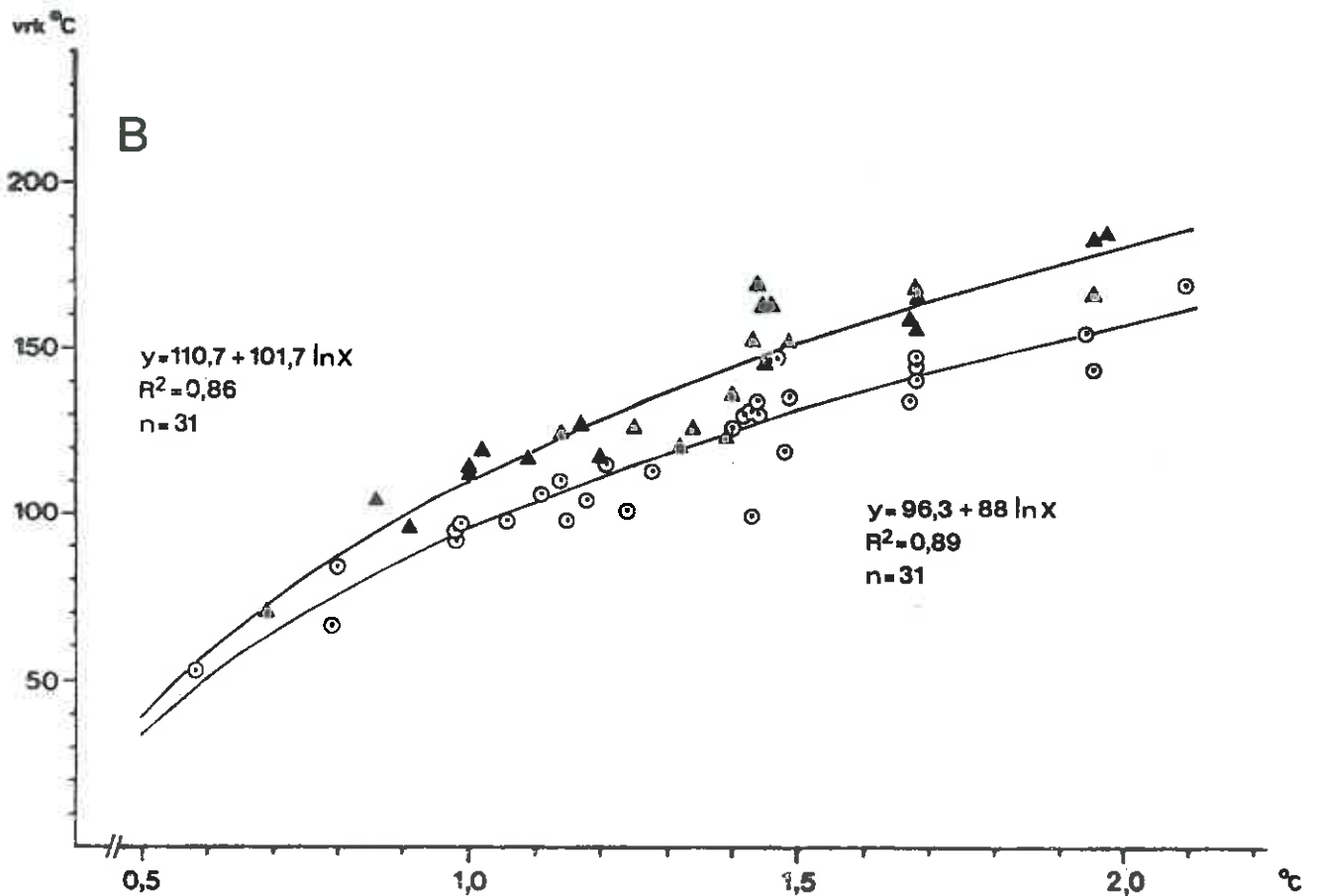
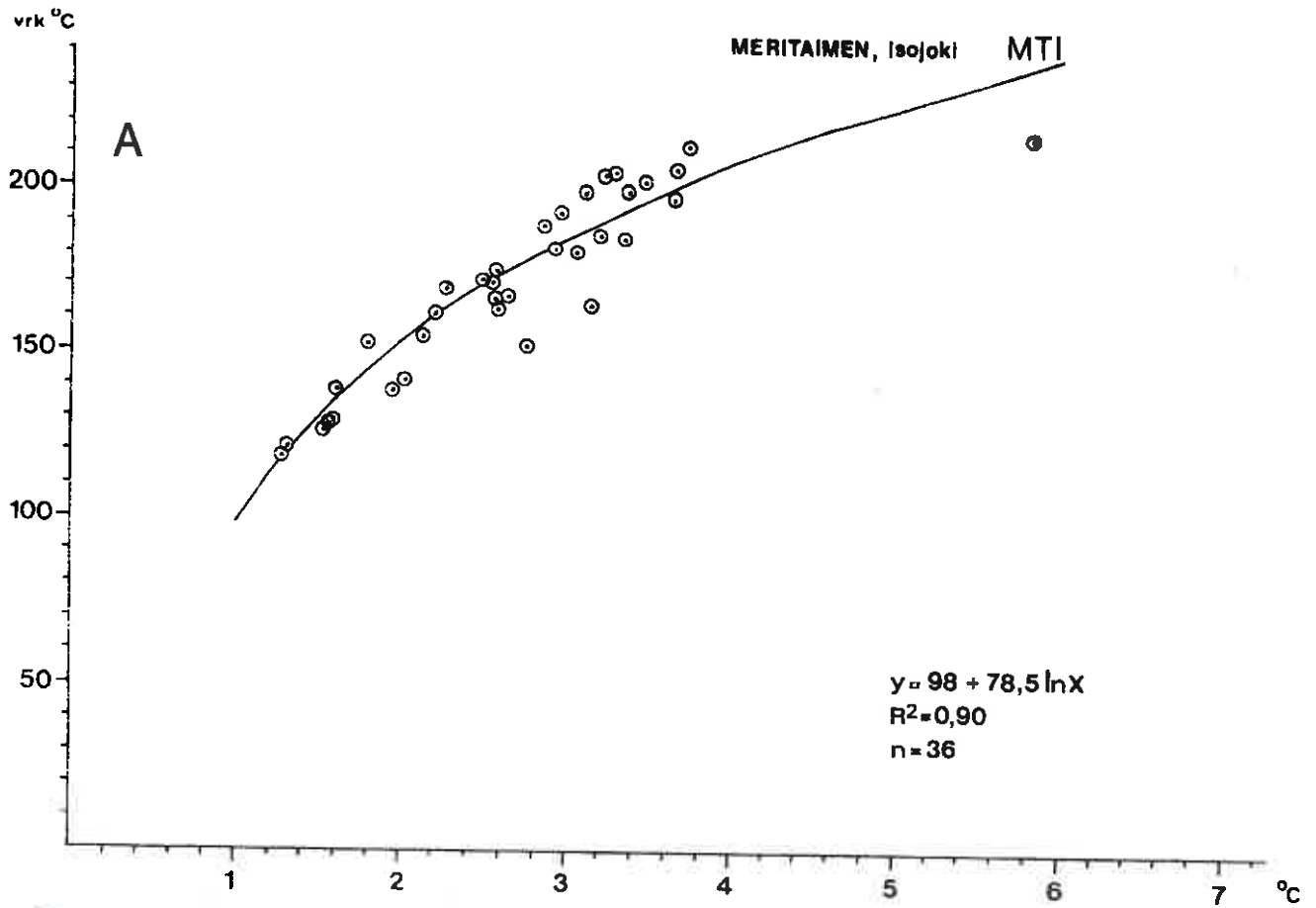
Kuva 1. Haudontaveden lämpötilakertymä Laukaan keskusalanviljelylaitoksella kausina 78/79 - 83/84. Yhtenäinen viiva = keskiarvo, katkoviivat = ääriarvot.



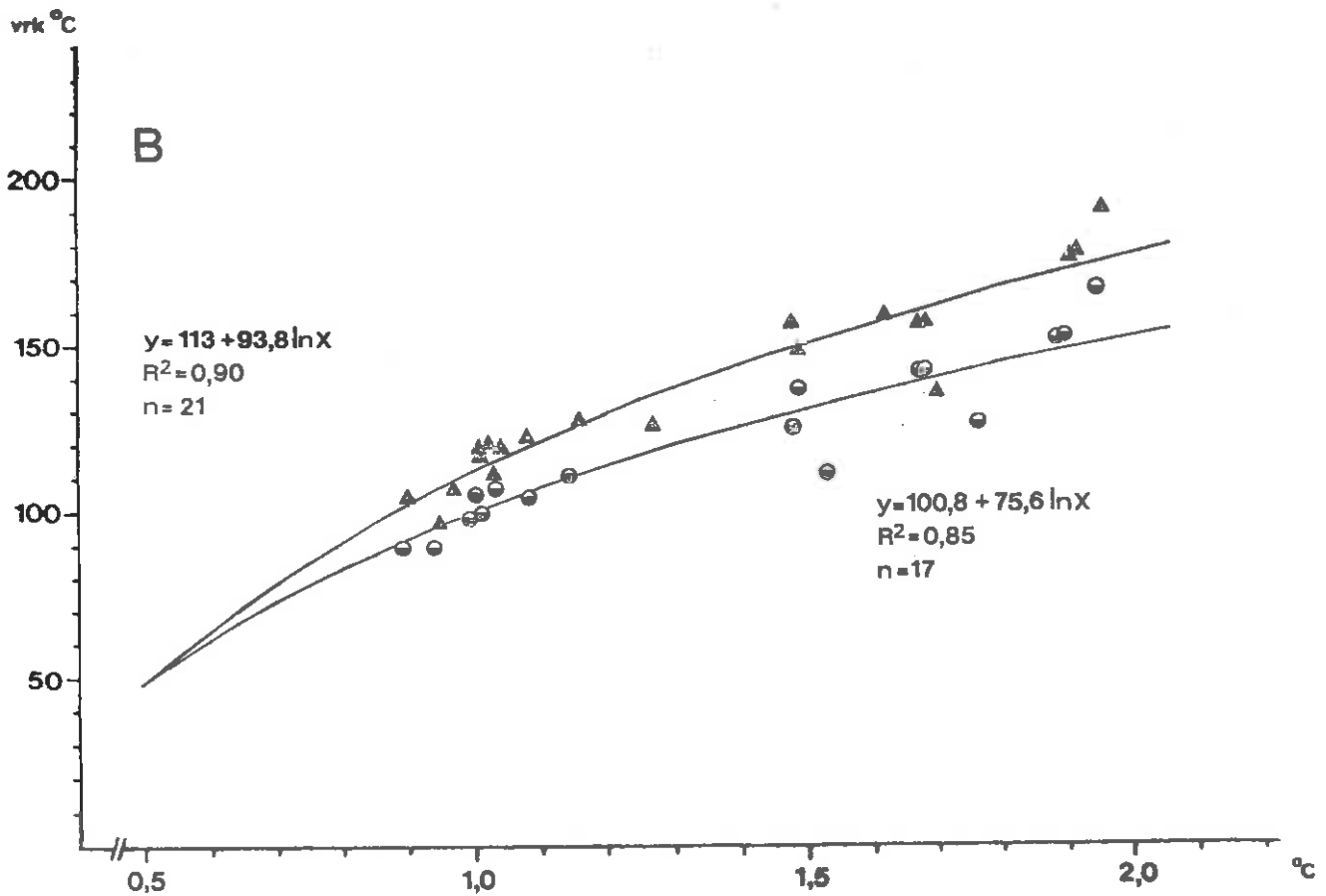
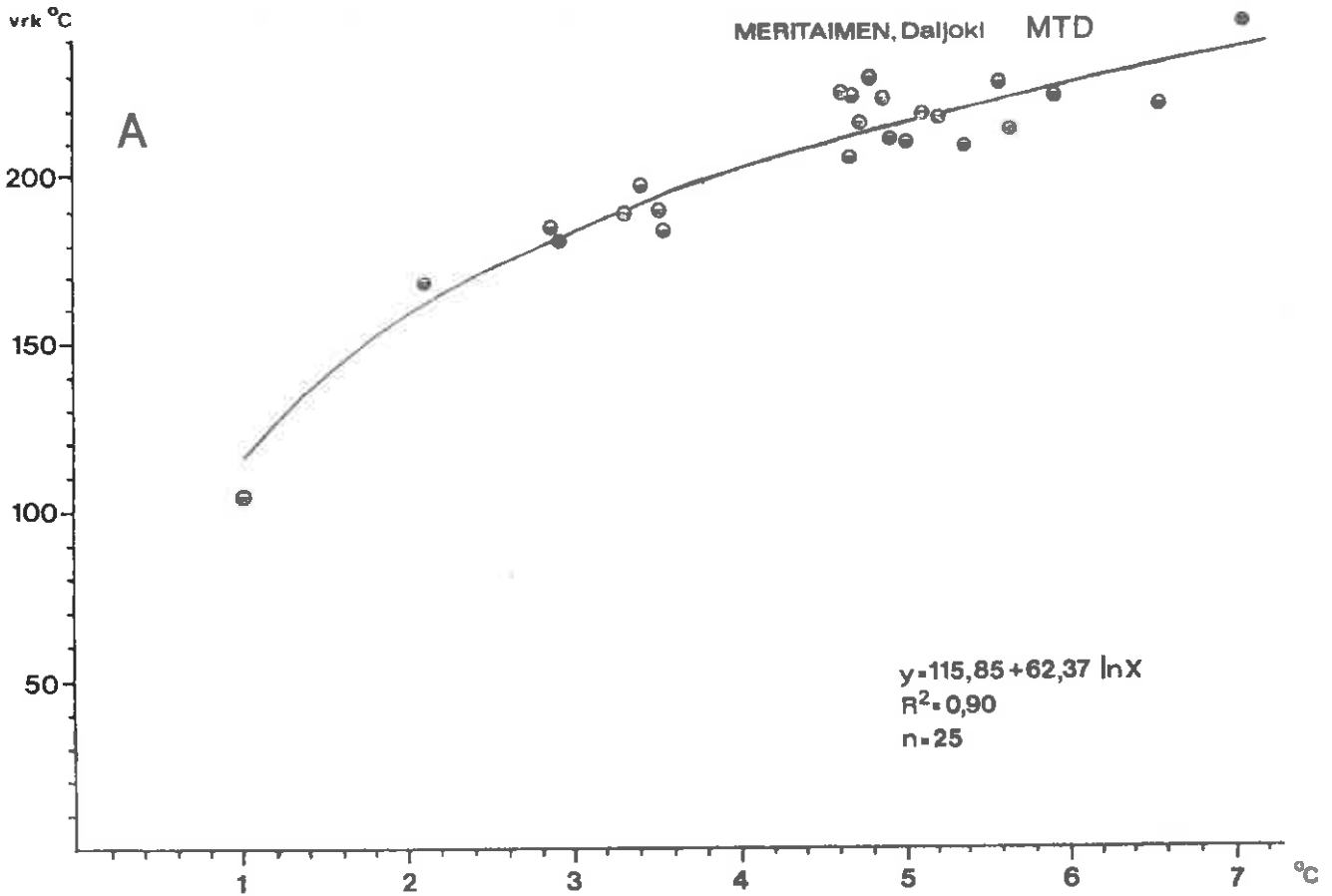
Kuva 2. Lohen mädinkehityksen päiväastetarpeen riippuvuus haudontaveden keskilämpötilasta (tarkastelujakson keskilämpö). A: hedelmöityksestä silmäpisteasteelle, B: silmäpisteasteelta kuoriutumisen aikuun (alempi käyrä ja yhtälö) ja loppuun (ylempi käyrä ja yhtälö).



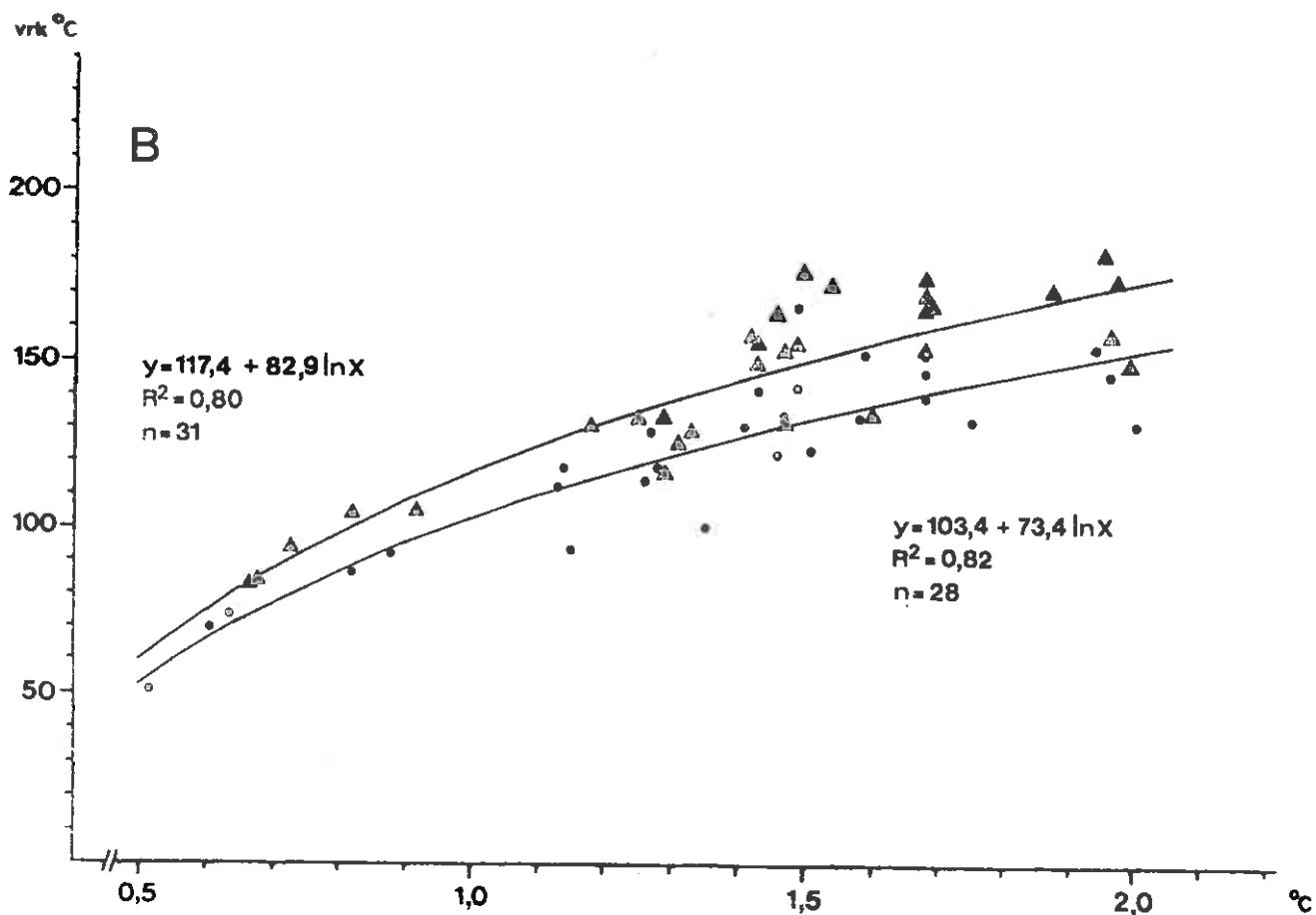
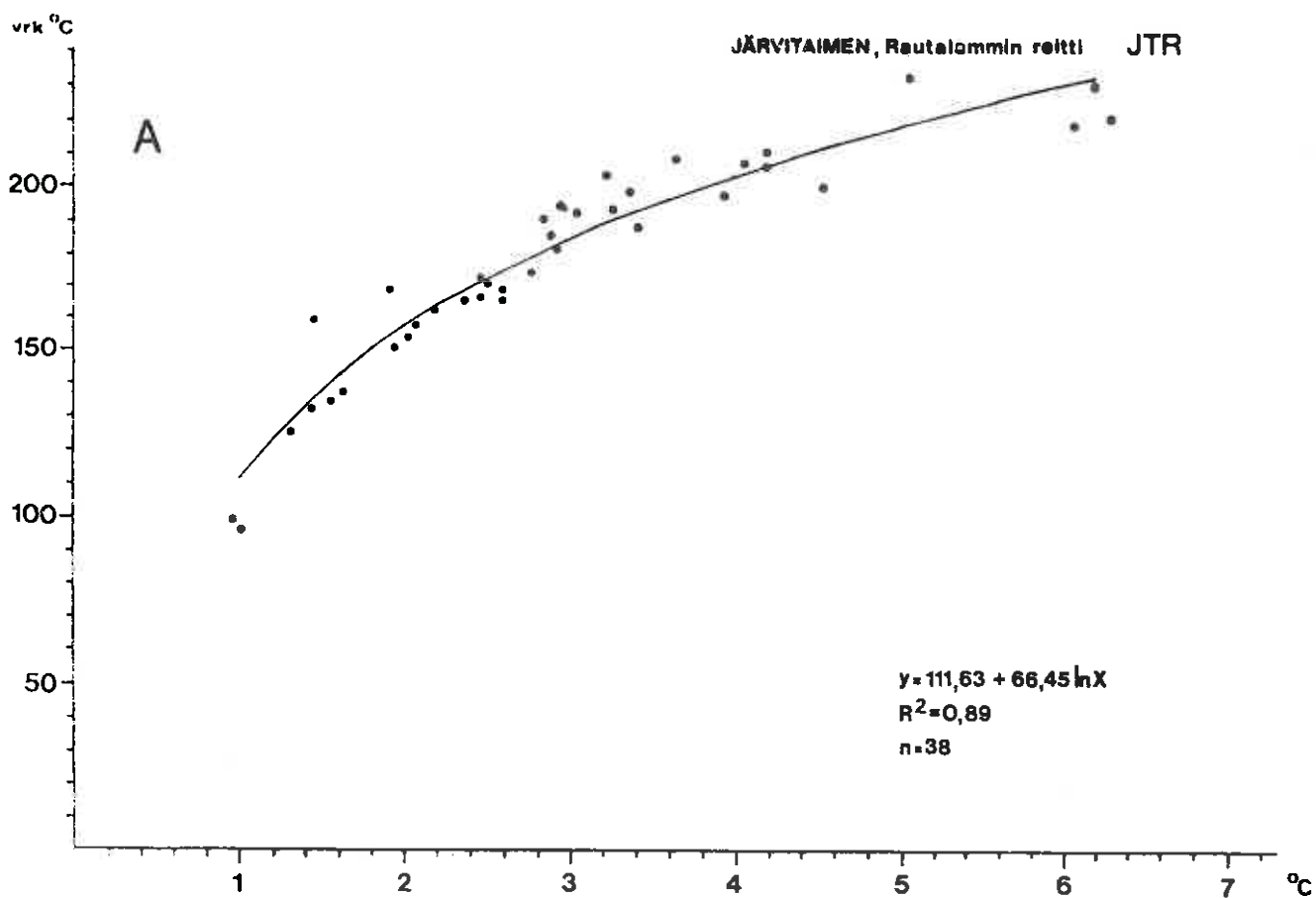
Kuva 3. Järvilohon mädinkehityksen päivästarpeen riippuvuus haudontaveden lämpötilasta. Selitykset kuten kuvassa 2.



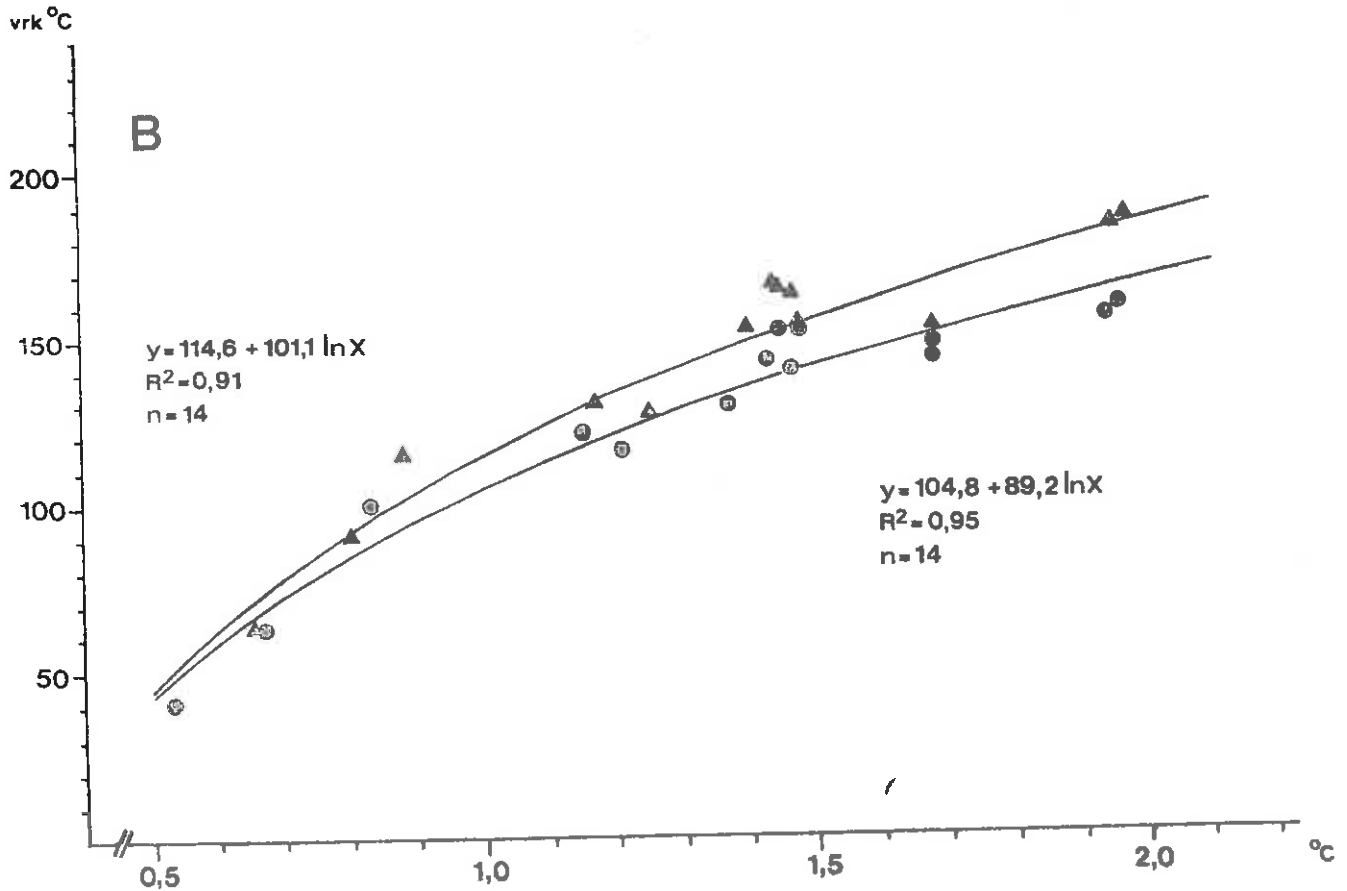
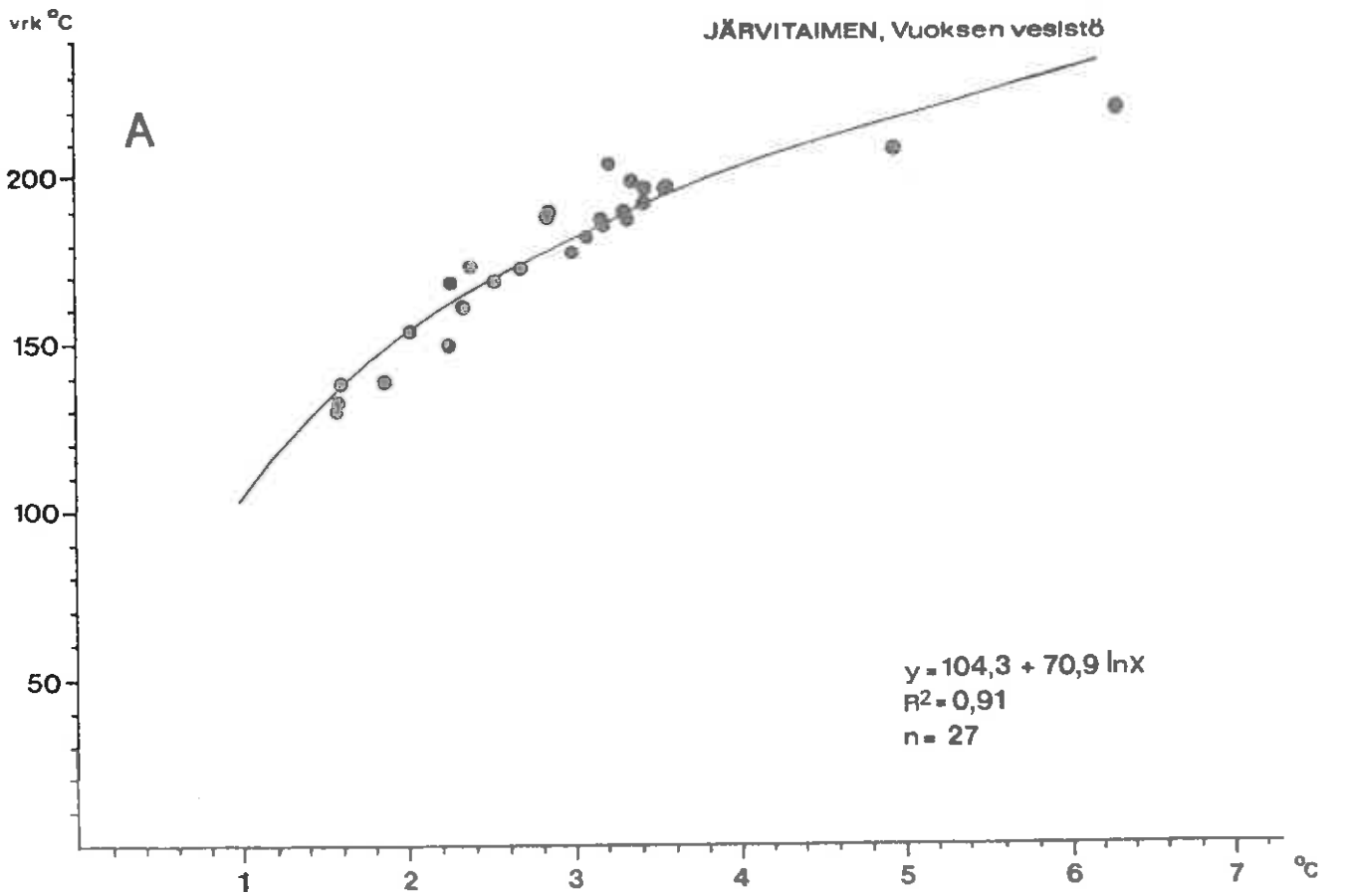
Kuva 4. Meritaimenen (Isojoen kanta) mädinkehityksen päiväastetarpeen riippuvuus haudontaveden lämpötilasta. Selitykset kuten kuvassa 2.



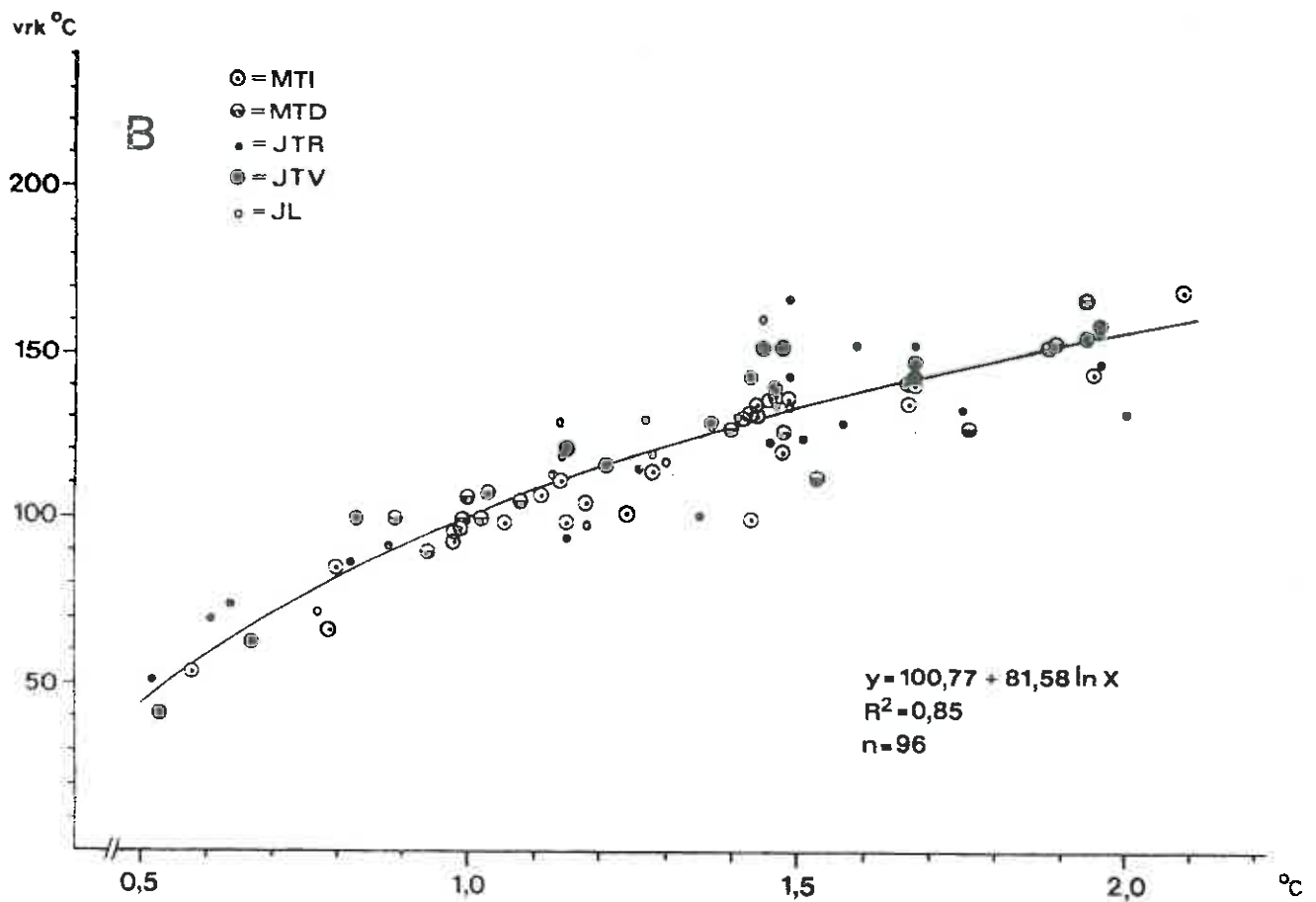
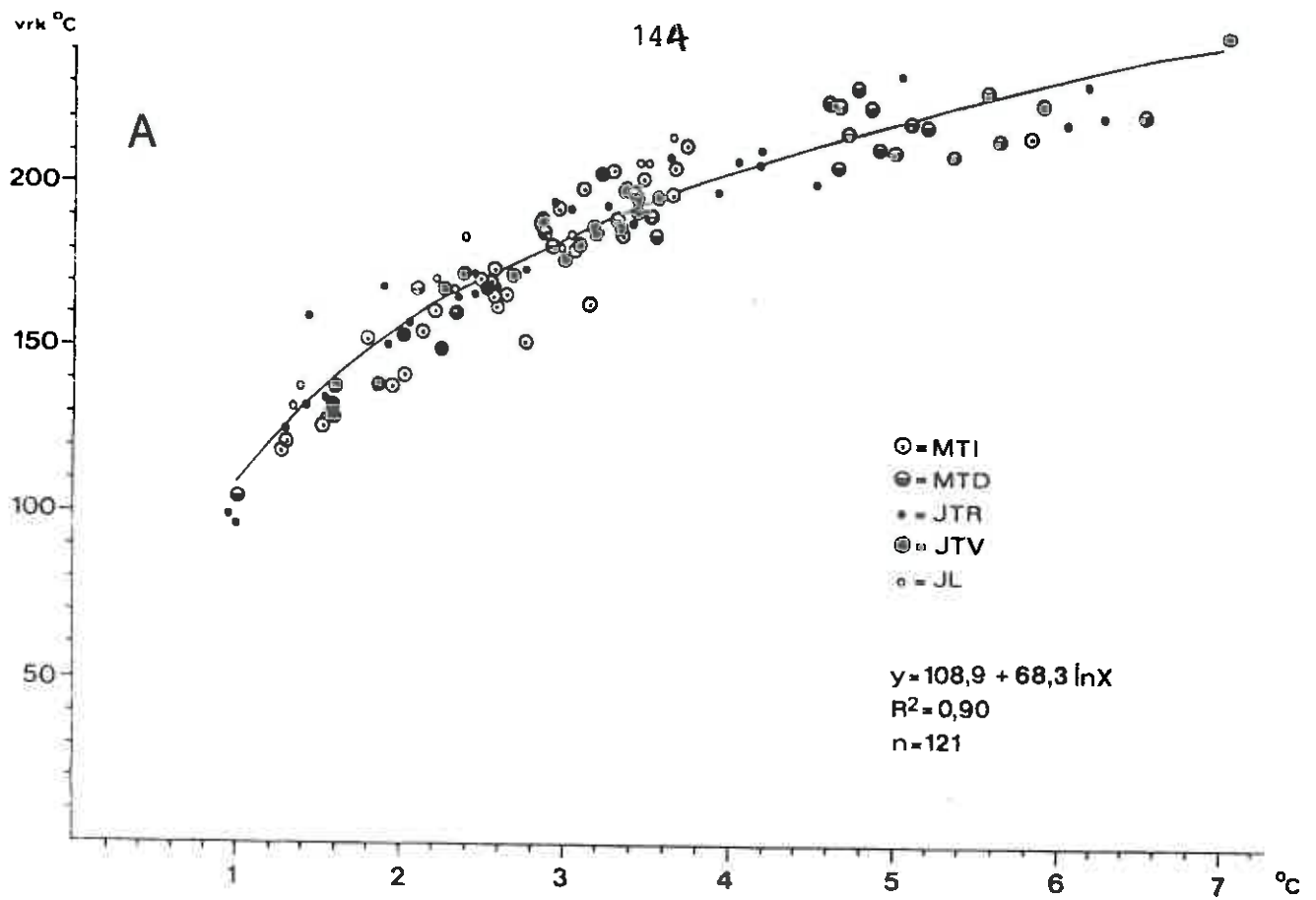
Kuva 5. Meritaimenen (Daljoen kanta) mädinkehityksen päiväastetarpeen riippuvuus haudontaveden lämpötilasta. Selitykset kuten kuvassa 2.



Kuva 6. Järvitaimenen (Rautalammin reitin kanta) mädinkenityksen päiväastetarpeen riippuvuus haudontaveden lämpötilasta. Selitykset kuten kuvassa 2.



Kuva 7. Järvi-Taimen (Vuoksen vesistön kanta) mädinkehityksen päivä-astetarpeen riippuvuus haudontaveden lämpötilasta. Selitykset kuten kuvassa 2.



Kuva 8. Lohikalojen mädinkehityksen päiväastetarpeen suhde haudontaveden keskilämpötilaan Laukaan keskuskalanviljelylaitoksessa. A = hedelmöityksestä silmäpisteelle, B = silmäpisteeltä kuoriutumiseen. Eri lajien ja kantojen symbolit kuten kuvissa 2 - 7.

MÄTIMAARIEN ARVIOINNISTA MÄTIMUNAN HALKAISIJAN AVULLA

Unto Eskelinen ja Raimo Jäppinen

1. Johdanto

Mätimunalukumäärä on saatava luotettavasti selville kappalekauppamyynnissä ja kasvatusryhmien muodostuksessa.

Pienikoisella mädillä mätijyvämäärä on useimmiten määritettävä epäsuorasti arvioimalla lukumäärä tilavuus- tai painoyksikköä kohti. Lohensukuisten kalojen suurikokoinen mäti on silmäpisteasteella tarkasti laskettavissa. Mädin käytön suunnittelussa saatetaan kappalemäärätietoa tarvita ennen kuin mäti on laskettavissa.

Mätimunän halkaisijaa on vanhastaan käytetty tilavuuslukumäärän arviointiin (ANON., BROFELDT). Tässä kirjoituksessa tarkastellaan halkaisijan mittausta ja käyttökelpoisuutta lukumääräarvioinnissa Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen kokemusten perusteella.

2. Mittausmenetelmät

2.1. Mätimunän halkaisija

Siikojen mätimunia on mitattu vuosina 1978 - 1983, lohen vuonna 1981 ja taimenen ja muikun vuonna 1983. Mittauksissa on laskettu mätimunaluku kourussa olevasta 250 mm mätimuna-jonosta. Jonossa mätimunat sivuavat, mutta eivät purista toisiaan. Rinnakkaismittauksia on lohta lukuunottamatta tehty kolme.

PURSIAINEN (1977) on siianmädillä verrannut putki-, mikroskooppi- ja kourumittausta ja arvioinut kourumittauksen luotettavimmaksi, mutta työläämmäksi kuin mikroskoopin. Mätimunien koko ei mikroskooppimittauksessa vaikuta mittausnopeuteen.

Mädin säilytyksessä ja hedelmöitystarkoituksessa käytettyjen liuosten vaikutusta mädin halkaisijaan ja painoon selvitettiin lohen mädillä 30 vuorokauden kokeessa. Liuokset olivat:

- Gilsonin liuos (BAGENAL 1978)
- 4 % formaliniliuos
- 5 % etikkahappoliuos, jossa 0.7 % suolaa (NaCl)
(SPERBER & BREGNBALLE, 1968)
- edellinen 4 % formaliniin valmistettuna

Paino- ja halkaisijahavainnot tehtiin alkutilanteessa, 4 tunnin sekä 1, 7 ja 30 vuorokauden kuluttua aloituksesta.

2.2. Mädin lukumäärä tilavuusyksikössä

Lohella ja taimenella kappalemäärä litrassa mitattiin laskentalevyllä. Siian ja muikun mädillä punnittiin mädin litrapaino 1 minuutin valutuksen jälkeen 1 g tarkkuudella. Kolmesta rinnakkaisesta paino-otoksesta, a 5 % litran painosta, laskettiin mätijyvämäärä.

3. Tulokset

Mätimunien halkaisijan ja tilavuuskappalemäärän suhde on esitetty kuvassa 1.

Olettamalla mätimunat samankokoisiksi palloiksi voidaan tilavuuskappalemäärä ratkaista matemaattisesti. Optimaalisesti

järjestyneiden pallojen yhteisen tilavuuden osuus niiden täyttämän tilan kokonaistilavuudesta on

$$\pi \sqrt{2}/6$$

jolloin kappalemäärän litrassa (N) suhde halkaisijaan (d, mm) on

$$N = \frac{1.414 \times 10^6}{d^3}$$

Havaittu suhde (kuva 1) vastaa yhtälöä

$$N = \frac{1.043 \times 10^6}{d^{2.94}}$$

Havaittu kappalemäärä litrassa on selvästi teoreettista pienempi. Saman on todennut BROFELDT. Ero pienenee mädin koon kasvaessa. Eroon vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät:

- mätimunat eivät ole samankokoisia
- mätimunat eivät järjesty optimaalisesti, joka suunnassa lomittain
- teoreettisessa laskelmassa astiaan mahtuvat puolikasmati-
munatkin, käytännössä vain kokonaiset

3.1. Säilytysnesteiden vaikutus mädin kokoon

Säilytysliuosten vaikutus mädin halkaisijaan on esitetty kuvassa 2. Etikkahappopitoisissa liuksissa mäti paisuu aluksi, mutta palautuu kuukauden kuluessa alkuperäiseen tilavuuteensa tai sen alle. Formaliiniliuos pienentää hieman mädin tilavuutta. Voimakkainta mätimunaa koon pieneneminen on Gilsonin liuksessa.

Kuvassa 2. esitetyt mädin halkaisijassa tapahtuvat muutokset ovat vain kuutiojuuri tilavuusmuutoksista, jotka näin ollen vaihtelivat kokeen lopputilanteessa välillä 1.2 - 33 %. Elävän mädin tilavuuskappalemääriä ei siksi voi luotettavasti arvioida säilytysliuksessa olleen mädin koon perusteella.

4. Tarkastelu

Mätijyvälukumäärän tai vastakuoriutuneiden poikasten määrän tunteminen on tarpeen usein. Esim. siialla suora mäti- tai poikaslaskenta on mahdollista vain poikkeuksellisesti.

Mätihalkaisijan ja tilavuuskappalemäärän suhde on käyttökel-poinen, kätevä ja melko luotettava menetelmä lukumääräarviointiin. Vastakuoriutuneiden poikasten tilavuusmittaan perustuva lukumääräarvio on korvattavissa tarkemmalla ja turvallisemmalla mätiarviolla, jos määräkokoiset ryhmät on pidettävissä mätivaiheesta saakka erillään.

Mädin säilytysliuokset vaikuttavat huomattavasti mädin halkaisijaan, joten säilötyn mädin halkaisijaan perustuva elävän mädin lukumääräarvio on epäluotettava, ellei halkaisijamuutosta tunneta.

5. Kirjallisuus

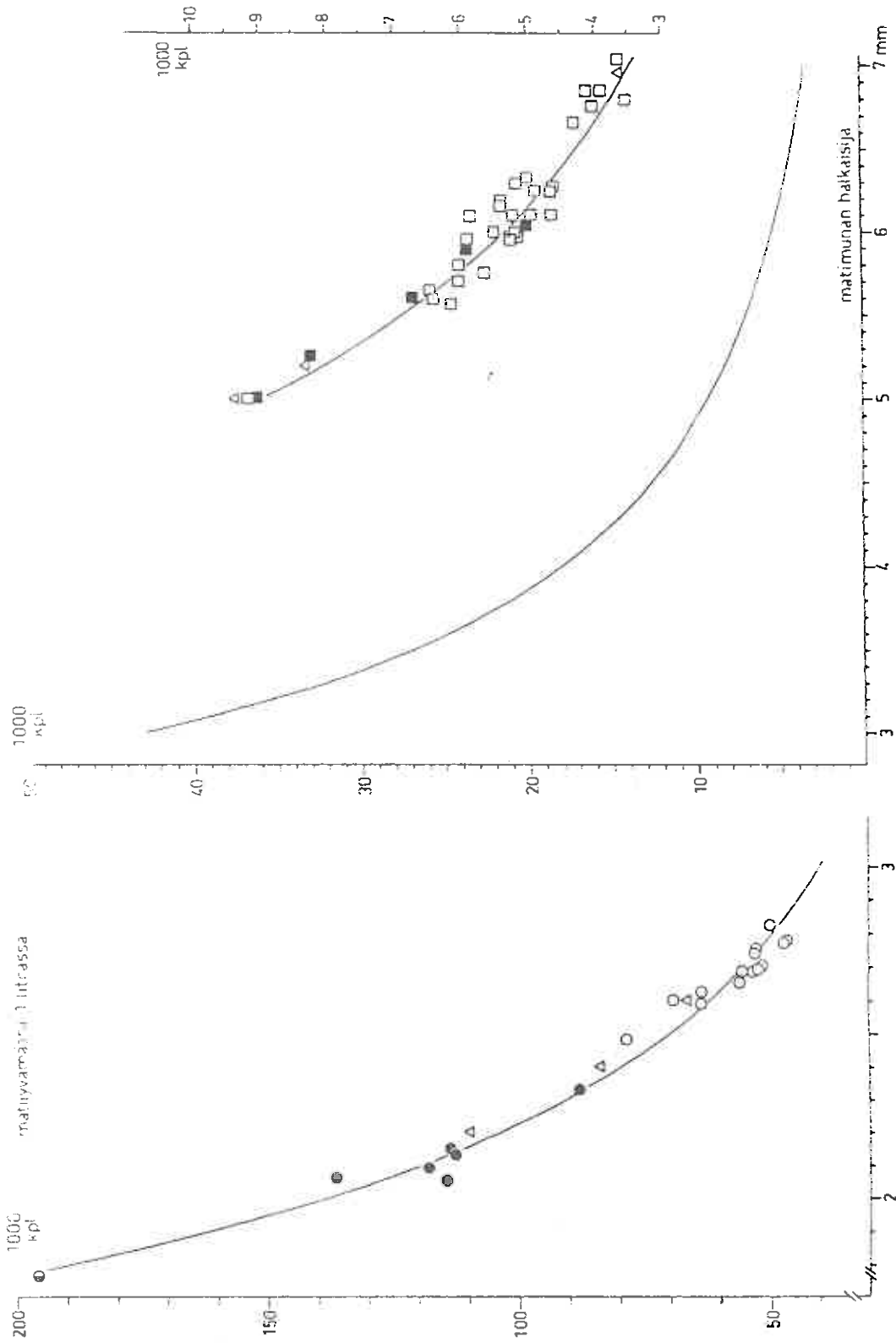
ANON. julk. vuosi tuntematon. Bayerovy tabulky (hauen mädin koon ja litralukumäärän suhdetaulukko). Moniste, 1 sivu, Laukaan keskuskalanviljelylaitos.

BROFELDT, P. julk. vuosi tuntematon. Taulukko mätimunien määrän määrittämistä varten litroittain, lohilajit ja nieriä. Moniste, 1 sivu. Laukaan keskuskalanviljelylaitos.

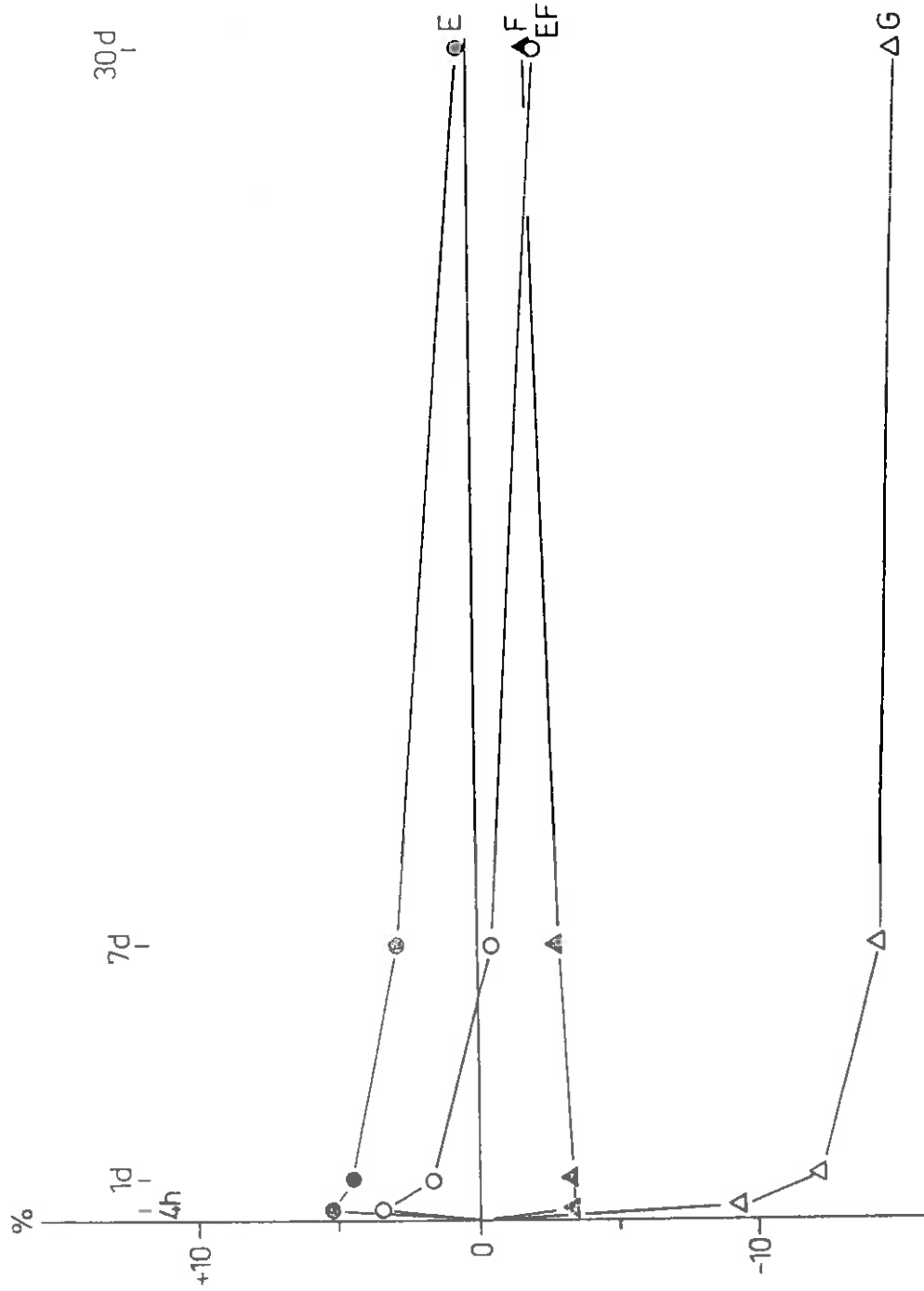
BAGENAL, T. B. & BRAUM, E. 1978. Eggs and early life history. - teoksessa Methods for assessment of fish production in fresh waters (toim. T. Bagenal), sivut 165-201. IBP handbook 3. London.

PURSIAINEN, M. 1978. Peledsiian mätimäärän laskeminen ja mätimunun halkaisija. - Moniste, 4 s. Evon kalastuskoeasema ja kalanviljelylaitos.

SPERBER, O. & BREGNBALLE, F. 1968. En metode til undersogelse af befrugtningsresultatet ved orredag. - Ferskvandsfiskeribladet 66: 2-3.



Kuva 1. Mätimunan halkaisijan ja 1 litran sisältämän mätijyvälukumäärän suhde. Avoimet ympyrät planktonsiika-, mustat peledsiika- ja puolivarjostetut muikkuhavaintoja. Avoimet neliöt lohi- ja mustat taimenhavaintoja. Kolmiot kirjallisuushavaintoja (Anon., Brofeldt).



Kuva 2. Mätimunan halkaisijan prosentuaalinen muutos eräissä säilytysliuoksissa.
 E = etikkahappo-suolaliuos, F = formaliniiliuos, EF = etikkahappo-suola-
 formaliniiliuos ja G = Gilsonin liuos.

LOHIPARVIEN MÄDINTUOTANNON ENNUSTAMINEN

Kari Ruohonen ja Unto Eskelinen

Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella on pyritty laatimaan Nevan lohien mädintuotantoa ennustavaa mallia lohen emokalanviljelykierron optimoimiseksi. Mallin laatimisessa käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksessa kertynyttä aineistoa lohen emokalaviljelystä.

Lohiparven mädintuotanto (kpl/parvi) voidaan ajatella jokaisen parven kutevan naaraan kuottaman mädin summana eli

$$\text{mätimäärä} \quad \text{parvi} = \sum \text{mätimäärä} \quad \text{naaras}$$

Toisaalta mätimäärä naarasta kohden tarkoittaa naaraan fekunditeettia. Eo. yhtälö voidaan siis kirjoittaa muodossa

$$\text{mätimäärä} \quad \text{parvi} = \sum \text{fekunditeetti} \quad \text{naaras}$$

Mikäli tarkastelemmekin parven kutevien naaraiden keskimääräistä fekunditeettia, yhtälö saa muodon

$$\text{mätimäärä} \quad \text{parvi} = \text{naaraat} \times \text{fekunditeetti} \quad \text{keskim.}$$

Edellä naaraiksi on laskettu vain kutevat naaraat. Jos tiedämme kutevien naaraiden osuuden koko emokalaparvesta on parven mädintuotanto esitettävissä seuraavasti

$$M_i = p_i N_i f_i \quad (1)$$

jossa kutevien naaraiden määrä on ilmaistu parven yksilömäärän ja kutevien naaraiden osuuden tulona ($p N$). Fekunditeettina käytetään parven naaraiden keskimääräistä fekunditeettia (f). Alaindeksi viittaa tiettyyn kutukertaan.

Fekunditeetti voidaan yleisesti esittää joko kalan pituuden tai massan funktiona (ks. esim. BAGENAL 1978)

$$f_i = c w_i^d \quad (2)$$

jossa c ja d ovat kalibroitavia kertoimia ja w on kalan massa. Olemme tilanteessa, jossa parven mädintuotannon ennustaminen on redusoitu parven kalojen keskimassan ja kunkin kutukerran yksilömäärän ennustamiseksi. Yksilömääriin liittyy myös kutevien naaraiden osuus parvesta, joka yksinkertaisimmassa tapauksessa oletetaan vakioksi. Mikäli parvi koostuu pelkästään kutevista naaraista on selvää, että $p_i = 1$.

Yksilömäärän kehityksen ennustamiseksi on tunnettava parven yksilöllinen kuolleisuus (q_i) tai eloonjäämistodennäköisyys (s_i , $s_i = 1 - q_i$). Kuolleisuuttakin voidaan toki kuvata muuttavana jollakin funktiolla vaikkapa parven naaraille ja koiraille erikseen, mutta täällä kertaa kuolleisuus oletetaan vakioksi.

Mädintuotantoennusteen laskemiseksi on vielä kyettävä ennustamaan kalan kasvua. Kalojen lisäkasvun ennustamiseksi Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella aikaisemmin laadittu malli (RUOHONEN 1984) ei sellaisenaan sovellu mädintuotantoennusteen laadintaan. Tämä malli laadittiin vuotuisen kalas-

toinventaarion mukaan vuosittain korjautuvaksi, ts. mallilla ennustettiin ainoastaan yhden kasvukauden jaksoja. Mädituotannossa kasvu on kyettävä ennustamaan useiksi vuosiksi eteenpäin riittävällä tarkkuudella. Tästä syystä aikaisemmin laadittuun kasvumalliin on tehty eräitä muutoksia.

Kasvuennusteen perustana säilyy kuitenkin edelleen ensimmäisen kertaluvun differentiaaliyhtälön muotoinen

$$\frac{dw}{da} = w^k w \quad (3)$$

joka voidaan kirjoittaa ratkaistussa muodossa

$$w_a = w_0 e^{w^k a} \quad (4)$$

Kalan massa hetkellä a (esim. kalan ikä) ($= w_a$) voidaan lausua kalan massan hetkellä 0 (w_0) ja lisäkasvukertoimen w^k avulla. Lisäkasvukerroin on e_0 . yhtälössä ns. hetkellisessä muodossa. Koska olemme mädituotannossa kiinnostuneita ennenkaikkea koko vuoden (kutujen välisen) keskikasvusta, voidaan edellä esitettyä yksinkertaistaa.

Ajattelemme kalan kasvun jaetuksi vuoden pituisiin jaksoihin, jolloin aina jakson lopussa kalan massa lisääntyy vuoden lisäkasvun verran. Tämä merkitsee differentiaaliyhtälöiden

diskretisointia muotoon

$$w_{a+1} = w_a (1 + \Delta w^k) \quad (5)$$

Yhtälössä (5) lisäkasvukerroin w^k on muutettu aikayksikköä vastaavaksi ($\Delta w^k = e^w$). Yhtälö (5) on samaa muotoa kuin RUOHONEN (1984) esittämän lisäkasvumallin keskimassan kasvun ennusteyhtälö.

Yhtälön (5) etuina po. ongelman kannalta voidaan pitää sitä, että kasvua on mahdollista tarkastella mistä tahansa ikäluokasta lähtien. Vuoden jakso voi merkitä ikää tai kutukertoja. Differentiaalimuotoisen yhtälön vastaava käyttö johtaisi lisäkasvukertoimen ja lähtöpainon suhteen ongelmiin ja lopulta yhtälö olisi eräässä mielessä kuitenkin diskretisoitava. Edelleen diskretisoitu kasvukerroin on helpommin mielletävissä jatkuvasti kalan massan mukaan muuttuvaksi muuttujaksi, jota voidaan kutukerrasta toiseen muuttaa.

Tärkein ero mainittuun aikaisempaan lisäkasvumalliin (RUOHONEN 1984) on lisäkasvukertoimen ennustamisen tarkentaminen vanhempien ikäluokkien osalta. Aikaisemman mallin kanssa analoginen potenssifunktioimuotoinen yhteys

$$\Delta w_j^k = c w_j^d \quad (6)$$

ennustaa lisäkasvukertoimen hyvin nuorilla ikäluokilla, mutta yliarvioi selvästi vanhempien ikäluokkien kasvukertoimia. (Aikaisemmassa lisäkasvumallissa kasvukertoimen toisena selittävänä muuttujana käytettiin lähtömassan lisäksi kalan ikää, josta nyt on luovuttu. Muuten yhtälö (6) on samaa muotoa kuin aikaisemman mallin yhtälö, sillä yhtälö (6) on kirjoitettavissa muotoon $\log w^k = \log c + d \log w_i$, vrt. RUOHONEN (1984). Vanhempien ikäluokkien kasvukertoimen ennustaminen on luotettavampaa lähtömassan eksponentiaalifunktion avulla. Tällöin yhtälö on muotoa

$$\Delta w_i^k = c e^{d w_i} \quad (7)$$

Mädintuotantomallimme koostuu näin useista osamalleista, joiden kaikkien luotettavuus vaikuttaa lopputulokseen - tietyn kutukerran mädintuotantoennusteeseen. Vaikka mallit perustuvatkin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen kalastoaineistoon, ovat ne regressiomalleina kalibroittavissa myös muihin aineistoihin. Seuraavassa esitetään Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen aineiston mukaan suoritettu kalibrointi:

1. fekunditeettiyhtälö (2)

$$\begin{aligned} \text{kertoimiksi satiin } c &= 2.99 \\ d &= 0.876 \end{aligned}$$

ts. yhtälö (2) saa muodon

$$f_i = 2.99 w_i^{0.876} \quad (2')$$

2. lisäkasvukertoimen yhtälöt (6) ja (7)

$$\begin{aligned} \text{yhtälön (6) kertoimet } c &= 17.494 \\ d &= -0.5417 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{yhtälön (7) kertoimet } c &= 2.737 \\ d &= -1.477 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

yhtälöt voidaan kirjoittaa

$$\Delta w_i^k = 17.494 w_i^{-0.5417} \quad (6')$$

$$\Delta w_i^k = 2.737 e(-1.477 \times 10^{-3}) w_i \quad (7')$$

lisäkasvukertoimen yhtälöitä sovelletaan ehdollisesti siten, että yhtälöä (6') käytetään, kun $i = 1, 2, 3$ ja yhtälöä (7'), kun $i = 4, 5, 6$.

3. kuolleisuus on oletettu vakioksi aineistosta lasketulla keskiarvolla $q_i = 0.294$

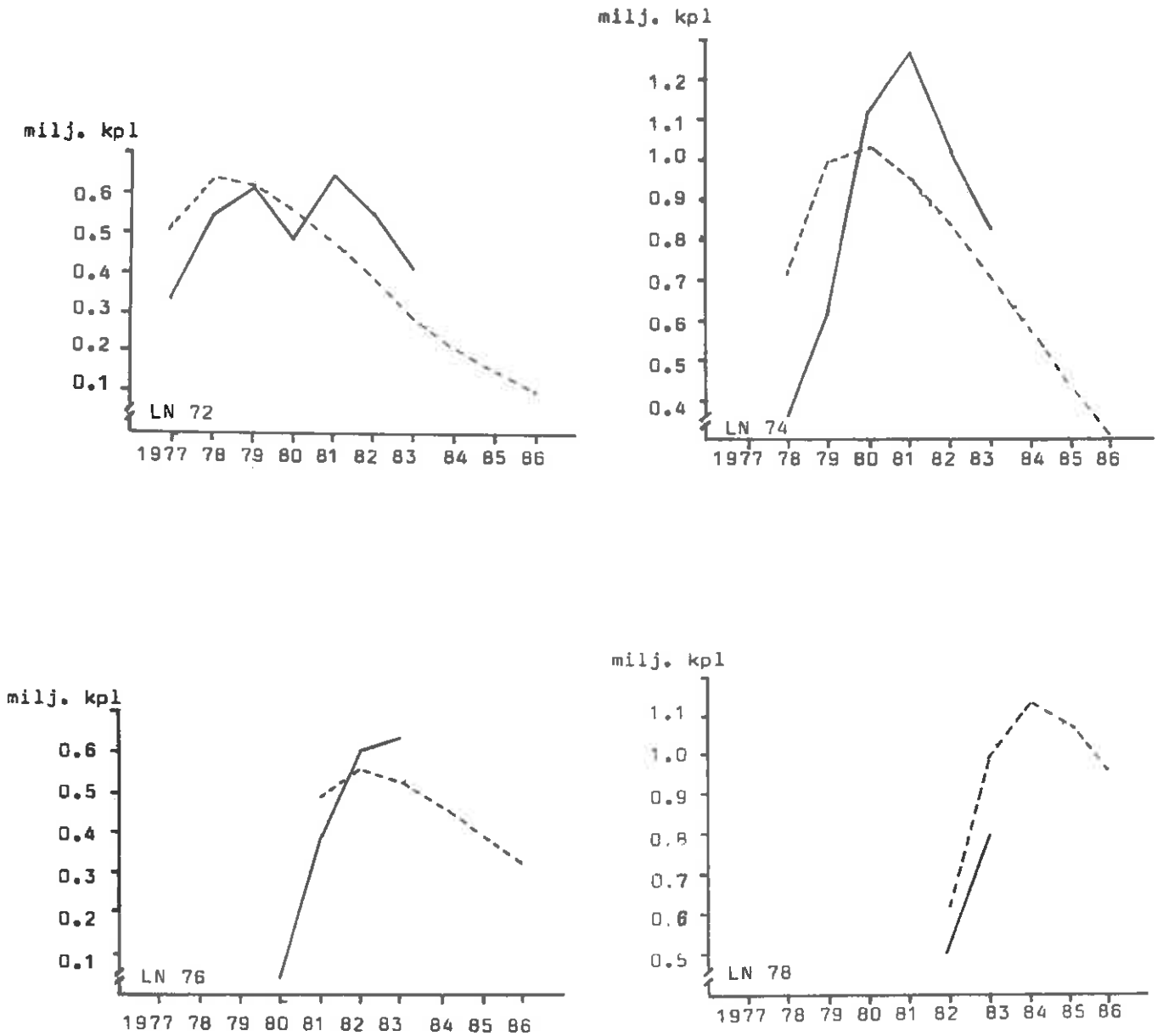
4. kutevien naaraiden osuutta parvesta on kuvattu parven iän funktiona aineistosta lasketulla regressiolla

$$p_i = 0.101 a_i - 0.1146 \quad (8')$$

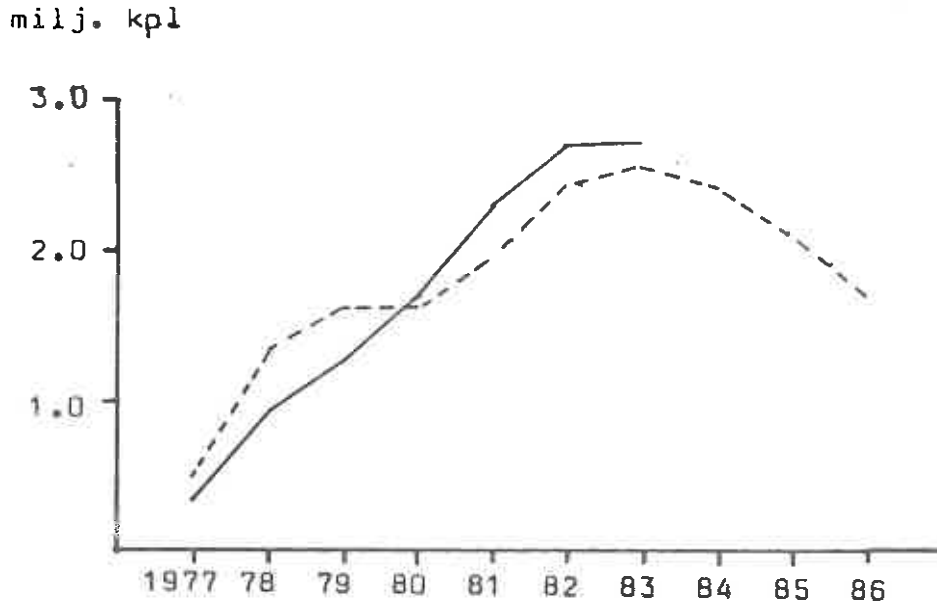
Mallilla laskettiin tuotantoennusteita Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen Nevan lohen emokalaparville (kuva 1.). Kuvaan on merkitty myös parvien todellinen tuotanto, mikäli se on ollut tiedossa. Ennusteen perustana on kunkin parven ensimmäisen kutukerran demografiset tiedot, eikä näitä ole myöhemmissä ennustetuissa kuduissa korjattu. Nevan lohen kokonaismädintuotanto Laukaassa saatiin summaamalla parvikohtaiset ennusteet (kuva 2.). Tärkeimpiä virhelähteitä ennusteissa lienevät:

- kutevien naaraiden osuuden arvioiminen/
ennustaminen
- kuolleisuuden satunnaisvaihtelut
- kasvun satunnaisvaihtelut

Em. virhelähteistä kuolleisuuden ja kasvun satunnaisvaihtelut vaikuttavat kertyvästi etenkin myöhempinä kutukertoina. Tätä virhetyyppiä voidaan vähentää ennustamalla ainoastaan yksi vuosi kerrallaan. Tällöin lähtötiedot annetaan joka kutuvuodelle (ennustevuosi) edellisen kalastoinventaarion mukaan. Tällöinkin kutevien naaraiden osuuden arviointi aiheuttaa hankaluutta. Mikäli tällaiseen vuosittaiseen ennusteeseen olisi annettavissa myöskin edellisessä kudussa kuteneiden naaraiden osuus parvesta, ennuste tarkentuisi jo huomattavasti. Empiiristä aineistoa naaraiden ja erityisesti kutevien naaraiden osuuden kehittymisestä parven vanhetessa on kuitenkin ollut vain vähän käytettävissä. Jos todellisia kutevien naaraiden osuuksia olisi saatavilla, voitaisiin myös mallin p_1 -funktioita parantaa ja mahdollisesti ehdollistaa.



Kuva 1. Mädituotantoennusteet ja todellinen mädituotanto eräillä Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen Nevan lohen emokalaparvilla vuosina 1977 - 1986 (yhtenäinen viiva todellinen tuotanto, katkoviiva ennustettu tuotanto).



Kuva 2. Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen Nevan lohen kokonaismädintuotanto (yhtenäinen viiva) ja mädintuotantoennuste (katkoviiva) vuosille 1977 - 1986.

Esitetty mädintuotantomalli onkin nähtävä tarkemman mallin oikeistyyppinä, jossa on selvitetty niitä perusteita, joita mädintuotannon ennustamiseen kalanviljelyssä liittyy. Osaltaan tämä malli saattaa osoittaa uusia havainnoitavia muuttujia (esim. kutevien naaraiden osuuden seuraaminen), ja voi siten auttaa omaa tarkennettavuuttaan.

Kirjallisuus

- BAGEHAL, F. B. 1978. Aspects of fish fecundity. in: Ecology of freshwater fish production. Ed. S.D. Gerking. Oxford, Blackwell Scientific Publ. p. 75 - 101.
- REDEGÅN, K. 1984. Vuotuisen lisäkäslyn ennustaminen rehunkulutuksen arvioimiseksi. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja.

LOHIKALOJEN MÄDIN JA MAIDIN SÄILYTTÄMINEN

Keijo Nyholm ja Jorma Piironen

1. Johdanto

Lohikalojen mädin tai maidin säilyttäminen hedelmällisenä lypsämisen jälkeen riittävän pitkiä aikoja antaa lisää mahdollisuuksia perintöaineksen keräämiseen ja siirtämiseen kalanviljelyssä. Kalojen sukutuotteiden sekä lyhyt- että pitkäaikaisen säilyttämisen edellytykset tunnetaan huonosti, vaikka monien muiden eläinlajien siittiöiden, munasolujen ja alkioiden säilyttäminen ja pakastaminenkin hallitaan varsin hyvin. Kaloilla näitä asioita on alettu runsaammin tutkia vasta viimeisten kymmenen vuoden aikana ja joillekin lajeille on jo kehitetty melko käyttökelpoisia menetelmiä (HORTON ja OTT 1976, SCOTT ja BAYNES 1980). Nykyisin tunnetaan menetelmiä sekä mädin että maidin säilyttämiseen jäädyttämättöminä, mutta vain maitia voidaan säilyttää pakastettuna.

Säilytettyä mätiä tai maitia tarvitaan, jos halutaan suorittaa eri aikoina kutevien yksilöiden välisiä risteytyksiä. Esimerkkeinä voidaan mainita risteytykset syys- ja kevätku-
tuisten lohikaloiden sekä varhais- ja myöhäiskutuisten kirjolo-
hikantojen välillä. Risteytykset eri vesissä olevien kaloiden
välillä olisivat helpompia suorittaa, jos vain sukutuotteiden
kuljetus on tarpeen. Arvokkaiden ja uhanalaisten lajien perin-
töaineksen säilyttäminen voitaisiin osittain toteuttaa pakas-
tetulla maidilla (maitipankki). Harvinaisten lajien (esim.
Saimaan nieriä ja järvilohi) maidin saanti luonnosta tapahtu-
van mädin hankinnan yhteydessä voitaisiin varmistaa pakasta-
malla. Rodunjalostuksessa maidin pitkäaikainen säilyttäminen
antaisi mahdollisuuden uudenlaisten menetelmien käyttöön;
esim. ns. jälkeläisannostelumenetelmää voitaisiin soveltaa
isien valintaan (HORTON ja OTT 1976, STOSS ja REFSTIE 1983).

Tässä katsauksessa tarkastellaan sukusolujen lyhyt- ja pitkäaikaista säilyttämistä ja esitetään joitakin parhaiksi todettuja menetelmiä.

Tarkastelun pohjana on Pohjoismaisen ministerineuvoston kalojen geeniyhteistyön työryhmän syksyllä 1980 Norjassa järjestämä kurssi. Kurssilla suoritettujen säilytyskokeiden tarkoituksena oli löytää käyttökelpoisia menetelmiä lohen ja meritaimenen maidin säilyttämiseen ja niistä on julkaistu tutkimus (STOSS ja REFSTIE 1983). Suomessa maidin pakastamistutkimuksia eri lohikaloilla on tehty Joensuun korkeakoulussa.

2. Mädin ja maidin talteenotto

Mäti ja maiti lypsetään normaalisti ja vain puhtaita ja hyvälaatuisia eriä kannattaa säilyttää ja pakastaa. Raaka, ylikypsä tai epätasaisesti kypsynyt mäti tulisi hylätä. Maidista on edullista tarkastaa, että siittiöiden liikkuvuus ja niiden tiheys ovat normaaleja. Siittiötiheys määritetään joko mikroskooppisesti hemosytometrilasilla tai fotometrisesti (BOUCK ja JACOBSON 1976, BILLARD ym. 1971). Liikkuvuus tarkastetaan mikroskoopilla hemosytometrilasilla, jolle asetettu pieni maitinäyte aktivoidaan isotonisella (0,7 - 0,9 %) suolavedellä (HOLTZ ja muut 1977). Siittiöt alkavat heti liikkua joutuessaan kosketukseen veden kanssa. Maiti voidaan katsoa hyvälaatuiseksi, jos yli 90 % siittiöistä liikkuu normaalisti välittömästi veden lisäämisen jälkeen. Siittiöiden liike loppuu kokonaan huoneenlämmössä noin minuutin kuluessa. Sekä mätiä että maitia tulee lypsyn jälkeen kaikissa vaiheissa pitää 0-asteessa esim. jäähauteella ja käsitellä samaan lämpötilaan temperoiduilla välineillä. Nopeita lämpötilan muutoksia tulee kuitenkin välttää ns. lämpöshokin estämiseksi. Hapensaannin turvaamiseksi sukutuotteet pidetään avoimissa astioissa. Kuivumisen estämiseksi ilman vaihtumista hidastetaan korkeareunaisella jäähauteella. Usean koirean maidin sekoittamiseksi keskenään yhdeksi maitieräksi ei katsota huonontavan niiden hedelmöittävyttä. Samoin yhdistetyn mädin

hedelmöittyvyys vastaa yksittäisten erien hedelmöittyvyyttä (BILLARD 1977).

3. Mädin lyhytaikainen säilyttäminen

Mäti säilyy lyhyitä aikoja parhaiten antibiootteja sisältävässä ovarionesteessä sekä tilassa, joka on ilmava, vesihöyryn kyllästämä ja n. 0-asteinen (STOSS ja HOLTZ 1979, STOSS 1980, STOSS ja muut 1980). Seuraavassa esitetään kokeissa hyväksi todettu STOSSin ja HOLTZin (1979) mukainen menetelmä. Mätiin lisättävä antibioottiliuos valmistetaan lisäämällä 25.000 IU penisilliiniä jauheena ja saman verran streptomysiiniä Na-suolana 10 ml:an ovarionestettä. Liuosta lisätään mätiin 50 ul kutakin mätigrammaa kohden, tällöin grammassa mätiä on 125 IU kumpaakin antibioottia. Tämän jälkeen mäti annostellaan astioihin siten, että hapen kulkeutumisen varmistamiseksi pohjalle tulee enintään 4 munan paksuinen kerros. Kannettomat astiat säilytetään 0 asteessa vesihöyryn kyllästämässä tilassa (esim. eksikaattori), jonka ilma vaihdetaan päivittäin riittävän hapensaannin varmistamiseksi. Vaihdossa käytettävän ilman tulee olla 0-asteista ja veden kyllästämää. Tällä menetelmällä säilytetty mäti hedelmöityi 10 päivän kuluttua yhtä hyvin kuin tuore mäti ja 20 päivän kuluttua noin 30 % huonommin (STOSS ja HOLTZ 1979, STOSS ja muut 1980).

4. Maidin lyhytaikainen säilyttäminen

Maidin lyhytaikainen säilyttäminen vaatii lähes samat olosuhteet kuin mädinkin. Ilman tilalla käytetään kuitenkin happea (STOSS ja muut 1978) ja antibiootteja voidaan lisätä enemmän kuin mädin säilyttämisessä (STOSS 1980). STOSSin (1980) käytämä menetelmä on seuraavanlainen. Maiti lypsetään kuivaan ja puhtaaseen maljaan tai tölkkiin. Siittiöiden hapensaannin varmistamiseksi lypsetään astian pohjalle enintään 1 cm syvyinen maitimäärä. Antibioottiliuoksen valmistamisessa tarvittava seminaaliplasma saadaan sentrifugoimalla maitia 600

g:ssä puoli tuntia. Streptomysiiniä ja penisilliiniä liuotetaan kumpaakin 50.000 IU:ä 10 ml seminaaliplasmaa, tällöin millilitrassa maitia on 125 IU molempia antibiootteja. Tämän jälkeen maiti siirretään laajapohjaisiin astioihin, joihin lisätään 0-asteista veden kyllästämää happea. Säilyttämiseen voidaan käyttää myös noin 15 cm x 15 cm muovipusseja, joihin kuhunkin laitetaan 5 ml maitia. Astioita ja pusseja säilytetään 0 asteessa ja pimeässä. Laajapohjaisissa astioissa maidin hedelmöittävyys oli 34 päivän kuluttua vain hieman pienentynyt (7 %) ja muovipusseissa hedelmöittävyys oli 20 päivässä pienentynyt 19 %:a (STOSS ja muut 1980). Kirjolohen maidin hedelmöittävyys on säilynyt hyvänä myös kun on käytetty suurempia antibioottipitoisuuksia. Kaksikymmenkertaisella penisilliini ja streptomysiinin määrällä saatiin 34 päivän säilytyksen jälkeen sama hedelmöittävyys kuin tuoreella maidilla ja 39 päivän kuluttua hedelmöittävyys oli 46 %:a (STOSS ja HOLTZ 1979).

5. Maidin pakastaminen

Maitia pakastettaessa käytetään erityisiä jäätymisessä suojaavia aineita (cryoprotective agents tai cryoprotectants). Osa niistä läpäisee solukalvon ja osa ei. Läpäiseviä ovat mm. dimetyylisulfoksiidi (DMSO), dimetyyliasetamiidi (DMAC), glyseroli, etyleeniglykoli ja mannitoli. Läpäisemättömiä ovat eräät sokerit (glukoosi, sakkaroosi, laktoosi), eräät polymeerit (polyvinyylipyrrolidoni, hydroksietyylitärkkelys, dekstraani ja polyetyleeniglykoli) ja erilaiset proteiinit, joita käytetään tavallisesti yhdessä muiden aineiden kanssa. Suoja-aineiden tulee yleensä olla myrkyttömiä, veteen liukenevia ja riittävän osmoottisen pitoisuuden aiheuttavia. Suoja-aineiden vaikutusmekanismia ei tarkoin tunneta, mutta niiden oletetaan toimivan pääasiassa solun sisältämän veden sitojina, jolloin tapahtuu tarpeellinen nopea solujen dehydraatio. Ne voivat vähentää jääkiteiden muodostumista, mikä suojaa soluja mekaanisilta vaurioilta. Joidenkin suoja-aineiden arvellaan sitovan solun ulkopuolisia ioneja tai reagoivan niiden kanssa

ja pitävän siten osmoottisen tasapainon sopivana solulle. Lisäksi suoja-aineet alentavat liuosten jäätympistettä. Suoja-aine lisätään maitiin liuoksena, jossa yleensä on lisäksi epäorgaanisia suoloja. Tästä liuoksesta käytetään nimitystä laimennin (extender). Laimentimen sekoittamisen jälkeen maiti halutun tasapainottumisajan kuluttua pakastetaan.

Pakastamisessa käytetään ampulli-, pilli- tai raetekniikkaa. Maiti-laimenninseos jäädytetään ampullitekniikassa 1 - 3 ml ampulliin, pillitekniikassa 10 - 15 cm pitkiin olkiin tai muovipilleihin ja raetekniikassa tipottain hiilihappojälle. Raemenetelmä näyttää antavan kaloilla parhaat tulokset ja seuraavassa esitetäänkin eräs ko. menetelmistä (STOSS 1980). Se on kehitetty kirjolohen maidille. Laimentimen valmistamiseksi tehdään kaksi liuosta. Ensimmäinen liuos valmistetaan liuottamalla 400 mg albumiinia (Bovine Serum Albumin) ja 750 mg soijapapuproteiinia (Promine D) 10 ml:an DMSO:ta. Toinen liuos tehdään liuottamalla 590 mg NaCl:a, 172 mg KCl:a, 7,9 mg CaCl x2H O:ta, 31,0 mg MgSO x7H O:ta ja 2420 mg Tris:a 100 ml:an tislattua vettä ja säätämällä näin saadun liuoksen pH 8,00:ksi kiteistä sitruunahappoa käyttäen. Juuri ennen käyttöä molemmat liuokset yhdistetään laimentimeksi ja jäädytetään 0-asteisiksi. Välittömästi ennen pakastamista sekoitetaan 1 osa maitia 3 osaan laimenninta ja seos pipetoidaan minuutin kuluessa 25 - 50 ul:n pisaroina hiilihappojälle. Valumisen estämiseksi jäähän on kuumalla metallilla tehty pienet kuopat kutakin pisaraa varten. Pisarat jäätyvät läpikotaisin noin 2 - 3 minuutissa, minkä jälkeen syntyneet rakeet voidaan siirtää nestetyyppeen. Nestetyypessä rakeita säilytetään merkityissä pulloissa, jotka on suljettu puuvillavannulla. Rakeet säilyvät kuukausia ja todennäköisesti kauemminkin, sillä biokemiallisia reaktioita ei tapahdu alle -137 asteen lämpötilassa (STOSS 1980).

Pakastetulla maidilla hedelmöittäminen suoritetaan siten, että nestetypestä otetut rakeet sekoitetaan sulatusliuokseen ja seos kaadetaan mädin joukkoon välittömästi sekoittaen.

Sulatusliuoksena käytetään 1 % NaHCO₃-liuosta, jonka lämpötila on n. 10 astetta. Liuosta käytetään 1 ml yhtä maitiraetta kohden. Yleensä katsotaan, että mitä pikemmin maiti saadaan sulamaan ja sekoitetuksi mädin joukkoon sen parempia hedelmöitystuloksia saadaan, sillä pakastetun maidin hedelmöittävyys alkaa laskea jo noin 30 sekunnin kuluttua sulatuksen alkamisesta (STOSS ja HOLTZ 1981). Kuvatulla menetelmällä suoritettu kirjolohen mädin hedelmöitys antoi 0 - 20 % alhaisempia hedelmöitystuloksia kuin tuoreella maidilla suoritettu ja tulosten toistettavuus oli hyvä (STOSS 1979, STOSS ja HOLTZ 1979, 1981).

6. Tarkastelu

Kirjolohen mädin ja maidin lyhytaikainen säilyttäminen ainakin joitakin päiviä pakastamattomana hedelmöittämiseen asti näyttää onnistuvan niin hyvin, että menetelmiä voidaan käyttää sukusolujen siirtoihin ja halutun kalamateriaalin keräämiseen kun suoritetaan risteytyksiä tai muutoin halutaan tavallista laajempaa emojen geenipohjaa. Myös lohen maiti säilyy vastaavasti riittävän hyvin em. tarkoitukseen (STOSS ja REFSTIE 1983). Sekä mädin että maidin säilyttämiseen näyttää riittävän kun sukusolujen metabolia on kylmässä tarpeeksi vähäistä, hapensaanti riittävää eikä kuivumista pääse tapahtumaan. Lisäksi sukutuotteissa mahdollisesti olevien mikrobien lisääntyminen estetään sopivilla antibiooteilla.

Pakastettu maiti hedelmöittää esitetyllä menetelmällä tuoretta maitiä varsin hyvin. Lohella on todettu, että noin puolet maitieristä on niin hyviä, että niitä voidaan käyttää rodunjälöstuksessa (STOSS ja REFSTIE 1983). Tällöin riittävänä on pidetty 50 % suurempaa hedelmöittävyyttä. Menetelmien kehittäminen parantanee kuitenkin tuloksia edelleen. Eri lajeille saatetaan lisäksi kehittää omia menetelmiä.

Maidin pakastusmenetelmässä hedelmöittäminen suoritetaan seoksella, jossa siittiötiheys on noin sadasosa tuoreen

maidin siittiötiheydestä. Toisaalta pakastettuja siittiöitä käytetään karkeasti laskien noin 100 kertaa enemmän yhtä mätimunaa kohden kuin tavallisessa kuivahedeimöityksessä. Näin ollen maidin ja samalla koiraiden tarve on pakastusmenetelmässä selvästi suurempi.

Pakastamisessa siittiöiden hedelmöityskyky saattaa huonota erityisesti neljässä vaiheessa: 1) kun laimennin lisätään maitiin saattavat siittiöt aktivoitua veden vaikutuksesta ja menettää liikkumis- ja hedelmöityskykyään, 2) jäätymisessä tapahtuvat muutokset soluissa (esim. kiteiden muodostuminen), 3) sulamisessa tapahtuvat muutokset (samanlaisia kuin säätymisessä) ja 4) sulatusliuoksessa tapahtuva siittiöiden aktivoituminen ja samalla tapahtuva hedelmöityskyvyn väheneminen ennenkuin liuos ja mäti ovat sekoittuneet. Kun tuoreenkin maidin aktiivisuus häviää vedessä yleensä alle minuutissa on ilmeisen selvää, että pakastetussa maidissa ehtii sulamisen ja jäätyksen aikana tapahtua tässä suhteessa huomattavia muutoksia. Raetekniikan onnistuminen kalojen maidin pakastuksessa paremmin kuin ampulli- ja pillitekniikan saattaa johtua siitä, että se on selvästi toisia menetelmiä nopeampi jäädytys- ja sulatusvaiheessa. Näin ollen hyvien ja toistettavien tulosten saaminen edellyttää tarkasti lämpötilojen, aikojen ja liuosten koostumuksen suhteen vakioituja olosuhteita.

Pakastetun maidin käyttöä hedelmöittämisessä rajoittavat ainakin menetelmän vaatima lisätyö, kustannukset ja erikoisvälineet. Yhden mätilitran hedelmöittämiseen tarvitaan n. 1.000 raetta maitia. Rakeiden valmistaminen ja mädin hedelmöittäminen pienissä erissä niillä vie 8 - 10 tuntia kauemmin kuin tavallisen hedelmöityksen suorittaminen.

Pakastusmenetelmä on rajoituksistaan huolimatta ilmeisen käyttökelpoinen lohikalojen perintöaineksen säilyttämiseen. Sen toteuttaminen riittävässä laajuudessa edellyttää sopivia tiloja, henkilökuntaa ja muita toimintaresursseja. Tällaiseen

"maitipankkiin" voitaisiin varastoida arvokkaiden ja uhanalaisten lohikalakantojen perintöainesta. Kustakin kannasta tulisi pakastaa riittävästi edustavan koirasjoukon maitia. Näin voidaan varastoida valtaosa kannan perintöaineksestä. Koska lohikalajien koiraat ovat heterogameettisia, myös molempia sukupuolikromosomeja (x ja y) on taltioituna. Kun jonkin kannan perinnöllisen muuntelun todetaan liiaksi pienentyneen, voidaan pakastettua maitia käyttää muuntelun palauttamiseen. Tällöin yksilökohtaiset menettelytavat on valittava kalakanan ja asetettavien tavoitteiden mukaan.

7. Kirjallisuus

- BILLARD, R. 1977. A new technique of artificial insemination for salmonids using a sperm diluent. - Fisheries 2: 24-25.
- BILLARD, R., BRETON, B. & JALABERT, B. 1971. La production spermatogenetique chez la Truite. - Ann. Biol. anim. Biochem. Biophys. 11: 190-212.
- BOUCK, G. R. & JACOBSON, J. 1976. Estimation of salmonid sperm concentration by microhematocrit technique. - Trans. Am. Fish. Soc. 105: 534-535.
- HOLTZ, W., STOSS, J. & BUYUHKATIPOGLU, S. 1977. Beobachtungen zur Aktivierbarkeit von Forellen Spermatozoen mit Fruchtwasser, Bachwasser und destilliertem Wasser. - Zuchthygiene 12: 82-88.
- HORTON, H. F. & OTT, A. G. 1976. Cryopreservation of fish spermatozoa and ova. - J. Fish. Res. Board Can. 33: 995-1000.
- SCOTT, A. P. & BAYNES, S. M. 1980. A review of the biology, handling and storage of salmonid spermatozoa. - J. Fish Biol. 17: 707-739.

- STOSS, J. 1979. Spermakonservierung bei der Regenbogenforelle (*Salmo gairdneri*). - Diss. Georg-August-Universität, Göttingen.
- 1980. Henkilökohtainen tiedonanto.
- STOSS, J., BUYUKHATIPOGLU, S. & HOLTZ, W. 1978. Short-term and cryopreservation of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) sperm. - Ann. Biol. anim. Biochem. Biophys. 18: 1077-1082.
- STOSS, J. & HOLTZ, W. 1979. Preservation of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) sperm and eggs. - European Association for Animal Production, 30th annual meeting, Harrogate.
- 1981. Cryopreservation of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) sperm. I. Effect of thawing solution, sperm density and interval between thawing and insemination. - Aquaculture 22: 97-104.
- STOSS, J., PUESCHEL, H. & HOLTZ, W. 1980. Gamete storage in domestic rainbow trout (*Salmo gairdneri*). - Workshop on salmonid broodstock maturation, Seattle, Washington.
- STOSS, J. & REFSTIE, T. 1983. Short-term storage and cryopreservation of milt from Atlantic salmon and sea trout. - Aquaculture 30: 229-236.

KALOJEN KULJETUSVEDEN TUULETUSTEHON TARVE JA TUULETUKSEN VAIKUTUS VEDEN LÄMPÖTILAAN

Unto Eskelinen ja Esa Erkamo

1. Johdanto

Kalojen hengitystuotteena veteen tulevan hiilidioksidin pitoisuuden nousu kuljetusvedessä on eräs elävän kalan kuljetuksissa kalamäärää rajoittava tekijä. Hiilidioksidin poistamiseksi vedestä on sovellettu tuuletustekniikkaa, jossa suuri määrä ilmaa puhalletaan tankkeihin (WAHLBERG 1975, ESKELINEN 1983). Tuuletustarve on riippuvainen hiilidioksidituotosta, joka puolestaan lähinnä riippuu kalamäärästä, kalojen koosta ja veden lämpötilasta.

Tuuletuksen mitoitusarpeesta on vähän tietoa. Liiallinen tuuletus poistaa tehokkaasti hiilidioksidin, mutta voi samalla aiheuttaa kaloja stressaavia virtauksia tankkiin.

Riittävän tuuletustehon takaava ilman tuottotarve riippuu ratkaisevasti myös käytetystä tankki- ja ilmanjakelulaitteistosta, joten tuuletusnormeja ei voi suoraan soveltaa järjestelmästä toiseen.

Tässä artikkelissa esitetään Laukaan keskuskalanviljelylaitoksessa kesällä 1984 tehtyjen tuuletuskokeiden tuloksia. Kokeissa selvitettiin tuuletuksen mitoitusta, tuuletuksen vaikutusta veden lämpöön sekä tuuletuksen aiheuttamaa virtausta tankeissa.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Tankisto

Kokeet tehtiin tankistossa, joka koostuu neljästä 2.5 m^3 tankista. Tankiston yksityiskohtaisempi rakenne on esitelty toisaalla (ESKELINEN, 1983).

2.2. Tuuletuslaitteet

Ilma tuotettiin 1 kw korkeapainepuhaltimella ja jaettiin runkokanavasta haarautuvilla letkuilla tankeissa oleviin mammutpumppuihin, joiden rakenne on esitetty kuvassa 1. Maksimi-ilmantuotto täysiin tankkeihin oli 1.060 l/min .

2.3. Hiilidioksidin tuotto

Koe tehtiin simulointina. Kaasumainen hiilidioksidi jaettiin rotametreillä tankkien happijakajiin. Annostusta tarkkailtiin sekä rotametreistä, että kaasupullon kevenemistä punniten. Annostuksena käytettiin $50 \text{ g CO}_2/\text{m}^3/\text{h}$. RQ-suhteella 0.9 määrä vastaa hapenkulutusta $40 \text{ g/m}^3/\text{h}$. RQ-suhde on tällöin kaasut-lavuuksien suhde. Jos kalojen hapenkulutuksen oletetaan kuljetustilanteessa olosuhteista riippuen vaihtelevan välillä 200 - 500 mg/kg/h, vastaa simuloinnin hiilidioksidituotto kalakuormaa 80 - 200 kg/m³, eli simulointi vastaa melko hyvin käytännön tilannetta.

2.4. Tuuletuksen mittaaminen ja asetus

Tuuletusmäärä mitattiin keräämällä ilma tankin kannen huohotimesta muovikalvoletkuun ja mittaamalla letkun tilavuus. Määrä säädettiin tuloilmaletkujen hanoilla. Kokeissa käytetyt tuuletusmäärät vaihtelivat välillä 0 - 455 l/min/tankki eli 0 - 182 l/min/m³.

2.5. Hiilidioksidin mittaus

Veden hiilidioksidipitoisuutta seurattiin syötön aloituksesta kuuden tunnin ajan puolen tunnin välein. Määrittäminen tehtiin asiditeetin potentiometrisen titrauksen kautta SFS-standardin 3005 mukaisesti.

2.6. Virtausnopeuden mittaus

Tankissa vallitsevaa, tuuletuksen aiheuttamaa veden virtausnopeutta mitattiin sekä pinnan- että pohjanläheisestä vesikerroksesta OTT-siivikolla.

3. Tulokset

3.1. Tuuletustarve

Kuvassa 2 on esitetty hiilidioksidipitoisuuden nousunopeuden suhde vallitsevaan pitoisuuteen eri tuuletustehoilla. Hiilidioksidin haitallisuus kaloille riippuu mm. happitilanteesta. Kirjallisuustietojen nojalla (WAHLBERG 1975, JOHNSON 1979) voidaan alle 40 mg pitoisuuksia pitää turvallisina hyvissä happiolosuhteissa. Kokeen mukaisessa tuuletusjärjestelyssä hiilidioksidipitoisuus jää alle 40 mg/l kun tuuletusteho on noin 60 l/m³/min. Tavanomaisella tankkikokoalla (2.4 m³) määrä on tankkia kohti noin 150 l/min.

3.2. Tuuletuksen vaikutus veden lämpöön

Lämpenemiskoetta tehtäessä tankit olivat eristämättömiä ja sijaitsivat asfaltilla, rakennuksen eteläseinustalla suorassa auringonpaisteessa. Koe kesti 4 tuntia ja sen aikana ilman lämpötila auringossa oli 27 - 37 °C ja varjossa 22 - 26 °C. Tuuletukseen imettävän ilman lämpötila oli keskimäärin + 25 - 27 °C ja veden lämpö kokeen alussa + 13.9 °C. Veden lämpenemistehot eri tuuletuksilla olivat seuraavat:

Tuuletus l/min/tankki	Veden lämpenemis- teho kw
365	2.7
140	2.1
0	1.8
0	2.3

Tankkien ekspositiolla oli suurempi vaikutus lämpenemiseen kuin tuuletuksella, mikä sekoittaa tuloksia. Vallinneissa oloissa tuuletuksen lämmitysvaikutus oli kuitenkin selvästi alle 0.5 kw/tankki.

3.3. Tuuletuksen aiheuttama virtaus

Tuuletus aiheutti tankkiin täysin odotetunlaisen virtausku-
vion. Vesi kiersi tankin pituussuuntaan; pohjan lähellä mam-
mutpumpun päin ja pinnan lähellä siitä poispäin. Pysyvä yli
10 - 15 cm/s veden nopeus tavattiin altaan keskikohdalla vain
erittäin suurilla (yli 350 l/min/tankki) tuuletuksilla. Alem-
milla tuulestehoilla vain mammutpumpun imu- ja purkuaukon
välittömässä läheisyydessä oli mainitun suuruinen virtaus.
Muissa osissa tankkia nopeudet olivat mittaustarkkuuden ra-
joilla (5 cm/s) tai alle.

4. Tarkastelu

Kokeessa käytetyllä tuuletusjärjestelmällä tuulesteho 60 l/
m³/min oli riittävä, kun hiilidioksidituotto oli 50 g/m³/min.
Kyseinen tuotto oli simuloitu, eikä ole tarkkaan arvioitavis-
sa sen kalamäärävastaavuutta. Kuljetuskalustojen mitoitus-
tuottona sekä Laukaan kalustossa, että ruotsalaisissa lait-
teissa käytetty 270 l/min/tankki eli noin 110 l/min/m³ on
saatujen tulosten valossa kuitenkin riittävä arvo kaikkiin
kuljetusolosuhteisiin.

Tuuletuksen vettä lämmittävä vaikutus hävisi tehdyssä kokeessa suureksi osaksi taustalämpenemisen eroihin. Käytännön kuljetustilanteessa tuuletusilman ja veden lämpötilojen ero voi olla suurempi kuin kokeessa ollut 12 °C ja lämmön siirtymisteho siksi suurempi. Kovin oleellista merkitystä tuuletuksen aiheuttamalla veden lämpenemisellä tuskin on.

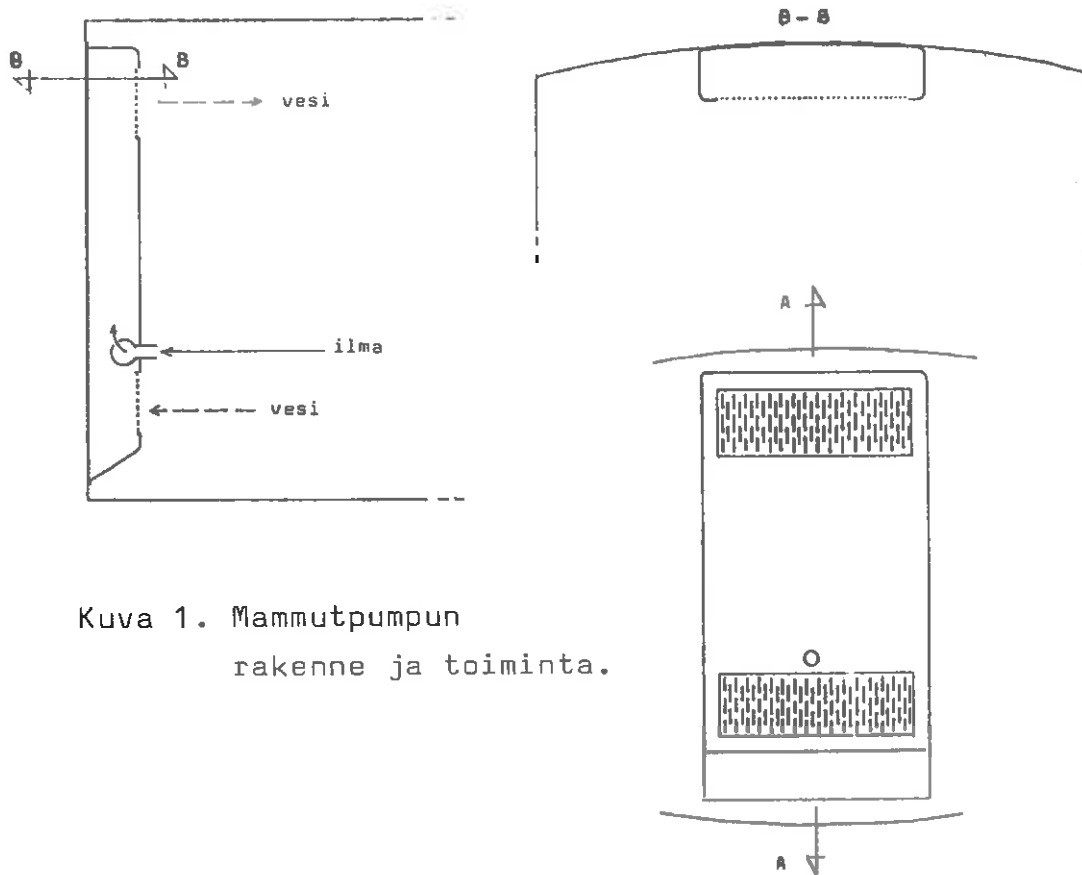
Kokeissa käytetty, tankin pätyyn sijoitettu valjäkanavainen mammutpumppu loi tankkiin rauhallisemmat ja säännöllisemmät virtailuolosuhteet kuin tankistossa aiemmin ollut keskelle sijoitettu säteittäin imevä ja purkava pumppu.

5. Kirjallisuus

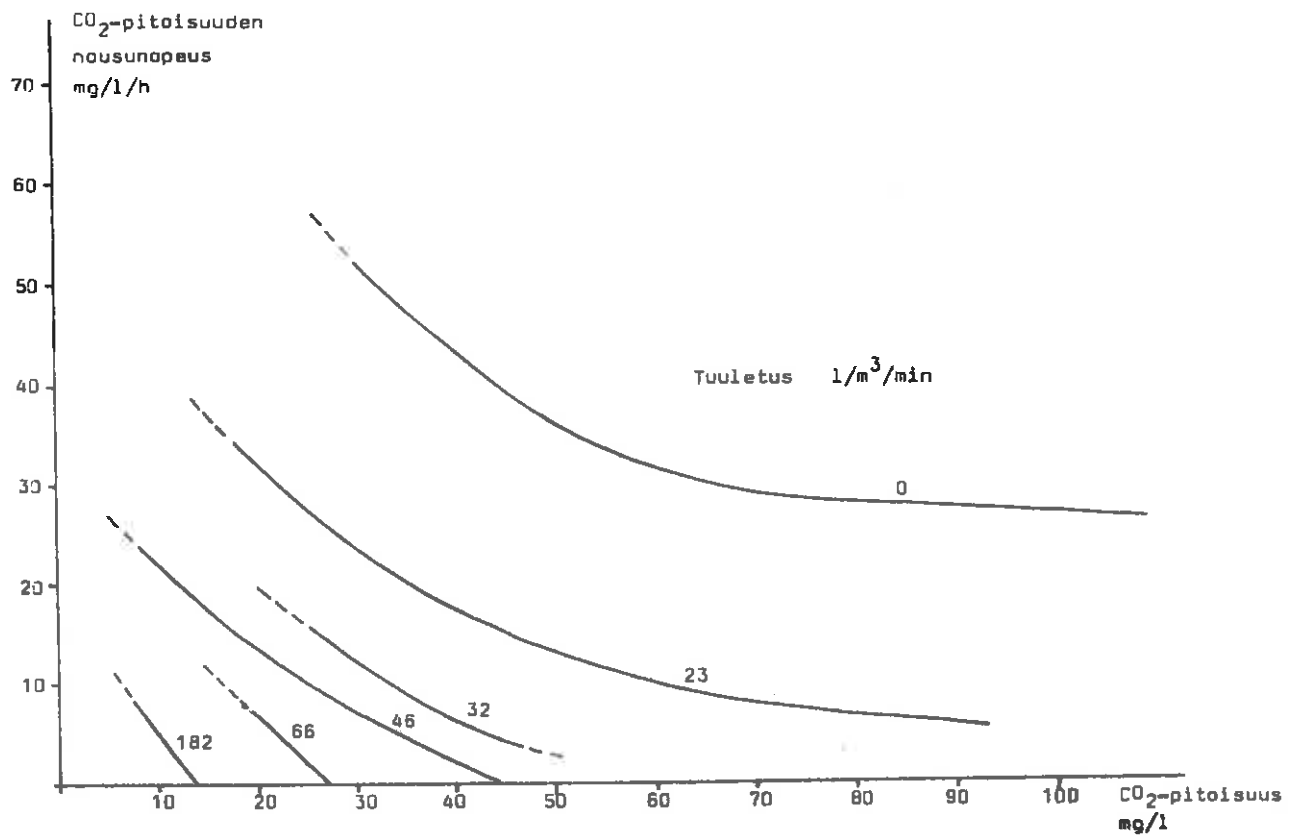
ESKELINEN, U. 1983. Lohikuljetuksiin suunniteltu tankisto - esitelmä Valtion kalanviljelyn neuvottelupäivillä Punkaharjulla 13.4.1983.

JOHNSON, S. K. 1979. Transport of live fish - Fish disease diagnostic laboratory publications, FDDL-F14, 13 pp.

WAHLBERG, B. 1975. Fisktransporter över långa avstånd - Vattenfall, moniste 14 s.



Kuva 1. Mammutpumpun rakenne ja toiminta.



Kuva 2. Hiilidioksidipitoisuuden nousunopeus suhteessa vallitsevaan pitoisuuteen eri tuuletustehoilla.

TUULETUKSEN VAIKUTUS KALOJEN KULJETUSVEDEN LAATUUN,
VUODEN 1984 KULJETUSKOE

Päivi Eskelinen

1. Johdanto

Kalanpoikasten kuljetus kalanviljelylaitokselta istutuspaikalle on eräs suurimmista vaaroista istutusten onnistumiselle. Kuljetusten vaikutusta kalojen kuntoon onkin viime vuonna tutkittu (esim. SOIVIO & VIRTANEN 1983) ja pyritty kehittämään parempia kuljetustapoja ja -välineitä (ESKELINEN 1983).

Laukaan keskusalanviljelylaitokselle vuonna 1983 valmistuneella kuljetustankistolla tehtiin toukokuussa 1983 lohenoikasten kuljetuskoe Hankakosken kalanviljelylaitokselta Ahvenkoskelle (ESKELINEN & ESKELINEN 1983), jossa seurattiin kuljetusveden laadun muutoksia tuuletetuissa tankeissa erisuuruisilla kalakuormilla ja hapetuksilla. Samalla verrattiin kuljetusveden laatua tuulettamattomiin tankkeihin.

Tässä kirjoituksessa esitellään keväällä 1984 tehty Nevanlohen poikasten kuljetuskoe Hankakosken kalanviljelylaitokselta Helsinkiin. Kokeessa tutkittiin eri tuuletustehoja sekä tuulettamattomissa tankeissa erisuuruisten hapensyöttömäärien vaikutusta kuljetusveden laatuun samoilla kalakuormilla. Tiedot ovat tärkeitä lähinnä tuuletustehon mitoituksen kannalta.

2. Koejärjestelyt

Kuljetuksessa käytettiin siirtolavakuljetustankistoa, jossa on neljä 2.5 m³ tankkia. Vuoden 1983 kuljetuskokeen jälkeen tankistoa oli muutettu siten, että tuuletusilmaa tankkeihin jakavat mammutpumput oli sijoitettu tankkien pätyihin

(ESKELINEN & ERKAMO 1984). Tankkien kalakuormat ja hapetuksen ja tuuletuksen määrät olivat seuraavat:

	tankki 1	tankki 2	tankki 3	tankki 4
kalakuorma kg/m	73	73	73	73
tuuletus l/min	340	190	-	-
hapetus l/min	1	1	4	1

Tuuletusilmaa puhallettiin tankkien ohi 540 l/min. Tuuletusmäärät mitattiin kokeen jälkeen päästämällä ilmaa tunnettu aika tiiviiseen muovisuoleen ja mittaamalla sen tilavuus.

Lastauksessa tankit täytettiin Venekosken vedellä, jonka lämpötila oli 11.0 °C. Veteen lisättiin merisuolaa 0.4 %. Hapetukset kytkettiin päälle ja säädettiin edellämainittuihin arvoihin lastauksen aloituksen yhteydessä. Kalojen lastaus tehtiin siten, että kaikkia tankkeja täytettiin samanaikaisesti. Tuuletus aloitettiin, kun kaikki kalat oli lastattu ja tankit täytetty lopulliseen vesitilavuuteen.

Kuljetus kesti 5 h 50 min viimeiselle näytteenottopaikalle Pitkäkoskelle, jossa otettiin myös kuljetuskokeen fysiologisen seurannan näytteet (SOIVIO et al. käsikirj.). Lohet istutettiin Helsingin Sompasaaren rantaan. Kaikki kalat oli saatu istutettua seitsemän tunnin kuluttua kuljetuksen aloituksesta.

Kuljetusvedestä otettiin näytteet lähdössä, kun tuuletus oli kytketty, 1 h 55 min ja 3 h 05 min sekä kuljetuksen lopussa 5 h 50 min kuluttua lähdöstä.

Näytteet otettiin lapolla kunkin tankin keskiosasta. Näytteistä mitattiin lämpötila, happamuus ja sähkönjohtavuus sekä analysoitiin veteen liunneen hapen, hiilidioksidin ja ammoniumtyypen pitoisuudet. Ilman lämpötila mitattiin näytteenoton yhteydessä.

Lämpötila ja happipitoisuus mitattiin suoraan tankeista YSI 54 ABP happimittarilla. Hiilidioksidi analysoitiin näytteenottopaikalla titraamalla 0.01 N NaOH:lla fenolftaleiini-indikaattoria käyttäen kenttämenetelmällä.

Sähkönjohtavuus, pH ja ammoniumtyppipitoisuudet määritettiin laboratoriossa SFS-standardimenetelmällä.

3. Tulokset

Kuljetuksen aikana kaloja ei kuollut ja istutettaessa kalat olivat hyväkuntoisen näköisiä.

Ilman lämpötila kuljetuksen aikana on esitetty kuvassa 1. Veden lämpötilan, happipitoisuuden, happikyllästeisyyden, hiilidioksidipitoisuuden, pH:n, ammoniumtyppipitoisuuden ja sähkönjohtavuuden muutokset kuljetuksen aikana on esitetty kuvissa 2 - 8.

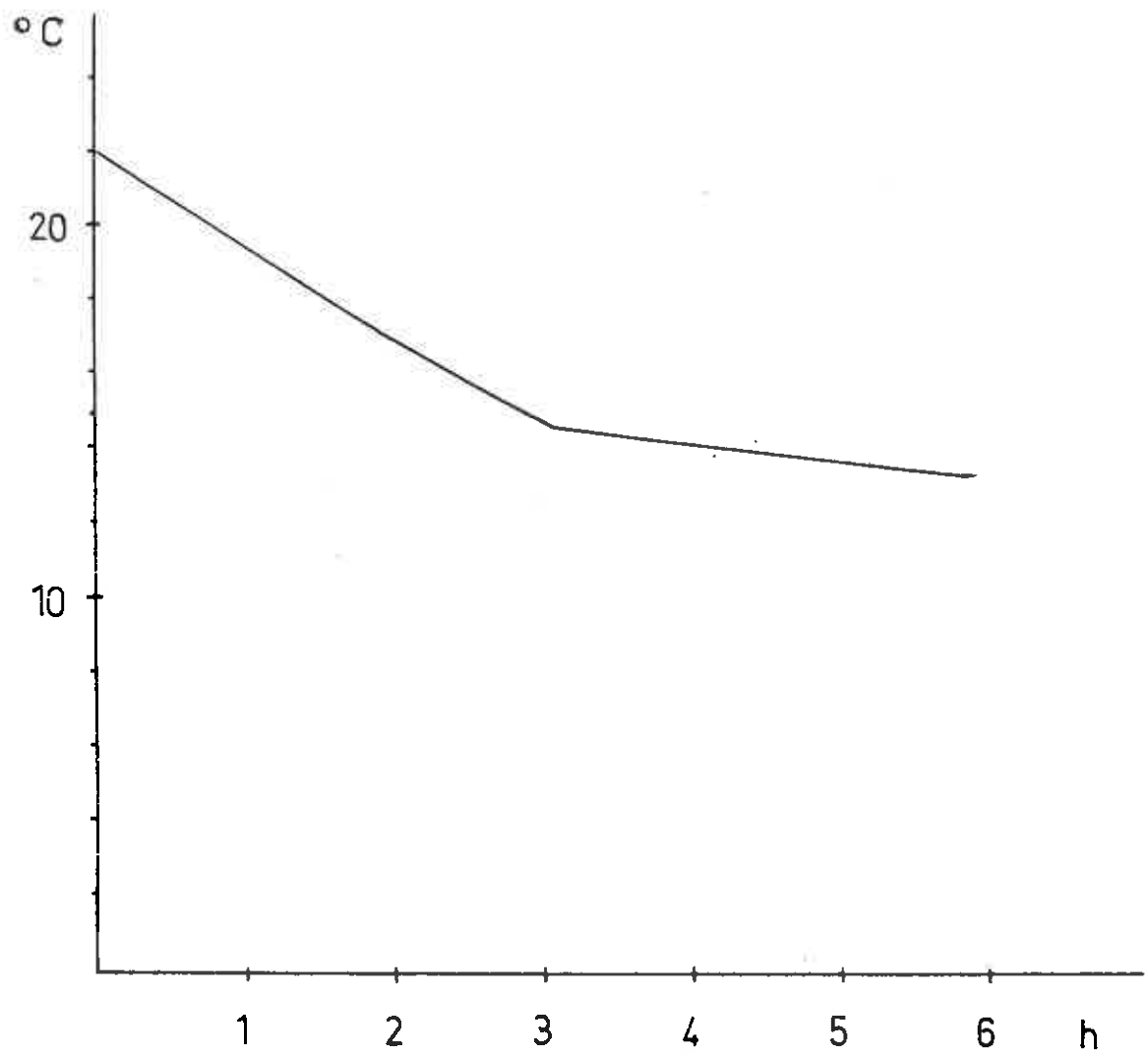
Lämpötila (kuva 2.) kuljetusvedessä nousi kokeen aikana vain vähän, 2.5 - 3.0 °C, koska ilman lämpötila laski ja eristämättömissä tankeissa ilman lämpötila selvästi vaikuttaa kuljetusveden lämpötilaan.

Happipitoisuus (kuva 3.) ei tuuletetuissa tankeissa ollut kovin korkea, selvästi alle kyllästyspitoisuuden. happipitoisuus ei kuitenkaan ollut haitallisen alhainen. Tuulettamattomassa tankissa, jossa hapen syöttö oli 1 l/min, happipitoisuus saavutti kyllästysarvon vasta kuljetuksen lopussa. Kun hapetus oli 4 l/min eikä käytetty tuuletusta, vallitsi tankeissa selvä hapen ylikyllästys (kuva 4.), mikä ei kuitenkaan ole kaloille haitallista (ALABASTERI & LLOUD 1980). Ruotsalaisissa kuljetuskokeissa (WAHLBERG 1975) hapen ylikyllästystä pidettiin suotavana, koska se on pienempi riski kuin juuri ja juuri riittävä happipitoisuus ja kalan stressinsietokyky on parempi suurissa happipitoisuuksissa.

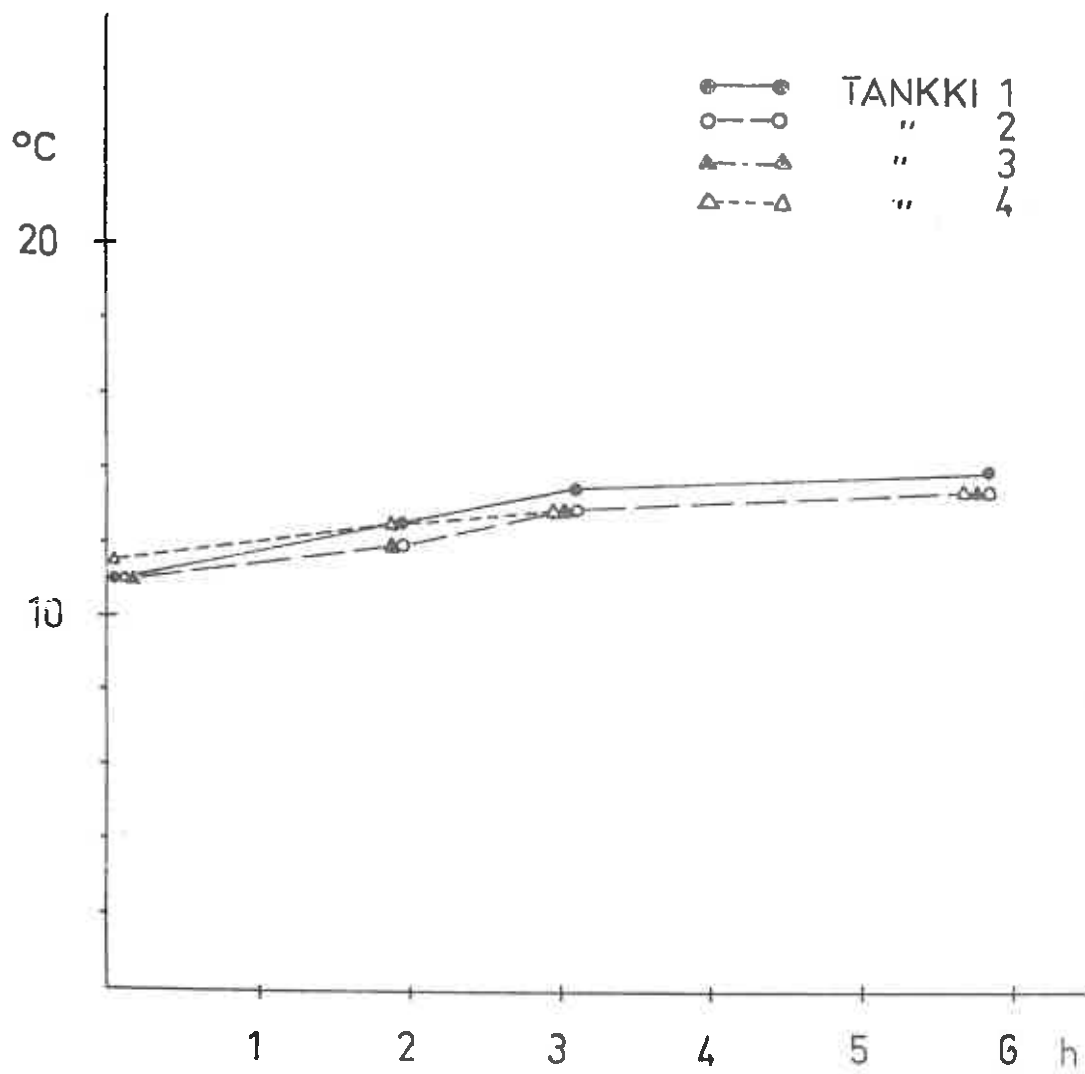
Hiilidioksidin pitoisuus (kuva 5.) tuulettamattomissa tankeissa nousi tasaisesti yli 40 mg/l loppupitoisuuteen, mikä lähenee haitallista pitoisuutta jos happipitoisuus on alle kyllästysarvon. Happikuplituksen ei havaittu käytännössä olenkaan poistavan hiilidioksidia, koska tankeissa no. 3 ja 4 lopputilanteen hiilidioksidipitoisuudet olivat likimain samat vaikka hapetus oli tankissa no. 3 nelinkertainen tankkiin no. 4 nähden. Tuuletuksen teho vaikuttaa selvästi tankkeihin kertyvän hiilidioksidin määrään.

Ammoniumtyypen pitoisuus (kuva 6.) tankeissa nousi kuljetuksen kestäessä tuuleuksesta ja hapetuksesta riippumatta. Ammoniumtyypeä kertyi kaikkiin tankkeihin likimain yhtä paljon, koska kalakuormat olivat yhtä suuret. Ammoniumtyypen pitoisuuden riippuvuus vain kalakuorman suuruudesta ja kuljetusajasta havaittiin myös vuoden 1983 kuljetuskokeessa. Ionisoitumattomana ammoniakkinä, jonka osuus ammoniumtyyppistä riippuu ensisijaisesti veden happamuudesta, kokeessa mitatuista ammoniumtyyppipitoisuuksista oli veden alhaisesta pH:sta (kuva 7.) johtuen enimmillään 0.03 % eli alle 2/ug/l. Kyseessä oli tankin no. 1 lopputilanne, jossa kuljetusveden pH oli korkein. Näin alhaisten ammoniakkipitoisuuksien ei ole pitkäaikaisaltistuksissakaan havaittu olevan lohikaloille haitallisia (ALABASTERI & LLOYD 1980).

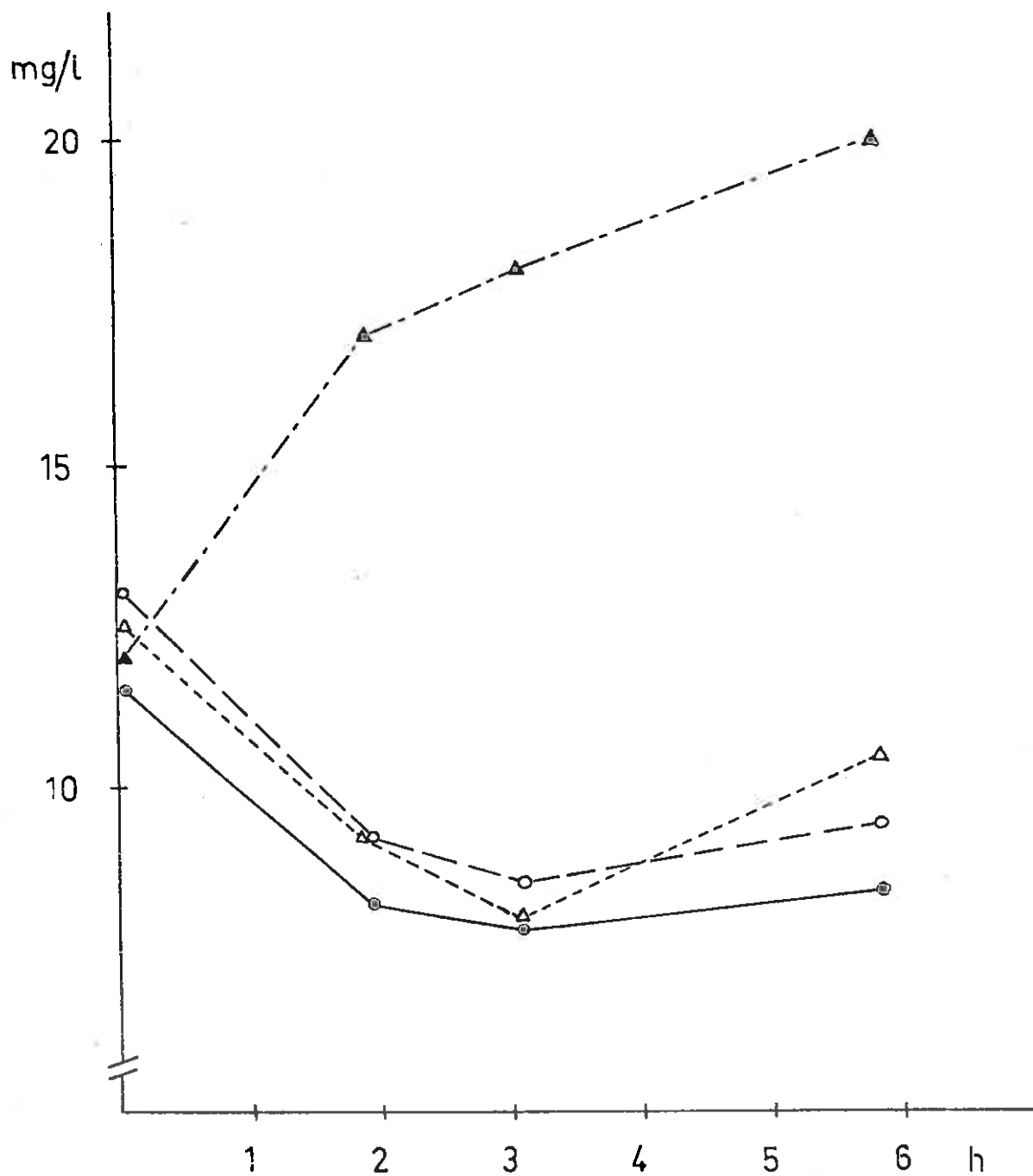
Sähkönjohtavuus (kuva 8.) muuttui tankeissa vain vähän. Tankin no. 2 suurempi johtokyky on ilmeisesti seurausta aiottua suuremmasta suolamäärästä tankissa.



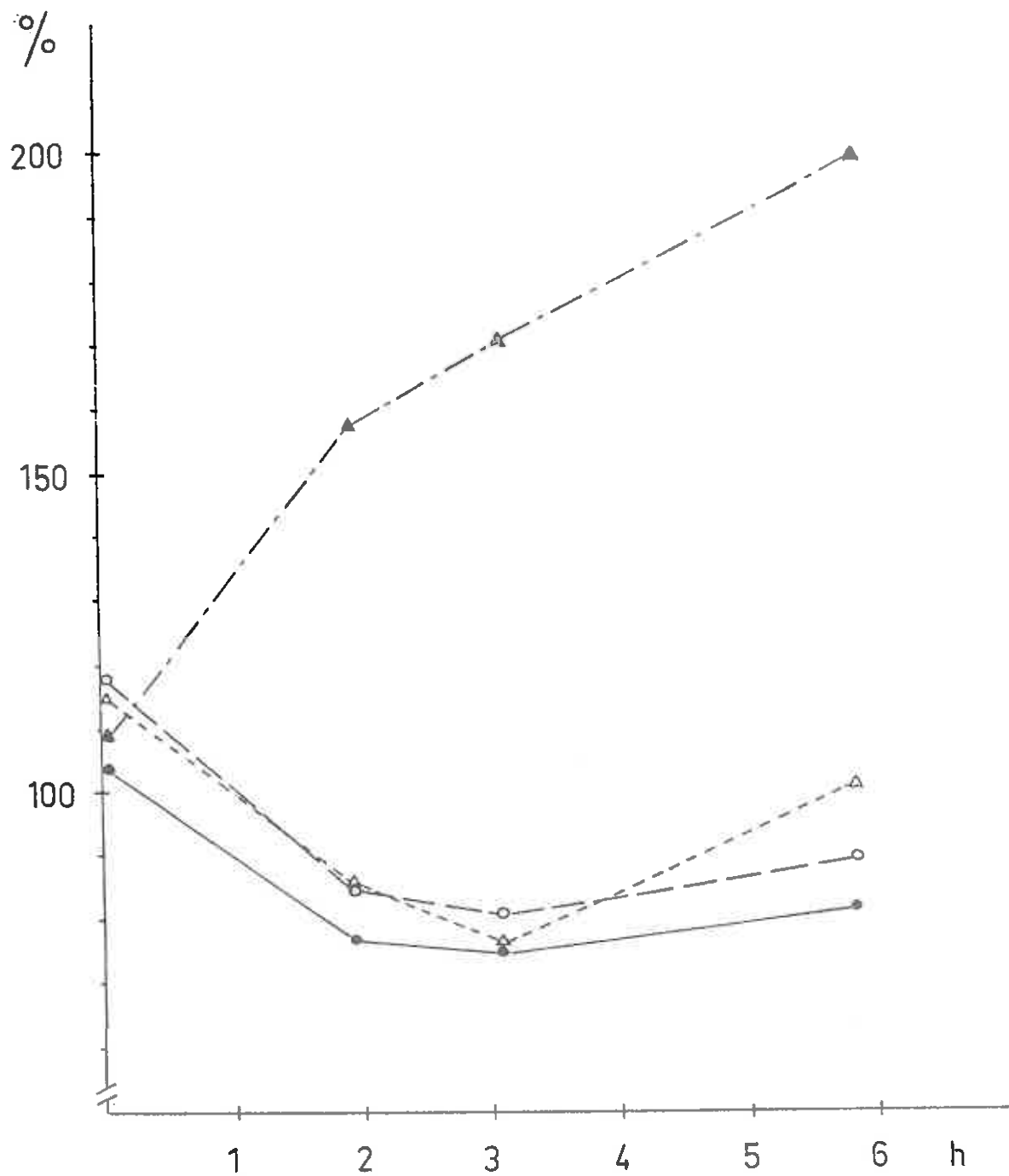
Kuva 1. Ilman lämpötila °C kokeen aikana.



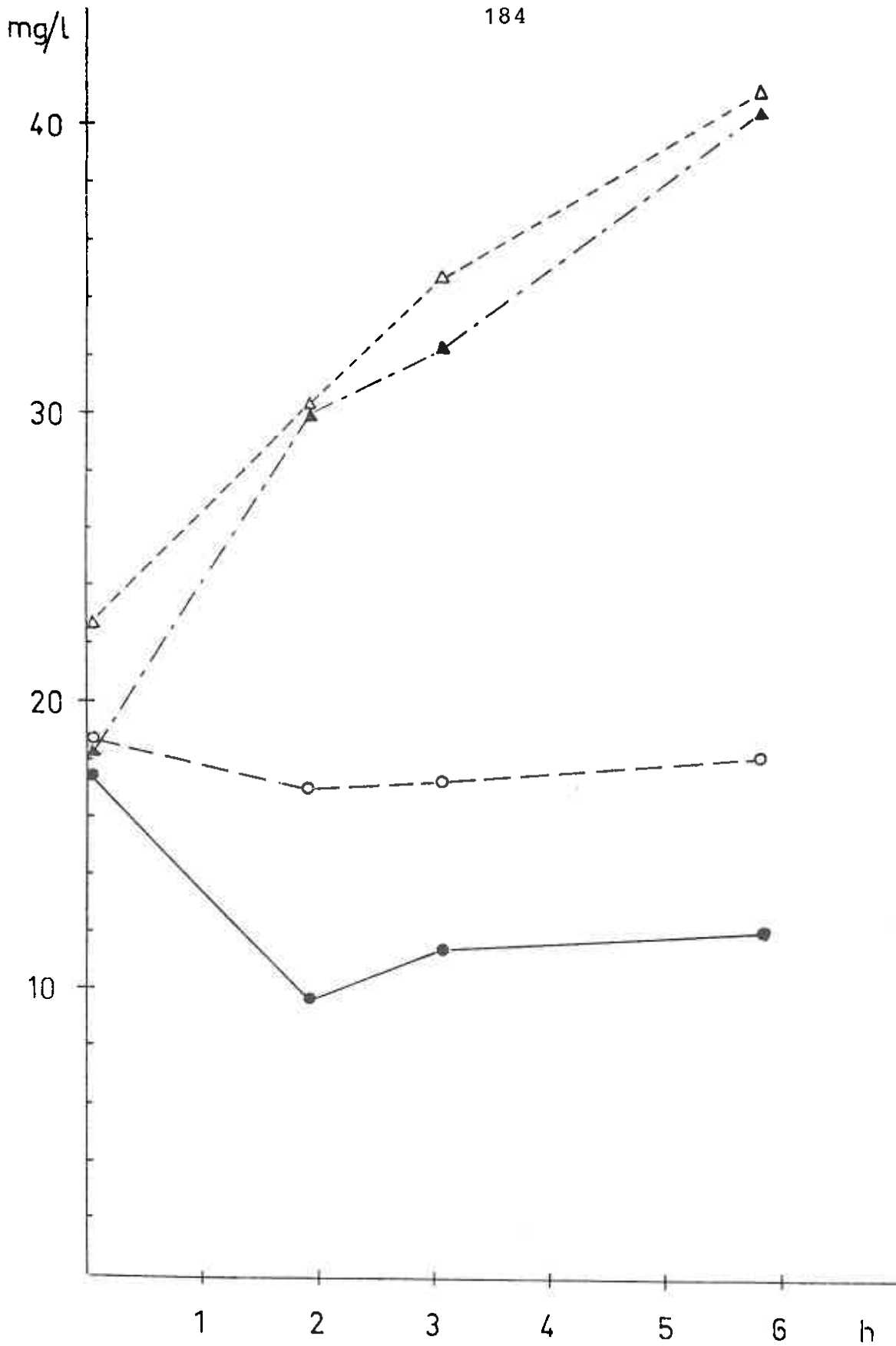
Kuva 2. Kuljetusveden lämpötila °C tankeissa kokeen aikana.



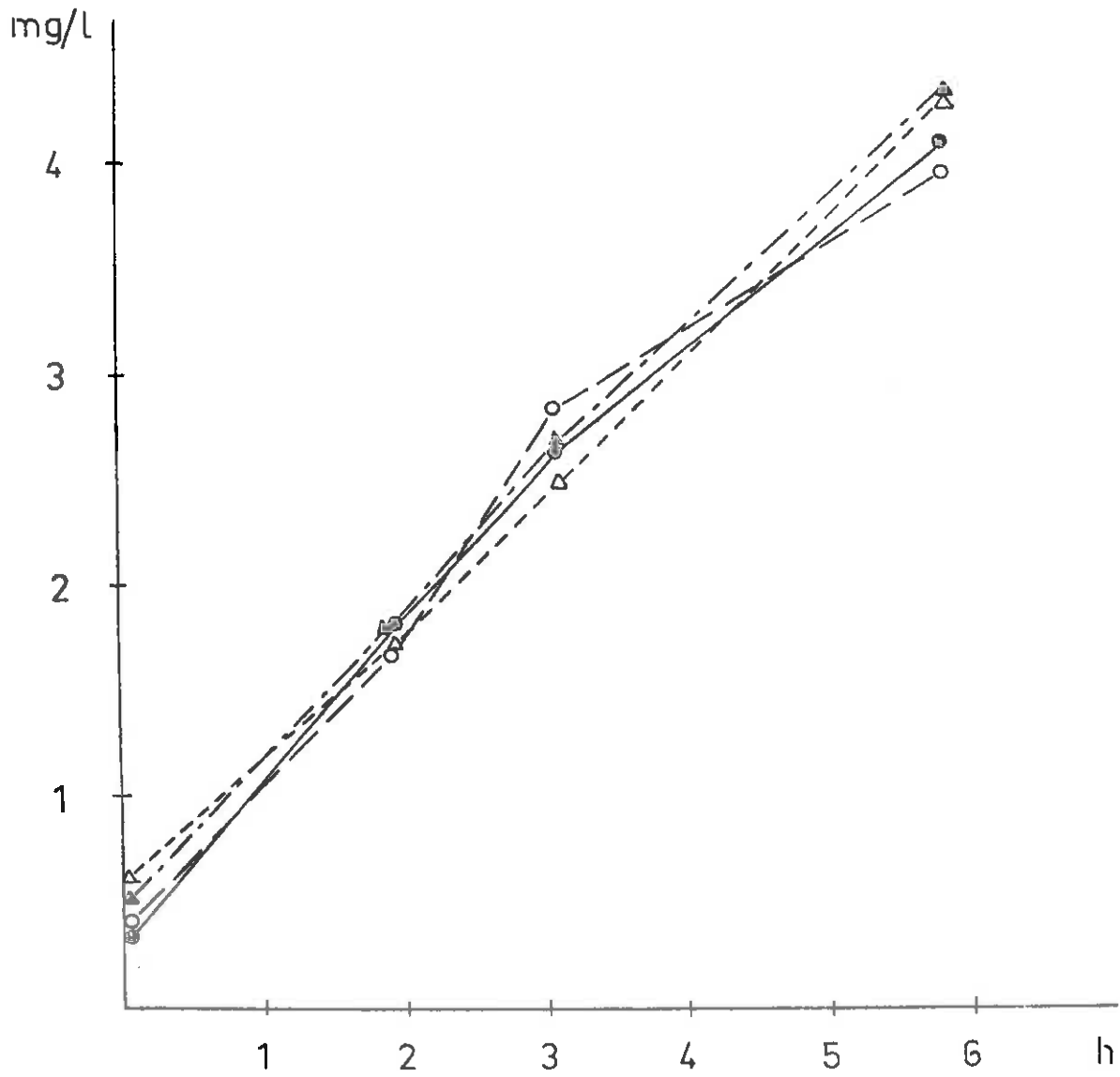
Kuva 3. Kuljetustankkien veden happipitoisuus mg/l kokeen aikana.
Merkkien selitykset kuvassa 2.



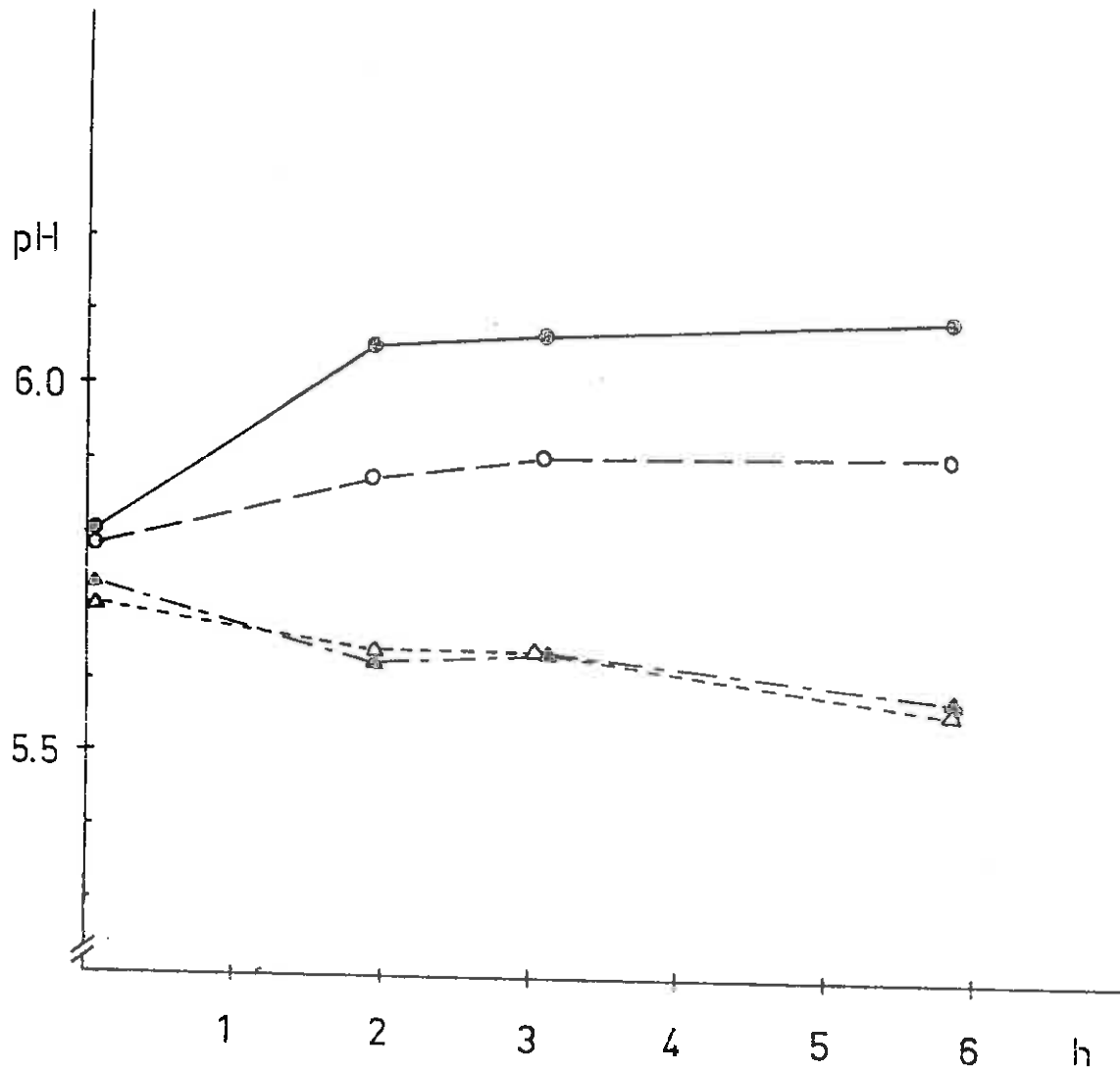
Kuva 4. Kuljetustankkien veden happikyllästeisyys %.
 Merkkien selitykset kuvassa 2.



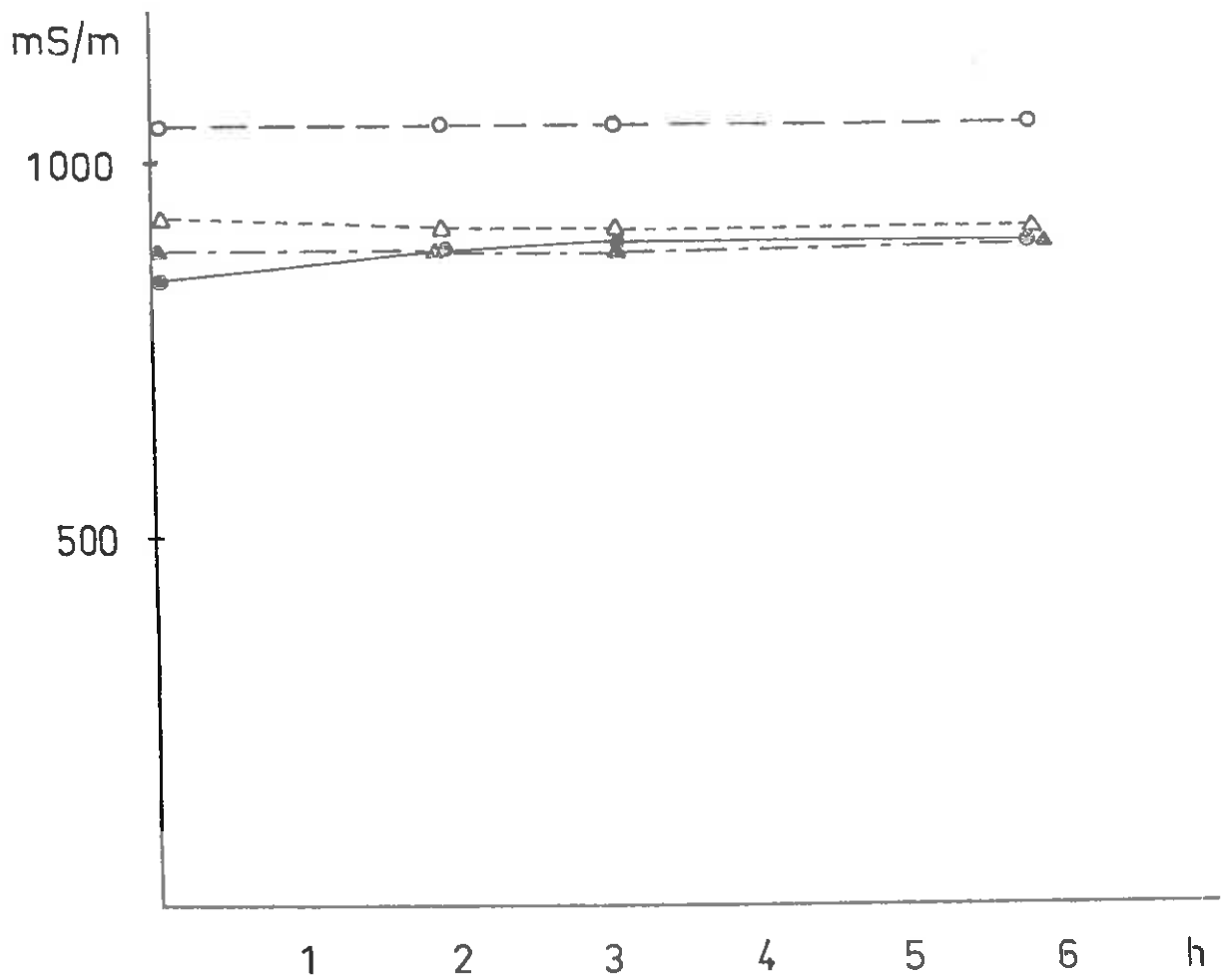
Kuva 5. Kuljetustankkien veden hiilidioksidipitoisuus mg/l. Merkkien selitykset kuvassa 2.



Kuva 6. Kuljetustankkien veden ammoniumtyppipitoisuus mg/l. Merkkien selitykset kuvassa 2.



Kuva 7. Kuljetustankkien veden pH.
Merkkien selitykset kuvassa 2.



Kuva 8. Kuljetustankkien veden sähkönjohtavuus mS/m.
Merkkien selitykset kuvassa 2.

4. Kirjallisuus

ALABASTER, J.S. & LLOYD, R. 1980. Water quality criteria for freshwater fish. London, Boston, Butterworths. 297 s.

ESKELINEN, U. 1983. Lohikuljetukseen suunniteltu tankisto. Esitelmä valtion kalanviljelyn VII neuvottelupäivillä. - RKTL, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja, painossa.

ESKELINEN, U. & ESKELINEN, P. 1983. Tuuletuksen vaikutuksesta kalojen kuljetusveden laatuun. - Suomen kalankasvattaja 3/1983 : 26-28.

ESKELINEN, U. & ERKAMO, E. 1984. Kalojen kuljetusveden tuulestehon tarve ja tuuletuksen vaikutus veden lämpötilaan. - RKTL, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja, painossa.

SOIVIO, A. & VIRTANEN, E. 1983. Lohi-istukkaiden kuljetusrasituksesta, fysiologista taustaa ja käytännön ohjeita. - Suomen kalankasvattaja 2/1983 : 28-34.

WAHLBERG, B. 1975. Fisktransporter över longa avstånd. - Vattenfall, moniste. 14 s.

PORRASKOSKEN KOEKALANVILJELYLAITOKSEN PYÖRRESELKEYTTIMEN
TOIMIVUUDEN TUTKIMUS

Timo Mäkinen

1. Johdanto

Kalanviljelyn jätevesien haittavaikutusten tultua yleisesti tunnetuiksi ja tunnustetuiksi on haittojen vähentämiseen tähtäävää tutkimusta tehty Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella. Tutkimuksissa on selvitetty mahdollisuuksia erotella kalanviljelyssä syntyvä liete ja näin pienentää kuormitusta (MAKINEN & SUMARI 1983, SELANNE et al. 1983, ESKELINEN 1983).

Pyörreselkeytin on alunperin USA:ssa kehitetty laite hulevesien raskaiden partikkelien erottelua varten. Kalanviljelylietteiden erotteluun sitä on käytetty aluksi Tanskassa ja alettu sitten soveltaa myös muissa pohjoismaissa. Suomessa pyörreselkeyttimen soveltamista alettiin tutkia Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella vuonna 1981 ja laitteen mitoitusohjeet julkaistiin seuraavana vuonna (MAKINEN & NAUKKARINEN 1982). Pyörreselkeyttimiä on sittemmin rakennettu useille kalanviljelylaitoksille. Porraskosken kalanviljelylaitokselle asennettiin pyörreselkeytin keväällä 1983. Käsillä oleva raportti on selvitys pienpoikasaltaiden itsepuhdistuvuudesta ja poistoveden sisältämän lietteen ja fosforin talteenotosta pyörreselkeyttimellä ja turvesuodattimella.

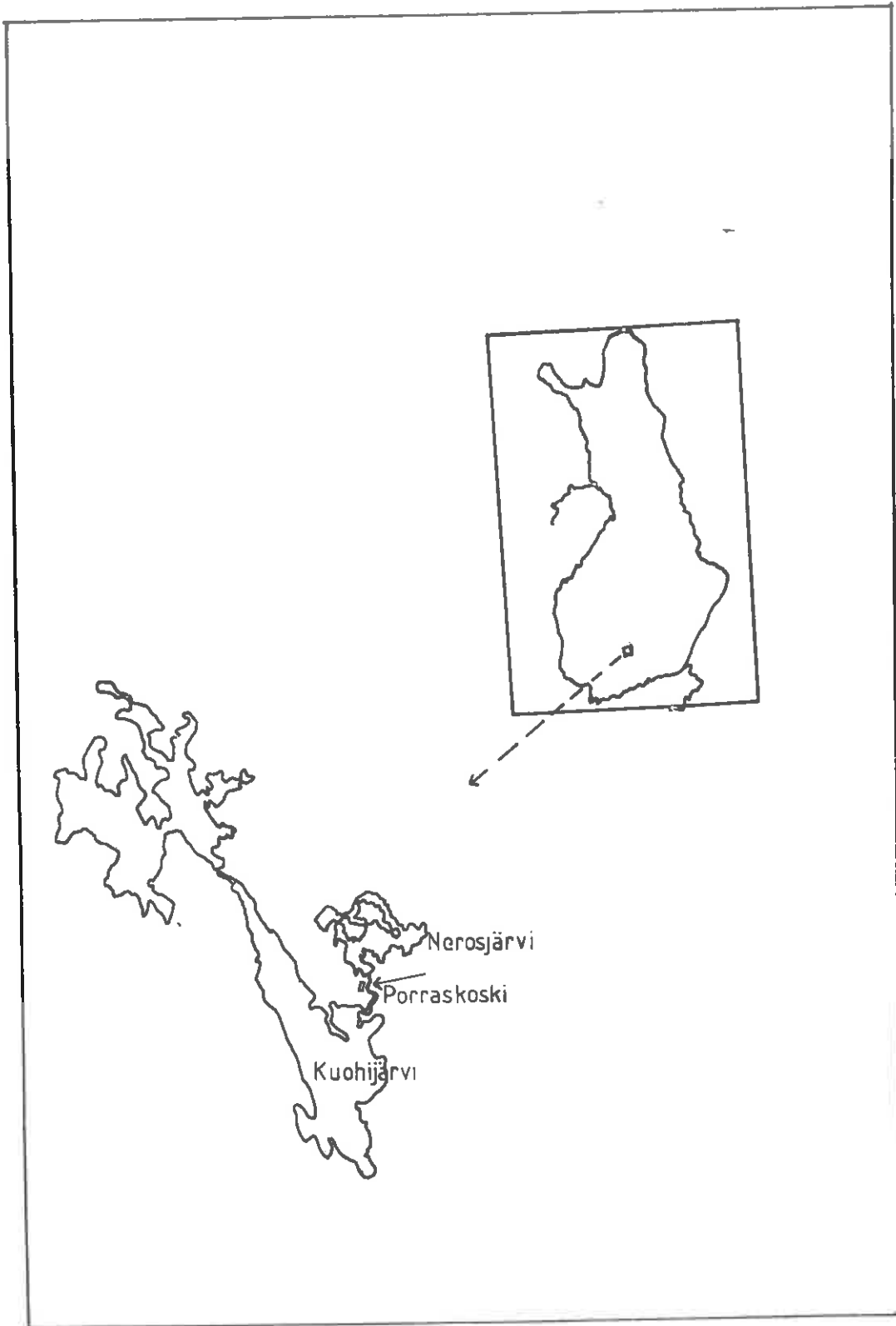
Tutkimus liittyy valtion kalanviljelylaitosten suunnitteluun. Tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää kalanviljelylaitosten poistovesien käsittelyjärjestelmiä suunniteltaessa.

2. Taustatietoja

2.1. Porraskosken koekalanviljelylaitos

Porraskosken koekalanviljelylaitos on rakennettu Nerosjärven lasku-uomassa olevan voimalaitoksen alapuolelle vuonna 1977. Laitoksen tarkoituksena on ollut selvittää Porraskosken kalanviljelylaitoksen suunnittelua ja rakentamista varten sopivia kalanviljelymenetelmiä.

Nykyisen laajuutensa laitos sai vuonna 1982, jolloin allasmäärää lisättiin ja altaat katettiin kevytrakenteisella hallilla ja samalla uusittiin tulovesiputkitus.



Kuva 1. Porraskosken koekalanviljelylaitoksen sijainti.

2.2. Altaat ja vesitys

Koelaitoksessa on 10 kappaletta 7.37 m²:n pyöröaltaita (PUR-SIAINEN 1983) sekä 3 kappaletta 4.0 m²:n neliömäistä allasta. Lisäksi voimalaitoksen sisätiloihin on sijoitettu kolme allasta, jotka eivät ole olleet mukana tässä selvityksessä.

Koelaitos ottaa vetensä Nerosjärven alapuolisesta voimalaitoksen patoaltaasta kahdella muoviputkella (halkaisijat 100 ja 200 mm). Laitoksen käyttämä vesimäärä vaihteli selvitysaikana (4. - 18.08.1983) välillä 26.0 - 30.8 l/s (virtaamista tarkemmin kts. kohta 2.6.).

Laitoksen poistovesi johdetaan takaisin Porraskoskeen, joka laskee edelleen Kuohijärveen.

2.3. Kalat

Laitoksella kasvatetaan merilohen poikasia istukkaiksi ensimmäisen ja toisen kasvukauden ajan. Kasvatettavat kalat ovat Iijoen ja Nevajoen kantaa. Tutkimusajankohdan kalamäärät eri altaissa sekä eräitä muita tietoja on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kalamäärät, kuolleisuus, kasvu, rehukerroin sekä virtaama kalakiloa kohti 4.-18.8.1983 Porraskosken koekalanviljelylaitoksen altaissa.

Allas ¹⁾	Kanta	kaloja 4.8	kpl 18.8	kuol- leisuus kpl %	kaloja 4.8	kg 18.8	kasvu kg	rehu- ker- roin	Q l/min. kg ⁻¹
71	Neva	1864	1853	11	74.2	81.2	7.0	3.8	2.9
72	Neva	1824	1804	20	63.2	65.8	2.6	8.8	3.0
73	Neva	1865	1863	2	68.6	80.7	12.6	1.9	3.0
74	Neva	1834	1832	2	63.8	67.1	3.2	7.1	3.0
75	Iijoki	2181	2131	50	49.5	57.3	7.8	2.2	2.7
76	Iijoki	1650	1600	50	21.3	28.8	7.5	1.1	4.9
77	Iijoki	2140	2108	32	47.7	56.9	9.2	1.9	2.7
78	Iijoki	947	946	1	39.4	51.4	12.0	1.1	2.6
79	Neva	2227	2181	46	50.8	62.8	12.0	1.5	3.0
710	Neva	2164	2088	76	44.8	51.8	7.0	2.5	2.9
yht.				290	523.4	603.7	80.4		
241	Neva	2615	2608	7	4.4	5.1	0.6	6.5	12.1
242	Neva	4432	4401	31	4.0	5.5	1.5	2.7	13.5
243	Neva	4166	3739	427	4.6	5.2	0.6	7.2	13.1
yht.				465	13.0	15.8	2.8		
yht. (koko laitos)					536.4	619.5	83.2		

1) altaiden numerointi käy ilmi liitteenä olevasta laitoksen pohjakaaviosta (Liite 1).

Taulukon 1. tietojen perusteella voidaan laskea, että koko laitoksen kalamäärä tutkimusajankohtana (4. - 18.8.1983) oli keskimäärin 578 kg. Ensimmäisen kasvukauden merilohen poikasten keskipaino tutkimuksen aikana oli keskimäärin 1.4 g ja toisen kasvukauden poikasten vastaavasti 31.5 g. Rehukerroin koko laitokselle oli tutkimusaikana 2.4.

2.4. Rehu

Poikasten ruokintaan käytettiin T. Skrettigin Tess-lohirehua, raekoot 1 - 4. Rehunkulutus ja käytetyn rehun sisältämä fosforimäärä ilmenee taulukosta 2.

Taulukko 2. Porraskosken koekalanviljelylaitoksen rehunkulutus ja rehun sisältämä fosforimäärä 4. - 18.8.1983.

raekoko	määrä kg	kosteus-%	Fosfori- pitoisuus %	fosforia g
1	12.17	8.3	1.27	142
2	4.09	9.8	1.58	58
3	39.30	9.5	1.62	576
4	143.33	10.5	1.34	1719
Yht.	198.62			2495

2.5. Pyörreselkeytin ja turvesuodatin

Laitokselle asennettiin toukokuussa 1983 pyörreselkeytin. Pyörreselkeyttimen malli ja mitoitus on julkaistujen ohjeiden mukainen (NAUKKARINEN & MAKINEN 1982, MAKINEN & SUMARI 1983).

Selkeyttimen halkaisija on 3.0 m ja reunasyvyys 1.0 m. Lietepesän syvyys on lisäksi 1.45 m. Koko selkeyttimen tilavuus on noin 7.7 m³, josta pohjan lietepesä-kartion osuus on 1.3 m³.

Selkeyttimen keskimääräinen teoreettinen viipymä oli tutkimussa aikana 4.5 minuuttia (kts. myös kohta 2.6.).

Selkeyttimen altaan yläosa (suora laita) tehtiin Ruotsista toimitetuista lasikuituelementeistä, alaosa kartioineen valettiin betonista Helsingin vesipiirin toimesta. Selkeyttimen tuloputki on halkaisijaltaan 200 mm:n PVC-putkea, johon on yhdistetty muovinen tulokappale (kts. liite 2.). Tämän poikkileikkaus on suorakaide 20 x 25 cm, jolloin poikkileikkauspinta-ala on 500 cm². Keskimääräisellä virtaamalla sisäänvirtausnopeus on huomattavasti alle mitoitusohjeen mukaisen noin 0.2 m/s, mutta tästä ei havaittu olevan haittaa selkeyttimen toiminnalle.

Selkeyttimen poistoputki on 200 mm:n PVC-putkea (alkupään pystysuora poistosuppilo 250 mm). Poistoputkeen yhdistetyn PEH-muovisen poistokourun halkaisija on 1.95 m. Poistoputki kääntyy pystysuoran osuuden jälkeen vaakasuoraan noin 1.5 m:n syvyydessä ja kulkee betonisen lietekartion seinän lävitse (ks. liite 2) Poistokourussa esiintyy ajoittaista padotusta ilman imeytyessä veden mukaan ja on todennäköistä, että se lisääntyisi haitallisesti jos käytettäisiin mitoitusvirtaamaa (40 l/s). Tässä tapauksessa ilman imeytyminen poistoputkeen tulisi estää.

Lietepesän tyhjentämistä varten on asennettu pesän pohjalta lähtevä 110 mm:n PVC-putki, jonka sijoituksella painekorkeutta on käytettävissä noin 30 - 40 cm. Tutkimusaikana putken "venttiilinä" käytettiin alapäähän kiinnitettyä kääntyvää putkea. Muuna aikana on käytetty lietepesässä olevaa palloa, joka on helppokäyttöinen, mutta vuoti hiukan käytön jälkeen (teräväräinen lietteen laskeminen ei onnistu yhtä hyvin).

Loppukesällä pallo korvattiin nopeatoimisella sulkuventtiilillä lieteputken alapäässä.

Pyörreselkeyttimellä kerätyn lietteen saostamiseen käytettiin rakennushienokalkkia. Tutkimusaikana kalkilla käsitelty liete laskeutettiin muovisaaveissa vuorokauden ajan, muuna aikana kalkki sekoitettiin lietevedeen samalla kun se laskettiin alapuolella olevalle turvesuotimelle. Jälkimmäisessä tapauksessa kalkin käytön tarkoituksena oli epämiellyttävän hajun torjuminen (kalkkistabilointi).

Turvesuodatin oli pinta-alaltaan noin 30 m²:n suuruinen sala-
ojitettu hiikkakenttä, jonka päällä oli turvetta noin 15 m³
(0.5 m). Turpeen päällä oli aluksi suodatinkangas, jolla turvesuodattimen kuormitusta pyrittiin tasaamaan, mutta se tukkeentui jo heinäkuun aikana niin pahoin, että se jouduttiin poistamaan.

2.6. Koekalanviljelylaitoksen hydrauliiikasta

Altaiden ja selkeyttimen hydrauliiikkaa selvitettiin merkkiainemittauksin (kts. kohta 3.2.). Eri altaiden hydrauliiikan yksityiskohtiin ei tässä yhteydessä puututa. Taulukossa 3. on esitetty koelaitoksen kaikkien altaiden, selkeyttimen sekä näiden yhdessä muodostaman kokonaisuuden viipymät.

Taulukko 3. Porraskosken koekalanviljelylaitoksen viipymät (minuuttia) tutkimusaikana (4. - 18.8.1983).

	lyhyin viipymä	"todellinen" 1) viipymä	teoreettinen viipymä	pisin viipymä
Altaat	3.5	5.5 - 6.0	11 - 14	25.5
Selkeytin	0.58	1.75	4.5	33.5
Altaat ja selkeytin yhdessä	3.5	9.0 - 10.75		66

- 1) todennäköisin viipymä merkkiainekäyrällä
(vrt. BURROUGHS & CHENOWETH 1955)

Koekalanviljelylaitoksen virtaamat tutkimuksen aikana on esitetty taulukossa 4. ja mitatut virtausnopeudet laitoksen eri osissa taulukossa 5.

Taulukko 4. Porraskosken koekalanviljelylaitoksen kokonaisvirtaama 4. - 18.8.1983.

pvm	virtaama l/s
4. - 07.8.1984	28.8
8. - 09.8.1984	26.0
10. - 14.8.1984	28.0
15. - 17.8.1984	28.3
18.8.1984	30.8

Taulukko 5. Porraskosken koekalanviljelylaitos, virtausnopeudet
(cm/s) 5. ja 13.8.1983

mittauskohta	virtausnopeus cm/s	
	5.8.	13.8.
allas 71 1)	46	46
" 72	15	15
" 73	15	15
" 74	44	45
" 75	22	22
" 76	22	23
" 77	28	27
" 78	28	30
" 79	25	25
" 710	24	24
" 241	06	06
" 242	06	07
" 243	06	07
selkeytin 1)	62	65
poistokouru 2)		
vasen	68	65
oikea	35	36

1) Veden pyörimisliikkeen keskimääräinen nopeus pinnassa.

2) Poistokourujen sijainti ilmenee liitteestä 2.

Altaiden yhteinen vesitilavuus oli tutkimusaikana noin 23.2 m³ ja pinta-ala 86 m².

Fyöröaltaissa ja selkeyttimessä havaittiin tyypillinen virtausmalli, joka aikaansaa altaan jatkuvan puhdistumisen lietteestä (virtausmallista, kts. MAKINEN 1983).

3. Menetelmät

3.1. Yleistä

Tutkimus suoritettiin 4. - 18.8.1983, turvesuodattimen toimivuuden tutkimiseksi on näytteitä otettu myös 28.9.1983.

Rehun kulutusta seurattiin tutkimusaikana päivittäin mittamalla rehuautomaattien sisältämän rehun tilavuus ja muuntamalla automaattien annosteleva rehumäärä mitatulla tilavuus/paino -suhteella ruokitun rehun painomääräksi.

Kalojen kuolleisuutta ja kasvua seurattiin tutkimusjakson alun ja lopun laskennalla ja otospunnituksella (n = 100). Punnitus tehtiin vesipunnituksena haavissa hetken valutetuista kaloista. Tulokset tutkimuksen ajalta on esitetty kohdassa 2.3. taulukossa 1.

Altaiden ja muun laitoksen virtaamat selvitettiin astiamittauksin. Viipymän ja altaiden hydraulisen purkukäyrän selvittämiseksi tehtiin sarja merkkiainemittauksia. Merkkiaineena käytettiin merisuolaa ja detektorina johtokykymittaria, jonka lukema luettiin manuaalisesti mittausjakson alussa 15 sekunnin ja myöhemmin 30 sekunnin välein.

3.2. Vesi- ja lietenäytteiden otto

Laitokselle tulevasta ja pyörreselkeyttimestä lähtevästä vedestä kerättiin tutkimusaikana (4. - 18.8.1983) kokoomanäytteet.

Kokoomanäyte koottiin tunnin välein ajalla klo 8.00 - 21.00. Tulovesinäyte otettiin joka neljäs päivä ja selkeyttimestä lähtevän veden kokoomanäyte joka päivä. Kerran viikossa koottiin altaiden pesun aikana kokoomanäyte selkeyttimestä lähtevästä vedestä ("pesuvesinäyte"). Kaikki vesinäytteet pakastettiin, fosforimääritystä varten kestävästi rikkihapolla

125 ml:n suuruinen näyte hiostulpallisiin lasipulloihin. Yöaikaisten pitoisuuksien selvittämiseksi otettiin 14.8.1983 klo 3.00 kertaanäyte selkeyttimestä lähtevästä vedestä.

Liete tyhjennettiin kerran vuorokaudessa pyörreselkeyttimen lietesäiliöstä kääntämällä säiliöön yhdistetyn putken päässä oleva kääntyvä pystyputki alaspäin ja laskemalla liete ja lietevesi muovisaaveihin. Tutkimusjakson alussa (4.8.1983) käytettiin vain kahta saavia (a' 70 l), mutta lietemäärän lisääntyttyä oli 18.8.1983 käytössä neljä saavia. Vettä juok-
sutettiin hetken aikaa ohi saavin ja vasta lietevirtauksen alkaessa se ohjattiin saaviin. Ohijuoksutetusta vedestä kerättiin kullakin kerralla kokoomanäyte, jotka yhdistettiin yhdeksi kokoomanäytteeksi ja pakastettiin analysointia varten.

Saaveihin lasketusta lietevedestä määritettiin muutamia kertoja "välitön laskeuma-arvo" ottamalla lieteveettä heti saaveihin laskemisen ja sekoituksen jälkeen kaksi 1 litran näytettä Imhoff-kartioihin laskeutumaan. Laskeuma luettiin kahden tunnin laskeutuksen jälkeen kartion asteikolta. Saaveissa olevaan lieteveeteen annosteltiin Ca(OH)_2 (rakennushienokalkkia) noin 1 - 2 kg/m³ ja sekoituksen jälkeen saavien annettiin seistä vuorokauden ajan. Vuorokauden laskeutuksen jälkeen päälläoleva selkeytynyt vesi (rejekti) kaadettiin varovasti pois ja siitä kerättiin kokoomanäyte. Pohjalle laskeutuneen lietteen tilavuus mitattiin ja sekoituksen jälkeen siitä otettiin kaksi litran näytettä Imhoff-kartioihin. Puolen tunnin kuluttua luettiin laskeuma-arvot ja otettiin lietteestä kaksi 200 ml:n näytettä haihdutusmaljoihin. Näytteitä kuivattiin yksi vuorokausi 105 °C:ssa.

3.3. Analyysimenetelmät

Käytetyt analyysimenetelmät olivat vesihallituksen mukaiset (Anon. 1980). Kaikki analyysit tehtiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen laboratoriossa.

4. Tulokset

4.1. Rehun kulutus ja kalojen kasvu

Rehun kulutus käy ilmi taulukosta 2. Yhteensä käytettiin 198.6 kg kuivarehua ja 4.5 kg jauhettua maksaa. Kalojen kasvu tutkimusaikana oli yhteensä 83.1 kg ja rehukerroin koko laitokselle 4. - 18.8.1983, 2.4. (taulukko 1.). Melko huono kasvutulos tutkimusaikana on todennäköisesti johtunut kasvatusveden korkeasta lämpötilasta ja kahden altaan erityisen huonosta tuloksesta. Tutkimusjakson alkupuolella veden lämpötila oli keskimäärin 21 - 22 °C, loppupuolella se laski 17 - 18 °C:een.

4.2. Lietteen laatu ja määrä

4.2.1. Liettevesi

Lietteen ja veden seoksen määrä riippui käytettyjen saavien tilavuudesta (yhteensä 140 - 280 l/vrk). Kirkasta vettä päästettiin ohi ennen lietteen talteenottoa noin 30 l/vrk ajalla 4. - 12.8. Tämän jälkeen tämän veden määrä pieneni lietteen pakkautuessa alemmas poistoputkeen. Määrät olivat seuraavan taulukon mukaiset:

Taulukko 6. Liettesaavien ohi lasketun lieteveden määrät
"kirkas vesi"

4. - 12.8.	noin	30 l/vrk
13.8.	"	25 "
14.8.	"	0 "
15.8.	"	10 "
16.8	"	10 "
17.8.	"	20 "
18.8.	"	15 "

Tämän veden fosforipitoisuus oli kokoomanäytteen perusteella keskimäärin 9.9 mg/l. Koko ohilaskettu vesimäärä sisälsi fosforia tutkimusaikana näin ollen 3.5 g.

Lietevedestä (rejekti) otettiin kokoomanäyte päivittäin laskeutuksen jälkeen saaveja tyhjennettäessä. Lieteveden kokonaisfosforipitoisuus vaihteli välillä 1.5 - 4.4 mg/l. Lieteveden sisältämä fosforin kokonaismäärä tutkimusaikana oli näin ollen 9.9 g. Rejektiveden noin kahta kolmannesta pienemmät pitoisuudet verrattuna ohijuoksutetun veden pitoisuuteen johtuu kalkin käytöstä saostuskemikaalina.

4.2.2. Kalkkisaostettu liete

Koelaitoksen päivittäinen rehunkulutus ja lietteen määrää ja sen laatua kuvaavia muuttujia on koottu taulukkoon 7.

Taulukko 7. Päivittäinen rehunkulutus lietteen määrä ja laatu

Pvm	Rehun- kulu- tus kg	Liete- vettä l	Kalkki- annos- telu kg/m ³	Laskeu- tunut liete l	Laskeuma ml/1000 ml lie- te- vesi	Liet- teen kuiva- aine g/l	Fosfori- pitoisuus mg/g kuiva- ainetta
4.8.	5.14	140	1.0	9.0	543	91.4	36.1
5.8.	5.24	140	1.0	25.0	16 273	36.6	30.1
6.8.	6.12	140	1.0	28.0	325	88.3	38.5
7.8.	6.73	140	1.0	16.0	638	107.5	52.8
8.8.	6.73	140	1.0	24.0	413	75.7	45.7
9.8.	9.68	140	1.0	25.0	21 550	79.6	45.3
10.8.	10.34	140	1.0	28.0	490	108.9	43.0
11.8.	22.37	210	1.0	32.0	78 825	124.8	41.3
12.8.	21.27	280	1.5	37.0	715	125.5	32.9
13.8.	23.39	280	1.7	38.0	18 775	136.7	32.4
14.8.	16.23	280	1.9	43.0	36 790	103.9	28.6
15.8.	17.79	280	2.1	45.0	33 570	72.8	22.2
16.8.	14.71	280	2.3	47.0	498	79.3	22.1
17.8.	20.00	280	2.3	48.0	38 788	101.0	25.9
18.8.	18.12	280	2.3	40.0	965	115.1	32.8
Keskiarvo				34.3	610	96.5	35.5

- 1) Lietteveden laskeuma, laskeutusaika 2 h, mitattu imhoff-kartiassa.
- 2) Lietteiden laskeuma (vuorokauden laskeutunut liete), laskeutusaika 0.5 h, mitattu imhoff-kartiassa.

Lietteiden määrä ja sen fosforipitoisuus ovat kutakuinkin samaa suuruusluokkaa aikaisempien tuoreen kalanviljelylietteiden havaintojen kanssa (SELÄNNE et al. 1983, ESKELINEN 1983).

Pyörreselkeyttimeen kertyi tuorelietettä 2.5 l käytettyä rehukiloa kohti. Tämän lietteen vesipitoisuus oli vuorokauden laskeutuksen jälkeen 94 %. Märkälietteen lietteen laskeumarvolla korjattu määrä oli 1.5 l/kg käytettyä rehua. Tämän lietteen vesipitoisuus oli keskimäärin 90.4 % ja kuiva-ainepitoisuus keskimäärin 96.5 g/l, mikä merkitsee 161 g kuiva-ainetta käytettyä rehukiloa kohti. Lietteessä fosforipitoisuus oli keskimäärin 35.5 mg/g kuiva-ainetta ja hehkutusjäännös yhdistetystä kokoomänäytteestä analysoituna 35.2 %. Hehkutusjäännöksen korkea arvo johtunee osittain lietteen sisältämästä kalkista (noin 1 - 2 % tuorelietteestä ja noin 5 - 15 % kuiva-aineesta). Lietteeseen lisätty kalkki ei valmistajan ilmoituksen mukaan sisällä juuri lainkaan fosforia.

Lietteessä sisältämä fosforin kokonaismäärä oli 5.3 g fosforia käytettyä rehukiloa kohti. Lietteeseen sisältynyt fosforimäärä oli tutkimusaikana yhteensä 1053.2 g. Lietteessä kokonaiskuiva-ainemäärä oli vastaavasti 31.7 kg.

4.3. Tulo-, poisto- ja pesuvesi

Koekalanviljelylaitoksen tuloveden fosforipitoisuus oli keskimäärin 16 µg/l. Selkeyttimestä poistuvan veden pitoisuus keskimäärin 45 µg/l ja "pesuv veden" (altaiden pesun aikainen kokoomänäyte selkeyttimestä lähtevästä vedestä) 72 µg/l.

Koekalanviljelylaitoksen fosforikuormitus oli tutkimusaikana yhteensä 1233.2 g. Tästä määrästä 185.9 g eli 15 % oli pesuvesiin sisältynyttä.

4.4. Turvesuodatin

Turvesuodattimen läpivaluva lietevesi sisälsi 3.8.1983 otetussa näytteessä 1.4 mg/l fosforia ja 28.9.1983 otetussa näytteessä 0.9 mg/l fosforia. Suodatin on toiminut lähinnä kalkkisaostetun lietteen mekaanisena suodattimena. Läpivaluneen veden fosforipitoisuudet ovat kalkin käyttö huomioon

ottaen varsin korkeita. Tulos olisi parempi, jos selkeytetty lietevesi olisi käsitelty erikseen ja laskeutetulle lietteelle olisi ollut oma erillinen kuivauslava, josta valuva vähäinen vesimäärä ei pääsisi lainkaan sellaisenaan vesistöön. Kalkkistabiloitu liete voidaan toimittaa myös suoraan maanparannuskäyttöön pelloille.

4.5. Ainetase

Taulukkoon 8. on laskettu tutkimusjakson aikainen koekalanviljelylaitoksen fosforitase.

Taulukko 8. Fosforin ainetase Porraskosken koekalanviljelylaitoksella 4. - 18.8.1983.

	Fosforia	
	g	%
Rehun sisältämä	2 511.4	100.0
Kalojen lisäkasvun sisältämä	353.0	13.4
Lietteen ja lieteveden sisältämä	1 066.6	42.5
Poistoveden sisältämä	1 233.2	46.7
(josta pesuvesiin sisältyi	185.9	7.0)
Virhe	141.4	5.6

5. Tulosten tarkastelu

Käsillä oleva tutkimus on ensimmäinen koko kalanviljelylaitoksen mittakaavassa tehty ainetasetarkastelu lietteen erotelun kuormitusta pienentävistä vaikutuksista. Tulosten yleistettävyyttä heikentää kalojen huono kasvu juuri kyseisenä aikana (4. - 18.8.1983). Myös seurantajakson lyhyys heikentäne tulosten luotettavuutta koko kasvukautta ajatellen.

Fosforin ainetaseen tarkkuutta on laitosmittakaavaisessa selvityksessä pidettävä melko hyvänä (virhe + 5.6 %). Mikäli lietteen jatkokäsittely on kokeessa käytetyn kaltainen (kalkkisaostus ja laskeutus ja jatkokuivaus sekä toimitus viljelykäyttöön maanparannusaineeksi) voidaan kuormituksen pienentymisen olettaa olevan tuloksen mukainen 46 % (lietteen sisältämän fosforin osuus, kun kaloihin sitoutunut osa on ensin vähennetty). Mikäli liete käsitellään muulla tavoin, on otettava huomioon jatkokäsittelystä mahdollisesti vesistöön karkeavat ravinteet. Neljänkymmenen prosentin osuus rehun sisältämästä fosforista merkitsisi tavanomaisessa tilanteessa, jossa rehukerroin on parempi ja kaloihin sitoutunut osuus on suurempi, 60 - 70 %:n fosforikuormituksen pienentymistä.

Pesuvesien osuuden arviointi perustuu neljään kokoomanäytteeseen. Näiden perusteella pesuvesien osuus koko kuormituksesta olisi 15 %.

Lietteen erotteluratkaisuja suunniteltaessa voidaan tämän selvityksen perusteella käyttää seuraavia arvoja:

- 2.5 l tuorelietettä/käytetty rehukilo
- 1.5 l laskeutettua lietettä/rehukilo ja
- 150 g lietteen kuivapainoa/rehukilo

Rehun käyttö näyttää ennustavan melko luotettavasti päivittäisen lietteen kuiva-ainemäärän ($r = 83 \%$). Tuorelietteen tiheys sen sijaan vaihtelee huomattavasti suurempien lietemäärien pakkautuessa tiukempaan lietesäiliössä tms. vastaavista syistä. Siksi tuorelietteen määrän ja päivittäisen rehunkäytön väliset korrelaatiot olivat heikompia ($r = 57 \%$ ja $r = 78 \%$). Lineaarinen regressio-suora lietteen kuiva-ainemäärän laskemiseksi päivittäin käytetystä rehumäärästä oli tässä aineistossa:

$$\text{lietteen kuiva-aine kg/vrk} = - 0.6 + 0.2X$$

$$X = \text{rehunkulutus vuorokaudessa kg}$$

Johtopäätöksenä koko selvityksestä voidaan tiivistetysti esittää, että pyörreselkeytin yhdistettynä itsepuhdistuviin pyöröaltaisiin ja lietteen jatkokäsittely (laskeutus + kemikalointi) on osoittautunut toimivaksi ja tehokkaaksi vesien-suojeluratkaisuksi istukaspoikasia viljelevälle kalanviljelylaitokselle. Verrattuna altaiden käyttämiseen lietteen kokoaamiseen (SELÄNNE & LINDGREN 1984) näyttää pyörreselkeytin jonkin verran tehokkaammalta ja luotettavammalta ratkaisulta.

Seuraavassa esitetään esimerkkilaskelma tämän selvityksen tulosten pohjalta:

Taulukko 9. Esimerkkilaskelma: Fosforikuormitus puhdistustoimenpiteiden jälkeen, kun rehunkäyttö on 10 000 kg/v.

- laitoksen rehunkäyttö		10 000 kg/v
- fosforia rehussa 1.0 %	(100.0 %)	100 kg/v
- kalojen lisäkasvu		5 500 kg/v
- rehukerroin		1.8
- kalojen lisäkasvuun sitoutuu fosforia		
(0.35 % x 5 500 kg/v)	(20.0 %)	19.25 kg
- lietteen ja lieteveden fosfori	(40 %)	40.00 kg
- poistoveden sisältämä fosfori	(30 %)	30.00 kg
- pesuvesien sisältämä fosfori	(10 %)	10.00 kg

Mikäli kaloihin sitoutuu fosforia 20 % ja lietteenerottelulla saadaan talteen 40 % rehun fosforista, pääsee 40 % rehun sisältämästä fosforista vesistöön.

6. Yhteenveto

Tutkimuksessa selvitettiin pyörreselkeyttimen tehoa ja toimivuutta Porraskosken koekalanviljelylaitoksen yhteydessä.

Selkeyttimellä kerätyn lietteen sisältämä osuus rehun sisältämästä fosforista oli noin neljäkymmentä prosenttia. Tuorelietettä kertyi noin 2.5 litraa ja laskeutettua lietettä noin 1.5 litraa käytettyä rehukiloa kohti. Lietteiden kuiva-aineenä tämä merkitsee noin 150 g käytettyä rehukiloa kohti. Mikäli kaloihin sitoutunut osuus rehun sisältämästä fosforista olisi ollut tavanomainen (noin kolmannes) havaitun 13 prosentin sijasta, merkitsisi neljänkymmenen prosentin osuus rehun sisältämästä fosforista huomattavan suurta fosforikuormituksen pienentymistä lietteiden erottelun seurauksena.

Pesuvesien osuus kokonaiskuormituksesta näyttäisi itsepuhdistuvilla altailla olevan tämän selvityksen mukaan noin 15 %.

Johtopäätöksenä koko tutkimuksesta voidaan esittää, että pyörreselkeyttimen yhdistettynä itsepuhdistuviin pyöröaltaisiin ja lietteiden jatkokäsittely (laskeutus + kemikalointi) on osoittautunut toimivaksi ja tehokkaaksi vesiensuojeluratkaisuksi istukaspoikasia viljelevälle kalanviljelylaitokselle.

7. Kiitokset

Tämän työn valmistumiseen ovat myötävaikuttaneet Porraskosken kalanviljelylaitoksen ja Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen henkilökunta. Erityisen kiitoksen haluan osoittaa Päivi Eskeliselle, joka on vastannut laboratorio-analyyseistä, Markku Pursiaiselle ja Jorma Janatuiselle jotka ovat lukeneet käsikirjoituksen ja esittäneet tarpeellisia korjauksia, sekä Tapio Koistinaholle, joka vaivojaan säästämättä vastasi kaksiviikkoisen, intensiivisen näytteenotto- ja seurantajakson kenttätöistä.

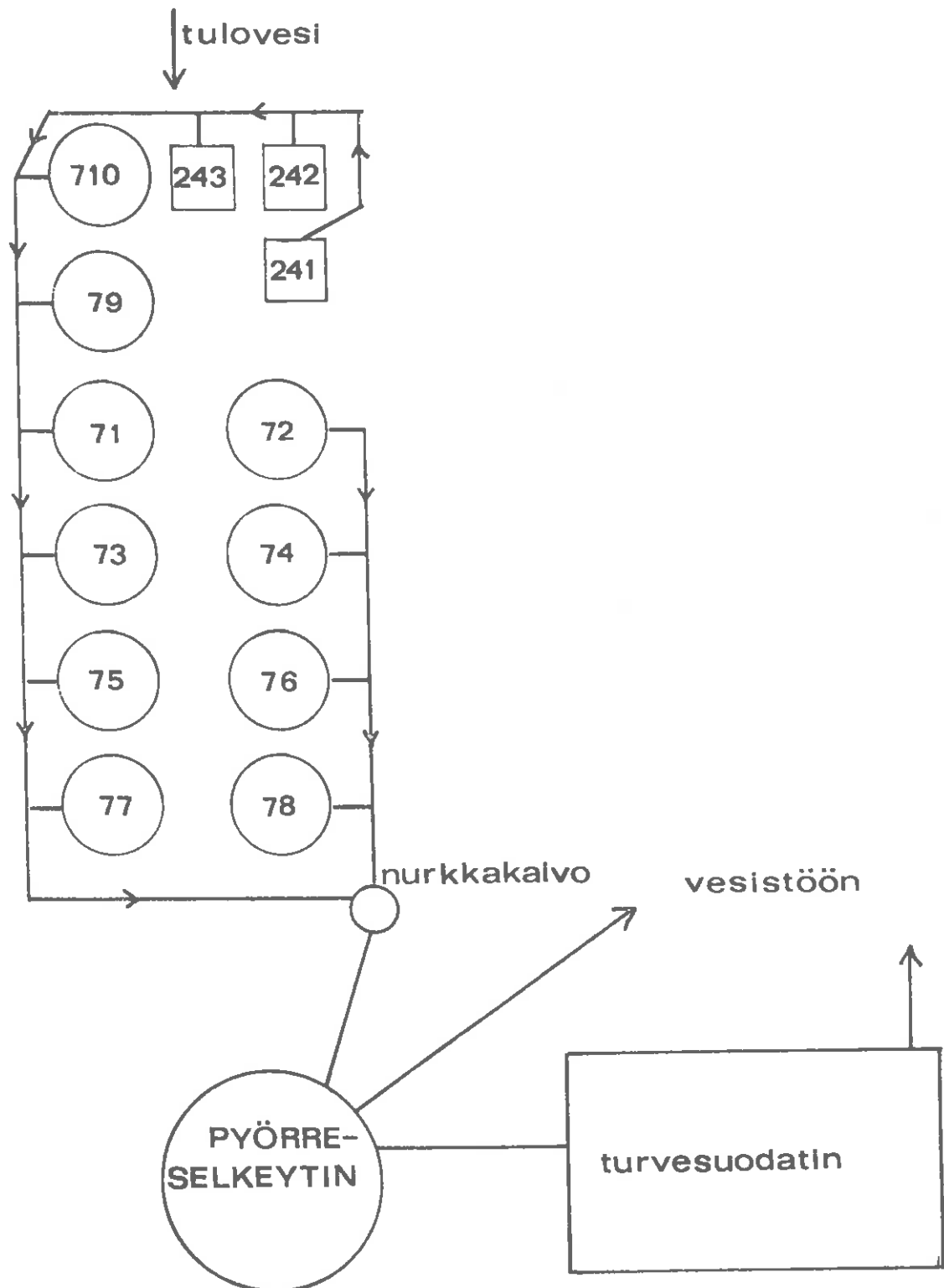
8. Kirjallisuus

- ANONYYMI 1980. Vesihallituksen käyttämät analyysimenetelmät.
 - Vesihallitus, tiedote 213.
- BURROUGHS, R. E. & CHENOWETH, H. H. 1955. Evaluation of three
 types of fish rearing ponds.
 - Fish and wildlife service, U.S. Dep. of int.
 Research report 39, 29 pp.
- ESKELINEN, P. 1983. Fosforin ainetase kirjolohella neljällä
 erilaisella rehulla.
 - Esitelmä Kuopiossa vesitutkimuspäivillä
 13.10.1983.
- MAKINEN, T. 1983. Kalanviljelyn kuormituksen vähentäminen,
 lietteen erottelu ja lieteveden jatkokäsittely.
 - Esitelmä INSKO Ry:n koulutustilaisuudessa
 "Kalanviljelylaitosten tekninen suunnittelu ja
 rakentaminen" 8. - 9.12.1983, 24 s.
- MAKINEN, T. & NAUKKARINEN, M. 1982. Mallitutkimus pyörre-
 selkeyttimen soveltuvuudesta kalanviljelyn pois-
 tovesien käsittelyyn.
 - Vesihallituksen monistesarja 1982: 128, 41 s.
- MAKINEN, T. & SUMARI, O. 1983. Guidelines on pollution problems
 from fish farming activities. Report on suspen-
 ded solids - finnish contribution.
 - EIFAC workshop on fish farm effluents, 19 pp.
- PURSIAINEN, M. 1983. Porraskosken koekalanviljelylaitoksella
 kehitetyn 7 m²:n pyöröaltaan toiminnasta.
 - Moniste, 12 s.

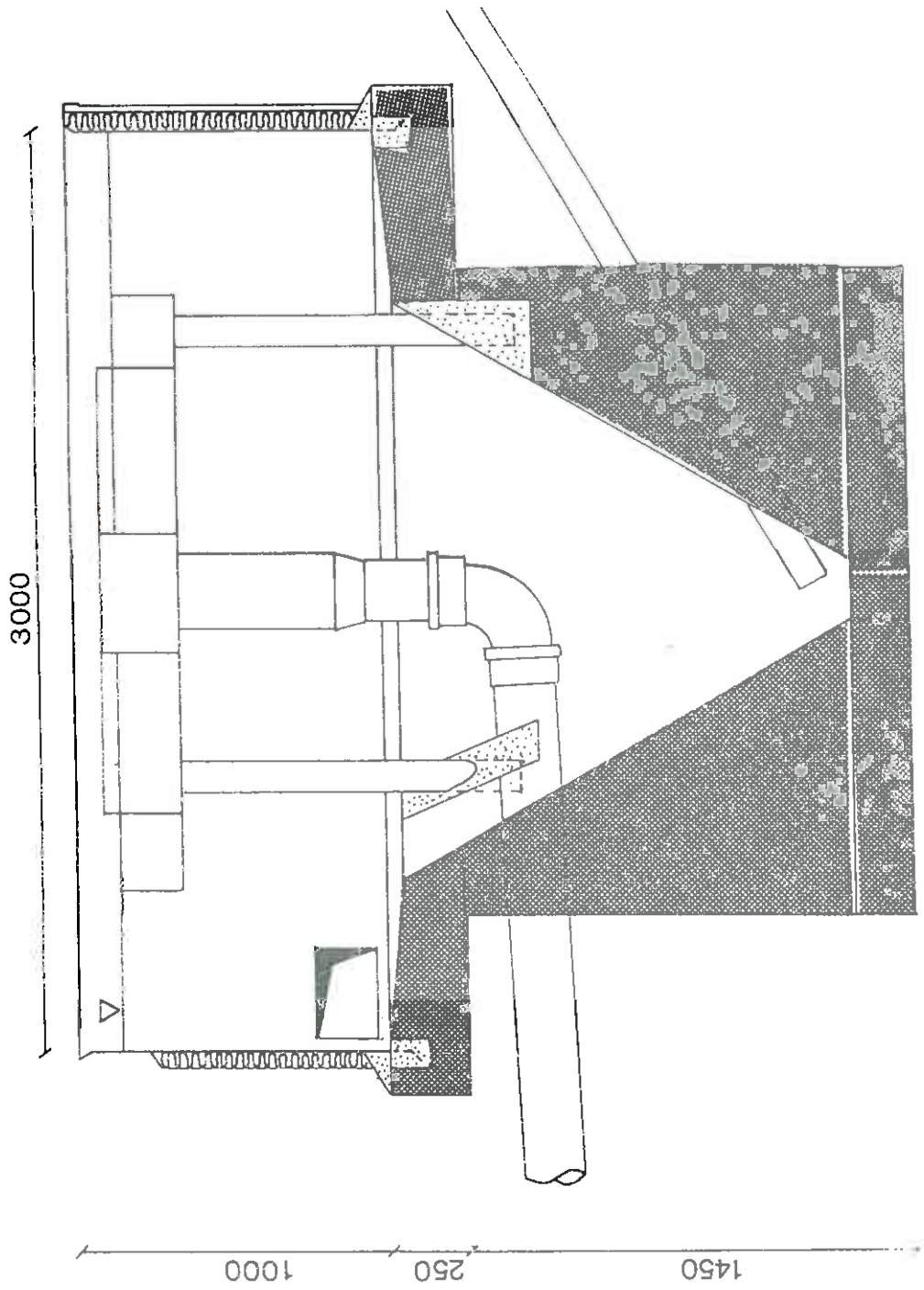
SELÄNNE, A., MÄKINEN, T. & HELKIO, R. 1983. Kalankasvatusliete
ja sen jatkokäsittely.

- Vesihallituksen monistesarja 1983: 173, 100 s.

VARO, P. 1980. Kivennäisainetaulukot, Otava.



Liite 1. Porraskosken koekalanviljelylaitoksen pohjakaavio ja altaiden numerointi.



Liite 2. Porraskosken koekalanviljelylaitoksen pyörreselkeyttimen kaaviokuva.

LIETTEEN KERAANTYMINEN JA HYDRAULISET OMINAISUUDET KOLMELLA
KOEALTAALLA SAVON TAIMEN OY:N KALANVILJELYLAITOKSELLA 1983

Timo Mäkinen

1. Johdanto

Kalanviljelyn ravinnekuormitukseen on viime vuosina kiinnitetty kasvavaa huomiota. Kuormituksen vähentämiseksi on tehty selvityksiä käytettyjen rehujen kehittämiseksi ja syntyvän lietteen erottelemiseksi (SELÄNNE et al. 1983, ESKELINEN 1983, MAKINEN 1984). Tehdyissä selvityksissä on rehun laadun havaittu olevan ratkaisevan tärkeä kuormituksen kannalta. Lietteiden erottelulla on myös mahdollista pienentää kuormitusta. Lietteiden erottelussa on tehdyillä selvityksillä osoitettu, että itsepuhdistuvat pyöröaltaat ja pyörreselkeytin ovat toimivia ratkaisuja (MAKINEN & NAUKKARINEN 1982, MAKINEN 1984). Muunlaisiin altaisiin on myös kehitetty lietteenkeräilytekniikkaa (SUMARI et al. 1982, SELÄNNE & LINDGREN 1984, HELKIO 1984). Ongelmaksi on näissä yleensä osoittautunut lietteiden saaminen pois riittävän tuoreena.

Savon Taimen Oy rakensi vuonna 1983 sarjan maaoma-altaita lohen poikaskasvatusta varten. Altaat otettiin Hanka-Taimen Oy:n käyttöön Iijoen lohenpoikasten toisen kesän kasvatukseen. Maaoma-altaiden lisäksi rakennettiin kaksi insinööri Markku Karjalaisen suunnittelemaa betonielementeistä koottua koeallasta. Kaikkiin altaisiin sijoitettiin lietekaivo ja tyhjennys-imuputki. Laukaan keskuskalanviljelylaitos toteutti syyskuussa 1983 kahden viikon pituisen näytteenotto-ohjelman, jonka tarkoituksena oli selvittää altaiden ominaisuuksia lietteenerottelun kannalta.

2. Aineisto ja menetelmät

Tutkittavat altaat sijaitsevat Savon Taimen Oy:n laitosalueen kaakkoiskulmassa. Yksi altaista (n:o 151) on tavanomainen sorapohjainen maa-uoma-allas. Allas n:o 152 on betonielementeistä juotosbetonilla koottu uoma-allas ja allas n:o 153 samalla tavoin rakennettu pyöröallas. Kaikissa altaissa on halkaisijaltaan 0.8 m:n betonirenkaasta tehty lietekaivo, jonka pohjalta lähtee 100 mm:n PEH-muovinen lieteputki.

Uoma-altaissa lieteputki on sijoitettu noin 2.0 m:n päähän poistomunkista uoman keskelle ja pyöröaltaassa noin 0.6 m:n päähän altaan keskustasta. Tarkemmin altaiden rakenne ilmenee kuvista 1. - 3.

Altaiden hydraulikan selvittämistä varten tehtiin kustakin koealtaasta suolaa merkkiaineena ja johtokykymittaria detektorina käyttäen hydraulisen purkukäyrän, "merkkiainekäyrän" mittaus (vrt. BURROWS & CHENOWETH 1955). Mittaus rekisteröitiin piirturin avulla.

Vesinäytteistä analysoitiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen laboratoriossa kiintoaine- ja fosforipitoisuudet. Liete- ja rehunäytteistä analysoitiin kuiva-aine ja fosforipitoisuudet sekä hehkutusjäännös. Analyysimenetelmät ovat vesihallituksen käyttämien analyysimenetelmien mukaiset (ANONYYMI 1980).

3. Tulokset

Altaiden kalamäärät, rehunkulutus ja rehukerroin olivat seuraavat (taulukko i.).

Taulukko 1. Altainen kalamäärät, rehunkulutus ja rehukerroin.

		allas		
		151	152	153
kalaa kg	13.9.83	285.5	298.9	258.2
kalaa kg	27.9.83	312.4	369.6	290.9
	kasvu kg	26.9	70.7	32.7
	rehunkulutus kg	40.32	43.46	31.25
	rehukerroin	1.5	0.6	1.0

Lietemäärät ja rehunkulutus kuillakin lietekaivojen tyhjennyskerralla on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Rehunkulutus ja lietemäärät.

pvm	vuorokautta	allas	rehunkulutus kg		
			151	152	153
13.9.	1		5.28	4.40	2.65
14.9.	1		4.43	3.85	2.15
19.9.	5		10.19	12.47	10.21
26.9.	7		20.42	22.74	16.24
yhteensä			40.32	43.46	31.25

			lietettä l		
13.9.	1		12.8	11.2	0.35
14.9.	1		7.2	3.1	1.2
19.9.	5		17.4	21.6	0.73
26.9.	7		8.7	10.9	0.2
yhteensä			46.1	46.8	2.5

			lietteen kuivapaino g		
13.9.	1		2016	1229	36.5
14.9.	1		1516	431	206
19.9.	5		4230	1523	245
26.9.	7		2089	1319	79
yhteensä			9851	4502	566.5

Lietteen kuiva-ainepitoisuus ja hehkutusjäännös on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Lietteen kuiva-ainepitoisuus ja hehkutusjäännös.

pvm	allas	kuiva-aine g/l		
		151	152	153
13.9.		157.5	109.7	104.4
14.9.		210.5	139.0	171.5
19.9.		243.1	70.5	338.4
26.9.		240.1	121.0	369.1

	hehkutusjäännös %		
13.9.	63.0	40.9	12.9
14.9.	69.9	40.6	28.4
19.9.	79.1	39.2	71.9
26.9.	74.8	43.4	89.5

Altaissa on betonirakenteiset tulo- ja poistomunkit. Altaiden vesitys tapahtuu avokanavien kautta. Keskiveden korkeudella altaiden syvyys on noin 1.25 m, mutta tutkimusaikana 13. - 26.9. vallinneen vedenkorkeuden aikana syvyys oli vain noin 0.6 m. Altaiden tilavuudet olivat tutkimusaikana seuraavat:

allas n:o 151	50.4 m ³
allas n:o 152	48.6 m ³
allas n:o 153	34.0 m ³

Altaiden virtaamat olivat tutkimusaikana Markku Karjalaisen suorittamien siivikkomittauksien mukaan seuraavat:

allas n:o 151	12.3 l/s
allas n:o 152	11.7 l/s
allas n:o 153	12.7 l/s

Altaiden kalamäärien selvittämiseksi punnittiin kustakin altaasta koejakson (13. - 26.9.1983) aikana ja lopussa 200 kalan otos vesipunnituksella. Altaiden kaikki kalat laskettiin ja punnittiin lajittelun yhteydessä koejakson jälkeen (29.9.). Kalojen fosforipitoisuuden arvona on tässä selvityksessä käytetty 0.425 % tuorepainosta.

Ruokinta tapahtui koejakson aikana käsiruokintana noin seitsemän kertaa päivässä. Käytetystä rehusta otettiin näyte fosforianalyysiä varten. Koejakson aikana ruokitun rehun määrä punnittiin päivittäin. Kala- ja rehupunnitukset tehtiin Savon Taimen Oy:n toimesta. Altaiden tulo- ja poistovedestä kerättiin kokoomanäyte kolmen tunnin välein viisi kertaa koejakson aikana. Näytteenottopäivämäärät käyvät ilmi liitetäulukosta 1.

Altaiden lietekaivoon kertynyt liete tyhjennettiin pumppamalla ennen koejakson alkua 12.9.1983. Lietekaivoihin kertynyt liete pumpattiin sitten 13.9., 14.9., 19.9. ja 26.9. upopumpulla kustakin altaasta kahteen 150 litran saaviin. Saaveissa lietevedeen sekoitettiin alumiinisulfaattia ($Al (SO_4)_3$) noin 0.5 dl/100 l eli noin puoli kilogrammaa/ m^3 . Vuorokauden laskeutuksen jälkeen selkeytynyt vesi kaadettiin varovasti pois ja siitä otettiin kokoomanäyte. Pohjalle laskeutuneen lietteen tilavuus mitattiin ja siitä otettiin yhden litran näyte Imhoff-kartiocn laskeutumaan. Puolen tunnin jälkeen laskeuma-arvo luettiin kartion asteikolta ja laskeutuneesta lietteestä otettiin 175 ml:n suuruinen näyte, jota kuivatettiin laboratoriossa 105 °C:ssa vuorokausi. Lietteen fosforipitoisuudet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Lietteeseen kokonaisfosfori mg/g kuiva-ainetta
(suluissa olevat pitoisuudet on alalysoitu
lietteestä, josta ensin eroteltiin hiekka pois).

pvm	allas	Kokonaisfosfori mg/g kuiva-ainetta		
		151	152	153
13.9.		4.7	7.0 (26.6)	6.5
14.9.		4.4 (36.4)	7.1	6.4
19.9.		4.2 (24.5)	6.8	4.1
26.9.		3.2	6.5	3.0

Kullekin altaalle koko koeajalle (13. - 26.9.1983) laskettu fosforin ainetase on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Koealtaiden fosforitase 13. - 26.9.1983.
(tuloveden pitoisuus vähennetty)

allas	fosfori					
	151		152		153	
	g	%	g	%	g	%
Käyt. rehun sisältämä	439.1	100.0	473.2	100.0	340.0	100.0
kalojen lisäkasvun "	114.0	26.0	300.4	63.5	138.9	40.0
poistoveden sisältämä	255.7	58.2	457.3	96.6	247.1	72.7
lietteen sisältämä	27.0	6.1	33.6	7.1	3.4	1.0
virhe	42.0	9.7	318.1	67.2	45.4	14.5
yhteensä		100.0		100.0		100.0

Altaiden hydraulinen ominaiskäyrä on esitetty kuvassa 4.

4. Tulosten tarkastelu

Koealtaille laskettu fosforin ainetase (taulukko 5.) sekä eri altaiden rehukertoimet tutkimusaikana (taulukko 1.) osoittavat, että kalojen punnitus otospunnituksena ei ole ollut riittävän tarkka. Altaan 151 (maauoma-allas) rehukerroin ja tase vaikuttavat oikeilta, sensijaan muissa altaissa otannan ja punnituksen virheet aiheuttavat melkoista vääristymää. Altaan 152 (betoniuoma-allas) osalta näyttää poistuvan veden sisältämä fosforimäärä liian suurelta suhteessa käytetyn rehun sisältämään fosforimäärään. Tässäkin lienee kysymys otannan (kokoomanäytteen) aiheuttamasta virheestä. Mahdollista on myös ulkopuolelta (esim. näyteastian likaisuus) aiheutunut kontaminaatio. Huolimatta siitä, että fosforitaseiden luotettavuus ei ole kovin korkea, voidaan niistä selkeästi nähdä, että lietteen sisältämän fosforin määrällä ei ole kuormitusta merkittävästi vähentävää vaikutusta. Tulos on jossain määrin yllättävä, onhan lietteen määrä käytettyä rehuyksikköä kohti melko huomattava (betonista pyöröallasta 153 lukuunottamatta):

	allas	151	152	153
lietettä l/kg		1.1	1.1	0.08
lietettä g/kg		244.3	103.6	18.1

Porraskosken pyörreselkeyttimen toimivuuden selvitystyössä vastaavat arvot olivat keskimäärin 1.5 l ja 161 g, Porraskosken lietteen kuivapaino oli keskimäärin 96.6 g/l ja hehkutusjäännös 35.2 % (kalkkisaostettu liete) sekä fosforipitoisuus 35.5 mg/g kuiva-ainetta (MÄKINEN 1984).

Syynä alhaiseen fosforipitoisuuteen (taulukko 4.) osoittautui olevan se, että suurin osa pumpatusta näytteestä oli - ei suinkaan tuoretta kalanviljelylietettä (ulostetta) - vaan hiekkaa.

Erityisen selvästi tämä kävi ilmi, kun laboratoriossa kokeellisesti eroteltiin kolmesta näytteestä hiekka ja analysoitiin jäännöksen pitoisuus: fosforipitoisuudet olivat tuoreiden lietteiden tasolla (27.36 mg P/g kuiva-ainetta). Tulosten perusteella voidaan päätellä, että uoma-altaisiin betonirenkaasta konstruoitu kokeen mukainen lietekaivo ei toimi tarkoitetulla tavalla, eikä vesistökuormitus altaista pienene lainkaan mielekkäässä suhteessa kustannuksiin ja työmäärään. Tämän selvityksen pohjana oleva aineisto on kuitenkin niin pieni, että tätä tulosta on varottava yleistämästä liikaa.

Pumpatun lietteen määrä vuorokautta kohti näyttäisi tulosten perusteella alenevan jyrkästi pumppausten väliajan pidentyessä. Tässä ei kuitenkaan välttämättä ole kysymys lietteen, vaan hiekan määrän vaihteluista. Tähän puolestaan vaikuttaa mm. pumppaustapa yms. seikat.

Alumiinisulfaatti ei näytä ainakaan käytetyllä annostelumäärällä soveltuvan saostuskemikaaliksi kyseisen kaltafsille lietevesille, sillä rejekti-veden pitoisuus ylitti raja-arvona yleisesti pidetyn 0.5 mg P/l lähes kaikissa tapauksissa (liitetaulukko 1.). On kuitenkin huomattava, että minkäänlaista pH:n säätöä ei suoritettu.

Altaiden "itsepuhdistuvuus" oli erityisesti altaalla 153 (betoninen pyöröallas) hyvä. Jopa niin, että virtausmallin kannalta väärään kohtaan sijoitettu lietekaivo pysyi melko puhtaana (virtausmallista ks. MÄKINEN 1983). Uoma-altaiden välillä erot eivät ole merkitseviä. On vaikea arvioida, mikä merkitys tässä suhteessa oli betoniuoma-altaan (n:o 152) pohjalle kaadetulla hiekkakerroksella. Yleisesti ottaen on selvää, että virtaus ja sen jakautuminen (virtausmalli) on itsepuhdistuvuuden kannalta ratkaisevampaa kuin esimerkiksi pohjan materiaali tai sen pinnan rakenne.

Altaiden hydraulikassa näyttää olevan suuria eroja. Pyöröaltaassa on aina olemassa tietty oikovirtaus, jota kuitenkin

pidetään hyödyllisenä altaan hyvän puhdistuvuuden vuoksi. Altaan 153 lyhyin viipymä sekä poistuvan pitoisuuden hyvin jyrkkä ja nopea nousu on kuitenkin osoitus suorasta oikovirtauksesta, joka ei johdu pelkästään pohjanmyötäisestä radiaali-virtauksesta, vaan ilmeisesti myös tulouoman suuntaamisesta hieman tangentiaalista jyrkemmin. Altaiden todellisia viipymiä verrattaessa näyttäisi allas 152 olevan ratkaisevasti taloudellisempi ja lähempänä "hydraulista ihannetta" (vrt. BURROWS & CHENOWETH 1955). Uoma-altaiden virtausmalli ei kuitenkaan ole lainkaan stabiili ja vasta toistetuilla mittauksilla voitaisiin todeta, ovatko erot todellisia. Altaiden pisimmän viipymän perusteella ei voida varmasti päätellä olevan oleellisia eroja hitaasti vaihtuvien, hyvin pitkän viipymän alueiden tilavuuden osuudessa eri altaiden välillä.

5. Kiitokset

Tämän selvityksen valmistumiseen ovat myötävaikuttaneet Savon Taimen Oy:n ja Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen henkilökunta. E erityisen kiitoksen haluan osoittaa insinööri Markku Karjalaiselle Savon Taimen Oy:stä taustatietojen hankinnasta ja avusta kenttätöiden järjestelyissä sekä LuK Päivi Eskelisel-
 le avusta näytteenotto-ohjelman läpiviemisessä sekä kaikkien laboratorio-analyysien toteuttamisesta.

6. Kirjallisuus

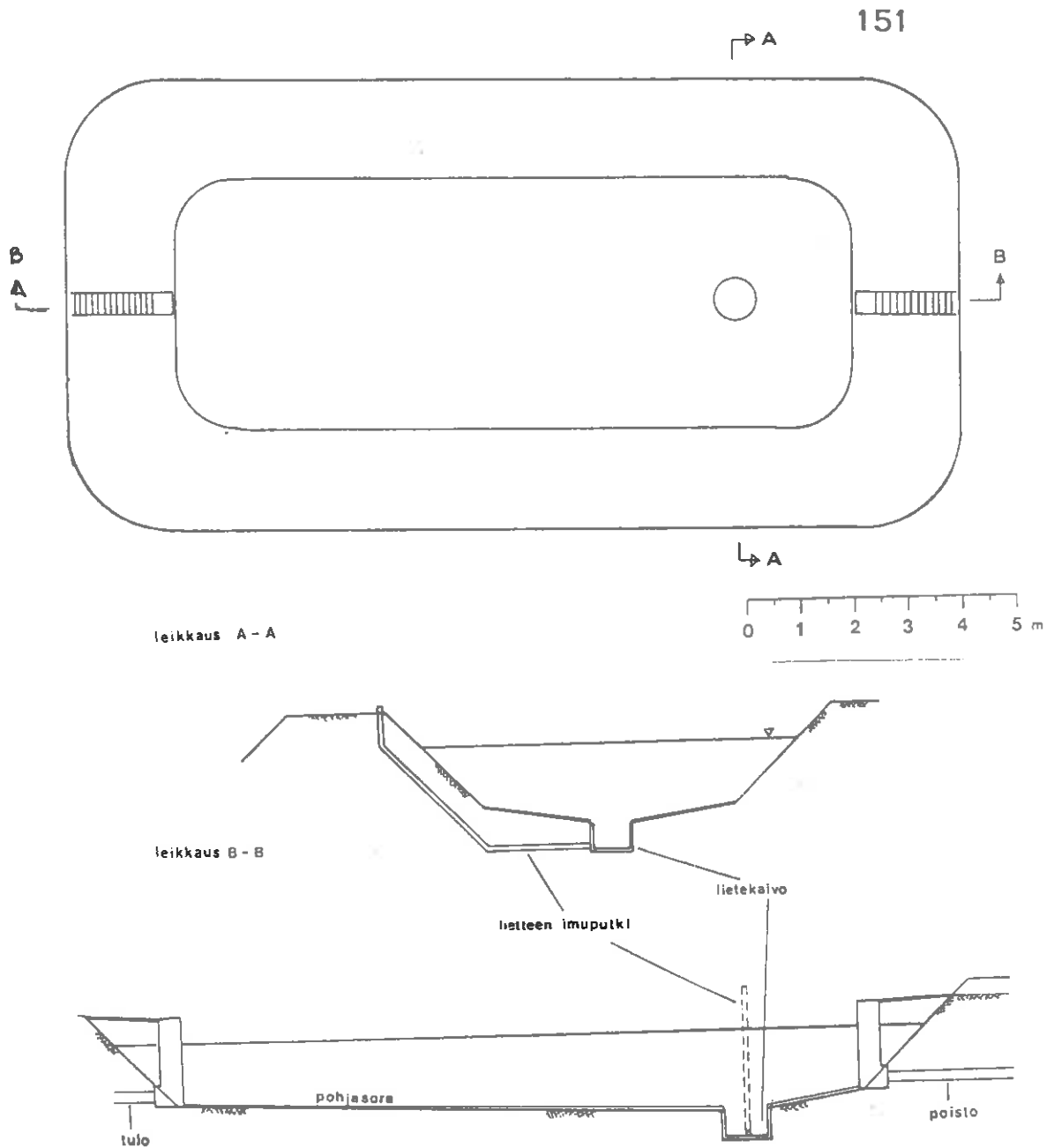
ANONYMYMI 1980. Vesihallituksen käyttämät analyysimenetelmät.
 Vesihallitus, tiedote 213.

BURROWS, R. E. & CHENOWETH, H. H. 1955. Evaluation of three types of fish rearing ponds. Fish and Wildlife service, U.S. Dep. of Int. Research report 39, 29 pp.

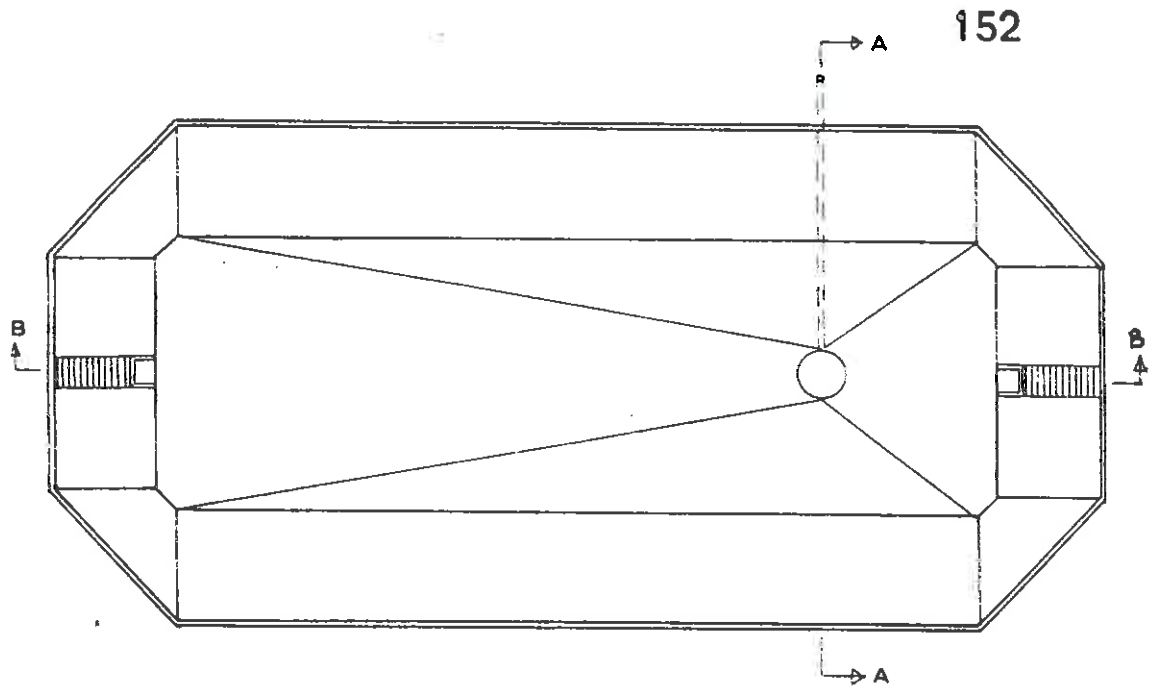
- ESKELINEN, P. 1983. Fosforin ainetase kirjolohella neljällä erilaisella rehulla.
- Esitelmä vesientutkimuspäivillä Kuopiossa 13.10.1983.
- HELKIÖ, R. 1984. Maa-allastyypisten kalankasvatuslaitosten vesistökuormitusten vähentämisestä.
- Vesihallituksen monistesarja 1984: 230, 35 s.
- MAKINEN, T. 1983. Kalanviljelyn kuormituksen vähentäminen, lietteen erottelu ja lieteveden jatkokäsittely.
- Esitelmä Insko ry:n koulutustilaisuudessa: "Kalanviljelylaitosten tekninen suunnittelu ja rakentaminen" 8. - 9.12.1983, 24 s.
- MAKINEN, T. 1984. Porraskosken koekalanviljelylaitoksen pyörreselkeyttimen toimivuuden tutkimus.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos - Monistettuja julkaisuja, käsikirjoitus 20 s.
- MAKINEN, T. & NAUKKARINEN, M. 1982. Mallitutkimus pyörreselkeyttimen soveltuvuudesta kalanviljelyn poistovesien käsittelyyn.
- Vesihallituksen monistesarja 1982: 128, 41 s.
- SELÄNNE, A. & LINDGREN, S. 1984. Kalankasvatuslaitaiden lietteenpoisto alipainejärjestelmällä.
- Vesihallituksen monistesarja 1984: 223, 25 s.
- SELÄNNE, A., MAKINEN, T. & HELKIÖ, R. 1983. Kalan kasvatusliete ja sen jatkokäsittely.
- Vesihallituksen monistesarja 1983: 173, 100 s.
- SUMARI, O., MAKINEN, T. & ESKELINEN, P. 1982. Laukaan keskus-
kalanviljelylaitoksella Ewos L 119/80 ja S 80 rehuilla vuonna 1981 suoritettu lohen ruokintakoe.
- Moniste, 11 s.

Liitetaulukko 1. Allastutkimus Savon Taimenella kesällä 1983
Vesianalyysitulokset

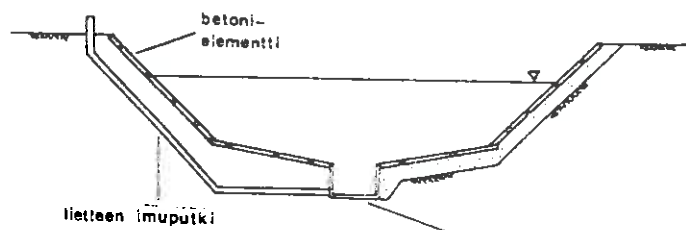
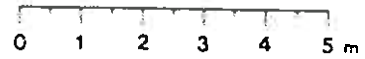
	Tulovesi	poistovesi- allas 151	allas 152	allas 153
Veden kokonais- fosfori $\mu\text{g/l}$				
14.09.	12	36	60	28
15.09.	10	29	54	26
20.09.	9	24	46	30
22.09.	11	26	42	28
27.09.	16	36	35	24
Laskeutusveden (re- jekti-vesi) koko- naisfosfori $\mu\text{g/l}$				
15.09.		1857	911	339
20.09.		5329	7471	746
27.09.		910	1935	1221
Veden kiintoaine mg/l				
14.09.	1.9	3.9	3.8	1.7
15.09.	1.8	2.3	3.0	1.8
20.09.	1.7	3.3	0.2	1.7
22.09.	2.0	2.0	6.3	0.3
27.09.	4.5	5.1	4.1	5.2
Laskeutusveden kiin- toaine mg/l				
15.09.		36	12	10
20.09.		86	79	47
27.09.		17	29	7



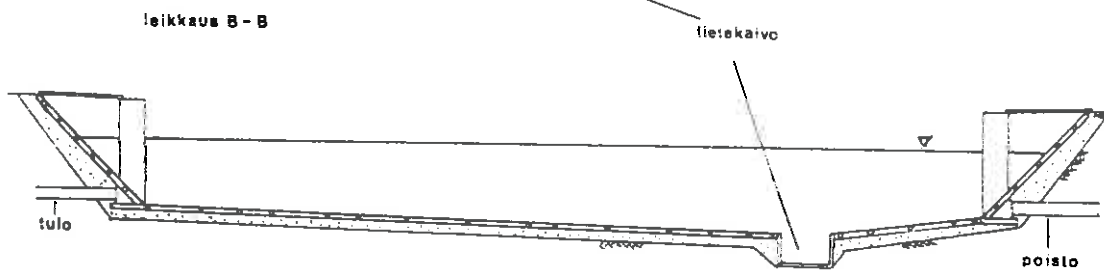
Kuva 1. Maauoma-altaan (no: 151) rakennepiirros.



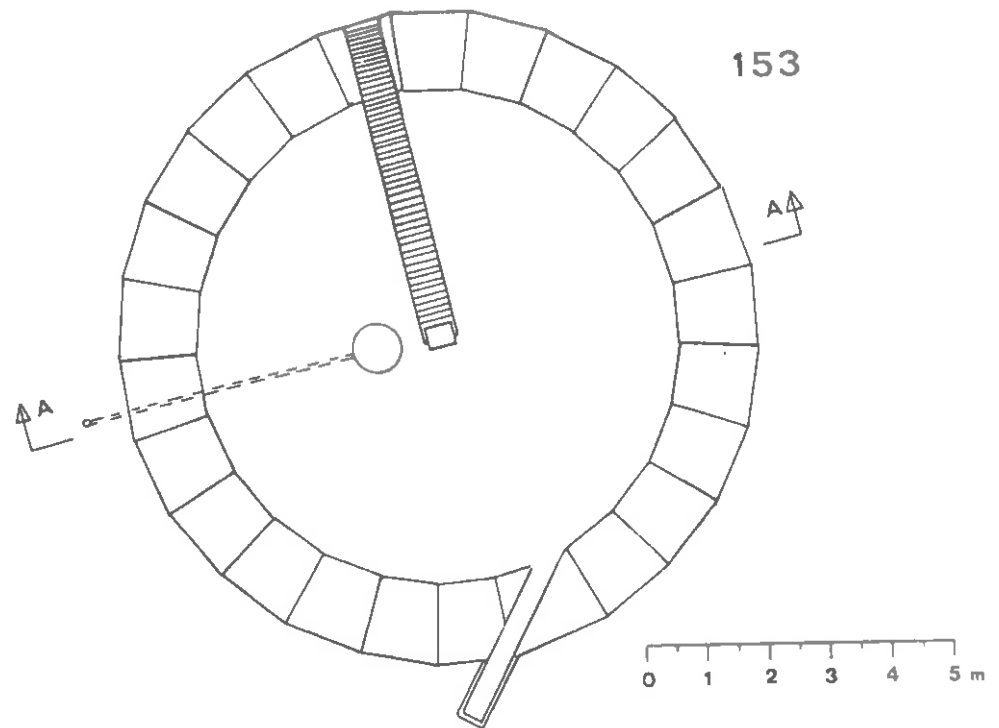
leikkaus A - A



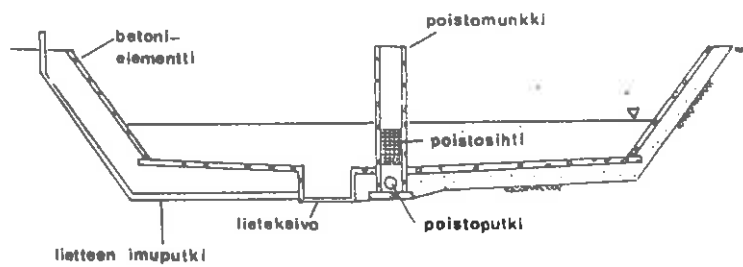
leikkaus B - B



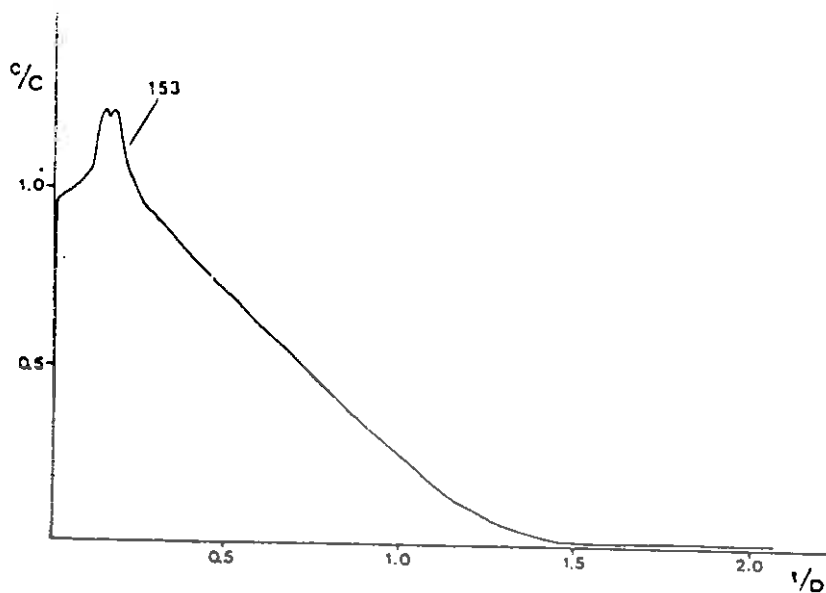
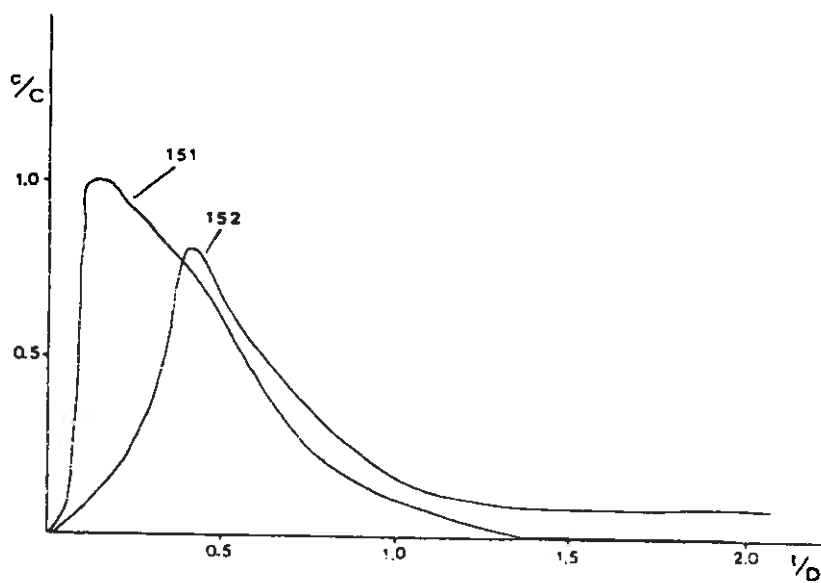
Kuva 2. Betoniuoma-altaan (no: 152) rakennepiirros.



leikkaus A-A



Kuva 3. Betonisen pyöröaltaan (no: 153) rakennepiirros.



Kuva 4. Tutkittujen altaiden hydraulinen ominaiskäyrä, kts. teksti.

FOSFORIN VAPAUTUMINEN ERI REHUILLA RUOKITTUJEN KIRJOLOHIIEN
ULOSTELIETTEESTA

Päivi Eskelinen

1. Johdanto

Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella kesällä 1983 Vaasanmylly Oy:n tilauksesta tehtyjen fosforiainetasekokeiden (ESKELINEN 1984) yhteydessä tutkittiin myös fosforin vapautumista eri rehuilla ruokittujen kirjolohien tuoreesta ulostelietteestä. Rehuja oli vertailtavana neljä erilaista, ja ne olivat samat kuin ainetasekokeissa. Fosforin liukenemiskoealtaiden ja ainetasekoealtaiden numerot vastaavat toisiaan.

2. Koejärjestelyt

Kalat, joiden ulostetta kokeessa käytettiin olivat kolmannella kesällä olevia kirjolohia, joiden keskipaino oli 420 g.

Kaloille syötetyt rehut olivat samaa tai vastaavaa raekokoa (8 - 9.5 mm) ja niiden fosfori-, kosteus-, tuhka-, raakarasva- ja proteiinipitoisuudet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Koekaloille syötettyjen rehujen ominaisuudet.

Rehu	1	2	3	4
Fosforipitoisuus %	0.89	1.20	0.86	0.96
Kosteus %	10.1	7.9	10.6	9.6
Tuhka %	6.5	9.0	5.5	11.0
Raakarasva %	15.0	17.5	18.0	18.0
Raakaproteiini %	37.5	50.0	40.0	51.0

Ainetasekoealtaista otettiin kahden vuorokauden aikana kerääntynyt liete talteen. Sen tilavuus mitattiin ja siitä otettiin näyte fosfori- ja kuiva-ainemäärityksiä varten. Jokaisella lietetyypillä tehtiin kaksi rinnakkaista fosforinvapautumiskoetta, jota varten talteenotettu liete jaettiin kahtia ja laitettiin koealtaiden pohjalle. Koeallas oli muovinen siianmädin haudontaan käytetty suppilo, jonka tilavuus oli 12.7 l (kuva 1.). Suppilon pohja oli tulpattu ja vesi tuli ja poistui pinnan tasolta. Tulovirtaama säädettiin päivittäin arvoon 116 ml/min, mikä vastaa ainetasekoealtaiden virtaamaa suhteessa altaan tilavuuteen.

Koealtaiden tuloveden lämpötila vaihteli 16.4 - 17.6 °C (kuva 2.) ja happikyllästeisyys oli keskimäärin 80 %. Poistuva vesi johdettiin saaveihin, joista kerran vuorokaudessa otettiin vesinäyte ja saavit tyhjennettiin näytteenoton jälkeen. Tulovesinäyte otettiin kertänäytteenä aamupäivisin. Vesinäytteistä analysoitiin päivittäin kiintoaine, kokonais- ja fosfaattifosfori ja suodattava kokonaisfosfori (Vesihallitus 1981). Fosforin liukenemista seurattiin kahden viikon ajan, minkä jälkeen suppiloiden pohjalta otettiin liete talteen ja määritettiin sen tilavuus, kuiva-aine ja fosforipitoisuus (ZINK-NIELSEN 1975).

3. Tulokset

Kokeen alussa suppiloaltaisiin laitettiin kahden vuorokauden aikana kerättyä lietettä seuraavat tilavuudet:

rehu	1		2		3		4	
koeallas	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B
liete ml	111	89	68	72	172	138	138	104

Lietteen kuiva-ainepitoisuudet kokeen alussa ja lopussa on esitetty taulukossa 2. Kuiva-ainepitoisuus pieneni kahden viikon koeaikana kaikilla lietetyypeillä noin kahteen kolmasosaan lähtöpitoisuudesta.

Taulukko 2. Lietteen kuiva-aine g/l kokeen alussa ja lopussa.

allas no	kuiva-aine g/l	
	alussa	lopussa
1A	58	32
1B		33
2A	63	43
2B		39
3A	83	56
3B		57
4A	51	26
4B		32

Lietteen fosforipitoisuudet kokeen alussa olivat:

allas 1A ja 1B	23.56 mg/g kuiva-ainetta
" 2A ja 2B	49.67 "
" 3A ja 3B	17.73 "
" 4A ja 4B	25.94 "

Kokeen lopussa lietteiden fosforipitoisuudet olivat kuiva-ainetta kohti samat tai vähän pienemmät kuin alussa, mutta kuiva-ainemäärät olivat siis pienentyneet selvästi. Poistoveden mukana kiintoainetta poistui kokeen aikana 2 - 3 g allasta kohti. Tarkkaa määrää ei voi laskea kalvosuodatusmenetelmän epäherkkyyden takia.

Veteen liuenneen kokonaisfosforin ja kokeen lopussa lietteessä olleen fosforin määrät eri koealtaissa on esitetty taulukossa 3.

Kuvissa 3 - 6 on piirretty kunkin lietetyypin fosforin suhteellinen liukenemiskäyrä. Kuvissa on arvolla 1 merkitty lietteessä kokeen alussa ollutta fosforimäärää ja käyrä esittää veteen liuenneen fosforin osuutta alkumäärästä. Kaikilla neljällä rehulla ruokittujen kalojen ulostelietteestä kahden viikon aikana liuenneesta kokonaisfosforista noin puolet liukeni ensimmäisen vuorokauden aikana. Tämän jälkeen fosforin vapautuminen hidastui. Eri lietteillä oli havaittavissa selviä eroja vapautuvan kokonaisfosforin osuudessa lietteen alkuperäisestä fosforimäärästä.

Taulukko 3. Liuenneen ja kokeen lopussa lietteessä olleen fosforin määrä mg.

rehu	allas	liuennut mg P	lietteessä mg P
1	1A	67	89
	1B	47	57
2	2A	29	166
	2B	50	159
3	3A	58	135
	3B	41	116
4	4A	20	88
	4B	22	90

Kuvissa 7 (a ja b) - 10 (a ja b) on piirretty poistoveteen kertyvän kokonaisfosforin ja suodattuvan kokonaisfosforin

määrät kokeen aikana. Kiintoaineen fosfori on näiden erotus, kuvissa rasteroitu alue. Kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin osuus vaihtelee eri lietetyypeillä 40 - 60 % kokonaisfosforista.

Reaktiivisen ortofosfaattifosforin osuus liuenneesta kokonaisfosforista on alussa varsin suuri, mutta vähenee jo parin vuorokauden kuluessa. Tarkkoja liuenneen ortofosfaattifosforin määriä ei ole mielekästä laskea, koska tuloveden ja useimpien poistovesinäytteiden pitoisuudet olivat alle määrittäksen alarajan, 5 $\mu\text{g}/\text{l}$.

4. Tuloksen tarkastelu

Eri rehuilla ruokittujen kirjolohien ulosteiden fosforipitoisuudet kokeen alussa vaihtelivat huomattavasti. Kaikki lietteet olivat yhtä vanhoja, keskimäärin 1 vrk. Näin ollen lietteen iällä ja fosforipitoisuudella absoluuttisina lukuarvoina ei näytä olevan mitään riippuvuutta. KIVISEN (1980) esittämä käyrä kalaulostelietteen fosforipitoisuuden ja sen keskimääräisen iän riippuvuudesta ei siten sinällään, pitoisuusarvojen osalta pitäne paikkaansa, vaikka käyrän muoto ilmeisesti kuvaakin fosforin liukenemistä lietteestä sen vanhetessa varsin hyvin. Tuoreen ulostelietteen fosforipitoisuus riippuu sen rehun ominaisuuksista, raaka-aineista ja valmistusmenetelmästä, jolla kaloja on ruokittu, sekä myös rehun sulavuudesta. Toisaalta on huomattava, että ainetasekokeissa on havaittu (ESKELINEN 1984), että eri rehujen ominaiskuormittavuudesta ei voi lietteen fosforipitoisuuksien perusteella päätellä mitään, koska useimmissa tapauksissa vähäfosforista lietettä muodostui käytettyyn rehumäärään nähden huomattavasti enemmän kuin paljon fosforia sisältävää lietettä.

Fosforin vapautuminen ulostelietteestä oli tässä kokeessa varsin nopeaa; kahden vuorokauden aikana kokeen alussa veteen oli liuennut noin puolet siitä fosforimäärästä, joka

lietteestä kahden viikon aikana vapautui. Koska tutkittujen lietteiden keskimääräinen ikä oli 1 vrk, on oletettavaa, että osa helpoiten liukenevasta fosforista on liuennut jo ennen kokeen alkua. Onkin ilmeistä, että fosfori lietteestä liukenee nopeammin kuin SELANNE & OLLIKAINEN (1978) arvelivat.

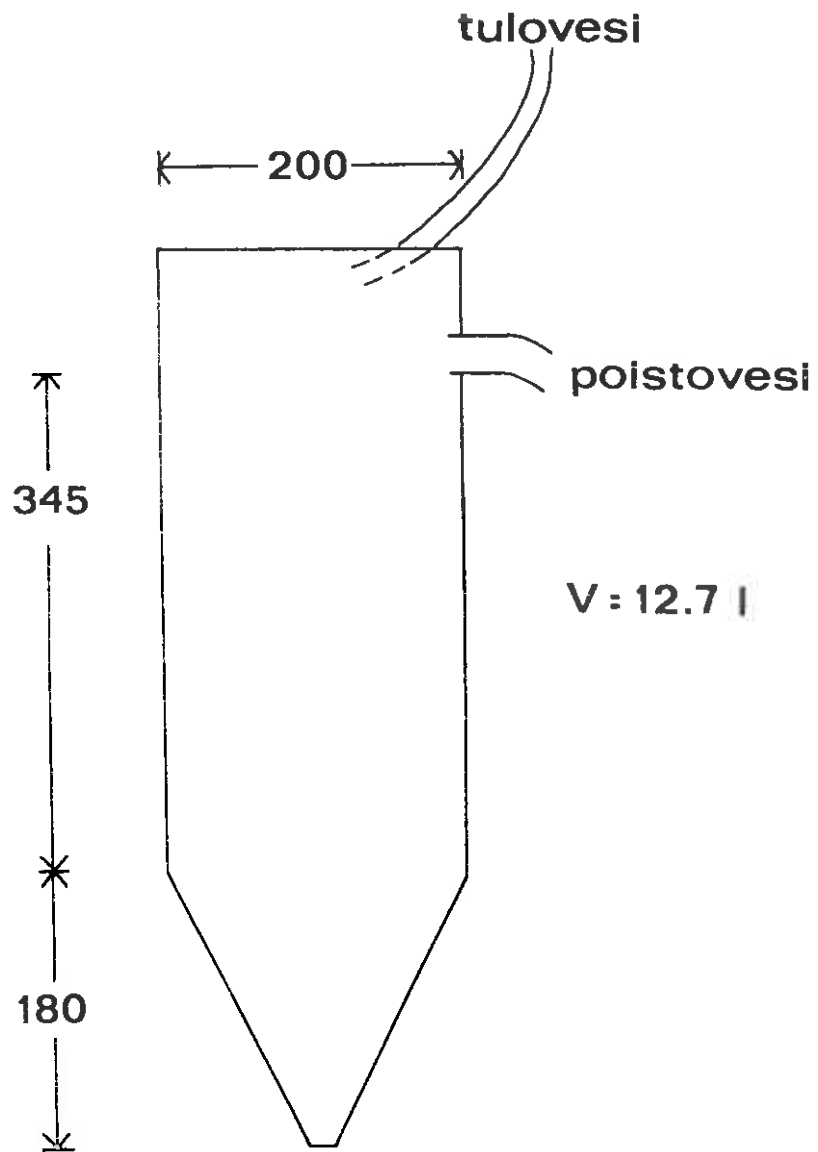
Varsin nopeaa fosforin vapautumista tuoreesta kala-allaslietteestä havaitsi myös MANNINEN (1982). Laboratoriokokeissa hän huomasi kahden vuorokauden aikana lietteestä vapautuvan jopa 32 % sen sisältämästä fosforista. Kasvatusaltaista lietteen poiston tulisi siis olla jatkuvaa tai tapahtua hyvin usein, esimerkiksi päivittäin, jotta siitä saataisiin paras hyöty.

Se, että lietteiden fosforipitoisuudet kuiva-ainetta kohti eivät kokeen aikana juurikaan laskeneet, on varsin kiinnostava havainto. Pyörreselkeytintutkimuksissa on jopa havaittu selkeyttimelle kerääntyvässä lietteessä suurempia pitoisuuksia kuin altaissa otetuissa tuoreissa näytteissä (SELANNE et al. 1983). Koska kuiva-ainepitoisuudet pienenevät voimakkaasti, lietteestä liukenee ilmeisesti kiintoainetta ja muita, lähinnä typpipitoisia yhdisteitä. Koska kiintoaineeseen sitoutunut fosfori oli kokeessa noin puolet poistoveteen kertyvästä fosforista, on selvä, että veden kiintoaineen poistolla on kalanviljelyn jätevesien käsittelyssä merkitystä, vaikkakin lietteenpoisto ja rehukertoimen alentaminen ovat fosforikuormituksen vähentämisen kannalta huomattavasti tärkeämpiä toimenpiteitä.

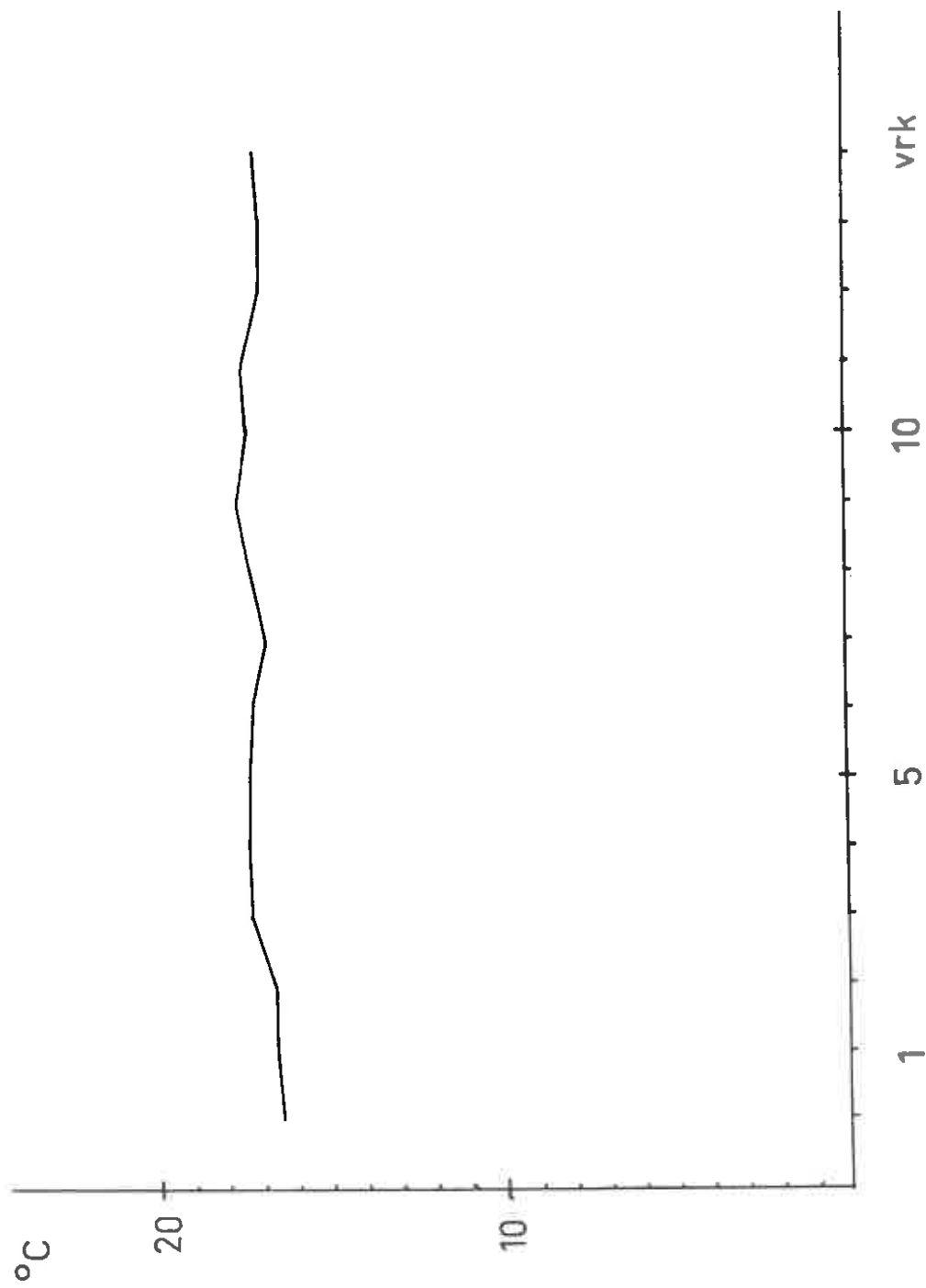
5. Kirjallisuus

- ESKELINEN, P. 1984. Fosforiainetase kirjolohella. Teoksessa: Vesistön kuormituksen vähentäminen kalanviljelyssä. Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 1984:241. s. 33-42.

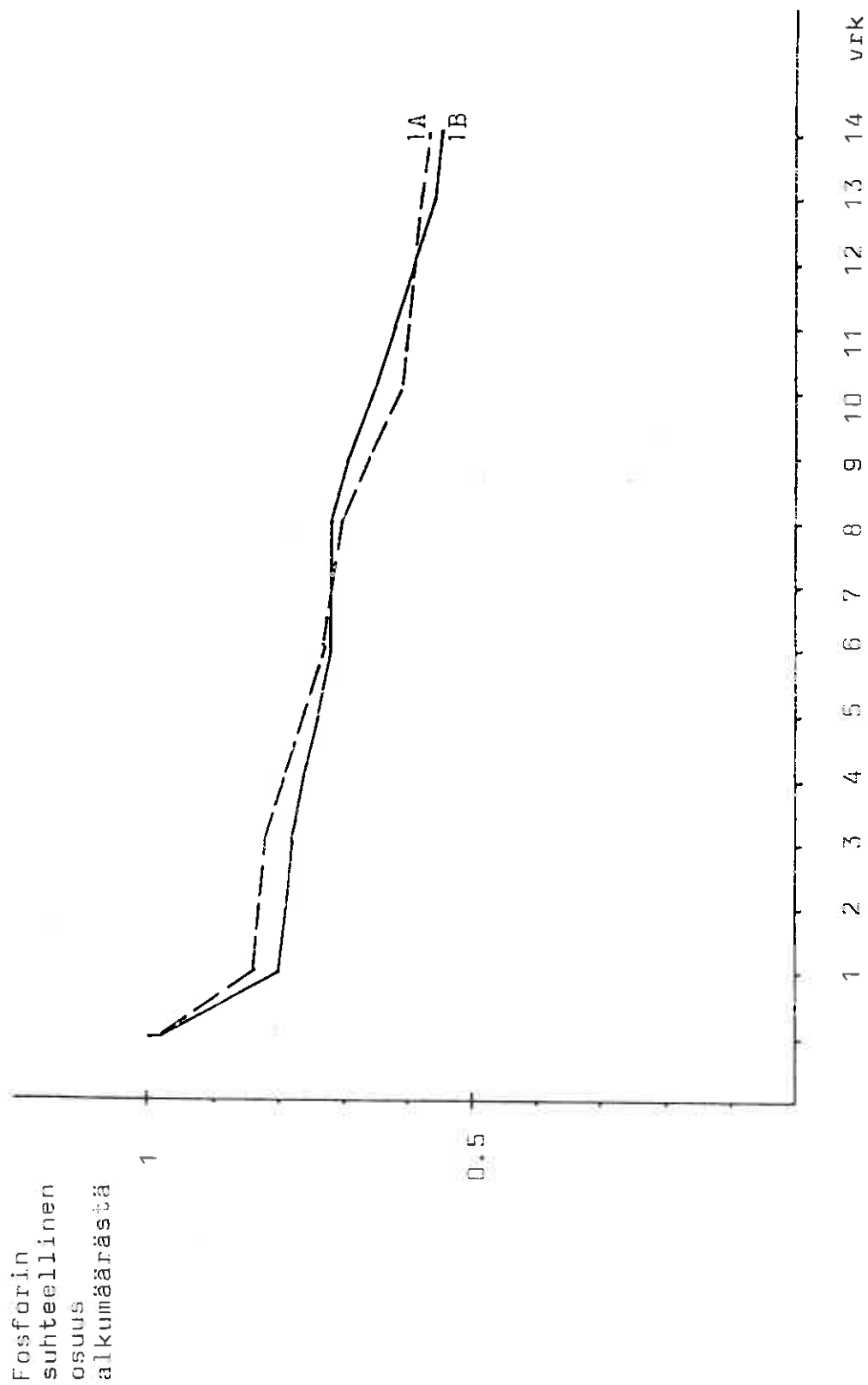
- KIVINEN, J. 1980. Väliraportti verkkoaitauskalankasvatuslaitostutkimuksesta. Mikkelin vesipiirin vesitoimisto. Moniste. 11 s.
- MANNINEN, P. 1982. Kalankasvatuksen vesistövaikutuksista. Verkkoallastutkimus. Helsinki. Vesihallituksen tiedotus 221. 79 s.
- SELANNE, A & OLLIKAINEN, P. 1978. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksella kesällä 1978 suoritettu lietetutkimus. Moniste. Oulu. 27 s.
- SELANNE, A, MAKINEN, T. & HELKINEN, R. 1983. Kalankasvatusliete ja sen jatkokäsittely. Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 1983:173. 105 s.
- VESIHALLITUS 1981. Vesihallinnon analyysimenetelmät. Helsinki. Vesihallituksen tiedotus 213. 136 s.
- ZINK-NIELSEN, I. 1975. Interkalibrering af sedimentkemiske analysemetoder II. Nordforsk, miljøvårdssekretariatet publikation 1975:6. 19 s. + liitteet.



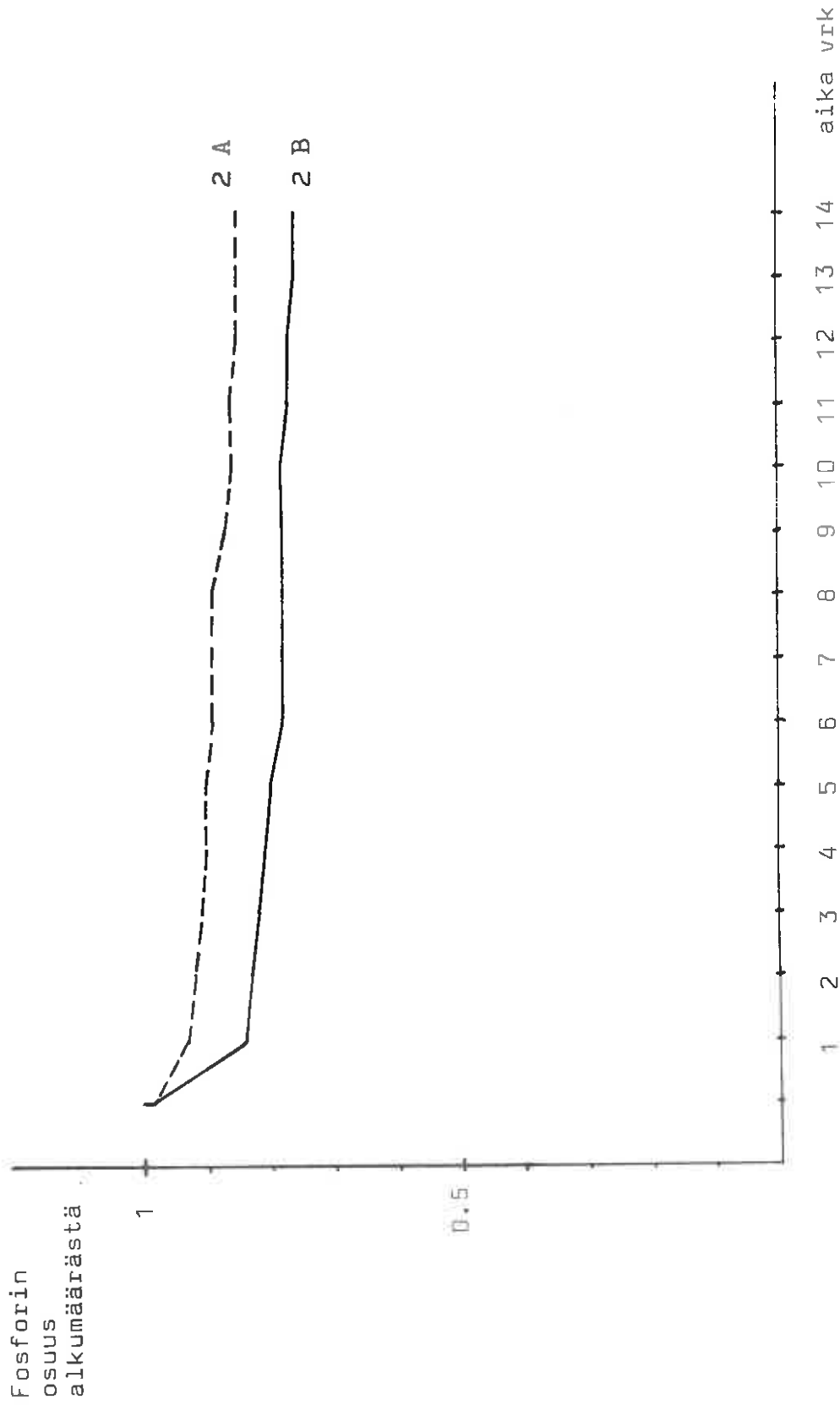
Kuva 1. Koeallas.



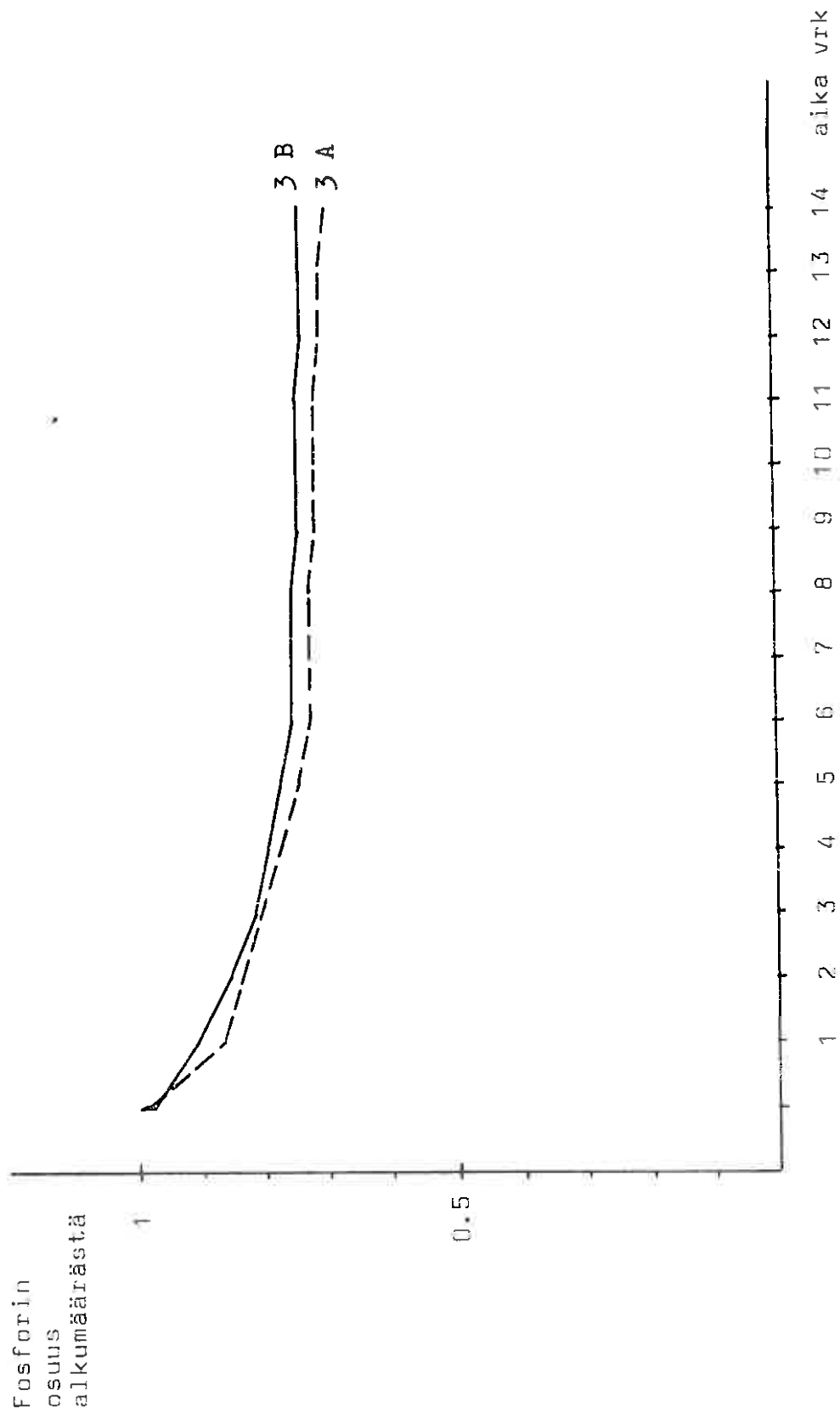
Kuva 2. Koealtaisiin tulevan veden lämpötila °C kokeen aikana.



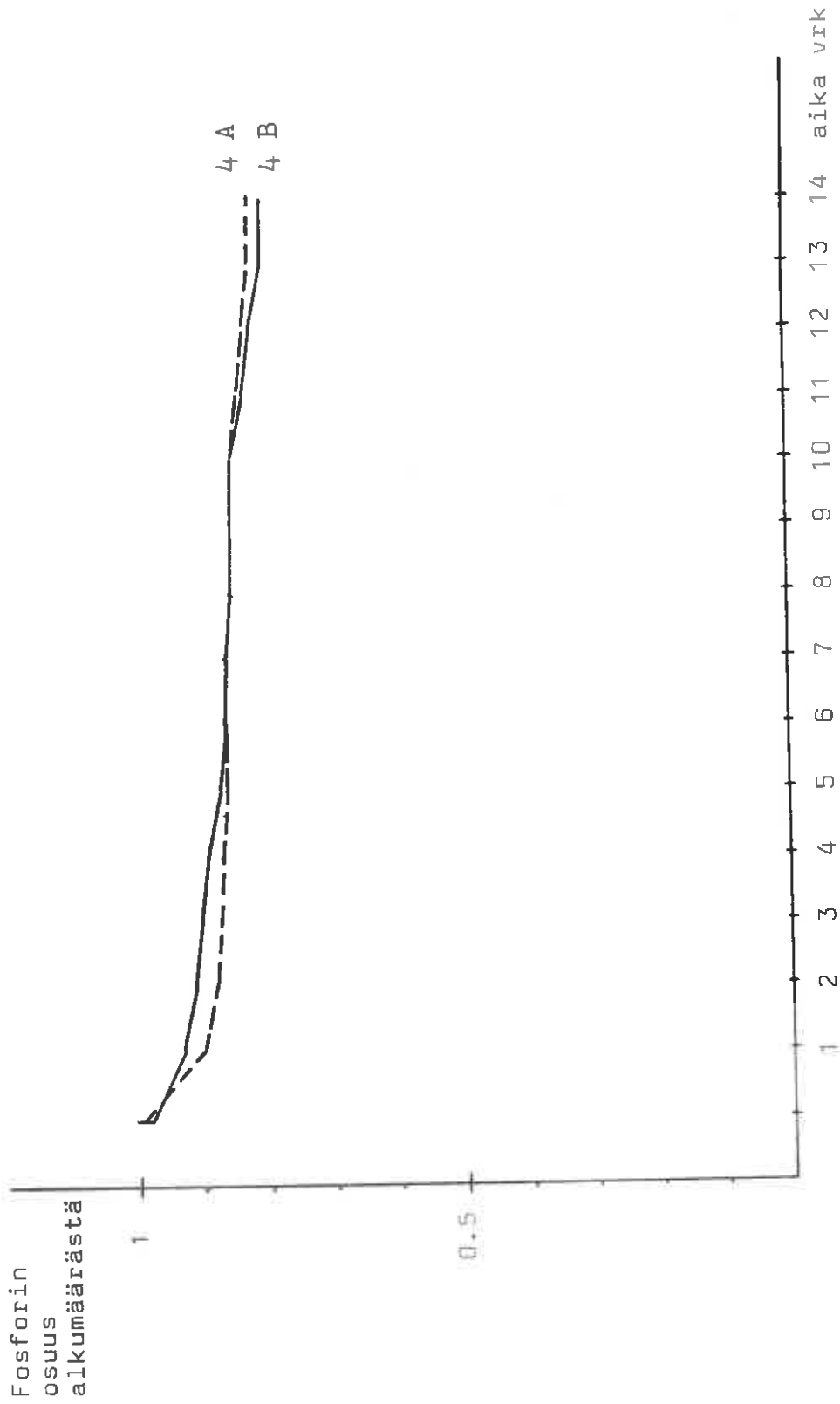
Kuva 3. Fosforin liukenemiskäyrä, altaat 1A ja 1B.



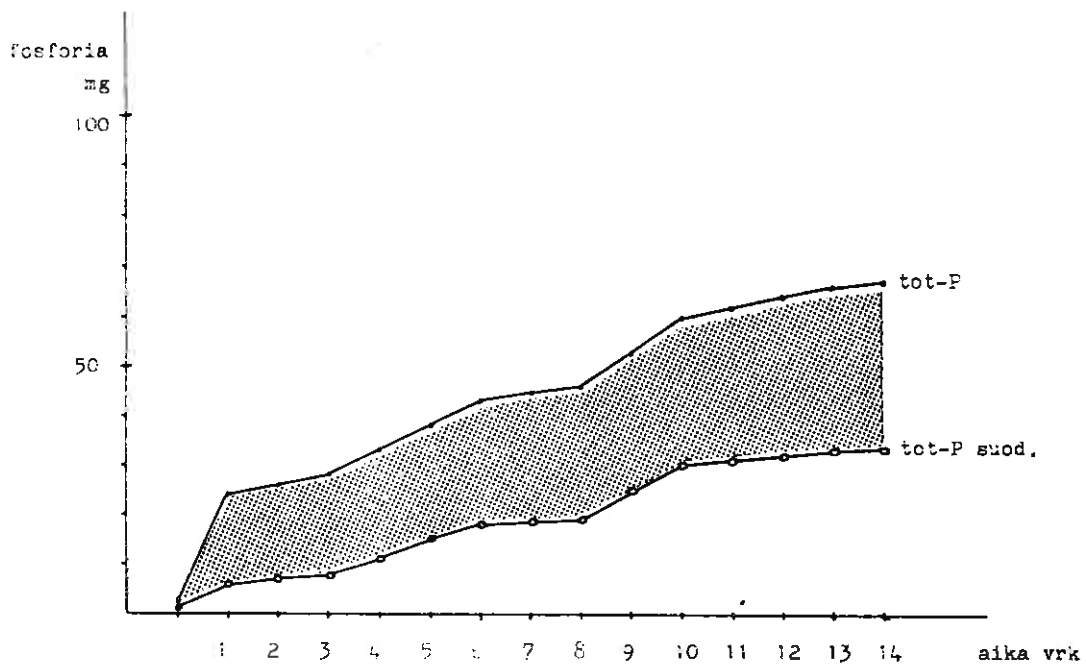
Kuva 4. Fosforin liukenemiskäyrä, altaat 2A ja 2B.



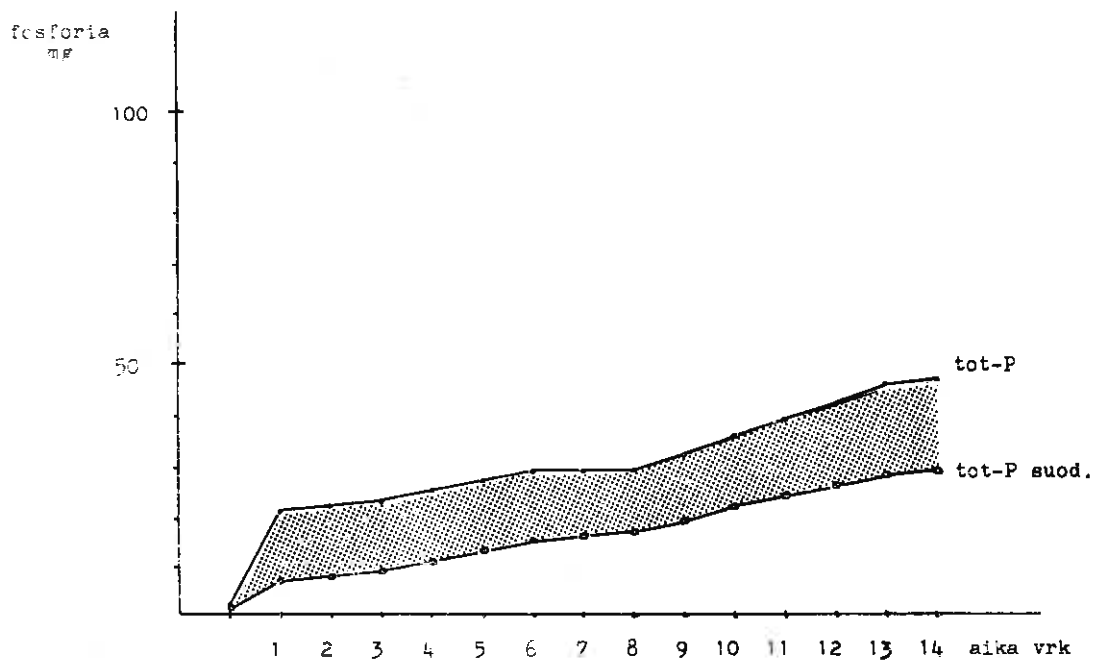
Kuva 5. Fosforin liukenemiskäyrä, altaat 3A ja 3B.



Kuva 6. Fosforin liukenemiskäyrä, altaat 4A ja 4B.

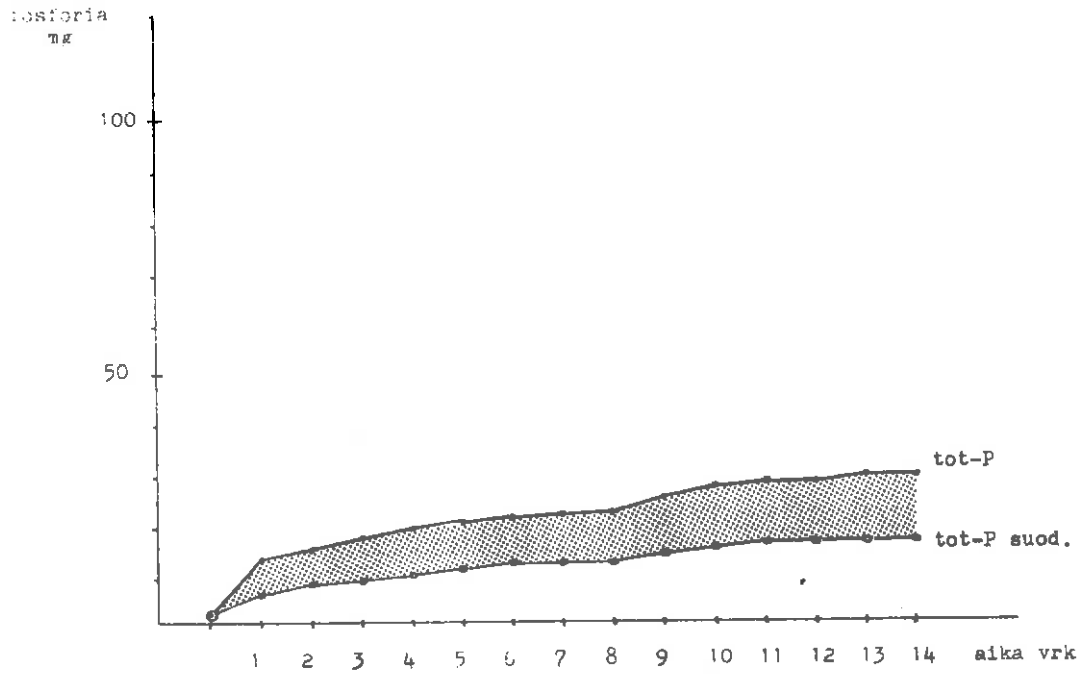


Kuva 7 a.

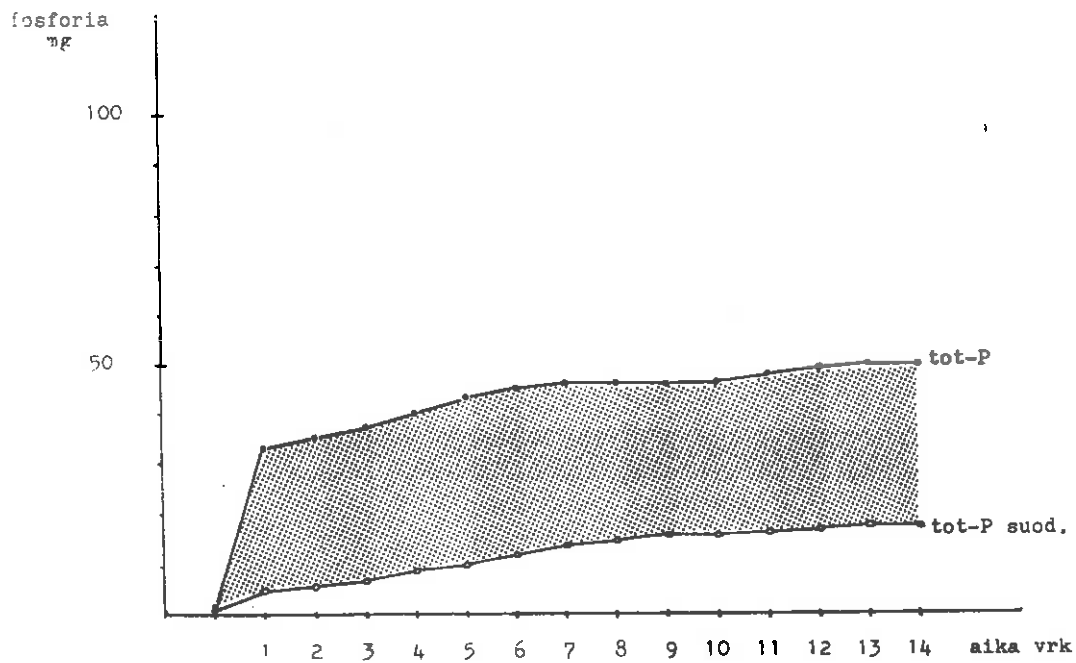


Kuva 7 b.

Kuvat 7 a ja b. Allas 1A (kuva 7 a) ja 1B (kuva 7 b). Poistoveteen kertyvän kokonaisfosforin (tot-P), suodattuvan kokonaisfosforin (tot-P suod.) ja kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin (rasteroitu alue) määrät kokeen aikana.

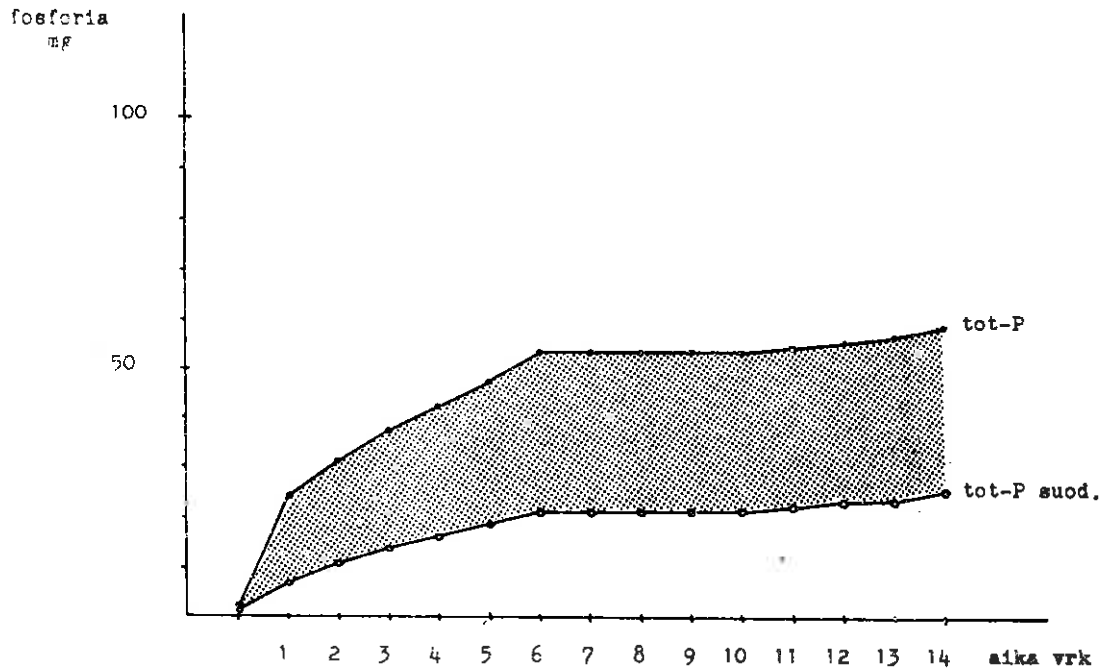


Kuva 8 a.

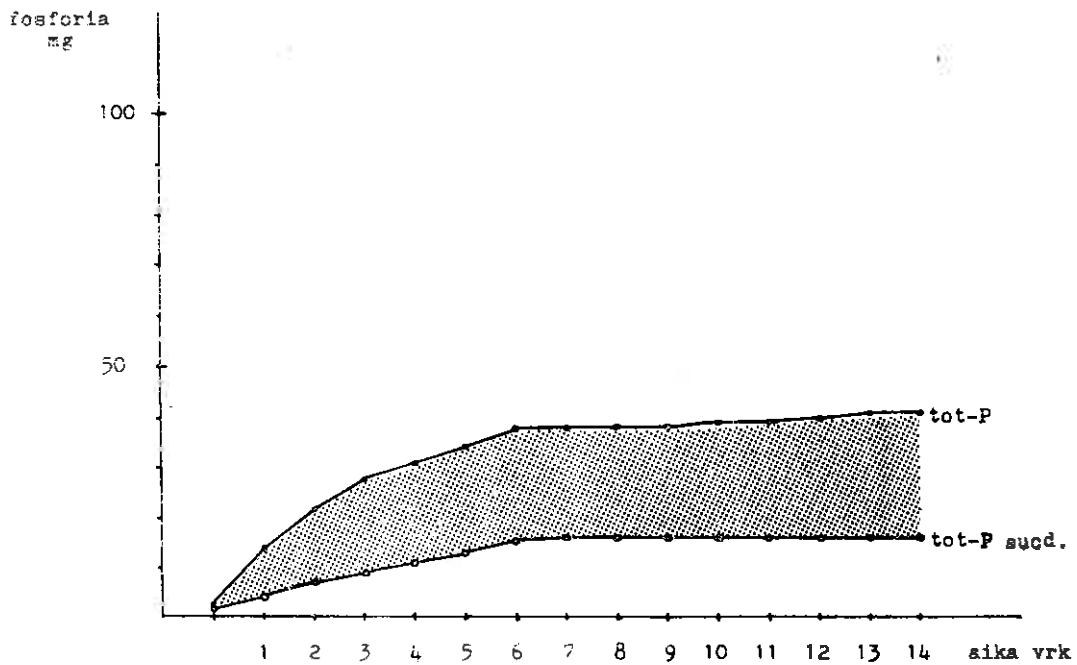


Kuva 8 b.

Kuvat 8 a ja b. Allas 2A (kuva 8 a) ja 2B (kuva 8 b). Poistoveteen kertyvän kokonaisfosforin (tot-P), suodattuvan kokonaisfosforin (tot-P suod.) ja kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin (rasteroitu alue) määrät kokeen aikana.

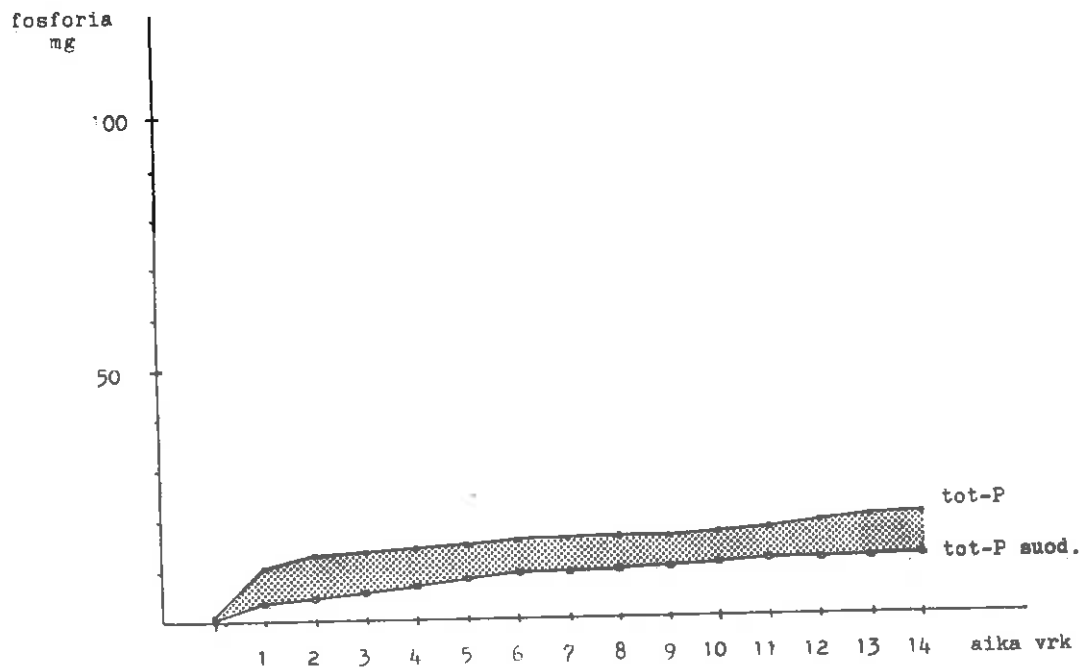


Kuva 9 a.

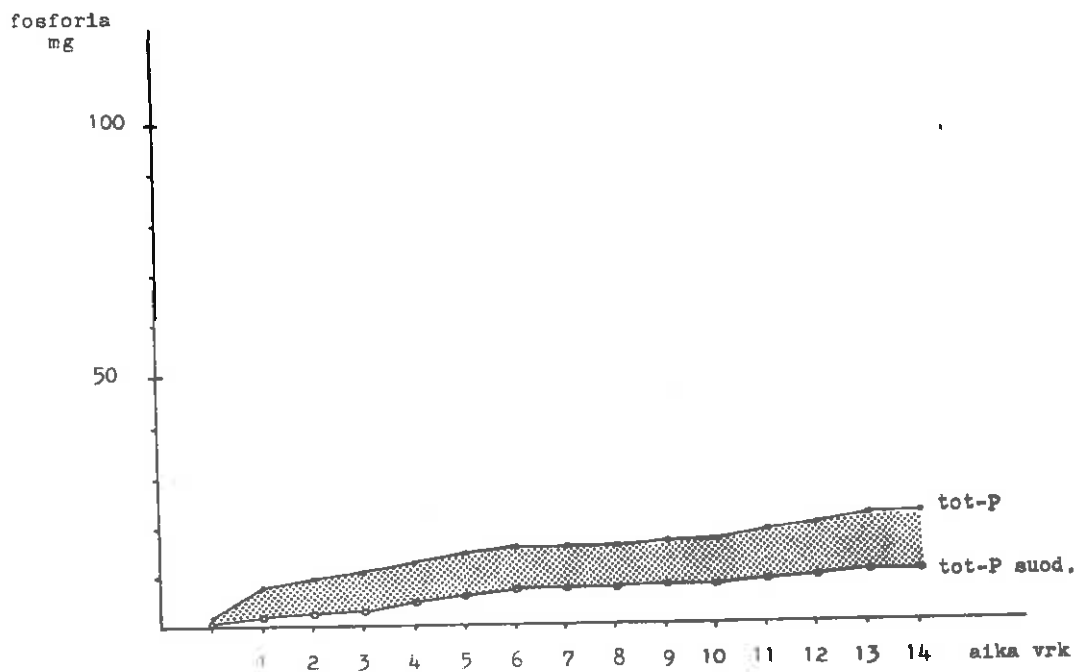


Kuva 9 b.

Kuvat 9 a ja b. Allas 3A (kuva 9 a) ja 3B (kuva 9 b). Poistoveteen kertyvän kokonaisfosforin (tot-P), suodattuvan kokonaisfosforin (tot-P suod.) ja kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin (rasteroitu alue) määrät kokeen aikana.



Kuva 10 a.



Kuva 10 b.

Kuvat 10 a ja b. Allas 4A (kuva 10 a) ja 4B (kuva 10 b). Poistoveteen kertyvän kokonaisfosforin (tot-P), suodattuvan kokonaisfosforin (tot-P suod.) ja kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin (rasteroitu alue) määrät kokeen aikana.

HYDIXOR-ILMASTUSLAITTEEN KÄYTTÖKELPOISUUTTA KALANVILJELYSSÄ SELVITÄVÄ KOE LAUKAAN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSESSA 1983

Timo Mäkinen, Päivi Eskelinen ja Raimo Jäppinen

1. Johdanto

Hydixor-ilmastuslaitteen käyttökelpoisuutta on selvitetty Laukaan keskuskalanviljelylaitoksessa 1981 ja uudelleen laitteeseen tehtyjen parannusten jälkeen elo-syyskuussa 1984. Aikaisemmat kokeet epäonnistuivat laitteessa ilmenneiden toimintahäiriöiden vuoksi. Vuoden 1984 kahden kuukauden ilmastusjaksolla tukkeutumista ja katkoksia ei enää esiintynyt.

2. Menetelmät

Kokeet tehtiin kahdessa maaomalammikossa. Niiden pinta-ala on noin 78 m² ja tilavuus käytetyllä pinnankorkeudella hieman alle 50 m³ (kts. taulukko 1.). Altaisiin sijoitettiin melko suuret kirjolohen emokalaryhmät ja virtaamat säädettiin normaalia pienemmiksi siten, että altaiden teoreettinen keski-
viipymä oli ensimmäisellä seurantakerralla (25.8) noin neljä tuntia ja toisella (1.9) noin kolme tuntia. Virtaamat tarkistettiin astiamittauksin.

Altaiden kalamäärät selvitettiin laskemalla kokonaismäärä ja otospunnituksella (n = 150). Kalojen kasvua tai rehunkulutusta ei seurattu tämän kokeen yhteydessä.

Happipitoisuutta seurattiin kahden vuorokauden ajan (25.8. ja 1.9.) altaiden tulo- ja poistoveteen sijoitettujen YSI 54 ABP happimittareiden elektrodien ja Goertz Servogor 120 piir-
tureiden avulla. Kalojen hapenkulutus ja ilmastuslaitteen

liuottaman hapen määrä on laskettu piirturin käyriä 20 minuutin jaksoina.

3. Tulokset

Seurantajaksojen keskimääräiset hapenpitoisuudet altaiden tu-
lovedessa ja ilmastetun ja vertailualtaan poistovedessä on
esitetty taulukossa 2. Ilmastin nosti hapen pitoisuutta kes-
kimäärin 3.2 mgO₂/l. Ilmastetun altaan poistoveden hapen kyl-
lästysarvo oli keskimäärin 71 %. Havaittu kirjolohen hapenku-
lutus oli keskimäärin 144 mg O₂ /kg x h⁻¹. Havaittu ilmastus-
teho oli keskimäärin 34 g liuennutta happea/kWh.

Taulukko 1. Virtaama- ja kalatiedot.

pvm	allas	t ^o C	Q l/s	V ₃ m ³	veden vaihto x/h	kalamäärä		l·min ⁻¹ /kala kg
						kg	kg/m ³	
25.-26.8.	Hydixor 1.1 kW	15.0	3.25	47.5	0.25	450.6	9.5	0.433
	vertailu	15.0	3.25	53.0	0.22	482.1	9.1	0.404
1.-2.9.	Hydixor 1.1 kW	13.0	4.0	47.5	0.30	484.4	10.2	0.495
	vertailu	13.0	4.0	49.0	0.29	515.8	10.5	0.465

Taulukko 2. Happipitoisuudet ja hapetusteho.

pvm	allas	O ₂ -pitoisuus		O ₂ -kulutus		ilmastusteho ¹⁾		energia kustan- nus mk/kg
		mg/l	kyll. %	g/vrk	mg/kg·h ⁻¹	g/vrk	g/kWh	
25.26.8.	tulo	9.5	95					
	Hydixor 1.1 kW	7.1	72			762	28.9	8.65
	vertailu	3.8	38	1613	139			
1.-2.9.	tulo	9.6	92					
	Hydixor 1.1 kW	7.4	70			1028	38.9	6.43
	vertailu	4.3	41	1850	149			

1) korjattu vastaamaan samaa kalamäärää

2) energianhinnaksi oletettu 0.25 mk/kWh

4. Tarkastelu

Happipitoisuuden nousu ilmastetussa altaassa keskimäärin 7.3 mg O₂/l -pitoisuuteen (71 %) ei ole lohikaloja ajatellen riittävä jos tarkoituksena olisi käyttää vesi uudelleen.

Havaittu kirjolohen hapenkulutus (keskimäärin 144 mg O₂/kg h⁻¹) on varsin pieni. ALBRECHTIN (1974) mukaan kirjolohen hapenkulutus näissä oloissa olisi noin 300 - 400 mg O₂/kg h⁻¹, MULLER-FEUGA et al. (1978) mukaan noin 200 - 300 mg O₂/kg h⁻¹. Syynä havaitun hapenkulutuksen pienuuteen on veden

ilmastuminen altaassa ennen poistomunkille ja mittauselektrodille tuloa. Altaan viipymä oli kokeessa varsin pitkä (3 - 4 tuntia), jolloin pinnan kautta tapahtuva liukeneminen ilmakästä ehtii hyvin tapahtua. Myös altaissa kasvavan levän hapentuotto sekä tuloveden ryöppyäminen vaikuttavat samaan suuntaan. Levien osuutta tukee se, että hepen pitoisuus oli poistovedessä yöaikana noin milligramman alempana kuin päivällä. Sen sijaan ruokinnan aikainen suurempi aktiivisuus ei piirtureiden käyrillä juuri erottunut pitkän viipymänaiheuttaman tasaantumisen vuoksi.

Kokeessa ollut ilmastin kuuluu ns. voimakkaasti turbulentsiin mekaanisiin ilmastimiin (20 wattia/m³, REITER 1983). Kokeessa käytetty 1.1 kW:n ilmastin merkitsi keskimäärin 22.3 W/m³.

Havaittu hapetusteho oli keskimäärin 37.5 g /h. Standardioloihin muutettuna (1 aty, 20 C, lähtöpitoisuus 0 mg O₂/l, REITER 1983) tämä merkitsee noin 84.5 g O₂/h. Jos ilmastin sijoitettaisiin 0.8 m:n sijasta 3 m:n syvyyteen, saataisiin sen hapetustehoa lisättyä 20 - 25 % (REITER 1983).

Ilmastuksen tehokkuus 34 g/kWh merkitsee 0.25 mk:n kWh hinnalla keskimäärin 7.5 markan hintaa liuotetulle happikilolle. Laitteen myyntihinnan (6 800,-) perusteella voidaan laskea pääomakuluja yhdestä laitteesta olevan noin 1 170 mk/v (12 %:n korolla ja kymmenen vuoden kuoletusajalla). Jos oletetaan kirjolohen hapentarpeeksi kokeessa mitattu noin 150 mg/kg·h⁻¹ vastaa laitteen havaittu teho (37.5 g O₂/h) noin 250 kirjolohikilon hapentarvetta.

Taulukossa 3. on esitetty arvio käyttökustannuksista ja kannattavuudesta näistä lähtökohdista (arvio on vain suuntaa antava, sillä tuotantokustannuksiksi on laskettu ainoastaan rehu- ja ilmastuskustannukset).

Taulukko 3. Ilmastuksen kannattavuusarvio.

Käyttö- aika kk/v	rehu- kustannuk- set 1) mk	energia- kust. 2) mk	pääoma- kust. 3) mk	kok. kust. mk/kg	tuotto kg/mk 4)	netto- tuotto mk
1	570	200	1 170	51	90	1 800 -140
2	770	400	1 170	29	122	2 440 100
3	1 050	600	1 170	22	166	3 320 500

1) 3.50 nk/kg

2) 0.25 mk/kWh

3) 12 %, 10 vuotta

4) 20 mk/kg

Laitteen lyhytaikaisen käytön voidaan todeta olevan tappiollista. Vasta kolmen kuukauden käyttöajalla vuosittain saadaan kustannukset turvallisessa määrin takaisin. Tällöinkin kustannukset liuotettua happikiloa kohti ovat varsin suuret (22 mk/kg O₂). Kiinteillä hapetusratkaisuilla voidaan päästä huomattavasti halvempiin ratkaisuihin (4 - 8 mk/kg O₂, NAUKKARINEN 1983). Lisäksi keskitetyllä järjestelmällä saadaan hoidettua koko kalalaitoksen käyttämä vesimäärä. Allaskohtaisessa ilmastuksessa tämä ei ole mahdollista. Esim. po. kokeessa mukana olleen altaan kaltaisia on Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella käytössä kaikkiaan kolmisenkymmentä, altaiden kokonaismäärän ollessa yli kaksi sataa, joten on selvää ettei laite sovellu käytettäväksi koko laitoksen mitassa. Riittävän ilmastinmäärän käyttö edellyttäisi myös sähköistykseen uusimista, mikä puolestaan lisäisi pääomakuluja huomattavasti.

Ilmastuksen aiheuttama sekoittuminen estää lietteen laskeutumista uoma-altaissa. Täällä saattaa olla edullinen vaikutus

pohjan pysyessä puhtaampana, mutta toisaalta lietteen sisältämien bakteerien leviäminen kasvatusveteen saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa kaloille, esim. kidustulehduksia. Itsepuhdistuvissa altaissa ilmastin häiritsee virtauksia ja estää altaan puhtaanapysymistä (vrt. SELANNE et al. 1983).

Koska normaalitilanteessa kalankasvatusaltaan poistovesi sisältää aina 5 - 6 mg O₂/l (tässä kokeessa 3 - 4 mg/l) ei ilmastimen käyttö altaassa suuremman kalamassan ylläpitämiseksi ja kasvattamiseksi ole lainkaan kannattavaa suuremman energiatarpeen ja huonomman tehon vuoksi.

Kokonaan toinen asia on jos laitoksella jossakin tietyssä altaassa aika-ajoin esiintyy hapen vajausta, joka uhkaa koko tuotannon jatkuvuutta. Tällöin investointi allaskohtaiseen "ensi- apu-ilmastimeen" tulee kertakäytöllä kannattavaksi. Yhden laitteen ostohinta kuittaantuu noin 350 kirjolohikilon kerran tapahtuvalla hengenpelastuksella, tai esim. 1 000 kg:n hätätila - alennusmyynnin (alennus 5,-/kg) välttämisenä. Esimerkiksi ongituslammikoissa saattaa esiintyä tällainen aika ajoin toistuva liian suuren kalamassan aiheuttama hapen vajeus. Toinen mahdollinen käyttöalue on verkkoaltaiden talvehdinnan aikainen sulana pitäminen. Veteen pumpattu ilma pitää avannon tehokkaasti sulana kovillakin pakkasilla.

Yhteenvetona kokeista voidaan todeta, ettei kyseinen laite varsinaisesti sovellu ilmastinlaitteeksi koko kalalaitosta varten, mutta puolustaa paikkaansa hätätilanteiden käteväenä ensiapulaitteena.

5. Kirjallisuus

- ALBRECHT, M. L. 1974. Der Sauerstoffverbrauch der Regenbogenforelle Zeitschrift für die Binnenfischerei der DDR 21: 53-61.

MULLER-FEUGA, A., PETIT, J. & SABAUT, J. J. 1978. The influence of temperature and wet weight on the oxygen demand of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) in fresh water. - *Aquaculture* 14: 355-363.

NAUKKARINEN, M. 1983. Kalanviljelylaitoksen perusparantaminen.
- Esitelmä INSKO ry:n koulutustilaisuudessa "Kalanviljelylaitosten tekninen suunnittelu ja rakentaminen" 8. - 9.12.1983, 12 s.

REITER, P. 1983. Kalanviljelylaitosten ilmastus- ja hapetusmenetelmät.

- Esitelmä INSKO ry:n koulutustilaisuudessa "Kalanviljelylaitosten tekninen suunnittelu ja rakentaminen" 8. - 9.12.1983, 34 s.

SELÄNNE, A, MAKINEN, T. & HELKIÖ, R. 1983. Kalanviljelyliete ja sen jatkokäsittely.

- Vesihallituksen monistesarja 1983, 173 s.

LAUKAAN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSEN KOKEMUKSIA LOHEN
LUONNONRAVINTOVILJELYSTÄ

Unto Eskelinen

1. Johdanto

Lohen poikasten tuottamista luonnonravintoviljelyllä on kehitetty Suomessa jo kauan. Katsauksen kokeiluihin on laatinut KUMMU (1981). Mielenkiinto lohen luonnonravintoviljelyyn on viime vuosina uudelleen lisääntynyt. Lohen tuotantotarve ja luonnonravintolammikoiden ala ovat kasvaneet.

Tässä artikkelissa esitellään lyhyesti Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen vuosina 1980 - 1984 tekemien kokeiden tulokset ja tarkastellaan mahdollisuuksia luonnonravintoviljelyn edelleen kehittämiseen lohenpoikasten tuotantomuotona.

2. Aineisto ja menetelmät

Kasvatuskokeissa käytettiin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen Nevan lohikannan laitosemojen mädistä kuoriutuneita poikasia paitsi Tervalammen itäpäähän (Tervalampi-E) kokeessa vuonna 1982, jolloin poikaset olivat luonnosta pyydettyjen emojen jälkeläisiä.

Tiedot kokeissa käytetyistä lammikoista, koevuosista ja koe-ryhmistä on koottu taulukkoon 1. ja poikasten istutusajankohdat, -koot ja -määrät taulukkoon 2. Lammikot, jotka eivät tyhjene täysin, oli koetta edeltävänä syksynä myrkytetty rotenonilla käyttäen laskennallista pitoisuutta 2 - 4 ppm. 0-vuotiaat kalat kuljetettiin lammikoihin happipakkauksissa, 1-vuotiaat hapetetuissa kuljetussäiliöissä. Lammikoiden veden lämpötila vaihteli kevätistutusten aikana välillä 11 - 24 °C.

3. Tulokset

3.1. Kasvu

Poikasten loppupainot kokeiden päättyessä on esitetty taulukossa 2. Kasvu on ollut hyvä. Yksikesäisten poikasten keskipaino on kaikissa tapauksissa ollut yli 3 g ja kaksikesäisten yli 25 g. Smolttiutumiskoko saavutetaan kahdessa vuodessa.

3.2. Kuolleisuus

Poikasten kokeen aikainen kuolleisuus on esitetty taulukossa 2. Kuolleisuus on ollut selvästi korkeampi kuin siikojen keskimääräinen kuolleisuus samoissa lammikoissa. Siikojen kesän aikainen kuolleisuus on noin 50 %. Lohi on siikaa vaikeampi pyydystettävä, ja eräissä tapauksissa kaloja jäi lammikkoon. Saatuun saaliiseen perustuvat kuolleisuusluvut ovat näissä tapauksissa liian suuria. Syyt täysin tai lähes täysin epäonnistuneisiin kokeisiin on luetteloitu taulukkoon 3. Tarkkaa kuvaa istutusajankohdan ja -tiheyden merkityksestä kuolleisuuden säätelijänä ei ole. Istutustiheydet ovat kuitenkin ilmeisesti olleet lammikon tuottokykyyn nähden liian suuria.

3.3. Poikastuotto

Poikastuotto on kasvun ja kuolleisuuden funktio. Kaikissa tapauksissa lohituotto on ollut lammikoiden keskimääräistä siikatuottoa alempi; 5 - 80 % siikatuotosta. Humalalammessa on aikaisemmin kasvatettu vain 2-kesäistä taimenta, jonka hehtaarituohto, 15.9 kg, on samaa suuruusluokkaa lohituoton kanssa. Korkeamman kasvillisuuden lisääntyminen parantaa ARNEMOn (1975) mukaan lohituottoa. Kun biotooppi monipuolistuu, lisääntyy myös lohelle sopivan ravinnon määrä. Nyt kokeissa olleista lammikoista vain Simunan altaissa ja Vihtalammessa on merkittävästi korkeampaa kasvillisuutta. Näissä lammikoissa myös lohituotto oli lähimpänä siikatuottoa.

3.4. Poikasten ulkoinen kunto

Poikasten kunto oli kaikissa tapauksissa erinomainen. Rakennevikoja, tauteja, eväkulumia tai muuta vahingoittumista tai merkkejä nälkiintymisestä ei esiintynyt. Parvet olivat koirasvoittoisia. Sukupuolten lukusuhteet ja varhaissukukypsien koiraiden määrät olivat tutkituissa tapauksissa seuraavat:

Lammikko ja vuosi	naaraita %	koiraita %	koiraista sukukypsiä %
Tervalampi-E 1982	36	64	—
Tervalampi-W 1982	46	54	—
Vihtalampi 1983	30	70	46
Simuna U 3 1983	44	56	18

3.5. Totutus keinoruokintaan

Nykyisissä luonnonravintolammikoissa ei useinkaan voida tuottaa istutusvalmiita poikasia. Poikaset on voitava talvehdittää usein laitoksissa. Keinoruokintaan totuttamista tutkittiin Tervalammessa vuosina 1982 ja 1983 tuotetuilla poikasilla. Talviaikainen kuolleisuus oli vuosiluokalla 1982, 4 % ja vuosiluokalla 1983, 0.8 %. Totutus onnistui hyvin.

4. Tarkastelu

Luonnonravinnolla tuotettujen lohenpoikasten laatu on ollut erinomainen. Tuottovarmuus on toistaiseksi ollut hyvin heikko ja tuotannon taso alhainen, mistä syistä luonnonravintoviljelyä ei toistaiseksi voi soveltaa ruokintaviljelyä korvaavana tuotantomuotona.

Kokeissa käytetyt lammikot ovat siian viljelyyn tarkoitettuja. Niissä on kohtalainen siian pääravinnon, eläinplanktonin tuotanto, mutta vähän lohelle sopivaa ravintoa. Lohisaaliin talteenotto näistä lammikoista on vaikeaa.

Lohen talvehdittaminen siikalammikoissa onnistuu huonosti, ja jos onnistuukin, ei lampea kevättyhjennyksen jälkeen saada kesäksi käyttötilavuuteen.

Luonnonravinnolla tuotetut lohen poikaset voidaan totuttaa keinoruokinnalle ja jatkokasvattaa kalanviljelylaitoksissa, kun siirto laitokselle tapahtuu riittävän lämpimän veden aikana. Viime vuosina on saatu hyviä tuloksia eri ikäisten lohikalajien poikasten istutuksista entisiin vaelluskalajokiin (mm. IKONEN, suull. ilm.). Luonnonravinnolla kasvatetuilla poikasilla on paremmat edellytykset sopeutua jokiluontoon kuin laitospoikasilla.

Tutkimuksilla voidaan tehostaa lohituottoa nykyisissä lammissa. Lohenviljelyyn parhaiten soveltuvia lammikoita ovat kuitenkin täysin tyhjenevät, runsaasti korkeampaa kasvillisuutta sisältävät lammikot, joiden vesi ei lämpene liiaksi. Yleensä ehdot parhaiten täyttäviä kohteita ovat puronotkoihin patoamalla tehdyt lammikot. Nykyisessä lammikkokannassa tällaisia on vähän. Lammikoiden jatkorakentamista tulisikin suunnata siten, että voidaan harjoittaa nykyistä monipuolisempaa viljelyä. Ihannetapauksessa lohenviljelyyn tarkoitettu lammikko purkaa vetensä mereen laskevaan jokeen.

5. Kirjallisuus

ARNEMO, R. 1975. Limnological studies in Hyttodammen, Outlines of the ecosystem and its management -
Laxforskningsinstitutets Meddelande 8/1975.

KUMMU, P. 1981. Lohen luonnonravintoviljelystä - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja 3: 68-74.

Taulukko 1. Lohen luonnonravintokasvatuskokeissa käytetyt lammikot ja koevuodet.

Lammikko	Sijaintikunta	Ala ha	Tilavuus m ³	Koeryhmät aloitusvuosi	viljelyvaihe
Hauki-Valkeinen	Kaavi	12.0	150 000	1980	0-v. - 1-k.
Nylyllypuro	Kaavi	3.6	49 000	1980	0-v. - 1-k.
Huosiainen	Maaninka/Tervo	20.5	247 000	1982	0-v. - 1-k.
"	"	"	"	1983	0-v. - 1-k.
Tervalampi-E	Pielavesi	1.7	27 000	1982	0-v. - 1-k.
Tervalampi-E	"	"	"	1983	0-v. - 1-k.
Tervalampi-W	"	2.2	29 500	1982	0-v. - 1-k.
"	"	"	"	1983	0-v. - 1-k.
Vihtalampi	Rautalampi	16.0	128 000	1983	1-v. - 2-k.
Simuna U 3	Laukaa	0.12	900	1982	0-v. - 2-v.
Simuna U 4	"	0.13	900	1982	0-v. - 1-k.
Humalalampi	Leppävirta	6.7	61 300	1983	0-v. - 2-k.

Taulukko 2. Istutustiedot ja viljelytulos lohien luonnonravintolammikkoviljelykokeissa.

Lammikko	Istutus		ikä	keski- paino g	tausta	Viljelytulos		keski- paino (g)	ikä	kuollei- suus %
	pvm	kpl/ha				saalis kpl	kg			
Hauki-Valkeinen	9.6.80	4 166	0-v	0.17	laitos	ei saalista				± 100
Myllypuro	6.6.80	16 666	0-v	0.17	laitos	ei saalista				± 100
Huosiainen	9.6.82	3 900	0-v	0.17	laitos	muutamia	8 - 9			± 100
Huosiainen	22.5.83	7 500	0-v	0.17	laitos	ei saalista				± 100
Tervalampi-E	8.6.82	12 264	0-v	0.14	luonnon	1 876	15.7	9.3	1-k	91
Tervalampi-E	1.6.83	10 250	0-v	0.18	laitos	2 987	12.4	7.3	1-k	71
Tervalampi-W	8.6.82	13 590	0-v	0.17	laitos	6 746	29.5	13.4	1-k	77
Tervalampi-W	1.6.83	10 250	0-v	0.18	laitos	5 116	16.1	7.3	1-k	77
Vihotalampi	24.5.83	2 500	1-v	6.5	laitos	5 193	157.9	9.9 ¹⁾	2-k	87
Simuna U 3	14.6.82	27 641	0-v	0.16	laitos	81	0.9	8.7	1-k	98
Simuna U 3	6.10.82	3 643	1-k	7.0	lrl	187	7.3	60.7	2-v	50
Simuna U 4	14.6.82	12 808	0-v	0.16	laitos	22	0.35	2.7	1-k	99
Humalalampi	3.6.83	10 000	0-v	0.17	laitos	4 792	122.2	18.2	2-k	93

1) Lammikkoon jäänyt tuotto noin 20 kg/ha

Taulukko 3. Lohen luonnonravintokasvatuskokeiden epäonnistumisen syitä Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen kokeissa.

Syyryhmä	Havainnot
Veden heikko laatu	Hauki-Valkeinen 1980 (pH:n äkillinen lasku) Myllypuro 1980 (veden liiallinen lämpeneminen)
Lammikon rakentei- den rikkoonutuminen	Huosiainen 1983 (penkereen pettäminen)
Muu kalasto	Huosiainen 1982 ja 1983: (runsaasti ahventa ja särkeä) Tervalampi 1982: (edelliikesäisiä siikoja 120 kpl, 2.5 kg/ha) Simuna U 4: (1-k kuhia ja kiiskiiä yht 245 kpl, 9.2 kg/ha) Simuna U 3 0-v: (1-k kuhia, kiiskiiä ja mateita yht. 31 kpl, 4.2 kg/ha).
Tuoton talteenoton vaikeudet	Vihtalampi 1983: (lampeen jäi 5 - 15 000 kalaa)

TULOKSIA LAUKAAN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSEN
LOHIMERKINNÖISTÄ

Kari Ruohonen

1. Johdanto

Laukaan keskuskalanviljelylaitokselta on istutettu Suomenlahteen 14 lohen merkintäerää vuosina 1976 - 1981. Osa merkintäeristä on Laukaassa tehtyjen rehukokeiden koeryhmiä (ks. MÄKINEN ja SUMARI 1984 a ja b). Merkityissä istutusryhmissä on Nevajoen kannan lisäksi Iijoen kantaa olevia merkintäryhmiä. Valtaosa merkityistä kaloista on istutettu 2-vuotiaana, osa jo 1-vuotiaana ja yksi ryhmä 3-vuotiaana.

Tässä esityksessä tarkastellaan lohen istutusiän, lohikannan, istutusalueen, istutuskoon, istutusvuoden ja kalojen kasvatustaustan ilmenemistä saaliissa, sen määrässä ja jakautumisessa eri pyyntivuosille merkkipalautusaineiston mukaan. Suomenlahden merkintäerien lisäksi on tarkastelussa käytetty vertailuaineistona Laukaan keskuskalanviljelylaitokselta Saaristomerelle vuosina 1977 ja 1978 istutettujen merkintäryhmien palautustietoja. Tarkastelussa mukana olevien merkintäerien merkkisarjat ovat taulukossa 1.

2. Istutusikä

Eri merkintäerien saalistiedot merkkipalautusten mukaan ovat taulukossa 2. Erät 79/1, 79/2 ja 79/4 olivat istutushetkellä 1-vuotiaita. Erä 79/3 oli 3-vuotias ja muut merkintäerät ovat olleet 2-vuotiaita. Vaikka 1-vuotisten ja 2-vuotisten poikasten palautustuloksen vertaamiseksi ei olekaan samana vuonna istutettuja rinnakkaisryhmiä, on selvää, että 1-vuotiaana

istutettujen poikasten palautusmaalit on ollut sekä kappalemäärinä että kilogrammoina tuhatta istukasta kohti pienempi kuin 2-vuotiaana istutettujen ryhmien (taulukko 2.). Kolmi-
vuotiaana istutetun erän palautusmaalit on selvästi suurin, mutta myös 2-vuotiaana istutetuilla poikasilla on päästy samalle saalistosolle (erä 80/4). Yksivuotisten istukkaiden tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että merkinnässä käytetty Carlin-merkki on pienelle kalalle huomattavasti suurempi haitta kuin suuremmille istukkaille, mikä vaikuttaa jonkin verran palautustulokseen.

Eri ikäisinä istutettujen poikasten saaliin jakautumisessa istutuksen jälkeisille vuosille ei tässä aineistossa ole suuriakaan eroja (kuvat 1. - 4.). Saalisjakauma näyttää melko vakiolta riippumatta istutusiästä. Vuoden 1981 merkintäeristä saattaa puuttua joitakin 4. pyyntivuonna saaliiksi tulevia.

Taulukko 1. Tarkasteltavien merkintäerien merkkisarjat.

merkintäeri	merkkisarja
76/1	M 7101 - 7300 AI 1601 - 2000 AO 7501 - 7600 AR 2901 - 3000
79/1	BU 1000 - 1750
79/2	BU 2581 - 3440
79/3	BU 0000 - 0999
79/4	BU 1751 - 2580
80/1	BU 4241 - 4999 BU 7500 - 7540
80/2	BU 7541 - 7999 BU 9000 - 9340
80/3	BU 9341 - 9896
80/4	BU 9897 - 9999 CA 6000 - 6697
80/5	CA 6698 - 7499
81/1	CL 0000 - 0999
81/2	CL 1000 - 1999
81/3	CL 2000 - 2999

Taulukko 1. jatkuu

81/4	CL 3000 - 3999
Saaristomeri 77	BH 2000 - 2949
Saaristomeri 78	BO 1500 - 2499
Saaristomeri 78 (Iijoen kanta)	BR 6000 - 6999

Taulukko 2. Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen istuttamien lohien merkintäerien saalistietoja Suomenlahdelta ja Saaristomereltä.

merkintä- erä	istutettu kpl	s a a l i s			huom.
		kpl	%	kg/1000	
76/1	800	41	5.1	197	
79/1	748	8	1.1	56	1-v., koerehu B
79/2	858	24	2.8	112	1-v., Ewos lohirehu
79/3	994	112	11.3	437	3-v.
79/4	829	20	2.4	107	1-v., koerehu A
80/1	789	31	3.9	150	norm. "sekaruok."
80/2	799	32	4.0	160	ruok. krillillä
80/3	542	36	6.6	210	Ewos lohirehu
80/4	800	78	9.7	435	koerehu A
80/5	800	59	7.4	295	koerehu B
81/1	994	46	4.6	158	vert. 81/2:lle
81/2	995	78	7.8	253	Iijoen kanta
81/3	993	54	5.4	185	
81/4	994	77	7.7	288	
s-meri 77	949	65	6.8	250	
s-meri 78	911	49	5.4	190	
s-meri 78(I)	997	92	9.2	322	Iijoen kanta

1) saalis kg tuhatta istukasta kohti

3. Kanta

Vuonna 1981 merkittiin koemielessä myös Iijoen kantaa olevia poikasia (erä 81/2). Tälle merkintäerälle valittiin

rinnakkaisryhmäksi likimain erän 81/2 kanssa samankokoisia Nevanjoen kantaa olevia poikasia (erä 81/1). Samaan aikaan istutettiin lisäksi kaksi "rutiiniviljeltyä" erää Nevajoen kannan poikasia (erät 81/3 ja 81/4).

Verrattaessa Iijoen kannan ja sille rinnakkaisen Nevanjoen kannan merkintäerien saalistulosta on Iijoen kannan palautussaalis merkkipalautusten mukaan selvästi nevalaista perempi (taulukko 2.). Toisaalta "rutiiniviljellyistä" nevalaiseristä toinen tuotti iijokista paremman saaliin ja toinen huonomman. Vertailuryhmänä olleen nevalaisryhmän (81/1) huonoon tulokseen lienee vaikuttanut merkintäerän valikoitu kokojakauma, joka pyrittiin saamaan iijokiserän kaltaiseksi. Saaliiden jakautumisessa pyyntivuosille ei voida sanoa olevan eroja (kuvat 2. ja 4.).

Merkkipalautusten jakautumisessa Itämeren eri alueille näkyy Iijoen ja Nevajoen kantojen erilainen vaelluskäyttäytyminen (erät 81/1 ja 81/2, kuva 5.). Nevajoen kannan palautussaa- liista saatiin lähes kaikki (97.7 %) istutusalueelta, so. Suomenlahdelta. Iijoen kannan palautuksista vain noin puolet (50.8 %) saatiin vastaavalta alueelta ja melkoinen osa palautuksista tuli aina eteläiseltä Itämereltä asti (kuva 5.). Saaristomerelle vuonna 1978 tehdyn Nevanjoen ja Iijoen rinnakkaisen merkintäistutuksen tulos on samansuuntainen, joskaan ei yhtä selvä (kuva 6.).

4. Istutusalue

Suomenlahden merkintäistutusten tuloksia verrattiin Saaristomerelle tehtyihin merkintäistutuksiin. Aineistot ovat pieniä, joten mitään vahvoja päätelmiä niistä tuskin voi tehdä. Taulukossa 3. on esitetty saaliin jakautuminen kansallisuuksittain istutusalueittain. Suomenlahdelle istutettujen merkintäerien palautuksista yli kolme neljäsosaa tuli suomalaisilta, kun Saaristomeren eristä suomalaisten osuus oli vain noin

kolmannes. Saaristomeren palautuksista jotakuinkin puolet tuli tanskalaisilta. Tarkastelussa on otettu huomioon ainoastaan Nevanjoen kantaa olevat merkintäerät, joten kysymyksessä eivät ole kantojen väliset vaelluserot. Taulukossa 4. on tarkasteltu vielä saaliin jakautumista eri pyydystyypeille Saaristomeren ja Suomenlahden merkintäerissä. Molemmilla alueilla yli puolet saaliista saatiin verkoilla.

Taulukko 3. Palautusten jakautuminen kansallisuuksittain Suomenlahdella ja Saaristomerellä.

kansallisuus	Suomenlahti		Saaristomeri	
	kpl	%	kpl	%
Suomi	547	76.6	62	30.2
Tanska	110	15.4	106	51.7
Ruotsi	28	3.9	15	7.3
Neuvostoliitto	18	2.5	15	7.3
Ahvenanmaa	11	1.5	3	1.5
Saksan Itv	0	0.0	3	1.5

Taulukko 4. Saaliin jakautuminen eri pyydystyypeille Saaristomerellä ja Suomenlahdella.

pyydys	Suomenlahti		Saaristomeri	
	kpl	%	kpl	%
verkko	222	51.6	83	58.9
koukut	101	23.5	49	34.8
sulut	107	24.9	9	6.4
yhteensä	430	100.0	141	100.0

5. Istutuskoko

Kymijoelle (Suomenlahti) istutetuista Nevanjoen kantaa olevista merkintäeristä tarkasteltiin palautustulosta istutushetken pituusjakauman suhteena. Taulukossa 5. on esitetty kaikkien merkintäryhmien pituusluokkajakauma ja eri pituusluokkien palautustulos.

Taulukko 5. Vuosina 1976 - 1980 merkittyjen istukkaiden pituusjakauma ja pituusluokkien palautustulos.

merkintäpituus mm	istutettu		palautettu		palautettu % istutetuista
	kpl	%	kpl	%	
139	75	0.9	0	0.0	0.00
140-149	1018	12.8	24	5.4	2.36
150-159	2128	26.8	65	14.7	3.05
160-169	1740	21.9	79	17.9	4.54
170-179	984	12.4	66	15.0	6.71
180-189	588	7.4	54	12.2	9.18
190-199	494	6.2	52	11.8	10.53
200-209	435	5.5	46	10.4	10.57
210	503	6.3	55	12.5	10.93
yhteensä	7939	100.0	441	100.0	5.55

Kuvassa 7. on sama aineisto esitetty graafisesti siten, että samassa koordinaatistossa on koko merkintäryhmän pituusjakauma ja palautustulosten mukainen pituusjakauma istutushetkellä. Palautusten pituusjakauma painottuu selvästi kookkaampiin luokkiin. Palautettujen merkkien määrä ja saalis kasvavat lähes lineaarisesti poikasen istutuskoon kasvaessa (kuva 8.).

6. Istutusvuosi

Vuosina 1976 - 1981 istutettujen Nevanjoen kannan poikasten merikasvu on esitetty kuvassa 9. Katkoviivalla on yhdistetty kunkin ikävuoden ääriarvot. Näiden merkkipalautuksiin perustuvien kasvuarvioiden mukaan lohen merikasvu on ollut samassa ikäryhmässä vuosittain samaa luokkaa, ts. lohen merikasvu näyttää olleen suhteellisen riippumatonta vuosien välisestä vaihtelusta (kuten säätila yms.). Tulokseen vaikuttaa kuitenkin pienen aineiston suurehko hajonta.

7. Kasvatustausta (rehukoeryhmät)

Osa Suomenlahdelle istutetuista merkintäeristä on vuosina 1978 - 1979 Laukaan keskuskalanviljelylaitoksessa tehtyjen rehukokeiden koeryhmiä (ks. MAKINEN ja SUMARI 1984 a ja b). Rehukokeiden tarkoituksena oli myös verrata eri koeryhmien istutustulosta.

Merkintäeristä seuraavat ovat rehukokeen koeryhmiä: 79/1, 79/2, 79/4, 80/3, 80/4 ja 80/5. Kokeessa verrattiin Vaasan Höyrymyllyn kahta koerehua (A ja B) vertailurehuun (Ewos standard). Vuonna 1979 istutetut erät olivat lämminvesikasvatettuja ja saavuttivat istutuskoon 1-vuotiaina. Vuonna 1980 istutettiin koeryhmistä lämmittämättömässä vedessä kasvatetut 2-vuotiaat poikaset (ks. tarkemmin MAKINEN ja SUMARI 1984 a ja b).

Lämminvesikasvatetuilla poikasilla saatiin laitospoikas- kasvatustulos vertailurehulla. Vertailurehu oli sekä painon että pituuden suhteen erittäin merkitsevästi koerehu B:tä parempi. Koerehu A:han verrattuna vertailurehu oli painon suhteen erittäin merkitsevästi ja pituuden suhteen jokseenkin merkitsevästi parempi.

Palautussaaliin antama kuva on jokseenkin samankaltainen (taulukko 2., kuvat 1. - 4.). Vertailurehun (79/2) palautustulos on paras ja koerehu B:n (79/1) selvästi heikoin. Sen sijaan koerehu A:n (79/4) tulos on lähes yhtä hyvä kuin vertailurehun. Koerehu B:n kasvatustulos laitoksessa ennen istutustulosta oli sekä massan että pituuden suhteen heikoin ja lisäksi tässä ryhmässä havaittiin huomattavasti muita ryhmiä enemmän eväkulumia. Koerehu A:n ja vertailurehun suhteellisen samantasoinen palautustulos saattaa ilmentää sitä, että istukkaiden menestyminen ei riipu niinkään istukkaan massasta vaan istukkaan pituudesta (vrt. myös taulukko 5. ja kuvat 7 ja 8.). Näillä kahdella ryhmällähän pituuskasvu poikkesi toisistaan huomattavasti massanlisäystä vähemmän. Evien kuluneisuus oli näillä ryhmillä laitospalautuksessa samaa luokkaa.

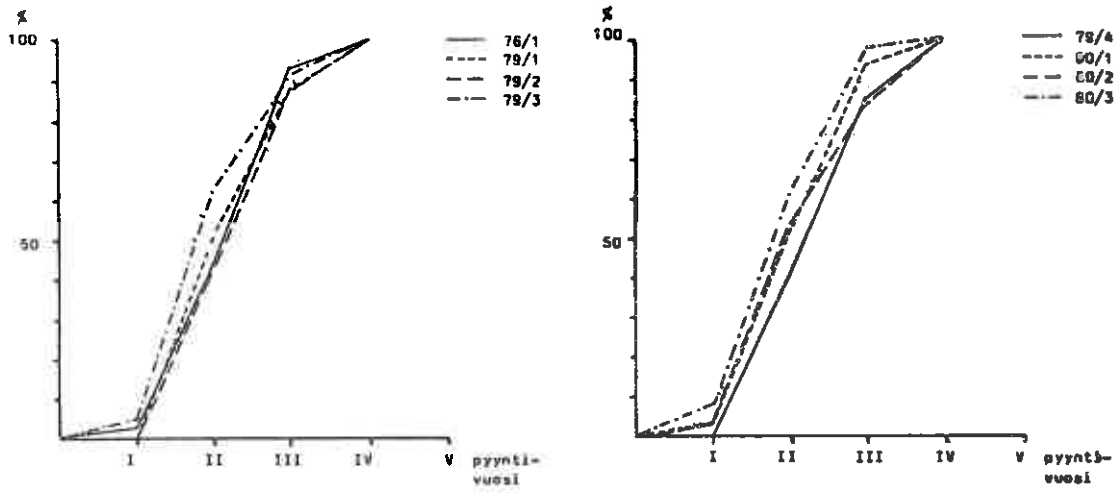
Vuonna 1980 istutettujen poikasten (2-vuotiaat) kasvatustulos laitoksella antoi erilaisen kuvan rehujen paremmuudesta. Rehut olivat muuten koostumukseltaan edellistä koetta vastaavia paitsi, että koerehu B:n koostumusta oli muutettu ensimmäisen koevuoden jälkeen. Näiden istutusryhmien ensimmäisen vuoden kasvatuksessa (v. 1978) koerhut ja vertailurehu osoittautuivat yhtä hyviksi. Toisen vuoden kasvatuksessa vuonna 1979 koerehu A tuotti suurimman massan lisäyksen. Uusittu koerehu B:kin tuotti vertailurehua paremman kasvun.

Palautustilasto vuoden 1980 istutuksista tukee laitospalautuksessa saatuja tuloksia. Koerhulla A ruokitun ryhmän (80/4) palautussaalis on ylivoimaisesti suurin (taulukko 2.). Koerehu B:n (80/5) tulos oli myös vertailuryhmää (80/3) parempi.

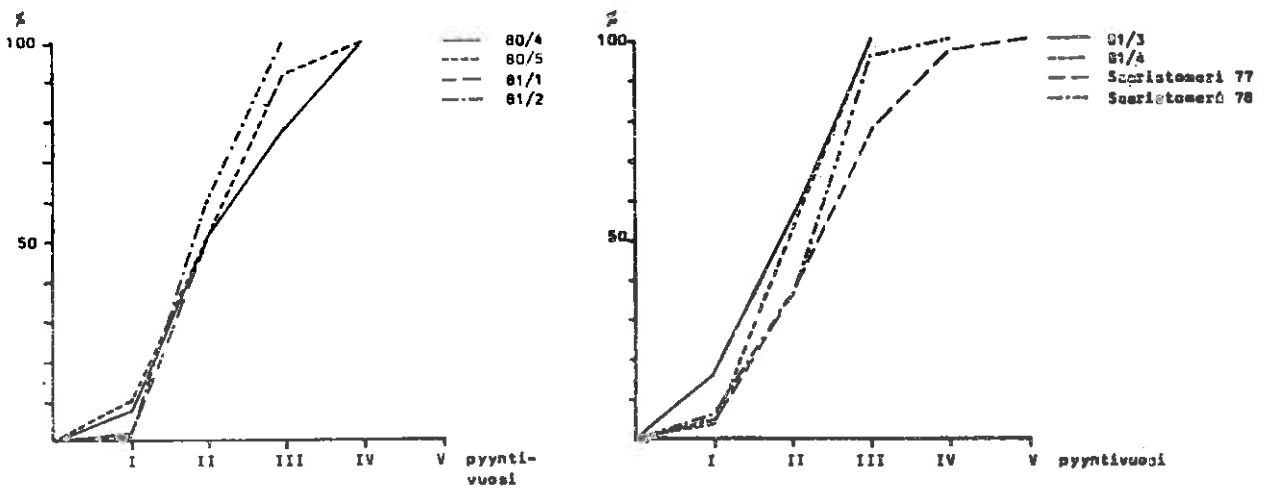
8. Kirjallisuus

- MAKINEN, T. & SUMARI, O. 1984a. Lohen kasvatuskoe Vaasan Höyry mylly Oy:n koerehuilla vuonna 1978.
- Tässä julkaisussa.

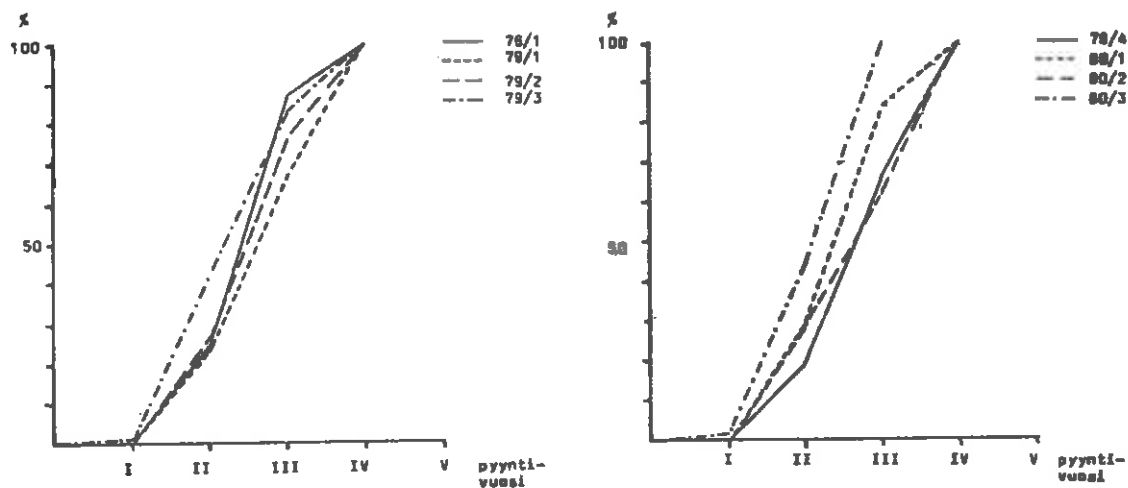
MAKINEN, T. & SUMARI, O. 1984b. Vaasan Höyrymylly Ot:n koe-
rehuilla tehtyjen kasvatuskokeiden tulokset
vuonna 1979. - Tässä julkaisussa.



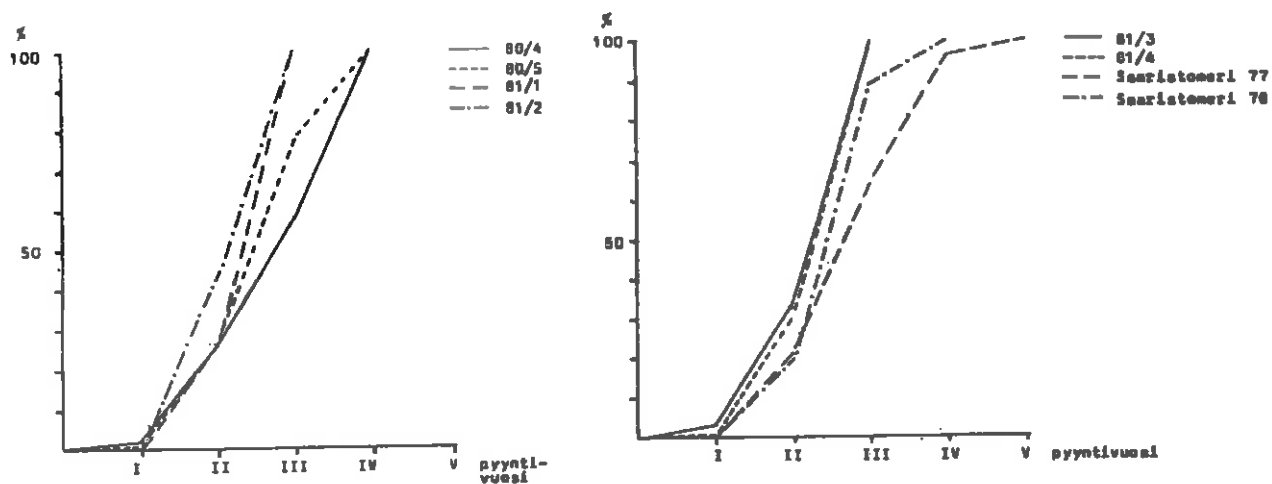
Kuva 1. Istutuserien palautussaaliin (kpl) summajakauma (%) eri pyyntivuosina (I pyyntivuosi = Istutusvuosi).



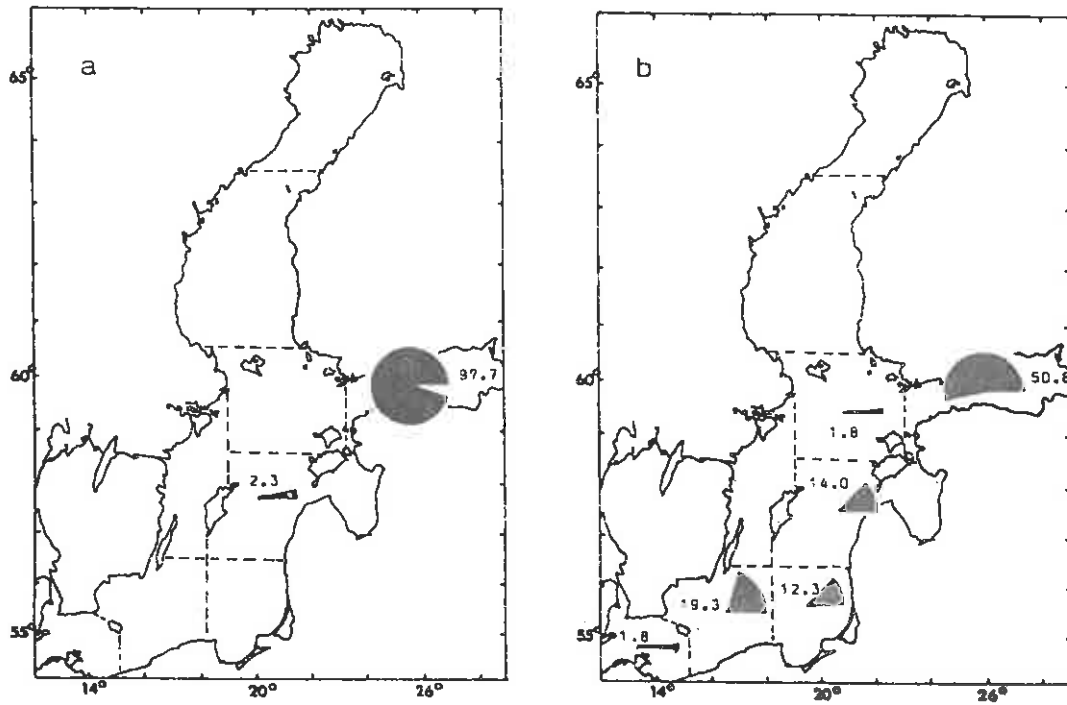
Kuva 2. Istutuserien palautussaaliin (kpl) summajakauma (%) eri pyyntivuosina (I pyyntivuosi = istutusvuosi).



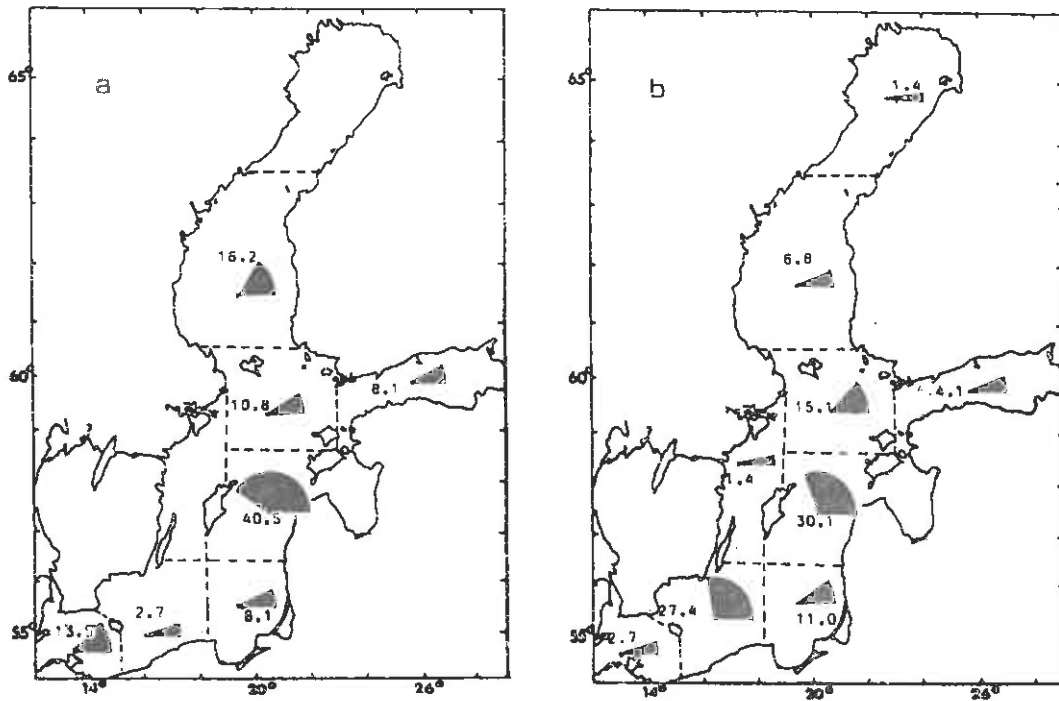
Kuva 3. Istutuserien palautussaaliin (kg tuhatta istukasta kohti) summajakauma (%) eri pyyntivuosina (I pyyntivuosi = istutusvuosi).



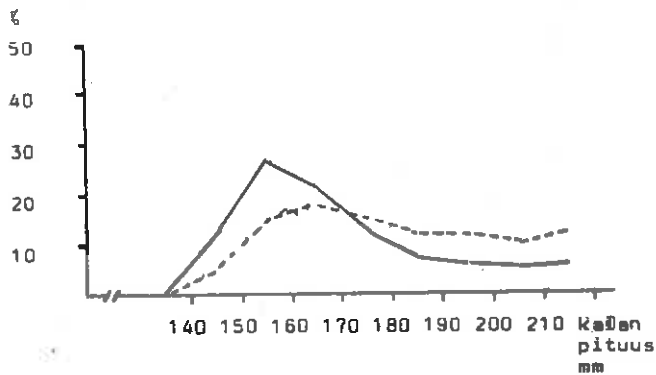
Kuva 4. Istutuserien palautussaaliin (kg tuhatta istukasta kohti) summajakauma (%) eri pyyntivuosina (I pyyntivuosi = istutusvuosi).



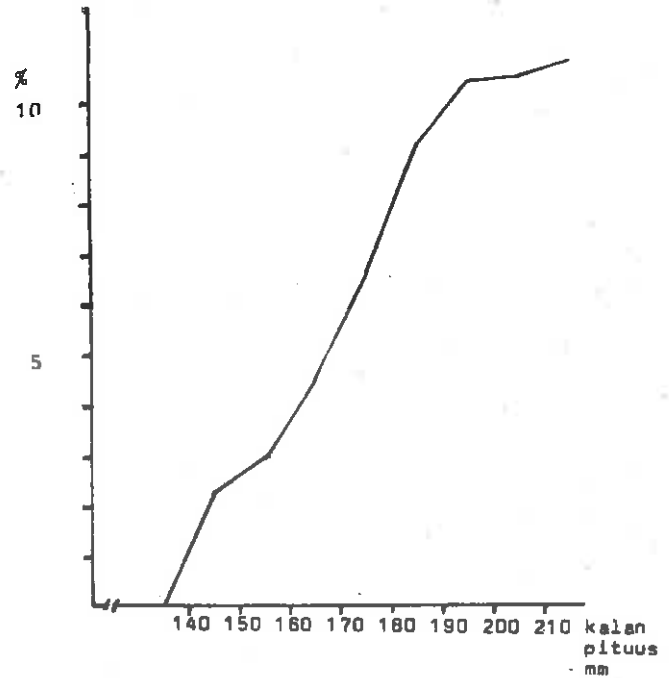
Kuva 5. Merkkipalautusten j. kautuminen Itämeren alueille (%).
a. Nevanjoen kanta, b. Iijoen kanta. Istutukset Suomenlahdelle.



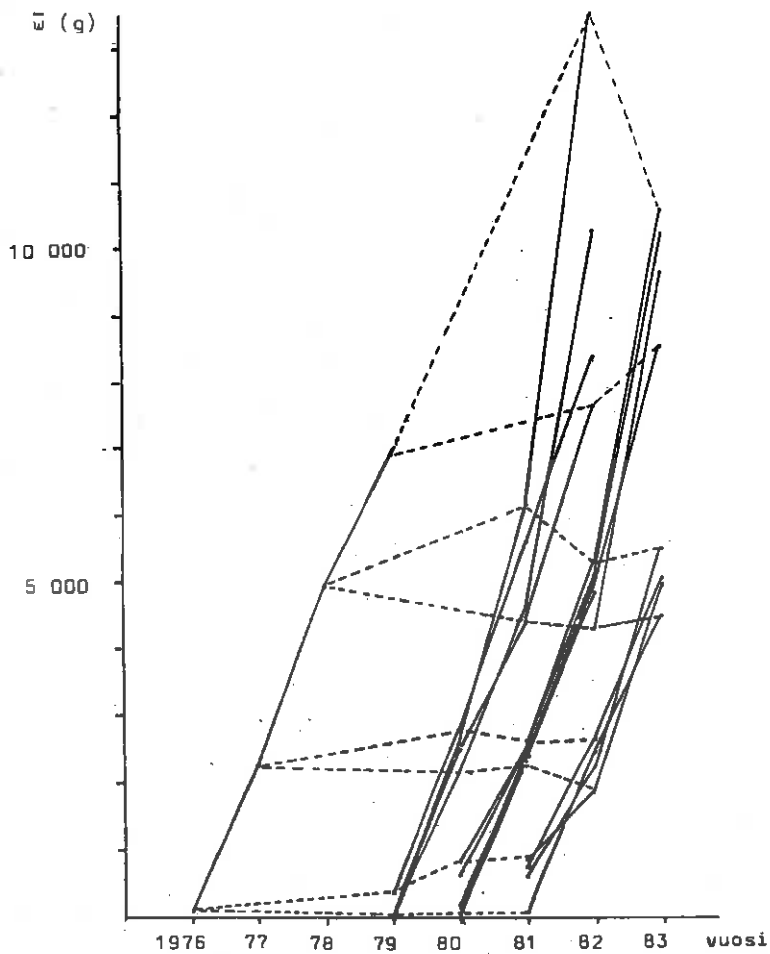
Kuva 6. Merkkipalautusten jakautuminen Itämeren alueille (%).
a. Nevajoen kanta, b. Iijoen kanta. Istutukset Saaristomerelle.



Kuva 7. Istutuserien pituusjakauma istutushetkellä (yhtenäinen viiva) ja palautusten mukaan (katkoviiva), ks. teksti.



Kuva 8. Palautussaaliin kasvu istutuspoikasen koon funktiona.



Kuva 9. Lohen (Nevajoen kanta) merikasvu eri vuosina. Eri vuosien ääriarvot yhdistetty katkoviivalla ikäluokittain. (\bar{w} (g) = keskipaino grammoina). Ks. tarkemmin tekstissä.

**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,
KALANTUTKIMUSOSASTO**

MONISTETTUJA JULKAISUJA

- No 62. IKONEN, E., AHLFORS, P., MIKKOLA, J. ja SAURA, A.: Meritaimenen ja lohen elvyttäminen Vantaanjoen vesistössä. 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.
- No 68. HEIKINHEIMO-SCHMID, O., NENONEN, M., LIEKONEN, E. ja HUUSKO, A.: Kalastus Kemijärvessä vuonna 1980. s. 1—42.
HEIKINHEIMO-SCHMID, O.: Kalastus Kemijärvessä vuonna 1982. s. 43—82.
PARTANEN, H.: Selvitys Kemijärven kalan markkinoinnista. s. 83—111.
NENONEN, M.: Selvitys Kemijärven kaloissa esiintyvistä haju- ja makuvirheistä. s. 113—147.
TIKKANEN, P. ja HELLSTEN, S.: Muikun kutualueista ja mädin selviytymisestä Kemijärvessä vuosina 1982—1985. s. 149—173.
HUUSKO, A. ja KARTTUNEN, V.: Kalanpoikasten esiintymisestä Kemijärvessä vuonna 1985. s. 175—194.
HUUSKO, A.: Siian ja ahvenen ravinnosta Kemijärvessä. s. 195—222.
HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja HUUSKO, A.: Kalojen vaellus Kemijärvestä alavirtaan. s. 223—251. Helsinki 1987.
- No 69. HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja HUUSKO, A.: Kemijärven kalatalouden nykytila ja ehdotukset kalakantojen hoitotoimenpiteiksi. Helsinki 1987. 212 s.
- No 70. AHLFORS, P., KUMMU, P. ja WESTMAN, K.: Karppi Suomessa — Katsaus viljely- ja istutustoimintaan 1951—1981. s. 1—22.
AHONEN, M.: Kalkituksen, lannoituksen ja istutustiheyden vaikutukset Inarin luonnonravintolammikoiden siianpoikastuottoon vuosina 1976—1983. s. 23—45.
KALLIO-NYBERG, I. ja PRUUKI, V.: Tornionjoen lohikannan kutunousu ja monimuotoisuus. s. 47—74.
SARJAMO, H.: Jerisjärven kalastus ja siikakannat vuosina 1978—1982. s. 75—104. Helsinki 1987.
- No 71. HONKASALO, L. ja JOKIKOKKO, E.: Uittoperkaukset ja perattujen jokien kunnostus kalatalouden kannalta. s. 1—45.
JUTILA, E.: Lohenpoikastuotannon ja kalansaaliiden kehitys Simojoessa koskien kunnostuksen jälkeen vuosina 1982—1985. s. 47—96.
KÄNNÖ, S.: Kalakannan kehitys Rovaniemen maalaiskunnan Kuohunkijoessa koskien kunnostuksen jälkeen. s. 97—132.
JOKIKOKKO, E.: Taimenmäärät Suomussalmen Piispa- ja Mustajoen kunnostetuissa koskissa vuosina 1978—1985. s. 133—166.
JUTILA, E.: Taimenen poikastuotanto, kalastus ja saaliit Mäntyharjun reitin Puuskankoskessa kunnostuksen jälkeen vuosina 1978—1985. s. 167—206.
PURSIAINEN, M., KUITTINEN, E., KANNEL, R. ja LOUHIMO, J.: Rapukannan kotiuttaminen kunnostettuun Tiilikanjokeen. s. 207—234. Helsinki 1987.
- No 72. AHVONEN, A.: Vaskiveden ja Toisveden kalakanta-arviot sekä suositus kalastuksen järjestämiseksi. Helsinki 1987. 54 s.

SISÄLTÖ

**Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella vuosina 1978—1984 tehtyjä tutkimuksia.
275 s.**

**ISBN 951-8914-02-8
ISSN 0358-4623
Yliopistopaino**