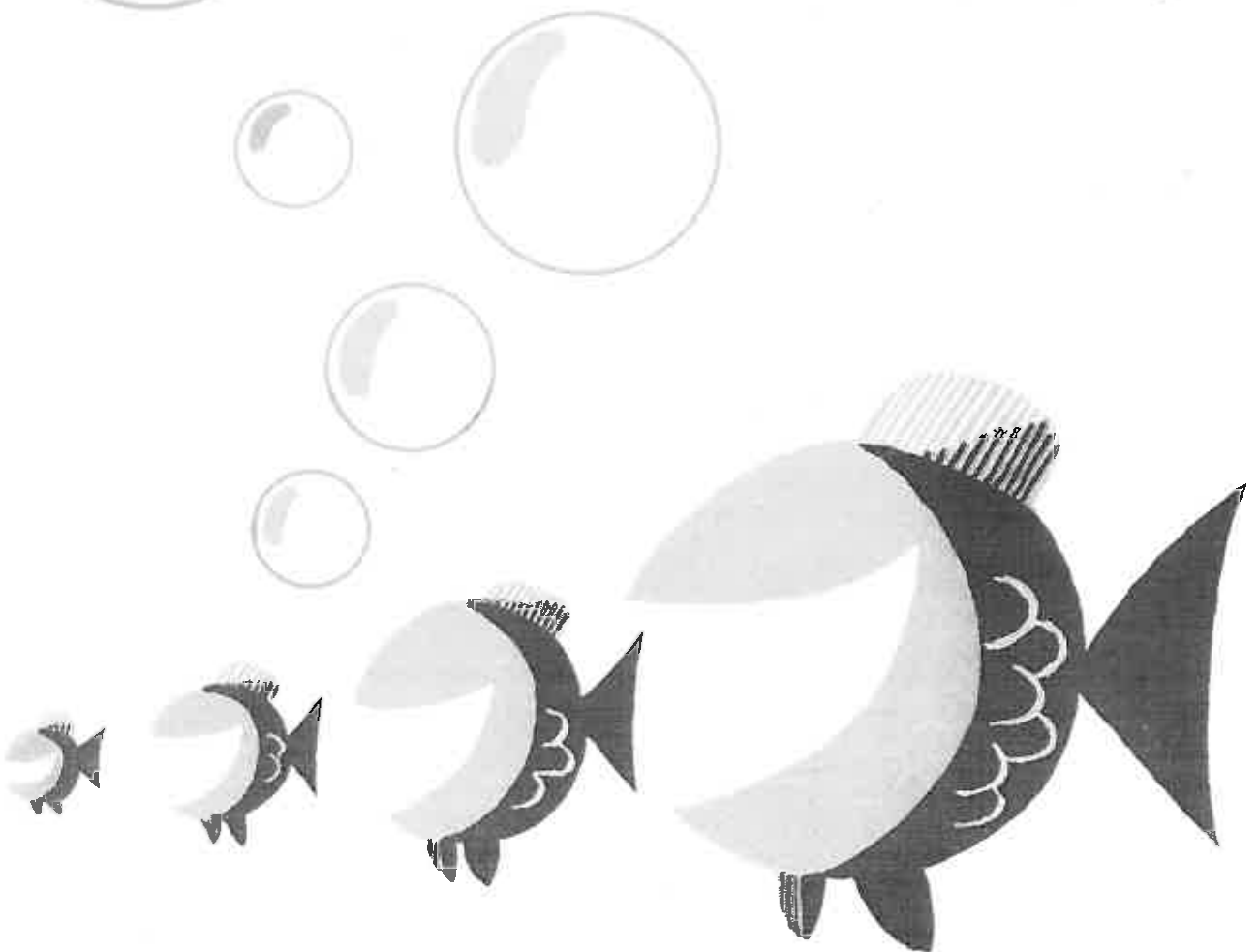


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS  
KALANTUTKIMUSOSASTO



# MONISTETTUJA JULKAISUJA

52  
1986





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS  
KALANTUTKIMUSOSASTO

# MONISTETTUA JULKAISUJA

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

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen.

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

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

Redaktör: Viljo Nylund. Redaktionssekreterare: Petri Suuronen, Eija Valle.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

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

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

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS, KALANTUTKIMUSOSASTO  
MONISTETTUJA JULKAISUJA

No 52

1986

INVERKAN AV LJUS OCH INSEKTTILLSKOTT TILL FÖDAN  
PÅ TILLVÄXTEN HOS LAXYNGEL SALMO SALAR

Barbro Nikinmaa

HELSINKI 1986

ISBN 951-9092-81-1  
ISSN 0358-4623  
Helsinki 1986  
Yliopistopaino

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING:

1. INLEDNING	1
1.1. Fiskars näringsbehov	1
1.1.1. Allmänt	1
1.1.2. Protein	1
1.1.2.1. Essentiella aminosyror	1
1.1.2.2. Fiskars proteinbehov	2
1.1.3. Lipider	3
1.1.4. Kolhydrater	4
1.1.5. Vitaminer	5
1.1.6. Mineraler	5
1.2. Matsmältningen	6
1.2.1. Matsmältningskanalens byggnad	6
1.2.2. Matsmältningsenzym	7
1.3. Laxens föda i naturen	8
1.4. Infångandet av föda	8
1.5. Aktivitet och födointag	10
1.6. Faktorer som inverkar på födointag och tillväxt	11
1.6.1. Allmänt	11
1.6.2. Laxfiskars tillväxt och livscykel	12
1.6.3. Abiotiska faktorer	13
1.6.3.1. Temperaturen	13
1.6.3.2. Syrehalten	14
1.6.3.3. Salthalten	15
1.6.3.4. Ljus	16
1.6.3.5. Årstiden	17
1.6.4. Biotiska faktorer	17
1.6.4.1. Rationen	17
1.6.4.2. Storleken	18
1.6.4.3. Konkurrens	19
1.7. Avsikten med detta arbete	20

2. MATERIAL OCH METODER	21
2.1. Allmänt	21
2.2. Foder och utfodringsapparat	21
2.3. Bassängerna och vattnet	22
2.4. Grupperna i experimentet	23
2.5. Provtagningsmetoder och kliniska analyser	24
2.5.1. Allmänt	24
2.5.2. Blodprov	24
2.5.3. Vägning och mätning	25
2.5.4. Blod- och plasmabestämningar	25
2.5.4.1. Hämatokritvärde (Hkt)	25
2.5.4.2. Hämoglobinhalt	25
2.5.4.3. Glukoshalt	26
2.5.4.4. Laktathalt	27
2.5.4.5. Proteinhalt	27
2.5.4.6. Lipidhalt	27
2.5.5. Vävnadsbestämningar	28
2.5.5.1. Vattenhalt	28
2.5.5.2. Glykogen	28
2.5.5.3. Kvävehalt	29
2.5.5.4. Lipidhalt	29
2.5.6. Beräknade storheter	30
2.5.6.1. Medelcellhämoglobinkoncentrationen (MCHK)	30
2.5.6.2. Konditionsfaktor (K)	30
2.5.6.3. Foderfaktor (F)	30
2.5.6.4. Tillväxt (G)	31
2.5.7. Statistiska metoder	31
3. RESULTAT	32
3.1. Jämförelse av provtagnings teknik	32
3.1.1. Blodprov	32
3.1.2. Hämoglobinbestämning	32
3.2. Längd, vikt och konditionsfaktor	33
3.3. Blod/plasmabestämningar	33
3.3.1. Hämatokritvärde, hämoglobin- och medelcell- hämoglobinkoncentration	33

3.3.2. Glukos- och laktathalt	36
3.3.3. Protein- och lipidhalt	38
3.4. Vävnadsbestämningar	38
3.4.1. Kväve- och lipidhalt	38
3.4.2. Glykogenhalt	38
3.4.3. Vattenhalt	41
3.5. Dödlighet och utfodring	41
3.6. Insekter	44
4. DISKUSSION	45
4.1. Foder	45
4.2. Mortalitet	45
4.3. Tillväxten	46
4.3.1. Allmänt	46
4.3.2. Inverkan av insekttillskott på tillväxten	46
4.3.3. Ljusets effekt på tillväxten	48
4.4. Kroppskompositionen	49
4.5. Blodparametrarna	50
4.6. Faktorer som inverkar på valet av insekter	52
5. LITTERATUR	55

## 1. INLEDNING

### 1.1. Fiskars näringsbehov

#### 1.1.1. Allmänt

Ett välbalanserat fiskfoder bör innehålla en energikälla, essentiella aminosyror och fettsyror, vitaminer och mineraler för att uppehålla liv och för att utveckling och tillväxt skall ske (Halver, 1979). Fodrets näringsvärde beror också på fiskens förmåga att smälta och absorbera det. Matsmältningen å sin sida beror på matens fysikaliska form och på enzymerna i matsmältningsskanalen (Phillips, 1969). Näringsbehovet varierar dessutom med fiskens ålder och storlek, vattnets temperatur och förhållandet mellan komponenterna mm. (Phillips, 1972).

USA och Japan är de ledande länderna då det gäller undersökning av fiskars näringsbehov. De bäst undersökta laxfiskarna är därför Oncorhynchus tshawytscha, O. kisutch och regnbåge, Salmo gairdneri, medan lax, S. salar, ännu är bristfälligt undersökt i detta avseende. Salmonidernas näringsbehov i sötvatten är relativt väl klarlagt, medan kännedomen om näringsbehovet i saltvatten är mycket begränsat.

#### 1.1.2. Protein

##### 1.1.2.1 Essentiella aminosyror

Alla hittills undersökta fiskarter har behövt följande tio aminosyror för normal tillväxt: arginin, histidin, isoleucin,



lysin, metionin, fenylalanin, treonin, tryptofan och valin (Cowey och Sargent, 1972; Mertz, 1972). Olika arter behöver olika mängder av dessa aminosyror, vilket innebär att man inte direkt kan komponera foder för arter vars behov ännu inte undersökts (Cowey och Sargent, 1979; Halver, 1979). Ålen Anguilla japonica t.ex. behöver dubbelt så mycket isoleucin, tryptofan och treonin som O. tshawytscha, medan behovet av arginin är hälften mindre.

Vid brist på någon essentiell aminosyra uppträder aptitlöshet, vilket leder till minskat födointag som i sin tur leder till försämrad tillväxt. Tryptofanbrist leder dessutom redan efter fyra veckor till lordosis och scoliosis hos O. nerka (Mertz, 1972). Även överskott av eller fel proportioner hos dessa aminosyror förorsakar skadliga effekter främst i form av försämrad tillväxt (Mertz, 1972).

#### 1.1.2.2. Fiskars proteinbehov

Olika protein har olika näringsvärde för fiskar även då proteinnivån i fodret hålls hög. Cowey och Sargent (1979) antar att detta beror på att fiskars behov av aminosyror är mycket stort. Det bästa näringsvärdet har fiskmjöl eller proteiner som erhållits därifrån. Många försök har gjorts att ersätta fiskprotein med annat protein, men resultatet har i allmänhet varit försämrad tillväxt. Rumsey och Ketola (1975) lyckades förbättra regnbåges tillväxt på sojamjöl (40 % råprotein) genom tillsats av aminosyror. Vid ett liknande försök med laxyngel kunde samma forskare visa att tillsats av arginin, lysin, cystin, metionin, treonin och tryptofan till kasein (40 % råprotein) ledde till motsvarande tillväxt som erhöles med isolerat fiskprotein.

Lall och Bishop (1979) gjorde experiment med regnbåge i salt- (32 ppt) och sötvatten med foder av olika proteinhalter (40, 45 och 50 %) och lipidkomponenten bestående alternativt av majs- eller fiskolja. Både i salt- och sötvatten erhöles den bästa tillväxten med 50 % protein. Allra bäst växte den grupp som fick fiskolja, 50 % protein och växte i saltvatten. Zeitoun m.fl. (1973) undersökte regnbågens tillväxt på foder vars proteinhalt varierade från 30 till 60 % i två olika salthalter (10 och 20 ppt). Den bästa tillväxten förekom vid 40 % proteinhalt i 10 ppt och 45 % i 20 ppt. Detta skulle tyda på ett ökat proteinbehov vid ökad salthalt.

### 1.1.3. Lipider

Hos däggdjur bildar kolhydraterna den viktigaste energikällan, men fiskar använder helst lipider (Cowey och Sargent, 1979). Om ett fetthaltigt foder används kan en större del av proteinkomponenten användas för tillväxt och utveckling (Phillips, 1969). Lipider behövs även för membranernas byggnad och funktion. Som allmän regel kan man säga att en lipidhalt mellan 10 och 20 % är lämplig för alla fiskarter, för närmare precisering måste man beakta fettyp, fiskart och fodrets proteinhalt (Lee och Sinnhuber, 1972).

För att tillfredställande tillväxt skall ske behöver fiskar vissa  $\omega$ 3-typ fettsyror, t.ex. linolensyra (18:3,  $\omega$ 3), för vilka fiskolja och sojaolja är de bästa källorna (Lee och Sinnhuber, 1972). Samtidigt behövs tillsats av  $\alpha$ -tokoferol (E vitamin) i fodret för att förhindra peroxidering av fettsyror med påföljande giftiga reaktioner i mjälte och lever (Halver, 1979).

Atherton (1975) ersatte fiskolja med däggdjursfett (svinister), men resultatet var försämrad aptit och tillväxt hos regnbåge. Detta antas bero på att däggdjursfett har högre smältpunkt än fiskolja och att emulsifieringen och absorptionen därför blir långsammare. Undersökningar som gjorts på senaste tiden med regnbåge och O. kisutch visar dock att man kan ersätta hälften av lipidkomponenten (fiskolja) med t.ex. nötfett utan skadliga effekter (Yu och Sinnhuber, 1981; Reinitz och Yu, 1979). Enligt dessa undersökningar (fiskoljan) tillräckligt med essentiella fettsyror, medan nötfettet är en utmärkt energikälla.

#### 1.1.4. Kolhydrater

Fiskar kan klara sig helt utan kolhydrater, men man har emellertid visat att vissa arter t.ex. regnbåge och Ictalurus punctatus alternativt till lipider kan använda upp till 25 % kolhydrater som energikälla (Cowey och Sargent, 1972, 1979). Bergot (1979) undersökte regnbågens tillväxt på foder som innehöll antingen glukos eller stärkelse (15 och 30 %). De fiskar som fick 30 % glukos växte bäst, medan de som fick stärkelse växte sämst. Leverns glykogenhalt ökade och fett samlades runt inälvorna hos fiskarna som fick 30 % glukos, men kroppssammansättningen i övrigt förändrades inte.

Undersökningar gjorda på den senaste tiden tyder på att det finns vissa skillnader i fiskars och däggdjurs förmåga att oxidera glukos. Fiskar använder inte leverns glykogenförråd (glykogenolys) för uppehållandet av blodsockret vid fasta, utan huvudkällan för glukos verkar vara omvandling av plasmans

aminosyror utvunna från vävnadsproteinerna (glukoneogenes)  
(Cowey och Sargent, 1979).

#### 1.1.5. Vitaminer

Sjukdomar beroende på vitaminbrist har beskrivits hos alla undersökta fiskarter (Halver, 1972; Sniezko, 1972). Typiska symptom är bl.a. försämrad aptit och tillväxt, scoliosis, anemi, konvulsioner, ödem och ökad dödlighet. De vattenlösliga vitaminernas funktion hos fiskar är liknande som hos däggdjur, de bildar delar av coenzymssystem i biokemiska reaktionsförlopp. Följande vitaminer har visat sig viktiga för alla undersökta fiskarter: tiamin, riboflavin, pyridoxin, kolin, niacin, pantotensyra, inositol, biotin, folinsyra, vitamin B<sub>12</sub> och ascorbinsyra (Halver, 1972).

De fettlösliga vitaminerna A, D, E och K förekommer i olika kemiska former, som har olika fysiologiska funktioner. De fettlösliga vitaminerna, i synnerhet vitamin A och D, skiljer sig från de vattenlösliga genom att de givna i för stora mängder kan ackumuleras i vävnaderna och förorsaka hyper-vitaminosis.

#### 1.1.6. Mineraler

Fiskar kan erhålla oorganiska element både från det omgivande vattnet och från sin föda. Behovet av mineraler i födan är därför beroende av den enskilda fiskartens förmåga att upptaga mineraler från vattnet och av vattnets mineralhalt.

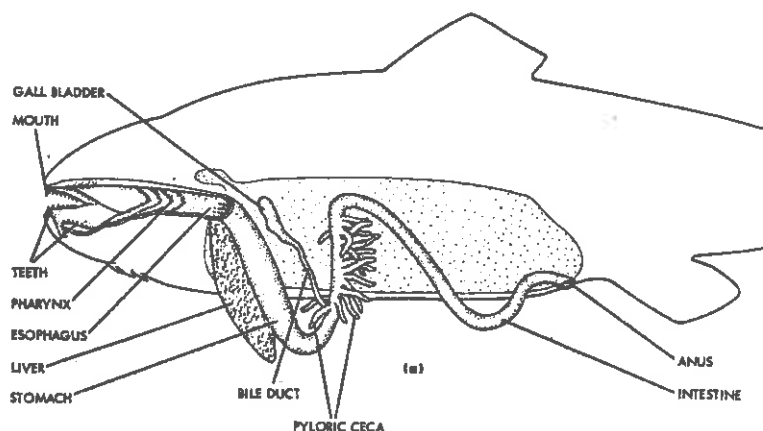
Fiskars behov av makromineraler är rätt välkänt, men behovet av spårämnen är ännu outrätt. Alla hittills undersökta fiskarter behöver åtminstone kalcium, magnesium, fosfor, natrium, klorid, järn och jod (Sniezko, 1972; Nose och Arai, 1979). I Japan används allmänt en mineraltillsats i fiskfoder med positiv inverkan på tillväxten (Nose och Arai, 1979).

## 1.2. Matsmältningen

### 1.2.1. Matsmältningens kanalens byggnad

Fiskars matsmältningens kanal består av munhålan, gälhålan, svalget, matstrupen, magsäcken, tarmen och ändtarmen (Fänge och Grove, 1979). Laxfiskarnas tarmkanal karaktäriseras av att den är längre än bukhålan och att det genast efter magsäcken förekommer ett stort antal långsmala utskott, s.k. blindsäckar (pyloric caeca). I tarmen och i blindsäckarna, vars funktion är

Bild 1. Matsmältningens kanalens byggnad hos Salmonidae.  
Bilden från Waterman (1971)



att öka tarmens yta, sker matsmältningen och absorptionen. Tarmen slutar i ändtarmen som avskiljs från utsidan av en liten analöppning. I samband med tarmkanalen förekommer två körtlar, levern och en diffus bukspottskörtel, vilka avsöndrar sina produkter till tarmen via speciella gångar.

### 1.2.2. Matsmältningens enzymer

Produktionen av matsmältningens enzymer korrelerar troligen med den naturliga födans sammansättning (Kapoor m.fl., 1975). Man har dock inte entydigt kunnat bevisa detta samband.

Enzymer som sönderdelar oligo- och polysackarider till hexoser och pentoser härstammar från blindsäckarna, bukspottskörteln och tarmepitelet (Fänge och Grove, 1979). Hos fiskar har man bl.a. hittat följande enzymer: maltas, amylas, laktas och cellulas. Hos carnivora arter har man funnit betydligt lägre amylasaktivitet än hos herbivorer. Hos vissa insekt- och crustaceaätande arter, t.ex. regnbåge, har man även hittat kitinasaktivitet (Kapoor m.fl., 1975; Fänge och Grove, 1979).

Lipas omvandlar fett till fettsyror och glycerin före absorption. Hos teleoster har man hittat lipas i blindsäckarna och tarmmucosan, hos vissa arter även i magsäcken (Fänge och Grove, 1979). Bukspottskörteln är antagligen huvudkällan för lipas (Kapoor m.fl., 1975).

Sönderdelandet av protein till polypeptider börjar redan i magsäcken under inverkan av pepsin. Hos alla teleoster som har magsäck har man hittat pepsin, vars pH optimum har varierat

mellan 2.0 och 8.5 (Fänge och Grove, 1979). Trypsin, kymotrypsin, karboxypeptidas och elastas finns upplagrat i bukspottskörtelns celler som inaktivt zymogen. Trypsinogen omvandlas till trypsin genom avspjälkning av en hexapeptid i tarmen. Trypsin katalyserar därefter de andra zymogenernas omvandling till aktiv form.

### 1.3. Laxens föda i naturen

I sötvattenstadiet består laxens föda av kräftdjur, vatteninsekters larver, insekter, maskar, blötdjur, småfisk och grodyngel (Pedley och Jones, 1978; Sosiak m.fl., 1979). I havet äter laxen kräftdjur och små fiskar, t.ex. sill, tobis och spigg (Muus och Dahlström, 1968).

### 1.4. Infångandet av föda

Då fiskar lokaliserar föda reagerar de på visuella, elektriska, mekaniska (turbulens och ljud) eller kemiska stimuli som kan associeras med ett speciellt potentiellt byte (Hyatt, 1979). För de flesta arter är något speciellt sinne viktigare än de övriga. Laxen är en utpräglat visuell predator (Sutterlin och Sutterlin, 1970). Man kan uppdelat lokaliserings- och responsen till ett bytesdjur i tre rymdparametrar (Wankowski, 1979a):  
-responsavståndet; det maximala avståndet på vilket fisken kan tänkas reagera på ett byte. Detta avstånd är hos en visuell predator beroende av bytets storlek, vattnets turbiditet och ljusintensitet (Blaxter, 1970; Moore och Moore, 1976; Wankowski, 1979a).  
-reaktionsavståndet; det maximala avståndet på vilket en synlig reaktion inträffar på bytet.

-attackavståndet; det maximala avståndet en fisk simmar för att fånga ett byte.

Regnbågen närmar sig ett rörligt bytesdjur oberoende av storleken från längre avstånd än ett orörligt med samma egenskaper (Ware, 1973). Då laxyngels respons på bytesdjur undersöktes, fann man att bytet måste vara i rörelse för att väcka något intresse (Rimmer och Power, 1978). I strömmande vatten räckte det med den passiva rörelsen som förorsakades av vattnets rörelse. Även bytets färg, form och kontrast är av avgörande betydelse. Då ett bytesdjur är infångat avgör smaksinnet som finns i övre käken om födan accepteras eller spottas ut (Sutterlin och Sutterlin, 1970; Adron och Mackie, 1978).

Fiskars simhastighet och i synnerhet rushhastighet inverkar på valet av bytesdjur (Hyatt, 1979). Salmoniderna är snabba (rushhastighet på 7-13 kroppslängder/sekund), vilket gör att de kan välja rörliga bytesdjur.

Intensiteten i laxfiskars fångande av föda är inte proportionell med förekomsten av föda (Ware, 1972). Detta beror bl.a. på att det finns en gräns för hur kort behandlingstiden av det enskilda bytet kan bli. En annan faktor av betydelse i naturen är bytets synlighet p.g.a. att laxar är visuella predatorer.

En inre faktor som är direkt proportionell med intensiteten av laxfiskens sökande efter föda är hunger (Ware, 1972). Brett (1971) visade att hunger är omvänt proportionell med mängden föda som finns kvar från föregående måltid i magsäcken. Godtyckligt kan man uttrycka benägenheten att äta som

$$H = 1 - (V_t/V_{max})$$



där  $H$  = hunger vid tiden  $t$ ,  $V_{\max}$  = mättnadsransonen och  $V_t$  = mängden föda i magsäcken vid tiden  $t$  (Ware, 1972). Grove m.fl. (1978) undersökte regnbåge och fann att när 80-90 % av magsäckens innehåll tömts återvände aptiten. För 60-80 g fiskar vid 18°C som ätit ca 1 % av kroppsvikten tog detta ca 6 h. Då födan späddes ut med kaolin (1:1) tömdes magsäcken snabbare och aptiten återvände redan efter 3-4 h.

### 1.5. Aktivitet och födointag

Bland laxfiskar har man observerat ett mycket varierande och flexibelt mönster för det dagliga födointaget. Regnbågen anses huvudsakligen som dagaktiv, men den äter både på dagen och natten (Jenkins, 1970; Bisson, 1978). Bäcköringen (S. trutta m. fario L.) är aktiv både på natten och dagen beroende på årstiden, men intar föda huvudsakligen på dagen (Chaston, 1969; Tuša, 1969). Laxen anses dagaktiv med den högsta fyllnadsprocenten i magsäcken på förmiddagen och kvällen (Hoar, 1942). Enligt Eriksson (1978) är laxen och insjööringen nattaktiva på sommaren och dagaktiva på vintern, men huvudsakligen grynings- och skymningsaktiva oberoende av årstiden. Fiskar med ett dylikt aktivitetsmönster benämner han crepuskulära. Eriksson anser att födointaget och lokomotionen baserar sig på en cirkadisk, endogen rytm. Dylika rytmer har varit svåra att påvisa hos fiskar vilka blir arytmska i konstanta förhållanden (Eriksson, 1978; Eriksson och Van Veen, 1980). Detta antar Eriksson bero på att fiskars cirkadiska system består av två löst kopplade oscillatorer som behöver synkroniseras av

gryningen respektive skymningen. Eriksson och Van Veen (1980) kunde påvisa endogena rytmer hos Ictalurus nebulosus genom att exponera fiskarna till mörkerpulser (0.75 h ljus: 0.25 h mörker). Man antar att detta gäller även för andra arter. Men även om laxfiskars födointag baserar sig på en endogen rytm är de trots allt flexibla predatorer som använder sig av tillfället oberoende av tidpunkten ifall ett lämpligt byte uppenbarar sig.

## 1.6. Faktorer som inverkar på födointaget och tillväxt

### 1.6.1. Allmänt

Tillväxt är en mycket komplex aktivitet, som börjar med födointag och slutar med att det bildas och avsätts djursubstans. Processer som matsmältning, absorption, assimilation, ämnesomsättning och exkretion inverkar på det slutliga resultatet. På tillväxten inverkar en mängd inre faktorer som kön, hälsotillstånd, aktivitet mm. Hanfiskar växer significant sämre än honfiskar (Staples och Nomura, 1976). Ytterligare inverkar en mängd yttre faktorer som temperatur, salthalt, syre, ljus, pH, CO<sub>2</sub> och tryck (s.k. abiotiska faktorer) samt konkurrens, födans sammansättning, tillgång på föda mm. (s.k. biotiska faktorer) (Brett, 1979). Om temperaturen stiger ökar födointaget och matsmältningens hastighet. Tillväxten kan antingen öka eller minska beroende på förhållandet mellan föda, metabolism och temperatur. Ifall födointag<sup>et</sup> inte ökar tillfredställs den förhöjda ämnesomsättningens energibehov på bekostnad av tillväxten. I och med att tillväxt sker förändras en biotisk

faktor med tiden, nämligen individens storlek. Thorpe och Morgan (1978) har visat att även genetiska faktorer inverkar på tillväxten. De undersökte fyra laxhalvsyskonfamiljer och fann att variationer i mellanlängder berodde nästan enbart på honfisken.

### 1.6.2. Laxfiskars tillväxt och livscykel

Ifall tillgången på föda är obegränsad minskar fiskars tillväxt progressivt med ökande storlek och ålder om inte ett nytt utvecklingsskede förändrar mönstret (Brett, 1979). Tillväxt inom varje skede karakteriseras av en S-formad kurva och förändringen från ett skede till ett annat markeras av en kris eller en större förändring i utvecklingen (Ricker, 1979). Laxen utvecklas och tillväxer i sötvatten för att vid andra eller tredje levnadsåret genomgå en förändring som siktar på en anpassning till marint liv (Brown, 1957). I saltvatten sker en snabb tillväxt och efter ett till fyra år i havet söker sig laxen igen till sötvatten för att leka. Efter lektiden söker de som överlever sig tillbaka till havet, men endast 4-6 % leker en annan gång efter ett till två år (Muus och Dahlström, 1968).

Då en fisk tillväxer kontinuerligt och med en konstant hastighet under en bestämd period, kan dess storlek när som helst under denna period beskrivas av ett exponentiellt förhållande

$$w = ae^{Gt}$$

där  $w$  = vikten,  $t$  = tiden och  $a$  och  $G$  = konstanter (Ricker, 1979).

Den absoluta tillväxthastigheten under en period vid tidpunkten  $t$  är

$$dw/dt = aGe^{Gt}$$

Den relativa tillväxthastigheten som oftast är störst i början av en individs liv är

$$dw/w dt$$

I praktiken mäts tillväxten under en bestämd period. Om  $w_1$  och  $w_2$  är en fisks vikt vid tidpunkterna  $t_1$  och  $t_2$  får man

$$G = \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{t_2 - t_1}$$

där  $G$  = tillväxten.

### 1.6.3. Abiotiska faktorer

#### 1.6.3.1. Temperaturen

För fiskars tillväxt är temperaturen en av de viktigaste faktorerna i omgivningen. Temperaturen reglerar ämnesomsättningen, då temperaturen stiger ökar både aktiv- och standardämnesomsättningen snabbt. Vid  $5^{\circ}\text{C}$  var syrekonsumtionen hos aktiva O. nerka 500 mg  $\text{O}_2/\text{kg/h}$  och vid  $15^{\circ}\text{C}$  900 mg  $\text{O}_2/\text{kg/h}$  (Brett och Groves, 1979). Då rationen inte är en begränsande faktor ökar också tillväxten snabbt hos små fiskar med stigande temperatur, för att för laxfiskar nå ett maximum vid  $13\text{--}17^{\circ}\text{C}$  (Brett, 1979). Optimumtemperaturen för regnbågens tillväxt är enligt Wurtsbaugh och Davies (1977)  $16.5^{\circ}\text{C}$  och enligt Hokanson m.fl. (1977)  $17.2^{\circ}\text{C}$ , för S. trutta  $12.8^{\circ}\text{C}$  (Elliot, 1975) och för O. nerka  $15^{\circ}\text{C}$  (Brett, 1969). Över optimumtemperaturen minskar tillväxten snabbt trots att

rationen hålls maximal. Vid 24°C upphörde t.ex. O. nerka att äta och ingen tillväxt skedde (Brett, 1969). Den temperatur vid vilken fisken upphör att äta beror på vilken temperatur den är acklimatiserad till (Hoar, 1942). Hokanson m.fl. (1977) fann att fluktuerande temperaturer ( $\pm 3.8^{\circ}\text{C}$ ) hade positiv inverkan på tillväxten hos regnbåge så länge medeltemperaturen var under 17°C. Över denna temperatur hade en daglig topp-temperatur negativ effekt.

#### 1.6.3.2. Syrehalten

Efter intag av föda ökar ämnesomsättningen för de flesta arter till ungefär två gånger standardämnesomsättningen, vilket motsvarar ungefär 30 % av metabolismen vid aktivitet (Jobling, 1981). Syrekonsumtionen ökar först, för att sedan långsamt avtaga och nå normal nivå (post-prandial effect). Många faktorer inverkar på storleken och varaktigheten av denna effekt, bl.a. födans mängd, kvalitet och omgivningens temperatur. Födan har en direkt proportionell effekt medan temperaturen har en omvänt proportionell effekt (Jobling, 1981). Den senaste forskningen antar att denna förhöjning av ämnesomsättningen åtminstone hos homeotermer beror på förändringar i leverns proteinsyntes och att den korrelerar med tillväxthastigheten (Jobling, 1981). P.g.a. av denna ökning av syrekonsumtionen vid födointag kan man vänta sig att en låg syrehalt i vattnet har negativ effekt på tillväxten. Brett och Blackburn (1981) undersökte vilken inverkan syrekonzentrationer från 2-15 mg/l vid 15°C hade på tillväxten hos yngel av O. kisutch och O. nerka vid maximalt födointag. De fann att tillväxten minskade kraftigt vid syrekonzentrationer under 4.0-4.2 mg/l (ca 43 % O<sub>2</sub>-mättnad), medan ovanför denna punkt nådde tillväxten en plattå. Vid extremt höga syrehalter minskar tillväxten igen (Brett, 1979). Vid begränsade

rationer minskar ämnesomsättning<sup>en</sup>, vilket leder till minskat syrebehov. Detta leder i sin tur till att den kritiska syrekonzentrationen sjunker till 3-4 mg/l.

### 1.6.3.3. Salthalten

Resultaten från olika undersökningar angående salthaltens effekt på tillväxten hos laxfiskars yngel är motsägelsefulla. Shaw m.fl. (1975) undersökte laxyngels tillväxt i 0.1, 10 och 20 ppt salthalt och fann inga nämnvärda skillnader jämfört med sötvatten. I en undersökning gjord med O. kisutch, O. tshawytscha och O. nerka påverkade salthalter på upp till 20 ppt inte tillväxten, medan tillväxten försämrades hos O. tschawytscha och O. nerka då salthalten höjdes till 29 ppt (Clarke m.fl., 1981). I en undersökning gjord med regnbåge fann Lall och Bishop (1979) att havsvattensgrupperna växte bättre än sötvattensgrupperna. Saltvattensfiskarna hade högre födointag per enhet viktökning än sötvattensfiskarna för motsvarande foder. I saltvattensgrupperna förekom dock hög dödlighet, medan inga fiskar dog i sötvattensgrupperna. Den högsta dödligheten (25 %) fanns i den saltvattensgrupp som fick 40 % protein och majsolja, den lägsta i den saltvattensgrupp som fick 50 % protein och fiskolja. Kravet på fodrets kvalitet verkar alltså öka med salthalten. tyvärr meddelar inte Shaw m.fl. (1975) och Clarke m.fl. (1981) sammansättningen av det foder de använt. En annan förklaring till dessa motsägelsefulla resultat är kanske att salthalten inverkar olika på olika fiskarter.

#### 1.6.3.4. Ljus

Ljusets inverkan på fiskars tillväxt är ännu bristfälligt undersökt. Ljuskvalitet och -kvantitet samt ljusperiod kan alla inverka på tillväxten. Dessutom kan ljuset samverka med temperaturen och andra faktorer i omgivningen.

Gross m.fl. (1965) undersökte tillväxten hos Lepomis cyaneus i konstant temperatur vid olika fotoperioder, 8 h ljus/dag, 16 h ljus/dag, ökande från 8 till 16 h ljus/dag och minskande från 16 till 8 h ljus/dag. Den grupp som hade en ökande fotoperiod växte signifikant bättre och hade högre omvandlings-effektivitet än den som hade en minskande fotoperiod.

Saunders och Henderson (1970) undersökte laxyngels (35 g) tillväxt vid naturlig, 13 h ljus/dag och minskande fotoperiod på våren. I april - maj flyttades ynglen till havsvatten (30 ‰) och temperaturen ökades från 10 till 15°C. Den grupp som underkastades minskande fotoperiod hade hög konditionsfaktor i sötvatten (i motsats till smolter), och i saltvatten åt den mindre, växte sämre och hade sämre omvandlingseffektivitet än de två andra grupperna. I båda undersökningarna kom man till slutsatsen att fotoperioden inverkar på tillväxtprocesserna via det endokrinologiska systemet.

Knutsson och Grav (1976) undersökte 1-årigt laxyngel vid tre olika temperaturer (7, 11 och 15°C) och vid ökande fotoperiod (6-19, 8-19 och 12-19 h ljus/dag) i sötvatten. Temperaturen hade mycket större inverkan på tillväxten än fotoperioden. Den bästa tillväxten förekom vid 15°C och 12-19 h ljus/dag.

#### 1.6.3.5. Årstiden

Tillväxten hos fiskar följer en årlig cykel som karaktäriseras av att tillväxten är långsam på vintern och snabb på sommaren (Ricker, 1979). Undersökningar som gjorts med S. trutta visar att tillväxten ökar på våren då temperaturen stiger och dagarna blir längre och når en första topp i maj och juni (Swift, 1955, 1961). Mitt på sommaren minskar tillväxten igen, vilket troligen beror på att temperaturen stiger över optimum för tillväxt. När vattnets temperatur börjar sjunka igen mot hösten når tillväxtkurvan en andra topp, för att sedan sjunka till vinterns nivå. Dessa förändringar sammanfaller även med att utbudet på föda ökar på våren och är stort på sommaren och hösten, för att vara rätt litet på vintern (Brett, 1979).

#### 1.6.4. Biotiska faktorer

##### 1.6.4.1. Rationen

Rationen karaktäriseras av två egenskaper, kvantitet och kvalitet. Här skall vi gå in på kvantiteten och frekvensen för intagandet av föda. Det maximala dagliga födointaget är beroende av utfodringstidens längd (mättnadstid), den individuella måltidens storlek (magkapacitet), utfodringsintervall och samverkan mellan dessa (Brett, 1979). För yngel är det fördelaktigast med kontinuerlig utfodring under den ljusa tiden av dygnet (Shelbourn m.fl., 1973). Även en mängd andra faktorer inverkar på rationen, av vilka temperaturen och fiskens storlek är de viktigaste. Existensrationen för regnbåge ökade mellan 6.9 och 22.5°C från 2.2 till 7.4 % per dag (Wurtsbaugh och Davis, 1977a). Brett m.fl. (1969) undersökte tillväxten hos yngel av O. nerka vid temperaturer från 1 till



24°C och vid olika rationsnivåer. Vid 5°C var existensrationen ca. 0.5 % våtvikt/dag, optimumrationen 1.7 % och maximumrationen 5.5 %. Vid 15°C var motsvarande värden 1.5 %, 5 % och 7.5 %. Energibehovet ökar alltså snabbt med ökande temperatur.

Då fiskens storlek ökar, minskar existensrationen (Wurtsbaugh och Davies, 1977b; Brett och Shelbourn, 1975). Vid 15°C kan små salmonider (under 3 g) äta över 20 % av sin kroppsvikt per dag (torrvikt), medan stora fiskar (över 1000 g) ofta behöver mindre än 1 % (Brett, 1979).

Brutto omvandlingseffektiviteten är beroende av rationsnivån, temperaturen och fiskstorleken (Brett och Shelbourn, 1975; Wurtsbaugh och Davies, 1977a,b). Då rationsnivån ökar för små fiskar, ökar omvandlingseffektiviteten och når en maximumnivå för att sedan avtaga något vid maximalt födointag. Den fördelaktigaste rationsnivån är alltså något under maximalt födointag. För stora fiskar når omvandlingseffektiviteten en platå just ovanför existensrationen (Wurtsbaugh och Davies, 1977b).

#### 1.6.4.2. Storleken

Då individen blir större avtar ämnesomsättningens hastighet konstant. Hos däggdjur är denna minskning proportionell med vikten upphöjt i 0.7 ( $W^{0.7}$ ). För fiskar rapporteras värden från 0.65 till 0.85 (Brett, 1979). Storleksökningen inverkar mera på tillväxthastigheten än på ämnesomsättningens hastighet, denna skillnad beror på en minskning av omvandlingseffektiviteten av föda till kroppssubstans med storleksökning (Brett, 1979). Om man uppritar tillväxthastigheten som funktion av vikten på ett

logaritmpapper finner man att tillväxten minskar kontinuerligt som en rät linje. I litteraturen varierar uppgifterna om vinkelkoefficienten för denna linje hos salmoniderna från -0.3 till -0.45 beroende på arten (Brett, 1979).

Brett m.fl. (1969) undersökte olika rationsnivåers inverkan på tillväxten hos 5 och 15 g yngel av O. nerka. Han fann att 5 g fiskar kunde tillgodogöra sig betydligt högre foderrationer (ca. 12 %) beräknat som procent av våtvikten per dag än 15 g fiskar. Hos 15 g fiskar nådde tillväxten en plattå på betydligt lägre rationer (8-10 %). Å andra sidan undersökte Staples och Nomura (1976) regnbåge och fann att på samma rationsnivå (mitt emellan existens- och maximumsnivå) var tillväxten lika stor för tre storleksklasser (3 g, 200 g, 1.3 kg) av fiskar per torrsvikt. Dessa resultat, beräknade per våtsvikt eller proteinutnyttjande, visade dock en minskning av tillväxten vid ökande storlek. Författarna antog att denna skillnad berodde på att små fiskar innehöll mera vatten.

#### 1.6.4.3. Konkurrens

Förhållandet mellan fiskar påverkas av antal, utrymme, storlek och art. I naturen försvarar laxyngel ett visst område för att försäkra sig om tillgång på föda, vilken huvudsakligen fås från vattenströmmen och från luften. Fiskar 7 cm finns i lugnare vatten, medan fiskar på 12 - 15 cm i snabbt strömmande vatten där även tillgången på föda är större (Wankowski och Thorpe, 1979). Stimbildning anses onaturlig för laxyngel.

Fenderson m.fl. (1968) hade vilda och odlade laxar i samma akvarium och fann att hälften mera odlade fiskar blev socialt dominant. Dessa åt mera och växte snabbare än de underordnade, vilket gjorde att skillnaderna i storlek blev allt större med tiden. Då vilda och odlade fiskar hölls i olika akvarier konstaterade man att de odlade i medeltal åt mindre och ägnade mer tid åt sociala konflikter. Brown (1957) undersökte insjööring och fann att även om man gav föda i överskott växte de underordnade fiskarna långsammare än de dominant. Wankowski och Thorpe (1979) konstaterade att aggressionen mellan fiskarna minskade om födan gavs från flera olika ställen i akvariet.

#### 1.7. Avsikten med detta arbete

Insekter bildar en betydande del av laxyngels föda, men detta faktum har föga beaktats vid sammansättningen av kommersiella laxfoder. Avsikten med detta arbete var därför att undersöka viken effekt ett insekttillskott i födan har på tillväxten hos laxyngel. Insekttillskottet tillfördes på två sätt, en insektlampa placerades ovanför bassängen och fiskarna fick själva fånga insekter och insekterna fångades på annat håll och hölls i bassängen. För att undersöka själva ljusets effekt på tillväxten, hade en grupp lampa, men fick inga insekter. Dessutom fanns en normalgrupp med som allmän kontroll.

I allmänhet har endast vikten och längden mätts vid näringsförsök och i ett fåtal har även kroppskompositionen bestämts. I detta försök bestämdes dessutom glykogenhalten i muskel och lever, samt blod/plasma-konstituent, för att undersöka om man på basen av dessa kan dra några slutsatser om fiskarnas kondition.

## 2. MATERIAL OCH METODER

### 2.1. Allmänt

Detta försök utfördes utomhus på Porraskoski försökstation i Lammi under tiden 7.7.-15.9.1978. Analyserna gjordes vid Helsingfors Universitets Zoologiska Institution, fysiologiska avdelning.

I försöket användes 1-åriga laxyngel (Salmo salar). Det var inte möjligt att göra någon könsbestämning p.g.a. fiskarnas ålder. Laxynglena (ML 1/76) härstammade från Iijoki och rommen togs på Norra Finlands Centralfiskodlingsanstalt hösten 1976. Utfodringen påbörjades våren 1977 med Ewos 1. Den första sommaren uppföddes fiskarna på en privat fiskodlingsanstalt, varifrån 15 000 yngel hösten 1977 transporterades till Porraskoski där de övervintrade i glasfiberbassänger inomhus. I mitten av maj 1978 flyttades fiskarna ut till de bassänger som användes i försöket. De vägde då i medeltal 0.6 g. Vid utfodringen användes i detta skede Ewos 2.

### 2.2. Foder och utfodringsapparat

I försöket användes S 30 Ewos laxfoder extra, som tillverkas av Turun Muna Oy och marknadsförs av Oy Astra-Ewos Ab. Fodret finns att tillgå i granulatstorlek 1, 2 och 3 och därtill som 2 mm polletter. För närmare uppgifter om fodrets innehåll se tabell 4. Vid försökets början övergick fiskarna från granulatstorlek 2 till 3

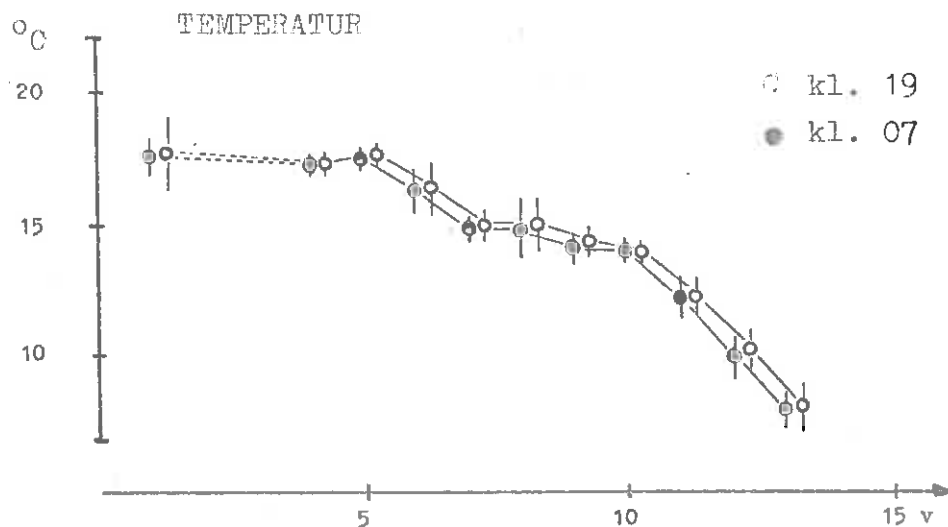
Fodret distribuerades med elektriska utfodringsapparater (Ewos). Dessa utfodrade en gång i timmen under en minuts tid, från just före gryningen till genast efter skymningen. Under sommarens lopp justerades apparaterna enligt de rådande ljusförhållandena.

### 2.3. Bassängerna och vattnet

I försöket användes 7 m<sup>2</sup> gröna glasfiberbassänger och en fisktäthet på 300 fiskar/m<sup>2</sup>. Bassängerna var till största delen täckta med grå plast monterad i träramar som skydd mot solen, yttre störningar och för att hindra fiskarna att hoppa ur bassängerna.

Vattnet togs på ca 3 m djup från Nerosjärvi. För närmare uppgifter om vattnets kvalitet se tabell 1. Vattenhöjden i bassängerna hölls på 12 cm och vattnets temperatur registerades

Figur 1. Vattnets medeltemperatur ± medelavvikelsen per vecka under försöket



varje dag kl. 7 och 19. Varje veckas medeltemperatur finns angiven i figur 1 och tabell 2. P.g.a. att vattenväxlingen var god, minst 2 l/min/fiskkilogram, steg temperaturen inte ens under de varmaste dagarna med mera än en grad. Syremättnaden var i medeltal 80 % och pH 6.7.

#### 2.4. Grupperna i experimentet

I experimentet förekom följande fyra grupper:

- Insekter + ljus (IL). Fiskarna fick fånga insekter med hjälp av en insektlampa som placerades ovanför bassängen.
  - Insekter (I). Insekter samlades med en insektfälla i bassängområdets omedelbara närhet. Fällan tömdes kl. 8 varje morgon, insektmängden mättes och insekterna hälldes i bassängen (tabell 3).
  - Normal bassäng (N).
  - Ljusbassäng (L). Ovanför bassängen placerades en insektlampa och bassängen täcktes med ett finmaskigt nylonnät för att fiskarna inte skulle få några insekter.
- För att alla grupperna skulle vara så lika som möjligt, samlades fiskarna före försökets början i en bassäng och fördelades därefter på nytt i provbassängerna.

Ovanför IL och L bassängerna placerades en Airam insektlampa ca. 50 cm från kanten och 70 cm ovanför vattenytan. I IL bassängen placerades en vitmålad 50 x 50 cm metallskiva under lampan. Skivan lockade insekterna att slå sig ner varpå de fastnade på vattenytan och fördes med strömmen över metallskivans kant. Här stod fiskarna och väntade i täta stim, lämpliga insekter slukades genast. Lamporna var på från kl. 19 till kl. 7. Runt bassängerna med lampor placerades skärmar

för att ljuset inte skulle störa de andra bassängerna.

## 2.5. Provtagningsmetoder och kliniska analyser

### 2.5.1. Allmänt

Under försöket gjordes 4 provtagningar. Vid 0-provtagningen användes 110 fiskar, vid 4 veckor 35 fiskar/grupp, vid 7 veckor 25 fiskar/grupp och vid 10 veckor (slutprovtagningen) 20 fiskar/grupp.

Ett dygn före provtagning placerades slumpmässigt valda fiskar i isoleringssumpar (Soivio m.fl., 1975) och samtidigt avbröts utfodringen. Sumparna bestod av ett ca 20 cm långt svart polyetylenrör med 7 cm diameter. Båda ändarna var täckta med finmaskigt nylonnät, i den ena ändan fastsmält och i den andra ändan fäst med en gummisnodd. Isoleringssumparna användes för att fiskarna skulle ha tid att normalisera sig från infångandet före provtagningen och för att minska störningarna av upprepade provtagningar från samma bassäng. Fiskarna bedövades för provtagning med ett lätt slag på huvudet. Proven förvarades i  $-20^{\circ}\text{C}$  ifall ej annat nämns.

### 2.5.2. Blodprov

Blodproven togs så att stjärten skars av bakom analfenan (Woo m.fl., 1978). En Clay Adams nr 1020 hepariniserad mikrokapillär placerades lätt mot de avskurna blodkärlen (stjärtenvenen och -artären), så att möjligast litet vävnadsvätska medföljde.

Vid det sista provtagningstillfället togs blodprov på en grupp även med spruta. Sprutan sköljdes med Heparin Medica (5000 IE/ml). Blodprovet togs från sidan just under sidolinjen mitt för anal-fenan från stjärtvenen eller -artären.

### 2.5.3. Vägning och mätning

I början och slutet av experimentet vägdes och mättes 100 fiskar enskilt från varje grupp med 0.1 g respektive 0.1 cm noggrannhet. Före mätningen sövdes fiskarna med MS 222 (tricaine methane-sulphonate, Sandoz; 100 mg/l). Längden mättes så att stjärten fördes ihop och den totala längden från nosen till stjärtspetsen uppmättes. Dessutom vägdes och mättes alla provfiskarna vid varje provtagning.

### 2.5.4. Blod- och plasmabestämningar

#### 2.5.4.1. Hämatokritvärde (Hkt)

Sedan mikrokapillärerna fyllts med blod tillslöts de med Critoseal vax och centrifugerades genast i hämatokritcentrifug (3 min, 12 500 rpm). Hkt-värdet avlästes genast p.g.a. att de röda blodkropparna sväller vid förvaring (Soivio m.fl., 1973). Härefter bröts mikrokapillärerna av och plasman kunde användas för andra bestämningar.

#### 2.4.5.2. Hämoglobinhalt

Hämoglobinhalten bestämdes med cyanmethämoglobinmetoden. Ferricyanid oxiderar hämoglobin tillmethämoglobin, som i närvaro av cyanid bildar cyanmethämoglobin (Kliniset Laboratorietutkimukset, WSOY, 1972, s. 445).



Vid första och andra provtagningen användes p.g.a. den knappa tillgången på blod celldelen av mikrokapillärerna för hämoglobinbestämning. Cellerna placerades i 3 ml hämoglobinreagens. Vid tredje och fjärde provtagningen togs på normalt sätt 25  $\mu$ l blod/3 ml hämoglobinreagens. För att kunna jämföra värdena från de olika provtagningarna togs parallellvärden för några grupper med båda metoder<sup>na</sup> och en korrigeringsfaktor beräknades.

Fiskblodet bildar ibland slemaktiga klumpar i hämoglobinreagensen. Därför fick rörena stå över natten (4°C) och därefter centrifugerades de i 10 min (300 rpm), varefter absorbansen avlästes med spektrofotometer.

#### 2.5.4.3. Glukoshalt

Glukoshalten bestämdes från plasman. Plasman deproteiniserades omedelbart med iskall 0.6 M perklorsyra i förhållandet 1:11 och centrifugerades. Härefter bestämdes glukoshalten med Boehringer Mannheims GOD-PERID-test enligt anvisningarna i förpackningen. Bestämningen är enzymatisk och bygger på följande reaktioner (Okuda och Miwa, 1973).



↑ ABTS = di-ammonium 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonat)

Färgintensiteten är proportionell med glukoshalten.

#### 2.5.4.4. Laktathalt

Laktathalten bestämdes från plasman, vilken omedelbart deproteiniserades med iskall 0.6 M perklorsyra i förhållandet 1:11 och centrifugerades. Därefter bestämdes laktathalten med Boehringer Mannheim lactate UV-test enligt anvisningarna i förpackningen. Laktatbestämningen är enzymatisk och katalyseras av laktatdehydrogenas (Hohorst, 1965)



Jämvikten ligger på vänstra sidan av ekvationen, men genom att binda pyruvatet till hydrogen, fås all L-laktat att reagera. Mängden NADH är ekvivalent med mängden L-laktat.

#### 2.5.4.5. Proteinhalt

Plasmans proteinhalt bestämdes enligt biuretmetoden (Kliniskt Laboratorietutkimukset, WSOY 1972, s. 359). Metoden baserar sig på den s.k. biuretreaktionen, där  $\text{Cu}^{2+}$ -joner i alkalisk lösning bildar ett violett komplex med peptider som innehåller minst två peptidbindningar eller med föreningar som innehåller två  $-\text{CONH}_2$ ,  $-\text{CH}_2\text{NH}_2$ ,  $-\text{C}(\text{NH})(\text{NH}_2)$  eller  $-\text{CSNH}_2$  grupper förenade antingen direkt eller med en C eller N atom.

#### 2.5.4.6. Lipidhalt

Lipidhalten bestämdes från plasman med Boehringer Mannheim total lipids-test enligt anvisningarna i förpackningen. Bestämningen innefattar följande blodfetter: kolesterol, fosfolipider och triglycerider. Lipiderna bildar vid upphettning med koncentrerad svavelsyra karboniumjoner som reagerar med vaniljs fosfatestrar och det bildas ett rosafärgat komplex (Woodman och Price, 1972). Färgintensiteten är proportionell med lipidhalten.

P.g.a. att bestämningen kräver rätt mycket plasma (50  $\mu$ l) användes vid första provtagningen fem fiskars plasma för en bestämning och vid andra provtagning två fiskars. Vid tredje och fjärde provtagning användes en fiskas plasma för en bestämning.

#### 2.5.5. Vävnadsbestämningar

##### 2.5.5.1. Vattenhalt

Muskelvävnadens och leverns vattenhalt undersöktes. En 100-500 mg bit avlägsnades från sidan framför stjärten och placerades så snabbt som möjligt för undvikande av avdunstning i ett tättslutande i förväg tarerat Eppendorff provrör och placerades i frys ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) för vidare behandling. Levern användes i sin helhet.

Vävnadsbitarna torkades till konstant vikt (24 h i  $105^{\circ}\text{C}$ ). Efter torkningen placerades rören i en excikator för att svalna och vägdes därefter. Vattenhalten beräknades med hjälp av följande ekvation:

$$\text{H}_2\text{O} \% = 100 - \frac{\text{torrvikt} \times 100}{\text{vätvikt}}$$

##### 2.5.5.2. Glykogen

Glykogenhalten bestämdes från muskelvävnaden och levern. Muskelbiten togs från ryggen framför ryggenan, medan levern användes i sin helhet. Provbitarna nedfrysades i flytande kväve ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) och förvarades i frys ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) i täta Eppendorff provrör.

Den metod som användes här är modifierad av Soivio m.fl. (1978) från en metod som Harris m.fl. (1974) har utarbetat. Glykogenet utfällades från basiskt vävnadshydrolysat med etylalkohol och

tvättades. Härefter hydrolyserades det i sur miljö till glukos. Glukoset bestämdes med Boehringer Mannheim GOD-PERID-test.

#### 2.5.5.3. Kvävehalt

Muskelvävnadens kvävehalt bestämdes med Kjeldahls mikrometod. Det organiska kvävet binds vid upphettning kvantitativt till svavelsyra som ammoniumsulfat. Genom att göra lösningen basisk sönderfaller ammoniumsulfatet och kan destilleras som ammoniak. För destilleringen användes en mikro-Parnas-Wagner-apparat. Ammoniaken binds i 2 % borsyra och titreras med svavelsyra. Som indikator användes en blandning av metylrött och bromkresolgrönt. För att effektivera det organiska ämets sönderfall användes  $\text{CuCO}_4$  som oxidationskatalysator och 30 % väteperoxid som oxidationsmedel.

Fiskarna fileades och fileérna homogeniserades med en Potter-Elvehjelm glas-teflon homogenisator (10 ggr). Härefter späddes homogenatet ut 1:50 med destillerat vatten och homogeniserades pånytt (10 ggr). Detta homogenat användes för bestämning av totalkväve.

#### 2.5.5.4. Lipidhalt

Lipidbestämningen gjordes på samma utspädda homogenat som kvävebestämningen. P.g.a. att lipidbestämningen krävde rätt mycket muskelvävnad användes vid första provtagningen 5 fiskar/ bestämningen, vid andra provtagningen 4 fiskar och vid tredje och fjärde provtagningen 3 fiskar.

Totala lipidhalten i muskelvävnaden bestämdes med en gravimetrisk metod (Association of Official Analytical Chemists,

1970). Muskelhomogenat gjordes surt med HCl och upphettades. HCl omvandlar fettsyrorernas  $\text{Ca}^{2+}$ - och  $\text{Mg}^{2+}$ -salter till fria fettsyror. Härfter extraherades lipiderna upprepade gånger med en blandning av eter och petroleumeter. Lösningssmedlerna fick avdunsta och extraktet torkades till konstant vikt och uppvägdes.

### 2.5.6. Beräknade storheter

#### 2.5.6.1. Medelcellhämoglobinkoncentrationen (MCHK)

Då man känner blodets hämoglobinhalt och hämatokritvärde, kan man beräkna MCHK med hjälp av följande ekvation:

$$\text{MCHK} = 100 \times \frac{\text{Hb}}{\text{Hkt}}$$

#### 2.5.6.2. Konditionsfaktor (K)

Då man önskar jämföra olika fiskgrupparns "kondition", får man inte alltid den rätta bilden om man enbart beaktar vikten eller längden. Därför har det utvecklats en s.k. konditionsfaktor som beaktar båda parametrarna samtidigt (Hoar, 1939). Konditionsfaktorn beräknas med hjälp av följande ekvation:

$$K = \frac{100 \times W}{L^3}$$

där W = vikten och L = längden.

#### 2.5.6.3. Foderfaktor (F)

Foderfaktorn används som mått på hur bra fiskarna har tillgodogjort sig den fodermängd de fått. Fiskodlare strävar till en faktor på ungefär 2 för 1-åriga fiskar och 3 för 0-åriga.

$$F = \frac{\text{total foderåtgång (kg)}}{y - x}$$

där  $x$  = begynnelsevikt (total massa, kg) och  $y$  = slutvikt

#### 2.5.6.4. Tillväxt (G)

För beräkning av absolut tillväxt användes följande formler (Ricker, 1979):

$$G = w_2 - w_1 \quad (\text{g/period})$$

$$G = \frac{w_2 - w_1}{t} \quad (\text{g/dygn})$$

där  $w_1$  = begynnelsevikt,  $w_2$  = slutvikt och  $t$  = tid

Relativ tillväxt beräknades med hjälp av:

$$G = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100 \quad (\%/period)$$

$$G = \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{t} \times 100 \quad (\%/dygn)$$

#### 2.5.7. Statistiska metoder

Resultaten behandlades statistiskt med variansanalys som utfördes enligt Mäkinen (1974). Variansanalysen klargjorde om det fanns någon skillnad mellan grupperna. Variansanalysens resultat anges nederst i tabellerna.

De enskilda grupperna jämfördes med varandra med t-test för att klargöra mellan vilka grupper det förekom signifikanta skillnader (Mäkinen, 1974). Resultaten av t-testen anges i diagrammen. Även resultaten från den första och sista provtagningen jämfördes med t-test för att klargöra om det skedde någon förändring i nivån under försöket.

### 3. RESULTAT

#### 3.1. Jämförelse av provtagningsteknik

##### 3.1.1. Blodprov

Vid jämförelse av data från blodprov tagna med spruta och blodprov tagna genom att skära stjärten av fisken förekom signifikanta skillnader endast i laktathalten (tabell 5). Eftersom laktathalten var högre i blodprov tagna med spruta, beror skillnaden troligen på ovana vid provtagning med spruta. Provtagningen med spruta tog dessutom längre tid än provtagningen genom att skära stjärten. Övriga resultat visar att det inte är någon skillnad mellan provtagningsteknikerna.

##### 3.1.2. Hämoglobinbestämning

Då man jämför hämoglobinvärden tagna på normalt sätt med 25  $\mu$ l mikrokapillär och hämoglobinvärden tagna från celldelen av hämatokritkapillärerna märker man att det normala provtagnings-sättet ger mindre värden än celldelstekniken. Denna ytterst signifikanta skillnad beror antagligen på att diametern hos hämatokritkapillärerna varierar något och i allmänhet är något större än vad tillverkaren meddelar. För att kunna jämföra de olika provtagningstillfällena, beräknades en korrektionsfaktor (0.878) med vilken värdena från de två första provtagningarna korrigerades.

### 3.2. Längd, vikt och konditionsfaktor

Under de första sju veckorna förekom inga bestående signifikanta skillnader mellan grupperna (tab. 7, fig. 2). Vid slutprovtagningen var fiskarna i insekt+ljusgruppen ytterst signifikant mindre än i de övriga grupperna, medan fiskarna i insektgruppen var signifikant större. Fiskarna i insekt+ljusgruppen hade i medeltal vuxit med 2.01 % per dygn, medan fiskarna i insektgruppen vuxit med 2.55 % per dygn (tab. 8). Normalgruppen placerade sig mittemellan med 2.37 % per dygn. Insektgruppens tillväxt ökade mot slutet av försöket, vilket torde bero på att insekttillskottet då var störst och jämnast.

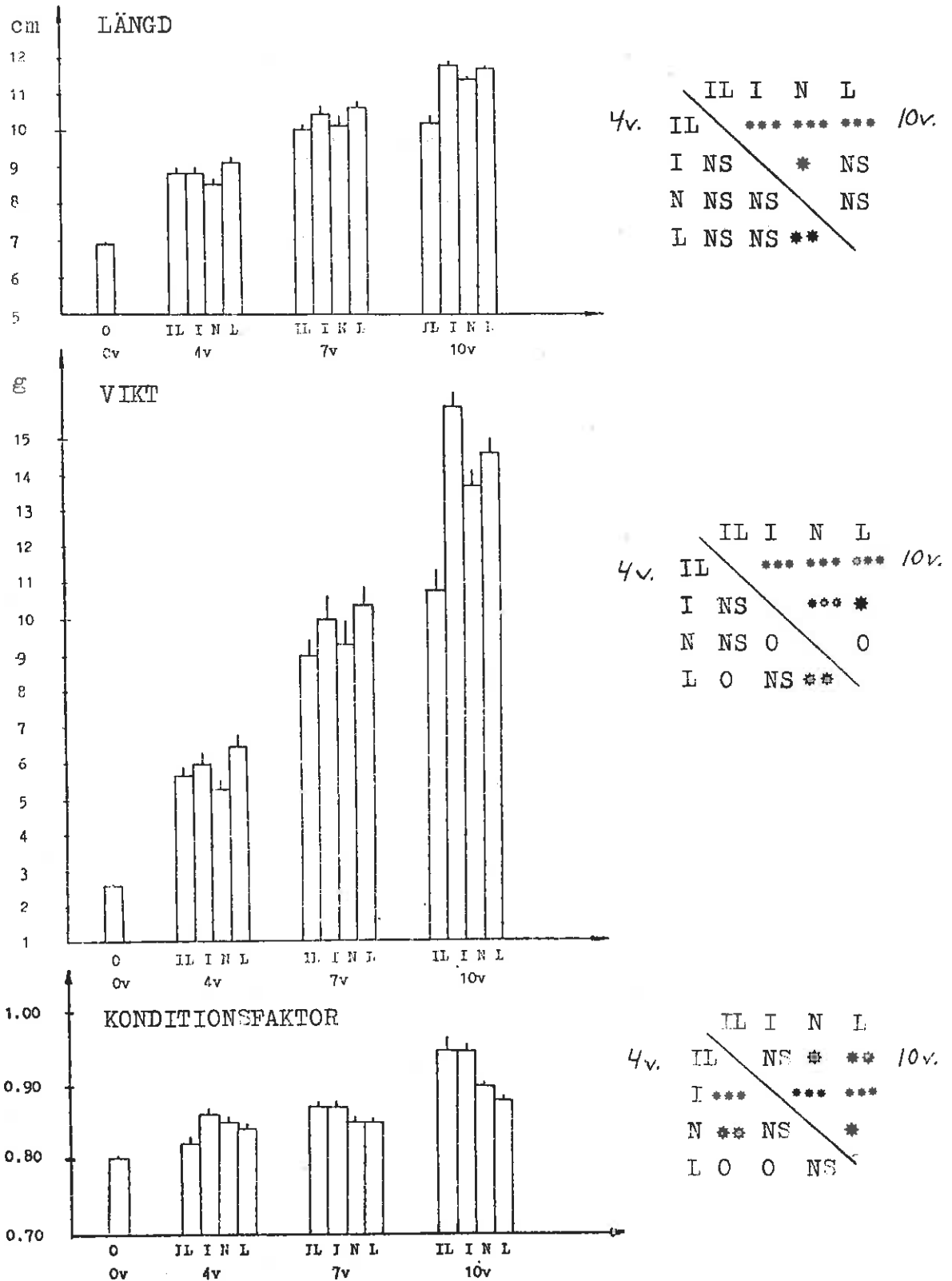
Inga bestående signifikanta skillnader mellan grupperna förekom när det gäller konditionsfaktorn före slutprovtagningen, då insekt+ljus och insektbassängens fiskar hade signifikant bättre konditionsfaktor än de två övriga grupperna. I alla grupperna var konditionsfaktorn ytterst signifikant högre i slutet av försöket än i början.

### 3.3. Blod/plasmabestämningar

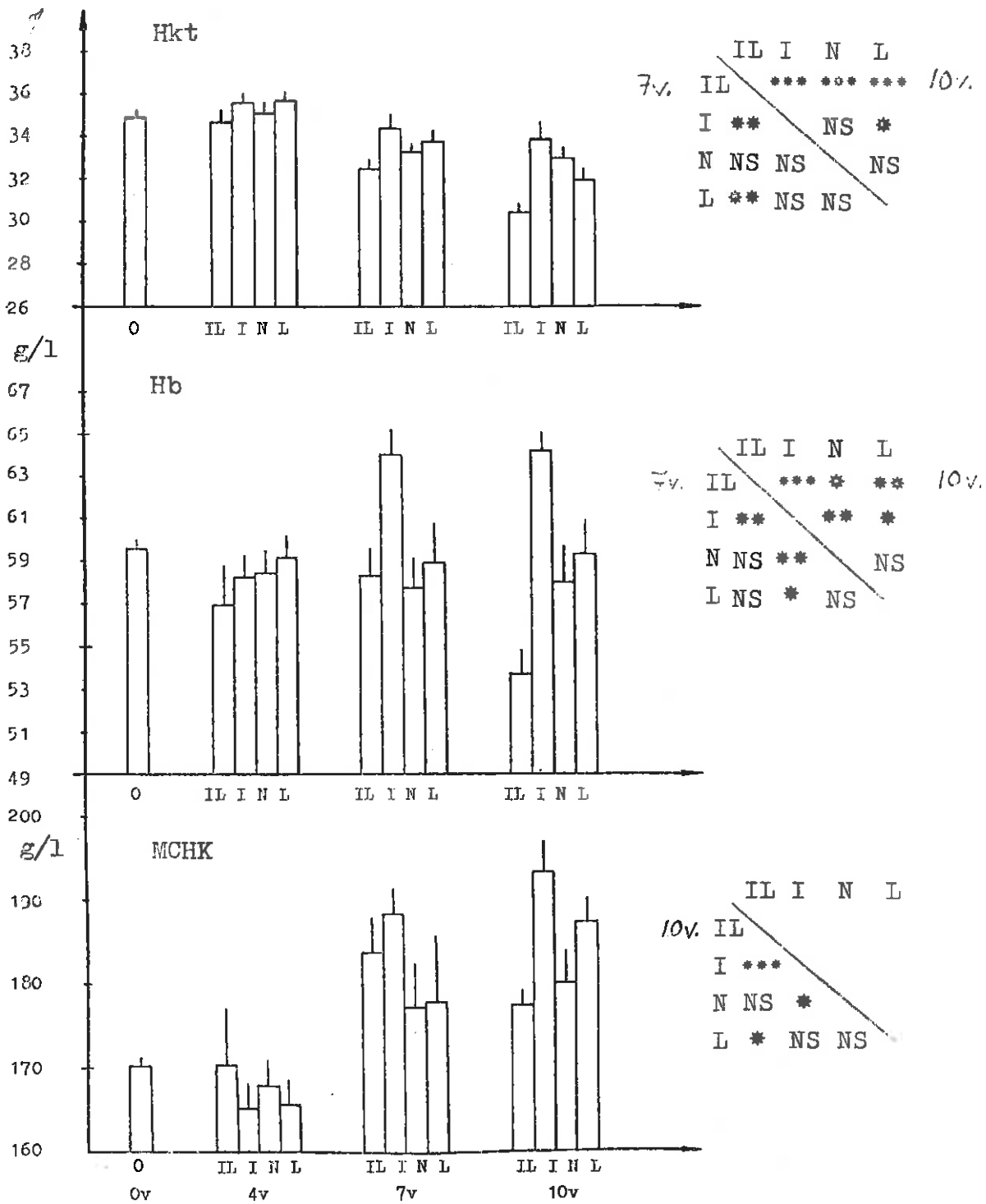
#### 3.3.1. Hämatokritvärde, hämoglobin- och medelcellhämoglobin-koncentration

Som allmän trend kan man säga att hämatokritvärdena sjönk signifikant under försöket, utom hos insektgruppen som hölls på samma nivå. Under försöket sjönk hämoglobinhalten i insekt+ljusgruppen, men steg signifikant i insektgruppen. Medelcellhämoglobinkoncentrationen var signifikant högre i alla





Figur 2. Staplarna anger medeltalet för fiskarnas längd, vikt och konditionsfaktor, pinnen på staplarna medeltalets medelfel. Diagrammen på högra sidan anger resultaten av t-test mellan grupperna, endast halva diagrammet för varje provtagning är utritat. IL= insekt+ljusgruppen, I= insektg., N= normalg. och L=ljusg.. NS= ej signifikant skillnad, 0= sign. skillnad på 10 % risknivå, \* = 5%, \*\* = 1% och \*\*\* = 0.1%.



Figur 3. Hämoglobinhalt, hämatokritvärde och medelcellhämoglobin-koncentration. För närmare förklaringar se figur 2.

grupperna vid slutet av försöket än i början.

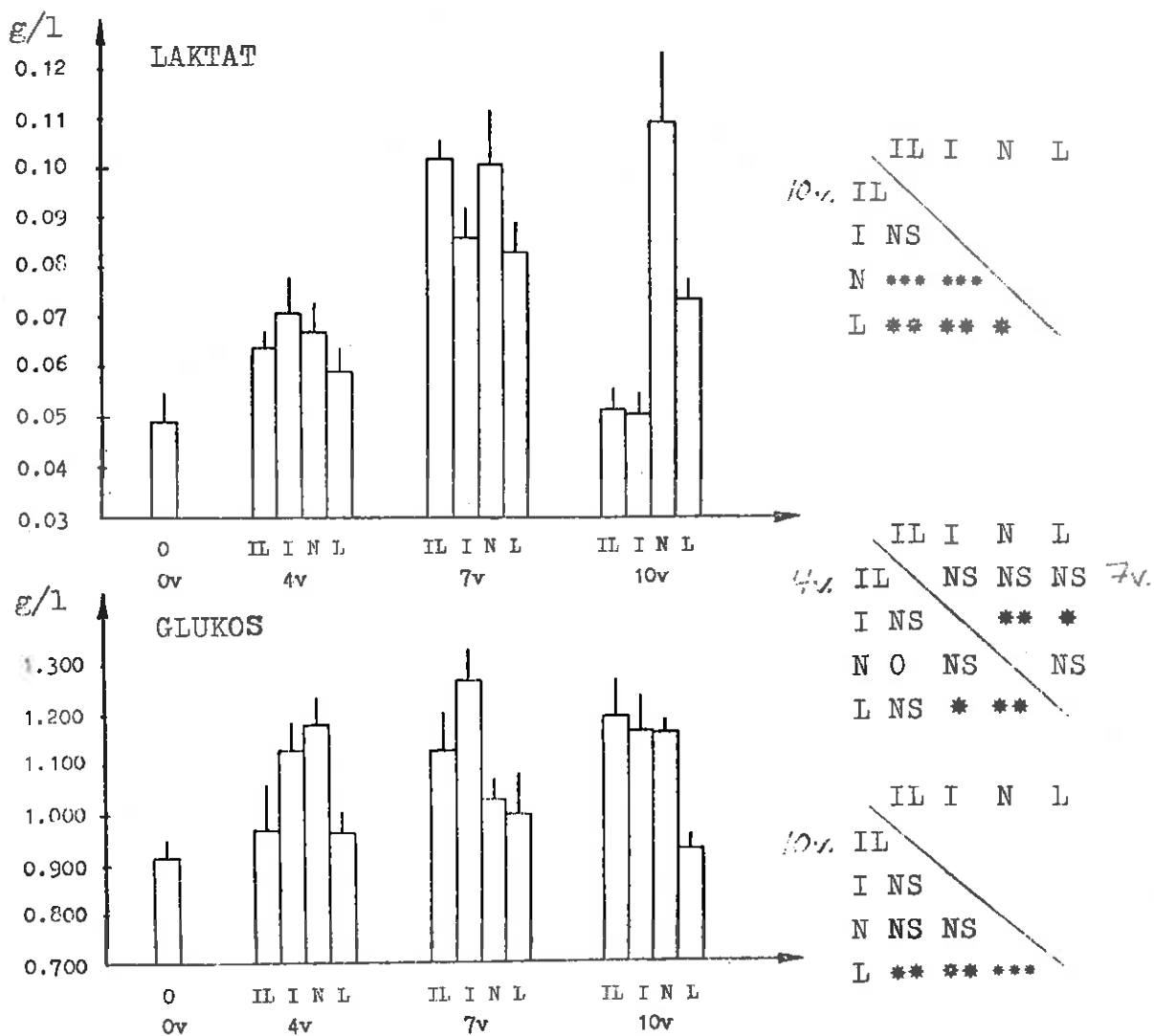
Vid de två första provtagningarna förekom inga signifikanta skillnader mellan grupperna (tab. 9, fig. 3). Vid sju veckor var insekt+ljusgruppens hämatokritvärde lägre än ljus- och insektgruppens på 1 % risknivå och vid tio veckor lägre än de övriga gruppernas på 0.1 % risknivå. Vid tio veckor var insektgruppens hämatokritvärde rätt signifikant högre än ljusgruppens och ytterst signifikant högre än insekt+ljusgruppens.

Vid sju och tio veckor var insektgruppens hämoglobinhalt signifikant högre än de övriga gruppernas. Å andra sidan var insekt+ljusgruppens hämoglobinhalt signifikant lägre än de övriga gruppernas vid tio veckor. Hämoglobinhalten och hämatokritvärdet följde med andra ord ganska liknande mönster.

Först vid tio veckor förekom signifikanta skillnader mellan grupperna i medelcellhämoglobinkoncentrationen. Insektgruppen hade ytterst signifikant högre medelcellhämoglobinkoncentrationen än insekt+ljusgruppen och rätt signifikant högre än normalgruppen.

### 3.3.2. Glukos- och laktathalt

Resultaten framgår ur tabell 10 och figur 4. Ljusgruppen hade lägre glukoshalten än de övriga grupperna under hela försöket, men trenden var inte genomgående signifikant förrän vid sista provtagningen. De övriga gruppernas glukoshalt varierade från provtagningstillfälle till provtagningstillfälle.



Figur 4. Laktat- och glukoshalt i plasman. För närmare förklaringar se figur 2.

Inga signifikanta skillnader förekom mellan grupperna i laktathalten under de första sju veckorna, men vid tio veckor hade normal- och ljusgruppen högre värden än de två övriga grupperna.

### 3.3.3. Protein- och lipidhalt

Plasmans proteinhalt steg under försöket, utom i ljusgruppen, medan lipidhalten sjönk (tab. 11, fig. 5). Vid tio veckor hade ljusgruppen ytterst signifikant lägre protein- och lipidhalten än de övriga grupperna. Mellan de övriga grupperna förekom också signifikanta skillnader, men ingen klar trend kunde urskiljas.

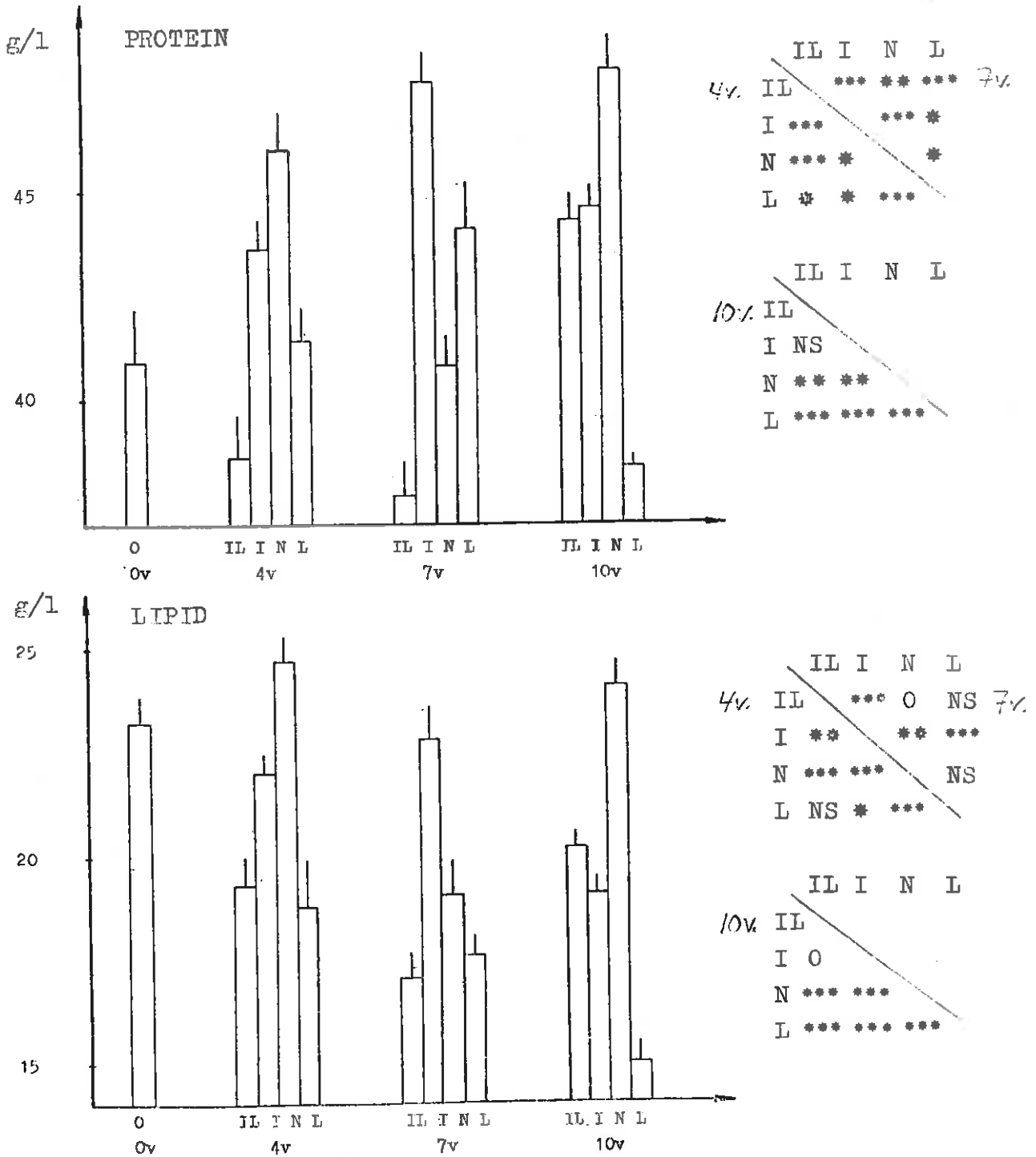
## 3.4. Vävadsbestämningar

### 3.4.1. Kväve- och lipidhalt

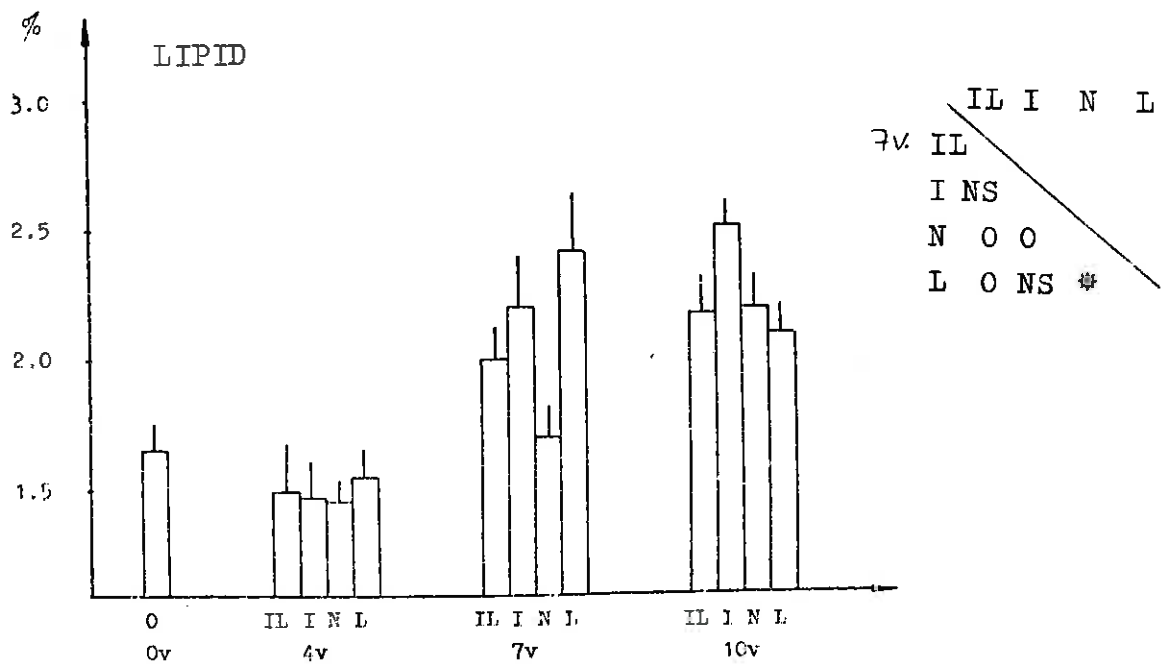
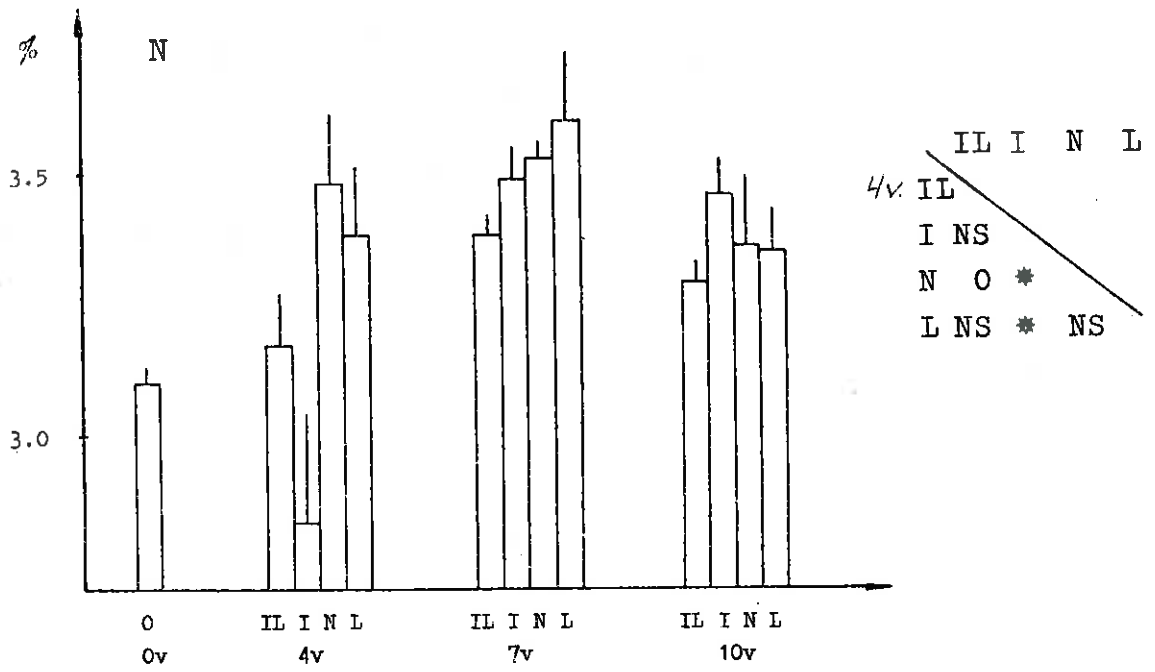
Både muskelvävnadens kväve- och lipidhalt steg signifikant mot slutet av försöket (tab. 12, fig. 6). Inga bestående signifikanta skillnader förekom mellan grupperna under försöket.

### 3.4.2. Glykogenhalt

Glykogenhalten i lever och muskel steg mot slutet av försöket (tab. 13, fig. 7). I leverns glykogenhalt förekom inga signifikanta skillnader mellan grupperna under försöket. För provena vid sju veckor kan man inte dra några absolut säkra slutsatser p.g.a. att grupperna var ofullständiga genom ett tekniskt missöde.



Figur 5. Plasmas protein- och lipidhalt. För närmare förklaringar se figur 2.



Figur 6. Muskelvävnadens kväve- och lipidhalt. För närmare förklaringar se figur 2.

Vid slutprovtagningen var insektgruppens glykogenhalt i muskel signifikant lägre än de övriga gruppernas, medan insekt+ljusgruppens glykogenhalt var signifikant högre än insekt- och normalgruppens.

### 3.4.3. Vattenhalt

Både för lever- och muskelvävnaden kan man iaktaga en signifikant minskning av vattenhalten mot hösten (tab. 14, fig. 8). Ett undantag bildar vattenhalten i muskelvävnaden hos insekt+ljusgruppen som hålls på samma nivå jämfört med första provtagningstillfället.

Under hela försöket hade insekt+ljusgruppen signifikant högre vattenhalten i muskelvävnaden än insektgruppen, medan de två andra gruppernas nivå varierade från provtagning till provtagning.

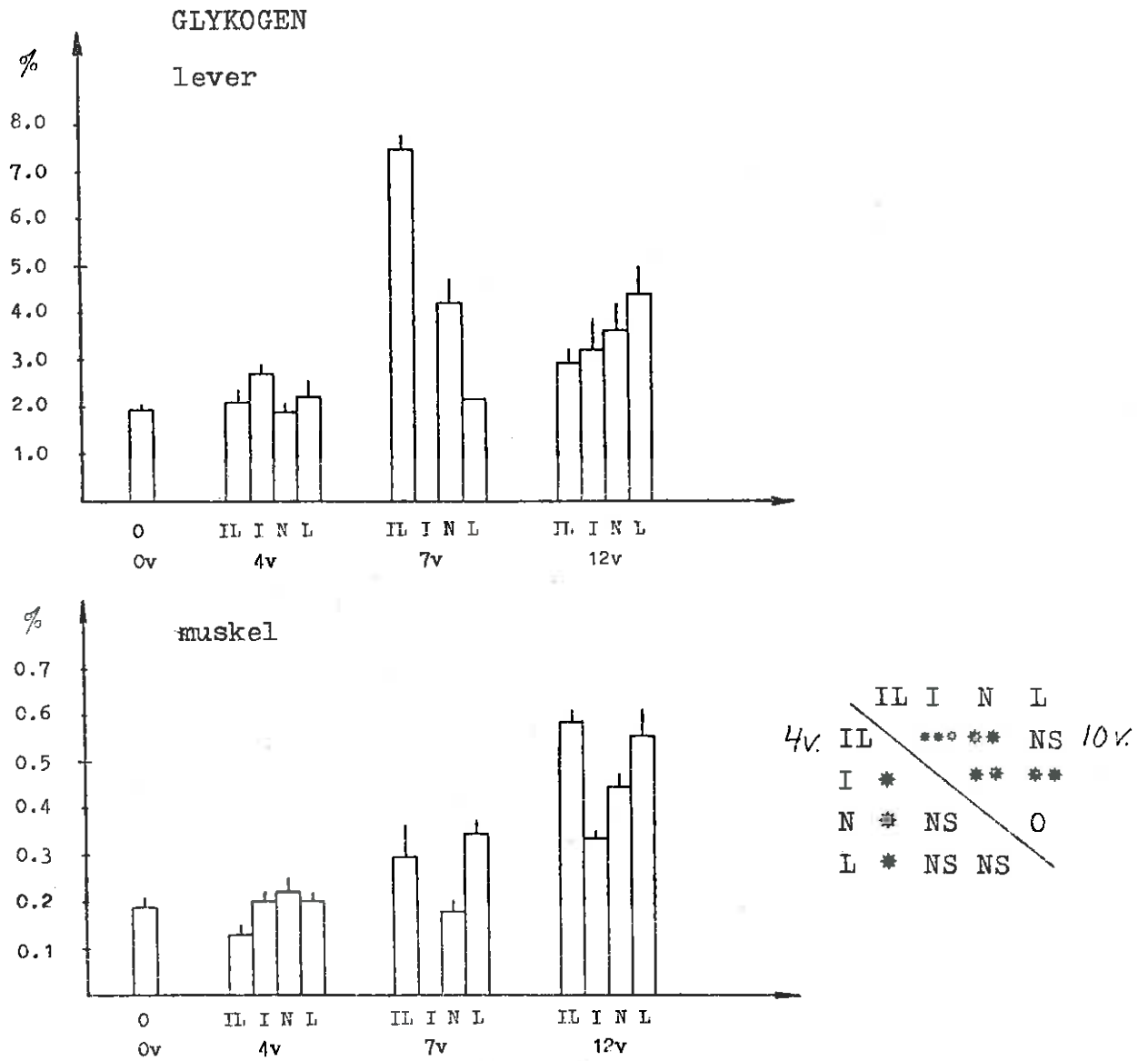
I leverns vattenhalt förekom signifikanta skillnader mellan grupperna, men ingen genomgående trend kunde urskiljas.

### 3.5. Dödlighet och utfodring

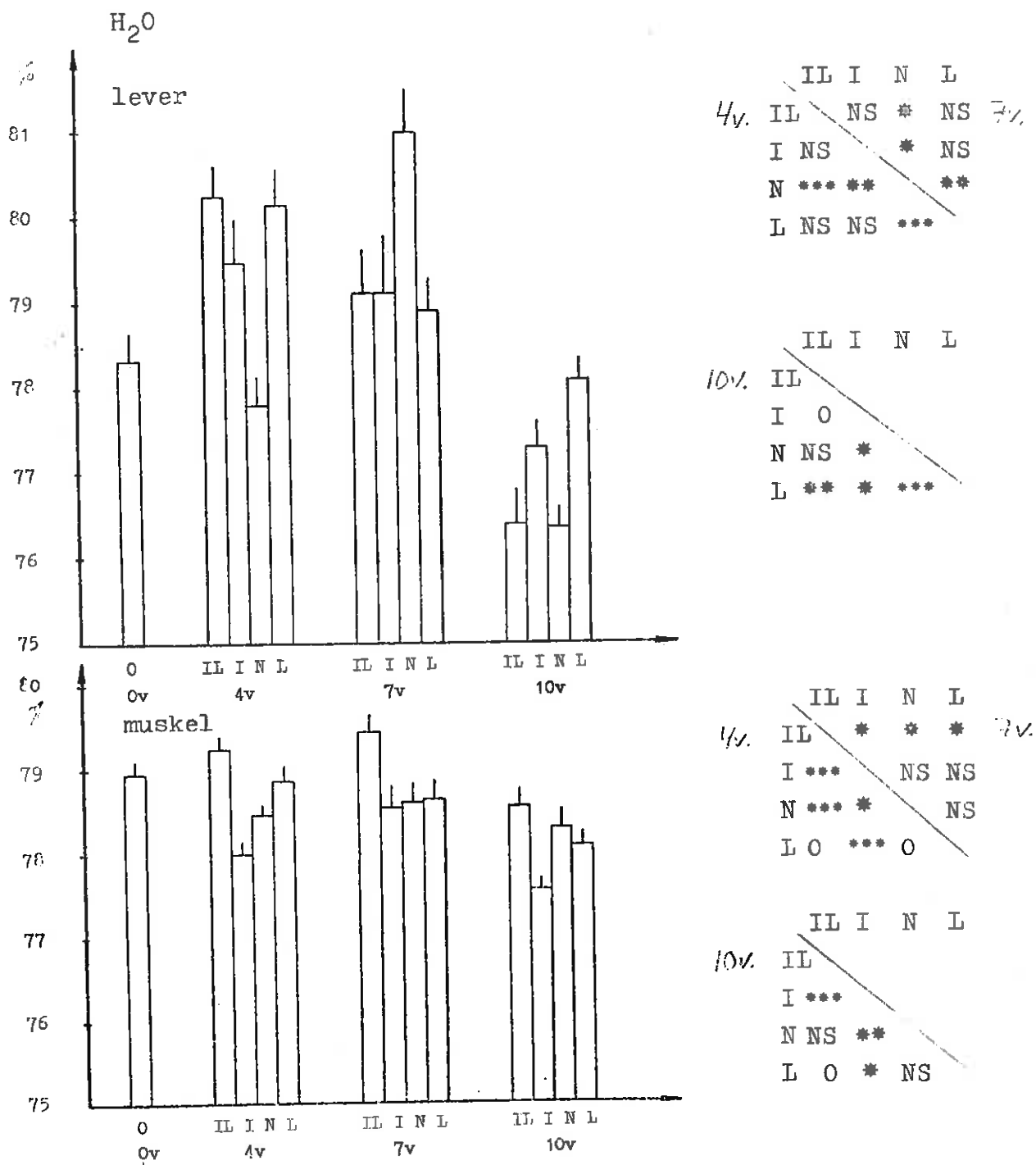
Dödligheten var störst under de fyra första veckorna av försöket, då även temperaturen var högst. Dödligheten var ungefär lika stor i normal-, insekt- och insekt+ljusgruppen, medan ljusgruppen hade hälften mindre dödlighet än de övriga (tab. 15).

Under de första veckorna av försöket erhöll fiskarna 6 % av sin våtvikt per dag i foder. De sista fyra veckorna fick insektgruppen 3.4 % foder/dag/våtvikt, normalgruppen 3.3, ljus- och





Figur 7. Glykogenhalten i lever och muskel. För närmare förklaringar se figur 2.



Figur 8. Vattenhalten i lever och muskel. För närmare förklaringar se figur 2.

insekt+ljusbassängen fick båda 2.7 %. Dessa ojämnheter i foderfördelning berodde på att fodret under regniga perioder blev fuktigt och grötade sig, samt på vissa svårigheter i justeringen av apparaterna.

Insekt+ljusgruppen hade en foderfaktor på 2.21 vilket motsvarar fiskodlars medelvärde för fiskar av denna storlek. De övriga grupperna hade en foderfaktor på ungefär 1.5, vilket visar att de tillgodogjort sig det foder de fått mycket bättre än insekt+ljusgruppen och snarare fått foder i underkant.

### 3.6. Insekter

Försöket började den 7.7., men först mot slutet av månaden började det förekomma insekter i större mängder p.g.a. att sommaren var kylig och regnig. Ur tabell 16 framgår vilka insekter som förekom i insektfällan vid fyra olika tidpunkter, samt vilka av dessa som inte ätits upp inom en halvtimme efter de hållts i bassängen. Fångsten bestod till största delen av följande ordningar: Lepidoptera (fjärilar), Trichoptera (nattsländor) och Diptera (tvåvingar). Lepidoptera och Trichoptera förekom mera under början av försöket (ca 25 respektive 35 %), men minskade mot slutet till ca 10 respektive 20 %. Diptera ökade från 37 till 75 % under försökets gång. Individer från ordningarna Coleoptera (skalbaggar) och Lepidoptera äts ej, medan Trichoptera och Diptera (utom Tipulidae) äts nästan till 100 %.

## 4. DISKUSSION

### 4.1. Foder

Vid 18°C rekommenderar Astra Ewos AB för 0.7-2.5 g laxar 5.2 % foder av vikten per dag, medan 2.5-11 g laxar behöver 2.8 %. Vid slutet av försöket, då temperaturen sjönk till 14°C var rekommenderad fodermängd ca. 2 % av vikten per dag. Fiskarna i försöket fick alltså konstant 0.5-1.0 % mera foder än rekommenderat. Hur mycket av den erhållna fodermängden som verkligen åts svarar inte denna undersökning på, men om man betraktar foderfaktorn för hela försöket, får man en viss uppskattning av situationen. Laxen växer långsammare än t.ex. regnbåge och O. nerka, och behöver därför även mindre foder. För O. nerka rekommenderar t.ex. Brett m.fl. (1969) vid 18°C 6.5 % foder av våtvikten per dag och vid 14°C 5 %.

### 4.2. Mortalitet

Mortaliteten var högst under de fyra första veckorna av försöket, i medeltal 1.57 % (0.71-2.57 %), för att sjunka till 0.55 % (0.00-1.24 %) under de sex sista veckorna. Detta berodde troligen på att vid försökets början fördelades fiskarna på nytt, byttes fodrets granulatstorlek och främst på att temperaturen då var högst. Optimumtemperaturen för laxfiskars tillväxt är 13-15°C (Brett, 1979), och vattnets medeltemperatur var nästan 18°C under de fem första veckorna. Liknande ökning i mortaliteten då temperaturen har stigit över optimum har noterats för regnbåge av Hokanson m.fl. (1977) och för O. nerka av Brett m.fl. (1969). Vid ökande ålder och storlek har man noterat en större

temperaturtolerans.

### 4.3. Tillväxten

#### 4.3.1. Allmänt

De fiskar som användes i detta försök var mycket små ( $\bar{x} = 0.6$  g) i mitten av maj 1978, vilket innebär att deras tillväxt under sommaren 1977 varit obetydlig. I normala fall borde de ha vägt minst 2-3 g redan hösten 1977 (Soivio, muntlig kommunikation). Detta faktum bör beaktas då man jämför resultaten från denna undersökning med andra motsvarande undersökningar.

#### 4.3.2. Inverkan av insekttillskott på tillväxten

Insekttillskottet bildade en ganska liten del (2-3 %) av den totala födan för fiskarna i insektbassängen. Trots detta hade den en signifikant ( $P < 0.001$ ) inverkan på tillväxten jämfört med fiskarna i normalbassängen. Man kan tänka sig flera olika förklaringar:

1. Insekterna innehåller något ämne som inverkar positivt på tillväxten och som saknas i torrfodret. Då man komponerat torrfoder har man utgått ifrån vilka beståndsdelar däggdjur behöver och inte från den föda som laxyngel förtär i sin naturliga omgivning. Den naturliga födan består till största delen av evertebrater. En jämförelse emellan torrfoder å ena sidan och en möjligast naturtroget sammansatt diet å andra sidan vore intressant, likaså en närmare analys av vilken komponent i dessa evertebrater som förorsakade tillväxtökningen.

2. I inledningen konstaterades at smaksinnet slutgiltigt avgör förtärs födan eller ej (Sutterlin och Sutterlin, 1970; Adron och Mackie, 1978). Insekter har troligen intressantare smak än torrfodret och stimulerar möjligen till ett totalt ökat födo-intag. En kryddning av torrfodret kunde göra det attraktivare. Adron m.fl. (1973) fann att regnbåge föredrog torrfoder kryddat med räk eller musselextrakt framom vanligt foder. Vid senare undersökningar fann Adron och Mackie (1978) att den effektiva komponenten var vissa blandningar av L-aminosyror.

3. Insekternas hårda konsistens (kitinskal) kan tänkas stimulera matsmältningen. Hos vissa insektätande teleoster, t.ex. regnbåge, har man funnit kitinasaktivitet (Kapoor m.fl., 1975). Denna enzym aktiverar möjligen någon absorptionsmekanism i tarmen så att födan upptas fullständigare.

Insekt+ljustbassängens fiskar växte signifikant sämre än de övriga gruppernas fiskar trots att man kan antaga att de erhöill ungefär lika mycket insekter som insektbassängens fiskar och trots att insektlampans ljus i sig själv hade också positiv effekt på tillväxten hos ljusbassängen. Den dåliga tillväxten berodde alltså på att ljus i kombinationen med infångandet av insekter betydligt ökade fiskarnas spontana aktivitet. Den ökade aktiviteten krävde mera energi, vilket ledde till att en mindre del av födointaget blev över för tillväxt (Kerr, 1971). Dessutom utsträcktes aktiviteten till 24 timmar, medan de övriga bassängernas fiskar inte utsattes för några stimuli mellan mörkrets inbrott och gryningen. Trots detta hade insekt+ljustbassängens fiskar liksom insektbassängens fiskar signifikant högre konditionsfaktor än de övriga gruppernas.

#### 4.3.3. Ljusets effekt på tillväxten

Insektlampan hade i början av försöket signifikant positiv inverkan på tillväxten ( $P < 0.01$ ) hos ljusgruppen, men inverkan minskade mot slutet av försöket ( $P < 0.1$ ). Eftersom ljusgruppen inte fick mera foder än de övriga grupperna, berodde skillnaden på att ljuset inverkade på omvandlingseffektiviteten (jfr. Gross m.fl., 1965). Omvandlingseffektiviteten kommer till synes i foderfaktorn; ljusgruppen hade en foderfaktor på 1.36, medan normalgruppen hade 1.56. Fiskarna i ljusgruppen hade alltså använt det foder de fått mycket effektivare än kontrollgruppen. Hur fotoperioden inverkar på omvandlingseffektivitet är inte känt, men man antar att det sker via det endokrinologiska systemet. Lundkvist (1980) undersökte 1+ -årig lax i ett försök som startade i augusti 1977 vid naturlig och förlängd (20 L: 4 M) fotoperiod. Han fann att honfiskar och sexuellt omogna hanfiskar växte signifikant bättre vid lång dag än vid naturlig fotoperiod, medan det hos sexuellt brådmogna hanfiskar (ca. 50 % av den ursprungliga hanfiskpopulationen) inte förekom några signifikanta skillnader i tillväxten. Han antog, att gonadutvecklingen hade en inhiberande effekt på de av fotoperioden dirigerade tillväxtprocesserna. Även i detta försök noterades mot slutet av sommaren hanfiskar, som började nå sexuell mognad. Dessa fiskar bidrog troligen till att tillväxthastigheten minskade mot slutet av försöket i ljusgruppen jämfört med de andra grupperna.

Fiskarna i ljusbassängen hade en silverblå färg och mindre markanta yngelfläckar än normal- och insektbassängens fiskar. Förändringarna påminner alltså om de som sker då laxyngel förbereder sig för att vandra ut till havet. Bieniartz (1973) odlade bäcköring Salmo trutta fario L. och regnbåge 3-4 år i konstant ljus, men noterade inga pigmentförändringar.

#### 4.4. Kroppskompositionen

I kväve- och lipidhalten noterades en ökning under försöket, medan vattenhalten sjönk något. Dessa förändringar berodde på att fiskarna blev större och de överensstämmer med de förändringar som Denton och Yousef (1976) noterade hos regnbåge under en motsvarande utvecklingsperiod. Om man jämför värdena för de enskilda komponenterna med motsvarande i litteraturen, finner man att lipidhalten är låg, medan vattenhalten är rätt hög (Brett m.fl., 1969; Staples och Nomura, 1976; Denton och Yousef, 1976). Om man adderar komponenterna (efter multiplikation av kväve med 6.25) blir resultatet ca. 100 %, vilket utesluter att det avvikande resultatet skulle bero på analysfel.

Brett m.fl. (1969) undersökte tillväxten och kroppskompositionen hos 0. nerka vid olika rationsnivåer (0-maximal) vid 15°C och Staples och Nomura (1976) gjorde motsvarande försök med regnbåge vid 11.4°C. Båda undersökningarna gjordes med fiskar av motsvarande storlek som vid detta försök. Lipid och vattenhalten (2.5 % respektive 78 %) hos fiskarna i detta försök motsvarade ungefär de värden som fiskar erhållande existensration hade i dessa båda undersökningar. De grupper som erhöll maximala rationer hade en vattenhalt på 72-74 % och en lipidhalt på 5.6-9.0 %. Proteinhalten (ca. 20 % för alla grupper) motsvarade de värden som Brett m.fl. (1969) erhöll för fiskar på maximala rationer, medan den t.o.m. var något högre än de värden (16.5-17.5 %) som Staples och Nomura (1976) och Denton och Yousef (1976) erhöll. Alla dessa författare är ense att hos undernärda fisken sker de största förändringarna i fetthalten, vilken minskar (används som primär energikälla) och vattenhalten, som ökar, medan proteinhalten förändras långsammare.



När man betraktar den låga lipidhalten och den höga vattenhalten i fiskarna vid detta försöket, måste man komma ihåg, att dessa fiskar under sin första sommar troligen varit extremt undernärda och att dessa värden var troligen sviter av detta. Dessutom är det troligt att det förekommer skillnader mellan olika arter.

Insekternas positiva inverkan på tillväxt kommer även till synes i dessa parametrar eftersom insektgruppen hade signifikant lägre vattenhalt än de övriga grupperna och högre lipid- och kvävehalt i muskelvävnaden än kontrollgruppen. Muskelns och leverns glykogenhalt motsvarade de värden som erhållits för regnbåge av Soivio m.fl. (1978) respektive Bergot (1979). Den signifikanta ökningen av glykogenhalten mot slutet av försöket beror antingen på en årstidsinverkan eller på att fiskarna var i bättre kondition vid slutet av försöket (jfr. konditionsfaktorn).

#### 4.5. Blodparametrarna

Om man jämför hämatokritvärdena och hämoglobinkoncentrationerna erhållna i denna undersökning med värden som rapporterats i litteraturen, finner man att hämatokritvärdet är inom normalgränserna, medan hämoglobinkoncentrationen är i underkant (Wedemeyer och Chatterton, 1971; Soivio m.fl., 1974; Soivio m.fl., 1975). Wedemeyer och Chatterton (1971) undersökte silverlaxyngel O. kisutch och ansåg att hämatokritvärden mellan 32.5 och 52.5 % kan anses normala, men Soivio m.fl. (1975) rapporterade för regnbåge så låga värden som 20.5 %. För hämoglobinkoncentrationen meddelar samma forskare 66-99 g/l

respektive 61.6-81.7 g/l som normalvärden. Endast insektbassängens fiskar hade hämoglobinhalten vid slutprovtagningen som tangerar dessa värden, medan de övriga gruppernas värden är konsekvent under. Den låga hämoglobinhalten och det låga hämatokritvärdet i insekt+ljusgruppen ledde till att syretransporten till vävnaderna var sämre, vilket troligen bidrog till den dåliga tillväxten.

Glukoshalten för alla grupperna föll inom normalgränsen för laxfiskar (Wedemeyer och Chatterton, 1970; Wedemeyer och Chatterton, 1971; Soivio m.fl., 1977). Ljusgruppens glukoshalt var lägst, detsamma gäller även för protein- och lipidhalten. Glukoshalten varierar beroende på tidpunkten på dygnet och är högst på morgonen (Soivio m.fl., 1975). Shapiro och Hoffman (1975) noterade att hälften av guldfiskarna Carassius auratus i deras försök blev hypoglykemiska och hälften hyperglykemiska i konstant ljus. Detta antog de att berodde på att det inte fanns några yttre stimuli som kunde synkronisera den inre rytmen. Även laktathalten motsvarar de värden som Soivio m.fl. (1977) erhöll för regnbåge. Samma forskare noterade att tillfällig stress t.ex. anestesi och fysisk behandling förorsakade stegringar i laktathalten. Någon form av tillfällig stress var troligen orsaken till att ljus- och normalgruppen hade högre laktathalt vid slutprovtagningen än de övriga grupperna.

Proteinhalten för alla grupperna låg inom normalgränserna för laxfiskar (Wedemeyer och Chatterton, 1970; Wedemeyer och Chatterton, 1971). Lipidhalten var något högre än vad Soivio (opublicerade data) erhållit för laxfiskar.

#### 4.6. Faktorer som inverkar på valet av insekter

Keast och Webb (1966) undersökte en grupp teleoster i en sjö i Ontario och kom till att munnens storlek och form inverkar på det potentiella bytets storlek och typ. Laxen förtär sitt byte i en munsbit, därför existerar det en maximal bytesstorlek som en fisk av en viss storlek kan bemästra och förtära (Wan-kowski, 1979). Munnens bredd och mellanrummen mellan gälbågarna bildar de morfometriska begränsningarna. Bytesdjur på 0.025 totala längden (TL) förtärdes till 100 %, bytesdjur på 0.051 TL till 90 %, medan bytesdjur mindre än 0.018 TL avvisades. Wan-kowski (1979) gjorde sina undersökningar med torrfoder, men hans resultat överensstämde väl med beräkningar gjorda på basen av naturlig föda.

Vid början av försöket var fiskarna i medeltal 6.9 cm, men vid denna tidpunkt fanns det ännu mycket litet insekter. Först mot slutet av månaden då fiskarna närmade sig 9.0 cm började det förekomma insekter i större mängder. Vid denna tid var den optimala bytesstorleken ca 0.2-0.5 cm. Mot slutet av försöket kunde fiskarna förtära upp till 1.0 cm bytesdjur. Dessa antaganden överensstämmer väl med de resultat som erhöles i denna undersökning, dvs. att valet av insekter skedde på basen av deras storlek. Individer ur ordningen Lepidoptera som till habitus var stora ( $\approx 1.5$  cm) och fjälliga och Coleptera äts inte. Individer ur Trichoptera och Diptera som är relativt små ( $\geq 1$  cm) och spåda äts nästan till 100 %. Endast några enstaka större individer förtärdes inte t.ex. Tipulidae. Dessa resultat överensstämmer även med resultat som erhållits då man undersökt laxens val av insekter i naturlig omgivning. Pedley och Jones

(1978) undersökte laxens föda i en sjö i Wales och fann att insekter (imagines) när dessa fanns tillgängliga bildade en viktig del av födan. Huvuddelen av de förtärda insekterna var av ordningen Diptera, resten var Hemiptera och ett litet antal Coleoptera. De undersökta fiskarna var  $\approx 15$  cm för vid denna storlek sökte de sig till havet. Sosiak m.fl. (1979) jämförde nyligen utsläppta, odlade och vilda laxyngels val av föda i samma vattendrag. Analys av maginnehållet visade att de vilda laxynglena innehöll ett större antal individer, ett större antal arter och hade högre fyllnadsprocent än de odlade som varit i floden ca 2 månader. Det innebär alltså att odlade fiskar åtminstone den första tiden äter mindre än vilda. Ovana vid infångandet av insekter kan ha bidragit till att insekt- ljusbassängens fiskar i praktiken erhöll mindre insekter än insektbassängens. Sosiak m.fl. (1979) fann att laxynglenas föda huvudsakligen bestod av Diptera och Trichoptera och en del Plecoptera och att bytet valdes på basen av storleken.

Detta pro gradu-arbete bildade en del av ett större projekt vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets Fiskeriforskningsavdelning. Arbetet utfördes på Porraskoski försöksstation och p.g.a. att där inte fanns tillgång till laboratorietrymmen och vissa av analyserna var brådskande, sköttes vissa praktiska detaljer av försöksstationens personal, såsom rengöring av bassängerna, distribuering av fodret, registrering av döda etc.. Till slut önskar jag framföra mitt tack till doc. Antti Soivio, fil.lic Kai Westman och till personalen på Ewois fiskeriförsöksstation och fiskodlingsanstalt.

5. LITTERATUR

- Adron, J. W., Mackie, A. M. 1978: Studies on the chemical nature of feeding stimulants for rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson. J. Fish Biol., 12: 303-310
- Adron, J. W., Grant, P. T., Cowey, C. B. 1973: A system for quantitative study of the learning capacity of rainbow trout and its application to the study of food preferences and behaviour. J. Fish Biol., 5: 625-636.
- Atherton, W. D. 1975: The effect of different levels of dietary fat on the growth of rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson) J. Fish Biol., 7: 565-571.
- Bergot, F. 1979: Carbohydrate in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. Aquaculture, 18: 157-167.
- Bieniartz, K. 1973: Effects of light and darkness on incubation of eggs, length, weight and sexual maturity of sea trout (Salmo trutta L.), brown trout (Salmo trutta fario L.) and rainbow trout (Salmo irideus Gibbons). Aquaculture, 2: 316-320.
- Bisson, P. A. 1978: Diel food selection by two sizes of rainbow trout (Salmo gairdneri) in an experimental stream. J. Fish. Res. Bd. Can., 35: 971-975.
- Blaxter, J. H. S. 1970: Light: animals - fishes. I Marine Ecology, Vol. 1, Environmental Factors, Part 1, O. Kinne (red.). Wiley, London. pp. 213-285.
- Brett, J. R. 1974: Satiation time, appetite, and maximum food intake of sockeye salmon, Oncorhynchus nerka. J. Fish. Res. Bd. Can., 28: 409-415.
- Brett, J. R. 1979: Environmental factors and growth. I Fish Physiology, Vol. VIII, W. S. Hoar, D. J. Randall, J. R. Brett (red.). Academic Press, New York. pp. 599-675.

- Brett, J. R., Blackburn, J. M. 1981: Oxygen requirements for growth of young coho (Oncorhynchus kisutch) and sockeye (O. nerka) salmon at 15<sup>o</sup>C. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 399-404.
- Brett, J. R., Groves, T. D. D. 1979: Physiological energetics. I: Fish Physiology, Vol. VIII, W. S. Hoar, D. J. Randall, J. R. Brett (red.). Academic Press, New York. pp. 279-352.
- Brett, J. R., Shelbourn, E. 1975: Growth rate of young sockeye salmon, Oncorhynchus nerka, in relation to fish size and ration level. J. Fish. Res. Bd. Can., 32: 2103-2110.
- Brett, J. R., Shelbourn, J. E., Shoop, C. T. 1969: Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, Oncorhynchus nerka, in relation to temperature and ration size. J. Fish. Res. Bd. Can., 26: 2363-2394.
- Brown, M. E. 1957: Experimental studies on growth. I: Physiology of Fishes, Vol. 1. M. E. Brown (red.). Academic Press, New York. pp. 361-400.
- Chaston, I. 1969: Seasonal activity and feeding patterns in brown trout (Salmo trutta L.) in a Dartmoor stream in relation to the availability of food. J. Fish. Res. Bd. Can., 26: 2165-2171.
- Chinery, M. 1973 : A field guide to the insects of Britain and Northern Europe. Collins, London. 351 sidor.
- Clarke, W. C., Shelbourn, J. E., Brett, J. R. 1981: Effect of artificial photoperiod cycles, temperature, and salinity on growth and smolting in underyearling coho (Oncorhynchus kisutch), chinook (O. tshawytscha), and sockeye (O. nerka) salmon. Aquaculture, 22: 105-116.
- Cowey, C. B., Sargent, J. R. 1972: Fish Nutrition. Adv. Mar. Biol., 10: 383-492.

- Cowey, C. B., Sargent, J. R. 1979: Nutrition. I: Fish Physiology, Vol. VIII, W. S. Hoar, D. J. Randall, J. R. Brett (red.) Academic Press, New York. pp. 1-69.
- Denton, J. E., Yousef, M. K. 1976: Body composition and organ weights of rainbow trout, Salmo gairdneri. J. Fish Biol., 8: 489-499.
- Elliott, J. M. 1975: The growth rate of brown trout (Salmo trutta L.) fed on maximal rations. J. Anim. Ecol., 44: 805-821.
- Eriksson, L.-O. 1978: Nocturnalism versus diurnalism - dualism within fish individuals. I: Rhythmic Activity of Fishes. J. E. Thorpe (red.), Academic Press, London. pp. 69-89.
- Eriksson, L.-O., van Veen, T. 1980: Circadian rhythms in the brown bullhead, Ictalurus nebulosus (Teleostei). Evidence for an endogenous rhythm in feeding, locomotion and reaction time behaviour. Can. J. Zool., 58: 1899-1907.
- Fenderson, O. C., Evenhart, W. H., Muth, K. M. 1968: Comparative agonistic and feeding behaviour of hatchery-reared and wild salmon in aquaria. J. Fish. Res. Bd. Can., 25: 1-14.
- Fänge, R., Grove, D. 1979: Digestion. I: Fish Physiology, Vol. VIII, W. S. Hoar, D. J. Randall, J. R. Brett (red.), Academic Press, New York. pp. 161-260.
- Gross, W. L., Roelufs, E. W., Fromm, P. O. 1965: Influence of photoperiod on growth of green sunfish, Lepomis cyanellus. J. Fish. Res. Bd. Can., 22: 1379-1386.
- Grove, D. J., Laizides, L. G., Nott, J. 1978: Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in Salmo gairdneri. J. Fish Biol., 12: 507-516.
- Halver, J. E. 1972: The vitamins. I: Fish Nutrition, J. E. Halver (red.), Academic Press, London. pp. 30-105.
- Halver, J. E. 1976: Formulating practical diets for fish. J. Fish. Res. Bd. Can., 33: 1032-1039.



- Halver, J. E. 1979: The nutritional requirements of cultivated warmwater and coldwater fish species. I: Advances in Aquaculture, T. V. R. Pillay, W. A. Dill (red.), Fishing News Books, Farnham, England. pp. 574-590.
- Harris, R. J., Hultman, E., Nordesjö, L.-O. 1974: Glycogen, glycolytic intermediates and high-energy phosphates determined in biopsy samples of musculus quadriceps femoris in man at rest. Methods and variance of values. Scand. J. clin. Lab. Invest., 33: 109-120.
- Hoar, W. S. 1939: The length-weight relationship of the Atlantic salmon. J. Fish. Res. Bd. Can., 4: 441-459.
- Hoar, W. S. 1942: Diurnal variations in feeding activity of young salmon and trout. J. Fish. Res. Bd. Can., 6: 90-101.
- Hohorst, H. J. 1965: L(+)-lactate: determination with lactate dehydrogenase and DPN<sup>+</sup>. I: Methods of Enzymatic Analysis, H. V. Bergmeyer (red.), Academic Press, New York. pp. 266-270.
- Hokanson, K. E. F., Kleiner, C. F., Thorslund, T. W. 1977: Effects of constant temperatures and diel temperature fluctuations on specific growth and mortality rates and yield of juvenile rainbow trout, Salmo gairdneri. J. Fish. Res. Bd. Can., 34: 639-648.
- Hyatt, K. D. 1979: Feeding strategy. I: Fish Physiology, Vol. VIII, W. S. Hoar, D. J. Randall, J. R. Brett (red.), Academic Press, New York. pp. 71-119.
- Jenkins, T. M. Jr. 1969: Night feeding of brown and rainbow trout in an experimental stream channel. J. Fish. Res. Bd. Can., 26: 3275-3278.
- Jobling, M. 1981: The influences of feeding on the metabolic rate of fishes: a short review. J. Fish Biol., 18: 385-400.
- Kapoor, B. G., Smit, H., Verighina, I. A. 1975: The alimentary canal and digestion in teleosts. Adv. Mar. Biol., 13: 109-239.

- Keast, A., Welsh, L. 1968: Daily feeding periodicities, food uptake rates and dietary changes with hour of day in some lake fishes. J. Fish. Res. Bd. Can., 25: 1133-1144.
- Kerr, S. R. 1971: Analysis of laboratory experiments on growth efficiency of fishes. J. Fish. Res. Bd. Can., 28: 801-808.
- Kliiniset laboratoriotutkimukset, WSOY, Porvoo, 1972.
- Knutsson, S., Grav, T. 1976: Seawater adaptation in Atlantic salmon (Salmo salar L.) at different experimental temperatures and photoperiods. Aquaculture, 8: 169-187.
- Lall, S. P., Bishop, F. J. 1979: Studies on the nutrient requirements of rainbow trout, Salmo gairdneri, grown in sea water and fresh water. I: Advances in Aquaculture, T. V. R. Pillay, W. A. Dill (red.), Fishing News Books, Farnham, England. pp. 580-583.
- Lee, D. J., Sinnhuber, R. O. 1972: Lipid requirements. I: Fish Nutrition. J. E. Halver (red.), Academic Press, London. pp. 145-180.
- Lundkvist, H. 1980: Influence of photoperiod on growth in Baltic salmon parr (Salmo salar L.) with special reference to the effect of precocious sexual maturation. Can. J. Zool., 58: 940-944.
- Mertz, E. T. 1972: The protein and amino acid needs. I: Fish Nutrition. J. E. Halver (red.), Academic Press, London. pp. 105-143.
- Moore, J. W., Moore, I. A. 1976: The basis of food selection in flounders, Platichthys flesus L., in the Severn estuary. J. Fish Biol., 9: 139-156.
- Muus, B. J., Dahlström, P. 1968: Sisävesien kalat ja kalastus. Otava, Helsinki,

- Mäkinen, Y. 1974: Tilastotiedettä biologeille. Synapsi ry., Turku.
- Nose, T., Arai, S. 1979: Recent advances in studies on mineral nutrition of fish in Japan. I: Advances in Aquaculture. T. V. R. Pillay, W. A. Dill (red.), Fishing News Books, Farnham, England pp. 584-590.
- Okuda, J., Miwa, I. 1973: Newer developments in enzymic determination of D-glucose and its anomers. Meth. Biochem. Anal., 21: 155-189.
- Pedley, R. B., Jones, J. W. 1978: The comparative feeding behaviour of brown trout, Salmo trutta L., and Atlantic salmon, Salmo salar L., in Llyn Dwythwch, Wales. J. Fish Biol., 12: 239-256.
- Phillips, A. M. Jr. 1969: Nutrition, Digestion, and energy utilization. I: Fish Physiology, Vol. I. W. S. Hoar, D. J. Randall (red.), Academic Press, New York. pp. 391-432.
- Phillips, A. M. Jr. 1972: Calorie and energy requirement. I: Fish Nutrition. J. E. Halver (red.), Academic Press, London. pp. 1-29.
- Reinitz, G. L., Yu, T. C. 1981: Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition of rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture, 22: 359-366.
- Ricker, W. E. 1979: Growth rates and models. I: Fish Physiology, Vol. VIII. W. S. Hoar, D. J. Randall, J. R. Brett (red.), Academic Press, New York. pp. 677-743.
- Rimmer, D. M., Power, G. 1978: Feeding response of Atlantic salmon (Salmo salar) alevins in flowing and still water. J. Fish. Res. Bd. Can., 35: 329-332.
- Rumsey, G. L., Ketola, H. G. 1975: Amino acid supplementation of casein diets of Atlantic salmon (Salmo salar) and of soybean meal for rainbow trout (Salmo gairdneri) fingerlings. J. Fish. Res. Bd. Can., 32: 422-426.

- Saunders, R. L., Henderson, E. B. 1970: Influence of photoperiod on smolt development and growth of Atlantic salmon (Salmo salar). J. Fish. Res. Bd. Can., 27: 1295-1311.
- Shapiro, S. A., Hoffman, D. L. 1975: Effects of photoperiodicity on serum glucose levels in goldfish (Carassius auratus). Comp. Biochem. Physiol., 52A: 253-254.
- Shaw, H. M., Saunders, R. L., Hall, H. C. 1975: Environmental salinity: its failure to influence growth of Atlantic salmon (Salmo salar) parr. J. Fish. Res. Bd. Can., 32: 1821-1824.
- Shelbourn, J. E., Brett, J. R., Shirahata, S. 1973: Effect of temperature and feeding regime on the specific growth rate of sockeye salmon fry (Oncorhynchus nerka) with a consideration of size effect. J. Fish. Res. Bd. Can., 30: 1191-1194.
- Soivio, A., Nyholm, K., Huhti, M. 1977: Effects of anaesthesia with MS 222, neutralized MS 222 and benzocaine on the blood constituents of rainbow trout, Salmo gairdneri. J. Fish Biol., 10: 91-101.
- Soivio, A., Nyholm, K., Westman, K. 1973: Notes on haematocrit determinations on rainbow trout, Salmo gairdneri. Aquaculture, 2: 31-35.
- Soivio, A., Nyholm, K., Westman, K. 1975: A technique for repeated sampling of the blood of individual resting fish. J. exp. Biol., 62: 207-217.
- Soivio, A., Westman, K., Nyholm, K. 1974: Changes in haematocrit values in blood samples treated with and without oxygen: a comparative study with four salmonid species. J. Fish Biol., 6: 763-769.
- Soivio, A., Nyholm, K., Vuorinen, P. J., Vuorinen, M., Oksa, H. 1978: Kalojen glukoosi, glykogeeni- ja laktaattimäärityksistä ympäristömyrkkytutkimuksissa sekä määritysmenetelmien tarkistaminen kirjolohella. PuPro, duplikat, Helsingfors, 22 sidor.

- Sosiak, A. J., Randall, R. G., McKenzie, J. A. 1979: Feeding by hatchery-reared and wild Atlantic salmon (Salmo salar) parr in streams. J. Fish. Res. Bd. Can., 36: 1408-1412.
- Snieszko, S. F. 1972: Nutritional fish diseases. I: Fish Nutrition. J. E. Halver (red.), Academic Press, London. pp. 402-437.
- Staples, D. J., Nomura, M. 1976: Influence of body size and food ration on the energy budget of rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson. J. Fish Biol., 9: 29-43.
- Sutterlin, A. M., Sutterlin, N. 1970: Taste responses in Atlantic salmon (Salmo salar) parr. J. Fish. Res. Bd. Can., 27: 1927-1942.
- Swift, D. R. 1955: Seasonal variations in growth rate, thyroid gland activity and food reserves of brown trout (Salmo trutta L.). J. Exp. Biol., 32: 751-764.
- Swift, D. R. 1961: The annual growth-rate cycle in brown trout (Salmo trutta L.) and its cause. J. Exp. Biol., 38: 595-604.
- Thorpe, J. E., Morgan, R. I. G. 1978: Parental influence on growth rate, smolting rate and survival in hatchery reared juvenile Atlantic salmon, Salmo salar. J. Fish Biol., 13: 549-556.
- Tusa, I. 1969: On the feeding biology of brown trout (Salmo trutta m. fario) in the course of day and night. Zool. Listy, 18: 275-284.
- Wankowski, J. W. J. 1979: Morphological limitations, prey size selectivity, and growth response of juvenile Atlantic salmon Salmo salar. J. Fish Biol., 14: 89-100.
- Wankowski, J. W. J., Thorpe, J. E. 1979: Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon, Salmo salar L., juveniles. J. Fish Biol., 14: 239-247.
- Ware, D. M. 1972: Predation by rainbow trout (Salmo gairdneri): the influence of hunger, prey density and prey size. J. Fish. Res. Bd. Can., 29: 1193-1201.

- Ware, D. M. 1973: Risk of epibenthic prey to predation by rainbow trout (Salmo gairdneri). J. Fish. Res. Bd. Can., 30: 787-797.
- Waterman, A. J. 1971: Chordate structure and function. Macmillan, New York. 587 sidor.
- Wedemayer, G., Chatterton, K. 1970: Some blood chemistry values for the rainbow trout, Salmo gairdneri. J. Fish. Res. Bd. Can., 27: 1162-1164.
- Wedemayer, G., Chatterton, K. 1971: Some blood chemistry values for the juvenile coho salmon (O. kisutch). J. Fish. Res. Bd. Can., 28: 606-608.
- Woo, N. Y. S., Bun, H. A., Nishioka, R. S. 1978: Changes in body composition associated with smoltification and premature transfer to seawater in coho salmon (Oncorhynchus kisutch) and king salmon (O. tshawytscha). J. Fish Biol., 13: 421-428.
- Woodman, D. D., Price, C. P. 1972: Estimation of serum total lipids. Clin. Chem. Acta, 38: 39-42.
- Wurtsbaugh, W. A., Davis, G. E. 1977a: Effects of temperature and ration level on the growth and food conversion efficiency of Salmo gairdneri Richardson. J. Fish Biol., 11: 87-98.
- Wurtsbaugh, W. A., Davis, G. E. 1977b: Effects of fish and ration level on the growth and food conversion efficiency of rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson. J. Fish Biol., 11: 99-104.
- Yu, T. C., Sinnhuber, R. O. 1981: Use of beef tallow as an energy source in coho salmon (Oncorhynchus kisutch) rations. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 367-370.
- Zeitoun, I. H., Halver, J. E., Ullrey, D. E., Tack, P. J. 1973: Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout (Salmo gairdneri) fingerlings. J. Fish. Res. Bd. Can., 30: 1867-1873.

Tabell 1. Vattnet i Porraskoski 1978 maj-september.

O <sub>2</sub> mg/l	3.7 - 10.0
pH	6.6 - 6.8
Färg Pt/l	35 - 40
ledningsförmåga µS/cm	45.1 - 47.3
KMnO <sub>4</sub> mg/l	26.8 - 29.7
Tot. hårdhet °dH	1.12 - 1.23
Ca hårdhet °dH	0.52 - 0.79
Fe mg/l	0.0 - 0.6

Tabell 2. Medeltemperaturen och medelavvikelsen per vecka, inom parentes avläsningarnas antal.

Vecka	kl. 07. (°C)	kl. 19. (°C)
1	17.7 ± 0.76 (7)	17.8 ± 1.29 (6)
2		
3		
4	17.3 ± 0.27 (5)	17.4 ± 0.38 (6)
5	17.6 ± 0.38 (7)	17.8 ± 0.27 (7)
6	16.4 ± 0.79 (7)	16.4 ± 0.95 (7)
7	14.9 ± 0.38 (7)	15.0 ± 0.61 (7)
8	14.9 ± 1.13 (7)	15.1 ± 0.85 (7)
9	14.2 ± 0.64 (7)	14.4 ± 0.48 (7)
10	14.1 ± 0.42 (5)	14.0 ± 0.50 (5)
11	12.3 ± 0.81 (7)	12.3 ± 0.76 (7)



Tabell 3. Insektfångsten.

Datum	Insektmängd (ml)	Datum	Insektmängd (ml)	Datum	Insektmängd (ml)
26.7	55	11.8	100	27.8	35
27.7	52	12.8	90	28.8	-
28.7	56	13.8	51	29.8	30
29.7	110	14.8	-	30.8	27
30.7	120	15.8	-	31.8	50
31.7	60	16.8	-	1.9	52
1.8	54	17.8	-	2.9	92
2.8	50	18.8	-	3.9	140
3.8	190	19.8	-	4.9	50
4.8	-	20.8	-	5.9	47
5.8	305	21.8	-	6.9	27
6.8	-	22.8	90	7.9	28
7.8	45	23.8	180	8.9	47
8.8	-	24.8	-	9.9	30
9.8	35	25.8	30	10.9	40
10.8	50	26.8	50		

Tabell 4. S 30 Ewos laxfoder extra.

<b>Sammansättning:</b>			
Vasslepulver		D-biotin	mg/kg
Fiskfodermjöl	3.8%	Folinsyra	mg/kg
Sojamejöl	11.0%	Niacin	mg/kg
Helvete-fodermjöl	6.7%	Ca-pantotenat	mg/kg
Fiskolja	9.0%	Para-amino-	
Lecithin	0.7%	bentsoesyra	mg/kg
Podermelass	2.0%	Inositol	mg/kg
Vitaminblandning i		Kolin-klorid	mg/kg
helvete-fodermjöl	3.1%	Vitamin C	mg/kg
Kalc. lignosulfonat			
(Sera-Bondex)	2.3%	<b>Blandningen innehåller:</b>	
<b>Vitaminer:</b>		Fuktighet	9.0%
A	ky-ie/kg	Råfett	16.5%
D <sub>3</sub>	ky-ie/kg	Råprotein	50.0%
E <sub>3</sub>	mg/kg	Råfiber	2.0%
K <sub>3</sub>	mg/kg	Kvävefria extraktiv-	
B <sub>1</sub>	mg/kg	ämnen	13.0%
B <sub>2</sub>	mg/kg	Aska	9.5%
B <sub>6</sub>	mg/kg		
B <sub>12</sub>	mg/kg		
		Smältbart råprotein	45.0%
		Totalt energivärdet	4720 Kcal (19770 KJ)
		Omsättbart energi/kg	3,615 Mcal (15,140 MJ)

Tabell 5. Jämförelse av blodprov tagna med spruta (1) och blodprov tagna genom att skära av fiskarnas stjärt (2). Underst resultat av t-test.

Grupp	viktt (g)	längd (cm)	hämatokrit (%)	hämoglobin (g/l)	laktat (g/l)	glukos (g/l)	protein (g/l)	lipid (g/l)	
1	$\bar{x}$	15.2	12.1	33.8	62.05	0.093	1.167	45.83	17.92
	SEM	0.76	0.18	0.56	1.84	0.008	0.088	0.83	0.46
	n	15	15	15	10	12	12	11	12
2	$\bar{x}$	14.0	11.6	33.8	64.21	0.051	1.172	44.64	19.14
	SEM	0.84	0.24	0.75	0.97	0.004	0.070	0.48	0.37
	n	18	18	18	12	9	12	12	11
		NS	NS	NS	NS	P < 0.001	NS	NS	NS

Tabell 6. Jämförelse av hämoglobinbestämningar vid tre olika tillfällen (a) 25  $\mu$ l mikropipett (helblod) (b) röda blodkroppar. För närmare förklaringar se texten.

---

	(a)	(b)	t-test
1.	59.16 $\pm$ 1.82 n=9	69.85 $\pm$ 2.12 n=8	P < 0.001
2.	58.89 $\pm$ 1.85 n=9	65.58 $\pm$ 2.42 n=4	P < 0.001
3.	57.97 $\pm$ 1.64 n=11	64.96 $\pm$ 1.96 n=8	P < 0.001

---

Tabell 7. Medeltalet för fiskarnas vikt (g), längd (cm) och konditionsfaktor, samt medeltalets medelfel. Inom parentes antalet fiskar. Underst resultat av variansanalys.

Grupp	Provtagningsstid			
	0 veckor	4 veckor	7 veckor	10 veckor
Gemensamt	2.6±0.05 (109)			
0-prov	6.9±0.05 (109)			
	0.80±0.05 (109)			
Insekt+Ljus		5.7±0.24 (29)	9.0±0.45 (22)	10.7±0.49 (94)
		8.8±0.13 (29)	10.0±0.16 (22)	10.2±0.18 (94)
		0.82±0.007 (29)	0.87±0.010 (26)	0.95±0.021 (95)
Insekt		6.0±0.29 (35)	10.0±0.65 (22)	15.9±0.38 (100)
		8.8±0.15 (35)	10.4±0.24 (22)	11.8±0.11 (100)
		0.86±0.008 (35)	0.87±0.006 (22)	0.95±0.006 (100)
Normal		5.3±0.24 (38)	9.3±0.67 (25)	13.7±0.38 (100)
		8.5±0.15 (38)	10.1±0.25 (25)	11.4±0.12 (100)
		0.85±0.008 (38)	0.85±0.010 (25)	0.90±0.007 (100)
Ljus		6.5±0.32 (27)	10.4±0.50 (23)	14.5±0.38 (100)
		9.1±0.14 (27)	10.6±0.18 (23)	11.7±0.11 (100)
		0.84±0.008 (27)	0.85±0.007 (23)	0.88±0.006 (100)
Variansanalys				
		P<0.05	NS	P<0.01
		P<0.05	NS	P<0.01
		P<0.01	NS	P<0.001

Tabell 8. Tillväxt (€ /period, %/period, €/dygn, %/dygn).

Grupp	4 veckor	7 veckor	10 veckor	Total tillväxt
Insekt+1 jus	3.10	3.30	1.80	8.20
	119.23	57.89	20.00	315.38
	0.094	0.157	0.106	0.115
	2.379	2.175	1.072	2.006
Insekt	3.40	4.00	5.90	13.30
	130.77	66.67	59.00	511.54
	0.106	0.190	0.328	0.187
	2.613	2.433	2.576	2.550
Normal	2.70	4.00	4.40	11.10
	103.85	75.47	47.31	426.92
	0.087	0.182	0.259	0.159
	2.297	2.556	2.279	2.374
1 jus	3.90	3.90	4.20	12.00
	150.00	60.00	40.38	461.54
	0.122	0.186	0.247	0.171
	2.863	2.238	1.995	2.465

Tabell 9. Hämoglobinkoncentrationen (g/l), hämatokritvärdet (%) och medelcellhämoglobinkoncentrationen (g/l), medeltal, medeltalets medelfel och inom parentes antalet fiskar. Underst resultat av variansanalys.

Grupp	Provtagningsstid			
	0 veckor	4 veckor	7 veckor	10 veckor
Gemensamt	59.5±0.45 (75)			
0-prov	34.9±0.28 (100)			
	170.3±1.04 (75)			
Insekt+Ljus		56.9±1.82 (12)	58.3±1.38 (9)	53.7±1.06 (13)
		34.7±0.49 (22)	32.4±0.36 (21)	30.4±0.29 (22)
		170.4±6.45 (11)	183.8±4.28 (9)	177.8±1.81 (13)
Insekt		58.2±1.00 (14)	64.0±1.12 (9)	64.2±0.97 (12)
		35.5±0.39 (22)	34.3±0.58 (22)	33.8±0.75 (18)
		165.2±3.02 (14)	188.3±3.34 (9)	193.5±3.42 (12)
Normal		58.4±0.97 (17)	57.7±1.41 (8)	58.0±1.64 (11)
		35.0±0.36 (27)	33.2±0.55 (21)	32.9±0.55 (19)
		168.3±2.96 (17)	177.4±5.08 (8)	180.3±3.74 (11)
Ljus		59.1±1.00 (10)	58.9±1.84 (9)	59.3±1.61 (13)
		35.6±0.36 (21)	33.7±0.50 (23)	31.9±0.45 (21)
		165.7±3.21 (9)	178.0±7.73 (9)	187.6±3.25 (13)
Variansanalys		NS	P < 0.05	P < 0.001
		NS	NS	P < 0.001
		NS	NS	P < 0.01

Tabell 10. Plasmas glukos- och laktathalt (g/l), medeltal, medeltalets medelfel och inom parentes antalet fiskar. Underst resultat av variansanalys.

Grupp	Provtagningsstid			
	0 veckor	4 veckor	7 veckor	10 veckor
Gemensamt	0.914±0.0344 (25)			
0-prov	0.049±0.0057 (24)			
Insekt+l jus		0.972±0.0917 (12)	1.133±0.0741 (12)	1.202±0.0766 (12)
		0.064±0.0034 (12)	0.102±0.0039 (12)	0.052±0.0043 (11)
Insekt		1.130±0.0550 (12)	1.270±0.0639 (12)	1.172±0.0706 (12)
		0.071±0.0070 (12)	0.086±0.0059 (12)	0.051±0.0042 (9)
Normal		1.183±0.0442 (12)	1.032±0.0423 (11)	1.167±0.0278 (11)
		0.067±0.0059 (13)	0.101±0.0107 (11)	0.110±0.0139 (12)
Ljus		0.964±0.0407 (12)	1.001±0.0775 (12)	0.930±0.0296 (12)
		0.059±0.0049 (12)	0.083±0.0058 (12)	0.074±0.0042 (11)
Variansanalys		P < 0.05	P < 0.05	P < 0.01
		NS	NS	P < 0.001



Tabell 11. Plasmas protein- och lipidhalt (g/l), medeltal, medeltalets medelfel och inom parentes antalet fiskar. Underst resultat av variansanalys.

Grupp	Provtagningstid			
	0 veckor	4 veckor	7 veckor	10 veckor
Gemensamt	40.94±1.286 (12)			
0-prov	23.19±0.630 (8)			
Insekt+Ljus		38.57±1.027 (12)	37.72±0.777 (11)	44.32±0.630 (12)
		19.32±0.717 (7)	17.13±0.538 (10)	20.24±0.434 (12)
Insekt		43.59±0.702 (12)	47.56±0.683 (12)	44.64±0.485 (12)
		21.96±0.391 (8)	22.83±0.770 (11)	19.14±0.378 (11)
Normal		45.98±0.868 (11)	40.86±0.730 (12)	47.92±0.748 (12)
		24.74±0.559 (8)	19.06±0.783 (12)	24.13±0.622 (12)
Ljus		41.42±0.792 (12)	44.14±1.112 (13)	38.44±0.324 (12)
		18.81±1.106 (8)	17.60±0.472 (9)	15.02±0.495 (12)
Variansanalys		P < 0.001	P < 0.001	P < 0.001
		P < 0.001	P < 0.001	P < 0.001

Tabell 12. Muskelns kväve- och lipidhalt (%), medeltal, medeltalets medelfel och inom parentes antalet fiskar. Underst resultat av variansanalys.

Grupp	Provtagningstid			
	0 veckor	4 veckor	7 veckor	10 veckor
Gemensamt	3.10±0.033 (7)			
0-prov	1.65±0.094 (7)			
Insekt+Ljus		3.17±0.095 (7)	3.38±0.038 (7)	3.29±0.041 (7)
		1.50±0.186 (7)	1.99±0.107 (7)	2.18±0.139 (7)
Insekt		2.83±0.210 (7)	3.49±0.056 (7)	3.46±0.059 (7)
		1.47±0.129 (7)	2.19±0.193 (7)	2.52±0.112 (7)
Normal		3.48±0.134 (7)	3.53±0.032 (7)	3.36±0.134 (7)
		1.46±0.082 (7)	1.71±0.114 (7)	2.21±0.123 (7)
Ljus		3.38±0.125 (7)	3.60±0.126 (7)	3.35±0.081 (7)
		1.55±0.104 (7)	2.42±0.207 (7)	2.09±0.108 (7)
Variansanalys		P < 0.05	NS	NS
		NS	P < 0.05	NS

## Bilaga 13

Tabell 13. Muskel- och leverglykogen (%), medeltal, medeltalets medelfel och inom parentes antalet fiskar. Underst resultat av variansanalys.

Grupp	Provtagningstid			
	0 veckor	4 veckor	7 veckor	12 veckor
Gemensamt	0.19±0.023 (36)			
0-prov	1.96±0.114 (26)			
Insekt+Ljus	0.13±0.022 (12)	0.30±0.068 (4)	0.59±0.023 (10)	
	2.12±0.245 (11)	7.51±0.293 (4)	2.94±0.245 (10)	
Insekt	0.20±0.021 (12)	-	0.34±0.015 (10)	
	2.71±0.189 (11)	-	3.20±0.670 (10)	
Normal	0.22±0.027 (12)	0.18±0.026 (10)	0.45±0.029 (9)	
	1.87±0.160 (11)	4.21±0.527 (10)	3.62±0.574 (9)	
Ljus	0.20±0.018 (12)	0.35±0.030 (2)	0.56±0.054 (9)	
	2.20±0.358 (11)	2.14 (1)	4.39±0.568 (9)	
Variansanalys	P < 0.05	P < 0.05	P < 0.001	
	NS	P < 0.01	NS	

## Bilaga 14

Tabell 14. Muskelns och leverns vattenhalt (%), medeltal, medeltalets medelfel och inom parentes antalet fiskar. Underst resultat av variansanalys.

Grupp	Provtagningstid			
	0 veckor	4 veckor	7 veckor	10 veckor
Gemensamt	78.96±0.147 (29)			
0-prov	78.34±0.298 (31)			
Insekt+Ljus		79.26±0.114 (12)	79.46±0.204 (12)	78.55±0.219 (12)
		80.24±0.351 (12)	79.12±0.482 (12)	76.39±0.414 (12)
Insekt		73.02±0.123 (12)	78.53±0.269 (11)	77.53±0.140 (12)
		79.47±0.483 (12)	79.13±0.700 (10)	77.31±0.267 (12)
Normal		78.46±0.132 (12)	78.62±0.239 (12)	78.31±0.215 (12)
		77.80±0.317 (11)	81.01±0.525 (12)	76.33±0.255 (12)
Ljus		76.87±0.175 (12)	78.66±0.230 (12)	78.08±0.159 (12)
		80.14±0.386 (12)	78.91±0.365 (10)	78.09±0.233 (12)
Variansanalys				
	P < 0.001	P < 0.05	P < 0.01	
	P < 0.001	P < 0.05	P < 0.001	

Tabell 15. Dödlighet (st, %) och utfodring per tvåveckorsperiod, samt foderfaktorn för hela försökstiden.

Period	Insekter+ljus		Insekter		Normal		Ljus					
	Dödlighet st	%	Foder kg	Dödlighet st	%	Foder kg	Dödlighet st	%	Foder kg			
5.7-23.7	43	2.05	4.0	41	1.95	6.0	37	1.76	3.0	22	1.05	3.0
23.7-3.8	30	1.43	7.0	54	2.57	5.5	22	1.05	7.0	15	0.71	7.0
3.8-17.8	22	1.05	7.5	25	1.19	7.5	9	0.43	4.5	0	0.00	4.5
17.8-31.8	12	0.57	4.5	2	0.10	8.5	26	1.24	3.5	13	0.62	7.0
31.8-14.9	4	0.19	7.5	3	0.14	8.5	16	0.76	12.0	7	0.33	6.5
	111	5.29	30.5	125	5.95	36.0	110	5.24	30.0	57	2.71	28.0
Foderfaktor		2.21			1.55			1.56				1.36

Tabell 16. Innehållet i insektfällan vid fyra olika tidpunkter, ordningar som ätits (+) och ordningar som inte ätits (-) inom en halvtimme efter det att insekterna hållits i bassängen.

Ordning	5.8 (%)	24.8 (%)	13.9 (%)	15.9 (%)	+/-
<b>COLEOPTERA</b>	0.3	1.3			-
Diptera					
Brachycera	0.9		5.3		+
Cyclorhophæ					
Nematocera	37.0	54.3	70.0	74.4	+ (Tipulidæ -)
Homoptera	0.3				+
Hymenoptera	0.3		0.4		+
Lepidoptera	26.7	25.4			-
Noctuidæ			4.0	3.5	-
Geometridæ			3.2	2.6	-
Trichoptera	34.5	19.0	17.1	19.5	+

**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,  
KALANTUTKIMUSOSASTO**

**MONISTETTUJA JULKAISUJA**

- No 35. VIHERVUORI, A.: Jänisjoen vesistön kala- ja rapukannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi. Helsinki 1985. 114 s.
- No 36. SEPPONEN, M. ja HILDÉN, M.: Virkistys- ja kotitarvekalastus merenkurkun pohjoisosassa vuonna 1981. 1—32.  
KOIVISTO, V. ja PARMANNE, R.: Vedenalaisten räjähdysten aiheuttamista kalakuolemista Lounais-Suomessa Reilan ammunta-alueella. 33—64. Helsinki 1985.
- No 37. KOLJONEN, M-L.: Suomen lohikantojen entsyymigeneettinen muuntelu. Helsinki 1985. 94 s.
- No 38. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston tutkimus-, palvelu-, tiedotus- ja julkaisutoiminta vuonna 1983. Helsinki 1985. 133 s.
- No 39. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1985. Helsinki 1985. 155 s.
- No 40. SALOJÄRVI, K., PARTANEN, H., AUVINEN, H., JURVELIUS, J., JÄNTTI-HUHTANEN, N. ja RAJAKALLIO, R.: Oulujärven kalatalouden kehittämissuunnitelma. Osa I: Nykytila. Helsinki 1985. 278 s.
- No 41. SALOJÄRVI, K. ja PARTANEN, H.: Oulujärven kalatalouden kehittämissuunnitelma. Osa II: Suunnitelma. Helsinki 1985. 116 s.
- No 42. PURSIAINEN, M., ASLA, I., KANNEL, R. ja WESTMAN, K.: Lohenpoikasten vapautusallas-kokeet Selkämeren rannikolla vuosina 1983—1984. 1—28.  
NAARMINEN, M.: Lohi- ja taimenmerkintöjen yhteydessä tapahtuvasta kalojen käsittelystä, kuljetuksesta ja istutuksesta. 29—62. Helsinki 1985.
- No 43. SALMI, P.: Ammattikalastuksen investointien, vuosiansioiden ja saaliiden aikasarja-analyysi vuosilta 1978—1982. Helsinki 1986. 46 s.
- No 44. KALLIO, I.: Vaelluskalakantojen nykyinen tila ja hoito. 1—51.  
KALLIO, I.: Istutettujen ja luonnonkudusta peräisin olevien emolohien (Salmo salar L.) fekunditeetti ja mätimunien koko. 53—74. Helsinki 1986.
- No 45. LOUHIMO, J. ja HONKASALO, L.: Taimenkanta ja taimenen ympäristövaatimukset Evon Luutajoessa. 1—74.  
JUTILA, E.: Vaikkojoen kunnostussuunnitelmaa koskeva tarkastus- ja selvitystyö. 75—96.  
JUTILA, E.: Selvitys Vieksinjoen vesistön uittolaitteiden ja -rakenteiden kalataloudelle aiheuttamista haitoista sekä niiden poistamiseksi tarvittavista toimenpiteistä. 97—112.  
JUTILA, E.: Hossanjoen uittoperkkausien aiheuttamat kalataloudelliset vahingot sekä niiden poistamiseksi tarvittavat toimenpiteet. Hossanjoen uittosäännön kumoamiseen liittyvä kalataloudellinen selvitys. 113—126. Helsinki 1986.
- No 46. Nahkiainen-nejonögon -symposiumin, 17.—18.10.1979 Kalajoki. Toim. T. Järvenpää ja K. Westman. Helsinki 1986. 107 s.
- No 47. LEHTONEN, H., BÖHLING, P. och HUDD, R.: Siken och sikkfisket i Kvarkenområdet. Helsinki 1986. 76 s.
- No 48. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1986. Helsinki 1986. 178 s.
- No 49. ERONEN, T., HANSKI, A., HYYTINEN, L. ja KAIJOMAA, V-M.: Vuoksen vesistöalueen lohi- ja taimenkantojen hoidon puiteohjelma. Helsinki 1986. 117 s.
- No 50. TUUNAINEN, P., VUORINEN, P., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T. ja VUORINEN, M.: Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin. Raportti vuodelta 1985. English summary: Effects of acidic deposition on fish, Report 1985. 1—39.  
TIKKA, J. ja PAASIVIRTA, L.: Ahvenen populaatiorakenne, kasvu ja tuotanto kahdessa eteläsuomalaisessa metsäjärvenä. 40—63. Helsinki 1986.
- No 51. Valtion kalanviljelyn VII neuvottelupäivät 12.—14.4. 1983 Punkaharjulla. Toim. A. Vihervuori. Helsinki 1986. 119 s.

## **SISÄLTÖ**

**NIKINMAA, B.: Inverkan av ljus och insekttillskott till födan på tillväxten hos laxyngel**  
Salmo salar. 79 s.

**ISBN 951-9092-81-1**  
**ISSN 0358-4623**