



TARJA NAKARI

**PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN  
MERIVEDEN VAIKUTUKSISTA SUMPUTETTUJEN  
JA LUONNONKALOJEN ELINTOIMINTOIHIN**

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS  
Helsinki 1992



TARJA NAKARI

**PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN  
MERIVEDEN VAIKUTUKSISTA SUMPUTETTUJEN  
JA LUONNONKALOJEN ELINTOIMINTOIHIN**

Kuva: Jukka Järvi

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA koskevat tilaukset:  
Valtion painatuskeskus, PL 516, 00101 Helsinki  
puh. (90) 56 601/julkaisutilaukset

ISBN 951-47-5710-6  
ISSN 0786-9592

HELSINKI 1992

Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

Tarja Nakari

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

Porvoon edustan merialueen meriveden vaikutuksista sumputettujen ja luonnonkalojen elintoimintoihin –  
Havsvattnets effekter hos burade och vilda fiskars fysiologiska hälsotillstånd i havsområdet utanför Borgå

Julkaisun laji

Tutkimusraportti

Toimeksiantaja

Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri

Toimielimen asettamispvm

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin Porvoon edustan merialueella toukokuussa 1989 sumputettujen 2-vuotisten merilohien elintoimintoja ja vierasainekertymiä ja verrattiin niitä Pellingin itäpuolella sumputettujen kalojen vastaaviin. Lisäksi tutkittiin samoilta alueilta syyskuussa 1989 ja toukokuussa 1990 pyydettyjen haukien elintoimintoja ja kertymiä.

Kaloja sumputettiin Pellingin itäpuolella, Kartanonlahdella, Nesteen Sköldvikin alueella öljynjalostamon edustalla ja merivesitunnelin suulla, Svartbäckinselän eteläosassa, Orrenkylänselällä ja Haikonselällä. Haikonselältä ei saatu näytteitä. Sumputusajat olivat 2 ja 4 viikkoa. Kahden viikon jälkeen näytteet otettiin vain merivesitunnelin suulla ja Pellingissä sumputetuista kaloista.

Haukia saatiin syyskuussa 1989 Haikonselältä, Emäsalon itä- ja länsipuolelta. Toukokuussa 1990 haukia saatiin Pellingin itäpuolelta, Emäsalon itäpuolelta ja Haikonselältä.

Sumputuskokeista saatujen tulosten mukaan kalojen elintoiminnat olivat Pellingissä sumputettuihin kaloihin verrattuna muuttuneet eniten merivesitunnelin suulla, Svartbäckinselällä ja öljysatamassa sumputetuilla kaloilla. Näillä kaloilla myös mitattujen vierasaineiden kertymät olivat suurimmat. Analysoituja kertyviä aineita olivat kokonais-, alifaattiset ja polyaromaattiset hiilivedyt, ftalaatit, haihtuvat kloorihiilivedyt, kloorifenolit ja hartsihapot. Kalojen vesi- ja ionitasapainonsäätely oli muuttunut samoin maksan toiminta. Maksan toimintamuutokset näkyivät entsyymi-, rasva- ja hormoniaineenvaihdunnan muutoksina sekä juuri vierasaineiden kertyminä. Tässä tutkimuksessa määritettyjen vierasaineiden lisäksi monien muidenkin vierasaineiden tiedetään muuttavan kalojen aineenvaihduntaa.

Luonnonkalakokeiden tulokset osoittavat, että Haikonselältä pyydettyjen kalojen elintoiminnat poikkesivat molempina vuosina muiden ryhmien vastaavista. 1990 haukia ei saatu lainkaan Emäsalon länsipuolelta. Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen kalojen elintoiminnoissa havaittiin muutoksia verrattuna Pellingistä pyydettyjen kalojen vastaaviin. Vuonna 1989 kaloista mitattujen vierasaineiden pitoisuuksissa ei eri ryhmien välillä ollut merkittäviä eroja. Vuonna 1990 Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen kalojen sappinestenäytteessä oli runsaasti hartsihappoja.

Asiasanat (avainsanat)

Kalat, elintoiminnot, kertymät, sumputus

Suomenlahti, Porvoon edusta

Muut tiedot

Sarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 94

ISBN

951-47-5710-6

ISSN

0786-9592

Kokonaissivumäärä

53

Kieli

Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Valtion painatuskeskus  
PL 516, 00101 HELSINKI

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus  
PL 250, 00101 HELSINKI

## PRESENTATIONSBLAD

*Utgivare*  
Vatten- och miljöstyrelsen

*Utgivningsdatum*  
1.4.1992

*Författare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)*  
Tarja Nakari

*Publikation (även den finska titeln)*

Havsvattnets effekter hos burade och vilda fiskars fysiologiska hälsotillstånd i havsområdet utanför Borgå – Porvoon edustan merialueen meriveden vaikutuksista sumputtettujen ja luonnonkalojen elintoimintoihin

*Typ av publikation*  
Forskningsrapport

*Uppdragsgivare*  
Helsingfors vatten- och miljödistrikt

*Datum för tillsättandet av organet*

*Publikationens delar*

*Referat*

Undersökningen behandlar metaboliska förändringar hos 2-åriga laxar som exponerades 2 och 4 veckor (i maj år 1989) i havsområdet utanför Borgå – i Kulloviken, utanför oljehamnet och havsvattentunneln vid Neste Ab, Sköldvik, samt i södra delen av Svartbäck- och Orrbyfjärden, och i Haikkofjärden. Jämförelseområdet var beläget österom Pellinge.

Det fysiologiska hälsotillståndet hos gäddor som fiskades i september år 1989 från Haikkofjärden, österom (kontroll) och västerom Emsalö, år 1990 i maj från Pellinge (kontroll), från Haikkofjärden och österom Emsalö, undersöktes också.

Metabolismen hos de laxar, som exponerades i oljehamnen, i havsvattentunneln och i södra delen av Svartbäckfjärden hade förändrats mest jämfört med metabolismen hos laxarna i Pellinge. Hos de förstnämnda laxarna var också koncentrationerna av de analyserade skadliga substanserna störst. Substanserna (alifatiska och polyaromatiska kolväten, ftalater, avdunstade klorerte kolväten, klorfenoler och hartssyror) analyserades från muskler och gallan. De här nämnda substanserna är inte de ända som kan inverka på fiskarnas fysiologin.

Fysiologiska förändringar påvisades i fiskarnas vatten- och jonbalans och i lipid-, enzym- och hormonalbalansen i fiskarnas lever.

Det fysiologiska hälsotillståndet hos de gäddor som hade tagits i Haikkofjärden skiljde sig båda åren från de andra gruppernas fastän år 1989 inga differenser i koncentrationerna av de analyserade substanserna kunde påvisas mellan de olika grupperna.

År 1990 avvek metabolismen hos de gäddor, som hade fiskats österom Emsalö från Pellinge gäddornas. De förra hade en relativt stor koncentration av hartssyror i gallan.

*Sakord (nyckelord)*

Fiskar, metabolism  
Finska viken, Borgå

*Övriga uppgifter*

*Seriens namn och nummer*

Vatten- och miljöförvaltningens publikationer – serie A 94

*ISBN*

951-47-5710-6

*ISSN*

0786-9592

*Sidantal*

53

*Språk*

Finska

*Pris*

*Sekretessgrad*

Offentlig

*Distribution*

Statens tryckericentral  
PB 516, 00101 HELSINGFORS

*Förlag*

Vatten- och miljöstyrelsen  
PB 250, 00101 HELSINGFORS

*Published by*  
National Board of Waters and the Environment

*Date of publication*  
1.4.1992

*Author(s)*  
Tarja Nakari

*Title of publication*  
The effects of seawater on the vital functions of caged and wild fish in the sea area of Porvoo

*Type of publication*  
Research report

*Commissioned by*  
Helsinki water and environment district

*Parts of publication*

*Abstract*

The study investigates metabolic changes of 2-year-old salmon caged 2 and 4 weeks in Porvoo sea area: in Kartanonlahti, in front of the oil harbour, and in front of the sea water tunnel of Neste Oy's Porvoo Works, in southern part of the Bay of Svartbäck and Orrenkylä and in the Bay of Haikko. The control place was in Pellinki. Physiological status of pikes caught in September 1989 from the Bay of Haikko, from east (control) and west of Emäsalo, and in May 1990 from the Bay of Haikko, from Pellinki (control), and from east of Emäsalo was also investigated.

The physiological status of the salmon caged in front of the oil harbour and the sea water tunnel and in the Bay of Svartbäck was changed most compared to that of the fish caged in Pellinki. Concentrations of the measured pollutants in white muscle and bile of these fish were also greatest. The analyzed pollutants were aliphatic and polyaromatic hydrocarbons, phthalates, volatile chlorinated hydrocarbons, chlorophenols and resin acids. These are not the only substances that can have effects on fish physiology. The physiological changes were seen in water and ionoregulation of the fish, and in enzyme, lipid and hormonal metabolism of the liver of the fish.

The physiological status of the pikes caught from the Bay of Haikko differed in both years from that of the pikes caught from elsewhere. In 1989 there were no differences in the concentrations of the measured pollutants between groups. In 1990 the metabolism of pikes caught from east of Emäsalo differed from that of the pikes caught from Pellinki. The pikes from Emäsalo had quite a lot of resin acids in their bile.

*Keywords*

Fish, of Finland, Porvoo

*Other information*

*Series (key title and no.)*

Publications of the Water and Environment – serie A 94

*ISBN*

951-47-5710-6

*ISSN*

0786-9592

*Pages*

53

*Language*

Finnish

*Price*

*Confidentiality*

Public

*Distributed by*

Government Printing centre  
PO BOX 516, 00101 HELSINKI

*Publisher*

The National Board of Waters and the Environment  
PO BOX 250, 00101 HELSINKI

## A L K U S A N A T

Kiitän kaikkia niitä henkilöitä, jotka ovat auttaneet minua tässä työssä, etenkin Helsingin vesi- ja ympäristöpiirin ylitarkastaja Leena Villaa.

Maj-Britt Kellgren, Reijo Karhu, Rainer Myyrä, Seppo Kiiski ja Tapio Tuiskunen kalastivat tutkimuksen hauet.

Työ on tehty Helsingin vesi- ja ympäristöpiirin vesien-suojelumaksuvaroin.

Tarja Nakari



S I S Ä L L Y S		Sivu
	ALKUSANAT . . . . .	6
1	JOHDANTO . . . . .	9
2	AINEISTO JA MENETELMÄT . . . . .	9
3	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU . . . . .	11
3.1	Sumputuskokeet . . . . .	11
3.1.1	Hapenkuljetuskyky . . . . .	11
3.1.2	Vesi- ja ionitasapainonsäätely . . . . .	11
3.1.3	Maksan vierasaineaineenvaihdunta . . . . .	12
3.1.4	Energiankulutus . . . . .	14
3.1.5	Lisääntymismekanismit . . . . .	14
3.1.6	Kalojen somaattinen indeksi . . . . .	15
3.1.7	Jäämäaineet . . . . .	15
3.2	Luonnonkalat . . . . .	17
3.2.1	Hapenkuljetuskyky . . . . .	17
3.2.2	Vesi- ja ionitasapainonsäätely . . . . .	18
3.2.3	Maksan vierasaineaineenvaihdunta . . . . .	18
3.2.4	Energiankulutus . . . . .	18
3.2.5	Lisääntymismekanismit . . . . .	19
3.2.6	Kalojen somaattinen indeksi . . . . .	19
3.2.7	Jäämäaineet . . . . .	19
4	YHTEENVETO . . . . .	21
	KIRJALLISUUS . . . . .	23
	LIITTEET . . . . .	25



## 1 JOHDANTO

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Porvoon edustan merialueella sumputettujen kalojen elintoimintoja ja verrata niitä Pellingin itäpuolella sumputettujen kalojen elintoimintoihin. Lisäksi tutkittiin vastaavilta alueilta pyydettyjen haukien elintoimintoja.

Aikaisempia selvityksiä ja tutkimuksia alueelta ovat mm. Talsin (1987) tekemä selvitys Porvoon edustan merialueen tilasta ja sen kehityksestä ja kuormittajista vuosina 1965-1984, Paasivirran ym. (1983 ja 1985) tekemät tutkimukset Sköldvikin meriympäristön haitallisista aineista, Talsin (1983) ja Nikusen (1984) tekemät tutkimukset Sköldvikin alueen teollisuuslaitosten jätevesien myrkkyyvaikutuksista sekä Villan (1989) laatima selvitys Porvoon edustan merialueen sedimentin öljypitoisuudesta. Tuloksia Porvoon merialueelta on myös raportissa, joka on laadittu Gramskin karilleajon jälkeen tehdyistä tutkimuksista (Hirvi 1990). Tutkimustuloksia useiden vuosien ajalta on esitetty Oy Vesi-Hydro Ab:n Porvoon edustan merialueella tekemissä yhteistarkkailuraporteissa.

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Sumputuskokeet tehtiin toukokuussa 1989 ja ne alkoivat 9.5.1989. Koekaloina käytettiin 2-vuotiaita, samaan kokoluokkaan lajiteltuja merilohia (Myrskylän hautomo). Kaloja sumputettiin vertailualueella Pellingin itäpuolella, Kartanonlahdella, Nesteen Sköldvikin alueella öljynjalostamon edustalla (öljyvuomi), merivesitunnelin suulla n. 20-30 m tunnelin suuaukolta ulospäin, tunnelin eteläreunassa, Svartbäckinselän eteläosassa, Orrenkylänseällä ja Haikonselällä. Sumputuspaikat on esitetty liitteessä 1.

Sumppuina käytettiin kannellisia muovisia pyykkikoreja, jotka oli ankkuroitu kahden metrin syvyyteen. Kussakin sumpussa oli keskimäärin 23 kalaa. Näytteet otettiin 20 kalasta/ryhmä. Kaloja ei ruokittu kokeen aikana. Sumputusajat olivat 2 ja 4 viikkoa. Kokeen alussa saman parven kaloista otettiin "lähtönäytteet" kalalaitoksella, josta kalat kokeeseen haettiin.

Kahden viikon altistuksen jälkeen näytteet oli tarkoitus ottaa vertailualueella, öljynjalostamon edustalla ja merivesitunnelin suulla sumputetuista kaloista. Näihin pisteisiin oli kuhunkin laitettu kaksi sumppua. Näytteet saatiin vain vertailualueelta ja merivesitunnelin suulta. Öljynjalostamon edustalta toinen sumppu oli kadonnut.

Neljän viikon jälkeen näytteet saatiin kaikista muista pisteistä paitsi Haikonselältä, jossa sumppu oli revitty rikki. Öljynjalostamon edustalla olleessa sumpussa oli jäljellä vain 6 kalaa, loput olivat kadonneet.

Veden lämpötila lähtönäytteitä otettaessa oli 6°, kahden viikon sumputuksen jälkeen merivesitunnelin suulla 8,9° ja Pellingissä 10,4°. Neljän viikon sumputuksen jälkeen veden lämpötila oli Pellingin itäpuolella 12,2°, Kartanonlahdella

15,4°, öljysatamassa 13,7°, merivesitunnelin suulla 13,3°, Svartbäckinselällä 12,2° ja Orrenkylänselällä 13,3°.

Tarkoituksena oli saada myös näytteitä sumputusalueilta samaan aikaan pyydetyistä hauista. Haukia saatiin kuitenkin vasta syyskuun puolessa välissä ja tällöinkin vain kolmelta eri alueelta, Haikonselältä, Emäsalon itäpuolelta ja Emäsalon länsipuolelta. Valitettavasti haukia saatiin vähän ja ne oli jokaiselta alueelta pyydetty eri tavoin; Haikonselältä verkolla (4 kpl), Emäsalon itäpuolelta uistimella (8 kpl) ja Emäsalon länsipuolelta rysällä (3 kpl). Kaloja sumputettiin pari päivää ennen näytteidenottoa ja niistä otettiin vastaavat näytteet kuin merilohistakin. Veden lämpötilat olivat näytteitä otettaessa Haikonselällä 17°, Emäsalon itäpuolella 12° ja länsipuolella 13°.

Luonnonkalakoe uusittiin keväällä 1990. Tällöin kalastajat saivat haukia Pellingin itäpuolelta, Haikonselältä ja Emäsalon itäpuolelta. Monista yrityksistä huolimatta Emäsalon länsipuolelta ei saatu haukia lainkaan. Keväällä 1990 kaikki hauet oli pyydetty verkoilla. Pyyntin jälkeen niitä sumputettiin pari päivää ennen näytteidenottoa. Veden lämpötila oli näytteitä otettaessa Pellingissä 13°, Haikonselällä ja Emäsalon itäpuolella n. 10°.

Kaloista otettiin veri-, kudosis- ja sappinestenäytteet. Kliiniskemialliset analyysit tehtiin vesi- ja ympäristöhallituksen biologisessa laboratoriossa, jäämäaineanalyysit Jyväskylän yliopiston Ympäristöntutkimuskeskuksessa ja Merentutkimuslaitoksessa.

Kalojen verestä määritettiin veren hemoglobiinipitoisuus (Hb) ja punasolujen suhteellinen osuus l. hematokriittiarvo (Hkr). Näiden suureiden avulla laskettiin punasolujen keskimääräinen hemoglobiinipitoisuus (MCHC).

Kalojen plasmasta määritettiin aspartaatti-aminotransferaasi-entsyymin (ASAT) aktiivisuus, kalsium- ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium- ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ioni-, proteiini- ja testosteronipitoisuudet.

Maksakudoksesta määritettiin glykogeeni-, vesi-, rasva- ja proteiinipitoisuudet ja uridiinidifosfoglukuronosyyli-transfetaasin (UDP-GT) ja betaglukuronidaasin (BG) aktiivisuudet. Lisäksi laskettiin maksan somaattinen indeksi ( $\text{MSI} = \frac{\text{maksan paino} \times 100}{\text{kalan paino}}$ ) (1).

Valkeasta lihaksesta otettiin näytteet vesipitoisuusmäärittämiseen ja jäämäaine-analyyseiin. Jäämäaine-analyyseja varten otettiin myös kalojen sappinesteet.

Jäämäaine-analyyseja varten kunkin ryhmän näytteet poolattiin yhteen, pakastettiin ja lähetettiin pakastettuina määritettäviksi. Lihaksessa ja sapessa mahdollisesti esiintyvistä vierasaineista valittiin analysoitaviksi kokonais-, alifaattiset ja polyaromaattiset hiilivedyt. Nämä analyysit tehtiin Merentutkimuslaitoksessa. Ftalaatit, haihtuvat kloorihiilivedyt, kloorifenolit ja hartsihapot analysoitiin Jyväskylän yliopiston Ympäristöntutkimuskeskuksessa.

Lisääntymisparametreihin liittyen määritettiin kalojen gonadosomaattinen indeksi  

$$(GSI = \frac{\text{sukurauhasten paino} \times 100}{\text{kalan paino}}) \quad (2).$$

Kalojen painojen ja pituuksien avulla laskettiin kullekin yksilölle ns. kalan somaattinen indeksi, joka paremmin kuvaa erikokoisten kalojen paino/pituussuhdetta  

$$(SI = \frac{\text{paino (g)} \times 100}{\text{pituus (cm)}^3}) \quad (3).$$

Tulosten tilastollinen tarkastelu on tehty Students'n t-testillä vertaamalla muiden sumputusryhmien kalojen analyysituloksia Pellingin ryhmän kalojen vastaaviin. Luonnonkalakokeissa syksyllä 1989 vertailuryhmänä käytettiin Emäsalon itäpuolelta pyydettyjä ja keväällä 1990 Pellingistä pyydettyjä kaloja.

### 3 T U L O K S E T J A T U L O S T E N T A R K A S T E L U A

Kliiniskemialliset analyysitulokset on esitetty liitteinä olevissa kuvissa, joissa on mukana myös kokeen alussa kalalaitoksella otettujen "lähtönäytteiden" analyysitulokset. Näitä tuloksia ei ole tilastollisesti verrattu muihin tuloksiin. Jäämäaineanalyysien tulokset on esitetty liitteinä olevissa taulukoissa.

#### 3.1 S U M P U T U S K O K E E T

##### 3.1.1 H a p e n k u l j e t u s k y k y

Hemoglobiinipitoisuuden mukaan kaikkien ryhmien kalojen veren hapenkuljetuskyvyn voidaan katsoa olleen normaalitasolla molempina sumputusajanjaksoina. Öljysatamassa neljä viikkoa sumputettujen koiraiden veren Hb-pitoisuus oli kohonnut ja naaraiden laskenut (kuva 2a), mutta koska tässä ryhmässä kalojen lukumäärä oli pieni, ei tuloksista voi vetää jyrkkiä johtopäätöksiä.

Kaksi viikkoa merivesitunnelin suulla altistettujen kalojen veren punasolujen suhteellinen osuus (kuva 3a) oli kohonnut merkitsevästi. Punasolut olivat turvonneet, sillä veren Hb-pitoisuuksissa ja punasolujen keskimääräisissä Hb-pitoisuuksissa (kuva 4a) ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Yleisimmät syyt kalojen punasolujen turpoamiseen ovat hapenpuute ja erilaiset rasiustilat (Soivio ja Virtanen 1980, Soivio ja Nikinmaa 1981). Tässä tapauksessa hapenpuute ei ole ollut punasolujen turpoamisen syy, vaan kalat ovat kärsineet jonkin asteisesta stressistä. Neljän viikon sumputuksen jälkeen ei näissä muuttujissa ollut havaittavissa tilastollisesti merkitseviä eroja.

##### 3.1.2 V e s i - j a i o n i t a s a p a i n o n s ä ä t e l y

Sumputuksen alkaessa kalat joutuivat kalalaitoksen makeasta vedestä murtoveteen. Tämä veden suolapitoisuuden muutos näkyy kahden viikon altistuksen jälkeen kalojen vesi- ja ionitasapainoa kuvaavissa suureissa, kalat olivat jonkin verran "kuivuneet". Muutokset näkyvät sekä vertailualueella että merivesitunnelin suulla sumputetuissa kaloissa. Kalojen lihasten vesipitoisuus (kuva 5a) oli laskenut ja

plasman proteiini- (kuva 6a) ja ionipitoisuudet (Kuva 7a ja 8a) olivat nousseet l. plasman vesipitoisuus oli laskenut verrattuna lähtöarvoihin. Kontrolliin verrattuna tilastollisesti merkitsevästi näistä suureista oli muuttunut vain naaraskalojen plasman proteiinipitoisuus, joka oli laskenut.

Neljän viikon sumputuksen aikana vertailuryhmän kalat olivat sopeutuneet uuteen "ympäristöönsä" ja pystyivät säätelemään lihastensa vesipitoisuutta, joka oli palautunut lähtöarvojen tasolle. Plasman proteiini-, kalsium- ja magnesiumionipitoisuudet olivat edelleen kahden viikon pitoisuuksien tasolla. Kontrolliin verrattuna Svartbäckinselällä sumputettujen naaraskalojen lihasten vesipitoisuus oli merkitsevästi muuttunut, se oli laskenut.

Neljän viikon sumputuksen jälkeen Svartbäckinselällä altistettujen kalojen plasman proteiinipitoisuus oli merkitsevästi noussut. Merivesitunnelin suulla ja Orrenkylänselällä altistetuilla kaloilla se oli sitä vastoin laskenut, mutta vain koiraillla.

Plasman kaksiarvoisista ioneista magnesiumin pitoisuus oli muuttunut merkitsevästi vain öljynjalostamon edustalla sumputetuilla koiraillla, joilla sen pitoisuus oli laskenut. Kalsiumionipitoisuus oli laskenut merkitsevästi öljynjalostamon edustalla altistetuilla koiraillla ja merivesitunnelin suulla altistetuilla naaraillla.

Näiden kaksiarvoisten ionien pitoisuuksien muutokset heijastuvat heti kalojen aineenvaihduntareaktioihin, koska ne ovat mm. tärkeitä entsyymiaktiivisuuksien säätelijöitä. Magnesiumionit aktivoivat esim. peptidaaseja, karboksylaaseja ja fosfataaseja. Kalsiumionit säätelevät normaalia hermo-lihasärsytystä ja niillä on myös merkittävä tehtävä naaraskalojen mädin kehityksessä (Heath 1987).

Tuolosten perusteella voidaan sanoa, että neljä viikkoa Svartbäckinselällä sumputettujen kalojen kudosten vesipitoisuuden säätelykyky oli muuttunut verrattuna Pellingissä sumputettujen kalojen vastaavaan. Kalojen lihasten vesipitoisuus oli laskenut ja plasman proteiinipitoisuus noussut. Jälkimmäinen viittaa plasman vesipitoisuuden laskuun.

Ionitasapainonsäätelykyky oli muuttunut öljynjalostamon edustalla ja merivesitunnelin suulla sumputetuilla kaloilla verrattuna Pellingissä sumputettuihin kaloihin.

### 3.1.3 M a k s a n v i e r a s a i n e a i n e e n v a i h d u n t a

Maksan vierasaineaineenvaihduntaan osallistuvista entsyymeistä UDP-GT:n avulla konjugoidaan elimistölle haitalliset rasvaliukoiset aineet vesiliukoisiksi helposti eritettäväksi glukuronideiksi (Dutton 1966). Myös elimistön normaalit rasvaliukoiset aineenvaihduntatuotteet kuten sukuhormonit poistetaan samojen konjugaatiomekanismien avulla. Muutokset UDP-GT-aktiivisuuksissa saattavat täten vaikuttaa myös kalojen lisääntymisreaktioihin. Entsyymiaktiivisuuden kohoaminen kuvastaa elimistön lisääntynyttä kykyä selviytyä vierasaineista ja alentuminen häiriötä tässä mekaniismissa (Vainio 1975). BG katalysoi konjugaattien hydrolysoitumista

1. se irroittaa yhdisteistä glukuronosyylliryhmiä. Entsyymien aktiivisuuden on todettu kohoavan soluvaurioiden seurauksena ja sen aleneminen saattaa olla merkinä mm. lisääntyneestä glukuronihappokonjugaatiosta (Levy ja Grucinski 1964). Myös kohonneet plasman sukuhormonipitoisuudet (lähinnä testosteroni) saavat aikaan maksan BG:n aktivoitumisen (de Bruin 1976).

Merivesitunnelin suulla kahden viikon altistuksen jälkeen maksan UDP-GT- (kuva 9a) ja BG- (kuva 10a) aktiivisuudet olivat kohonneet erittäin merkitsevästi, koirailta enemmän kuin naarailta. Neljän viikon altistuksen jälkeen kaikkien sumputusryhmien kalojen entsyymiaktiivisuuksien tasot olivat laskeneet verrattuina lähtö- ja kahden viikon arvoihin. Eräs syy kokonaisaktiivisuustason laskuun saattaa olla se, että UDP-glukuronihappo, UDP-GT:n substraatti, on peräisin glukoosista, jonka pitoisuus oletettavasti laskee, kun kaloja ei ruokita (Heath 1987). Kontrolliryhmän kaloihin verrattuina merivesitunnelin suulla, Kartanonlahdella ja Svartbäckinselällä altistettujen kalojen maksan UDP-GT-aktiivisuudet olivat merkitsevästi kohonneet. Svartbäckinselällä sumputetuilla kaloilla entsyymiaktiivisuuden kohoaminen oli erittäin merkitsevää. Vastaavissa ryhmissä myös maksan BG-aktiivisuuksien muutokset osoittavat kalojen vierasaineineenvaihdunnan aktivoituneen.

Vierasaineet muuttavat maksan toimintaa ja aiheuttavat usein sen, että maksaentsyymit pääsevät vuotamaan ulos soluista, jolloin entsyymiaktiivisuuksien muutokset ovat mitattavissa plasmasta. Vierasaineet joko rikkovat solut tai muuttavat solumembraanin ominaisuuksia siten, että entsyymit pääsevät ulos soluista (de Bruin 1976). Kahden viikon jälkeen merivesitunnelin suulla sumputettujen kalojen plasman ASAT-aktiivisuus oli noussut erittäin merkitsevästi, varsinkin naarailta (kuva 11a). Tämän ryhmän kaloilla tulos oli sama myös neljän viikon sumputuksen jälkeen. Koiraiden ja naaraiden välillä ei tällöin ollut eroja.

Lähtöarvoihin verrattuina kahden viikon sumputuksen jälkeen kontrolliryhmän kalojen plasman ASAT-aktiivisuudet olivat nousseet. Aktiivisuuden kohoaminen ei johtunut plasman vesipitoisuuden pienenemisestä. Entsyymiaktiivisuus on laskettu plasman proteiinipitoisuutta kohti, joka oli kohonnut, joten plasman ASAT-aktiivisuuden kohoaminen on ollut todellista.

Neljän viikon altistuksen jälkeen öljynjalostamon edustalla sumputettujen kalojen plasman ASAT-aktiivisuudet olivat erittäin korkeat, mutta kalojen lukumäärä oli pieni ja hajonnat suuret, joten ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Orrenkylänselällä altistettujen koiraiden plasman ASAT-aktiivisuudet olivat merkitsevästi vertailuryhmän vastaavia matalammat, mikä saattaa johtua plasman vesipitoisuuden muutoksista. Myös Kartanonlahdella altistettujen koiraiden plasman ASAT-aktiivisuudet olivat jonkin verran vertailuryhmän kalojen aktiivisuuksia matalammat. Saadut tulokset osoittavat kalojen maksan toiminnan muuttuneen verrattuna kontrolliryhmän kalojen vastaavaan.

### 3.1.4 E n e r g i a n k u l u t u s

Kalojen maksan rasvapitoisuus kohoaa yleensä rasituksen tai ympäristömyrkköjen aiheuttaman aineenvaihduntahäiriön seurauksena (de Bruin 1976, Larsson ym. 1985). Kahden viikon altistuksen jälkeen merivesitunnelin suulla sumputettujen kalojen maksan rasvapitoisuus oli kohonnut merkittävästi, varsinkin naarailla (kuva 12a). Neljän viikon altistuksen jälkeen sekä merivesitunnelin suulla että Svartbäckinselällä altistetuilla kaloilla maksan rasvapitoisuuden kohoaminen oli merkittävä. Öljynjalostamon edustalla sumputetuilla kaloilla maksan rasvapitoisuus oli kohonnut vain naarailla.

Maksan glykogeenipitoisuus osoittaa kalan hiilihydraattivaroja. Glykogeeni kuluu nopeasti kalan joutuessa akuuttiin rasitustilaan. Paasto vaikuttaa yleensä hitaammin glykogeenipitoisuuteen (de Bruin 1976). Tiedetyt ympäristömyrkyt (esim. haihtuvat kloorihiilivedyt) sekä akuutit että krooniset maksataudit aiheuttavat maksan glykogeenivarojen vähenemistä, mikä johtuu suureksi osaksi siitä, etteivät tuhoutuneet kudossolut pysty enää syntetisoimaan glykogeenia. Tämä glykogeenivarojen väheneminen aiheuttaa maksan toimintahäiriöitä ja on yhteydessä mm. maksan rasvapitoisuuden nousuun. Neljän viikon jälkeen kontrollikaloihin verrattuna öljysataman edustalla sumputettujen kalojen maksan glykogeenipitoisuus oli laskenut erittäin merkittävästi. Maksan glykogeenivarat oli käytetty lähes loppuun (kuva 13a). Kaikkien ryhmien kalojen maksan glykogeenipitoisuudet olivat laskeneet neljän viikon sumputuksen jälkeen. Kahden viikon sumputuksen jälkeen ei muutoksia kontrollikaloihin verrattuna ollut havaittavissa.

Maksan koko oli merkittävästi pienempi Svartbäckinselällä sumputetuilla kaloilla, lähinnä naarailla. Tulos oli sama merivesitunnelin suulla sumputetuilla naarailla (kuva 14a). Maksan vesipitoisuus oli merkittävästi noussut neljä viikkoa öljynjalostamon edustalla, Kartanonlahdella ja Orrenkylänselällä altistetuilla kaloilla, jonkin verran myös Svartbäckinselällä altistetuilla kaloilla, kolmessa viimeksi mainitussa paikassa lähinnä vain koirilla (kuva 15a). Näiden ryhmien kaloilla maksan proteiinipitoisuus oli laskenut (kuva 16a).

### 3.1.5 L i s ä ä n t y m i s m e k a n i s m i t

Vedessä olevat haitta-aineet saattavat vaikuttaa myös kalojen lisääntymiseen ja sukurauhasten kehitykseen, koska sukuhormonit poistetaan elimistöstä samojen konjugatioreaktioiden avulla kuin vierasaineetkin. Sukuhormoneista testosteroni liittyy olennaisesti kalojen lisääntymiseen. Plasman pitoisuuden muutokset näkyvät molemmissa sukupuolissa. Nuorilla kaloilla pitoisuudet ovat pienet eivätkä vuotuiset pitoisuusmuutokset ole vastaavanlaisia kuin sukukypsillä kaloilla (Scott ym. 1980a ja 1980b).

Plasman testosteronipitoisuus oli laskenut erittäin merkittävästi 2 viikon aikana merivesitunnelin suulla altistetuilla kaloilla verrattuna Pellingissä sumputettuihin kaloihin (kuva 17a), joilla pitoisuus lähtöarvoihin verrattuna oli huomattavasti kohonnut. Tähän pitoisuuden nousuun yksi syy on plasman vesipitoisuuden pieneneminen, kun kalat



siirrettiin makeasta vedestä murtoveteen. Toinen syy plasman testosteronipitoisuuden laskuun merivesitunnelin suulla sumputetuilla kaloilla on maksan UDP-GT-aktiivisuuden kohoaminen, mikä on ilmeisesti lisännyt myös sukupuonien poistoa elimistöstä. Tämän ryhmän koiraiden sukurauhasten koko oli merkitsevästi pienempi kuin vertailuryhmän koiraiden (kuva 18a), mikä myös saattaa olla syy plasman alhaisempaan testosteronipitoisuuteen.

Pellingin ryhmään verrattuna neljän viikon altistuksen aikana kaikkien ryhmien kalojen plasman testosteronipitoisuudet olivat kohonneet, eniten Svartbäckinselällä sumputetuilla kaloilla, joilla pitoisuus oli kohonnut molemmilla sukupuolilla, muissa ryhmissä lähinnä vain naarailta. Tämä saattaa johtua siitä, että kalojen omat rasvaliukoiset aineenvaihduntatuotteet ovat joutuneet kilpailemaan vierasaineainevaihdunnassa kalaan ympäristöstä kertyneiden haitta-aineiden kanssa. Maksan UDP-GT:n aktivoituminen on lisännyt vierasaineiden konjugoitumista suuremmassa määrin kuin elimistön normaaliainevaihduntatuotteiden vastaavaa. Öljynjalostamon edustalla sumputettujen koiraiden sukurauhasten koko oli merkitsevästi pienempi kuin vertailuryhmän koiraiden, mutta koska näitä koiraita oli vain kaksi, ei tuloksista voi vetää kovin jyrkkiä johtopäätöksiä.

Kartanonlahdella ja Svartbäckinselällä sumputettujen naaraiden sukurauhasten koko oli pienempi kuin vertailuryhmän naaraiden. Plasman testosteronipitoisuudet olivat jonkin verran suuremmat, mikä viittaa konjugaatiomekanismeissa tapahtuneisiin muutoksiin.

### 3.1.6 K a l o j e n s o m a a t t i n e n i n d e k s i

Kuvassa 19a on esitetty kalojen somaattiset indeksit, jotka paremmin kuvaavat erikokoisten kalojen paino/pituussuhdetta. Lisääntynyt pituuskasvu tai painon pienentyminen pienentävät indeksiä. Pitkäaikaisissa testeissä voidaan saada viitteitä energiankulutuksessa tapahtuneista muutoksista. Tähän liittyen neljän viikon sumputuksen jälkeen Kartanonlahdella näyttää kalojen energiankulutus olleen suurinta. Kahden viikon jälkeen merivesitunnelin suulla sumputettujen kalojen somaattinen indeksi oli suurempi kuin Pellingissä sumputettujen kalojen, mutta samaa suuruusluokkaa kuin lähtönäytteiden.

### 3.1.7 J ä ä m ä a i n e e t

Jäämäaine-analyysien tulokset on esitetty liitteinä olevissa taulukoissa. Näytteet otettiin vain neljän viikon sumputuksen jälkeen. Sappineste ei riittänyt kaikkiin määrityksiin. Liitteissä on myös lueteltu määritetyt aineet, joiden kaikkien tiedetään aiheuttavan maksan toimintahäiriöitä (de Bruin 1976). Taulukossa 1 on kaloihin kertyneiden haihtuvien kloorihiilivetyjen määrät. Lihasnäytteissä haihtuvien kloorihiilivetyjen määrä oli suurin Kartanonlahdella sumputetuissa kaloissa. Pitoisuus oli lähes viisinkertainen verrattuna Pellingin itäpuolella sumputettuihin kaloihin ja kaksinkertainen verrattuna muiden ryhmien kaloihin. Sappinestenäytteissä haihtuvia kloorihiilivetyjä oli eniten Svartbäckinselän eteläosassa sumputetuissa kaloissa. Määritetyistä kloorihiilivedyistä eniten oli tetrakloorieteeniä.

Kaloista mitattujen haihtuvien kloorihiilivetyjen määrät olivat huomattavasti suuremmat kuin aikaisemmin alueen hauista määritetyt pitoisuudet (Paasivirta ym. 1985).

Vapaiden ja sitoutuneiden kloorifenolien pitoisuudet näkyvät taulukoissa 2 ja 3. Pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin aikaisemmin alueella tehdyissä tutkimuksissa saadut pitoisuudet (Nikunen 1984, Paasivirta ym. 1985). Vapaita kloorifenoleita oli eniten Kartanonlahdella ja öljysatamassa sumputettujen kalojen lihaksissa ja öljysatamassa sumputettujen kalojen sappinesteessä. Myös Orrenkylänselällä sumputettujen kalojen sappinestenäytteesä oli enemmän vapaita kloorifenoleita kuin muiden ryhmien vastaavassa. Sitoutuneita kloorifenoleita oli päin vastoin kuin vapaita enemmän kalojen sappinäytteisissä kuin lihasnäytteisissä. Lihaksissa pitoisuudet olivat pienet, joissakin ryhmissä niitä ei ollut lainkaan. Sappinäytteisissä pitoisuudet olivat lähes samaa suuruusluokkaa kaikissa ryhmissä. Vähiten sitoutuneita kloorifenoleita oli merivesitunnelin suulla sumputettujen kalojen sappinestenäytteesä.

Taulukossa 4 on esitetty kaloihin kertyneiden vapaiden hartsihappojen määrät. Lihasnäytteisistä hartsihappoja löytyi kaikista muista paitsi Kartanonlahdella ja öljysatamassa sumputetuista kaloista. Eniten niitä oli Svartbäckinselällä sumputettujen kalojen lihaksissa. Sappinäytteisissä hartsihappoja löytyi kaikkien ryhmien kaloista, mikä osoittaa, että ko. aineita on ollut vedessä sumputuksen aikana. Eniten niitä löytyi öljysatamassa altistettujen kalojen sappinestenäytteesä. Hartsihappoista määrällisesti eniten oli neobietiniinihappoa. Sapon hartsihappopitoisuudet vastaavat puunjalostusteollisuuden alapuolisissa vesistöissä altistettujen kalojen vastaavia (mm. Oikari ja Kunnamo-Ojala 1987). Puunjalostusteollisuuteen liittyvissä tutkimuksissa eniten kertyneet hartsihapot olivat abietiniini- ja dehydroabietiniinihappo, tässä tutkimuksessa neobietiniinihappo.

Taulukossa 5 on esitetty kaloista mitattujen ftalaattien määrät. Lihas- samoin kuin sappinestenäytteisissä ftalaatteja oli eniten öljysatamassa altistetuissa kaloissa. Molemmissa näytteisissä pitoisuudet olivat samat. Pellingin itäpuolella altistettujen kalojen lihaksista ftalaatteja ei löytynyt lainkaan, sappinäytteesä sitä vastoin oli jonkin verran dimetyyliftalaattia. Merivesitunnelin suulla sumputettujen kalojen sappinestenäytteesä ei ollut ftalaatteja. Svartbäckinselällä sumputettujen kalojen sappinäytteesä pitoisuus oli puolet pienempi kuin öljysatamassa sumputettujen kalojen, mutta huomattavasti suurempi kuin Pellingissä ja Kartanonlahdella sumputettujen kalojen.

Paasivirta ym. (1983) eivät löytäneet ftalaatteja Sköldvikin edustalta pyydetyistä simpukoista. Perssonin ym. (1978) tekemän tutkimuksen mukaan alueen luonnonkalojen lihaksista löytyi di(2-ethyl-hexyl)-ftalaattia 0,0 - 1100 ng/g tuorepainoa.

Taulukossa 6 on esitetty kaloihin kertyneiden aromaattisten hiilivetyjen määrät. Lihasnäytteisissä näitä aineita oli eniten Pellingin itäpuolella sumputetuissa kaloissa, jonkin verran myös Svartbäckinselällä ja merivesitunnelin suulla altistetuissa kaloissa. Muiden ryhmien kalojen lihaksista

aromaattisia hiilivetyjä ei löytynyt. Sappinestenäytteissä aromaattisia hiilivetyjä oli Kartanonlahdella ja Orrenkylänselällä sumputetuissa kaloissa. Öljysatamassa sumputettujen kalojen sappineste ei riittänyt määrittäykseen. Aromaattisten hiilivetyjen määrät olivat suuremmat kuin Paasivirran ym. (1983) alueelta kerätyistä simpukoista määrittämät.

Alifaattisia hiilivetyjä (taulukko 7) oli eniten öljysatamassa sumputettujen kalojen lihaksissa. Muiden ryhmien välillä pitoisuuksissa ei ollut sanottavia eroja. Sappinäytteissä alifaattisia hiilivetyjä oli eniten Kartanonlahdella sumputetuissa kaloissa, vähiten Svartbäckinselällä sumputetuissa. Öljysatamassa sumputettujen kalojen sappineste ei riittänyt määrittäykseen. Paasivirran ym. (1983) simpukoista määrittämät alifaattisten hiilivetyjen pitoisuudet olivat 21,2 ng/g tuorepainoa ja sedimentin 12,05 µg/g kuivapainoa. Nämä pitoisuudet vastaavat heidän mukaansa Itämeren yleisiä hiilivetypitoisuuksia.

Kokonaishiilivetyjen määrä oli eri altistuspisteiden kalojen lihaksissa lähes samaa suuruusluokkaa (taulukko 8). Sappinestenäytteissä pitoisuus oli suurin Kartanonlahdella altistetuilla kaloilla. Öljysatamassa sumputettujen kalojen sappineste ei riittänyt määrittäykseen.

Jäämä-aineanalyysitulokset osoittavat, että Pellingissä ja Orrenkylänselällä sumputettujen kalojen lihas- ja sappinestenäytteissä vierasaineiden pitoisuudet olivat pienemmät kuin muiden ryhmien vastaavat. Kaloissa, joissa vierasaineiden pitoisuudet olivat suurimmat (Svartbäckinselkä, merivesitunnelin suu, öljysatama) myös kliiniskemiallisten analyysitulosten mukaan elintoiminnat olivat muuttuneet eniten (verrattuina Pellingissä sumputettujen kalojen vastaaviin).

### 3.2 LUONNONKALAT

Vuoden 1989 ja 1990 luonnonkalakokeiden tuloksia ei voida suoraan verrata keskenään, koska kalat on pyydetty eri vuosina ja eri vuodenaikoina (1989 syksyllä ja 1990 keuhälä).

Vuonna 1989 saatujen haukien määrä oli hyvin pieni. Tulokset on kuitenkin testattu tilastollisesti. Emäsalon itäpuolen kaloja on pidetty vetailuryhmänä. Kalojen vähäisyyden vuoksi tuloksista ei voi vetää jyrkkiä johtopäätöksiä.

Vuoden 1990 kokeessa vertailuryhmänä on pidetty Pellingin itäpuolelta pyydettyjä haukia. Emäsalon itäpuolelta pyydettyt hauet olivat kaikki naaraita, joten tulosten tilastollinen tarkastelu on tehty niiden ja Pellingin ryhmän naaraiden välillä.

#### 3.2.1 H a p e n k u l j e t u s k y k y

Vuonna 1989 kalojen veren hapenkuljetuskykyä voidaan pitää normaalina, vaikkakin Haikonselältä ja Emäsalon länsipuolelta pyydettyjen koiraiden veren Hb-pitoisuus oli alhaisempi kuin Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen koiraiden (kuva 2b). Näillä kaloilla myös punasolujen keskimääräinen Hb-

pitoisuus oli pienempi kuin vertailuryhmän kaloilla (kuva 4b). Hkr-arvoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri ryhmien välillä (kuva 3b).

Vuonna 1990 Haikonselältä pyydettyjen kalojen veren Hb-pitoisuus (kuva 2c) samoin kuin Hkr-arvo (kuva 3c) olivat kohonneet merkitsevästi. Punasolujen keskimääräinen Hb-pitoisuus sitä vastoin oli jonkin verran laskenut (kuva 4c). Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen kalojen verenkuvaa ei poikennut Pellingistä pyydettyjen kalojen vastaavasta.

### 3.2.2 V e s i - j a i o n i t a s a p a i n o n s ä ä t e l y

Vuonna 1989 Haikonselältä pyydettyt kalat olivat "vetisempiä" kuin muiden ryhmien kalat. Kalojen lihasten vesipitoisuus (kuva 5b) oli merkitsevästi suurempi ja plasman  $Ca^{2+}$ -ioni- (kuva 7b) ja proteiinipitoisuus (kuva 6b) pienempi kuin Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen kalojen. Haikonselältä pyydettyjen kalojen plasman  $Mg^{2+}$ -ionipitoisuus (kuva 8b) oli taas merkitsevästi suurempi kuin muiden ryhmien kalojen. Tämä viittaa munuaisten toimintahäiriöihin. Haikonselältä pyydettyjen kalojen vesitasapainon häiriöt näkyivät myös maksassa (kuva 15b), jonka vesipitoisuus oli huomattavasti suurempi kuin Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen kalojen vastaava. Emäsalon länsipuolelta pyydettyjen haukien maksan vesipitoisuus oli taas pienempi kuin itäpuolelta pyydettyjen kalojen.

Vuonna 1990 sekä Emäsalon itäpuolelta että Haikonselältä pyydettyjen haukien lihasten vesipitoisuudet olivat merkitsevästi korkeammat kuin Pellingistä pyydettyjen haukien (kuva 5c). Plasman ioni- ja proteiinipitoisuudet olivat merkitsevästi pienemmät vain Haikonselältä pyydettyissä kaloissa (kuvat 6c, 7c, 8c). Pellingistä ja Emäsalon itäpuolelta pyydettyissä hauissa pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa. Tulos poikkeaa edellisvuotisesta siinä, että tällöin Haikonselältä pyydettyjen haukien plasman  $Mg^{2+}$ -ionipitoisuus oli kohonnut, ei laskenut.

### 3.2.3 M a k s a n v i e r a s a i n e a i n e e n v a i h d u n t a

Maksan vierasaineita konjugoivan UDP-GT:n aktiivisuus oli vuonna 1989 Haikonselältä pyydettyissä kaloissa selvästi kohonnut vaikkakaan ei tilastollisesti merkitsevästi (kuva 9b). BG-aktiivisuus (kuva 10b) oli kohonnut erittäin merkitsevästi. Haikonselältä pyydettyjen kalojen maksan toimintahäiriöihin viittaa myös plasman ASAT-aktiivisuuden merkittävä kohoaminen (kuva 11b).

Vuonna 1990 Haikonselältä pyydettyjen kalojen maksan UDP-GT- ja BG-aktiivisuuksien muutokset verrattuina kontrolliryhmän vastaaviin olivat edellisvuoden kaltaiset (kuvat 9c ja 10c). Plasman ASAT-aktiivisuus sitä vastoin oli laskenut (kuva 11c). Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen kalojen maksan BG-aktiivisuus samoin kuin plasman ASAT-aktiivisuus oli korkeampi kuin Pellingistä pyydettyjen kalojen.

### 3.2.4 E n e r g i a n k u l u t u s

Maksan rasvapitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja eri ryhmien välillä kumpanakaan vuotena (kuva 12b ja c).

Vuonna 1989 Emäsalon itäpuolelta ja Haikonselältä pyydettyjen kalojen maksan glykokeenipitoisuuksissa ei ollut eroja. Emäsalon länsipuolelta pyydettyjen haukien maksan glykokeenipitoisuus sitä vastoin oli suurempi kuin vertailuryhmän kalojen vastaava (kuva 13b).

Vuonna 1990 Haikonselältä pyydettyjen kalojen maksan glykokeenipitoisuus oli pienempi kuin Pellingistä pyydettyjen kalojen (kuva 13c). Emäsalon itäpuolelta ja Pellingistä pyydettyjen kalojen maksan glykokeenipitoisuuksissa ei ollut eroja.

Maksan koko (kuva 14b) oli vuonna 1989 Emäsalon länsipuolelta ja Haikonselältä pyydettyissä hauissa merkitsevästi suurempi kuin Emäsalon itäpuolelta pyydettyissä kaloissa. Vuonna 1990 Pellingistä pyydettyjen kalojen maksat olivat merkitsevästi suuremmat kuin muiden ryhmien kalojen (kuva 14c).

### 3.2.5 L i s ä ä n t y m i s m e k a n i s m i t

Plasman testosteronipitoisuus oli molempina vuosina Haikonselältä pyydettyillä kaloilla merkitsevästi pienempi kuin vertailuryhmän kaloilla (kuva 17b ja c). Muiden ryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja. Eri vuosien tuloksia ei voida suoraan verrata toisiinsa, koska kalat olivat lisääntymiskierron eri vaiheissa. Heti kudun jälkeen plasman testosteronipitoisuus laskee. Pitoisuus alkaa nousta samanaikaisesti, kun sukurauhaset alkavat kehittyä uutta kutukautta varten.

Sukurauhasten somaattisissa indekseissä (kuva 18b) ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja eri ryhmien välillä vuoden 1989 kokeissa. Vuonna 1990 indeksiä ei mitattu, koska kalat olivat kutevia.

### 3.2.6 K a l o j e n s o m a a t t i n e n i n d e k s i

Kuvassa 19b ja c on esitetty kalojen somaattiset indeksit. Emäsalon länsipuolelta pyydettyjen koiraiden somaattinen indeksi oli suurempi kuin vertailuryhmän koiraiden, mutta kalojen lukumäärä oli pieni. Muuten kokeessa ei havaittu eri ryhmien välillä merkitseviä eroja.

### 3.2.7 J ä ä m ä a i n e e t

Jäämäaine-analyysitulosten mukaan haihtuvien kloorihiilivetyjen määrä oli vuonna 1989 pyydettyjen kalojen lihas- ja sappinestenäytteissä samaa suuruusluokkaa kuin Pellingissä sumputetuilla kaloilla. Haikonselältä pyydettyissä kaloissa pitoisuudet olivat pienimmät (taulukko 1). Vuoden 1990 kokeessa haihtuvia kloorihiilivetyjä oli eniten Pellingistä pyydettyissä kaloissa sekä lihaksessa että sappinesteessä. Lihaksessa pitoisuudet olivat pienemmät kuin siellä edellisenä vuonna sumputetuissa kaloissa, mutta sappinestenäytteessä huomattavasti suuremmat. Muiden ryhmien kaloissa pitoisuudet olivat pienemmät kuin edellisenä vuonna.

Vapaita kloorifenoleita oli vuonna 1989 vähiten Emäsalon länsipuolelta pyydettyjen kalojen lihaksissa (taulukko 2). Muissa ryhmissä pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin öljysatamassa sumputetuilla kaloilla. Sappinäytteissä

pitoisuudet olivat suurimmat Haikonselältä pyydetyissä kaloissa. Samoin kuin sumputetuissa kaloissa, vuonna 1989 pyydettyjen kalojen lihaksissa pitoisuudet olivat suuremmat kuin sapessa. Vuonna 1990 tilanne oli päinvastainen. Lihasnäytteissä pitoisuudet olivat huomattavasti pienemmät kuin edellisenä vuonna. Pellingistä pyydettyjen kalojen sapessa pitoisuus oli suurempi kuin muiden ryhmien kalojen.

Vuonna 1989 sitoutuneiden kloorifenolien määrä kalojen lihaksissa oli hyvin pieni (taulukko 3). Sappinäytteissäkin pitoisuudet olivat pienemmät kuin sumputetuissa kaloissa. Vuonna 1990 niitä löytyi jonkin verran enemmän, mutta pitoisuudet olivat tällöinkin melko pienet. Sappinestenäytteissä pitoisuudet olivat pienemmät kuin edellisenä vuonna pyydetyissä kaloissa. Pienimmät pitoisuudet olivat Pellingistä pyydetyissä kaloissa.

Vapaiden hartsihappojen määrä 1989 oli pienin Emäsalon länsipuolelta pyydettyjen kalojen lihaksissa. Pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin Pellingissä sumputetuissa kaloissa (taulukko 4). Sappinestenäytteissä hartsihappoja oli vain Emäsalon länsipuolelta pyydetyissä kaloissa. Vuonna 1990 pyydettyjen kalojen lihaksista ei löytynyt hartsihappoja. Sappinesteanalyysitulosten mukaan hartsihappoja oli vain Emäsalon itäpuolelta pyydetyissä kaloissa ja pitoisuus oli hyvin suuri.

Ftalaatteja oli lihasnäytteissä vuonna 1989 eniten Haikonselältä pyydetyissä kaloissa, vuonna 1990 Pellingistä pyydetyissä. Pitoisuudet 1990 olivat pienemmät kuin edellisenä vuonna. Sappinestenäytteissä ftalaatteja oli 1989 vain Emäsalon länsipuolelta pyydetyissä kaloissa. Vuonna 1990 sappinestenäytteissä pitoisuudet olivat huomattavasti suuremmat, Pellingistä pyydetyissä kaloissa n. 50ertainen määrä siellä edellisenä vuotena sumputettuihin kaloihin verrattuna. Muissakin ryhmissä pitoisuudet olivat melko korkeat (taulukko 5).

Vuoden 1990 hiilivetyanalyysien tulokset on esitetty tuorepainoa kohti, kun ne edellisenä vuonna laskettiin kuivapainoa kohti. Vuonna 1989 aromaattisia hiilivetyjä löytyi sekä Emäsalon itä- että länsipuolelta pyydettyjen kalojen lihaksista, jonkin verran myös Haikonselältä pyydettyjen kalojen lihaksista. Sappinestenäytteissä niitä oli vain Emäsalon itäpuolelta pyydetyissä kaloissa (taulukko 6). Kokonaispitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin sumputetuissa kaloissakin, yksittäiset aineet vain eivät olleet samoja. Vuonna 1990 pitoisuudet olivat pienet. Haikonselältä pyydettyjen kalojen lihaksista ei löytynyt aromaattisia hiilivetyjä lainkaan. Pellingistä pyydetyissäkin niitä oli hyvin vähän. Sappinestenäytteistä löytyi vain benzo(a)pyreeniä, kaikkien ryhmien kaloista lähes samat määrät.

Alifaattisia hiilivetyjä (taulukko 7) oli 1989 Emäsalon länsipuolelta pyydettyjen kalojen lihaksissa kaksi kertaa enemmän kuin muiden ryhmien kalojen lihaksissa, joissa pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin muissa paitsi öljysatamassa sumputetuissa kaloissa. Sappinestenäytteissä pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin Pellingissä sumputetuilla kaloilla. Pienimmät pitoisuudet olivat Emäsalon itäpuolelta pyydetyissä kaloissa. Vuonna 1990

pitoisuudet olivat pienet. Lihaksissa pitoisuudet olivat kaikkien ryhmien kaloissa samaa suuruusluokkaa. Sappinestenäytteissä alifaattisia hiilivetyjä oli eniten Pellingistä pyydetyissä kaloissa, vähiten Emäsalon itäpuolelta pyydetyissä kaloissa.

Vuonna 1989 kalojen lihasten kokonaishiilivetyjen määrissä ei eri ryhmien välillä ollut sanottavia eroja. Pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin Pellingissä sumputetuissa kaloissa. Sappinestenäytteissä kokonaishiilivetyjä oli eniten Haikonselältä pyydetyissä kaloissa, vähiten Emäsalon itäpuolelta pyydetyissä kaloissa (taulukko 8). Vuonna 1990 kaikkien ryhmien kalojen lihaksissa pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa. Sappinäytteissä kokonaishiilivetyjen pitoisuus oli suurin Haikonselältä pyydetyissä kaloissa, pienin Pellingistä pyydetyissä. Hiilivetyjen kokonaismäärät olivat huomattavasti pienemmät kuin vuonna 1989.

Kaikkien analysoitujen haitta-aineiden kertyminen haukien lihaksiin on vuonna 1990 ollut vähäisempää kuin vuonna 1989. Eri ryhmien välillä pitoisuuserot olivat pienet. Sappinestenäytteissä vuonna 1989 pitoisuudet olivat pienimmät Emäsalon itäpuolelta pyydetyissä kaloissa, vuonna 1990 suurimmat. Emäsalon itäpuolelta 1990 pyydettyjen kalojen sapen korkea vierasaineiden yhteenlaskettu pitoisuus johtuu hartsihappojen suuresta määrästä.

Eri vuosina kaloista mitattujen vierasaineiden pitoisuuserot saattavat johtua siitä, että 1989 kalat pyydettiin syksyllä, 1990 keväällä. Kalojen aineenvaihdunta talven aikana kylmässä vedessä on hitaampaa kuin kesällä lämpimän veden aikana. Saatujen tulosten mukaan myös vierasaineiden kertyminen näyttää olevan vähäisempää talven aikana. Kalat olivat lisääntymisikäisiä. Syksyllä ja keväällä niiden vuotuinen lisääntymiskierto on ollut eri vaiheessa. Tämä saattaa vaikuttaa vierasaineiden kertymiseen, koska sukuhormonit poistetaan samojen mekanismien kautta kuin vierasaineetkin. Valitettavasti tutkimustuloksia eri vuodenaikoina tehdyistä kokeista puuttuu. Pitoisuuserot saattavat johtua myös eri vuosina vedessä olleiden vierasaineiden pitoisuuseroista.

Vuoden 1989 tulosten perusteella voidaan sanoa, että Emäsalon itäpuolelta pyydettyihin kaloihin verrattuna Haikonselältä pyydettyjen kalojen elintoiminnat olivat muuttuneet enemmän kuin Emäsalon länsipuolelta pyydettyjen kalojen vastaavat. Mitattujen vierasaineiden pitoisuuksissa ei eri ryhmien välillä ollut sanottavia eroja.

Vuoden 1990 tulokset olivat Haikonselältä pyydettyjen haukien osalta yhdenmukaiset edellisvuoteen verrattuna. Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen kalojen elintoiminnoissa havaittiin muutoksia verrattuna Pellingistä pyydettyjen kalojen vastaaviin.

#### 4 Y H T E E N V E T O

Sumputuskokeiden tulokset osoittavat, että analysoitujen vierasaineiden kertyminen on ollut vähäisintä Pellingin itäpuolella ja Emäsalon itäpuolella sumputetuissa kaloissa. Pellingissä sumputettuihin kaloihin verrattuna meri-

vesitunnelin suulla, Svartbäckinselällä ja Öljysatamassa sumputettujen kalojen elintoiminnat olivat muuttuneet eniten. Näiden ryhmien kaloista mitattujen vierasaineiden kokonaispitoisuudet olivat myös suurimmat.

Luonnonkalakokeiden tulokset osoittavat, että Haikonselältä pyydettyjen kalojen elintoiminnat poikkesivat molempina vuosina muiden ryhmien vastaavista. Vuonna 1989 kaloista mitattujen vierasaineiden kokonaispitoisuuksissa ei eri ryhmien välillä ollut sanottavia eroja. Vuonna 1990 Emäsalon itäpuolelta pyydettyjen kalojen sappinestenäytteessä oli runsaasti hartsihappoja.

Eri vuosina pyydytyissä luonnonkaloissa kertymät näyttävät olevan määrällisesti hyvin erilaiset. Eri vuosina ja vuodenaikoina tehtyjen kokeiden tuloksia ei voida suoraan verrata keskenään. Sama koskee myös luonnonkaloilla ja sumputetuilla kaloilla tehtyjen kokeiden tuloksia, jos kalat ovat eri lajia. Kalojen elintoiminnat, niiden vierasaineineenvaihdunta, vaihtelee vuodenajan ja kalalajin mukaan. Valitettavasti kalojen ja eri kalalajien vierasaineineenvaihduntaan liittyvää vuosisyklitutkimusta ei ole tehty.

Kertymien määrät riipuvat vedessä olevien aineiden pitoisuuksista. Tutkimuksessa ei mitattu veden vierasainepitoisuuksia. Luonnonkalakokeiden tuloksista ei voi varmuudella sanoa, mikä osuus kertymistä eri aikoina pyydytyissä kaloissa johtuu vedessä mahdollisesti olleiden aineiden pitoisuuseroista ja mikä taas vuodenajasta johtuvasta elintoiminta-aktiivisuuksien erosta. Sumputuskokeen tulokset osoittavat, että kaloista määritettyjä vierasaineita on täytynyt sumputusajanjaksona olla vedessä, koska niitä oli kertynyt kaloihin. Määritettyjen vierasaineiden tiedetään kaikkien aiheuttavan tässäkin tutkimuksessa ilmenneitä kalojen aineenvaihdunnan muutoksia. Näiden aineiden lisäksi monien muidenkin vierasaineiden tiedetään aktivoivan tai inhiboivan kalojen vierasaineineenvaihduntareaktioita. Vesistöaltistuksissa on vaikea osoittaa yksittäisen aineen aiheuttamia elintoimintamuutoksia.

Luonnonkaloilla tehtävissä kokeissa vaikeutena on yleensä se, että kalat ovat usein hyvin eri kokoisia ja ikäisiä ja niiden liikkuma-alue saattaa olla laaja. Sumputuskokeissa kaikki edellämainitut seikat sukupuolta lukuunottamatta voidaan säätää etukäteen ennen kokeita.

Kaloilla tehtävien vesistö-, ym. vastaavien tutkimusten tulosten tulkintaa helpottaisi, jos kaloista määritettävien vierasaineiden pitoisuudet määritettäisiin myös vedestä, vaikkakin pitoisuudet vedessä saattavat olla hyvin pieniä.

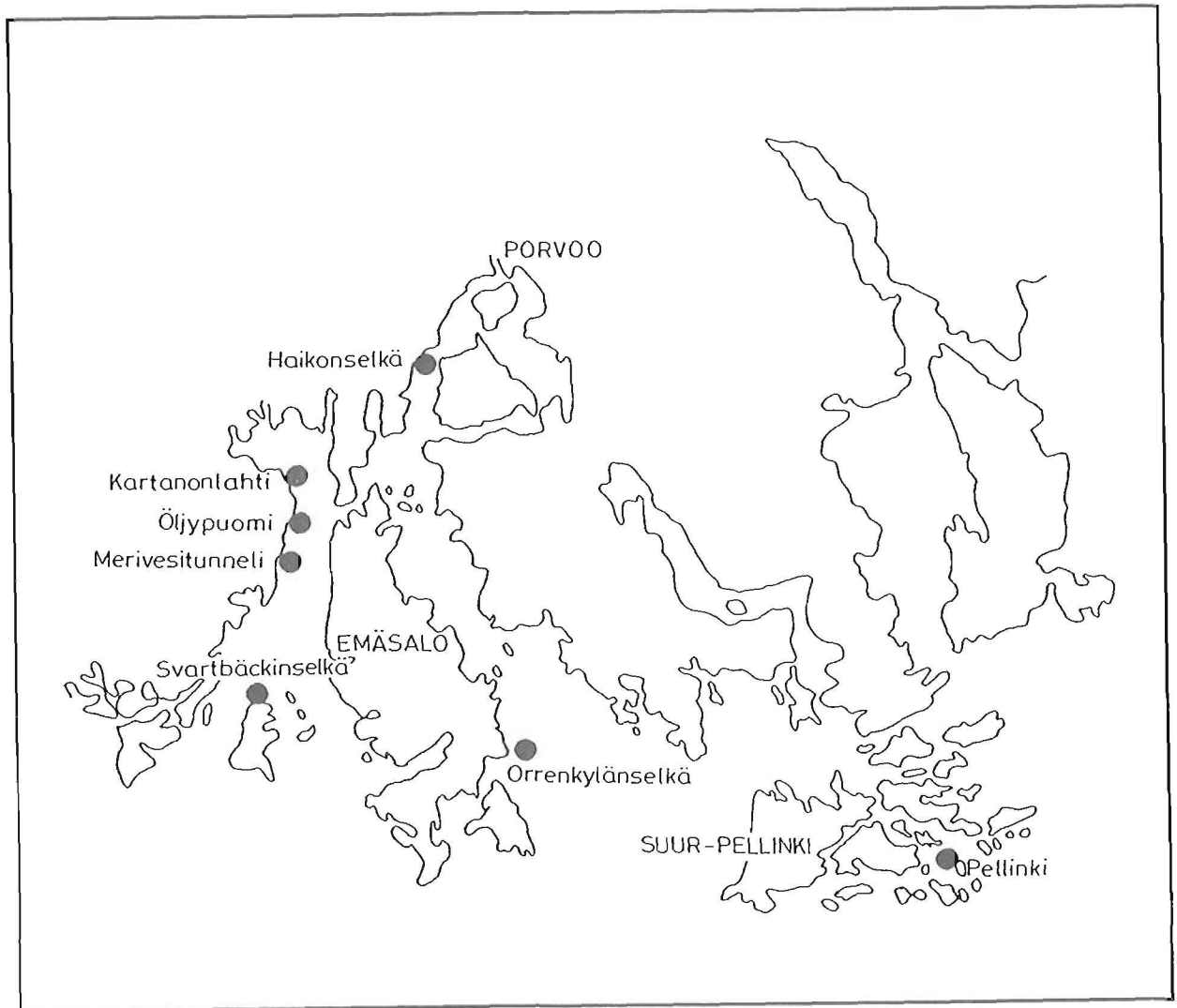
Vesi- ja ympäristöhallituksessa tehtäviin seurantoihin voisi liittää luonnonkaloilla tehtävän fysiologisen seurannan. Tällöin kaiken muun seurantoihin liittyvän tiedon lisäksi olisi saatavilla tietoa myös eri alueilta pyydettyjen kalojen elintoiminnoista, mikä tieto auttaisi suuresti mm. tämän kaltaisten tutkimusten tulosten tulkintaa.



## K I R J A L L I S U U S

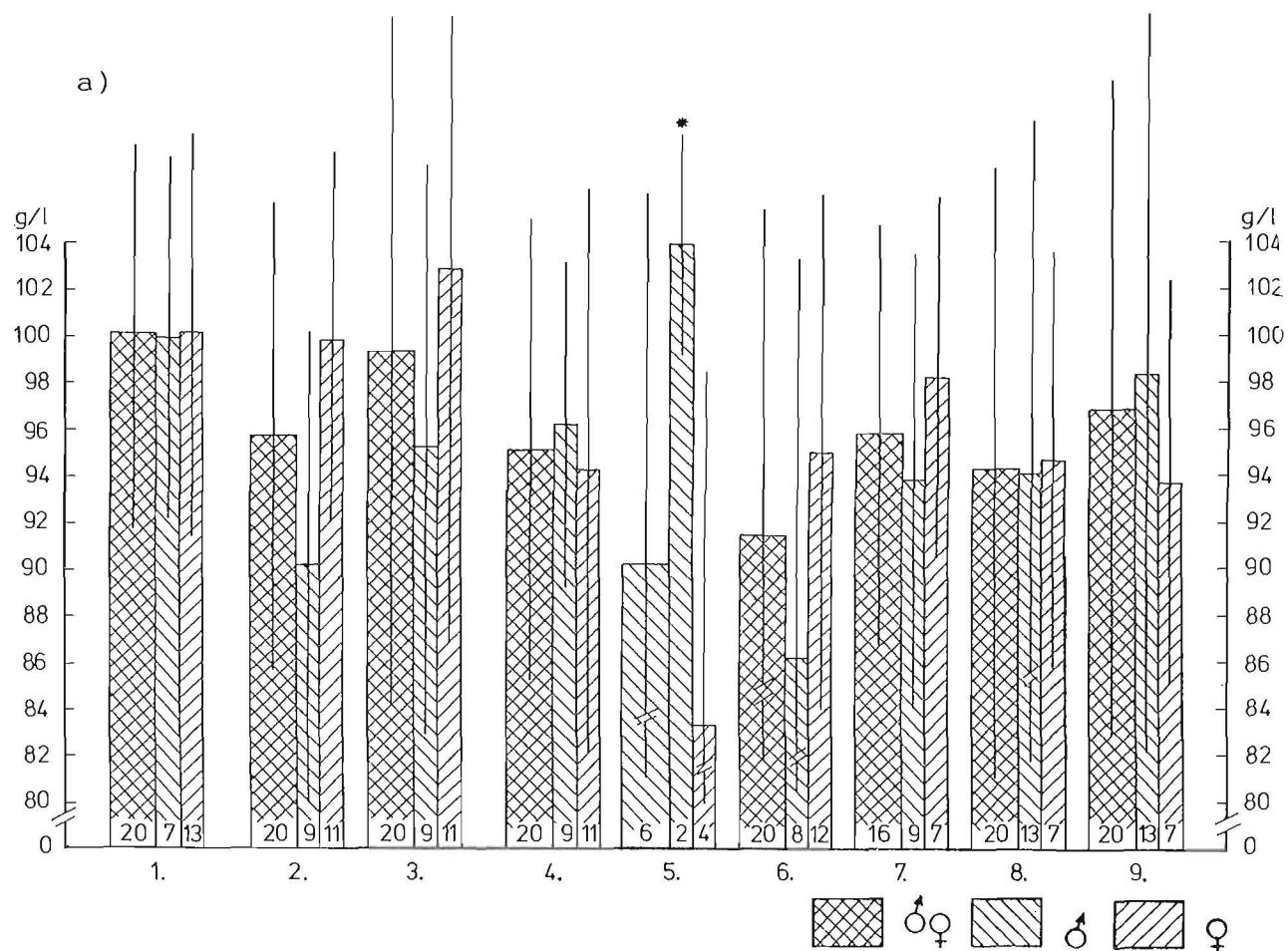
- de Bruin, A. 1976. Biochemical Toxicology of Environmental Agents. Elsevier, Holland. Biochemical Press. 1976. 1544 s. ISBN 0-444-41455-X.
- Dutton, G.J. toim. 1966. The biosynthesis of glucuronides. Glucuronic acid, free and combined. Academic Press, New York.
- Heath, A.G. 1987. Water Pollution and Fish Physiology, CRC Press, Inc. Florida. 245 s. ISBN 0-8493-4649-5.
- Hirvi, J.-P. (toim.) 1990. Suomenlahden öljyvahinko 1987. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - Sarja A.51. 369 s. ISBN 951-47-3675-3, ISSN 0786-9592.
- Larsson, Å., Haux, C. & Sjöbeck, M.-L. 1985. Fish physiology and metal pollution: Results and experiences from laboratory and field studies. Ecotoxicology and Environmental Safety, vol. 9, 250-281.
- Levy, G. & Grucinski, S.P. 1964. Studies on biologic membrane permeation kinetics and acute toxicity of drugs by means of goldfish. Journal of Pharmacology and Experimental therapy, vol. 146, 80-86.
- Nikunen, E. 1984. Jätevesien toksisuustestimenetelmistä sekä Sköldvikin alueen teollisuusjätevesien myrkkyyvaikutuksista. Vesihallitus - National Board of Waters, Finland, Tiedotus 250. 89 s. ISBN 951-46-8447-8, ISSN 0355-0745.
- Oikari, A. & Kunnamo-Ojala, T. 1987. Tracing of xenobiotic contamination in water with the aid of fish bile metabolites: A field study with caged rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquatic Toxicology, 9, 327-341.
- Paasivirta, J., Lahtiperä, M., Paukku, R., Tarhanen, J. & Virkki, L. 1983. Haitalliset aineet Sköldvikin meriympäristössä. Esitutkimus sedimentistä ja simpukasta. Jyväskylä 1.11.1983.
- Paasivirta, J., Paukku, R., Mäntykoski, K. & Villa L. 1985. Haitalliset aineet Sköldvikin meriympäristössä. Yhteen-  
veto 1984 tuloksista. Vesihallituksen monistesarja 353. 29 s. ISBN 951-46-8924-0, ISSN 0358-7169.
- Persson, P.-E., Penttinen, H. & Nuorteva, P. 1978. DEPH in the vicinity of an industrial area in Finland. Environmental Pollution, 16, 163-166.
- Scott, A.P., Bye, V.J., Baynes S.M. & Springate, J.R.L. 1980a. Seasonal variations in plasma concentrations of 11-ketotestosterone and testosterone in male rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson. Journal of Fish Biology, 17, 495-505.
- Scott, A.P., Bye, V.J. & Baynes, S.M. 1980b. Seasonal variations in sex steroids of female rainbow trout (Salmo gairdneri Richardson). Journal of Fish Biology, 17, 587-592.

- Soivio, A. & Virtanen, E. 1980. Methods for physiological experiments on fish - Ecotoxicologiska metoder för akvatisk miljö. NORDFORSK Miljövårdserien 1980. 34 s.
- Soivio, A. & Nikinmaa, M. 1981. The swelling of erythrocytes in relation to the oxygen affinity of the blood of the rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson. Stress and Fish, toim. A.D. Pickering Academic Press, London.
- Talsi, T. 1983. Sköldvikin alueen teollisuuslaitosten jätevesien myrkkyyvaikutukset. Tutkimusraportti vuoden 1982 bakteeri- ja levämyrkyllisyystesteistä. Vesihallituksen monistesarja 161. 53 s.
- Talsi, T. 1987. Porvoon edustan merialueen tila ja sen kehitys vuosina 1965-1984. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 5. 177 s. ISBN 951-47-0216-6, ISSN 0783-327X.
- Vainio, H. 1975. Linkage of microsomal drug oxidation and glucuronidation. Proc. 6th Int. Congress on Pharmacology, Helsinki, Finland 1975, vol. 6. Mechanisms of Toxicity and Metabolism. 53-66.
- Oy Vesi-Hydro Ab, 1973-84. Porvoon edustan merialueen tarkkailu. Velvoitetarkkailun vuosiyhteenvedot vuosilta 1973-84.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1988. Porvoon edustan merialueen tarkkailu vuonna 1988.
- Villa, L. 1989. Sedimentin öljypitoisuus Porvoon edustan merialueella 1987. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri 1989.

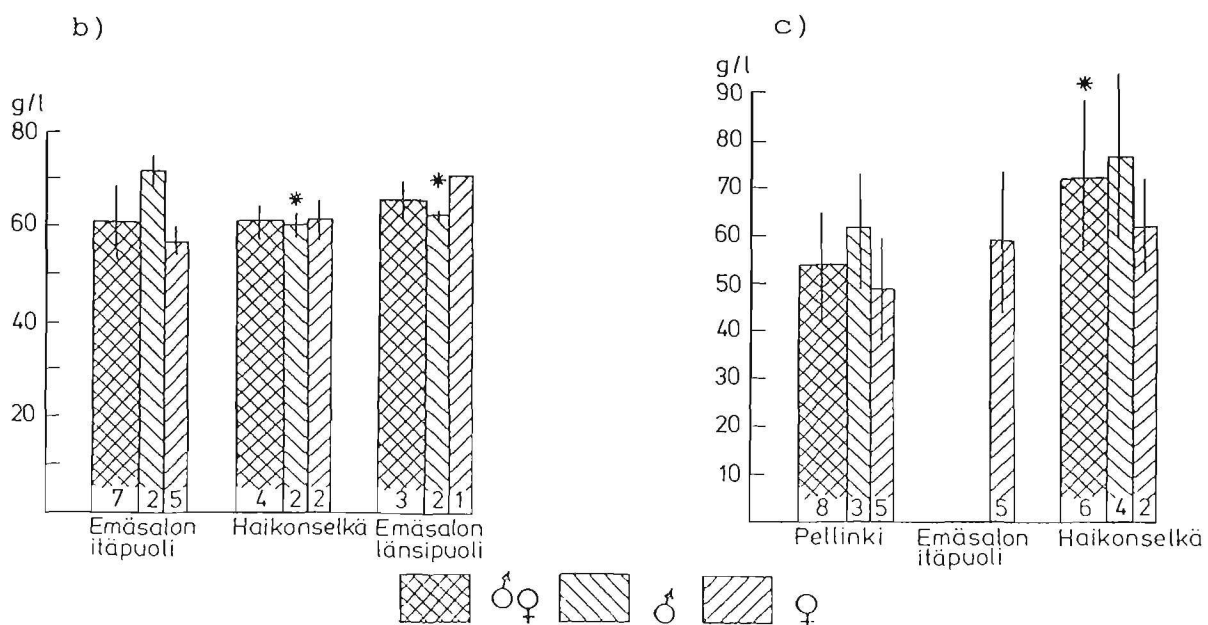


Kuva 1. Kalojen sumputuspaikat

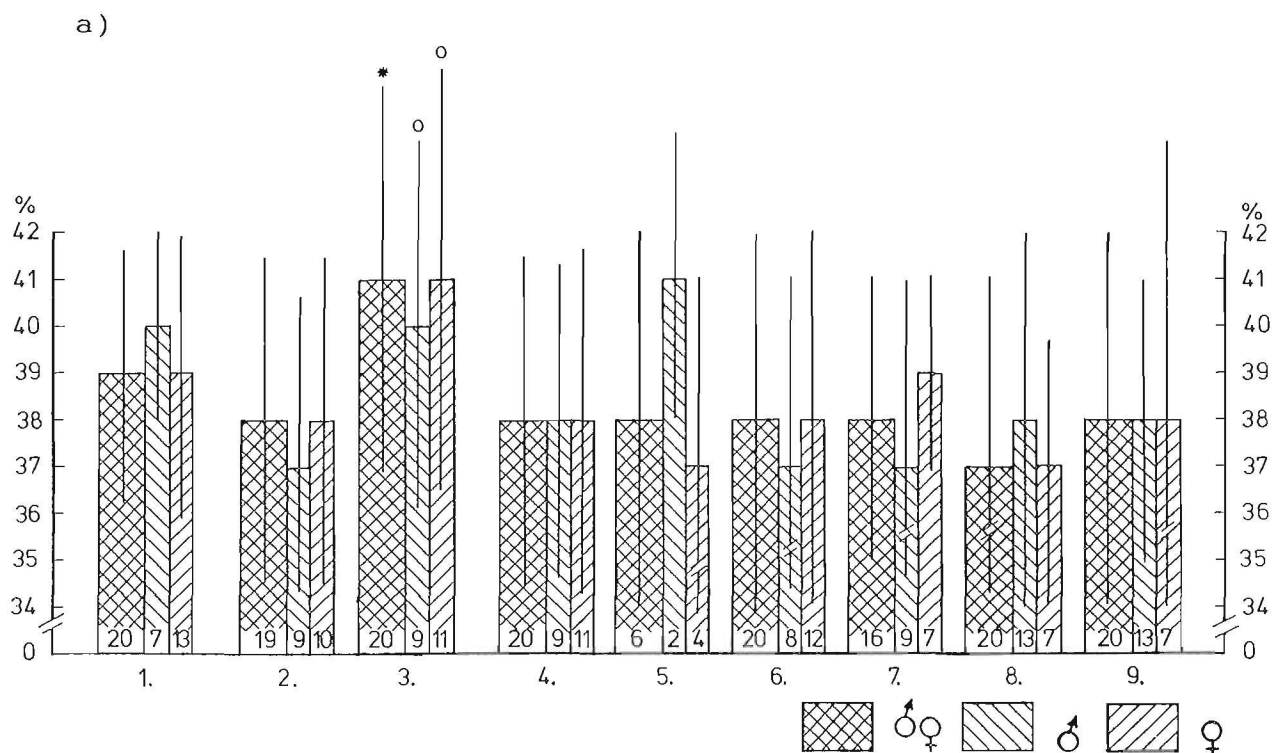
## LIITE 2



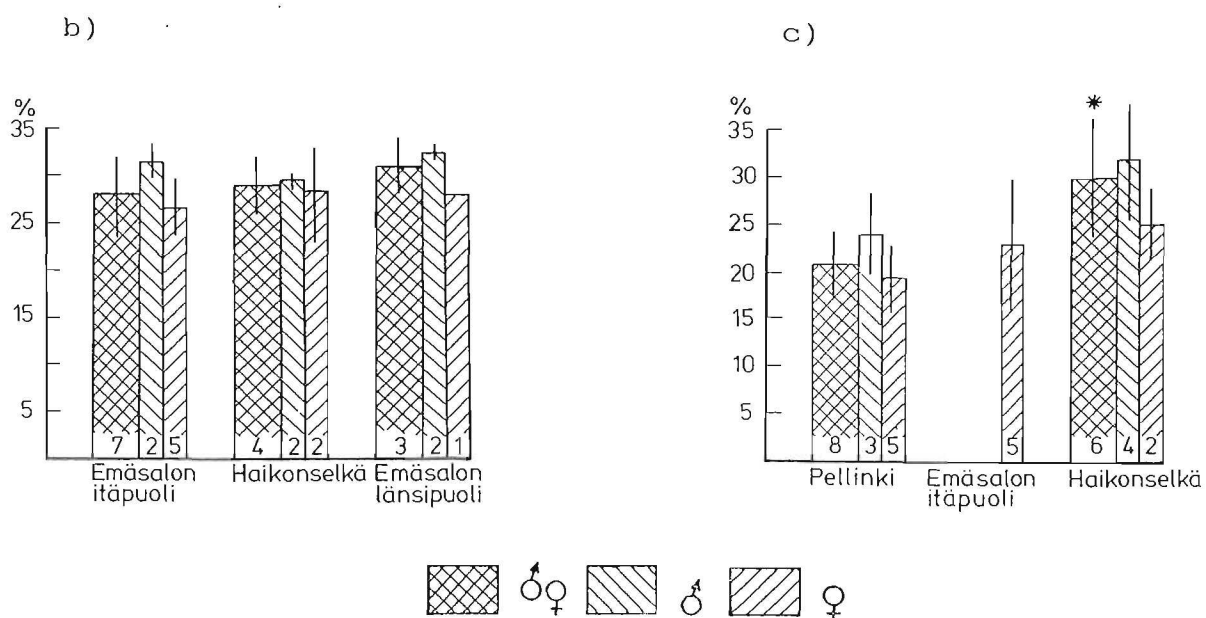
1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa



Kuva 2. Veren Hb-pitoisuus a) smutputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. \*  $p < 0,1$



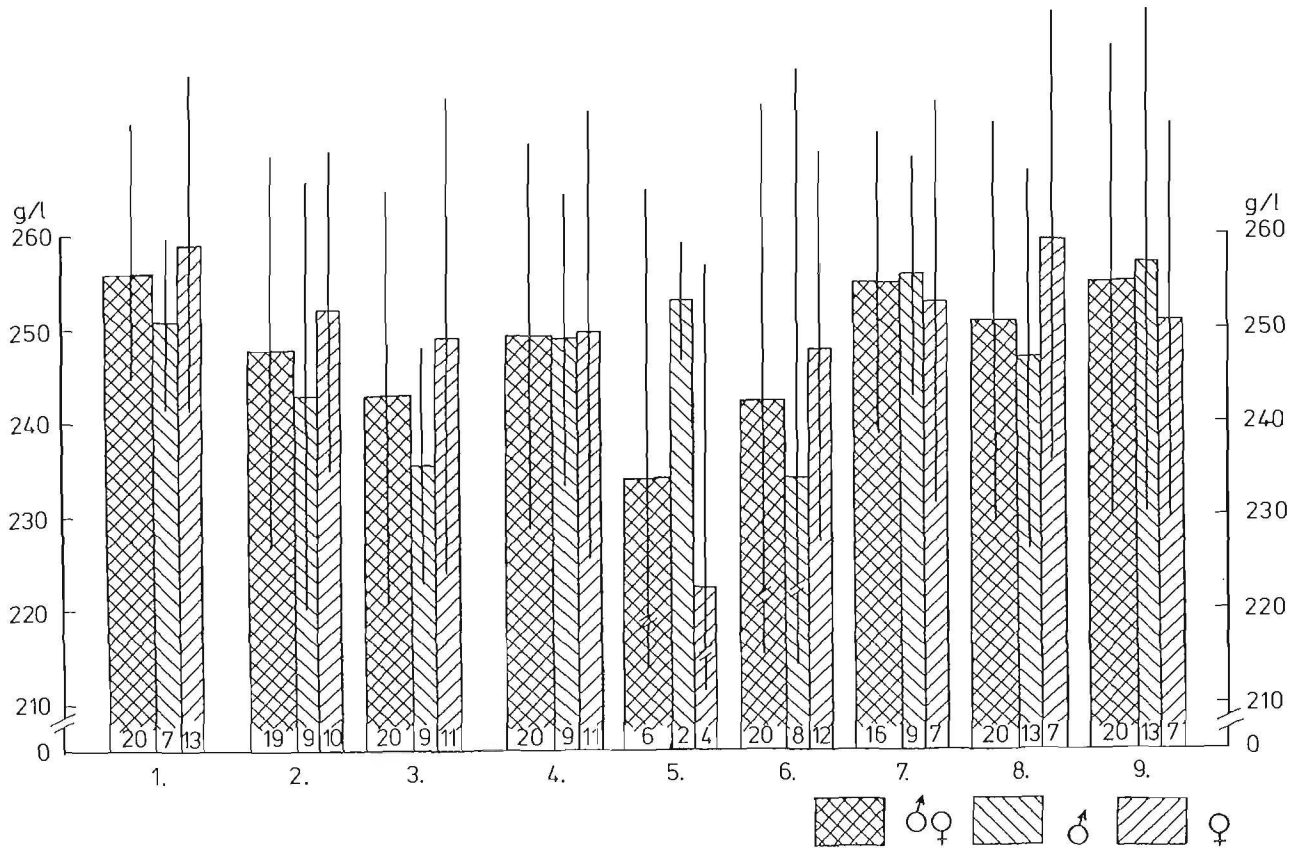
1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljsatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa



Kuva 3. Veren HbA<sub>1c</sub>-arvo a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$

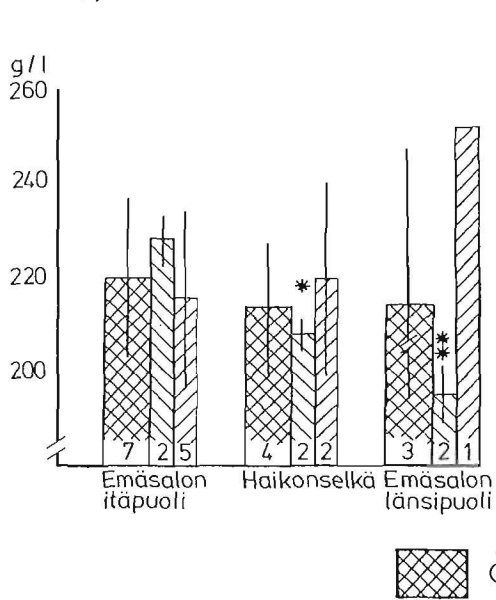
## LIITE 4

a)

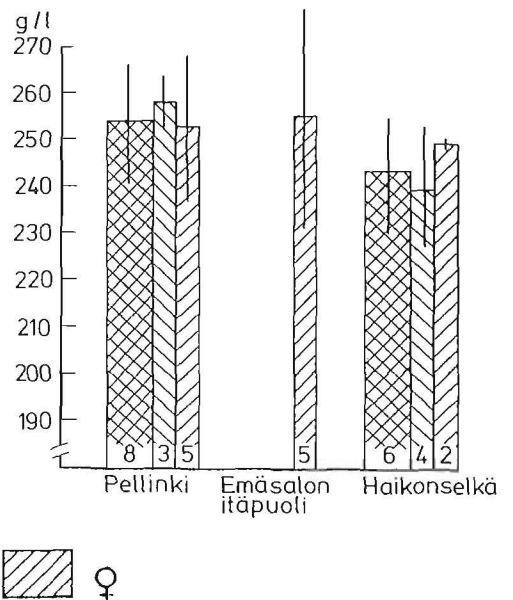


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

b)

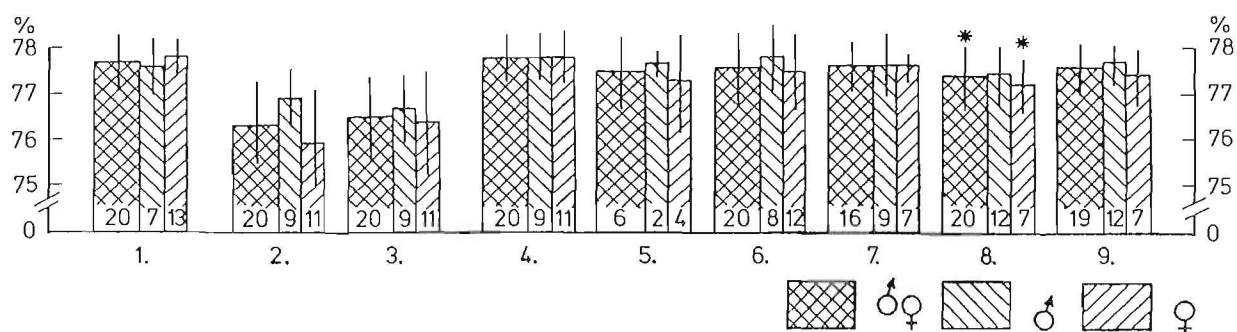


c)



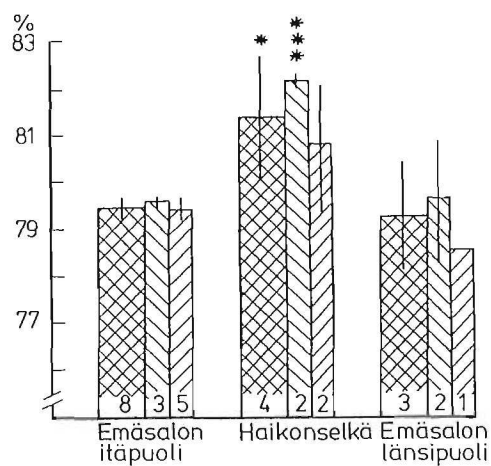
Kuva 4. Punasolujen keskimääräinen Hb-pitoisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$

a)

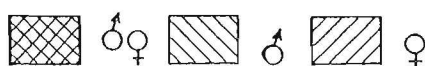
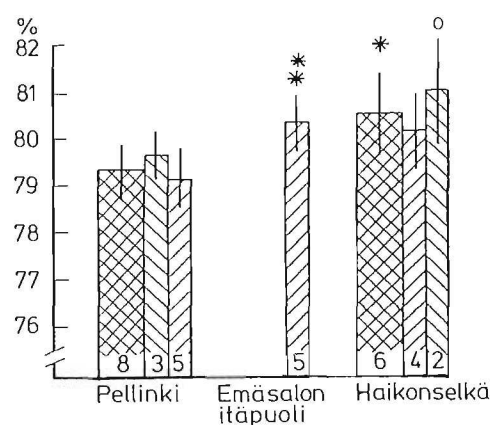


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

b)

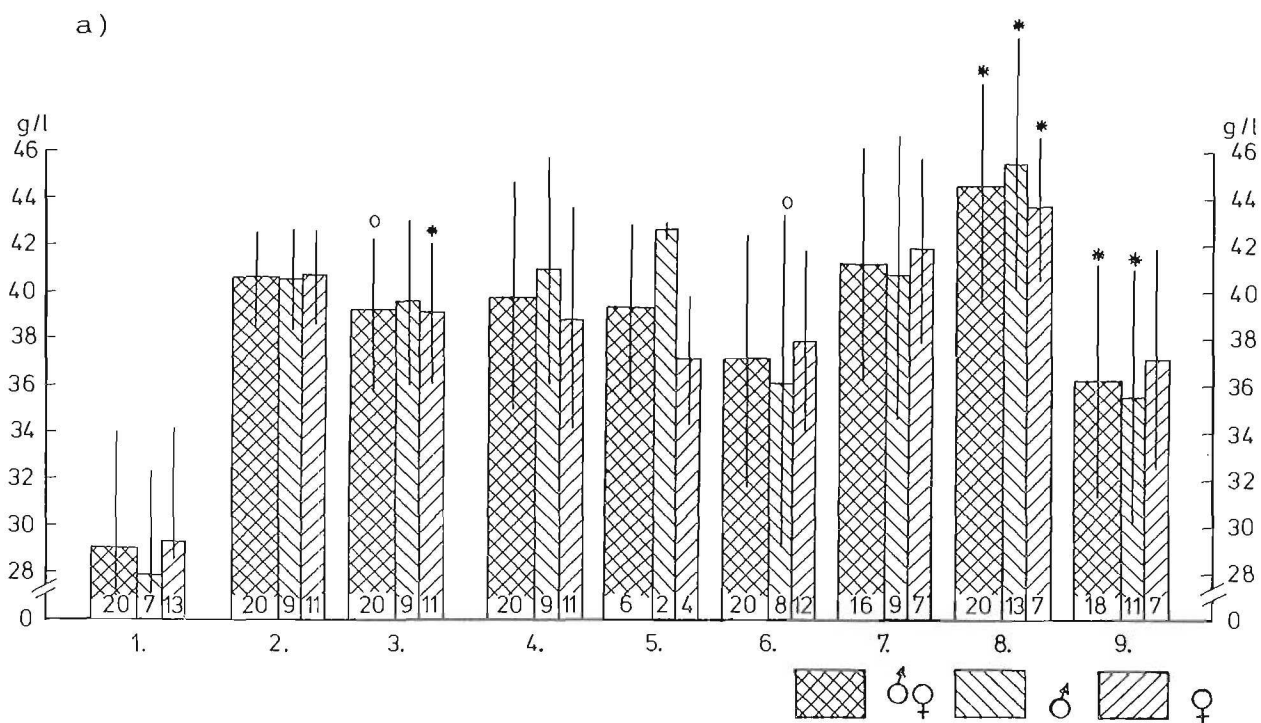


c)

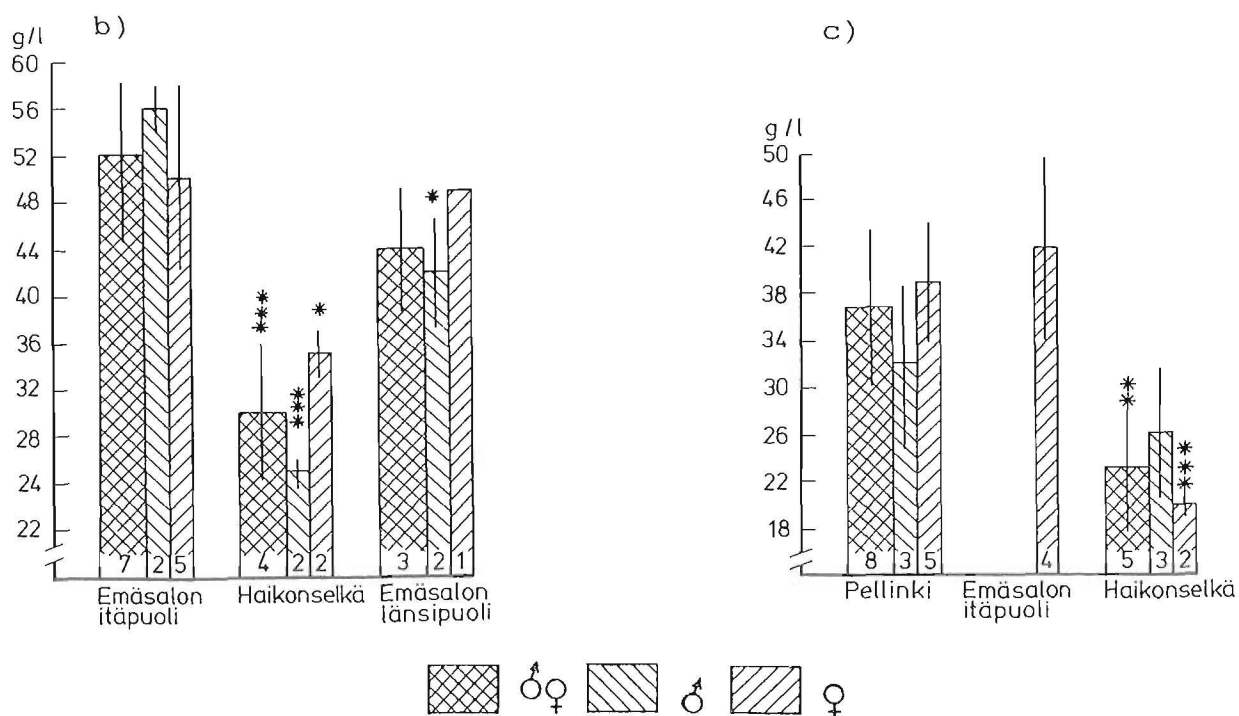


Kuva 5. Valkean lihaksen vesipitoisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

## LIITE 6

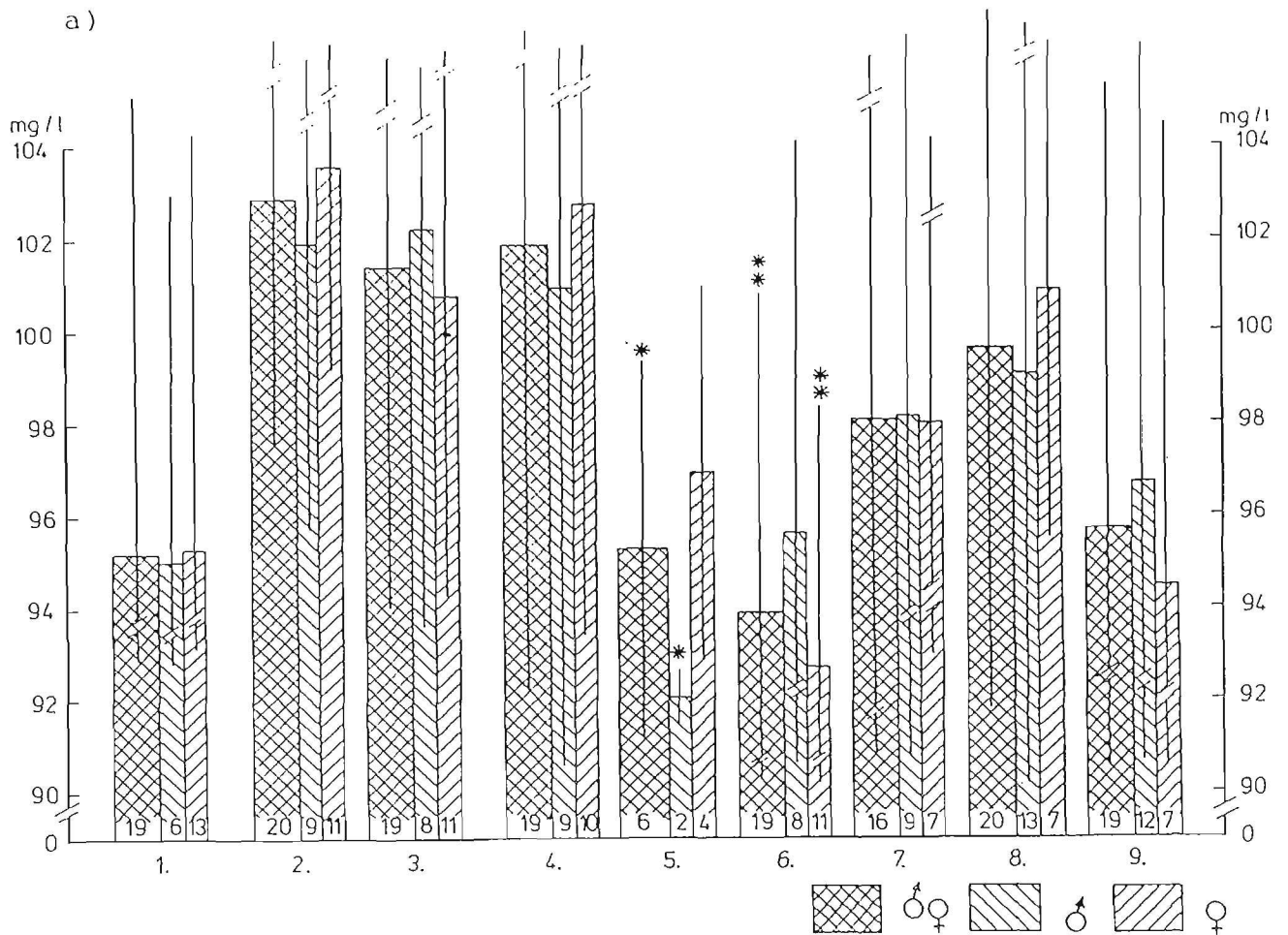


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

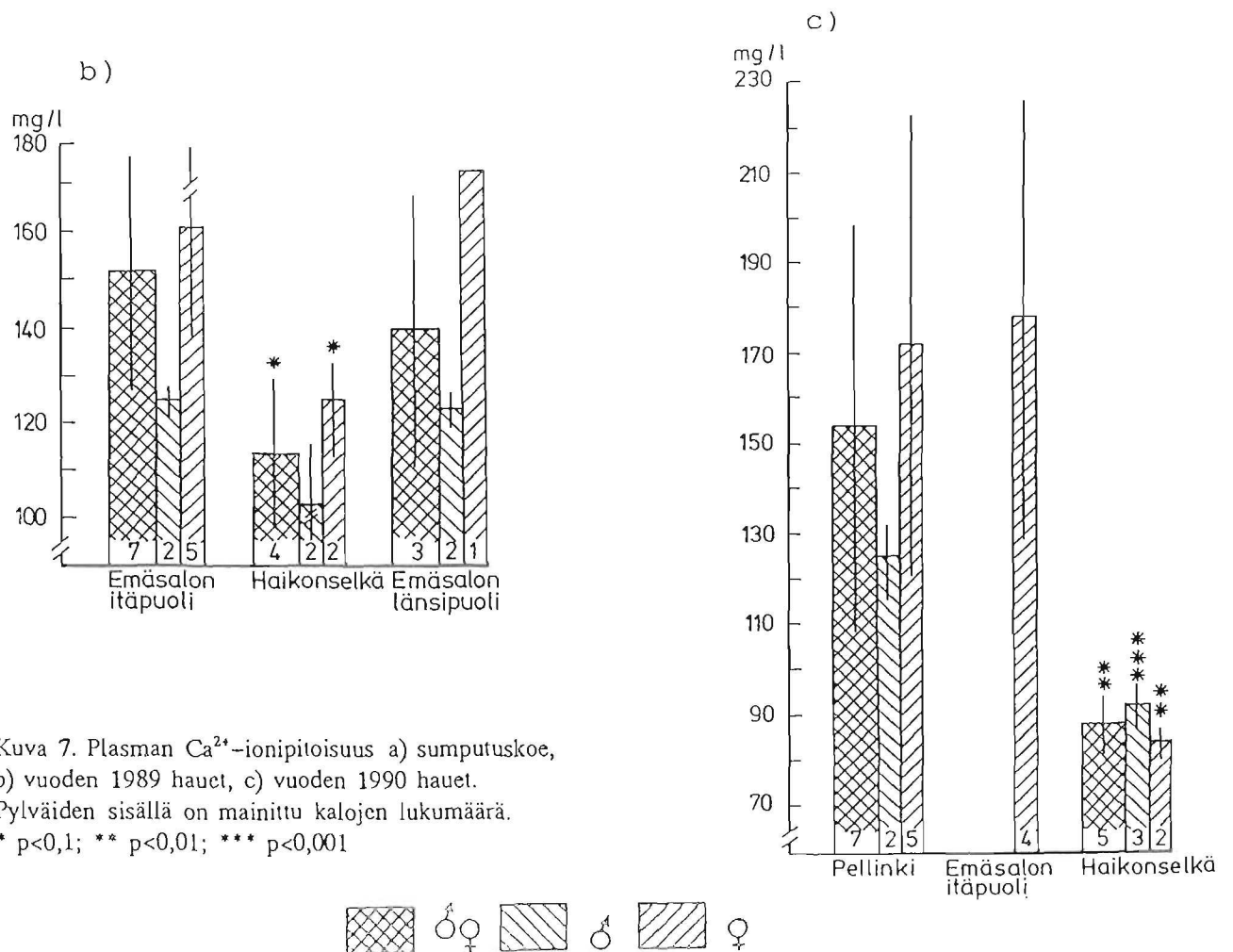


Kuva 6. Plasman proteiininpitoisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$



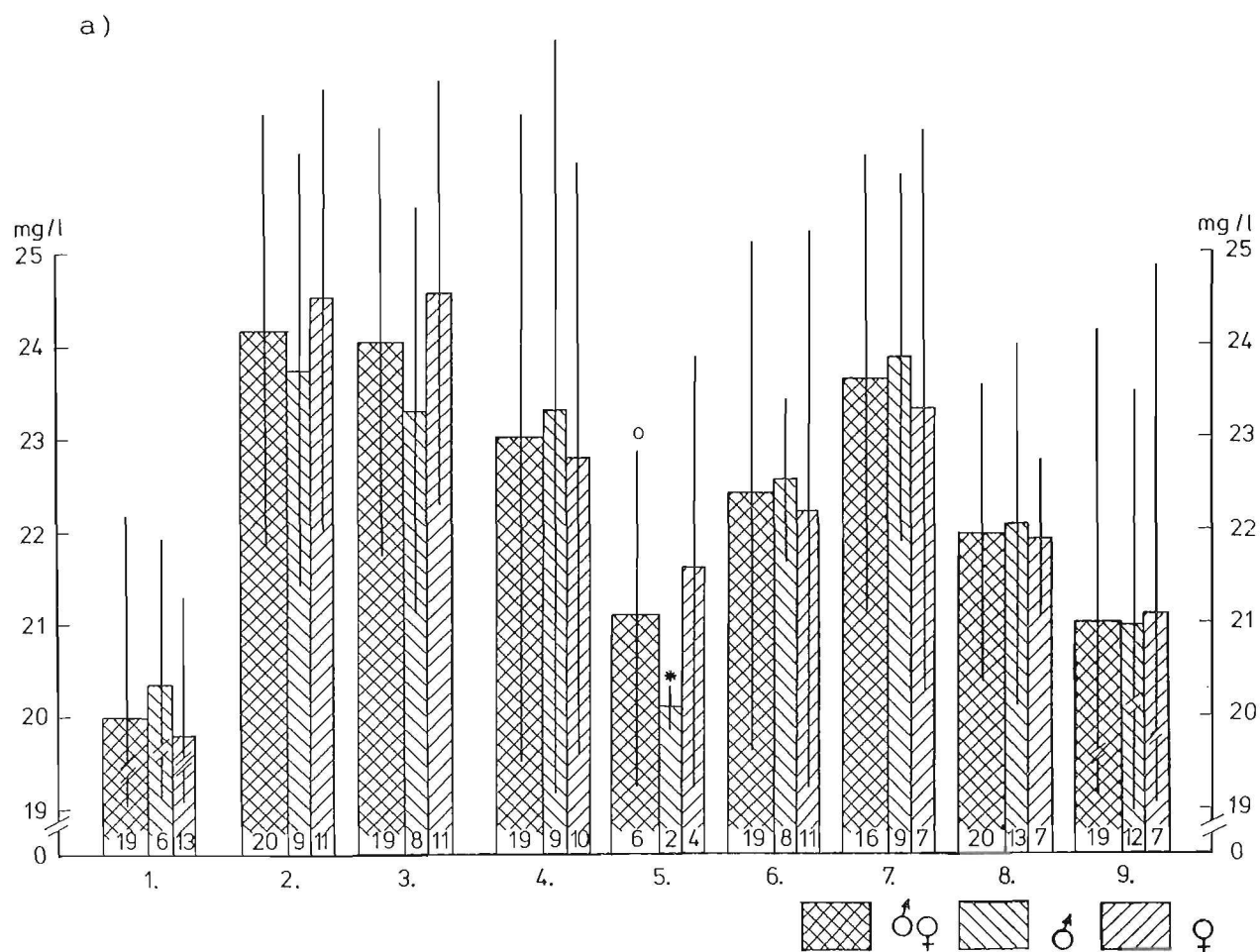


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

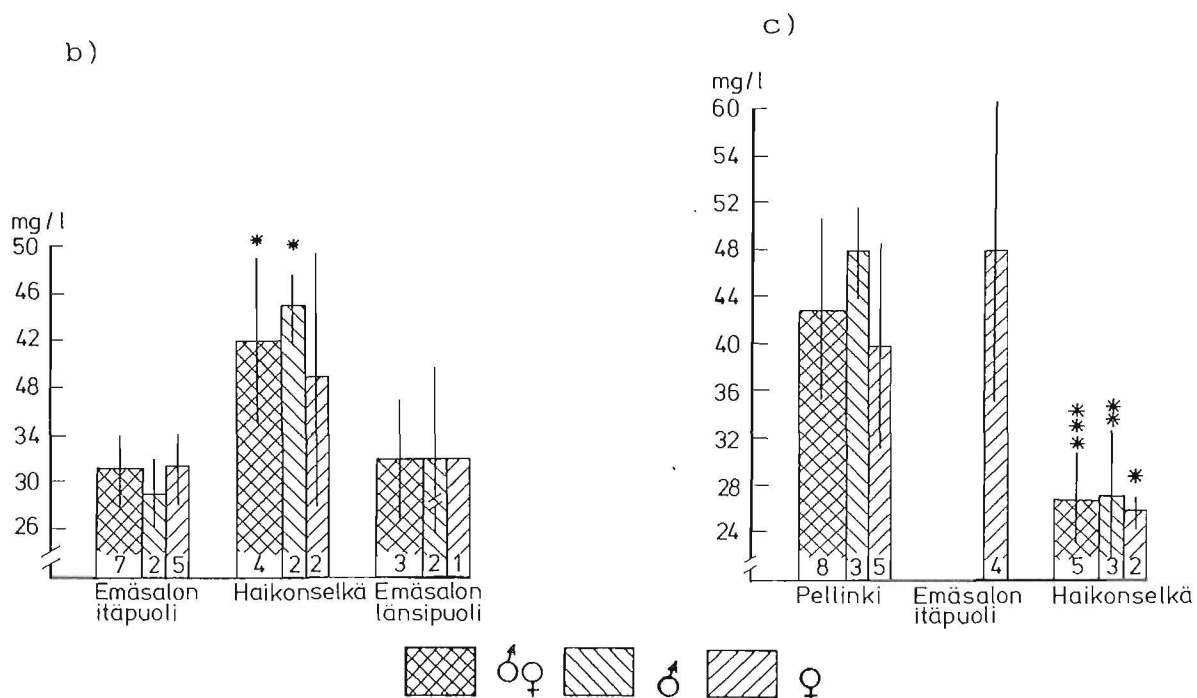


Kuva 7. Plasman Ca<sup>2+</sup>-ionipitoisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä.  
\* p<0,1; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001

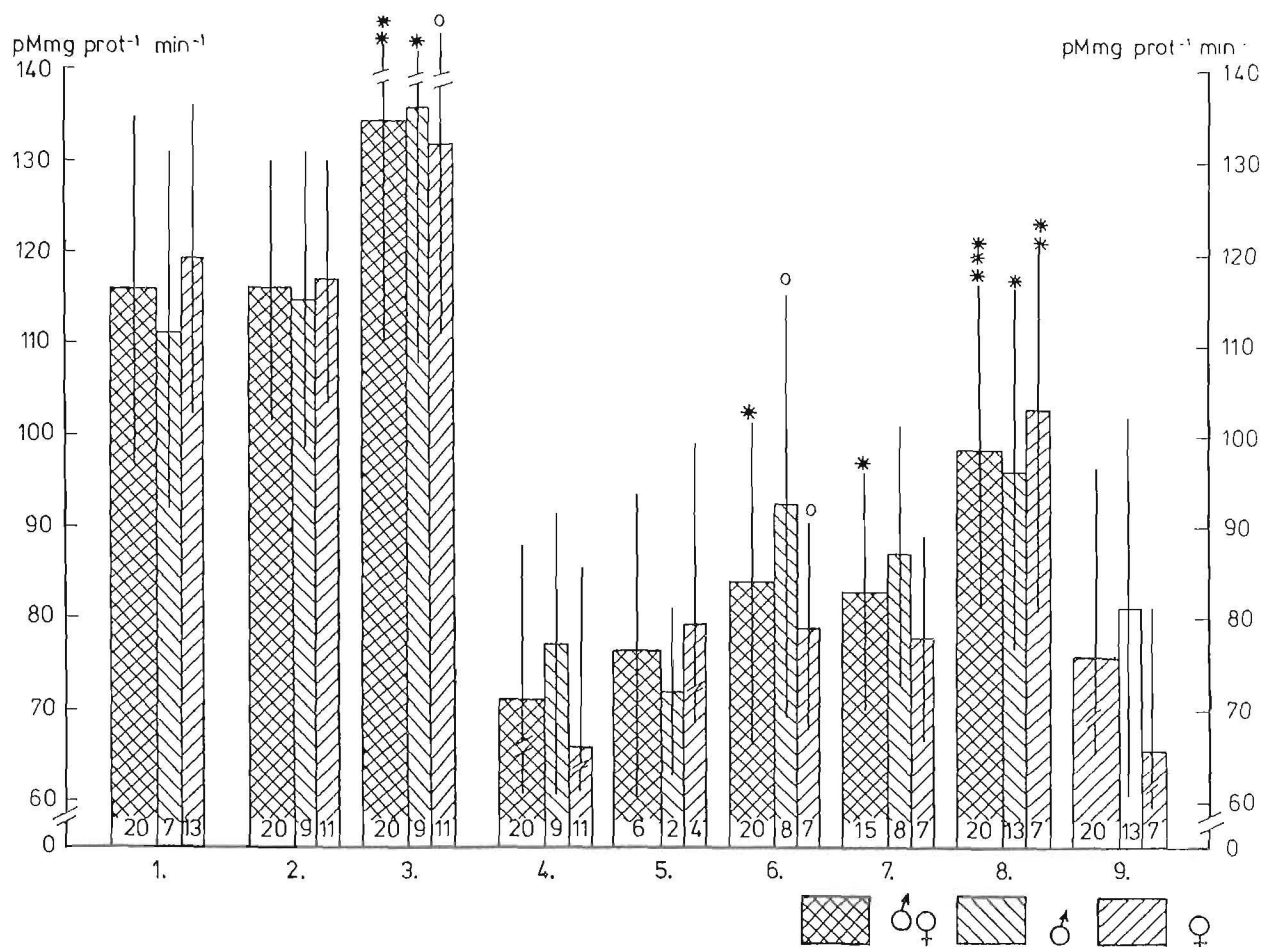
## LIITE 8



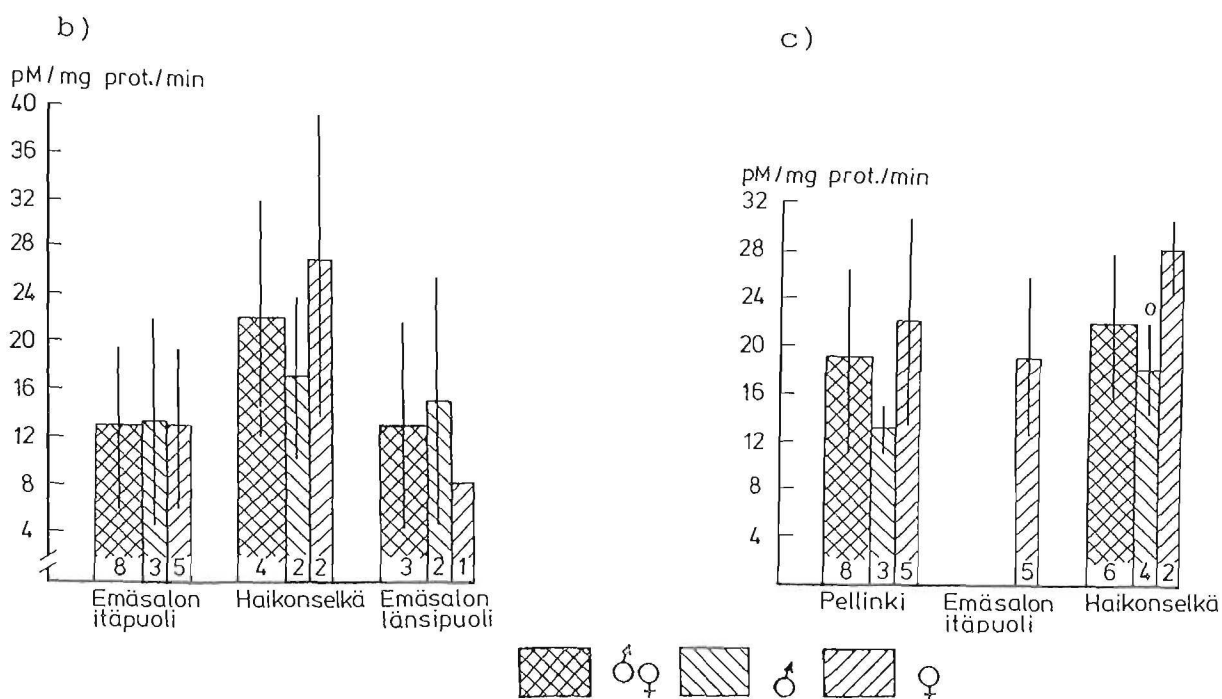
1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa



Kuva 8. Plasman Mg<sup>2+</sup>-ionipitoisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o p<0,5; \*p<0,1; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001



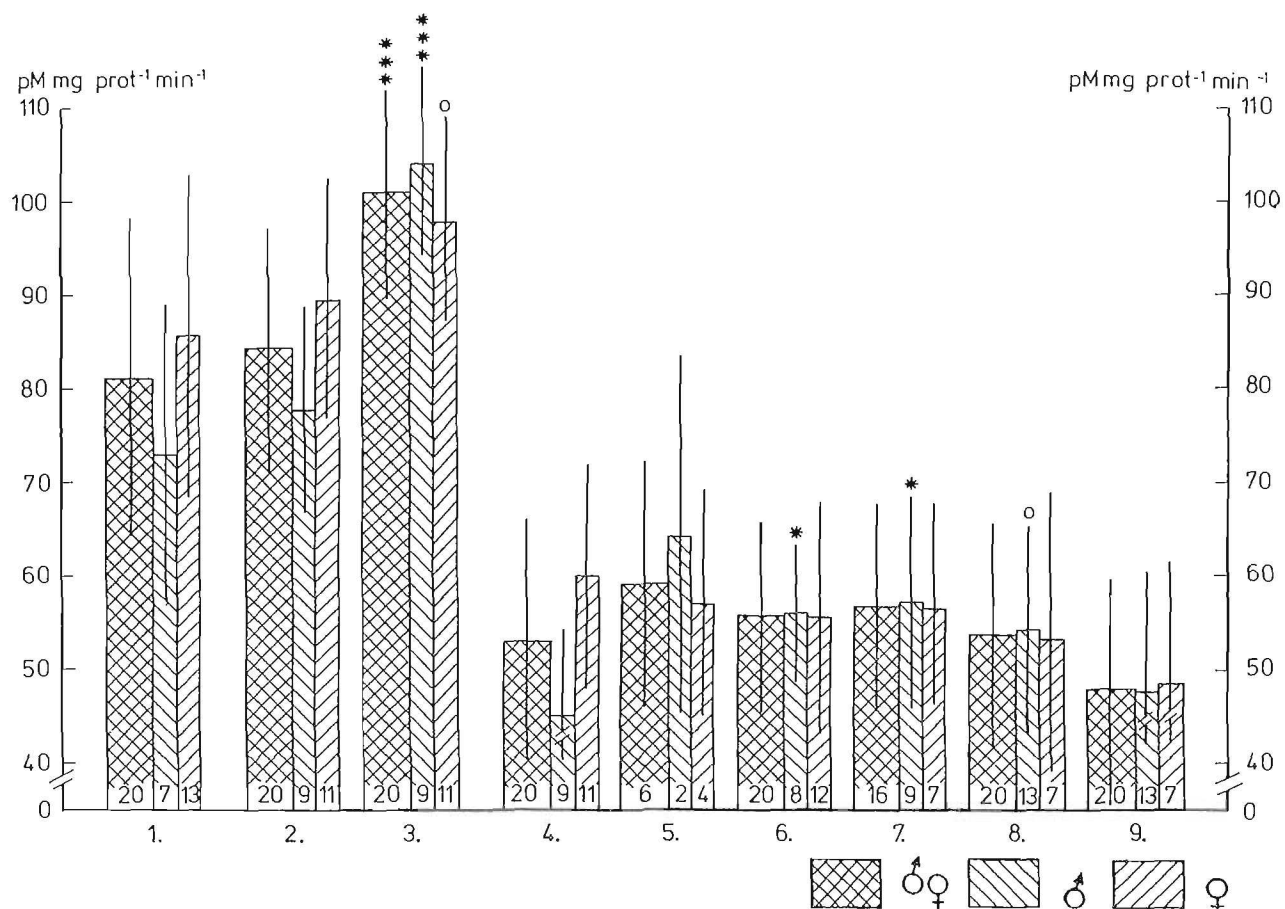
1. Lätönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa



Kuva 9. Maksan UDP-GT-aktiivisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o p<0,5; \* p<0,1; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001

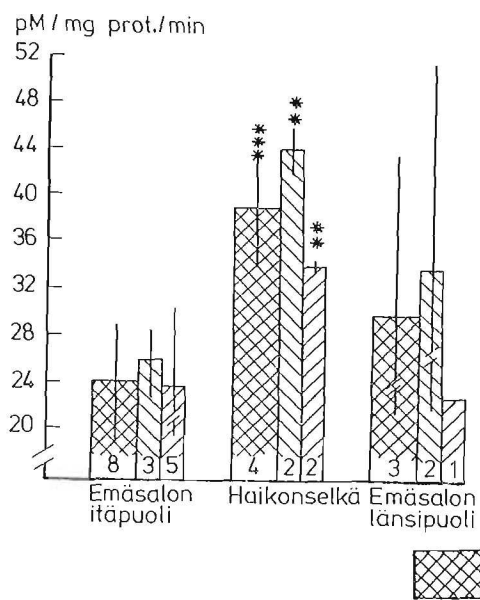
## LIITE 10

a)

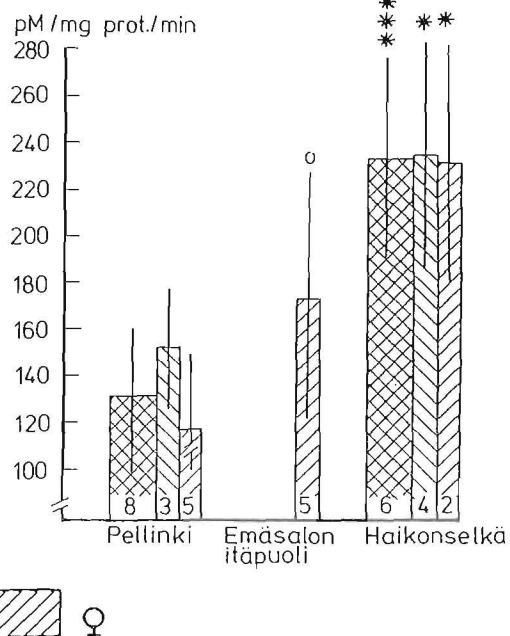


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljsatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

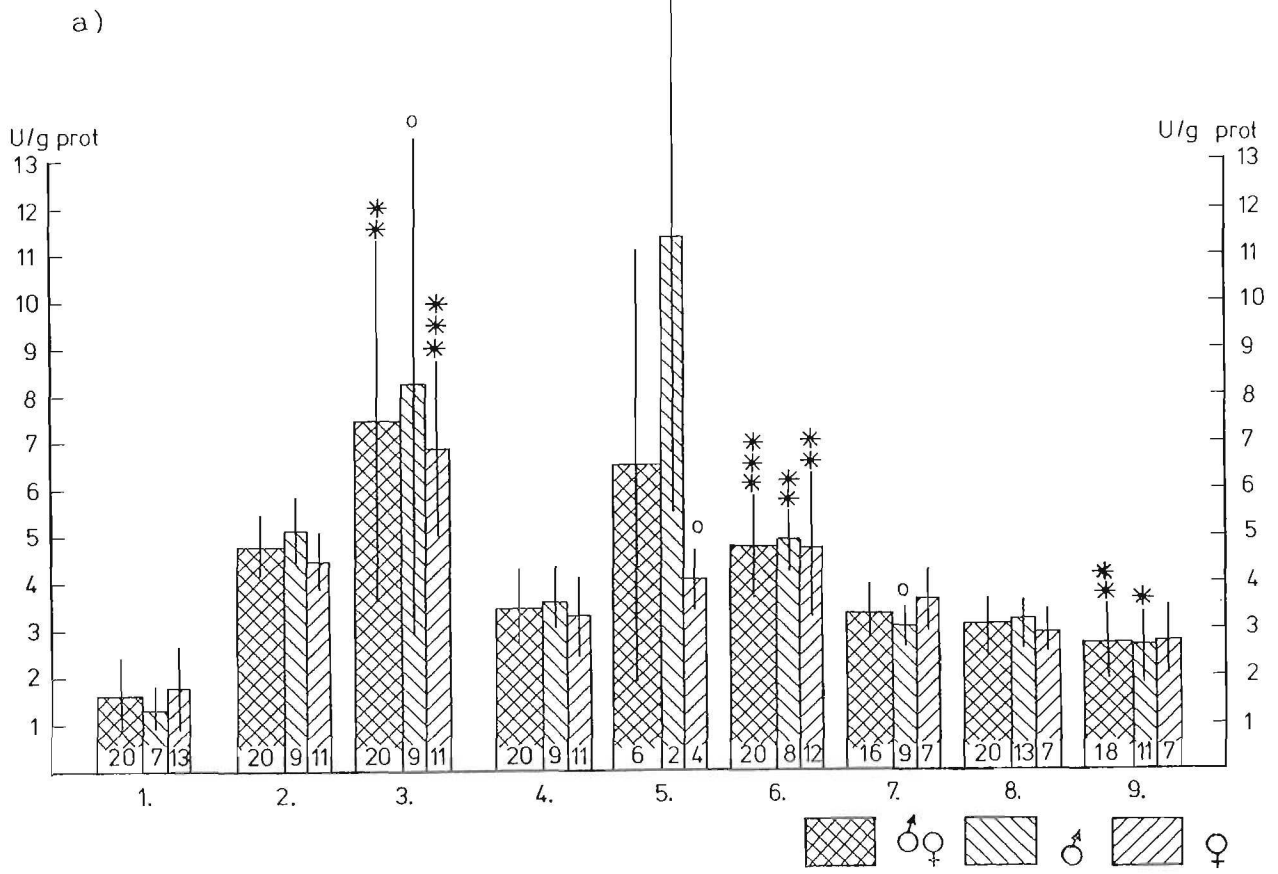
b)



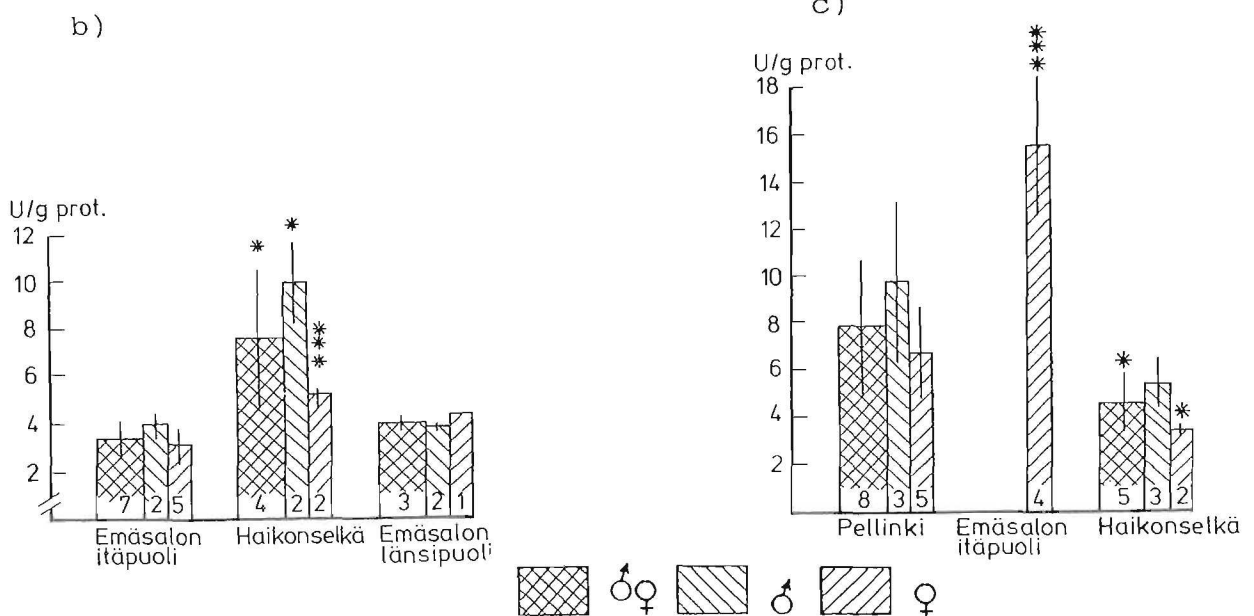
c)



Kuva 10. Maksan BG-aktiivisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

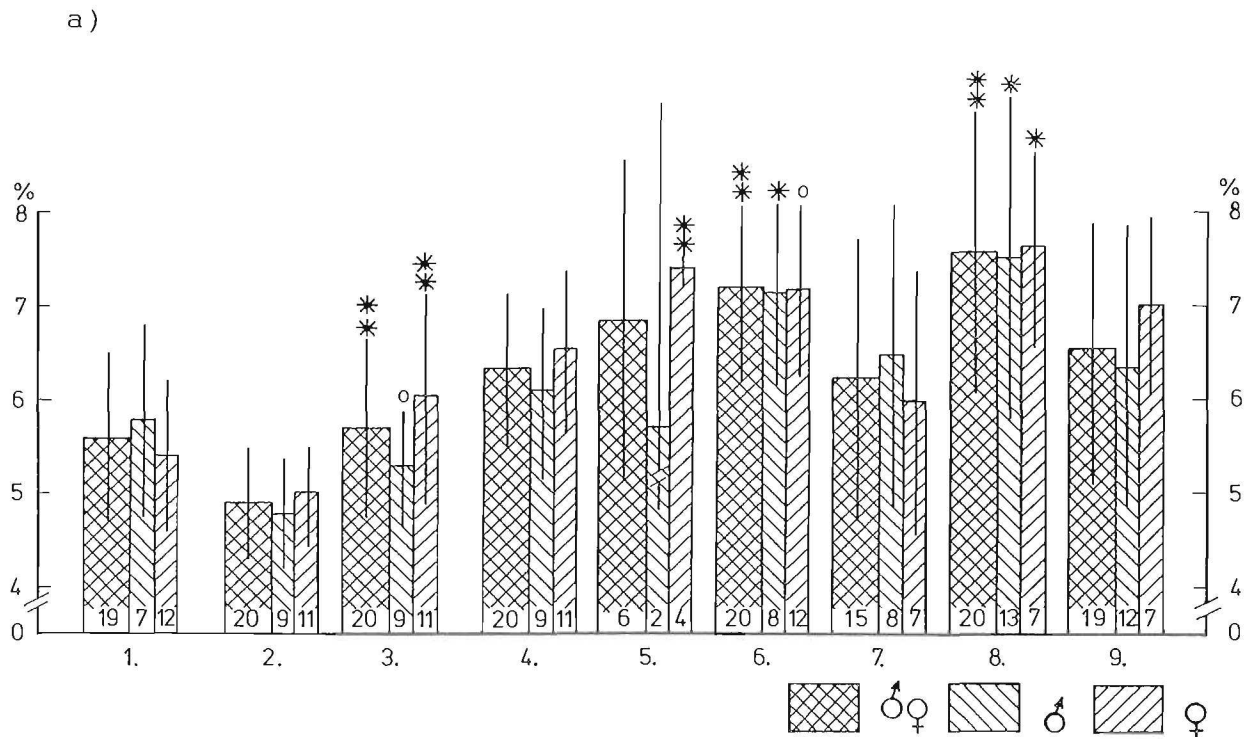


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

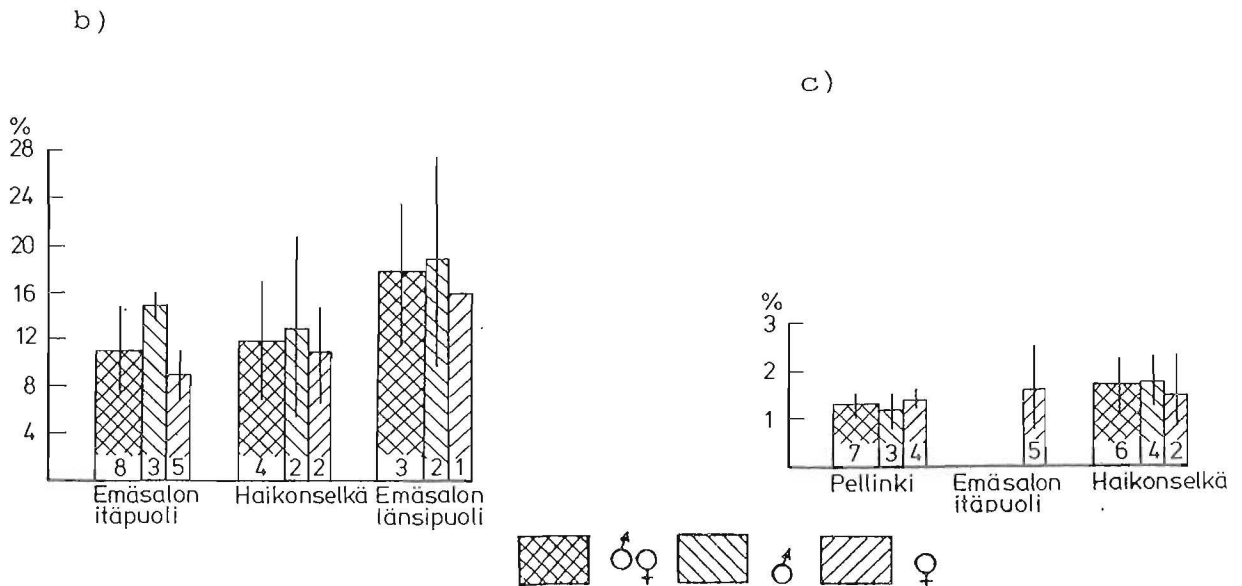


Kuva 11. Plasman ASAT-aktiivisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

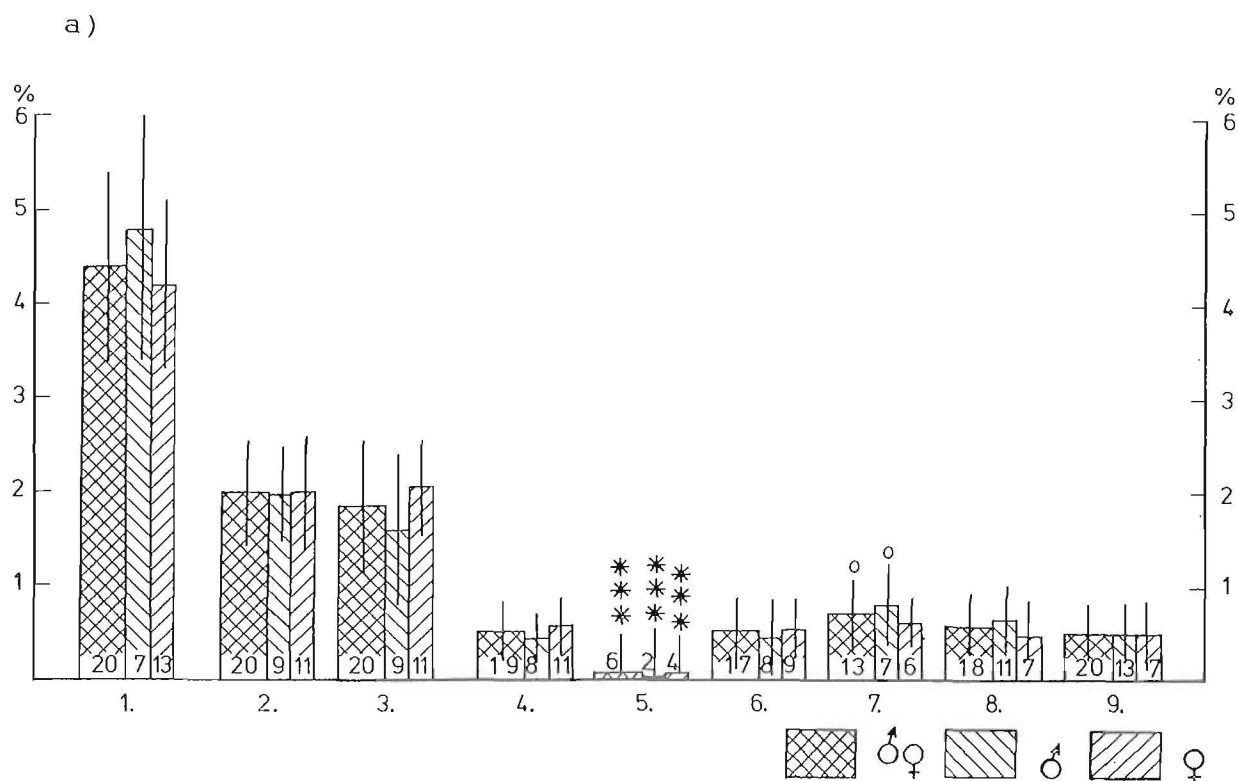
LIITE 12



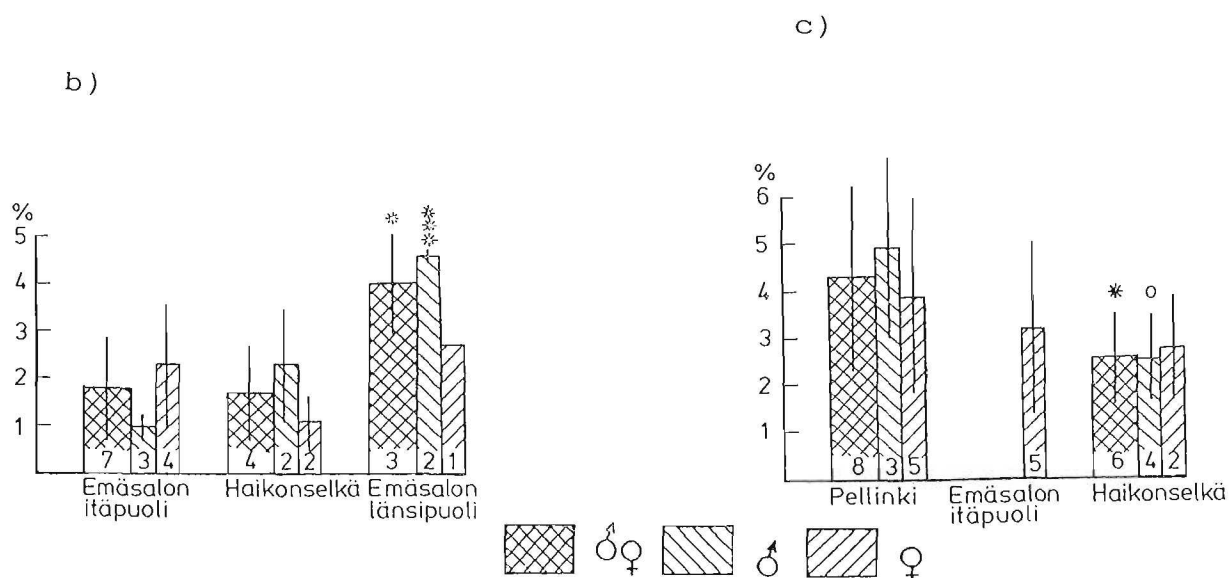
1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa



Kuva 12. Maksan rasvapitoisuus a) sumputetut kalat, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$

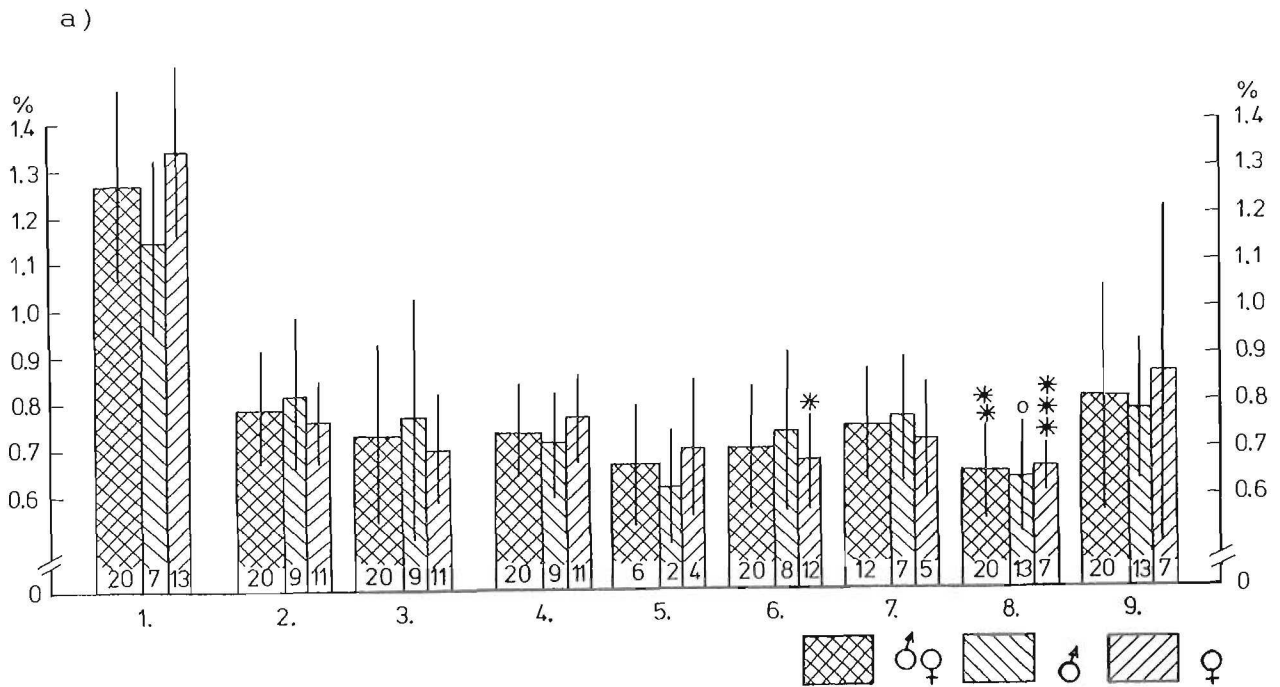


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

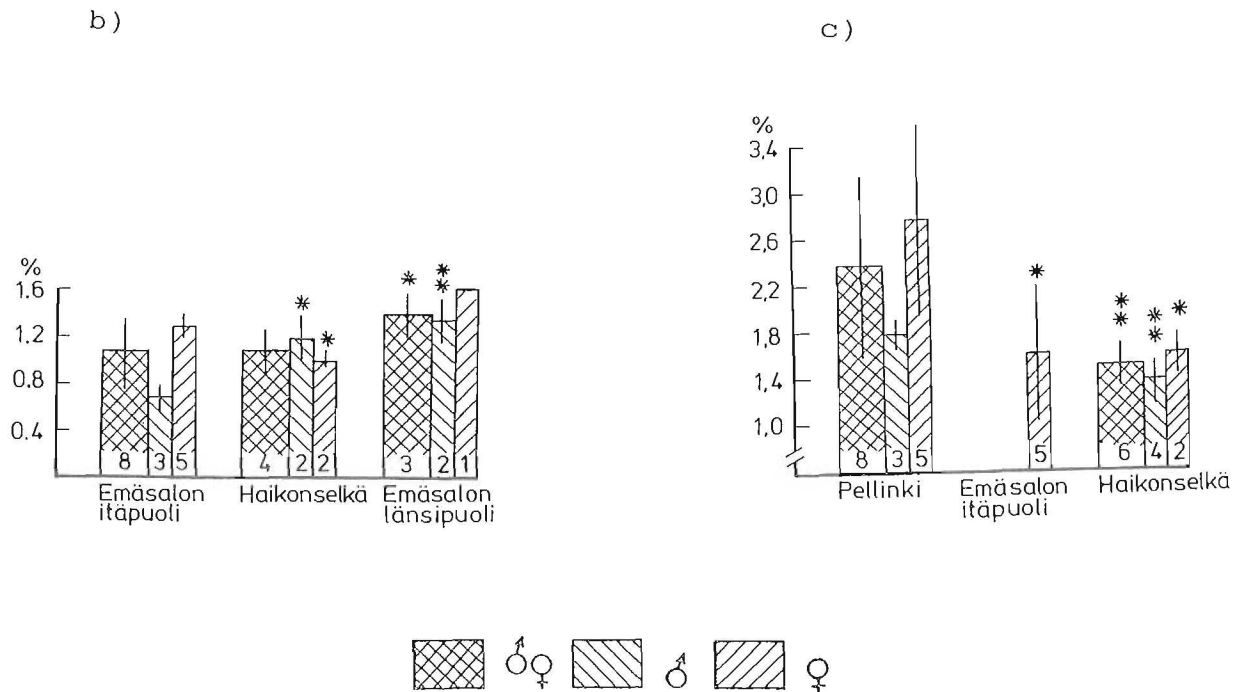


Kuva 13. Maksan glykogeenipitoisuus a) sumputetut kalat, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

## LIITE 14



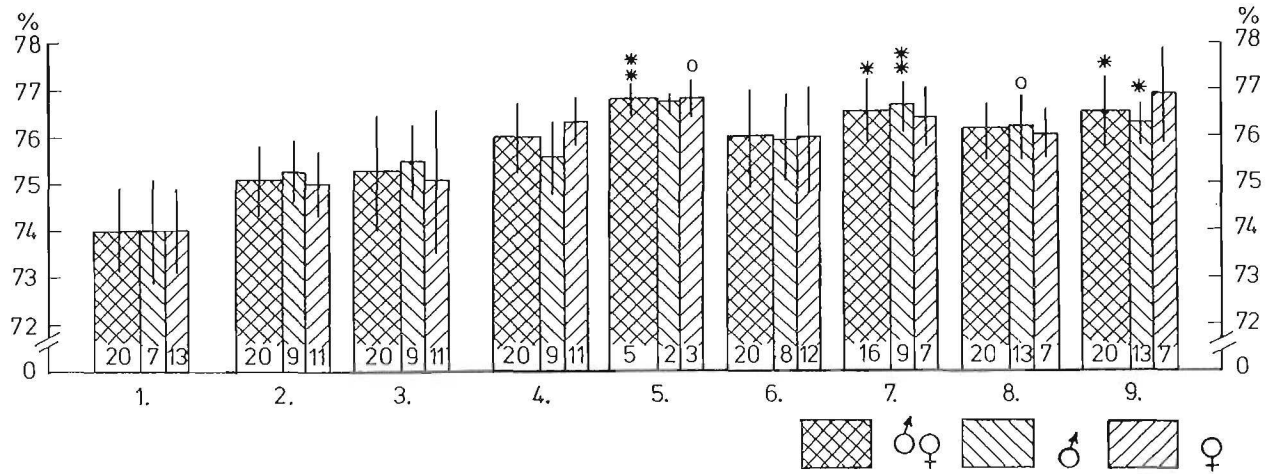
1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljsatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa



Kuva 14. Maksan somaattinen indeksi a) sumputetut kalat, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

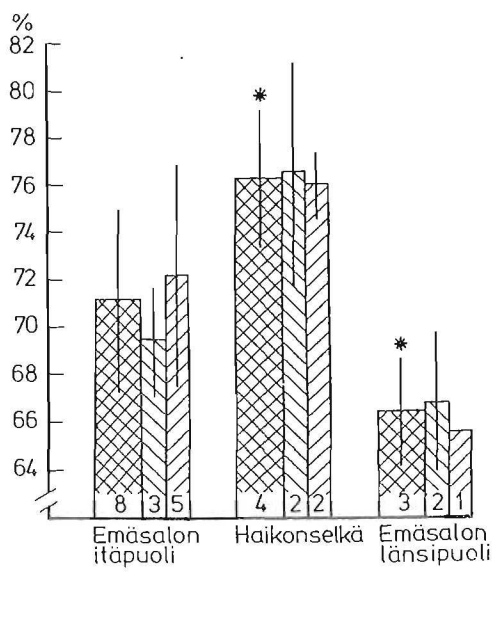


a)

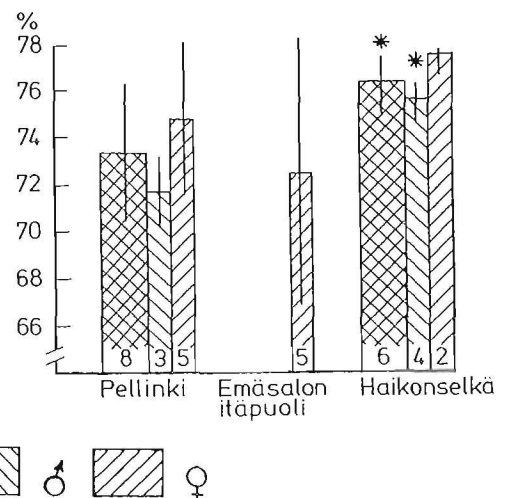


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

b)



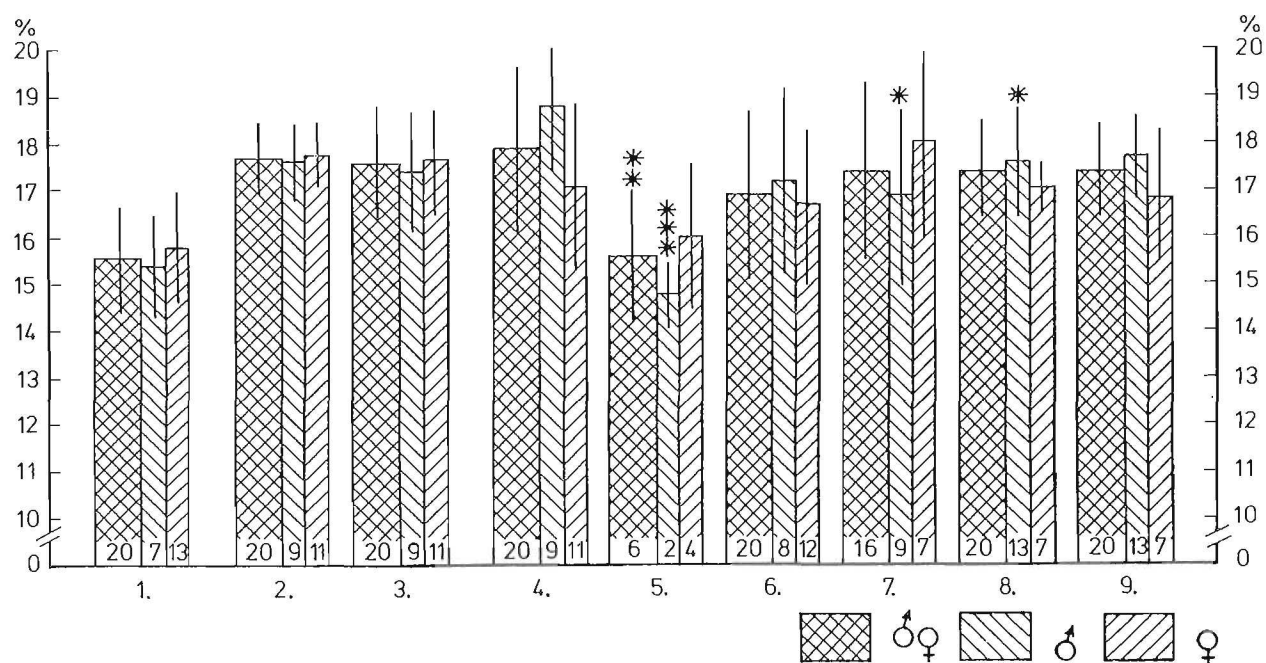
c)



Kuva 15. Maksan vesipitoisuus a) sumputuskoee, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$

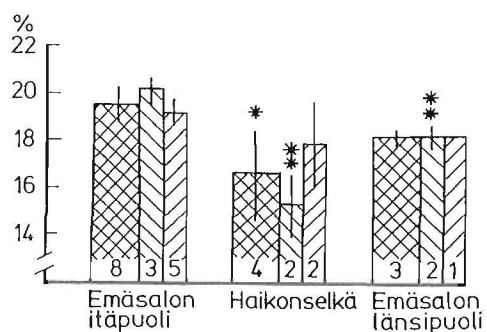
## LIITE 16

a)

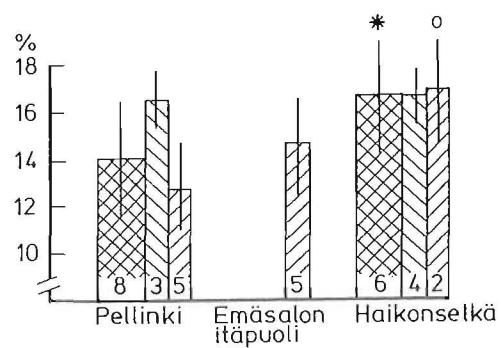


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

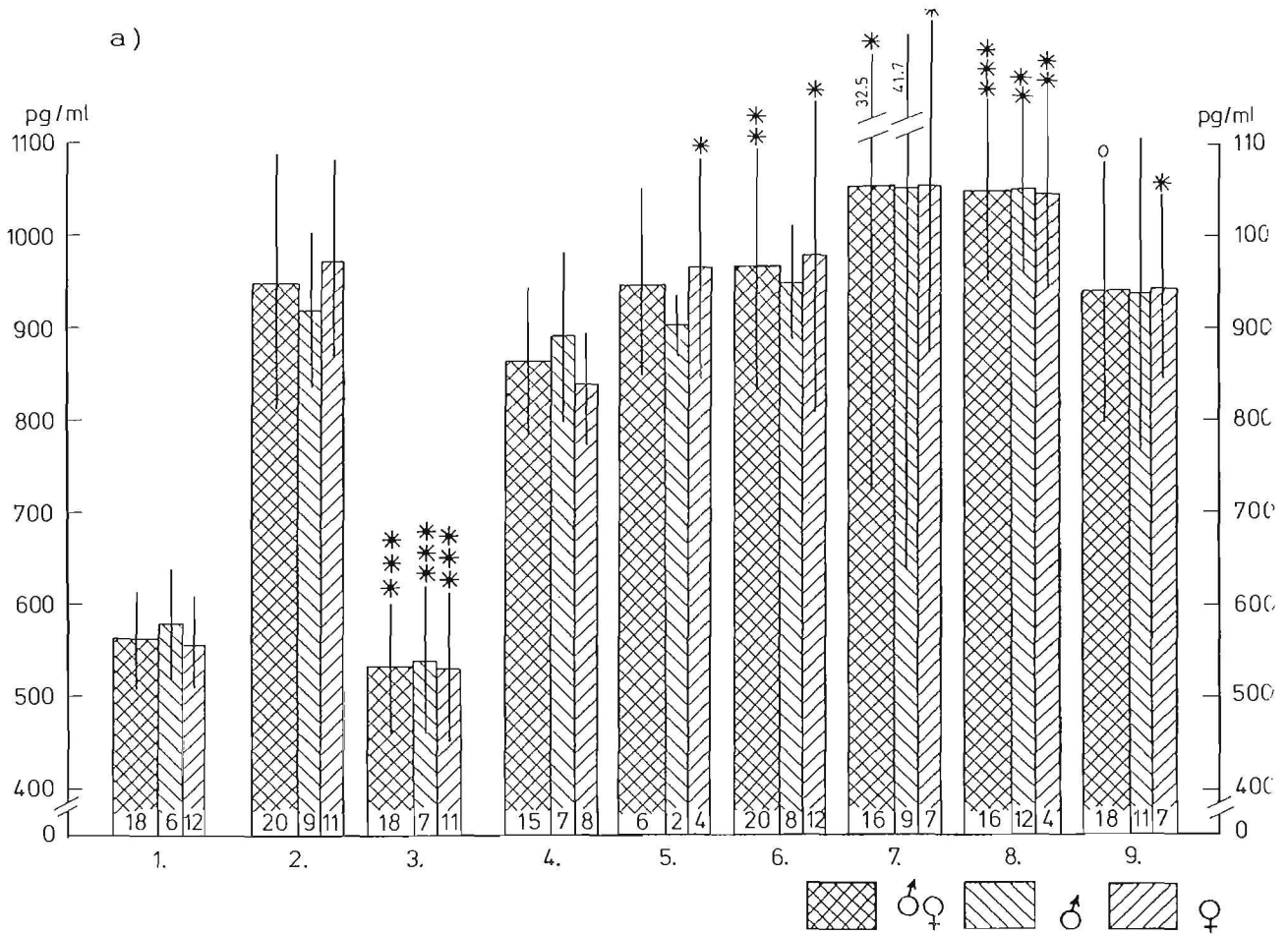
b)



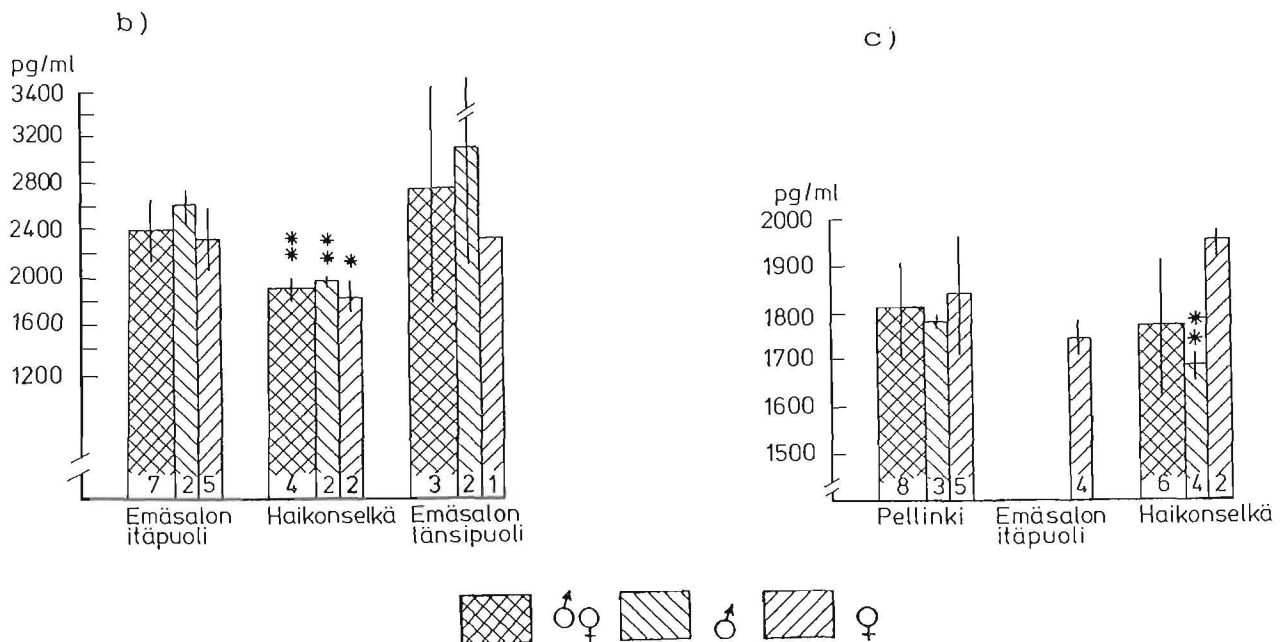
c)



Kuva 16. Maksan proteiinipitoisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

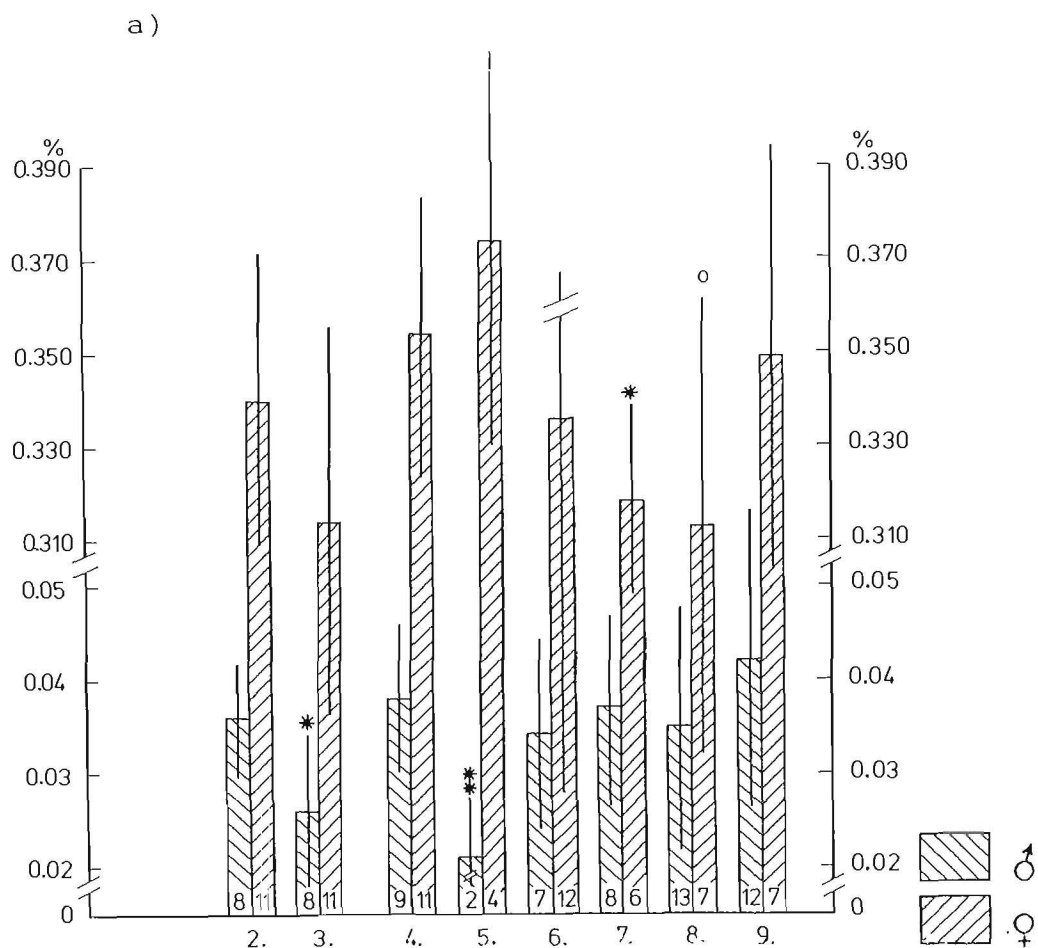


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

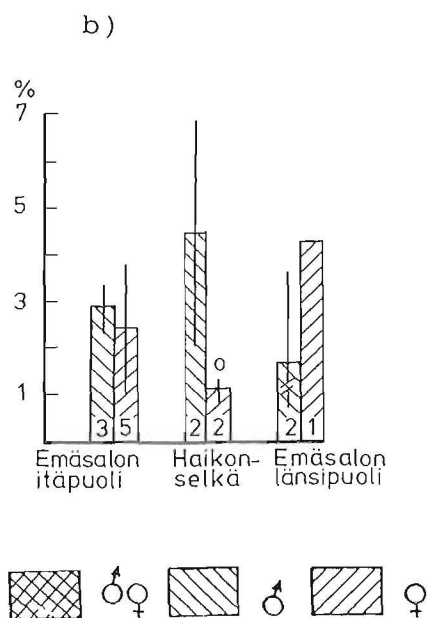


Kuva 17. Plasman testosteronipitoisuus a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

## LIITE 18

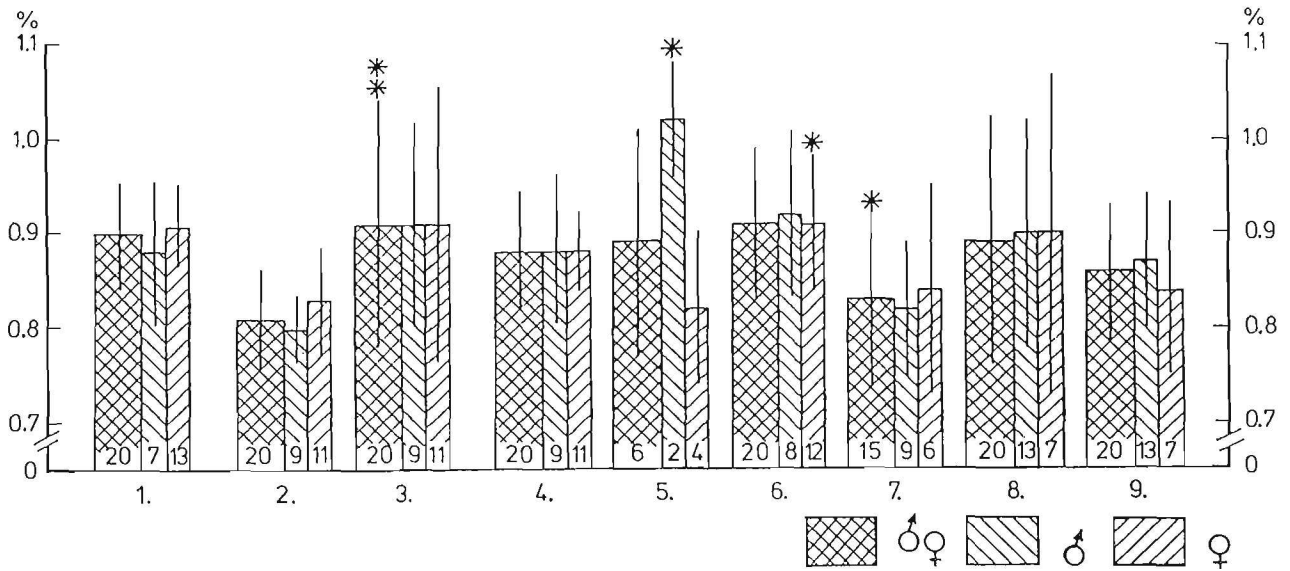


2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa



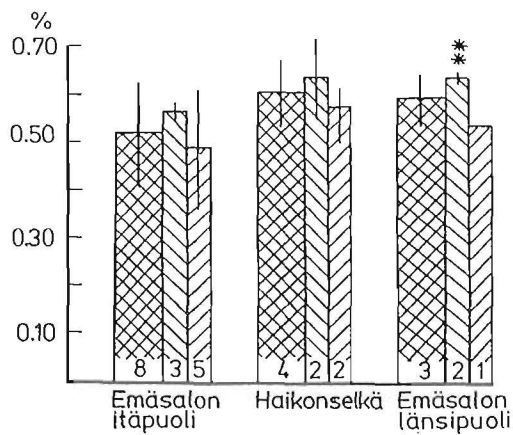
Kuva 18. Kalojen gonadosomaattinen indeksi a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. o  $p < 0,5$ ; \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$

a)

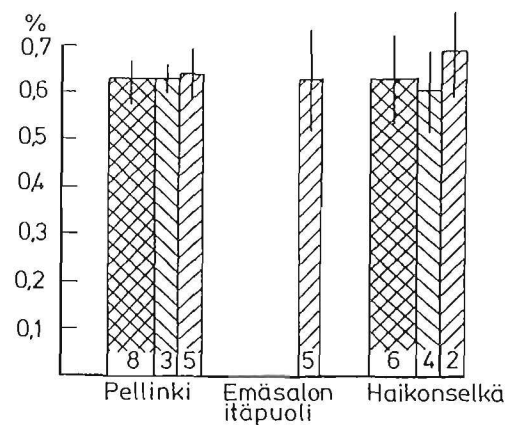


1. Lähtönäytteet, 2. Pellinki 2 viikkoa, 3. Merivesitunneli 2 viikkoa, 4. Pellinki 4 viikkoa, 5. Öljysatama 4 viikkoa, 6. Merivesitunneli 4 viikkoa, 7. Kartanonlahti 4 viikkoa, 8. Svartbäckinselkä 4 viikkoa, 9. Orrenkylänselkä 4 viikkoa

b)



c)



Kuva 19. Kalojen somaattinen indeksi a) sumputuskoe, b) vuoden 1989 hauet, c) vuoden 1990 hauet. Pylväiden sisällä on mainittu kalojen lukumäärä. \*  $p < 0,1$ ; \*\*  $p < 0,01$

## LIITE 20

Taulukko 1. Kalojen a) lihakseen ja b) sappinesteeseen kertyneiden haihtuvien kloorihiilivetyjen määrät (ng/g tuorepaino)

	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	CCl <sub>4</sub>	CHCl <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	Br <sub>2</sub> CICH	BrCl <sub>2</sub> CH	Yht.
a)									
1.-6. Sumpuetut kalat									
1. Pellinki	-	169	48	138	6317	111	44	81	6908
2. Kartanonlahti	-	1000	116	429	34969	284	99	191	37088
3. Öljysatama	-	339	130	776	15923	256	152	306	17885
4. Merivesitunneli	-	303	65	176	16613	214	81	151	17603
5. Svatbäckinselkä	-	427	88	346	16686	299	74	158	18078
6. Orrenkylänselkä	-	221	89	418	10129	209	86	149	11301
7.-9. Vuoden 1989 hauet									
7. Haikonselkä	-	78	78	281	4347	688	91	139	5702
8. Emäsalon itäpuoli	-	169	69	191	5777	179	77	141	6603
9. Emäsalon länsipuoli	-	176	95	291	5710	148	72	147	6639
10.-12. Vuoden 1990 hauet									
10. Pellinki	16	-	94	-	1163	-	-	-	1273
11. Emäsalon itäpuoli	11	-	25	-	723	-	-	-	759
12. Haikonselkä	7	-	135	-	641	-	-	-	783
b)									
1.-6. Sumpuetut kalat									
1. Pellinki	-	-	-	-	42	-	-	-	42
2. Kartanonlahti	-	61	-	-	147	-	-	-	208
3. Öljysatama	-	145	42	-	262	-	56	-	605
4. Merivesitunneli	-	-	99	-	55	-	-	-	154
5. Svatbäckinselkä	-	-	-	-	4077	-	27	-	4104
6. Orrenkylänselkä	-	-	-	-	32	-	-	-	32
7.-9. Vuoden 1989 hauet									
7. Haikonselkä	-	-	-	-	63	-	-	-	63
8. Emäsalon itäpuoli	-	-	-	-	70	-	-	-	70
9. Emäsalon länsipuoli	-	-	-	-	85	-	-	-	85
10.-12. Vuoden 1990 hauet									
10. Pellinki	-	-	328	-	-	-	-	-	328
11. Emäsalon itäpuoli	-	-	-	-	35	-	-	-	35
12. Haikonselkä	-	-	49	-	-	-	-	-	49
- pitoisuus alle määritysrajan									

Taulukko 2. Kalojen a) lihakseen ja b) sappinesteeseen kertyneiden vapaiden kloorifenolien määrät (ng/g tuore paino)

	a)				b)			
	246-TCP	TeCP	PeCp	Yht.	246-TCP	TeCP	PeCP	Yht.
1.-6. Sumpuutetut kalat								
1. Pellinki	15	-	-	15	-	-	3	3
2. Kartanonlahti	75	86	33	194	-	4	9	13
3. Öljysatama	124	-	21	145	-	23	39	62
4. Merivesitunneli	43	-	-	43	-	11	13	24
5. Svartbäckinselkä	7	-	-	7	-	5	8	13
6. Orrenkylänselkä	23	-	-	23	-	29	13	42
7.-9. Vuoden 1989 hauet								
7. Haikonselkä	78	19	17	114	-	19	30	49
8. Emäsalon itäpuoli	56	71	29	156	-	10	8	18
9. Emäsalon länsipuoli	76	-	-	76	-	9	10	19
10.-12. Vuoden 1990 hauet								
10. Pellinki	-	3	1	4	-	257	228	485
11. Emäsalon itäpuoli	-	3	6	9	-	48	32	80
12. Haikonselkä	-	2	-	2	-	44	15	59
- pitoisuus alle määrittäysrajan								

## LIITE 22

Taulukko 3. Kalojen a) lihakseen ja b) sappinesteeseen kertyneiden sitoutuneiden kloorifenolien määrät (ng/g tuorepaino)

	24-DCP	246-TCP	245-TCP	245-TCG	456-TCG	TeCP	PeCP	TeCG	345-TCC	26-DMP	TeCC	Yht.
a)												
1.-6. Sumputetut kalat												
1. Pellinki	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Kartanonlahti	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2
3. Öljysatama	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
4. Merivesitunneli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Svatbäckinselkä	12	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	17
6. Orrenkylänselkä	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	26
7.-9. Vuoden 1989 hauet												
7. Haikonselkä	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Emäsalon itä-puoli	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
9. Emäsalon länsi-puoli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.-12. Vuoden 1990 hauet												
10. Pellinki	-	-	-	-	-	17	1	3	-	-	-	21
11. Emäsalon itä-puoli	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	10
12. Haikonselkä	-	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	6
b)												
1.-6. Sumputetut kalat												
1. Pellinki	50	9	-	46	79	4	23	20	-	3	-	234
2. Kartanonlahti	95	7	11	63	39	13	41	29	127	4	-	429
3. Öljysatama	60	5	-	20	55	11	21	14	20	-	-	206
4. Merivesitunneli	22	21	5	48	35	11	28	18	53	8	12	261
5. Svatbäckinselkä	38	6	-	20	29	17	37	11	-	2	-	160
6. Orrenkylänselkä	48	8	-	36	42	6	17	18	58	-	-	233
7.-9. Vuoden 1989 hauet												
7. Haikonselkä	22	3	1	3	8	3	51	1	-	-	-	92
8. Emäsalon itä-puoli	25	2	3	4	7	7	22	2	-	1	-	73
9. Emäsalon länsi-puoli	37	9	7	14	10	2	11	6	-	-	-	96
10.-12. Vuoden 1990 hauet												
10. Pellinki	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	3
11. Emäsalon itä-puoli	-	-	-	-	-	16	3	-	-	-	-	19
12. Haikonselkä	-	-	-	-	-	62	14	-	-	-	-	76
- pitoisuus alle määritysrajan												



Taulukko 4. Kalojen a) lihakseen ja b) sappinesteeseen kertyneiden vapaiden hartsihappojen määrät  $\mu\text{g/g}$  tuorepaino)

	Levo- pimaarih.	Dehydroabiet.+ Abietiinih.	Neoabie- tiinih.	Yht.
a)				
1.-6. Sumputetut kalat				
1. Pellinki	-	1,810	1,730	3,540
2. Kartanonlahti	-	-	-	-
3. Öljysatama	-	-	-	-
4. Merivesitunneli	0,975	3,770	6,360	11,105
5. Svartbäckinselkä	-	4,890	14,970	19,860
6. Orrenkylänselkä	-	6,320	2,200	8,520
7.-9. Vuoden 1989 hauet				
7. Haikonselkä	0,505	2,080	1,590	4,175
8. Emäsalon itäpuoli	0,280	1,160	3,420	4,860
9. Emäsalon länsipuoli	0,210	0,635	1,625	2,470
10.-12. Vuoden 1990 hauet				
10. Pellinki	-	-	-	-
11. Emäsalon itäpuoli	-	-	-	-
12. Haikonselkä	-	-	-	-
b)				
1.-6. Sumputetut kalat				
1. Pellinki	-	2,845	4,550	7,395
2. Kartanonlahti	-	1,890	7,240	9,130
3. Öljysatama	3,905	1,620	8,280	13,805
4. Merivesitunneli	-	1,760	1,800	3,560
5. Svartbäckinselkä	-	0,950	2,075	3,025
6. Orrenkylänselkä	-	1,620	1,555	3,175
7.-9. Vuoden 1989 hauet				
7. Haikonselkä	-	-	-	-
8. Emäsalon länsipuoli	-	-	-	-
9. Emäsalon länsipuoli	0,185	0,950	1,380	2,515
10.-12. Vuoden 1990 hauet				
10. Pellinki	-	-	-	-
11. Emäsalon itäpuoli	21,8	-	486,3	508,1
12. Haikonselkä	-	-	-	-
- pitoisuus alle määrittäysrajan				

## LIITE 24

Taulukko 5. Kalojen a) lihakseen ja b) sappinesteeseen kertyneiden ftalaattien määrät (ng/g tuorepaino)

	Dimetyy- lift.	Di-n- butyylift.	2-etyylihek- syylift.	Diallylift.	Yht.
a)					
1.-6. Sumputetut kalat					
1. Pellinki	-	-	-	-	-
2. Kartanonlahti	-	555	910	-	1465
3. Öljysatama	-	4000	2340	-	6340
4. Merivesitunneli	100	315	850	-	1265
5. Svartbäckinselkä	170	290	710	-	1170
6. Orrenkylänselkä	80	255	1240	-	1575
7.-9. Vuoden 1989 hauet					
7. Haikonselkä	-	410	2560	-	2970
8. Emäsalon itäpuoli	75	-	820	-	895
9. Emäsalon länsi- puoli	155	-	735	-	890
10.-12. Vuoden 1990 hauet					
10. Pellinki	-	227	151	-	378
11. Emäsalon itäpuoli	-	14	42	3	59
12. Haikonselkä	-	69	38	-	107
b)					
1.-6. Sumputetut kalat					
1. Pellinki	180	-	-	-	180
2. Kartanonlahti	135	-	-	-	135
3. Öljysatama	710	3605	2010	-	6325
4. Merivesitunneli	-	-	-	-	-
5. Svartbäckinselkä	3405	-	560	-	3965
6. Orrenkylänselkä	-	-	75	-	75
7.-9. Vuoden 1989 hauet					
7. Haikonselkä	-	-	-	-	-
8. Emäsalon itäpuoli	-	-	-	-	-
9. Emäsalon länsipuoli	-	210	-	-	210
10.-12. Vuoden 1990 hauet					
10. Pellinki	-	2157	7173	-	9330
11. Emäsalon itäpuoli	-	1723	1453	-	3176
12. Haikonselkä	-	3474	2819	-	6293
- pitoisuus alle määritysrajan					

Taulukko 6. Kalojen a) lihakseen ja b) sappeen kertyneiden aromaattisten hiilivetyjen määrät 1.-9. µg/g kuivapaino; 10.-12. µg/g tuorepaino)

	Bentso(a) pyreeni	Bentso(b) fluoran- teeni	Asenafty- leeni	Antraseeni	Bentso (ghi) peryleeni	Fluoreeni	Fenantree- ni	Bentso(a) antraseeni
a)								
1.-6. Sumpuettut kalat								
1. Pellinki	-	0,02	-	0,82	-	0,45	0,26	-
2. Kartanonlahti	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Öljysatama	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Merivesitunneli	0,08	-	-	-	-	-	0,12	-
5. Svartbäckinselkä	-	0,04	-	-	-	-	-	-
6. Orrenkylänselkä	-	-	-	-	-	-	-	-
7.-9. Vuoden 1989 hauet								
7. Haikonselkä	0,28	-	-	-	-	-	-	-
8. Emäsalon itäpuoli	-	-	1,01	-	0,25	0,33	-	-
9. Emäsalon länsipuoli	-	-	0,96	-	-	0,25	-	-
10.-12. Vuoden 1990 hauet								
10. Pellinki	-	0,001	-	-	-	-	-	-
11. Emäsalon itäpuoli	0,004	0,001	-	-	-	-	-	0,007
12. Haikonselkä	-	-	-	-	-	-	-	-
		Naftaleeni		Bentso(a) antraseeni	Bentso(a) pyreeni	Antraseeni	Fenantreeni	
b)								
1.-6. Sumpuettut kalat								
1. Pellinki	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Kartanonlahti	-	-	-	-	0,16	-	0,22	-
3. Öljysatama	-	ei sappinäytteitä		-	-	-	-	-
4. Merivesitunneli	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Svartbäckinselkä	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Orrenkylänselkä	-	-	-	0,32	-	0,57	-	-
7.-9. Vuoden 1989 hauet								
7. Haikonselkä	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Emäsalon itäpuoli	-	0,50	-	-	-	-	-	-
9. Emäsalon länsipuoli	-	-	-	-	-	-	-	-
10.-12. Vuoden 1990 hauet								
10. Pellinki	-	-	-	-	-	0,09	-	-
11. Emäsalon itäpuoli	-	-	-	-	-	0,08	-	-
12. Haikonselkä	-	-	-	-	-	0,08	-	-
- pitoisuus alle määrittäysrajan								

## LIITE 26

Taulukko 7. Kalojen a) lihakseen ja b) sappinesteeseen kertyneiden alifaattisten hiilivetyjen määrät (1.-9. ng/g kuivapaino ja 10.-12. ng/g tuorepaino)

C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>17</sub>	Pr	C <sub>18</sub>	Ph	C <sub>19</sub>	C <sub>20</sub>	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>	C <sub>24</sub>	C <sub>25</sub>	C <sub>26</sub>	C <sub>27</sub>	C <sub>28</sub>	C <sub>29</sub>	C <sub>30</sub>	Yht.	k,p.%
a)																			
1.-6. Sumpuetut kalat																			
1. Pellinki	100	44	62	436	59	-	-	56	-	239	350	302	185	118	49	-	-	-	2000 23,8
2. Kartanonlahti	70	-	96	272	92	-	66	85	-	285	434	394	245	169	-	-	-	-	2200 24,2
3. Öljysatama	300	400	514	430	397	-	287	221	498	468	980	1050	594	285	219	186	-	-	6900 23,3
4. Merivesitunneli	-	-	-	335	-	-	-	-	-	339	775	623	275	-	-	-	-	-	2300 24,0
5. Svatbäckinselkä	128	69	93	363	88	-	82	88	-	284	-	274	153	67	-	-	-	-	1700 24,3
6. Orrenkylänselkä	112	58	88	38	96	-	86	83	-	281	455	332	167	120	73	-	-	-	2000 23,7
7.-9. Vuoden 1989 hauet																			
7. Haikonselkä	171	185	459	-	199	-	147	118	114	159	249	259	191	107	-	-	-	-	2400 18,4
8. Emäsalon itäpuoli	47	52	360	-	69	39	63	45	88	92	200	286	236	110	-	614	-	-	2300 20,7
9. Emäsalon länsipuoli	58	51	207	-	65	43	75	61	187	353	830	1237	1062	374	121	-	-	-	4700 20,4
10.-12. Vuoden 1990 hauet																			
10. Pellinki	65,43	25,14	-	-	21,19	5,93	32,03	12,51	11,37	15,21	15,62	19,70	21,97	21,31	21,01	13,71	12,21	7,42	320
11. Emäsalon itäpuoli	62,35	16,10	-	-	12,94	3,62	29,85	8,17	6,66	6,78	6,10	5,26	5,57	4,80	5,36	7,21	2,76	1,28	180
12. Haikonselkä	38,82	13,06	-	-	11,96	6,14	19,23	14,08	12,31	15,81	14,32	15,14	14,12	11,21	7,79	3,93	2,12	-	200
b)																			
1.-6. Sumpuetut kalat																			
1. Pellinki	55	64	80	263	77	38	59	43	38	50	53	62	61	57	49	50	33	20	1200
2. Kartanonlahti	122	170	213	326	236	88	185	147	127	118	103	103	93	84	77	56	47	-	2300
3. Öljysatama	*)																		
4. Merivesitunneli	102	78	87	275	93	56	79	51	44	43	47	47	51	57	62	54	47	-	1300
5. Svatbäckinselkä	82	84	101	225	93	-	64	54	-	-	-	52	51	54	-	-	-	-	860
6. Orrenkylänselkä	53	77	114	139	151	59	115	102	81	69	54	52	47	42	38	37	-	-	1200
7.-9. Vuoden 1989 hauet																			
7. Haikonselkä	146	56	288	26	83	41	81	63	53	55	47	49	47	46	41	49	27	-	1200
8. Emäsalon itäpuoli	107	26	388	11	24	11	24	15	10	14	16	18	18	19	18	41	12	-	770
9. Emäsalon länsipuoli	104	62	426	35	97	48	81	64	46	42	33	32	28	27	26	56	16	-	1200
10.-12. Vuoden 1990 hauet																			
10. Pellinki	148,5	185,0	641,0	92,5	216,3	-	127,7	101,6	213,7	102,9	440,3	119,9	416,9	325,7	229,3	138,1	-	-	3500
11. Emäsalon itäpuoli	82,5	110,7	575,8	61,1	108,5	40,5	84,0	72,6	-	118,4	106,2	118,4	102,3	83,2	72,6	43,5	-	-	1900
12. Haikonselkä	-	94,6	484,9	-	135,8	-	99,9	109,7	-	226,3	232,4	241,4	208,2	174,0	132,8	105,6	-	-	2400
- pitoisuus alle määritysrajan																			
* ryhmästä ei sappinäytteitä																			

Taulukko 8. Kalojen lihakseen ja sappinesteeseen kertyneiden kokonaishiilivetyjen määrät (1.-9.,  $\mu\text{g/g}$  kuivapaino; 10.-12.,  $\mu\text{g/g}$  tuorepaino)

	Lihäs	Sappineste
1.-6. Sumputetut kalat		
1. Pellinki	1760	7,7
2. Kartanonlahti	1910	70
3. Öljysatama	2300	ei näyt.
4. Merivesitunneli	2030	14
5. Svartbäckinselkä	2040	6,7
6. Orrenkylänselkä	1150	4,5
7.-9. Vuoden 1989 hauet		
7. Haikonselkä	1680	9,5
8. Emäsalon itäpuoli	1730	4,6
9. Emäsalon länsipuoli	1640	7,1
10.-12. Vuoden 1990 hauet		
10. Pellinki	3,3	7,2
11. Emäsalon itäpuoli	3,7	18,3
12. Haikonselkä	3,3	30,2

## LUEITTELO NÄYTTEISTÄ ANALYSOIDUISTA JÄÄMÄAINEISTA

## Haihtuvat kloorihiilivedyt

Dikloorimetaani	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$
Dikloorietaani	$\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$
Kloroformi	$\text{CHCl}_3$
Hiilitetrakloridi	$\text{CCl}_4$
Tetrakloorietaani	$\text{C}_2\text{Cl}_4$
Trikloorietaani	$\text{CH}_3\text{CCl}_3$
Trikloorieteeni	$\text{C}_2\text{HCl}_3$
Dibromikloorimetaani	$\text{Br}_2\text{ClCH}$
Bromidikloorimetaani	$\text{BrCl}_2\text{CH}$
Bromoformi	$\text{CHBr}_3$
Tetrakloorietaani	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$

## Hartsihapot

Määrittysrajat

Pimaarihappo	100 ng/g
Sandrakopimaarihappo	100 ng/g
Isopimaarihappo	100 ng/g
Palustriinihappo	200 ng/g
Levopimaarihappo	100 ng/g
Dehydroabietiinihappo	
Abietiinihappo	200 ng/g
Neoabietiinihappo	500 ng/g

## Ftalaatit

Määrittysrajat

Dimetyyliftalaatti	50 ng/g
Dietyyliftalaatti	100 ng/g
Diallyyliftalaatti	20 ng/g
Di-n-butyyliftalaatti	100 ng/g
Disykloheksyyliftalaatti	20 ng/g
2-etyyliheksyyliftalaatti	20/g

## TUTKITUT KLOORIFENOLIT, KLOORIGUAJAKOLIT JA KLOORIKATEKOLIT

1.	2,6-dikloorifenoli	(26DCP)
2.	2,4/2,5-dikloorifenoli	(24DCP/25DCP)
3.	2,4,6-trikloorifenoli	(246TCP)
4.	2,4,5-trikloorifenoli	(245TCP)
5.	4,5-diklooriguajakoli	(45DCG)
6.	2,3,4,6-tetrakloorifenoli	(TeCP)
7.	3,4,5-triklooriguajakoli	(345TCG)
8.	4,5,6-triklooriguajakoli	(456TCG)
9.	Pentakloorifenoli	(PeCP)
10.	3,4,5-trikloorikatekoli	(345TCC)
11.	Tetraklooriguajakoli	(TeCG)
12.	3,4,5-trikloori-2,6-dimetoksifenoli	(26DMP)
13.	Tetrakloorikatekoli	(TeCC)

## TUTKITUT POLYAROMAATTISET HIILIVEDYT

1. Asenafteeni	9. Asenaftyleeni
2. Fluoranteeni	10. Antraseeni
3. Naftaleeni	11. Bentso(ghi)peryleeni
4. Bents(a)antraseeni	12. Fluoreeni
5. Bentso(a)pyreeni	13. Fenantreeni
6. Bentso(b)fluoranteeni	14. Dibents(a,h)antraseeni
7. Bentso(k)fluoranteeni	15. Indeno(1,2,3-cd)pyreeni
8. Kryseeni	16. Pyreeni

## VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA - sarja A

41. Siuntionjokineuvottelukunta: Siuntionjoen vesistön käytön ja suojelun yleissuunnitelma. Helsinki 1989.
42. Vilhunen, Oili: Hankoa ympäröivän merialueen tila vuosina 1976 - 1986. Helsinki 1989.
43. Vantaanjoen vesistön vesiensuojelun toimenpideohjelma. Helsinki 1990.
44. Jeltsch, Ulrich: Saastuneiden maa-alueiden kunnostus. Helsinki 1990.
45. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun Nurmes tutkimuksessa. Helsinki 1990.
46. Heikkilä, Raimo: Vaasan läänin uhanalaiset suokasvit. Helsinki 1990.
47. Korkka-Niemi, Kirsti: Tutkimus kaivovesien happamoitumisesta Suomessa. Helsinki 1990.
48. Kauppi, Lea; Sandman, Olavi; Knuuttila, Seppo; Eskonen, Kristiina; Liehu, Anita; Luokkanen, Sinikka & Niemi, Maarit: Maankäytön merkitys vesien käytölle haitallisten sinileväkukintojen esiintymisessä. Helsinki 1990.
49. Heikkinen, Kaisa & Visuri, Anna: Orgaanisten aineiden merkityksestä ja pidättymisestä virtaavan veden ekosysteemissä. Heikkinen, Kaisa & Visuri, Anna: Turvetuotannon typpikuormituksen vaikutuksista virtaavissa vesissä. Helsinki 1990.
50. Pitkänen, Heikki; Kangas, Pentti; Sarkkula, Juha; Lepistö, Liisa; Hällfors, Guy & Kauppila, Pirkko: Veden laatu ja rehevyys Itäisellä Suomenlahdella. Raportti vuosien 1987 - 88 tutkimuksista. Helsinki 1990.
51. Hirvi, Juha-Pekka (toim.): Suomenlahden öljyvahinko 1987. Helsinki 1990.
52. Levinen, Riitta: Puhdistamolietteen viljelykäytön edellytykset. Helsinki 1990.
53. Niemi, Reino A: Makrofytyt vesien tilan seurannassa. Helsinki 1990.
54. Lammassaari, Veikko: Uitto ja sen vesistövaikutukset. Helsinki 1990.
55. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin toiminnan suuntaviivat 1990-luvun alkupuoliskolla. Helsinki 1990.
56. Perälä, Jaakko & Reuna, Marja: Lumen vesiarvojen alueellinen vaihtelu Suomessa. Helsinki 1990.
57. Haja-asutuksen vedenhankinnan kehittäminen. Helsinki 1990.
58. Puustinen, Jukka: Typen merkitys rannikkovesien rehevöitymisessä. Helsinki 1990.
59. Oulun vesi- ja ympäristöpiiri: Pohjois-Pohjanmaan vedet ja ympäristö 1990-luvulla. Helsinki 1990.
60. Saviranta, Leena & Katko, Tapio (toim.): Kansainvälinen vesihuollon vuosikymmen 1981 - 1990 Suomessa. Helsinki 1990.
61. Katko, Tapio (ed.): The international drinking water and sanitation decade 1981 - 1990 in Finland. Helsinki 1990.
62. YV-projekti: Kokemuksia osallistumisesta ja vaikutusten arvioinnista vesiensuojelun suunnittelussa. Helsinki 1990.
63. Antikainen, Sari; Smolander, Ulla & Järvinen, Olli: Näytteenottomenetelmän luotettavuus luonnonvesien raskasmetalliseurannassa. Helsinki 1990.
64. Saarela, Jouko: Kaivosjätteiden geoteknisistä ominaisuuksista ja ympäristövaikutuksista. Helsinki 1990.
65. Turun vesi- ja ympäristöpiiri: Vesien käyttö ja hoito 1990-luvulla Varsinais-Suomi ja Etelä-Satakunta. Helsinki 1990.
66. Mukherjee, Arun B: The use of chlorinated paraffins and their possible effects in the environment. Helsinki 1990.
67. Assmuth, Timo: Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset. Riskikaatopaikkatutkimuksen pääraportti. Helsinki 1990.
68. Porvoonjoen kuormitus selvitystyöryhmä; Lehtonen, Eija & Penttilä, Sirpa (toim.): Porvoonjoen kuormitus selvitys. Helsinki 1991.
69. Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiri: Mikkelin läänin vesien hoito 1990-luvulla. Helsinki 1991.
70. Louekari, Kimmo; Saarikoski, Heli & Joki-Kokko, Eeva: Kadmium ympäristössä. Helsinki 1991.





ISBN 951-47-5710-6  
ISSN 0786-9592