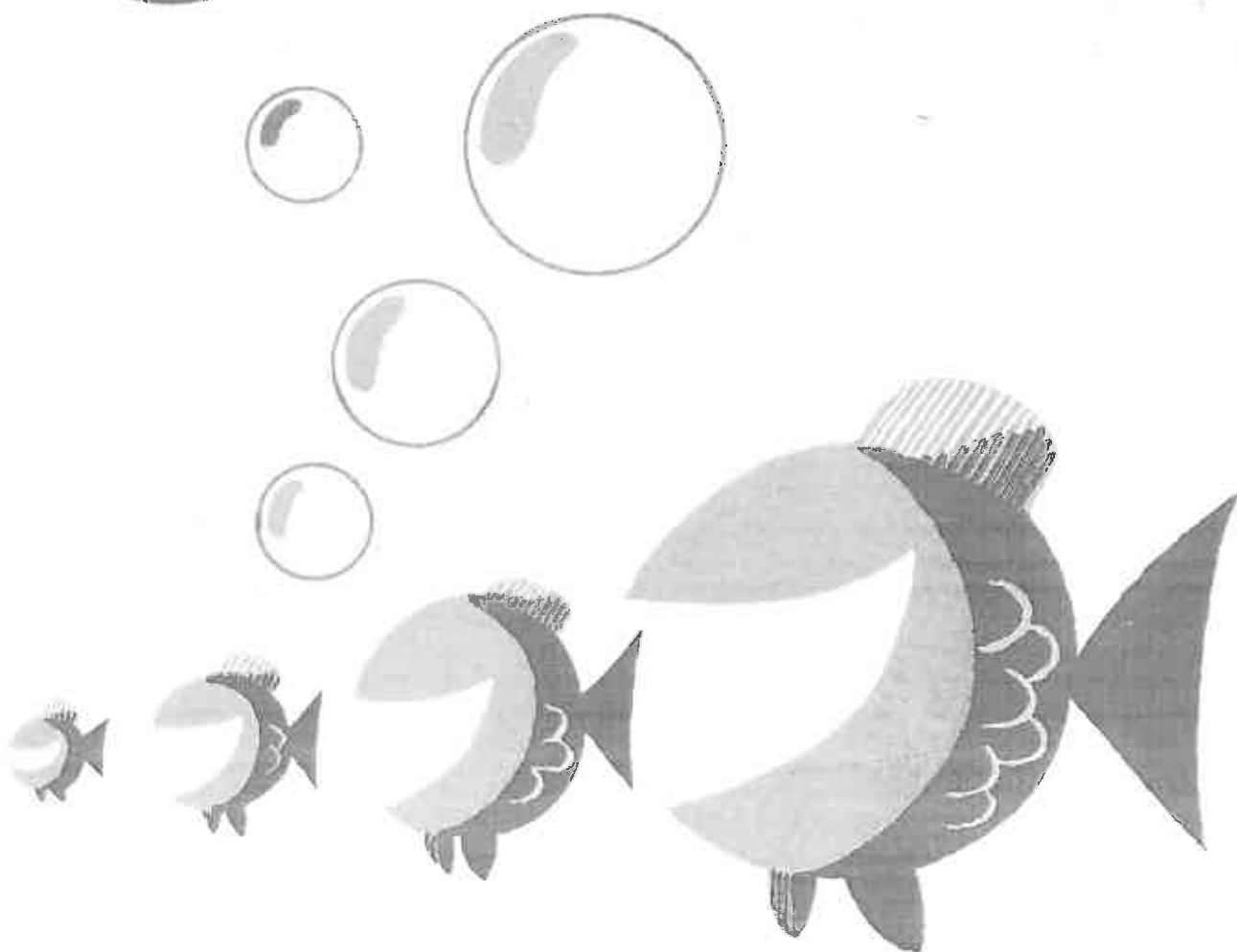


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO



MONISTETTUJA JULKAISUJA

23
1984





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUJA 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: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

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

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

RAUTARUUKKI OY:n RAUTUVAARAN KAIVOKSEN JÄTEVESIEN
VAIKUTUKSESTA TAIMENEN ALKIONKEHITYKSEEN JA POIKA-
SIIN

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto

Pekka Vuorinen

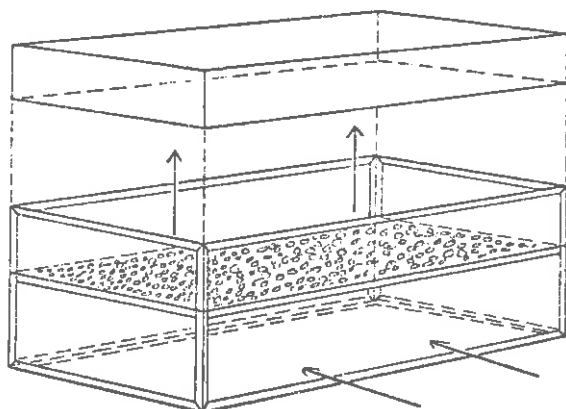
Helsinki 1981

JOHDANTO

Rautaruukki Oy on halunnut selvittää, voivatko yhtiön Rautuvaaran rautakaivoksen jätevedet vaarantaa Muonionjoen lohikalakantojen lisääntymistä ja menestymistä. Yhtiö kääntyi asiassa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston puoleen pyytäen asiantuntija-apua. Neuvottelujen tuloksena päädyttiin tutkimussopimukseen sumputuskokeen tekemisestä taimenen mädillä Niesajoessa, johon kaivoksen jätevedet lasketaan. Niesajoki, joka on entinen meritaimenen lisääntymisjoki, laskee puolestaan Muonionjokeen. Tutkimus tehtiin yhteistyössä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Muonion kalaviljelylaitoksen kanssa.

AINEISTO JA MENETELMÄT

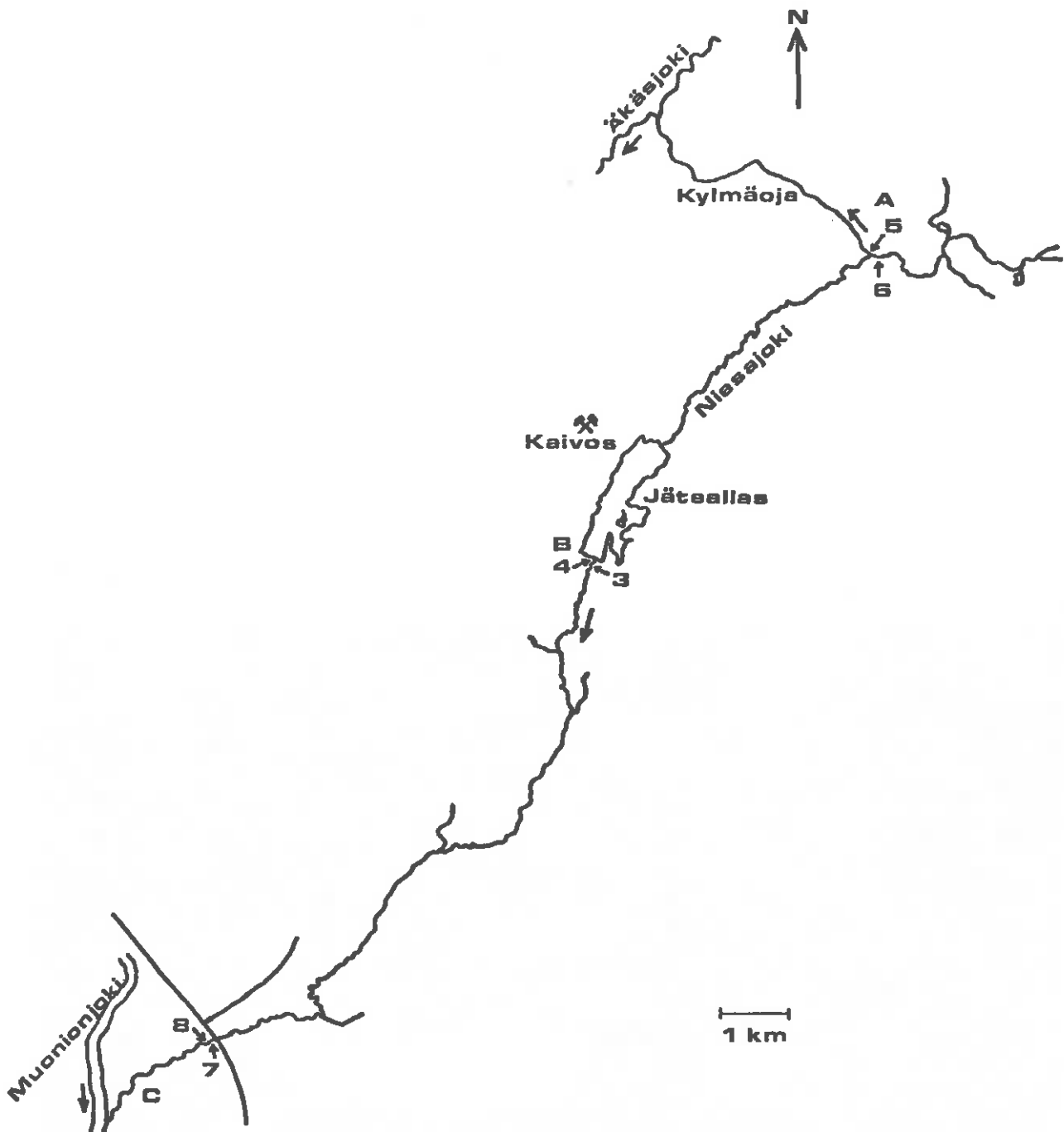
Sumpput valmistettiin haponkestävää ruostumatonta terästä olevasta seulakudoksesta (AISI 316) - silmä 3 mm ja langan paksuus 0,50 mm - ja vahvistettiin samaa materiaalia olevin reunalistoin. Sumpun mitat olivat: 30 cm x 20 cm x 15 cm (pituus, leveys, korkeus), ja välipohja oli 9 cm:n korkeudella pohjasta (kuva 1). Paremman virtauksen aikaansaamiseksi sumpun sivuille ja taka-seinälle kiinnitettiin akryylilevyt. Välipohjalle pantiin kerros sumppuverkolla seulottua, pestyä soraa, jonka päälle mätijyvässet sitten asetettiin. Mäti peitettiin vielä soralla.



Kuva 1. Sumpun kaavakuva. Sumpun verkkorakenne ja taka- ja sivuseinien akryylilevyt eivät näy kuvassa. Vesi virtaa sumpun läpi nuolien suuntaisesti.

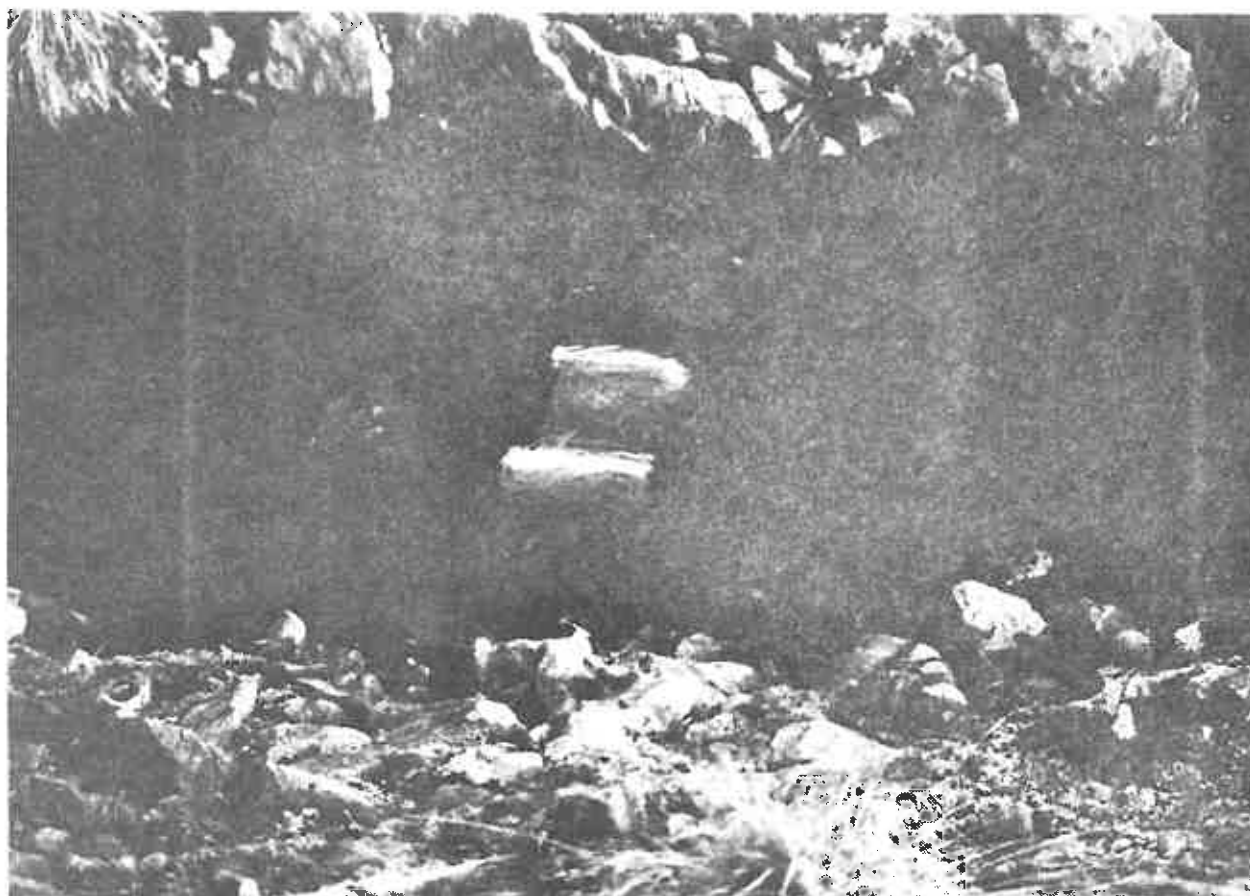
Kokeessa käytettiin Pallasjärven järvitaimenen mätiä. Mäti lypsettiin kolmesta naaraasta ja maiti kahdesta koiraasta aamulla 15.10.1980. Hedelmöityksen jälkeen mäti sai paisua noin kaksi tuntia, minkä jälkeen valkoisiksi muuttuneet munat poistettiin.

Mäti pakattiin kuljetusta varten muovipussissa muovisankoon. Kaksi sumpua (1 ja 2) ladattiin ja jätettiin haudontakaukaloon Muonion kalanviljelylaitokselle vertailuksi. Mädin kuljetus ensimmäiselle sumputuspaikalle vei noin kolme tuntia,



Kuva 2. Niesajoki. Kuvaan on merkitty kaivoksen paikka, jäteallas, sumputuspaikat (3-8) ja vesinäytepisteet (A-C). Suurimpien Niesajoen sivupurojen liittymät on myös merkitty.

ja kaikki sumput saatiin paikoilleen noin neljässä tunnissa. Sumputuspaikat on esitetty kuvassa 2. Vertailusumput asetettiin Niesajoen ja Kylmäojan yhtymäkohtaan, neljä kilometriä patoaltaasta ylävirtaan noin 10 metrin etäisyydelle toisistaan (sumput 5 ja 6). Kaksi sumppua asetettiin välittömästi patoaltaan alapuolelle - toinen (sumppu 4) mittapato-kuiluun mittapadon ylävirran puolelle ja toinen (sumppu 3) viisi metriä purkuaukosta alavirtaan, Niesajokeen (kuva 3). Neljäs sumppupari (7 ja 8) laskettiin Niesajokeen 50 metrin etäisyydelle toisistaan noin 10 kilometriä patoaltaasta alavirtaan, kaksi kilometriä ennen Niesajoen yhtymistä Muonionjokeen. Kuhunkin paikkaan pantiin kaksi sumppua sen varmistamiseksi, että ainakin toinen sumppu saataisiin takaisin vaurioi-



Kuva 3. Lähelle jätealtaan purkukohtaa alavirtaan asetettu sumppu (3). Se on ankkuroitu paikoilleen tiilikivillä. Kuva otettiin heti sumpun asettamisen jälkeen.

tumattomana. Lopullisissa tuloksissa sumpuparit on yhdistetty, koska rinnakkaissumpuista saatiin samanlaiset tulokset. Kaikki jokeen lasketut sumput asetettiin puhtaalle hiekkapohjalle 40 - 80 cm:n syvyyteen ja ankkuroitiin kivillä tai tiilillä paikoilleen.

Sumput nostettiin ylös ennen jäiden lähtöä, 23. - 24.4.1981, koska arveltiin jäidenlähdon mahdollisesti vaurioittavan sumpuja ja kuoriutuvien poikasten karkaavan sumpuista. Silloin jää oli noin 30 cm:n paksuista ja jäällä oli 80 cm lunta. Sumpua numero 5 ei tällöin yrityksistä huolimatta löydetty. Sumput siirrettiin mäteineen avaamattomina vedellä täytettyihin muovilaatikoihin ja kuljetettiin Muonion kalanviljelylaitokselle, jossa ne purettiin. Kuolleet alkiot poistettiin ja laskettiin, ja elävät - joissa silmät näkyivät pigmentoituneina - pantiin haudonta-alustoille edelleen kehittymään. Kuoriutuneet poikaset tutkittiin ja säilöttiin 15.6.1981, jolloin oli kulunut runsas viikko viimeisten poikasten kuoriutumisesta. Säilöntänesteenä oli aluksi (2 vuorokautta) 1:10 laimennettu formaliini ja sen jälkeen 70 %:nen alkoholi. Poikaset mitattiin ja punnittiin vasta syyskuussa, joten painot ovat jonkin verran liian pieniä siksi, että vesi ja rasvoja on uuttunut säilöntänesteseen. Koska kaikki poikaset on käsitelty samalla tavalla, ovat pituudet ja painot kuitenkin keskenään vertailukelpoisia. Pituuksien ja painojen tilastollisia eroja testattiin t-testillä ja epänormaalien määriä ja alkiokuolleisuutta nelikenttätestillä.

Vesinäytepisteet: A Niesajoen yläjuoksu, B jätealtaasta tuleva vesi ja C Niesajoen alajuoksu, on merkitty kuvaan 2. Vesinäytteiden analyysitulokset on esitetty taulukossa 1. Vesistönäytteet on analysoinut Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto ja jätevesinäytteet Pohjois-Suomen vesitutkimustoitto, Rautaruukki osakeyhtiö sekä Lapin vesipiirin vesitoimisto.

Taulukko 1. Sumputuspaikkojen läheltä otettujen vesinäytteen analyysitulokset: veden pH, sähkönjohtavuus (γ_{25} mS/m), kiintoainepitoisuus (mg/l), kemiallinen hapentarve (KHT, mg O_2 /l), kokonaistyppe (mg/l), kokonaisfosfori (μ g/l), sulfaattipitoisuus (SO_4 , mg/l), rautapitoisuus (Fe, mg/l), alkaliteetti (mval/l) ja liuenneen hapen pitoisuus (mg/l).

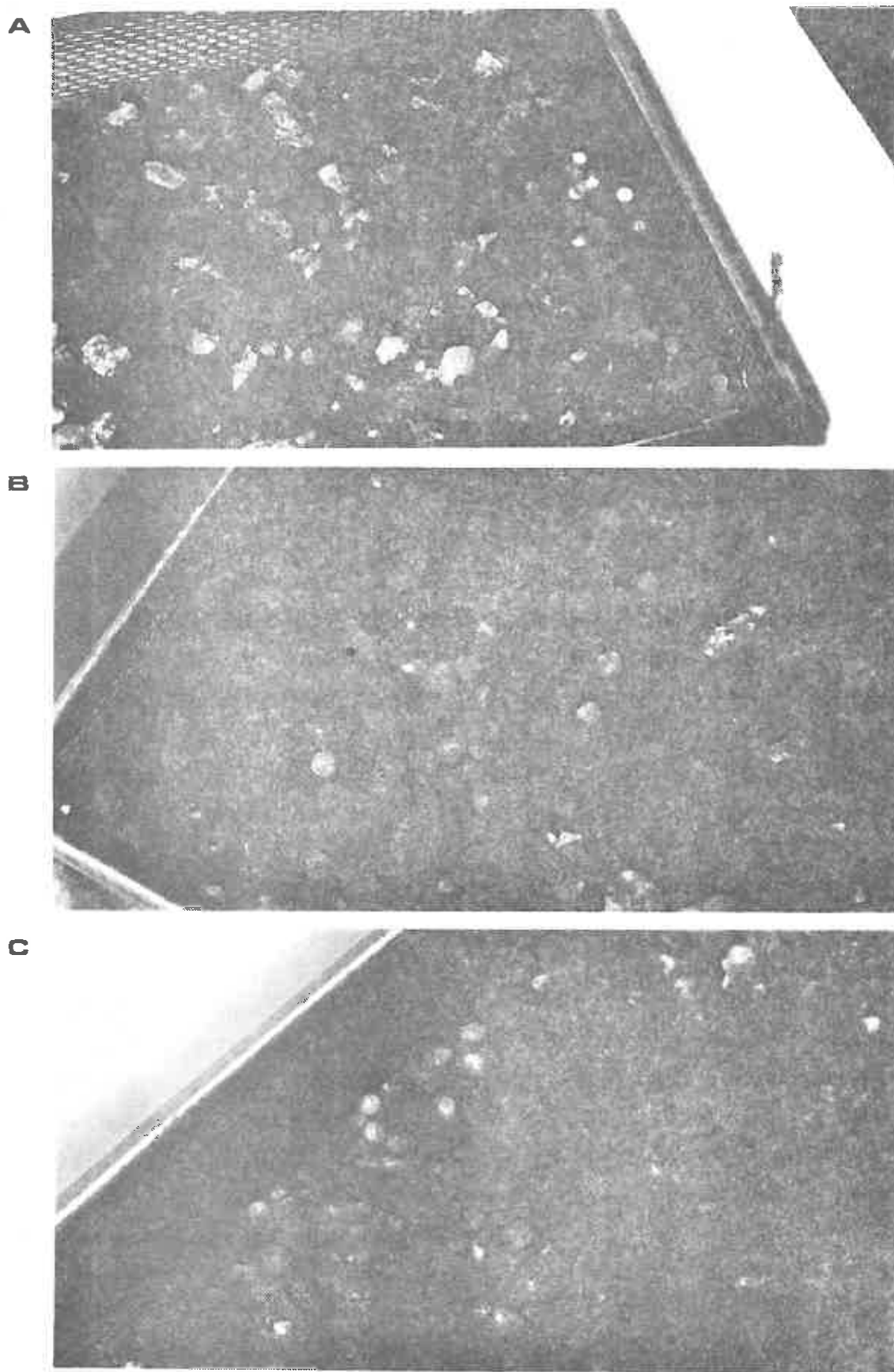
	Piste A				Piste B							Piste C			
	1980		1981		1980				1981			1980		1981	
	26.4.	30.8.	26.4.	25.8.	26.4.	30.8.	13.11.	8.12.	9.2.	13.5.	25.8.	26.4.	30.8.	26.4.	25.8.
pH	6,2	7,0	6,6	6,6	7,1	7,8	7,3	7,2	7,1	7,2	7,8	6,9	7,8	7,1	7,4
γ_{25} , mS/m	1,5	3,1	4,1	2,6	44,8	42,1	47,3	52,8	56,0	52,6	39,9	54,6	13,1	24,1	12,7
kiintoaine, mg/l	1,8	0,5	1,1	0,4	3,5	1,3	6,8	1,0	1,3	1,0	1,3	2,0	1,2	1,3	1,4
KHT, mg O_2 /l	3,0	3,0	1,0	7,7	2,4	2,4	2,3	1,8	2,1	2,3	2,6	3,0	3,4	1,9	9,1
Kok-N, mg/l	0,25	-	0,17	0,23	5,1	0,27	5,3	3,3	5,6	5,2	2,5	1,33	-	1,94	0,58
Kok-P, μ g/l	12	20	14	8	21	8	77	33	9	5	2	12	15	14	10
SO_4 , mg/l	1,8	3,4	5,0	1,8	20	105	-	162	-	142	166	34,0	20,0	53,0	33,0
Fe, mg/l	0,18	0,21	0,36	0,25	0,33	0,14	-	-	-	0,64	0,21	0,61	0,39	0,34	1,00
alkaliniteetti, mval/l	0,19	0,18	-	-	1,84	1,42	-	-	-	-	-	0,84	0,70	-	-
happi, mg/l	-	-	-	-	6,8	9,4	-	-	-	-	9,7	-	-	-	-

TULOKSET

Patoaltaan lähellä alavirrassa olleissa sumpuissa (sumput 3 ja 4) alkioiden kuolleisuus joessa sumputusaikana oli 97,5 %, eli selvästi suurempi kuin muualla (taulukko 2, s. 9). Nämä sumput olivatkin kauttaaltaan vahvan punaruskean sakan peitossa (kuva 4). Sakan väri aiheutuu vesianalyysitulosten (taulukko 1) perusteella ilmeisesti ferrihydroksidista. Kuitenkin mittapadon ylävirrassa olleesta sumpusta löytyi 5 elävää alkiota ja joessa purkuaukon alavirrassa olleesta sumpusta 1 elävä alkio. Myös kauempana (10 km) purkuaukosta olleet sumput (7 ja 8) olivat ferrihydroksidipitoisen sakan peitossa, samoin kuin joen kasvit ja kivetkin (kuva 4).

Patoaltaan lähellä alavirrassa olleista sumpuista (3 ja 4) löytyneet alkiot kehittyivät kalanviljelylaitoksella poikasiksi, mutta kaikilla oli kehityshäiriöitä (taulukko 2). Poikasten kuoriutumistuloksessa kalanviljelylaitoksessa ja joessa olleissa vertailusumpuissa (1+2 ja 6) ei ollut eroja. Sen sijaan verrattaessa 10 km patoaltaasta alavirtaan olleiden sumpujen (7 ja 8) kuoriutumistulosta joko joessa tai laitoksessa olleisiin vertailusumppuihin (1+2 ja 6) havaitaan, että kuoriutumistulos niissä oli huonompi (kuva 5, taulukot 2 ja 3). Lisäksi patoaltaan alavirrassa olleiden sumpujen (7 ja 8) kuoriutuneista poikasista kuoli suurempi osa kuin vertailusumputuksissa. Epänormaalina kuoriutuneiden määrässä oli merkitsevä ero verrattaessa kalanviljelylaitoksessa olleiden sumpujen tulosta joessa olleeseen vertailusumppuun tai kauempana patoaltaan alavirrassa olleeseen sumpupariin. Kuitenkin joessa olleesta vertailusumpusta (6) kuoriutui epänormaaleja poikasia yhtä paljon kuin 10 km patoaltaasta alavirtaan olleista sumpuista (sumput 7 ja 8, ks. taulukot 2 ja 4). Eri sumpujen epänormaaleissa poikasissa ei ollut mitään tyypillisiä eroja.

Kuoriutuneiden poikasten painot ja pituudet on esitetty taulukossa 5. Kalanviljelylaitoksessa olleiden sumpujen (1 ja 2) poikaset olivat suurimpia. Joessa olleen vertailusumpun (6) ja purkuaukon alavirrassa olleiden sumpujen (7 ja 8) poikaset sen sijaan olivat yhtä suuria (taulukko 6).



Kuva 4. Sumput kuvattuna kalanviljelylaitokselle kuljettamisen jälkeen. A. vertailusumppu Niesajoen yläjuoksulta, B. sumppu 10 km jätealtaasta alavirtaan ja C. jätealtaan lähellä alavirrassa ollut sumppu (sama kuin kuvassa 3).

Taulukko 2. Kuolleiden alkioiden ja kuoriutuneiden poikasten määrät eri sumputuspaikoista: 1+2 vertailusumput kalanviljelylaitokselta, 3+4 sumput heti jäte-altaan purkukohdan alavirrasta, 6 vertailusumppu Niesajoen yläjuoksulta ja 7+8 sumput 10 km alavirtaan jätealtaasta.

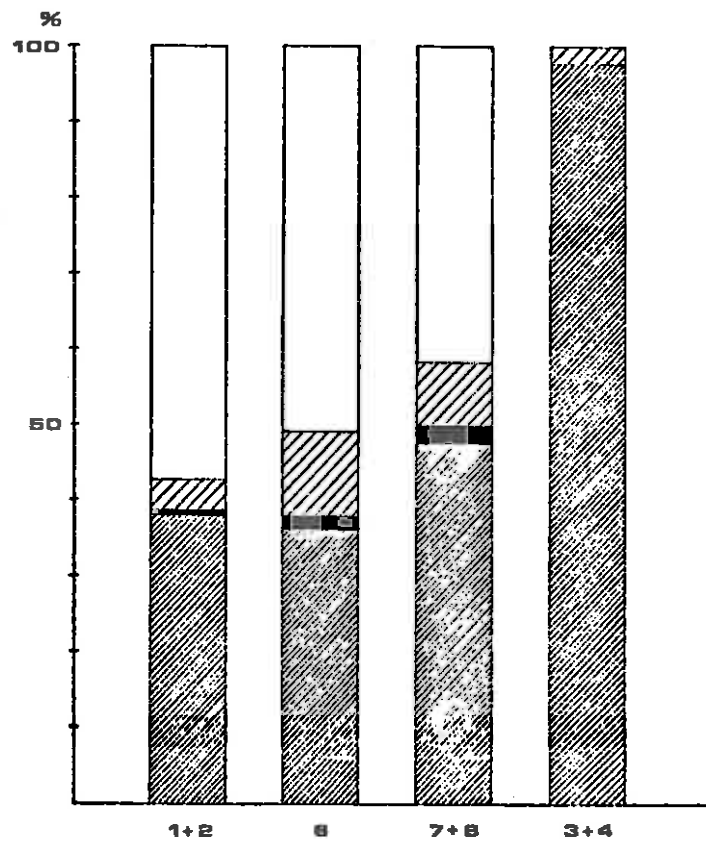
Sumppu n:o	n kpl	kuolleet alkio %			kuoriutuneet %			
		24.4.	15.6.	yht.	norm.	epänorm.	kuoll.	yht.
1+2	349	23,5	14,9	38,4	57,3	4,0	0,3	61,6
3+4	246	97,6	0	97,6	0	2,4	0	2,4
6	132	25,0	11,4	36,4	50,8	11,4	1,4	63,6
7+8	250	24,4	23,2	47,6	41,6	8,4	2,4	52,4

Taulukko 3. Alkiokuolleisuuden vertailu eri sumputuspaikoissa: χ^2 :n arvo ja tilastollinen merkitsevyys. Selitykset taulukossa 2.

	1+2 - 6	1+2 - 7+8	6 - 7+8	1+2 - 3+4	6 - 3+4	7+8 - 3+4
χ^2	0,04	8,93	3,65	214,00	110,00	152,00
P <	NS	0,01	0,1	0,001	0,001	0,001

Taulukko 4. Epänormaaleina kuoriutuneiden määrien vertailu eri sumputuspaikoista: χ^2 :n arvo ja tilastollinen merkitsevyys. Selitykset taulukossa 2.

	1+2 - 6	1+2 - 7+8	6 - 7+8
χ^2	7,98	7,89	0,01
P <	0,01	0,01	NS



Kuva 5. Normaaliin kuoriutuneiden (□) ja epänormaalien (▨) ja kuolleiden kuoriutuneiden (■) poikasten sekä alkioina kuolleiden (▩) määrät eri sumputuspisteissä. Selitykset taulukossa 2.

Taulukko 5. Eri sumputuspaikkojen poikasten märkä- ja kuivapainot sekä pituudet (keskiarvo \pm keskivirhe). Selitykset taulukossa 2.

Sumppu n:o	n kpl	märkápaino g	kuivapaino	pituus mm
1 + 2	49	0,074 \pm 0,0011	0,023 \pm 0,0004	21,0 \pm 0,1
6	25	0,067 \pm 0,0011	0,025 \pm 0,0007	18,2 \pm 0,1
7 + 8	49	0,069 \pm 0,0007	0,027 \pm 0,0004	18,0 \pm 0,1

Taulukko 6. Eri sumputuspaikkojen poikasten märkä- ja kuivapainojen sekä pituuksien vertailu: t:n arvo ja tilastollinen merkitsevyys. $p < 0,1$ = suuntaa antava, $p < 0,05$ = jokseenkin merkitsevä, $p < 0,01$ = merkitsevä, $p < 0,001$ = hyvin merkitsevä ja NS = ei-merkitsevä, muut selitykset taulukossa 2.

	1+2 - 6			1+2 - 7+8			6 - 7+8		
	märkä-paino	kuiva-paino	pituus	märkä-paino	kuiva-paino	pituus	märkä-paino	kuiva-paino	pituus
t	3,92	3,30	16,05	3,46	6,86	23,07	1,82	2,00	1,35
p <	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1	0,05	NS

JOHTOPÄÄTÖKSET

Taimenen alkionkehitys ei onnistu välittömästi patoaltaan purkuaukon alavirrassa. Tämä johtuu ilmeisesti ferrihydroksidipitoisen sakan kerrostumisesta mätimunän pintaan, minkä seurauksena alkion hengityskaasujen vaihto vaikeutuu ja alkio lopulta tuhoutuu.

Alavirrassa, noin 10 kilometriä patoaltaan purkuaukosta, poikasia kuoriutui vähemmän kuin vertailukokeissa, mutta epänormaalisuuksia ei ollut sen enempää. Kuoriutuneet poikaset olivat yhtä suuria kuin ylävirran vertailusumputuksessa. Kuoriutuneista poikasista tosin kuoli pian kuoriutumisen jälkeen suurempi osa kuin vertailukokeissa (taulukko 2.). Kaivoksen jäteveden vaikutus taimenen alkionkehitykseen tuntuu siis lievänä vielä 10 kilometrin päässä Niesajoen alavirrassa, noin kaksi kilometriä ennen Niesajoen yhtymistä Muonionjokeen.

**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,
KALANTUTKIMUSOSASTO**

MONISTETTUJA JULKAISUJA

- No 3. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn III neuvottelupäivät 8.—9.5.1979 Laukaan Pitkäniemessä. Helsinki 1981. 90 s.
- No 4. HEIKINHEIMO-SCHMID, O.: Siian ravinnosta luonnontilaisessa ja säännöstellyssä järvessä. Helsinki 1982. 64 s.
- No 5. SEPPOVAARA, O.: Harjuksen (*Thymallus thymallus* L.) levinneisyys, biologia, kalastus ja hoitotoimet Suomessa. Helsinki 1982. 88 s.
- No 6. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1982. Helsinki 1982. 146 s.
- No 7. AUVINEN, H., TOIVONEN, J., HEIKKINEN, T. ja MANNINEN, K.: Kalastus Vuoksen vesistön eteläosissa vuonna 1979. Helsinki 1983. 16 s.
- No 8. NIEMELÄ, E. ja HYNINEN, P. R.: Utsjoen tunturivesien kalakantojen hoitosuunnitelma. Helsinki 1983. 114 s.
- No 9. BÖHLING, P., LEHTONEN, H. ja VIITANEN, M.: Saaristomeren pohjoisosan kalatalouden nykytila. 1—85.
LEHTONEN, H., BÖHLING, P. ja HILDÉN, M.: Saaristomeren pohjoisosan kalavarat. 86—140. Helsinki 1983.
- No 10. SALOJÄRVI, K., HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja JUTILA, E.: Hyrynsalmen reitin kala- ja rapukannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi. Helsinki 1983. 96 s.
- No 11. SALOJÄRVI, K., HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja VIHERVUORI, A.: Sotkamon reitin kala- ja rapukannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi. Helsinki 1983. 99 s.
- No 12. WESTMAN, K., TUUNAINEN, P., JURVELIUS, J. and PURSIAINEN, M.: Country Report of Finland for the Intersessional Period 1978—1980. 1—25.
JURVELIUS, J., PURSIAINEN, M., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P.: Country Report of Finland for the Intersessional Period 1980—1982. 26—52. Helsinki 1983.
- No 13. Saaristomeren pohjoisosan kalatalouden kehittämissuunnitelma. Helsinki 1983. 48 s.
- No 14. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn IV neuvottelupäivät 9.—10.4.1980 Lammin biologisella asemalla. Helsinki 1983. 70 s.
- No 15. TOIVONEN, J., IKONEN, E., LINDSTRÖM, A., ALAPASSI, T. ja KOKKO, U.: Järvitaimenen merkittyjen poikasten istutukset Suomessa vuosina 1959—1969. Helsinki 1983. 226 s.
- No 16. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1983. Helsinki 1983. 143 s.
- No 17. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn V neuvottelupäivät 2.—3.4.1981 Laukaan Pitkäniemessä. Helsinki 1984. 67 s.
- No 18. KOLJONEN, M—L.: Ihmisen toiminnan vaikutus lohen perinnölliseen rakenteeseen. Helsinki 1984. 39 s.
- No 19. KEINÄNEN, A.; Konneveden kalasto ja kalastus vuosina 1969—1970. Helsinki 1984. 55 s.
- No 20. PRUUKI, V.; Peledsiian (*Coregonus peled* (Gmelin)) ja planktonsiian (*Coregonus muksun* (Pallas)) kantojen arviointi ja istutusten kannattavuus kahdessa eteläsuomalaisessa pienjärvessä. Helsinki 1984. 55 s.
- No 21. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1984. Helsinki 1984. 150 s.
- No 22. NIEMELÄ, E. ja NIEMELÄ, M.: Ulkopaikkakuntalaisten virkistyskalastus Tenojoen kalastusalueella Suomen puolella vuosina 1981 ja 1982. Helsinki 1984. 70 s.

SISÄLTÖ

VUORINEN, P.J., VUORINEN, M., NYHOLM, K., SOIVIO, A. ja OIKARI, A.: Fysiologisten menetelmien soveltaminen kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen	1—34
VUORINEN, P.J., VUORINEN, M. ja NYHOLM, K.: Vesistöihin joutuvien aineiden haitallisista vaikutuksista kaloihin ja vaikutusten tutkimusmenetelmistä	35—118
OIKARI, A., SOIVIO, A., VUORINEN, M., VUORINEN, P.J. ja NYHOLM, K.: Metsäteollisuuden jätevesistä ja jätevesikomponenteista sekä niiden vaikutuksista kaloihin	119—192
VUORINEN, P.J.: Rautaruukki Oy:n Rautavaaran kaivoksen jätevesien vaikutuksesta taimenen alkionkehitykseen ja poikasiin	193—206