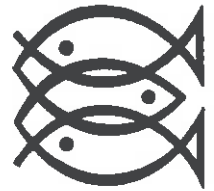
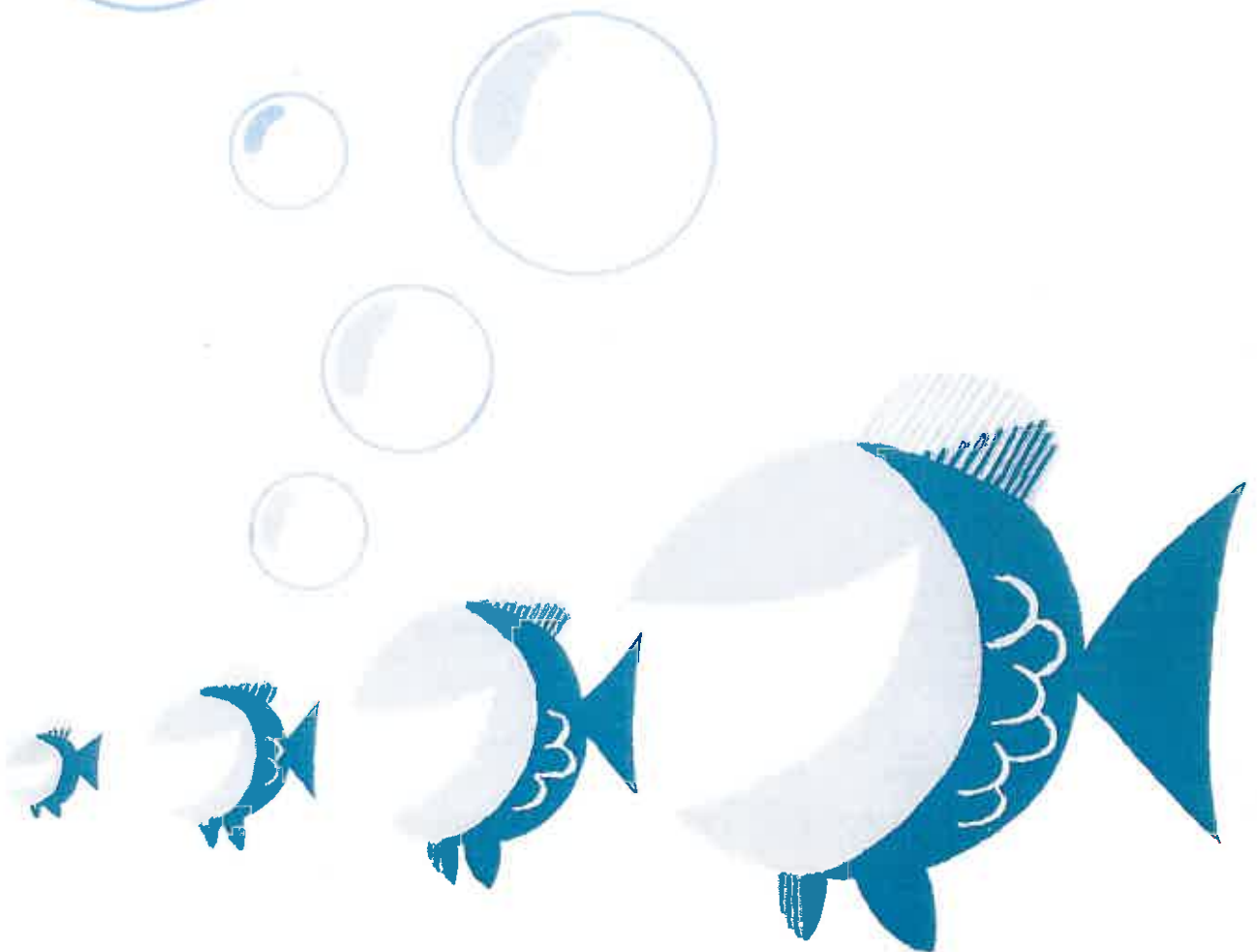


RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA- FISKUNDERSÖKNINGAR



6
1990



RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR



Vastaava toimittaja: Eero Aro

Toimittajat: Mikael Hildén, Aimo Järvinen, Marja-Liisa Koljonen, Finn Löf, Eija Nylander, Riitta Rahkonen, Petri Suuronen, Lauri Urho ja Aune Vihervuori

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto
Kalanviljelyosasto
PL 202
00151 Helsinki

puh. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar sarjassa julkaistaan kalatalouteen liittyviä tutkimuksia, suunnitelmia, raportteja, selvityksiä, lausuntoja, esitelmiä sekä tutkimusten aineistoja tai muita vastaavia kirjoituksia. Julkaisukieliä ovat pääsääntöisesti suomi ja ruotsi. Kirjoitusohjeita on saatavilla Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tietopalvelussa (PL 202, 00151 Helsinki).

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen. Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan tietopalveluun.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar on jatkoa sarjoille: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–97), "Tiedonantoja" (no:t 1–24) ja "Meddelanden" (no:t 1–21).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research" ja "Suomen Kalatalous".

Ansvarig redaktör: Eero Aro

Redaktörer: Mikael Hildén, Aimo Järvinen, Marja-Liisa Koljonen, Finn Löf, Eija Nylander, Riitta Rahkonen, Petri Suuronen, Lauri Urho ja Aune Vihervuori

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Fiskeriforskningsavdelningen
Fiskodlingsavdelningen
PB 202
00151 Helsingfors

tel. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

I serien Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar publiceras undersökningar, planer, rapporter, utredningar, utlåtanden, föredrag samt forskningsmaterial eller motsvarande artiklar som behandlar fiskerihushållningen. Publikationsspråket är i huvudsak finska och svenska. Skrivinstruktioner kan erhållas från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets informationstjänst (PB 202, 00151 Helsingfors).

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer. Förfrågningar angående tidskriften bör riktas till informationstjänsten.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar är en fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–97), "Tiedonantoja" (nr 1–24) och "Meddelanden" (nr 1–21).

Övriga publikationsserier från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets fiskeriforskningsavdelning och fiskodlingsavdelning är "Finnish Fisheries Research" och "Suomen Kalatalous".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 6

1990

**Vuorikemian tehtaiden jätevesien kalataloudellisista
vaikutuksista Porin edustan merialueella**
Hannu Lehtonen

**Silakoiden vaellukset Selkämerellä keväällä 1982 suoritettujen merkintöjen
perusteella**
Raimo Parmanne ja Juhani Salmi

**Silakan troolipyynnin kehittyminen Porin edustan merialueella syksyllä 1976–85
ja silakoiden kasvu, kuntokerroin ja poikasten määrä Selkämerellä**
Raimo Parmanne

**Kalastajien havaintoja pyydyksissä tapahtuneista
kalakuolemista Selkämerellä 1980-luvulla**
Hannu Lehtonen ja Aimo Järvinen

Siiian mädin sumputuskokeet Porin edustalla 1985
Aimo Järvinen ja Hannu Lehtonen

Kalojen sumputuskokeet Porin edustalla 1985
Aimo Järvinen, Hannu Lehtonen ja Göran Bylund

**Vuorikemian tehtaiden jätevesien vaikutuksista silakan
alkionkehitykseen ja poikasten elinkykyyn**
Panu Oulasvirta ja Jouko Rissanen

Helsinki 1990

ISSN 0787-8478

Helsinki 1990

Yliopistopaino

**Vuorikemian tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista Porin
edustan merialueella**

Hannu Lehtonen

1. JOHDANTO

Kemira Oy:n Porin Vuorikemian tehtaiden jätevesien aiheuttamia kalataloudellisia muutoksia on tutkittu 1970- ja 1980-luvulla kenties tehokkaammin kuin minkään muun Suomen rannikolla sijaitsevan tehtaan ympäristövaikutuksia. Siitä huolimatta ensimmäinen tutkimus tehtiin vasta vuonna 1971 eli kymmenen vuotta tehtaan käynnistymisen jälkeen (Seppänen ja Shemeikka 1972). Laajahkoja tutkimuksia jätevesien käyttäytymisestä ja vaikutuksista on sittemmin ilmestynyt vuonna 1975 (Voipio ja Niemistö), 1976 (Lehtonen) ja 1983 (Silakan troolisaaliiden vähenemisen syitä Selkämerellä, Meri no. 12). Näiden lisäksi Turun vesipiirissä on tutkittu ja seurattu monipuolisesti jätevesien vesistövaikutuksia (Häkkilä 1980a, 1980b, 1981, 1983, 1985, Häkkilä ym. 1978). Nyt valmistuneet tutkimukset tehtiin pääosin valtion tutkimuslaitosten yhteistyönä vuosina 1984 ja 1985 ja niihin osallistui lukuisia tutkijoita. Tutkimusten tieteellistä tasoa ja johtopäätösten oikeellisuutta valvoivat apul.prof. Rolf Kristofferson (Helsingin Yliopisto), prof. Pekka Tuunainen (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos) ja prof. Aarno Voipio (Merentutkimuslaitos). He laativat 1.11.1984 päivätyn suunnitelman, jossa esitettiin suoritettavaksi tutkimuksia, jotka edistävät seuraavien Vuorikemian tehtaiden vaikutusten selvittämistä:

- A. Jätevesien vaikutukset kalojen mädin kehittymiseen, saalis-
kalojen paikalliseen runsauteen sekä kalojen kuolevuuteen
Porin lähellä ja muualla Selkämerellä.
- B. Muut biologiset vaikutukset näillä alueilla.
- C. Veden ja merenpohjan kemiallisissa ominaisuuksissa tapah-
tuneet muutokset.
- D. Mahdollisuudet arvioida mallien avulla jäteveden leviämistä
ja vaikutuksen ulottuvuutta.

D-kohdan mallityön suorittamista ei pidetty silloisessa tilan-
teessa mahdollisena käynnistää riittävän nopeasti, mistä syystä
tutkimukset koskivat kohtia A - C. Rahoitukseen osallistuivat
Kemira Oy:n lisäksi Ympäristöministeriö sekä Riista- ja kala-

talouden tutkimuslaitos ja Merentutkimuslaitos virkatyöllään ja tarvikekulujen korvauksella.

Seuraavassa tarkastellaan kalataloudellisten tutkimusten osalta sitä, mitä uutta verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin saatiin selville.

2. KALOJEN MÄDIN KEHITTYMINEN JA SAALISKALOJEN RUNSAUS

Siian ja silakan mädin sumputuskokeet (Järvinen ja Lehtonen 1990, Oulasvirta ja Rissanen 1990) osoittivat alueen, jolla jätevesi saattaa tuhota mädin, rajoittuvan etelässä ja pohjoisessa ainakin 6 - 7 km etäisyydelle purkupaikasta. Mädin tuhoutumista ja vähäisempiä haittavaikutuksia havaittiin voivan esiintyä tätä kauempanakin. Tältä osin tutkimus ei muuttanut jo Lehtosen (1976) tutkimuksessa todettua pysyvälouenteisen haitta-alueen laajuutta. Silakan mädin kuolevuudesta saatiin ensimmäiset tiedot (Oulasvirta ja Rissanen 1990) ja ne osoittivat mädin voivan kuolla lähes täydellisesti hautoutumisaikaisten epäedullisten virtausten johdosta. Rautaa todettiin kertyvän munien pinnalle huomattavan laajalla alueella. Lisäksi todettiin, että 0,1 - 0,2 % jätevesipitoisuus tappaa välittömästi kaikki silakan kehitysvaiheet ja vielä 0,01 % pitoisuus aiheuttaa selviä haittavaikutuksia (Oulasvirta ja Rissanen 1990). Nämä havainnot mahdollistavat mm. suunnitelmassa olleen D-kohdan mukaisten mallien laatimisen jätevesien vaikutuksista mädin kehittymiselle.

Silakan poikasten määrää Porin edustalla voidaan pitää normaalina Selkämeren alueella. Siitä huolimatta troolisaaliit ovat olleet syksyisin poikkeuksellisen pieniä 1970-luvun lopulta alkaen (Tulkki ym. 1983, Parmanne 1990). Akvaariokokeet osoittivat jätevesien karkoittavan silakoita jo hyvin pieninä pitoisuuksina (Hernejärvi 1983), mistä johtuen oletetaan osan silakoista syksyllä poistuvan muualle, niille sopivampaan ympäristöön. Silakan karkoittumista syksyllä ja talvella voidaankin perustellusti pitää suurimpana Vuorikemian jätevesien kalataloudellisena haittavaikutuksena. Kalamerkinnoilla (Parmanne ja Salmi

1990) ei kuitenkaan voitu osoittaa tiettyjä alueita, minne Porin lähivesillä kutevat silakat kerääntyisivät syksyisin. Tältä osin kysymys jäi siis edelleen avoimeksi.

Kalastaja Into Sandbergin monikymmenvuotisten, seikkaperäisten muistiinpanojen pohjalta laadittiin tutkimus tärkeimpien saalislajien yksikkösaaliin ja sen arvon muuttumisesta Tahkoluodon edustalla (Lehtonen ym. 1989). Silakan rysäpyynnissä yksikkösaaliin arvo putosi puoleen jo 1960-luvun puolivälissä. Siian pesäverkkokalastuksessa pieneneminen tapahtui 1960-luvun alkupuolella. Syynä silakkasaaliin pienenemiseen pidettiin lisääntymisessä tapahtuneita muutoksia. Ilmeisesti jätevesien vaikutusalueella kuteva silakkapopulaatio pieneni ja teki suuria investointeja vaativan rysäpyynnin kannattamattomaksi. Normaalina pysyneet poikasmäärät (Parmanne 1990) ovat selitettävissä poikasten kulkeutumisella alueelle virtausten mukana. Siikasaaliiden muutokset kuvaavat muutoksia paitsi Porin edustalla, myös muualla Pohjanlahdella. Kuitenkaan koko Pohjanlahdella tapahtuneet muutokset eivät selitä, miksi Sandbergin siikayksikkösaaliit eivät alkaneet kasvaa jälleen 1960-luvun lopulla ja 1970-luvulla, jolloin saaliit kasvoivat muualla Pohjanlahdessa. Karkoittuminen jätevesien vaikutusalueelta lieneekin todennäköisin syy havaittuihin saalismenetyksiin (Lehtonen ym. 1989).

Kalastajien kärsimien taloudellisten menetysten määrä saattaa olla huomattava. Silakan ja siian saalisaleneman kompensointumista on tapahtunut lähinnä kasvaneiden kuore- ja meritaimensaaliiden sekä maksettujen rahallisten korvausten muodossa. Nämä eivät kuitenkaan ole kompensoineet menetyksiä, joiksi esimerkiksi Into Sandbergin osalta arvioitiin keskimäärin 70 000 - 80 000 markkaa vuodessa (1988 rahanarvon mukaan). Hänelle maksetut kertakaikkiset korvaukset olivat kaikilta vuosilta 1988 rahanarvon mukaan laskettuna noin 120 000 markkaa. Mainittakoon, että 1950-luvun lopulla, siis juuri ennen Vuorikemian tehtaiden käynnistymistä, Sandbergin saavuttama tulotaso oli 80 000 - 90 000 mk/v. (1988 rahassa).

Kaikissa tutkimuksissa on todettu pohjaeliöstön puuttuminen tai paha vaurioituminen 8 - 20 km säteellä. Vuonna 1985 tehdyt tutkimukset osoittivat tämän alueen pienentyneen (Sunila 1985). Ravintotilanteessa tapahtuvat muutokset lienevät vaikuttaneet osaltaan myös kalojen viihtyvyyteen alueella.

3. KALOJEN KUOLEVUUS PYYDYKSISSÄ JA KALATAUDIT

Tutkimuksissa selvitettiin kalojen kuolevuutta sumpuissa sekä kyseltiin kalastajien havaintoja pyydyksiin kuolleista kaloista. Sumputuskokeissa (Järvinen ym. 1990) ei havaittu oleellisia muutoksia jäteveden akuutisti tappavan vaikutusalueen laajuudessa vuoden 1974 tutkimukseen verrattuna (Lehtonen 1976). Kalastajat ilmoittivat havaitsemistaan kalakuolemista huomattavasti aikaisemmin tiedossa ollutta aluetta laajemmalla alueella. Vuorikemian jätevesien aiheuttamat kalakuolemat rajoittuivat kuitenkin Kaijakarın-Reposaaren ja Outoorin väliselle merialueelle. Muualakin tosin todettiin yllättäviä, pyydyksissä olevien kalojen kuolemisia, mutta kaloista ja veden laadusta samanaikaisesti tehdyt havainnot eivät viittaneet Vuorikemian jätevesiin.

Silakoiden silmäsairauksia on tutkittu useassa yhteydessä 1980-luvulla. Ilmiö on selitetty 1) sideroottiseksi, johtuen Vuorikemian tehtaiden jätevesien sisältämästä raudasta (Järvinen 1982) ja 2) myksobakteerien aiheuttamaksi (Bylund 1983). Yksiselitteistä tulosta ei saatu myöskään vuosien 1984 ja 1985 tutkimuksissa, mutta sumputuskokeet viittaavat siihen, että valon määrä saattaa liittyä harmaasilmäisyyteen (Lindström ym. 1985). Silakkoille kehittyi linssikaihia sekä rysässä että sumpussa erityisesti valossa lähellä pintaa. Sen sijaan harmaasilmäisyyttä ei havaittu ulkona valossa suoritetuissa allaskokeissa. Siksi näyttää todennäköiseltä, että ainakin osittain silmien vahingoittuminen aiheutuu mekaanisesti kalojen pyrkiessä uimaan hapaan läpi. Jätevesien aiheuttamien silmävaurioiden kalataloudellista merkitystä ei voida arvioida ilman lisätutkimuksia. Käytettävissä olevien havaintojen perusteella niiden kalataloudellista merkitystä ei kuitenkaan voi pitää suurena (Parmanne ym. 1986).

SAMMANDRAG: FISKERIEKONOMISKA EFFEKTER AV AVLOPPSVATTNEN FRÅN VUORIKEMIAS FABRIKER I HAVSOMRÅDET UTANFÖR BJÖRNEBORG

Under åren 1984 - 1985 deltog flera forskningsinstitut undersökningar, vilkas syfte var att undersöka avloppsvattens inverkan på a) fiskarnas reproduktion och fiskbeståndets täthet, b) övriga biologiska nivåer och c) vattnets och bottenets kemiska egenskaper. I denna undersökning framställs resultaten från de fiskeribiologiska undersökningarna. Fiskkrommen kan dö nästan totalt i området vid ogynnsamma strömningsförhållanden. 0,1 - 0,2 % avloppsvattenkoncentration dödar omedelbart alla strömmingens utvecklingsstadier och ännu 0,01 % koncentration förosakar tydliga skadeeffekter. Oavsett den stora äggdödligheten, finns i området normala mängder strömmingsyngel p.g.a. passiv drift från andra havsområden. Dåliga trålfångster på hösten beror på att strömmingen undviker avloppsvattenpåverkade områden. Direkt fiskdöd, som förorsakats av avloppsvatten från Vuorikemia fabriker, begränsar sig till 5 - 6 kilometers radie från avloppsröret.

Enligt en långvarig fiskejournalföring utförd av Into Sandberg, minskade enhetsfångstens värde i strömmingryssjefisket per dag till hälften i mitten av 1960 -talet. Vid siknätfisket skedde minskningen i början av 1960 -talet. Vuorikemia fabriker började avloppsvattenbelastningen år 1961. Den mest sannolika förklaringen är, att fiskar undvikar det påverkade området. Den uppskattade inkomstförlusten var i slutet av 1960 -talet 70 000 - 80 000 mk/år (enligt penningvärde 1988). Detta jämfördes med den ersättning, som han fått (sammanlagt c. 120 000 mk).

Orsaken till ögonsjukdomar hos strömmingar har förklarats på två olika sätt. De kan vara siderotiska p.g.a. järn eller förorsakade av myxobakterier. Sumpningsförsök visar att även ljuset har någon effekt på dem. En del av ögonskadorna är säkert mekaniska. Dessa fiskeriekonomiska inverkan kan inte beräknas utan tilläggsundersökningar, men de anses vara ganska små.

SUMMARY: EFFECTS OF EFFLUENT FROM THE VUORIKEMIA TITANIUM DIOXIDE FACTORY ON FISH STOCKS AND FISHERIES OFF PORI, THE BOTHNIAN SEA

A number of Finnish research institutes took part during 1984 - 1985 in investigating the effects of effluents from the Vuorikemia titanium dioxide factory on the coastal sea area off Pori (Bothnian Sea). Special attention was paid to a) fish reproduction and the strength of fish stocks, b) other biological levels, and c) the chemical quality of the water and sea bed. This volume reports on the results related to fish biology and fish stocks.

The effluent was found to be hazardous to all developmental stages of fish even at a 0.01 % concentration. Due to water currents, the eggs laid by the Baltic herring are potentially endangered over a vast coastal area. The abundance of herring juveniles is still maintained at normal levels, however, due to passive drift from other areas. The poor bottom trawl catches of herring in autumn may be due to avoidance reactions by the fish with respect to the near-bottom water layer. Fish deaths in the fishing gear were not noticed any farther away than 5 - 6 km from the outlet.

According to diaries kept by a fisherman, Into Sandberg, for nearly forty years, the catch per unit effort in herring trap net fishing decreased to half in the mid 1960s, and whitefish catches plunged to low levels soon after the plant opened, i.e. in 1961. The most evident reason is that fish avoid the affected area. The annual loss of income to Mr. Sandberg was assessed to be 70 000 - 80 000 FIM per year (at the 1988 monetary value). This sum should be compared with the total compensation paid to him, around 120 000 FIM.

Two concurrent explanations have been offered for eye lesions found in herring off Pori, especially in the late 1970s: 1) eye siderosis caused by iron in the effluent, or 2) myxobacterial disease. Cage experiments also point to possible effects of sunlight on the eyes of the herring. The economic significance of these eye lesions was considered small, however.

KIRJALLISUUS

- Bylund, G. 1983. Porin edustan merialueen silakan terveydentila sekä silmävikaisten kalojen taudinkuva. Helsinki. Merentutkimuslaitos. Meri 12, s. 203-212.
- Hernejärvi, P. 1983. Vuorikemian jätevesien silakkaa karkoitava vaikutus. Helsinki. Merentutkimuslaitos. Meri 12, s. 153-161.
- Häkkilä, K. 1980a. Vuorikemian titaanidioksiditehtaiden jätevesien vaikutuksista Porin edustan pohjaeläimistöön. Pohjaeläintutkimukset v. 1978. Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 1980/43. 23 s.
- Häkkilä, K. 1980b. Pohjasedimenttien ja pohjaeläinten raskasmetalleista Porin edustan merialueella. Helsinki. Vesihallituksen tiedotus 190, s. 1-39.
- Häkkilä, K. 1983. Titanium and vanadium as indicators of pollution from the titanium dioxide plant. Andra svensk-finska seminarier om Bottniska viken, Luleå, Sverige, Juni 16-17. 1981. SNV PM 1618, s. 174-178.
- Häkkilä, K. 1985. Pohjasedimentin ja simpukoiden raskasmetallipitoisuuksista Selkämeren eteläosan rannikolla. Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 1985 38 s.
- Häkkilä, K., Hiltunen, P. & Mölsä, H. 1978. Vuorikemian titaanidioksiditehtaiden jätevesien vaikutuksista Porin edustan merialueen pohjaeläimistöön. Helsinki. Vesihallituksen tiedotus 44. 100 s.
- Järvinen, A. 1982. Hypoteesi silakan sideroottisesta silmäpatologiasta. Pro gradu - tutkielma. Helsingin Yliopiston Limnologian laitos. 52 s.
- Järvinen, A. & Lehtonen, H. 1990. Siian mädin sumputuskokeet Porin edustalla 1985. Helsinki. RKTL kalantutkimusosasto. Kalatutkimuksia 6, s. 49-85.
- Järvinen, A., Lehtonen, H. & Bylund, G. 1990. Kalojen sumputuskokeet Porin edustalla 1985. Helsinki. RKTL kalantutkimusosasto. Kalatutkimuksia 6, s. 59-73.
- Lehtonen, H. 1976. Tutkimus Kemira Oy:n Porin tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista sekä kalataloudellinen tarkkailu- ja hoitosuunnitelma. Helsinki. RKTL kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 6. 292 s.
- Lehtonen, H., Hilden, M. & Järvinen, A. 1989. Death in the sea: a fisherman's perspective. Marine Pollution Bulletin 20(5), s. 207-214.
- Lindström, R. 1986. Kemira Oy:n Vuorikemian tehtaasta aiheuttaman

- raskasmetallikuormituksen biologisen vaikutuksen mittaaminen Selkämerellä sinisimpukoiden (*Mytilus edulis* L.) tarkasteluun perustuvalla menetelmällä. Helsingin Yliopiston eläintieteen laitos. (käsikirjoitus)
- Oulasvirta, P. & Rissanen, J. 1990. Porin Vuorikemian tehtaiden jätevesien vaikutuksista silakan alkionkehitykseen ja poikasten elinkykyyn. Helsinki. RKTl kalantutkimusosasto. Kalatutkimuksia 6, s. 75-108.
- Parmanne, R. & Salmi, J. 1990. Silakoiden vaellukset Selkämerellä keväällä 1982 suoritettujen merkintöjen perusteella. Helsinki. RKTl kalantutkimusosasto. Kalatutkimuksia 6, s. 75-108.
- Parmanne, R., Lehtonen, H., Häkkilä, K. & Tulkki, P. 1986. Effect studies off a TiO₂ industry in the Bothnian Sea (Baltic) 1984-1985. Kopenhagen. ICES CM 1986/E:46.
- Parmanne, R. 1990. Silakan troolipyynnin kehittyminen Porin edustan merialueella syksyllä 1976-85 ja silakoiden kasvu, kuntokerroin ja poikasten määrä Selkämerellä. RKTl kalantutkimusosasto. Kalatutkimuksia 6, s. 25-35.
- Seppänen, P. & Shemeikka, P. 1972. Tutkimus Vuorikemian tehtaiden jätevesien vaikutuksista purkualueen tilaan. Helsinki. Oy Vesitekniikka Ab. 44 s. (moniste)
- Sunila, I. 1986. Histopathological changes in the mussel *Mytilus edulis* L. at the outlet from a titanium dioxide plant in Northern Baltic. Ann. Zool. Fennici 23, s. 61-70.
- Tulkki, P., Parmanne, R. & Häkkilä, K. 1983. Silakan troolisäilöiden vähenemisen syitä Selkämerellä. Yhteenveto tutkimuksista. Helsinki. Merentutkimuslaitos. Meri 12, s. 7-20.
- Voipio, A. & Niemistö, L. 1975. Mäntyluodon edusta Kemira Oy:n Vuorikemian tehtaiden jätevesien vastaanottajana. Helsinki. Merentutkimuslaitos. Meri 3. 45 s.