

5

TUIJA TALSU

**PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN TILA JA
SEN KEHITYS VUOSINA 1965—1984**

English summary: The condition of the sea area off Porvoo in 1965—1984

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

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN JULKAISUJA koskevat tilaukset: Valtion painatuskeskus PL 516, 00101 Helsinki,
puh. (90) 566 01/julkaisutilaukset

ISBN 951-47-0216-6
ISSN 0783-327X

HELSINKI 1987

S I S Ä L L Y S

	sivu
ALKUSANAT	5
1. PORVOON EDUSTAN MERIALUE	6
1.1 Alueen yleispiirteet	6
1.2 Suolaisuus, kerrostuneisuus, vedenkorkeus, jääpeite ja tuulet	9
1.3 Virtausolosuhteet ja veden vaihdunta	12
2. MERIALUEEN KUORMITUS	17
2.1 Joet	17
2.2 Asumajätevedet	20
2.3 Teollisuusjätevedet	21
2.3.1 Tampella Oy:n Tolkkisten tehtaات	21
2.3.2 Neste Oy	25
2.4 Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitokset ja niiden jätevedet	27
2.4.1 Öljynjalostamo ja petrokemian tehtaات	27
2.4.2 Muovikemian teollisuuslaitokset	37
3. MERIALUEEN TILA: VESISTÖTUTKIMUKSET	44
3.1 Fysikaalis-kemialliset tutkimukset	46
3.1.1 Lämpötila ja sähkönjohtavuus	46
3.1.2 Happitilanne	49
3.1.3 Ravinteet	54
3.1.4 Öljyt, fenolit ja erityisanalyysit	73
3.2 Biologiset tutkimukset	81
3.2.1 Kasviplankton, perustuotantokyky ja klorofylli-a	81
3.2.2 Levätestit	96
3.2.3 Hygienian indikaattoribakteerit	99
3.2.4 Erityisselvitykset:	99
- jäämäaineet ja kertyminen	
- myrkyllisyys ja mutageenisuus	
3.2.5 Kalasto	112

	sivu
4. MERIALUEEN TILA: POHJATUTKIMUKSET	119
4.1 Fysikaalis-kemialliset tutkimukset	119
4.1.1. Yleistä	119
4.1.2 Öljy	120
4.1.3 Muut analyysit	129
4.2 Pohjaeläimet	136
5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	154
5.1 Merialueen tila ja sen kehitys	154
5.1.1 Happitilanne, ravinteet ja rehevöityminen	154
5.1.2 Öljyt, fenolit ja erityisanalyysit; jätevesien myrkyllisyys	157
5.1.3 Kalasto ja pohjaeläimet	159
5.2 Jatkotutkimuksista	162
6. SUMMARY	165
KIRJALLISUUS	168
LIITTEET	172

A L K U S A N A T

Tämän selvityksen tarkoituksena oli koota yhteen koko se laaja aineisto, joka 20 vuoden aikana on kertynyt Porvoon edustan merialueen tutkimuksista. Aineisto koostui vedenlaatutiedoista, jotka on tallennettu vesihallituksen vedenlaaturekisteriin, eri laitosten kuormitustiedoista, erillisistä pohjaeläinselvityksistä ja myrkyllisyystutkimuksista, kalatalousselvityksistä ja katselmuksiin liittyvistä avustavan virkamiehen lausunnoista.

Selvityksessä pyrittiin luomaan yleiskatsaus Porvoon edustan merialueen tilaan ja sen kehitykseen sekä eri kuormittajien, erityisesti Neste Oy:n, vaikutuksiin merialueella. Aineiston kokoaminen ja käsittely aloitettiin maaliskuussa 1985, mutta työ vei aikaa niin, että raportti on jo valmistuessaan vanhentunut - vuoden 1985 tuloksia ei tässä yhteydessä ole käsitelty lainkaan.

Selvitys on tehty Helsingin vesipiirin vesitoimiston toimeksiannosta Neste Oy:n vesiensuojelumaksuvarojen turvin. Kalastoa käsittelevän luvun 3.2.5 on koonnut FK Marja Ruoppa vesi- ja ympäristöhallituksesta, jolle olen kiitoksen velkaa myös muusta avusta ja tuesta. Haluan esittää erittäin lämpimät kiitokseni myös Helsingin vesi- ja ympäristöpiirin ylitarkastaja Leena Villalle, piirtäjä Jouni Rokkaselle ja konekirjoittaja Paula Hartmanille, joiden käytännöllinen ja henkinen apu on ollut minulle korvaamattoman arvokas.

1. P O R V O O N E D U S T A N M E R I A L U E

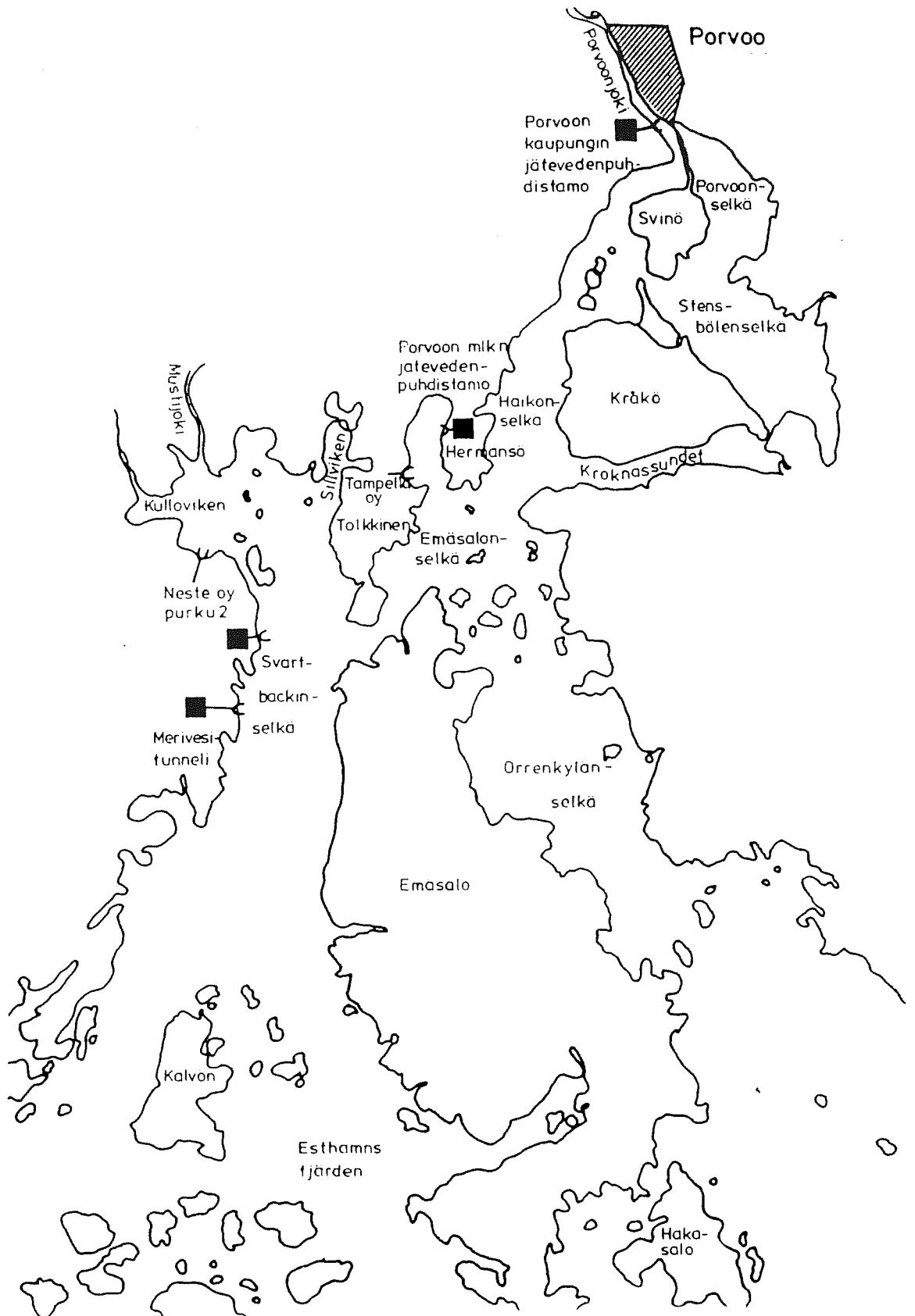
1.1 ALUEEN YLEISPIIRTEET

Tarkastelun kohteena on koko se Porvoon ja Porvoon maalaiskunnan edustan merialue, johon kuuluvat Svartbäckinselkä, Orrenkylänselkä ja Emäsalonselkä sekä ns. Porvoon edustan merialue eli Porvoonselkä, Stensbölenselkä ja Haikonselkä (kuva 1). Päähuomio kohdistetaan kuitenkin Svartbäckinselkään, jonka alueelle Neste Oy:n jätevedet lasketaan.

Tarkastelualueen pohjoispäähän laskee Porvoonjoki. Jokisuu sekä Porvoon- ja Stensbölenselkä Svinön ja Kråkön saarten itäpuolella ovat hyvin matalia (syvimmillään n. 2 m) ja rannoiltaan kaislikkoisia merenlahtia. Kråkön saari erottaa Stensbölenselän ja Haikonselän toisistaan, mutta niiden välillä on yhteys Kroksnässundetin kapean salmen kautta. Svinön ja Kråkön länsipuolella Porvoon edustan jokisuu laajenee kapeahkoksi Haikonseläksi, joka on hieman em. selkiä syvempi (3 - 5 m) ja rannoiltaan jyrkempi.

Porvoonjoen virtaukset kulkeutuvat avomerelle pitkin Haikonselkää, joka eteläosastaan aukeaa Emäsalonselkään, joka on keskosiltaan n. 10 - 20 m:n syvyinen. Emäsalonselän pohjoisosassa, Hermansön ja Tolkkisten välissä, sijaitsee Koddervikenin lahti, joka on hyvin matala ja runsaasta, pitkään jatkuneesta jätevesikuormituksesta johtuen olosuhteiltaan poikkeuksellinen.

Emäsalonselältä Porvoonjoen vedet virtaavat joko kapean Kuggsundetin kautta Svartbäckinselälle tai saaristoisen Rönnskärundetin (kynnys n. 5 - 7 m) kautta Orrenkylänselälle. Kuggsundetin uoma on syvimmillään 20 m, mutta salmen ja Svartbäckinlahden välillä on n. 4 m:n kynnys, jonka Emäsalonselältä virtaavien vesien on ylitettävä. On arvioitu, että päävirtaus kulkisi Kuggsundetin kautta Svartbäckinselälle (Penttinen 1983), mutta merkittäviä jokivesien virtauksia myös Rönnskärundetin kautta Orrenkylänselälle on todettu.



Kuva 1. Porvoon edustan merialue ja sen kuormittajat.

Kuggsundetin salmesta avautuu pohjois-eteläsuunnassa lähes 10 kilometriä pitkä lahti- ja selkääalue eli Svartbäckinselkä. Svartbäckinselän pohjoisosiin laskee Musti- eli Mäntsälänjoki, Porvoon edustan merialueen toinen merkittävä joki. Pohjoisosiltaan Svartbäckinselkä on matalahko ja alueella on pieniä poukamia kuten Kulloviken, Håplaxviken ja Sillviken. Lännenpuoleinen alue onkin matala (2 - 4 m), mutta Tolkkisten puoleinen osa syvenee jyrkästi n. 15 - 20 m:n syvyiseksi.

Mustijoen vedet virtaavat melko suoraviivaisesti Svartbäckinselälle luultavimmin pitkin itärantaa Tolkkisten ja Hästön puolella. On mahdollista, että osa jokivesistä kulkeutuu Kuggsundetin kautta Emäsalonselälle (vrt. luku 1.3), mutta päävirtaus kulkeutunee kuitenkin Svartbäckinselälle. Sieltä virtauksen on arvioitu kääntyvän vasta selän keskiosissa Emäsalon rannalta lahden keskiosiin.

Varsinainen Svartbäckinselkä on erityisesti länsiosissaan, so. Neste Oy:n tuotantolaitosten puolella, varsin jyrkkärantainen, n. 20 - 30 m:n syvyinen vesialue. Sen yhteys avomerelle on varsin hyvä varsinkin Kalvön saaren itäpuolitse Esthamninselän kautta, sillä alueella ei ole matalia kynnyksiä. Kalvön saaren länsipuolella eli mantereen puolella rannikko on matalampaa ja saaristoisempaa.

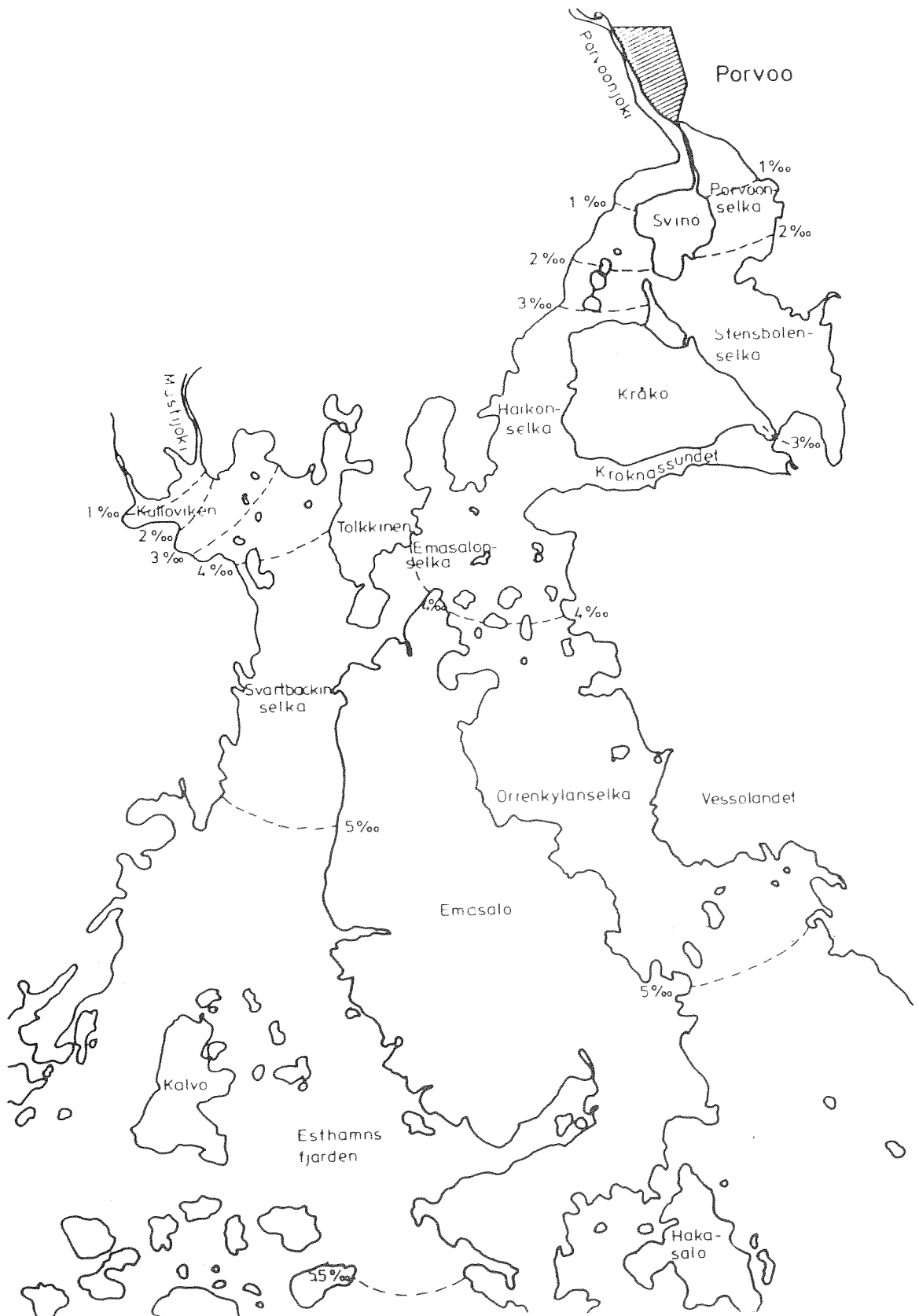
Emäsalon itäpuolella sijaitsee Svartbäckinlahtea muodoltaan muistuttava Orrenkylänselkä. Se on kauttaaltaan hieman varsinaista Svartbäckinselkää matalampi: sen keskisyvyys on n. 10 - 15 m ja suurin syvyys eteläosissa n. 33 - 35 m. Se on myös rannoiltaan matalampi ja erityisesti pohjoisosistaan kaislikkoisempi kuin Svartbäckinselän vastaava osa. Porvoonjoen vedet työntyvät selälle matalahkon ja saaristaisen Rönnskärsundetin kautta. Selän eteläisten osien yhteys avomerelle on jokseenkin esteetön.

1.2 SUOLAISUUS, KERROSTUNEISUUS, VEDENKORKEUS, JÄÄPEITE JA TUULET

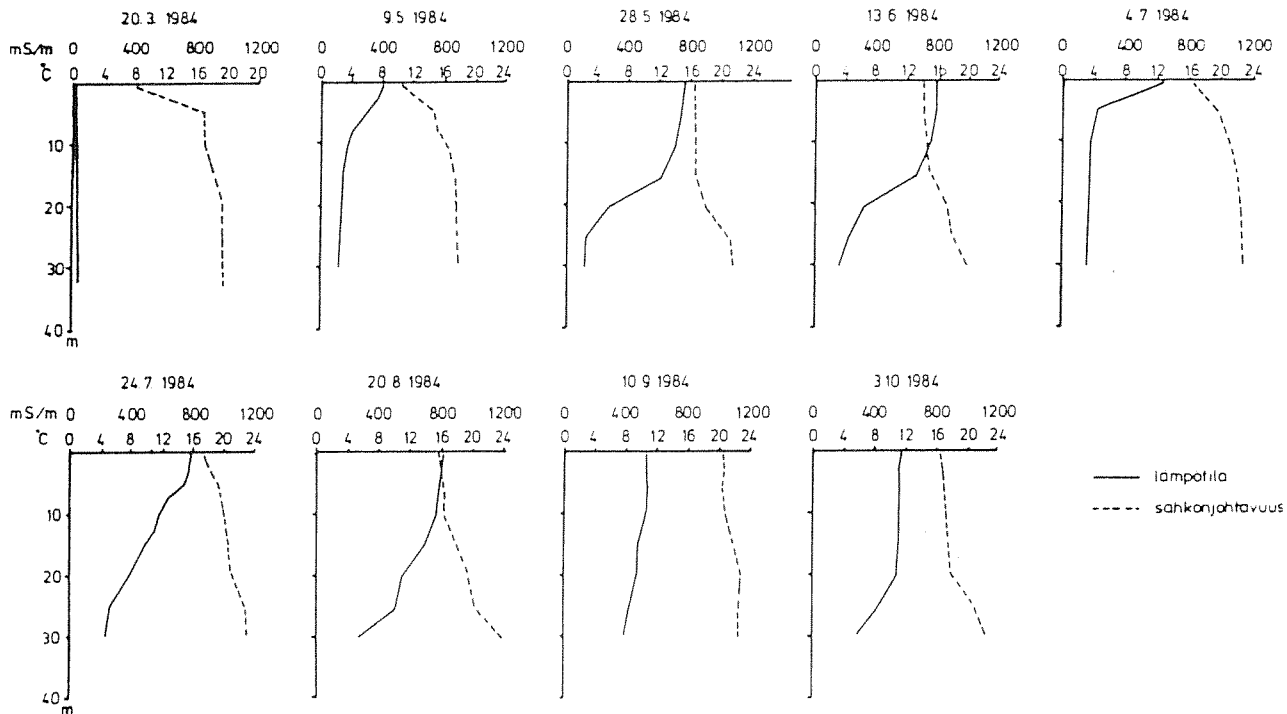
Porvoon edustan merialue on itäisen Suomenlahden rannikkoaluetta, jossa pintaveden suolaisuus on vielä suhteellisen suuri, n. 5,5 - 6 ‰. Rannikkoalueilla ja erityisesti pienemmissä lahdissa suolaisuus on usein tätä huomattavasti alhaisempi jokien vaikutuksen vuoksi, ja tämä on tyypillistä myös Porvoon edustan merialueelle. Suolaisuus kasvaa melko nopeasti Porvoon jokisuun 1 - 2 ‰:sta 3 - 4 ‰:een Haikon- ja Emäsalonselällä ja Emäsalon eteläpuolella suolaisuus on keskimäärin 5,5 ‰ (kuva 2). Orrenkylänselän suolaisuus on keskimäärin hieman pienempi kuin Svartbäckinselän. Kuvan 2. arvot esittävät kuitenkin vain pintaveden koko vuoden keskiarvoja; kesäisin uloimpien alueiden suolaisuus saattaa olla jopa yli 6 ‰, ja kevään ja syksyn tulva-aikoina taas huomattavasti pienempi.

Erityisesti pintaveden suolaisuus vaihtelee huomattavasti vuodenaikojen ja sääolosuhteiden mukaan. Talvella makea joki- vesi leviää jään alla n. 1 - 3 m:n paksuisena vyöhykkeenä Svartbäckin- ja Orrenkylän selille. Jokien vaikutus on selkeimmillään tulva-aikoina huhti-toukokuussa sekä syksyn sateisuudesta riippuen myös loka-joulukuussa. Makean veden kerros ulottuu tällöin muutaman metrin paksuisena em. selille niiden eteläosia myöten. Tarkastelualueen eteläisimmissä osissa jokivaikutus on kuitenkin enää heikosti havaittavissa sähkönjohtavuusarvoissa.

Kesäkerrostuneisuuden aikana suolaisuus on n. 0,5 - 1 ‰:a kuvan 2. arvoja korkeampi syvemmissä vesikerroksissa. Kerrostuneisuus alkaa muodostua toukokuun lopulla, ja on yleensä vahvimmillaan elokuussa, jolloin termokliini sijaitsee n. 10 m:n (vaihteluväli n. 5 - 10 m) syvyydellä. Matalat lahtialueet eivät kerrostu. Termokliinin muodostuminen on luonnollisesti riippuvainen sääolosuhteista, ja saattaa syvimmilläänkin pisteillä jäädä heikoksi ja epätäydelliseksi. Erillistä halokliinia ei tällä rannikkoalueella muodostu, vaan suolaisuusgradientti on kesäkerrostuneisuuden aikaan yksinkertaisen käänteinen lämpötilagradientille (kuva 3).



Kuva 2. Pintaveden (<5 m) keskimääräinen suolaisuus.



Kuva 3. Lämpötila ja sähkönjohtavuus Orrenkylänselän keski-osissa.

Vedenkorkeus ja tuulet ovat pääasiallisia virtausten aiheuttajia Porvoon edustalla (vrt. luku 2.3). Vedenkorkeus vaihtelee yleensä välillä -60 - $+60$ cm, mutta sen muutokset voivat myös olla äkillisiä ja huomattavia. Sarkkula (1983) on arvioinut Lisitzin (1952) vedenkorkeushavaintojen mukaan, että keskimääräinen päivittäinen vedenkorkeusvaihtelu Porvoon edustalla on 15 cm.

Jääpeite muodostuu alueelle yleensä tammikuun aikana, on vahvimmillaan maaliskuussa ja häviää huhtikuun kuluessa. Auki pidettäviä laivaväyliä lukuun ottamatta Porvoonjoen edusta ja Svartbäckinselän perukka jäätyvät lähes poikkeuksetta, mutta leutoina talvina Orrenkylän- ja Svartbäckinselän eteläpuoliset alueet eivät saa kestäväää jääpeitettä.

Alueella vallitsevat rannikolle suuntautuvat tai sen myötäiset tuulet. Pohjoisenpuoleisia tuulia esiintyy n. 32 %:ssa tapauksista, mutta lounais-etelä-kaakkoistuulia 45 %:ssa

(vrt. Keskuslaboratorio 1967). Venho (1963, ref. Sarkkula 1983) mainitsee, että lännenpuoleiset tuulet (sektori luode-lounas) ovat vallitsevia (45 %), mutta idänpuoleiset (koillinen-kaakko) myös yleisiä (32 %). Tällöin varsinaisten pohjois- ja etelä-tuulten osuus on vain 18 %.

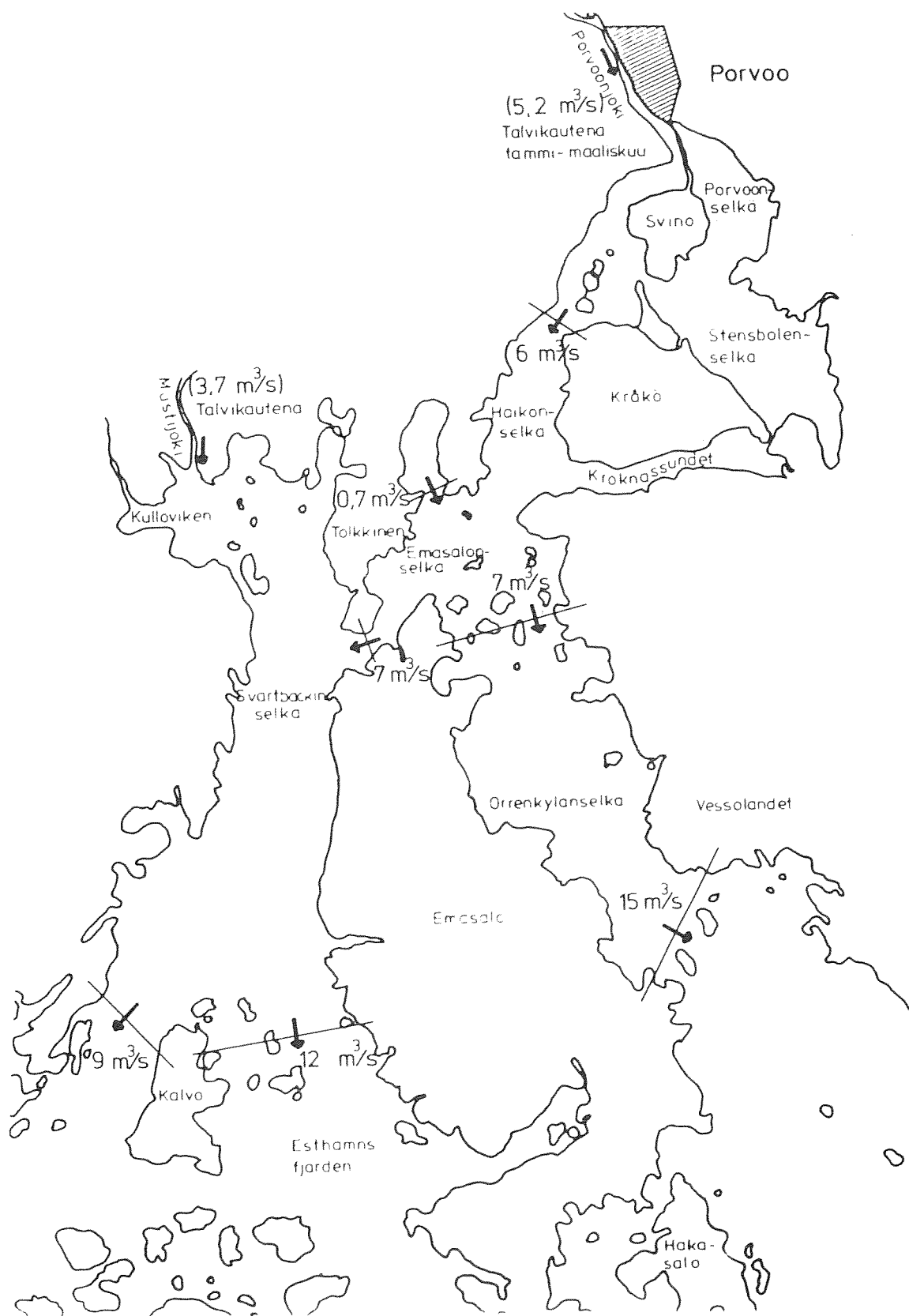
1.3 VIRTAUSOLOSUHTEET JA VEDEN VAIHDUNTA

Porvoon edustan merialueella ei ole tehty varsinaisia virtausmittauksia, joten virtausten pääpiirteistä voidaan esittää vain arvioita.

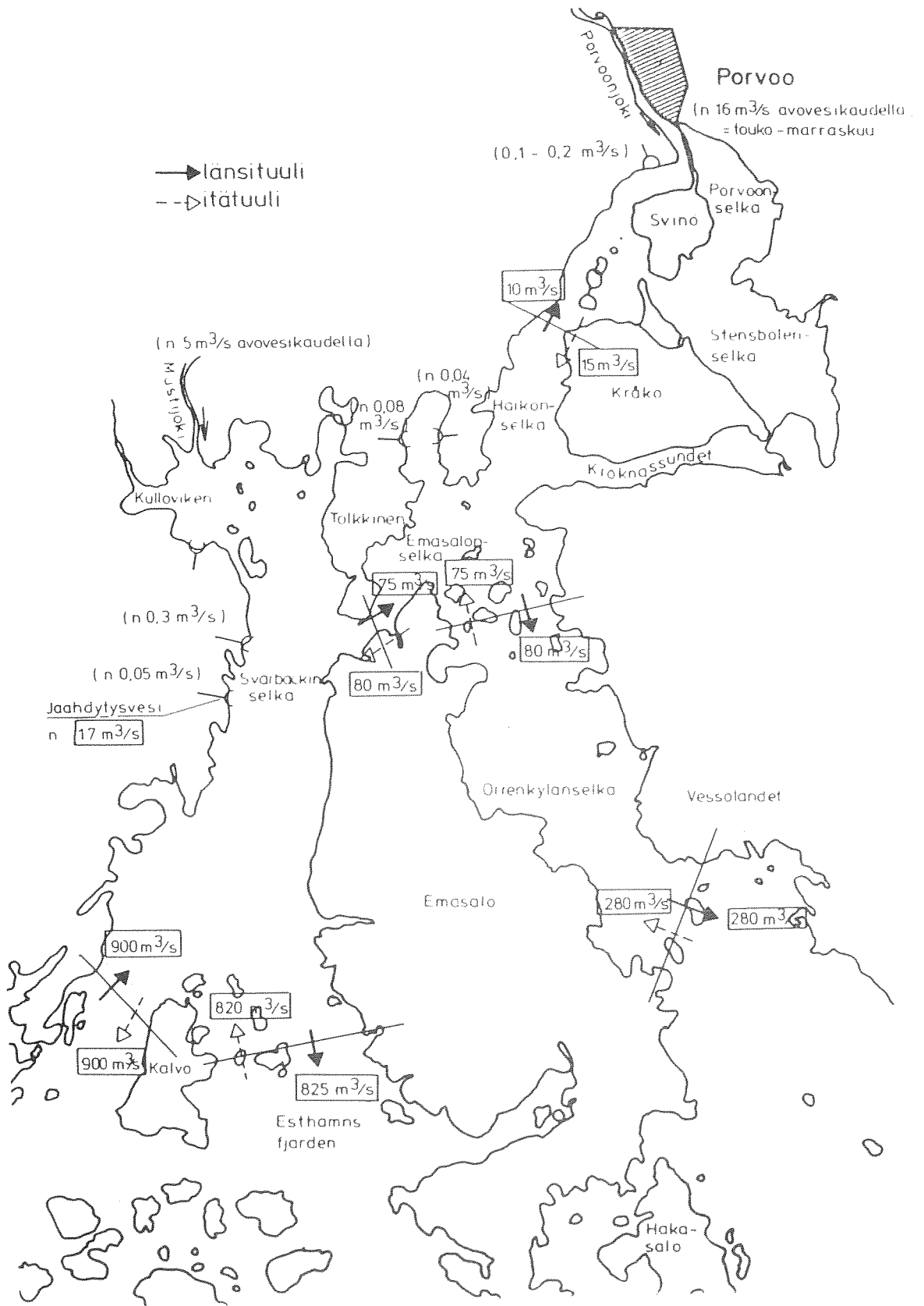
Talvikaudella jokien virtaama ja merenpinnan korkeuden muutokset ovat pääasialliset virtausten aiheuttajat. Virtaukset suuntautuvat lahtialueilta avomerelle päin (kuva 4); päävirtaus on voimakkainta välittömästi jään alla, jossa jokivedet kulkeutuvat Porvoonjokisuulta Emäsalon eteläpuolelle saakka sekoittumatta täysin koko vesimassaan. Jäiden lähdön jälkeenkin, huhti-toukokuun tulvakautena, jokivesien virtaus meriveden pintakerroksissa on havaittavissa vielä Orrenkylän- ja Svartbäckinselän eteläosissa saakka.

Avovesikaudella tuulet ovat kuitenkin tärkein meriveden virtauksiin vaikuttava tekijä. Sarkkulan (1983) mukaan jokivesillä saattaa olla merkittävää vaikutusta virtausten syntyyn ainoastaan kapealla Porvoonselän alueella. Vallitsevilla lännenpuoleisilla tuulilla pintavirtaus tapahtunee Kalvön ja mantereen välisen salmen kautta Svartbäckinselälle ja sieltä Kuggsundetin kautta edelleen Emäsalonselälle (kuva 5). On kuitenkin huomattava, että salmissa tapahtuu todennäköisesti myös kaksikerrosvirtausta eli pohjanläheisten vesikerrosten virtaus suuntautuu avomerelle päin.

Idänpuoleisilla tuulilla Sarkkula (1983) olettaa, että virtaus tapahtuu päinvastaiseen suuntaan eli Orrenkylänselän ja Rönnskärsundetin kautta alueen sisäosiin ja edelleen Kalvön salmen kautta avomerelle (kuva 5).



Kuva 4. Keskimääräisen vedenkorkeusmuutoksen aiheuttama vedenvaihdunta (= talvitilanne) (Sarkkula 1983).



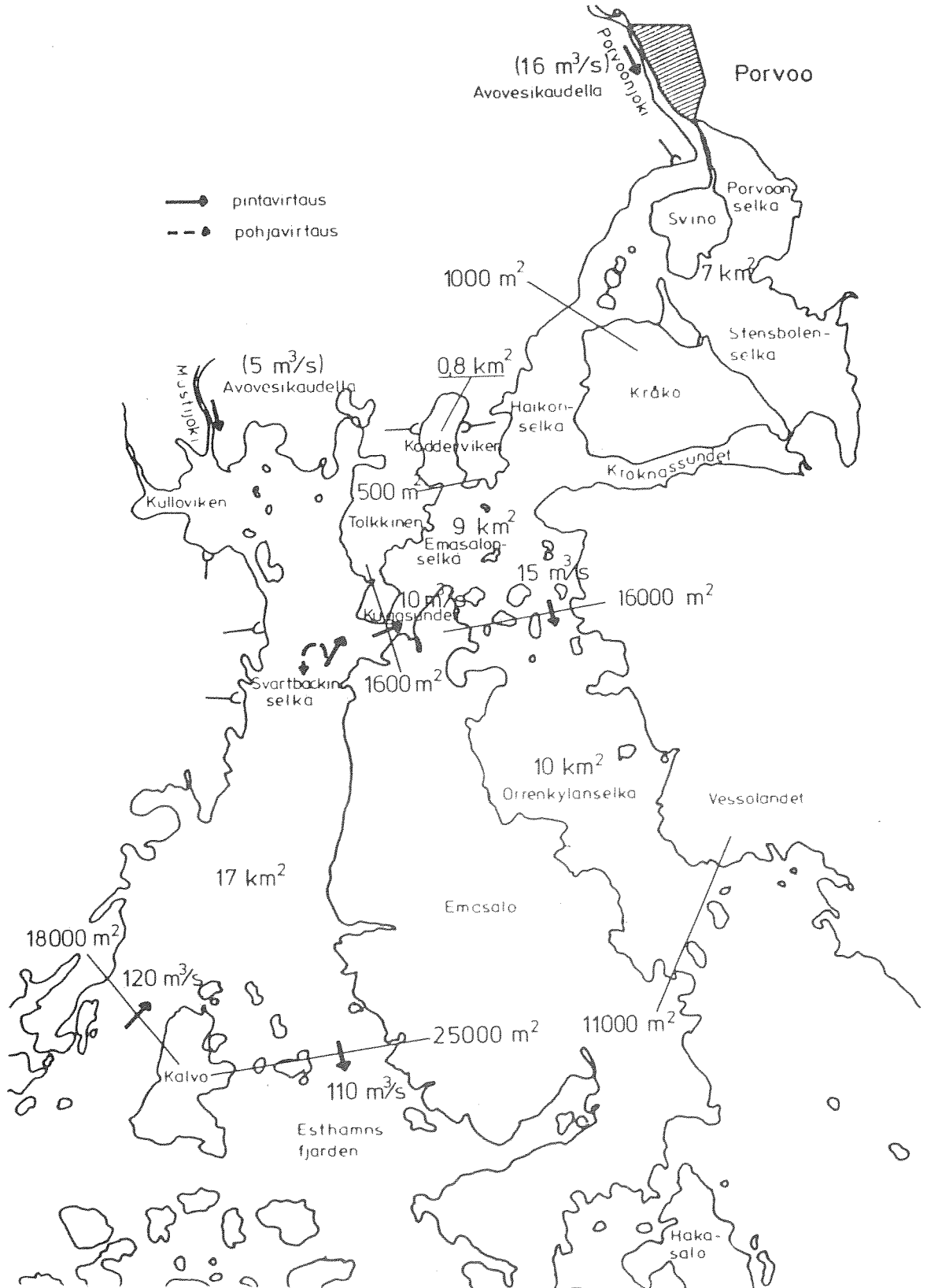
Kuva 5. Arvio idän- ja lännenpuoleisten tuulten aiheuttamista pintavirtauksista avovesikaudella (Sarkkula 1983).

Sarkkula (1983) on arvioinut myös keskimääräisen tilanteen (lännenpuoleiset tuulet 45 %, idänpuoleiset 32 %), jolloin myötäpäiväinen kierto (kuva 6) olisi vallitseva. Virtausten pitkäaikainen resultantti suuntautuisi tällöin svartbäckinselältä Emäsalonselälle ja sieltä edelleen Orrenkylänselälle. Näiden laskelmien valossa Penttisen (1983) oletus, että n. 70 % Porvoonjoen virtaamasta - joka tiheyserojen vuoksi tapahtuu pääasiassa pinnassa - kulkeutuisi Kuggsundetin kautta Svartbäckinselälle, vaikuttaa hieman liian suurelta.

Virtausmittausten puuttuessa todellisia lukuarvoja on mahdoton tarkasti arvioida. Kuggsundetissa tapahtuu joka tapauksessa vastakkaisvirtausta pohjanläheisissä vesikerroksissa, mikä lisää Porvoonjokisuunnan kuormitusvaikutuksia Emäsalonselälle päin. Esimerkiksi Tampella Oy:n jätevesipäästöjen (Kodderviken) ollessa vielä suuret epäiltiin usein, että nämä jokivesiä raskaammat jätevedet kulkeutuisivat juuri em. pohjanläheisten vastakkaisvirtausten mukana avomerelle päin (mm. Keskuslaboratorio 1967).

Tuulet ja niiden aiheuttamat vedenkorkeuden vaihtelut saavat usein aikaan nopeita virtausvaihteluita Porvoon edustan merialueella. Tämä käy usein selvästi ilmi veden lämpötilan ja suolaisuuden muutoksista. Näiden muutosten perusteella on mm. havaittu, että suolainen merivesi tunkeutuu usein Porvoonselälle ja Stensböleninselälle asti (Vesi-Hydro 1980). Tämän havainnon perusteella voidaan myös olettaa, että em. lahtia huomattavasti avoimempi Svartbäckinselän pohjukka on lähes aina suolaisemman meriveden huuhteleva huolimatta Mustijoen avomerelle suuntautu- vasta pintavirtauksesta.

Näiden suojaisten lahtien ulkopuolella vesimassojen liikkeitä on vieläkin vaikeampi arvioida. Varmasti tiedetään vain, että Emäsalon eteläpuolella, avomerelle tultaessa, virtaus kääntyy länteen päin Suomenlahden rannikon yleisen virtaussuunnan mukaisesti. Suomenlahden rannikolla tapahtuu yleisesti ns. kumpuamisilmiötä, jossa syvempien vesikerrosten kylmempi ja ravinteikkaampi vesi kumpuaa pintakerrokseen, kun pohjoisenpuoleiset tuulet ovat kuljettaneet pintavedet avomerelle päin.



Kuva 6. Porvoon edustan osa-alueet, pinta-alat ja salmien poikkileikkausalat sekä arvioitu tuulen pitkäaikainen virtausvaikutus avovesikaudella (Sarkkula 1983).

Svartbäckin- ja Orrenkylänselän vedenvaihto avomeren kanssa on ilmeisen esteetön. Keskimääräisten vedenkorkeusmuutosten (15 cm) perusteella Sarkkula (1983) on arvioinut, että tarkastelualueella, jota rajoittavat Kalvön ja Emäsalon eteläpää, vaihdunta olisi n. 35 - 40 m³/s eli 3 000 000 - 3 500 000 m³/vrk. Haikonselällä vaihdunta olisi n. 15 m³/s (n. 1 300 000 m³/vrk) ja Porvoonselällä 6 m³/s (500 000 m³/vrk). Vedenkorkeusvaihtelujen aiheuttama vaihdunta ei ole kokonaisuudessaan tehokasta, sillä sama vesimassa liikkuu osittain edestakaisin altaiden välillä.

2. M E R I A L U E E N K U O R M I T U S

Porvoon edustan merialuetta kuormittavat useat eri tekijät: asutus- ja teollisuusjätevedet sekä jokien ainevirtaama. Seuraavissa luvuissa käsitellään jäte- ja jokivesien laatua ja siinä viimeisen 10 - 20 vuoden aikana tapahtuneita muutoksia. Neste Oy:n tuotantolaitosten jätevesiin, niiden muodostumiseen ja puhdistukseen keskitytään tarkemmin luvussa 2.4.

2.1 JOET

Mäntsälänjoki eli Mustijoki on n. 70 km:n pituinen, virtaamaltaan pienehkö joki (taulukko 1). Sitä kuormittavat mm. Mäntsälän ja Pornaisten asutustaajamat, ja sen valuma-alue muodostuu suurelta osin savi-hiesuperäisestä metsä- ja maatalousalueesta. Vuosittainen kokonaisvirtaama (kuva 7) on laskettu hydrologian toimiston ilmoittamien kuukausittaiten virtaama-arvojen perusteella. Virtaama ja kuormitus ovat suurimmillaan tulva-aikoina huhti-toukokuussa ja syksyllä loka-marraskuussa sekä kesän sateisuudesta riippuen joskus myös elokuussa.

Taulukko 1. Mustijoen ja Porvoonjoen hydrologisia tietoja.

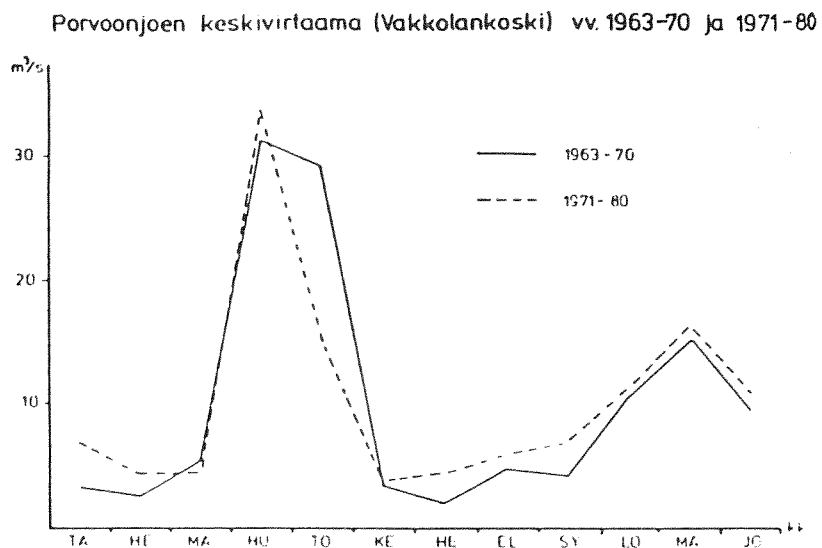
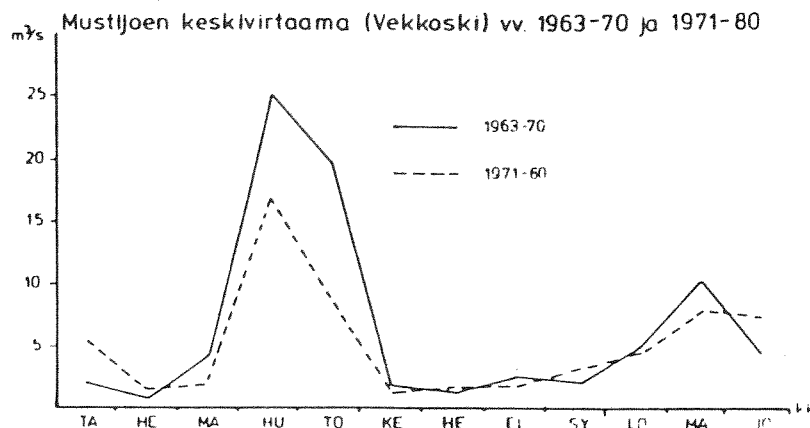
		Mustijoki (Mäntsälänjoki)	Porvoonjoki
Valuma-alue	(km ²)	785	1260
Järvisyys	(%)	2,5	1,6
MHQ 1963 -70	(m ³ /s)	73	105
MQ	"	6,5	10,3
MNQ	"	0,3	0,9

Porvoonjoki on n. 80 km:n pituinen, virtaamaltaan Mustijokea jonkin verran suurempi joki (taulukko 1, kuva 7). Se saa alkunsa Salpausselän harjun eteläpuolelta, ja heti yläjuoksultaan lähtien Porvoonjoki on voimakkaasti kuormitettu. Lahden kaupungin jätevedet ovat voimakkaimmin Porvoonjoen tilaan vaikuttava tekijä. Joki virtaa savi-hiesuperäisen maatalousalueen läpi, ja sen varrella sijaitsevat myös Orimattilan, Pukkilan ja Askolan kunnat.

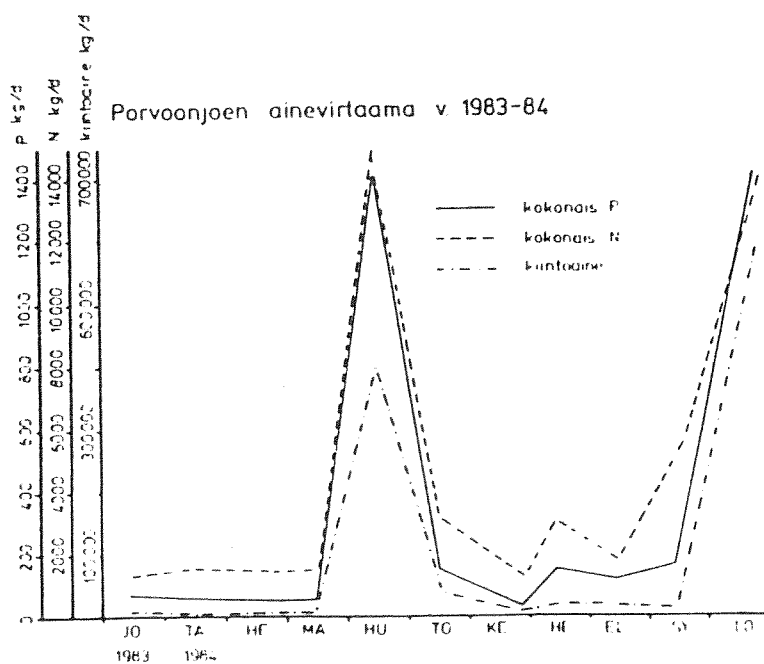
Huuhtoutuma ja Porvoonjoen merialueella aiheuttama kuormitus ovat voimakkaimmillaan tulvahuippujen aikana (kuvat 7 ja 8), jotka joen pienen järvisyysprosentin vuoksi ovat usein korkeita. Porvoonjoen vedenlaatu on koko jokiosuudella heikko, ja vielä Porvoonjokisuussakin ravinnepitoisuudet ja hygieniaindikaattorien lukumäärät ovat korkeita (taulukko 2).

Taulukko 2. Porvoonjokisuun keskimääräinen vedenlaatu (Lahden kaupunki 1984).

		1979	1980	1981	1982	1983
Happi	(mgO ₂ /l)	10,7	10,6	11,4	11,5	11,0
BOD	"	3,6	3,8	2,9	3,0	3,0
Kok.N	(µg/l)	3361	3338	2344	2856	3167
NH ₄ -N	"	906	648	187	206	277
Kok.P	"	216	220	168	127	140
Enterokokit	(kpl/100 ml)	1873	326	634	1993	707



Kuva 7. Musti- ja Porvoonjoen keskivirtaama.



Kuva 8. Porvoonjoen ainevirtaama vuonna 1983 -84.

2.2 ASUMAJÄTEVEDET

Porvoon edustan merialueelle johdetaan asumajätevesiä Porvoon kaupungin ja Porvoon maalaiskunnan puhdistamoilta. Molemmat puhdistamot valmistuivat 1970-luvun alussa, minkä jälkeen kuormitus pieneni olennaisesti ja erityisesti merialueen hygieeninen tila parantui (Penttinen 1980). Alueella on jonkin verran viemäröimätöntä haja-asutusta, mutta tämän kuormitusvaikutus muihin verrattuna on hyvin pieni. Teollisuuslaitosten (luku 3.3) saniteettijätevedet käsitellään niiden omilla puhdistamoilla.

Porvoon kaupungin suorasaostusmenetelmällä toimiva puhdistamo sijaitsee Kokonniemessä Porvoonjoen suulla (vrt. kuva 1). Viimeisen kymmenen vuoden aikana Porvoon kaupungin aiheuttama kuormitus on muuttunut hieman (taulukko 3). BOD₇- ja kiintoainekuormat ovat alentuneet jonkin verran, ja kokonaisfosforipäästöt ovat kuitenkin pienentyneet lähes puoleen vuosista 1975 -77. Typpipäästöt ovat päinvastoin kohonneet jonkin verran. Jätevesien vaikutuksia on Porvoon- ja Haikonselällä lähes mahdoton erottaa Porvoonjoen kuormituksesta, joten niistä voidaan käyttää yhteisnimitystä Porvoonjoen suunnan kuormitus.

Porvoon maalaiskunnan puhdistamo sijaitsee Hermansössä (vrt. kuva 1). Jätevedet johdetaan Koddervikeniin, joka on voimakkaasti likaantunut sinne aikaisemmin johdettujen sellutehtaan jätevesien vuoksi. Porvoon kaupungin puhdistamoon verrattuna maalaiskunnan jätevesikuormitus on suhteellisen pieni, vain n. 1/4 tästä (taulukko 3). Typpikuormitus on kuitenkin noussut kaksinkertaiseksi vuosiin 1976 -77 verrattuna; myös BOD₇-kuorma on 1980-luvulla ollut suhteellisen korkea. Fosforikuormitus on muutamia vuosia lukuun ottamatta jäänyt alle 5 kg/d.

Taulukko 3. Porvoon kaupungin (Kokonniemi) ja Porvoon maalaiskunnan (Hermansö) kuormitus vv. 1975 -84.

		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Vesimäärä (m ³ /d)	Kokonniemi	10963	8288	10121	11946	10512	9810	12620	10550	12210	11620
	Hermansö	900	1659	1880	2210	2435	1780	3490	2180	2520	2990
BOD ₇ (kg/d)	Kokonniemi	309	292	439	320	458	285	280	330	270	290
	Hermansö	7,5	42	26	43	98	45	115	85	59	98
Kok.P (kg/d)	Kokonniemi	19	15	15	12	14	10	11	12	8,4	7,8
	Hermansö	8,0	4,6	3,8	6,2	4,6	2,4	4,2	2,9	6,5	1,2
Kok.N (kg/d)	Kokonniemi	199	171	182	230	235	220	240	270	270	290
	Hermansö	14,5	30	31	39	50	47	59	50	65	61
Kiintoaine (kg/d)	Kokonniemi	556	391	403	353	486	330	400	300	270	255
	Hermansö	17,5	35	48	80	133	-	65	40	24	29
KHT (kg/d)	Kokonniemi	456	156	174	192	197	170				
	Hermansö	24	73	19	29	38	-				

2.3 TEOLLISUUSJÄTEVEDET

2.3.1 Tampella Oy:n Tolkkisten tehtaat

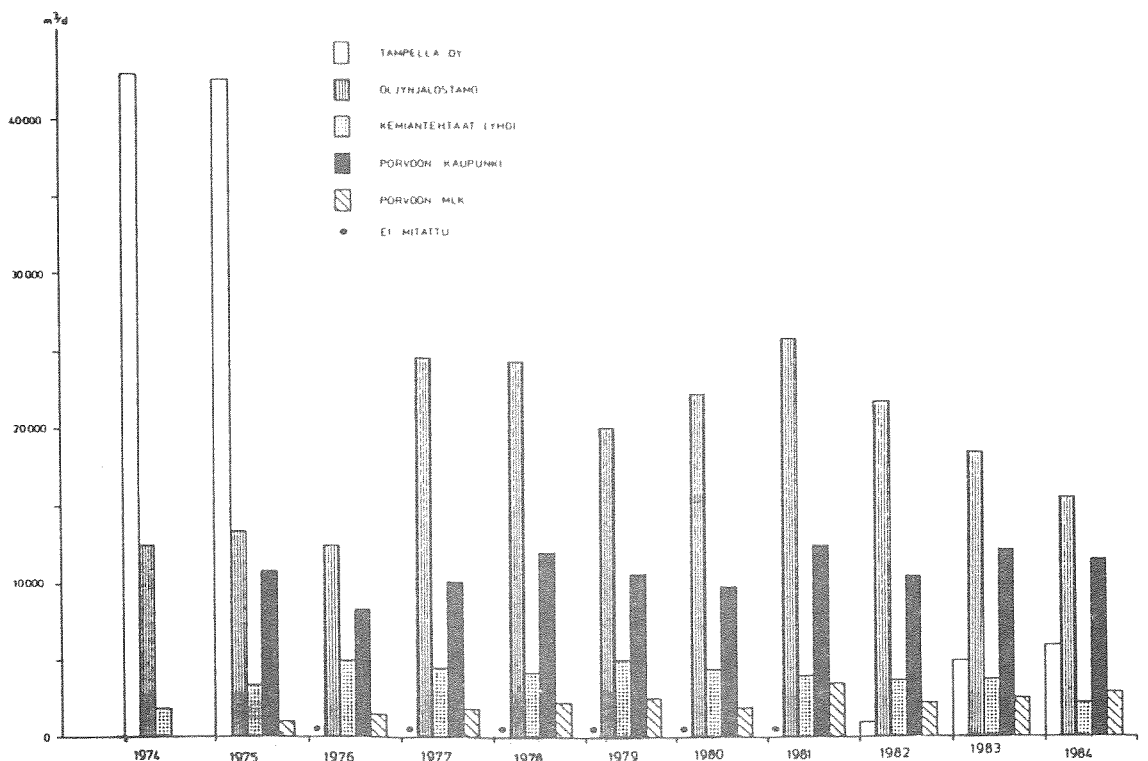
Porvoon edustan merialue on jo pitkään ollut teollisuusjätevesien kuormittama. Vuonna 1893 aloitti toimintansa Tampella Oy:n sulfiittiselluloosatehdas, jonka jätevedet johdettiin puhdistamattomina Koddervikeniin (vrt. kuva 1). Tehtaan jätevesimäärät olivat suuremmat kuin minkään muun alueella nyt toiminnassa olevan teollisuuslaitoksen (kuva 9), ja erityisesti BHK7-kuormitus oli täysin eri suuruusluokkaa kuin muiden laitosten eli n. 30 kertaa suurempi kuin asuma- ja teollisuusjätevesien yhteenlaskettu kuormitus (vrt. taulukko 4 ja kuva 10). Myös sellutehtaan kiintoainekuormitus oli n. kaksinkertainen muiden kuormitukseen verrattuna (vrt. taulukko 4 ja kuva 11). Fosforikuormitus oli jonkin verran suurempi kuin Neste Oy:n öljynjalostamon tai asumajätevesien, mutta typpikuormitus jäi öljynjalostamon kuormitusta pienemmäksi. Tehdas lopetti toimintansa heinäkuussa 1975, jonka jälkeen Koddervikeniin ja osittain myös Emäsalonselän tila ja vedenlaatu ovat parantuneet.

Tällä hetkellä Tolkkisissa sijaitsee Tampella Oy:n saha, jonka käyttö- ja jätevesistä osa johdetaan Sillvikeniin, osa Koddervikeniin (kuva 1). Sillvikeniin lahteen johdetaan voimalaitoksen savukaasupesurin vedet sekä kuivaamon lämmön talteenoton

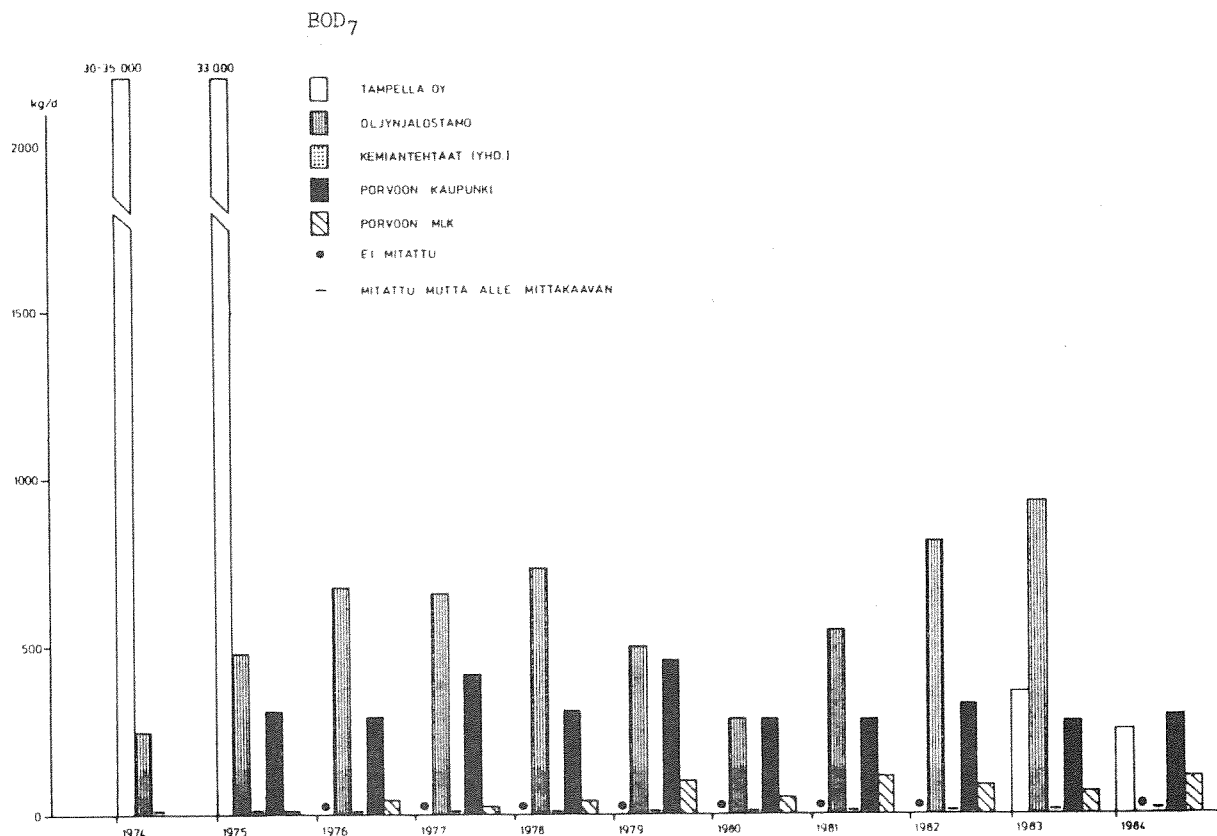
vedet estämään jäänmuodostusta tukkien vesivarastossa. Lisäksi Sillvikeniin joutuvat tukkien huuhteluvedet sekä toisen tukkikentän kasteluvedet; nämä ovat normaalilämpöistä merivettä. Vuonna 1983 Sillvikeniin johdettujen vesien yhteismäärä oli n. 600 000 m³ ja vuonna 1984 lähes 800 000 m³.

Varsinaiseen jätevesien pääviemäriin johdetaan kuoripuristimen jätevesi selkeytyksen jälkeen. Etelä-Suomen Voima Oy:n jäähdytys- ja jätevedet sekä savukaasupesurin jätevedet ja lisäksi toisen tukkikentän kasteluvedet ja tehdasalueen sadevedet. Näiden Koddervikeniin johdettavien jätevesien yhteismäärä on vuonna 1983 ollut n. 700 000 m³ ja vuonna 1984 n. 800 000 m³. Tehdas- ja asuntoalueen saniteettijätevedet johdetaan Porvoon maalaiskunnan jätevedenpuhdistamolle.

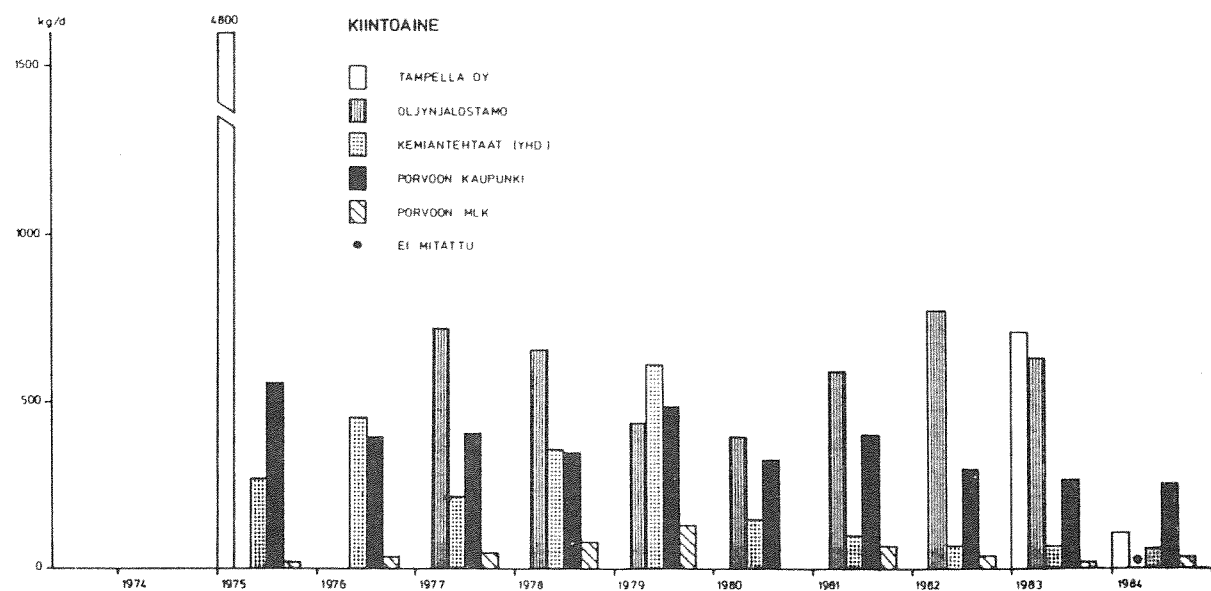
Tampella Oy:n sahan ja Etelä-Suomen Voima Oy:n jätevesistä on olemassa yksityiskohtaisempia tarkkailutuloksia vuodesta 1983 lähtien. Tarkkailun alaisia ovat Sillvikeniin johdettavat E-SV Oy:n savukaasupesurin vedet sekä Koddervikeniin johdettavan pääviemäriin vedet. Vuonna 1983 E-SV Oy:n voimalaitokseen on asennettu uusi kattila ja sen yhteydessä savukaasujen sähkösuodatin, jolloin jätevesien laatu parani huomattavasti.



Kuva 9. Teollisuus- ja asumajätevesien määrä vv. 1974 -84.



Kuva 10. Teollisuus- ja asumajätevesien BOD₇-kuormitus v. 1974 -84.



Kuva 11. Teollisuus- ja asumajätevesien kiintoainekuormitus v. 1974 -84.

Taulukko 4. Porvoon edustan merialueen kuormitus ja jokien ainevirtaama vv. 1980 - 1984.

	Vestimäärä (m ³ /d)			BOD ₇ (kg/d)			Kok.P (kg/d)			Kok.H (kg/d)			Klintoaine (kg/d)			COD (kg/d)															
	1980	1981	1982	1983	1984	1980	1981	1982	1983	1984	1980	1981	1982	1983	1984	1980	1981	1982	1983	1984											
Mustijoki	356000	881300	429800	254250	641510	780	2440	880	800	2040	40	200	50	43	171	700	1390	530	620	1320	12810	90060	12020	12450	89600	6240	20220	6710	3810	13600	
Porvoonjoki	1046200	1731200	970000	911900	1557000	2550	4840	3020	3350	6760	200	270	120	110	350	3410	3700	3080	2870	4840	38490	65970	47520	20690	106700	13370	25940	11290	9620	16940	
Yhteensä	1402700	2612500	1399800	1166150	2198520	3330	7280	3900	4150	8800	240	470	170	153	421	4110	5090	3610	3490	6160	51300	156830	59540	32540	196300	19610	46160	18000	13430	30540	
Porvoon kaupunki	9810	12620	10550	12210	11620	285	280	330	270	290	10	11	12	8,4	7,8	220	240	270	270	290	330	400	300	270	255	170	200	230	185	-	-
Porvoon maalaiskunta	1780	3490	2180	2520	2990	45	115	85	59	98	2,4	4,2	2,9	6,5	1,2	47	59	50	65	61	-	65	40	24	29	-	40	30	23	-	-
Yhteensä	11590	16110	12280	14730	14610	330	395	415	329	388	12,4	15,2	14,9	14,9	9,0	267	299	320	330	351	330	465	340	294	284	170	240	260	208	-	-
Neste Oy, öljynjalostamo	22250	25480	21820	20450	17620	285	580	820	930	-	18	10	10	13	5	585	775	500	318	184	18	10	10	13	-	2650	2580	2800	2790	2690	
" , muovitehtaat	4070	3390	3220	3080	1730	-	-	-	-	-	0,4	0,3	0,5	0,7	0,2	25	18	22	30	-	145	95	62	54	55	530	-	-	-	247	
" , keemitehtaat	160	220	160	135	140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
" , polystyreenitehtaat	270	370	300	340	345	5	5	4	4	9	1,0	0,5	0,6	1,0	1,6	-	-	-	-	-	5	6	5	35	61	56	54	48	54	61	
Yhteensä	26750	29460	25550	24005	19835	290	585	824	934	9	19,4	10,8	11,1	14,7	6,8	610	793	522	348	184	168	111	77	71	61	3241	2656	2861	2858	3013	
Tampella Oy, Silliviken	"	"	"	"	1260	-	-	129	-	-	-	-	-	3,9	0,13	-	-	-	74	1,5	-	-	-	-	499	26	-	-	74	55	
" , Kodderiviken	"	"	"	"	4740	-	-	239	250	-	-	-	-	1,9	1,8	-	-	-	7,3	6,6	-	-	-	-	207	114	-	-	254	460	
Yhteensä	"	"	"	"	6000	-	-	368	250	-	-	-	-	5,8	1,9	-	-	-	81	8,1	-	-	-	-	706	140	-	-	328	515	
Teollisuusjätevedet yhteensä (Neste Oy ja Tampella Oy)	26750	29460	25550	29061	25835	290	585	824	1302	259	11,1	20,5	11,1	20,5	8,7	610	793	522	429	192,1	168	111	77	777	201	3241	2656	2861	3186	3528	
Jätevedet yhteensä (teollis.- ja asuma-jätevedet)	38340	45570	38830	43791	40445	620	980	1239	1631	647	31,8	26	26	29,6	15,8	877	1092	842	759	543	498	576	417	1071	485	3411	2896	3121	3394	3528	
Kotonaishuormitus (Jäte- ja jokivedet)	1440540	2658070	1448630	1209941	2138965	3950	8260	5139	5781	9447	272	496	196	183	437	4987	6182	4452	4249	7703	51798	157406	59957	33611	196785	23021	49056	21121	16824	34068	
Neste Oyn osuus jätevesi-kuormituksesta (N)	70	65	66	55	49	47	60	67	57	-	61	42	43	50	43	70	73	62	46	34	34	19	18	6,6	13	95	92	92	84	85	
Jätevesien osuus kotonaishuormituksesta (N)	2,7	1,7	2,7	3,6	1,8	16	12	24	28	6,8	12	5,2	13	16	3,6	18	18	19	18	7,0	9,6	3,7	7,0	3,2	0,2	15	5,9	15	20	10	

2.3.2 Neste Oy

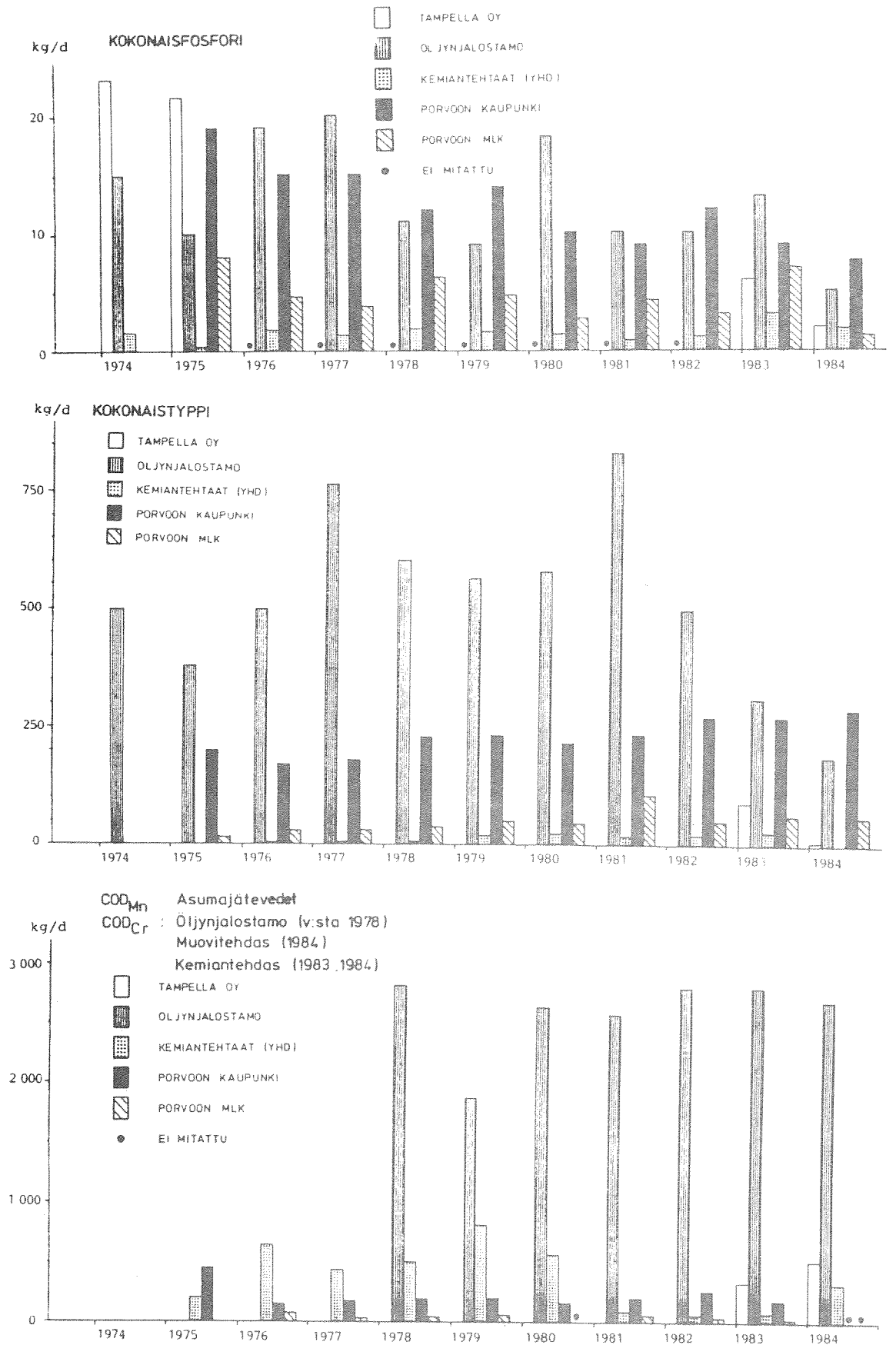
Neste Oy:n öljynjalostamon ja kemian teollisuuslaitosten jätevesiä, niiden syntyä ja puhdistusta, käsitellään tarkemmin luvussa 2.4. Tässä yhteydessä vain vertaillaan Neste Oy:n ja alueen muiden teollisuus- ja asumajätevesilaitosten kuormitusta.

Neste Oy:n öljynjalostamo on alueen suurin yksittäinen kuormittaja, jos Musti- ja Porvoonjoki jätetään huomiotta. Kuitenkin sen vedenkäyttö, BOD₇- ja kiintoainekuormitus on vuosina 1974 -84 ollut huomattavasti pienempi kuin Tampella Oy:n sulfaattitehtaan aikoinaan (kuvat 9-11).

Neste Oy:n öljynjalostamon jätevedet sisältävät suuria määriä hapettuvaa orgaanista ainesta (COD ja BOD₇). Sellutehtaan lopetettua toimintansa öljynjalostamo on ollutkin alueen suurin BOD₇-kuormituksen aiheuttaja (taulukko 4).

Neste Oy:n öljynjalostamon fosforikuormitus on vaihdellut vuosittain välillä 5 - 20 kg/d eli se on ollut jokseenkin samansuuruisen kuin Porvoon kaupungin puhdistamon kuormitus (kuva 12). Neste Oy:n typpikuormitusta on yleensä pidetty erittäin merkittävänä vesistöhaittana (mm. Penttinen 1980). Kahden viime vuoden aikana jalostamon typpikuormitus on kuitenkin laskenut alle puoleen aiemmista huippuluvuista ja v. 1984 Porvoon kaupungin typpikuormitus oli suurempi kuin Neste Oy:n jalostamon (vrt. kuva 13 ja taulukko 4). Eräänä syynä tähän saattaa olla tehtaan jonkin verran laskenut tuotanto ja sen myötä alentunut vedenkäyttö.

Muovikemian teollisuuslaitosten (so. 'kemian tehtaat') jätevesimäärät ovat pienet öljynjalostamoon ja myös Porvoon kaupungin puhdistamoon verrattuna (kuva 9). Orgaanisen aineen (COD) määrät ovat olleet korkeahkot, samoin kuin kiintoainepäästöt ajoittain, mutta nämä ovat laskeneet vuosien 1979 -80 jälkeen (kuva 14). Vuonna 1981 valmistui saniteettijätevesien biologinen puhdistamo, jossa käsitellään myös osa prosessijätevesistä.



Kuvat 12-14. Teollisuus- ja asumajätevesien fosfori-, typpi- ja COD-kuormitus vuosina 1974 -84.

Kemian tehtaiden ravinne- ja BOD₇-kuormitus on vähäinen. Laitosten jätevesien oletettu haitallisuus perustuukin enemmän myrkyllisinä pidettyjen orgaanisten aineiden päästöihin. Näitä, samoin kuin öljynjalostamon öljy- ja fenolipäästöjä, käsitellään tarkemmin luvussa 3.4.

2.4 NESTE OY:N PORVOON TUOTANTOLAITOKSET JA NIIDEN JÄTEVEDEET

Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitosten toiminta aloitettiin 1960-luvun alkupuolella, jolloin alueella vain varastoitiin öljytuotteita. Varsinainen öljynjalostamo käynnistettiin vuonna 1965, jonka jälkeen jalostamo ja siihen liittyviä säiliöalueita on vaiheittain laajennettu. 1970-luvun alussa toimintaan liitettiin petrokemian teollisuutta. Lisäksi alueelle rakennettiin Pekema Oy:n muoviraaka-aineita valmistava tehdas, joka siirtyi Neste Oy:n omistukseen nimellä Neste Oy:n muovitehtaat; jäljempänä siihen viitataan nimityksellä 'muovitehdas'. Stymer Oy:n polystyreenitehdas ja Kymi-Kymmene Oy:n muovien pehmitinaineita valmistava kemian tehdas aloittivat toimintansa 1970-luvun alussa. Myös nämä laitokset ovat sittemmin siirtyneet Neste Oy:n omistukseen; jäljempänä niistä käytetään nimityksiä 'polystyreenitehdas' ja 'kemian tehdas'. Em. kolmeen teollisuuslaitokseen viitataan yhteisnimityksellä 'kemian tehtaot'.

2.4.1 Öljynjalostamo ja petrokemian tehtaot

Jalostamon raakaöljyn jalostuskapasiteetti on n. 13 milj. t/v, ja päätuotteina valmistetaan nestemäisiä polttoaineita (neste-kaasut, bensiinit, petrolit yms.) sekä bitumituotteita. Petrokemian tehtailla valmistetaan mm. eteeniä, butadieeniä, bentreeniä ja fenolia.

Raakaöljyjen koostumus ja laatu (hiilivedyt, typpi-, rikki- ja raskasmetallipitoisuudet) vaihtelevat paljon: Neste Oy:n käyttämän öljyn rikkipitoisuus on n. 1,7 %, ja typpipitoisuus tätä pienempi, raakaöljyissä yleensä alle 1 %. Raskasmetalleista vana-diinin pitoisuudet ovat suurimmat: n. 10 - 200 ppm, jopa yli

1000 ppm. Myös nikkeli- ja vanadiinipitoisuudet ovat korkeahkot (1 - 30 ppm). Jalostusprosesseissa nikkeli ja vanadiini rikastuvat yleensä raskaisiin tuotteisiin, bitumiin ja raskaaseen polttoöljyyn, mutta osa joutuu myös jätevesiin. Muita raskasmetalleja kuten sinkkiä ja kuparia raakaöljyssä on vähemmän, yleensä alle 1 ppm. Ympäristönsuojelun kannalta haitallisimmat raskasmetallit kadmium ja elohopea, ovat pitoisuuksiltaan erittäin pieniä, yleensä alle 0,1 ppm (Lindström 1983). Öljynjalostamon varsinaisia jätevesiä syntyy lähinnä jäädytysvesijärjestelmissä, syöttöveden valmistuksessa ja höyrykehityksessä sekä varsinaisissa jalostusprosesseissa. Jäädytysvesijärjestelmän öljyvahinkoriskit ovat vähäiset, mutta ulospuhallusvedet, jotka käsitellään tehtaassa jätevesilaitoksessa, sisältävät usein öljyä, korroosionestoaineita ja dispersantteja. Syöttöveden valmistuksessa syntyneet kattiloiden ulospuhallusvedet sisältävät suoloja, mm. fosfaatteja ja muita kattilakemikaaleja, joista haitallinen osa johdetaan jäteveden käsittelyyn. Lauhdevedet kerätään yleensä uudelleen käytettäväksi, mutta osa johdetaan puhdistuslaitokseen. Varsinaisessa jalostusprosessissa syntyy mm. happamia jätevesiä, jotka sisältävät runsaasti ammoniakkia, rikkivetyä, öljyä ja muita liuenneita orgaanisia aineita kuten fenoleita, merkaptaaneja ja orgaanisia happoja. Näistä jätevesistä rikkivety pyritään poistamaan strippaamalla ennen vesien johtamista varsinaiseen puhdistusjärjestelmään (Lindström 1983).

Edellä mainittujen jätevesien lisäksi jäteveden puhdistuslaitokseen johdetaan ne sade- ja valumavedet, joiden öljyyntyminen ja pilaantumisvaara on suuri, (so. prosessialueiden sadevedet). Samoin Neste Oy:n satamaan tulevien laivojen painolastivedet otetaan puhdistuslaitokselle käsiteltäviksi. Näiden vesien osuus voi olla jopa 15 - 20 % laitoksen kokonaisvesimäärästä. Vaikka satama-alueen öljyisten jätevesien puhdistus on järjestetty hyvin, on kuitenkin mahdollista, että Svartbäckin lähellä olisi tapahtunut joitakin vähäisiä öljyvahinkoja (vrt. luku 3.1.2). Tehdasalueen saniteettijätevedet (5 - 10 % kokonaismäärästä) johdetaan myös jätevesien käsittelylaitokseen.

Vedet, jotka eivät sisällä merkittäviä määriä orgaanisia aineita, kuten valumavedet öljyttömiltä alueilta ja höyrykattiloiden ulospuhallusvedet, ohjataan tehdasalueen halki virtaavaan Kartanonjoaan. Puron suulle on rakennettu allas, johon vedenpuhdistuksessa syntyvät Al-hydroksidilietteet laskeutuvat. Kartanonjoa eli purku 2 (vrt. kuva 1), kuuluu säännöllisen tarkkailun piiriin.

Petrokemian tehtaiden vedenkäyttö on vähäistä, mutta niissä saattaa syntyä hiilivetyjä ja muita haitallisia yhdisteitä, joita esimerkiksi laitteiston pesun ja tyhjennysten tai ylivuotojen yhteydessä joutuu jätevesiin. Eteenilaitoksen riskivedet johdetaan öljynjalostamon jätevedenkäsittelylaitokseen. Butadienilaitoksella mm. asetonitriilipäästöt on pyritty minimoimaan rakentamalla oma keruujärjestelmä ja talteenotto. Bentseenilaitoksella on myös keruujärjestelmä laitteistojen tyhjennyksiä varten, ja hiilivedyt palautetaan tuotantoon. Fenolilaitoksella on toteutettu lukuisia erikoisjärjestelyjä. Heikosti veteen liukenevat hiilivedyt (mm. kumeeni, polttoöljyt) johdetaan öljyisten vesien viemäriverkostoon ja puhdistetaan jätevesilaitoksen aktiivihiihlinjalla. Fenolipitoiset jätevedet esikäsitellään strippaamalla, minkä jälkeen ne johdetaan jätevesilaitoksen kemiallis-biologiseen puhdistuslaitokseen. Peroksidipitoiset vedet ohjataan ensin lämpökäsittelyyn ja sieltä fenolipitoisten vesien mukana biologiselle puhdistamolle (Lindström 1983).

Öljynjalostamon yhteydessä toimiva jätevesienkäsittelylaitos toimii monivaiheisesti. Eräät jätevedet (mm. jalostamon happamat jätevedet ja fenolipitoiset vedet) vaativat esikäsitteilyn, minkä jälkeen ne johdetaan öljyisten jätevesien viemäriin. Näiden käsittelyn ensimmäisenä vaiheena on öljyn karkea erotus hiekanerotusaltaissa, joissa myös hiekka ja liete laskeutetaan. Petrokemian tehtaiden, ja säiliöalueiden jätevedet sekä laivojen painovedet johdetaan toiseen puhdistuslinjaan, jonka muodostavat mekaaninen öljynerotus, hiekkasuodatus ja aktiivihiihiadsorptio. Öljynjalostamon jätevedet johdetaan toiseen linjaan, jossa puhdistus tapahtuu mekaanisesti (öljy kerätään pinnalta), kemiallisesti (kolloidiset hiukkaset ja öljypisarot

poistetaan flokkausmenetelmällä) ja biologisesti aktiivilietelaitoksessa, ja kahdessa peräkkäisessä hapetusaltaassa. Täältä jätevedet johdetaan vesistöön Neste Oy:n satama-alueelle (ns. purkukohta 1).

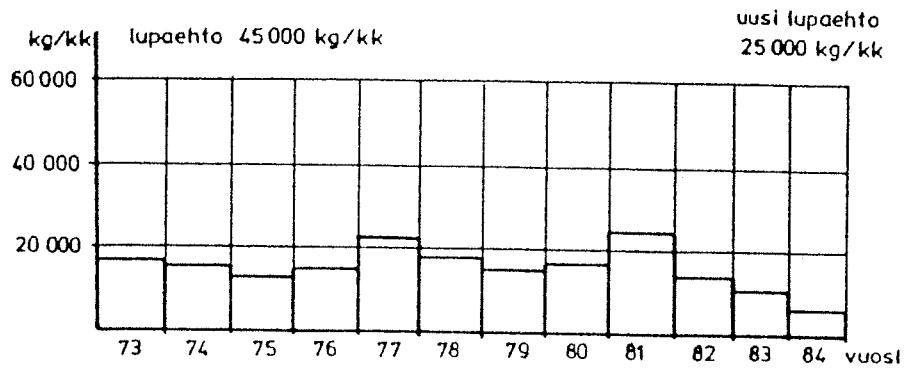
Jätevesien määrä on riippuvainen paitsi tuotannon määrästä, myös vuodenajasta (sade- ja hulevedet) ja laivojen painolastivesistä. Keskimääräinen virtaama on vaihdellut välillä 12 000-25 000 m³/d, ja viime vuosina se on tasaisesti alentunut vuosien 1977 -81 huippulukemista (vrt. kuva 9).

Jätevesien velvoitetarkkailussa mitataan säännöllisesti jätevesien typpi- ja fosforipitoisuudet, COD_{Cr} sekä öljyt ja fenolit. BOD₇- ja kiintoainemittaukset poistettiin velvoitetarkkailuohjelmasta v. 1983. Jalostamon keskimääräiset ravinnepäästöt eivät vuosina 1973 -82 ylittäneet luparajoja, mutta ajoittain on ollut vaikeuksia fosforipäästöjen luparajojen noudattamisessa (kuvat 15 ja 16). Uuden, vuonna 1984 voimaan tulleen lupapäätöksen (L-SVEO 47/1984) mukaiset kalenterivuosikuormituksen rajat ovat typen osalta 25 000 kg/kk eli 830 kg/d, ja fosforin osalta 500 kg/kk eli 17 kg/d.

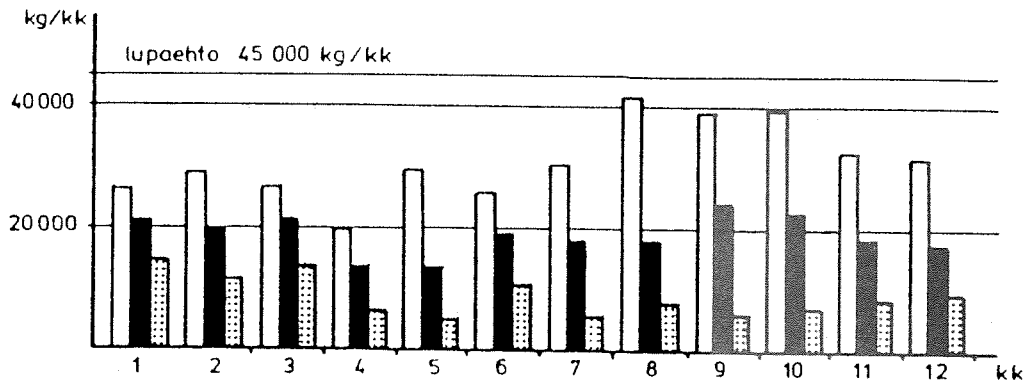
Jalostamon öljypäästöt ovat viimeisten kymmenen vuoden aikana laskeneet alle puoleen entisestä (kuva 17). Vuosina 1974 -75 öljypäästöt olivat n. 100 - 120 kg/d ja vuonna 1984 enää 25 kg/d. Tämä vastaa keskimääräistä öljypitoisuutta 1 - 2 mg/l, joka kansainvälisiin rajoituksiin verrattuna on melko pieni (vrt. liite 1). Vuonna 1982 tehdyn erityistutkimuksen suurimmat vesistöön joutuvat öljypitoisuudet vaihtelivat välillä 1 - 4 mg/l (taulukko 5). Öljypitoisuudet saattavat vaihdella huomattavastikin, jos esim. aktiivilietelaitoksen biologisessa toiminnassa tapahtuu häiriötä liian korkeiden myrkkyyainepitoisuuksien vuoksi.¹⁾ Keskimääräinen öljykuormitus ei ole vuosina 1973 -82 ylittänyt lupaehtoja, ja satunnaiset ylityksetkin ovat olleet harvinaisia (kuva 18). Uuden lupaehdon mukainen raja on 1 800 kg/kk eli 60 kg/d.

¹⁾ Tehdas tarkkailee jatkuvasti mm. puhdistuslaitokseen joutuvien jätevesien pH:ta ja rikkipitoisuutta. Analyysit eivät kuulu velvoitetarkkailun piiriin, koska jätevesien biologisen puhdistuksen ollessa toiminnassa, pH ja rikkipitoisuus eivät ole tekijöitä, joiden voisi katsoa aiheuttavan vesistöhaittoja purkualueella.

Kuukausittainen typpikuormitus

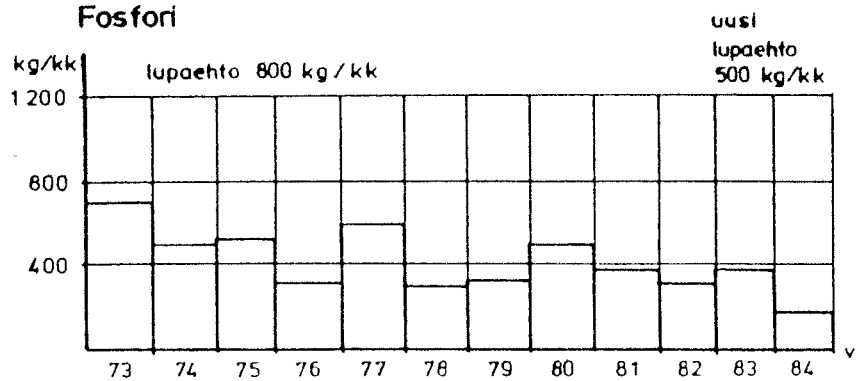


Typpikuormitus, kuukausittaiset max. ja min. arvot vv.1976-81

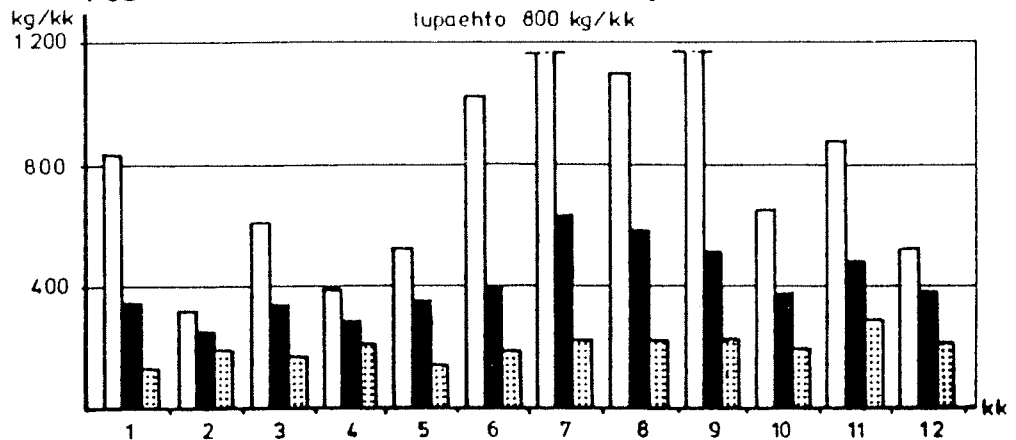


Kuva 15. Neste Oy:n öljynjalostamon kuukausittainen typpi-kuormitus.

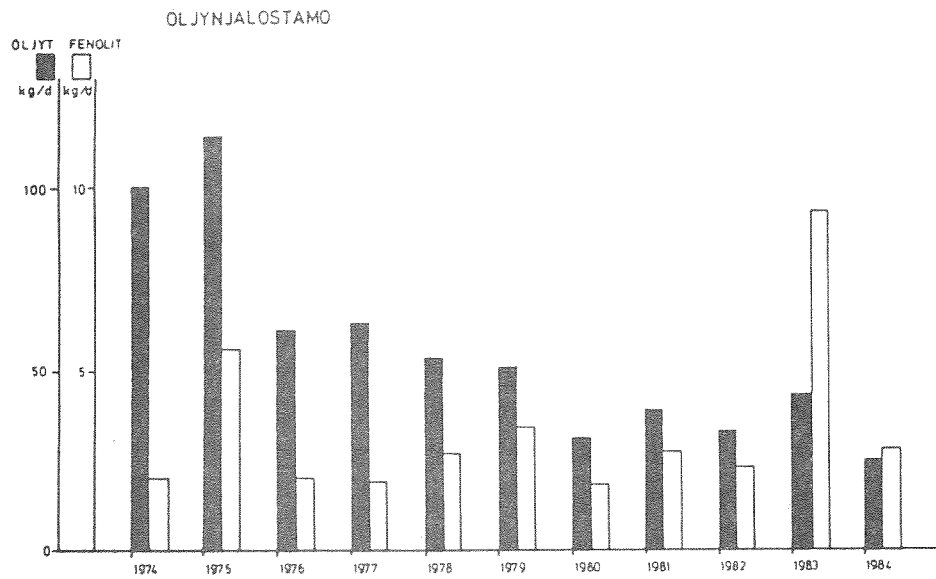
Fosfori



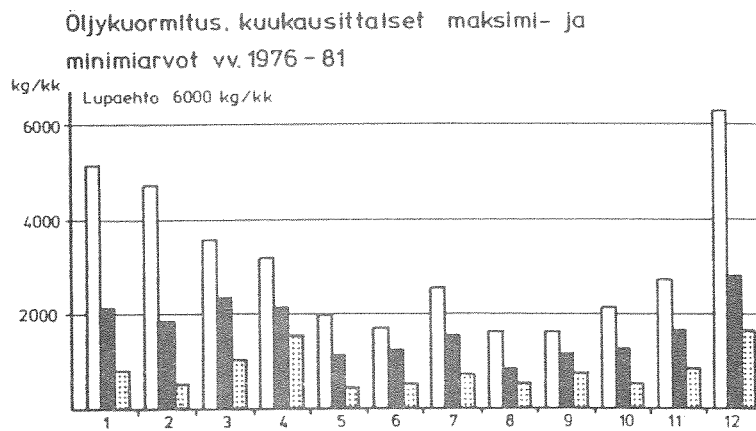
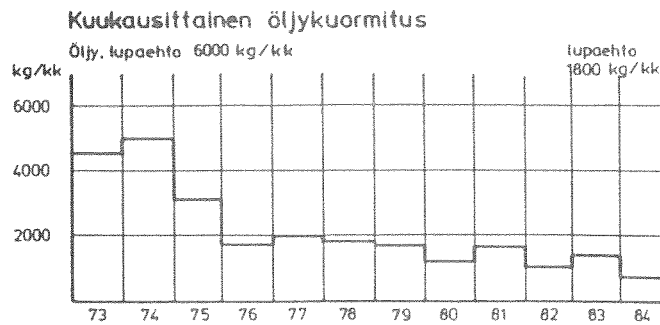
Fosforikuormitus, kuukausittaiset max. ja min. arvot 1976-81



Kuva 16. Neste Oy:n öljynjalostamon kuukausittainen fosfori-kuormitus.

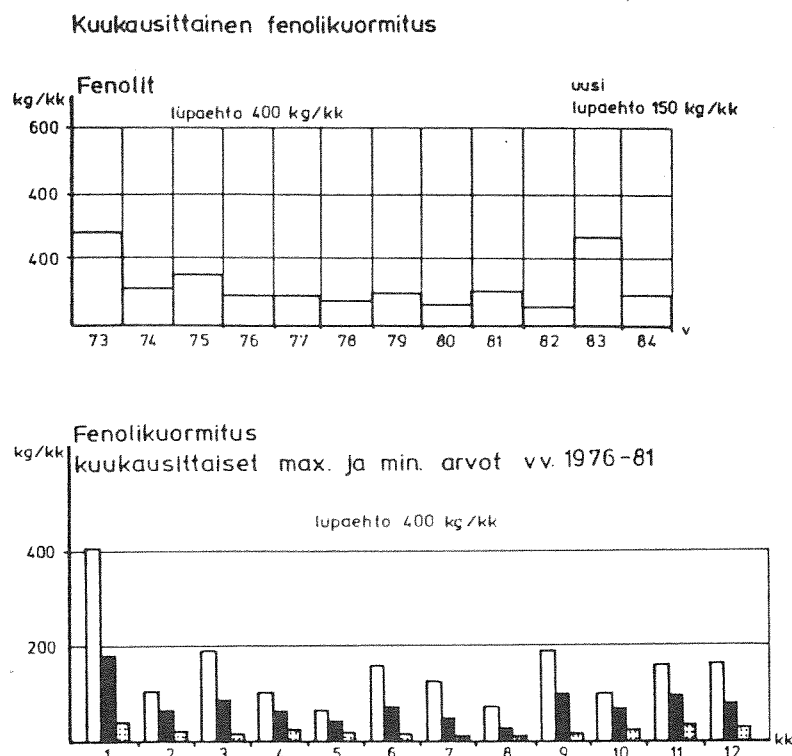


Kuva 17. Neste Oy:n öljynjalostamon keskimääräinen (kg/d) öljy- ja fenolikuormitus vv. 1974 -84.



Kuva 18. Neste Oy:n öljynjalostamon kuukausittainen öljykuormitus.

Keskimääräiset fenolipäästöt ovat vuosina 1973 -82 pysytelleet selvästi luparajan 400 kg/kk alapuolella eikä tilapäisiäkään ylityksiä ole juuri tapahtunut (kuva 19). Uuden luvan mukainen kalenterivuosisuorituksen raja on nyt 150 kg/kk eli 5 kg/d. Jalostamon keskimääräiset päivittäiset fenolipäästöt eivät ole alentuneet yhtä selvästi kuin öljypäästöt (vrt. kuva 17).



Kuva 19. Neste Oy:n öljynjalostamon kuukausittainen fenolikuormitus.

Vuoden 1983 poikkeuksellisen korkeat fenolipäästöt johtuivat osittain aktiivilietelaitokseen joutuneista peroksideista, jotka haittasivat puhdistamon toimintaa. Muulloin fenolipäästöt ovat yleensä jääneet alle 5 kg/d, mikä vastaa fenolipitoisuutta n. 0,2 - 0,3 mg/l. Tämä on useiden muiden maiden pitoisuusrajoitusten alapuolella (vrt. liite 1). Fenolipitoisuus saattaa poiketa tästä huomattavastikin, jos biologisessa puhdistuksessa tapahtuu häiriöitä. Normaalitylanteessa se on ilmeisesti kuitenkin alle 0,1 mg/l (vrt. taulukko 5).

Taulukko 5. Typpi-, öljy- ja fenolipitoisuuksia sekä COD, TOC ja BOD₇ jalostamon jätevesissä (purku 1)v.1982.

pvm.	COD (mg/l)	BOD ₇ (mg/l)	TOC (mg/l)	kok.N (mg/l)	fenolit (mg/l)	öljy (mg/l)
14.4	270	82	62	39	0,13	4
15	260	62	50	42	0,093	4
16	220	1)	36	43	0,075	3
17	110	-	30	42	0,050	3
18	120	-	29	42	0,074	2
19	130	24	28	38	0,090	3
20	130	20	31	38	0,060	3
21	130	-	40	37	0,056	3
22	140	-	32	33	0,073	3
23	120	31	26	30	0,058	1
24	100	-	30	30	0,048	1
25	110	-	31	31	0,051	1
26	100	19	27	29	0,055	1
27	120	16	28	29	0,039	1
28	100	-	23	28	0,087	2
29	120	-	22	26	0,038	2
30	110	-	25	24	0,038	2

'Jäteveden öljyt' on itse asiassa vain yhteisnimitys lukuisille orgaanisille yhdisteille, pääasiassa alifaattisille ja aromaattisille hiilivedyille, joista raakaöljykin on koostunut. Kaikkien erillisten yhdisteiden laatua ja määrää ei käytännön syistä voitane koskaan aivan tyhjentävästi selvittää. Esimerkkinä petrokemian teollisuuden ja öljynjalostamoiden jätevesissä esiintyvistä orgaanisista yhdisteistä on liitteessä 3 esitetty CONCAWEn (1979) tutkimustuloksia eri jalostamoilla jätevesien koostumuksesta.

Hiilivetyjen haitallisuus vesiympäristössä on suuresti riippuvainen niiden kemiallisesta ja biologisesta pysyvyydestä. Esimerkiksi myrkyllisenä pidetty, mutta hyvin vesiliukoinen fenoli hajoaa ympäristössä varsin nopeasti. Lyhytkestuiset alifaattiset ja yksinkertaiset aromaattiset hiilivedyt (bentseeni, tolueni) ovat helposti haihtuvia ja biologisestikin hajoavia yhdisteitä, joten niiden pitkäaikaiset vesistövaikutukset ovat todennäköisesti vähäiset. EPA:n ympäristömyrkkyluokituksessa

mm. bentseeni ja tolueeni onkin luokiteltu neljänteen kategori-
aan 'ei-kertyvät, haihtuvat yhdisteet' (kts. liite 2). Aromaat-
tisten ja eräiden pitkäketjuisten alifaattisten hiilivetyjen
kloorautuneet, erityisesti polykloorautuneet, johdannaiset ovat
heikommin hajoavia ja bioakkumuloituvia. Kloorautuneiden joh-
dannaisten esiintyminen Neste Oy:n jalostamon ja petrokemian
tehtaiden jätevesissä on toistaiseksi kyseenalainen asia, mutta
eräistä kanadalaisten jalostamoiden jätevesistä niitä on kui-
tenkin mitattu pieniä määriä (vrt. liite 4).

Polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH-yhdisteet) on pidetty yhtenä
öljyteollisuuden jätevesien vakavimmista ympäristövaaroista.
PAH-yhdisteet ovat hitaasti hajoavia ja niillä on taipumus ker-
tyä ravintoketjuun (mm. Gesamp 1977). Osan (esim. antraseeni)
tiedetään olevan myös karsinogeenisiä. Neste Oy:n jalostamon
jätevesistä niitä tutkittiin vuoden 1982 lupahakemusta varten
tehdyissä selvityksissä. VTT:n massaspektrometrisesti tekemissä
mittauksissa ei läydetty mittaustarkkuuden (0,001 mg/l) ylittä-
viä pitoisuuksia yhdenkään tutkitun yhdisteen kohdalla.

Myös Neste Oy on omassa laboratoriossaan selvittänyt jätevesien
ja merialueen sedimenttien PAH-pitoisuuksia. Sedimenteistä löy-
dettiin jonkin verran PAH-yhdisteitä erityisesti purku 3:n
(kemian teollisuuden laitokset) edustalta. Syyksi epäiltiin en-
nen kaikkea Svartbäckinselällä aiemmin tapahtunutta öljyvahin-
koa (vrt. luku 4.1.2). Tämän lisäksi sedimenttien PAH-yhdisteet
saattavat kuitenkin olla peräisin jalostamon ja kemian teolli-
suuslaitosten jätevesistä sekä ilmaventeisistä saastumisesta.
Eräiden arvioiden mukaan ympäristön PAH-yhdisteiden tärkein
lähde on fossiilisten polttoaineiden epätäydellinen palaminen
(Eadie ym. 1982).

Neste Oy:n ympäristönsuojelulaboratoriossa on v. 1981 tutkittu
jäteveden syanidipitoisuuksia. Jätevedenpuhdistuksen alkuvai-
heessa (hapanvesiyksikön ulostulovedet) syanidipitoisuudet oli-
vat korkeita (1700 - 2300 µg/l), mutta laskivat jo flotaatio-,
selkeytys- ja hiekkasuodatusvaiheiden jälkeen tasolle

77 - 170 $\mu\text{g}/\text{l}$. Vesistöön johdettavissa jätevesissä syanidipitoisuus oli aina alle 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ (taulukko 6). Eräissä Euroopan maissa syanidipitoisuuksille asetettu raja-arvo vaihtelee välillä 50 - 1000 $\mu\text{g}/\text{l}$, ja USA:ssa eräät osavaltiot ovat asettaneet rajoiksi 5 - 200 $\mu\text{g}/\text{l}$. Suomessa erillisiä syanidipitoisuuden enimmäisrajoja ei ole asetettu.

Taulukko 6. Purkuvesien syanidipitoisuuksia (Neste Oy 1981)*). Vertailuna eräiden kanadalaisten tutkimusten tuloksia (Pacce 1981)**).

	*)CN ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Näytteiden lukumäärä	Tutkittujen laitosten lukumäärä	Syanidien esiintyminen	**)CN ($\mu\text{g}/\text{l}$)		
					min	\bar{X}	max
Purkukohta 1.	9 - 64	14	14	5 (36 %)	20	70	140
Purkukohta 2.	< 5 - 5	4					
Kartanonoja	5 - 11	2					
Merivesi	5	2					

Vuoden 1982 katselmustoimitusta varten tehdyissä selvityksissä Neste Oy tutki myös jalostamon jätevesien raskasmetallipitoisuuksia (taulukko 7). Rautaa lukuun ottamatta raskasmetallipitoisuudet jäivät kaikkien Euroopan maissa voimassa olevien pitoisuusrajoitusten alapuolelle (vrt. liite 1).

Taulukko 7. Purkuveden raskasmetallipitoisuuksia (Neste Oy 1982)*). Vertailuna eräiden kanadalaisten tutkimusten tuloksia (Pacce 1981)**).

		*)	**)		
			min	X	max
Kupari	$\mu\text{g}/\text{l}$	10 - 60	3	13	37
Nikkeli	"	10 - 70	6	15	38
Lyijy	"	10 - 60	2	7	18
Sinkki	"	20 - 70	8	85	240
Rauta	mg/l	1,5 - 5,9	0,24	0,60	0,35
Elohopea	$\mu\text{g}/\text{l}$	0,4 - 5,0	0,2	0,4	0,6
Kadmium	"	ei tutkittu	10	10	10
Kromi	"	"	20	190	680
Vanadiini	"	"	ei havaittu		

3.4.2 Muovikemian teollisuuslaitokset

Neste Oy:n omistuksessa olevista muovikemian teollisuuslaitok-
sista (ent. Stymer Oy, Pekema Oy ja Kymi-Kymmene Oy) käytetään
tässä selvityksessä yleensä yhteisnimitystä 'kemian tehtaat'.
Koska näiden kolmen erillisen teollisuuslaitoksen jätevedet
johdetaan vesistöön yhteisen purkutunnelin, ns. merivesitunne-
lin (purku 3., ks. kuva 1) kautta, laitoksia on tarkoituksen-
mukaista käsitellä yhtenä yksikkönä niiden vesistövaikutuksia
arvioitaessa. Kemian tehtaiden tällä hetkellä voimassa olevat
lupaehdot on esitetty taulukossa 8. Kaikkien laitosten tuli
jättää uusi lupahakemus vuoden 1985 loppuun mennessä.

Taulukko 8. Kemian tehtaiden voimassa olevat jätevesiluvat ja
luparajat.

Luvansaaja	Lupapääätös	Voimassa/ uusi hakemus jätettävä	BOD ₇ kg/kk	kok.P kg/kk	Sty- reeni kg/kk	Kloor. hiili- vedyt kg/kk	VCM kg/kk	MHA kg/kk	DEHP kg/kk	2-EH kg/kk
Stymer Oy (Neste Oy:n polystyreeni- tehdas)	LSVO 37/1979 C	31.12.1985	/ 1500	150	15					
Neste Oy, muovitehdas (ent. Pekema Oy)	LSVO 32/1981 C	1.1.83 läht./ 31.12.1985		1)		600	30			
Kymi-Kymmene Oy (Neste Oy:n kemiantehdas)	LSVO 35/1979 C	31.12.1985	/					80	30	2) 30

1) Luvassa edellytettiin, että teollisuuslaitoksen saniteettijätevesille rakennettaisiin biologinen puhdistamo ja ettei BOD₇-arvo ylittäisi 25 mg O₂/l.

2) Luvassa kiinnitettiin erityishuomio DEHP:n (dietyyliheksyyliiftalaatin) päästöihin ja pienentämään niitä edellisvuosien tasosta. Lisäksi tulisi kiinnittää erityishuomio mahdollisiin DEHP:n jäämiin meren vesieliöstössä.

Polystyreenitehtaalla valmistetaan polystyreenimuoveja mm. pakkausmuoveiksi. Laitoksen käyttämät vesimäärät ovat melko pieniä, ja jätevesiä johdetaan merivesitunneliin n. 300 - 350 m³/d. BOD₇- ja kiintoainekuormitus on alueen muihin kuormittajiin verrattuna jokseenkin mitätön (taulukko 9, vrt, myös taulukko 4). Fosforipäästöt ovat olleet n. 1 kg/d eli 1/10 öljynjalostamon päästöistä. Styreeni on veteen heikosti liukeneva, helposti haihtuva yhdiste, joka kuitenkin on todettu vesieliöille myrkylliseksi pitoisuuksissa 10 - 100 mg/l (Gesamp 1976). Tämän vuoksi sen päästöjä tehtaan jätevesiin tarkkaillaan jatkuvasti. Styreenipitoisuudet ovat yleensä olleet mittaustarkkuuden alapuolella (< 0,1 mg/l), jolloin vuorokausipäästöt jäävät alle 0,1 kg/d (taulukko 9). Keskimääräinen kuukausikuormitus ei ole ylittänyt luparajoja.

Taulukko 9. Polystyreenitehtaan jätevesipäästöt vv. 1980 -84.

Vuosi	Vesimäärä m ³ /d	BOD ₇ kg/d	Kok.P kg/d	Kiintoaine kg/d	COD _{Mn} kg/d	Styreeni kg/d
1980	270	5	1,0	5	56	0,02
1981	370	5	0,5	6	54	0,1
1982	300	4	0,6	5	48	< 0,1
1983	340	4	1,0	3,5	54	< 0,1
1984	345	9	1,6	6,1	61	< 0,14
Keskimääräinen kuukausikuor- mitus (kg/kk)	9 750	162	28	154	4 600	< 3

Neste Oy:n kemian tehdas valmistaa ftaalihappoanhydridejä maaliteollisuuden raaka-aineeksi ja muovipehmeninaineksi sekä polyesterihartseja lujitemuoveiksi. Jätevesimäärät ovat pienet, vain n. 150 - 200 m³/d (vrt. taulukko 10). Tehtaan lupapäätöksen mukaisesti tarkkaillaan erityisesti kemikaalipäästöjä, joista varsinkin DEHP:n eli dietyyliheksyyliftalaatin (ent. dioktyyli-ftalaatti eli DOP) päästöihin ja esiintymiseen vesistössä on pyritty kiinnittämään huomiota (vrt. taulukko 8). EPA:n luokituksessa DEHP kuuluu kategoriaan 1 eli pysyvät, haihtumattomat yhdisteet (vrt. liite 2). Ftaalihappoestereitä esiintyy ympäristössä laajalti, sillä ne liukenevat suhteellisen helposti

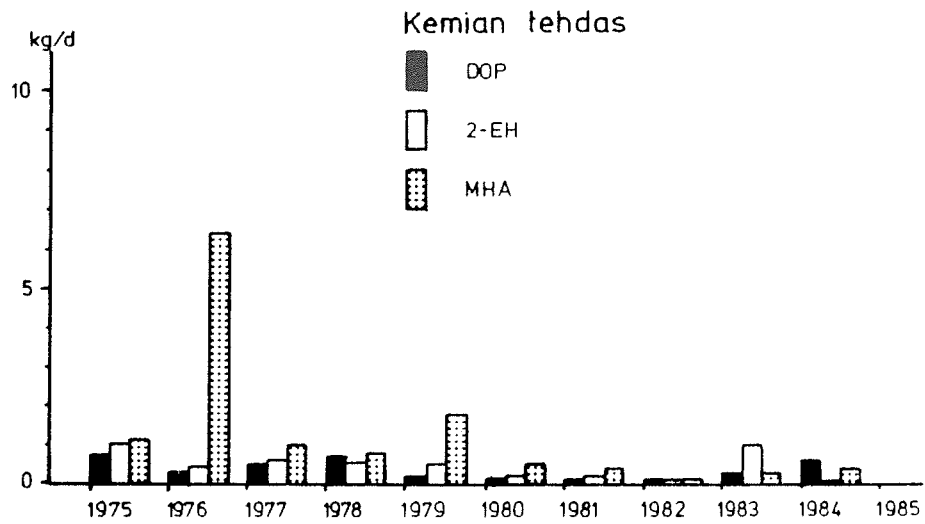
ja joutuvat tätä kautta jäte- ja valumavesien mukana vesistöihin. Niiden akuuttimyrkyllisyys ei ole suuri, mutta niillä on taipumus kertyä vesieliöihin. Niillä on mahdollisesti myös sytotoksisia, mutageenisia ja teratogeenisiä vaikutuksia (Dallner 1982). Porvoon edustalta pyydetyistä kaloista on tutkittu niiden DEHP-jäämiä (vrt. luku 3.2.4), ja tällä hetkellä velvoite-tarkkailussa tutkitaan säännöllisesti vesien DEHP-pitoisuuksia (vrt. luku 3.1.4). Jäteveden DEHP-pitoisuudet ovat olleet n. 0,5 µg/l. Tehtaan keskimääräiset kuukausipäästöt eivät ole ylittäneet luparajaa 30 kg/kk (taulukko 10). Myöskään maleiinihappoanhydridin ja 2-etyyliheksanolin päästöt eivät ole luparajoja ylittäneet.

Taulukko 10. Kemian tehtaan jätevesipäästöt vv. 1980 -84.

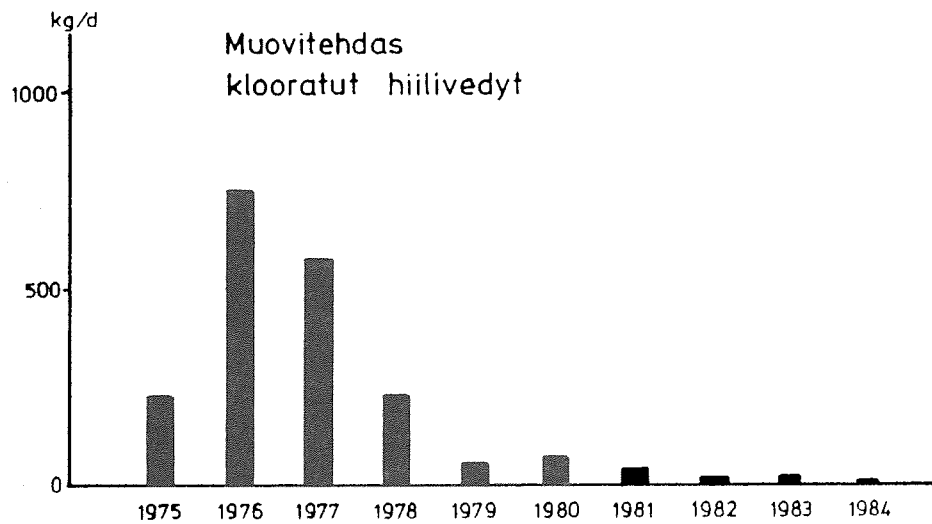
Vuosi	Vesimäärä m ³ /d	COD _{Cr} kg/d	DEHP kg/d	2-EH kg/d	MHA kg/d
1980	160	-	0,1	0,2	0,5
1981	220	-	0,1	< 0,2	< 0,4
1982	160	-	0,1	< 0,1	0,1
1983	135	14	0,26	< 1,0	0,24
1984	140	15	0,66	0,07	0,44
Keskimääräinen kuukausikuormitus (kg/kk)	4 890	435	7,4	1,6	10

Kuormitus on jonkin verran pienentynyt vuosista 1975 -79, jolloin se em. kemikaalien osalta oli n. 0,5 - 1,0 kg/d. Suunta ei kuitenkaan ole selvä (kuva 20). Tämä saattaa osittain johtua pienistä, mittaustarkkuuden alarajoilla olevista pitoisuuksista, jolloin tarkkoja kuormituslukuja ei saada lasketuksi.

Neste Oy:n muovitehtailla tuotetaan polyeteeni- ja polyvinyylidikloridimuoveja (LDPE ja PVC) eteenistä, jota saadaan öljynjalostamoon liittyvältä eteenilaitokselta sekä vinyylidikloridista. Raaka-aineena käytetyn vinyylidikloridimonomeerin (VCM) valmistus 1,2-dikloorietaanista on toistaiseksi lopetettu, ja VCM tuotetaan ulkomailta. Tästä huolimatta 1,2-dikloorietaania joutuu yhä vesistöön, sillä sitä on joutunut myös tehdasalueen pohjavesiin.



Kuva 20. Kemian tehtaan päästöt vv. 1975 -84.



Kuva 21. Muovitehtaan kloorattujen hiilivetyjen päästöt vv. 1975 -84.

Vinyylidikloridin pitoisuudet jätevesissä ovat olleet 0 - 3 mg/l ja kloorattujen hiilivetyjen yhteispitoisuus n. 1 - 5 mg/l (mm. Talsi 1983, Paasivirta ym. 1985). Kloorattujen hiilivetyjen päästöt ovat viiden viime vuoden aikana pudonneet n. 10 %:iin vuoden 1980 keskimääräisestä vuorokausipäästöstä (taulukko 11). Muovitehtaan keskimääräiset kuukausipäästöt ovat ylittäneet selvästi kloorattujen hiilivetyjen enimmäisrajan 200 kg/kk; vuonna 1984 kuormitus oli vielä 240 kg/kk. Vinyylidikloridipäästöt ylittivät tällöin enimmäisrajan 30 kg/kk. Tehtaan fosforipäästöt ovat vähäiset. Vuonna 1981 valmistui jätevesiluvan edellyttämä tehdasalueen saniteettivesille tarkoitettu biologinen puhdistamo, jossa käsitellään myös osa prosessijätevesistä.

Taulukko 11. Muovitehtaan jätevesipäästöt vv. 1980 -84.

Vuosi	Vesimäärä m ³ /d	Kok.P kg/d	Kiintoaine kg/d	COD _{cr} kg/d	VCM kg/d	Klooratut hiilivedyt kg/d
1980	4 070	0,4	145	-	-	76
1981	3 390	0,3	95	-	-	41
1982	3 220	0,5	62	-	-	21
1983	3 080	< 0,7	54	-	-	22
1984	1 730	0,2	55	247	3,9	8
Keskimääräinen kuukausikuor- mitus (kg/kk)	92 940	12,6	2 466	7 410	117	1 000

Vaikka muovitehtaan päästöt ovatkin ylittäneet uuden luvan mukaiset enimmäisrajat, tehtaan kuormitus on vähentynyt erittäin selvästi vuosien 1976 -77 huippuarvoista, jolloin päivittäiset kuormitusluvut olivat peräti 500 - 700 kg/d (kuva 21). Tällainen muutos on ollut hyvin tarpeellinen, sillä kloorattujen hiilivetyjen ympäristöhaitat ovat vakavia. Vinyylidikloridi on myrkyllinen, syöpää aiheuttava yhdiste; tosin se on niin herkästi haihtuva, että sen pitkäaikaiset vesistöhaitat jäänevät oletettua vähäisemmiksi. 1,2-dikloorietaanin on myös todettu voivan aiheuttaa geneettisiä muutoksia ja mahdollisesti myös syöpää (Miljövärdsfrågor 1978). Molemmat yhdisteet kuuluvat EPA:n ympäristömyrkylyluokituksena kategoriaan 4 eli pysyvät, ei-keriyvät, haihtuvat yhdisteet (liite 2).

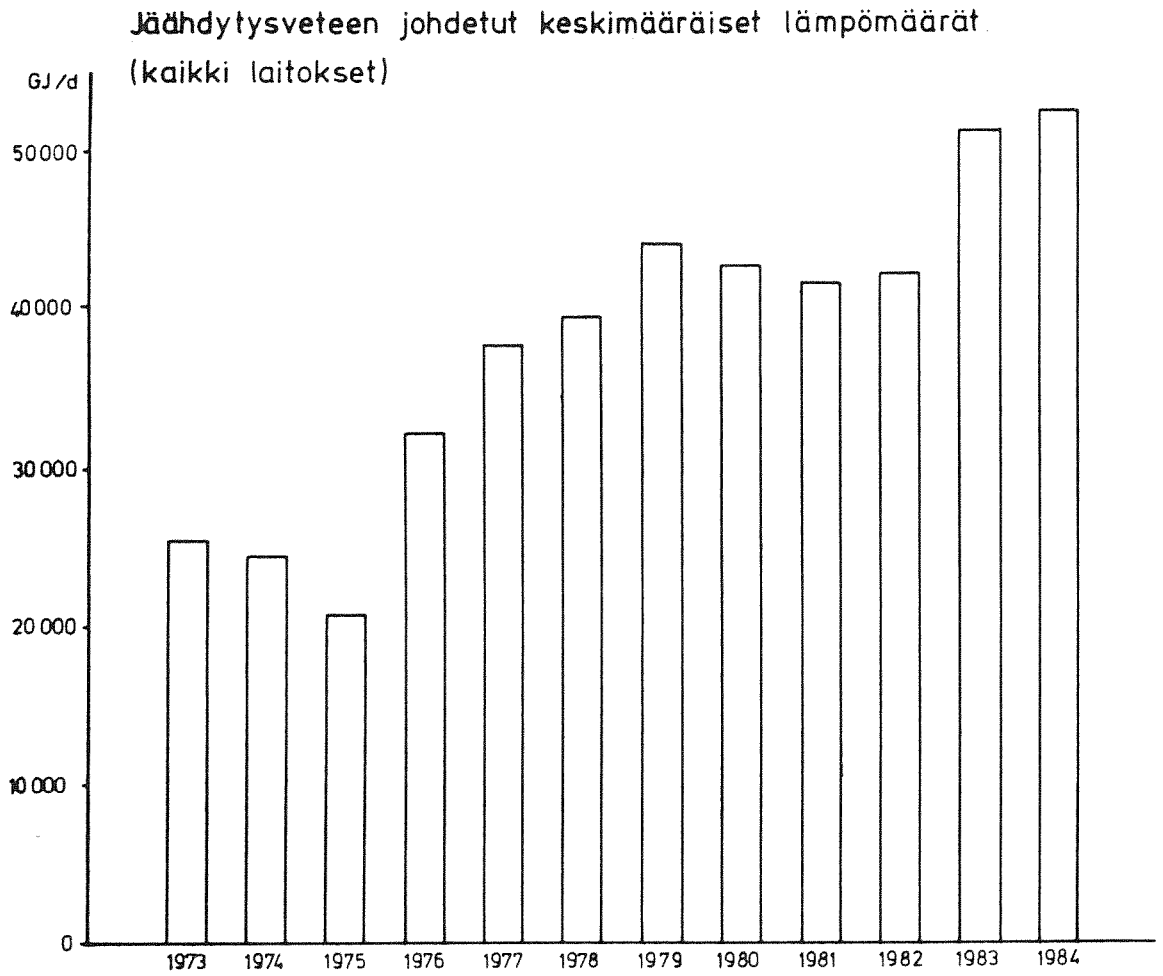
Kemian tehtaiden ja öljynjalostamon sekä petrokemian teollisuuslaitosten käytössä on yhteinen jäähdytysvesijärjestelmä, jossa käytetään merivettä enintään 120 000 m³/d eli n. 1 - 1,5 m³/s. Kemian tehtaiden jätevedet johdetaan näiden jäähdytysvesien purkutunneliin, ns. merivesitunneliin (purku 3), jossa ne laimevat moninkertaisesti ennen kuin joutuvat vesistöön (taulukko 12). Haitallisten yhdisteiden (mm. klooratut hiilivedyt, DOP) pitoisuudet laimenevat tietysti samassa suhteessa.

Taulukko 12. Kemian tehtaiden keskimääräiset jätevesimäärät ja niiden laimeneminen merivesitunnelissa.

	m ³ /vrk	laimennussuhde (%)
Polystyreenitehdas	350	0,03
Kemian tehdas	200	0,018
Muovitehdas	2 800	0,27
Merivesitunneli (purku 3)	< 120 000	

Jäähdytysvesiin on vuosina 1983 084 johdettu keskimäärin 50 000 GJ vuorokaudessa (>2 000 GJ/h). Suurin osa eli 80 - 90 % on peräisin öljynjalostamon ja sen voimalaitoksen jäähdytysvesistä, ja n. 10 % muovitehtaalta. Lämpömäärä on kasvanut kaksinkertaiseksi 1970-luvun alkupuoliskoon verrattuna (kuva 22).

Merivesitunnelista lämmin vesi purkautuu pintaveteen tunnelin edustalla. Veden lämpötila vaihtelee syöttöveden lämpötilan mukaan: talvisin se on n. 10 - 14°C ja kesäisin 15 - 20°C. Jäähdytysvesijärjestelmän syöttövesi otetaan merivesitunnelin eteläpuolelta 20 m:n syvyydestä.



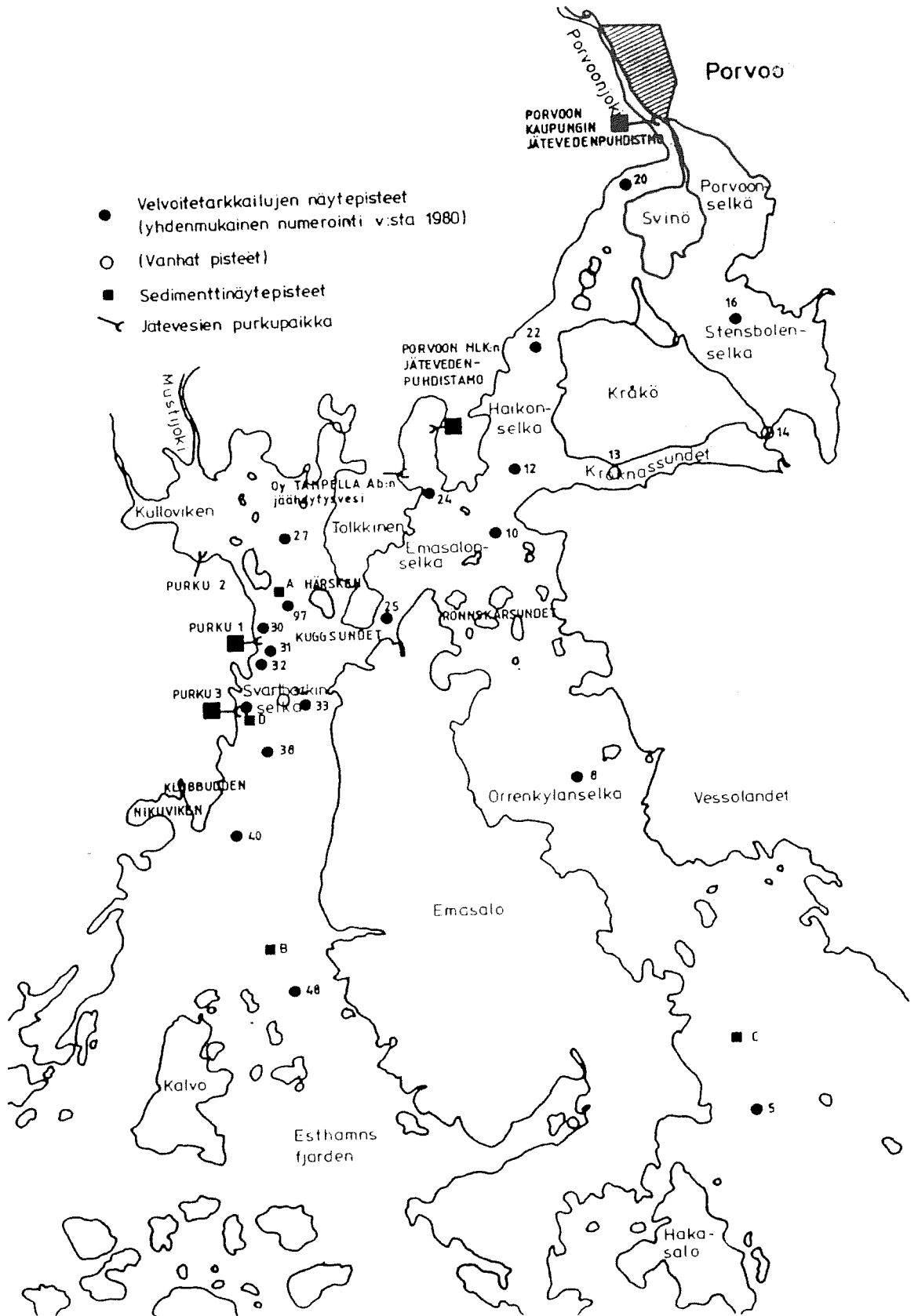
Kuva 22. Jäähdytysvedeen keskimäärin johdettu lämpömäärä
vv. 1973 -84 (kaikki Neste Oy:n laitokset).

3. M E R I A L U E E N T I L A : V E S I S T Ö T U T K I M U K S E T

Porvoon edustan merialueella on tehty vesistötutkimuksia vuodesta 1965 lähtien. Vesistöhavainnot olivat 1960-luvulla vielä jokseenkin satunnaisia; merialueen tarkkailu on ollut säännöllistä vasta 1970-luvulla. Tarkkailuohjelmaa on vuosikymmenien kuluessa muutettu jonkin verran, ja tällä hetkellä vesistön velvoitetarkkailuun kuuluu 17 havaintopistettä (kuva 23), joista vedenlaatumittaukset tehdään 3 kertaa vuodessa. Pinta-vedestä (0 - 2 m) mitataan lisäksi perustuotantokyky, klorofylli a sekä typpi- ja fosforipitoisuudet 8 kertaa avovesikauden aikana.

Porvoon edustan merialuetta kuormittavien jätevesien ja jokien vaikutuksia on usein ollut hyvin vaikea erotella toisistaan, sillä ei ole olemassa ehdottoman luotettavia vesistömuuttujia, joilla jokien ja asutuksen vaikutukset voitaisiin yksiselitteisesti selvittää. Eri kuormituslähteiden osuuden ja vaikutusten arviointia on erityisesti vaikeuttanut luotettavien virtaamatietojen puute merialueella.

Tässä ja seuraavassa luvussa (luvut 3 ja 4) tarkastellaan merialueen veden laatua ja sedimentin tilaa kaikkien alueella tehtyjen velvoite- ja erityistutkimusten perusteella. Erityisesti kiinnitetään huomiota vesistön tilan muutoksiin tarkastelujakson (1965 - 1984) aikana. Tämän työn varsinainen päätavoite oli selvittää kuormituksen ja sen muutosten vaikutuksia merialueen tilaan.



Kuva 23. Porvoon edustan merialue ja velvoitetarkkailupisteet.

3.1 FYSIKAALIS-KEMIALLISET TUTKIMUKSET

3.1.1 Lämpötila ja sähkönjohtavuus

Veden sähkönjohtavuus ja lämpötila on mitattu aina velvoite-tarkkailun ja yleensä myös erityisselvitysten yhteydessä. Ne kuvastavat mm. vesistön kerrostuneisuutta tutkimushetkellä, ja erityisesti sähkönjohtavuuden perusteella voidaan arvioida jokiveden virtauksia ja sekoittumista meriveteen sekä toisaalta myös suolaisemman meriveden virtauksia lahtialueille päin (vrt. luku 1). Lämpötila ja sähkönjohtavuus ovatkin vain eräänlaisia apumuuttujia, jotka helpottavat muiden tutkimustulosten (mm. ravineet) ja niihin vaikuttanien seikkojen arviointia. Keskimääräinen sähkönjohtavuus antanee viitteitä jokivesien osuudesta eri havaintopisteissä (taulukko 13).

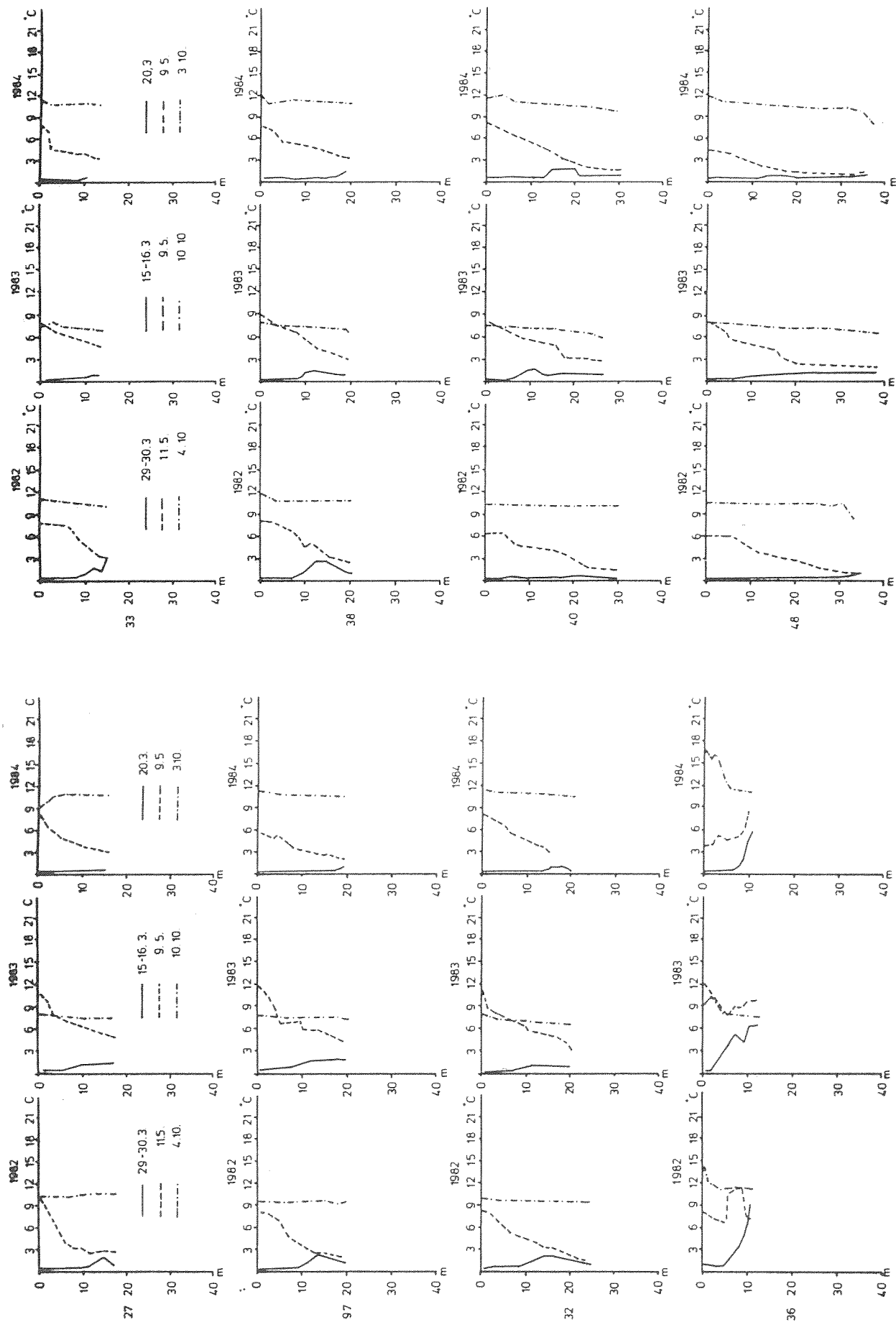
Taulukko 13. Eräiden havaintopisteiden keskimääräinen sähkönjohtavuus (mS/m) eri syvyyskerroksissa vv. 1976-1983.

Havaintopiste	< 5 m	5-10 m	> 15 m	Havaintopisteen kokonaissyvyys (m)
Porvoon lähialue 20	284	-	-	3,0
22	667	-	-	5,0
12	758	925	-	8,0
10	783	902	1019	12,0
Orrenkylänselkä 8	876	967	1000	31,0
5	939	983	975	34,0
Kuggsundet 25	839	964	1000	20,0
Svartbäckinselkä 27	856	970	1100	18,0
97	835	995	-	20,0
32	881	972	1000	21,0
36	910	975	1008	11,0
40	927	984	1100	28,0
48	926	969	1000	40,0

Porvoon edustan merialueen suolaisuudessa ei ole tapahtunut selviä muutoksia tarkkailujakson aikana. Kuukausittain ja vuosittain vaihteleva jokiveden määrä ja virtaus aiheuttaa varsinkin pintavesien suolaisuudessa niin paljon satunnaisvaihtelua, että mahdolliset trendinomaiset muutokset peittyvät tämän vaihtelun alle.

Velvoitetarkkailun yhteydessä tehtyjen lämpötilamittausten perusteella on arvioitu Neste Oy:n lämpökuormituksen aiheuttamien vesistövaikutuksien laajuutta. Avovesikautena lämpimien jäähdytysvesien vaikutuksia ei juurikaan havaita muualla kuin merivesitunnelin suulla (piste 36), ja sielläkin erot yleensä häviävät pintavesien lämmitessä yli 10 - 15-asteiseksi. Talvella sen sijaan vaikutukset ovat erittäin selkeät merivesitunnelin suulla, jossa pohjanläheisten vesikerrosten (> 5 m) lämpötila saattaa kohota +8°C:een (kuva 24). Myös muilla Svartbäckinselän havaintopisteillä (32, 33 ja 38) lämpötila on usein kohonnut muutamalla asteella 5 m:n alapuolisissa vesikerroksissa, ja useina talvina lämpimän veden on todettu työntyvän 10 - 20 m:n syvyydessä pisteille 40 ja jopa 48 saakka, joissa lämpötila on kohonnut n. 1 - 2°C:lla. Lämpimät jäähdytysvedet saattavat ajoittain kulkeutua meriveden virtausten mukana myös pohjoiseen lahden sisäosiin päin. Esimerkiksi v. 1982 havaittiin, että 15 m:n syvyydessä lämpötila oli kohonnut n. 1°C:lla pisteessä 97 ja vieläpä selän pohjoisemmissa osissa pisteessä 27.

Havaintopistettä 36 lukuun ottamatta veden lämpötilan kohoaminen on kuitenkin melko vähäistä. Toisaalta, koska pienikin lämpötilan nousu kiihdyttää bakteeritoimintaa ja nopeuttaa orgaanisen aineen hajoamista, syvänteiden happitilanne saattaisi lämpökuormituksen vuoksi heikentyä. Kuitenkin Svartbäckinselän happitilanne on yleensä talvisin ollut melko hyvä syvänteissäkin, joten ainakaan tässä suhteessa lämpimät jäähdytysvedet eivät vaikuta merkittävästi esim. kalojen viihtymiseen Svartbäckinselällä.



Kuva 24. Lämpötilamittauksia Svartbäckinselällä vv. 1982 -84.

3.1.2 Happitilanne

Porvoonjoen suulla ja Haikonselällä pintavesien happitilanne on ollut ajoittain heikko (30 - 40 %) kevättalvisin varsinkin 1960- ja 70-luvuilla. Tätä aluetta kuormittavat Porvoonjoen ravinteikkaat vedet ja Porvoon kaupungin pintavesissä kulkeutuvat jätevedet. Porvoon kaupungin happea kuluttavien aineiden kuormitus on laskenut 1960-luvulta lähtien, ja viime vuosina alueen happitilanne onkin ollut kohtalaisen hyvä myös kevättalvisin jään alla.

Happitilanne on ollut heikoin matalalla Stensbölenselällä ja Kroksnässundetissa ja kevättalvisin happipitoisuus on joinakin vuosina laskenut nolnaan. Vaikka Stensbölenselän happitilanne näyttää kohentuneen 1960 -70-lukujen tasosta, ainakin vielä v. 1980 lahdessa oli täydellinen happikato. Stensbölenselän happitilanne ei olekaan aivan suoraan verrannollinen kuormituksessa tapahtuneisiin muutoksiin, vaan rehevässä, matalassa lahdessa happikadot ovat mahdollisia, jos esimerkiksi syksyinen happitaso on alhainen ja jääpeitteen kesto hyvin pitkä. Kesäisin hapen ylikyllästys on Stensbölenselällä tavallista voimakkaasta perustuotannosta johtuen, ja veden pH saattaa kohota jopa 9 - 9,5:een.

Emäsalonselän (havaintopiste 10) happitilanne oli kohtalainen (50 - 70 % pintavesissä) jo 1970-luvulla, jolloin Tolkkisten sulfiittisellutehdas oli vielä toiminnassa. Kesäisin hapen ylikyllästys oli tavallista runsaan levätuotannon vuoksi. Sellutehtaan lopetettua toimintansa tilanne on säilynyt jokseenkin ennallaan. Syyskesällä kerrostuneisuuden ollessa voimakkaimmillaan alusvesissä esiintyy happivajausta (30 - 60 %), mutta kaiken kaikkiaan Emäsalonselän happitilanne on kohtalaisen hyvä.

Koddervikenin suulla (piste 24) täydelliset talviaikaiset happikadot olivat tavallisia Tolkkisten sellutehtaan ollessa toiminnassa, ja tilanne parantui jonkin verran tehtaan lopetettua.

Happivajetta (10 - 40 %) tässä matalassa lahdensuussa on esiintynyt vielä 1980-luvullakin. Osittain tämä johtuu Koddervikenin sedimenteistä yhä vapautuvista ravinteista ja happea kuluttavista aineista sekä siitä, että Kodderviken on edelleen Porvoon maalaiskunnan jätevesien kuormittama. Jos Tolkkisten sahan BOD₇-kuormitus kasvaa lähivuosina, tämä saattaa edelleen heikentää Koddervikenin happitilannetta ja hidastaa alueen puhdistumista vanhan kuormituksen jäänteistä. Kesäisin Koddervikenin suulla happitaso saavuttaa usein ylikyllästystason, sillä perustuotanto on kohonnut selvästi sellutehtaan lopetettua toimintansa (vrt. luku 3.2.1). 1970-luvulla veden pH oli talvisin usein vain n. 4 eikä kesäisinkään ylittänyt 7:ää, joten perustuotanto oli selvästi inhiboitunut.

Sellutehtaan jätevedet vaikuttivat voimakkaasti vielä Kuggsundetissa (piste 25), jossa Na-lignosulfonaattipitoisuudet kohosivat talvisin jopa 500 mg:aan ja alusveden pH laski peräti 3,1:een. Tällöin happivajaus oli voimakasta, ja esimerkiksi v. 1969 happi kului syvänteessä täysin loppuun. Happitilanne parani huomattavasti sellutehtaan lopettamisen jälkeen, ja kevättalvinen happivajaus pintavedessä on lieventynyt selvästi. Kesäisin saattaa esiintyä lievää hapen ylikyllästystä pintavesissä, ja syyskesällä alusvesissä happivajasta (30 - 70 %). Kuggsundetissa vaikuttavat Koddervikenistä yhä tuleva kuormitus, Porvoonjoen suunnan kuormitus ja Svartbäckinselältä takaisinvirtauksen mukana tuleva kuormitus.

Svartbäckinlahden pohjoisosissa (havaintopisteet 27 ja 97) kevättalven happitilanne on yleensä ollut suhteellisen hyvä. Mustijoen happea kuluttavan aineen vaikutukset eivät olekaan yhtä voimakkaat kuin Porvoonjoen tai Porvoonjokisuunnan yhteiskuormituksen. Kesäkerrostuneisuuden aikana näiden suhteellisen syvien alueiden (17 - 19 m) alusveden happitilanne heikentyy jonkin verran (kyllästystaso 50 - 80 %), mutta mistään varsinaisesta happikadosta ei ole kyse. Pintavesien hapen ylikyllästys (120 - 150 O₂%) on tavallista levätuotantomaksimin aikaan.

Svartbäckinlahden keskiosissa (havaintopisteet 30 - 34) esiintyy keväisin lievää happivajasta jään alla. 1970-luvulla tähän vaikuttivat jokikuormituksen lisäksi myös sellutehtaan jätevedet, sillä havaintopisteiden lignosulfonaattipitoisuudet olivat kevättalvisin vielä melko korkeita (14 - 17 mg/l pisteiden 30 ja 32 pintavesissä). 1980-luvulla happitilanne on ollut kevättalvisin melko hyvä (n. 70 - 90 %). Kesäkerrostuneisuuden aikaan alusveden hapen kyllästysprosentti saattaa laskea noin 50 %:iin, ja pintavesissä on esiintynyt lievää ylikyllästystä levätuotantomaksimin aikaan. On vaikea arvioida, mikä merkitys Neste Oy:n jätevesillä on alueen happitilanteeseen, sillä jokivedet ja niiden kuormitus on vielä tällä alueella merkittävä tekijä (vrt. myös Orrenkylänselkä).

Merivesitunnelin edustalla (piste 36) on kevättalvisin esiintynyt lievää happivajasta jään alla, joka etupäässä aiheutuu jokivesien tunkeutumisesta vielä näillekin alueille. Syyskesällä esiintyy lievää happivajetta (60 - 70 %) syvemmissä vesikerroksissa. Vaikuttaa siltä, että merivesitunnelin jätevesillä ja lämpökuormituksella ei ole ainakaan kovin suurta merkitystä alueen happitilanteeseen.

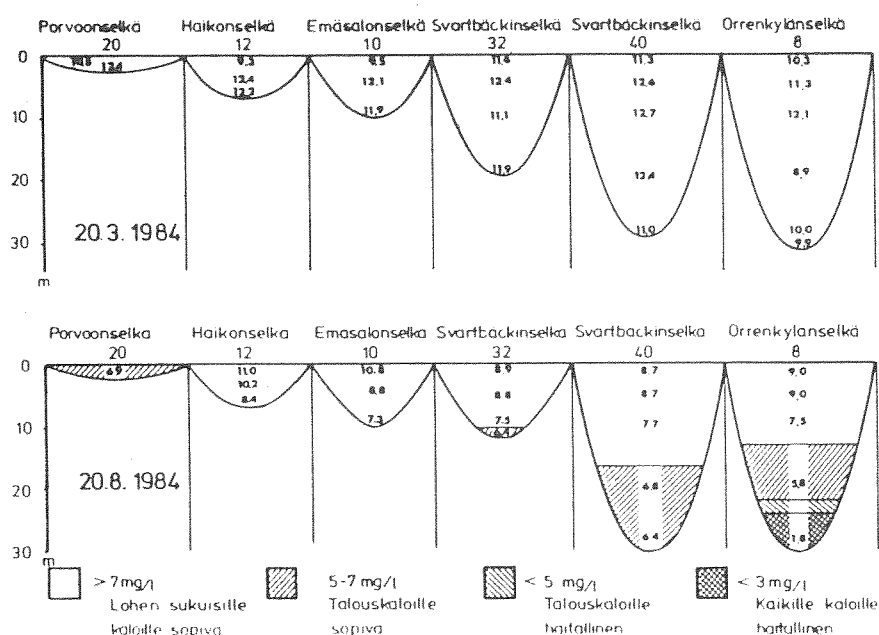
Svartbäckinselän eteläosissa Klobbuddenin ja Kalvön välisellä alueella jokivedet aiheuttavat vielä kevättalvista lievää happivajetta jään alla. Nämä havaintopisteet (40 ja 48) ovat syviä (n. 33 m ja 40 m), ja kesäkerrostuneisuuden aikana esiintyy yleisesti happivajetta alusvedessä, yleensä n. 15 m:n alapuolisessa vesikerroksessa. Merkittävää näissä, kuten muissakin alueen merellisissä syvännepisteissä, on se, että syvänteiden happivajetta esiintyy lähes yksinomaan kesäkerrostuneisuuden aikana eikä yleensä talvella jääpeitteen aikana. Tällä seikalla on varmasti myönteinen vaikutus kalojen kevätkudulle ja viihtymiselle Svartbäckinselällä.

Orrenkylänselällä (havaintopisteet 8 ja 5) happitilanne on hyvin samankaltainen kuin Svartbäckinselän keski- ja eteläosissa. Jokivesien vaikutus näkyy kevättalvisin jään alla, ja

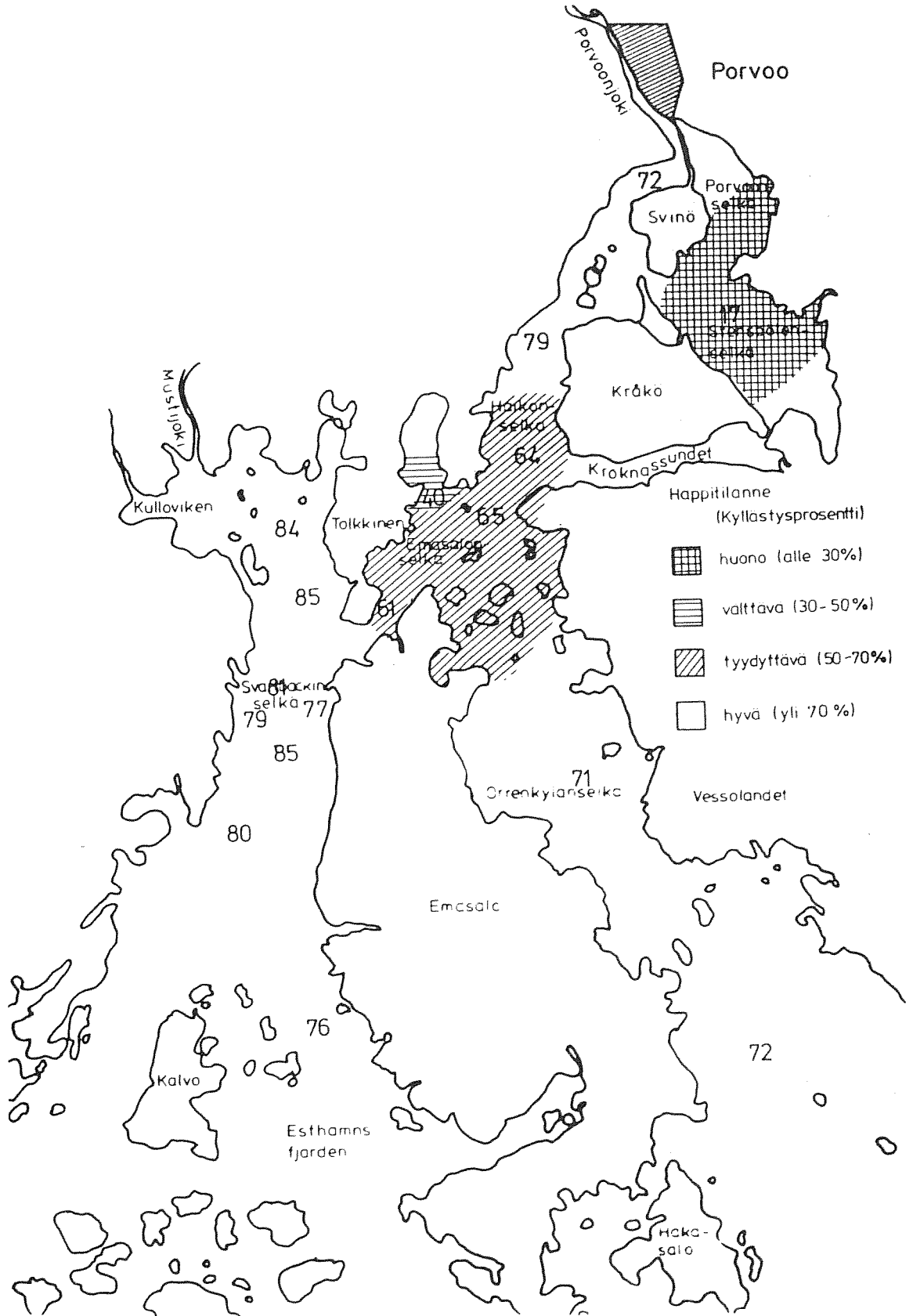
kesäkerrostuneisuuden aikana esiintyy alusvedessä happivajetta (15 - 40 %). Tämä viittaa siihen, että Neste Oy:n jätevesillä ei juurikaan olisi vaikutuksia Svartbäckinselän happitilanteeseen, sillä Svartbäckin- ja Orrenkylänselän happitilanne on hyvin samankaltainen. Merialueille on tyypillistä, että suhteellisen puhtaillakin alueilla syvänteiden happi saattaa kulua loppuun kesäkerrostuneisuuden aikana. Kaikki alueen syvänteet saavat happitäydennystä syyskierron aikana.

Edellä mainittujen seikkojen havainnollistamiseksi on esitetty eräiden havaintopisteiden happipitoisuuksia maalisi- ja elokuussa 1984 (kuva 25). Talvikautena ei happipitoisuus asettane rajoituksia kalojen viihtyvyydelle. Kesäaikaan vaativimmat kalalajit eivät kuvan 25 mukaan viihtyisi Porvoonselällä tai ulompien merialueiden syvänteissä.

Kaiken kaikkiaan tarkastelualueen happitilannetta voidaan Stensbölenselkää lukuun ottamatta pitää hyvänä, varsinkin kun otetaan huomioon, että alueen kuormitus on suhteellisen suuri. Alueen hyvä vedenvaihto on ratkaisevan tärkeä tekijä happihaittojen lieventäjänä. Varsinaisia muutoksia alueen happitilanteessa ei ole tapahtunut paitsi Tolkkisten sellutehtaan lopetattua, jolloin tehtaan lähialueiden happitilanne parani huomattavasti.



Kuva 25. Eräiden havaintopisteiden happipitoisuus v. 1984.



Kuva 26. Happi-tilanne Porvoon edustan merialueen pintavedessä (1 m) 20.3.1984 (Vesi-Hydro Oy).

3.1.3 Ravinteet

Porvoon edustan merialueen ravinnetasoa on seurattu kokonaisytyppi- ja kokonaisfosforianalyysin 1970-luvun alkupuolelta lähtien. Nitraatti- ja ammoniumtyppimääritykset sekä fosfaattifosforimääritykset otettiin mukaan velvoitetarkkailun analyysivalikoimaan vuosina 1975 -76. Velvoitetarkkailutulosten lisäksi vesihallituksen vedenlaaturekisteriin on koottu alueella tehtyjen erityistutkimusten sekä Helsingin vesipiirin suorittaman tarkkailun ravinnemittaustuloksia.

Svartbäckinselän alueen ravinnekuormitusta on yksityiskohtaisimmin käsitellyt Penttinen (1980), joka vuosina 1977 -78 tekemillään kenttä- ja laboratoriotutkimuksilla pyrki selvittämään tyypin merkitystä merialueen minimiravinnetekijänä sekä Neste Oy:n öljynjalostamon vaikutuksia Svartbäckinselän ravinne- ja perustuotantotasoon. Neste Oy:n öljynjalostamon lupahakemuksen johdosta antamassaan lausunnossa Penttinen (1983) on edelleen kehitellyt näkemystään alueen ravinne- ja rehevöitymistilanteesta.

Porvoonjoen suulla ravinnepitoisuudet ovat korkeita, kuten alueen suuren kuormituksen vuoksi voidaan odottaakin. Kokonaisytyppipitoisuudet vaihtelevat maaliskuussa välillä 3000 - 6000 $\mu\text{g}/\text{l}$, ja ovat korkeimmillaan jokikuormituksen huippuaikoina huhtikuussa. Kesällä typpipitoisuudet ovat yhä suuria, noin 800 - 3000 $\mu\text{g}/\text{l}$. Liukoisten, helposti kasviplanktonin käytettävissä olevien ravinteiden osuus on suuri varsinkin talvella, jolloin jopa 50 % typestä on NH_4 -muodossa. Fosforistakin huomattavan suuri osa (30 - 60 %) on liukoisessa fosfaattimuodossa. Kokonaisfosforipitoisuuksien korkeimmat arvot ovat talvisin n. 150 - 350 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja kesäisin n. 100 - 220 $\mu\text{g}/\text{l}$.

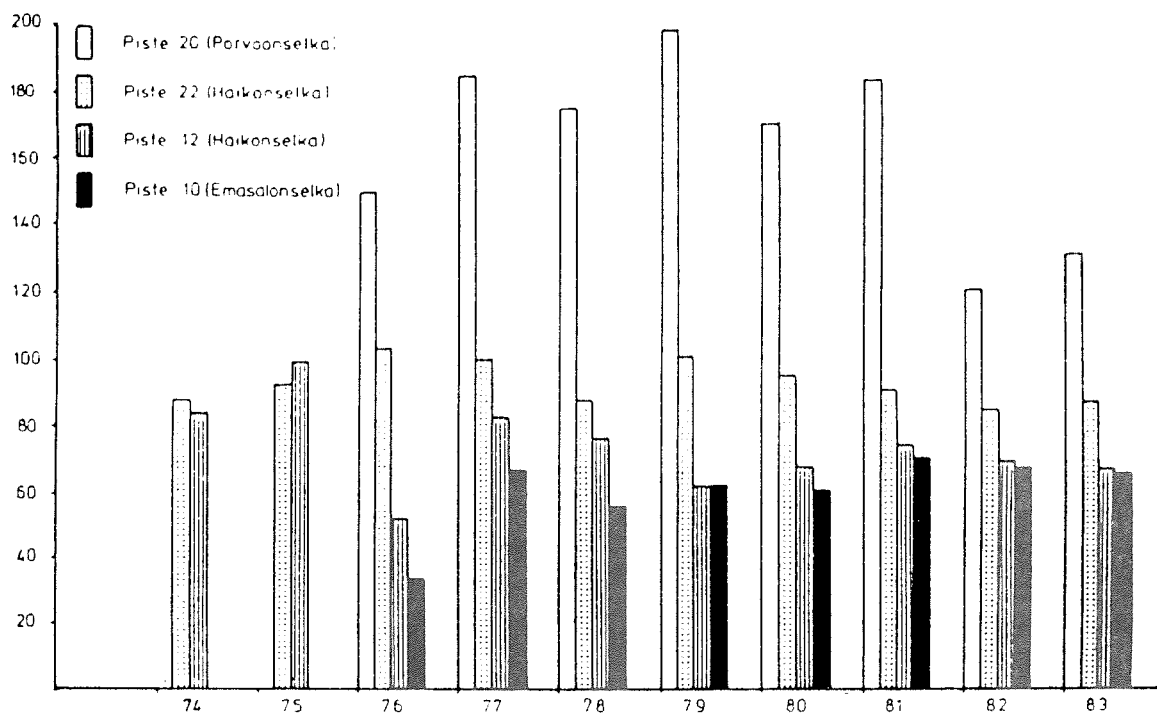
Kokonaisfosforipitoisuudet ovat jonkin verran pienentyneet vuosina 1982 -83 (kuva 27). Näinä vuosina Porvoonjoen ainevirtaama oli edellisvuosia pienempi, ja v. 1983 myös Porvoon kaupungin fosforikuormitus oli hieman aiempaa pienempi.

Jokien virtaamalla lienee vaikutus keskimääräisiin fosforipitoisuuksiin alueella, vaikka mitään selvää korrelaatiota näiden välillä ei kuitenkaan ole. Esimerkiksi vuosina 1978 -79 jokien ainevirtaama oli pieni, mutta jokisuun fosforipitoisuus taas suuri. Tarkkailutuloksista lasketut keskimääräiset ravinnepitoisuudet ovat osittain harhaanjohtavia, sillä näytteenotto ei ole tapahtunut aina samoina vuodenaikoina. Tämä saattaa olla yksi syy siihen, että typpipitoisuudet näyttävät pienentyneen vuosina 1980 -83 (kuva 28). Tällöin määritykset aiempaa enemmän painottuivat kesäkuukausille, jolloin jokien virtaama on vähäinen. Porvoon kaupungin typpikuormitus on kuitenkin noussut lähes kaksinkertaiseksi vuoteen 1976 verrattuna (vrt. taulukko 3).

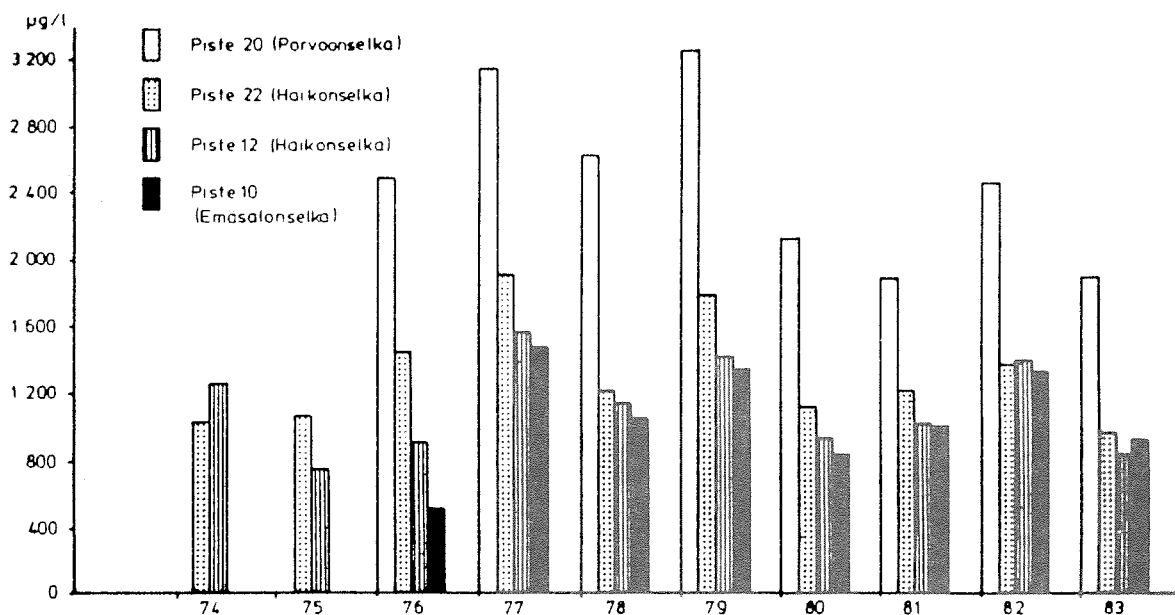
Stensbölenlällä ja Kroksnässundetissa ravinnepitoisuudet ovat lähes yhtä korkeat kuin Porvoonjokisuulla. Kesälläkin typpipitoisuudet ovat yleisesti n. 700 - 1000 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja fosforipitoisuudet 50 - 200 $\mu\text{g}/\text{l}$. Matalassa lahdessa vedenvaihto on heikohko ja lisäksi hapettomissa olosuhteissa ravinteita pääsee liukenemaan pohjasedimenteistä koko vesipatsaaseen, kun lämpötilakerrostuneisuutta ei kesäisinkään synny.

Haikonselällä ravinnepitoisuudet ovat korkeita varsinkin jääpeitteen aikana. Kevättalvella pintaveden typpipitoisuudet ovat n. 1000 - 3000 $\mu\text{g}/\text{l}$, ja jopa pitoisuuksia 7000 $\mu\text{g}/\text{l}$ on mitattu. Syvemmällä (4 - 5 m:n alapuolella) pitoisuudet ovat selvästi tätä alhaisemmat eli n. 300 - 500 $\mu\text{g}/\text{l}$. Fosforipitoisuudet ovat talvisin n. 100 - 150 $\mu\text{g}/\text{l}$, ja syvemmällä n. 40 - 50 $\mu\text{g}/\text{l}$. Kesällä fosforipitoisuudet eivät ole huomattavan suuria varsinkin Haikonselän eteläpäässä (piste 12). Keskimäärin Haikonselän ravinnepitoisuudet ovat selvästi pienempiä kuin Porvoonjokisuun (kuvat 27 ja 28).

Emäsalonselän keskimääräiset ravinnepitoisuudet ovat puolestaan jokin verran pienemmät kuin Haikonselän (kuvat 27 ja 28). Kevättalvisin pintaveden typpipitoisuudet saattavat kuitenkin kohota suuriksi, n. 3000 - 5000 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja fosforipitoisuus n. 150 $\mu\text{g}/\text{l}$. Pohjanläheisten vesikerrosten ravinnepitoisuudet ovat tätä huomattavasti alemmat.

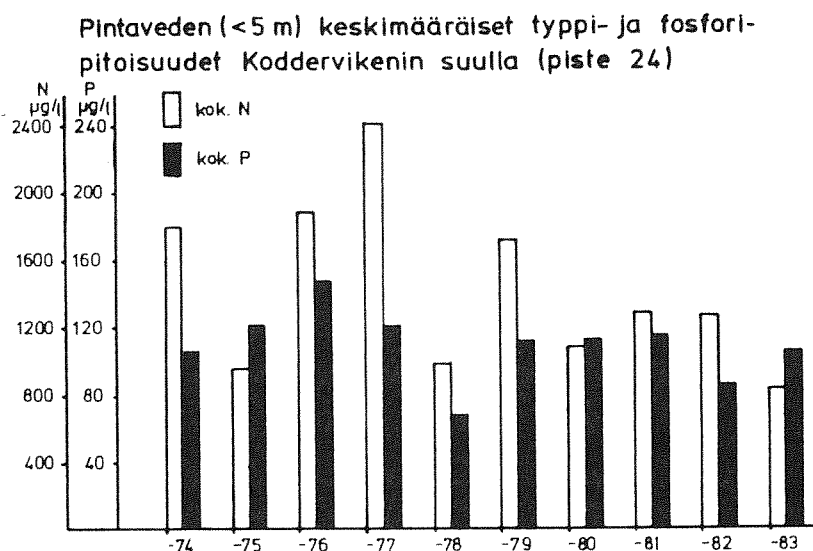


Kuva 27. Pintaveden (<5 m) kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvoja Porvoon-, Haikon- ja Emäsalonselällä.



Kuva 28. Pintaveden (<5 m) kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvoja Porvoon-, Haikon- ja Emäsalonselällä.

Koddervikenin suulla ravinnepitoisuudet ovat suuret, ja keskimäärin korkeammat kuin Emäsalon- tai Hakonselällä (kuva 29). Tolkkisten sellutehtaan lopetettua toimintansa ravinnepitoisuudet (erityisesti fosforipitoisuudet) Koddervikenin suulla ovat pienentyneet odotettua vähemmän. Koska Porvoon maalaiskunnan jätevesipäästöt eivät kuitenkaan ole ratkaisevasti lisääntyneet, on ilmeistä, että pahoin pilaantuneen lahden sedimenteistä liukenee yhä runsaasti ravinteita. Porvoonjokisuunan kuormitus vaikuttaa vielä tällä alueella, mutta koska Haikonselän ravinnepitoisuudet ovat näitä alhaisemmat, on ilmeistä, että Koddervikenin suun korkeat ravinnepitoisuudet ovat peräisin Porvoon maalaiskunnan puhdistamolta ja ennen kaikkea sedimentteihin kertyneistä ravinnevaroista. Tampella Oy:n sahan fosforikuormitus tuo oman lisänsä lahden ravinnekuormitukseen: se on vuosina 1983 -84 ollut vain hieman Porvoon maalaiskunnan jätevesikuormitusta pienempi (vrt. taulukko 4).



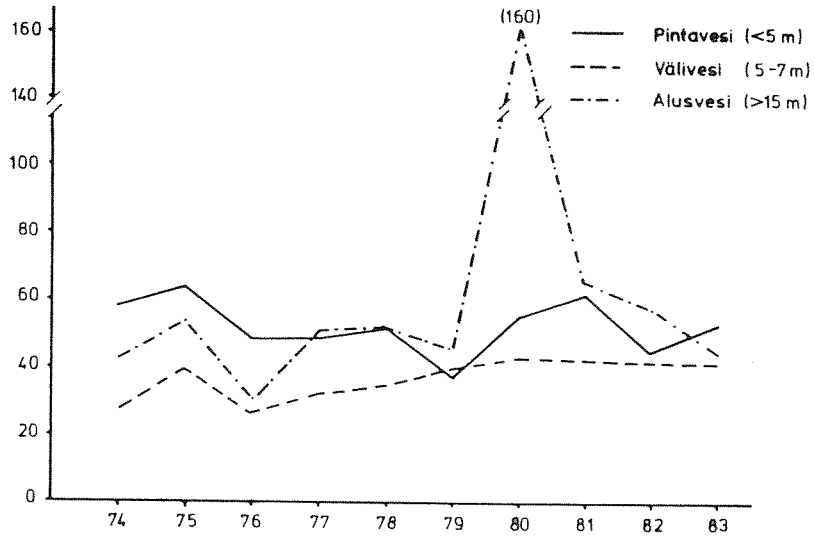
Kuva 29. Pintaveden (<5 m) keskimääräiset typpi- ja fosforipitoisuudet Koddervikenin suulla (piste 24).

Kuggsundet on alue, jonka luonnontilaan vaikuttavat Porvoonjokisuunnan kuormitus, Koddervikeniltä purkautuvat ravinteikkaat vedet ja ainakin ajoittain tapahtuvan ns. takaisinvirtauksen mukana Mustijoen ainevirtaama ja Neste Oy:n jätevedet. Pintaveden keskimääräiset typpipitoisuudet (kuva 30) ovat olleet 700 - 1200 $\mu\text{g}/\text{l}$ eli samaa suuruusluokkaa kuin Emäsalonselällä. Fosforipitoisuudet vaihtelevat välillä 40 - 60 $\mu\text{g}/\text{l}$ (kuva 31), joten ne ovat hieman alhaisemmat kuin Emäsalonselän fosforipitoisuudet.

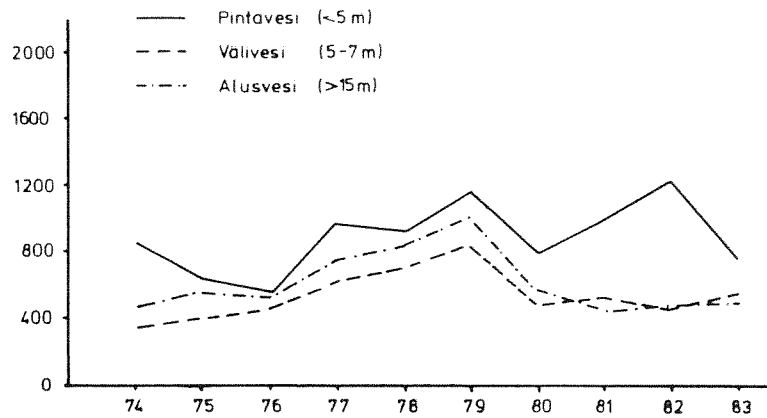
Keskimääräiset ravinnepitoisuudet ovat yleensä olleet suurimmat pintavedessä, mikä johtuu talven ja varhaiskevään aikaisesta voimakkaasta jokivesivirtauksesta. Alusveden ravinnepitoisuudet ovat puolestaan korkeammat kesäkerrostuneisuuden aikana (poikkeuksellisen korkea fosforipitoisuus alusvedessä v. 1980 johtuu muutamasta erittäin korkeasta määrittystuloksesta, jolloin pohjanläheisen vesikerroksen näytteeseen on oletettavasti sekoittunut myös pohjalietettä).

Kuggsundetin ravinnepitoisuuksissa ei näytä tapahtuneen selviä muutoksia viimeisen kymmenen vuoden aikana. Pitoisuuksien vaihtelu ei korreloi jokien ainevirtaamien kanssa: osa vaihtelusta aiheutuu näytteenottoaikojen vaihtelusta ja vainottumisesta eri vuodenaikoina. Keskimääräinen typpipitoisuus on ehkä hieman kohonnut vuosista 1974 -76.

Svartbäckinselän pohjoispäässä (havaintopisteet 27 ja 97) Mustijoen ainevirtaama vaikuttaa havaintopisteiden ravinnepitoisuuksiin lähinnä keväisin. Pintaveden typpipitoisuudet kohoavatkin n. 2000 - 4000 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja fosforipitoisuudet n. 100 $\mu\text{g}/\text{l}$, joskus tätä suuremmiksikin. Erityisesti havaintopisteessä 97 vaikuttavat myös Neste Oy:n jätevedet ja Porvoonjokisuunnan kuormitus. Kuitenkin näiden kahden em. havaintopisteen ravinnetaso on hyvin samanlainen, joten eri kuormituslähteiden vaikutuksia ei voi varmasti erotella toisistaan. Molemmat havaintopisteet ovat syviä, ja ilmeisen merellisiä ja niiden pintaveden ravinnepitoisuudet ovat hyvin alhaisia kasvukauden jälkeen,



Kuva 30. Kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvot Kuggsundetissa (piste 25).



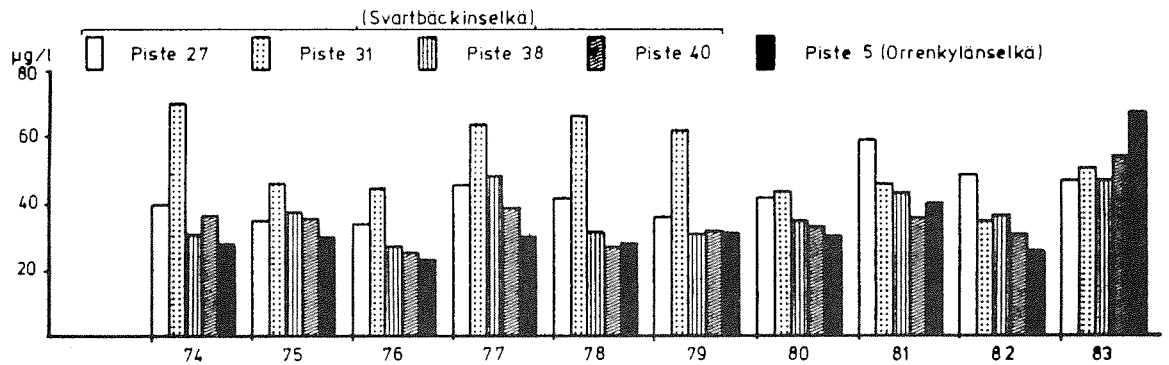
Kuva 31. Kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvot Kuggsundetissa (piste 25).

jolloin ravinteet ovat kertyneet alusveteen kesäkerrostuneisuuden aikana. Havaintopisteen 27 pintaveden keskimääräiset typpi- ja fosforipitoisuudet ovat jonkin verran korkeammat kuin Svartbäckinselän eteläosien tai Orrenkylänselän uloimman, mereisen pisteen 5 (kuvat 32 ja 33). Mustijoen vaikutus Svartbäckinselän pohjoisosien ravinnetasoon on melko vähäinen, mutta kuitenkin havaittava.

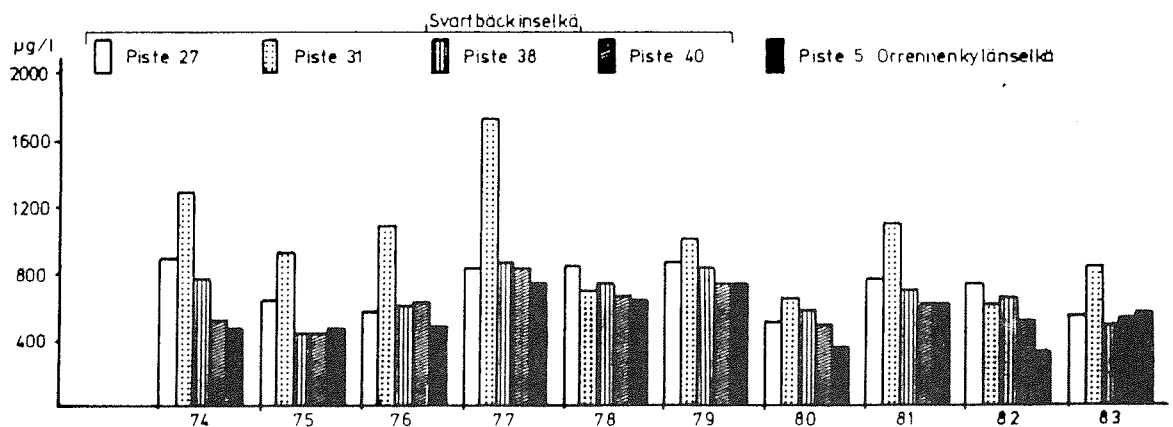
Svartbäckinselän keskiosissa (havaintopisteet 30 ja 31, öljynjalostamon lähimerialue) keskimääräiset ravinnepitoisuudet ovat olleet hieman alhaisemmat kuin Haikonselällä (typpipitoisuus n. 700 - 1700 $\mu\text{g/l}$ ja fosforipitoisuus n. 40 - 70 $\mu\text{g/l}$). Ravinnepitoisuudet ovat kuitenkin selvästi korkeampia kuin Svartbäckinselän pohjois- tai eteläosissa. Havaintopisteiden 30 ja 31 kohonneet ravinnepitoisuudet ovat epäilemättä Neste Oy:n jätevesikuormituksen vaikutusta, ja pitoisuuksien vaihtelu noudattelee jossain määrin Neste Oy:n kuormituksen vaihteluita (vrt. kuva 34). Poikkeuksia tästä kuitenkin on: esim. vuoden 1981 huippukuormitus heijastuu vain lievästi kohonneina typpipitoisuuksina pisteessä 31. Vuosina 1982 -83 tapahtunut typpikuormituksen lasku ei taas näiden havaintojen perusteella ole kovin selvästi vaikuttanut ko. pisteen typpipitoisuuksiin. Öljynjalostamon typpikuormitus on yhä edelleen niin suuri, että lähialueen ravinnepitoisuudet ovat ja tulevat olemaan korkeahkoja nykyiselläkin kuormitustasolla.

Vesi-Hydro Oy:n tarkkailutulosten (maalis-lokakuu) perusteella on laskettu vuosien 1980 -84 pintavesien (0 - 2 m) keskimääräiset typpi- ja fosforipitoisuudet eräissä tarkastelualueen havaintopisteissä (kuva 34). Porvoonjoen ainevirtaama oli melko korkea vuosina 1980 -81, mikä heijastuu lähinnä Haikonselän ja Orrenkylänselän korkeina typpipitoisuuksina. Sen sijaan vuoden 1984 suuret virtaamat eivät ole suoraan verrannollisia em. alueiden keskimääräisiin ravinnepitoisuuksiin. Neste Oy:n typpikuormitus oli suurimmillaan v. 1981, mikä on osaltaan kohottanut Svartbäckinselän havaintopisteen 32 keskimääräisiä typpipitoisuuksia. Orrenkylänselän keskiosan (piste 8) keskimääräiset

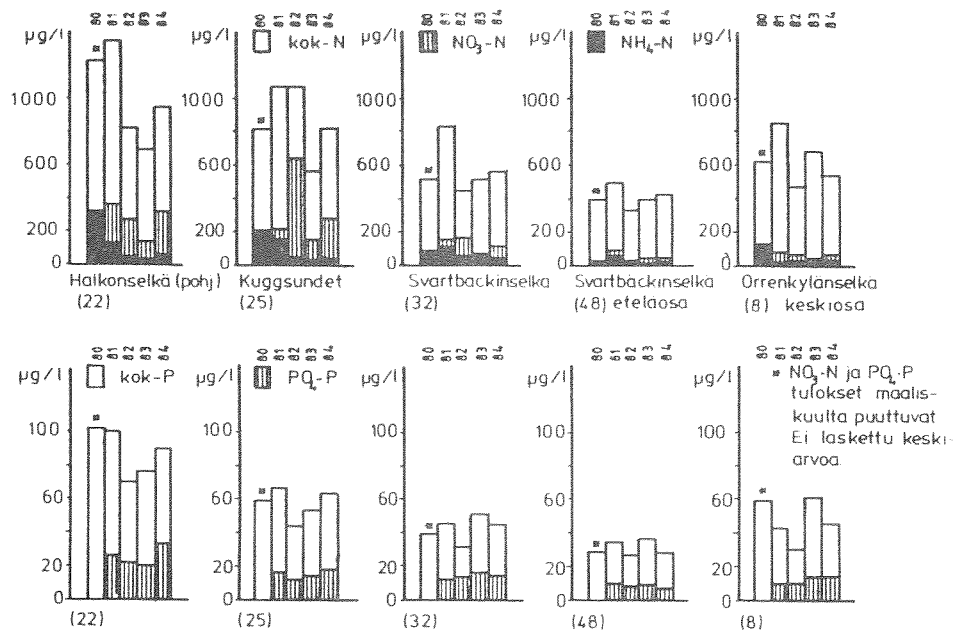
ravinnepitoisuudet ovat samansuuruiset tai jopa suuremmat kuin Svartbäckinselän eteläosissa. Tämä saattaa johtua Porvoonjoki-suunnan keväisestä kuormituksesta.



Kuva 32. Pintaveden (<5 m) kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvoja Svartbäckin- ja Orrenkylänselällä.



Kuva 33. Pintaveden (<5 m) kokonaistypen keskiarvoja Svartbäckin- ja Orrenkylänselällä.



Kuva 34. Pintaveden (0-2 m) keskimääräiset ravinnepitoisuudet eräillä havaintopisteillä vv. 1980 -84.

Vaikka typpi- ja fosforipitoisuudet öljynjalostamon lähialueella ovat keskimäärin korkeammat kuin muualla Svartbäckinselän alueella tai Orrenkylänselällä, jätevesien vaikutuksia ei voi havaita pintaveden keskimääräisissä ravinnepitoisuuksissa kovin kaukana jätevesien purkukohtasta (taulukko 14). Keskimääräiset typpi- ja fosforipitoisuudet ovat selvästi muita korkeammat ainoastaan lähimerialueella (pisteet 30 ja 31) ja ajoittain myös havaintopisteessä 32; sen sijaan merivesitunnelin edustan ja pisteen 38 ravinnepitoisuudet ovat selvästi näitä alhaisemmat ja jäävät joskus pienemmiksi kuin Orrenkylänselän vastavalla kohdalla sijaitsevan havaintopisteen 8.

Taulukko 14. Keskimääräiset ravinnepitoisuudet Svartbäckinselän ja Orrenkylänselän keskiosan pintavedessä (<5 m) vv. 1974 -83.

Hav.- piste/vv.	Kok. N ($\mu\text{g/l}$)										Kok. P ($\mu\text{g/l}$)									
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
30	1563	1013	1117	1256	638	767	646	845	604	701	58	46	62	46	105	63	48	46	34	53
31	1293	937	1125	1723	705	1021	758	1104	611	834	70	47	46	63	67	63	45	46	34	51
32	920	461	636	1547	810	793	520	819	680	588	33	38	29	49	41	37	38	46	40	52
33	1155	510	566	1080	657	745	545	777	667	497	35	41	28	47	40	35	39	49	38	50
36	838	425	647	987	646	772	490	640	676	481	35	31	27	43	35	33	37	44	38	51
38	776	441	627	880	735	833	593	705	651	479	32	38	26	48	31	31	35	44	36	47
8	1016	411	434	1348	737	1081	613	784	579	562	43	34	21	46	35	44	44	41	30	78

Taulukon 14 arvot on laskettu koko vuoden keskiarvoina, joten jokien keväinen pintavesien ravinnepitoisuuksia kohottava vaikutus on mukana näissä tuloksissa. Kesäisin tilanne on olennaisesti toisenlainen, kun pintavesien ravinnepitoisuudet alenevat levätuotantomaksimin jälkeen. Tällöin öljynjalostamon jätevesien ravinnepitoisuuksia kohottava vaikutus on huomattavasti selvempi kuin taulukon 14 arvojen perusteella voisi olettaa. Penttinen (1980) totesi muun muassa, että kesällä Svartbäckinselän pohjoisosan ja Kuggsundetin typpipitoisuus on ajoittain huomattavasti pienempi kuin Svartbäckinselän keski- tai eteläosien, ja tätä hän piti selvänä osoituksena öljynjalostamon typpikuormituksen vaikutuksista juuri kasvukauden aikaan.

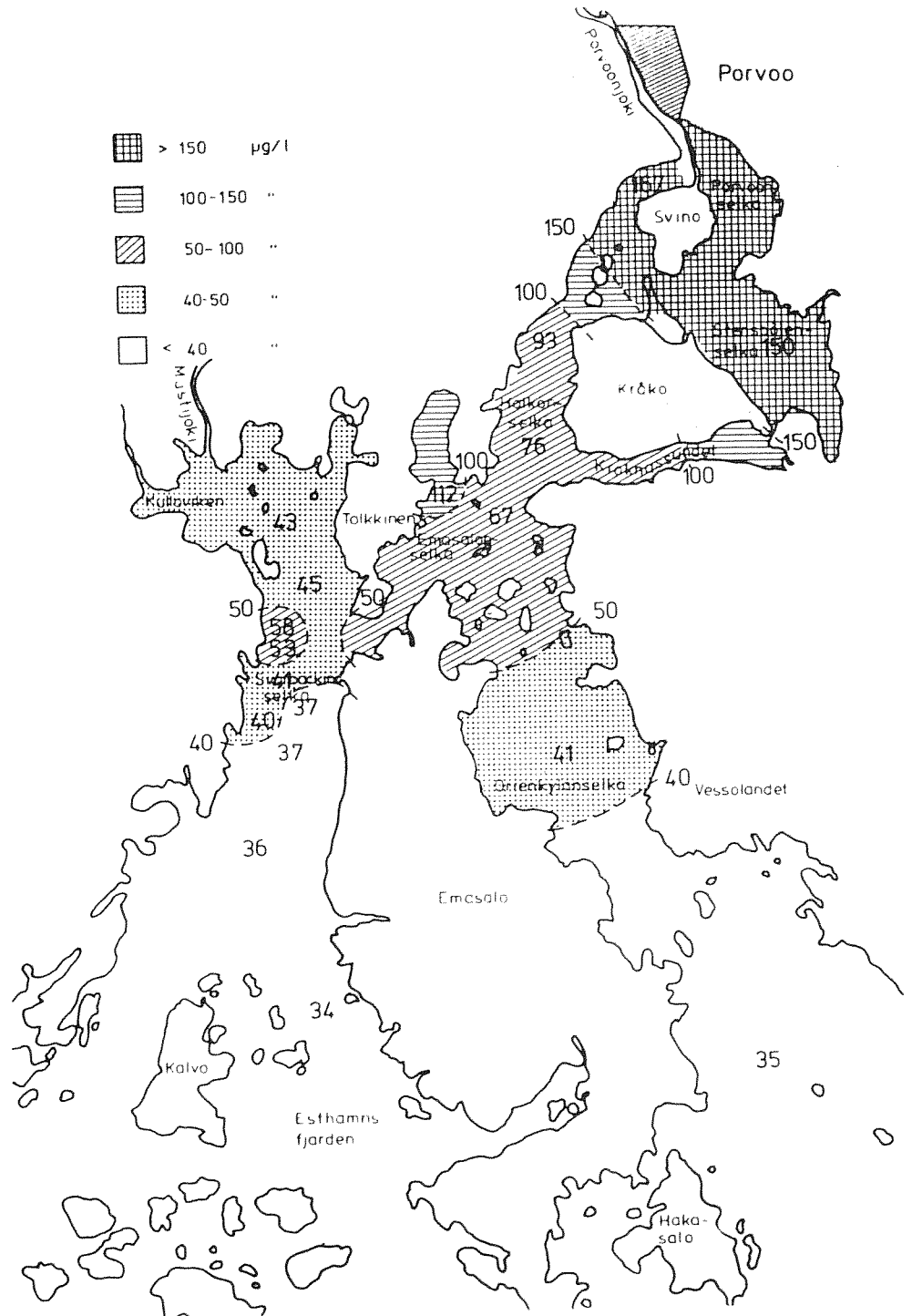
Porvoon edustan merialueen ravinnepitoisuuksissa ei kaikkien käsiteltyjen tulosten perusteella voida havaita mitään kovin selviä muutossuuntia. Vuosien väliset erot ovat yleensä suuria, mikä johtuu näytteenottoon ja virtauksiin liittyvistä satunnaistekijöistä. Taulukon 14 perusteella vaikuttaisi kuitenkin siltä, että keskisen Svartbäckinselän typpitaso olisi laskenut viimeisen kymmenen vuoden aikana. Fosforitaso on päin vastoin hieman kohonnut muualla paitsi öljynjalostamon lähimerialueella. Myös Penttinen (1983) mainitsee lausunnossaan, että velvoitetarkkailujen perusteella Svartbäckinselän pohjois- ja keski-osien typpitaso saattaisi olla lievästi laskemassa ja fosforitaso puolestaan nousemassa.

Vesihallituksen vedenlaaturekisteriin kertyneiden havaintojen perusteella on laskettu koko tarkastelualueen pintaveden keskimääräiset ravinnepitoisuudet (kuvat 35 ja 36). Mustijoen vaikutus ja öljynjalostamon kuormitus eivät kohota Svartbäckinselän pohjukan ravinnepitoisuuksia kovin korkeiksi; öljynjalostamon jätevesien voimakkain vaikutus rajoittuu melko suppealle alueelle. Avovesikauden tilanne on kuitenkin toisenlainen kuin näiden vuosikeskiarvojen perusteella voidaan arvioida (vrt. Penttinen 1980, 1983). Orrenkylänselällä Porvoonjokisuunnan kuormitusvaikutus näkyy etelämpänä kuin Svartbäckinselällä. Tämä havainto on yhteneväinen alueiden keskimääräisen suolaisuuden kanssa (vrt. kuva 2).

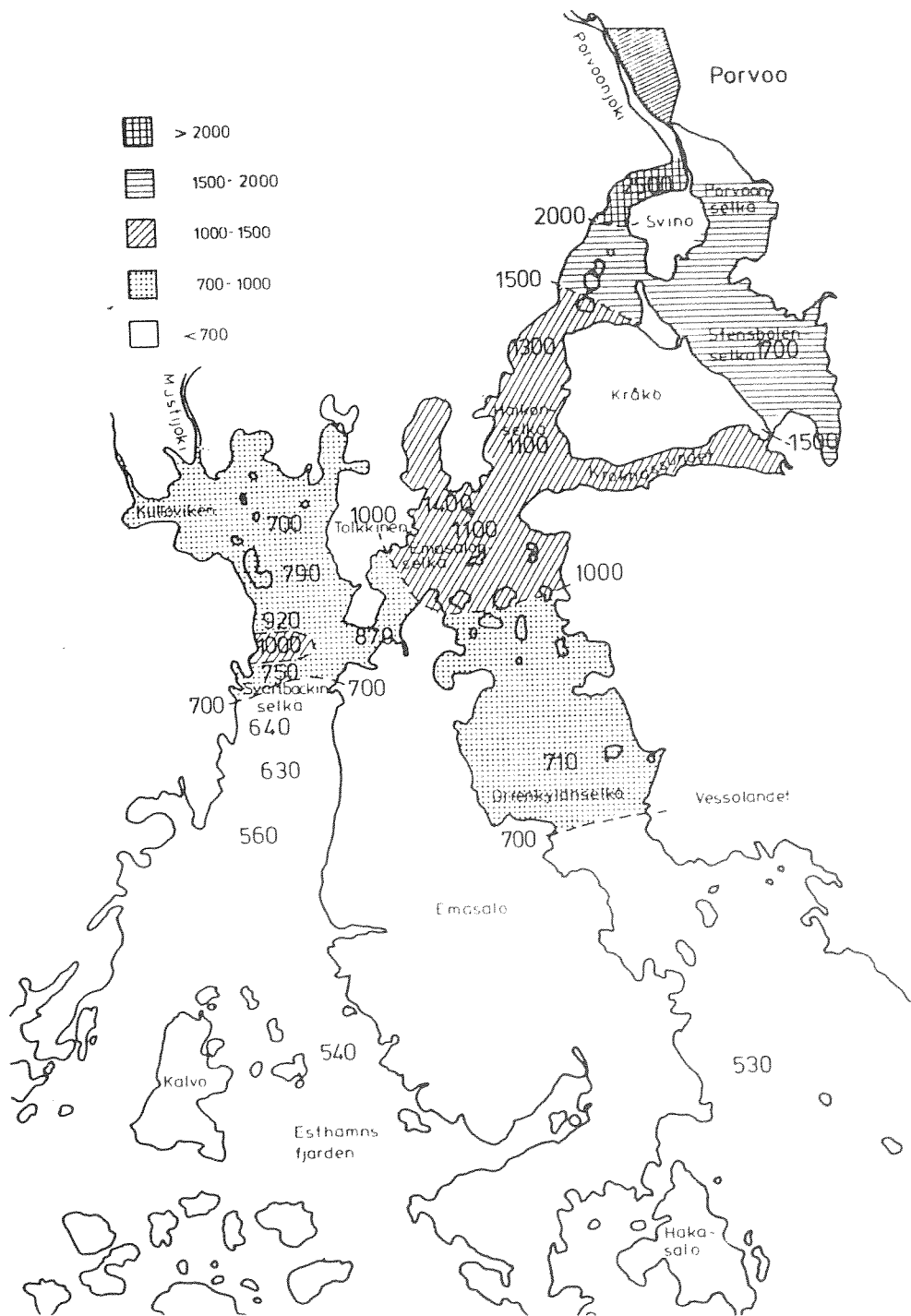
Liukoisten typpiyhdisteiden prosentuaalinen osuus kunkin havaintopisteen kokonaistyyppipitoisuudesta on esitetty taulukossa 15. Nitraattitypen osuus on huomattavan korkea Porvoon edustalla Stensbölenselkää lukuun ottamatta. Myös Koddervikenissä ja erityisesti Kuggsundetissa nitraattitypen osuus on suuri. Pienimmillään liukoisen typen pitoisuudet ovat Orrenkylänselällä ja Svartbäckinselän eteläisimmällä havaintopisteellä (48). Svartbäckinselän keski- ja pohjoisosissa nitraattitypen osuus on kuitenkin korkeampi kuin Orrenkylänselällä. Sekä jokien tuomat liukoiset ravinteet että Neste Oy:n typpikuormitus lisäävät nitraattitypen pitoisuuksia Svartbäckinselällä.

Taulukko 15. Ammonium- ja nitraattitypen prosentuaalinen osuus näytepisteiden pintaveden kokonaistyyppipitoisuudesta.

Piste	NH ₄		NO ₃		NH ₄		NO ₃		NH ₄		NO ₃		Keskiarvo (Prosenttiosuus)	
	1980	1980	1981	1981	1982	1982	1983	1983	1984	1984	1984	1984	NH ₄ kok.N	NO ₃ kok.N
Porvoon edusta	16	1,4	1,4	3,4	10,8	0,9	11,0	1,7	9,7	3,0	9,4	2,1	8,5	10,6
	20	8,2	35,1	11,7	54,2	5,9	78,8	7,8	41,6	8,6	56	8,4	43	51,4
	22	4,9	15,6	5,1	37,9	6,4	32,3	4,8	14,8	5,5	27	5,3	21	26,3
	12	5,4	6,1	4,8	33,1	4,4	44,5	3,9	16,8	4,5	20	4,6	21	25,3
	10	4,4	5,3	5,1	35,8	4,2	61,3	3,5	16,1	4,5	20	4,3	24	28,3
Orrenkylänselkä	8	6,8	2,6	4,1	12,4	5,4	12,4	2,6	7,6	5,1	8,7	4,8	8,7	13,5
	5	6,6	1,2	5,7	4,4	6,1	11,0	2,5	9,0	5,9	4,7	5,4	6,1	11,5
Kodderviken	24	3,6	4,1	3,7	22,3	4,7	41,3	3,0	16,3	4,8	14	4,0	17	21,0
Kuggsundet	25	4,9	4,0	7,8	28,6	3,5	60,1	4,8	17,3	4,1	21	5,0	26	31,0
Svartbäckinselkä	27	8,9	7,2	12,5	32,2	5,5	20,0	8,6	12,3	4,7	12	8,0	17	35,0
	97	6,9	4,3	10,1	28,0	7,7	28,7	7,5	11,1	5,3	12	7,5	17	24,5
	32	14,3	6,1	10,6	24,1	11,7	38,8	8,5	12,9	5,3	12	10	19	29,0
	36	13,0	6,6	12,3	23,9	13,3	20,0	10,4	13,6	8,1	10	11	15	26,0
	33	11,3	5,6	11,4	22,8	4,9	27,3	8,5	11,8	4,6	11	8,1	16	24,0
	38	12,2	5,1	9,9	22,5	6,5	21,8	7,5	11,1	6,5	12	8,5	15	23,5
	40	9,0	2,4	10,9	20,0	6,2	20,5	6,4	9,9	5,5	12	7,6	13	20,6
	48	6,6	1,6	8,1	14,8	5,5	7,0	4,4	7,3	4,9	4,0	5,9	6,9	12,8
K.a.	7,6	6,7	8,1	25,2	6,1	31,6	5,7	14,1	5,4	16				



Kuva 35. Keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus pintavedessä (<5 m) vv. 1965 -84.



Kuva 36. Keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus pintavedessä (<5 m) vv. 1965 -84 ($\mu\text{g/l}$).

Ammoniumtyypen osuus on korkeimmillaan öljynjalostamon jätevesien vaikutusalueella havaintopisteissä 32 ja 36. Jalostamon jatkuva kuormitus aiheuttaa sen, että keskimäärin ammoniumtyppipitoisuudet ovat korkeimmat Svartbäckinselän keskiosissa, vaikka tulvakausiona ja erityisesti keväisin jään alla ammoniumtyppipitoisuudet ovat tätä korkeammat Porvoonjoen suualueella.

Liukoisten typpiyhdisteiden yhteispitoisuutta tarkasteltaessa jokien vaikutus tulee selvästi ilmi, sillä liukoisten typpiyhdisteiden osuus on suurin paitsi Porvoonselällä myös Svartbäckinselän pohjoisosissa (piste 27), jossa kokonaistyppipitoisuudet taas eivät ole huomattavan korkeita. Myös Svartbäckinselän keskiosissa, Neste Oy:n jätevesien vaikutusalueella liukoisten - eli kasveille käyttökelpoisten - ravinteiden osuus on selvästi korkeampi kuin Orrenkylänselällä tai avomeren tuntumassa.

Kesän alivirtaamakautena Neste Oy:n typpikuormituksen merkitys kasvaa suuremmaksi kuin nämä keskimääräiset arvot antaisivat olettaa. Kesällä jokien ainevirtaama ja liukoisten ravinteiden tuonti ovat alhaisimmillaan, jolloin Neste Oy:n öljynjalostamon typpikuormitus on suhteellisesti erittäin merkittävä. Koska typpi on alueella useimmiten levien tuotantoa rajoittava tekijä (Penttinen 1980), Neste Oy:n öljynjalostamon ravinnekkuormituksen merialuetta rehevöittävä vaikutus korostuu edelleen.

Penttinen (1980) teki vuosina 1977 -78 Svartbäckinselän alueella laajan selvityksen, jossa hän tutki alueen ravinnetasoa, perustuotantoa, alueen minimiravinnekysymystä ja Neste Oy:n jätevesien rehevöittäviä vaikutuksia. Seuraavassa yhteenvedossa esitetään näiden tutkimusten tärkeimmät ravinteita koskevat havainnot, joihin on osittain viitattu jo edellä.

Tutkimusraportissa kiinnitetään huomio ensinnäkin siihen, että Neste Oy:n kuormituksesta suurin osa tyypestä on liukoisessa

NH₄-muodossa, joka vesistöissä nopeasti hapettuu leville käyttökelpoiseen NO₃-muotoon. Penttinen huomauttaa myös, että Neste Oy:n jätevesien N:P-suhde on suurempi kuin Musti- tai Porvoonjoen (taulukko 16). Porvoonjoen vesien N:P-suhde on puolestaan pienempi kuin Mustijoen, mikä johtuu juuri Porvoonjoen suuresta asumajätevesikuormituksesta.

Taulukko 16. Kokonaistypen ja kokonaisfosforin suhde (N:P) kesällä 1977 ja 1978 (Penttinen 1980).

		Neste Oy			Mustijoki	Porvoonjoen suunta
		Purku 1	Purku 2	Jäähdytysvesitunneli		
1977	toukokuu	24		2	13	12
	kesäkuu	12	7	3	13	12
	heinäkuu	16	5	2	18	11
	elokuu	31	15	3	18	18
	syyskuu	95	7	3	17	11
	touko-syyskuu	27	10	3	14	12
1978	toukokuu	135	11	8	24	16
	kesäkuu	118	5	1	25	17
	heinäkuu	58	13	1	9	20
	elokuu	47	6	4	9	19
	syyskuu	65	9	1	16	17
	touko-syyskuu	73	8	2	18	17
1977-1978		36	7	2	17	14

Penttinen (1980) laski koko havaintoaineistostaan myös typpi-fosforisuhteen sekä liukoisten ravinteiden suhteen. Kesä kautena keskimääräinen N:P-suhde oli kaikilla havaintopisteillä jokseenkin samansuuruinen, ja vaihteli yleensä välillä 10 - 15. Öljynjalostamon lähialueilla N:P-suhde kohosi kuitenkin huomattavasti tätä korkeammaksi. Liukoisten ravinteiden suhde oli pieni (<10) koko tutkimusalueella. Rinteen ja Tarkiaisen (1975) mukaan vesistön leävtuotantoa rajoittava ravinne voidaan varsin hyvin arvioida vertaamalla N:P-suhdetta liukoisten ravinteiden suhteeseen, ja jos N_{liuk}:P-PO₄ on pienempi kuin kok.N:kok.P, typen katsotaan olevan levien kasvua rajoittava tekijä. Laskelmien mukaan typpi oli kasvua rajoittava tekijä koko merialueella öljynjalostamon edustaa lukuun ottamatta (taulukko 17),

jossa öljynjalostamon jätevedet kohottavat typpiyhdisteiden pitoisuuksia huomattavasti enemmän kuin fosforin pitoisuuksia. Muilla alueilla fosfori oli kasvua rajoittava tekijä ainoastaan toukokuussa.

Taulukko 17. Eräiden havaintoalueiden keskimääräiset ravinnepitoisuudet heinä-elokuussa 1977 -78 (Penttinen 1980).

	v. 1977						v. 1978					
	Kuggsundet	Illvarden	Öljynjalostamo, edusta	Merivesi-tunneli, edusta	Klobbudden	Orrenkylän-selkä, keskiosa	Kuggsundet	Illvarden	Öljynjalostamo, edusta	Merivesi-tunneli, edusta	Klobbudden	Orrenkylän-selkä, keskiosa
Kok.N $\mu\text{g}/\text{l}$	484	-	582	544	472	466	508	500	508	416	-	354
NO ₃ -N "	32	-	28	26	13	11	8	4	7	8	-	3
NO ₂ -N "	0	-	2	2	1	1	2	1	1	1	-	0
NH ₄ -N "	41	-	105	49	17	27	15	24	147	37	-	17
N ₁₁ uk.	74	-	135	67	30	39	26	29	154	47	-	19
Kok.P "	40	-	43	53	24	30	42	33	33	28	-	40
PO ₄ -P "	10	-	8	10	5	9	13	13	11	17	-	13
N:P	12	-	14	10	20	16	12	15	15	15	-	9
N ₁₁ uk:PO ₄ -P	7,4	-	16	6,7	6,0	4,3	2,0	2,2	29	2,8	-	1,5

Penttisen (1980) tekemien levänkasvatustestien tulokset olivat varsin yhtenäiset hänen ravinnesuhdelaskelmiensa kanssa. Typpi osoittautui lähes kaikissa tutkituissa tapauksissa minimiravinneeksi. Keskikesällä fosforilla oli merkitystä vain Neste Oy:n öljynjalostamon lähialueilla; keväällä ja syksyllä ravinteet olivat koko tutkimusalueella lähellä tasapainoa. Öljynjalostamon jätevesien sisältämä typpi osoittautui leville käyttökelpoiseksi ravinnelähteeksi ja myös vesistöissä se lisäsi levien kasvua. Lisäksi Penttinen (1980) totesi, etteivät ilmakehän typpiä sitovat sinilevät todennäköisimmin aiheuta merkittävää typpituontia alueelle. Näin ollen Neste Oy:n merkitys Svartbäckinselän ravinnekuormittajana korostuu keskikesällä, jolloin typpi on minimiravinne ja pintavesien ravinnearvot luontaisesti vähäiset. Suomenlahden laueella suoritetuissa tutkimuksissa juuri typen on todettu olevan levien kasvua rajoittava tekijä (Helsingin edusta: Rinne ja Tarkiainen 1975; Tammisaaren saari: Niemi 1975; Hangon edusta: Tamminen 1982).

Pintaveden kokonaisfosforipitoisuuden vaihtelu noudatti Svartbäckinselällä Neste Oy:n kuormituksen vaihtelua varsinkin vuonna 1978, mutta v. 1977 tilanne ei ollut näin selkeä. Penttinen (1980) otaksui, että tuolloin merivesien virtaukset sekoittivat vesimassoja niin, että vähäravinteisinta välivettä sekoittui pintaveteen. Pintaveden fosforipitoisuudet olivat yleensä pienimmillään keskikesällä perustuotantohuipun jälkeen.

PO₄-fosforin pitoisuudet eivät noudattaneet kuormituksen vaihteluita, vaan pikemminkin ne olivat käänteisesti verrannollisia perustuotannon suuruuteen. Tämä on hyvin tavallista kerrostuvilla merialueilla, joissa leviin sitoutuneet ravinteet kertyvät tuotantohuipun jälkeen alusveteen ja vapautuvat siellä sitten liukoisessa muodossa.

Svartbäckinselän kokonaistyyppipitoisuuksissa havaittiin lievä minimi kesäkuussa, jonka jälkeen tyyppipitoisuudet alkoivat uudelleen kohota. Syksyllä tyyppipitoisuudet kasvoivat edelleen kerrostuneisuuden hävitessä ja jokien virtaaman kasvaessa. Pintaveden tyyppipitoisuudet olivat Neste Oy:n lähialueilla korkeammat kuin Kuggsundetissa tai Svartbäckinselän pohjoisosassa, mutta tässäkin suhteessa tutkimusvuosien välillä oli eroja. Vuonna 1978 Neste Oy:n jätevedet kohottivat tyyppipitoisuuksia vain aivan öljynjalostamon lähialueilla.

Liukoisten tyyppiyhdisteiden pitoisuudet olivat suurimmillaan keväällä, jolloin valtaosa liukoisesta tyyppistä oli NO₃-muodossa. Tämä johtui jokivesien voimakkaasta vaikutuksesta. Alku- ja keskikesällä liukoisten tyyppiyhdisteiden osuus oli pieni, ja tällöin NH₄-typpi muodosti niiden pääosan. NH₄-tyypin osuus oli suurimmillaan silloin, kun Neste Oy:n tyyppikuormitus kasvoi ja perustuotanto oli samanaikaisesti vähäistä. Suurimmat NH₄-typpipitoisuudet mitattiin öljynjalostamon sataman edustalta, ja pienimmät taas Kuggsundetista ja Svartbäckinselän pohjoispäästä. Avovesikautena NH₄-typpi hapettuu melko nopeasti nitraatiksi, joten NH₄-tyypin pitoisuudet eivät kohoa kovin laajalla alueella.

Penttinen (1980) totesi, että kokonais- ja ammoniumtyppipitoisuudet kesällä 1977 -78 olivat huomattavasti korkeammat Svartbäckinselällä kuin Orrenkylänselällä. Kokonais- ja fosfaattifosforin osalta erot olivat pienemmät. Nämä erot johtuvat todennäköisesti Neste Oy:n kuormitusvaikutuksista eivätkä jokien ainevirtaamista. Päinvastoin kuin usein on oletettu, Porvoonjokisuunnan kuormituksen vaikutus on suhteellisesti voimakkaampi Orrenkylänselällä kuin Svartbäckinselällä.

Penttisen (1980) mukaan avovesikautena liukoisten ravinteiden osuus on usein keskimääräistä suurempi paitsi Neste Oy:n öljynjalostamon myös jäähdytysvesitunnelin edustalla. Kemian teollisuuslaitosten ravinnekuormitus ei sinänsä ole kovin suuri, mutta jäähdytysveden kierrättämisellä merivesitunnelissa saattaa olla merkitystä alueen rehevöitymiselle. Jäähdytysvedet otetaan n. 20 m:n syvyydestä, jossa kesäkerrostuneisuuden aikana liukoisten ravinteiden määrä on huomattavasti pintavesiä suurempi. Penttisen laskelmien mukaan kierrätys olisi kesällä 1978 aiheuttanut n. 2 kg/d PO₄-P:n ja liukoisen typen n. 16 kg/d lisäkuormituksen. Kuormitus olisi näin suurempi kuin kemian tehtaiden yhteenlaskettu kuormitus, mutta toisaalta selvästi pienempi kuin öljynjalostamon.

Taulukossa 17 on esitetty myös Penttisen (1980) ravinneanalyysien keskiarvotuloksia kesä-elokuulta vv. 1977 -78 eräiltä havaintopisteiltä. Tutkimusalueen fosfori- ja typpitasoa voidaan kesäaikanakin pitää korkeahkona. Voipion (1973) mukaan Itämeren puhtaiden pintavesien fosforipitoisuus on n. 10 µg/l ja typpipitoisuus 100 - 200 µg/l. Helsingin vesillä fosforia on likaantuneissa sisälähdissä yli 100 µg/l ja ulkomerellä noin 20 µg/l (Persson ym. 1978). Lievästi rehevillä alueilla fosforipitoisuuden kesäaikainen keskiarvo on n. 30 - 40 µg/l. Helsingin edustan ulkomerellä typpipitoisuus on n. 300 µg/l (Pesonen 1978) ja Suomenlahdella yleensä n. 200 - 300 µg/l (Kohonen 1973). Lievästi rehevien alueiden typpipitoisuustaso on 400 - 500 µg/l, joten Svartbäckin- ja Orrenkylänselkää voidaan pitää lievästi rehevöityneinä.

Penttinen (1983) tarkastelee Neste Oy:n ravinnekuormituksen, Svartbäckinselän rehevöitymisen ja happitilanteen suhteita tarkemmin Neste Oy:n öljynjalostamon katselmustoimitusta varten tehdyssä avustavan virkamiehen lausunnossa. Alueen happitilanne on ollut hyvä, mutta Penttisen (1983) mukaan kuormituksen nostaminen esim. kaksinkertaiseksi rehevöittäisi lahtea niin, että kesäkerrostuneisuuden aikana syvänteiden happitaso laskisi haitallisen alhaiseksi. Alusveden vähähappisuus puolestaan kiihdyttäisi ravinteiden liukenemista sedimenteistä, jolloin rehevöityminen edelleen kiihtyisi. Tässä yhteydessä jäähdytysvesijärjestelmän ja merivesitunnelin vaikutukset saattaisivat tulla merkitseviksi, kun ravinteikasta alusvettä kierrätetään pintavesiin.

Penttinen (1983) vertasi myös Neste Oy:n vaikutuksia Porvoonjokisuunnan ja Mustijoen kuormitukseen. Hän arvioi, että noin 70 % Porvoonjoen virtaamasta kulkeutuisi Kuggsundetin kautta Svartbäckinselälle. Tähän arvioon ja kuormituslukuihin perustuen hän laski, että n. 15 % Porvoonjokisuunnan typpikuormasta ja 20 % fosforikuormasta joutuisi Svartbäckinselälle kesäaikana. Tällöin Neste Oy:n ravinnekuormitus olisi kesä-elokuussa typen osalta hieman suurempi ja fosforin osalta vastaavasti pienempi kuin Porvoonjokisuunnan kuormitus (taulukko 18). Sateisena kesänä (v. 1981) jokivesien osuus kasvoi Neste Oy:n kuormitukseen verrattuna, vaikka myös Neste Oy:nkin typpikuormitus oli tällöin suuri (vrt. taulukko 18).

Taulukko 18. Svartbäckinselän arvioitu typpi- ja fosforikuormitus kesä-elokuussa vv. 1980 -81 (Penttinen 1983).

	V. 1980		V. 1981	
	kg/d	%	kg/d	%
<u>Typpi</u>				
Porvoonjoen suunta	130	18	780	31
Mustijoki	155	21	730	29
Neste Oy	440	61	990	40
	725		2 500	
<u>Fosfori</u>				
Porvoonjoen suunta	14	31	54	50
Mustijoki	11	24	40	12
Neste Oy	20	44	13	37
	45		107	

Jos Porvoonjokisuunnan kuormitus ulottuu Orrenkylänselälle voimakkaampana kuin svartbäckinselälle, Neste Oy:n kuormitusosuus Svartbäckinselällä on ollut taulukossa 18 esitettyä suurempikin. Penttisen (1983) arvion mukaan Svartbäckinselän aluetta kuormittaa kolme suhteellisen samanveroista tekijää. Kuitenkin Neste Oy:n jätevesien rehevöittävät vaikutukset korostuvat, koska suuri osa ravinteista on liukoisessa muodossa ja levien tuotantokaudella jokien vaikutus on vähäisempi.

Neste Oy:n typpikuormitus (200 - 1000 kg/d) on Penttisen (1983) mukaan kohottanut selvästi Svartbäckinselän typpipitoisuuksia. Lupahakemuksessaan Neste Oy olisi kuitenkin halunnut lisätä jätevesiensä määrää ja kuormitusta. Penttinen (1983) arvioi, että tämä lisäisi Svartbäckinselän typpikuormitusta n. 20 %:lla ja fosforikuormitusta n. 10 %:lla. Kesäkaudella kasvu olisi peräti 30 %. Neste Oy:n lupaehdotus tiukennettiin, ja Neste Oy:n typpikuormitus on nyt alentunut erittäin selvästi vuoden 1981 huippulukemista. Jos öljynjalostamon fosforikuormitus on n. 10 - 20 kg/d, niin kuin se yleensä on ollut, ei Svartbäckinselän fosforitaso Penttisen (1983) mukaan merkittävästi kohoaa.

3.1.4 Öljyt, fenolit ja erityisanalyysit

Öljynjalostamon (purku 1 ja purku 2) öljypäästöt ovat vuodesta 1976 lähtien olleet alle 60 kg/d. Penttinen (1983) arvioi, että n. neljäsosa kuormituksesta joutuu vesistöön Kartanonojan kautta (purku 2). Hän arvelee myös, että jäähdytysjärjestelmän kautta vesistöön olisi päässyt huomattavia määriä öljyä, sillä merivesitunnelin edustan sedimenteistä on mitattu huomattavan korkeita öljypitoisuuksia (vrt. luku 4.1.2). Neste Oy:n antamien tietojen mukaan jäähdytysvedestä on mitattu öljyä seuraavasti:

vv. 1975-1977	31 näytettä, öljypit.	<0,1 mg/l	16 kpl
		≥0,1 " (0,1-0,5)	15 "
vv. 1978-1982	38 näytettä, öljypit.	<0,1 "	34 "
		≥0,1 " (0,1-0,5)	4 "

Vuosina 1975 -77 öljypitoisuus 0,1 mg/l olisi merkinnyt yli 100 kg:n vuorokautista öljykuormitusta, mikä olisi suurempi kuin öljynjalostamon nykyinen öljykuormitus. Mitatut öljypitoisuudet ovat kuitenkin niin pieniä, että kun otetaan huomioon jäähdysvesitunnelin vesien suuri määrä, kuormitusarvioita on pidettävä hyvin epävarmoina. Penttinen (1983) mainitseekin, että vuosien 1978 -82 kuormituksen on täytynyt olla huomattavasti alle 100 kg/d.

Porvoon edustan merialueella, erityisesti Svartbäckinselän alueella, on tehty säännöllisesti öljy- ja fenolimittauksia velvoitetarkkailun yhteydessä 1970-luvulta lähtien. Svartbäckinselän keskiosista, Neste Oy:n jalostamon lähialueilta (havainnot pisteet 30 ja 31) löytyi öljyä runsaimmin 1970-luvun alussa, jolloin öljypitoisuudet kohosivat pintavesissä satunnaisesti jopa lukemiin 1800 - 4800 µg/l. Öljypitoisuudet ovat sittemmin selvästi pienentyneet, ja 1980-luvulla ne ovat muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta jääneet mittaustarkkuuden (100 µg/l) alarajoille (taulukko 19). Vuonna 1984 kesäkuussa mitattujen korkeiden öljypitoisuuksien syy ei ole tiedossa, mutta voidaan epäillä esim. satama-alueella sattunutta öljyvuotoa laivasta tai jätevedenpuhdistamoilla tapahtuneita häiriöitä öljynpoistossa. Kauempana Svartbäckinselällä (piste 33) öljypitoisuudet olivat jo 1970-luvullakin hyvin pieniä ja usein mittaustarkkuuden alapuolella.

Fenolipitoisuudet ovat aina olleet melko pieniä Neste Oy:n öljynjalostamon lähialueillakin. Viime vuosina ne ovat pintavesissä vaihdelleet välillä <5 - 25 µg/l (taulukko 19).

Taulukko 19. Öljynjalostamon lähialueen tarkkailun öljy- ja fenolipitoisuudet vuosina 1981 -84 (Vesi-Hydro Oy 1981 -84). R = vaihteluväli.

		Syvyys	1981		1982		1983		1984	
			\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R
Öljyt	µg/l	1 m	<100	<100-100	<100	<100	<100	<100-300	<330	<100-3800
		pohja-1 m	<100	<100-100	<100	<100	<100	<100-200	<220	<100-2000
Fenolit	"	1 m	<5	<1-12	<10	<1-8	<10	<10-25	<10	<10-10
		pohja-1 m	<4	<1-15	<10	<1-7	<10	<10	<10	<10-10

Öljy- ja fenolipitoisuudet ovat Svartbäckinselän vesissä yleensä olleet niin vähäiset, ettei niillä ole ollut akuutteja haittavaikutuksia vesistöissä. Jätevesissä öljyjen pitoisuus on ajoittain niin suuri, että se saattaisi heikentää mm. levien perustuotantokykyä. Kuitenkin jätevedet laimenevat purkuvesistöissä niin nopeasti, että merkittäviä, akuutteja myrkkyyvaikutuksia niillä ei ilmeisesti ole. Tällaisia voisi ilmetä vain satama-altaassa (vrt. Talsi 1983). Tavanomaista suuremmat öljypäästöt (mm. öljynkuljetus) voivat tietenkin aiheuttaa haittaa laajemminkin alueilla.

Kaiken kaikkiaan öljynjalostamon öljy- ja fenolipäästöjen vaikutukset veden laatuun ovat olleet vähäiset. Tilanne saattaa kuitenkin olla toisenlainen sedimenteissä, minkä vuoksi sedimenttitutkimuksia olisikin tässä suhteessa pidettävä vesistömittauksia tärkeämpinä.

Öljyn ja fenolien ohella on Svartbäckinselän tutkimuksissa yhä enemmän kiinnitetty huomiota muiden tavallisten orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksiin. Vuonna 1974 tehtiin vesihallituksessa erillisselvitys, jossa pyrittiin tutkimaan mistä Porvoon edustan merialueella esiintyneet korkeahkot kloorattujen hiilivetyjen pitoisuudet olivat peräisin. Dikloorietaania löytyi paitsi muovitehtaan (silloinen Pekema Oy) jätevesistä myös Porvoon kaupungin asumajätevesistä. Tutkimusmenetelmät ovat kymmenessä vuodessa kehittyneet niin paljon, että vanhojen tulosten arviointi on vaikeaa. Oletettavasti korkeiden kloorattujen hiilivetyjen syynä olivat osittain analyysien epätarkkuudet, osittain Pekema Oy:n tuolloin vielä hyvin korkeat halohiilivetyypäästöt.

Kloorattujen alifaattisten hiilivetyjen, lähinnä vinyylikloridin ja 1,2-dikloorietaanin pitoisuuksia on tutkittu velvoitetarkkailun yhteydessä vuodesta 1979 (taulukko 20). Näiden herkästi haihtuvien yhdisteiden pitoisuudet vesistöissä ovat olleet hyvin pienet, ja vain v. 1979 on merivesitunnelin edustalta (36) mitattu jonkin verran kohonneita kloorattujen

hiilivetyjen pitoisuuksia. Näitä yhdisteitä joutuu kemian teollisuuslaitosten jätevesiin, mutta merivesitunnelissa ja vesistöissä nämä yhdisteet laimenevat ja haihtuvat niin, että niillä ei ole selvästi osoitettavia, äkillisiä haittavaikutuksia vesieliöstölle (vrt. Talsi 1983).

Neste Oy:n kemian tehtaan lupaehdoissa kehoitettiin kiinnittämään erityistä huomiota dietyyliheksyyliftalaatin (lyhenne DEHP, myös DOP eli dioktyyliftalaatti) päästöihin ja pitoisuuksiin vesistöissä ja purkualueen vesieliöstössä. Merialueen DEHP-pitoisuuksia on tutkittu velvoitetarkkailun yhteydessä vuodesta 1978 (taulukko 21). Pitoisuudet ovat enimmäkseen olleet hyvin pieniä ja mittaustarkkuuden alarajoilla. Merivesitunnelin edustalla pitoisuudet eivät ole kohonneet korkeammiksi kuin muillakaan tutkituilla pisteillä; päinvastoin korkeimmat pitoisuudet on mitattu öljynjalostamon lähialueilta. Ftalaatteja saattaa joutua vesistöön muistakin lähteistä kuin kemian tehtaiden jätevesistä, sillä niitä on todettu esiintyvän suhteellisen puhtaillakin vesialueilla. Koska ftalaateilla on taipumus kertyä vesieliöstöön on tutkimuksia varsin tarpeellista jatkaa.

Nikusen (1983) myrkyllisyys- ja jäämäainetutkimuksissa v. 1982 on analysoitu myös jätevesien öljy- ja fenolipitoisuudet sekä jäte- ja meriveden vinyylikloridi-, DEHP- ja dikloorietaanipitoisuuksia (taulukot 22 ja 23). Haihtuvaa vinyylikloridia ja dikloorietaania ei löytynyt purkupaikalta, vaikka alkuperäiset kemian tehtaiden jätevedet sisälsivät kyseisiä yhdisteitä useita milligrammoja litraa kohden. DEHP:a sen sijaan löytyi purkualueelta jonkin verran. Kloroformia löytyi jonkin verran sekä purku- että vertailualueen vesistä.

Vuonna 1984 tehtiin Jyväskylän yliopistossa erityisselvitys, jossa tutkittiin Porvoon edustan merialueen (vesi, sedimentti, kalat) ja Neste Oy:n tuotantolaitosten jätevesien kloorifenoleiden, kloorattujen hiilivetyjen sekä aikaisemmin tunnistamattomien orgaanisten aineiden pitoisuuksia (Paasivirta ym. 1985).

Taulukko 20. Kloorattujen hiilivetyjen pitoisuus ($\mu\text{g/l}$) vesinäytteissä.

Havaintopiste	Syvyys	1979		1980		1981		1982				1983				1984			
		28.3	28.8	25-27.3	25-26.8	31.3	31.8	29.3	25.8	15.3	29.8	20.3	20.8	20.3	20.8				
		VC ₁	DCE	VC ₁	DCE	VC ₁	DCE	VC ₁	DCE	VC ₁	DCE	VC ₁	DCE	VC ₁	DCE				
32	1	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<10	<20	<20	<50	<10	<10	<20	<20				
	5	<50	<50																
	10	<50	<50																
	19-23	<50	<50																
33	1	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<10	<20	<20	<50	<10	<10	<20	<20				
	5	<50	<50																
	10	<50	<50																
	12-13	<50	<50																
36	1	140	80	<50	<50	<50	<50	<10	<20	<10	<50	<10	<10	<20	<20				
	5	<50	<50																
	10-11	<50	<50																
	18	<50	<50																
38	1	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<10	<20	<10	<50	<10	<10	<20	<20				
	5	<50	<50																
	10	<50	<50																
	19-20	<50	<50																

VC₁ = Vinyylikloridi

DEC = 1,2-dikloorietaani

Taulukko 21. Vesinäytteiden DEHP-pitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) vuosina 1978 -84.

Havaintopiste	Syvyys	1978		1979		1980		1981		1982		1983		1984	
		30.3	14.8	28.3	28.8	25-27.3	25-26.8	31.3	31.8	29.3	25.8	15.3	29.8	20.3	20.8
32	1	2	4	1,5	<2	<2	4	<2	<2	40	<2	8	<2	4	3
	5	2		<1	<2	<2	5	<2	<2	<2	<2	3	4	<2	3
	10	2		1	3	<2	3	-	<2	16	<2	2	5	<2	2
	20	<2	<1	<1	<2	10	4	8	<2	<2	<2	2	14	<2	<2
33	1	8	1,5	2	<2	<2	<2	5	<2	8	<2	8	3	4	3
	5	7	<1	1	<2	<2	<2	6	<2	2	<2	<2	<2	3	2
	10	6		<1	<2	<2	<2	6	<2	5	<2	<2	3	<2	3
	13	2		1	<2	<2	<2	14	<2	2	<2	<2	3	<2	3
36	1	9	1,5	2	<2	<2	<2	9	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2
	5	3	<1	1,5	<2	<2	2	14	<2	5	<2	-	<2	<2	2
	10	8	<1	<1	<2	<2	2	<2	<2	2	<2	-	5	<2	2
38	1	5	<1	<1	<2	<2	<2	17	<2	2	<2	<2	7	4	3
	5	2		1	3	<2	<2	15	<2	<2	<2	<2	3	4	3
	10	<2		<1	<2	<2	<2	10	<2	10	<2	<2	4	3	2
	24	4		1,5	<2	<2	2	<2	<2	8	<2	<2	<2	<2	<2

Porvoonjoki <1

Tullisaarenselkä 5

Taulukko 22. Jätevesinäytteiden analyysituloksia vuodelta 1982 (Talsi 1983).

Jätevesi	Aika (1982)	Fenoli mg/l	VCM mg/l	1,2-DCE mg/l	DOP µg/l	Mineraaliöljy µg/l
muovitehdas purku A ₇	11.5.		9,8	6,6		
muovi-, kemian ja polystyreeni- tehtaan kokooma	11.5.		2,0	2,4		
kemian tehdas	7.6.		2,8	1,3	0,3	
öljynjalostamo	7.6.	0,047				0,58

Taulukko 23. Jätevesien purkupaikalta¹⁾ ja vertailupisteeltä²⁾ haettujen vesinäytteiden jäämäainepitoisuuksia.

Paikka	Aika (1982)	Fenoli mg/l	VCM mg/l	1,2-DCE mg/l	DOP µg/l	Kloroformi µg/l
purku	11.5.	0,012	<0,01	<0,05		
vertailu	11.5.	0,008	<0,01	<0,05		
purku 0-2 m	24.5.	0,001	<0,01	<0,05	1,1	
purku 5 m	24.5.		<0,01	<0,05	<0,1	
purku 10 m	24.5.		<0,01	<0,05	0,7	
purku	7.6.	0,04	<0,01	<0,05		1,89
vertailu	7.6.					2,88
purku	21.6.					3,43
vertailu	21.6.					2,44

1) Merivesitunnelin edusta

2) Orrenkylänselkä

Sköldvikin alueen vesistö tunnistettiin kromatografian ja massaspektrometian avulla joitakin hiilivetyjä, fenoleita ja poolisia aineita (taulukko 24).

Neutraaliaineilla (alkaanit) ei Paasivirran ym. (1985) mukaan ole merkittäviä haittavaikutuksia, mutta ne ilmentävät meren tavallista korkeampaa hiilivetypitoisuutta. Oktadekaania, eikosaania ja dokosaania löytyi myös alueen hauista (vrt. luku 3.3.1), mitä pidettiin osoituksena yhdisteiden taipumuksesta kertyä eliöstöön.

Etalaattien, joita myös mitattiin alueen hauista, Paasivirta ym. (1985) arvelee olevan peräisin kemian tehtaista. Ne ovat tunnetusti ravintoketjussa rikastuvia yhdisteitä, joita yleensä pidetään haitallisina ympäristömyrkkyinä. Muista yhdisteistä mainitaan metoksikumeeni, etoksibutyylisentseeni ja t-butyylifenoli, joiden arvellaan olevan peräisin kemian tehtaista. Niiden akuuttimyrkyllisyyden sanotaan olevan lievä (NIOSH RTECS 1984, ref. Paasivirta ym. 1985). Tetra- ja heksadekaanihappojen arvellaan olevan kemian tehtaisten päästöjen estereiden hydrolyysituotteita. Emäsfraktiosta ei ympäristömyrkkyjä löytenyt. Joitakin lievästi myrkyllisiä, mutta ei-akkumuloivia alifaattisia amiineja löytyi purku 1:n luota, ja näiden Paasivirta ym. (1984) epäili olevan peräisin kemian teollisuuden prosessivesistä.

Taulukko 24. Vesinäytteistä tunnistetut yhdistetyypit ja rakenteet (Paasivirta ym. 1985).

	<u>Yhdiste</u>	<u>Molekyylikaava</u>
Poolittomat neutraaliaineet	Rikki	S 8
	h-heksadekaani	C 16 - H 34
	h-oktadekaani	C 18 - H 38
	h-eikosaani	C 20 - H 42
	h-dokosaani	C 22 - H 46
Lievästi pooliset neutraaliaineet	p-metoksikumeeni	C 10 - H 14 - O
	Etoksibutyylisentseeni	C 12 - H 18 - O
	Tetradekaanihappo	C 14 - H 28 - O ₂
	Heksadekaanihappo	C 16 - H 32 - O ₂
	Dioktyyliftalaatti	C 24 - H 38 - O ₄
Fenolit	t-butyylifenoli	C 10 - H 14 - O
Karkokryylihapot	Pentafluoribentsyyli-alkoholi ¹⁾	
	Etikkahappo	C 2 - H 4 - O ₂
Emäkset	2-asetyyliheksanoni	C 8 - H 12 - O ₂

¹⁾ Oletettavasti peräisin laboratorionäytteistä.

Muovitehtaan jätevesistä löytyi huomattavia määriä haihtuvia halogeenihiilivetyjä (taulukko 25). Ne kuitenkin haihtuivat ja laimenivat jo merivesitunnelissa niin, että purku 3:n kohdalla pitoisuudet olivat jo hyvin pieniä. Purku 3:ssa mitatut korkeahkot trikloorietaanipitoisuudet ovat Paasivirran ym. (1985) mukaan mahdollisesti peräisin muualta kuin kemian teollisuuslaitoksista. On myös mahdollista, että kemian tehtaiden päästöt vaihtelevat erittäin paljon, sillä muovitehtaan jätevesinäytteissä, jotka otettiin hieman myöhemmin, ei trikloorietaania esiintynyt. Orrenkylänselältä mitattu hiilitetrakloridi ei mitä todennäköisimmin ole peräisin Sköldvikin teollisuuslaitoksista, vaan se saattaa olla kulkeutunut alueelle mm. ilmakehän kautta.

Kloorifenoleja esiintyi, paitsi kemian tehtaiden jätevesissä ja purkualueella, myös vertailualueella eli Orrenkylänselällä (taulukko 26). Porvoon edustan merialueen kloorifenolit eivät välttämättä ole peräisin Neste Oy:n tuotantolaitoksista, vaan niitä saattaa kulkeutua merialueelle myös valunnan ja ilma-kehän kautta. Kloorifenoleja pääsee ympäristöön mm. sellun kloorivalkaisun jätevesissä, torjunta- ja limanestoaineista, puunsuojausaineista sekä jätteenpoltosta (Paasivirta ym.1985).

Taulukko 25. Halogeenihiilivetyypitoisuudet ng/l (ppt) vesinäytteistä 1984. Bromidikloorimetaania ja vinyylidikloridia ei havaittu.

Paikka	Aika	Hiili-tetra-kloridi	Kloro-formi	Bromo-formi	Tetra-kloori-etyleeni	Trikloori-etyleeni	1,1,1-Tri-kloori-etaani	1,1,1,2-Tetra-kloori-etaani	1,1,2,2-Tetra-kloori-etaani	1,1,2-Tri-kloori-etaani	1,2-Di-kloori-etaani	Dibromi-kloori-metaani
P B	6.9.	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P K1	6.9.	-	525	31	39	-	188	-	-	-	-	-
P K3	13.9.	19	57	-	13	20	1225	-	-	-	-	-
A 1	3.12.	323	813	-	1322	781	-	-	-	-	2409	7
A 7	3.12.	5345	9391	-	6294	13351	-	82	2501	26248	99887	-
A 7	10.12.	8129	12540	-	8083	21512	-	132	3631	34053	84044	-
A 7	17.12.	11219	29948	-	13627	31066	-	199	8783	85525	271690	-
A 1	17.12.	912	25924	-	30857	1868	-	-	-	-	595	262
A 1	17.12.	787	19711	-	33073	1947	-	-	-	-	977	300
A 7	17.12.	13277	20076	-	12395	28248	-	185	6764	58758	156642	-
A 7	17.12.	12077	19639	-	12712	27046	-	179	6663	57718	160350	-

Taulukko 26. Autenttisiin malliaineisiin vertaamalla kaasukromatograafisesti identifioidut kloorifenolit eräissä näytteissä Orrenkylänselältä (P 8 vesi ja sedimentti) sekä Sköldvikistä (PK3 vesi ja sedimentti; J lietealtaan pohjan pintakerroksesta). Vain voimakkaan piikin esiintyminen on merkitty positiiviseksi havainnoksi (+).

Näyte	DCP			TCP				TeCP	PeCP	DCG	TCG	TeCG	TCC	
P 8 vesi	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+
sedimentti	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+
PK3 vesi	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
sedimentti	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
J (liete)	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-

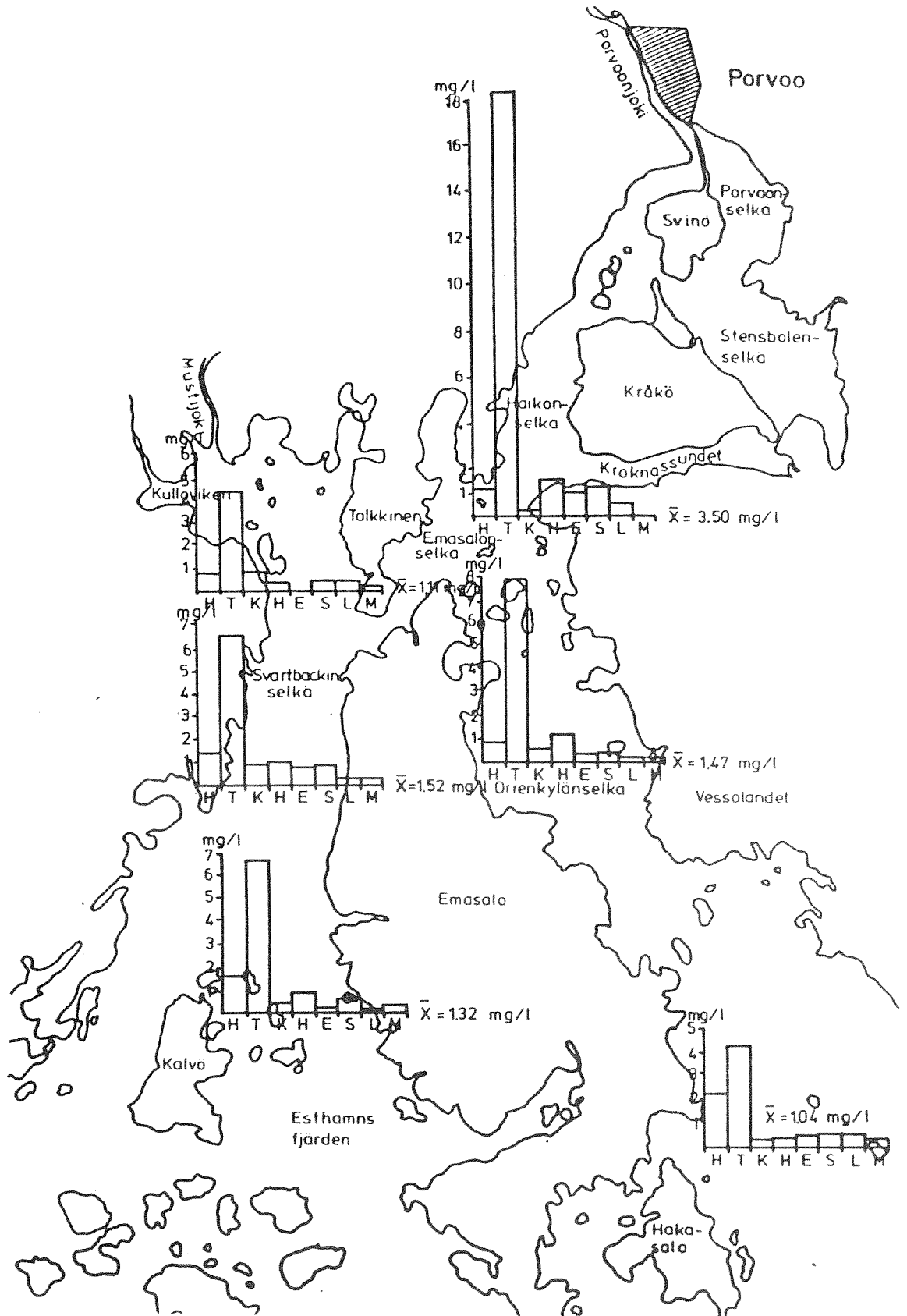
3.2 BIOLOGISET TUTKIMUKSET

3.2.1 Kasviplankton, perustuotantokyky ja klorofylli-a

Kasviplanktonlajiston ja -biomassan selvityksiä on tehty velvoitetarkkailun yhteydessä vain kahdesti, vuosina 1974 ja 1977 (Vesi-Hydro Oy 1974, 1977). Tämän lisäksi Penttinen (1980) on v. 1978 tutkinut alueen levästöä selvittääkseen lähinnä sini-levien ja niiden typensidonnan merkitystä Porvoon edustan merialueella.

Vuoden 1974 tutkimuksessaan Vesi-Hydro Oy totesi, että kasviplanktonin biomassa oli keskimäärin yli 5 mg/l vain Porvoon jokisuussa ja sen lähialueilla. Alue voitiin tämän perusteella luokitella reheväksi; kuitenkin esim. Helsingin edustan rehevöityneissä lahdissa kasviplanktonin keskimääräinen biomassa on huomattavasti suurempi kuin 5 mg/l. Porvoonjokisuun rehevillä lähialueilla kasviplanktonin biomassa oli suuri myös kesäheinäkuussa toukokuun tuotantohuipun jälkeen. Karuimmilla alueilla, kuten Svartbäckinselällä ja Orrenkylänselän eteläosissa, biomassa taas pieneni erittäin selvästi keväisen piilevämaksimin jälkeen, mikä on yleensä tyypillistä vähäravinteisemmille merialueille.

Vuonna 1977 kasviplanktonin biomassat olivat tutkituilla pisteillä lähes samansuuruiset kuin aikaisemminkin. Toukokuussa piilevämaksimi oli selvä kaikilla havaintopisteillä (kuva 37).

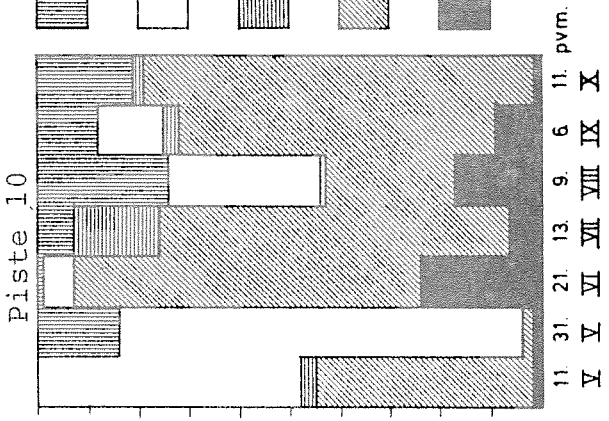
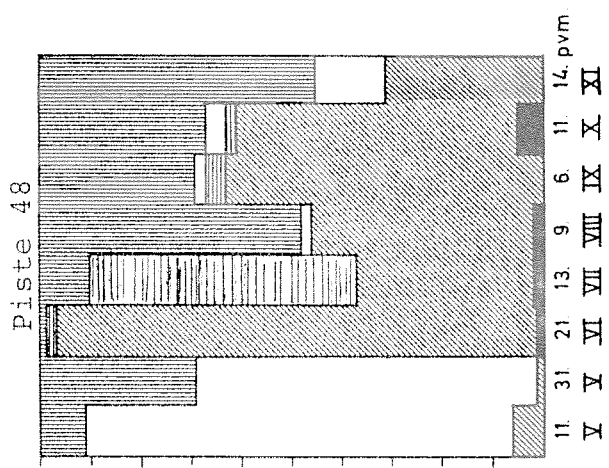
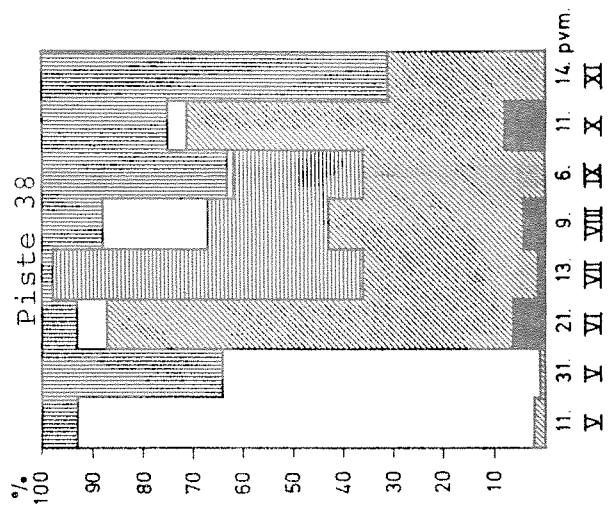
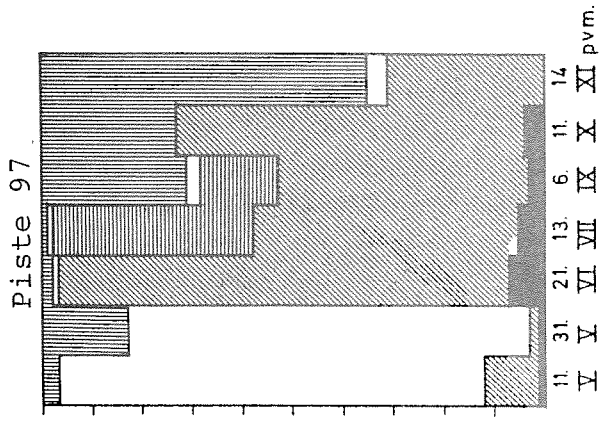
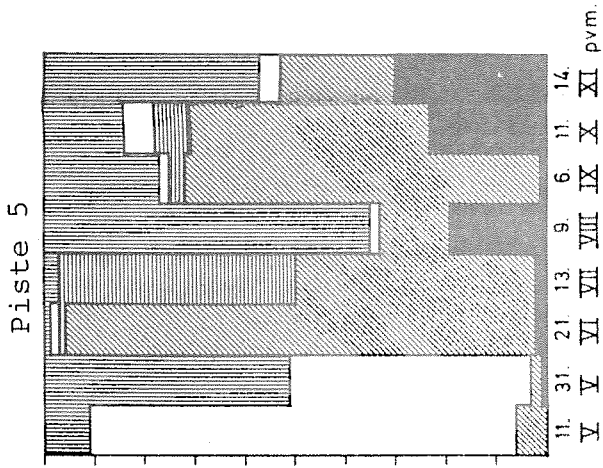
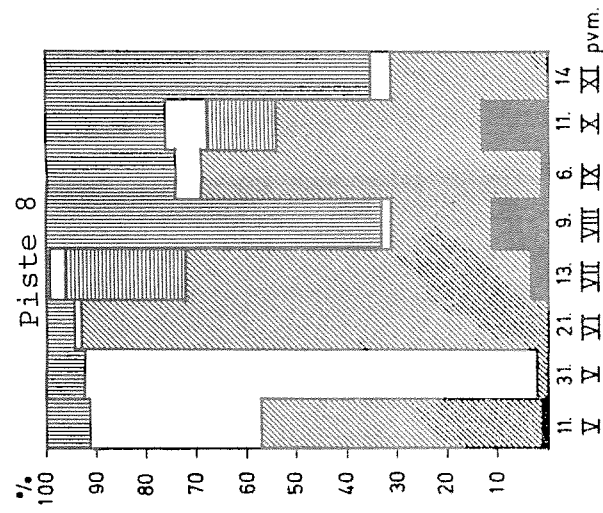


Kuva 37. Kasviplanktonin biomassa (mg/l) kasvukaudella 1977.

Haikonselällä esiintyi keskikesällä lähinnä sini- ja viherlevistä koostuva uusi edellistä pienempi biomassahuippu. Svartbäckinselän keskiosissa leväbiomassat olivat samaa suuruusluokkaa kuin Orrenkylänselällä. Sen sijaan Svartbäckinselän pohjoisosissa (piste 97) biomassat olivat muita alueita pienemmät, ja tämän katsottiin johtuvan Mustijoen makean veden virtauksista meriveden pintakerroksissa. Jokivesien levästä on erilainen ja usein myös niukempi kuin meriveden eivätkä makean veden levät useinkaan siedä murtoveden olosuhteita. Neste oY:n jätevesien rehevöittävät vaikutukset eivät siis ainakaan v. 1977 lisänneet leväbiomassaa Svartbäckinselän pohjoisosissa.

Myös kasviplanktonlajisto tutkittiin vuosina 1974 ja 1977. Merialueille tyypillisesti piilevät (Diatomae) olivat toukuussa valtalaji jokseenkin kaikilla havaintopisteillä. Kevät-talvella, ennen piilevämaksimia, sen sijaan viherlevät (Chlorophyta) olivat vallitsevia. Keskikesällä eri havaintopaikkojen lajistossa oli suurempia eroja. Vuonna 1974 sini- ja viherlevät olivat runsaimpia rehevöityneillä alueilla lähellä Porvoonjokisuuta. Sen sijaan vertailualueella eli Emäsalon saaren eteläpuolella sinilevien osuus kokonaisbiomassasta oli aina alle 10 %. Viherlevien osuus oli yleensä suurimmillaan kesä-heinäkuussa, ja rehevöityneillä alueilla kuten Stensbölenselällä niiden osuus kohosi yli 50 prosenttiin.

Vuonna 1977 tutkittiin vain kuuden havaintopisteen levästä (kuva 38). Selvimmin muista erosi Haikonselän havaintopiste 10, jossa sinilevien osuus oli keskikesällä suurehko, mutta keltaruskolevien (Pyrrophyta) osuus taas pienempi kuin muilla, merellisimmillä havaintopaikoilla. Syksyllä sinilevien osuus oli suuri myös Orrenkylänselän eteläosissa. Tällöin kasviplanktonin kokonaisbiomassa oli kuitenkin jo pieni. Silmäleviä oli keskikesällä suhteellisesti eniten Svartbäckinselän keskiosissa.



KELTARUSKOLEVÄT
(PYRROPHYTA)

KULTALEVÄT (CHRYSOPHYTA)
ENIMMÄKSEEN PIILEVIÄ

SILMÄLEVÄT
(EUGLENOPHYTA)

VIHERLEVÄT
(CHLOROPHYTA)

SINILEVÄT
(CYANOPHYTA)

Kuva 38. Kasviplanktonlajisto kasvukaudella 1977 (Oy Vesi-Hydro Ab).

Viherlevien osuus oli toukokuussa suuri erityisesti Haikonse-
lällä ja Orrenkylänselän keskiosissa. Näiden alueiden lajisto
oli usein keskenään varsin samankaltainen, mikä saattaisi joh-
tua Porvoonjokisuunnan ravinteikkaiden vähäsuolaisten vesien
tunkeutumisesta Orrenkylänselälle. Vesi-Hydro Oy (1977) mainit-
see lisäksi, että Orrenkylänselän ja Svartbäckinselän keski-
osien levälajistossa oli usein selviä eroavuuksia. Nämä erot
johtuivat ilmeisesti jokivesien voimakkaammasta vaikutuksesta
Orrenkylänselän keskiosissa. Neste Oy:n jätevesien vaikutuksia
Svartbäckinselän levälajistoon oli vaikea todeta. Yleensäkin
levälajiston eroavuudet näyttävät pikemminkin heijastelevan
eri alueiden mereisyyden eroja. Eniten merellisissä, vähäravin-
teisissä vesissä viihtyviä lajeja oli luonnollisesti sekä
Svartbäckin- että Orrenkylänselän eteläosissa. Levälajiston tut-
kimukset eivät tuoneet merkittävää lisätietoa Porvoon edustan
merialueen luonteesta, joten on perusteltua, että lajistotutki-
muksista luovuttiin velvoitetarkkailun yhteydessä. Neste Oy:n
jätevesien mahdollisten vaikutusten selvittäminen vaatisi pitkä-
jänteistä ja tarkkaa seurantaa sekä tulosten huolellista ja
asiantuntevaa arviointia. Tällaiseen ei kuitenkaan ole tarpeel-
lista ryhtyä, sillä tutkimuksen tuloksellisuus on sittenkin
yhä epävarmaa.

Penttisen (1980) havaintojen mukaan kasviplanktonin biomassan
vaihtelurajat olivat kesällä 1978 Svartbäckinselällä 0,2 - 11
mg/l ja Orrenkylänselällä 0,4 - 3,6 mg/l. Nämä biomassat ovat
pieniä ja vastaavat Helsingin edustan ulomman saariston arvoja
(vrt. Melvasalo ja Viljamaa 1977). Toukokuussa piilevät muodos-
tivat valtaosan kevätmaksimin biomassasta; kesäkuussa valta-
lajistona olivat viherlevät. Loppukesällä biomassa koostui suh-
teellisen tasaisesti kaikista leväryhmistä.

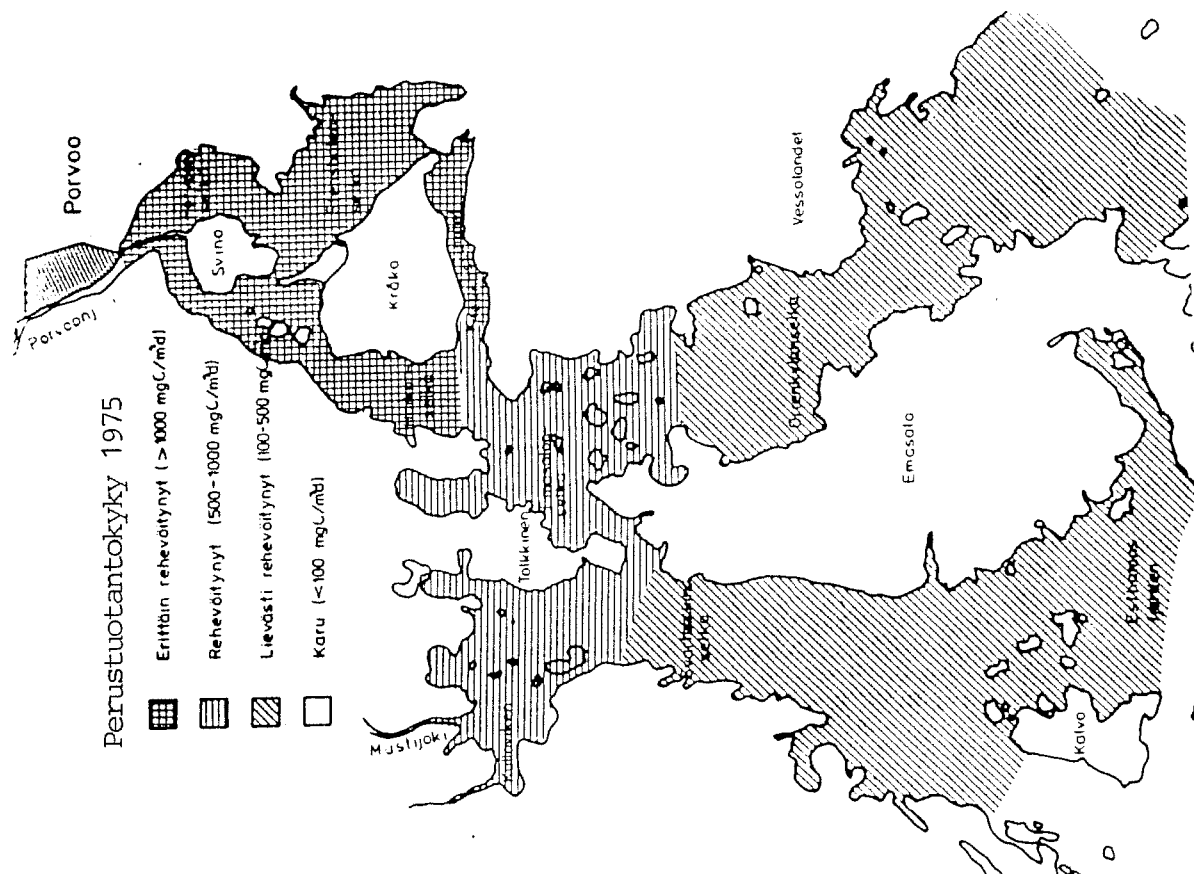
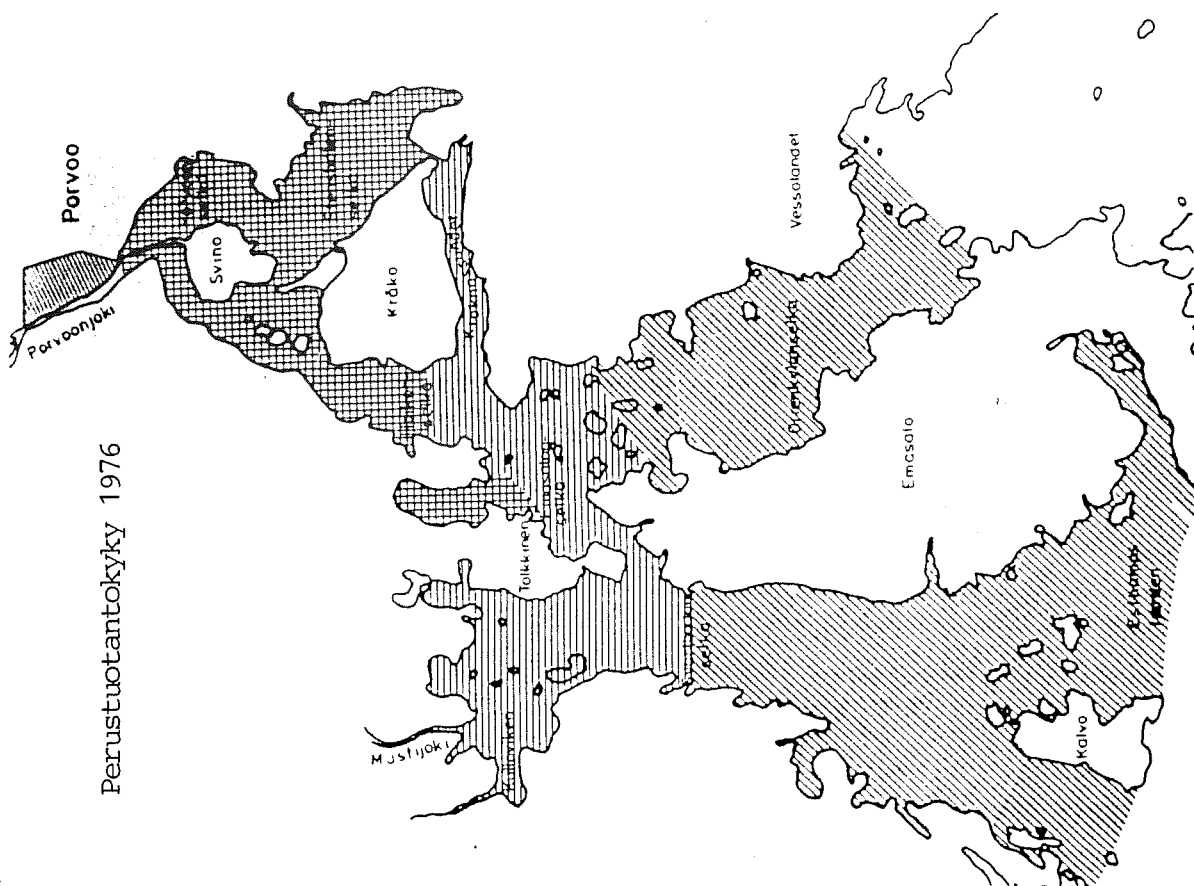
Typeä sitovien heterokystillisten sinilevien määrä oli Svart-
bäckinselällä suurimmillaan kesäkuun lopussa, mutta Orrenkylän-
selällä vasta syyskuun lopussa. Heterokystien määrä ei kuiten-
kaan missään tutkitussa näytteessä ollut kovin suuri verrattuna
esimerkiksi Helsingin edustan sisäsaaristoon. Näiden havaintojen

perusteella Penttinen (1980) arvioi, ettei typensidonta muodosta merkittävää typenlähdettä tutkimusalueella. Todettiin kuitenkin, että heterokystien määrä oli suurimmillaan silloin, kun $N_{liuk}:PO_4-P$ oli pieni ja typpi oli minimiravinne. Typensidonta saattaa tietyissä olosuhteissa lisätä veden typpipitoisuutta, mutta tämä lisäys ei Porvoon edustan merialueella ilmeisestikään ole merkittävä.

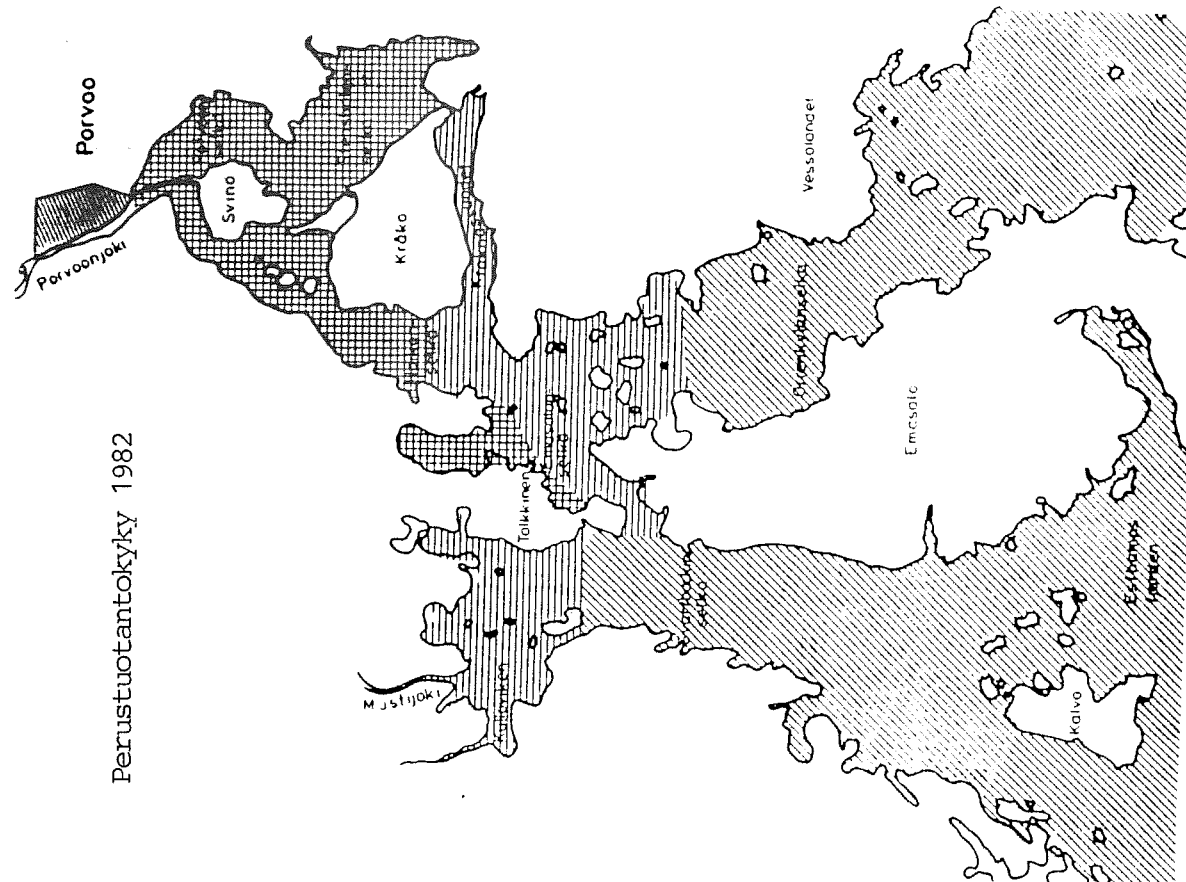
Kasviplanktonin perustuotantokykyä on mitattu velvoitetarkkailun yhteydessä 1970-luvun alusta lähtien. Koko tarkastelualueen rehevöityneisyydessä ei ole tapahtunut selviä suuria muutoksia vuosien 1975 ja 1984 välisenä aikana (kuva 39a-c). Perustuotantokyky kohosi Koddervikenin lahdella sen jälkeen, kun Tolkkisten sellutehdas lopetti toimintansa ja selluteollisuuden inhibitiiviset vaikutukset (väri, mahdolliset myrkylliset yhdisteet) lakkasivat vaikuttamasta levätoimintaan. Kodderviken on yleensä luokiteltu erittäin rehevöityneeksi sellutehtaan lopettamisen jälkeen.

Porvoon jokisuun alueella tilanne on säilynyt jokseenkin ennallaan ja Stensbölen-, Porvoon- ja Haikonselkä ovat edelleen erittäin rehevöityneitä (keskim. perustuotantokyky yli 1000 mgC/m^3). Vuonna 1984 näiden rehevimpien alueiden keskimääräinen tuotanto oli kuitenkin tavanomaista alhaisempi. Myös muualla merialueella tuotantotaso oli tällöin normaalia alhaisempi, vaikka erot muihin vuosiin verrattuna olikin pienemmät kuin Porvoonjokisuussa. Tämä johtui ilmeisesti sateisesta ja kylmästä kesästä sekä niistä satunnaisvirheistä, joita perustuotantokyvyn keskimääräisiä arvoja laskettaessa väistämättä syntyy. Näytteitä ei nimittäin oteta aina täsmälleen samoina aikoina eikä levätuotannon vuosisyklin samoissa vaiheissa.

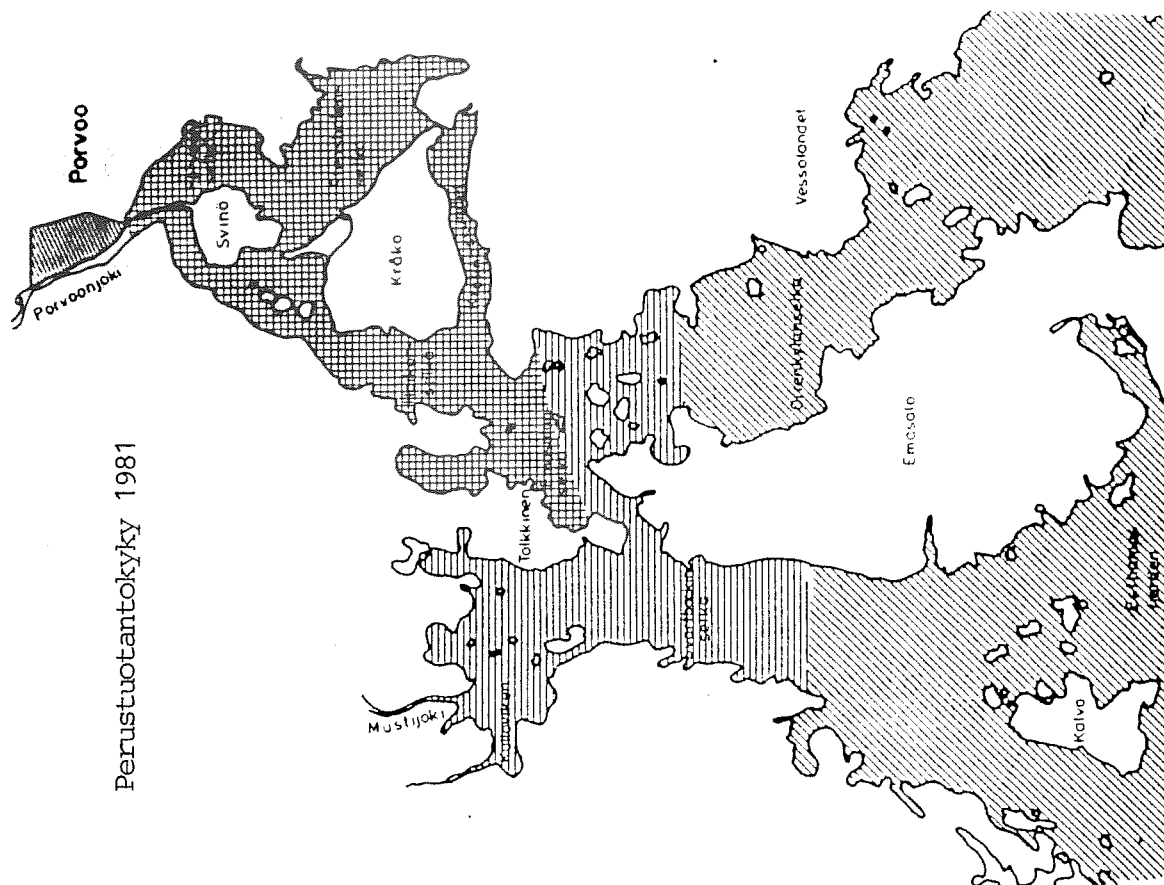
Rehevöityneiksi alueiksi ($500 - 1000 \text{ mgC/m}^3$) on yleensä luokiteltu Emäsalonselkä, Kuggsundet, Rönnskärsundet ja ajoittain myös Svartbäckinselän pohjoisosa, jossa vaikuttaa Mustijoen tuoma ravinnekuormitus sekä sopivissa virtausolosuhteissa mahdollisesti myös Porvoonjokisuunnan ja Neste Oy:n kuormitus.



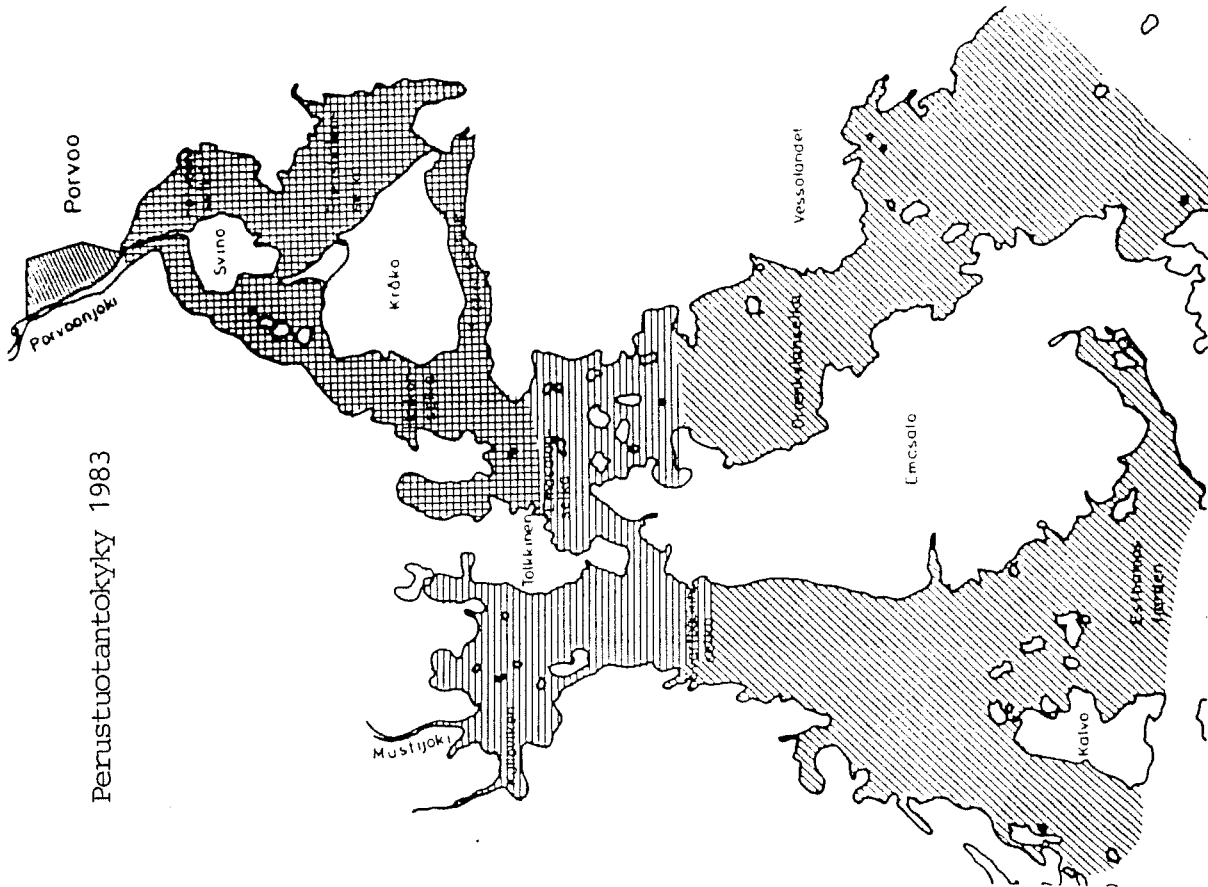
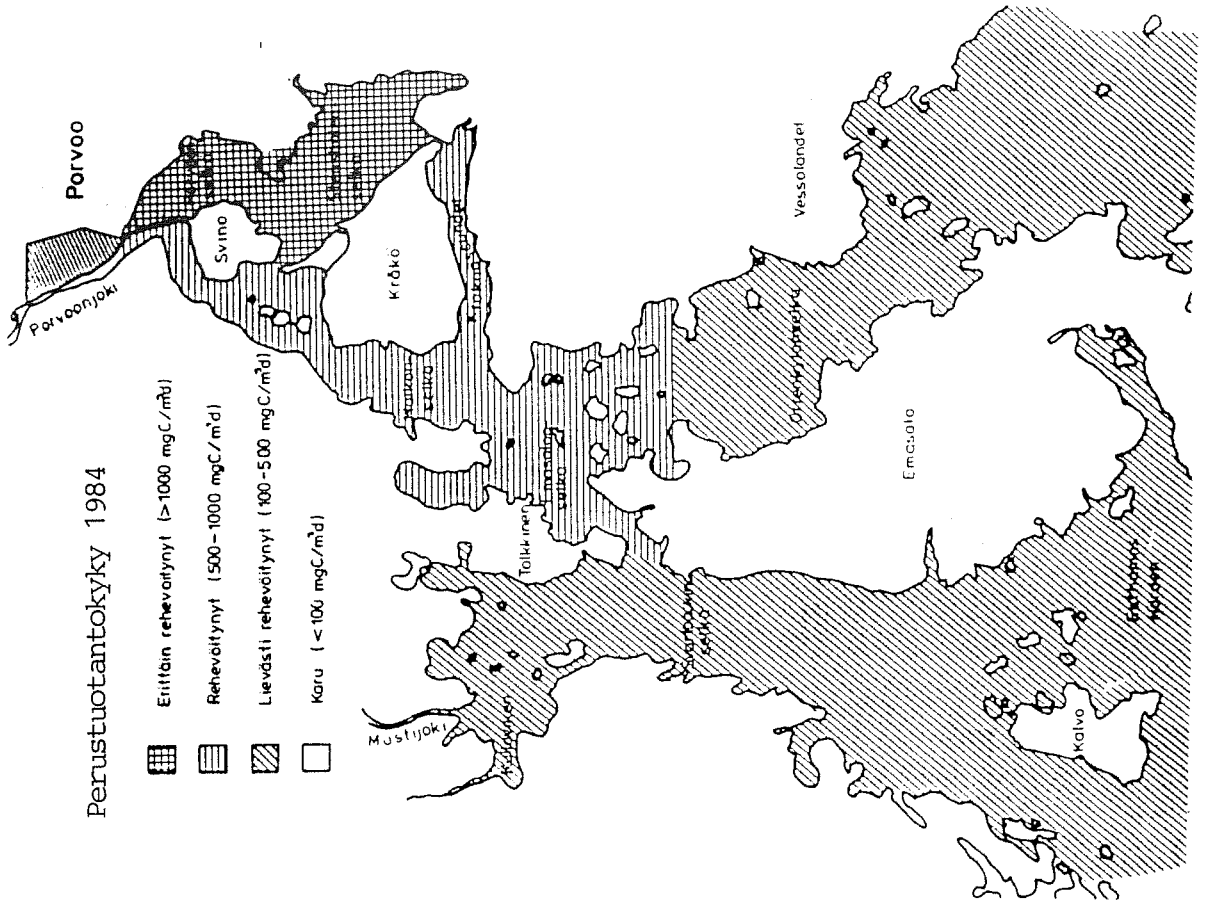
Kuva 39a. Rehevyytaso vv. 1975 -76.



Perustuotantokyyky 1982



Perustuotantokyyky 1981

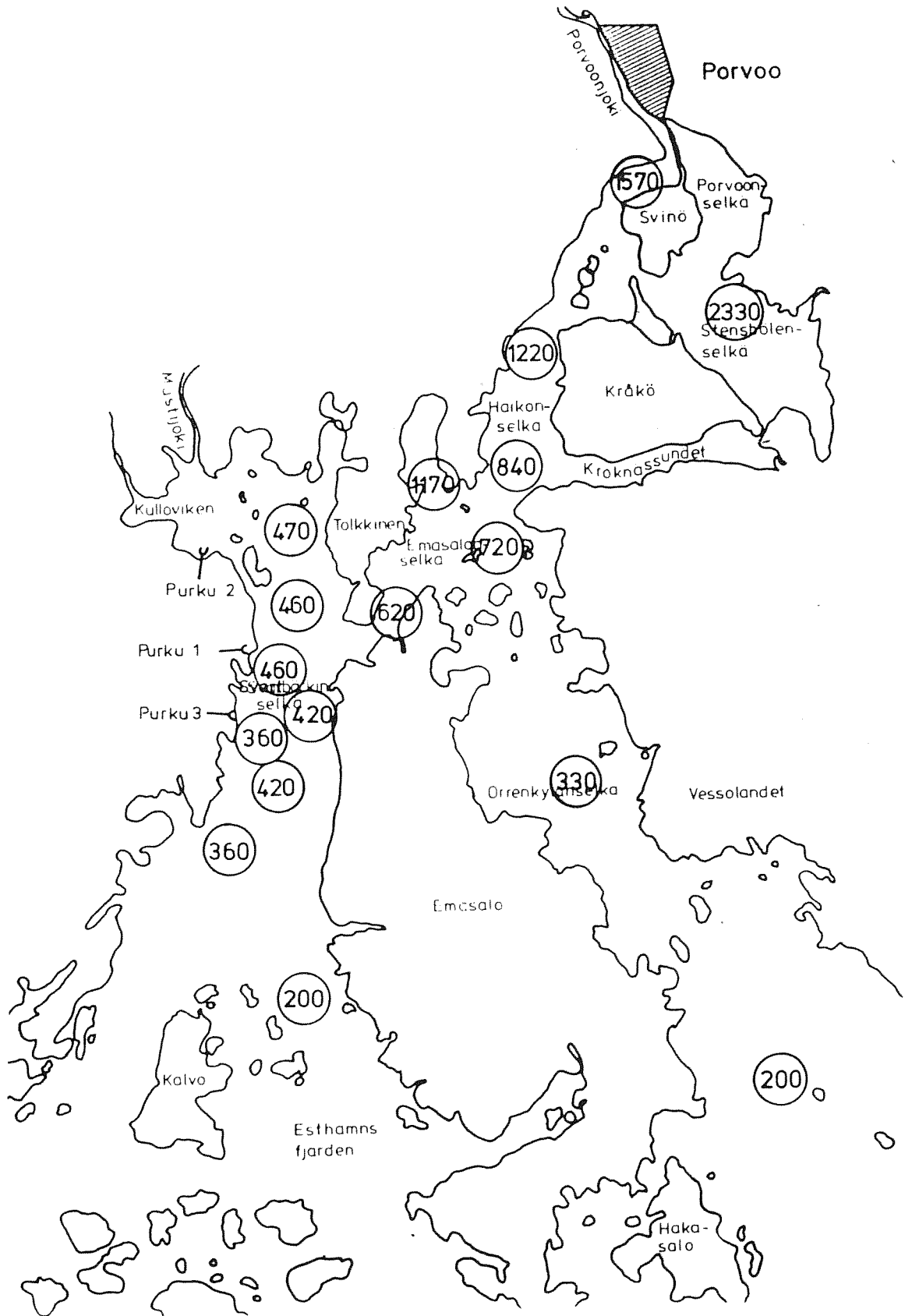


Kuva 39c. Rehevyytaso vv. 1983 -84.

Vuonna 1978 Neste Oy:n tuotantolaitosten pohjoispuoli Illvardenin saarelle saakka oli rehevöitynyt. Tuona kesänä virtaukset ovat ilmeisesti kuljettaneet ravinteita öljynjalostamolta tai Porvoonjokisuusta Kuggsundetin kautta pohjoiseen päin tavanomaista enemmän. Lahden perukka oli tuolloin vain lievästi rehevöitynyt, joten Mustijoen kuormitus ei ole voinut olla pääasiallinen syy Illvardenin alueen rehevyyteen. Kuitenkin vuonna 1978 Neste Oy:n ja Porvoonjokisuunnan kasvukauden aikainen kuormitus oli vähäisempi kuin esimerkiksi v. 1977, jolloin koko alue oli vain lievästi rehevöitynyt. Vuonna 1978 havaittu ilmiö ei tämän vuoksi ole voinut johtua Neste Oy:n poikkeuksellisen suuresta kuormituksesta. Pikemminkin mainitut virtausten suunnan vaihtelut ja kesän 1978 muuten edulliset kasvuolosuhteet ovat lisänneet alueen perustuotantoa.

Svartbäckinselän ja Orrenkylänselän keski- ja eteläosat ovat yleensä luokiteltu vain lievästi rehevöityneiksi. Kuitenkin Orrenkylänselän keskiosan (havaintopiste 8) perustuotantokyky on keskimäärin ollut alhaisempi kuin esimerkiksi Svartbäckinselän havaintopisteiden 32, 33, 38 ja 40 (kuva 40). Ravinne- ja suolaisuusarvojen perusteella arvioitiin, että Porvoonjokisuunnan kuormituksen vaikutukset olisivat voimakkaammat Orrenkylänselän keskiosissa kuin Svartbäckinselän vastaavalla alueella, joten Neste Oy: jättevesillä on epäilemättä ollut merialuetta rehevöittäviä vaikutuksia, jotka havaitaan myös keskimääräisissä perustuotantokykytuloksissa. Neste Oy:n ravinnekuormitus kohdistuu alueelle myös kesäaikana, jolloin jokien kuormitus on puolestaan suhteellisen vähäinen.

Havaintopisteellä 36, joka sijaitsee kemian tehtaiden jätevesien purkualueella, perustuotantokyky on ollut alhaisempi kuin muualla Svartbäckinselän keskiosissa. Tämä saattaa osittain johtua siitä, että kemian tehtaiden ravinnekuormitus on vähäinen ja että öljynjalostamon voimakkaimmat vaikutukset eivät ulotu tälle alueelle. Kuitenkin pintaveden ravinnepitoisuuksien oletetaan nousevan jäähdytysvesien kierrätyksen vuoksi. (vrt. Penttinen 1980), joten perustuotantokin saattaisi kohota jonkin



Kuva 40. Keskimääräinen perustuotantokyky $\text{mgC/m}^3\text{d}$ velvoite-tarkkailun havaintopisteillä vv. 1980 -84.

verran. Näin ollen alhaisempi perustuotantokyky saattaisi joutua myös siitä, että kemian tehtaiden jätevesillä on lieviä levätoimintaa ehkäiseviä vaikutuksia. Jätevesillä tehdyt levätestit eivät kuitenkaan ole selvästi tukeneet tai kumonneet tätä oletusta (vrt. s. 99).

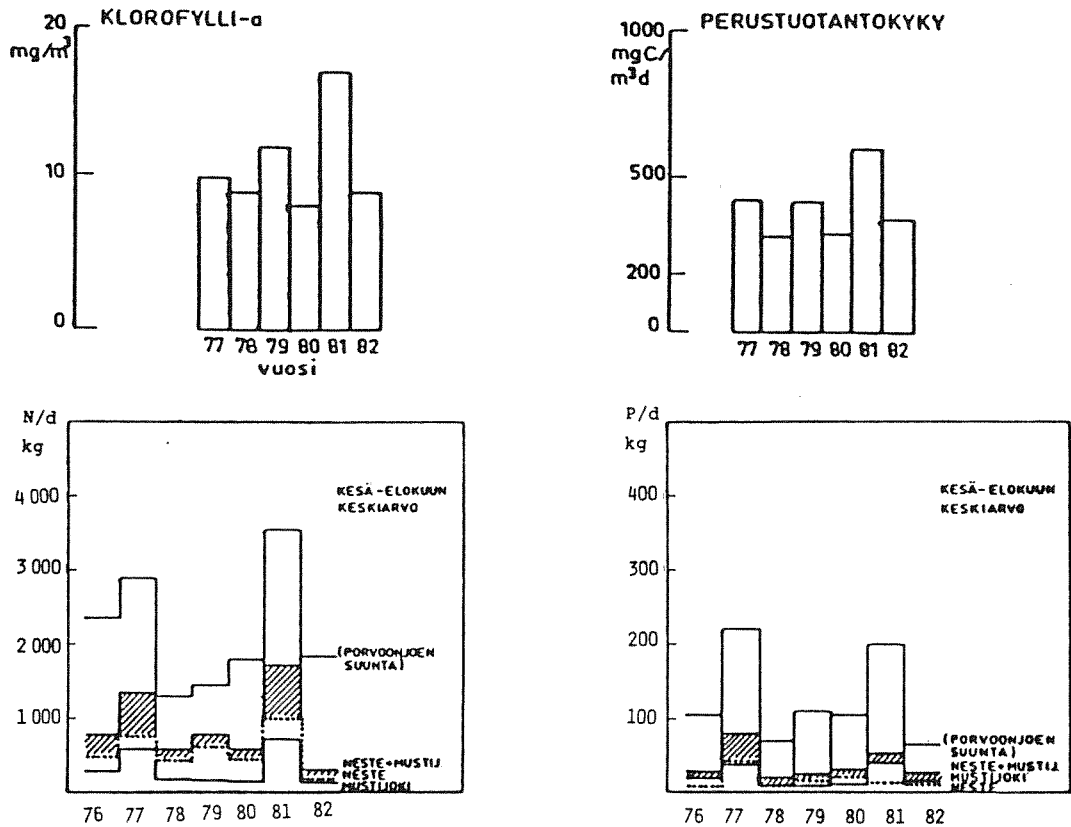
Orrenkylänselän keskiosassa havaintopisteen 8 perustuotantokyky on ollut jokseenkin samaa suuruusluokkaa kuin pisteen 40, joka sijaitsee Klobuddenin edustalla. Pienimmät perustuotantokyyarvot on mitattu Svartbäckin- ja Orrenkylänselän eteläisimmissä osissa (48 ja 5), mutta näitäkään havaintopisteitä ei vielä voi luokitella varsinaisesti karuiksi ($< 100 \text{ mgC/m}^3\text{d}$).

Penttisen (1980) mukaan perustuotantokyykymittaukset antavat Porvoon edustan merialueen tilan ajallisesta ja paikallisesta vaihtelusta jokseenkin samanlaisen kuvan kuin fysikaalis-kemialliset havainnot (taulukko 27). Perustuotantokyykyarvojen vaihtelu johtuu osittain merivaikutuksen vaihteluista, mutta Svartbäckinselän keskiosissa myös öljynjalostamon kuormituksen muutokset aiheuttavat muutoksia perustuotantokyykyarvoihin.

Taulukko 27. Pintaveden ravinnepitoisuuksia ja tuotannon kuvauksia Porvoon edustan merialueella. Luokittelu pohjautuu vesistötarkkailutuloksiin vuosilta 1980 -82 (Vesi-Hydro).

typpi	mg/m^3	300 - 400	400 - 500	500 - 700
fosfori	mg/m^3	20 - 35	30 - 45	40 - 60
klorofylli-a	mg/m^3	4 - 8	7 - 11	12 - 25
perustuotantokyyky		200 - 300	250 - 400	400 - 700
$\text{mg C/m}^3 \cdot \text{d}$				

Neste Oy:n lupahakemuksen johdosta antamassaan lausunnossa Penttinen (1983) toteaa, että ravinteiden kesäaikainen tuonti Svartbäckinselälle näyttää vaikuttavan erittäin selvästi alueen rehevyystasoon (vrt. kuva 41). Vuonna 1981 sekä Neste Oy:n että jokien aiheuttama ravinnekuormitus oli tavanomaista suurempi, ja tämä heijastui keskisen Svartbäckinselän klorofylli-a:n ja perustuotantokyyvyn arvoissa.

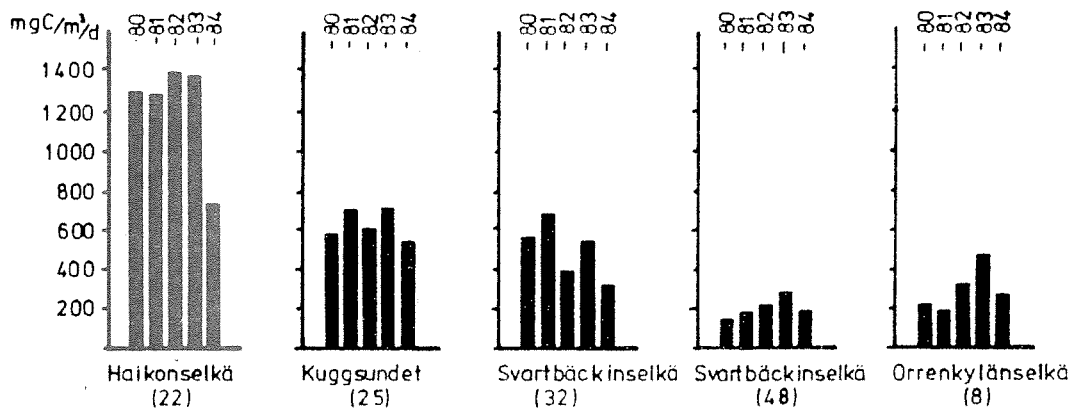


Kuva 41. Klorofylli-a:n ja perustuotantokyvyn keskiarvo vuosina 1977 -82 keski-Svartbäckinselällä sekä koko tarkastelualueelle tuleva kesäaikainen ravinnekuormitus.

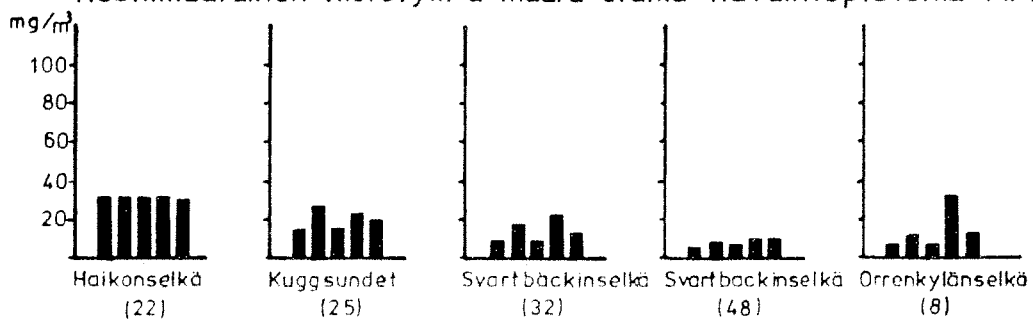
Klorofylli-a:n pitoisuutta pidetään yleisesti kasviplanktonin biomassan arviointimenetelmänä. Perustuotantokyky ja klorofylli-a:n pitoisuus korreloivat usein hyvin keskenään, mutta aina niin ei kuitenkaan ole. Porvoonjokisuun alueella klorofylli-a:n keskimääräiset pitoisuudet ovat suuremmat kuin Svartbäckin- tai Orrenkylänselällä (kuva 42), mutta näiden alueiden erot ovat suhteellisesti paljon pienemmät klorofylli-a:n pitoisuuksien kuin perustuotantokyvyn mukaan arvioituna.

Vuonna 1983 keskimääräinen klorofylli-a:n pitoisuus ja perustuotantokyky olivat useilla alueilla tavanomaista suuremmat (Vesi-Hydro Oy 1983). Tämä ei kuitenkaan korreloi Neste Oy:n tai jokien vuotuisen kokonaiskuormituksen kanssa. Kesä ei ollut tavanomaista sateisempi, joten jokikuormitus avovesikautena oli pienehkö. Syynä keskimääräisten arvojen korkeuteen saattaa

yksinkertaisesti olla se, että toukokuun havaintokerralla v. 1983 tuotantomaksimit olivat vuosia 1982 tai 1984 suuremmat, mikä luonnollisesti on kohottanut koko vuoden keskimääräisiä arvoja.

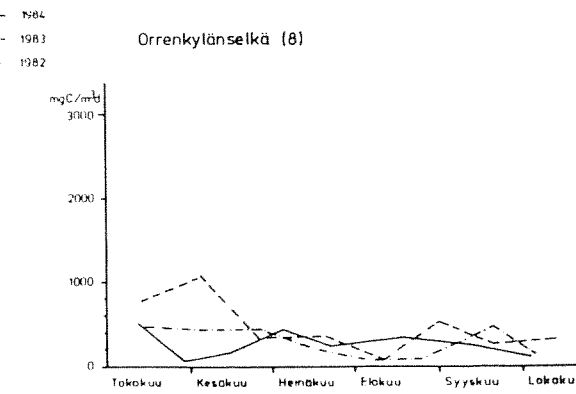
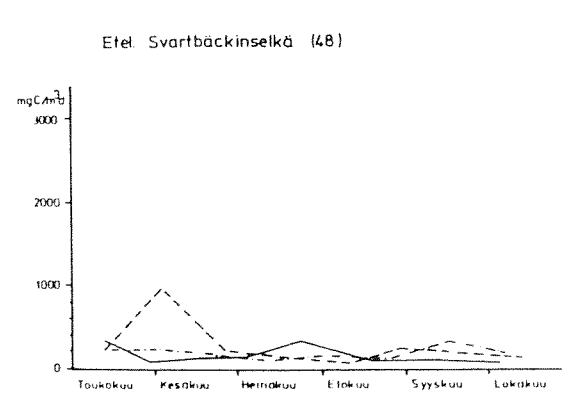
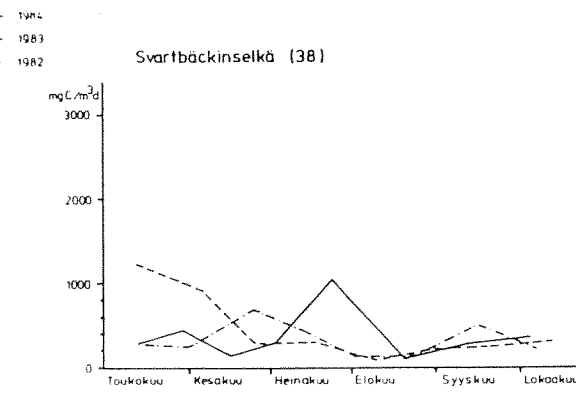
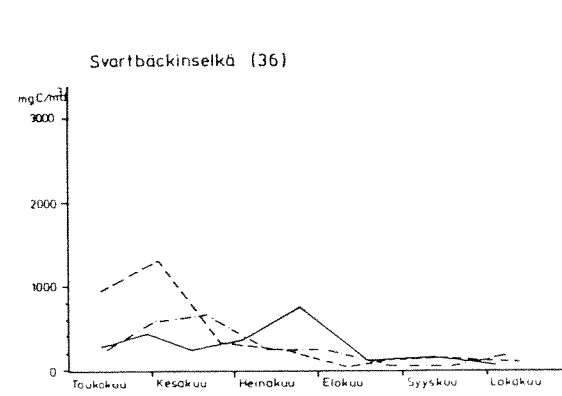
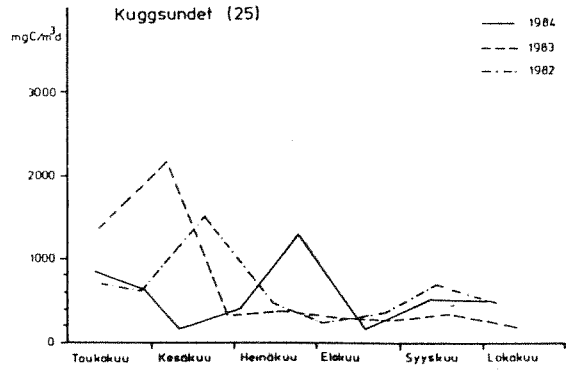
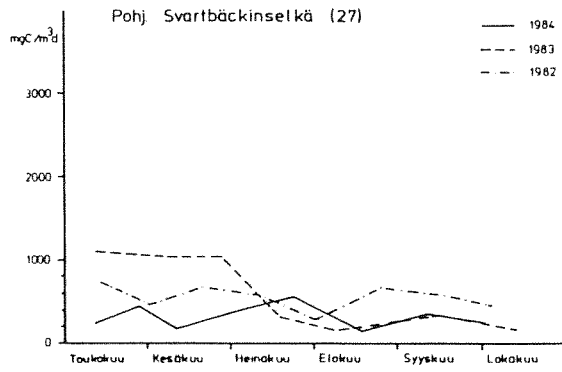
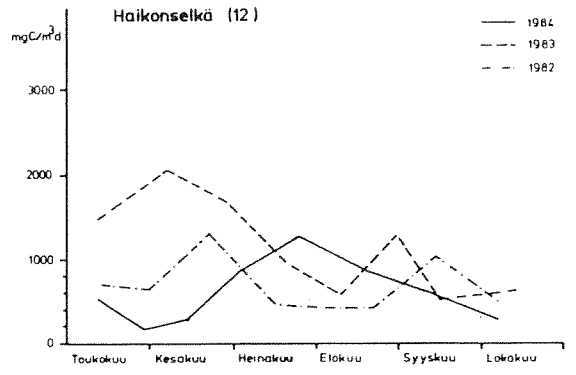
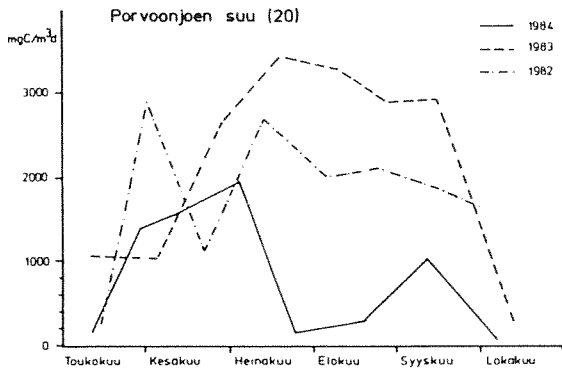


Keskimääräinen klorofylli-a määrä eräillä havaintopisteillä v. 1980-84



Kuva 42. Keskimääräinen perustuotantokyky eräillä havaintopisteillä v. 1980 -84.

Perustuotantokyvyn vuodenaikaisvaihtelu noudattelee pääpiirteittäin leväbiomassan vuotuista vaihtelua. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että joinakin vuosina merellisten alueiden keväiset perustuotantomaksimit jäisivät suhteellisen heikoiksi (vrt. kuva 43). Toisaalta tiedetään, että kevätmaksimin huiput ovat merialueilla hyvin lyhytaikaisia, vain muutaman päivän kestäviä, joten todellisten maksimiarvojen toteaminen vaatisi lähes päivittäisiä mittauksia jäiden lähdestä toukokuun loppuun. Tällainen on tietenkin mahdotonta velvoitetarkkailun yhteydessä. Kuitenkin juuri tämän vuoksi vuotuisten keskimääräisten perustuotantokykyarvojen laskeminen on hieman harhaanjohtavaa, sillä näyttöet otetaan levätuotannon vuotuisvaihtelun eri vaiheissa.



Kuva 43. Perustuotantokyky eräillä havaintopisteillä vv.1982-84.

Erittäin rehevöityneillä alueilla kuten Porvoonjokisuussa levä-
tuotanto on voimakasta koko kesän ajan (kuva 43). Erityisesti
lämpiminä kesinä 1982 -83 perustuotanto oli korkea, vaikka joen
joen virtaama ja kuormitus olivat vähäisemmät kuin sateisena
kesänä 1984. Perustuotannon suuruushan riippuu ravinnemäärien
ohella myös ilmastollisista olosuhteista. Vielä Haikonselälläkin
esiintyy rehevöityneille alueille tyypillisiä keski- ja loppu-
kesän tuotantohuippuja. Svartbäckinselän pohjoisosissa sen si-
jaan olosuhteet vaikuttavat jo melko merellisiltä ja edellä
mainittuihin alueisiin verrattuna karuilta. Mustijoen kuormit-
tava vaikutus ei kesäaikana ilmeisestikään ole suuri.

Svartbäckin- ja Orrenkylänselällä, joskus havaitsemattakin
jäävää perustuotannon kevätmaksimia lukuun ottamatta, perustuo-
tantokyky on koko kasvukauden ajan suhteellisen tasainen.
Koska ravinnepitoisuudet ovat oleellisesti pienemmät kuin Por-
voonjokisuussa, eivät keskikesän edulliset kasvuolosuhteet
lisää perustuotantokykyä. Vuonna 1984 Svartbäckinselän keski-
osissa havaittiin heinäkuun lopulla lievä levätuotannon koho-
aminen. Tämä saattaisi johtua kesän sateisuudesta, jolloin joki-
vesien virtaama ja ravinteiden tuonti olivat tavanomaista suu-
rempia. Toisaalta keskimääräinen perustuotantokyky oli vuonna
1984 koko alueella alhaisempi kuin tavallisesti, joten sateinen
kesä yleensä teki kasvuolosuhteet epäedullisiksi. Neste Oy:n
vuotuinen kokonaiskuormitus oli alhaisempi kuin esim. vuonna
1982.

3.2.2 Levätestit

Neste Oy:n öljynjalostamon ravinnekuormituksen rehevöittäväistä
vaikutuksista on vuosina 1977 -78 tehty laaja erillisselvitys
levätestien avulla (Penttinen 1980). Tutkimuksessa pyrittiin
selvittämään jätevesien potentiaalisia levätuotantoa lisääviä
vaikutuksia. Myöhemmin samantapaisia kokeita on tehty sekä
levillä (perustuotantokykymittaukset) että bakteereilla (Talsi
1983). Näiden kokeiden pääasiallisena tarkoituksena oli kuiten-
kin selvittää Neste Oy:n öljynjalostamon ja kemian tehtaiden

mahdollisia myrkkyyvaikutuksia purkuvesistön leville ja bakteereille (vrt. luku 3.2.3).

Leväkasvatustesteissään Penttinen (1980) totesi ensinnäkin, että meriveden leväkasvatuskyky oli suurin Neste Oy:n öljysataman edustalla sekä merivesitunnelin edustalla eli suurempi kuin esim. Kuggsundetissa (Porvoon-, Emäsalon- ja Haikonselkä eivät kuuluneet tutkimuksen piiriin). Meriveden leväkasvatuskyky vaihteli vuodenaikojen mukaan, ja leväkasvatuskyky korreloi selvästi liukoisen tyypin pitoisuuksien kanssa. Havainto tulee selvästi Penttisen (1980) samassa yhteydessä tekemien minimiravinnekokeiden tuloksia, joiden mukaan tyyppi on pääasiällisin minimiravinne koko tarkastelualueella.

Jätevesitesteissä todettiin, että öljynjalostamon (purku 1) jätevesi lisäsi meriveden leväkasvatuskykyä 10 ja 0,1 %:n pitoisuuksissa, mutta 0,001 %:n pitoisuudella ei enää ollut vaikutuksia. 10-prosenttinen öljynjalostamon jätevesi lisäsi leväbiomassan n. 10 - 20-kertaiseksi. Purkupaikka 2:n (Kartanon-oja) lisäsi testilevän (Chlorella sp.) biomassaa 2 - 15-kertaiseksi, kun jäteveden pitoisuus oli 10 %. Pienemmällä pitoisuuksilla ei enää ollut havaittavia vaikutuksia. Talsin (1983) vastaavissa puhdasviljelmäkokeissa todettiin, että Chlorella sp.-levän yhteyttämiskyky lisääntyi voimakkaasti, kun öljynjalostamon jätevetä lisättiin 20 %:n pitoisuutena. Pienemmällä jätevesipitoisuuksilla (2 % ja 0,2 %) vaikutukset olivat melko vähäiset.

Leväpuhdasviljelmäkokeiden lisäksi Talsi (1983) mittasi öljynjalostamon jätevesien vaikutuksia meriveden luonnolliseen leväpopulaatioon. Öljynjalostamon jätevedet kiihdyttivät levien perustuotantokykyä, kun jätevesipitoisuudet olivat 0,1 - 10 %. Tätä suuremmilla pitoisuuksilla saattoi kuitenkin olla jo luonnonlevästä toimintaa lamaannuttavia vaikutuksia (vrt. luku 3.2.3). Luonnonlevät sietävät öljynjalostamon mahdollisia myrkkyyvaikutuksia heikommin kuin Chlorella sp.-puhdasviljelmä, jonka kasvu ei heikentynyt missään tutkitussa jätevesipitoisuudessa.

Öljynjalostamon jätevesien lisäksi Penttinen (1980) kasvatti leviää myös purku 3:n (merivesitunneli) laimentamattomassa jätevedessä. Levien kasvu merivesitunnelin vedessä oli yleensä samaa suuruusluokkaa kuin merivedessä purkupaikan edustalla; kuitenkin kesäaikana meriveden levänkasvatuskyky oli jonkin verran alhaisempi kuin merivesitunnelin veden. Merivesitunnelin vesi ei ollut leville myrkyllistä, ja sen levänkasvua lisäävät, rehevöittävät vaikutukset olivat vähäiset.

Talsi (1983) käytti testeissään kemian tehtaiden jätevesikoostetta merivesitunnelin laimentuneen veden sijasta (vrt. Penttinen 1980). 0,2 - 2 %:n jätevesipitoisuus kiihdytti Chlorella sp.-levän yhteyttämiskykyä vain lievästi. 20-prosenttisen jäteveden leväkasvua lisäävät vaikutukset olivat selvät, mutta vähäisemmät kuin esim. öljynjalostamon vastaavat. Myrkkyyvaikutuksia ei todettu.

Luonnonveden levästäöllä tekemissään kokeissa (Talsi 1983) totesi, että kemian tehtaiden jätevesillä oli levien perustuotantokykyä kiihdyttäviä vaikutuksia, kun jätevesipitoisuus oli 10 - 20 %. Pienemmillä pitoisuuksilla ei yleensä ollut tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia levien perustuotantokykyyn. Tutkimustulokset vaihtelivat jonkin verran koekertojen mukaan, mikä saattoi johtua leväpopulaatioiden koostumuksen vaihtelusta sekä laimennuksiin käytetyn meriveden ravinnepitoisuuksien eroista.

Kemian tehtaiden koetulokset poikkesivat selvästi öljynjalostamon vastaavista. Päin vastoin kuin öljynjalostamon jätevesillä, kemian tehtaiden jätevesillä ei todettu olevan mitään selviä levätoimintaa lamaannuttavia vaikutuksia. Kaikki jätevedet sisälsivät mm. niin suuria pitoisuuksia vinyylikloridia, että niillä olisi voinut olla levätoimintaa lamaannuttavia vaikutuksia (vrt. luku 3.2.3). Tämän vuoksi epäiltiin, että jätevesien myrkkyyvaikutukset olisivat peittyneet jätevesien ravinnevaikutuksen alle, vaikka tästä ei kuitenkaan saatu vakuuttavia todisteita.

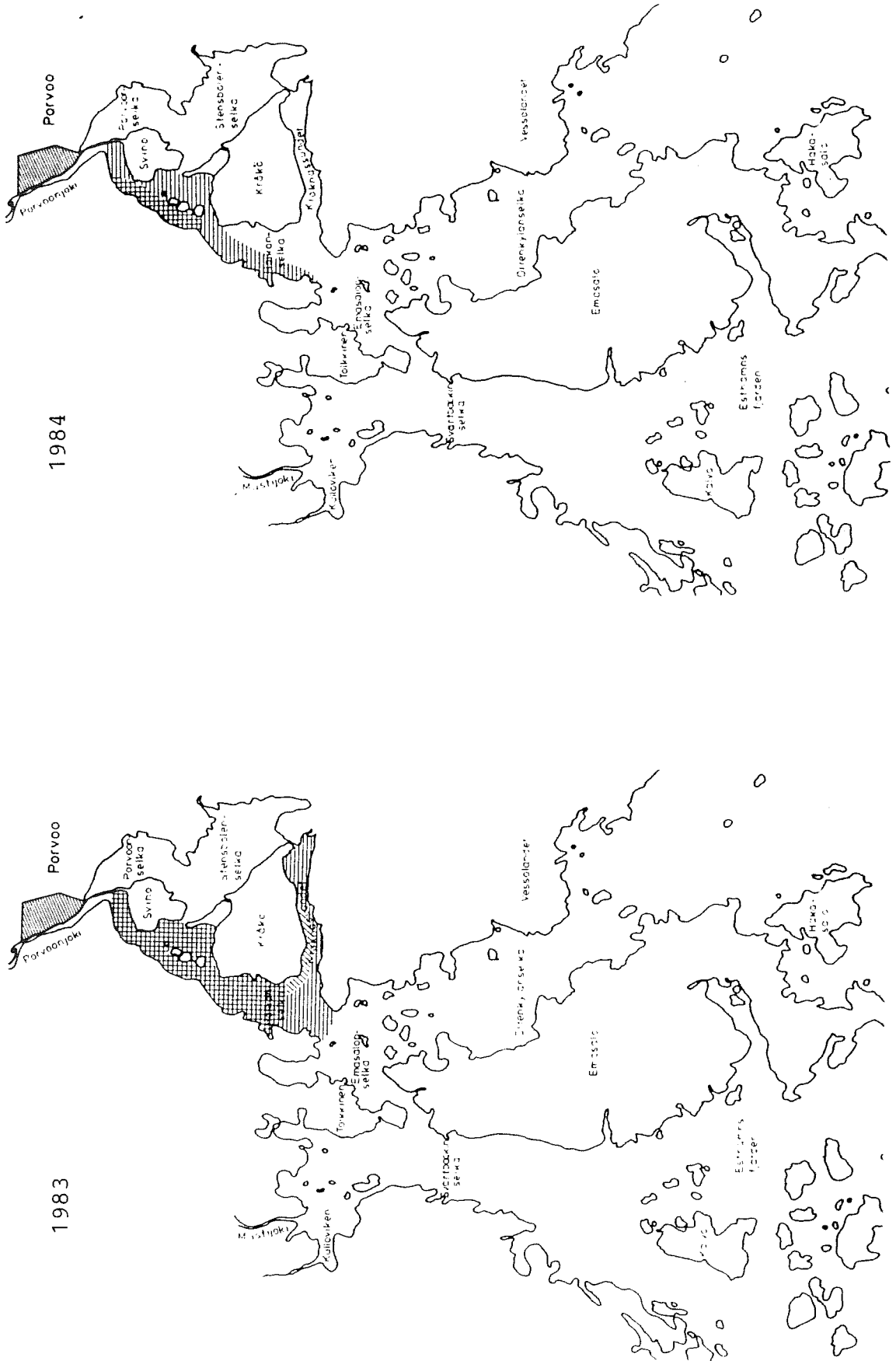
Merivesitunnelista purkautuvien vesien ravinnepitoisuudet ovat alhaiset öljynjalostamon jätevesiin verrattuna. Kemian tehtaiden ravinnepäästöt ovat suhteellisen pienet, mutta ravinteiden kierto jäähdytysvesien mukana alusvedestä pintaveteen saattaisi myös lisätä rehevöitymistä (vrt. s. 92). Kuitenkin merivesitunnelin edustalla levien perustuotantokyky on ollut alhaisempi kuin Svartbäckinselän keskiosissa yleensä, mikä puolestaan tuksi oletusta jätevesien lievähköistä myrkkyyvaikutuksista. Kaiken kaikkiaan, kemian tehtaiden jätevesien ja merivesitunnelin veden myrkyllisiä ja rehevöittäviä vaikutuksia ei ole täysin yksiselitteisesti kyetty selvittämään.

3.2.3 Hygienian indikaattoribakteerit

Lääkintöhallituksen luokitusohjeiden mukaan arvioituna Porvoon edustan merialue on lähes kokonaisuudessaan uimavedeksi kelpavaa (kuvat 44-45). Porvoonjoen suualue ja osittain myös Haikonselelän on luokiteltu välttäväksi tai huonoksi, ja täällä veden hygieeninen tilanne ei ole juurikaan muuttunut viimeisen kymmenen vuoden aikana. Neste Oy:n teollisuuslaitoksilla ei ole merkittäviä vaikutuksia merialueen hygieeniseen tilaan; öljynjalostamon sataman edustalla on vain satunnaisesti mitattu suuria fekaalisten streptokokkien määriä, jotka ovat todennäköisimmin olleet peräisin teollisuusalueen saniteettijätevesistä.

3.2.4 Erityisselvitykset: jäämäaineet ja kertyminen myrkyllisyys ja mutageenisuus

Neste Oy:n öljynjalostamon ja kemian tehtaiden jätevesien haittavaikutuksia kaloihin on yksityiskohtaisemmin tutkittu vuonna 1982, jolloin Nikunen (1983, 1984) selvitti sumputuskokein lähinnä kemian tehtaiden jätevesien vaikutuksia kirjolohiin. Samalla tutkittiin myös alueelta pyydettyjen kalojen mahdollisia jäämäainepitoisuuksia sekä jätevesien, kalan maksojen ja purkualueen sedimenttien mahdollisia mutageenisia ominaisuuksia.



Kuva 45. Uimaveden laatu v. 1983 ja v. 1984.

Jäämäainetutkimuksia on tehty aikaisemmin myös vesihallituksessa (Verta ym. 1979) sekä Helsingin yliopistossa (Persson ym. 1978). Myös Paasivirran ym. (1985) tutkimuksissa pyrittiin selvittämään tunnettujen ja tuntemattomien hiilivetyjen ja kloorattujen hiilivetyjen ja fenolien esiintymistä merialueen kaloissa.

Vuoden 1982 tutkimuksissa selvitettiin kalojen lisäksi jätevesien myrkkyyvaikutuksia myös muihin vesieliöihin kuten vesikirppuihin (Nikunen 1983, 1984) sekä leviin ja bakteereihin (Talsi 1983).

Vesihallituksen (Verta ym. 1979) vuonna 1977 Kymijoen ja Pirkkalan Pyhäjärven alueella sekä Sköldvikin edustalla suorittamissa tutkimuksissa haukien maksasta löytyi pienehköjä määriä kloorattuja fenoleita ja ftalaatteja (taulukko 28). Sköldvikin alueen haukien trikloorifenolipitoisuudet olivat pienempiä kuin Kymijoessa. Tetra- ja pentakloorifenolipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa molemmilla alueilla. Kloorattujen fenolien huomattavimpia päästölähteitä ovat selluteollisuus, pestisidien käyttö ja raaka- ja jätevesien klooraus, joten Sköldvikin alueen haukien kloorattujen fenolien ei voi olettaa olevan peräisin yksinomaan Neste Oy:n tuotantolaitosten jätevesistä.

Taulukko 28. Sköldvikin ja eräiden muiden alueiden haukien kloorattujen fenolien ja ftalaattien pitoisuuksia (Verta ym. 1979).

Alue	n	Pitoisuus tuoreessa kalassa $\mu\text{g}/\text{kg}$				
		Tri CP	TPC	PCP	DBP ¹	DOP
Sköldvik	5	2,5 n.d.-4,3	10 6,3-14	9,9 5,1-15	<100-300	n.d.-700 ²
Pyhäjärvi, Tampere-Nokia	5	2,5 0,9-4,1	7,1 4,6-9,6	8,4 6,6-10	100-300	n.d.-200 ²
Kymijoki, Huruksela	4	9,7 7,6-11	10 8,4-12	9,4 8,8-11	100-200	200-800 ³
Kymijoki, Tammijärvi	7	8,7 5,6-14	8,3 6,5-9,7	9,6 7,8-12	100-400	300-1700 ³

¹) Dibutyyliftalaatti

Ftaalihappoestereiden pitoisuudet olivat analyysimenetelmien herkkyyden alarajoilla. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että Sköldvikin edustan haukien DOP-pitoisuudet olivat jonkin verran pienemmät kuin Kymi-joella. Verran ym. (1979) mukaan haukien lihaksien DOP-pitoisuudet viittasivat kuitenkin siihen, että yhdistettä joutui vesistöön huomattavia määriä. Näiden tutkimusten jälkeen jätevesien ja merialueen DOP-pitoisuuksien tarkkailua lisättiin. Meriveden pitoisuudet eivät ole korkeita, mutta jätevesissä niitä on esiintynyt jonkin verran.

Vesihallituksen v. 1977 tekemissä tutkimuksissa kalojen DOP-pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin vuonna 1976 Perssonin ym. (1978) merivesitunnelin lähialueen kaloissa havaitsemat ftalaattipitoisuudet. Nikuvikeniistä pyydetyn hauen maksasta löytyi 2300 µg/kg DOP:a. Hauen, ahvenen, särjen ja lahnan lihaksissa pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,0 - 1100 µg/kg tuorepainoa kohti. Perssonin ym. (1978) mukaan tulokset osoittivat Nikuvikeniin olevan selvästi DOP-päästöjen kuormittama, ja suurimmaksi päästölähteeksi epäiltiin silloisen Kymi-Kymmene Oy:n kaatopaikkaa.

Nikunen (1983, 1984) tutki vuonna 1982 merivesitunnelin edustalla ja vertailualueena käytetyllä Orrenkylänselällä sumputettujen kalojen kudoksien jäämäainepitoisuuksia (taulukko 29). Ftalaattimääritykset eivät onnistuneet korkeiden taustapitoisuuksien vuoksi. Vinyylikloridia ja trikloorifenolia ei löytenyt analyysitarkkuutta ylittäviä pitoisuuksia. Kalojen maksan ja sapen tetra- ja pentakloorifenolipitoisuudet olivat merivesitunnelin edustalla n. 40 % korkeammat kuin Orrenkylänselällä sumputetuissa kaloissa. Vesinäytteissä ei vastaavia eroja kuitenkaan ollut. Nikunen (1983) epäili, että sumputuspaikkojen vedessä saattaisi ajoittain olla huomattavasti suurempia kloorattujen fenolien pitoisuuksia kuin tutkittujen vesianalyysien perusteella voitiin olettaa. Toisaalta osa klooratuista fenoleista saattoi olla peräisin jo kalanviljelylaitoksilla tapahtuneesta kontaminaatiosta. Koska kaloja oli ruokittu keinorehulla, eivät kudosten kloorattujen fenolien pitoisuudet

kerro mitään luonnollisen ravintoketjun kautta tapahtuneesta bioakkumalaatiosta.

Taulukko 29. Kalojen kudoksista ja vesinäytteistä määritetyt klooratut fenolit (mg/kg tuorepainoa kohti).

Näyte	Trikloori-fenolit mg/kg	Tetrakloori-fenolit mg/kg	Pentakloori-fenolit mg/kg
maksa, purku	< 0,01	0,47	0,96
maksa, vertailu	< 0,01	0,30	0,61
sappi, purku	< 0,01	0,08	0,12
sappi, vertailu	< 0,01	0,06	0,10
plasma, purku	< 0,01	< 0,01	< 0,01
plasma, vertailu	< 0,01	< 0,01	< 0,01
vesi, purku	< 0,00001	0,00004	0,00007
vesi, vertailu	< 0,00001	0,00003	0,00007

Luonnosta pyydettyjen kalojen kudoksista ei kloorattuja fenoleita löydetty (taulukko 30). Haloformimäärityksissä löytyi eniten dikloorimetaania, jota löydettiin myös vertailualueena läytetyn Sipoon Kaunissaaren merialueelta pyydetystä meritaimenesta. Samoin tetrakloorietaania löytyi sekä Sköldvikin että vertailualueen kaloista. Muiden haloformien pitoisuudet olivat vähäisiä. Kloroformia ei kalanäytteistä löydetty, vaikka jätevesissä niitä oli havaittu. Tämän epäiltiin johtuvan kyseisen yhdisteen nopeasta metaboloitumisesta maksassa.

Taulukko 30. Maksa- ja sappinäytteiden haloformipitoisuudet (mg/kg tuorepainoa kohti).

Näyte	CH ₂ Cl ₂	CHCl ₃	CCl ₄	C ₂ Cl ₄
maksat:				
hauki, Sköldvik	-	-	-	2,4
kuha, "	34	-	-	1,5
särki, "	-	-	-	2,2
turska, "	520	-	6,4	6,1
meritaimen, vert.	115	-	-	3,0
meritaimen, "	-	-	1,2	1,7
sapet:				
turska, Sköldvik	-	-	-	2,0
kuha, "	-	-	-	5,2
meritaimen, vert.	-	-	-	1,0
meritaimen, "	-	-	-	1,1

Nikusen (1984) mukaan tutkimuksia haittasi eniten analyysimenetelmien puutteellisuus sekä se, ettei riittävän hyvin tiedetä, mitkä jätevesien sisältämät yhdisteet olisivat vesiekosysteemille aiheutuvien haittojen kannalta keskeisimpiä. Tätä perustietojen puutetta pyrittiin myöhemmin korjaamaan mm. Forsiuksen (1984) kirjallisuusselvityksen avulla ja Paasivirran ym. (1985) vuoden 1984 aikana suorittamalla jäämäainetutkimuksilla.

Paasivirran ym. (1985) tutkimuksissa Sköldvikin alueelta pyydetyistä hauista löytyi eräitä poolittomia neutraaliaineita (oktadekaani, eikosaani ja dokosaani) sekä etikkahappoa ja dioktyylyftalaattia, joita oli esiintynyt myös alueen vesissä. Näiden lisäksi hauen lihasnäytteistä tunnistettiin dibutylylyftalaattia ja heksadekanaalia, joita vesinäytteistä ei voitu osoittaa. Vertailualueella (Pernajan Kabbölenselkä) pyydetyistä kaloista em. yhdisteitä ei löytynyt. Paasivirta ym. (1985) pitivät huolestuttavimpina yhdisteinä juuriftalaatteja, jotka ovat tunnetusti ravintoketjussa rikastuvia ja haitallisiksi epäiltyjä ympäristömyrkköjä. Ftalaattien epäiltiin olevan peräisin kemian tehtailta. Niitä oli löytynyt sedimenteistä ja vuonna 1983 suoritetussa esitutkimuksessa. Heksadekanaali- ja etikkahappo sen sijaan olivat todennäköisimmin kalojen aineenvaihduntatuotteita eivätkä ainakaan suoranaudessa yhteydessä teollisuuslaitosten päästöihin.

Sköldvikin ja vertailualueen kaloista löytyi myös haihtuvia halogeenihiilivetyjä (taulukko 31). Sen sijaan kloorifenoleita löytyi lähinnä vain vesi- ja sedimenttinäytteistä. 1,2-dikloorietaania löytyi hauen maksasta ja sapesta, mutta lihaksesta ei. Paasivirran mukaan tämä osoittaa, että 1,2-dikloorietaanilla ei olisi varsinaisen ympäristömyrkyä ominaisuuksia.

Hiilitetrakloridi, tetrakloorietyleeni ja trikloorietyleeni ovat yhdisteitä, joita joutuu vesistöihin mm. selluteollisuuden valkaisu-jätevesistä, ja ne ovat kaikki osoittaneet taipumusta kertyä kaloihin. Kaiken kaikkiaan Paasivirta ym. (1985)

toteavat analyysitulosten kuitenkin osoittavan, että useimmat Sköldvikin alueen jätevesien halohiilivedyt eivät kerry pysyvästi kaloihin. Kloroformi, jota esiintyi vain Sköldvikin alueen kaloissa, oli todennäköisimmin peräisin kemian tehtailta. Se saattoi olla alkuperäistä jätevesipäästöä (vrt. Nikunen 1984) tai mahdollisesti se oli hauen elimistössä metaboloitunut kloroformiksi muista elimistöön joutuneista kloorautuneista hiilivedyistä.

Taulukko 31. Kalanäytteiden halogeenihiilivetytypitoisuuksia ($\mu\text{g/g}$) Sköldvikin alueella ja Pernajan Kabbölen-selällä (Paasivirta ym. 1985).

Alue	kala	kudos	Näyte- määrä	CCl_4	CH_3Cl	C_2Cl_4	C_2HCl_3	1,2-DCE
Sköldvik	hauki	selkälihas	9	-	-	4,4,3	4	-
Kabbölenselkä	"	"	9	-	-	-	-	-
Sköldvik	"	maksa	8	-	-	2,2	-	40
Kabbölenselkä	"	"	4	3	-	4,2	-	-
Sköldvik	"	sappi	8	-	9,22,12,8	-	-	203
Kabbölenselkä	"	"	4	10,32,4	-	-	-	-
Sköldvik	särki	selkälihas	10	134	22,25	-	-	-
Kabbölenselkä	"	"	10	-	30	-	-	-

Nikunen (kirjall. tiedonanto) on vesihallituksessa tehtävän kirjallisuuskatsauksen perusteella arvioinut Paasivirran ym. (1985) tutkimustuloksia, ja koonnut analysoitujen hiilivetyjen myrkyllisyyttä osoittavia LC_{50} -arvoja (taulukko 32). Kemian tehtaiden jäteveden suuruusluokan arvioimiseksi Nikunen laski myös eri aineiden TU-arvot ja niiden yhteissumman, olettaen myrkyllisyyden olevan suoraan additiivinen. Jäteveden turvakerron on em. yhteissumman ja puolet koekaloista tappavan LC_{50} -arvon suhteen käänteisluku.

Jäteveden turvakertoimet vaihtelevat välillä 220 - 490, joten jätevedet eivät mitä todennäköisimmin ole purkuvesistössä kaloille myrkyllisiä. Pitkäaikaisvaikutuksia kemian tehtaiden jätevesillä kuitenkin saattaisi olla; EIFAC on esittänyt vesieliöille riittäväksi turvakertoimeksi akuutin ja pitkäaikais-

myrkyllisyyden välille arvon 10 000. Merivesitunnelissa kemian tehtaiden jätevedet kuitenkin laimenevat niin, että tämäkin raja-arvo ylitetään 8 - 18-kertaisesti. Nikunen toteaaikin lopuksi, että Jyväskylän yliopiston tekemien analyysien perusteella tehtyjen laskelmien mukaan muovitehtaan jätevesillä ei olisi ainakaan kyseisenä näytteenottoajankohtana ollut haitallisia vaikutuksia purkupaikan vesieliöstölle.

Taulukko 32. Muovitehtaan jätevesistä analysoituja kloorihiilivetyjen toksikologisia tietoja sekä yhdisteiden TU-arvot¹⁾ eri näytteenottokerroilla (Paasivirta ym. 1985, käsitellyt Nikunen).

	koeorganismi	LC ₅₀	TU			\bar{X}
			3.12.84	10.12.84	17.12.84 (keskiarvo)	
CCl ₄ (hiilitetrakloridi)	miljoonakala (<u>Pseudomonas putida</u>)	67 mg/l 30 "	80	121	182	101
CH ₃ Cl (kloroformi)	miljoonakala <u>Ps. putida</u>	102 mg/l 125 "	92	123	228	148
C ₂ H ₂ Cl ₄ (1,1, 1,2-tetra- kloorietaani)	-	? ei karsino- geeninen	-	-	-	-
C ₂ Cl ₄ (tetrakloorietyleeni)	miljoonakala	18,4 mg/l	350	450	717	505
C ₂ H ₃ Cl ₃ (1, 1,2-trikloori- etaani)	miljoonakala	94 mg/l	280	360	716	452
C ₂ HCl ₃ (trikloorietyleeni)	mutu	40,7 mg/l	326	525	702	518
C ₂ H ₄ Cl ₂ (1,2-dikloorietaani)	miljoonakala	106 mutageeninen karsinogeeninen	942	793	1850	1195
C ₂ H ₂ Cl ₄ (1,1, 2,2-tetrakloori- etaani)	miljoonakala	37 mg/l	68	98	200	102
TU			2058	2470	4595	3021
Jäteveden turvakerroin			490	405	220	330
Turvakerroin merivesitunnelin jälkeen			180 000	150 000	81 000	120 000

$$1) \text{ TU-toksisuusyksikkö} = \frac{1000}{\text{LC}_{50} \text{ (mg/l)}} \times C \text{ (}\mu\text{g/l)}$$

C = yhdisteen pitoisuus jätevedessä

Vuoden 1982 laajahkossa myrkyllisyystutkimuksessa selvitettiin Neste Oy:n öljynjalostamon ja kemian tehtaiden vaikutuksia purkualueen bakteereihin ja levästöön sekä Chlorella sp.-viherlevän puhdasviljelmään (Talsi 1983) sekä kirjolohia sumputtamalla erityisesti kemian teollisuuslaitosten vaikutuksia kalojen kuntoon ja aineenvaihduntaan (Nikunen 1984). Lisäksi tutkittiin muovitehtaan sekä kemian tehtaan ja polystyreenitehtaan jätevesien myrkyllisyyttä Daphnia magna-vesikirpuilla. Tässä yhteydessä testattiin myös öljynjalostamon puhdistettu jätevesi sekä Kartanonojan (purku 2) vesien vaikutukset (Nikunen 1983, 1984).

Kemian tehtaiden yhdistetty jätevesi, joka oli sekoitettu vastaamaan niiden eri laitosten jätevesien kokonaismäärien suhteita, ei osoittautunut akuutisti myrkylliseksi luonnonvesien levästölle tai bakteeristolle. Päinvastoin jätevesillä oli levätoimintaa kiihdyttäviä vaikutuksia, jotka kävivät selvimmän ilmi pidempiaikaisissa puhdasviljelmäkokeissa Chlorella sp.-puhdasviljelmällä. Koska jätevedet laimenevat voimakkaasti merivesitunnelissa, ei voida varmasti olettaa, että kemian tehtaiden jätevesillä olisi purkualueen levä- tai bakteeritoimintaa inhiboivia vaikutuksia.

Puhdasainekokeita tehtiin vinyylikloridilla, 1,2-dikloorietaanilla, styreenillä ja maleiinihapolla. 1,2-dikloorietaanilla ei todettu olevan myrkyvaikutuksia bakteereille ja leville, kun pitoisuudet olivat 1 - 20 mg/l. 1,2-DCE:n myrkyvaikutukset on levä- ja bakteerikokeissa yleensäkin todettu vähäisiksi (vrt. Bringmann ja Kühn 1980). Laimentamattomien muovitehtaan jätevesien kloorattujen hiilivetyjen pitoisuudet ovat ajoittain tätä suuruusluokkaa, mutta jo merivesitunnelissa ne laimenevat n. 500-kertaisesti. Maleiinihapon vaikutukset leviin ilmenivät pitoisuuksissa 10 - 50 mg/l. Bakteerit olivat leviäkin sietokykyisempiä. Styreeni alensi levien yhteyttämisenopeutta pitoisuuksissa 5 - 20 mg/l. Sen vaikutukset olivat puolestaan hieman voimakkaammat bakteereihin kuin leviin. Kuitenkin kaikki edellä mainitut pitoisuudet ovat niin suuria, että niitä ei

esiinny meriveteen purkautuvissa merivesitunnelin vesissä. Akuutteja haittavaikutuksia vesiekosysteemin perustasolla eli bakteereissa ja levissä, ei näistä yhdisteistä purkualueella oletettavasti aiheudu.

Vinyylikloridi oli tutkituista yhdisteistä ehdottomasti myrkyllisin. Yhdisteen EC₅₀-arvo oli levillä n. 1,3 - 3,5 mg/l ja bakteereilla n. 0,65 - 2,3 mg/l. Tällaisia pitoisuuksia on todettu kemian tehtaiden jätevesissä. Vinyylikloridi on kuitenkin hyvin helposti haihtuva yhdiste ja laimenee merivesitunnelissa niin alhaiselle pitoisuustasolle, että vesistöstä vinyylikloridia ei yleensä ole kyetty osoittamaan analyysitarkkuuden (0,05 mg/l) ylittäviä pitoisuuksia. Tämän vuoksi muuten hyvin haitallisena, karsinogeenisena pidetyn yhdisteen haittavaikutukset vesistöissä jäävät vähäisiksi.

Öljynjalostamon puhdistetut jätevedet (purku 1) osoittautuivat levätoimintaa inhiboiviksi pitoisuuksissa 1 - 20 %. Tätä pienemmissä pitoisuuksissa jätevesillä oli levätoimintaa kiihdyttäviä vaikutuksia. Bakteeritoimintaa jätevedet eivät lamaannuttaneet, vaan bakteerien aktiivisuus päinvastoin lisääntyi suurimmissa (10 - 20 %) tutkituissa pitoisuuksissa. Puhdasviljelmäkokeissa öljynjalostamon jätevedet kiihdyttivät Chlorella sp.-viherlevän kasvua, joten jo aiemminkin todetut jätevesien ravinnevaikutukset tulivat näissä pitkäkertoisemmissa kokeissa selvästi ilmi. Öljynjalostamon jätevesillä on siis ilmeisesti sekä levätoimintaa kiihdyttäviä ravinnevaikutuksia että suuremmissa pitoisuuksissa myös myrkkyyvaikutuksia.

Fenolilla tehdyt puhdasainekokeet antoivat aiheen olettaa, että fenoli ei olisi jätevesien myrkkyyvaikutusten aiheuttaja. Puhdasarvokokeissa luonnonvesien levätoiminta lamaantui fenolipitoisuuksien ollessa 5 - 50 mg/l. Bakteeritoimintaan ei näillä pitoisuuksilla ollut merkittäviä vaikutuksia. Öljynjalostamon fenolipitoisuudet ovat kuitenkin alle 1 mg/l, joten fenoli ei selitä jätevesien myrkkyyvaikutuksia leville. Jätevedet sisältävät ainakin ajoittain sellaisia raskasmetallipitoisuuksia,

joilla saattaisi olla levien toimintaa inhiboivia vaikutuksia. Öljyn levämyrkylliset vaikutukset saattavat ilmetä jo pitoisuuksissa alle 1 mg/l (Gordon ja Prouse 1973), joten myös tavanomaista korkeammat öljypitoisuudet saattaisivat aiheuttaa levätoiminnan inhiboitumista.

Öljynjalostamon jätevesien purkualueella ei kuitenkaan ole todettu tavanomaista alhaisempia perustuotantoarvoja. On ilmeistä, että jätevedet laimenevat purkuvesistössä niin nopeasti, että satunnaisesti korkeatkaan haitta-ainepäästöt (öljyt, raskasmetallit, mahdollisesti fenolit) eivät aiheuta luonnonvesien leville haitallisia myrkkyyvaikutuksia muualla kuin hyvin suppealla alueella satama-altaassa. Varsinaisella merialueella jäteveden myrkkyyvaikutukset peittyvät nopeasti jätevesien levätoimintaa kiihdyttävien ravinnevaikutusten alle.

Nikusen (1984) suorittamat vesikirpputestit tukivat käsityksiä siitä, että kemian tehtaiden jätevesillä ei ole voimakkaita akuutteja myrkkyyvaikutuksia vesieliöstölle. 5 - 30 %:n jätevesipitoisuus vaikutti kyllä vesikirppujen lisääntymiseen, mutta vertailunäytteistä poikkeavaa kuolevuutta ei havaittu, joten jätevesien LC₅₀-arvoja ei voitu määrittää. Lisääntymisvaikutusten EC₅₀-arvo sijoittui 2 - 5-prosentin välille. Nikunen (1984) totesi, että jätevedet sisältävät vesikirppujen lisääntymistoimintoihin vaikuttavia yhdisteitä, mutta nämä laimenevat merivesitunnelissa niin alhaiselle tasolle, ettei niillä ole vaikutuksia ainakaan Daphnia magna-vesikirppujen menestymiseen purkuvesistössä.

Kalatesteissä Nikunen (1984) tutki merivesitunnelin edustalla ja Orrenkylänselällä sumputettujen kalojen entsyymitoimintaa ja vierasaineenvaihduntaa. Kaloista tutkittiin kaiken kaikkiaan 25 erilaista fysiologista parametria, jotka kuvastavat kalojen yleiskuntoa, hapenkuljetuskykyä, stressiä, vierasaineenvaihduntaa, kudonvaurioita, hermostollisia häiriöitä ja detoksikaatioentsyymien toimintaa. Kemian tehtaiden jätevesien fysiologiset vaikutukset merivesitunnelin edustalla sumputettuihin kaloihin

osoittautuivat vähäisiksi. Ainoat selvät muutokset tapahtuivat kalojen maksoissa, joissa kahden vierasaineita muokkaavan entsyymin aktiivisuudet olivat kohonneet. Tämä viittaisi siihen, että joitakin haitallisia aineita on mukana merivesitunnelista purkautuvissa vesissä, mutta niiden laatu on näissä tutkimuksissa jäänyt tuntemattomaksi. Vilkastunut detoksikaatiometabolia liittyy usein lisääntymistoimintojen häiriintymiseen, ja tässä suhteessa kalatutkimuksen tulokset sopivat hyvin yhteen vesikirpputestien tulosten kanssa. Purkualueella sumputettujen kalojen maksoista löytyi keskimääräistä enemmän tetra- ja pentakloorifenolia kuin vertailualueella sumputetuista kaloista.

Tutkimusten yhteydessä selvitettiin VTT:n laboratoriossa Amesin mutageenisuustestin avulla jätevesien, purkupaikalta pyydettyjen kalojen maksojen sekä merivesitunnelin suun ja öljynjalostamon purkupaikan pohjasedimenttien mutageenisuutta. Mikään tutkituista näytteistä ei aiheuttanut revertanttipesäkkeiden määrässä tilastollisesti merkitseviä muutoksia eli testien mukaan näytteet eivät tutkituissa pitoisuuksissa sisältäneet mutageenisia tekijöitä. (Positiivisenä vertailunäytteenä käytetty PAH-yhdiste 2-aminoantrasiini sen sijaan aiheutti revertanttien lukumäärässä voimakkaan lisäyksen.)

3.2.5 Kalasto (koonnut M. Ruoppa)

Porvoon edustan kalataloudellisesta tilasta on tehty selvityksiä seuraavasti:

- Lausunto Porvoon edustan merialueen limnologisesta ja kalataloudellisesta tilasta. Oy Vesi-Hydro Ab, 1972.
- Porvoon tuotantolaitosten jätevesien vaikutusalueen kalataloudellinen tarkkailu. Oy Vesi-Hydro Ab, 1978.
- Porvoon edustan merialueen kalatalousselvitys. Kala- ja vesitutkimus Oy, 1981.
- Svartbäckinselän ammattikalastus ja jätevesien vaikutukset vuosina 1978 - 1983. Kala- ja vesitutkimus Oy, 1983.
- Selvitys ruoppaus- ja läjitystyön vaikutuksesta Svartbäckinselän kalastoon ja kalastukseen. Kala- ja vesitutkimus Oy, 1984.
- Kalatalousselvitys Porvoon kaupungin ja maalaiskunnan kunnallisten jätevesien vaikutusalueelta. Kala- ja vesitutkimus Oy, 1985.

Näiden lisäksi oli käytettävissä seuraavat lausunnot ja julkaisut:

- Kalataloudellinen lausunto Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitoksen jätevesien laskulupaa koskevassa katselmuksessa. Esko Vääriskoski, 1982.
- Täydentävä lausunto Neste Oy:n Sköldvikin öljynjalostamon kalataloudellisista vaikutuksista. Esko Vääriskoski, 1983.
- Sköldvikin alueen teollisuuslaitosten jätevesien kalafysiologiset vaikutukset. Esa Nikunen, 1983.

- Haitalliset aineet Sköldvikin meriympäristössä. Yhteenveto 1984 tuloksista. Jaakko Pakkasvirta, Raija Paukku, Keijo Mäntykoski ja Leena Villa, 1985.

Vuosia 1972 ja 1978 koskevat selvitykset on tehty suuntaa-antavien koekalastustulosten sekä kalastustiedustelujen avulla. Vuotta 1981 koskeva tiedustelu on sen sijaan varsin laaja ja kattava.

Vuoden 1971 selvityksen mukaan Porvoon edustan merialueella oli 44 ammattikalastusta sekä 2 466 kotitarve- ja virkistyskalastusta harjoitettavaa ruokakuntaa. Ammattikalastus kohdistui pääasiassa silakan ja kilohailin pyyntiin. Vuonna 1970 ammattikalastajien saalis oli 631 000 kg, josta silakan ja kilohailin osuus oli yli 90 %. Kotitarve- ja virkistyskalastuksen saalis oli vuonna 1970 85 000 kg, josta eniten ahventa, särkeä, haukea, lahnaa ja kuhaa. Kalastusta haittaavina tekijöinä todettiin asutustaajamien ja teollisuuslaitosten jätevedet, erilaiset öljyvahingot sekä laivaliikenne. Lisäksi todettiin, että tutkimusalueella lahnan ja kuhan kasvu on keskimääräistä selvästi parempi.

Vuoden 1978 tutkimus perustui pääosin suppeaan kalastustiedusteluun, joka käsitti 7 ammattikalastajaa ja 7 kotitarve- ja virkistyskalastajaa. Vuonna 1978 ammattikalastajien yhteissaalis oli 330 000 kg, josta 97,8 % silakkaa. Kotitarve ja virkistyskalastus oli lähes kokonaan suomukalan pyyntiä ollen noin 304 kg. Silakkakannassa ei todettu minkäänlaista kehityssuuntaa, vaan sen esiintyminen Svartbäckinselällä on riippuvainen luonnonoloista. Turskakannan todettiin voimakkaasti lisääntyneen. Hauki- ja ahvenkanta sen sijaan oli vähentynyt. Kaloissa ei yleensä esiintynyt sivumakua, mutta jäidenlähdön jälkeen saattaa haussa olla öljyn sivumakua.

Vuoden 1981 kalatalousselvitys oli erittäin kattava sisältäen koekalastukset, poikasnuottaukset, kalastustiedustelun, jäämätutkimuksia sekä makuhaittaselvityksen. Koekalastuksen perusteella ei ollut osoitettavissa muutoksia kalakannoissa, koska

aikaisemmin ei ole tehty vastaavaa vertailukelpoista verkko-sarjakalastusta. Poikastihyden todettiin Svartbäckinselällä olevan samaa suuruusluokkaa kuin Loviisan Valkossa. Kalastustiedustelun tulokset on esitetty taulukoissa 33 ja 34.

Taulukko 33. Porvoon edustan ammattikalastajien saalis v. 1980 (Niinimäki 1981).

Kalalaji	Pääammatti- kalastus	Sivuammatti- kalastus	Yhteensä
Silakka	634 809 kg	20 300 kg	655 109 kg
Kilohaili	60 "	-	60 "
Hauki	290 "	315 "	605 "
Kuha	10 264 "	250 "	10 514 "
Made	473 "	20 "	493 "
Ahven	110 "	15 "	125 "
Särki	814 "	-	814 "
Lahna	1 280 "	3 800 "	5 080 "
Ankerias	5 "	-	5 "
Taimen, lohi	691 "	220 "	911 "
Siika	70 "	-	70 "
Turska	17 995 "	1 000 "	18 995 "
Muut	20 "	-	20 "
Yhteensä	666 881 kg	25 920 kg	692 801 kg

Taulukko 34. Porvoon edustan ammattikalastajien silakka- ja suomukalasaalis ruokakuntaa kohti vuosina 1977 ja 1980 (Niinimäki 1981).

	Porvoonjokisuu, Haikon- ja Stensbölenselkä	Emäsalonselkä	Svartbäckinselkä	Orrenkylänselkä
Silakka ja v. 1977			46 114 kg	
kilohaili v. 1980	100 kg	100 kg	62 500 "	57 028 kg
Suomukala v. 1977			1 059 kg	
v. 1980	1 170 kg	1 460 kg	3 860 "	2 032 kg
Kokonais- v. 1977			47 177 kg	
saalis v. 1980	1 270 kg	1 560 kg	66 360 "	59 060 kg

Koko alueen ammattikalastajien ruokakunta-kohtainen silakka- ja kilohailisaalis oli v. 1971 9 087 kg ja v. 1980 40 948 kg. Suomukalasaalis oli v. 1971 468 ja v. 1980 2 352 kg/ruokakunta. Kokonaissaalis oli v. 1971 9 555 kg ja v. 1980 43 300 kg/ruokakunta.

Ammattikalastajien saalis koko tutkimusalueella on vuoteen 1971 verrattuna noin kolminkertaistunut. Tämä kuvastaa paitsi pyyntitehon paranemista myös selvää kalaveden tuoton paranemista ilmeisesti kuormituksen alenemisen johdosta. Oy Tampella Ab:n Tolkkisten tehtaat lopettivat kuormittavan toimintansa 1970-luvun puolivälissä. Pahimmilla haitta-alueilla esiintyy edelleen ajoittain makuvirheitä, jotka eivät kuitenkaan ole enää yleisiä. Lieviä öljymäisiä tai lääkemäisiä sivumakuja todettiin muutamissa Haikonselän ja Svartbäckinselän kaloissa. Kaikkien näytekalojen (38 kpl) selkälihaksesta määritetyt DOP-pitoisuudet olivat alle määritysrajan tai aivan sen tuntumassa.

Kalataloudellisen haitta-asteen todetaan alentuneen kaikilla muilla tutkimusalueen osilla paitsi aivan Porvoonjokisuulla.

Vääriskosken (1982) mukaan kalataloudelliset haitat aiheutuvat jätevesikuormituksesta, jokien kuormituksesta, sedimentistä vapautuvien aineiden aiheuttamasta likaantumisesta (Kodderviken-Emäsalonseläkä) ja niistä rajoituksista, joita vesiliikenne, lauttaus ja satamatoiminnot aiheuttavat.

Taulukko 35. Svartbäckinselän ammattikalastus (Vääriskoski 1982).

Vuosi	1971	1977	1980	1981
Kalastajaruokakuntia	(7)	7	5	5
Pyydykset (kpl)				
trooleja		2	1	
silakkarysiä	18	19	17	18
silakkaverkkoja		5		
harvat verkot		219	122	120
Saaliit (kg)				
silakka		322 800	312 504	275 378
lohi, taimen		250	167	98
siika		40	10	
hauki		200	100	
lahna		10		1 000
turska		10	11 485	5 220
mäde		100	450	11
kuha		4 800	6 740	1 370
ahven		2 000	100	
särki			250	
Yhteensä		330 210	331 806	283 057
Saalis kg/ruokakunta		47 173	66 361	56 611
Silakkasaalis kg/rysä		16 989	18 383	15 299
Ammattikalastuksen saalis kg/ha		148,4	149,2	127,2
- silakka		145,1	140,5	123,7
- suomukala		3,3	8,7	3,5

Kalastossa haitat näkyvät laadullisena huononemisenä (vrt. taulukko 36). Pahimmilla haitta-alueilla esiintyy ajoittain makuvirheitä, jotka eivät kuitenkaan enää ole yleisiä. Kun jätevesivaikutukset ovat heikentyneet, tulee muiden tekijöiden kuten vesiliikenteen vaikutus selvemmin näkyviin.

Taulukko 36. Tutkimusalueen eri osa-alueiden haitta-asteet ja haitta-asteen muutokset vuoteen 1972 verrattuna (Niinimäki 1981).

Alue	Haitta-aste (%)	Muutos (haitta-aste, %)
1. Porvoon-Stensbö lenselkä	50	Hieman parantunut (40)
2. Porvoo-Hamari	60	Haitta ennallaan (60)
3. Haikonselkä	50	Selvästi parantunut (30)
4. Kodderviken	70	Hieman parantunut (50)
5. Emäsalonselkä	40	Hieman parantunut (30)
6. Pohjoisosa, Orrenkylänselkä	20	Selvästi parantunut (10)
6. Eteläosa, Orrenkylänselkä	10	Lähes poistunut (5)
7. Svartbäckinlahti	50	Selvästi parantunut (30)
8. Pohjoisosa, Svartbäckinselkä	30	Selvästi parantunut (15)
8. Eteläosa, Svartbäckinselkä	20	Selvästi parantunut (10)
9.- 13. ed. eteläp. alueet	10-5	Ei osoitettavissa (-)

Kalataloudellinen yleistilanne on kymmenessä vuodessa selvästi parantunut. Tämän on todettu johtuvan rehevöitymisen lievenemisestä, kuormituksen alenemisesta ja suoritetuista kalakantojen hoidosta. Haitta-ainepäästöt ovat edelleen huonosti tunnettuja ja nykyisin mitataan suhteellisen vaarattomia hiilivetyjä.

Vuoden 1983 selvityksessä todettiin ammattikalastajien määrän 1970- ja 1980-luvulla pysyneen lähes muuttumattomana (taulukko 37). Myös määrällisesti ammattikalastajien silakka- ja suomukalasaaliit ovat pysyneet lähes ennallaan.

Taulukko 37. Svartbäckinselän ammattikalastus (Niinimäki 1983).

Vuosi	1971	1977	1980	1981	1982	1983
Kalastajaruokakuntia ^{x)}	(7)	7	7	7	7	7
Pyydykset kpl						
trooleja		2	1		1	1
silakkarysiä	18	19	17	18	19	19
silakkaverkkoja		5			6	6
harvat verkot		219	252	246	285	280
Saalis kg						
silakka		322 800	341 139	275 378	222 800	364 800
lohi ja taimen		250	167	98	40	12
siika		40	10			
hauki		200	100			
lahna		10		1 000	310	
turska		10	11 485	5 220	6 600	7 600
made		100	450	11		
kuha		4 800	8 240	2 870	2 381	1 657
ahven		2 000	100	+	+	+
särki		+	250	+	+	+
Yhteensä		330 210	361 941	284 577	232 131	374 069
Saalis kg/ruokakunta		47 173	51 706	40 654	33 162	53 438
Silakkasaalis kg/rysä		16 989	20 067	15 299	11 726	19 200
Ammattikalastuksen saalis kg/ha		148,4	162,7	127,9	104,3	168,1
- silakka		145,1	153,3	123,8	100,1	164,0
- suomukala		3,3	9,4	4,1	4,2	4,1

x) Kolme kalastajaruokakuntaa on kalastanut sekä Svartbäckinselän että Orrenkylänselän vesialueilla.

Ammattikalastuksen tuottavuuteen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- jätevesikuormitus
- hajakuormitus
- laiva- ja vesiliikenne

Kuormituksen on todettu rehevöittävän Svartbäckinselän pohjois- ja keskiosia. Rehevöityneisyys muuttaa kalakantojen rakennetta ja aiheuttaa pyydysten likaantumista.

Niinimäen (1985) mukaan kalataloudellisen yleistilanteen kehityksestä on varsin vähän vertailukelpoisia tuloksia. Tarkistettut haitta-asteet on esitetty taulukossa 38.

Taulukko 38. Tutkimusalueen eri osa-alueiden kalataloudellinen haitta-aste v. 1972 ja v. 1981 -84.

Alue	Haitta-aste (%)		Muutos
	v. 1972	v. 1981-84	
1. Porvoon-Stensbölenkelkä	50	50	Ei muutosta
2. Porvoo-Hamari	60	60	Ei muutosta
3. Haikonkelkä	50	40	Parantunut
4. Kodderviken	70	60	Hieman parantunut
5. Emäsalonkelkä	40	30	Hieman parantunut
6. Pohjoisosa, Orrenkylänkelkä	20	10	Selvästi parantunut
6. Eteläosa, Orrenkylänkelkä	10	5	Haitta lähes poistunut
7. Svartbäckinlahti	50	30	Selvästi parantunut
8. Pohjoisosa, Svartbäckin kelkä	30	15	Selvästi parantunut
8. Eteläosa, Svartbäckin kelkä	20	10	Selvästi parantunut
9.- 13. ed. eteläp. alueet	5-10	-	Ei osoitettavissa

Kalataloudellinen yleistilanne on selvästi parantunut 1970-luvulla. Vuosina 1979 - 1984 tilanne on ollut jokseenkin samankaltainen ja vuodelta 1981 tehty haitta-arvio em. tavalla tarkistettuna voidaan yleistää koskemaan koko ajanjaksoa. Makutestien mukaan kalojen käyttökelpoisuus oli v. 1972 selvästi huonompi kuin v. 1981. Makuhaittoja saattaa silti edelleen esiintyä.

Kalataloudellisen yleistilanteen kehittymistä koko Porvoon edustan merialueella on myös jatkossa seurattava ja seurannassa tulisi keskittyä hankkimaan vuosittain tiedot ammattikalastuksesta ja esim. viiden vuoden välein vapaa-ajankalastuksesta. Kalakantojen arviointia varten on syytä määrävälein hankkia saalisotoksia tarvittaviin määrityksiin. Ajoittain pitäisi testata kalojen makuvirhetasoa. Erittäin tärkeitä on seurata jatkuvasti kalaston, pohjaeliöstön ja sedimenttien tilan kehittymistä kaikkien tämän hetkisten tietojen mukaan biotooppien kannalta merkittävien ja kyseiseen teollisuuteen liittyvien jäämäaineiden osalta (Vääriskoski 1983).

4. M E R I A L U E E N T I L A : P O H J A T U T K I M U K S E T

4.1 FYSIKAALIS-KEMIALLISET TUTKIMUKSET

4.1.1 Yleistä

Porvoon edustan merialueen pohjasedimenttien ja pohjaeläimistön tilaa on tutkittu lähes säännöllisesti vuodesta 1972 lähtien. Vesistöjen velvoitetarkkailuun kuuluu nykyisin pohjan yleisen laadun (haihdutus- ja hehkutushäviö) sekä öljypitoisuuden, kloorattujen hiilivetyjen ja DOP:n seuranta. Tutkimuksia tehdään neljältä havaintopisteeltä kolmen vuoden välein (vrt. kuva 23). Merivesitunnelin edustalta näytteitä otetaan kuitenkin vuosittain.

Ennen vuotta 1972 pohjan laatua on selvitetty mm. Keskuslaboratorio Oy:n tutkimuksissa vuosina 1965 -66 ja 1969. Vuosien 1965 -66 pohjatutkimuksissa määriteltiin lähemmin pohjaeläimistöä (vrt. luku 4.2). Pohjan laadusta voidaan todeta vain se, että Svartbäckinselän keski- ja eteläosien rannat olivat havaintojen mukaan hiekkaisia ja soraisia, mutta selän syvässä keskiosassa pohja luokiteltiin mutaliejuksi. Svartbäckinselän pohjoisosassa pohja oli hienojakoisempaa savea ja hietaa, ja Tolkkisten puoleisella rannalla pohjaan oli kertynyt runsaasti puujätettä. Härskenin kohdalla pohja oli kuitenkin hyvin puhdas, ja rannalta löytyi vielä rakkolevää, jota muulta alueelta ei ole löytenyt. Myöhemmissä tutkimuksissa rakkolevän esiintyminen Porvoon edustan merialueella mainitaan ainoastaan Keskuslaboratorio Oy:n jatkotutkimuksissa v. 1969. Laji on yleisestikin taantunut Suomenlahden alueella 1970-luvun aikana.

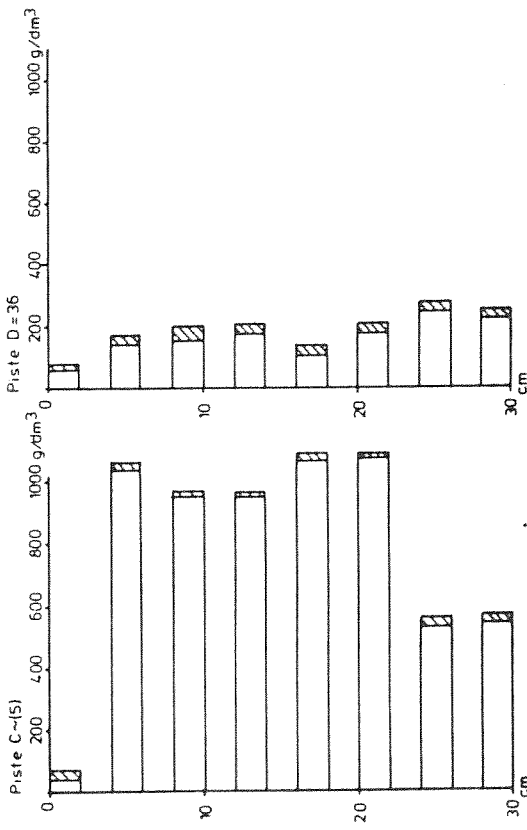
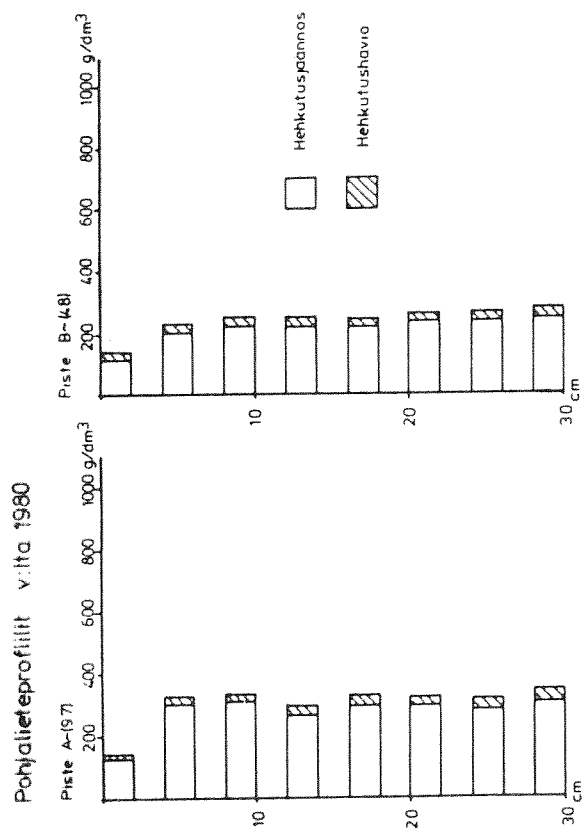
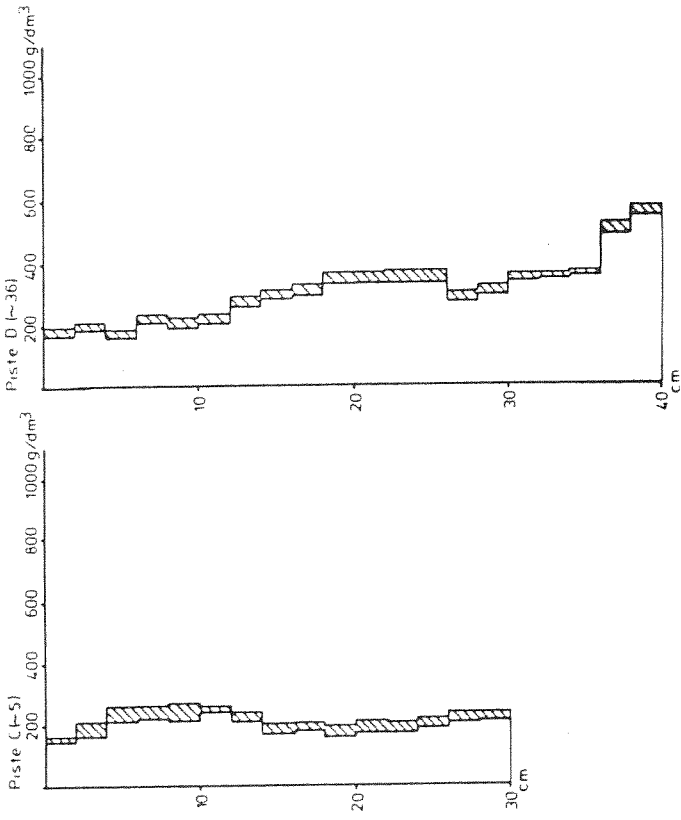
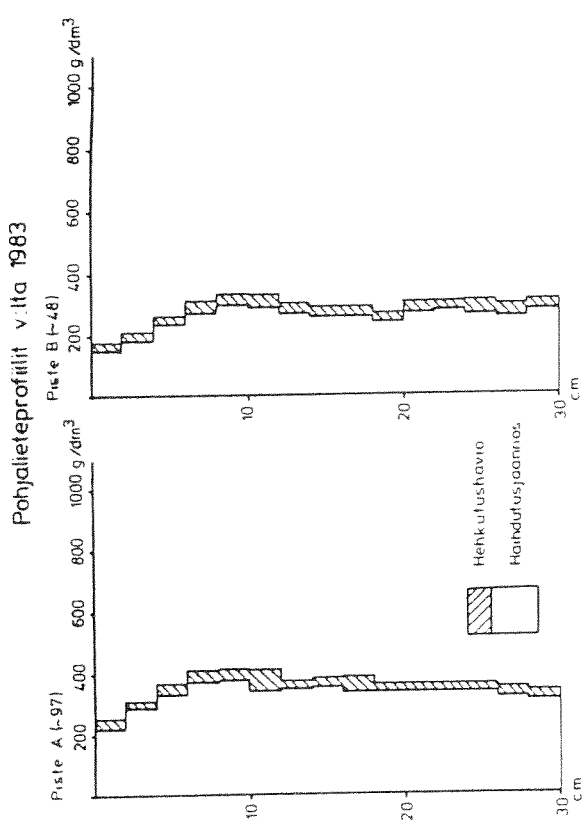
Vuonna 1969 Keskuslaboratorio Oy tutki pohjaeläimiä ja pohjan laatua myös Haikon-, Emäsalon- ja Orrenkylänselällä. Haikon- ja Emäsalonselän länsiosissa sedimentteihin oli kertynyt runsaasti puuperäistä jätettä.

Velvoitetarkkailun yhteydessä tehtyjen pohjan yleistä laatua koskevien tutkimusten tuloksia ei esitetty kuvassa 46. Vuonna 1980 Orrenkylänselällä haihdutusjäännös, joka kuvaa lietteen kuiva-ainemäärää, oli huomattavasti suurempi kuin muilla havaintopisteillä, mutta vuonna 1983 tilanne oli lähes päinvastoin. Pohjan laatu saattaa tietenkin muuttua, mutta todennäköisempää on, että näytteet on otettu hieman eri kohdilta. Muuten havaintopisteet eivät juurikaan poikkea toisistaan. Vuoden 1983 tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että Svartbäckinselän etelä- ja pohjoisosan ja Orrenkylänselällä sedimentin kuiva-ainepitoisuus on suurimmillaan n. 4 - 12 cm:n syvyydessä, mutta merivesitunnelin edustalla, jossa sekoittuminen on voimakasta, tiheysmaksimi sijaitsee n. 14 - 26 cm:n syvyydessä.

4.1.2 Öljy

Sedimentteihin kertyvistä aineista on öljyn määriä tutkittu jo vuodesta 1972 lähtien. Velvoitetarkkailussa seurattiin myös ftalaatin, 2-etyyliheksanolin ja kloorattujen hiilivetyjen pitoisuuksia vuosista 1978 -80 lähtien. Näiden lisäksi on erillistutkimuksissa selvitetty myös PAH-yhdisteiden ja raskasmetallien pitoisuuksia Porvoon edustan merialueen sedimenteissä (mm. Neste Oy 1984, Helsingin vesipiiri 1985, julkaisematon).

Vuonna 1974 tehtiin velvoitetarkkailun yhteydessä pohjalietetutkimuksia, joissa analysoitiin Svartbäckinselän sedimenttien öljypitoisuuksia (Vesi-Hydro 1974). Pitoisuudet määritettiin samalla menetelmällä kahdessa eri laboratoriossa, ja tulosten välillä oli huomattavia eroja (taulukko 39). Öljyn määrittämismenetelmät ovat kehittyneet tämän jälkeen, ja luotettavampia tuloksia on saatavissa lähinnä vuodesta 1978 lähtien (vrt. taulukko 40). Jo vuonna 1974 todettiin, että merivesitunnelin edustalta (36) sedimentin öljypitoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin esimerkiksi öljysataman edustalla (32). Pisteessä 34, joka myös sijaitsee melko lähellä merivesitunnelin suuta, öljypitoisuudet olivat keskimääräistä korkeammat. Yllättävää oli, että Svartbäckinlahden pohjoisosassa (27) ja Illvardenin



Kuva 46. Pohjalieteprofiilit vuosilta 1980 ja 1983.

lähistöllä sedimentin öljypitoisuus oli myös suurinta. Tämä öljy oli peräisin Kartanonojaan (purku 2) joutuneista öljyistä vesistä tai purku 1:n pohjoiseen kulkeutuneista vesistä.

Taulukko 39. Svartbäckinselän pohjalietteen öljypitoisuuksia (mg/kg) vuonna 1974 (Vesi-Hydro Oy) ja 1975 (Leppäkoski ym. 1979).

Havaintopiste	27-97 (Illvarden)	32	36	34	33	38	48
4.9.1974 *	500	110	1200	610	26	38	230
**	230	21	250	90	12	22	60

* Analysoitu VTT:n laboratoriossa

** " Neste Oy:n laboratoriossa

Leppäkoski ym. (1979) ovat pohjaeläintutkimusten yhteydessä (vrt. luku 4.2) analysoineet myös sedimenttien öljypitoisuuksia (taulukko 40). Suurimmat pitoisuudet (3-12 g/kg kuivap.) löytyivät Neste Oy:n satama-alueelta, mutta sielläkin eräät alueet ovat olleet lähes öljyttömiä. Öljyjen kertyminen sedimentteihin onkin ollut varsin paikoittaista, mikä saattaa johtua mm. laivojen potkurivirtojen aiheuttamasta sedimenttien sekoittumisesta.

Merivestunnelin edustalla ei ollut havaintopisteitä, joten tämän alueen öljypitoisuuksien kehitystä vuosina 1972 -75 ei voida arvioida. Lähinnä Neste Oy:n satamaa olevassa matalassa (5 m) havaintopisteessä sedimenttien öljypitoisuus lisääntyi selvästi tutkimusjakson (1972 -75) aikana, mutta muualla sataman lähialueilla vastaavaa kehitystä ei havaittu.

Öljypitoisuudet olivat keskimääräistä korkeammat myös Svartbäckinselän keskiosissa sillä alueella, joka sijaitsee merivesitunnelin ja Klobbuddenin keskivaiheilla.

Haikonselän-Orrenkylänselän alueen suhteellisen alhaisiin öljypitoisuuksiin (<0,20 g/kg) verrattuna sedimenttien öljypitoisuudet olivat hieman tavanomaista suurempia Illvardenin

itäpuolella, Klobbuddenin kohdalla ja Kuggsundetissa. Varsinkin kahdella viimeksi mainitulla alueella öljypitoisuudet näyttävät kuitenkin vähentyneen havaintojakson (1972 -75) aikana, joten näiden alueiden öljyasaastutuksen lähde on saattanut olla satunnainen 8mm. laivojen päästö tai öljyvahinko). On myös mahdollista, että sedimenttien öljypitoisuuksien aleneminen heijasteli öljynjalostamon kuormituksen alenemista 1970-luvulla.

Taulukko 40. Pohjasedimentin öljypitoisuus (g/kg kuivap.)
Porvoon edustan merialueella vv. 1972 -73 ja 1975
(Leppäkoski ym. 1979).

Havaintopiste 1)		1972	1973	1975	
Mustijoen lähialue	16	0,19	0,16	0,17	
Illvarden-Sillviken (välialue)	15	0,39	0,35	0,23	
Illvarden, itäpuoli	13	0,63	0,48	0,43	
Tolkkisten puoli	14	0,36	0,32	0,32	
Neste Oy-Tolkkinen (välialue)	12	0,44	0,57	0,47	
Svartbäckinselkä	Öljysatama (yläpuoli)	11	0,57	1,1	-
	"	1	3,5	7,7	12,4
	"	3	3,3	1,6	2,7
	"	6	0,03	0,13	0,02
	"	10	0,23	0,66	0,46
Öljysatama (ulkoalue)	9	0,41	0,98	0,51	
Neste Oy-Klobbudden (välialue)	8	0,60	1,1	0,95	
Klobbudden	5	0,72	0,57	0,23	
Laivaväylä (keskiosa)	7	0,11	0,22	0,17	
Emäsalon puoli	4	0,09	0,15	0,06	
Selän eteläosa	2	0,29	0,13	0,11	
Kuggsundet	17	0,51	0,46	0,29	
Emäsalonselkä	18	0,20	0,31	0,17	
Haikonselkä	19	-	0,12	0,16	
Rönnskärsundet	20	-	0,13	0,17	
Orrenkylänselkä (keskiosa)	21	-	0,16	0,18	

1) Havaintopisteet, ks. kuva 48, s. 138.

Svartbäckinselän eteläosissa öljypitoisuudet olivat samansuuruisia kuin vertailualueena pidetyllä Orrenkylänselällä. Myös Mustijokisuun edustalla öljypitoisuudet olivat varsin pieniä. Ilmeisesti Kartanonojasta mahdollisesti tuleva öljykuormitus ei vaikuta enää tällä alueella, vaan öljy kulkeutuu virtausten mukana Illvardenin saaren suuntaan.

Vuonna 1978 Vesi-Hydro Oy:n suorittamissa pohjalietetutkimuksissa öljyjä löytyi huomattavia määriä merivesitunnelin edustalta (taulukko 41). Svartbäckinselän eteläosassa ja Orrenkylänselällä öljypitoisuudet olivat hyvin pieniä, mutta Illvardenin saaren luona Svartbäckinselän pohjoisosissa öljypitoisuus oli hieman luonnontilaista suurempi. Tulokset olivat näiltä osin yhteneväisiä Leppäkosken ym. (1979) aiemmin tekemien havaintojen kanssa.

Vuonna 1980 mitattiin eteläisellä Svartbäckinselällä hieman kohonneita öljypitoisuuksia. Kyseessä on saattanut olla alueen tilapäinen, lievä öljysaastuminen, sillä vuonna 1983 öljypitoisuudet olivat jälleen samansuuruisia kuin vertailualueella eli Orrenkylänselällä.

Merivesitunnelin edustalla pintakerrosten öljypitoisuudet olivat v. 1980 huomattavan korkeat (86 g/kg kuivap.), ja vielä 26 - 30 cm:n syvyydessäkin suurehkot (6-8 g/kg). Vuonna 1980 merivesitunnelin edustalla mitattujen huippuarvojen jälkeen öljypitoisuudet ovat alentuneet. Viime vuosien aikana öljy näyttää jakaantuneen tasaisemmin 0 - 30 cm:n sedimenttikerrokseen.

Vuoden 1978 velvoitetarkkailututkimuksissa merivesitunnelin edustalta mitattujen korkeiden öljypitoisuuksien vuoksi Neste Oy:n ympäristönsuojelulaboratorio ryhtyi selvittämään asiaa v. 1979. Merivesitunnelin edustalta kerättiin n. 600 m:n säteellä yhteensä 24 sedimenttinäytettä, joiden öljypitoisuudet analysoitiin (taulukko 42).

Öljypitoisuudet olivat suurimmillaan jäädytysvesitunnelin ulostuloaukon kohdalla ja kaikkein korkeimmat pitoisuudet havaittiin purkutunnelista kaakkoon. Öljy koostui kahdesta raskaasta öljyfraktiosta, joiden kiehumispistealue on 220 - 500°C. Öljy oli jonkin verran hapettunutta eli ilmeisesti suuri osa öljystä oli joutunut sedimentteihin jo ennen vuotta 1979.

Taulukko 41. Öljypitoisuudet (g/kg kuivap.) Vesi-Hydro Oy:n velvoitetarkkailututkimuksissa vuosina 1978 ja 1980 -84.

Havaintopiste	syvyys	1978	1980	1981	1982	1983	1984
Illvarden A (97)	0 - 2 cm {	0,46	1,5			0,3	
	2 - 4 " {		0,24			0,3	
	26 - 28 "		<0,1			0,2	
	28 - 30		<0,1			0,2	
Svartbäckin- selkä (etel.) B (48)	0 - 2 cm	0,14	1,8			0,3	
	2 - 4 "		0,14			<0,1	
	26 - 28 "		<0,1			<0,1	
	28 - 30	<0,1	-			<0,1	
Orrenkylän- selkä (etel.) C (5)	0 - 2 cm	<0,1	0,40			<0,1	
	2 - 4 "		<0,1			<0,1	
	26 - 28		<0,1			<0,1	
	28 - 30	<0,1	<0,1			<0,1	
Purku 3:n edusta D (= 36)	0 - 2 cm {	42	86	24	16	13	23
	2 - 4 " {		11	15	3,1	11	17
	26 - 28		6,0	18	8,4	15	29
	28 - 30		8,3	8,0	1,2	3,7	18

Taulukko 42. Neste Oy:n sedimenttitutkimus merivesitunnelin edustalla v. 1979.

Pvm.	Havaintopaikan sijainti suhteessa purku 3:een		Öljypitoisuus (g/kg)	Pvm.	Havaintopaikan sijainti suhteessa purku 3:een		Öljypitoisuus (g/kg)
29.5.	10°	250 m	1,7	21.8.	90°	100 m	20
21.8.	20°	150 m	15	19.9.	90°	100 m	8,9
"	30°	100 m	16	16.10.	90°	500 m	0,2
16.10.	50°	150 m	13	21.8.	110°	100 m	73
"	50°	400 m	4,0	"	120°	150 m	20
"	50°	600 m	1,2	19.9.	120°	150 m	47
21.8.	60°	80 m	7,2	21.8.	130°	50 m	77
16.10.	70°	100 m	11	"	140°	100 m	39
"	70°	300 m	2,5	19.9.	140°	150 m	13
"	70°	600 m	1,5	"	160°	150 m	14
29.5.	90°	50 m	38	"	160°	200 m	0,3
21.8.	90°	50 m	27	29.5.	170°	400 m	2,3

Neste Oy:n suorittamat raskasmetallianalyysit ja eräät korkeat metallipitoisuudet (taulukko 43) johtivat Neste Oy:n oletta-
maan, että sedimenttien öljy olisi peräisin mereen joutuneesta
voiteluöljystä (Neste Oy 1979).

Taulukko 43. Pintasedimenteistä löydetyn öljyn raskasmetallipitoisuudet (ppm) (Neste Oy 1979).

Fe	445	Mg	90
V	15,5	Ca	5
Cu	14,0	Zn	8
Ni	5,1	Ba	<5
Pb	2,6		

Vanadiini- ja nikkelpitoisuudet olivat alhaiset verrattuna eräisiin öljytuotteisiin, mutta näiden metallien suhde viittaisi puolestaan venäläiseen raakaöljyyn, jota tuodaan Neste Oy:n öljynjalostamolle. Korkeat kupari- ja rautapitoisuudet viittasivat taas mahdolliseen korroosiotuotteeseen, mutta korkea lyijypitoisuus puolestaan bensiiniin tai voiteluöljyyn. Voiteluöljyissä käytetään lisäainemetalleina magnesiumia, sinkkiä ja kalsiumia, joten näiden aineiden korkeat pitoisuudet viittaavat jälleen voiteluöljyyn. Öljyanalyysien tekijät päätyivät lopulta oletukseen, että öljy olisi peräisin laivojen pilssivesistä (Neste Oy 1979).

Koska merivesitunnelin purkualueen vesifaasista ei ole löydetty suuria öljypitoisuuksia vuosina 1976 - 1982, voidaan olettaa, että sedimenttien öljylikaantuminen olisi tapahtunut muulla tavoin kuin merivesitunnelin kautta ja mahdollisesti jo ennen vuotta 1976. Toisaalta Penttinen (1983) arvioi, että vuosina 1975 -77 merivesitunnelin öljypäästöt olisivat saattaneet olla jopa 100 kg/d, mikä osittain selittäisi merivesitunnelin purkaukon läheisten sedimenttien suuret öljypitoisuudet. Koska Neste Oy:n (Neste 1979) tekemien tutkimusten mukaan öljypitoisuudet vähenivät kauempaa merivesitunnelista (vrt. taulukko 42), ei vaikuta todennäköiseltä, että öljy olisi kuitenkaan peräisin laivaväylällä tapahtuneista öljypäästöistä. Todennäköisempää on, että se oli todellakin joutunut mereen juuri merivesitunnelin kautta.

Svartbäckinselän pohjoisosien (havaintopisteet 27 ja 97 sekä Illvardenin lähistö) sedimenttien kohonneiden öljypitoisuuksien

Penttinen (1983) olettaa johtuvan Kartanonojan kautta (purku 2) tulevista öljyistä. Näihin päästöihin tulisi hänen mielestään kiinnittää enemmän huomiota.

Öljynjalostamon edustalta ei ole tähänastisissa tutkimuksissa löydetty suuria öljymääriä, mutta kun tiedetään, että öljyä joutuu mereen juuri öljynjalostamolta, olisi tarkoituksenmukaista säännöllisesti seurata sedimenttien öljypitoisuuksia myös Svartbäckinselän keskiosissa öljynjalostamon ja satama-alueen edustalla. Penttinen (1983) mainitsee kuitenkin, että nykyiset öljynmäärittämissuunnitelmat eivät anna selvää kuvaa öljynjalostamon haitta-ainepäästöistä, joten muiden erityistutkimusten tekeminen olisi suotavaa.

Lopuksi esitetään yhteenveto eräiden havaintoalueiden sedimenttien öljypitoisuuksista vuosina 1972 -84 (taulukko 44). Neste Oy:n vuoden 1983 sedimenttitutkimuksia käsitellään tarkemmin luvussa 4.1.3 PAH-yhdisteiden yhteydessä.

Taulukko 44. Öljypitoisuuksia (g/kg kuiva-ainetta) Porvoon edustan pohjasedimenteissä
 vv. 1972 - 1974 (Neste Oy:n yhteenvedon mukaan)

Havaintoalue	Leppäkoski ym.		Vesi-Hydro		Leppäkoski ym.		Vesi-Hydro					Neste Oy		
	1972	1973	1974	1975	1978	1980	1981	1982	1983	1984	1979	1981	1982	1983
Purkukohta 1	1,5	2,2	-	3,2	-	-	-	-	-	-	1,0	-	0,5	0,5
Purkukohta 2	0,2	0,2	-	0,2	-	-	-	-	-	-	1,6	-	0,4	4,0
Purkukohta 3 (b) 1)	-	-	0,8	-	42	49	20	9,0	12	20	7,2-77	12	4,8	9,6
Ilivardenista itään (A)	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,9	-	-	0,3	-	0,7	-	1,5	0,4
Sataman edustalla	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-	0,4
Purku 3:n edustalla (ulompi alue)	0,3	0,7	0,2	0,5	-	-	-	-	-	-	-	1,6	1,5	<0,1
Klobbuddenin edustalla	0,4	0,4	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
Svartbäckinselkä (etel.) (B)	0,3	0,1	-	0,1	0,1	1,0	-	-	0,2	-	-	-	-	0,2
Emäsälön puolella	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
Örrenkylänselkä (etel.) (C)	-	0,2	-	0,2	<0,1	0,2	-	-	<0,1	-	-	-	0,1	<0,1

1) Vesi-Hydro Oy:n velvoitetarkkailupisteet.

" tulokset laskettu pintahavaintojen (0 - 4cm) keskiarvoina.

4.1.3 Muut analyysit

Pohjasedimenttien kloorattujen hiilivetyjen, DOP:n ja 2-etyyliheksanolin pitoisuuksia on tutkittu Vesi-Hydro Oy:n velvoite-tarkkailussa vuosina 1978, 1980 ja 1983 (taulukko 45). 2-etyyliheksanolia on havaittu vain vuonna 1983 ja silloinkin vain pieniä määriä. Havainnot on lisäksi tehty muualla kuin voimakaimmin kuormitetulta alueelta eli merivesitunnelin edustalta, ja tuloksiin on suhtauduttava varauksellisesti.

Taulukko 45. Vesi-Hydro Oy:n sedimenttitutkimukset vuosina 1978 ja 1980 -84. Klooratut hiilivedyt, DOP ja 2-etyyliheksanoli.

Havaintopaikka	Syvyys cm	Klooratut hiilivedyt ($\mu\text{g/g}$ tuorep.)			DOP ($\mu\text{g/g}$ kuivap.)			2-etyyliheksanoli ($\mu\text{g/g}$ kuivap.)				
		1978	1980	1983	1978	1980	1983	1978	1980	1983		
Illvarden												
A (97)	0-2	{	<0,05	<0,02 ¹⁾		0,12	<1	{	<0,1	<0,1	<1	
	2-4		<0,03	-	0,02	0,40	-	<1	{	-	<1	
	26-28		-	-	0,02	-	-	<1	-	-	2	
	28-30		<0,03	<0,05	0,02	-	0,1	<1	-	<0,1	2	
Svartbäckinselkä, eteläosa												
B (48)	0-2	<0,03	<0,05	<0,02	1,0	<0,1	<1	<0,1	<0,1	<1		
	2-4	-	-	<0,02	-	-	<1	-	-	<1		
	26-28	-	-	<0,02	-	-	<1	-	-	<1		
	28-30	<0,03	0,1	<0,02	0,4	<0,1	<1	<0,1	<0,1	2		
Orrenkylänselkä, eteläosa												
C (5)	0-2	<0,03	<0,05	<0,02	0,8	0,1	<1	<0,1	<0,1	<1		
	2-4	-	-	<0,02	-	-	<1	-	-	3		
	26-28	-	-	<0,02	-	-	<1	-	-	3		
	28-30	<0,03	-	<0,02	0,1	0,14	<1	<0,1	<0,1	<1		
Purku 3:n edusta												
D (=36)	0-2	{	0,51 ¹⁾	0,05	<0,02	{	0,15	0,9	1	<0,1	<0,1	<1
	2-4	{	-	<0,02	<0,02	{	-	-	6	-	-	<1
	26-28	-	-	<0,02	<0,02	-	-	-	3	-	-	<1
	28-30	-	<0,05	<0,02	<0,02	-	0,12	1	<0,1	<0,1	<1	

1) 1,2-dikloorietaania $\mu\text{g/g}$ tuorepaino

Kloorattujen hiilivetyjen ja 1,2-DCE:n pitoisuudet ovat myös olleet määrittystarkkuuden alapuolella muilla alueilla paitsi merivesitunnelin edustalla, josta v. 1978 mitattiin muihin havaintoihin verrattuna korkeahko 1,2-DCE-pitoisuus. Kloorattuja hiilivetyjä ei kuitenkaan myöhemmin ole alueella mitattu. Jyväskylän yliopistossa tehtyjen alustavien (vrt. Paasivirta ym. 1985) tutkimusten mukaan Sköldvikin meriympäristön kloorihiilivetyjen pitoisuudet olisivat alle 0,1 - 0,2 $\mu\text{g/g}$ (ref. Neste 1984).

Ftalaatteja (DOP) on löytynyt pienehköjä määriä merivesitunnelin edustalta kaikilla havaintokerroilla. Kuitenkin vuonna 1978 DOP:a löytyi myös muualta Porvoon edustan merialueelta. On huomattava, että dioktyyliftalaattia joutuu vesistöön muistakin päästölähteistä kuin kemian teollisuudesta.

Myöhemmin merivesitunnelin edustaa lukuun ottamatta DOP-pitoisuudet ovat jääneet mittaustarkkuuden alarajoille. Ilmeisesti DOP:a on kertynyt pieniä määriä merivesitunnelin edustalla, mutta pitoisuudet eivät ole hälyttävän korkeita. Paasivirran (1983) alustavissa tutkimuksissa löytyi Sköldvikin alueen sedimenteistä DOP:a 0,09 - 0,9 $\mu\text{g/g}$, DEP:a (Dietyyliftalaatti) 0,025 $\mu\text{g/g}$ ja DBP:a (dibutyyliftalaatti) 0,015 $\mu\text{g/g}$. Pitoisuudet ovat pieniä, ja menetelmien analyysitarkkuuden alarajoilla. Sedimenttitutkimusten suorittaminen on usein varsin hankalaa, joten tuloksiin on suhteuduttava varauksellisesti.

Sedimenttitutkimusten vaikeudet ilmenivät Paasivirran ym. (1985) v. 1984 suorittamassa laajemmassa haitta-ainetutkimuksessa. Alifaattisten hiilivetyjen tunnistus sedimenteistä ei onnistunut öljymäärien yms. aiheuttamien korkeiden tausta-arvojen vuoksi. Kloorattuja hiilivetyjä tunnistettiin vain muutamasta sedimenttinäytteestä (taulukko 46). Paasivirran ym. (1985) mukaan tämä viittaisi siihen, etteivät haihtuvat klooratut hiilivedyt kerry jäämiksi pohjasedimentteihin.

Taulukko 46. Klooratut hiilivedyt Porvoon merialueen sedimenteissä (Paasivirta ym. 1985).

Havaintoalue	syvyys	tunnistettu yhdiste	mg/g
Purku 3:n edusta	(0-4 cm)	kloroformi ($\text{CH}_3 \text{Cl}$)	6
Klobbuddenin edusta	(16-20 cm)	hiilitetrakloridi (CCl_4)	11

Kloorifenolit määritettiin kvalitatiivisesti Orrenkylänselän ja merivesitunnelin edustan sedimenteistä sekä jätevesien käsitteilylaitoksen lietealtaasta (taulukko 47). Selvästi positiivisia tuloksia ei löytynyt kaikista tutkituista näytteistä. Toisaalta kloorifenoleita löytyi myös vertailualueelta, joten Paasivirta ym. (1985) eivät pidä todennäköisenä, että kloorifenolit olisivat peräisin yksinomaan Neste Oy:n tuotantolaitoksilta. Niitä joutuu vesistöihin mm. puunjalostusteollisuudesta, limantorjunta - ja puunkyllästysaineista (mm. sahat) ja raaka-veden kloorauksesta.

Taulukko 47. Kloorifenolit Porvoon merialueen sedimenteissä (Paasivirta ym. 1985).

Havaintoalue	Dikloori- fenoli			Tri-kloori- fenoli				Tetra-kloori- fenoli		Penta-kloori- fenoli	Dikloori- gua-jakoli	Tri-kloori- gua-jakoli	Tetra-kloori- gua-jakoli	Tri-kloori- katekoli
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	1	1	1	
(Rinnakkais- näytteet)														
Orrenkylänselkä	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+
Purku 3:n edusta	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
Jätevesiallas	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-

Vuonna 1983 Neste Oy teki Svartbäckinselän alueella tutkimuksen, jossa tutkittiin öljyjen lisäksi myös sedimenttien PAH-pitoisuuksia (taulukko 48). Suurimmat öljypitoisuudet mitattiin kuten aikaisemminkin purku 2:n (Kartanonoja), purku 3:n (merivesitunneli) ja kemikaalisataman edustalta (vrt. luku 5.1.2). Eteläisemmällä Svartbäckinselällä (laivaväylä Klobbuddenin lähistöllä) öljypitoisuudet olivat edelleen hieman kohonneita. Öljynjalostamon edustalla öljypitoisuudet olivat pienehköjä. Samana vuonna myös Paasivirta ym. (1983) oli tutkinut sadementtejä kaasukromatografian avulla, ja alifaattisten hiilivetyjen pitoisuus (12 mg/kg) vastasi hänen mukaansa Itämeren yleistä hiilivetytasoa ja oli selvästi alhaisempi kuin raakaöljyn voimakkaasti saastuttamilla alueilla (ref. Neste 1984).

Taulukko 48. Neste Oy:n pohjalietetutkimukset v. 1983.
Sedimenttien öljy- ja PAH-pitoisuus sedimentin
kuiva-ainetta kohti.

Havaintopiste ³⁾ ja alue	Öljy g/kg	PAH (kp <400°C) ¹⁾ mg/kg	PAH (kp >400°C) ²⁾ mg/kg	Yhteensä mg/kg
4 Purku 1:n edusta	0,5	0,006	0,003	0,009
1 Purku 2:n edusta	4,0	0,013	0,007	0,020
3 Illvardenista itään	0,4	0,007	0,003	0,010
2, 5, 6 Neste Oy:n satama	0,6	0,063	0,021	0,084
7, 7, 5 Purku 3:n edusta	9,6	0,670	0,080	0,750
9 Kemikaalisatama	1,9	0,360	0,046	0,406
11 Laivaväylä (Klobbudden)	1,2	0,290	0,031	0,321
8, 10, 14, 15 Svartbäckinselkä	0,1	0,022	0,006	0,028
12, 16 Etel. Svartbäckinselkä	0,1	0,001	0	0,001
13 Orrenkylänselkä	<0,1	0,026	0,007	0,033
1) Polyaromaattiset hiilivedyt (kp <400°C)		2) Polyaromaattiset hiilivedyt (kp >400°C)		
- Naftaleeni	- Fenantreeni	- Bentso(a) antraseeni	- Bentso(a) pyreeni	
- Asenaftyleeni	- Antraseeni	- Kryseeni	- Dibentso(a, b) antraseeni	
- Asenaftreeni	- Fluoranteeni	- Bentso(a) fluoranteeni	- Bentso(g, h, i) peryleeni	
- Fluoreeni	- Pyreeni	- Bentso(a) fluoranteeni		

³⁾ Havaintopisteet, ks. liite 5 b.

PAH-yhdisteiden yhteispitoisuus oli kaikilla havaintopisteillä alle 1 mg/kg. Kuitenkin merivesitunnelin ja kemikaalisataman edustalla ja Klobbuddenin kohdalta laivaväylällä mitatut pitoisuudet (0,41 - 0,75 mg/kg) osoittavat selvästi, että näitä yhdisteitä on joutunut jätevesien purkualueille, vaikka Neste Oy:n öljynjalostamon jätevesistä niitä ei v. 1982 tutkimuksissa kyety osoittamaan (vrt. luku 2.4.1). Orrenkylänselän sekä Svartbäckinselän etelä- ja pohjoisosien PAH-pitoisuudet olivat alhaisia ja lähellä yleisesti luonnosta löydettäviä taustapitoisuuksia, jotka ovat n. 0,01 mg/kg (Eadie ym. 1982). Asutus- ja liikennekeskusten lähistöllä PAH-pitoisuudet usein nousevat jo pelkästään ilmalevinteisten saasteiden vaikutuksesta.

Yhteispitoisuuden lisäksi Neste Oy tutki myös yksittäiset PAH-yhdisteet ja niiden pitoisuudet (ks. liite 5). Karsinogeenisiksi todettujen (bentso(a)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(a)pyreeni, dibentso(a,h)antraseeni ja bentso(g,h,i)-peryleeni) ja epäiltyjen (bentso(a)antraseeni ja kryseeni) pitoisuus oli kaikissa havaintopaikoissa alle 0,1 mg/kg. Fenantreenin, joka sisältyy EPA:n ympäristöpyrkyluetteluun, pitoisuus merivesitunnelin edustalla oli korkein eli n. 1,5 mg/kg (Havaintopiste, josta korkea fenantreenipitoisuus mitattiin, ei ole mukana taulukossa 48).

Porvoon edustan sedimenttien eräiden PAH-yhdisteiden pitoisuuksia on vertailtu muualla Suomessa ja ulkomailla tehtyihin tutkimuksiin (taulukko 49, Neste 1984). Neste Oy:n satama-alueen PAH-pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa tai hieman pienemmät kuin muilla tutkituilla Suomenlahden alueilla. Satama-alueenkaan PAH-pitoisuuksia ei kaiken kaikkiaan voi pitää korkeina, kun tutkimustuloksia verrataan hyvin saastuneisiin alueisiin Norjassa tai Japanissa. tulosten vertailtavuus ei kuitenkaan ole aivan täydellinen analytiikan vaihtelevuuden vuoksi.

Taulukko 49. Sedimenttien PAH-pitoisuuksien vertailu eri alueilla Suomessa ja ulkomailla tehdyissä tutkimuksissa (pitoisuus µg/kg kuiva-ainetta).

	Porvoon edusta 1983			Saaristomeren 1980		Suomenlahti 1981		Sauda- vuono, Norja	Hirakata- lahti, Japani	Green- Lake, Kanada	Välimeri, Ranska
	Satama- alue 1)	Svart- Bäckin- selkä 2)	Orren- kylän- selkä 3)	Airisto	Ulko- saaristo	Teili-I	Kotkan edusta XV-I				
Fenantreeni	160	6	5	4	10	31	77	1500	-	-	27
Antraseeni	33	1	1	<1	8	4	13	410	180	-	6
Pyreeni	38	2	1	9	18	17	47	1100	260	23	56
Peryleeni	-	-	-	-	-	50	65	560	110	20	3
{Bentso(b)fluoranteeni Bentso(k)fluoranteeni	9	2	1	-	-	-	-	-	-	50	-
Kryseeni	14	1	<1	-	-	61	115	-	100	23	8
Bentso(a)pyreeni	3	<1	<1	87	16	95	120	2200	160	13	4
Bentso(g,h,i)peryleeni	3	<1	<1	-	-	-	-	2400	-	28	2
Yhteensä	260	<14	<11	101	52	227	437	8170	810	157	106

1) pisteet 1 - 7, 9, 11

2) " 8, 10, 12, 14 - 16 (havaintopisteet, vrt. liite 5 b)

3) piste 13

PAH-yhdisteitä on pidettävä hyvin haitallisina yhdisteinä kertyvyytensä ja karsinogeenisuutensa vuoksi. Neste Oy:n tutkimuksen tulokset antavat olettaa, että ainoastaan merivesitunnelin edusta ja kemikaalisatama ovat selvästi saastuneita. Yhdisteiden haitallisuuden vuoksi tutkimuksia olisi kuitenkin edelleen jatkettava, jotta tilanteen kehitystä voitaisiin seurata.

Raskasmetallit ovat myös sedimentteihin kertyviä, haitallisia yhdisteitä, joita joutuu vesistöön pieniä määriä mm. öljynjalostamon jätevesistä (vrt. luku 2.4.1). Tämän vuoksi Helsingin vesipiiri teki alueella suppeahkon sedimenttitutkimuksen maaliskesäkuussa v. 1984. Tutkimus liittyi Paasivirran ym. (1985) samanaikaisesti tekemiin sedimenttianalyyseihin.

Metallipitoisuudet olivat hyvin tasaiset koko tutkimusalueella (taulukko 50). Maaliskuussa merivesitunnelin (purku 3) edustan metallipitoisuudet olivat kuparia ja elohopeaa lukuun ottamatta selvästi alhaisemmat kuin purku 1:n edustalla tai Orrenkylän selällä. Ilmeisesti sedimentoituminen on hidasta jäähdytysvesikierron voimakkaimmin sekoittamalla alueilla (vrt. luku 5.1.1). Kesäkuussa useimpien metallien pitoisuudet olivat merivesitunnelin edustalla suuremmat kuin maaliskuussa, mikä saattaa analyysivaihtelun ohella johtua vain siitä, että havaintopisteet eivät ole olleet tarkalleen samat. Sedimenttitutkimuksia ja tulosten tulkintaa vaikeuttaa usein juuri se, että sedimentin laatu vaihtelee hyvin paljon erityisesti tällaisilla kuormitetuilla alueilla.

Metallipitoisuudet Porvoon merialueen sedimenteissä eivät kuitenkaan ole korkeita verrattuna em. voimakkaasti kuormitettuihin sisävesialueisiin. Vuosia jatkunut teollisuusjätevesien kuormitus ei siis ole mainittavasti lisännyt haitallisten raskasmetallien pitoisuuksia Svartbäckinselän sedimenteissä.

Taulukko 50. Raskasmetallipitoisuudet Porvoon edustan merialueen sedimenteissä v. 1984

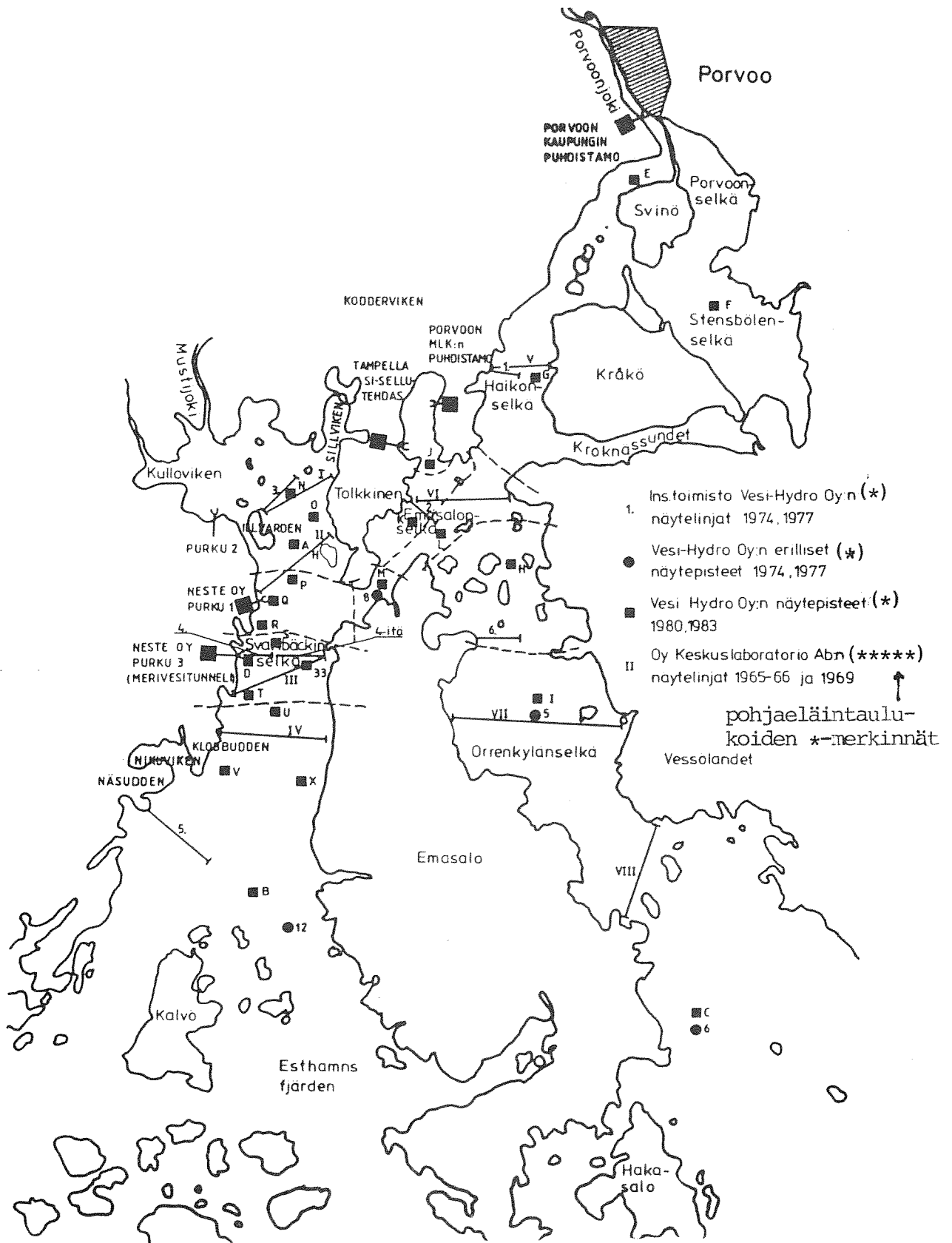
Havaintopaikka	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	Fe (mg/g)	Zn (mg/g)	Cu (mg/g)	Ni (mg/g)	V (mg/g)	Pb (mg/g)	Cd (µg/g)	Hg (µg/g)
8.3.1984										
Orrenkylänselkä 8	1,46	14,4	42,3	0,220	0,050	0,046	0,103	0,045	0,5	0,11
Purku 1:n edusta	1,29	14,4	48,4	0,188	0,051	0,046	0,077	0,038	0,3	0,08
Purku 3:n edusta	1,19	10,0	30,7	0,129	0,065	0,035	0,074	0,021	0,3	0,17
19.6.1984										
Purku 3:n edusta	1,37	16,3	54,4	0,143	0,049	0,048	0,114	0,025	0,1	0,02
Emäsalon ranta (Neste Oy:n vastap.)	1,57	14,3	46,7	0,197	0,051	0,046	0,123	0,035	0,3	0,08
Laiivävylä, Klöbbudden	1,57	11,8	48,6	0,178	0,051	0,040	0,082	0,041	0,5	0,07

4.2 POHJAEELÄIMET

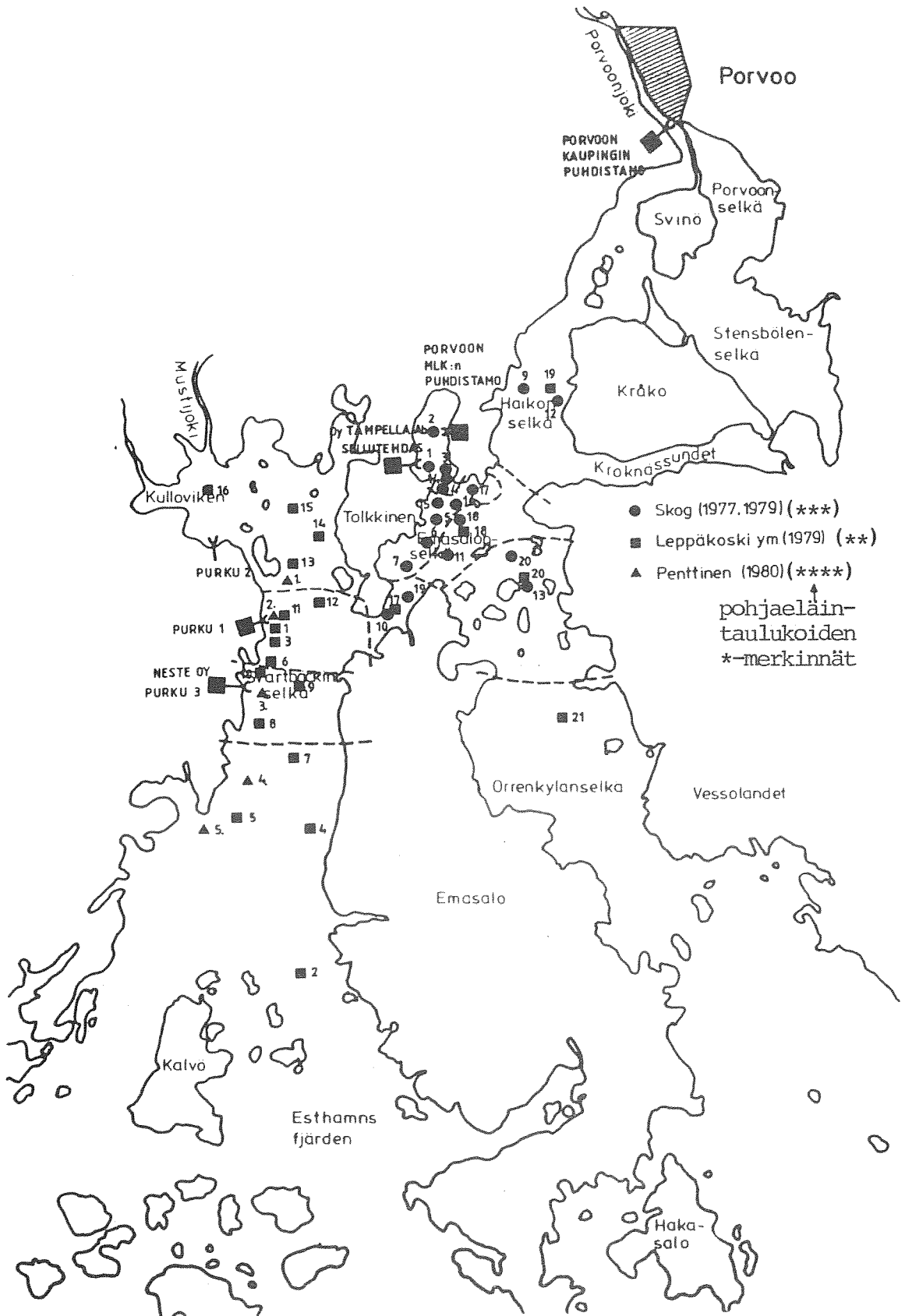
Ensimmäiset pohjaeläintutkimukset Porvoon edustan merialueella tehtiin vuosina 1965 -66, kun Neste Oy:n öljynjalostamo oli juuri aloittanut toimintansa (Keskuslaboratorio 1965 -66 ja 1969; Jumppanen 1965 -66, ref. Leppäkoski ym 1979). Tutkimuksia on sittemmin jatkettu 1970-luvulta lähes vuosittain (Vesitekniikka Oy 1971, Leppäkoski 1972 -73 ja 1975, ref. Leppäkoski ym. 1979, Penttinen 1978, ref. Penttinen 1980). Vesi-Hydro Oy:n velvoitetarkkailussa pohjaeläintutkimuksia on tehty kolmen vuoden välein vuosina 1974 - 1983. Edellä mainittujen selvitysten lisäksi Skog (ref. Skog 1977 ja 1979) teki vuosina 1975 -76 ja 1977 laajan pohjaeläinselvityksen, jonka tarkoituksena oli erityisesti seurata pohjaeläimistön kehitystä Koddervikenin, Håkonselän ja Emäsalonselän alueella sen jälkeen, kun Tolkkisten sellutehdas oli lopettanut toimintansa (kuvat 47-48).

Yleisimpiä Porvoon edustan merialueella esiintyviä pohjaeläinryhmiä ovat harvasukasmatoihin (Oligocheta) kuuluvat, torvimadot (Tubificidae) ja surviaissääsket (Chironomidae). Nämä ovat varsinaisesti makean veden lajeja, jotka kuitenkin viihtyvät vähäsuolaisissa murtovesissä. Tubificidae-madot viihtyvät yleensä pehmeillä pohjilla ja matalilla ranta-alueilla, ja useat lajit, kuten Tubifex tubifex, sietävät suhteellisen hyvin vesien likaantumista ja heikkoa happitilannetta. Chironomidae-ryhmä sisältää sekä puhtaampia vesiä vaativia lajeja ja alaryhmiä että varsin likaantuneissa vesissä viihtyviä lajeja kuten Chironomus plumosus.

Varsinaisemmin merellisistä pohjaeläinlajeista Porvoon edustan merialueella ovat yleisiä mm. itämerensimpukka l. Macoma baltica ja monisukamatoihin (Polychaeta) kuuluva monisukajalkainen Nereis diversicolor. Molemmat lajit viihtyvät suhteellisen likaantuneissakin olosuhteissa jos happitilanne vain on tyydyttävä. Melko puhtaita vesiä vaativat useat katkalajit (esim. Gammarus sp.), joita on ajoittain tavattu sekä Orrenkylän- että Svartbäckinselällä. Valkokatkaa (Pontoporeia affinis) pidetään yleensä erittäin vaateliana lajina, joka nopeasti katoaa likaantuneilta merialueilta.



Kuva 47. Velvoitetarkkailujen pohjaeläinnäytepisteet ja osa-alueet (vrt. taulukot).



Kuva 48. Erillistutkimusten pohjaeläinnäytepisteet ja osa-alueet (vrt. taulukot).

Porvoon-, Stensbölen- ja Haikonselällä (taulukko 51) pohjaeläinlajisto on ollut niukka ja vähäsuolaisille ja likaantuneille vesille tyypillinen. Merellisemmissä, mutta matalissa rannikkovesissä viihtyvää itämerensimpukkaa esiintyy kuitenkin jo Haikonselällä.

Porvoonjokisuunnan kuormitus on köyhdyttänyt lajistoa, esim. Porvoonjokisuussa surviaissääsken toukat ovat olleet lähes yksinomainen valtalaji. Pilaantumista ilmentävien putkimatojen (Tubificidae) ja surviaissääsken toukkien yksilömäärät ja biomassat ovat olleet suurimmat Haikonselän keskiosissa. Vastaavia Tubificidae-matojen yksilömääriä on havaittu myös muilla alueilla kuten Svartbäckinselän pohjoisosissa ja Rönnskärsundetissa (vrt. taulukot 56 ja 58). Ilmeisesti syvyys, pohjan laatu ja veden suolaisuus ovat erittäin tärkeitä tekijöitä torvimatojen viihtyvyyden ja runsastumisen kannalta, joten vesistön kuormituneisuus ei yksinomaisesti ratkaise näiden sinänsä likaantumista ilmentävien pohjaeläinten esiintymistiheyttä.

Skog (1977) pitää pohjaeläimistön perusteella Haikonselän aluetta erittäin rehevöityneenä. Kuitenkin matalalla, rehevöityneellä Stensböleninselällä pohjaeläimistö on Haikonselkään verrattuna niukka ja yksilömäärät pieniä. Mahdollisesti Haikonselän voimakkaat virtaukset ja Stensböleninselän edullisemmat happiolosuhteet lisäävät Tubificidae-matoja ja surviaissääsken yksilömääriä.

Skog (1977) toteaa lisäksi, ettei Haikonselän pohjaeläimistössä tapahtunut suuria muutoksia Tolkkisten sellutehtaan lopetettua toimintansa. Leppäkoski ym. (1979) puolestaan toteaa, että Haikonselän pohjaeläimistössä 1970-luvun aikana tapahtuneet pienet muutokset olivat hyvin samankaltaiset kuin Svartbäckinlahden perukassa Kullovikenissä (piste 16**, vrt. taulukko 58) tapahtuneet muutokset. Pohjaeläimistön luontainen vuosittaisvaihtelu voi olla suurta, ja tämä vaikeuttaa huomattavasti johtopäätösten tekemistä ja kehityssuunnan arviointia.

Taulukko 51. Porvoon edustan (Porvoon-, Stensbölen- ja Haikonsekä) pohjaeläimistö.

Piste/linja (syvyys)	E* (3,3 m)		F* (1,4 m)		Linjät V (4 m)		Linja I* (5 m)		19** (5 m)		12*** (4 m)		G* (4 m)		G*** (3,5 m)					
	1980	1983	1980	1983	1969	1971	1974	1977	1966	1972	1973	1975	1976	1977	1980	1983	1975	1976	1977	
Vuosi	1980	1983	1980	1983	1969	1971	1974	1977	1966	1972	1973	1975	1976	1977	1980	1983	1975	1976	1977	
Yks./m ²																				
Tubificidae	62	12	25	111	396	84	12	86	382	3484	385	2065	722	334	17	86	37	631	576	286
Pontoporeia affinis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	629	1307	49	12	108	144	150	308	160	2156	378	812	722	918	113	259	403	419	534	182
Macoma baltica	0	0	0	0	0	36	12	49	37	30	128	91	51	84	61	74	99	13	58	17
Muut	0	210 ¹⁾	0	37	0	0	0	0	0	7	7	21	25	0	0	0	0	0	18	9
Yhteensä	690	1639	74	160	504	264	183	443	579	5677	789	2989	1521	1392	208	419	539	1082	1169	502

1) Limnodrilus sp.

Taulukko 52. Koddervikenin pohjaeläimistö.

Piste/linja (syvyys)	1*** (0,8 m)		2*** (1,5 m)		3*** (1,5 m)		14*** (2,1 m)		J* (1,8 m)		4*** (2,5 m)			
	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1980	1983	1975	1976	1977
Vuosi	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1980	1983	1975	1976	1977
Yks./m ²														
Tubificidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pontoporeia affinis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	2655	2710	0	493	113	0	111	443	450	1406	0	178	536
Macoma baltica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	0	2655	2710	0	493	113	0	111	443	450	1406	0	178	536

Koddervikenin lahden tilaa on tutkinut lähemmin vain Skog vuosina 1975 -77, mutta myös Vesi-Hydro Oy:n velvoitetarkkailuun kuuluu nykyään yksi havaintopiste lahden suulla (taulukko 52; vrt. kuvat 47-48). Vuonna 1975 lahden pohja oli täysin eloton eikä alueesta löydetty pohjaeläimiä lainkaan. Sellutehtaan lopettamisen jälkeen pohjaeläimistö alkoi toipua nopeasti, ja jo vuonna 1976 kaikilta havaintopisteiltä löytyi surviaissääsken toukkia. Koddervikenin suulle ilmestyi myös Tubificidae-matoja. Surviaissääskien lukumäärä ja biomassa kohosivat vielä vuonna 1977, ja Skog oletti pohjaeläimistön toipuvan edelleen, vaikkakin jo hitaammin, sellutehtaan jätevesien vaikutuksista. Kuitenkin 1980-luvulla Koddervikenin suulta otetuissa näytteissä löytyi vain surviaissääsken toukkia, joiden yksilömäärä oli kylläkin suuri. Tällainen yksipuolinen lajisto osoittaa selvästi, että Koddervikenin pohjasedimentti on yhä edelleen voimakkaasti pilaantunut eikä tilan paraneminen ole tapahtunut aivan odotetulla tavalla.

Porvoonjokisuunnan kuormitus ja Tolkkisten sellutehtaan jätevedet ovat vaikuttaneet erittäin voimakkaasti Emäsalonselän pohjaeläimistöön. Tolkkisten ja Hermansön lähialueilla pohjaeläinlajisto on ollut erittäin niukkaa ja koostunut lähes yksinomaan Chironomidae-toukista (taulukko 53). Koddervikeninlahden suun yläpuolella (havaintopiste 17^{***}) ja toisaalta kauempana sen alapuolella (havaintopisteet 6^{***}) lajisto on ollut jo monipuolisempi. Vaikuttaa siltä, että Tolkkisten sellutehtaalla on ollut erittäin voimakas ja kestävä vaikutus Emäsalonselän niillä alueilla, joille jätevedet ovat virtausten mukana kulkeutuneet. Porvoonjokisuunnan kuormitus on vaikuttanut rehevöittävästi ja pohjaeläinten yksilömääriä ja biomassaa lisäävästi, mutta sellutehtaan vaikutusalueilla ovat viihtyneet vain kaikkein sietokykyisimmät Chironomidae-toukat. Itämerensimpukkaa on esiintynyt vain sellutehtaan jätevesien voimakkaimmilla vaikutuksilta säilyneillä alueilla.

Taulukko 53. Emäsalonselän pohjaeläimistö (Tolkkien ja Hermanson lähialue).

Piste/linja (syvyys)	17*** (3 m)		16*** (2,9 m)		15*** (1,6 m)		5*** (2,0 m)		Linja 2.* (12 m)		6*** (4 m)		K* (4 m)				
	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1971	1974	1977	1975	1976	1977	1980	1983
Yks./m ²																	
Tubificidae	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
Pontoporeia affinis	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	-	33	320	-	735	1280	-	1403	1107	457	501	1367	456	12	37	425	250
Macoma baltica	-	25	112	-	0	0	-	0	0	0	0	0	86	32	259	429	62
Muut	-	167 ¹⁾	27	-	0	0	-	0	0	0	0	0	0	722 ¹⁾	431 ¹⁾	1172 ²⁾	12
Yhteensä	-	225	459	-	735	1280	-	1403	1107	457	501	1367	456	12	123	1179	1269

1) Polydora redeki (Polychaeta)2) Corophium volutator

Taulukko 54. Emäsalonselän keskiosien pohjaeläimistö.

Piste/linja (syvyys)	8*** (9,5 m)		Linja VI (11 m)		18** (13 m)		18*** (4 m)		11*** (12 m)		2* (12 m)		7*** (9,5 m)				
	1975	1976	1977	1969	1972	1973	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1980	1983	1975	1976	1977
Yks./m ²																	
Tubificidae	451	150	17	48	1455	182	217	-	0	0	8	31	74	0	1018	242	44
Pontoporeia affinis	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	25	234	24	194	0	0	-	100	9	6	8	0	62	0	0	25
Macoma baltica	245	167	277	48	7	0	560	-	159	389	606	67	204	185	370	58	42
Muut	38	16	9	0	0	0	7	70	-	518 ¹⁾	624 ¹⁾	57	8	14	12	12	17
Yhteensä	734	359	536	120	1656	189	847	-	670	100	256	333	391	1153	326	744	

1) Polychaeta

Emäsalonselän keskiosien syvemmillä alueilla (taulukko 54) pohjaeläimistö on jo toisentyypinen. Torvimadot (Tubificidae) on ollut valtalajina syvimmillä havaintopisteillä (18**) ja kauimpana Koddervikenin suulla (8*** ja 7***). Näillä alueilla sekä selän keskiosien syvänteessä (11*** ja 2*) itämerensimpukkaakin on esiintynyt jo melko runsaasti, mikä osaltaan johtuu sopivista syvyys- ja suolaisuussuhteista. Joka tapauksessa Emäsalonselän keskiosia voi luonnehtia melko likaantuneiksi alueiksi. 1970-luvulla ei pohjaeläimistössä tapahtunut suuria muutoksia eikä 1980-luvun havaintojen perusteellakaan voi sanoa alueen luonteen ratkaisevasti muuttuneen.

Kuggsundetin salmessa pohjaeläinnäytteet on aina otettu suhteellisen syviltä alueilta (taulukko 55), joissa pohjaeläinlajisto ja yksilömäärät ovat luonnostaan niukemmat kuin matalilla ranta-alueilla. Kuitenkin pohjaeläimistön täydellinen puuttuminen eräiltä havaintopisteiltä 1970-luvulla on osoitus siitä, että Kuggsundetin salmi on ollut erittäin voimakkaasti pilaantunut, ilmeisesti sekä Tolkkisten sellutehtaan että Porvoonjokisuunnan kuormituksen vuoksi. Salmessa happitilanne olikin ajoittain varsin heikko. Kuitenkaan Kuggsundetin salmi ei 1970-luvullaakaan ollut kaikilta osin täysin eloton, ja 1980-luvun näytteiden perusteella vaikuttaa siltä, että alueelle olisi vakiintumassa pilaantumista hyvin sietävä lajisto (Chironomidae ja Tubificidae). Myös itämerensimpukkaa on Kuggsundetissa tavattu suhteellisen runsaasti.

Rönnskärsundetin matalan kynnyalueen Skog (1977) luokitteli ns. puoliterveeksi alueeksi. Lajisto oli jo suhteellisen monipuolinen (taulukko 56), ja alueelta löytyi runsaasti mm. liejukatkaa (Corophium volutator) ja monisukamatoja (mm. Polydora redeki) sekä itämerensimpukoita. Kuitenkin torvimadot ja surviaissäsket ovat usein olleet valtalajeja myös tällä alueella. 1970- ja 1980-lukujen aikana Rönnskärsundetin pohjaeläimistössä ei ole tapahtunut selviä muutoksia. Tosin itämerensimpukan osuus oli lisääntynyt v. 1983, mikä saattaisi olla osoitus mereisyyden lisääntymisestä alueella.

Taulukko 55. Kuggsundetin alueen pohjaeläimistö.

Piste/linja (syvyys)	19*** (15 m)		17** (15 m)		10*** (17 m)		8* (20 m)		M* (18 m)				
	1975	1976	1977	1972	1973	1975	1976	1977	1974	1977	1980	1983	
Yks./m ²													
Tubificidae	-	0	9	0	238	140	464	0	9	0	0	25	469
Pontoporeia affinis	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	-	0	9	0	56	0	0	17	9	0	0	210	197
Macoma baltica	-	84	18	0	14	259	84	75	52	0	0	62	160
Muut	-	100	35	0	35	63	71	58	26	0	0	0	12
Yhteensä	-	184	69	0	343	462	619	150	95	0	0	297	789

Taulukko 56. Rönnskärsundetin alueen pohjaeläimistö.

Piste/linja (syvyys)	20*** (9,3 m)		20** (14 m)		13*** (16 m)		H* (14,5 m)		Linja 6.* (10 m)					
	1975	1976	1977	1972	1973	1975	1976	1977	1980	1983	1971	1974	1977	
Yks./m ²														
Tubificidae	-	234	130	4051	1337	1862	1256	292	266	658	173	312	0	0
Pontoporeia affinis	-	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	-	8	0	254	210	0	6	0	80	555	185	12	0	0
Macoma baltica	-	610	424	44	105	210	58	75	52	86	321	252	332	271
Muut	-	1279 ¹⁾ 2)	607 ¹⁾	37	49	147	25	66	11	62	0	12	12	25
Yhteensä	-	2138	4386	1701	2219	1359	434	408	1381	679	600	356	296	296

1) Corophium volutator2) Polydora redekiPotamopyrus

Vesi-Hydro Oy:n 1970-luvulla käyttämä linja 6. sijaitsee jo varsinaisesti Orrenkylänselän puolella. Mahdollisesti pohjan laatu on jo toisenlainen, josta torvimadot sekä surviaissääsken toukat puuttuvat, ja hieman merellisemmissä oloissa viihtyväästä itämerensimpukasta on tullut valtalaji. Kuten varsinaisen Orrenkylänselän alueen matalammissa havaintopisteissä torvimadot samoin kuin itämerensimpukat, ovat olleet suhteellisen runsaslukuisia.

Orrenkylänselän syvänpisteissä (5* ja 6*) pohjaeläinlajisto on 1970-luvulla ollut varsin niukka (taulukko 57). 1980-luvulla valkokatkaa (Pontoporeia affinis) on tavattu erittäin runsaasti Orrenkylänselän eteläisimmissä osissa (havaintopiste C*). Valkokatkan vuotuiset vaihtelut ovat suuret, joten näiden havaintojen perusteella ei voida varmasti väittää, että olosuhteet olisivat ratkaisevasti muuttuneet Orrenkylänselän eteläosissa. Orrenkylänselän matalammissa sisäosissa (I*) valkokatkan yksilömäärät ovat 1980-luvullakin olleet pienet.

Svartbäckinlahden pohjukassa torvimadot (Tubificidae) ovat yleensä olleet valtalajina (taulukko 58). Myös itämerensimpukkaa on tavattu runsaasti, päinvastoin kuin esim. Haikonselällä. Tämä on ilmeisesti osoitus Svartbäckinselän pohjoisosien Haikonselkää mereisemmistä olosuhteista. Svartbäckinselän pohjukka on myös melko syvä Porvoonjokisuun lähialueisiin verrattuna.

Tolkkisten puoleisella rannalla (havaintopisteet 14** ja 0*) torvimatojen ja samalla myös pohjaeläinten kokonaismäärä on alentunut 1980-luvulla; kehitys on ollut samanlainen myös Illvardenin saaren lähialueilla (havaintopisteet 13** ja A*). Toisaalta itämerensimpukka on lisääntynyt näillä alueilla. Leppäkoski ym. (1979) pitää tätä osoituksena alueen rehevöitymisestä. Vaikuttaa siltä, että itämerensimpukoiden määrä on yleensäkin lisääntynyt 1980-luvulla (kuva 49).

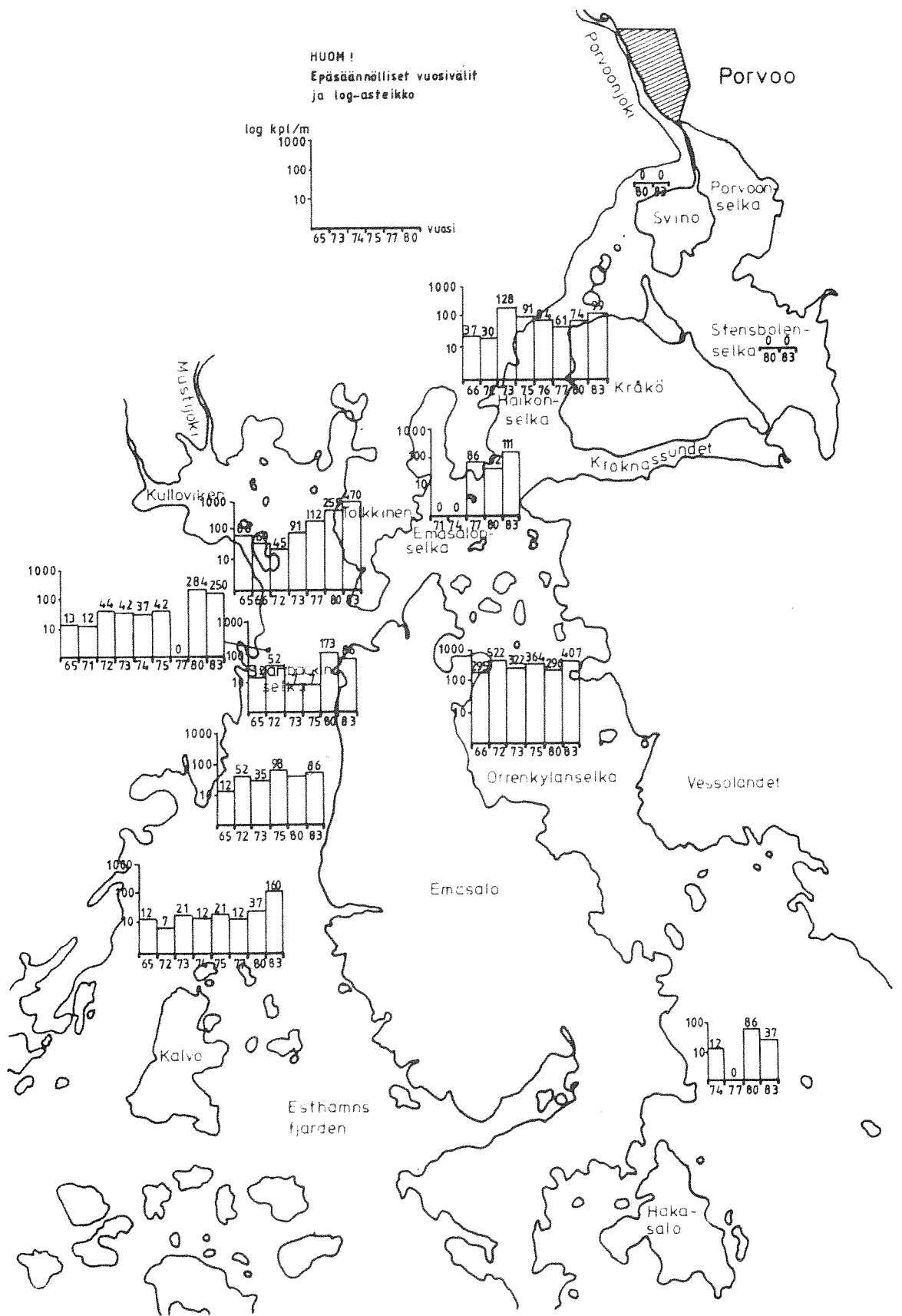
Taulukko 57. Orrenkylänselän pohjaeläimistö.

(syvyys) Vuosi	21** (14 m)		5* (30 m) 1)		I* (14,5 m)		***** VII Linja VIII (20 m) (16 m)		6* (32 m)		C* (29 m)			
	1966	1972	1973	1974	1975	1977	1980	1983	1969	1969	1974	1977	1980	1983
Yks./m ²														
Tubificidae	258	238	189	0	378	0	74	123	420	0	0	0	62	0
Pontoporeia affinis	0	0	0	0	0	0	49	49	0	0	0	0	6697	6487
Chironomidae	0	0	0	0	0	0	12	0	0	204	0	0	12	0
Macoma baltica	295	522	322	62	364	62	296	407	204	168	12	0	86	37
Muut	12	0	21	0	21	0	37	0	24	0	12	0	25	12
Yhteensä	565	790	532	62	763	0	468	579	648	372	24	0	6882	6536

1) Huom. syvyys.

Taulukko 58. Svartbäckinselän pohjoisosien pohjaeläimistö.

(syvyys) Vuosi	16** (3 m)		***** I Linja I (18 m)		15** (18 m)		Linja 3. (18 m)		N* (15 m)		14** (14 m)		O* (14,5 m)		13** (20 m)		***** I Linja I, A* (20 m) (19 m)		***** II Linja II (20 m)						
	1965	1972	1973	1975	1977	1974	1977	1980	1983	1972	1973	1975	1980	1983	1972	1973	1975	1978	1980	1983	1966				
Yks./m ²																									
Tubificidae	62	4521	1302	2023	1032	3006	546	301	372	0	0	99	74	1678	1127	98	86	0	2238	2238	1064	35	160	162	1032
Pontoporeia affinis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	7	0	0	37	12	22	168	7	23	62	308	0
Chironomidae	0	552	329	294	1356	119	7	0	66	0	0	25	0	7	7	0	136	0	253	0	0	46	0	0	1236
Macoma baltica	123	89	42	210	168	134	182	812	132	74	74	530	970	179	196	581	370	395	67	70	300	208	345	456	60
Muut	24	0	21	56	0	0	63	56	0	24	61	0	0	7	154	77	0	25	0	21	0	0	0	0	0
Yhteensä	209	5162	1694	2583	2556	3289	798	1169	576	98	135	666	1044	1878	1484	756	629	432	2580	2597	1426	312	565	926	2328

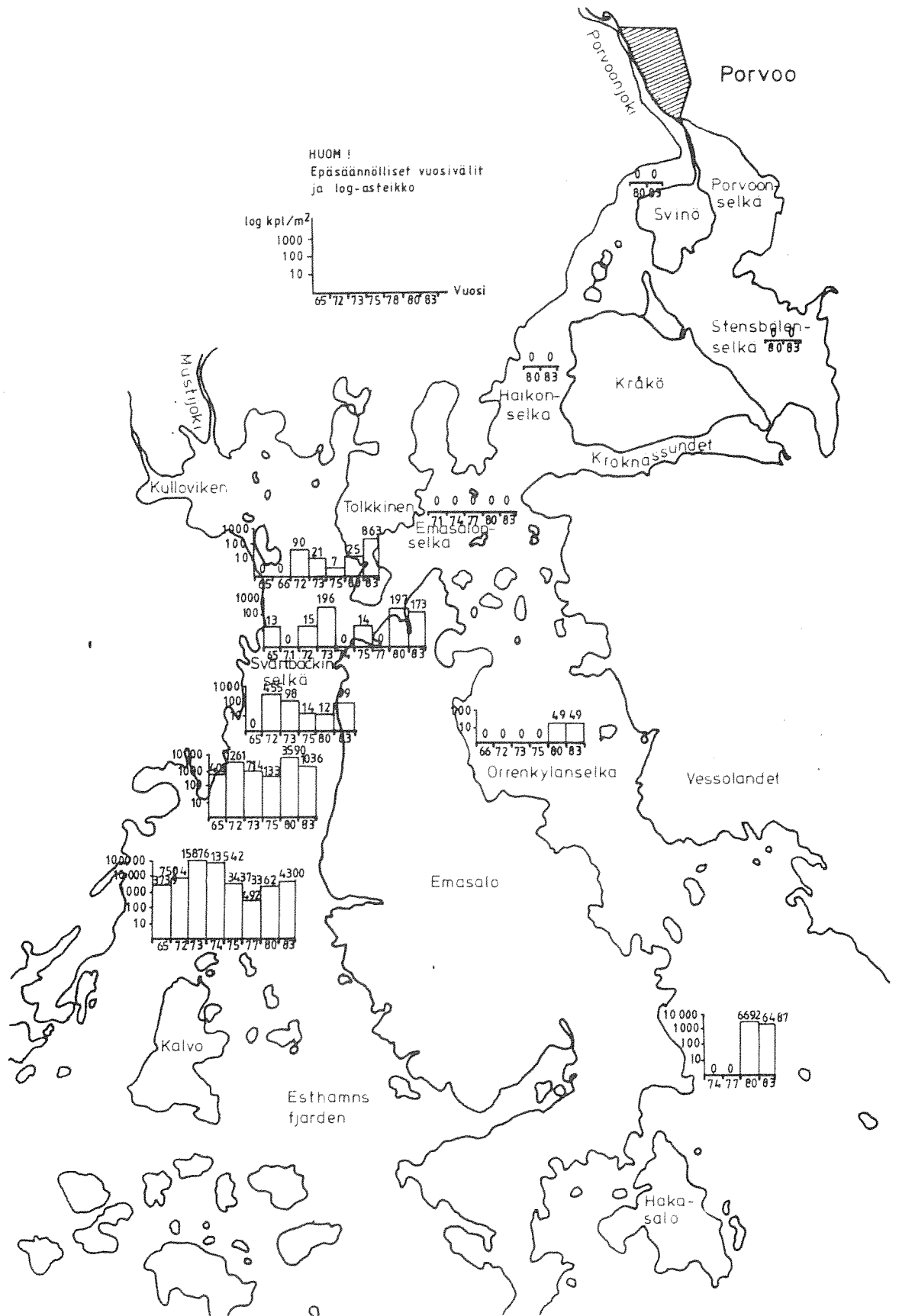


Kuva 49. *Macoma baltica* (itämerensimpukka) eräillä havainto-alueilla vv. 1965 -83.

Valkokatkaa on läytnyt jonkin verran Illvardenin lähistöltä, joten Svartbäckinlahden pohjoisosat ovat ilmeisesti merellisiä ja suhteellisen puhtaita. Valkokatka on yleistynyt koko merialueella vuosien 1980 -83 välisenä aikana (kuva 50). Tämä johtunee suurelta osin lajin luontaisesta vuosittaisvaihtelusta eikä näiden havaintojen perusteella vielä voida tehdä johtopäätöksiä olosuhteiden parantumisesta Illvardenin saaren tienoilla.

Svartbäckinselän keskiosien pohjaeläimistössä voidaan havaita toisaalta öljynjalostamon ja toisaalta Porvoonjokisuunnan sekä ilmeisesti myös sellutehtaan kuormituksen vaikutukset (taulukko 59). Havaintopisteessä 12** pohjaeläinlajisto oli 1960- ja 1970-luvuilla varsin yksipuolinen (Tubicidae), ja alue oli selvästi rehevöitynyt. 1980-luvulla (P*) kuitenkin torvimatojen määrä on selvästi vähentynyt, ja toisaalta itämerensimpukoiden ja valkokatkojen määrä taas lisääntynyt. Tällä alueella vaikuttavat öljynjalostamon jätevesien rehevöittävät vaikutukset, jotka ovat pienentyneet 1970-luvulta. Toisaalta myös sellutehtaan jätevedet kulkeutuivat Kuggsundetista hieman pohjoiseenkin päin, ja tämä selittäisi osaltaan sen, että alue oli ilmeisen likaantunut 1970-luvulla.

Öljynjalostamon voimakkaimmat vaikutukset rajoittuvat melko suppealle alueelle purkupaikan lähistölle. Havaintopisteiltä 1** ja Q* ovat puuttuneet torvimadot ja surviaissääsket lähes kokonaan. Erityisesti 1970-luvulla alueella esiintyi vain kaikkein sietokykyisimpiä lajeja kuten Nereis diversicolor (Polychaeta) ja itämerensimpukka (Leppäkoski ym. 1979). Hieman kauempana purkukohta 1:stä (3**) lajisto oli jo hieman monipuolisempi ja biomassa-arvot suurempia, mutta ero oli vähäinen. Pohjaeläimistö on ollut edelleen niukka havaintopisteillä 6** ja R*, mikä epäilemättä johtuu öljynjalostamon vaikutuksista. Aluetta voidaan pitää varsin pilaantuneena eivätkä vuonna 1983 löytyneet muutamat valkokatkat vielä todista, että olosuhteet öljynjalostamon läheisyydessä olisivat selvästi parantumassa (taulukko 59).



Kuva 50. Pontoporeia affinis -valkokatka eräillä havainto-alueilla vv. 1965 -83.

Taulukko 59. Svartbäckinselän keskiosien pohjaeläimistö. Öljynjalostamo ja sen lähialueet.

Piste/linja (syvyys)	12** (22 m)		P*		11** (12 m)		2**** (22 m)		1** (12 m)		0* (20 m)		3** (17 m)		6** (16 m)		R* (16 m)								
	1965	1966	1972	1973	1975	1980	1983	1972	1973	1975	1978	1972	1973	1975	1972	1973	1975	1980	1983						
Vuosi	1965	1966	1972	1973	1975	1980	1983	1972	1973	1975	1978	1972	1973	1975	1972	1973	1975	1980	1983						
Yks./m ²																									
Tubificidae	332	1032	723	1960	966	197	111	1201	679	-	58	22	0	0	0	150	238	210	30	7	7	0	12		
Pontoporeia affinis	0	0	90	21	7	25	863	22	0	-	150	0	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	37	
Chironomidae	73	144	97	7	7	12	0	112	56	-	0	7	0	0	111	0	67	7	0	67	0	0	25	0	
Macoma baltica	86	60	45	91	112	259	470	52	175	-	161	30	28	91	358	74	63	49	0	7	0	0	37	99	
Muut	0	0	0	7	7	14	12	12	0	266 ¹⁾	-	12	0	105 ²⁾	56 ²⁾	0	73	0	49	0	0	21	105	37	62
Yhteensä	492	1236	992	2056	1106	505	1456	1387	1176	-	381	59	133	147	469	147	231	357	273	97	49	112	99	70	

1) Polydora redeki2) Mereis diversicolor

Taulukko 60. Svartbäckinselän keskiosien pohjaeläimistö. Merivesitunneli ja sen lähialueet.

Piste/Linja (syvyys)	10** (23 m)		Linja 4.* (26 m)		3**** (27 m)		D* (18 m)		9** (23 m)		S* (23 m)		***** Linja III (23 m)		Linja 4, I.* (10 m)		33* (14 m)		8** (25 m)		T* (25 m)						
	1972	1973	1975	1971	1974	1977	1978	1980	1983	1965	1972	1973	1975	1980	1983	1971	1974	1977	1983	1965	1972	1973	1975	1980	1983		
Vuosi	1972	1973	1975	1971	1974	1977	1978	1980	1983	1965	1972	1973	1975	1980	1983	1966	1969	1971	1974	1977	1983	1965	1972	1973	1975	1980	1983
Yks./m ²																											
Tubificidae	410	133	140	384	394	12	23	0	0	96	25	12	320	1000	1407	238	37	37	468	24	0	468	1514	784	133	234	49
Pontoporeia affinis	75	56	0	0	0	0	12	0	0	108	37	0	13	15	196	14	197	173	0	0	0	0	455	98	14	12	99
Chironomidae	268	21	14	0	0	0	0	12	0	74	0	37	44	0	0	0	0	0	504	0	0	24	45	14	0	0	0
Macoma baltica	30	84	35	12	37	0	0	0	25	696	135	308	13	44	42	42	284	250	12	156	115	12	52	7	7	173	86
Muut	30	28	0	0	0	0	12	49	125 ¹⁾	60	0	0	0	0	7	28	25	0	0	0	62	0	14	0	0	12	25
Yhteensä	813	322	189	396	431	12	47	61	148	960	492	320	381	1103	1652	308	543	153	984	180	177	504	2080	908	154	431	259

1) Polychaeta

Hieman etelämpänä Svartbäckinselällä, merivesitunnelin lähi-alueilla, pohjaeläimistö oli erittäin voimakkaasti häiriintynyt (taulukko 60). Torvimadot katosivat kokonaan vuosien 1974 -77 välisenä aikana (linja 4*), mikä oli ilmeisesti yhteydessä sedimenttien öljypitoisuuden kasvuun näiden vuosien aikana. 1980-luvullakaan pohjaeläimistö ei ollut toipunut kuormituksen vaikutuksista. Merivesitunnelin edustan (piste D*) pohjaeläimistö oli niukka ja koostui lähes yksinomaan hyvin sietokykyisistä monisukamadoista.

Öljynjalostamon ja merivesitunnelin välisellä alueella (havaintopiste 10**) pohjaeläinlajisto ja yksilämäärät supistuivat 1970-luvun aikana. Leppäkoski ym. (1979) pitää tätä osoituksena olosuhteiden huononemisesta myös tällä alueella.

Kauempana merivesitunnelista (havaintopisteet G** ja S*) lajisto on jo suhteellisen monipuolinen. 1970-luvulla alueella oli runsaasti torvimatoja, joiden määrä kuitenkin väheni selvästi vuosien 1973 -75 välisenä aikana. On mahdollista, että myös tämä ilmiö liittyy öljypitoisuuden lisääntymiseen merivesitunnelin edustan sedimenteissä. 1980-luvulla itämerensimpukat ovat lisääntyneet. Samalta alueelta on löydetty myös vaateliaina pidettyjä valkokatkoja, jotka ovat 1980-luvulla yleensä lisääntyneet koko merialueella. Ilmeistä kuitenkin on, että näillä merivesitunnelin edustan syvillä alueilla pohja ei ole voimakkaan rehevöitymisen vuoksi pilaantunut, vaan pohjaeläimistön niukkuuteen ovat voinaat vaikuttaa muut, mahdollisesti kemiantehtaista ja öljypäästöistä johtuvat haittatekijät.

Pohjaeläinten kokonaismäärä on alentunut myös merivesitunnelin eteläpuolella havaintopisteillä 8** ja T*, ja kehityssuunta on hyvin samantapainen kuin havaintopisteissä 9** ja S*. Tämä vahvistaa olettamusta, että merivesitunnelista purkautuvilla jätevesillä ja mahdollisilla öljypäästöillä on todellakin ollut epäsuotuisa vaikutus Svartbäckinselän keskiosien pohjaeläimistöön.

Emäsalon puoleisella rannallakaan (linja 4 it.*) pohjaeläimistö ei vielä ole luonnontilainen. Havaintopisteen 33* niukkaan lajistoon ja alhaiseen yksilömäärään on vaikea löytää selitystä, sillä tältä alueelta ei ole tehty sedimenttitutkimuksia. On mahdollista, että merivesitunnelin päästöt ja lämpökuorma vaikuttaisivat vielä tälläkin alueella.

Svartbäckinselän eteläisimmissä osissa pohjaeläimistö runsastuu ja muuttuu puhtaille rannikkoalueille tyypilliseksi (taulukko 61). Kuitenkin vielä havaintopisteissä 7** ja V* lajisto on selvästi supistunut 1980-luvulla ja yksilömäärät ovat alentuneet. Tämä on osoitus pohjan tilan heikkenemisestä myös tällä alueella.

Vasta Klobbuddenin kohdalla pohjaeläinlajisto alkaa normalisoi-
tua eikä varsinaista heikkenemistä ole havaittavissa. Vastaa-
valta kohdalta Emäsalon puolella lajistomuutokset ovat olleet
huomattavampia. Ranta on tällä alueella matalampaa kuin mante-
reen puolella, mikä osaltaan vaikuttaa lajiston koostumukseen.
Kuitenkaan tämä ei varsinaisesti selitä sitä, että yksilömäärät
alentuivat vuosien 1980 -83 välisenä aikana; v. 1983 valkokat-
koja löytyi vähän, vaikka laji yleisesti ottaen oli lisääntynyt
Svartbäckin- ja Orrenkylänselällä.

Eteläisimmät havaintopisteet Kalvön saaren lähistöllä ovat
erittäin syviä, minkä vuoksi pohjaeläinlajisto on niukka, ja
surviaissäasket ja torvimadot puuttuvat lähes kokonaan. Svart-
bäckinselän eteläisimpiä osia on kuitenkin pidettävä varsin
puhtaina ja luonnontilaisina alueina, joissa vaателиaina pide-
tyt valkokatkat viihtyvät erittäin hyvin.

Taulukko 61. Svartbäckinselän eteläisimpien osien pohjaeläimistö.

Piste/linja (syvyys)	7 ** (17 m)		V ¹ (17,5 m)		**** Linj.IV (27 m)		5 ** (29 m)		5 **** (23 m)		V [*] (32 m)		4 *** (16 m)		X [*] (16,5 m)		Linja 5 * (27 m)		2 ** (41 m)		12 * (40 m)		B [*] (35 m)							
	1972	1973	1975	1980	1983	1966	1978	1965	1972	1973	1975	1978	1980	1983	1971	1974	1977	1965	1972	1973	1975	1974	1977	1980	1983					
Vuosi	1972	1973	1975	1980	1983	1966	1978	1965	1972	1973	1975	1978	1980	1983	1971	1974	1977	1965	1972	1973	1975	1974	1977	1980	1983					
Yks./m ²																														
Tubificidae	2208	2240	1302	259	12	216	104	135	455	833	756	231	0	345	1201	1050	1113	0	25	48	12	0	25	433	238	21	0	0	0	0
Pontoporeia	283	42	49	0	0	0	0	406	1261	714	133	115	3590	1036	350	119	161	1435	25	372	6076	1279	3739	7504	15876	3437	13542	492	3367	4300
Chironomidae	119	49	28	0	0	540	69	24	45	14	0	23	0	0	44	49	28	0	0	24	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
Macoma baltica	134	119	175	185	140	0	35	12	52	35	98	115	49	86	119	140	182	85	148	168	12	25	12	7	21	21	12	12	37	160
Muut	89	0	14	12	0	228 ¹⁾	0	12	22	14	7	58	62	12	0	7	7	77	25	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	12
Yhteensä	2833	2450	1554	431	160	984	208	566	1984	1617	994	542	3701	1479	1714	1365	1491	1539	223	612	6112	1316	3776	7974	16191	3486	13590	516	3404	4472

1) Gammarus sp.

5. YHT EEN V E T O J A J O H T O P Ä Ä T Ö K S E T

5.1 M E R I A L U E E N T I L A J A S E N K E H I T Y S

5.1.1 H a p p i t i l a n n e , r a v i n t e e t j a r e h e v ö i t y m i n e n

Porvoon edustan merialueelta kertyneiden tulosten perusteella veden suolaisuudessa ei juurikaan ole tapahtunut muutoksia tarkastelujakson 1965 - 1984 välisenä aikana. Toisaalta kuitenkin tiedetään, että pohjoisen Itämeren ja Suomenlahdenkin suolapitoisuus on yleisesti noussut tänä aikana, joten aivan ilmeisesti sama ilmiö on tapahtunut Porvoon merialueella. Tätä oletusta tukee mm. 1970-luvun lopussa selvästi lisääntynyt Svartbäckinselän turskasaalis. Vuosittaiset ja kuukausittaiset vaihtelut jokien virtaamassa epäilemättä hämärtävät rannikko-alueiden suolaisuudessa tapahtuvia trendinomaisia muutoksia.

Neste Oy:n tuotantolaitoksien lämpökuormitus on kaksinkertaistunut viimeisen 10 vuoden aikana, ja tällä hetkellä se on n. 50 000 gJ/d. Kuormitus on lähes yhtä suuri kuin Loviisan ydinvoimalan. Kuitenkaan merivesitunnelin kautta purkautuvien jäähdytysvesien vaikutuksia ei avovesikautena voida havaita kovinkaan laajalla alueella Svartbäckinselällä. Vaikutus on selvä ainoastaan aivan merivesitunnelin edustalla, ja sielläkin erot yleensä haviävät pintavesien lämmitessä yli 10 - 15-asteisiksi.

Talvella jäähdytysvesien vaikutukset leviävät kuitenkin laajemmalle alueelle. Svartbäckinselän keskiosissa lämpötila kohoaa jo muutamalla asteella 5 m:n alapuolisissa vesikerroksissa. Eräinä talvina jäähdytysvesien vaikutus on kulkeutunut Svartbäckinselän pohjoisimpiin osiin asti. Tavallisimmin lämpimien vesien vaikutukset kulkeutuvat kuitenkin avomerelle päin, jossa lämpötila n. 10 - 20 m:n syvyydessä kohoaa 1 - 2 °C: eella.

Svartbäckinselällä todettu lämpötilan nousu on ollut suhteellisen pieni lämpökuormituksen suuruuteen verrattuna. Koska alueen happitilanne on yleensä talvisin ollut syvänteissäkin hyvä,

ei lämpökuormalla ainakaan tässä suhteessa ole vaikutusta kalojen viihtyvyyteen. Kuitenkin jos ranta-alueet pääsevät talvella lämpenemään, tämä saattaisi vaikuttaa syyskutuisten kalojen mahdolliseen lisääntymiseen alueella.

Merialueen happitilanne on ollut suhteellisen hyvä alueen suureen kuormitukseen nähden. Pahimpia happiongelmia esiintyi aikanaan Koddervikenissä Tolkkisten sellutehtaan kuormituksen vuoksi. Happivajetta tässä matalassa lahdessa esiintyy yhä, mikä johtunee osittain sedimentteihin kertyneestä orgaanisesta aineksesta, osittain Porvoon maalaiskunnan puhdistamosta ja Tolkkisten sahasta, jonka Koddervikeniin kohdistuva BOD₇-kuormitus on varsin suuri.

Happitilanne on heikoin matalalla Stensbölsenellä ja Kroksnässundetissa, joissa vedenvaihto on heikkoa. Näiden alueiden happitilanne ei ole suoraan verrannollinen kuormituksessa tapahtuneisiin muutoksiin, ja happikatoja saattaa edelleen esiintyä kevättalvisin.

Porvoonjoen suulla ja Haikonselällä kevättalven happitilanne on sen sijaan parantunut jonkin verran 1960- ja 1970-luvun tilanteesta. Porvoonjoen ja Porvoon kaupungin puhdistamon kuormitus aiheuttaa kuitenkin lievää hapenvajausta jääpeitteen alla aina Emäsalonselälle asti, ja kuormituksen vaikutukset näkyvät myös Svartbäckin- ja Orrenkylänselällä. Näillä alueilla happitilanne ei talviaikana kuitenkaan muodostu vaikeaksi.

Avovesikautena Emäsalonselän ja Svartbäckinselän syvänteissä esiintyy lievää hapenvajausta, mutta happitilanne ei ole muodostunut kriittiseksi tai kalojen viihtyvyyttä haittaavaksi. Hapenvajausta ilmenee myös Orrenkylänselällä, johon ei kohdistu suoranaista pistekuormitusta.

Porvoon edustan merialueen ravinnetasoa ja rehevöitymistä on tutkittu varsin seikkaperäisesti. Porvoonjoki on määrällisesti

alueen suurin ravinnekuormittaja. Kuitenkin asuma- ja teollisuusjätevedet ovat vaikutuksiltaan tätä merkityksellisempiä, sillä niissä ravinteet ovat liukoisessa, kasviplanktonille käyttökelpoisessa muodossa. Neste Oy:n öljynjalostamon suuri typpikuormitus on varsin merkityksellinen Svartbäckinselällä kesäaikana. Viime vuosien aikana kuitenkin Porvoon kaupungin typpikuormitus on ollut samansuuruinen tai jopa suurempi kuin öljynjalostamon.

Ravinnepitoisuudet ja vesistön rehevöityminen ovat odotetusti korkeimmat Porvoonjokisuussa, ja pienentyvät melko tasaisesti Haikon- ja Emäsalonselällä. Koddervikenissä ravinnepitoisuudet ovat edelleen korkeita, ja lahti on varsin rehevöitynyt.

Svartbäckinselän tilaan vaikuttavat Porvoonjokisuunnan, Neste Oy:n ja Mustijoen kuormitus; näistä viimeksi mainitun merkitys on ilmeisesti vähäisin, aivan pohjoisimpia osia lukuun ottamatta. Neste Oy:n öljynjalostamon lähialueella ravinnepitoisuudet ovat korkeammat kuin muulla Svartbäckinselän alueella. Jätevesillä on selvä rehevöittävä vaikutus erityisesti kesäaikaan, jolloin merialueen tuotantohuipun pintaveden ravinnepitoisuudet muuten alenesivat levätuotantohuipun jälkeen.

Erityisselvityksissä on todettu, että typpi on enimmäkseen leväkasvua rajoittava tekijä Porvoon edustan merialueella. Tämä korostaa edelleen Neste Oy:n typpikuormituksen merkitystä Svartbäckinselän rehevöitymiselle. Sinilevien typen sidonta ei ilmeisesti aiheuta merkittävää typenlisäystä Svartbäckinselän alueella.

Orrenkylänselän ravinne- ja rehevyystaso ovat korkeammat kuin alueen kuormituksen perusteella voidaan olettaa. Orrenkylänselälle saattaa huuhtoutua suurempi osa Porvoonjokisuunnan kuormituksesta kuin yleensä on oletettu; tätä olettamusta tukevat mm. veden suolaisuushavainnot. Asia vaatii kuitenkin tarkempaa selvitystä, joten virtaamamittausten teko alueella on todella tarpeen. Hydrologian toimisto onkin kesällä 1985 aloittanut

virtausolosuhteiden selvittäminen, ja alustavat tulokset valmistunevat keväällä 1987.

Merialueen ravinnetasossa ei voida havaita kovin selviä muutossuuntia. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että Svartbäckinselän keski- ja pohjoisosien typpitaso on laskenut jonkin verran viimeisen kymmenen vuoden kuluessa. Vastaavasti kuitenkin fosforitaso näyttää olevan nousemassa. Merialueelle johdettavien jätevesien aiheuttama fosforikuormitus on vastaavasti laskenut, joten syynä fosforitason nousuun saattaisi olla Porvoonjoen kuormituksen kasvu tai yleinen ravinnetason nousu Suomenlahdella.

Perustuotantokyky- ja klorofyllimittausten perusteella Svartbäckin- ja Orrenkylänselän rehevyystasossa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. Näiden tutkimusten tulokset ovat usein vaikeasti tulkittavia ja vaativat pitkiä aikasarjoja, sillä ilmastolliset ja ajalliset satunnaistekijät aiheuttavat paljon vaihtelua mittausmuutoksiin.

5.1.2 Öljyt, fenolit ja erityisanalyysit; jätevesien myrkyllisyys

Svartbäckinselän öljy- ja fenolipitoisuus sekä DOP:n (so. DEHP) ja kloorattujen hiilivetyjen määritykset kuuluvat jatkuvasti tehtävän velvoitetarkkailun piiriin. Öljypitoisuudet ovat pienentyneet 1970-luvulta, jolloin pitoisuudet $>1\ 000\ \mu\text{g/l}$ jalostamon lähialueella eivät olleet harvinaisia. 1980-luvulla öljypitoisuudet ovat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta jalostamon lähialueellakin olleet mittaustarkkuden ($100\ \mu\text{g/l}$) alarajoilla. Ulompana Svartbäckinselällä öljypitoisuudet ovat aina olleet alhaisia. Jalostamon öljykuormitus on kymmenessä vuodessa pienentynyt alle puoleen, ja on nyt $>50\ \text{kg/d}$.

Öljynjalostamon jätevesien purkualueella sedimentin öljypitoisuudet ovat 1970-luvun mittausten mukaan olleet $0,6 - 12\ \text{g/kg}$. Sedimenttien öljypitoisuus on myöhemminkin ollut suurempi kuin vertailualueella. Kohonneita öljypitoisuuksia on mitattu myös Svartbäckinselän keskiosissa sekä lahden pohjoispäässä, Kartanononjan purkualueella.

Suurimmat öljypitoisuudet (70 - 80 g/kg) on kuitenkin mitattu merivesitunnelin edustalta. Öljyn alkuperää on yritetty erityistutkimuksin selvittää, ja Neste Oy päätyi esittämään, että öljy olisi peräisin jostakin 1970-luvulla tapahtuneesta öljypäästöstä (esim. laivojen pilssivedet).

On kuitenkin syytä olettaa, että öljyä olisi joutunut mereen juuri merivesitunnelin kautta. Viime vuosina sedimentin öljypitoisuudet ovat pienentyneet ja öljy on sekoittunut tasaisesti koko sedimenttipatsaaseen. Ilmeisesti merivesitunnelin kautta on 1970-luvulla päässyt öljyä mereen huomattaviakin määriä, mutta myöhemmin nämä päästöt ovat pienentyneet ratkaisevasti.

Öljynjalostamon fenolipäästöt eivät ole pienentyneet yhtä selvästi kuin öljypäästöt. Fenolikuormitus on nykyisellään yleensä ollut alle 5 kg/d. Öljynjalostamon lähialueella fenolipitoisuudet ovat aina olleet suhteellisen pieniä. Viime vuosina ne ovat vaihdelleet pintavesissä välillä 5 - 25 µg/l.

Öljynjalostamon jätevesillä tehdyissä myrkyllisyystutkimuksissa on todettu, että jätevesillä saattaisi olla levätuotantoa inhiboivia vaikutuksia. Vaikutukset ovat kuitenkin lieviä, ja ne peittyvät yleensä levätoimintaa kiihdyttävien ravinnevaikutusten alle. Myrkkyyvaikutuksia saattaisivat aiheuttaa lähinnä jäteveden öljyt, sillä fenolipitoisuudet ovat lähes aina olleet leville haitattomia. Joka tapauksessa jätevedet laimenevat purkuvesistöissä niin, että varsinaisia akuutteja myrkkyyvaikutuksia niillä ei vesistöissä ole.

Öllyjen ja fenolien ohella merialueelta ja sedimenteistä on mitattu mm. DOP:n, kloorattujen hiilivetyjen ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia.

Kloorattujen hiilivetyjen pitoisuudet vedessä ovat lähes aina olleet mittaustarkkuuden alapuolella. Näitä yhdisteitä joutuu jonkin verran vesistöön kemian teollisuuslaitosten jätevesien

mukana. Jätevedet laimenevat kuitenkin merivesitunnelissa niin, ettei ole syytä olettaa niillä olevan selviä akuutteja haitta-vaikutuksia vesieliöstölle.

Dioktyyliftalaattia (DOP) on Svartbäckinselän vedestä löytynyt jonkin verran, mutta pitoisuudet ovat olleet pienehköjä. DOP:a saattaa joutua vesistöön muistakin lähteistä kuin kemian tehtailta.

Kertyviä haitta-aineita on yritetty analysoida alueen sedimenteistä ja alueella sumputetuista kaloista. Yhdisteiden analytiikka ja tulosten tulkinta on kuitenkin varsin vaikeaa, ja tutkimuksista tehtävät johtopäätökset jäävät epävarmoiksi.

Kalakokeissa todettiin, että merivesitunnelista purkautuvat vedet sisältävät joitakin kaloille hatallisia aineita. Yhdisteiden laatu jäi kuitenkin epäselväksi. Jätevesien vaikutukset olivat joka tapauksessa vähäisiä. Bakteri-, levä- ja kirpputesteissä kemian tehtaiden jätevesi ei osoittautunut akuutisti myrkylliseksi eikä mutageenisuustestikään antanut positiivisia tuloksia.

Kemian tehtaiden jätevedet sisältävät kuitenkin sellaisia haitallisina pidettäviä, kertyviä yhdisteitä, että - myrkyllisyys-tutkimusten tuloksista huolimatta - näihin jätevesiin on suhtauduttava vakavasti. Pitkäaikaisvaikutusten mahdollisuus on aina olemassa, vaikka jätevedet laimenevatkin purkutunnelissa niin, ettei selvästi osoitettavia, akuutteja vaikutuksia ilmene

5.1.3 Kalasto ja pohjaeläimet

Porvoon edustan merialueella on 1970- ja 80-luvulla tehty kalatalousselvityksiä melko säännöllisesti ja kattavasti. Ammattikalastajien saalis on kolminkertaistunut 1970-luvun alun tilanteesta, mikä johtuu osittain pyyntitehon paranemisesta, ja osittain kuormituksen alenemisesta. Erityisesti Tolkkisten selutehtaan lopettaminen vaikutti tilanteeseen myönteisesti.

Pahimmilla haitta-alueilla esiintyy edelleen kalojen makuvirheitä, mutta nämä eivät kuitenkaan enää ole yleisiä tai kovin pahoja. Kalojen myrkkyyainepitoisuudet ovat tutkimuksissa osoittautuneet odotettua vähäisemmiksi. Tosin jäämäaineiden kemiallinen analytiikka on vielä puutteellista ja tutkimustulokset jossain määrin epävarmoja. Tämän vuoksi ei voida varmasti sanoa, että Svartbäckinselän jätevesikuormitus ei olisi lisännyt kalojen jäämäainepitoisuuksia eikä tässä suhteessa aiheuttaisi minkäänlaista haittaa kalastukselle.

Kalataloudellinen yleistilanne on kuitenkin kymmenessä vuodessa parantunut selvästi. Tämä johtuu sekä kuormituksen ja rehevöitymisen alenemisesta että suoritettusta kalakannan hoidosta. Haitta-ainepäästöt ja niiden vaikutukset kalastoon ja sen käyttöön ovat kuitenkin vielä melko huonosti tunnettuja, ja tässä mielessä selvityksiä olisi vielä jatkettava.

Porvoon edustan merialueella on tehty varsin paljon pohjaeläintutkimuksia. Ensimmäiset havainnot ovat peräisin 1960-luvulta.

Matalilla Porvoon-, Stensbölen- ja Haikonselällä pohjaeläimistö on ollut niukkaa, ja vähäsuolaisille ja likaantuneille alueille tyypillistä. Alueen pohjaeläimistö koostuu rehevöitymistä ja alhaisia happipitoisuuksia sietävistä torvimadoista ja surviais-sääsken toukista.

Päinvastoin kuin odotettiin, Haikonselän pohjaeläimistössä ei tapahtunut ratkaisevia muutoksia sellutehtaan lopettamisen jälkeen. Sen sijaan Kodderviken, jonka pohja oli 1970-luvun alussa täysin kuollut, alkoi toipua nopeasti. Toipuminen näytti kuitenkin pysähtyvän suhteellisen pian, ja lahti on edelleenkin varsin rehevöitynyt ja pohjaeläimistö selvästi häiriintynyt. Edelleen jatkuva asumajätevesikuormitus hidastaa tai osaltaan jopa ehkäisee Koddervikenin tilan paranemista.

Emäsalonselän alue on eräänlaista makean ja mereisen alueen vaihettumisvyöhykettä. Tolkkisten sellutehdas ja Porvoonjokisuunnan kuormitus on vaikuttanut varsin voimakkaasti alueen

pohjaeläimistöön. Alueella viihtyvät voimakasta kuormitusta sietävät torvimadot ja surviaissääsken toukat, joiden yksilömäärä ja biomassa on ollut varsin suuri. Itämerensimpukan esiintyminen on ilmeisesti merkki alueen jo melko merellisistä olosuhteista. Emäsalonselän pohjaeläimistössä ei 1980-luvulla näytä tapahtuneen suuria muutoksia.

Porvoon alueen tutkimuksissa Orrenkylänselkää on yleensä pidetty puhtaana vertailualueena. Kuitenkin Orrenkylänselkä on ilmeisesti perusluonteeltaan hieman rehevämpi kuin Svartbäckinselkä, ja myös sen tilaan vaikuttaa Porvoonjokisuunnan kuormitus. Näin ollen on hieman epäselvää, miten hyvin Orrenkylänselän ja Svartbäckinselän vertailu paljastaa Svartbäckinselkään kohdistuvan kuormituksen vaikutukset.

Orrenkylänselän pohjaeläimistö on ollut lajistoltaan varsin niukkaa, ja matalammilla alueilla rehevöitymistä ilmentävä. Syvänealueilla pohjaeläimistö on luontaisesti ollut erittäin niukka. Uloimmilla alueilla on 1980-luvulla esiintynyt runsaasti valkokatkaa, jota on yleensä pidetty puhtaiden, merellisten alueiden ilmentäjälajina. Laji näyttää yleistyneen koko Porvoon edustan merialueella 1980-luvun aikana, mikä saattaa osittain johtua lajin varsin voimakkaasta, vuosittaisesta kannanvaihtelusta.

Svartbäckinselän pohjaeläimistössä voidaan havaita sekä Porvoonjokisuunnan että öljynjalostamon ja kemian tehtaiden kuormituksen vaikutukset. Luonnollisesti myös erot Svartbäckinselän pohjois- ja eteläosien mereisyydessä vaikuttavat pohjaeläinlajistoon erittäin paljon, mikä osaltaan vaikeuttaa pohjaeläintutkimusten tulosten arviointia.

Öljynjalostamon voimakkaimmat vaikutukset ovat rajoittuneet melko suppealle alueelle purkupaikan lähistölle. 1970-luvulla alueelta löytyi vain sietokykyisimpiä pohjaeläinryhmiä, kuten monisukamatoja ja itämerensimpukkaa.

Aluetta voidaan edelleen pitää selvästi pilaantuneena eikä pohjaeläimistö ole 1980-luvulta ratkaisevasti muuttunut. Svartbäckinselän keskiosissa on viime aikoina esiintynyt myös valkokatkaa, mutta sitä ei vielä voida pitää merkinä olosuhteiden selvästä paranemisesta.

Pohjaeläimistön kannalta tilanne on ollut ehdottomasti heikoin merivesitunnelin edustalla. Yksilömäärät ovat olleet vähäiset, ja niukka lajisto on koostunut lähes yksinomaan kaikkein sietokykyisimmistä monisukamadoista. Syynä pohjaeläimistön häiriintymiseen on mitä todennäköisimmin ollut sedimentteihin kertynyt öljy. Pohjaeläimistön tila ei ole selvästi parantunut 1980-luvullakaan, vaikka öljypäästöt ovat selvästi vähentyneet tai mahdollisesti kokonaan loppuneet.

Eteläisemmällä Svartbäckinselällä pohjaeläimistö muuttuu monipuolisemmaksi ja puhtaille rannikkoalueille tyypilliseksi. Klobbuddenin lähistöllä tilannetta voidaan pitää jo normaalina eikä merkkejä kuormituksen vaikutuksista pohjaeläimistöön ole havaittavissa. Svartbäckinselän eteläisimpiä havaintoalueita voidaan pitää jo lähes puhtaina ja luonnontilaisina.

5.2 JATKOTUTKIMUKSISTA

Vesistön velvoitetarkkailu kattaa asuma- ja teollisuusjätevesien vaikutusalueen riittävästi eikä liene syytä lisätä havaintopisteiden määrää. Vedenlaatua koskeva ohjelma soveltuu lähinnä jätevesien rehevöittävien vaikutusten tarkkailuun, mutta perusosiltaan sitä ei kuitenkaan tarvinne muuttaa.

Haitallisten yhdisteiden jatkuvaa tarkkailua vesistössä voitaisiin sen sijaan harkita uudelleen. Öljy- ja fenolianalyysit jalostamon lähialueella ovat edelleen tarpeellisia, samoin kuin DOP-analyysit Svartbäckinselällä yleensä. Sen sijaan haihtuvien kloorattujen hiilivetyjen (VCM, 1,2-DCE) analysointi vesistöstä saattaa olla ajan ja rahan tuhlausta, sillä näitä yhdisteitä joutuu vesistöön niin pieniä määriä, että pitoisuudet jäävät

aina mittaustarkkuuden alapuolelle. Tässä suhteessa on tärkeämpää tarkkailla jätevesipäästöjä ja varmistua siitä, että haittallisten aineiden pitoisuudet eivät ylity niin, että mitattavia pitoisuuksia vesistöissä saattaisi edes esiintyä.

Velvoitetarkkailussa tulisi erityisesti kehittää ja lisätä sedimenttitutkimusten osuutta. Svartbäckinselän sedimenttien öljypitoisuuden kartoitus ja jatkuva seuranta olisivat tärkeitä mm. pohjaeläimistöissä tapahtuvien muutosten ja häiriötilojen selvittämiseksi. Näillä tuloksilla saattaisi olla merkitystä myös kalakannalle tapahtuvien haittojen arvioinnissa.

Muiden yhdisteiden kuin öljyn analysointi velvoitetarkkailun yhteydessä ei ilmeisestikään ole tarkoituksenmukaista tai edes mahdollista. Kemian tehtaiden jätevesien sisältämien yhdisteiden analytiikka on osoittautunut niin hankalaksi ja epävarmaksi, ettei sitä kannattane ajatella sisällytettäväksi velvoitetarkkailuun. Ainoastaan DOP, jonka tiedetään olevan kertyvä, hitaasti hajoava yhdiste, on sellainen, jota voidaan ajatella sisällytettäväksi velvoitetarkkailun sedimenttitutkimusten piiriin.

Porvoon edustan merialueella on kuitenkin tarkoituksenmukaista jatkaa myös erityistutkimusten tekemistä. Tutkimukset tulisi, kuten aiemminkin, keskittää Neste Oy:n tehtaiden jätevesien vaikutuksiin. Kuitenkaan Porvoonjokisuunnan kuormituksen ja Tolkkisten sahan haittavaikutuksia ei saisi jättää kokonaan huomiotta.

Porvoon kaupungin ja maalaiskunnan puhdistamoiden purkukohtaa on suunniteltu siirrettäväksi Svartbäckinselälle. Ennen tällaista toimenpidettä olisi voitava jokseenkin luotettavasti selvittää, minkälainen rehevöittävä vaikutus näillä jätevesillä on Porvoon edustan merialueeseen tällä hetkellä ja myöhemmin, purkupaikan siirron jälkeen. Vaikutusten arvioimiseksi ja erottelemiseksi on erittäin tärkeää tuntea tarkemmin Porvoon edustan hydrologisia oloja. Tätä varten onkin Hydrologian toimisto

jo vuonna 1985 aloittanut alueella virtausmittaukset, joiden tulokset ilmestynevät vuoden 1987 alussa. Raporttien perusteella voidaan sitten arvioida onko virtausmittauksia edelleen syytä jatkaa. On toivottavaa, että tulosten perusteella voitaisiin tähänastista tarkemmin arvioida eri kuormituslähteiden vaikutuksen Porvoon edustan merialueella.

Öljynjalostamon ja kemian tehtaiden jätevesien akuutti myrkyllisyys vesieliöstölle on tullut riittävästi kartoitetuksi tällä hetkellä käytössä olevin menetelmin. Vaikka varsinaisten myrkyllisyyskokeiden jatkaminen ei olekaan välttämätöntä, olisi jatkossa kuitenkin pyrittävä selvittämään kertyvien yhdisteiden pitoisuuksia ja vaikutuksia erityisesti pohjaeläimistöön ja kaloihin. tutkimusmenetelmät, analytiikka ja tulosten tulkinta ovat kuitenkin tällä hetkellä vielä sen verran epävarmalla pohjalla, että tällaiseen tutkimukseen ei kannata ryhtyä ilman täsmällisiä ja selkeitä suunnitelmia. Onnistuakseen työ vaatisi varsin laajan ja pitkäaikaisen tutkimusprojektin, jossa eri osapuolet ja tutkimuslaitokset, kuten Neste Oy, vesiviranoamiset ja yliopistot olisivat aktiivisesti mukana.

Jäämäainetutkimuksia voitaisiin Svartbäckinselällä kuitenkin tehdä pienimuotoisemmin, keskittyen vain sellaisiin yhdisteisiin, joiden analytiikka on suhteellisen yksinkertaista ja tulokset helposti tulkittavia. Tällä hetkellä ensisijainen tutkimuskohde on Svartbäckinselän pohjasedimentteihin kertynyt öljy, sen päästölähteet ja levinneisyys. Tutkimuksen yhteydessä voitaisiin selvittää myös sedimenttien raskasmetalli- ja DOP-pitoisuuksia ja mahdollisuuksien mukaan myös PAH-yhdisteitä.

Kun Porvoon edustan merialueen hydrologiset olot katsotaan riittävän hyvin kartoitetuksi, tulee Svartbäckinselän alueella seuraavaksi keskittyä sedimenttitutkimuksiin. Svartbäckinselän rehevöitymistä ja sen aiheuttajia on tutkittu varsin paljon, mutta aiheeseen on tartuttava uudelleen viimeistään siinä yhteydessä, kun asumajätevedenpuhdistamojen purkupaikan siirto tulee ajankohtaiseksi.

6. S U M M A R Y

The effects of effluents from Neste Oy's Porvoo Works have been studied since 1965. Most of the studies have been made under the supervision of the National Board of Waters in order to monitor the impact of the oil refinery on coastal waters. Moreover, more specific studies concerning, for example, the toxicity of the effluents have also been made. This paper presents an overview of the observations made during the last 20 years.

The effluents of Neste Oy's oil refinery are discharged into the Bay of Svartbäck near the town of Porvoo. Oily run-off waters from the industrial area are discharged into the north of the bay. In addition to the oil refinery, Neste Oy's Porvoo works include three separate chemical industry plants, the effluents of which are discharged into the Bay of Svartbäck. The effluents contain chlorinated hydrocarbons, dioctyphthalate and other harmful substances.

The study area is heavily loaded by nutrients and oxygen consuming matter, discharged by two rivers (Porvoon- and Mustijoki), two municipal wastewater plants, a sawmill and Neste Oy's oil refinery. Despite the heavy nutrient loading, the Bay of Svartbäck has remained fairly oligotrophic. This is largely due to the favourable hydrographic conditions of the area, which also help to extenuate the impact of the oily effluents.

In seawater, the concentration of oil has usually been low. In 1980's, concentrations have seldom exceeded 100 $\mu\text{g}/\text{l}$; the highest concentrations found in the discharge area range from 2000 $\mu\text{g}/\text{l}$ to 3800 $\mu\text{g}/\text{l}$ in surface waters. In earlier years, this kind of oil concentrations were more frequently found. After the biological-chemical treatment plant was built in 1972, oil concentrations in seawater have, on the whole, decreased.

In sediments, however, the concentration of oil has remained fairly high in the oil refinery discharge area. Concentrations ranging from 1,6 g/kg to 12,4 g/kg have been found, whereas in the Bay of Orrenkylä (reference area), oil concentrations have remained at a level of 0,2 g/kg.

The area polluted by oily effluents is fairly small. Oil concentrations in sediments decrease to 0,2 - 1,1 g/kg within 500 - 1000 meters from the discharge point. Moreover, the oil is not evenly distributed in the sediments and nearly unpolluted areas can be found very near the oil refinery.

The highest oil concentrations have been found in a small area near the chemical industry discharge point. Despite attempts to elucidate the matter, the origins of this oil is not known. It has been suggested that an oil spill from a ship in 1970's has caused the oil pollution; however, the high oil concentrations may also be due to oily discharges from the chemical industry plants.

The concentrations have remained high, even though no new oil discharge is known to have taken place, and the maximum oil concentration is now found at a depth of 4 - 14 cm. It seems that the total amount of oil in the sediments has not decreased in the last 5 years, and the oil is not being extensively degraded.

Polyaromatic hydrocarbons have also been analyzed in the sediments of the Bay of Svartbäck. The highest concentrations (750 µg/kg) were found in sediments near the chemical industry plants. In the oil refinery discharge areas, PAH-concentrations have been somewhat lower, ranging from 80 to 260 µg/kg.

In the case of Neste Oy's oil refinery, more attention has been paid to other effects of the effluents than those caused by oil. Large amounts of $\text{NH}_4\text{-N}$ are discharged by the oil

refinery, and the concentrations of nutrients has increased in the oil refinery discharge area. As nitrogen seems to be the limiting factor of phytoplankton growth in the area, the effects of the oil refinery discharges are undoubtedly great.

The eutrophicating effects of the effluents were clearly demonstrated in algal tests with Clorella sp. All effluent concentrations used in the test (0,2 - 20 %) clearly stimulated the growth and primary productivity of the test algae. In contrast, tests with a natural population of algae showed that the effluent may also have toxic effects. Higher concentrations (10 - 20 %) of the effluent clearly inhibited primary productivity, whereas lower concentrations (0,1 %) had no effects or stimulated phytoplankton activity.

In similar tests, oil refinery effluents did not inhibit the heterotrophic activity of bacteria. Neither did they show any mutagenicity in Ames'tests, and in tests with zooplankton (Daphnia magna), the effluents had no acute toxic effects.

In the oil refinery discharge area, bottom fauna has clearly been affected by the oil in the sediments. The number of individuals and the diversity of the population is low. Only the most resistant types of bottom fauna have been found in the area. The species distribution is uneven in a way that seems to reflect the similar patchiness of oil distribution in the sediments.

Bottom fauna has been most seriously affected in the chemical industry discharge area, where oil concentrations are the highest. Bottom fauna analysis suggest that the suspected oil spill may have taken place between the years 1974 and 1977. During that period the oligochaetes, for example, almost totally disappeared from the area. In 1980's, the bottom fauna have shown some signs of recovering from the effects of the oil spill. Resistant species of Polychaeta and the mussel Macoma baltica have been found in the area; yet the number of individuals still remains very low.

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

- BJÖRSETH, KNUTZEN, SKEI. 1979. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and mussels from Saudafjord, W.Norway, by glass capillary GC. *Sci Tot. Environ.* 13.
- BRINGMANN, G. & KÜHN, R. 1980. Comparison of the toxicity thresholds of water pollutants to bacteria, algae and protozoa in the cell multiplication inhibition test. *Water Res.* 14: 231-241.
- CHAPMAN, P.M., ROMBERG, G.P. & VIGERS, G.A. 1982. Design of monitoring studies for priority pollutants. *J Water Poll. Control Fed.* 54: 292-297.
- CONCAWE 1979. The environmental impact of refinery effluents. *Concawe Report 5/79.* The Hague.
- DALLNER, G., GANNING, A., ELHAMMER, A. & BRUNK, U. 1982. Ftalaternas effekt på levern. *Statens Naturvårdsverk SNV pm 1552:* 93-101.
- EADIE, B.I., LANDRUM, P.F. & FAUST, W. 1982. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments, pore water and the amphipod, Pontoporeia hoyi from Lake Michigan. *Chemosphere* 11 (9): 847-858.
- FORSIUS, M. 1984. Öljynjalostamoiden ja petrokemian teollisuuden jätevedet ja niiden vesistövaikutukset. *Kirjallisuusselvitys* 55 s. Helsingin vesipiirin vesitoimisto.
- GESAMP 1976. Review of harmful substances. *Rep. Stud. GESAMP* (2). 79 s.
- 1977. Impact of oil the marine environment. *Rep. Stud. GESAMP* (6).
- GORDON, P.C., & PROUSE, N.J. 1973. The effects of three oils on marine phytoplankton photosynthesis. *Mar. Biol.* 22: 329-333.
- KESKUSLABORATORIO OY 1967. Porvoon edustan Svartbäckinlahden tutkimus 1965 -66. *Tutkimusraportti.* 53 s.
- 1970. Porvoon edustan pohjatutkimus. *Tutkimusraportti.* 5 s.
- KOHONEN, T. 1973. Suomen rannikonläheisten merialueiden tila vuosina 1966 -70. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisu* 8. 124 s.
- LAHDEN KAUPUNKI 1984. Porvoonjoen vesistön yhteistarkkailu vuonna 1983. *Elintarvikelaboratorion tiedonanto* 25.

- LEPPÄKOSKI, E., JUMPPANEN, K. & SUOMALAINEN, S. 1979. Pohjaeläimistön tila Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitoksiin liittyvällä merialueella. Yhteenveto vuosilta 1965 -77. Moniste 38 s. Turku.
- LINDSTRÖM, M. 1983. Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitosten jätevedet. Avustavan virkamiehen lausunto 14.11.1983. Vesihallitus.
- MELVASALO, T. & VILJAMAA, H. 1977. Planktonic blue-green algae in polluted coastal waters off Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 19. 34 s.
- MILJÖVÅRDSFRÅGOR VID PETROKEMISK INDUSTRI OCH RAFFINADERIER I GÖTEBORGS OCH BOHUS LÄN. Lägesrapport, 155 s. Landstyrelsen 1978.
- NESTE OY. 1979. Porvoon jäähdytysveden pohjasedimenttianalyysit. Tutkimusraportti. Porvoon mlk.
- 1980. Pohjasedimenttien öljypitoisuusmäärityksiä Porvoon tuotantolaitosten jäähdytysveden purkupaikan edustalla 1979. Tutkimusraportti. Porvoon mlk.
 - 1981, 1982. Jätevesien syanidi-, raskasmetalli- ja PAH-pitoisuusmäärityksiä katselmustoimitusta varten. Tutkimusraportteja. Porvoon mlk.
 - 1983. Pohjaeläimet Porvoon edustan merialueella 1975 -83. Yhteenvetoraportti. Porvoon mlk.
 - 1984. Pohjasedimenttien tutkimus Porvoon tuotantolaitosten edustalla. Yhteenvetoraportti. Porvoon mlk.
- NIEMI, Å. 1975. Ecology of phytoplankton in the Tvärminne area, SW coast of Finland. Acta Bot. Fennica 105: 1-73.
- NIINIMÄKI, J. 1981. Porvoon edustan merialueen kalatalousselvitys. Kala- ja Vesitutkimus Oy. Helsinki.
- 1983. Svartbäckin selän ammattikalastus ja jätevesien vaikutukset vuosina 1978 -83. Kala- ja Vesitutkimus Oy. Helsinki.
 - 1984. Selvitys ruoppaus- ja läjitystyön vaikutuksesta Svartbäckin selän kalastoon ja kalastukseen. Kala- ja Vesitutkimus Oy. Helsinki.
 - 1985. Kalatalousselvitys Porvoon kaupungin ja maalaiskunnan kunnallisten jätevesien vaikutusalueella. Kala- ja Vesitutkimus Oy. Helsinki.

- NIKUNEN, E. 1983. Sköldvikin alueen teollisuuslaitosten jätevesien kalafysiologiset vaikutukset. Vesihallituksen monistesarja 1983: 162.
- 1984. Jätevesien toksisuustestimenetelmistä sekä Sköldvikin alueen teollisuusjätevesien myrkkyyvaikutuksista. Vesihallituksen tiedotus 250.
- PAASIVIRTA, J., PAUKKU, R, MÄNTYKOSKI, K. & VILLA, L. 1985. Haitalliset aineet Sköldvikin meriympäristössä. Yhteenveto 1984 tuloksista. Vesihallituksen monistesarja 1985: 353.
- PACCE (Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment) 1981. Survey of trace substances in Canadian Petroleum industry effluents. Rep. 81/4. Ottawa.
- PENTTINEN, H. 1980. Öljynjalostamon jätevesien vaikutus merialueen rehevöitymiseen. Vesihallituksen monistesarja 1980: 35.
- 1983. Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitosten jätevesien vaikutus vesistöön ja sen käyttökelpoisuuteen. Avustavan virkamiehen lausunto 12.4.1983. Vesihallitus.
- PESONEN; L. 1978. Helsingin ja Espoon merialueiden tarkkailu 1977. HKVV:n tiedonantoja 10. 156 s. Helsinki.
- PERSSON, P-E., PENTTINEN, H. & NUORTEVA, P. 1978. DEHP in the vicinity of an industrial area in Finland. Environ. Poll. 16: 163-166.
- POUTANEN, E-L., RÄISÄNEN, S. & LINDBERG; J. 1981. Determination of some aliphatic hydrocarbons in marine sediments of the Baltic Bay. Chemosphere 10: 347-354.
- RINNE, I. & TARKIAINEN, E. 1975. Chemical factors affecting algal growth off Helsinki. Merentutkimuslaitoksen julkaisu 239: 91-99.
- SARKKULA, J. 1983. Arvio virtauksista ja veden vaihdunnasta Porvoon edustan merialueella. Tutkimusseloste. Vesihallitus, Hydrologian toimisto.
- SKOG, S. 1977. Tolkis bottenfauna undersökning 1975-76. 9 s. Abo Akademi.
- 1979. Tolkisten pohjaeläintutkimus 1977 ja yhteenveto vuosilta 1975-77. Moniste 12 s. Porvoon mlk.
- TALSI, T. 1983. Sköldvikin alueen teollisuuslaitosten jätevesien myrkkyyvaikutukset. Vesihallituksen monistesarja 1983: 161.

- TAMMINEN, T. 1982. Effects of ammonium effluents on primary production and decomposition in a coastal brackish water environment. 1. Nutrient balance and effluent tests. Neth. J. Sea Res. 16 (1).
- OY VESI-HYDRO AB. 1973-84. Porvoon edustan merialueen tarkkailu. Velvoitetarkkailun vuosiyhteenvetot vuosilta 1973-84.
- 1971. Porvoon edustan merialueen tutkimus vv. 1970-71.
 - 1972. Porvoon edustan merialueen tutkimus vv. 1971-72.
 - 1972. Lausunto Porvoon edustan merialueen limnologisesta ja kalataloudellisesta tilasta.
 - 1978. Porvoon tuotantolaitosten jätevesien vaikutusalueen kalataloudellinen tarkkailu.
- VERTA, M., MIETTINEN, V. & ERKOMAA, K. 1977. Kloorattujen fenolien ja ftaalihappoestereiden pitoisuuksia Kymijoen, Pirkkalan Pyhäjärven ja Sköldvikin edustan hauen kylkilihaksessa vuonna 1977. Vesihallitus, julkaisematon.
- VÄÄRISKOSKI, E. 1982. Kalataloudellinen lausunto Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitoksen jätevesien laskulupaa koskevassa katselmustoimituksessa. Vesihallitus 1982. Avustavan virkamiehen lausunto.
- 1983. Täydentävä lausunto Neste Oy:n Sköldvikin Öljynjalostamon kalataloudellisista vaikutuksista. Vesihallitus 1983.

NESTE OY
Porvoon tuotantolaitokset

PITOISUUSRAJOITUKSIA JALOSTAMOJATVEVESILLE ERAISSA EUROOPAN MAISSA V. 1978

MG/L	BELGIUM	DENMARK	GERMANY	UNITED KINGDOM	FRANCE	ITALY	IRELAND	NETHERLANDS
BOD5	15 - 70		15 - 50	20 - 400	30 - 40	40 - 250	-	-
COD	75 - 350		100 - 250	25.	90 - 150	160 - 500	100	100
TOC	-	-	-	-	-	-	-	-
Oil, hydrocarbon	15 - 30	10 - 20	2 - 20	20 - 50	5/20	2 - 10	-	20 - 90
Phenol	0,5 - 1	0,25 - 1	0,2 - 5	1 - 5	0,2 - 1	0,4 - 1,0	-	1,0
Mercaptan	-	-	n.n	-	-	-	-	-
Total nitrogen	10 - 30	-	-	-	-	-	-	-
Ammonium	-	2	10 - 150	4 - 25	-	5 - 30	-	-
Cyanide	0,05	0,1	0,13	0,1 - 0,25	1,0	0,5 - 1,0	-	-
Phosphorus	-	-	-	-	-	5	-	-
Lead	0,05	0,1	-	-	0,1 - 1,0	0,2 - 0,3	-	-
Cadmium	-	-	3	-	0,1	0,02	-	-
Chromium	0,05/0,5	0,1/0,3	-	-	0,05	0,2/4	-	-
Iron	-	-	1	-	-	-	-	-
Copper	-	0,1	1	0,3	2	0,4	-	-
Nickel	-	0,2	3	-	2	4	-	-
Mercury	-	-	-	-	0,1	0,005	-	-
Zinc	-	0,5	3 - 6	-	2	1,0	-	-

EPA:n ympäristömyrkkyluokitus
(CHAPMAN ym. 1982)

Compound	Category rank	Environmental compartment			Compound	Category rank	Environmental compartment		
		Water	Sedi-ment	Biota			Water	Sedi-ment	Biota
Metals and Inorganica					Halogenated aliphatics (cont.)				
Antimony	3	X			1,1,2-Trichloroethane	4	X		
Arsenic	1		X	X	1,1,2,2-Tetrachloroethane	4	X		
Asbestos	3	X			Hexachloroethane	4	X		
Beryllium	1		X	X	Chloroethene (vinyl chloride)	4	X		
Cadmium	1		X	X	1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride)	4	X		
Chromium	1		X	X	1,2-Trans-dichloroethene	4	X		
Copper	1		X	X	Trichloroethene	4	X		
Cyanides	5	X			Tetrachloroethene				
Lead	1		X	X	(perchloroethylene)	4	X		
Mercury	1		X	X	1,2-Dichloropropane	4	X		
Nickel	1		X	X	1,3-Dichloropropene	4	X		
Selenium	1		X	X	Hexachlorobutadiene	1		X	X
Silver	1		X	X	Hexachlorocyclopentadiene	1		X	X
Thallium	1		X	X	Bromomethane (methyl bromide)	4	X		
Zinc	1		X	X	Bromodichloromethane	3	X	X	
Pesticides					Ethers				
Acrolein	2		X	X	Dibromochloromethane	3	X	X	
Aldrin	2	X		X	Tribromomethane (bromofom)	3	X	X	
Chlordane	2		X	X	* Dichlorodifluoromethane	4	X	X	
DDD	1		X	X	* Trichlorofluoromethane	4	X	X	
DOE	1		X	X	Monocyclic aromatics				
DOT	1		X	X	Benzene	4		X	
Dieldrin	1		X	X	Chlorobenzene	2		X	X
Endosulfan and endosulfan sulfate	3		X	X	1,2-Dichlorobenzene	2		X	X
Endrin and endrin aldehyde	1	X	X	X	(o-dichlorobenzene)				
Heptachlor	1		X	X	1,3-Dichlorobenzene	2		X	X
Heptachlor epoxide	1	X	X	X	(m-dichlorobenzene)				
Hexachlorocyclohexane (α , β , δ isomers)	3	X	X		1,4-Dichlorobenzene	2		X	X
γ -Hexachlorocyclohexane (lindane)	3	X	X		(p-dichlorobenzene)				
Isophorone	3	X			1,2,4-Trichlorobenzene	2		X	X
TCDD	1		X	X	Hexachlorobenzene	1		X	X
Toxaphene	1		X	X	Ethylbenzene	4		X	
PCBs and related compounds					Phenols and cresols				
Polychlorinated biphenyls (6 PCB ärochlor)					Phenol				
2-Chloronaphthalene	1		X	X	2-Chlorophenol	3	X		
Halogenated aliphatics					2,4-Dichlorophenol				
Chloromethane (methyl chloride)	4	X			2,4,6-Trichlorophenol	3		X	
Dichloromethane (methylene chloride)	4	X			Pentachlorophenol	1		X	X
Trichloromethane (chloroform)	4	X			Polycyclic aromatics (cont.)				
Tetrachloromethane (carbon tetrachloride)	4	X			Benzo (k) fluoranthene	1		X	X
Chloroethane (ethyl chloride)	4	X			Benzo (ghi) perylene	1		X	X
1,1-Dichloroethane (ethylidene chloride)	4	X			Benzo (a) pyrene	1		X	X
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride)	4	X			Chrysene	1		X	X
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform)	4	X			Dibenzo (a,h) anthracene	1		X	X
Phenols and cresols (cont.)					Fluoranthene				
2-Nitrophenol	3		X		Fluorene	1		X	X
4-Nitrophenol	3		X		Indeno (1,2,3-cd) pyrene	1		X	X
2,4-Dinitrophenol	3		X		Naphthalene	1		X	X
2,4-Dimethylphenol	1		X	X	Phenanthrene	1		X	X
p-Chloro-m-cresol	3		X		Pyrene	1		X	X
4,6-Dinitro-p-cresol	3		X		Nitrosamines and miscellaneous compounds				
Phthalate esters					Dimethyl nitrosamine				
Dimethyl phthalate	1		X	X	Diphenyl nitrosamine	1		X	X
Diethyl phthalate	1		X	X	Di-n-propyl nitrosamine	1		X	X
Di-n-butyl phthalate	1		X	X	Benzidine	3		X	
Di-n-octyl phthalate	1		X	X	3,3'-Dichlorobenzidine	1		X	X
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	1		X	X	1,2-Diphenylhydrazine (hydrazobenzene)	1		X	X
Butyl benzyl phthalate	1		X	X	Acrylonitrile	4	X	X	
Polycyclic aromatics					Acenaphthene				
Acenaphthene	1		X	X	Acenaphthylene				
Acenaphthylene	1		X	X	Anthracene				
Anthracene	1		X	X	Benzo (a) anthracene				
Benzo (a) anthracene	1		X	X	Benzo (b) fluoranthene				
Benzo (b) fluoranthene	1		X	X					

* These compounds have been removed from the EPA priority pollutant list

Kategoriat 1-5: 1 = pysyvät, kertyvät; 2 = pysyvät, kertyvät ja haihtuvat;
3 = pysyvät, ei-kertyvät, 4 = pysyvät, ei kertyvät ja haihtuvat;
5 = pysymättömät

Tutkimustuloksia jalostamoiden jätevesien koostumuksesta
(CONCAWE 1979).

Table 3 Dissolved Hydrocarbons in Water Equilibrated With 10% vol Gas Oil
(as determined by High Resolution Gas Chromatography)

Component	Conc., mg/l	Component	Conc., mg/l
Benzene	0.36	n-Butylbenzene	0.007
Toluene	0.61	1-Methyl-4-propylbenzene	
n-Octane	0.016	1,2-Diethylbenzene	0.004
Ethylbenzene	0.13	1,3-Dimethyl-5-ethylbenzene	0.02
1,4-Dimethylbenzene	0.44	1,4-Diethylbenzene	
1,3-Dimethylbenzene		1-Methyl-2-propylbenzene	0.012
1,2-Dimethylbenzene	0.24	1,4-Dimethyl-2-ethylbenzene	0.026
n-Nonane	0.004	1,3-Dimethyl-4-ethylbenzene	0.026
Isopropylbenzene	0.011	1,2-Dimethyl-4-ethylbenzene	0.034
n-Propylbenzene	0.022	1,3-Dimethyl-2-ethylbenzene	0.004
1-Methyl-3-ethylbenzene	0.079	1,2-Dimethyl-3-ethylbenzene	0.006
1-Methyl-4-ethylbenzene	0.029	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.02
1,3,5-Trimethylbenzene	0.054	1,2,3,5-Tetramethylbenzene	0.032
1-Methyl-2-ethylbenzene	0.056	5-Methylindan	0.029
Tert-butylbenzene	0.19	1,2,3,4-Tetramethylbenzene	0.12
1,2,4-Trimethylbenzene		4-Methylindan	0.032
Isobutylbenzene	0.003	Tetralin	0.046
n-Decane	0.007	Naphthalene	0.39
sec-Butylbenzene		2-Methylnaphthalene	0.27
1-Methyl-3-isopropylbenzene	0.012	1-Methylnaphthalene	0.22
1-Methyl-isopropylbenzene		Biphenyl	0.026
1,2,3-Trimethylbenzene	0.11	2-Ethyl-naphthalene	0.039
Indan	0.02	1-Ethyl-naphthalene	0.027
1-Methyl-2-isopropylbenzene	0.002	1,4-Dimethylnaphthalene	0.024
1,3-Diethylbenzene	0.005	Balance	0.42
1-Methyl-3-n-propylbenzene	0.013		
		Total	4.2

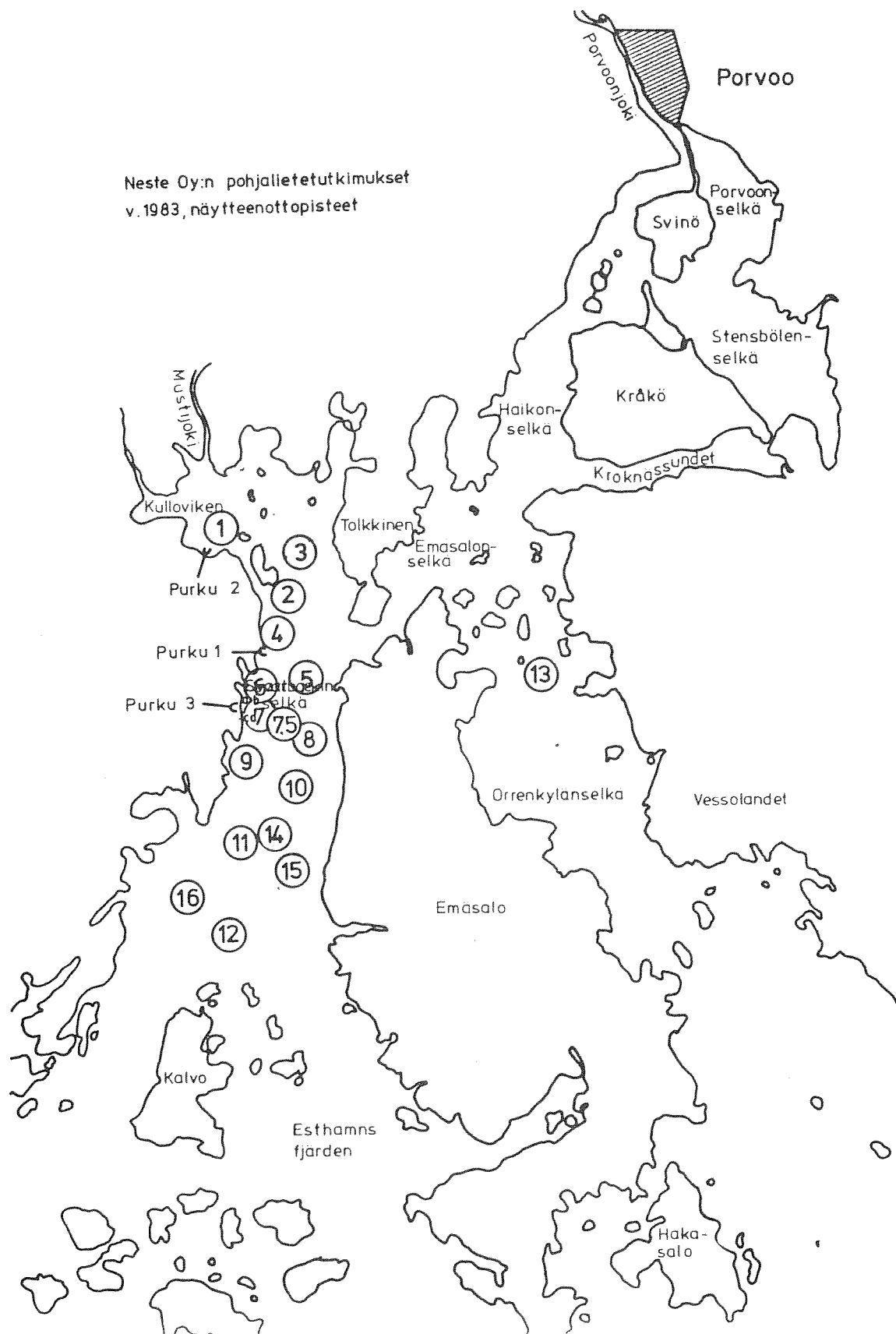
Kanadalaisten öljynjalostamoiden haitta-ainepitoisuuksia
(PACCE 1981)

COMPOUND OR METAL DETECTED	FREQUENCY OF DETECTION	CONCENTRATION			COMPOUND OR METAL NOT DETECTED	
		MINIMUM (µg/L)	MAXIMUM (µg/L)	MEAN (µg/L)		
PURGEABLE GROUP						
Benzene	7 (50%)	Trace	770	226	Bromodichloromethane Dichlorofluoromethane 1,1-Dichloroethylene 1,3-Dichloropropene -cis -trans	
Carbon Tetrachloride	4 (29%)	Trace	20	6.7		
Chloroform	11 (79%)	Trace	26	10.7		
1,1-Dichloroethane	2 (14%)	2.7	9.3	6.0		
1,2-Dichloroethane	2 (14%)	16	140	78.		
1,2-Dichloropropane	2 (14%)	4.0	15	9.5		
Ethylbenzene	4 (29%)	Trace	23	7.2		
Methylene Chloride	12 (86%)	2.0	180	45.1		
Toluene	8 (57%)	Trace	840	208		
1,1,1-Trichloroethane	5 (36%)	Trace	5.6	2.7		
Trichlorofluoromethane	2 (14%)	4.8	5.3	5.1		
BASE NEUTRAL GROUP						
Acenaphthene	1 (7%)	Trace	Trace	Trace		Benzo(a)Pyrene Fluoranthene Butylbenzylphthalat Di-n-octylphthalate
Acenaphthalene	1 (7%)	Trace	Trace	Trace		
Anthracene	2 (14%)	Trace	0.05	0.13		
Benzo(a)Anthracene	3 (21%)	Trace	9.0	4.2		
Benzo(k)Fluoranthene	4 (29%)	Trace	0.1	0.10		
Chrysene	4 (29%)	Trace	2.8	1.3		
Fluorene	3 (21%)	Trace	5.1	2.4		
Naphthalene	8 (57%)	Trace	32	7.3		
Phenanthrene	4 (29%)	Trace	13	3.6		
Pyrene	5 (36%)	Trace	1.6	0.9		
Di-n-butylphthalate	1 (7%)	Trace	Trace	Trace		
Diethylphthalate	2 (14%)	12	21	16.5		
Dimethylphthalate	1 (7%)	14	14	14		
bis-(2-Ethylhexyl) Phthalate	4 (29%)	Trace	14.4	11.1		
bis-(2-Chloroisopropyl) Ether	1 (7%)	37	37	37		
ACID GROUP						
Phenol	6 (43%)	Trace	920	162	p-Chloro-m-cresol 4,6-Dinitro-o-cresol	
PESTICIDE GROUP						
Polychlorinated Biphenyls	3 (21%)	0.033	0.54	0.20	Polychlorinated Terphenyls	
Hexachlorobenzene	9 (64%)	Trace	0.17	0.03	Polybrominated Biphenyls Toxaphene	

PAH-yhdisteiden pitoisuus Neste Oy:n edustan merialueen
pohjasedimenteissä v. 1983
(µg/kg) kuiva-ainetta)

	*)1	2	3	4	5	6	7.a	7.b	7.c	7.d	7.5	8	9	10	11	13	16
Naftaleeni	0,5	11	0,1	0,1	<0,1	0,2	<0,1	40	2,0	54	1,4	10	11	<0,1	87	4,3	<0,1
Asenftyyleeni	0,5	7,3	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	2,8	<0,1	7,4	0,3	<0,1	0,3	<0,1	3,1	0,4	<0,1
Asenaftteeni	0,8	3,1	0,1	0,2	<0,1	0,1	0,3	7,4	<0,1	57	0,4	<0,1	4,1	0,2	3,1	0,5	<0,1
Fluoreeni	1,2	17	0,4	0,6	0,5	1,1	1,6	56	8,0	470	2,0	1,8	36	1,0	42	2,8	<0,1
Fenantreeni	4,6	56	1,2	1,3	1,9	1,9	5,3	140	28	1460	17	14	180	1,6	99	11	<0,1
Antraseeni	0,7	9,1	0,2	0,3	0,8	0,6	1,7	39	9,5	320	3,4	3,0	19	0,3	24	2,3	<0,1
Fluoranteeni	4,6	29	2,2	1,4	3,5	0,9	2,2	12	2,1	200	13	2,8	65	3,0	15	2,6	<0,1
Pyreeni	0,5	37	2,7	1,9	6,6	1,7	3,3	14	3,0	340	17	1,7	40	3,8	18	2,8	<0,1
B(a)antraseeni	1,0	8	0,4	0,5	1,5	0,3	0,8	6	1,2	120	3,6	1,3	14	0,7	6,3	1,0	<0,1
Kryseeni	2,0	17	0,8	0,8	4,0	0,5	1,8	6	1,4	120	10	1,3	14	1,4	7,3	1,4	<0,1
{B(b)fluoranteeni B(k)fluoranteeni	2,4	14	1,4	1,0	3,4	0,6	1,0	7,7	1,5	57	6,7	1,6	11	2,0	7,7	2,2	<0,1
B(a)pyreeni	1,0	9,2	0,6	0,4	1,6	0,3	0,4	3,2	1,2	15	3,2	0,8	1,6	0,4	2,8	0,7	<0,1
Di(a,h)antraseeni	<0,1	0,6	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	-	4,3	0,4	3,2	4,3	0,4	0,3	0,2	0,6	0,4	<0,1
B(g,h,i)peryyteeni	0,8	2,4	0,2	0,3	0,9	0,2	0,3	7,1	1,0	13	7,1	1,1	5,8	0,3	6,1	0,8	<0,1

*) Näytteenottopisteet ovat liitteessä 5 b.



VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA

1. Julkaiseminen vesi- ja ympäristöhallinnossa. Helsinki 1987.
2. Heikkilä, Raimo: Kyrönjoen deltan sedimenttitutkimus 1983-1985. Helsinki 1986.
3. Nyman, Kurt; Anttila, Marja-Eliisa; Lax, Hans-Göran; Sarvala, Jouko: Koskien pohjaeläimistö jokien laatuluokittelun perustana.
Nyman, Kurt; Anttila, Marja-Eliisa; Lax, Hans-Göran: Pohjaeläinnäytteenotto käsihaavilla virtaavasta vedestä. Helsinki 1986.
4. Vesistöhankeiden vaikutusten arviointi. Helsinki 1986.
5. Talsi, Tuija: Porvoon edustan merialueen tila ja sen kehitys vuosina 1965-1984. Helsinki 1987.
6. Lax, Hans-Göran: Vattenkvalitet och longitudinell zonering hos makrozoobentos i forsavsnitt i Malax å (västra Finland). Helsinki 1987.