

Tiedotus
Report

254

MARJA KAUPPI
ILPPO KETTUNEN
JARMO KIVINEN
RIITTA NIINIOJA
OLAVI SANDMAN

SAIMAAN TILA JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

HELSINKI 1985

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesihallituksen virallisena kannanottona.

VESIHALLITUKSEN TIEDOTUKSIA koskevat tilaukset: Valtion painatuskeskus PL 516, 00101 Helsinki,
puh. (90) 539 011/julkaisutilaukset

ISBN 951-46-8615-2
ISSN 0355-0745

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
JOHDANTO	5
1 ORIVEDEN - PYHÄSELÄN ALUE	8
1.1 Valuma-alueen yleispiirteet	8
1.2 Kuormittava toiminta	11
1.3 Vesistön tila	14
1.31 Tarkkailu- ja havaintotoiminta	14
1.32 Pyhäselän - Jänisselän alue	15
1.33 Heposelän alue	22
1.34 Puhosselän alue	26
1.35 Oriveden eteläosa: Savonselkä, Sampaanselkä ja Paasivesi	31
1.4 Vesistön käyttökelpoisuus	36
2 PYYVEDEN SEKÄ ENONVEDEN - HEINÄVEDEN ALUEET	38
2.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus	39
2.2 Alueelle tuleva kuormitus	39
2.3 Veden laatu ja biologia ja siihen kohdistuneet tutkimukset	40
2.4 Yhteenveto	45
3 HAUKIVESI	46
3.1 Haukiveden valuma-alueen ja hydrologian yleispiirteet	47
3.2 Kuormitus	49
3.3 Haukiveden tila	53
3.4 Vesistön käyttökelpoisuus ja toipuminen	59
4 PURUVESI	61
4.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus	62
4.2 Alueelle tuleva kuormitus	62
4.3 Puruveden veden laatu ja biologia sekä siihen kohdistunut tutkimukset	64
4.4 Yhteenveto	70
5 UTRASVESI JA VÄISTÖNSELKÄ	72
5.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus	73
5.2 Alueelle tuleva kuormitus	73
5.3 Veden laatu ja siihen kohdistuneet tutkimukset	74
5.4 Yhteenveto	80

	Sivu
6 PIHLAJAVEDEN - KOKONSELÄN ALUE	81
6.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus	83
6.2 Alueelle tuleva kuormitus	84
6.3 Veden laatu ja biologia sekä siihen kohdistuneet tutkimukset	86
7 UKONVEDEN VESISTÖALUE ELI MIKKELIN ALAPUOLINEN SAIMAAN VESISTÖ	96
7.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus	96
7.2 Vesistöön kohdistuva kuormitus	98
7.3 Vesistön veden laatu ja biologia sekä siihen kohdistuneet tutkimukset	99
7.4 Yhteenveto	104
8 PUUMALANSALMEN ETELÄPUOLISEN SAIMAAN POHJOISET OSAT	105
8.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus	106
8.2 Alueelle tuleva kuormitus	107
8.3 Veden laatu ja biologia sekä siihen kohdistuneet tutkimukset	108
8.4 Yhteenveto	113
9 ETELÄ-SAIMAA	114
9.1 Valuma-alueen yleispiirteet	115
9.2 Tutkimustoiminnasta	116
9.3 Kyläniemen pohjoispuoliset alueet	117
9.4 Pien-Saimaa	118
9.5 Itäinen Pien-Saimaa	120
9.6 Etelä-Saimaa	124
9.7 Vuoksen edusta	133
9.8 Haapavesi	136
 KIRJALLISUUS	 137

JOHDANTO

"Ei, kuulkaa hyvät ihmiset, kyllä asia on niin, että Saimaa, tämä Suur-Saimaa sittenkin on yliveto kaikista Suomen järvistä, ja se on koko Euroopan ihanin järvi -siitä ei pääse yli eikä ympäri. Saimaa niistä on kaunein, komein ja suurpiirteisin."

(Aarre A. Nuutinen: Saimaa. Porvoo 1936)

Jo viisi vuosikymmentä sitten em. sitaatin esittämistä ihannoivista kuvauksista huolimatta Saimaasta löytyi jätevesien pilaamia vesialueita. Nyt tilanne on vakava. Huolimatta teollisuuden rakentamista puhdistuslaitoksista ovat jätevesien vaikutusalueet laajat ja ne ovat pysyneet lähes muuttumattomina.

Tämän kirjan tarkoituksena on antaa yleiskuvaus Suur-Saimaasta, joksi katsotaan Vuoksen vesistön lähes tasapinnassa oleva alue Vuoksen suulta Imatralta Konnuksen ja Karvion virtoihin ja Pielisjokeen Joensuussa. Aluetta on kuvattu myös vesihallituksen julkaisuja -sarjassa nrot 27, 34 ja 42.

Vuoksen vesistöalueen pinta-ala on noin 61 625 km². Tästä Suur-Saimaaseen kuuluu noin 10 461 km² (Seuna 1971). Vuoksen virtaama Hydrologisten vuosikirjojen mukaan on 1961 - 80 (MQ) 537 m³/s.

Suur-Saimaaseen laskevat laajat latvavesistöt Pielisjärvestä Pielisjokea pitkin ja Kallavedestä Konnuksen ja Karvion virtojen kautta.

Pielisjoki, Jakokoski	F = 20 975	km ²
	L = 12,7	%
	MQ = 228	m ³ /s
Konnus + Karvio	F = 16 270	km ²
	L = 15,3	%
	MQ = 132	m ³ /s

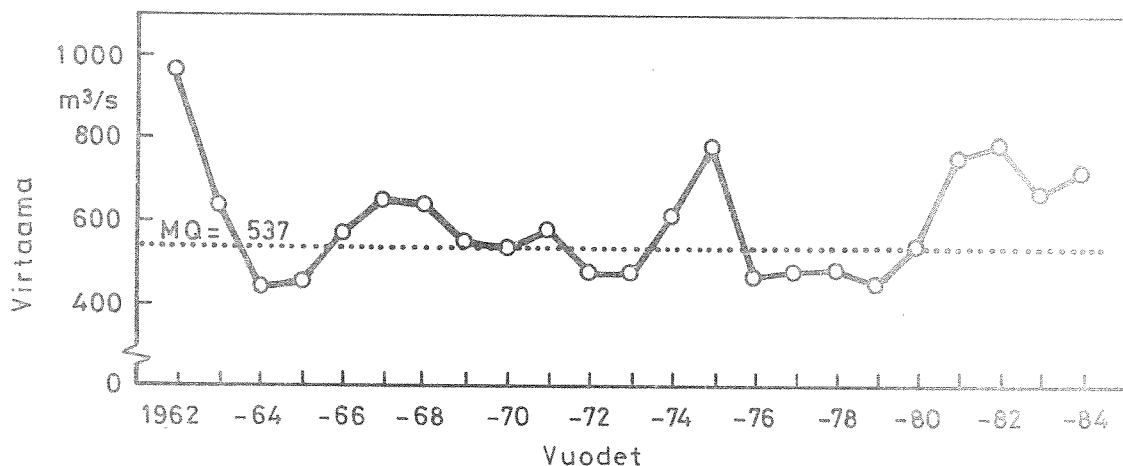
1970 - 84 vuosisadannat ovat vaihdelleet 500 - 830 mm välillä.

Vuodet

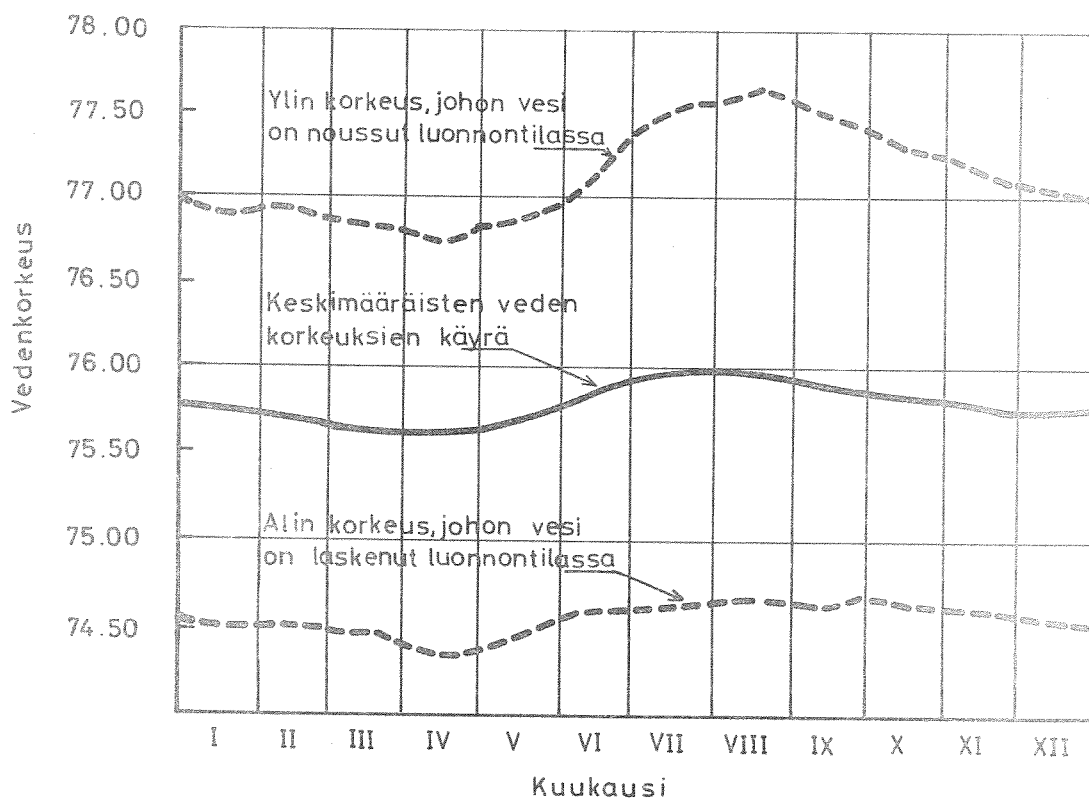
1970	-72	-74	-76	-78	-80	-82	-83	ka 1960 - 80
624	571	831	530	506	641	604	754	616

sadannat

Vuoksen vesistö on virtaamaltaan lähes luonnonmukainen. Suurten tulvien estämiseksi suoritetaan poikkeusjuoksuksia, jolloin virtaama saattaa nousta yli 1 000 m³/s. Vuosikeskiarvojen mukaan on vaihtelu ollut seuraava:



Saimaan pinnankorkeudet ovat vaihdelleet 74,49 - 77,65 = 3,16 m välillä.



Jääpeitteen kesto aika on noin 160 vuorokautta. Jään paksuus vaihtelee keskimäärin 30 - 60 cm välillä. Veden lämpötila talvella, jään alla, on noin + 0,2°C. Järvi altaan syvyydestä ja mm. jääntulon ajankohdasta riippuen syvän veden lämpötila vaihtelee + 2°C - + 4°C välillä. Avovesikauden pitkäaikaiset pintaveden lämpötilan keskiarvot vaihtelevat 7,2°C - 18,8°C välillä.

Kuukausi	V	VI	VII	VIII	IX	X
Lämpötila 1960 - 80	9,2	16,5	18,8	18,4	13,8	7,2

Tässä työssä esitetty aineisto perustuu vesihallituksen tutkimuksiin sekä muiden tutkimuslaitosten tekemien ns. velvoitetutkimusten tuloksiin. Työhön ovat osallistuneet seuraavat henkilöt:

Pohjois-Karjalan vesipiiri:	Marketta Ahtiainen Marja Kauppi Riitta Niinioja
Kuopion vesipiiri:	Irmeli Taipalinen
Mikkelin vesipiiri:	Jarmo Kivinen Olavi Sandman
Kymen vesipiiri:	Ilppo Kettunen

Julkaisun toimittajana on ollut Ilppo Kettunen.

1 ORIVEDEN - PYHÄSELÄN ALUE

1.1 Valuma-alueen yleispiirteitä

Oriveden - Pyhäselän alueella tarkoitetaan Vuoksen vesistön Orivirran yläpuolista osaa (kuva 1). Oriveden-Pyhäselän vesistöalueeseen kuuluvat Pyhäselän vesistöalue (nro 4.32), Oriveden alue (nro 4.31), Onkamojärven vesistöalue (nro 4.37) ja Piimäjoen vesistöalue (nro 4.38). Alueiden pinta-alat ja järvisyydet sekä pelto- ja suoprocentit ovat seuraavat:

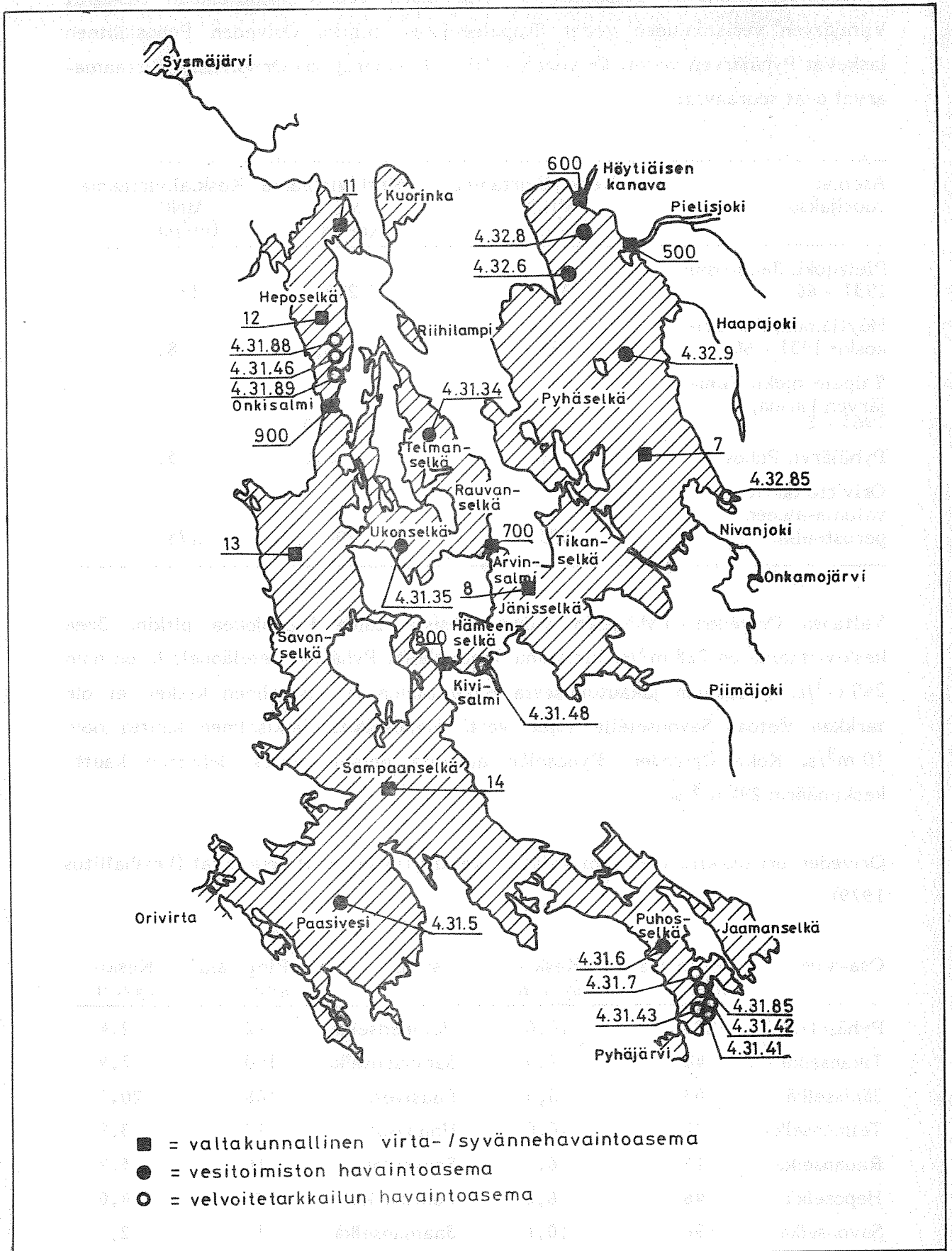
Vesistöalue	nro	Valuma-alueen pinta-ala, km ²	Valuma-alueen järvisyys, %	Valuma-alueesta	
				peltoa, %	suota, %
Pyhäselän alue	4.32	2 715		11,3	5,3
Oriveden alue	4.31			7,2	5,9
Onkamojärven alue	4.37	300	19,6	9,1	13,4
Piimäjärven alue	4.38	115	4,5	5,7	30,9
Yhteensä		3 200			

Koko yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala on 28 510 km² ja järvisyys 16,4 %. Kallioperältään alue kuuluu ns. karjalaiseen liuskejaksoon (Vesihallitus 1979).

Säätietoja on saatavissa Joensuun lentoasemalta (ilmastoasema), Liperin Siikasalmelta (sadanta, lumi, routa) ja Rääkkylän kirkonkylästä (sadanta, lumi). Joensuun lentoasemalla vuosijakson 1931 - 60 keskimääräiset lämpötila- ja sadantatiedot ovat seuraavat:

Kuukausi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Koko vuosi
Sadanta (mm)	45	34	29	33	38	58	72	73	66	62	50	45	605
Lämpötila (°C)	-10,5	-10,4	-6,4	0,9	7,8	13,6	16,7	14,8	9,2	3,1	-1,9	-6,5	2,5

Termisen kasvukauden pituus on 155 - 160 vrk. Kokonaissäteily vaakasuoralle pinnalle vuosijaksolla 1931 - 55 on ollut 65 - 70 kcal/cm²v (Vesihallitus 1979). Jääpeitteen kesto vuosina 1975 - 81 Pyhäselän - Oriveden alueella on vaihdellut 150 - 192 vrk.



Kuva 1. Vedenlaatu havaintoasemia Oriveden - Pyhäselän alueella.

Pyhäselkään laskevat Pielisjoen ja Höytiäisen vedet. Heposelkään laskevat Viinijärven vesistöalueen vedet Taipaleenjokea pitkin. Oriveden Puhoslahteen laskevat Pyhäjärven vedet. Oriveden - Pyhäselän alaraja on Orivirrassa. Virtaamavertot ovat seuraavat:

Asema; vuosijakso	Keskiylivirtaama MHQ (m ³ /s)	Keskivirtaama MQ (m ³ /s)	Keskialivirtaama MNQ (m ³ /s)
Pielisjoki, Jakokoski; 1931 - 60	365	228	135
Höytiäinen, Puntari- koski; 1931 - 60	31	16,1	8,1
Taipaleenjoki, Viini- järven luusua; 1965 - 81		7,5	
Pyhäjärvi, Puhos	21	8,2	5,4
Orivirta (arvio valuma-alueen perusteella)	475	294	178

Valtaosa Oriveden - Pyhäselän alueen vesistä tulee Pielisjokea pitkin. Joen keskivirtaama on 228 m³/s. Virtaama Jänisselällä, Pyhäselän eteläpuolella on noin 240 m³/s. Virtaaman jakautumisesta Arvinsalmen ja Kivisalmen kesken ei ole tarkkaa tietoa. Savonselälle tulee vettä Heposelältä Onkisalmen kautta noin 10 m³/s. Koko Oriveden - Pyhäselän alueelta poistuu vettä Orivirran kautta keskimäärin 294 m³/s.

Oriveden eri osa-alueiden pinta-alat ja keskisyvyydet ovat seuraavat (Vesihallitus 1979):

Osa-alue	Pinta-ala km ²	Keski- syv. m	Osa-alue	Pinta-ala km ²	Keski- syv. m
Pyhäselkä	229	10,0	Hämeenselkä	12	2,4
Tikanselkä	48	7,5	Sampaanselkä	140	7,9
Jänisselkä	53	6,3	Paasivesi	108	20,7
Telmonselkä	22	10,0	Haapasalmi	17	3,9
Rauanselkä	15	6,1	Sangenlahti	10	5,2
Heposelkä	46	6,2	Puhosselkä	30	4,0
Savonselkä	96	10,6	Jaamanselkä	16	2,1
Pyssyselkä	18	8,8	Orivesi - Pyhäselkä	897	9,8

Suur-Saimaan pohjoisimmassa osassa eli Oriveden - Pyhäselän alueella vedenkorkeudet ovat hieman suuremmat kuin eteläisellä Saimaalla. Oriveden - Pyhäselän vedenkorkeudet ovat seuraavat:

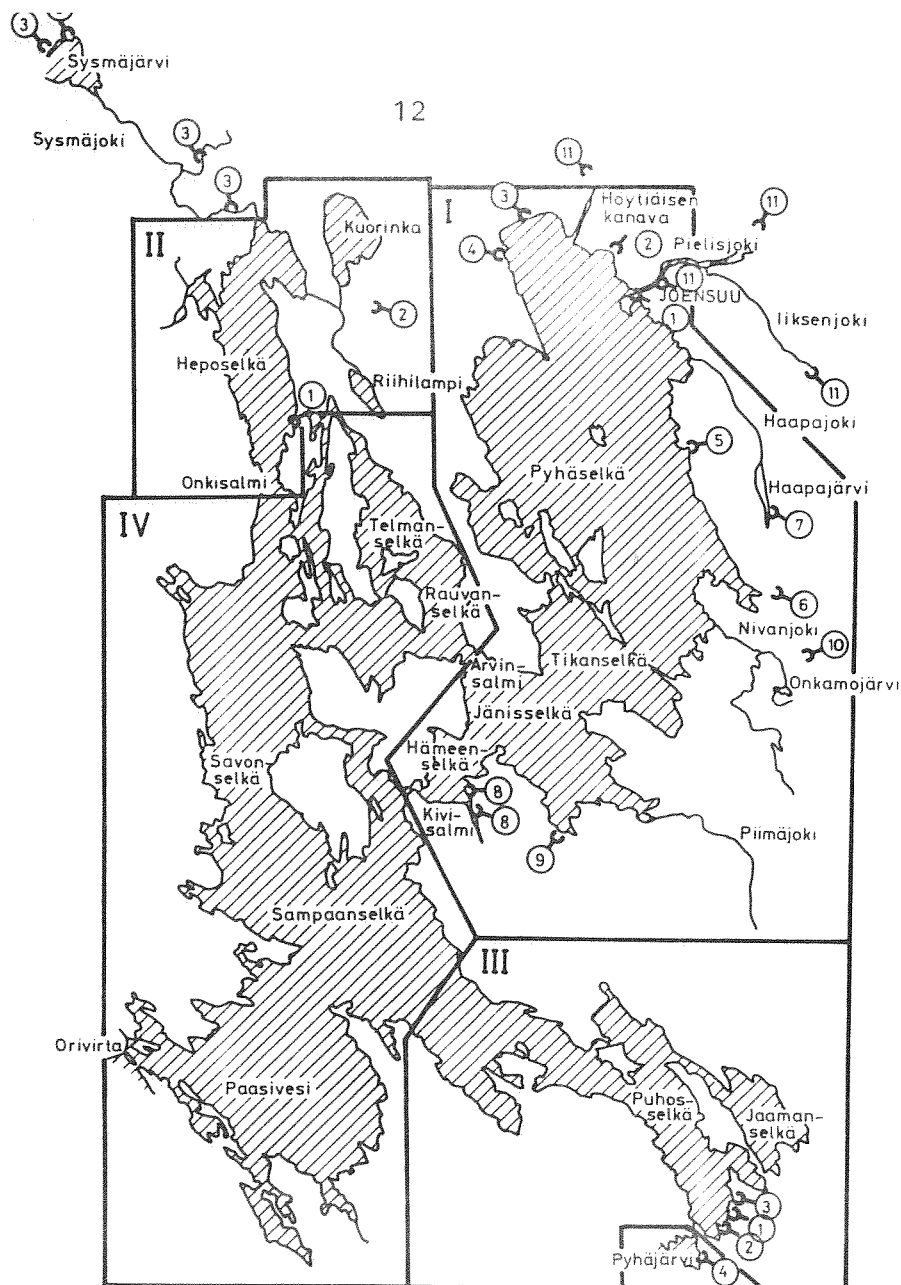
Asteikko; vuosijakso	Ylivesi HW	Keski- ylivesi MHW	Keski- vesi MW	Keski- alivesi MNW	Alivesi NW (m)
Joensuun ala-asteikko; 1931 - 60	NN + 77,12	+ 76,20	+ 75,79	+ 75,37	+ 74,47
N ₆₀ = NN + 14 cm					

Vuodesta 1976 lähtien alueen vedenkorkeutta on havainnoitu myös Arvinselällä, jossa on vesihallituksen hydrologian toimiston limnigrafiasema. Asemalla on ns. puhuva pääte, josta saadaan puhelimitse tieto vedenkorkeudesta (puh. 973 - 665 135).

1.2 Kuormittava toiminta

Oriveden - Pyhäselän alueelle kohdistuva asumajätevesikuormitus ilmenee taulukosta 1 ja teollisuuden kuormitus taulukosta 2. Jätevesien purkupaikat on esitetty kuvassa 2. Välillisistä kuormittajista tärkeimpiä on Enso-Gutzeit Oy:n Uimaharjun selluloosatehdas, jonka vuostuotanto v. 1983 oli $106,8 \cdot 10^3$ t/v, jätevesimäärä $73,9 \cdot 10^3$ m³/vrk ja vesistökuormitukset seuraavat: kiintoaine 1,8 t/vrk, BOD₇ 10,6 t O₂/vrk, fosfori 60 kg/vrk ja typpi 175 kg/vrk. Iiksenjoesta Pielisjoen kautta Pyhäselkään kulkeutuvat lisäksi Outokumpu Oy:n Hammaslahden kaivoksen jätevedet. Sysmäjärven ja Taipaleenjoen kautta Heposelkään purkautuvat Outokumpu Oy:n Keretin ja Vuonoksen kaivosten jätevedet sekä Outokummun kaupungin jätevedet.

Joensuun kaupunki laski ennen Kuhasalon puhdistamon valmistumista (v. 1975) jätevetensä suoraan Pielisjokeen. Kaupungin aiheuttama vesistökuormitus Pyhäselkään on tällöin ollut erittäin merkittävä, 10 - 30 % Pielisenjoen ainevirtaamasta. Puhdistamon valmistumisen jälkeen jätevesien aiheuttama kuormitus on ollut 1 - 3 % Pielisjoen vastaavista ainevirtaamista (Viljanen 1981). Joensuun Kuhasalon puhdistamolle Itä-Suomen vesioikeus on v. 1982 asettanut seuraavat käsittelyvaatimukset lähtevässä jätevedessä: BOD₇ korkeintaan 25 mg/l ja kokonaisfosfori korkeintaan 0,8 mg/l (puhdistusteho fosforin osalta vähintään 90 %) neljännesvuosikeskiarvoina. Jätevedenpuhdistuksen tavoitearvoina on BOD₇:n



I Pyhäselän - Jänisselän alue

- 1 Joensuun kaupunki
- 2 Kontiolahti, Lehmo
- 3 Pohjois-Karjalan Sähkö
- 4 Liperi, Ylämylly
- 5 Pohjois-Karjalan Opisto
- 6 Pyhäselkä, Hammaslahti
- 7 Vanhainkoti Iltarauha
- 8 Rääkkylä, kirkonkylä
- 9 Rääkkylä, Rasivaara
- 10 Karjalan Lohi Oy
- 11 Ulkopuolelta tulevaa kuormitusta mm.
 - Enso-Gutzeit Oy, Uimaharju
 - Outokumpu Oy, Hammaslahti
 - Rauma-Repola Oy
 - Pohjois-Karjalan Rajavartiosto

II Heposelän alue

- 1 Liperi, kirkonkylä
- 2 Liperin Peruna
- 3 Ulkopuolelta tulevaa kuormitusta mm.
 - Outokumpu Oy, Vuonos ja Keretti
 - Outokummun kaupunki
 - Liperi, Viinijärvi
 - kaksi kalalaitosta

III Puhoselän alue

- 1 Oy Norenin Ab
- 2 Oy Kitee Puhos Ab ja tehtaiden sosiaali- jätevedet
- 3 Plan-Sell Oy, Kiteen saha
- 4 Ulkopuolilta tuleva
 - Kiteen Puhos

Kuva 2. Jätevesikuormittajat Oriveden - Pyhäselän alueella

osalta 20 mg/l (puhdistusteho 90 %) ja kokonaisfosforin osalta 0,5 mg/l. Jätevedenpuhdistamo on tehostettava vuoden 1987 alkuun mennessä niin, että em. tavoitepitoisuudet ja vähintään 90 %:n puhdistusteho saavutetaan.

Puutavaran uitto on tällä alueella huomattavaa. Uitettu puutavara v. 1983 oli yli 1,6 milj. uittoyksikköä (Pohjois-Karjalan Uittoyhdistys 1984). Jätevesikuormituksen lisäksi mm. uiton pudotuspaikat ja vesivarastoalueet voivat aiheuttaa paikallista vesistökuormitusta. Varsinkin happea kuluttava kuormitus on osoittautunut suureksi. Pajulan ja Matinveden (1984) mukaan 20 000 k-m³:n puumäärän kahden viikon vesivarastointi kuormitti vesistöä yhtä paljon kuin 2 800 asukkaan puhdistamattomat jätevedet biologisen hapen tarpeen (BOD₇) osalta ja 150 asukkaan puhdistamattomat jätevedet kokonaisfosforin osalta.

Hajakuormituksesta puhuttaessa on muistettava, että maatalous on vesistöjemme suurin yksittäinen ravinnekuormittaja. Maataloudessa tapahtuneet muutokset, lannoitteiden käytön kaksinkertaistuminen viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana, samoin kuin tuotantoyksiköiden suureneminen, ovat lisänneet maatalouden potentiaalista kuormitusta. Kuormituslukuina on viljelysmaille esitetty tyypelle arvo 12 kg/ha · v ja fosforille 0,57 kg/ha · v (Kauppi 1984).

Taulukko 1. Asumajätevesikuormitus vuosina 1982 - 83 (Vesihallitus 1984 a, b)

Kuormittaja vuosi	Jätevesimäärä m ³ /vrk	Kuormitus kg/v BOD ₇	kok. N	kok. P	Jäteveden käsittely *)
Joensuu, Kuhansalo					JS
1983	16 899	721	14,9	450	
1982	18 354	480	9,0	483	
Kontiolahti, Lehmo					I
1983	90	3,0	0,8	4,0	
1982	112	4,2	1,2	5,7	
Liperi, Ylämylly					RS
1983	578	10,0	1,3	13,0	
1982	399	14,1	1,4	12,9	
Pyhäselkä, Hammaslahti					JS
1983	319	4,0	0,1	6,0	
1982	400	0,9	0,1	9,2	
Rääkkylä, kirkonkylä					L ja TL
1983	820	13,0	1,3	6,0	
1982	340	35,6	3,1	21,4	
Liperi, kirkonkylä					RS
1983	650	29,0	0,8	12,0	
1982	669	24	0,7	8,3	

*) JS = jälkisaostus, I = imeytysojasto, RS = rinnakkaissaostus, L = lammikko, TL = tehostettu lammikko

Alueelle johdetaan puhdistettuja jätevesiä lisäksi seuraavista alle 200 asukkaan jätevedenpuhdistamoista: Pohjois-Karjalan Opisto (Pyhäselkä), Rääkkylän Rasivaaran taajama (Jänisselkä) ja Puhoksen tehtaiden sosiaali-jätevedet (Puhosselkä).

Taulukko 2. Teollisuuden jätevesikuormitus vuosina 1982 - 83
(Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimisto 1983, 1984)

Kuormittaja vuosi	Jätevesimäärä m ³ /v kuormittava muu		Kuormitus, tonnia/v					Muu aine
			BOD ₇	Kok.P	Kok.N	COD	Kiinto-	
Oy Kiteen Puhos Ab								
1983		370 000	13,4	0,02	0,3		12	
1983		370 000	1,4	0,06	0,4	2,9	5,1	1)
Oy Noresin Ab								
1983	120	1 880 000	4,3	0,03	1,0			2)
1982	396 000	2 098 000	6,2	0,03	3,1	16,2		3)
Plan-Sell Oy *)								
1983	45 000		14,3	0,08	0,3	5,3	2,6	
1982	66 000		14,3	0,07	0,3	6,5	2,8	

*) puhdistamo valmistui loppuvuonna 1983

1) kokonaisrikki 0,1

2) formaliini 0,03, metanoli 235

3) formaliini 0,8, metanoli 1,5

1.3 Vesistön tila

1.31 Tarkkailu- ja havaintotoiminta

Oriveden - Pyhäselän alueella on viranomaisen toimesta havainnoitavia valtakunnalliseen syväne- ja virtahavaintovekkoon kuuluvia asemia seuraavasti:

Syvänneasemat:	vesistö- alue	asema nro	Virtahavaintoasemat:	vesistö- alue	asema nro
Pyhäselkä, Kokonlahti	4.32	7	Pielisjoki, Hasaniemi	4.32	500
Orivesi, Jänisselkä	4.32	8	Höytiäisen kanava	4.81	600
Heposelkä, pohjoisosa	4.31	11	Jänisselkä, Arvinsalmi	4.32	700
Heposelkä, Tiilitehtaan edusta	4.31	12	Hämeenselkä, Kivisalmi	4.32	800
Savonselkä	4.31	13	Orivesi, Onkisalmi	4.31	900
Sampaanselkä	4.31	14			

Havaintoasemien sijainti ilmenee kuvasta 1.

Valtakunnallisten asemien lisäksi vesistöalueella (4.32) vesitoimisto havaitsee säännöllisesti seuraavia asemia: Kaskesniemen laita, Noljakansaaren edusta ja Pyhäsaaren syväne (kuva 1). Vesistön kuormittajien ns. velvoitetarkkailuihin sisältyviä havaintoasemia on em. Joensuun edustan lisäksi Pyhäselän Hammaslahden taajaman edustalla ja Rääkkylän kirkonkylän edustalla.

Oriveden alueella (4.31) vesitoimiston säännöllisesti havaitsemia asemia ovat Telmonsella, Ukonsella, Puhossella kaksi asemaa ja Paasivesi. Velvoitetarkkailujen havaintoasemia on Oy Kiteen Puhos Ab:n lastulevytehtaan ja Oy Noresin Ab:n liimatehtaan edustalla sekä Plan-Sell Oy:n Kiteen sahan edustalla. Lisäksi tie- ja vesirakennuslaitoksen väylätöiden vesistövaikutuksia on tarkkailtu useilla havaintoasemilla Kivisalmen ympäristössä ja Puhossella - Paasiveden alueilla (Insinööritoimisto Oy Väylä 1983 ja 1984, Kokko 1983 a ja b).

1.32 Pyhäselän - Jänisselän alue

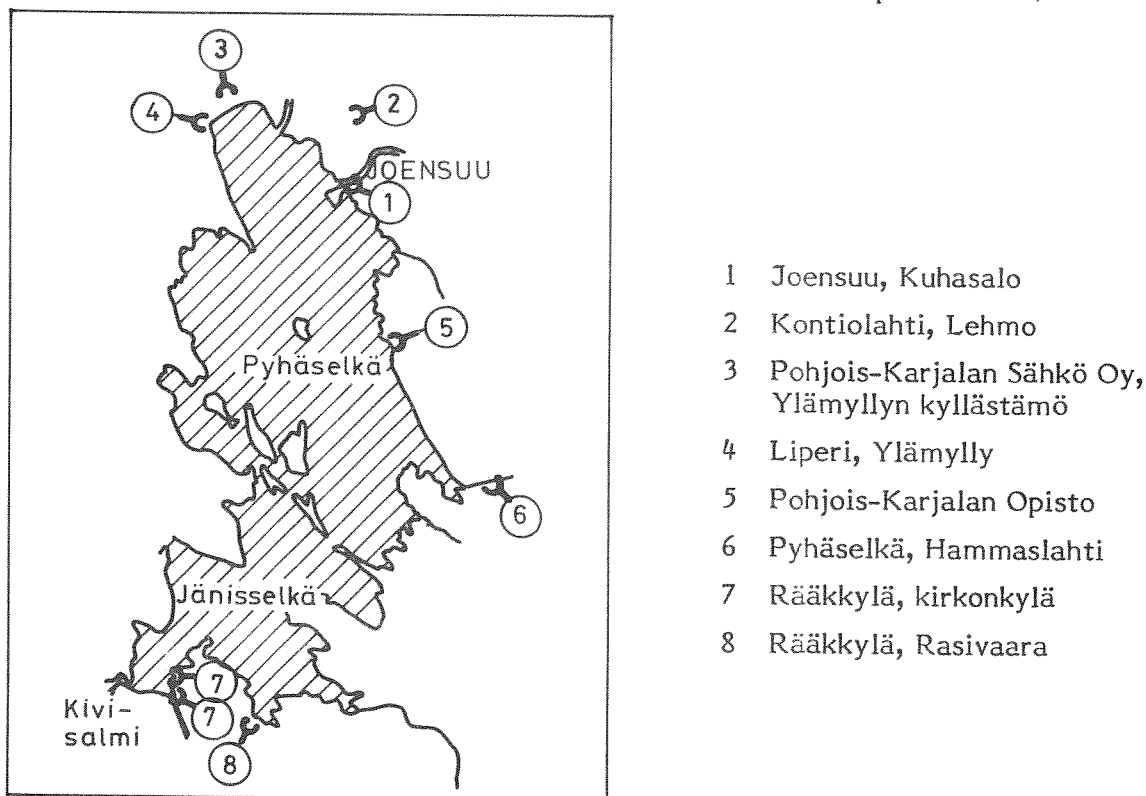
Pyhäselän veden laatuun vaikuttaa keskeisesti Pielisjoen veden laatu, sillä suurimman osan vesistään Pyhäselkä saa Pielisjoen kautta (vrt. kohta 1.1). Joen vesi on hyvin tummaa, melko runsasravinteista, lievästi hapanta ja sen haponsitomiskyky (alkaliniteetti) on pieni. Pyhäselkään laskevat myös Höytiäisen vedet Höytiäisen kanavan kautta. Kanavan vesi on väriltään vaaleaa ja niukkaravinteista. Pyhäselkään tulevan veden laatu on ollut vuosina 1962 - 82 keskimäärin seuraavaa:

Asema	nro	pH-arvo		Alkaliniteetti mmol/l		Sähkönjohdavuus mS/m		Kokonaisfosfori µg/l		Kokonaisytyppi µg/l		Väri-luku mgPt/l	
		ka	n	ka	n	ka	n	ka	n	ka	n	ka	n
Pielisjoki, Hasaniemi	500	6,4	76	0,08	73	3,2	77	26	68	476	66	82	75
Höytiäisen kanava	600	6,8	77	0,16	72	6,1	77	9	69	431	66	35	76

Pyhäselkään tulee em. lisäksi vesiä pienestä Haapajoesta, jonka vesi on tumma ja melko runsasravinteista. Myös Onkamojärven vesistöalueen vedet laskevat Pyhäselän eteläosaan Nivanjoen kautta. Nivanjoen vesi on melko runsasravinteista.

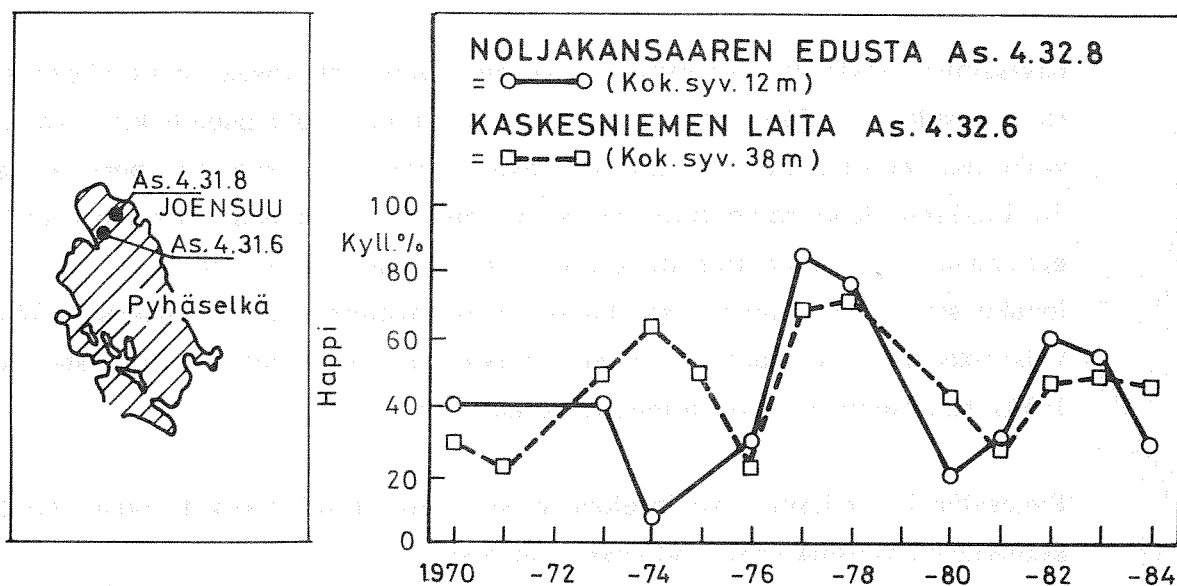
Jänisselkään Pyhäselän eteläpuolelle tulevat Piimäjoen vesistöalueen vedet. Piimäjoen vesi on hyvin tummaa ja melko runsasravinteista.

Pyhäselän ja Jänisselän alueen jätevesikuormittajat ilmenevät kuvasta 3. Merkittävin jätevesikuormittaja on Joensuun kaupunki, jonka jätevedet johdetaan Pielisjokisuuhun Pyhäselän pohjoisosaan. Välillisistä Pyhäselän kuormittajista huomattavin on Enso-Gutzeit Oy:n Uimaharjun selluloosatehdas. Jätevesien vaikutusta tarkkaillaan Pielisjoen ja Pyhäselän pohjoisosan alueilla nykyisin ns. yhteistarkkailuna, jonka tulokset raportoidaan vuosittain (Holopainen 1984).



Kuva 3. Pyhäselän ja Jänisselän jätevesikuormittajat

Pyhäselän pohjoisosassa Noljakansaaren ja Kaskesniemen havaintoasemilla on havaittu pohjanläheisissä vesikerroksissa hapen vajausta kevättalvisin 1970- ja 1980-luvulla (kuva 4). Hapen vajauksen aiheuttajina ovat sekä Joensuun kaupungin jätevesikuormitus että ilmeisesti myös Enso-Gutzeit Oy:n Uimaharjun selluloosatehtaan jätevesien vaikutukset. Niitä ilmentävät Pyhäselällä 1970-luvulla todetut veden ligniinipitoisuudet (vrt. myös Granberg 1984).



Kuva 4. Alusveden kevättalvinen happitilanne Joensuun edustalla Pyhäselällä

Veden ravinnepitoisuudet Pyhäselällä Joensuun edustalla ovat 1970-luvulla olleet ajoittain melko suuria. Päälysveden kokonaisfosforipitoisuuden suurimmat arvot ovat olleet Noljakansaaren edustalla $60 \mu\text{g/l}$ ja Kaskesniemen laidassa $20 \mu\text{g/l}$ sekä vastaavat kokonaistyyppipitoisuudet $2\ 200 \mu\text{g N/l}$ ja $800 \mu\text{g N/l}$. Tilanne on johtunut suureksi osaksi Siilaistenpuron kautta tulevasta kuormituksesta. Kuormituksen pienentyminen näkyy 1980-luvulla ravinnetason pienenemisenä Noljakansaaren edustalla: päälysveden fosforiarvot ovat vaihdelleet $10 - 20 \mu\text{g P/l}$ ja typpi-arvot $300 - 400 \mu\text{g N/l}$. Kaskesniemen edustalla vesi on Noljakansaaren edustaa vähäravinteisempaa ja yleensä happitilanteeltaan parempaa.

Pyhäselän pienkuormittajien jätevesien vaikutus ilmenee paikallisina veden laadun muutoksina: hygieenisenä likaantumisenä ja rehevöitymisenä. Rehevöityminen näkyy matalilla purkupaikoilla myös vesikasvillisuuden runsastumisena. Tällaisiin paikallisiin muutoksiin vaikuttaa myös maa- ja metsätaloustoiminnan aiheuttama hajakuormitus.

Jänisselän - Hämeenselän alueelle kohdistuu keskitettyä jätevesikuormitusta ainoastaan Rääkkylän taajamista, kirkonkylästä ja Rasivaarasta. Pääosa tästä jätevesikuormituksesta suuntautuu Vänskänsalmeen, joka on Hämeenselkään avautuva matala lahti. Jätevesien lisäksi kuormitusta vesistöön tulee Oravilahden pengerrysalueelta pumpattavista kuivatusvesistä. Vänskänsalmessa veden laatu on ajoittain huono. Alue on rehevöitynyt, ja mataluuden vuoksi vesikasvillisuus on runsasta.

Kivisalmen väylätyön aiheuttamat veden laadun muutokset ovat näkyneet koko Hämeenselän ja Jänisselän alueella sekä niiden ulkopuolellakin. Väylätöiden vaikutusalueen laajuutta on arvioitu havaitun veden samennuksen perusteella (kuva 5). Laajimmillaan samentuminen oli vuoden 1982 lopussa. Väylätyöt päättyivät elokuussa 1983. Samentumista esiintyi vielä tämän jälkeenkin mm. Hämeenselällä lokakuussa 1983, mutta se hävisi vuodenvaihteeseen mennessä. Väylätyön vaikutuksista veden laatuun on tehty tarkkailuraportti (Insinööritoimisto Oy Väylä 1984). Kalatalousselvitys valmistuu keväällä 1985.

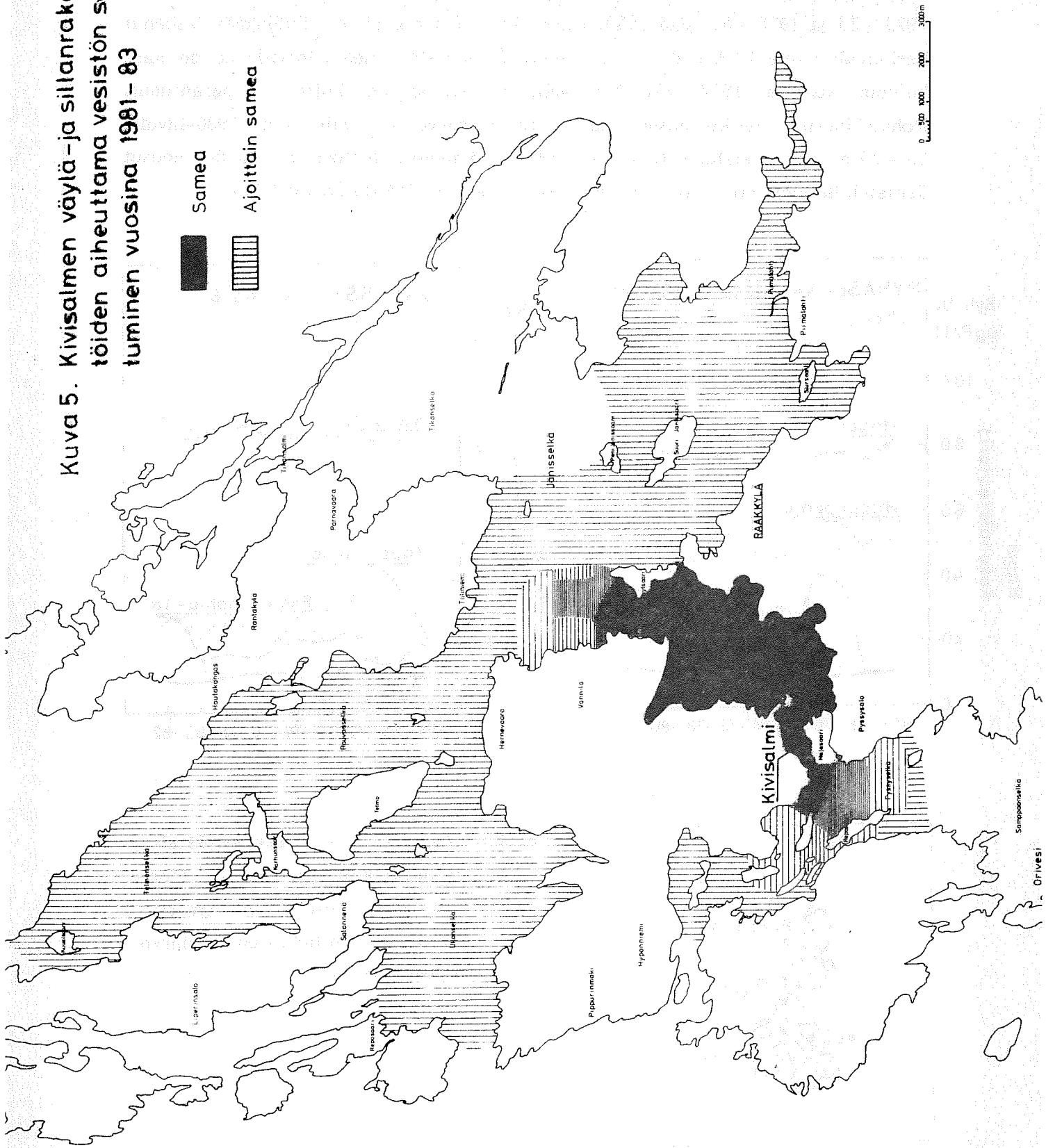
Pyhäselän ja Jänisselän syvänteiden veden laatu on ollut kevättalvisin vesipatsaan puolivälissä vuosina 1965 - 82 keskimäärin seuraava:

Asema	nro	Kok. syv. m	Happi kyll.%	pH-arvo	Alkaliniteetti mmol/l	Sähkönjoht. 25 mS/m	Kokonaissfosfori µg P/l	Kokonaistyppi µg N/l	Väri-luku mgPt/l	n
Pyhäselkä	7	67	78	6,3	0,10	3,9	18	418	62	17
Kokonluoto										
Jänisselkä	8	36	82 *)	6,3	0,09	3,7 *)	9	384	64	17

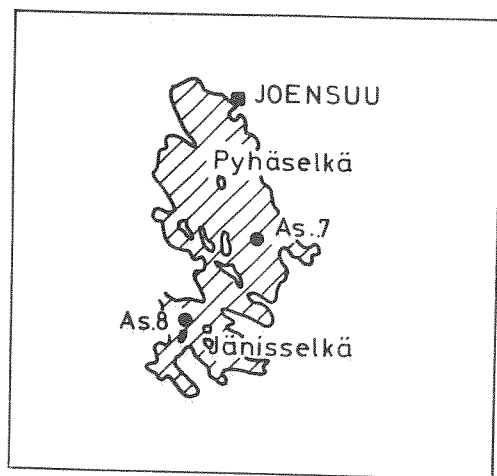
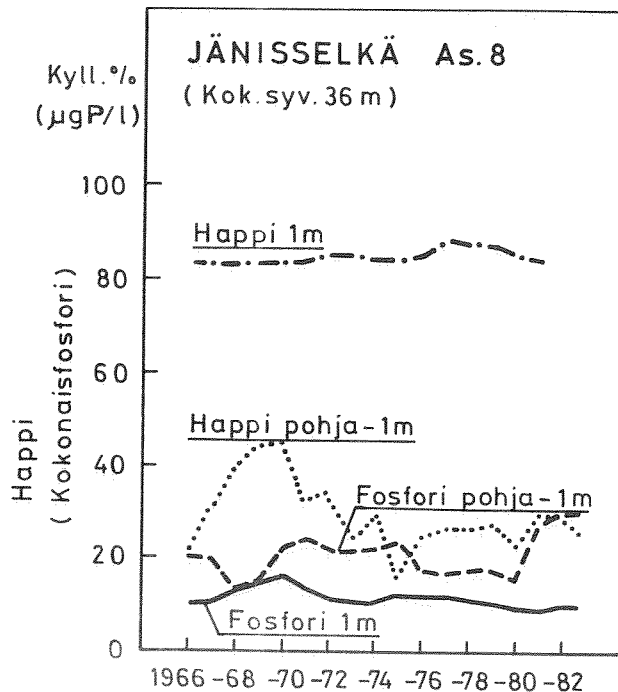
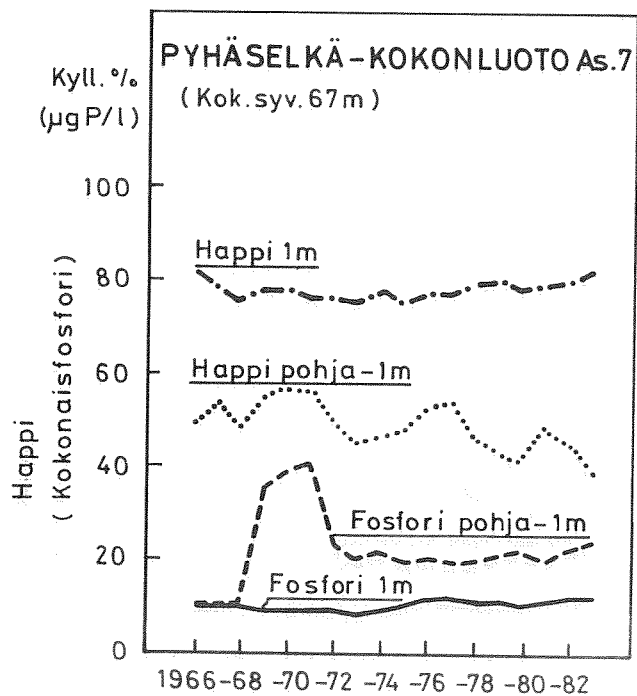
*) n = 18

Pitkällä aikajaksolla, vuosina 1965 - 82 Pyhäselän ja Jänisselän veden laadussa on havaittu samansuuntaisia muutoksia, jotka ovat tilastollisesti merkittäviä luottamustasolla $\geq 95\%$. Tällaisia muutoksia ovat veden suolapitoisuuden (sähkönjohtavuuden) kasvu ja pH-arvon alentuminen sekä Pyhäselän kokonaistyyppipitoisuuksien pieneneminen. Useilla muillakin Vuoksen vesistöalueen havaintopaikoilla on tarkasteltuna aikana todettu suolapitoisuuden nousua (Laaksonen ja Malin 1982).

Kuva 5. Kivisalmen väylä- ja sillanrakennus-
 töiden aiheuttama vesistön samen-
 tuminen vuosina 1981-83



Sekä Pyhäselän että Jänisselän syvänteillä on ajoittain havaittu alusveden happitilanteessa huonontumista. Tämä on todettu Kokonluodossa kevättalvisin 1973 - 75 ja 1978 - 81 sekä 1983. Hapen kyllästysarvo ei ole tällöinkään laskenut keskimäärin alle 40 %:n (kuva 6). Jänisselän kevättalvinen happitilanne on ollut heikoin vuosina 1972 - 74. Sen jälkeen tilanne on kuitenkin parantunut. Pohjanläheisen vesikerroksen hapen kyllästysarvo on vaihdellut 1980-luvulla 20 - 30 %. On ilmeistä, että vuosina 1981 - 83 todetut fosforipitoisuuksien nousut Jänisselällä johtuvat ainakin osittain Kivisalmen väylätöistä (kuvat 5 ja 6).



Kuva 6. Pyhäselän ja Jänisselän kevättalviset hapen kyllästysarvot ja fosforipitoisuudet. Kuvaajat on piirretty kolmen vuoden liukuvien keskiarvojen perusteella.

Pyhäselkä on rehevyytasoltaan karua 1960-luvun alkupuolella Joensuun lähivesillä Kaskesniemeen ja Pyhäsaaren asti kasviplanktonin määrän (biomassan) perusteella. Kokonluodon alue on puolestaan ollut hyvin karua, sillä kasviplanktonin biomassa (tuorepainona) oli alle 0,20 mg/l (Heinonen 1980).

Kesältä 1971 kasviplanktontuloksia on Pyhäsaaren asemalta, joka oli tuolloinkin karua aluetta (Lepisto ym. 1979).

Kesällä 1980 tehdyt kasviplanktontutkimukset kuvastavat alkavaa rehevöitymistä Kaskesniemen, Pyhäsaaren ja Kokonluodon alueilla, kun tarkastellaan sekä kasviplanktonin määrää että rehevyyttä ilmentävien lajien osuutta karuutta ilmentäviin lajeihin nähden (vrt. Granberg 1984). Pyhäselän kasviplanktonbiomassat vuosilta 1981 - 82 ovat rehevöityvälle vedelle ominaisia Kokonluotoa lukuun ottamatta. Tilanne johtuu paljolti sateisuuden seurauksena lisääntyneestä ravinnehuuhtoutumasta vesiin. Normaaleina vuosina kasviplanktonmäärät palautuvat likimain vuoden 1980 tasolle edellyttäen, ettei kuormitusoloissa tapahdu muutosta huonompaan suuntaan (Granberg 1984). Kesällä 1984 todettiin Pyhäselällä Joensuun edustalla Gonyostomum semen -levää, joka aiheutti uimareiden taholta valituksia.

Rehevyytasoja kuvaamaan käytetään myös kasviplanktonin klorofylli-a -pitoisuuksia. Niiden perusteella rehevöityminen vaikuttaa voimistuneen Joensuun edustalla 1980-luvulla, mutta tuloksia tarkasteltaessa on muistettava myös eri vuosien erilaisten kasvuolojen vaikutus (vrt. edellä). Pyhäselän pohjoisin osa Noljaansaaresta Kaskesniemeen ja Pyhäsaaren asti on nykyisin klorofyllitulosten perusteella luokiteltavissa rehevöityväksi alueeksi (vrt. Forsberg ja Ryding 1980, OECD 1982):

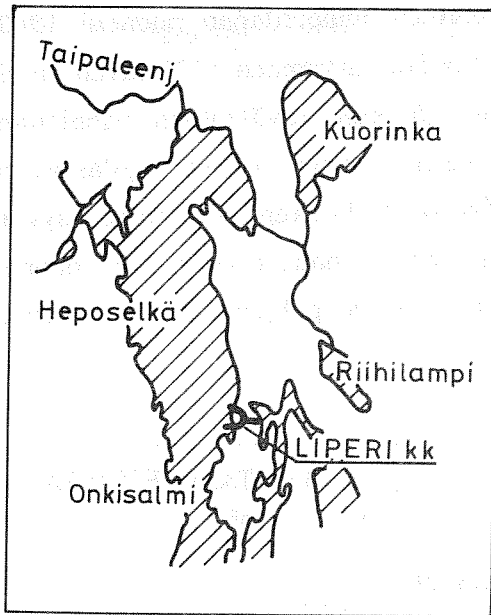
Vuosi	Klorofylli-a, µg/l								
	Noljaansaaren ed. as. 4.32.8			Kaskesniemen laita as. 4.32.6			Pyhäsaari as. 4.32.9		
	maks.	ka	n	maks.	ka	n	maks.	ka	n
1981	7,6	6,6	3	6,3	5,6	3	4,9	3,9	3
1982	9,8	7,1	5	7,6	6,2	5	8,7	5,8	8
1983	9,8	6,5	6	10,1	5,8	6	6,4	4,8	7
1984	13,0	9,4	4	13,5	9,6	4	13,3	8,5	4

Rehevöitymistä heijastavat myös tiedot verkkojen limoittumisesta Pyhäselällä mm. Joensuun kalastuskunnan vesillä (Viljanen ja Turunen 1985). Kalatalouden kannalta Pyhäselkä on merkityksellinen ja sieltä on tehty useita kalataloudellisia selvityksiä (mm. Mäkinen 1964, Viljanen ym. 1982). Vuonna 1980 Pyhäselän kalansaalis oli 8,4 kg/ha. Jänisselän saalis oli vuonna 1979 tehdyn tiedustelun mukaan 6,8 kg/ha (Kajosmaa ym. 1984).

Pyhäselän kalastosta on tehty vesihallinnon toimesta joitakin ympäristömyrkkymääriä. Vuosina 1978 - 79 Kaskesniemen alueella muikussa todetut kloorattujen hiilivetyjen pitoisuudet (DDT ja PCB) olivat pienet: DDT:n osalta 0,19 mg/kg kalan rasvaa ja PCB:n osalta 1,100 mg/kg kalan rasvaa. Näytekaloja oli vain yksi. Näytehaukia oli kolme, ja keskimääräiset pitoisuudet olivat vastaavasti 1,400 mg/kg kalan rasvaa ja 7,567 mg/kg kalan rasvaa. Rasvaliukoisina yhdisteinä DDT ja PCB kertyvät nimenomaan eliöiden rasvaan. Hauessa todetut pitoisuudet eivät juuri poikkea keskimääräisestä tasosta Suomessa. Haukinäytteistä tehdyt elohopeamääritykset osoittivat näytekalojen keskimääräiseksi elohopeapitoisuudeksi 0,560 mg/kg tuoretta kalaa. Sinkki- ja kuparipitoisuudet olivat 3,533 mg/kg tuoretta kalaa ja 0,193 mg/kg tuoretta kalaa (Miettinen ja Verta 1984). Vuoden 1983 kalanäytteet ovat tutkittavina vesihallituksessa.

1.33 Heposelän alue

Suurin osa Heposelän vesistä tulee Viinijärven vesistöalueelta Taipaleenjokea pitkin. Taipaleenjoki on kaivosteollisuuden jätevesien voimakkaasti kuormittama (Outokumpu Oy:n Keretin ja Vuonoksen kaivokset). Jokea kuormittavat myös asumajätevedet sekä kalalaitosten jätevedet (Outokummun kaupunki ja Liperin Viinijärven taajama sekä Viinijärven ja Siikakosken kalalaitokset). Lisäksi veden laatuun vaikuttaa alueen voimaperäisen maa- ja metsätaloustoiminnan aiheuttama hajakuormitus.



Taipaleenjoen vesi on tummaa (väriluku 40 - 80 mg Pt/l) ja runsasravinteista. Kasvinravinnepitoisuudet ovat vaihdelleen kokonaisfosforissa 30 - 60 ug N/l ja kokonaistypessä 400 - 1100 ug N/l. Kaivosteollisuuden vaikutuksesta veden suolapitoisuus on suuri: sähkönjohtavuus on noin 10 mS/m. Ajoittain joessa esiintyy myös hygieenistä likaantumista.

Heposelän pohjoisosaan tulee vesiä myös kirkasvetisestä ja karusta Kuoringasta Kuoringanpuroa pitkin.

Heposelällä vesi on väriltään vaaleampaa kuin Pyhäselällä. Veden suolapitoisuus on kaivosteollisuuden jätevesien vaikutuksen vuoksi suuri, Heposelän pohjoisosassa noin nelinkertainen verrattuna Pyhäselän suolapitoisuuteen.

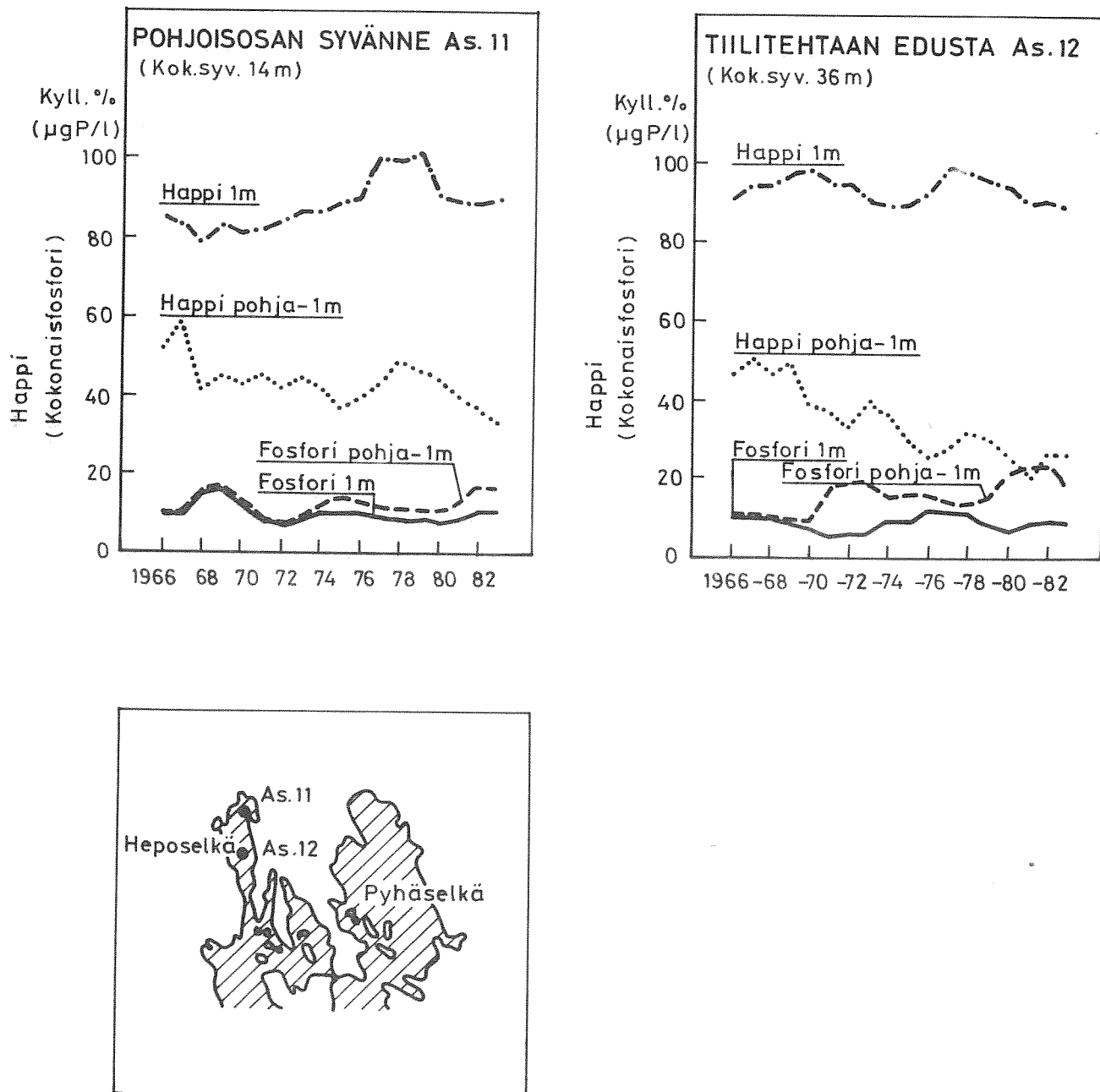
Heposelän veden laatu on ollut vuosina 1965 - 82 keskimäärin seuraava kevättalvisten vesipatsaan puolivälin tulosten mukaan:

Asema	nro	Kok. syv. m	Happi kyll.%	pH-arvo	Alkaliniteetti mmol/l	Sähkönjoht. 25 mS/m	Kokonaisfosfori µg P/l	Kokonaistyppe µg N/l	Väri-luku mgPt/l	n
Heposelän pohj.osa	11	14	63	6,4	0,17*)	15,9	10	452	39	17
Heposelkä Tiilitehtaan ed.	12	36	74	6,5	0,15	11,9	9	413	33	16

*) n = 16

Pitkällä aikajaksolla, vuosina 1965 - 82 Heposelän veden laadussa on osoitettu tapahtuneen tilastollisesti merkitseviä muutoksia luottamustasolla ≥ 95 %. Päällisveden pH-arvot ovat alentuneet sekä pohjoisosan että Tiilitehtaan edustan syvänteillä. Viimeksi mainitun aseman päällisveden kloridipitoisuus on lisääntynyt (Laaksonen ja Malin 1982).

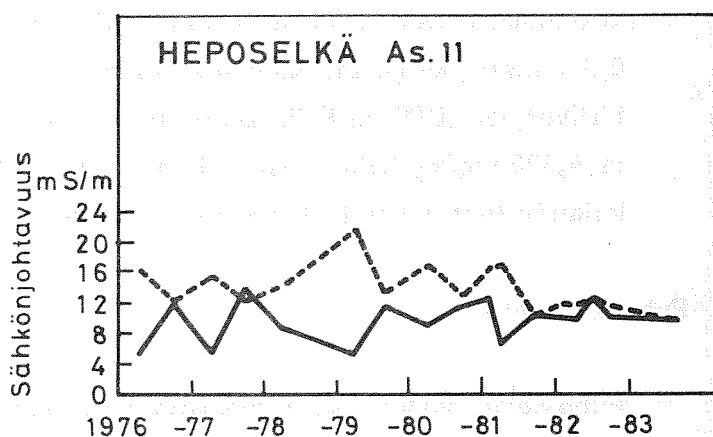
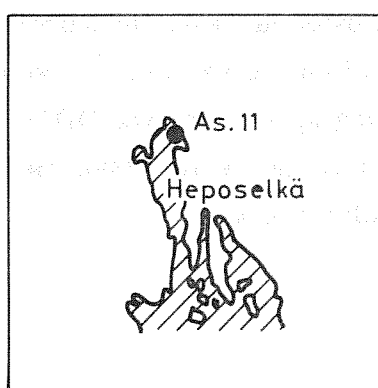
Heposelän pohjoisosan alusveden kevättalvinen happitilanne huononi 1960-luvun puolivälissä, minkä jälkeen se pysyi lähes muuttumattomana 1970-luvun puoliväliin. Tilanne parani hieman vuonna 1978. Sen jälkeen kevättalven happitilanne on heikentynyt jatkuvasti. Pohjanläheisen vesikerroksen hapen kyllästysarvo on vaihdellut 1980-luvulla välillä 30 - 40 % (kuva 7). Tiilitehtaan edustan syvänteellä Heposelän keskiosassa alusveden kevättalvinen happitilanne on huonontunut jatkuvasti 1960-luvulta lähtien. Hapen kyllästysarvo pohjan lähellä on ollut 1980-luvulla 20 - 30 % (kuva 7).



Kuva 7. Heposelän kevättalviset hapen kyllästysarvot ja fosforipitoisuudet
Kuvaajat on piirretty kolmen vuoden liukuvien keskiarvojen perusteella

Kesäkerrostuneisuuden aikana Heposelän syvänteiden happitilanne on ollut useina vuosina huono. Elokuussa 1984 pohjoisosan syvänteen pohjanläheinen vesikerros oli hapeton. Elokuussa vuosina 1979, 1980 ja 1982 alue oli lähes hapeton, hapen kyllästysarvo oli 10 - 25 %. Myös keskiosan syvänteessä elokuun happitilanne on ollut monesti heikko.

Kaivosteollisuuden suolapitoiset jätevedet painuvat raskaina syvänteisiin ja edesauttavat kerrostuneisuuden muodostumista. Heposelän pohjoisosassa alusveden sähkönjohtavuus on suurimmillaan ollut noin 20 mS/m (kuva 8). Arvo on noin kaksinkertainen Tiilitehtaan edustan syvänteellä havaittuun.



Kuva 8. Heposelän pohjososan sähkönjohtavuusarvot

Kasvinravinteiden pitoisuudet ovat Heposelällä niukkaravinteiselle eli karulle vedelle ominaisia. Paikallisesti on todettu rehevöityvän veden pitoisuuksia Liperin kirkonkylän jätevesien purkualueella, jossa on havaittu myös ajoittain hygieenistä likaantumista.

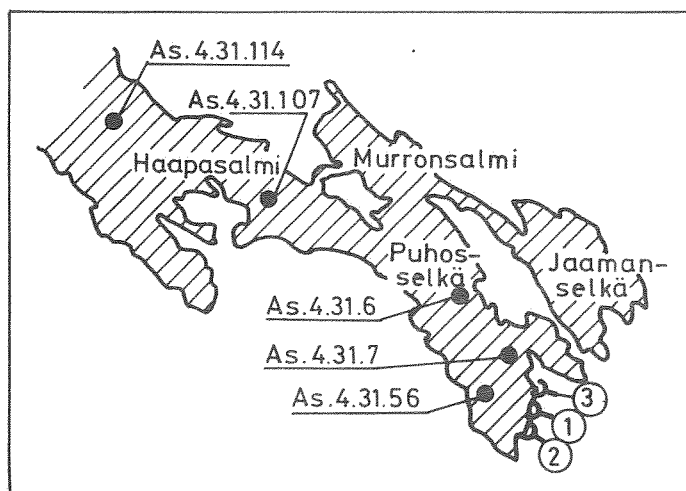
Kasviplanktonitutkimuksien perusteella Heposelkä on ollut 1960-luvulla hyvin karua tai karua aluetta: vuosien 1963 ja 1965 heinäkuiset kasviplanktonin biomassat olivat 0,14 mg/l ja 0,56 mg/l (Heinonen 1980). Heinäkuun 1971 tutkimuksessa alue oli hyvin karua (Lepistö ym. 1979). Elokuussa vuosina 1980 - 82 otetut kasviplanktonnäytteet kuvastavat vesistön tilan muuttumista rehevään suuntaan: kasviplanktonbiomassat olivat ko. vuosina 1,649 mg/l, 2,771 mg/l ja 2,318 mg/l. Vaikka otetaan huomioon tutkimusajankohdan ja eri vuosien kasvuolojen erilaisuus ja vaikutus biomassaa-arvoihin, Heposelkää voidaan pitää nykyisin lievästi rehevänä. Myös kasviplanktonlajiston tarkastelu osoittaa tämän (vrt. Heinonen 1982, Granberg 1984).

Pohjoisosan syvänteellä on mitattu myös kasviplanktonin perustuotantokykyä. Nämäkin arvot osoittavat alueen rehevöitymistä. Esimerkiksi kesällä 1983 perustuotantokyky oli keskimäärin 190 mg C/m^3 (Maa ja Vesi Oy 1984). Klorofyllitutkimustenkin tulokset heijastavat rehevöitymistä. Vuosien 1979 ja 1981 - 84 elokuiset klorofylliarvot ovat vaihdelleet pohjoisosassa $4,2 - 8,0 \text{ ug/l}$ ja keskiosassa $4,7 - 6,4 \text{ ug/l}$.

Heposelkä on Oriveden osa-alueista merkittävimpiä kalastuksen kannalta. Vuoden 1979 kalastustiedustelun mukaan Heposelän kalansaalist oli $21,6 \text{ kg/ha}$, josta runsas puolet oli muikkua (Kaijomaa ym. 1984). Vuosina 1978 - 79 Heposelältä pyydettyjen haukien elohopea-, sinkki- ja kuparipitoisuudet eivät juuri poikenneet maan keskimääräisestä tasosta. Kolmen näytekalan perusteella keskipitoisuudet olivat $0,360 \text{ mgHg/kg}$ kalaa, $3,569 \text{ mg Zn/kg}$ kalaa ja $0,313 \text{ mg Cu/kg}$ kalaa. Kloorattujen hiilivetyjen (DDT ja PCB) pitoisuudet olivat $0,843 \text{ mg/kg}$ kalan rasvaa DDT:n osalta ja $4,300 \text{ mg/kg}$ kalan rasvaa PCB:n osalta (Miettinen ja Verta 1984). Heposelän kalanäytteet vuodelta 1983 ovat tutkittavina vesihallituksessa.

1.34 Puhosselän alue

Puhosselän veden laatu määräytyy pääosin Pyhäjärvestä tulevan veden laadun mukaan, sillä Puhosselän ja Sampaanselän välinen saaristovyöhyke estää virtauksia Sampaanselältä Puhosselälle. Pyhäjärven veden laatua kuvastaa pieni fosforipitoisuus, 5 ug P/l ja pieni typpipitoisuus, 300 ug N/l sekä veden kirkkaus, väriluku 10 mg Pt/l . Tämä ilmenee Puhosselän veden laadussa, joka on esim. väriltään vaaleampaa verrattuna Pyhäselän veteen.



Puhosselän Puhoslahteen johdetaan sekä asuma- että teollisuusjätevesiä. Jätekuormittajien sijainti ilmenee kuvasta 9.

- 1 Oy Noresin Ab
- 2 Oy Kiteen Puhos Ab ja Puhoksen tehtaan sosiaali-tilojen jätevedenpuhdistamo
- 4 Plan-Sell Oy, Kiteen saha

Kuva 9. Puhosselän jätevesikuormittajat ja havaintoasemia

Oy Noresin Ab:n liimatehtaan ja Oy Kiteen Puhos Ab:n lastulevytehtaan vesistöön johdettavat jätevedet ovat hyvin typpipitoisia ja sisältävät myrkyllisiä aineita, formaliinia eli formaldehydiä, metanolia ja fenolihdisteitä. Näiden jätevesien vesistövaikutukset eivät ole kovin selväpiirteisiä. Laitosten vesistökuormitus ei ole tasaista eikä jatkuvaa.

Tehtaiden jätevesien vaikutus purkualueella, Puhoslahdella on ilmennyt lähinnä ajoittaisina kokonaistyppipitoisuuksien hyvin suurina arvoina. Päälyysvedessä arvot ovat olleet 1 200 $\mu\text{g N/l}$ (huhtikuu 1981) ja jopa 2 200 $\mu\text{g N/l}$ (maaliskuu 1979). Tavallisesti typpi-arvot ovat kuitenkin vaihdelleet 300 - 500 $\mu\text{g N/l}$ eli samassa suuruusluokassa kuin jätevesien vaikutusalueen ulkopuolellakin Puhoselällä. Kokonaisfosforipitoisuudet ovat 1980-luvulla nousseet jonkin verran 1970-luvun tasosta. Jätevesien vaikutus tähän kehitykseen ei ole selvä.

Tehtaiden edustan matalilla havaintoasemilla veden happitilanne on ollut hyvä. Vesistön formaliini- ja fenolipitoisuuksia on tarkkailtu. Tavallisesti pitoisuudet ovat olleet erittäin pienit, eikä ko. aineita ole aina edes voitu todeta. Liimatehtaan jäteveden myrkyllisyyttä on selvitetty vesikirppu-, kasviplankton- ja perustuotantokykytestein. Jätevesien on todettu jonkin verran estävän leväkasvua, mutta vaikutusalue on varsin pieni (Ronkainen 1982, 1983). Jätevesien vaikutus pohjaeläimistöön on näkynyt jonkin verran (Ronkainen ja Kosonen 1984). (kuva 10).

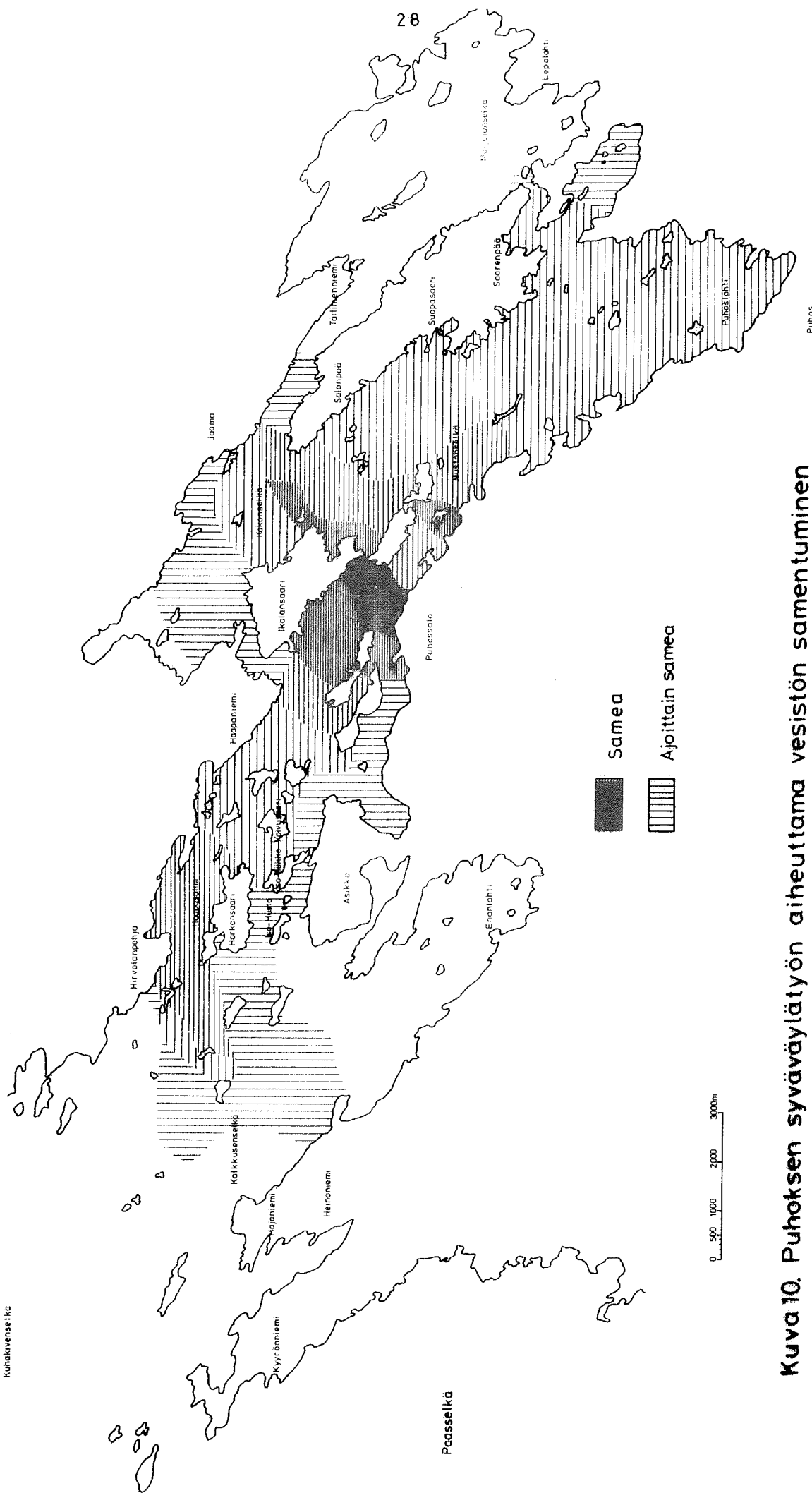
Plan-Sell Oy:n Kiteen sahan tukkiallasvesi sisältää runsaasti ravinteita ja happea kuluttavaa ainesta. siinä on myös kloorifenoleita, tetra- ja pentakloorifenolia (TCP ja PCP). Vuoden 1983 lopulla tukkiallasvesiä ryhdyttiin puhdistamaan jätevedenpuhdistamossa. Tämän vuoksi allasvettä on voitu kierrättää vuonna 1984, eikä jätevettä ole tarvinnut johtaa vesistöön. Aikaisemmin tukkiallasvesien vesistökuormitus oli varsin huomattava altaan tyhjennyskerroilla. Kuormituksen ajoittaisen luonteen vuoksi vesistövaikutukset eivät ole olleet pysyviä. Vesistössä todetut kloorifenolipitoisuudet ovat olleet varsin pieniä, esim. lokakuussa 1982 0,05 $\mu\text{g TCP/l}$, 0,02 $\mu\text{g PCP/l}$.

Puhoselän tilaan on vaikuttanut vuosina 1983 - 84 myös Puhoksen syväväylätyö. Ruoppausta on tehty syksyllä 1983 ja avovesikaudella 1984. Kuvasta 10 ilmenee väylätyön aiheuttaman veden samentumisen esiintyminen. Väylätyö ja Puhoksen sataman rakentaminen saataneen päätökseen vuonna 1985.

Orivesi

Kuhakivenselkä

Paasselkä

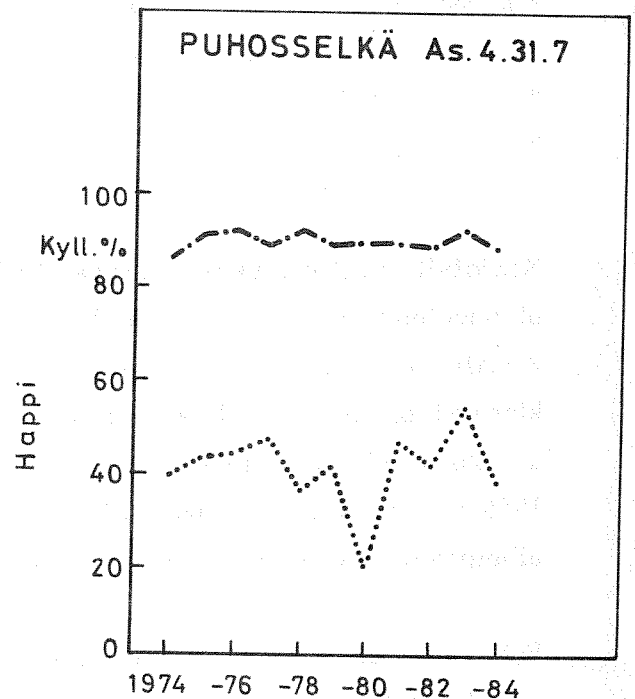
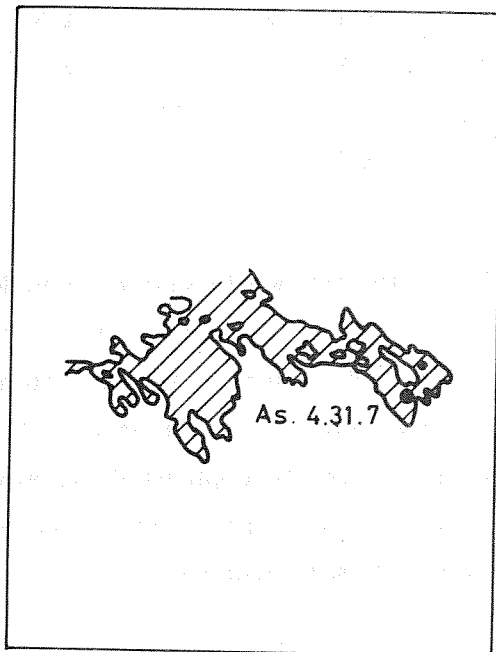


Kuva 10. Puhoksen syväväylätyön aiheuttama vesistön samentuminen vuosina 1983-84

Ravinnepitoisuuksiltaan Puhosselän vesi on ollut niukkaravinteista. Ajoittain on todettu melko suuria ravinnearvoja, jotka viittaavat rehevöitymiseen. Puhosselän päällysveden laatu on ollut maaliskuussa 1974 - 83 keskimäärin seuraava:

Asema	nro	Kokonaisfosfori				Kokonaistyyppi				Alkaliniteetti	
		$\mu\text{g P/l}$		ka	n	$\mu\text{g N/l}$		ka	n	mmol/l	ka
maks.	min	maks.	min								
Puhosselkä	4.31.7	43	4	11	10	530	270	357	10	0,16	5

Puhosselän alusvedessä on talvisin happivajausta. Vuonna 1980 tilanne on ollut huonoin, sillä hapen kyllästysarvo oli 20 % (kuva 11). Kesäisin tilanne on ollut parempi, koska alueen mataluuden vuoksi ei muodostu lämpötilakerrostuneisuutta.



Kuva 11. Puhosselän kevättalvinen happitilanne

Puhosselän pohjoispuolinen Jaamanselkä ja Murronselkä (ks. kuva 9) eivät eroa päällysveden laadultaan Puhosselästä. Alusvedessä varsinkin Murronselän syvänteessä (kokonaissyvyys 25 m) happitilanne on ollut huono. Happivaje on talvisin alkanut usein jo päällysvedestä. Maaliskuussa 1982 hapettomuus ulottui pohjasta 15 metriin saakka ja oli vielä 5 metrin syvyydessäkin huono. Myös kesäisin happitilanne on ollut huono. Jaamanselällä ei ole esiintynyt happiongelmia, mikä johtuu ainakin osaksi vesialueen mataluudesta.

Puhosselkä on ollut 1960-luvulla karua aluetta kasviplanktontutkimusten mukaan, sillä biomassat vaihtelivat 0,19 - 0,38 mg/l (Heinonen 1980). Heinäkuun 1980 tuloksenkin (0,50 mg/l) mukaan alue oli karua (Granberg 1984). Vuonna 1982 tehtiin tiiviimpää kasviplanktontutkimusta Puhoksen syväväylätyön taustaselvityksenä. Tuolloin todetut heinäkuiset kasviplanktonbiomassat olivat Puhoslahdelta saaristovyöhykkeelle saakka hyvin karulle tai karulle vedelle ominaiset: biomassat vaihtelivat 0,109 - 0,269 mg/l (Kolehmainen 1983).

Vuosina 1982 - 84 Puhosväylän tarkkailussa on tehty myös klorofyllitutkimuksia (Kokko 1983 a, Kaijomaa ja Turunen 1984 a, Holopainen ja Turunen 1985). Muutamien havaintoasemien (ks. kuva 9) tuloksia on koottu seuraavaan:

Asema	nro	Klorofylli, µg/l								
		kasvukausi 1982			kasvukausi 1983			kasvukausi 1984		
		maks.	ka	n	maks.	ka	n	maks.	ka	n
Puhosselkä	56	6,3	5,4	9	6,5	4,1	9	14	8,8	8
"	6	6,3	4,6	9	6,6	3,8	9	17	8,2	8
"	107	7,8	4,8	9	6,6	4,8	9	29	9,6	8
"	114	5,6	4,1	9	4,5	3,7	9	7,3	4,7	8

Klorofyllitulosten mukaan vuosina 1982 - 83 alue Puhoslahdelta saaristovyöhykkeen ulkopuolelle oli lievästi rehevää (vrt. Forsberg ja Ryding 1980, OECD 1982). Kesällä 1984 tilanne muuttui: saariston ulkopuolista aluetta lukuun ottamatta klorofyllipitoisuudet olivat rehevöityvän ja jopa rehevän veden arvoja. Muutos aiempaan oli selvä niillä alueilla, joilla vesi oli erityisesti loppukesällä ja syksyllä 1984 samentunut (vrt. kuva 9). Tilanteen aiheuttajina olivat ilmeisesti ruoppaustyön aiheuttama ravinnelissä vesistössä sekä kasvulle suotuisat olosuhteet.

Puhosselän alueella on merkitystä kalastuksen kannalta. Hehtaarisaalessa vuonna 1980 oli 6,9 kg/ha. Väylätyön vaikutuksia kalastoon ja kalastukseen selvitetään velvoitetarkkailuna (Kaijomaa ja Turunen 1983, 1984 b). Selvityksiin on sisältynyt myös mm. pohjaeläintutkimuksia (Reijonen 1983), verkkohavaksen limoittumiskokeita ja perifytontutkimuksia (Kokko 1983, Kolehmainen 1983, Kaijomaa ja Turunen 1984 a, b), sedimenttitutkimuksia (Simola 1982) sekä sedimentaatio- ja mätitutkimuksia (Viljanen ym. 1983).

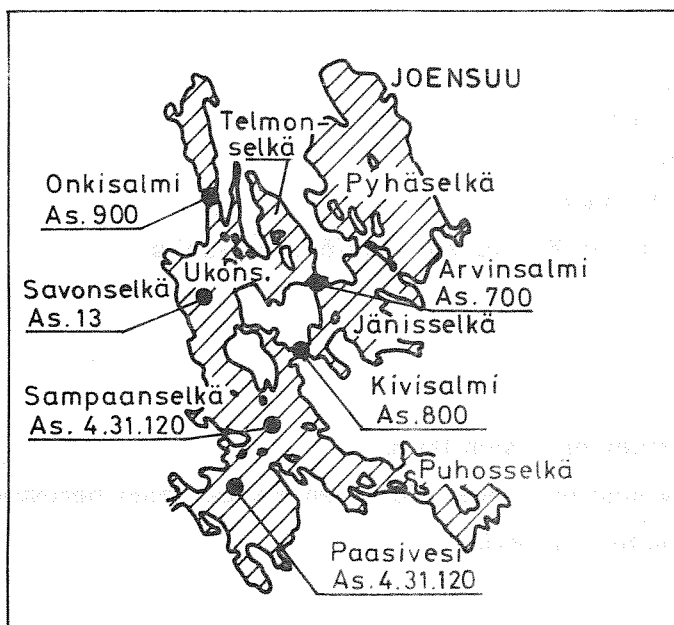
1.35 Oriveden eteläosa: Savonselkä, Sampaanselkä ja Paasivesi

Pyhäselän - Jänisselän alueen vedet purkautuvat Oriveden eteläosaan Arvinsalmen ja Kivisalmen kautta. Heposelän vedet tulevat Onkisalmen kautta Savonselkään. Puhosselältä tulee vesiä Sampaanselän eteläosaan. Oriveden eteläosan veden laadussa heijastuu yläpuolisilta alueilta, Pyhäselältä - Jänisselältä ja Heposelältä tulevien vesien tummuus. Eteläosan veden laatu eroaa Puhosselän veden laadusta juuri tummemmuutensa ja suurempien ravinnepitoisuuksiensa puolesta. Oriveden eteläosaan ei kohdistu keskitettyä jätevesikuormitusta.

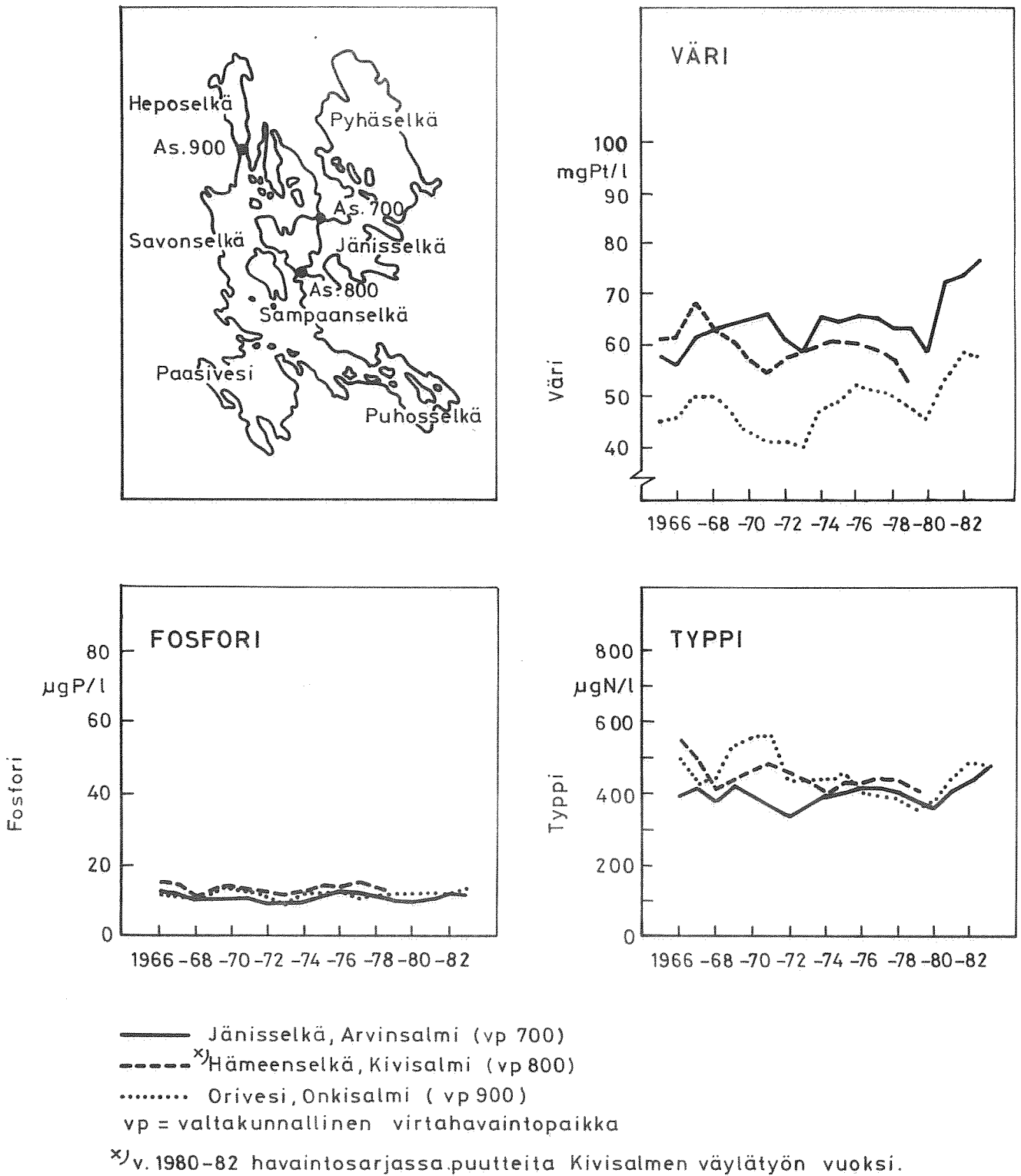
Veden laatu Arvinsalmen, Kivisalmen ja Onkisalmen havaintoasemilla on ollut vuosina 1962 - 82 keskimäärin seuraava:

Asema nro	pH-arvo	Alkaliniteetti mmol/l	Sähkönjohtavuus mS/m	Kokonaisfosfori $\mu\text{g P/l}$	Kokonaistyppi $\mu\text{g N/l}$	Väri-luku mg Pt/l
Arvinsalmi 700	6,5 75	0,08 71	3,3 75	11 67	394 63	63 73
Kivisalmi 800	6,5 68	0,10 68	3,8 68	13 60	450 57	63 68
Onkisalmi 900	6,6 74	0,12 72	6,5 74	12 67	448 65	48 74

Yllä olevasta asetelmasta havaitaan, että Pyhäselältä päin tuleva vesi on väriltään selvästi tummempaa kuin Heposelältä tuleva vesi. Heposelältä purkautuvan veden suolapitoisuus (sähkönjohtavuus) on puolestaan lähes kaksinkertainen Pyhäselän veden arvoon nähden. Veden pH-arvossa ja ravinnepitoisuuksissa sen sijaan ei ole kovin suuria eroja (kuva 12).



Arvinsalmesta vedet laskevat Ukonselälle, jonne tulevat myös Telmonselän vedet, Telmonselän vesi on tummaa (väriluku 60 mg Pt/l) ja niukkaravinteista. Alusvedessä on esiintynyt happivajausta. Aluetta kuormittaa hajakuormitus. Ukonselän vesi on laadultaan lähes samanlaista kuin Telmonselän. Kivisalmen väylätyön vaikutukset ulottuivat veden samentumisena Telmonselälle vuosina 1982 - 83.



Kuva 12. Oriveden eteläosaan tulevien vesien laatu

Kuvaajat on piirretty kolmen vuoden liukuvien keskiarvojen perusteella.
 Vuosittaisi havaintokertoja on neljä.

Myös Ukonselkä samettui ajoittain (vrt. kuva 5).

Heposelältä jätevesivaikutuksia heijastuu Savonselkään hieman suurempina sähköjohtavuusarvoina kuin kauempana olevalla Sampaanselällä on todettu. Savonselän ja Sampaanselän veden laatu on ollut vuosina 1965 - 82 vesipatsaan puolivälissä keskimäärin seuraava:

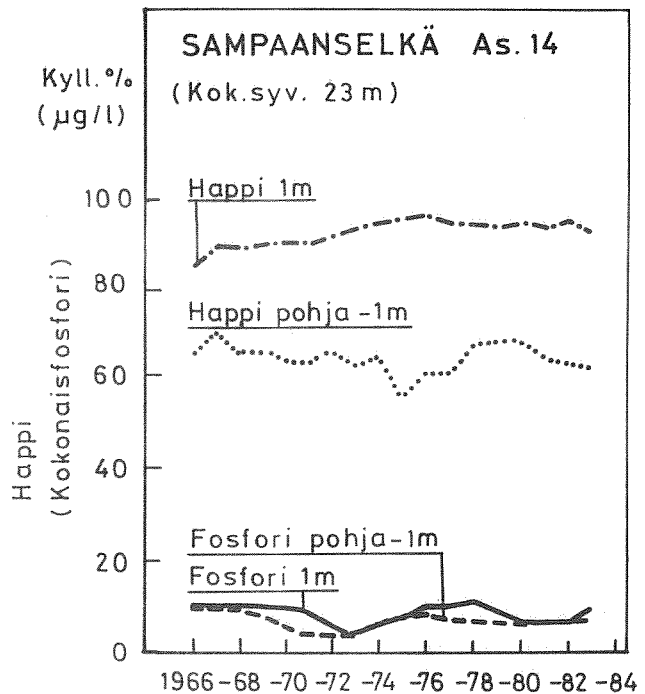
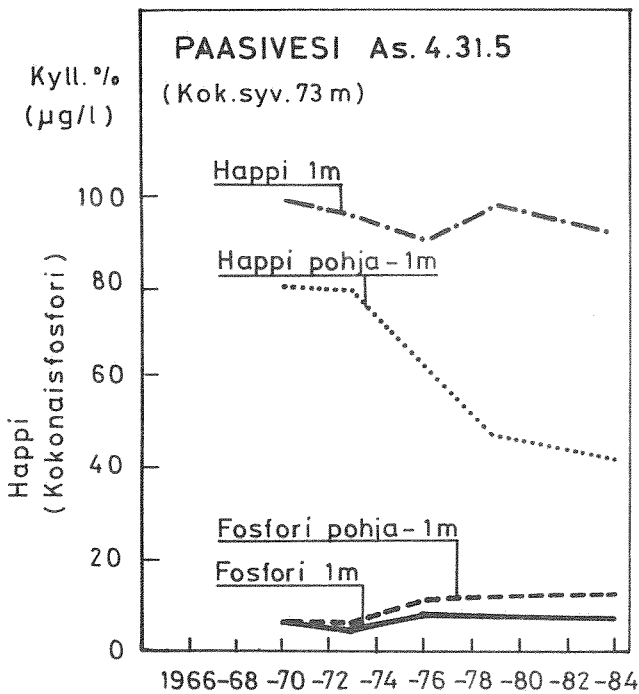
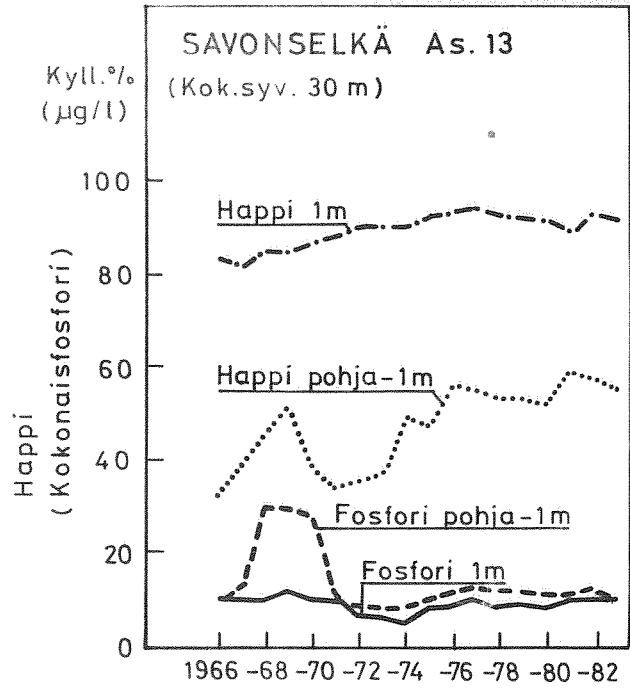
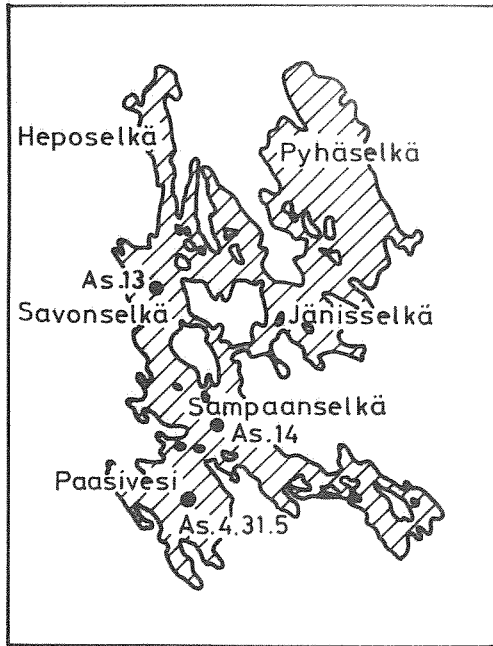
Asema	nro	Kok. syv. m	Happi-kyll.%	pH-arvo	Alkaliniteetti mmol/l	Sähkönjohtavuus mS/m	Kokonaisfosfori µg P/l	Kokonais-typpi µg N/l	Väri-luku mgPt/l	n
Savonselkä	13	30	83	6,4	0,10	5,3	8	347	48	18
Sampaanselkä	14	23	84	6,5	0,11	4,2	6	340	41	17

Paasivesi ja Sampaanselkä ovat veden laadultaan hyvin samanlaisia. Molempien kevättalvinen happitilanne alusvedessä on ollut varsin hyvä. Paasivedellä happitilanne vaikuttaa huonontuneen 1970-luvun puolivälin jälkeen, mutta havaintoja ei ole tehty vuosittain (kuva 13). Kesäisin alusveden happitilanne on Paasivedellä erittäin hyvä huolimatta alueen syvyydestä: hapen kyllästysarvot ovat olleet 85 - 90 %. Myös Sampaanselän kesäinen happitilanne on hyvä.

Paasiveden veden laatu on ollut kevättalvella 1984 seuraavanlainen:

Asema Nro	Päällysvesi (1 m pinnasta)							
	Kok. syv. m	Happi-kyll.%	Alkaliniteetti mmol/l	pH arvo	Sähkönjohtavuus mS/m	Kokonaisfosfori µg P/l	Kokonais-typpi µg N/l	Väri-luku mgPt/l
Paasivesi 4.31.5	73	91	0,08	6,5	3,61	7	421	50

Alusvesi (1 m pohjasta)					
Paasivesi 4.31.5	42			12	451



Kuva 13. Savonselän, Sampaanselän ja Paasiveden kevättalviset hapen kyllästysarvot ja fosforipitoisuudet Savonselän ja Sampaanselän kuvaajat on piirretty kolmen vuoden liukuvien keskiarvojen perusteella. Paasiveden tulokset ovat kunkin havaintokerran tuloksia.

Savonselkä eroaa Sampaanselästä ja Paasivedestä hieman heikomman happitilanteen vuoksi. Kevättalvinen happitilanne on ollut heikoimmillaan 1970-luvun alussa, minkä jälkeen se on parantunut. Pohjanläheisessä vesikerroksessa hapen kyllästysarvo on vaihdellut keskimäärin 50 - 60 % (kuva 13). Kesäinen happitilanne on ollut talvitilannetta vastaava.

Vuosijaksolla 1962 - 82 todetut veden laadun muutokset ovat Savon- ja Sampaanselällä hyvin samantapaiset. Molemmilla alueilla on todettu veden suolapitoisuuden (sähkönjohtavuuden) lisääntyneen koko vesirungossa. Savonselällä veden laatu on jonkin verran parantunut alusveden happipitoisuuden osalta. Muutokset ovat tilastollisesti merkitseviä luottamustasolla ≥ 95 % (Laaksonen ja Malin 1982).

Eteläinen Orivesi on ollut luokiteltavissa hyvin karuksi rehevyytasoltaan 1960-luvulla: kasviplanktonin kokonaismäärät olivat Savonselällä, Sampaanselällä ja Paasivedellä alle 0,20 mg/l (Heinonen 1980). Keskikesän 1971 kasviplanktonitutkimuksessa biomassat olivat edelleen hyvin karun veden arvoja (Lepistö ym. 1979).

Elokuun lopulla 1980 Sampaanselän kasviplanktonimäärä oli 0,197 mg/l ja Paasiveden 0,379 mg/l. Vastaavat luvut vuonna 1981 olivat 1,052 mg/l ja 1,629 mg/l. Vuoden 1981 tuloksissa näkyy tälläkin alueella erittäin selvästi runsaiden sateiden aiheuttaman lisääntyneen ravinnehuuhtoutuman seuraus: biomassojen suurentuminen ja rehevyyden lisääntyminen (Granberg 1984). Kun tämä otetaan huomioon ja lisäksi se, että Heinosen (1982) mukaan karuissa vesissä biomassa on pienin keskikesällä ja suurenee loppukesällä, voidaan Oriveden eteläistä osaa pitää hyvin karuun ja karuun luokkaan kuuluvana 1980-luvun alussa.

Klorofyllitutkimuksina on alueella tehty tiiviimpää rehevyytason seurantaa vuosina 1982 - 84 Puhosväylän työhön liittyen (Kokko 1983 a ja b, Kaijomaa ja Turunen 1984 a, Holopainen ja Turunen 1985). Seuraavat tulokset ovat em. tutkimuksista lukuun ottamatta Savonselän tuloksia, jotka ovat Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimiston tutkimuksista.

Asema	nro	Klorofylli, ug/l								
		kasvukausi 1982			kasvukausi 1983			kasvukausi 1984		
		maks.	ka	n	maks.	ka	n	maks.	ka	n
Savonselkä	13	4,5	3,6	4	-	(3,3)	1	-	(4,9)	1
Sampaan- selkä	120	6,0	4,5	9	5,3	4,0	9	6,3	4,0	8
Paasivesi	122	4,1	3,2	9	4,8	3,5	9	4,5	3,6	8

Tulosten perusteella Sampaanselkä ja Paasivesi luokituvat rehevöityviksi alueiksi (vrt. Forsberg ja Ryding 1980, OECD 1982). Osaksi tilanne johtunee em. poikkeuksellisista kasvuolosuhteista vuosina 1982 ja 1984. Sampaanselän tilassa näkyy lisäksi Kivisalmen väylätyö, jonka vaikutus ulottui Sampaanselän pohjoisosiin ajoittain voimakkaana samennuksena vuosina 1982 - 83 (vrt. kuva 5 ja esim. Kokko 1983 b).

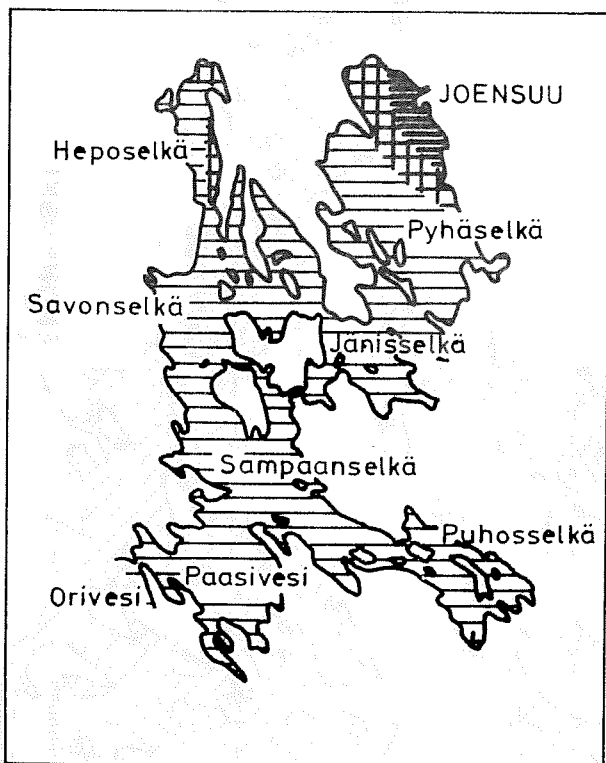
Oriveden eteläosa on kalataloudellisesti merkittävää aluetta. Hehtaarisaaaliit vaihtelivat vuonna 1980 Telmonselän arvosta 16,0 kg/ha Sampaanselän arvoon 5,0 kg/ha. Saalislajisto on monipuolisin ja lajien saalismäärät tasaisemmin jakautuneet Savon- ja Sampaanselän sekä Paasiveden alueilla kuin muualla Orivedellä (Kaijomaa ym. 1984). Alueelta ei ole vuosina 1979 - 79 eikä 1983 tutkittu kalanäytteidien jäämäaineita vesihallituksessa.

1.4 Vesistön käyttökelpoisuus

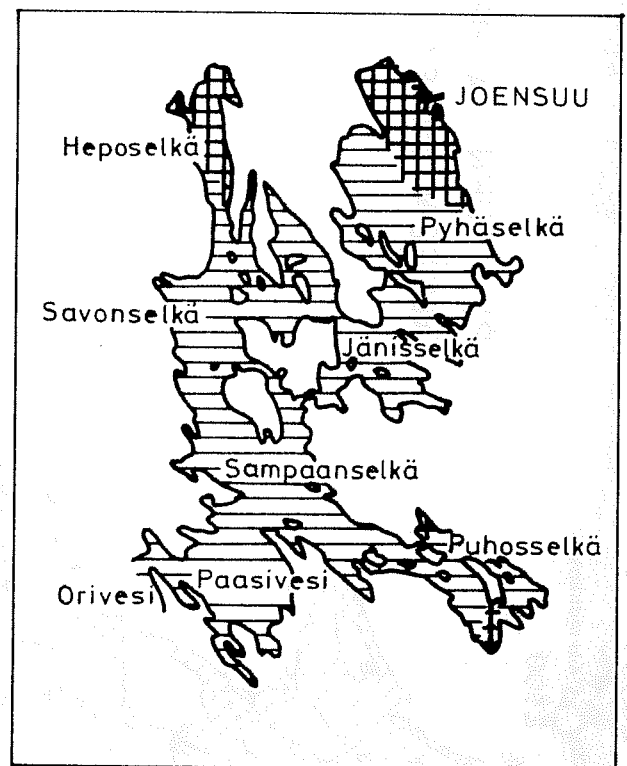
Vesistöjen käyttökelpoisuudesta saadaan yleiskuva vesihallituksen esittämän luokituksen avulla (Vesihallitus 1976). Vedet jaetaan viiteen ryhmään sen perusteella, kuinka ne soveltuvat erilaisiin käyttötarkoituksiin, esimerkiksi vedenottoon, uintiin, kalastukseen, vesiliikenteeseen jne. Luokittelu tehdään veden kemiallisten ja fysikaalisten sekä bakteriologisten tutkimustulosten pohjalta. Siinä huomioidaan mm. veden happitilanne, väriluku, jne. Luokitusperusteet ilmenevät tarkasti em. vesihallituksen julkaisusta. Luokitus ei ota huomioon rehevyytystasoa kuvastavia kasviplankton- tai klorofyllituloksia eikä esim. fosforipitoisuutta.

Käyttökelpoisuusluokituksen perusteella Oriveden Pyhäselän alue kuului 1980-luvun alussa pääosiltaan toiseen luokkaan, jossa vesi on hyvää useimpiin käyttötarkoituksiin. Pyhäselän pohjoisosa, Joensuun lähialue kuului neljänteen luokkaan, jossa vesi on välttävää. Pyhäselkä linjalle Kaskesniemi - Pyhäsaari oli laadultaan tyydyttävää. Myös Heposelän pohjois- ja keskiosat sekä Puhoslahden

alue olivat käyttökelpoisuudeltaan tyydyttäviä (kuva 14). Verrattaessa tilannetta 1970-luvun puoliväliin, voidaan havaita käyttökelpoisuuden parantuneen Joensuun edustalla Pyhäselällä: noin 20 km²:n alue on parantunut välttävään tyydyttävään luokkaan. Käyttökelpoisuudeltaan huonontuneita alueita on Heposelällä, jossa noin 22 km² on siirtynyt tyydyttävään luokkaan. Puhoslahdella tyydyttävän luokan pinta-ala on kasvanut noin 9 km². Parantunut tilanne Pyhäselällä johtuu pääasiassa Joensuun kaupungin jätevesikuormituksen pienentymisestä, huonontuneet tilanteet taas ovat seurausta jätevesien ja hajakuormituksen vaikutusten lisääntymisestä (Vesihallitus 1983).



Käyttökelpoisuus 1970-luvun puolivälissä.



Käyttökelpoisuus 1980-luvun alussa.

Käyttökelpoisuusluokat (Vesihallitus 1976)

luokka I, erinomainen

luokka II, hyvä

luokka III, tyydyttävä

luokka IV, välttävä

luokka V, huono

Kuva 14. Oriveden - Pyhäselän vesistön yleinen käyttökelpoisuus 1970-luvun puolivälissä ja 1980-luvun alussa

PYYVEDEN JA HEINÄVEDEN - ENONVEDEN ALUEEN VEDET



2 PYYVEDEN SEKÄ HEINÄVEDEN-ENONVEDEN ALUEET

2.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus

Pyyveden alue koostuu Savonrannan salmien ja Hanhivirran välisestä Saimaan osasta sekä siihen laskevista pienvesistä. Lähivaluma-alueen pinta-ala on 500 km², Saimaan tasolla olevan Pyyveden pinta-ala on 38 km² ja koko pinta-ala 71 km², eli Pyyveden luonteen ja tilan määräävät lähinnä Paasivedeltä purkautuvat Pielisen suunnan vedet, valuma-alue 28 510 km² ja laskennallinen keskivirtaama 295 m³/s.

Heinäveden-Enonveden alue rajoittuu Hanhivirran eli Pyyveden alueen lisäksi pohjoisessa Kermankoskeen ja etelässä Tappuvirtaan. Oravin ja Haponlahden kanavat rajaavat myös aluetta etelässä. Kermankosken kautta purkautuvat Kallaveden itäisen haaran ja Juojärven reittien vedet tänne Saimaan pohjoisosiin, keskivirtaama 1971 - 80 oli 54 m³/s. Heinäveden-Enonveden lähivaluma-alue on 763 km² ja Saimaan vedenpinnan tasossa oleva vesistöala 188 km².

Lähivaluma-alueen kallioperä koostuu happamista syväkivilajeista sekä migmatiitista ja kiillegneissistä. Maaperä on käytännöllisesti katsoen kokonaan moreenia. Turvemaita alueella on erittäin vähän. Lähivaluma-alueen pinta-alan ja virtaaman suhteen perusteella on selvää, että vesistön luonteen määräävät pääosin Pielisen suunnan vedet, joskin Koloveden muusta vesistöstä eristyneellä alueella myös lähivaluma-alueella on merkityksensä.

Pyyvesi on suhteellisen selväpiirteinen itä-länsisuuntainen 14 km pitkä allas. Myös Enonvesi erottuu selvästi omaksi selkeäksi altaakseen. Sen sijaan muu osa alueen vesistöistä on erittäin rikkonaista. Esim. Heinävedenselän-Joutenvedenselällä on 150 saarta. Alueelle ovat tunnusomaisia, paitsi saarten suuri lukumäärä, pitkät kaakko-luodesuuntaiset lahtivedet mm. Ruunavesi ja Kolovesi sekä maiseman suuret korkeuserot.

2.2 Alueelle tuleva kuormitus

Alue on varsin harvasti asuttua, joten hajakuormituksen merkitys kokonaisuutena katsoen ei ole suuri. Luonnonhuuhtoutuma ja läpivirtaus vaikuttavat tällä alueella oleellisesti veden laatuun. Sateen happamoittavalla vaikutuksella on oma osuutensa vesistön tilaan.

Alueelle sijoittuu tällä hetkellä kolme pienehköä pistekuormittajaa. Pyyveden alueen yläpäähän päävirtausalueelle sijoittuu Savonrannan kirkonkylä, jossa on kemiallinen puhdistamo. Heinäveden-Enonveden alueen yläpäähän Kermankosken alapuolisen lahtiveden pohjukkaan purkautuvat Heinäveden kirkonkylän jätevedet, jotka tällä hetkellä puhdistetaan tehostetussa lammikossa. Uusi rinnakkaissaostuspuhdistamo on kuitenkin rakenteilla. Alueen eteläosiin päävirtausalueelle kaakosta laskevan Ylä-Enoveden vesistön alaosaan purkautuvat Enonkosken rinnakkaissaostuslaitoksen jätevedet. Sama purkupaikka tulee olemaan tällä hetkellä vielä rakenteilla olevalla Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksella. Taulukkoon 1 on koottu puhdistamojen kuormituksen tunnuslukuja.

Taulukko 1. Alueen pistekuormittajien BHK7- ja kokonaisfosforikuormitukset v. 1982-83

	BHK7 kg/vrk		fosfori kg/vrk		typpi kg/vrk	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983
Savonranta	1,8	1,9	0,07	0,05	1,8	1,9
Heinävesi	18	23	0,72	0,64	7,2	15,8
Enonkoski	10	5,0	0,23	0,46	4,9	5,8

Tuloksista havaitaan, että laimentumisen suhteen edullisimmalle purkupaikalle sijoittuneen Savonrannan vesistökuormitus on selvästi alhaisin. Puhdistamo on toiminut suunnitellulla tavalla ja varsinkin sen fosforin poistoteho on ollut hyvä.

Heinäveden tehostettu lammikko ei aina ole toiminut tyydyttävästi ja niinpä uutta puhdistamoa ollaankin rakentamassa. Myöskään Enonkoskella ei aina ole saavutettu puhdistamotyypille asetettuja tulosvaatimuksia.

2.3 Veden laatu ja biologia ja siihen kohdistuneet tutkimukset

Alueelle sijoittuu yksi valtakunnallinen syvänehavaintopaikka Heinävedenselän pohjoispään Pyttyselän havaintopaikka nro 36, joka kuvaa Kermajärvestä purkautuvan veden laatua. Pyyveden aluetta rajaavan Hanhivirran tietojen perusteella saadaan yleiskuva Pielisen suunnan vesistä. Alueen purku-uomien Tappuvirran, Oravin ja Haponlahden kanavan vedenlaatutietojen perusteella

voidaan tarkastella vesistön veden yleisluonnetta, missä myös Pielisen reitin vedet ovat mukana. Enonvedelle sijoittuu valtakunnallisen kasviplanktonitutkimuksen havaintopaikka.

Taulukossa 2 esitetään alueen vesien yleiskuvaa kuvaavia tietoja tärkeimmiltä havaintopaikoilta.

Taulukko 2. Pyttyselän nro 36, Hanhivirran, Tappuvirran ja Oravin vedenlaatutuloksia 1983 - 84

	O ₂ %	väri- luku mgPt/l	alk. mmol/l	sähkön- joht. mS/m	pH	fos- fori µg/l	typpi µg/l
Pyttyselkä 36							
päälyysvesi	91	27	0,12	4,6	6,8	7	400
alusvesi	47	25	0,11	4,7	6,1	7	550
Hanhivirta	96-93	50	0,08-0,09	3,8	6,5-6,9	6-7	420-460
Tappuvirta	106-89	35-50	0,08-0,11	3,9-4,4	6,6-7,0	6-10	370-540
Oravi	106-87	40-50	0,08-0,10	3,8-4,1	6,4-6,8	6-10	390-490

Happitilanne virtaavissa luonnontilaisissa vesissä on luonnollisesti suuri. Vedessä olevien humusaineiden määrää kuvaavan väriluvun arvo on suurin Pyyveden alueen alareunassa Hanhivirralla, missä veden laatua määräävät Paasivedeltä purkautuvat Pielisen suunnan vedet. Pyttyselällä Kermankoskesta purkautuvien vesien humuspitoisuus on vain noin puolet tästä. Alueelta poistuvien vesien havaintopaikoilla, missä eri suunnilta tulleet vedet ovat sekoittuneet, väriluku asettuu näiden välille, suuremman vesimäärän suuntaan painottuen. Alkaliteetin eli veden puskurikyvyn arvot ovat Pielisen suunnan vesillä Heinäveden suunnan vesiä alahisemmat ja tasolla, mikä ei ole tavallinen suurilla reittivesillä. Myös sähkönjohtavuuden arvot ovat verrattain alhaisia ja kertovat vähäisestä liukoisten suolojen määrästä. Ravinnepitoisuudet sekä pH kertovat kokonaisuutena ottaen niukkatuottoisesta, "puhtaasta" vesistöstä.

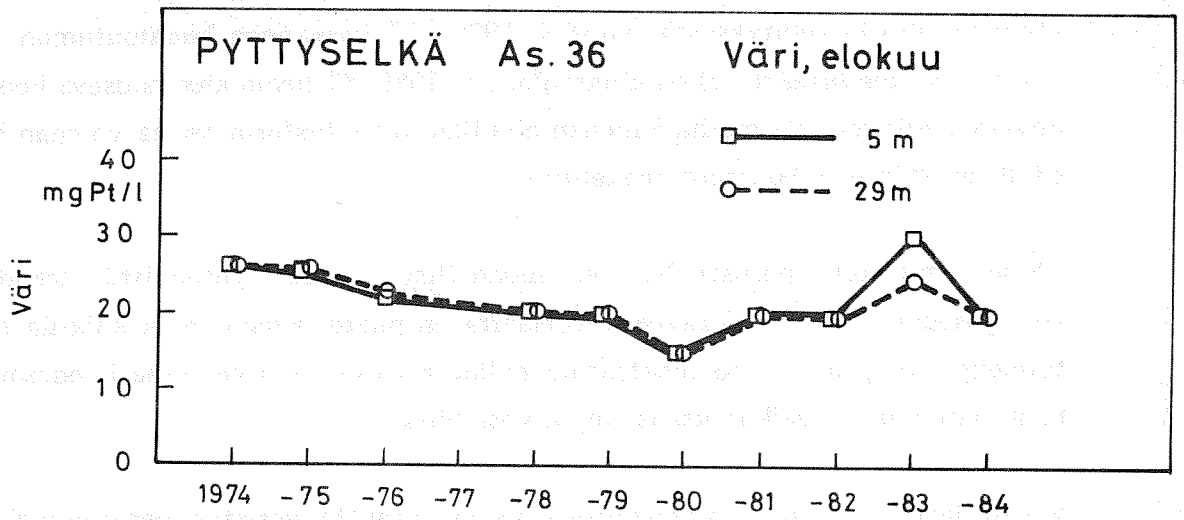
Keskeisten eristyneiden lahtivesien laadusta ovat esimerkkinä seuraavat Koloveden syvänteen tulokset:

	O ₂ %	väri- luku mgPt/l	sähkön- joht. mS/m	alkalit. mmol/l	pH	fosfori µg/l	typpi µg/l
Kolovesi							
syv. 46 m							
päälyysvesi	87	5	6,1	0,11	6,8	1	260
alusvesi	79	5	6,0	0,10	6,6	1,5	280

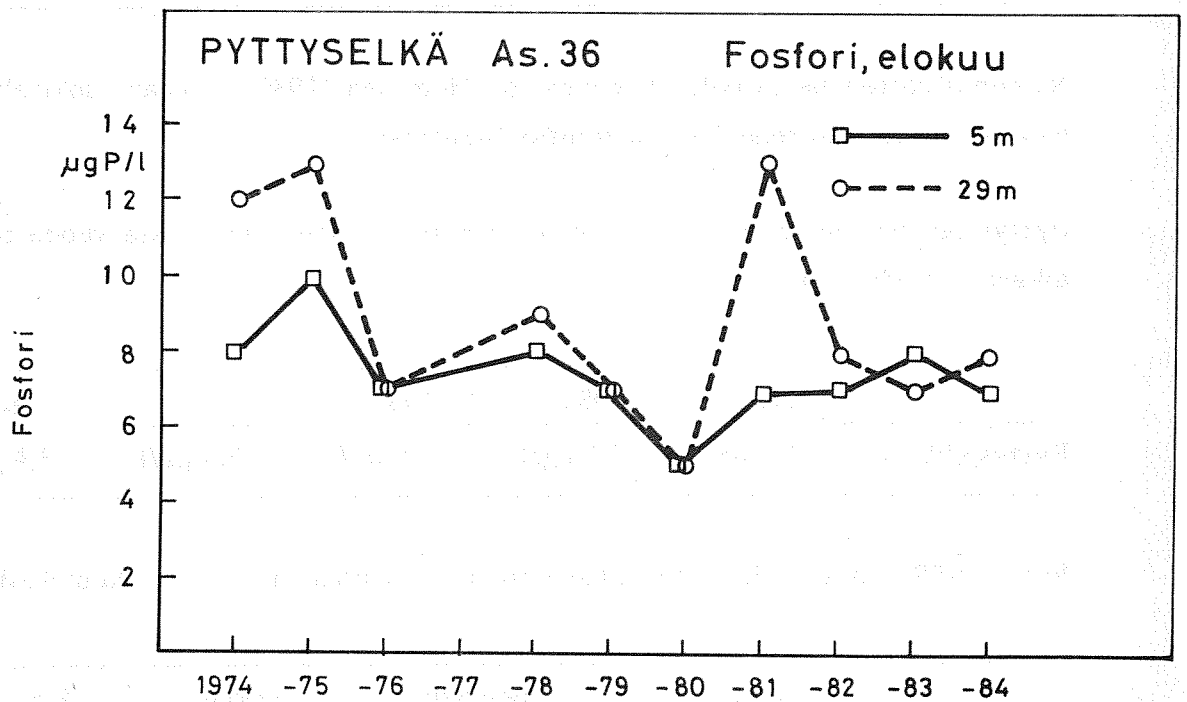
Näiden tietojen perusteella vesistön vedessä on erittäin niukasti liuenneita humusaineita ja myöskin ravinnepitoisuudet ovat erittäin niukkatuottoisia, "ultraoligotrofista" vesistöä kuvaavat. Näkösyvyys oli vuoden 1977 talvisella havaintokerralla 8,2 m. Saimaan alueen suurten altaiden osalta tuloksia voidaan verrata lähinnä Puruveteen.

Pitkän aikavälin muutosten toteaminen on mahdollista lähinnä Pyttyselän havainnoista. Laaksonen & Malin (1982) ovat todenneet vuosien 1965 - 1982 havainnoissa kaikilla syvyysvyöhykkeillä 95 % luottamustasolla sähkönjohtavuuden nousevan trendin. Tämä kertoo yleisestä maa- ja kallioperästä tapahtuneen huuhtoutuman tai sadeveden mukanaan tuomien liukoisten suolojen kasvusta. Melkein yhtä merkitsevä on kokonaisrikin kasvu välivesikerroksessa. Sen sijaan humusaineita kuvaavan suureen väriluvun ja ravinteiden osalta ei selväpiirteistä kehityssuuntaa ollut havaittavissa.

Seuraavissa kuvissa nähdään kymmenen viime vuoden kehitys väriluvun ja fosforin osalta.



Kuva 1. Väriluku Pyttyselän nro 36 näytteissä 1974 - 84, elokuun havainnot.



Kuva 2. Fosforipitoisuus Pyttyselän nro 36 näytteissä 1974 - 84, elokuun havainnot.

Tällä Heinäveden reitin vaikutusalueella sademääriin liittyvä huuhtoutuman kasvu näkyy väriluvun kehityksestä. Vuosien 1974 - 75 kasvaneen huuhtoutuman jälkeen väriluku laskee hitaasti, ollen alimmillaan v. 1980. 80-luvun alun nouseva kehitys on lievempi kuin monilla muilla Saimaan alueilla. Myös fosforin osalta voidaan havaita edellisen kaltainen huuhtoutumakehitys.

Näiden tulosten perusteella on luonnollista, ettei yhtenäistä trendiä eli kehityssuuntaa ole havaittavissa. Toisaalta on pääteltävissä, että kaikilla ihmisen toimenpiteillä, lähinnä tehometsätaloudella, jotka lisäävät valunutta ja edesauttavat huuhtoutumaa, on vaikutuksensa myös vesistöissä.

Veden laadun, lähinnä ravinnepitoisuuksien yhteyttä vesistön perusbiologiaan eli kasviplanktoniin on tutkittu Enovedellä valtakunnallisen seurannan puitteissa. Vuonna 1977 saatiin seuraavat biomassa tulokset:

	kesäkuu	heinäkuu	elokuu	k.a.
Enonvesi 055	0,45 mg/l	0,33 mg/l	0,25 mg/l	0,34 mg/l

Näiden tulosten perusteella Enonvesi on Heinosen (1980) mukaan luokiteltavissa niukkatuottoiseksi, rehevöitymättömäksi vesistöksi.

Pyttyselän havaintopaikalta on otettu klorofyllinäytteet elokuussa vuodesta 1981 alkaen seuraavin tuloksin:

	1981	1982	1983	1984	k.a.
Pyttyselkä 36	1,6 µg/l	5,3 µg/l	3,0 µg/l	3,5 µg/l	3,4 µg/l

Vuonna 1982 toteutettiin kolmen havaintokerran näytteenotto samalla paikalla:

	kesäkuu	heinäkuu	elokuu	k.a.
Pyttyselkä 36	1,6 µg/l	2,3 µg/l	5,3 µg/l	3,1 µg/l

Tuloksien perusteella myös Pyttyselkä on luokiteltavissa lähinnä niukkatuottoiseen eli oligotrofisten vesistöjen luokkaan, joskin ollaan lähellä mesotrofista eli rehevöityvää vesistöä.

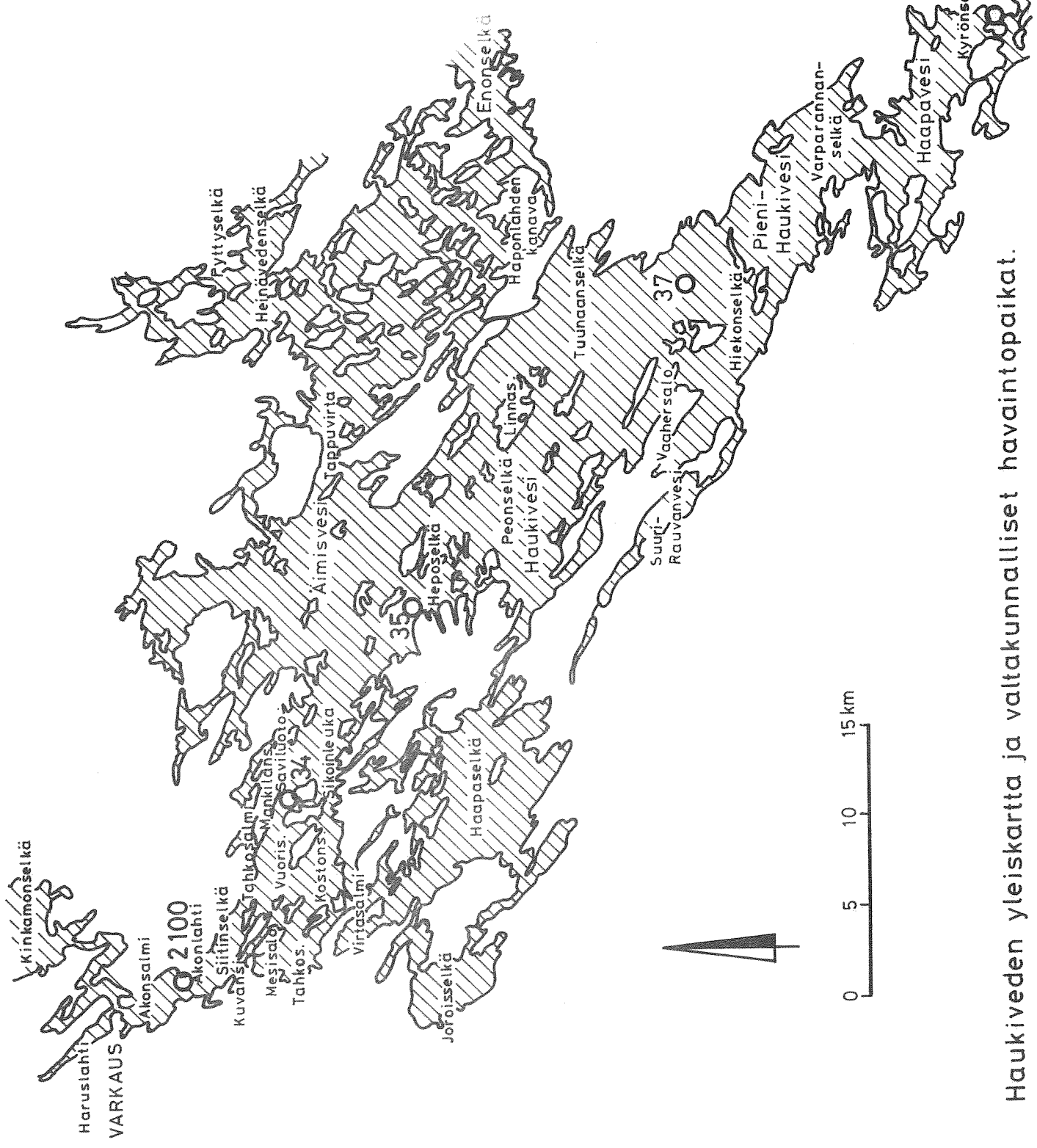
Forsberg & Ryding (1980) katsovat oligotrofisen vesistön kasvukauden aikaisen keskiarvon rajaksi 3 µg/l klorofylliä. OECD:n (1982) suljetussa luokitusjärjestelmässä niukkatuottoisen vesistön korkeimman kasvukaudella havaitun klorofyllin arvo on 8 µg/l. Jos elokuun arvo, joka tässä v. 1982 sarjassa on korkein ja mikä muuallakin yleensä on todettu korkeimmaksi, katsottaisiin maksimiarvoksi, Pyttyselkä sijoittuisi myös oligotrofiseen vesistöryhmään. Tämä olisi yhdenmukaista alhaisten fosfori- ja typpipitoisuuksien kanssa.

Pistekuormittajien alapuolisista vesistönosista voidaan todeta, että Heinäveden jätevesien purkupaikka Vahvalahden Itälahti on pilaantunut. Fosforipitoisuus on noussut yli viisinkertaiseksi ja alusvesi on kerrostuneisuuskausina säännöllisesti hapetonta. Savonrannan puhdistamon vaikutus on ajoittain näkyvissä lievänä ravinteiden nousuna. Enonkosken alapuolisessa matalassa Sahalammessa jätevesien vaikutus näkyy lähinnä ravinnetason nousuna ja vesikasvillisuuden lisääntymisenä.

2.4 Yhteenveto

Pyyveden ja Heinäveden-Enonveden alueella sekoittuvat keskenään Pielisen suunnan ($MQ = 295 \text{ m}^3/\text{s}$) ja Heinäveden reitin ($MQ = 54 \text{ m}^3/\text{s}$) vedet. Pielisen reitin vedet ovat humuspitoisempia kuin Kermankoskelta purkautuvat vedet. Ravinnetoisuudet ovat alhaisia eikä niissä ole oleellisia eroja eri suunnilta tulevista vesistä. Ainoastaan poikkeuksellisen pienen valuma-alueen omaavan Koloveden vesi on reittivesiä niukkaravinteisempaa. Alueen vesistöjen vesi soveltuu hyvin, talousvesikäyttöä lukuun ottamatta, kaikkiin käyttötarkoituksiin.

Pistekuormittajien aiheuttamat likaantumisalueet ovat pieniä. Heinäveden Itälähdellä, missä ongelmat ovat vakavimpia, tilannetta korjataan uuden puhdistamon rakentamisella, mutta myös purkupaikan siirtoa laimenemisen kannalta edullisempaan paikkaan harkitaan.



Haukiveden yleiskartta ja valtakunnalliset havaintopaikat.

3 HAUKIVESI

3.1 Haukiveden valuma-alueen ja hydrologian yleispiirteet

Haukivesi ja sen valuma-alue sijaitsevat pääosin Mikkelin läänissä Rantasalmen, Joroisten ja Kangaslammin kuntien sekä Savonlinnan kaupungin alueilla. Pääkuormittajat, A. Ahlström Osakeyhtiö ja Varkauden kaupunki, sijaitsevat kuitenkin Kuopion läänin alueella.

Alueen maaperä on moreenivaltaista; moreenimaiden osuus on 50 - 60 %. Joroisissa esiintyy kuitenkin suhteellisen runsaasti hietamaita, yli 30 %, jolloin moreenin osuus jää noin 30 %:iin. Kallioperä on pääosin kiteisiä liuskeita.

Pellon osuus maa-alasta on Mikkelin läänin maatalouskeskuksen alueella noin 7 % ja tarkemmin Joroisissa 13 %, Rantasalmella 11 % ja Kangaslammilla 6 % (Tirkkonen 1978).

Mikkelin läänin luoteis- ja pohjoisosat kuuluvat Keski-Savon drumlinialueeseen, jota luonnehtii korkeahko suotiheys ja kerrostumien suhteellisen suuri paksuus, mikä luo edellytykset polttoturpeen tuotantoon (Koskinen 1980). Haukiveden valuma-alueen runsassoisimmat alueet ovat järven länsirannalla, jossa soiden osuus on kuitenkin alle 10 % (Leino 1980, 1982).

Haukivedellä tarkoitetaan tässä yhteydessä Varkauden salmien, Virtasalmen, Sikoinleuan selkäsalmien, Savonlinnan kaupungin keskusta-alueen salmien, Oravin kanavan ja Tappuvirran rajoittamaa vesialuetta. Haukiveden katsotaan kuuluvan osana tasapintaiseen Iso-Saimaaseen, joskin Savonlinnan Kyrönsalmessa on pienehkö kynnyks. Edellä rajatun Haukiveden pinta-ala on n. 514 km², suurin pituus on n. 80 km. Järvi on melko voimakkaasti lahtien ja saarien rikkomaa. Yleisvaikutelmana on luoteesta kaakkoon suuntautuva verrattain kapea allas. Haukiveden valuma-alue on 9 410 km² ja sen järvisyys 27,3 % (Seuna 1971).

Tärkeimmät Haukiveteen laskevat vesireitit ovat Kallaveden läntinen haara sekä Heinäveden ja Pielisen reitit. Kallaveden reitin läntisen haaran vedet purkautuvat Haukiveden luoteispäähän Huruslahteen, joka liittyy Pirtinvirran välityksellä muuhun Haukiveteen. Länsirannalta Haukiveteen laskee Osma- eli Kuvansinjoki tuoden mukanaan Sorsaveden vesistöalueen vedet. Kuvansinjoki päättyy Siitinselkään noin 3 km Pirtinvirran alapuolelle. Haukiveteen yhtyy Virtasalmen ja Sikoinleuan salmen välityksellä Teemassaaren ja Torasalon länsipuolella sijaitseva

Haapaselkä-Joroisselkä. Näiden salmien kautta purkautuvat myös Sysmä- ja Kolkonjärven vesistöjen vedet Haukiveteen. Virtasalmi sijaitsee 14 km ja Sikoinleuka 17 km alempana kuin Varkaus. Pääosan tulovirtaamasta Haukivesi saa kuitenkin idästä Tappuvirran kautta, joka sijaitsee noin 30 km Varkautta alempana vesistöissä. Tappuvirta tuo Haukiveteen Kallaveden reitin itäisen haaran sekä Juojärven ja Pielisen reittien vedet. Hieman alemmaa Ahvensalon toiselta puolelta tuo vesiä Oravin kanava ja lisäksi Haponlahteen laskee pieni joki.

Reittien keskivirtaamat ovat:

Kallaveden läntinen haara	MQ = 113 m ³ /s
Heinäveden ja Pielisen reitit (Tappuvirta) ja lisäksi	MQ = 326 m ³ /s
Kuvansinjoki	MQ = 6 m ³ /s
Virtasalmi ja Sikoinleuka	MQ = 24 m ³ /s

Täten Tappuvirran kautta tuleva vesimäärä edustaa noin 70 % Haukiveteen tulevasta n. 469 m³/s keskivirtaamasta (Vaaajakorpi ja Kärmeniemi 1977). Vuosille 1977 - 80 on lisäksi saatavissa yksityiskohtaisemmat MQ-arvot (Frisk 1981).

Haukiveden tilavuus on noin $4\,660 \cdot 10^6$ m³ ja viipymä 5,4 kk.

Haukiveden luoteispään Siitinselkä ja Vuoriselkä ovat verrattain matalia, syvyydeltään alle 20 m. Vuoriselän alapuolella vesistö syvenee. Kuokanselän suurin syvyys on noin 35 m, Heposelän noin 50 m ja Peonselän noin 40 m. Varkauden suunnan vedet etenevät Haukiveden syvintä uraa myötäillen Siitinselältä Peonselälle.

Tappuvirrasta purkautuvat vedet yhtyvät Varkauden suunnan vesiin Kuokanselän jälkeen. Tappuvirran Varkauden suuntaan verrattuna noin kolminkertainen virtaama vastustaa jätevesipitoisen veden leviämistä itään Heposelän - Peonselän virtausreitiltä.

Mikkelin vesipiirin vesitoimiston vuoden 1970 lopulla tekemä Haukiveden virtaustutkimus (Vesihallitus 1974) osoitti, että Tappuvirralla tuleva virtaus työntyy pitkälle Varkauden suuntaan. Pintavirtaus ulottuu pitkän Soisalon rantoja Mankilansaaren korkeudelle, mistä se kääntyy Varkauden suunnalta tulevien vesien mukana takaisin etelään. Varkaudesta etelään virtaavat vedet painuvat länsirantoja myötäillen etelään päin.

3.2 Kuormitus

Haukiveden kuormittajista ovat A. Ahlström Oy:n Varkauden tehtaat ja Varkauden kaupunki tärkeimmät. Puunjalostusteollisuuden jätevesille ovat luonteenomaisia suuret eloperäisen aineen kuormat; fosforia ovat molemmat kuormittajat laskeneet vesistöön runsaasti. Suurimmat muutokset ovat tapahtuneet vesistöön joutuvan orgaanisen aineen määrissä.

A. Ahlström Osakeyhtiön Varkauden teollisuusalue sijaitsee Unnukan ja Huruslahden välisellä kannaksella Voimakanavan ympäristössä.

Vuoteen 1977 asti kaikki teollisuusalueella muodostuvat jätevedet saniteettijätevesiä lukuun ottamatta johdettiin Voimakanavaan ja vuodesta 1981 alkaen sulfaattisellutehtaan normaalin käynnin alettua Pirtinvirtaan.

Taulukossa 1 on esitetty teollisuuslaitoksen jätevesikuormituksen kehitys vuodesta 1970 lähtien, siis myös lupaa edeltäneeltä ajalta (Mikkonen 1981, täyd. ylitarkastaja Irmeli Taipalinen).

Taulukko 1. A. Ahlström Osakeyhtiön jätevesikuormitus vuosina 1970 - 83

Vuosi	A. Ahlström Oy:n jätevesikuormitus (kg/vrk)				Jäteveden määrä (m ³ /vrk)
	BHK ₇	Kiintoaine	Fosfori	Typpi	
1970	49 570	49 850	85	501	173 000
1971	61 870	63 040	82	554	160 000
1972					
1973	44 900	35 700	69	719	130 000
1974	47 760	29 500	70	537	122 000
1975	42 780	20 100	49	390	124 000
1976	48 390	14 740	38	373	127 000
1977	44 870	10 200	45	323	123 000
1978	31 080	8 660	44	288	108 000
1979	23 560	11 360	40	248	56 000
1980	12 190	8 940	30	260	49 480
1981	16 700	2 865	61	477	58 530 + 5 820
1982	11 620	2 725	50	490	55 940 + 7 500
1983	11 090	2 700	82	695	52 960 + 21 790

(sadevesi)

Varkauden kaupungin jätevedet johdettiin vielä 1970-luvun alussa puhdistamatta vesistöön.

Varkauden kaupungin Lehtoniemen keskuspuhdistamon valmistuttua v. 1972 jätevedet keskitettiin puhdistamolle, ja vesien kokoaminen toteutettiin täydellisesti vuoteen 1974 mennessä.

Taulukossa 2 esitetään Lehtoniemen puhdistamon kautta johdettujen jätevesien mitattu kuormitus lupaa edeltävältä ajalta ja luvan voimassaoloajalta 1977 - 83 (Mikkonen 1981, täyd. ylitarkastaja Irmeli Taipainen).

Taulukko 2. Varkauden kaupungin kuormitus vuosina 1974 - 83

Vuosi	Jätevesimäärä (m ³ /vrk)	Varkauden kaupungin kuormitus (kg/vrk)			
		BHK ₇	Kiintoaine	Fosfori	Typpi
1974	9 100	160		3,9	130
1975	10 000	450		5,7	230
1976	8 200	210		6,1	180
1977	10 700	250	200	5,4	240
1978	8 000	440	210	4,5	225
1979	10 450	490	230	8,2	265
1980	10 300	790	280	7,1	263
1981	11 630	900	312	8,8	242
1982	10 065	564	350	8,1	162
1983	10 183	1 038	305	9,3	244

Vuonna 1980 viemäriverkostoon oli liittynyt n. 22 000 asukasta. Puhdistetut vedet johdetaan Siitinselän pohjoispäähän.

Vedenlaatumallien soveltamiseen liittyen on Frisk (1981) laskenut Haukivedelle vuosittaiset fosforitaseet 1977 - 80. Seuraavassa yksinkertaistetut taulukot Haukiveteen tulevasta fosforista vuosina 1977 - 80; taulukko 3.

Taulukko 3. Haukiveteen tulevat keskivirtaamat ja fosforimäärät vuosina 1977 - 80

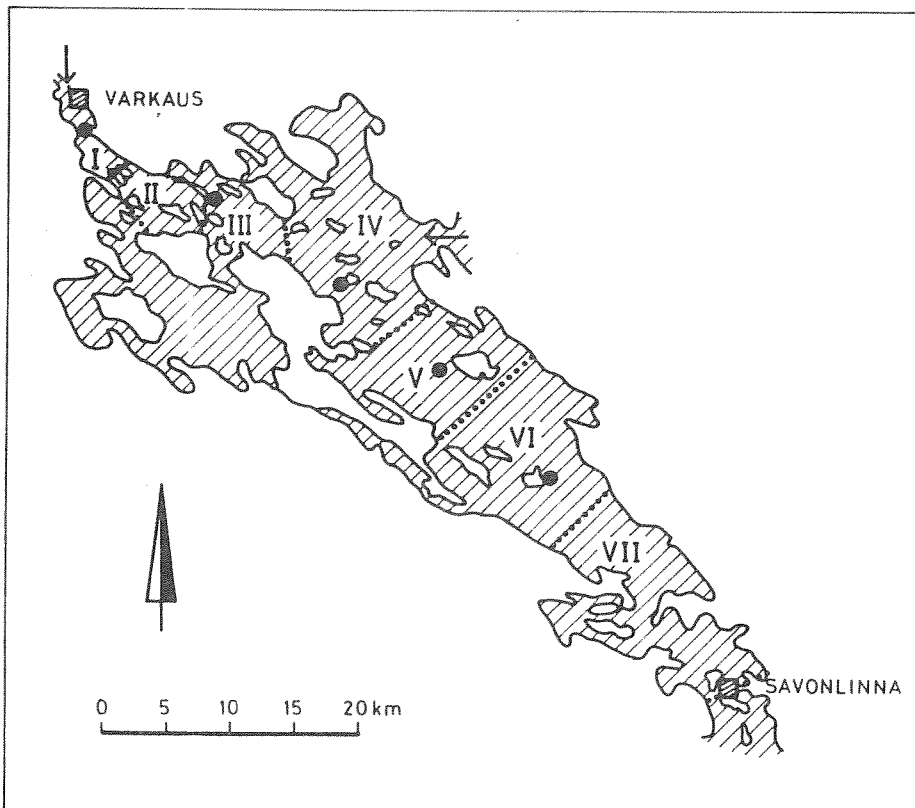
Tuleva	1977		1978		1979		1980	
	MQ m ³ /s	M mgP/s	MQ m ³ /s	M mgP/s	MQ m ³ /s	M mgP/s	MQ m ³ /s	M mgP/s
Kallaveden reitti	124,6	1807	73,6	810	96,9	2161	109,4	1729
A. Ahlström		372		504		465		346
Varkaus		63		52		95		82
Kuvansinjoki	4,8	66	4,4	60	5,0	69	5,8	79
Virtasalmi	8,1	81	4,6	41	8,0	135	7,6	90
Sikoinleuka	8,1	73	4,6	53	8,0	96	7,6	79
Tappuvirta	297,4	2676	246,6	1850	283,6	2552	271,0	2005
Oravi	16,5	120	13,7	100	15,8	115	15,7	115
Haponlahti	16,5	162	13,7	134	15,8	155	15,7	154
lähivaluma-alue	6,5	195	5,9	177	6,8	204	7,7	231
sade		187		187		187		187
Yhteensä	482,5	5802	367,1	3968	439,9	6234	440,5	5097

Frisk käytti laatimassaan fosforin sedimentoitumismallissa alueellista käsittelyä, jossa Haukivesi oli jaettu seitsemään osa-alueeseen: kuva 3. Laskettujen ja havaittujen fosforin pitoisuuksien yhteensopivuus oli hyvä.

Vuoden 1980 tehostetun tarkkailun perusteella Siitinselän (osa-allas I) fosforitaseen osatekijöitä voitiin arvioida tarkemmin kuin aiempina vuosina. Mallin avulla laskettiin tulevaksi kokonaisainevirtaamaksi arvo 3312 mg P s⁻¹. Sen voidaan arvioida jakautuvan seuraavasti:

Kallaveden reitti	1 729 mg P s ⁻¹
A. Ahlström	346 "
Varkaus	82 "
Muu Akonsalmen yläpuolinen kuormitus	217 "
Kuvansinjoki	79 "
Lähivaluma-alue ja sade	18 "
Vapautuminen sedimentistä välillä	
Akonsalmi - Siitinselkä	841 "

Luvut on tulkittava lähinnä suuruusluokka-arvoiksi.



Kuva 1. Haukiveden jako osa-altaisiin (Frisk 1981)

Kannattaa kiinnittää huomiota nimikkeeseen "muu Akonsalmen yläpuolinen kuormitus", joka v. 1980 aineistossa, samoin kuin aiempinakin vuosina, on merkittävä, joskin sen kvantitatiivinen erottaminen sedimentin vaikutuksesta on vaikeaa. Arvioitu "muu Akonsalmen yläpuolisen kuormituksen" ja pohjakerrostuman vaikutuksen summa vuosina 1975 - 80 on ollut keskimäärin $1\ 000\ \text{mg P s}^{-1}$.

Merkittävä selittäjä saattaisi olla puun vesivarastointi. Savolaisen (1984) mukaan Varkauden Niskaselältä, jota käytetään puutavaran vesivarastointiin, vapautui puutavarasta ja pohjasedimentistä 26.7. - 4.8.1982 $26,6\ \text{kg P/vrk}$ ($300\ \text{mg P/s}$), josta pohjasedimentin osuus oli $13,8\ \text{kg P/vrk}$. Niskaselällä fosforia vapauttavan pohjan alaksi arvioitiin n. $1\ \text{km}^2$.

Puumäärien ollessa suuria puun vesivarastointi näyttääkin olevan huomattava vesistön kuormittaja. Haitat esiintyvät pääasiassa varastointialueella, mutta virtaavassa vedessä haitat leviävät laajemmalle. Myös happea kuluu, Savolaisen mukaan Niskaselällä vastaavana ajanjaksona $5\ 500\ \text{kg O}_2/\text{vrk}$.

3.3 Haukiveden tila

Veden laadun muutoksia selvitetessä käytettiin kirjallisuuden ohella vesihallituksen vedenlaaturekisteriä vuosijaksolla 1970 - 79. Tällöin käytiin läpi paitsi Mikkelin vesipiirin vesitoimiston analyysitulokset myös A. Ahlström Oy:n velvoitetarkkailujen aineisto. Käytettävissä oli analyysituloksia myös vuosilta 1980 - 84. Taulukkoon 4 on koottu yleistä vedenlaatatietoa vuosilta 1980 - 82.

Huruslahdella on sellujätevesien vaikutus voimakas. Jätevesien vaikutusta kuvastaa varsinkin alusveden huono happitilanne, jonka aiheuttaa runsas, hajotessaan happea kuluttava, eloperäinen jäte. Korkea sähkönjohtavuus, voimakas väri ja suuri ligniinipitoisuus ovat tällöin olleet vedelle luonteenomaisia. Rautasuoloja ja ravinteita liukenee lisäksi pohjasta hapettomaan alusveteen (Vaajakorpi ja Kärmeniemi 1977).

Akonsalmessa, virtahavaintopaikka 2100, ja Tahkosalmessa on sellujätevesien vaikutus selvästi havaittavissa. Voimakas virtaus lieventää kuitenkin haittoja. Kts. Haukiveden yleiskartta ja havaintopisteet.

Taulukko 4. Vuosijakson 1980 - 82 maaliskuun tulosten keskiarvoja valtakunnallisilla havaintopaikoilla 34 ja 37 1 m:n syvyydessä, vesimassan keskellä (h) ja metri pohjan yläpuolella (2h-1)

		Havaintopaikka 34 Saviluoto			Havaintopaikka 37 Iso-Haukivesi		
		1	h(15)	2h-1(31)	1	h(25)	2h-1(50)
Vesisyvyys	m						
Alkaliteetti	mmol/l	0,15	0,15	0,38	0,08	0,12	0,14
COD _{Mn}	mg O ₂ /l	11,9	11,5	13,8	7,9	7,1	6,4
Happi	kyll. %	72	64	0	85	80	37
Kiintoaine	mg/l	1,1	0,3	13,0	0,2	-	0,6
Kloridi	mg/l	3,8	3,9	4,0	3,1	2,4	2,7
Kok.fosfori	µg/l	16	17	240	6	7	14
Kok.rikki	mg/l	-	3,0	-	-	2,8	-
Kok.typpi	µg/l	640	686	1010	446	390	423
Org.hiili	mg/l	-	10,7	-	-	8,0	-
pH		6,4	6,3	6,3	6,5	6,6	6,2
Rauta	µg/l	173	176	8433	119	65	105
Sameus Hach	FTU	1,38	1,37	39,33	0,26	0,27	0,43
Sähkönjoht.	mS/m	6,0	6,1	7,7	4,6	4,8	5,2
Väri	mg Pt/l	51	46	316	31	25	26

Jätevesien kulkureitillä sijaitsevalla Saviluodon havaintopaikalla, valtakunnallinen syväne 34, tulevat jätevesien aiheuttamat haitat jyrkästä kerrostuneisuudesta johtuen selvästi esiin. Syvänteen pohjalle kertynyt jäteliemi on aiheuttanut säännöllisesti kevättalvisin toistuvan pohjanläheisen vesikerroksen happikadon edellä selostettuine lieveilmiöineen.

Heposelälläkin, valtakunnallinen syväne 35, on sellujätevesien vaikutus selvästi osoitettavissa. Useimpina kevättalvina on happi kulunut pohjan läheisyydestä loppuun. Jäteliemipitoisuus on ajoittain ollut erittäin korkea. Päällisveden laatua ovat parantaneet Tappuvirran kautta tulevat puhtaat vedet: Pyttyselkä, valtakunnallinen syväne 36.

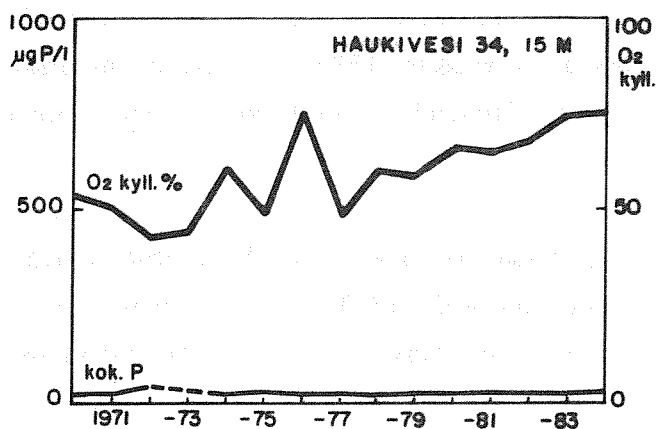
Tarkemmin Saviluodon, 34 havaintopaikalla tapahtunutta kehitystä tarkasteltaessa kiinnittää huomiota syvänteessä esimerkiksi metri pohjan yläpuolella (2h-1) tapahtunut happitilanteen heikentyminen maaliskuulla erityisesti vuosista 1974 - 75 lähtien, kuva 3. Kehitykseen eivät pienentyneet orgaanisen aineen kuormat, kuva 2, ole tuoneet muutosta. Maaliskuinen hapen kyllästysarvo oli vuosina 1976 - 83 0 % ja vasta vuonna 1983 löytyi syvänteestä jälleen happea.

Syvänteiden sedimenttiin varastoituneilla ja sieltä erityisesti happivajeiden aikana vapautuneella fosforilla lienee ollut merkitystä, joskin vapautuneen fosforin määrät ovat olleet laskussa, kuva 3.

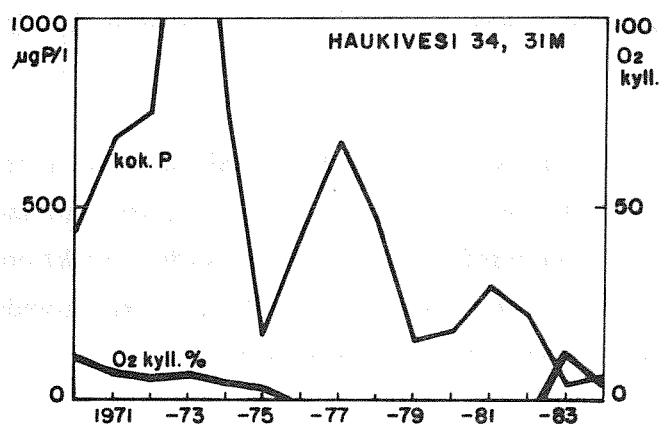
Taulukkoon 5 on koottu kaikki tässä selvityksessä käsitellyiltä havaintopaikoilta maaliskuun havainnoista löydetyt korrelaatiot, veden laadun kehityssuunnat, havaintojaksolta 1970 - 1979.

Haukiveden likaantuneemmilla alueilla tapahtunut mahdollinen vesistön tilan paraneminen pienentyvän jätevesikuormituksen seurauksena, havaintopaikat 2100, 34, 35, näkyy vuoteen 1979 mennessä erityisesti sähkönjohtavuuden ja myös Cl-määrien kasvun pysähtymisenä. Happamoitumista kuvastavat muutokset näkyvät kuitenkin lisääntyneen.

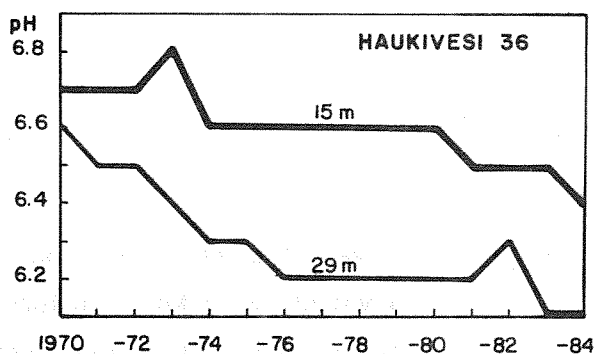
Vesistöjen veden laadun muutoksia vuosina 1962 - 1977 käsittelevässä raportissa (Laaksonen & Malin 1980) todetaan, että Vuoksen vesistön havaintopaikoilla on suolapitoisuuden kasvu edelleen säännönmukainen piirre, joka täällä ilmenee vahvimmillaan.



Kuva 2. Saviluodon havaintopai-
kan 34 kokonaisfosforin määrien
ja hapen kyllästysprosentin muu-
tokset vesimassan keskellä
(15 m:n syvyydessä) kevättalvi-
sin jaksolla 1970 - 84



Kuva 3. Saviluodon havaintopai-
kan 34 kokonaisfosforin määrien
ja hapen kyllästysprosentin muu-
tokset metri pohjan yläpuolella
(31 m) kevättalvisin jaksolla
1970 - 84



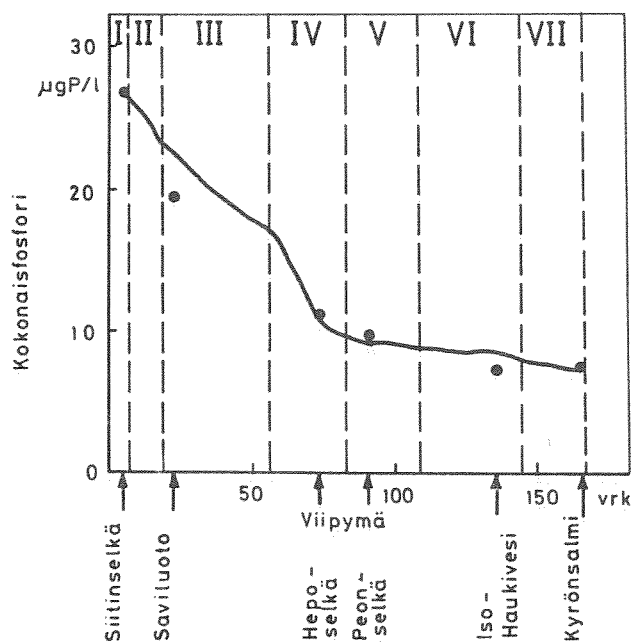
Kuva 4. Pyttyselän havaintopai-
kan 36 pH-arvojen muutokset
vesimassan keskellä (15 m) ja
metri pohjan yläpuolella (29 m)
kevättalvisin jaksolla 1970 - 84

Silmiinpistävä piirre on Pyttyselällä, havaintopaikka 36, näkyvän muutoksen voimakkuus: sähkönjohtavuus lisääntyy, pH laskee ja kokonaisrikin määrät kasvavat. Pyttyselkä on otettu tähän tarkasteluun mukaan edustamaan Haukiveteen Tappuvirran kautta idästä tulevia puhtaita vesiä. Huonosti puskuroiduissa vesistöissä näkyvät veden laatua muuttavien tekijöiden vaikutukset voimakkaimpina. Tapahtunut pH:n lasku on vuosien 1970 - 84 aikana maaliskuun havainnoissa jopa yli puoli yksikköä, kuva 4. Ilmakehän rikkilaskeuma lienee ainakin osittain muutosten aiheuttaja.

Tappuvirran puhtaiden vesien vaikutuspiirissä olevalta syvänehavaintopaikalta 37, Iso-Haukivesi, löytyy maaliskuun havaintojaksolla 1963 - 1977 lukuisia trendejä, joista kuitenkin jaksolla 1970 - 79 on enää mainittava laskeva pH. Happitilanne on alusvedessä lievästi heikentyvä.

Haukivedestä Kyrönsalmen kautta poistuvan veden ominaisuuksien muutoksista ei vuosilta 1970 - 79 juuri löydy säännönmukaisuuksia. Vain kokonaisrikin arvoista löytyy nouseva trendi. Kuitenkin muutoksen suunta on sähkönjohtavuudella nouseva ja pH:lla laskeva.

Friskin (1981) laatimassa fosforin kerrostumismallin sovellutuksessa järvi oli jaettu osa-altaisiin, kuva 1. Malli on erityisesti suunniteltu vesistöihin, joissa voidaan tarkastella ainevirtaaman alenemista viipymän ja siten etäisyyden funktiona. Tuloksena saatu kokonaisfosforin pitoisuuksien vaihtelua Haukiveden päävirtauslinjalla kuvaava käyrä vuodelta 1980 on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Lasketut (—) ja havaitut (●) kokonaisfosforipitoisuudet Haukivedessä vuonna 1980 (Frisk 1981)

Taulukko 5. Korrelaatioiden suunta sekä niiden merkitsevyys muuttujittain Haukiveden virtahavaintopaikoilla 2100 ja 2400 sekä syvänehavaintopaikoilla 34, 35, 36, 37 vuosijaksolla 1970 - 79

Syvyydet: l m, h (= puolet veden syvyydestä), 2h-1 (= 1 metri pohjan yläpuolella).

Kehityssuunta: + (nouseva), - (laskeva)

Merkitsevyydet: xxx = P 0,1 %

xx = P 1 %

x = P 5 %

0 = P 10 %

Muuttuja	havaintopaikka:	syvyys, kehityssuunta (+ tai -) ja merkitsevyys (o, x, xx, xxx)
Kok.P	37:	l m + ^o
Kok.N	2100:	-x
Cl	34:	h + ^o
Y 25	36:	l m + ^o , h +xxx, 2h-1 +xxx
O ₂ kyll.%	34:	h + ^o , 2h-1 -xxx
	2400:	+ ^o
pH	2100:	-xx
	34:	l m -x, h -xx
	35:	h -xx
	36:	l m -x, h -x, 2h-1 -xxx
	37:	l m -x, h -x, 2h-1 -x
Tot.S	34:	h -x
	35:	l m +xx
	36:	h +xx, 2h-1 +xxx
	2400:	+x

Haukiveden pohjoisosa on selvästi rehevöitynyt. Eutrofian, runsasravinteisuuden, alue ulottuu (Dillon 1975) nykyisellään osa-altaan III puoliväliin ja oligotrofian alue alkaa osa-altaassa IV Tappuvirran laimentavien vesien ansiosta.

Haukiveden hygieeninen tila on ollut paikoitelleen epäilyttävä. Lehtoniemen puhdistamon kautta johdettavien jätevesien vaikutus on havaittu ulosteperäisten streptokokkien määrän kohoamisena Akonlahdessa ja ajoittain Tahkosalmessa (Vaajakorpi ja Kärmeniemi 1977).

Sellu- ja asumajätevesien aiheuttamaa rehevöitymistä on havaittavissa Huruslahdessa. Haukivedessä rehevöitynyt alue ulottuu Saviluodon ja Heposelän välille. Sellujätevesien toisaalta rehevöittävä, toisaalta kasviplanktonin kasvua rajoittava vaikutus vaikeuttaa perustuotantokykytulosten arviointia. Myöskään Lehtoniemen puhdistamon kautta tulevien jätevesien osuutta planktontuotannon lisääjänä ei ole voitu arvioida.

Elo-syyskuun vaihteessa 1975 suoritettu pohjaeläintutkimus osoitti, että pohjaeläinlajisto ja yksilömäärät kuvastivat selvästi pohjan likaantumisasetusta eri havaintopaikoilla. Likaantuneimmilla pohjilla, Huruslahdessa, Siitinselällä ja Tahkosalmessa, esiintyivät dominoivina ryhminä Tubificidae-ryhmän harvasukamadot ja Chironomus-suvun surviaissääskitoukat. Ryhmien osuus pieneni selvästi alaspäin Haukivettä siirryttäessä.

Alempana Haukivedellä sekä vertailualueella, Haapaselällä, tavattiin joitakin jääneäyriäisiä (Pontoporeia affinis ja Pallasea quadrispinosa), jotka tyypillisesti viihtyvät puhtaissa vesissä.

Syyskesällä 1980 tehdyn biologisen perusselvityksen (Mankki 1980) mukaan Huruslahti oli rehevä ja sen pohja 10 - 18 metrissä erittäin huonossa kunnossa veden alhaisten happipitoisuuksien seurauksena. Myös matalemmalla (3 - 5 m) heijasti eläimistö edelleen varsin vaikeita olosuhteita. Koekalastuksessa oli särkikalojen osuus suuri, yli 80 %.

Siitinselällä oli pohjan tila Huruslahden luokkaa, mutta Tahkosalmessa lajisto kertoi jo selvästi parantuneista elinolosuhteista, vaikka lajisto olikin pääosin niukkahappisuutta ja likaantumista hyvin sietävää. Kalasto oli edelleen särkikalavoittoinen.

Vesialueella Mankilansaari - Peonselkä vesistön tilan paraneminen näkyy klorofylli-a:n arvojen ja biomassojen pienenemisenä. Myös eutrofiaa indikoivien lajien osuus kokonaisbiomassasta pienenee vähitellen Peonselälle päin. On kuitenkin korostettava kasviplanktonin määrittämiseen perustuvien muuttujien huonoa soveltuvuutta Haukiveden kaltaiselle, lyhytviipymäiselle, lähes jokimaiselle vesistölle.

Alueelta otetuista kolmesta pohjaeläinlinjasta vain yhdellä oli havaittavissa merkkejä jätevesikuormituksesta: Lehtikiukaan syväne. Alueelta löytyi toisaalta myös Mysis-reliktiäyriäisiä. Kalastossa oli havaittavissa selvä muutos: ahvenen osuus nousi ja särkilahnan esiintyminen loppui Tahkosalmeen.

Tehtyjen selvitysten perusteella on vaikea havaita mitään selvää eroa Haukiveden pohjoisosan biologiassa vuosien 1975 ja 1980 välillä. Lievä elinolosuhteiden paraneminen Tahkosalmen ja Peonselän välisellä vesialueella on kuitenkin mahdollinen.

3.4 Vesistön käyttökelpoisuus ja toipuminen

Vesihallituksen yleinen luokitus on verrattain hankalasti sovellettavissa Haukiveteen. Huonoin veden laatu on Akonlahdella ja Siitinselällä, joilla puunjalostusteollisuuden ja asumisjätevesien vesistövaikutukset näkyvät selvimmin. Veden laatu on suhteellisen hyvä luokkaan IV, välttävä, johon se kuitenkin voidaan sijoittaa lähinnä puunjalostusteollisuuden jätevesissä esiintyvien erityismyrkköjen kuten esimerkiksi hartsihappojen ja kloorattujen fenolien perusteella. Myös kuitujen esiintyminen vedessä on erityisesti keskittynyt tälle alueelle. Tahkosalmesta Heposelkään lienee veden laatu puolestaan tyydyttävä, luokka III. Muilta osin Haukiveden veden käyttökelpoisuus on hyvä, luokka II.

Kehitteillä oleva uusi virkistyskäyttöluokitus (Heinonen 1983) jakaa puolestaan vesistön ao. käyttökelpoisuuden 6 alueeseen. Tällöin luokat 4 - 6 ovat jätevesien tai muun ihmisen toiminnan eriasteisesti likaamia vesistöjä, luokkaan 3, tyydyttävä, kuuluvat jäteveden lievästi likaamat vedet, luokkaan 2, hyvä, lähes luonnontilaiset vedet sekä luokkaan 1, erinomainen, luonnontilaiset vedet.

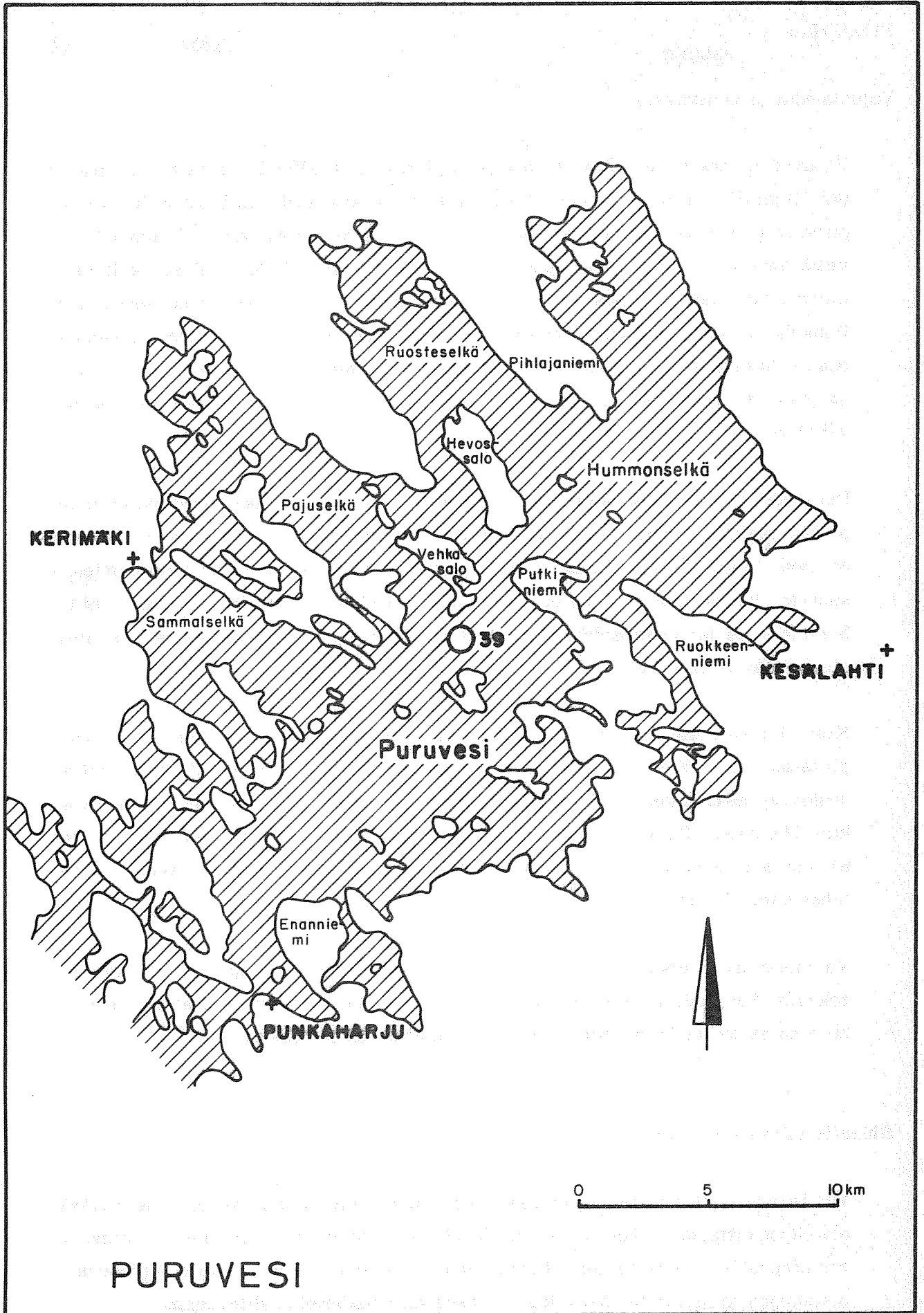
Vuosien 1978 - 80 vedenlaatuaineistolla tehdyn kokeilun mukaan osa Huruslahtea kuului luokkaan huono (5). Vuoriselkään asti oli vesistön kelpoisuus virkistyskäyttöön välttävä, Saviluodon ohi Voisalmeen tyydyttävä. Heposelällä oli veden laatu jo hyvä ja Tuunaanselällä sekä siitä eteenpäin erinomainen.

Vähentynyt eloperäisen aineen kuormitus on jossain määrin parantanut Haukiveden pohjoisosan talvista happitilaa. Tämä näkyy kuitenkin selvästi vain vesimassan keski- ja pintaosassa, kuva 2, havaintopaikka 34, Saviluoto. Pohjanläheisen veden, kuva 3, maaliskuinen hapen kyllästysarvo laski vuonna 1974 nolnaan ja oli sitä

edelleen vuonna 1981. Sedimenttien vaikutuspiirissä olevan veden poikkeavat ominaisuudet ovat silmiinpistävät. Lappalainen (1981) pyrki selittämään eroja Haukiveden virtausolosuhteilla. Pohjakerrostumilla on kuitenkin edelleen selvä vesistön toipumista hidastava vaikutus.

Lappalaisen vuosien 1981 - 86 lähes muuttumattomaksi oletetun kuormitustilan mukaan tekemien laskennallisten happipitoisuusennusteiden perusteella Siitin- ja Vuoriselän fosforipitoisuudet tulevat pysymään tasolla, jolla Haukiveden yläosa säilyy rehevähkönä. Välittömästi pohjan yläpuolisen veden ja pohjan happipitoisuus varsinkin kesällä jäänee Siitinselällä tasolle, jolla pohjan kyky pidättää fosforia on häiriintynyt. BOD-kuorman pienentäminen parantanee Siitinselän happipitoisuuksia ja näin pienenee pohjasta tapahtuva fosforin vapautuminen yläpuoliseen veteen. Friskin (1981) mukaan rehevyys kuitenkin on Haukivedellä huomattava hapenkulutusta aiheuttava tekijä eikä pelkkä BOD-kuormituksen aleneminen välttämättä takaa alusveden happipitoisuuden säilymistä riittävänä.

Alue Kostonselkä - Saviluoto - Kuokanselkä on happipitoisuuksiltaan ja pohjan laadultaan vaihettumisaluetta, jolla lohikalojen luontainen lisääntyminen tulee pysymään häiriytyneenä.



4 PURUVESI

4.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus

Puruveden varsinaisen lähivaluma-alueen pinta-ala on 930 km² ja tästä noin puolet (47 %) järviä, Puruveden muodostaessa valtaosan järvisyydestä. Lisäksi Puruveteen purkautuu pohjoisesta Raikuun kanavan kautta Orivesi-Paasivesi -järvikompleksin vesiä Saimaan vesipinnasta riippuen keskimäärin 5 m³/s. Valuma-alueen kallioperä muodostuu pääosin happamista ja syväkivilajeista, joskin Kerimäen seudulla ja Punkaharjun kaakkoispuolella on kiillegneissialueita. Moreeni muodostaa suurimman osan valuma-alueen maalajeista, kuitenkin valuma-alueella on varsin huomattavasti harjualueita sekä hiekkamaita. Toisaalta tyypillistä on turvemaiden eli soiden vähäisyys.

Puruvedelle muodostuu altaan keskivaiheille sijoittuvien luode-kaakkosuuntaisten pitkien niemien ja suurehkojen saarten jakamana tavallaan kolme osaa. Pohjoisessa on syvä, keskiosiltaan vähäsaarinen Hummonselkä. Keskiosassa on em. niemien ja saarten luonnehtimat Ruosteenselkä ja Pajuselkä. Eteläisille suurille selille, Sammalselkä ja Harvanselkä, ovat tyypillisiä pienehköt reunasaaret sekä edellisiä pienemmät vesisyvytydet.

Koko Puruvedestä ei ole tehty vesitilavuuden määrityksiä. Ruosteselän, jonka pinta-ala on 30 km², tilavuudeksi on määritetty 333,1 x 10⁶ m³, jolloin keskisyvyudeksi tulee n. 11 m. Tämä edustanee melko hyvin Puruveden muun osan kuin Hummonselän keskisyvyyttä. Hummonselällä sijaitsee Puruveden syvin kohta 66 m:n syväne, ja kauttaaltaankin allas on niin syvä, että keskisyvyys lienee lähempänä 20 m:ä.

Valuma-alueen koko suhteessa järvioltaaseen sekä sen maaperän ominaisuudet tekevät Puruvedestä eteläisessä Suomessa poikkeuksellisen suuraltaan etenkin humusaineiden määrän, mutta myös ravinnepitoisuuksien osalta.

4.2 Alueelle tuleva kuormitus

Varsinaiseen Puruveden altaaseen kohdistuu ainoastaan yhden merkittävän pistekuormittajan, Kerimäen kirkonkylän taajaman vaikutus. Puruveden eteläreunalla Punkaharjun - Punkasalmen alueella on useita pienehköjä pistekuormittajia, joita käsitellään Utrasveden Väistöselän yhteydessä.

Seuraavassa esitetään Kerimäen kirkonkylän puhdistamon tarkkailun perusteella todetut keskimääräiset kuormitukset viime vuosina.

Taulukko 1. Kerimäen puhdistamon kuormitusta ja toimintaa kuvaavat parametrit v. 1981 - 1983

Vuosi	BOD ₇ kg/vrk		Kok.typpi kg/vrk		Kok.fosfori kg/vrk	
	tuleva	lähtevä	tuleva	lähtevä	tuleva	lähtevä
1981	163,5	59,5	39,9	26,1	7,91	2,50
1982	166,5	21,9	39,8	32,9	9,42	4,05
1983	174	18,2	36,9	25,0	6,57	1,20

Uusi puhdistamo valmistui vuonna 1980. Tätä ennen jätevedet puhdistettiin lammikkopuhdistamossa, jonka toiminta oli epätyydyttävää. Nykyinenkään puhdistamo ei ole toiminut aivan parhaalla mahdollisella tavalla. Tähän on vaikuttanut mm. vuotovesistä johtuva hydraulinen kuormitus.

Kerimäeltä tuleva kuormitus vaikuttaa Puruveden veden laatuun ja vesiekologiaan varsin rajoitetulla alueella Sammalselän luoteisosassa. Kerimäen kuormituksen vertaaminen Puruveden valuma-alueelta tulevaan hajakuormitukseen on mahdotonta, koska näitä ei ole luotettavasti määritetty. Sen sijaan valuma-alueella, missä järvisyys on lähes puolet valuma-alueesta, on sadeveden kuormituksella epäilemättä oma vaikutuksensa ja tätä on mitattu alueen eteläosassa Punkaharjulla.

Taulukko 2. Pääravinteiden ja pH:n kuukausittaisten laskeuma-arvojen yhteenvetotulokset Punkaharjulla v. 1977 (Järvinen ja Haapala 1980).

1977	Kokonaistyyppi mg/m ²	Kokonaisfosfori mg/m ²	pH
min	27	0,3	4,3
max	94	5,5	6,6
md	73	1,1	4,9
\bar{x}	68	2,3	-
n	10	9	12

Keskiarvotuloksen perusteella laskettuna saataisiin laskeuman kuormitukseksi koko Puruvedelle kokonaistypen osalta 28 000 kg N/v, mediaanin osalta arvo olisi samaa suuruusluokkaa. Kokonaisfosforin keskiarvotulos antaisi kuormitukseksi noin 960 kg/v, mediaanin mukaan laskettuna alle puolet tästä. Kerimäen puhdistamon vastaavat kuormitukset olisivat viimeisten tulosten perusteella noin 9 100 kg N/v ja 440 kg P/v. Tämän perusteella pistekuormituksella ei ole altaan koko vesimassan osalta kovinkaan suurta merkitystä.

Toisaalta esim. laskeumafosfori laskennallisesti aiheuttaisi Ruosteselän altaassa vuositasolla 0,028 mg P/l konsentraatiota, joten Puruveden veden laatu ja biologiset tapahtumat ovat pääosin riippuvaisia hajakuormituksen ja luonnonhuuhtoutumasta. Ja koska maatalouden intensiteetti valuma-alueella ei ole korkea, vaikuttaa Puruvedeen pääosin luonnonhuuhtoutuma valuvan veden määrästä riippuvaisine heilahteluineen.

4.3 Puruveden veden laatu ja biologia sekä siihen kohdistuneet tutkimukset

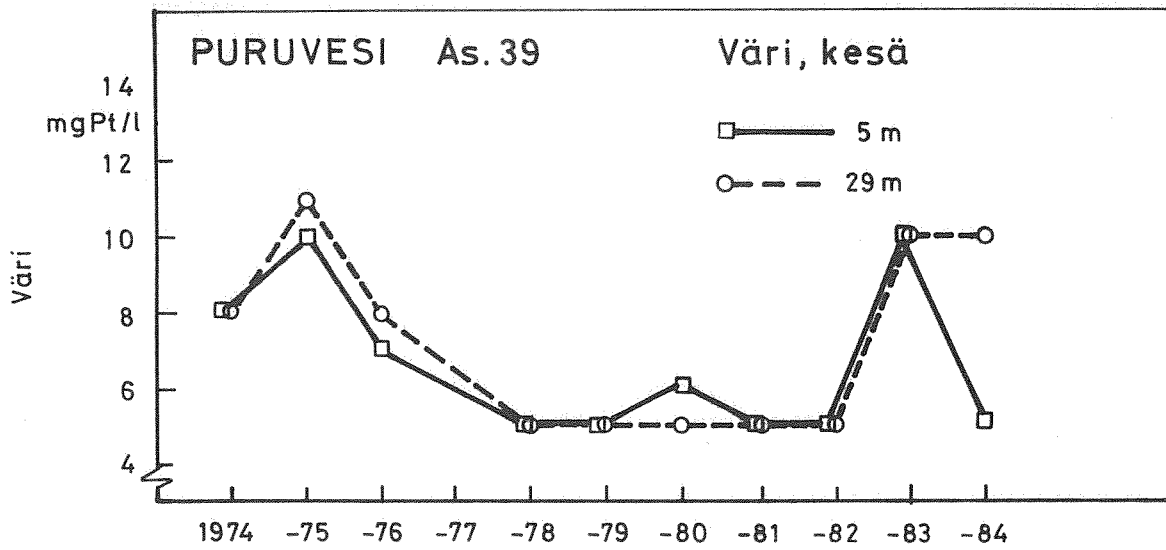
Merkittävin yhtenäinen veden laatuun kohdistunut havaintosarja muodostuu Puruvedellä keskeisesti sijaitsevan valtakunnallisen syvänehavaintopaikan nro 39 tuloksista. Tutkimus havaintoineen aloitettiin talvihavaintojen osalta v. 1965 ja kesähavaintojen osalta vuonna 1974. Biologiaan kohdistuneita havaintoja ovat vesiviranomaisen kasviplanktonhavainnot vuosilta 1963, 1965, 1971, 1977, 1982 ja 1983. Tässä yhteydessä voidaan todeta, että valtakunnallisten syvänehavaintopaikkojen ohjelmaan liitettiin vuonna 1981 klorofyllihavainnot, joilla myös kuvataan planktonmassaa. Lisäksi Puruvedellä on v. 1982 aloitetun kolmesti kesässä suoritettavan planktonhavainnoinnin asema. Puruvedellä sijaitsi toinen Nissisen (1972) muikun mätitiheyteen ja mädin eloonjäämiseen kohdistuneen tutkimuksen havaintopaikoista. Vuosina 1980 - 1983 vesihallinnon ja riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen sekä Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksen yhteistyönä toteutetun Saimaan ekologisen tutkimuksen havaintopaikoista sijaitsivat Puruvedellä pelaagisen ja rantaeläinplanktonin tutkimusasemat sekä edelleen litoraalivyöhykkeen pohjaeläimistön ja vesikasvien havaintopaikat. Puruvedellä sijaitsivat myös harjuksen ja siian mätitutkimuksen sekä siian ja muikun ravintoeläintutkimuksen havaintopaikat.

Veden fysikaalis-kemiallinen laatu yhdessä altaan hydrologian kanssa luo perusedellytykset vesistön biologialle. Kuten todettiin Puruveden valuma-alueen järvisyys eli lähinnä Puruveden pinta-ala on poikkeuksellisen suuri koko valuma-alueeseen verrattuna. Näin ollen suuri osa altaan vesistö on joutunut siihen suoraan

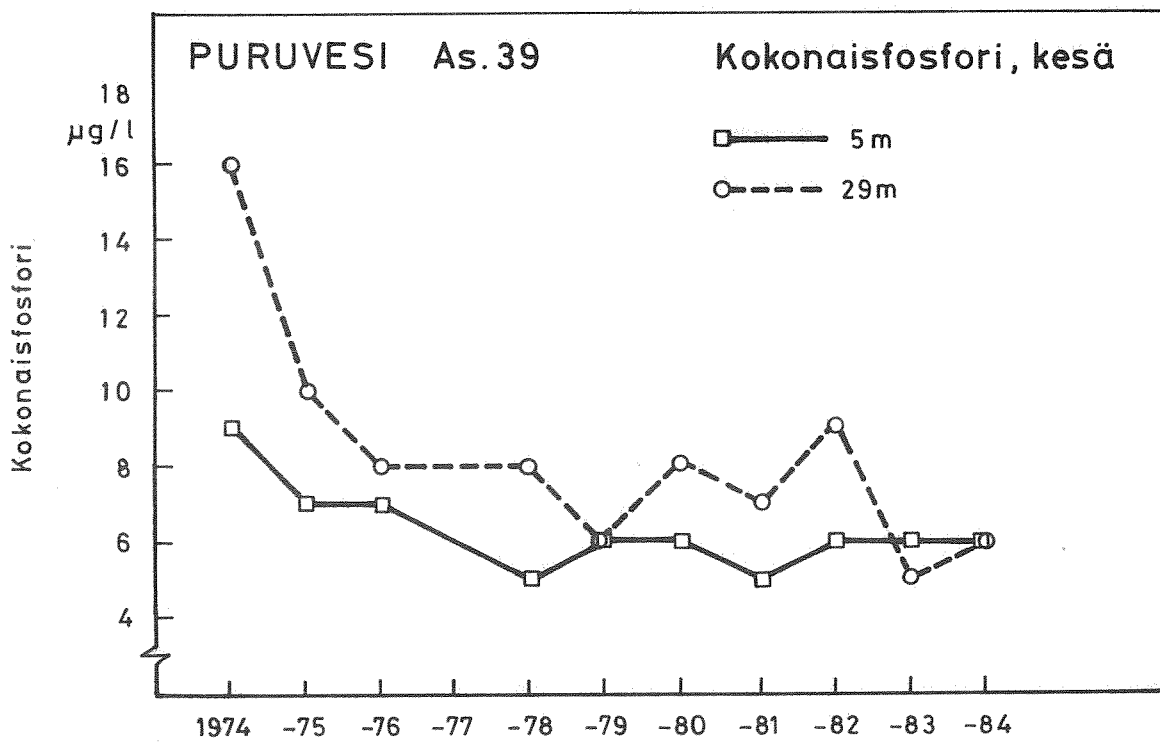
sateesta. Kun lisäksi pienehkön valuma-alueen maaperä painottuu moreenin ohella harju- ja hiekka-alueisiin, Puruvedestä muodostuu eteläisen Suomen oloissa poikkeuksellinen suurallas. Veden värinä mittattavan humusaineksen määrä poikkeaa selvästi muiden Saimaan tasossa olevien altaiden vastaavista arvoista. Puruvedellä keskeisesti sijaitsevan valtakunnallisen syvänehavaintopaikan nro 39 vuosien 1962 - 1982 talvihavaintojen kaikkien syvyyksien keskiarvo on 5 mg Pt/l, maksimiarvon ollessa 10 mg Pt/l. Kesällä 1980 päällysvedessä ja välivedessä mitattu arvo oli 0. Ruosteselän alueen täyskiertohavaintojen perusteella veden väri alueella on keskimäärin 10 mg Pt/l. Suljetuissa lahtivesissä, joiden lähivaluma-alueella on runsaasti turvemaita, tämä arvo voidaan ylittää. Valon tunkeutumista vesimassaan kuvaavan näkysyvyyden arvot ovat myös Puruvedellä humusaineksen vähäisyyden vuoksi poikkeukselliset. Tämän jossain määrin subjektiivisen ja sääolosuhteista riippuvaisen määrityksen maksimiarvo on ollut 13 m ja minimiarvo 5,2 m, keskiarvon asettuessa 8,0 m:n tienoille. Veden puskurikykyä kuvaava alkaliteetti-arvo on luultavasti valuma-alueen suuresta kivennäismaalajiosuudesta johtuen kuitenkin varsin normaalilla tasolla, jaksolla 1962 - 1982 keskimäärin 0,13 mmol/l. Suomen vesissä olennaisen, humusaineiden määrään liittyvän yleiskuvauksen jälkeen esitetään graafisesti väriarvon lisäksi veden biologiaan liittyviä suureita.

Pääravinteet, kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi, vaikuttavat kemiallisista tekijöistä eniten planktonituotantoon, tämä taas hajoitustoiminnan kautta hapenpitoisuuteen yhdessä alloktoonis-organisen aineksen kanssa. Niinpä seuraavissa kuvissa esitetäänkin näiden määritysten aikasarjoja.

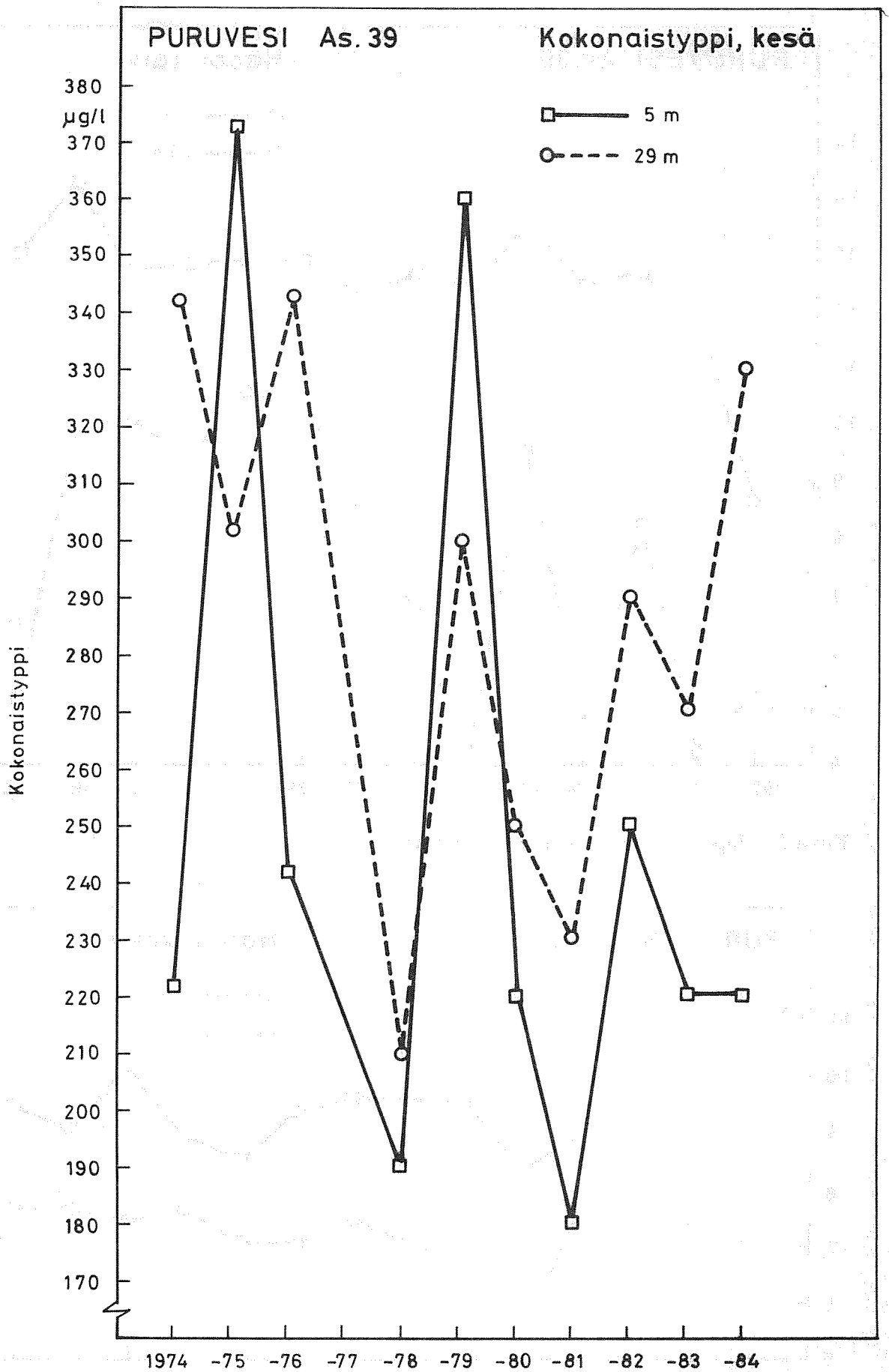




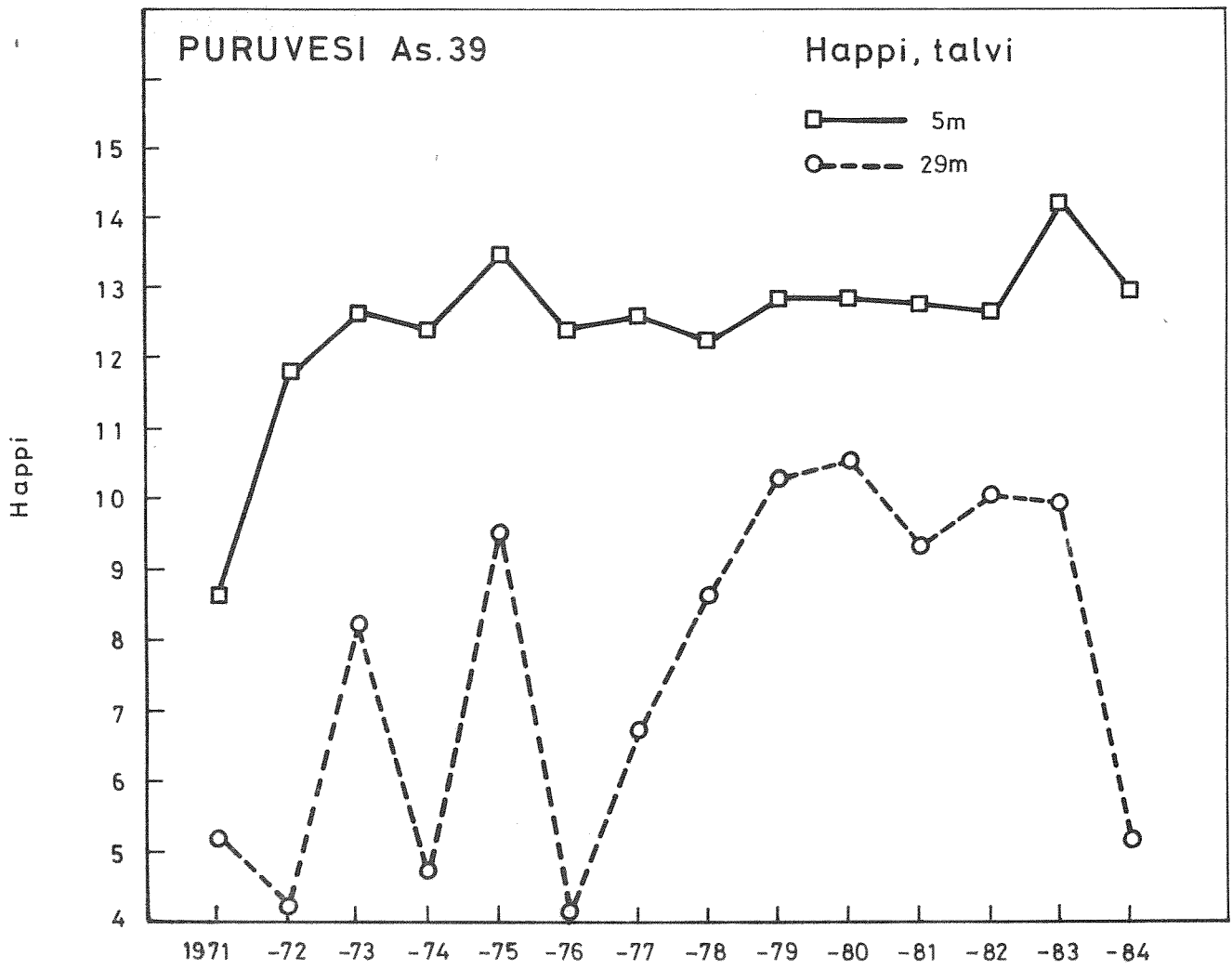
Kuva 2. Veden väri kesähavaintojen perustella.



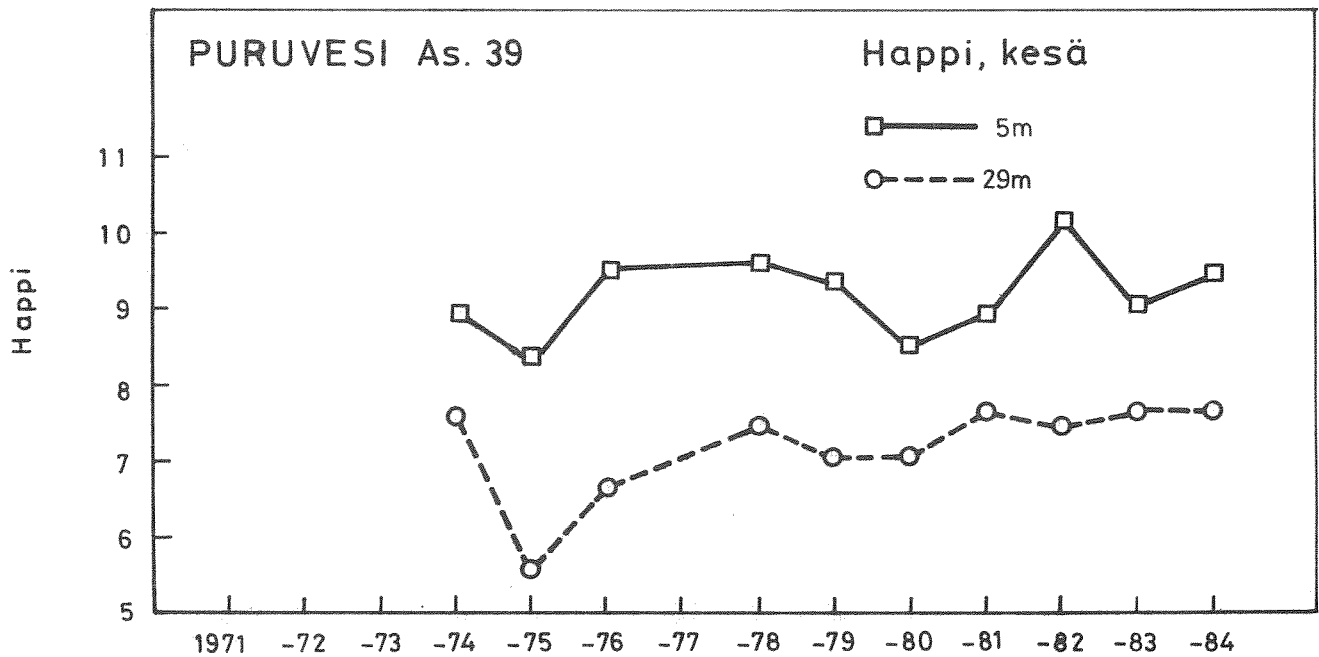
Kuva 3. Kokonaisfosforipitoisuus kesähavaintojen perusteella.



Kuva 4. Kokonaistyyppipitoisuus kesähavaintojen perusteella.



Kuva 5. Happipitoisuus talvihavaintojen perusteella.



Kuva 6. Happipitoisuus kesähavaintojen perusteella.

Veden värin kuvaajasta voidaan havaita sen pysyttelevän 10 mg Pt/l -tasolla tai sen alapuolella. Väriarvojen kehitys, jonka tarkastelua siirtyminen harva-asteikkoiseen komparaattorimenetelmään vaikeuttaa, seuraa jossain määrin kuitenkin pienellä viivellä valunnan kehitystä. Valuma-alueen ominaisuuksista johtuen ei täällä kuitenkaan päästä mihinkään kertaluokkaeroihin kuten runsaasti turvemaita sisältävillä valuma-alueilla.

Kokonaisfosforiarvot ovat yleisesti ottaen varsin alhaisella tasolla, eivät kuitenkaan niin alhaisia, että tuotanto välttämättä jäisi aivan ultraoligotrofiselle tasolle. Fosforipitoisuuksien erittäin lievät muutokset näyttäisivät viiveellä seuraavan sademäärän/huuhtoutuman huippukausia.

Kokonaistyyppimääritys on humusvesissä yleensä valuntariippuvainen. Niukkahumuksiessa Puruvedessä ei olennaista huuhtoutumavaikutusta voida havaita.

Valaistus- ja ravinnesidonnaisista perustuotantoon ja biomassaan liittyvistä määrittämisistä Puruvedellä voidaan todeta seuraavaa: Heinosen (1980) julkaiseman v. 1965 tutkimuksen mukaan kasviplanktonin biomassa vaihteli 0,07 - 0,19 mg/l tuorepainoa. Heinosen Suomen järville esittämän luokituksen mukaan Puruvesi kuuluisi ultraoligotrofiseen ryhmään näiden tulosten perusteella. Vuonna 1982 Puruvedellä suoritettiin neljä kertaa kasvukautena päällysveden klorofyllihavainnointi. Kasvukauden keskiarvo oli $2,5 \pm 0,19 \mu\text{g/l}$. Vuonna 1983 vastaava tulos kolme kertaa suoritettuna näytteenotolla oli $2,23 \pm 0,96$. Kumpanakin vuonna voitiin todeta biomassan kasvavan kesäkuusta elokuulle.

Elokuun näytteistä havaintopaikalla nro 39 muodostuu seuraavanlainen sarja:

	1981	1982	1983	1984	\bar{x}	S
chl a $\mu\text{g/l}$	3,6	3,5	3,1	2,6	3,2	0,45

Myös klorofyllitulosten perusteella Puruvesi voidaan luokitella tilavuusyksiköissä ilmaisten perustuotantonsa osalta hyvin niukkatuottoiseen ryhmään. Kokonaistuotantoon vaikuttaa kuitenkin myös valaistus, mikä näkösyvyystietojen mukaan mahdollistaa paksun tuotantokerroksen.

Niinpä perustuotanto yhdessä eläinplanktonin aiheuttaman nopean ravinteiden kierron kanssa mahdollistaa runsaan planktonsyöjäkalojen, lähinnä muikun tuotannon.

Happipitoisuus säilyy talvellakin Puruvedessä varsin hyvänä, kuitenkin voidaan havaita joitakin pohjanläheisen vesikerroksen arvoja, jotka laskevat 7,0 mg/l alle, jota on pidettävä kriittisenä rajana muikun mädin säilymiselle. Jakson 1971 - 1984 talvihavaintojen sarjan hapenpitoisuuksien keskiarvo on 7,6 mg O₂/l. Kun Puruveden kutupaikat Nissisen (1972) mukaan sijaitsevat syvänteiden rinteillä, syvyysvyöhykkeellä 8 - 22 m, eivät näytteenottosyvänteiden muodosta ilmeisesti johtuvat happipitoisuuden alenemat pohjanläheisissä vesikerroksissa ole vaikuttaneet muikun mädin talvehtimiseen.

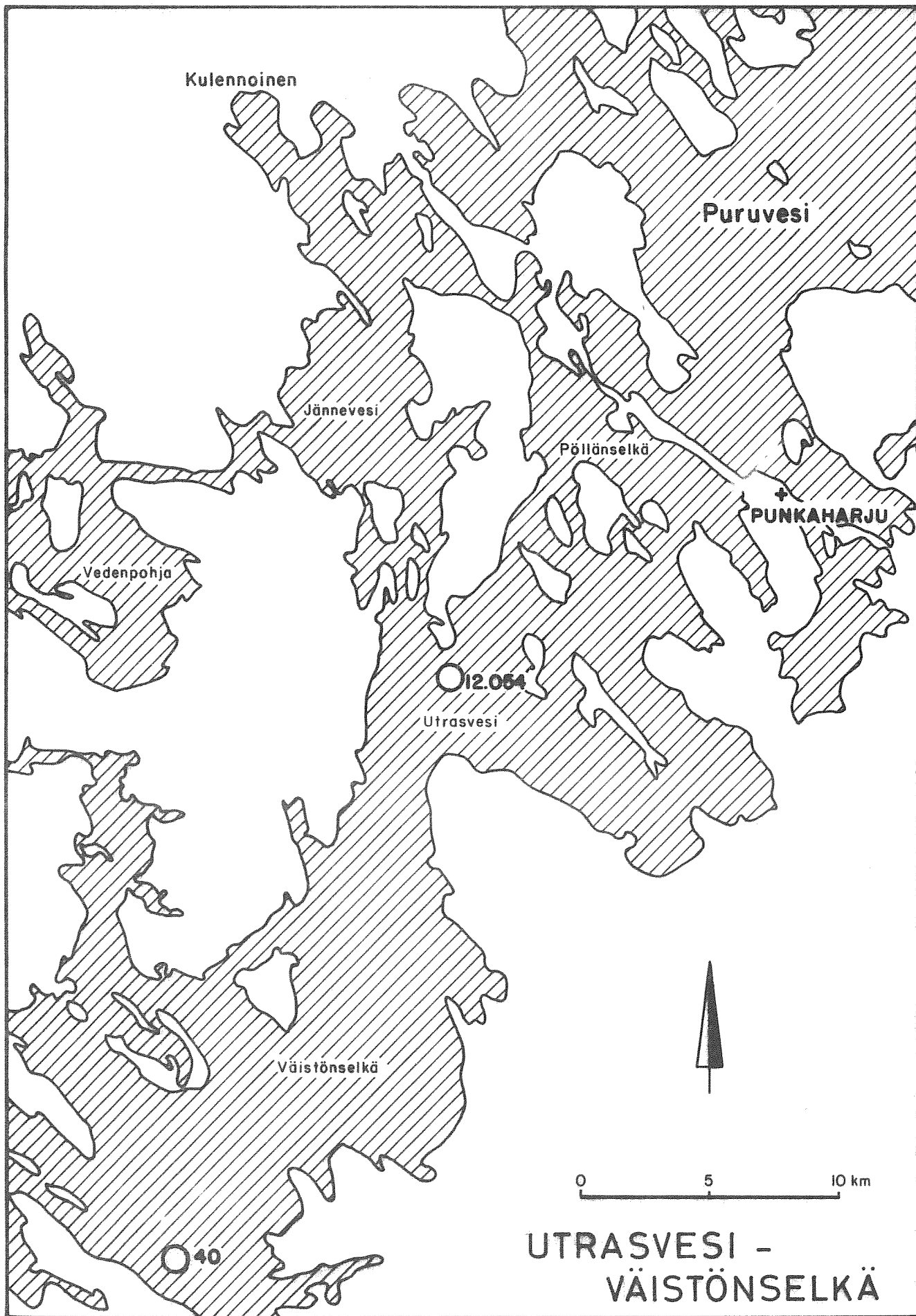
4.4 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että Puruvesi muodostaa Saimaan tasossa olevan, mutta päävirtauksesta sivussa olevan eteläisen Suomen oloissa poikkeuksellisen niukkahumuksisen ja oligotrofisen suuraltaan. Vaikka Puruvesi jakaantuu suhteellisen erillisiin selkiin, eivät järven eri osat veden laadun suhteen poikkea suuresti toisistaan. Hyvin suljetuissa lahtivesissä ja Kerimäen puhdistettujen jätevesien vaikutusalueella ravinnepitoisuudet poikkeavat hieman ylöspäin edellä esitetyistä keskisen Puruveden arvoista.

Kaikkien kehitettyjen käyttökelpoisuusluokitusjärjestelmien: vesihallinnon yleinen vuodelta 1971, virkistyskäyttöluokitusluonnos 1982 ja kalavesiluokitusluonnos 1984, mukaisesti Puruvettä voidaan pitää parhaaseen eli erinomaiseen luokkaan kuuluvana.

Puruveden veden värittömyys eli kirkkaus on yleisesti tunnettu, on puhuttu Puruveden "kristallivedestä". Puruveden veden läpinäkyvyys mahdollistaa riittävän pinta-alakohtaisen kasvi- ja eläinplanktonituotannon voimakkaan muikkukannan ylläpitämiseksi järvessä. Käsitykset muikkusaaliista vaihtelevat 15 - 25 kg/ha/a, mutta joka tapauksessa Puruvesi muodostaa Säkylän Pyhäjärven rinnalla merkittävän muikun kalastusalueen, missä ei tapahdu voimakkaita kannanvaihteluja. Myös muiden lohikalajien; taimen ja harjus, viihtymistä voidaan pitää yleisön nähtävissä olevana bioindikaattorina Puruveden veden laadusta ja toimivasta biologiasta.

Puruveden veden laadulle ei näyttäisi olevan mitään välitöntä uhkaa. Valuma-alueen koko aiheuttaa sen, ettei ilmeisesti tehometsätalouden tai muun hajakuormituksen vaikutus voine riistäytyä kohtuuttomaksi. Suurista altaista Puruvesi ilmeisesti voisi olla ensimmäisiä, joissa happamen sateen vaikutuksia näkyisi. Tällä hetkellä kuitenkin alkaliteetti on verrattain hyvällä tasolla, joten jo päätetyt happamen laskeuman rajoitustoimet pystyvät pitämään Puruveden "kristalliveden" myös vastaisuudessa biologisesti tuottavana.



UTRASVESI -
VÄISTÖNSELKÄ

5 UTRASVESI JA VÄISTÖNSELKÄ

5.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus

Vesihallituksen tiedotuksen nro 10 mukaisessa vesistöaluejaossa Utrasvesi ja Väistönselkä luetaan Pihlajaveden suuraltaaseen, mutta ne poikkeavat oleellisesti muusta Pihlajavedestä. Saimaan alueen kokonaissuunnitelmassa alue on luettu erilliseksi numerolle 4.125. Valuma-alueeksi on määritetty 598 km² ja järvisyydeksi 42,5 %. Niitä eivät luonnehdi samalla tavoin Savonlinnan salmien kautta purkautuvat Saimaan päävirtauksen vedet, vaan ne saavat vetensä lähivaluma-alueen lisäksi Punkasalmen kautta Puruvedeltä. Paikkakunnalla on jopa tapana puhua Punkasalmen alapuolisesta Puruvedestä. Myös morfologisesti nämä pienehköt koillis-lounassuuntaiset altaat poikkeavat selvästi keskisen Pihlajaveden kaakko-luodesuuntaisten niemien ja saarien luonnehtimasta suuraltaasta.

Utrasveden ja Väistönselän lähivaluma-alueen kallioperä muodostuu lähinnä migmatiitista ja kiillegneissistä, joskin grano- ja kvartsidioriittia tavataan jossain määrin. Kivennäismaalajeista alueella on moreenin lisäksi suhteellisen runsaasti harjuaineita, sisemmän Salpausselän ulottuessa alueen eteläosaan, missä on myös jossain määrin hiekkamaita. Turvemaita tällä verrattain rajoittuneella alueella on vähän.

Syvyysuhteista voidaan todeta, että Utrasvesi - Väistönselän alue on keskimäärin verrattain syvää, saaristovyöhykkeitä lukuun ottamatta alle 10 m:n syvyydet ovat harvinaisia. Vesistön maksimisyväne sijaitsee aivan eteläosassa. Tämä 40 m:n syväne on myös valtakunnallinen syvänehavaintopaikka nro 40.

5.2 Alueelle tuleva kuormitus

Pistekuormitus alueella kohdistuu aivan sen yläosaan Punkaharjun välittömään läheisyyteen sekä jossain määrin Utrasveden itäisimpään lahteen, Putikonlahteen. Punkaharjun alueella on kaksi käytännöllisesti katsoen samaa vesistöaluetta kuormittavaa puhdistamoa: Punkasalmen taajaman puhdistamo, rinnakkaissaostuslaitos, joka on valmistunut v. 1976 ja ennakoilmoituspäätöksen mukainen kuormitus on BOD₇:n osalta < 25 mg O₂/l ja kokonaisfosforin < 1,5 mg/l, sekä Punkaharjun puhdistamo, myöskin rinnakkaissaostuslaitos, jolle on asetettu samat puhdistusvaatimukset. Edellisen jätevesivirtaama on keskimäärin yli 600 m³/d ja jälkimmäisen noin 1/3 pienempi.

Seuraavassa esitetään laitosten vesistökuormitusparametreja viime vuosilta kaksi kertaa vuodessa suoritettavan velvoitetarkkailun perusteella.

Taulukko 1. Punkasalmen ja Punkaharjun puhdistamojen vesistökuormitus v. 1980 - 1983

Kuormitusuure	Kuormitus kg/d			
	1980	1981	1982	1983
BOD ₇	9,2	31,1	11,4	48,4
Kokonaisfosfori	0,65	1,29	0,75	2,05

Yleisesti ottaen puhdistamot ovat toimineet vaatimustason mukaisesti, mutta v. 1983 oli Punkaharjun puhdistamolla häiriöitä sekä BOD₇ että fosforikuormituksen osalta ja myös Punkasalmen puhdistamon fosforikuormitus oli normaalia suurempaa po. vuonna. Tähän saattaa kuitenkin liittyä näytteenottokertoihin liittyvä harha, koska, kuten myöhemmin voidaan havaita, vesistötarkkailutuloksissa ei havaita oleellisia vaikutuksia.

Koska maatalousmaata valuma-alueella on vähän ja toisaalta myöskään metsäojituskohteiksi sopivia turvemaita ei ole kovin runsaasti, ei hajakuormituksen osuus alueella ole kovin olennainen tekijä. Biologista toimintaa ohjaavat ravinteet ovat pääosin peräisin Puruvedeltä purkautuvasta tulovirtaamasta ja jossain määrin myös em. pistekuormittajilta.

5.3 Veden laatu ja siihen kohdistuneet tutkimukset

Alueen vesistötutkimukset rajoittuvat em. valtakunnallisen syvänehavaintopaikan nro 40 havaintoihin, joista saadaan yleiskuva alueen veden laadusta, sekä Punkaharjun alueen velvoitetarkkailuun.

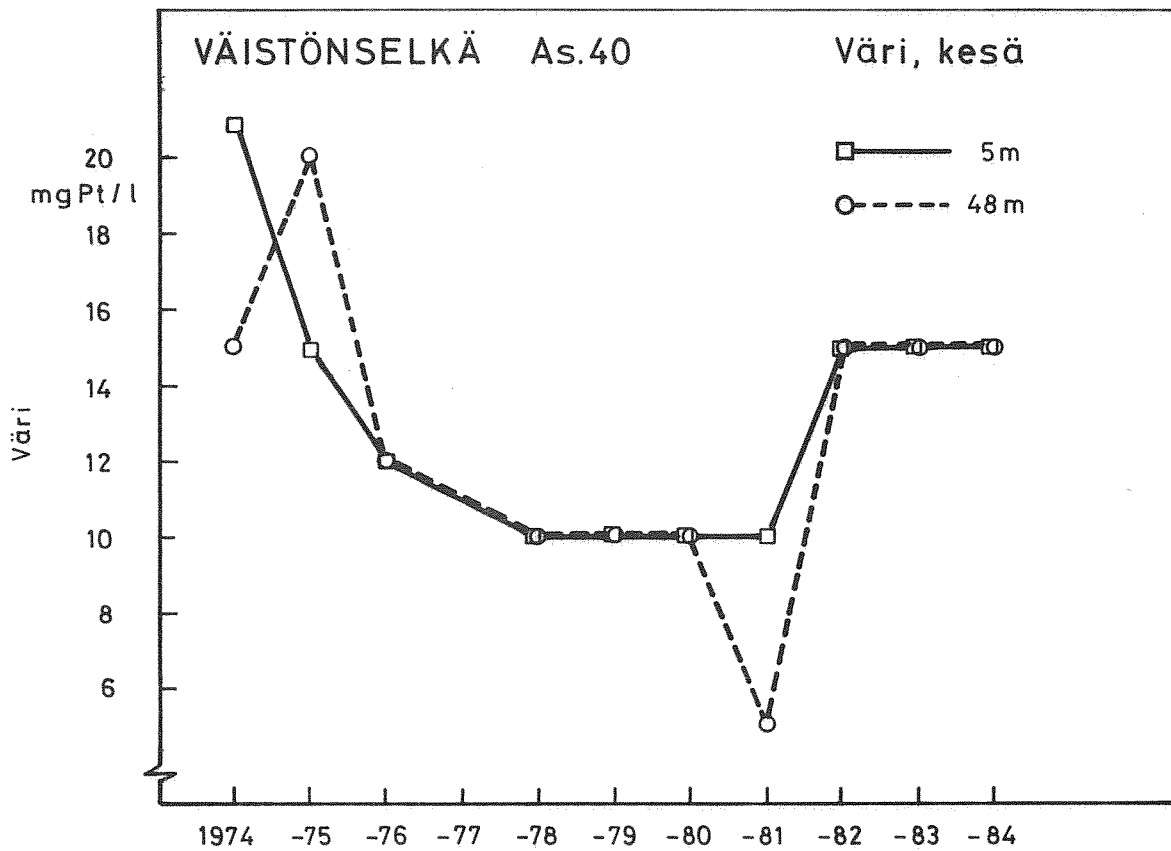
Väistönselän havaintopaikan nro 40 perusteella voidaan todeta veden yleislaadusta seuraavaa: Vuosien 1962 - 1982 talvihavaintojen kaikkien syvyyksien värin keskiarvojen keskiarvoksi muodostuu 11 mg Pt/l, minimin ollessa 5 mg Pt/l ja maksimin 23 mg Pt/l. Voidaan siis havaita, että vaikka vesistö edelleen kuuluu poikkeuksellisen vähähumuksiseen tyyppiin, on lähivaluma-alueen ja osittain

ilmeisesti myös Pihlajavedeltä tulevan tulvaveden vaikutuksesta veden väriarvo nousut kaksinkertaiseksi Puruveteen verrattuna. Näkösyvyysmäärityksen maksimiarvo on ollut 9,2 m ja minimi 4,2 m, keskimääräinen arvo talvihavainnoissa on yli 6 m. Alkaliteettiarvojen keskiarvo on samalla tasolla kuin Puruvedellä eli 0,13 mmol/l eikä kehitys ole ollut heikkenevä.

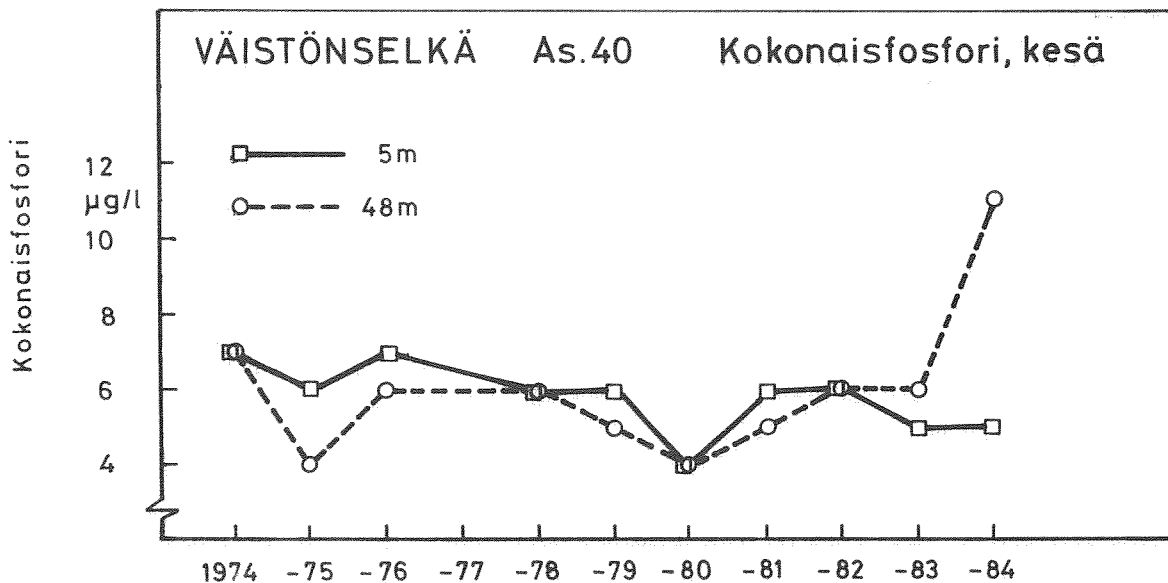
Vesistön tilaan ja biologiaan vaikuttavat oleellisesti pääravinteiden, typen ja fosforin määrät vesimassassa sekä toisaalta osittain näiden vaikutuksesta syntyvän ja osittain valuma-alueelta tulevan orgaanisen aineen hajotuksen tuloksena muodostuvan hapenpitoisuus. Veden väri on tietyllä tarkkuudella yleisesti aistittava ja toisaalta perustuotantoon valaistuksen kautta vaikuttava fysikaalinen tekijä.

Seuraavissa kuvissa esitetään aikasarjoina edellä mainittujen suureiden arvot viime vuosien aikana. Ravinteiden ja värin osalta käytetään kesähavaintojen arvoja, jolloin perustuotantoon liittyvät tekijät ovat tärkeimmät, ja hapen osalta talvisia arvoja.

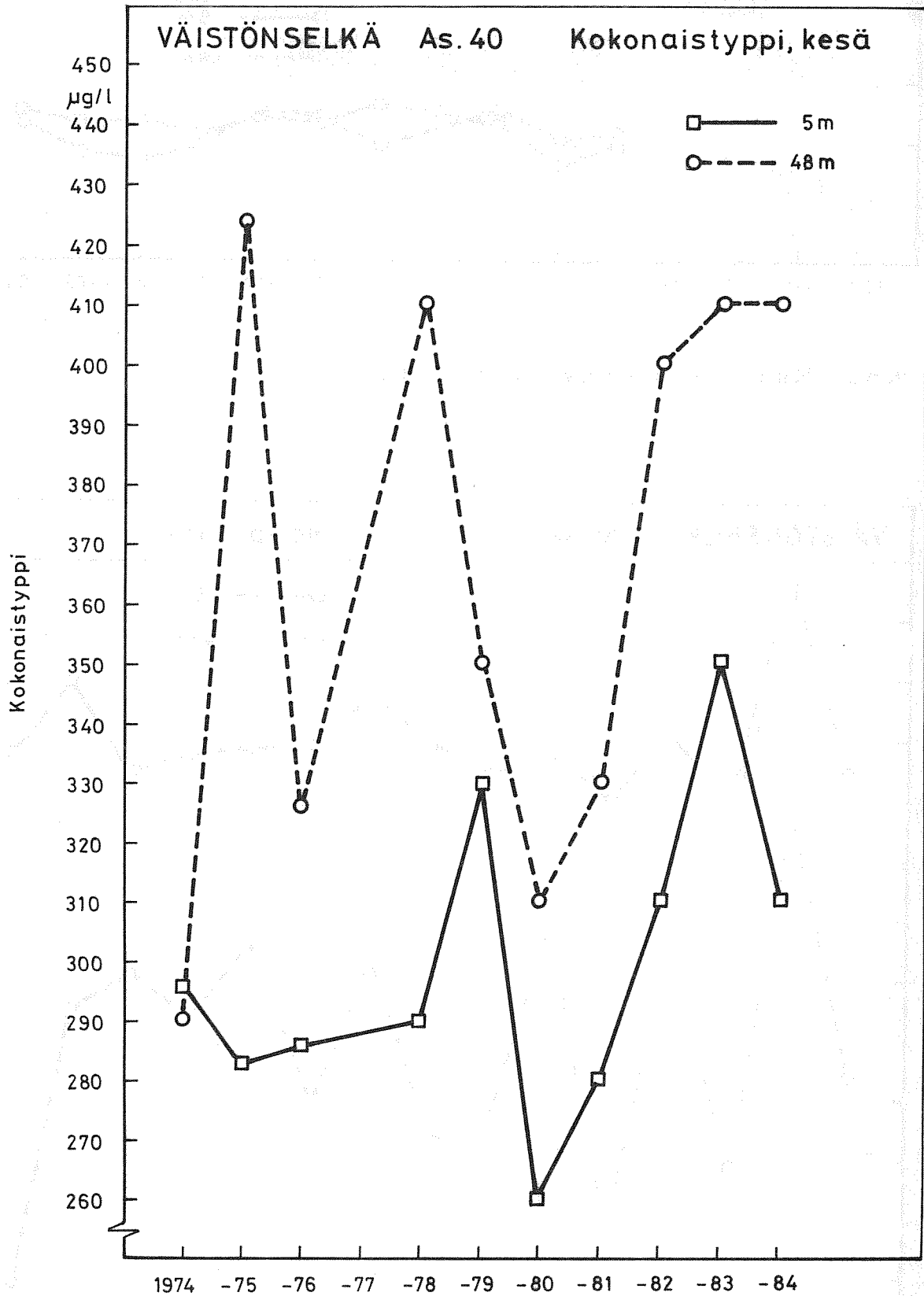




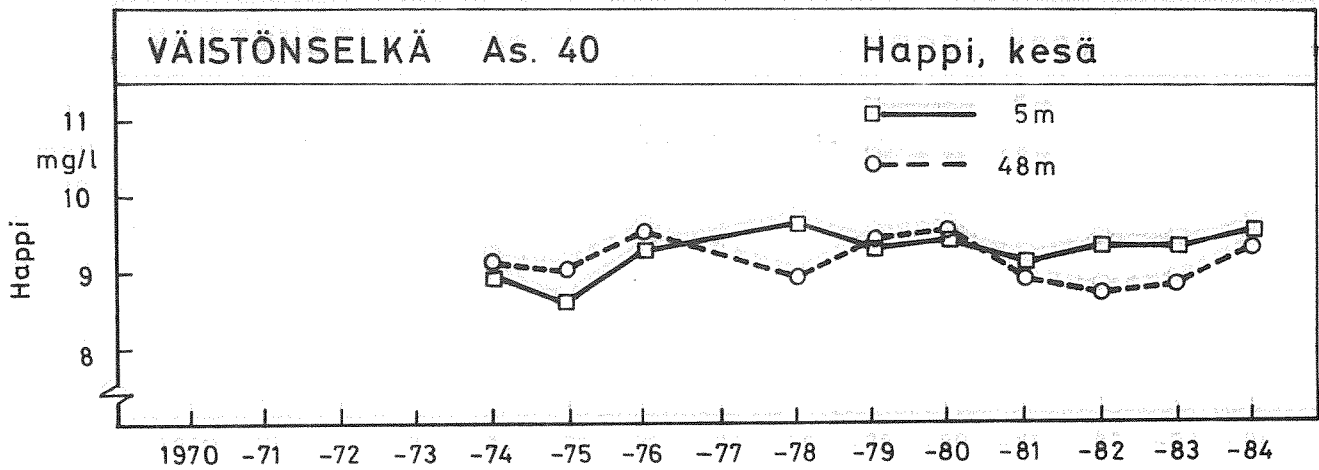
Kuva 1. Veden väri kesähavaintojen perusteella.



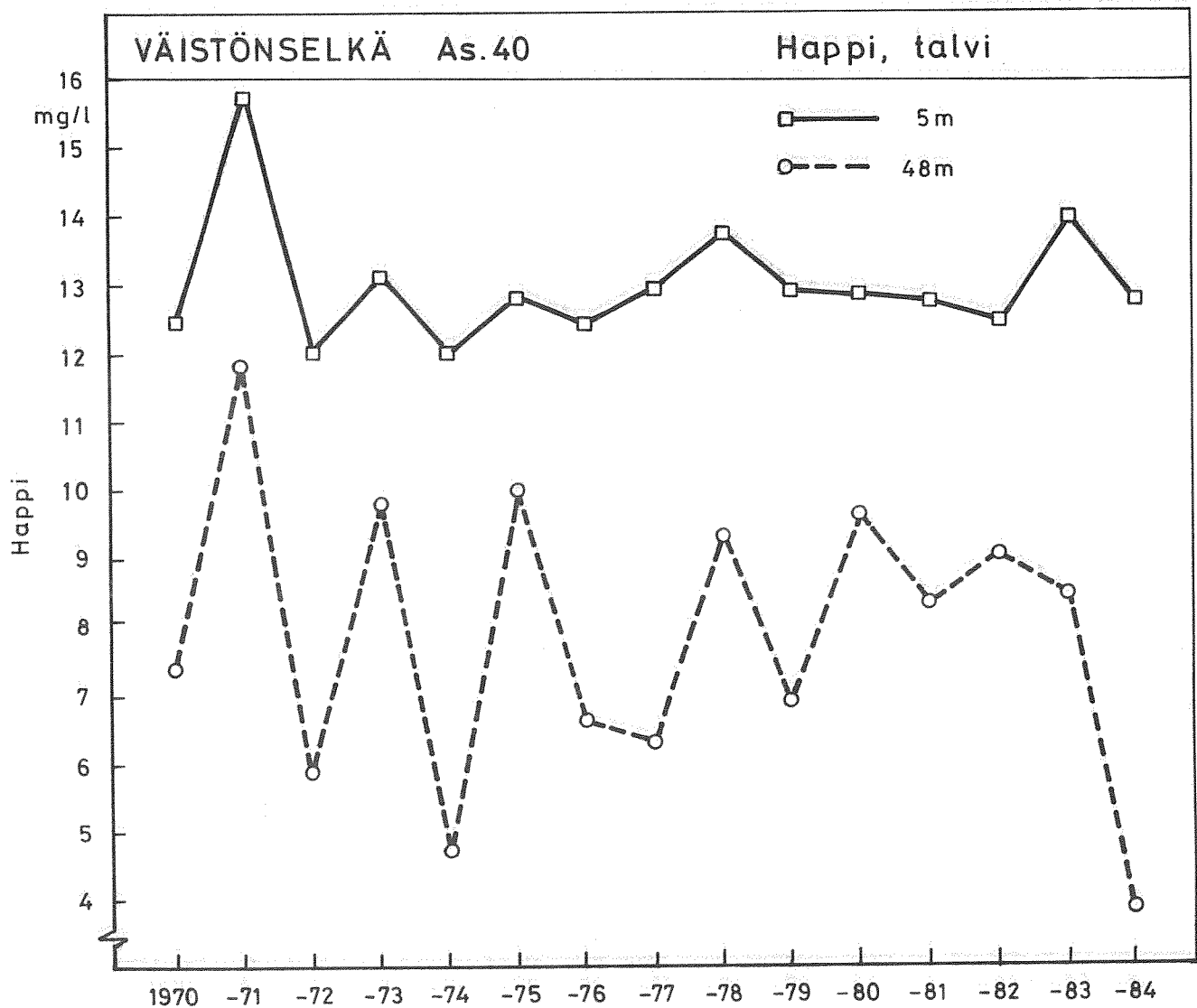
Kuva 2. Kokonaisfosforipitoisuus kesähavaintojen perusteella.



Kuva 3. Kokonaistyyppipitoisuus kesähavaintojen perusteella.



Kuva 4. Happipitoisuus kesähavaintojen perusteella.



Kuva 5. Happipitoisuus talvihavaintojen perusteella.

Kuvista voidaan havaita, että väriarvot ovat heilahdelleet jossain määrin vuosisademäärien mukaisesti kuten Puruvedelläkin. Fosfori, joka polyhumoosisissa vesissä on usein liittynyt humusainekseen, on varsin alhaisella tasolla, < 10 µg/l, eikä se osoita yhtä selvää vesimääräriippuvuutta kuin varsinainen humusaineindikaattori, väriluku. Kokonaistypen pitoisuudet ovat selvästi alhaisemmalla tasolla kuin Saimaan päävirtauksen altaissa esim. varsinaisen Pihlajaveden puolella. Myös typen pitoisuuksien osalta voidaan havaita jossain määrin vuotuisiin valumiin liittyvää riippuvuutta.

Yleisesti ottaen ravinnepitoisuudet ovat tasolla, mikä mahdollistaa suhteellisen niukan tilavuusyksikköä kohti lasketun perustuotannon. Perustuotantoa vesistöalueen runko-osalla ei ole mitattu, mutta havaintopaikan nro 40 näytteistä on suoritettu klorofyllimääritykset vuodesta 1981 alkaen elokuun näytteistä.

	1981	1982	1983	1984	ka
Chl a µg/l	4,9	3,4	3,9	3,9	4,0 ± 0,63

Näiden tulosten perusteella esim. OECD:n (1982) mukaan Väistönselän - Utrasveden alue sijoittuisi, mikäli elokuun tulokset kuten yleensä meikäläisissä vesissä edustavat klorofyllin huippuarvoa, lähinnä oligotrofiseen vesistöryhmään. Tätä tukevat myös biomassahavaintojen tulokset v. 1965 (Heinonen 1980). Utrasveden havaintopaikan kokonaisbiomassa-arvo oli 0,18 mg/l, tuorepainoa. Tämä alittaa Heinosen biomassan perusteella määrittämän oligotrofisen järven alarajan 0,20 mg/l, joten tuon havainnon perusteella vesistö olisi kuulunut ultraoligotrofiseen järvityyppiin.

Hapen pitoisuudet ovat tasolla, joka kertoo orgaanisen aineksen biologisen hajotusintensiteetin olevan melko alhainen. Voidaan myös havaita, etteivät pohjanläheisten vesikerrosten hapen pitoisuudet ole tasolla, joka aiheuttaisi rauta-fosforikompleksin liukenemistä. Edelleen tämän alueen syvimmän havaintopaikan tulosten perusteella on ilmeistä, ettei alueella kutevien lohikalajien lähinnä muikun mädin talvehtimiselle koidu vahinkoa.

Väistönselän-Utrasveden alueen kuormitetuinta osaa Punkasalmen-Pöllänselän aluetta tarkkaillaan kaksi kertaa vuodessa kerrostuneisuuskausien lopulla tehtävillä velvoitetarkkailuilla. Niiden perusteella voidaan todeta, että alueelle muodostuu puhdistettujen jätevesien lievästi rehevöittävä alue. Tämä näkyy selvimmin fosfori- ja typpipitoisuuksien kasvuna tarkkailuasemilla Puruveden sekä vesistön

runko-osan pitoisuuksiin verrattuna. Vuonna 1983 tarkkailuasemien kokonaistyyppi-pitoisuuden keskiarvo oli 500 µg/l ja kokonaisfosforin osalta 12 µg/l. Purkualueen kokonaisfosforipitoisuudet ovat noin kaksinkertaisia sekä Puruveden että Väistönselän-Utrasveden runkovesialueen vastaaviin verrattuna. Typpipitoisuus on kaksinkertainen Puruveden keskipitoisuuksiin verrattuna ja kolmanneksen korkeampi kuin Väistönselän-Utrasveden runkovesialueella.

Kohonneiden ravinnepitoisuuksien biologista vastetta on tutkittu n. 1983 neljä kertaa kasvukaudessa otetuilla klorofyllinäytteillä.

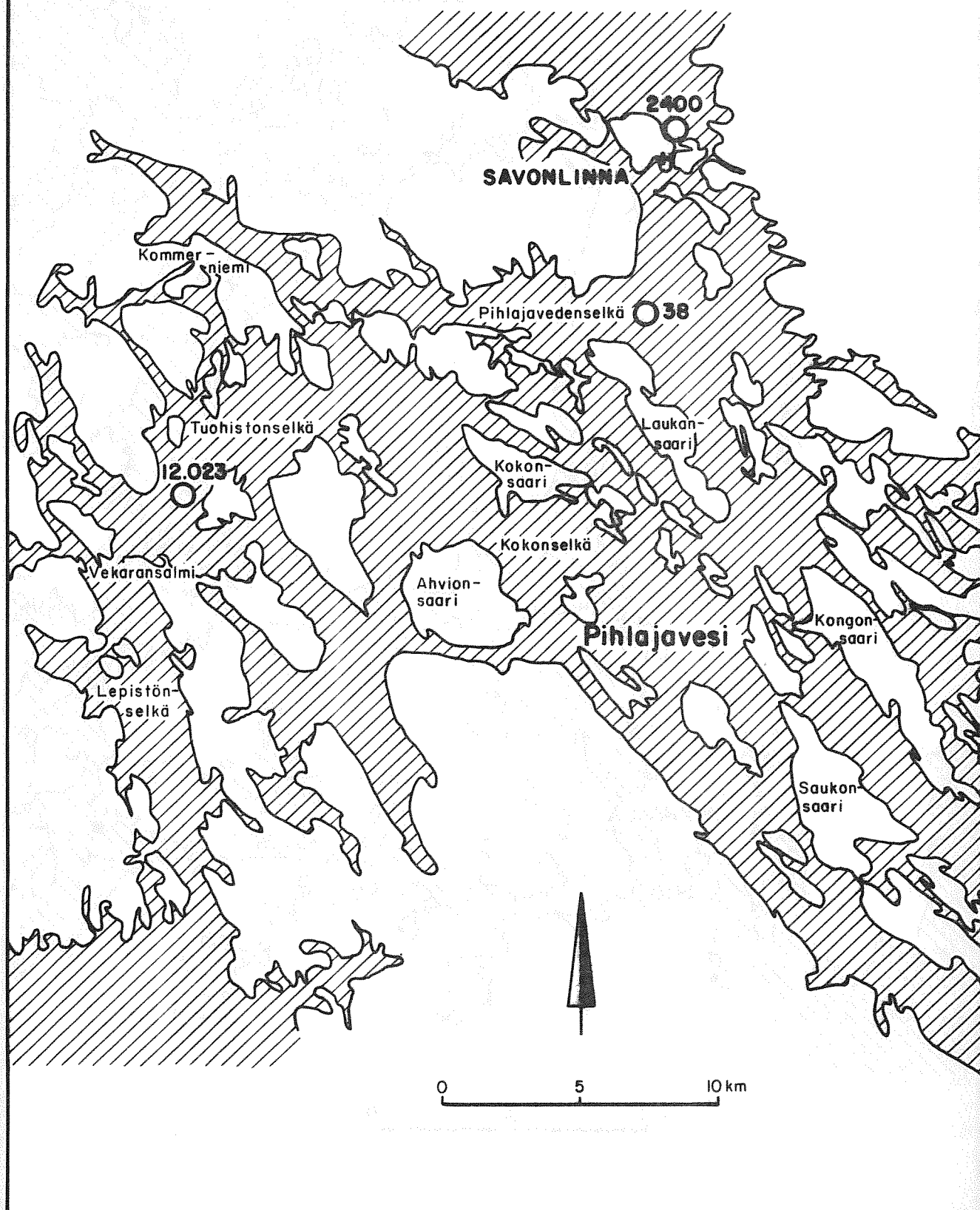
	k.a. kaikki havainnot	k.a. elokuun havainnot
Punkasalmen alue	3,1 ± 0,14 n = 4	4,3 ± 0,08 n = 4
Pöllänsalmen alue	3,2 ± 0,26 n = 5	3,9 ± 0,34 n = 5

Tuloksista voidaan todeta, että ne eivät poikkea ravinnepitoisuuksien nousun suhteessa Puruveden tai vesistöalueen runko-osan tuloksista, mutta ovat Puruveden klorofyllituloksia korkeammat. Punkasalmen alueen tulos on hieman korkeampi, ei tilastollista eroa, Väistönselän nro 40 havaintopaikan elokuun tulokseen (3,9 µg/l) verrattuna, mutta Pöllänselän alueen tulos on aivan kuin Väistönselällä, joten kuormituksen biologinen vaste on toistaiseksi melko heikko.

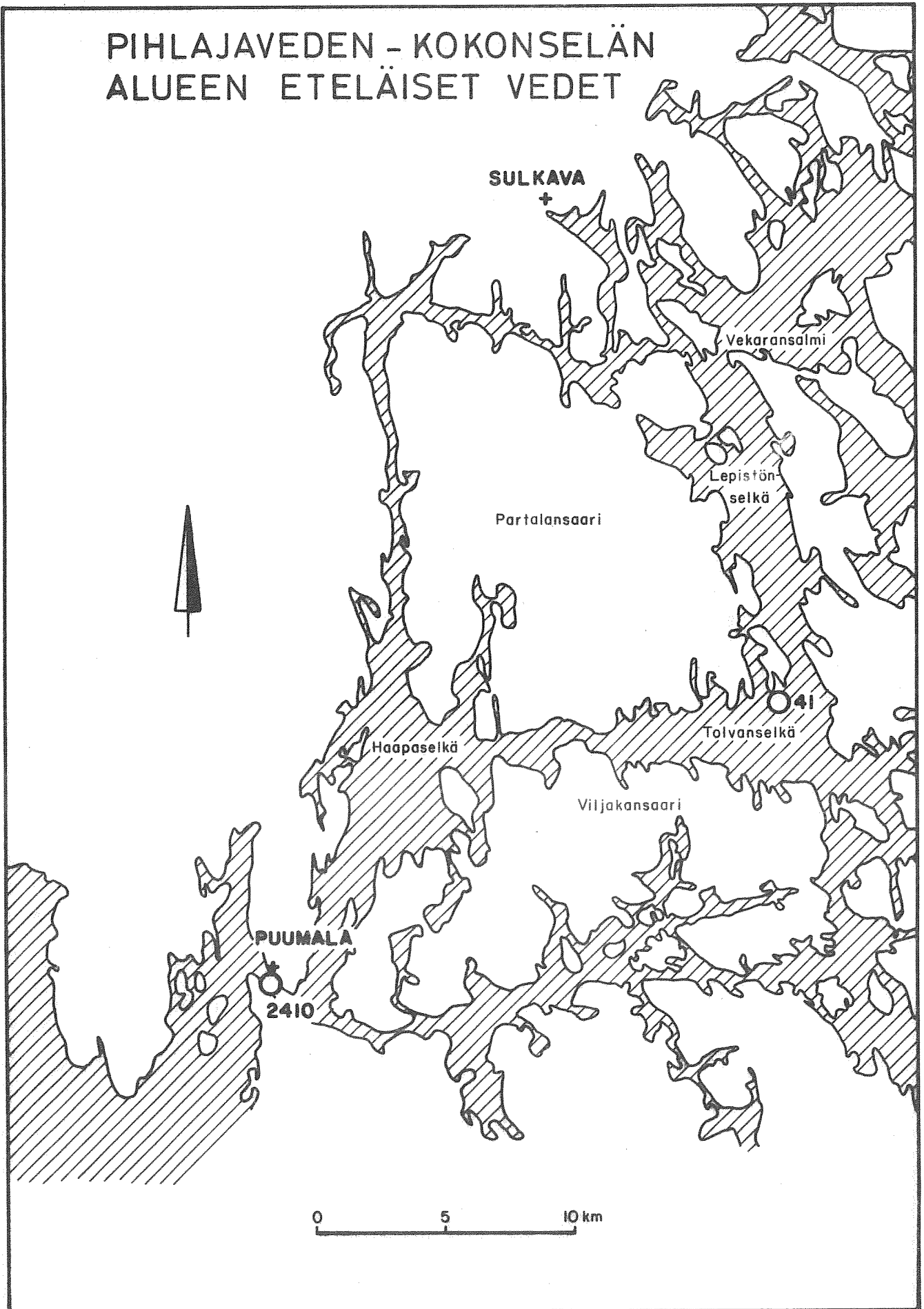
5.4 Yhteenveto

Utrasveden-Väistönselän alueen veden laatua määrää pääosin tulovirtaama Puruvedeltä. Lähivaluma-alueelta veteen joutuu kuitenkin orgaanista ainetta ja ravinteita niin, että alueen runko-osan vesi poikkeaa hieman Puruvedestä. Pistekuormittajilla on ravinnemääritysten perusteella selvä vaikutus Punkaharjun läheisiin vesialueisiin. Klorofyllimääritysten perusteella nämä eivät kuitenkaan tähän mennessä ole olleet kovin vakavia. Vesistön veden laadun tulevaisuuden kannalta hyvin toimivilla ja mahdollisesti prosessiltaan tehostetuilla puhdistamoilla on tärkeä merkitys. Koska lähivaluma-alueen huuhtoutumalla Puruvedeen verrattuna on myös selvä vaikutuksensa, tulisi kaikkiin valuma-alueen maaperään vaikuttaviin toimenpiteisiin, esim. tehometsätalous, suhtautua kriittisesti.

PIHLAJAVEDEN - KOKONSELÄN ALUEEN POHJOISET VEDET



PIHLAJAVEDEN - KOKONSELÄN ALUEEN ETELÄISET VEDET



6 PIHLAJAVEDEN - KOKONSELÄN ALUE

6.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus

Vesistöalue rajoittuu pohjoisessa Savonlinnan keskustan salmiin eli Haukiveden alueeseen, idässä Väistöselän - Utrasveden alueeseen ja etelässä Puumalansalmeen eli Ala-Saimaan alueeseen.

Valuma-alueen kokonaispinta-ala on 2 790 km² ja vesistöä tästä on 33,1 % eli 923 km², Saimaan muodostaessa tästä yli 90 %. Alue jakaantuu kahteen jossain määrin toisistaan poikkeavaan osaan. Väistöselkään ja etelässä Vekaransalmeen rajoittuva Pihlajavesi koostuu monista kaakko-luoteissuuntaisten suurehkojen saarten, mm. Kongonsaari, Laukansaari ja Kokonsaari, ja niemien erillisiksi altaiksi jakamista selistä. Vekaransalmen ja Puumalansalmen väliselle vesistönosalle, jota kutsutaan ylimmän selkensä perusteella Lepistöselän alueeksi, ovat tyypillisiä suurien saarien, Partalansaari ja Viljakansaari, edellistäkin pienipiirteisemmiksi jakamat selät ja virtapaikat.

Pihlajaveden selistä monet ovat varsin syviä. Esim. Kokonsaaren selällä yli 40 m:n syvänealue on laajuudeltaan lähes 5 km². Sinne sijoittuu myös alueen maksimisyvyyspaikoista toinen. Toinen 68 m:n syväne on Savonlinnan kaupungin alapuolisella Pihlajaveden selällä oleva valtakunnallinen syvänehavaintopaikka nro 38. Sulkavan ja Puumalan välisen vesistön, Partalan- ja Viljakansaarien ympäristövedet ovat keskimäärin matalampia, toisaalta paikoin vuonomaisen kapeita ja suhteellisen syviä. Esim. Partalansaaren pohjois- ja länsipuoliset vedet ovat suurelta osin yli 20 m syviä. Alueen maksimisyvyys (51 m) sijoittuu Väistöselän syvänealueelle, valtakunnalliselle syvänehavaintopaikalle nro 40.

Valuma-alueen kallioperä muodostuu lähinnä happamista syväkivilajeista, saaristossa ja länsiosissa esiintyy myös migmatiittia. Kivennäismaalajien osalta alue koostuu valtaosin moreenista. Pihlajaveden kaakkoisosissa on hieta- ja hiekka-alueita. Sulkavalle Vekaransalmen lähialueille ja Viljakansaareen muodostuu pitkittäisharjumuodostelmia. Turvemaita alueella on suhteellisen vähän. Lähivaluma-alueen fysiko-kemiallisilla ominaisuuksilla on kuitenkin varsin rajoitettu vaikutus alueen veden laatuun ja runko-osan tilaan, sillä Haukivedeltä tuleva Saimaan päävirtaus purkautuu alueen läpi ja lisäksi alueen kaakkoiskulmaan tulevat Väistöselän-Utrasveden kautta Puruveden vedet. Saimaan päävirtauksen

keskivirtaamaksi Savonlinnassa on laskettu $480 \text{ m}^3/\text{s}$, joten sisävesialueella ollaan tekemisissä varsin suurten vesimäärien kanssa. Nämä vedet purkautuvat varsin kapeista virtausaukoista Savonlinnan salmien, lähinnä Kyrönsalmen sekä alempana Vekaransalmen ja Puumalansalmen kautta. Viime mainitussa keskivirtaamaksi on laskettu $500 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vekaransalmen ja Puumalansalmen väliselle vesistöosalle, sen yläosaan, Sulkavan kirkonkylän alueella, purkautuvat Kyrsyjärven - Tuusjärven vesistöalueen (4.17) vedet. $MQ_{1980} = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Tämän tällä alueella lähivaluma-alueen vaikutukseen rinnastettavan reitin vesi tulee valuma-alueen keskiarvoa selvästi soisemmalta alueelta. Näiden salmien alueelle laskevat myös edellistä selvästi pienemmät Kulkemusjärven, Lohijärven ja Siikajärven vedet.

6.2 Alueelle tuleva kuormitus

Valuma-alue on harvaan asuttua, joten hajakuormituspotentiaali on alhainen. Luonnonhuuhtoutuma saattaa vaikuttaa jossain määrin suojaisten lahtivesien tilaan. Saimaan päävirtauksen tulvedet sekoittuvat kuitenkin, veden kesällä noustessa, tehokkaasti alueen eri vesimassoihin, joten vaikutus ei ole kovin merkittävä. Puutavaran vesivarastoinnista aiheutuvalla fosforikuormituksella saattaa olla paikallista merkitystä.

Merkittävin pistekuormittaja Pihlajaveden alueella on Savonlinnan kaupungin keskuspuhdistamon poistovesi. Puhdistamossa käsitellään kaupungin jätevesien lisäksi Oy Wilh. Schauman Ab:n kuitulevytehtaan ja Savonlinnan keskussairaalan jätevedet. Pihlajaniemen puhdistamo valmistui syksyllä 1978 laajan viemäröintiohjelman osana. Kuitulevytehtaan ja keskussairaalan vedet johdettiin sinne kahta vuotta myöhemmin. Savonlinnan alueella tapahtui siis jätevesikuormituksessa voimakas alenema v. 1978 ja edelleen v. 1980.

Seuraavassa taulukossa on esitetty kuormituksen kehitys keskitetyn puhdistuksen alusta lähtien.

Taulukko 1. BHK₇- ja fosforikuormituksen kehitys Savonlinnassa 1979 - 1983

Vuosi	BHK ₇ kg/vrk		Fosfori kg/vrk	
	T	L	T	L
1979	3 385	418	199	5,9
1980	2 816	499	86	8,8
1981	5 306	1 244	66	23
1982	3 762	569	71	13
1983	4 481	554	75	8,6

T = tuleva, L = lähtevä

Tuloksista havaitaan, ettei kuitulevytehtaan vesiä aluksi pystytty käsittelemään ongelmitta. Puhdistusta on kuitenkin tehostettu ja vuonna 1984 otettiin käyttöön Suomen ensimmäinen flotaatiosuodin -jälkikäsitteily-yksikkö, joka on varmistanut puhdistustuloksen hyvän tason.

Aivan Pihlajaveden alaosaan Vekaransalmen yläpuolelle sijoittuu toinen merkittävä pistekuormittaja: Hopealohi Oy:n verkkoaitauksiin sijoitettu kalankasvatuslaitos. Laitos tuottaa tällä hetkellä pääosin kirjolohta n. 150 tn/v. Vuoden 1983 fosforikuormituslukemiksi laitoksella, jonka kuormitusta sen tyyppin vuoksi on vaikea tarkasti määrittää, saadaan rehunkulutuksen perusteella n. 1 800 kg P/v eli yli puolet Savonlinnan puhdistamon vastaavasta. Laitoksella on kuitenkin viime vuosina intensiivisesti kehitelty kuormitusta vähentävää lietteenpoistojärjestelmää.

Vekaransalmen ja Puumalansalmen väliselle alueelle sijoittuu kolme pistekuormittajaa: Sulkavan kirkonkylä, Kaartilankosken kalanviljelylaitos ja alueen eteläpäähän Puumalan Lohi Ky:n kalankasvatuslaitos.

Sulkavan kirkonkylän jätevedet on vuodesta 1983 puhdistettu uudessa rinnakkaissaostusperiaatteella toimivassa puhdistamossa. Seuraavassa on esitetty puhdistamon kuormitusta kuvaavia lukuja:

Vuosi	BHK ₇ kg O ₂ /vrk		Fosfori kg/vrk	
	T	L	T	L
1982	121	17,0	6,0	1,8
1983	75	4,4	3,4	0,05

Vuonna 1982 puhdistamona oli tehostettu lammikko. Tuloksista havaitaan, että tulevien vesien väkevyyksissä on eroja, mutta tärkein havainto on, että puhdistamon uusimisella kuormitusta on vähennetty oleellisesti.

Kaartilankosken kalanviljelylaitos sijoittuu Partalansaaresta Saimaaseen purkautuvan Kulkemusjärven luusuaan ja siellä tuotetaan lähinnä lohi- ja taimenistukkaita. Kasvatetuksi kalamääräksi kiloina on velvoitetarkkailutuloksista arvioitu 15 000 ja tästä saadaan fosforin vuosikuormitukseksi n. 150 kg, mikä on selvästi enemmän kuin Sulkavan uuden puhdistamon kuorma.

Välittömästi Puumalansalmen yläpuolella sijaitsee Puumalan Lohi Kyn verkkoaitauksiin sijoitettu kalankasvatuslaitos. Sen tuotanto on n. 100 tn kirjolohta vuodessa ja fosforikuormitukseksi voidaan laskea n. 1 140 kg/v. Laitoksella tehdään lietteenpoistoa, mutta suhteellisen harvoin suoritettuna sen kuormitusta vähentävä vaikutus on ollut vähäistä.

6.3 Veden laatu ja biologia sekä siihen kohdistuneet tutkimukset

Pihlajaveden alueelle sijoittuu sen päätulovirtaama-aukkoon Kyrönsalmeen valtakunnallinen virtahavaintopaikka 2400 sekä Pihlajavedenselälle valtakunnallinen syvänehavaintopaikka nro 38, joista ovat pisimmät yhtenäiset veden laatua kuvaavat havaintosarjat.

Laajimmat Savonlinnan lähivesiin kohdistuneet tutkimukset ovat Jumppasen (1973 ja 1976) julkaisemat. Niissä käsitellään fysikaalis-kemiallisten tulosten ohella seikkaperäisesti plankton- ja pohjaeläinaineistoja.

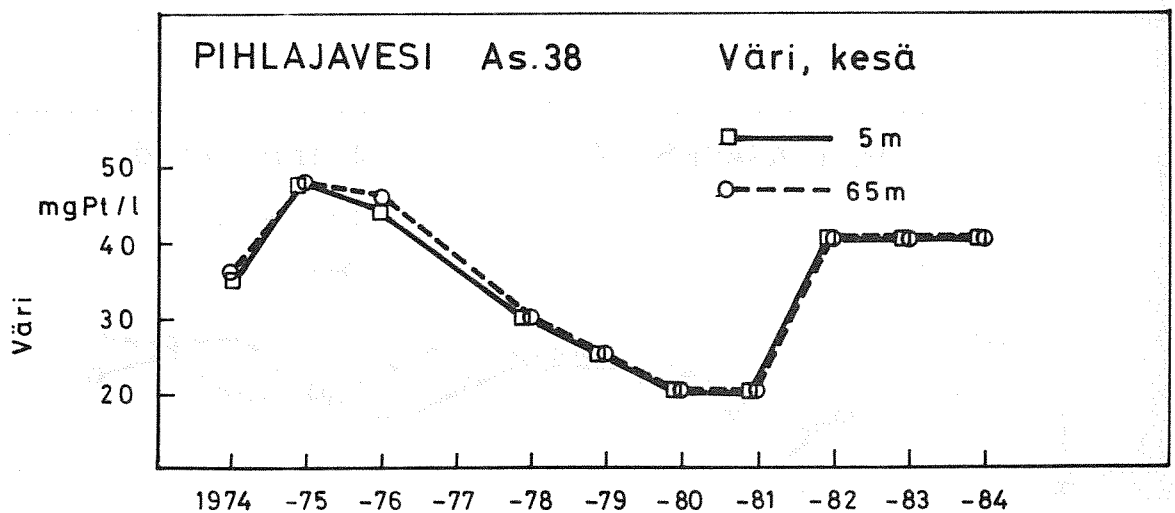
Savonlinnan alueen veden laatua käsitellään myös Heinosen ym. (1975) työssä. Pihlajavedelle sijoittuu kaksi valtakunnallisen planktonitutkimuksen havaintopaikkaa. Näiden tuloksia ovat käsitelleet mm. Lepistö ym. (1979) ja Heinonen (1980). Pihlajavedeltä on otettu myös näytteitä kalojen ympäristömyrkkyseurantaa varten (Miettinen ja Verta 1984).

Savonlinnan alueen velvoitetarkkailutulokset ovat myös tärkeä tietolähde vesistön tilan seurannassa. Lepistönselän alueen runko-osan veden laadun tiedot saadaan pääosin valtakunnalliselta syvänehavaintopaikalta nro 41. Lisäksi Sulkavan puhdistamon ja em. kalankasvatuslaitosten velvoitetarkkailuista saadaan tietoja purkualueiden tilasta.

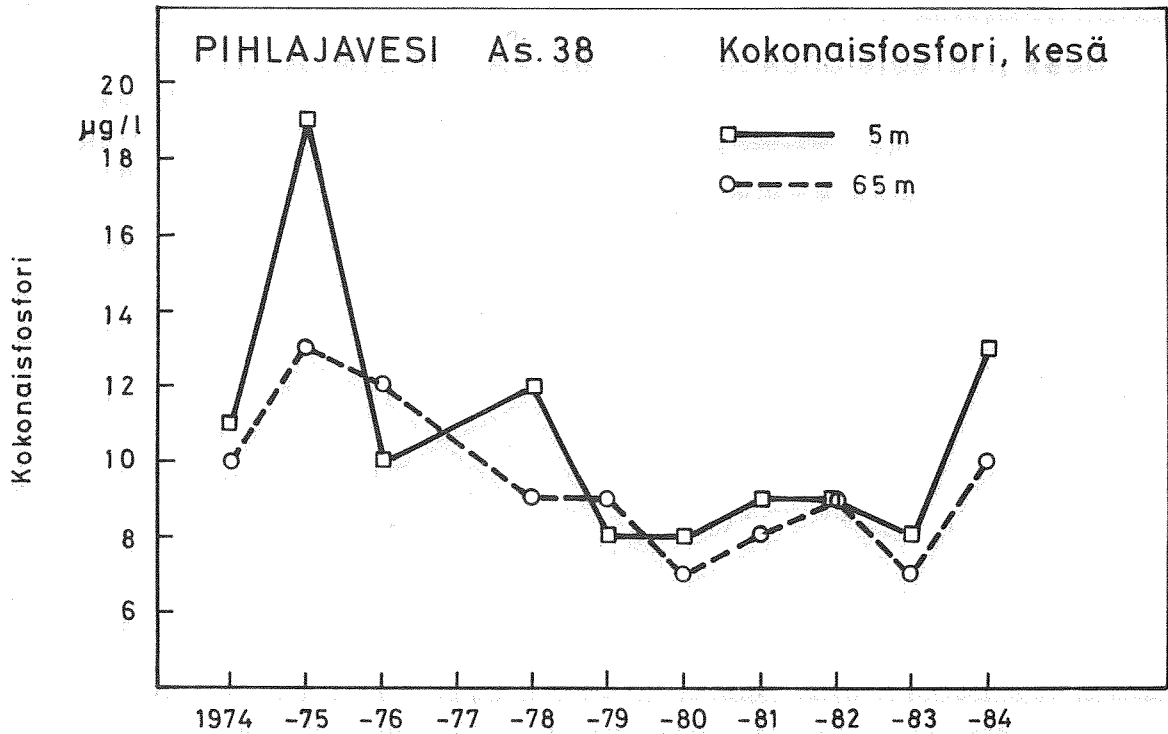
Pihlajaveden veden laatua ja yleistilaa voidaan tarkastella syvänehavaintopaikan nro 38 elokuun 1984 eräiden tulosten perusteella.

	Happi %	Sähkönj. mS/m	pH	Väri-luku mg Pt/l	Fosfori ug/l	Typpi ug/l
Päällysvesi	92	4,5	6,7	40	11,5	425
Alusvesi	77	4,6	6,2	40	9,5	525

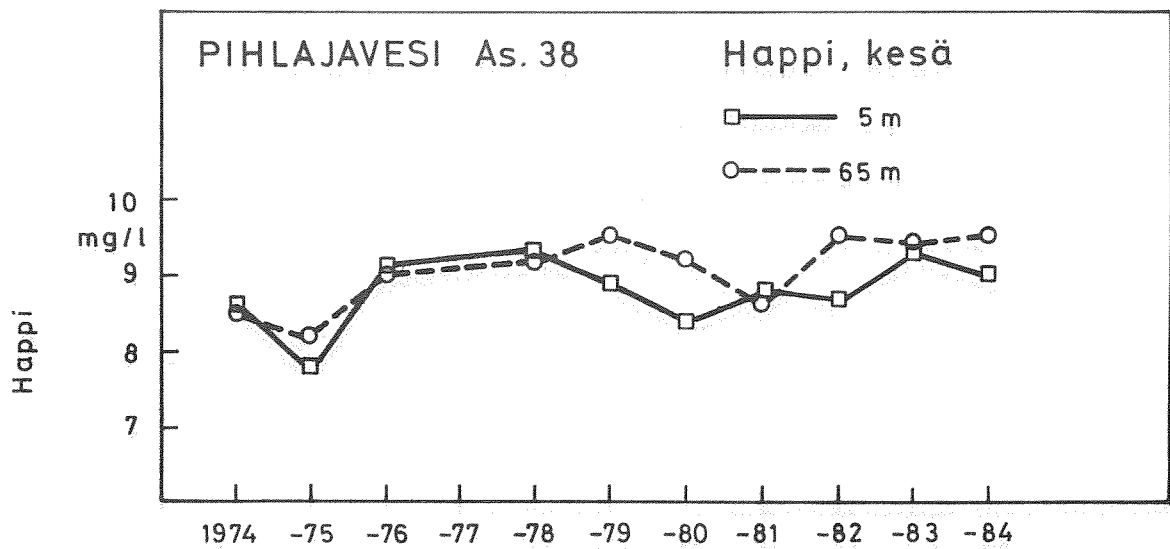
Tuloksista nähdään, että täällä Saimaan päävirtauksen alueella väri-lukuna mitatut humuspitoisuudet ovat 4 - 8 -kertaisia Puruveteen ja Punkaharjun eteläpuolisiin alueisiin verrattuna. Myös kokonaistypen pitoisuus on selvästi korkeammalla tasolla kuin päävirtauksen itäpuolisilla osilla, samoin fosforipitoisuus. Ravinne-pitoisuudet ovat lähinnä lievästi mesotrofisita vesistöä ennakoivalla tasolla. Happitilanne myös alusvedessä on säilynyt hyvänä. Seuraavissa kuvissa on esitetty viimeisten kymmenen vuoden kehitys valittujen suureiden osalta. Niissä on tarkasteltu edellisten alueiden tapaan humuspitoisuutta kuvaavan väri-luvun, pääravinteiden: fosforin ja typen sekä hapen kuvaajia.



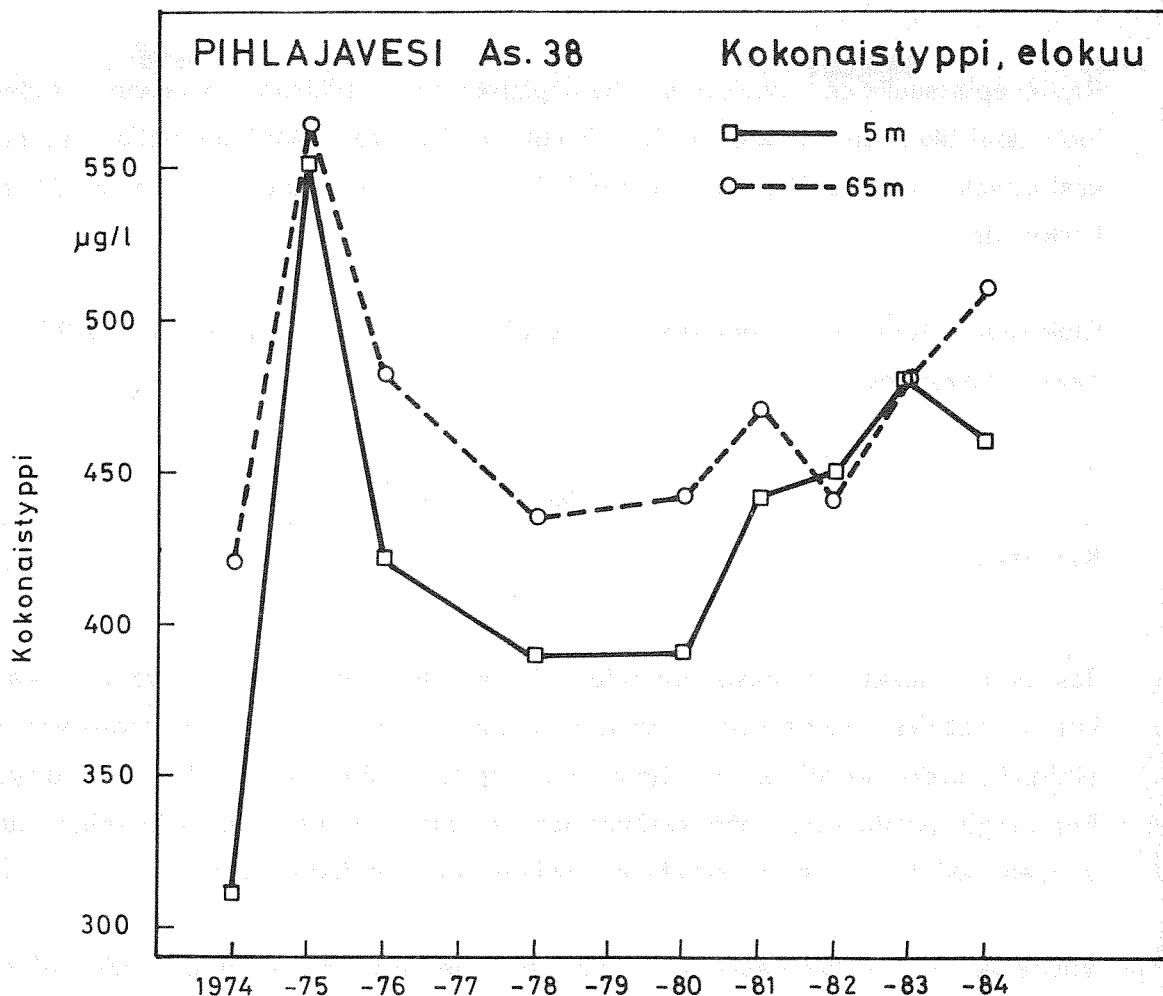
Kuva 1. Veden väri Pihlajaveden havaintopaikalla nro 38, 1974 - 1984, elokuun näytteet



Kuva 2. Kokonaisfosforipitoisuus havaintopaikalla nro 38, 1974 - 84, elokuun näytteet



Kuva 3. Hapen pitoisuus Pihlajaveden havaintopaikalla nro 38, 1974 - 84, elokuun näytteet



Kuva 4. Kokonaistyyppipitoisuus Pihlajaveden havaintopaikalla nro 38, 1974 - 84, elokuun näytteet

Kuvasta 1 nähdään väriluvun kehityksessä selvästi vuosisadantaan liittyvän huuhtoutuman merkitys täällä suurten virtaamien alueella. Vuoden 1975 tulvakauden jälkeen kehitys on ollut laskeva noustakseen runsassateisen vuoden 1981 jälkeen selvästi ja tasaantuen ilmeisesti Saimaan virtaamia tasaavaan poikkeusjuoksutukseen liittyen.

Fosforipitoisuuden osalta kehitys on aluksi samansuuntainen, mutta 1980-luvun alun valumat eivät näytä vaikuttavan siihen niin selväpiirteisesti kuin väriluvun arvoihin.

Tyyppipitoisuuden kuvaaja seuraa varsin selvästi sademääriin liittyvän huuhtoutuman määriä, ja happitilanne ei kuvaajan mukaan kesä- eikä myöskään talvikerrostuneisuuskauden lopulla laske kriittisesti.

Ravinnepitoisuuksien vaikutus kasviplanktonin määriin voidaan todentaa biomassalaskennan tai klorofyllianalyysin avulla. Vesitoimiston neljän havainnon keskiarvoksi vuonna 1982 muodostui 3,75 µg/l, elokuun tuloksen ollessa 1/3 muita korkeampi.

Elokuussa tehtyjen havaintojen klorofyllitulokset vuosijaksolla 1981 - 84 muodostuivat seuraaviksi:

	1981	1982	1983	1984	
Klorofylli a µg/l	2,5	4,6	5,8	4,9	k.a. = 4,5

Jos näitä elokuun tuloksia pidetään lähinnä maksimiklorofylliarvoja kuvaavina, kuten saatujen kokemusten perusteella tuntuisi oikealta, ne edustaisivat vielä lähinnä niukkatuottoista eli oligotrofista vettä, esim. OECD (1982). Rydingin ja Forsbergin (1980) esittämän kesäkeskiarvotuloksiin perustuvan luokittelun mukaan vuoden 1982 tulos kuvastaisi rehevöityvää eli mesotrofista vesistöä.

Vuodelta 1977 on olemassa myös planktonbiomassatuloksia Pihlajaveden alueelta. Toinen on havaintopaikka nro 38 ja toinen Tuohistonselältä Vekaransalmen yläpuolelta. Kolmen kesähavainnon keskiarvot ovat alla.

Havaintopaikka	biomassa mg/l
Pihlajavesi nro 38	0,49
Pihlajavesi, Tuohistonselkä	0,51

Vesistön eri osien välillä ei havaita mitään eroa ja Heinosen (1980) esittämän biomassan määriin perustuvan luokittelun mukaan tulokset kuvaavat vesistöä, joka on niukkatuottoisen ja rehevöitymisen ensimmäisiä merkkejä osoittavan luokan välillä.

Savonlinnan kaupungin lähivedet olivat vielä 1970-luvun alussa paikoin selvästi likaantuneita, esim. Jumpanen (1973), sekä ravinneanalyysien että varsinkin biologisin mittarein esim. planktonanalyysien ja pohjaeläinten perusteella tutkittuna. Tehokkaaseen keskitettyyn puhdistukseen siirtyminen on tuonut selvän parannuksen tähän tilanteeseen. Nykyään lähinnä välittömästi puhdistamon purkuputken alapuolella olevalla havaintopaikalla voidaan todeta ajoittain yläpuoliseen vertailualueeseen verrattuna kohonneita ravinnepitoisuuksia.

Tarkasteltaessa esim. vuoden 1982 tuloksia, jolta on edellä esitetty havaintopaikan nro 38 klorofyllituloksia, tarkkailutuloksia, saadaan elokuun tuloksista seuraava kehikko.

Elokuu 1982	Fosfori $\mu\text{g/l}$	
	päälyysvesi	alusvesi
Purkupaikan yläpuoliset havaintopaikat (n = 4)	12	13,25
Purkupaikan lähi-havaintopaikka	14	22
Purkupaikan alapuoliset havaintopaikat (n = 5)	10,25	9,6

Fosforipitoisuuden nousu on havaittavissa vain purkupaikan lähialueella. Tällaisessa voimakkaasti virtaavassa vesistössä eivät yhden havaintokerran tulokset aina ole kovin osoittavia, mutta esim. vuoden 1984 elokuun tuloksien kuva on täysin yhdenmukainen.

Ravinnepitoisuuksien biologisia vaikutuksia Savonlinnan alapuolisessa vesistössä voidaan havainnollistaa klorofyllianalyysien avulla.

Tarkasteltavaksi otetaan edelleen v. 1982 elokuun tulokset.

Klorofylli a $\mu\text{g/l}$	
Purkupaikan yläpuoliset havaintopaikat (n = 4)	3,1
Purkupaikan lähi-havaintopaikka	3,9
Purkupaikan alapuoliset havaintopaikat (n = 5)	3,6

Erot eri havaintopaikkojen välillä ovat varsin pienet, mutta purkupaikan alapuoliset tulokset ovat korkeampia kuin vertailualueella. Jos näitä verrataan havaintopaikan nro 38 tulokseen elokuussa 1982, ovat ne kauttaaltaan jonkin verran alemmalla tasolla. 18.8. otetun klorofyllinäytteen tulos oli 4,6 µg/l. Erot selittynevät eri päivinä suoritettujen näytteenottojen erilaisilla virtaussuhteilla ja toisaalta näytteenoton osumisesta planktonin kasvurytmiikan eri vaiheisiin. Myös myöhemmät tulokset vahvistavat saatua kuvaa. Klorofyllina mitatun planktonkasvun vaikutus Savonlinnan alapuolella on varsin lievä.

Aivan Pihlajaveden alapäässä sijaitsevan Hopealohi Oy:n vaikutusta vesistöön on tutkittu ravinnepitoisuuksia ja päällyslevien eli perifytonin kasvua seuraamalla. On voitu havaita, että fosforipitoisuuden nousu, näytteenottotavasta ja kalamäärästä riippuen, näkyy selvästi jopa viisinkertaiseksi, ennen kuin laitoksen vesi laimenee Vekaransalmen kautta kulkevaan päävirtaan. Mannisen (1982) aineistossa v. 1980 havainnoissa laitokselle tulevan veden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 7 µg/l ja lähtevän veden 21 µg/l eli pitoisuus kolminkertaistui. Myös vuoden 1983 tarkkailutuloksissa fosforipitoisuus kolminkertaistui laitoksen alueella, mutta palautui päävirtaan sekoittumisen jälkeen.

Kolmen havaintokerran klorofyllitulokset v. 1983 ovat:

	Klorofylli a µg/l
Laitoksen yläpuoli	4,0
Laitoksen alapuoli	4,1
Päävirtaan sekoittunut	3,8

Vaikutuksia vapaan veden planktonkasvustoon ei siis voida havaita näiden näytteiden perusteella. Sen sijaan alustalle kasvavien päällyslevien eli perifytonin kasvu antaa tälle paikalle paremmin soveltuvana menetelmänä v. 1983 aineistosta seuraavan tuloksen:

	kuivapaino g/m ²	Klorofylli a mg/m ²
Laitoksen yläpuoli	1,2	1,2
Laitoksen alapuoli	10,4	75,7
Päävirtaan sekoittunut	1,5	5,4

Luvut ovat viiden 3 viikon havaintojakson keskiarvoja ja biologisen aineiston eli klorofyllin määrittelyn osalta hajonta oli melko suurta. Suunta on kuitenkin selvä, virtaavassa vedessä päällykslevien kasvu kertoo parhaiten laitoksen vaikutuksista.

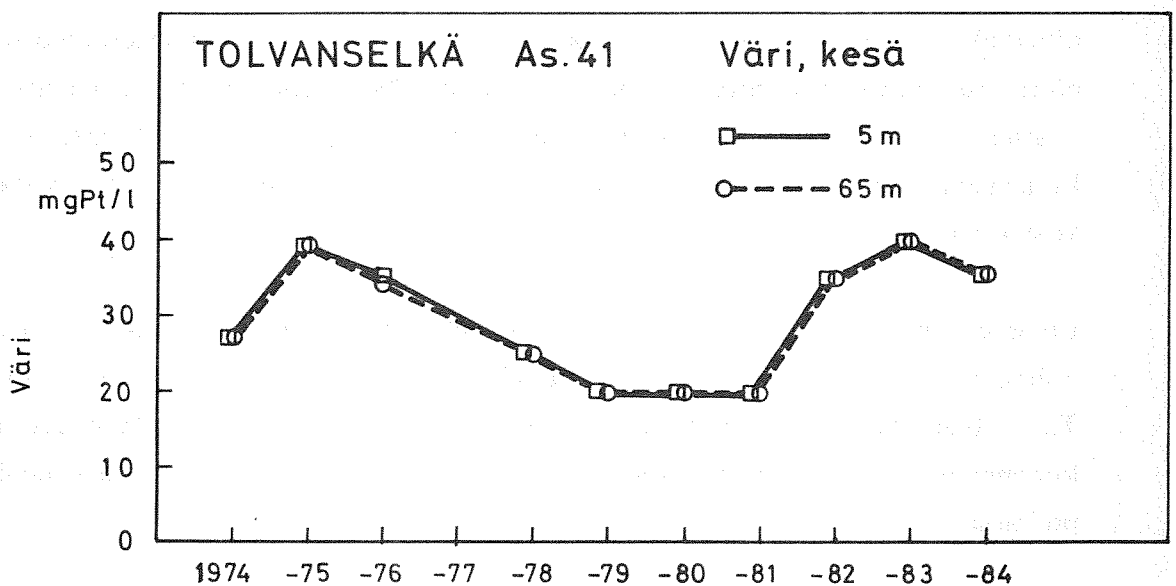
Vesistöalueen Vekaransalmen alapuolisen vesistön luonnetta ja tilaa päävirtausalueella kuvataan, kuten edellä jo esitettiin, parhaiten Tolvanselän valtakunnallisen havaintopaikan nro 41 määritysten perusteella.

Seuraavassa esitetään eräiden veden laatua kuvaavien suureiden arvoja v. 1984 elokuussa.

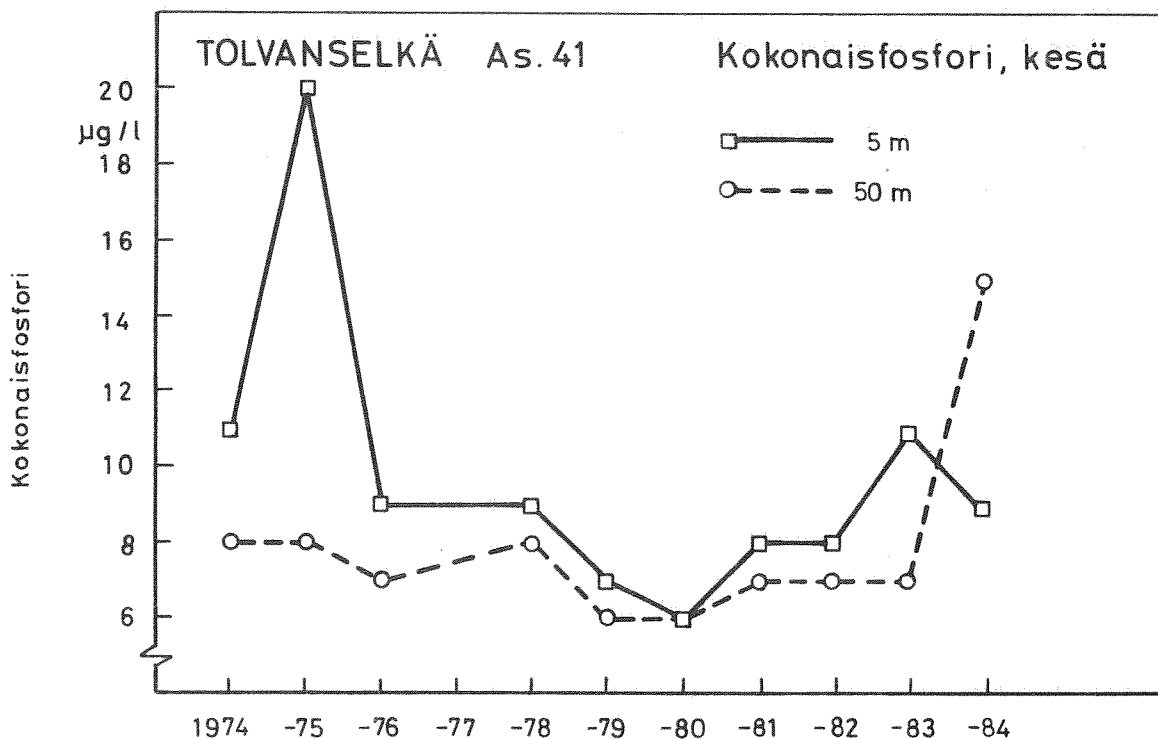
	Happi % k.a.	Sähkön- johtavuus mS/m	pH	Väri- luku mg Pt/l	Fosfori µg/l	Typpi µg/l
Päällysvesi	87	4,6	6,7	35	9	475
Alusvesi	76	4,8	6,3	35	12	560

Tulokset eivät käytännöllisesti katsoen lainkaan poikkea Pihlajaveden havaintopaikan nro 38 vastaavista.

Huuhtoutuman vaikutusta veden laadun kehitykseen voidaan tarkastella seuraavista kuvista.



Kuva 5. Väriluku havaintopaikalla nro 41, vuosien 1974 - 84 elokuun havainnot



Kuva 6. Fosforipitoisuus havaintopaikan nro 41 tuloksissa v. 1974 - 84, kesähavainnot

Nämä kuvaajat ovat varsin samankaltaiset edellä Pihlajaveden havaintopaikan nro 38 vastaavista tuloksista esitettyjen kanssa.

Myös päävirtauksen alueen altailla on sadevuosien aiheuttama huuhtoutuma selvästi nähtävissä tuloksissa, kuten esim. Puruvedellä. Myös typen osalta on havaittavissa vastaavanlainen kehitys. Hapen pitoisuudet ovat pysyneet 6,8 mg/l ja 50 % kyllästysasteen yläpuolella tämän 50 m:n syvänteen pohjanläheisissä vesikerroksissa.

Lepistönselän alueen pohjoisten pienehköjen pistekuormittajien, Sulkavan puhdistamon ja Kaartilankosken kalanviljelylaitoksen vaikutus niiden lähivesiin, Tanlahteen ja Kaartilanlahteen on havaittavissa typpi- ja fosforipitoisuuksien kohonneina arvoina, puhdistamon uusimisen jälkeen selvimmin jälkimmäisessä paikassa.

Alueen alapäähän sijoittuvan Puumalan Lohi Ky:n kalankasvatuslaitoksen vaikutus näkyy välittömästi laitoksen alapuolella, paitsi selvästi kohonneina fosforipitoisuuksina, myös alustalle kasvavan perifytonin määrinä, kuten Hopealohi Oy:nkin kohdalla. Perifytonmäärät kohosivat v. 1983 pintavesinäytteiden

keskiarvojen mukaan 4 - 200 -kertaisiksi yläpuolisiin arvoihin verrattuna, mutta tasoittuivat yläpuoliselle tasolle päävirtaan sekoittumisen jälkeen.

Pihlajaveden - Kokonselän alueen kalojen vierasainetutkimusten tulokset koskevat vain Pihlajaveden allasta. Vuonna 1978 otetuista hauki- ja muikkunäytteistä on tutkittu DDT:n, sen hajoamistuotteiden (DDE ja DDD), PCB:n sekä elohopean, sinkin ja kuparin pitoisuuksia. Tulokset esitetään seuraavassa.

	mg/kg rasvaa		mg/kg tuorepainoa		
	kok.DDT	PCB	elohopea	sinkki	kupari
Hauki	1,7	6,1	0,42	3,8	0,48
Muikku	0,87	3,7	0,07	11,2	0,66

Näistä voidaan todeta, että DDT ja PCB ovat sekä pistekuormittajien että ilman kautta vesistöön joutuvia ympäristömyrkköjä. DDT:n osalta pitoisuudet hauissa olivat sisävesien keskitasoa, jossain määrin korkeampia kuin Kallavedellä ja Haukivedellä, ja esim. täysin samat kuin Koitereella. Merinäytteissä taso on yleensä korkeampi. PCB:n osalta tulos on yhtenäinen Kallaveden ja Haukiveden tulosten kanssa, noin puolet merinäytteiden tuloksista. Elohopeapitoisuus on täysin vesistön luonteen mukainen, pienempi kuin humuspitoisilla latvajärvillä. Sinkkipitoisuus on keskitasoa ja kuparipitoisuus keskitason yläpuolella. Muikkujen pitoisuudet ovat useimpien aineiden osalta alempia kuin hauella, poikkeuksena planktoniin selvemmin rikastuvat sinkki ja kupari. Pitoisuudet ovat samaa tasoa kuin Puruvedellä, sinkkiä lukuun ottamatta hieman korkeampia, eivätkä poikkea oleellisesti muista sisävesituloksista.

7 UKONVEDEN VESISTÖALUE ELI MIKKELIN ALAPUOLINEN SAIMAAN OSA

7.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus

Vesistöalue on pinta-alaltaan melko pieni; $F = 369 \text{ km}^2$, järvisyys 16 % eli pinta-alana 59 km^2 , verrattaessa sitä muihin edellä käsiteltyihin alueisiin. Valuma-alue koostuu selvästi itsenäisistä Rokkalanjoen, $F = 118 \text{ km}^2$, ja Urpolanjoen, $F = 42 \text{ km}^2$, osavaluma-alueista sekä pienemmistä lähivaluma-alue- tai puroluokan purku-uomien valuma-alueista.

Valuma-alueen kallioperä on kiillegneissia, maaperä pääosin moreenia, alueen pohjoisosissa Mikkelin kaupungin läheisyydessä on pitkittäisharjuja. Turvemaita alueelle sijoittuu siinä määrin, että veden humuspitoisuus varsinkin pohjoisosissa on suurempi runko-Saimaaseen verrattuna. Esim. Rokkalanjoen keskimääräinen väri on n. 80 mg Pt/l. Valuma-alueen fysikaalis-kemialliset ominaisuudet määräävät jossain määrin sen yleisluonnetta, mutta niillä ei kuitenkaan ole oleellista merkitystä veden laadulle Saimaan vedenpinnan tasossa olevan vesistön osalta.

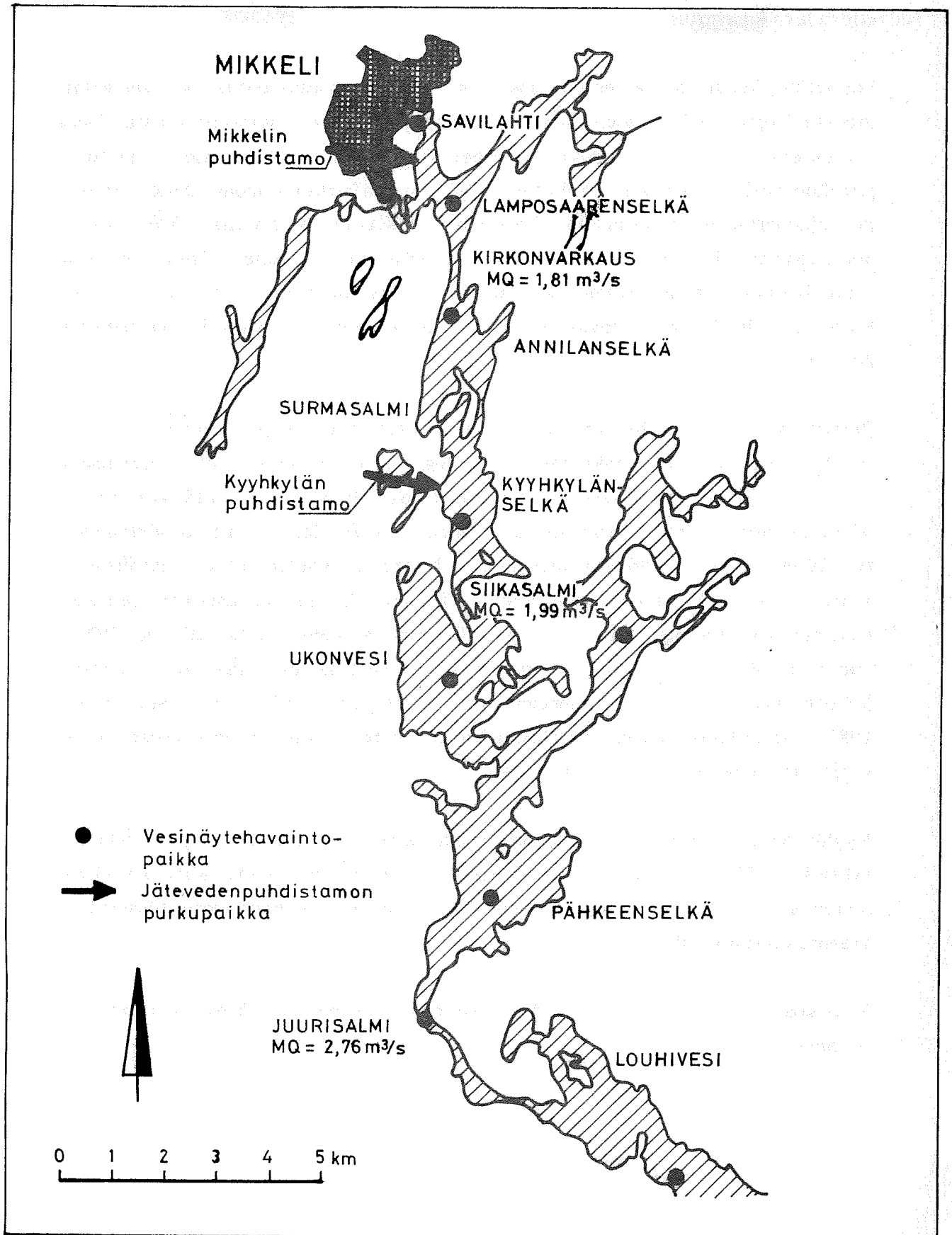
Saimaan tasossa olevan vesistön pinta-ala on $21,8 \text{ km}^2$ ja virtaama alueen alarajalla Juurisalmessa $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Vesistö koostuu useista pienehköistä verrattain erillisistä altaista. Taulukossa 1 ja kuvassa 1 on esitetty Ukonveden vesistöalueen Saimaan tasossa olevien altaiden sijainti ja hydrologisia tietoja.

Taulukko 1. Saimaan tasossa olevien altaiden hydrologisia tietoja

Altaan nimi	Pinta-ala km^2	Tilavuus milj. m^3	Keskisyvyys m	Maksimi- syvyys m
Lamposaarenselkä + Savilahti	1,6	12,3	7,7	23
Annilanselkä	2,1	16,4	7,8	19
Kyyhkylänselkä	2,1	11,1	5,3	21
Ukonvesi	4,9	44,1	9,0	30
Pähkeenselkä	6,5	44,2	6,8	24
Leppäselkä	4,6	32,7	7,1	26

Altaiden nimitykset ovat peruskartasta. Merikartassa Annilanselkä = Rohmavesi ja Kyyhkylänselkä = Ylävesi.

Altaat ovat pienehköjä pinta-alaltaan, keskisyvytydet ovat suomalaisten järvien keskitasoa ja maksimisyvytydet melko alhaisia Saimaan runko-osaan verrattuna.



Kuva 1. Kartta Ukonveden vesistöalueesta

7.2 Alueelle tuleva kuormitus

Vesistöön kohdistuu alueella, joka on vanhaa asutusseutua ja verrattain intensiivisesti viljeltyä, luonnonhuuhtoutuman lisäksi myös hajakuormitusta. Tässä tapauksessa se on kuitenkin suhteellisen vähäinen Saimaaseen joutuvan pistekuormituksen rinnalla. Wahlgren (1977) on määrittänyt luonnonhuuhtoutuman ja hajakuormituksen osuudeksi Ukonveden yläpuolisilla altailla 15 %. Alueen pohjoisosissa sijaitsee Mikkelin kaupunki, jonka puhdistettujen jätevesien osuus esim. Kirkonvarkauden salmen kohdalla on keskivirtaamasta n. 8 - 10 %. Lisäksi Kyyhkylänselkään purkautuvat Mikkelin maalaiskunnan Kyyhkylän puhdistamon jätevedet.

Pienistä virtaamista johtunut epäedullinen vesistön nopea likaantuminen vesistössä sai Mikkelin kaupungin rakentamaan biologisen puhdistamon melko varhaisessa vaiheessa. Aktiivilieteprosessiin perustuva laitos valmistui 1961. Sitä laajennettiin ja täydennettiin rinnakkaissaostuslaitokseksi v. 1974, jolloin mitoitusvirtaamaksi tuli 20 600 m³/vrk. Mikkelin kaupungin puhdistamon kautta tuleva kuormitus oli suurimmillaan 1970-luvun alkupuolella. Tämän jälkeen puhdistamon prosessin muuttamisen seurauksena mm. fosforikuormitus aleni n. 80 %:lla ja BOD₇-kuormitus 50 %:lla. Kuormitus aleni edelleen ollen alhaisimmillaan v. 1977, minkä jälkeen sekä BOD₇- että ravinnekuormitus ovat jossain määrin nousseet vuoteen 1982. Kuormituksen kasvu näyttäisi johtuvan eniten pitoisuuksien noususta, koska vesimäärät ovat vaihdelleet vain vähän.

Kyyhkylän puhdistamo on biologinen rinnakkaissaostuspuhdistamo, joka valmistui syksyllä 1976. Puhdistamo on mitoitettu 1 440 m³/vrk-virtaamalle, Kyyhkylän puhdistamon osuus Ukonveden vesistöön johdettavasta pistekuormituksesta on yleensä ollut alle 10 %:

Taulukossa 2 on esitetty Ukonveden vesistöalueelle joutuvan jätevesikuormituksen parametreja.

Taulukko 2. Mikkelin alapuoliseen Saimaaseen kohdistuva jätevesikuormitus v. 1976 - 1983

	Virtaama m ³ /vrk			BOD ₇ kg/vrk			Kok. P kg/vrk			Kok. N kg/vrk		
	M	K	yht.	M	K	yht.	K	yht.	M	K	yht.	
1976	12 300	900	13 200	504	99	603	12	2,2	14	455	25	480
1977	11 000	900	11 900	295	50	345	8,2	2,4	11	315	24	339
1978	10 600	800	11 400	564	82	646	12	0,8	13	420	22	442
1979	11 700	800	12 500	699	33	732	12	0,7	13	534	12	546
1980	11 600	540	12 140	724	6	730	12	1,0	13	519	17	536
1981	11 742	470	12 212	545	13	558	10,3	0,6	11	465	17	482
1982	12 013	420	12 433	384	26	410	17,5	0,27	18	464	11	475
1983	10 740	440	11 180	254	23	276	10,2	0,8	11	336	12	348

M = Mikkeli

K = Kyyhkylä

Kuormituksessa näyttää, nimenomaan Mikkelin kaupungin osalta tapahtuneen alenemista v. 1983 aikana. Tuolloin laitoksella suoritettiin typen poistoon tähtääviä kokeita. Tulosten todellinen merkitys on varmistettava. On kuitenkin todennäköistä, että kuormituksen vähenemistä jatkossa tapahtuu, sillä molempien puhdistamojen jätevesien johtamisesta on annettu nykyisiä lupaehtoja tiukentava vesioikeuden päätös 3.2.1984.

Vesioikeuden päätöksessä on periaattellisesti merkittävä Mikkelin kaupungille esitetty vaatimus ammoniumtypen vähentämisestä, johon on päädytty ammoniumin vesistössä tapahtuvan hapettumisen aiheuttaman hapen kulumisen vuoksi.

7.3 Veden laatu ja biologia sekä siihen kohdistuneet tutkimukset

Mikkelin alapuolisen Saimaan tilaa on selvitetty lukuisissa tutkimuksissa. Seuraavassa luetellaan tärkeimmät, joista osaa tullaan käyttämään myös lähteinä vesistön tilan selvityksessä: Varhaisin alueen tilan selvitys on Vesiteknikka Oy:n (1964) raportti. Heinonen (1972) tutki kemiallis-fysikaalisten tekijöiden lisäksi perustuotantoa. Myös Heinonen ym. (1975) ovat selvittäneet vesistön tilaa fysikaalis-kemiallisin ja perustuotantoanalysein. Kyröläinen (1977) on Mikkelin vesipiirin vesitoimistossa tehdyssä tutkimuksessa selvittänyt sedimenttien osuutta ravinnepitoisuuksien muutoksiin kesäaikana. Wahlgren (1977) on niin ikään

käsitellyt Ukonveden vesistön kuormituksen muutoksen vaikutuksia. Kalastotutkimuksista, jotka käsittelevät myös veden laatua, ensimmäinen on Seppovaaran (1964) tekemä haastattelututkimus. Lähteenmäki (1969) on tehnyt v. 1967 - 1968 koekalastuksiin perustuvan selvityksen alueen kalastosta. Mölsä (1974) on tutkinut Ukonveden vesistön pohjaeläimistöä ja kuvannut sen avulla vesistön tilaa. Mikkelin kaupungin ja maalaiskunnan jätevesikatselmuksen katselmuskirjaan sisältyy R. Lähteenmäen (1977) tekemä alueen kalastoon kohdistunut selvitys. Heinosen (1980) tutkimukseen sisältyy tietoja Ukonveden planktonista. Lisäksi alueelta on olemassa pääosin Saimaan vesiensuojeluyhdistyksen julkaisemia velvoitetarkkailuraportteja.

Lähtökohtana vesistön nykytilan tarkastelulle voidaan todeta, että Mikkelin kaupungin puhdistamon lähivedet Savilahti ja Lamposaarenselkä ovat voimakkaasti rehevöityneet. Tämä on tietenkin väistämätöntä edellä esitettyjen hydrologisten ja kuormitustietojen perusteella.

Vuonna 1973, ennen puhdistamon laajennuksen ja muutoksen valmistumista kokonaisfosforitaso purkualueella oli 200 - 500 µg P/l. Kokonaistypen pitoisuudet vaihtelivat tuolloin välillä 2 000 - 5 000 µg/l. Vastaavien perustuotantokykyhavaintojen keskiarvo vuoden 1973 kasvukaudella oli 2 800 mg C/m³/vrk.

Edellä esitettyjä tuloksia voidaan verrata purkualueella kymmenen vuotta myöhemmin, v. 1983 mitattuihin perustuotantokykyarvoihin.

Vuosi	Perustuotantokyky mg C/m ³ /vrk kasvukauden keskiarvo	Klorofylli a µg/l
1973	2 800 n = 3	-
1983	545 n = 5	33,0

Puhdistamon uusimisen jälkeen fosforipitoisuudet purkualueella ovat laskeneet tasolle 50 - 100 µg/l eli jopa 75 %, mikä on suorassa suhteessa kuormituksen muutokseen. Myös perustuotantokymäärityksen tulos on vähentynyt samassa suhteessa. Oleellista tässä kuitenkin on, että sekä perustuotantokyvyn että klorofyllin arvo kuvaavat vieläkin rehevöitynyttä vesistöä.

Ukonveden vesistön Saimaan osa muodostaa etelä-pohjoissuuntaisen erillisten altaiden muodostaman kokonaisuuden, jossa pääasiällisin kuormittaja, Mikkelin kaupunki sijaitsee alueen pohjoispäässä. Tarkastelujen pohjaksi voidaan todeta, että Savilahteen tulevat vesistövedet poikkeavat yleisluonteeltaan selvästi sekä

runko-Saimaasta että Louhivedestä, jonne Ukonveden vesistön vedet purkautuvat. Seuraavassa taulukossa on eräitä Rokkalanjoesta Saimaaseen purkautuvan veden laatua kuvaavia suureita.

sähkönjohtavuus mS/m 6,3 - 10,3

pH 6,3 - 7,0

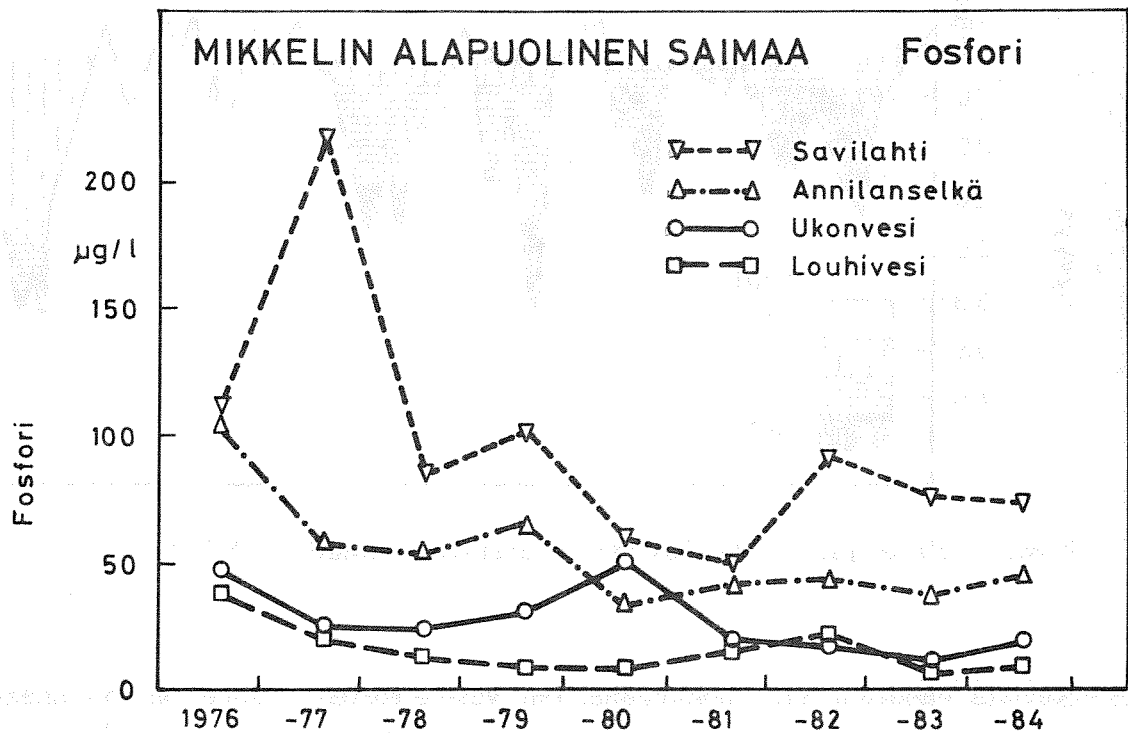
väri mg Pt/l 50 - 90

kokonaisfosfori $\mu\text{g/l}$ 7 - 27

kokonaistyyppi $\mu\text{g/l}$ 380 - 1 960

Happipitoisuus on joessa aina ollut yli 10 mg/l ja kyllästysprosentti yli 90 alajuoksun putousten ilmastavan vaikutuksen ansiosta.

Kuvissa 2 ja 3 tarkastellaan Ukonveden vesistöä sen pituusakselin suunnassa fosfori- ja happipitoisuuksien osalta.

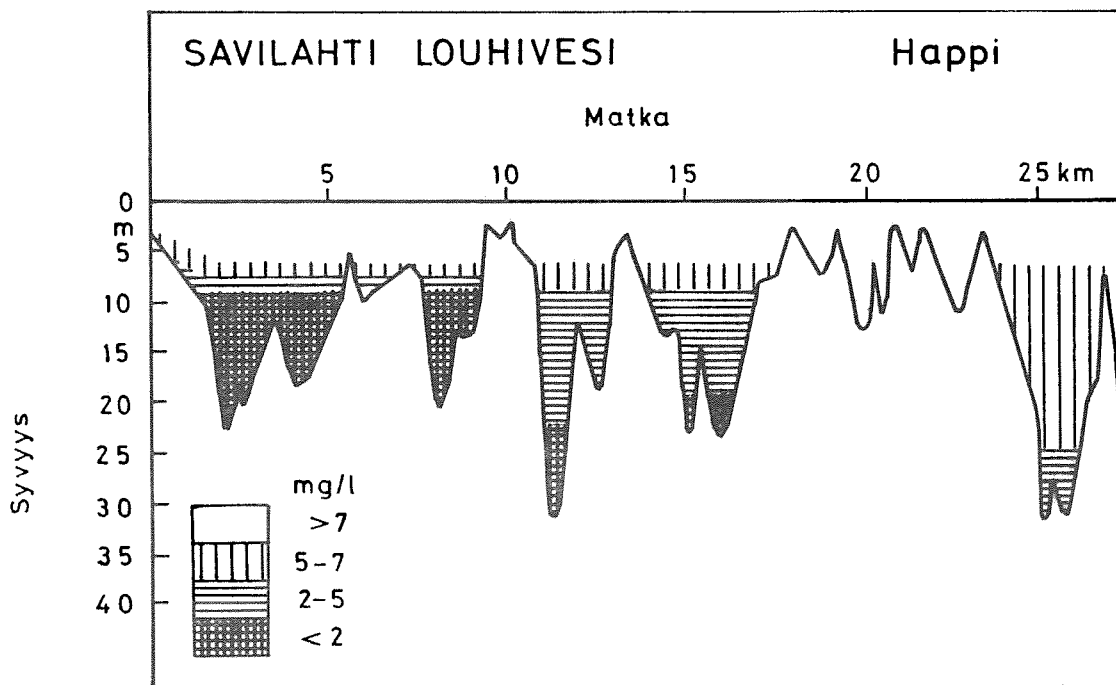


Kuva 2. Mikkelin alapuolisen Saimaan fosforipitoisuus elokuussa 1 m pinnasta

Kuvasta voidaan havaita, että Siikasalmen yläpuolisilla alueilla fosforipitoisuus vaihtelle yleensä tuotantokaudella päällysvedessä 50 - 100 $\mu\text{g/l}$. Ukonvedellä pitoisuudet laskevat tasolle 50 $\mu\text{g/l}$ ja Louhivedellä, joka on Ukonveden vesistöalueen alapuolella, mutta vaikutusalueella, ollaan tasolla 20 $\mu\text{g/l}$.

Pohjanläheisen vesikerroksen fosforipitoisuus nousee sekä kesä- että talvikerrostuneisuuskausilla edellisistä. Tämä johtuu happea kuluttavan orgaanisen aineen aiheuttamasta redoxpotentiaalilaskusta veden ja pohjalietteen rajapinnassa ja siitä johtuvasta fosforin vapautumisesta yläpuoliseen veteen. Kyröläinen (1978) totesi tämän erikoisnäytteenottimin v. 1975 tihennetyistä havainnoista, mutta ilmiö voidaan havaita edelleen myös normaalin vesinäytteenoton tuloksista. Tämä nk. sisäinen kuormitus yhdessä puhdistamojen ulkoisen kuormituksen kanssa, ylläpitää vesistön kohonneita ravinnepitoisuuksia.

Kuvassa 3 esitetään yleistäen ja suuruusluokkatasoisesti hapen kesäkerrostuneisuuskausipitoisuuksia vesistön pohjaprofiilissa.



Kuva 3. Hapen pitoisuudet Savilahti - Louhivesi -linjalla 16.8.1984

Kuvista nähdään, että pohjanläheisten vesikerrosten tilanne on syvänealueilla vielä Pähkeenselälle asti pudonnut alle 2 mg O₂/l ja käytännössä usein alle 1 mg/l. Tämä mahdollistaa pohjalietteen fosforin liukenemisen. Toisaalta näin alhaiset hapenpitoisuudet vaikuttavat myös selvästi vaativien kalalajien viihtyvyyteen vedessä. Ukonvedelläkin on todettu ajoittain kalojen kuolevan verkkoon.

On kuitenkin huomattava, että elokuun 1984 tilanne oli huonompia viime vuosina. Vuonna 1983 vastaavaan aikaan tehdyissä havainnoissa ei Kyyhkylänselällä eikä sen eteläpuolella havaittu alle 2 mg O₂/l -pitoisuuksia.

Kevättalvisten havaintojen happipitoisuudet ovat yleensä hieman korkeampia kuin loppukesällä. Tämä kertoo kesällä syntyvän planktonmassan osuudesta hapen kulumisessa. Pienehköissä altaissa kevättäyskierto jää yleensä lyhyeksi, jolloin vesimassan happea kuormittavien aineiden vastaanottokyky on talvista heikompi.

Ravinnekuormituksen biologista vastetta on tutkittu perustuotantokyky- ja klorofyllimäärityksin. Jo edellä todettiin, että purkupaikka-alueella perustuotantokyky oli vuoden 1973 huippuarvoista pienentynyt vuoteen 1983 oleellisesti.

Taulukossa 3 esitetään v. 1982 suoritettujen perustuotantokyky- ja klorofyllimittausten tuloksia.

Taulukko 3. Vuonna 1982 suoritettujen perustuotantokyky- ja klorofyllimääritysten tuloksia Mikkelin alapuolisella Saimaalla

Havaintopaikka	Nettoperustuotantokyky	Klorofylli a ug/l	
	mg C/m ³ , 24 h	14. - 16.7.	29.7.
	1982 n = 5		
Savilahti	298	49,9	
Lamposaarenselkä	149	30,0	35,8
Annilanselkä	205	24,3	31,7
Kyyhkylänselkä	171	18,3	30,2
Ukonvesi	147	9,3	13,2
Pähkeenselkä	86	8,3	
Louhivesi	62	5,7	

Tulokset ovat suhteessa sekä kuormituspaikan etäisyyteen että vastaavaan ravinnepitoisuuteen. Perustuotantokykytulokset eivät osoita kuitenkaan kovin korkeaa tuottavuutta. Erään käsityksen mukaan perustuotantokykymittauksin voidaan vesistöjä luokitella seuraavasti:

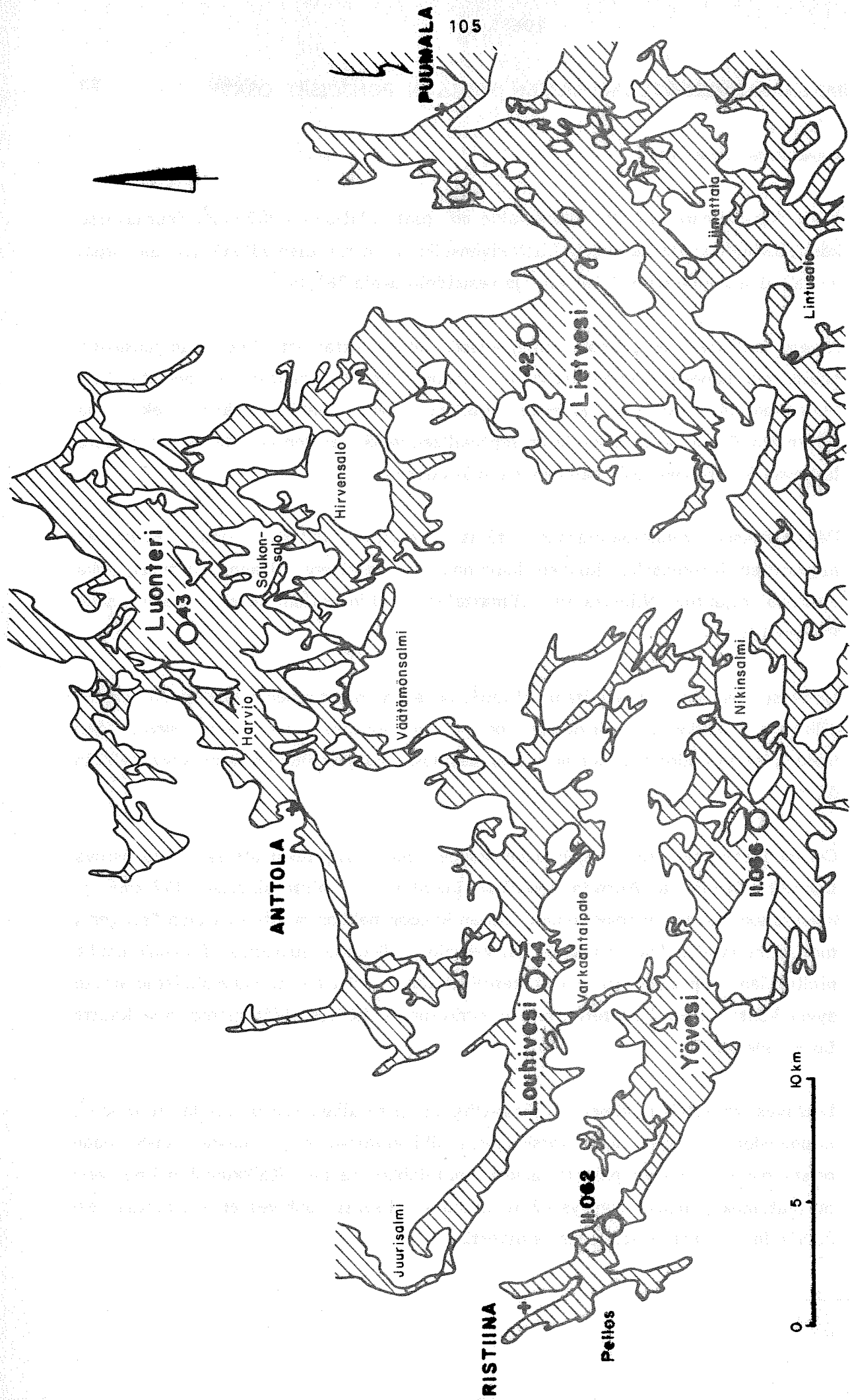
oligotrofinen	< 100	mg C/m ³ /vrk
mesotrofinen	100 - 200	mg C/m ³ /vrk
eutrofinen	> 200	mg C/m ³ /vrk.

Tämän mukaan vain kaupungin lähivedet ja Annilanselkä olisivat varsinaisesti runsastuottoisia planktonin osalta. Toisaalta klorofyllitulosten mukaan voidaan Siikasalmen pohjoispuolisia vesiä pitää eutrofisina. Myös v. 1977 kasviplanktonitutkimuksessa, missä Ukonvesi oli yksi havaintopaikka, saatiin kolmen havainnon biomassakeskiarvoksi 3,16 mg/l, $s \pm 1,84$, mikä Heinosen (1980) luokittelun mukaan on eutrofista vettä kuvaava arvo.

7.4 Yhteenveto

Ukonveden vesistön eli Mikkelin alapuolisen Saimaan kuormitus koostuu runko-Saimaan osista poiketen yli 80-prosenttisesti pistekuormituksesta, jonka aiheuttavat Mikkelin ja Kyyhkylän puhdistamojen purkuvedet. Mikkelin kaupungin puhdistamon 1970-luvun alussa tapahtuneesta laajennuksesta ja prosessimuutoksista huolimatta, joka pienensi fosforikuormitusta n. 75 %:lla ja BOD-kuormitusta puoleen, ei vesistön tilassa ole tapahtunut ratkaisevaa muutosta parempaan suuntaan. Esimerkiksi fosforipitoisuudet ovat edelleen tasolla, mikä on tyypillistä rehevälle vedelle. Tämän korkealle jääneen ravinnepitoisuuden biologinen vaste näkyy selvästi myös kasviplanktonin tuottoa ja määrää kuvaavien perustuotantokyvyn ja klorofyllin tuloksissa.

Vesistön tulevaisuus on kuitenkin menossa parempaan suuntaan. Mikkelin puhdistamoa laajennetaan ja siellä ryhdytään muiden puhdistustulosta parantavien toimenpiteiden lisäksi ammoniakkin poistoon. Myös vesistön hapetusta purkualueella on harkittu vesistön tilaa kohentavana menettelynä. Vaikka vesistön hydrologia asettaakin rajoituksensa, edellä esitettyjen toimenpiteiden yhdistelmänä löytyvät varmasti keinot, joilla Ukonveden vesistön tila paranee nykyisestä.



PUUMALAN ALAPUOLISEN SAIMAAN POHJOISET OSAT

8 PUUMALANSALMEN ETELÄPUOLISEN SAIMAAN POHJOISET OSAT

8.1 Valuma-alue ja yleiskuvaus

Koko Ala-Saimaan alueen valuma-alue on pinta-alaltaan 4 400 km². Seuraavassa käsitellään Puumalansalmen ja Liittokivenselän ja Petranselän välistä Saimaan osaa, jonka valuma-alue on n. 1 100 km² ja vesistö-pinta-ala 365 km².

Alueen kallioperä on pääosin kiillegneissiiä, lukuun ottamatta Puumalan länsiosiin sijoittuvaa kapeaa magmatiittivyötä. Maaperä koostuu pääosin moreenista. Em. Puumalan länsipuoliselle alueelle sijoittuu myös jossain määrin hiekka- ja soramaita. Turvemaita alueella on suhteellisen vähän, eniten Luonteriin pohjoisesta laskevan Syysjärven vesistöalueen valuma-alueella.

Päävirtauksen runko-Saimaaseen tämän vesistön altaista kuuluu Puumalan alapuolisen Koskenselän jälkeen laajempina yhtenäisenä altaana Lietvesi, joka etelässä rajautuu Niinisaaren. Liimattalan ja Lintusalon suuriin saariin sekä Riutanniemeen.

Lietvesi, joka on pinta-alaltaan 91 km², on aava, muutamien pienehköjen saarien pilkkoma selkävesi. Järviallas on kokonaisuutena verrattain syvä. Sen maksimisyvyys sijoittuu hieman altaan keskiosan pohjoispuolelle ja on syvyydeltään 52 m.

Osaksi Lietveteen, sen pohjoisosaan laskee omaksi suljetuksi altaaksi muodostuva Luonteri Juvan ja Anttolan välillä. Luonteri on pinta-alaltaan 147 km² ja kokonaisuutena se on sokkeloinen, altaan kokoon nähden suurten saarien "salojen", mm. Pihlajasalo, Saukonsalo ja Hirvensalo, pilkkoma suurallas. Paikkakunnalla nimitetään usein Luonteriksi vain keskeistä aavaa selkävettä, jonne sijoittuu altaan syvin kohta 68 m. Luonterin toinen purku-uoma kulkee Väättämonsalmen kautta Louhivedelle.

Louhivesi on pitkä ja kapeahko länsi-itäsuuntainen allas. Sen pinta-ala on 48 km². Louhivedelle on tyypillistä varsin pieni lähivaluma-alue ja muista Ala-Saimaan osista poiketen monin paikoin laakeat matalahkot rannat. Kaikkiaankin Louhivesi on matalahko, maksimisyvyys 42 m, Luonterin lisäksi Louhiveteen purkautuu vesi Juurisalmen kautta Ukonveden vesistöstä.

Louhivesi laskee Varkaantaipaleen kanavan ja Nikinsalmen kautta Yöveteen. Yövesi, jonka pinta-ala on 147 km², on luode-kaakkosuuntainen 27 km pitkä verrattain kapea ja syvä allas, joka purkaa vetensä Suur-Saimaan Liittokivenselälle. Yöveden kaakkoiskulmaan sijoittuu Saimaan syvin kohta 82 m.

Lisävesiä valuma-alueelta tulee kokonaisuutena varsin vähän. Virtaamaltaan suurin lisäjuoksu on Luonteriin luoteesta laskevat Syysjärven vesistöalueen vedet. Vuoden 1980 keskivirtaama oli 3,2 m³/s. Ukonveden vesistöalueelta tulee laskennallisesti Louhiveteen keskimäärin 2,55 m³/s. Muut lisäjuoksut ovat selvästi pienempiä.

8.2 Alueelle tuleva kuormitus

Hajakuormituksen eli lähinnä ihmisen maata muokkaavan ja lannoittavan toiminnan osuutta tällä monimuotoisella alueella ei ole kartoitettu. Maatalousmaan määrä on kuitenkin alhainen ja vaikka Etelä-Savo on tärkeää metsätalousaluetta, eivät tehometsätalouden vaikutukset pienehköjen metsälöiden vuoksi ole merkittäviä.

Uitolla ja vesivarastoinnilla on varmastikin paikallista merkitystä fosforikuormittajana.

Pistekuormittajia alueen eri vesistöjen rannoille sijoittuu kaikkiaan neljä. Alueen yläreunaan, päävirran alueelle sijoittuu Puumalan kunta. Luonterin lounaiskolkkaan, Harvionselän lahden rannalle sijoittuu Anttola ja Yöveden luoteispäähän Ristiinan kunta sekä Pellos Oy.

Puumalassa on toistaiseksi vain mekaaninen puhdistamo. Muiden kuormittajien jätevedet puhdistetaan rinnakkaissaostusperiaatteella toimivissa biologisissa puhdistamoissa.

Taulukossa I esitetään em. kuormittajien tunnuslukuja viime vuosilta.

Taulukko 1. Ala-Saimaan alueen pohjoisosan pistekuormittajien BHK₇- ja fosforikuormitukset vuosina 1982 ja 1983.

	BHK ₇ O ₂ /kg/vrk		Fosfori kg/vrk	
	1982	1983	1982	1983
Puumala	79	80	3,9	3,8
Anttola	3,2	3,4	0,28	0,46
Ristiina ja Pellos Oy	11,5	11,5	0,76	0,52

Puumalan kuormitus on selvästi tämän ryhmän suurin. Kunta on kuitenkin parast'aikaa suunnittelemassa rinnakkaissaostusperiaatteella toimivaa puhdistamaa. Muut puhdistamot ovat yleensä toimineet tyydyttävästi.

8.3 Veden laatu ja biologia sekä niihin kohdistuneet tutkimukset

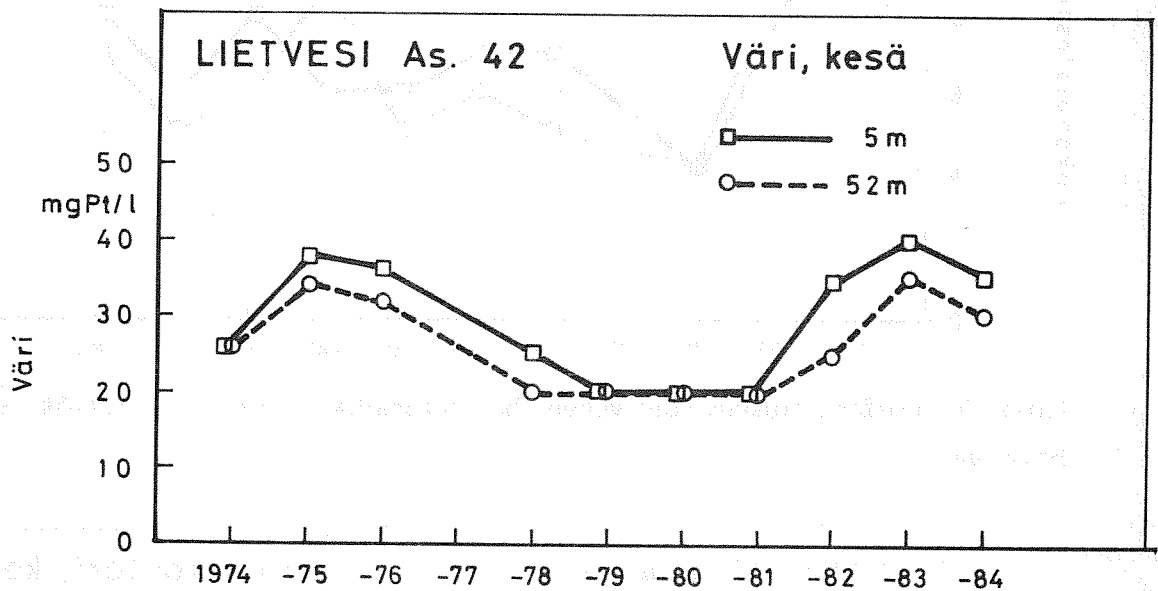
Käsiteltävän alueen fysikaalis-kemiallisen yleistilan selvittämisen kannalta tärkeimmät ovat siellä sijaitsevat valtakunnalliset syvänehavaintopaikat. Lietveden keskeisellä syvänteellä on havaintopaikka nro 42, Luonterin syvänealueelle sijoittuu havaintopaikka nro 43 ja Louhivedelle nro 44. Yöveden tilaa kuvaavat Ristiinan velvoitetarkkailunn ja vesitoimiston havainnot. Lietvedelle Kiviniemen alueelle sijoittuu Saimaan ekologisen tutkimuksen 1980 - 1983 rantaplankton-, pohjaeläin-, vesikasvi- sekä siian ja muikun mätitutkimuksen linjahavaintopaikat. Seuraavassa taulukossa esitetään alueen keskeisimpien syvänehavaintopaikkojen vedenlaatuhavaintoja.

Taulukko 2. Valtakunnallisten syvänehavaintopaikkojen ja Yöveden vedenlaatusuureita elo-syyskuun 1984 havaintojen perusteella

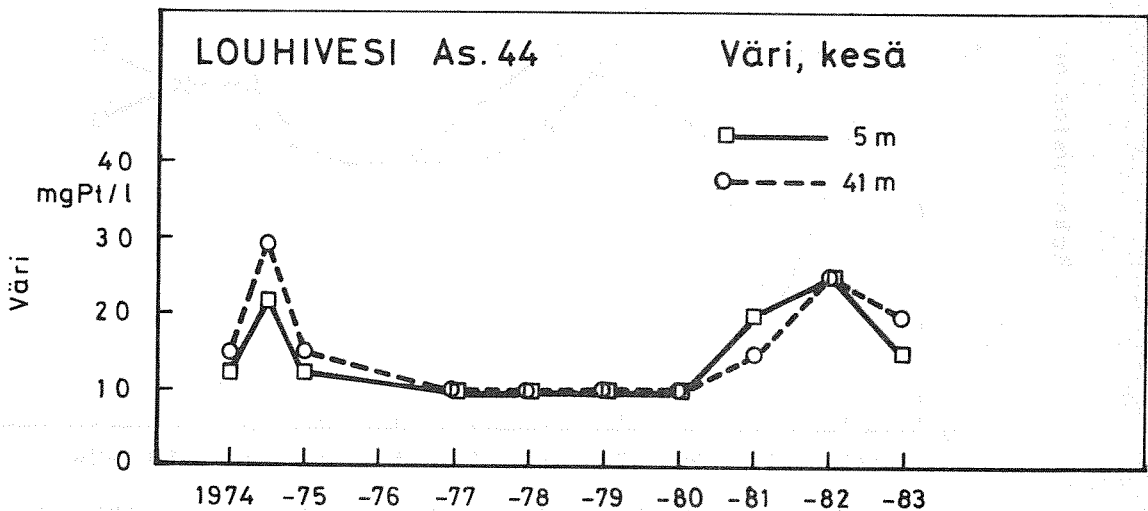
Havaintopaikka		Happi	Väri- luku	Sähkön- joht.	pH	Fosfori	Typpi
		%	mgPt/l	mS/m		µg/l	µg/l
Lietvesi 42	päällysvesi	97	35	4,8	6,8	8	525
syvyys 52 m	alusvesi	85	30	5,1	6,35	7	587
Luonteri 43	päällysvesi	96	20	5,9	7,0	6,5	390
syvyys 68 m	alusvesi	85	15	5,9	6,5	5	520
Louhivesi 44	päällysvesi	97	17,5	8,4	7,25	8,5	485
syvyys 40 m	alusvesi	62	17,5	8,8	6,5	8,7	690
Yövesi, velvoite- hav. 5	päällysvesi	85	30	5,7	6,7	6	452
syvyys 47 m	alusvesi	66,5	32,5	5,9	6,35	8	717
Yövesi, runko- osa 066	päällysvesi	104	13	5,4	6,7	5,5	370
syvyys 82 m	alusvesi	97	13	5,4	6,7	4,3	385

Taulukon tulosten perusteella happitilanne on säilynyt hyvänä tai tyydyttävänä myös pohjanläheisissä vesikerroksissa. Väriluvun perusteella humushuhtoutuminen on voimakkainta Lietvedellä, päävirtausalueella ja toisaalta Yöveden alkupäässä, missä Louhiveden lisävesillä ei ole vaikutusta. Louhiveden sähkönjohtavuus poikkeaa selvästi muista vesistöistä. Tähän vaikuttaa lähivaluma-alueen lisäksi Ukonveden vesistön kuormitusvaikutus. pH sekä fosfori- ja typpipitoisuudet kuvastavat kaikkien runkovesistöosan havaintojen, mutta myös Yöveden velvoitehavaintopaikan nro 5 osalta, suhteellisen niukkatuottoista vesistöä.

Seuraavista kuvista nähdään kymmenen vuoden kehitys kahdella alueen syvänehavaintopaikalla väriluvun ja fosforin osalta.

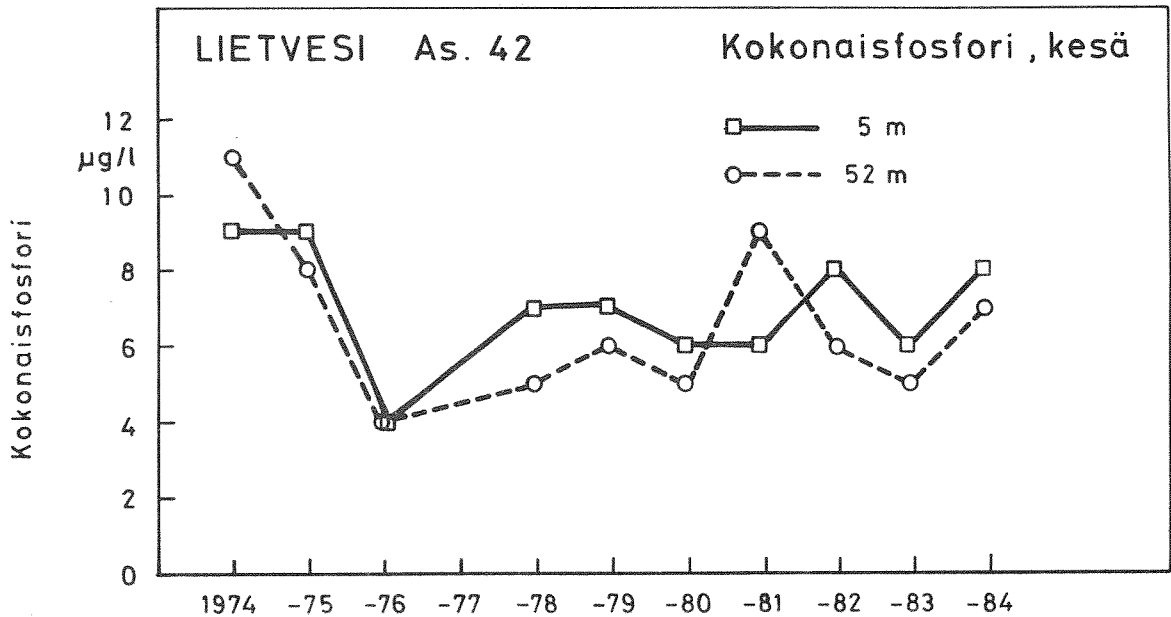


Kuva 1. Väriluku Lietvedellä, havaintopaikka nro 42, v. 1974-84 elokuun havainnot

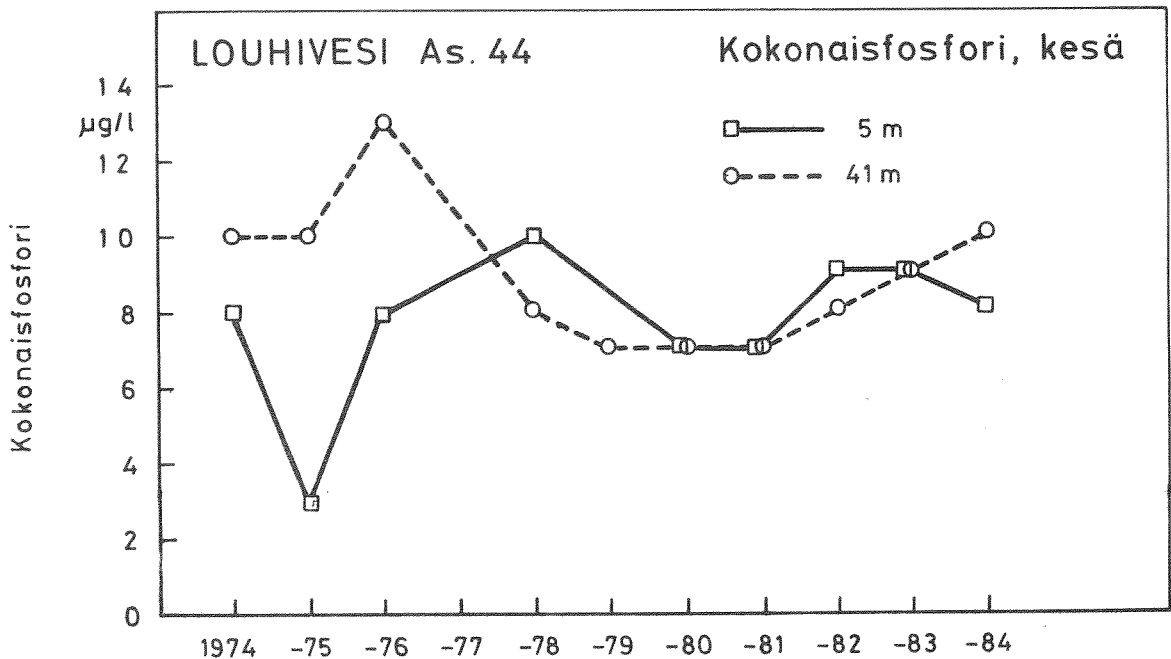


Kuva 2. Väriluku Louhivedellä, havaintopaikka nro 44, v. 1974-84 elokuun havainnot

Molemmissa kuvaajissa havaitaan sadevuosien huuhtouman vaikutus selvästi. Louhivedellä, jonka valuma-alue on pienempi, väriluku laskee niukkasateisina vuosina puoleen Lietveden vastaavasta. Sama suhde on havaittavissa taulukossa 2 esitettyissä vuoden 1984 tuloksissa. Myös Luonterilla ja Yövedellä, joista ei kuvaajia esitetty, on vastaava huuhtoutuman heilahtelu havaittavissa. Planktontuotantoon tällä alueella pääravinteista selvimmin liittyvän fosforin osalta esitetään myös Lietveden ja Louhiveden tulosten kehitys.



Kuva 3. Fosforipitoisuus Lietveden havaintopaikalla nro 42, 1974-84 elokuun havainnot



Kuva 4. Fosforipitoisuus Louhivedellä havaintopaikalla nro 44, 1974-84 elokuun havainnot

Kuvaajien esittämät fosforipitoisuudet ovat koko tarkastelujakson pysyneet suhteellisen alhaisella tasolla, joka esim. Forsbergin ja Rydingin (1980) jaottelussa ilmentäisi niukkatuottoista vettä. Huuhtoutumien kasvun vaikutus ei fosforipitoisuuden osalta ole yhtä selvästi havaittavissa kuin väriluvun osalta. Luonterin osalta kehitys on ollut samansuuntainen.

Happitilanne on kaikilla tarkasteltavien vesistöjen havaintopaikoilla säilynyt kesäkautena hyvänä. Myöskään talvikerrostuneisuuskaudella eivät pohjanläheisten vesikerrosten happipitoisuudet ole yleensä laskeneet kriittisen alas, esim. muikun mädin säilymisen kannalta. Louhiveden syvänteellä on viimeisten viidentoista vuoden aikana alle 4 mg O₂/l tuloksia ollut 5 kpl, minimin ollessa 1,6 mg/l. Lietveden minimiarvo vastaavana aikana on 5 mg/l, pitoisuuden ollessa yleensä yli 7 mg/l. Luonterin syvänteen minimiarvo vastaavana aikana on 4,5 mg/l.

Ala-Saimaan alueen pohjoisosan suurten altaiden biologista tuottavuutta eli rehevyystasoa tarkastellaan seuraavassa kasviplanktonin määrää kuvaavan klorofyllin perusteella.

Taulukko 3. Valtakunnallisten havaintopaikkojen klorofylli a tulokset, 1981-84 elokuun näytteet.

	Klorofylli a µg/l				
	1981	1982	1983	1984	ka
Lietvesi 42	3,3	3,9	3,4	3,7	3,6
Luonteri 43	2,6	1,3	2,5	1,7	2,0
Louhivesi 44	5,2	3,5	6,4	4,0	4,8

Tulosten perusteella ainoastaan Luonteri kuuluu selvästi niukkatuottoiseen eli oligotrofiseen vesistötyyppiin mm. Forsbergin ja Rydingin (1980) ja OECD:n (1982) esittämien luokittelujen mukaan. Lietvesi olisi lievästi mesotrofisen eli planktonin määrä kertoisi alkavasta rehevöitymisestä. Louhiveden tulokset ovat vielä selvemmin alkavasta rehevöitymisestä kertovia. Jos kuitenkin elokuun tuloksia pidettäisiin maksimiklorofylliarvoina, oletus, joka niukkatuottoisilla vesillä yleensä pitää paikkansa, voitaisiin jälkimmäisetkin lukea niukkatuottoisien vesistöjen ryhmään. OECD:n suljetussa luokituksessa oligotrofisen vesistön klorofyllin suurin arvo voi olla 8 µg/l.

Yöveden runko-osalta ei ole säännöllisiä klorofyllihavaintoja, mutta kahdessa sieltä tehdyssä havainnossa ei ole ylitetty $3 \mu\text{g/l}$, joten tämän aineiston perusteella Yöveden runko-osa kuuluisi selvästi niukkatuottoiseen tyyppiin.

Pistekuormittajien vaikutus alapuolisten vesien tilaan on yleensä selvimmin havaittu ravinnepitoisuuksien kasvuna ja alusveden happipitoisuuden laskuna purkupaikan välittömässä läheisyydessä olevilla havaintopaikoilla. Puumalanvirrassa ja sen alapuolisilla vesillä, missä tällä hetkellä puutteellisesti puhdistetut jätevedet laimenevat välittömästi Saimaan päävirtaan, ei yleensä käytetyillä kemiallis-biologisilla tarkkailumenetelmillä havaita jätevesivaikutuksia. Kuten edellä Pihlajaveden-Kokoselän alueen kalankasvatuslaitosten osalta havaittiin, voitaisiin vaikutukset päälyllylevä- eli perifytonmenetelmällä varmasti todentaa.

Anttolassa Luonterin lounaisosassa on purkupuutken läheisen havaintopaikan alusvedessä kevättalvella 1982 ollut fosforia yli $100 \mu\text{g/l}$ ja vuonna 1983 noin puolet tästä. Sen sijaan vuonna 1984 vastaavana aikana ei olennaista eroa runko-Luonterin fosforipitoisuuksiin ollut havaittavissa. Ajoittain myös typpipitoisuuksissa voidaan havaita jopa 25 %:n nousu tausta-aineistoon verrattuna. Hapen pitoisuuksissa on havaittu alenemaa, mutta ne eivät ole laskeneet hälyttävän alas. Sekä ravinne-että happitulokset Anttolan purkualueella näyttävät olevan suuresti riippuvaisia virtauksista ja ilmastollisista tekijöistä.

Myös Ristiinan keskuspuhdistamon ja Pellos Oy:n puhdistamon purkuvesillä on havaittu purkupuutken lähihavaintopaikan alusvedessä jopa $100 \mu\text{g/l}$ fosforipitoisuuksia. Vesipatsaan keskiarvo on yli kolminkertainen runko-Yöveden pitoisuuksiin verrattuna. Myös typpipitoisuudet ovat 2 - 3 -kertaisia Yöveden selkävesiin verrattuna. Tähän vaikuttanee osaltaan myös purkualueen läheisyyteen tulevat humuspitoiset lisävedet. Jätevesien vaikutus vesistön happitalouteen on keskuspuhdistamon valmistumisen jälkeen pienentynyt ja on viime aikoina ollut suhteellisen lievää. Vuoden 1984 havainnoissa oli purkupaikan läheisen tarkkailukohdan pohjanläheisen vesikerroksen happipitoisuus loppupalvella $5,9 \text{ mg/l}$ ja kesäkerrostuneisuuden lopulla $5,7 \text{ mg/l}$. Yöveden tarkkailun yhteydessä on v. 1983 tutkittu kuormituksen vaikutuksia vesistön kasviplanktonin määriin klorofyllianalyyysien perusteella. Näytteet otettiin viisi kertaa kasvukaudella, joten niistä voidaan määrittää rehevyysluokitteluissa käytetty kasvukauden keskiarvo.

Koska keskuspuhdistamon rakentamisen yhteydessä toteutetun purkupaikan siirron jälkeen kaikkien neljän tarkkailupaikan voidaan katsoa edustavan jossain määrin vaikutusaluetta ne käsitellään seuraavassa kokonaisuutena.

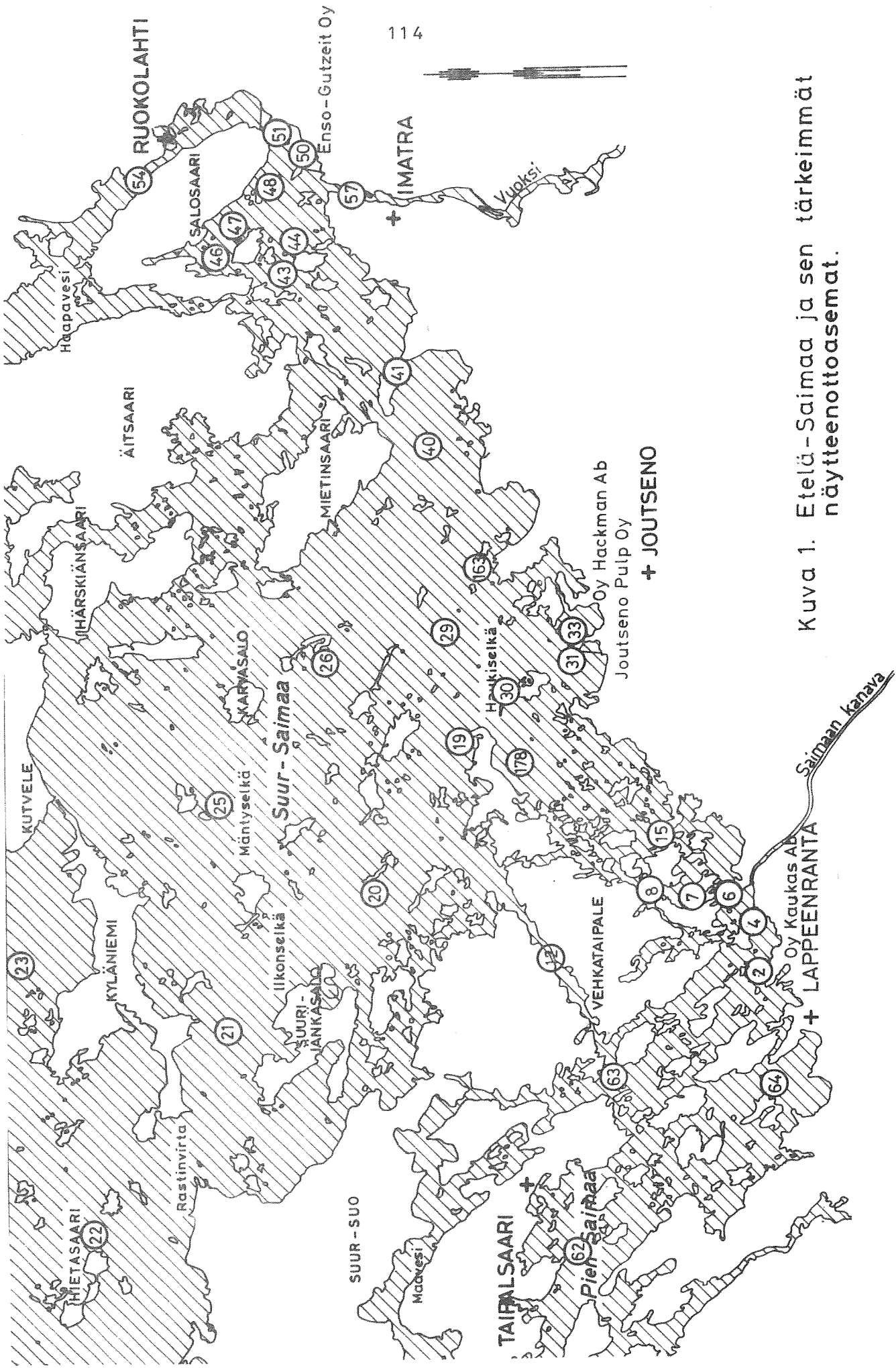
	Klorofylli a $\mu\text{g/l}$
Pienin arvo	2,7
Kaikkien havaintojen keskiarvo n = 20	5,2
Suurin arvo	8,5
Elokuun havainnot	5.2

Tulosten perusteella Ristiinan läheisen Yöveden kasviplanktonmäärät ovat Yöveden runko-osia korkeammat. Lähinnä kaikkien havaintojen keskiarvon, mutta myös maksimituloksen perusteella alue on luettava rehevöityväksi vesistön osaksi. Elokuun havaintojen perusteella tämä Yöveden osa on rehevyystasoltaan edellä taulukon 2 mukaan Louhiveden alapuolella elokuun 1983 tuloksen perusteella. Yhteen havaintoon liittyvän epävarmuuden vuoksi vesistöt kuulunevat samaan ryhmään.

8.4 Yhteenveto

Ala-Saimaan pohjoiset pääaltaat Lietvesi, Luonteri, Louhivesi ja Yövesi poikkeavat suhteellisen vähän toisistaan. Päävirtausalueella Lietvedellä tuntuvat Ylä-Saimaan huuhtoutumavaikutukset veden laatuun selvemmin kuin päävirtauksen ulkopuolisilla altailla. Luonterilla, Louhivedellä ja Yövedellä väriarvot jäävät varsinkin niukkasateisina vuosijaksoina selvästi Lietvettä alemmalle tasolle, ja huuhtoutuman kasvu näkyy lähinnä pienehköjen lisäjuoksujen purkualueilla. Ravinnetaso ja planktonituotanto on kokonaisuutena alhainen, Louhivedellä yleistä tasoa hieman korkeampi.

Nämä vaaleavetiset, syvät vedet, missä happitilanne on säilynyt hyvänä, soveltuvat hyvin lohikalojen kasvu- ja oleskelualueiksi. Yövesi ja Lietvesi ovat mm. Saimaan nieriän viimeisiä kutualueita ja Louhiveden ohella tärkeitä muikun kalastusalueita. Pistekuormittajien vaikutukset ovat rajoittuneita, mutta todettavissa. Puhdistamojen hoidon tehostamisella ja mahdollisesti prosessimuutoksilla päästään asutuskeskusten lähellä suorastaan erinomaiseen veden laatuun.



Kuva 1. Etelä-Saimaa ja sen tärkeimmät näytteenottoasemat.

9 ETELÄ-SAIMAA

9.1 Valuma-alueen yleispiirteet

Etelä-Saimaana pidetään yleensä Kyläniemen eteläpuolista, Vuoksen vesistön päävirran aluetta. Tähän alueeseen liittyvät läntinen osa, Pien-Saimaa ja itäinen osa, Haapavesi, jotka ovat suurten saariryhmien erottamia Saimaan osia.

Pohjoisesta, Mikkelin ja Savonlinnan suunnista purkautuvat vedet katkaisevat Pienen Salpausselän Kyläniemen molemmin puolin. Valtaosa vesistä kulkeutuu n. 2,5 km leveään Rastinvirran ja vähäisempi osa niemen itäpäähän kaivetun Kutveleen kanavan kautta. Rastinvirrasta päävirtaus suuntautuu kaakkoon kohti Vuoksea. Noin 20 % koko virtauksesta suuntautuu suoraan etelään kohti Joutsenoa. Joutsenon edustalla virta kääntyy kohti itää ja koillista yhtyen ennen Vuoksea takaisin luoteesta tulevaan päävirtaan. Näiden päävirtausten molemmin puolin jäävät vesistön osat ovat lisävesien tuojina vähäisiä.

Vuoksen vesistön valuma-alue on $61\,560\text{ km}^2$ ja järvisuusprosentti 19,8 (Seuna 1971). Pien-Saimaan valuma-alue on noin 575 km^2 , josta vesipinta-alaa on noin 125 km^2 . Tämän alueen vuosikeskiarvovalumana voidaan pitää $4,5\text{ m}^3/\text{s}$. Vuonna 1936 rakennettu Vehkataipaleen pumppuasema pumppaa alueelle vettä Suur-Saimaasta n. $35\text{ m}^3/\text{s}$. Tämän pumppuaseman aikaansaama virtaus kulkee Lappeenrannan editse kohti Joutsenoa yhtyen siellä Saimaan päävirtaan.

Haapaveden allas on eteläpäästään suljettu ns. Kaljaniemen padolla. Padossa on veneaukko, jolla ei ole vaikutusta virtauksiin. Haapaveden virtaukset muodostuvat tuulien aiheuttamista vedenpinnan korkeusvaihteluista ja tästä johtuvista virtauksista pohjoisosan Suur-Saimaalle johtavissa kapeissa ja matalissa salmissa sekä Enso-Gutzeit Oy:n $2,3\text{ m}^3/\text{s}$ veden otosta Kaljaniemen padolla. Haapaveteen laskee kaksi vähäistä vesistöä, Lanajoen ja Käringin vesistöt, joiden yhteenlaskettu valuma on noin $1\text{ m}^3/\text{s}$.

Etelä-Saimaan kaakkoisosasta vedet purkautuvat Vuoksea pitkin Laatokkaan. Vuoksen juoksutusta säätelevät osittain voimalaitokset. Vuoksen vesistö kokonaisuudessaan on virtaamiltaan luonnonmukainen. Lyhytaikaissäätö ja tulva-aikojen poikkeusjuoksutukset rajoittavat vedenpinnan normaaleja vaihteluja.

Etelä-Saimaalle on tyypillistä saaririkkaus ja suurten yhtenäisten selkien vähyys. Huomattavimmat selät ovat Pienen Salpausselän, Kyläniemen molemmiin puolin. Pohjoispuolisista selkääalueista voidaan mainita Petranselkä ja Liittokivenselkä, joiden suurimmat syvyydet ovat 72 ja 37 m. Kyläniemen eteläpuolisista selkääalueista suurimmat ovat Ilkonselkä, 65 m syvä ja Mäntyselkä, jonka suurin syvyys on 37 metriä. Ilkonselän alue on suurin syvänveden alue. Sen yli 30 m syvä osa on n. 9,5 km pitkä ja noin 1,5 km leveä. Mäntyselän vastaava alue on noin 3 km pitkä ja vain noin puoli kilometriä leveä. Muut alueet ovat suurimmalta osin alle 20 m syviä.

Pysyvä jääpeite saadaan Etelä-Saimaalle keskimäärin marras-joulukuun vaihteessa ja jäiden lähtö selkääalueilta tapahtuu toukokuun ensimmäisellä viikolla. Jääpeitteen kestoajaksi tulee täten noin 160 vrk.

9.2 Tutkimustoiminnasta

Tutkimustoiminta on ollut Etelä-Saimaalla varsin vilkasta jo 1950-luvun lopulla. Tutkimuksia ovat suorittaneet vesiensuojeluviranomaisten ohella mm. paikallinen teollisuus ja 1960-luvun loppupuoliskolla Saimaan vesiensuojeluyhdistys. Lisäksi alueelta on suoritettu useita veden laatuun, kalastoon, pohjaeläimiin, planktoniin yms. kohdistuneita erityisselvityksiä mm. opinnäytetöinä (vrt. Heinonen 1972). Etelä-Saimaan jätevesikomitea, jonka tehtävänä oli maataloushallituksen toimesta laaditun vesiensuojelusuunnitelman toteuttamiseen liittyvien teknillisten taloudellisten ja vesioikeudellisten sekä muiden asiaan vaikuttavien näkökohtien selvittely, on mietinnössään (1970) käsitellyt myös laajasti vesistön tilaa, sen käyttökelpoisuutta eri tarkoituksiin ja ennusteita tilan muutoksista eri kuormitusvaihtoehdoilla. Teknillisen korkeakoulun arkkitehtiosastolle laatimassaan diplomityössä, "Raportti Saimaasta - vesistön nykyisestä käytöstä ja tulevaisuuden näkymistä", on Siirala (1972) tarkastellut koko Vuoksen vesistöaluetta, sen luontoa ja maisemallista rakennetta sekä vesistön nykyistä käyttöä ja tilaa. Työ on julkaistu vesihallituksen tiedotuksia -sarjassa v. 1973 (nro 49). Vesistön veden laadun selvittely on kuitenkin suoritettu työn luonteen vuoksi suhteellisen suppeasti.

1983 aloitettiin Etelä-Saimaan yleissuunnitelmaan liittyvät laajat ja monipuoliset tutkimukset. Tutkimukset ovat jatkoa ja osana Saimaan ekologiseen perusselvitykseen, joka on laajin viranomaisten ja yliopistojen suorittama yhteistutkimus, mitä koskaan on Saimaan alueella tehty. Mainittujen tutkimusten luoma

perustietämys Saimaan veden laadusta, kalastosta ja näihin liittyvistä tekijöistä avaa tietä mm. Saimaan kehityksen seuraamiselle ja jätevesien puhdistustoimenpiteiden laatimiselle.

9.3 Kyläniemen pohjoispuoliset alueet

Pienen Salpausselän pohjoispuolella on suhteellisen syvien altaiden alue. Alueella kokoontuvat yhteen luoteesta tuleva Mikkelin vesireitti, pohjoisesta laskevan Luonterin vedet ja koillisesta purkautuva varsinainen Vuoksen vesistön päävirtaus. Alueelta vedet purkautuvat Rastinvirran kautta Etelä-Saimaalle. Toisena vähäisenä purkausaukkona on Kutveleen kanava Kyläniemen itäpäässä.

Alueella ei ole veden laatua muuttavaa teollisuutta. Ainoina vesistöä rasittavina tekijöinä voidaan pitää Liittokiven lomakylää, harvahaikoa huvila-asutusta, uittoa ja laivaliikennettä. Maa-alueet ovat kallio- ja soraharjualueita. Maanviljelykseen sopivia alueita ja soita on vähän. Näin ollen valuman aiheuttama kuormitus on vähäinen.

Veden laatua voidaan kuvata karuksi, vähäravinteiseksi, kirrkaaksi ja puhtaaksi. Pintavesien ja syvän veden väliset laatuerot ovat pienet. Seuraavassa taulukossa on esitetty alueen keskellä olevan Hietasaaren syvänteen tutkimustuloksia.

Määrittäminen	Keskimääräinen vaihtelualue	Hietasaaren syvänteen 1984	
		15.3.	29.8.
Happipitoisuus, kyllästysprosentti	40 - 103	80	80
Johtavuus μS	30 - 45	49	48
COD_{Mn} mg/l O_2	4,0 - 10,0	6,5	6,7
Veden väri mg Pt/l	21 - 45	30	30
Kokonaisfosfori $\mu\text{g/l P}$	5 - 13	10	8
Kokonaistyppi $\mu\text{g/l N}$	200 - 400	500	450
Natrium mg/l	1,6 - 2,1	2,2	2,1
a-klorofylli $\mu\text{g/l}$			4,2

Näkösyvyys, eli se syvyys miltä valkoinen merkki veden päältä katsottuna vielä näkyy, on noin 3,5 m. Tämä havainto kuvaa hyvin veden kirrkautta.

Tulokset osoittavat veden olevan puhdasta. Vedessä viihtyvät hyvin mm. erityisen hyvää vettä vaativat taimen, järvilohi ja harjus.

9.4 Pien-Saimaa

Etelä-Saimaan läntisiä osia alueella Joutseno - Lappeenranta - Savitaipale - Taipalsaari - Joutseno kutsutaan Pien-Saimaaksi. Tämän alueen läntisimmät alueet ovat lähes luonnontilassa. Pohjoisosan muodostaa Maavesi, joka kapeiden ja matalien salmien erottamana on jäänyt omaksi vesistön osakseen.

Pien-Saimaan keskiosa Taipalsaaren ja Lappeenrannan välillä on saaririkasta ja yleensä matalaa. Sen suurin syväne (15 m) on Riuttanselällä. Alueen luonnonvarainen virtaama on noin $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Tämä vesimäärä virtaa vesistöön noin 575 km^2 sadealueelta. Tällainen luonnonvarainen virtaama alueelta olisi niin vähäinen, että virtausten suunnat ja suuruudet määräytyisivät lähes täysin Suur-Saimaalla tapahtuvien vedenpinnan vaihtelujen ja vallitsevien tuulten mukaisina. (Heinonen, Kettunen, Kivinen 1975). Tällöin alueen eteläosassa sijaitsevien Oy Kaukas Ab:n jätevesien vaikutus leviäisi laajalle purkupaikan ympäristöön. Tämän estämiseksi ja puhtaan käyttöveden saannin varmistamiseksi teollisuuslaitos rakennutti Vehkataipaleen pumppuaseman 1936. Pumppaamisen vaikutuksesta on Pien-Saimaalle syntynyt virtaus, n. $40 \text{ m}^3/\text{s}$, Lappeenrannan edustan ohi itään. Virtaus estää lähes täysin jätevesien leviämisen länteen, toisaalta kuitenkin levittäen vaikutukset kauemmas kohti Vuoksea.

Pien-Saimaan veden laatua muuttavat pohjoisosassa Maavedellä Suursuon turvetyömaan kuivatusvedet, keskiosassa Vehkataipaleen pumppaamolta tulevat vedet ja Taipalsaaren kunnan jätevedet sekä eteläosassa teollisuus ja asutus. Lappeenrannan jätevedet ovat lähes täysin viemäröity ja johdettu Saimaan ulkopuoliseen Rakkolanjokeen. Tästä huolimatta on Lappeenrannan ympäristön vesialue muuta Pien-Saimaata rehevämpää. Suurimmat vaikuttajat ovat katu- ja teollisuusalueilta valuvat sadevedet, teollisuuden suuret jäähdytysvesimäärät, jätevedet, jätevesien ylijooksut sekä Saimaan pinnanvaihtelun ja tuulien ajoittain aiheuttamat Oy Kaukas Ab:n jätevesivaikutukset. Oma vaikutuksensa on myös vilkkaalla laiva- ja veneliikenteellä.

Maaveden veden laatu on suolta tulevien kuivatusvesien tummentamaa. Alueella voidaan todeta merkkejä rehevöitymisestä mm. rantakasvillisuusalueiden voimakkaana kasvuna. Maaveden veden laatua kesällä 1984 kuvaavat seuraavat arvot:

	Happi %	Johtavuus mS/m	pH	Väri Pt mg/l	COD mg/l O ₂	Fosfori µg/l	Typpi µg/l
Päällysvesi	83	6,8	6,7	40	8,0	19	535
Alusvesi	38	7,6	6,6	80	14,4	21	837

Alueen veden laatua voidaan kuvata kalastukseen ja virkistyskäyttöön sopivaksi. Veden käyttökelpoisuutta on viime vuosina heikentänyt keltaruskolevä Gonyostomum semen, joka ympärilleen erittämällä limalla aiheuttaa uimareiden ihon liimaantumista ja näin saattaa estää vesistön käyttöä uimavetenä.

Pien-Saimaan läntisimpään osaan, Jokilahteen, lasketaan Lemminkäisen kunnan Kuukanniemen puhdistamon jätevedet. Jätevesien purkupaikan ympäristössä on havaittavissa pienehkö rehevöitynyt alue.

Pien-Saimaan keskiosan muodostavat kaakkoinen Riutanselkä ja itäinen Vehkasalonselkä. Nämä selät, kuten koko vesistönosan jakaa kahteen osaan Lappeenranta - Taipalsaari pengertie. Tien länsipuolella olevat vesialueet ovat vähemmän kuormitettuja ja puhtaampia.

Esimerkkeinä veden laadusta on seuraavassa taulukossa esitetty mainittujen selkien veden laatutuloksia:

	Happi %	Johtavuus mS/m	pH	Väri Pt mg/l	COD mg/l O ₂	Fosfori µg/l	Typpi µg/l
Riutanselkä							
päällysvesi	89	6,2	7,1	20	5,0	13	330
alusvesi	87	6,2	7,1	20	5,6	13	360
Vehkasalonselkä							
päällysvesi	108	5,2	6,8	35	7,9	12	490
alusvesi	98	5,2	6,7	40	7,7	13	440

Taipalsaaren kunnan Saimaanharjun puhdistamon kautta lasketaan jätevesiä Vehkasalonselälle. Jätevesien lieviä vaikutuksia on nähtävissä ajoittain alueen syvänteissä, lähinnä hapen kulumisena ja veden värin arvojen nousuna. Vehkasalonselän veden laadussa näkyy ajoittain myös pumppaamon kautta tulevat lievät Kaukaan jätevesivaikutukset.

Vaikka tällä alueella on tutkimustulosten mukaan muutoksia veden laadussa, on vesi kuitenkin virkistyskäyttö- ja uintikelpoista.

9.5 Itäinen Pien-Saimaa

Tällä alueella käsitetään Lappeenrannasta Imatralle ja Kyläniemeen ulottuvaa aluetta. Koska Oy Kaukas Ab:n edustalle rakennettiin v. 1956 Taipalsaareen johtava pengertie, purkautuvat nyt kaikki Pien-Saimaan vedet kapean Pappilansalmen kautta itään.

Lappeenrannan ja Joutsenon välistä erittäin saaririkasta vesialuetta kutsutaan itäiseksi Pien-Saimaaksi. Tämä alue yhdessä Enso-Gutzeit Oy:n edustan kanssa on koko eteläisen Saimaan pahimmin likaantunut alue. Kaukaan teollisuuslaitokset ovat olleet toiminnassa jo yli 100 vuotta. Jätevesien vaikutusalueesta on laadittu useita julkaisuja, mm: Alhonen 1971, Etelä-Saimaan jätevesikomitean mietintö 1970, Falck 1969, Heinonen 1966, 1968, 1970, 1972, 1973, 1974, von Hertzen 1938, Jäppinen 1965, Järnefelt 1956, 1961, Kalataloussäätiö 1956, Kettunen 1971, 1973, 1974, 1975, 1979, 1984, Laaksonen 1964, 1969, 1970, 1972, 1973, Lehmusluoto 1970, Nyman 1970, Sauvonsaari 1973, Stenbäck 1973, Tirronen 1963, Uusimäki 1968, Wigren 1963, Vääriskoski 1971. Näiden lisäksi on ns. velvoitetutkimusten tuloksia julkaistu säännöllisesti Oy Kaukas Ab:n vesistöraportteina, ja vuodesta 1982 alkaen Saimaan Vesiensuojeluyhdistyksen toimesta vuosiyhteenvetoina.

Näissä julkaisuissa on vesistönsä veden laatua ja kehitystä sekä jätevesikuormitusta käsitelty laajasti ja monipuolisesti. Laajan aineiston vuoksi on seuraavassa esitetty yhteenvedonomaaisesti kuvaus vesistönsä kuormituksesta ja tilasta.

Oy Kaukas Ab purkaa jätevetensä Pappilansalmen itäpuolelle, kapeaan vesistönsaahan. Kuormitusta kuvaavat seuraavat arvot (1984):

jätevesimäärä	= n.	200 000 m ³ /vrk
kiintoainepitoisuus	= n.	9,0 t/vrk
hapenkulutus (BOD)	= n.	17,0 t O ₂ /vrk
typpeä	= n.	770 kg/vrk
fosforia	= n.	140 kg/vrk
pH	= n.	6,5 - 7,0

Oy Kaukas Ab:n jätevedet vaikuttavat Saimaalla yli 30 km:n päässä purkuputken suulta. Tähän ovat syynä vuodenajat sekä vastaanottavan vesistön väylämäisyys. Kesällä jätevedet sekoittuvat pintaveteen, laimenevat ja ilmastuvat tehokkaasti. 5 - 8 km tehtaalta on kesäisin suuren tuotannon, rehevöitymisen alue. Tällä alueella tapahtuu jätevesien tuomien kasvuedellytysten tehokas käyttö. Tyypillisinä merkkeinä tästä ovat tiheät ja korkeat järviruokokasvustot ja planktonista vihreä vesi. Kesällä nämä jätevesivaikutukset pienenevät jyrkästi Haukiselällä, ja Joutsenon edustalla sekoittuvat Joutseno-Pulp Oy:n jätevesien aiheuttamiin Saimaan laadun muutoksiin.

Vesistön tila tällä Lappeenrannan ja Joutsenon välisellä vesialueella on heikko. Vehkakaipaleen kautta pumpattuun vesivirtaan sekoittuessaan jätevesi vähentää välittömästi vesialueen käyttöarvoa. Saimaan kanavan edustan vesialueella, n. 2 km etäisyydellä tehtaalta, vesi ei kelpaa uimiseen eikä kalastukseen, ja vesialueella voi huomata selvän sellun hajun. Vesialueen veden laatua kuvaavat seuraavat tutkimustulokset: (as, 2)

Aika	+°C	Happi kyll.%	Väri mg Pt/l	Johtavuus mS/m	pH	Typpi µg/l	Fosfori µg/l	Natrium mg/l
18.10.84	8,0	63	70	12,2	6,6	550	43	10,8

Väkevinä esiintyvät jätevedet estävät tällä alueella vesikasvien kasvua. Esim. ulpukkakasvustoja esiintyy vähän ja ne ovat harvakasvuisia. Samoin ovat järviruokokasvustot Pien-Saimaan vastaaviin kasvupaikkoihin verrattuna vähäisiä.

Itää kohti edettäessä seuraa rehevän tuotannon alue, jolle on tyypillistä korkea tuotanto, niin kalojen kuin kasvillisuudenkin puolella. Tämän alueen itäosassa on Haukiselkä, jolla alueella vesi puhdistuu merkittävästi. Vesi on vielä hyvin rehevää.

Vaikka kaloja on alueittain runsaastikin, niiden käyttäarvo on alentunut makuvirheiden vuoksi. Kalastosta puuttuvat muikku, siika ja taimen, joiden elinvaatimuksia ei veden laatu täytä.

Haukiselän (as 17) veden laatua kuvaavat seuraavat arvot (16.8.1984):

	+°C	Happi kyll.%	Väri mg Pt/l	Johtavuus mS/m	pH	Typpi µg/l	Fosfori µg/l	Natrium mg/l
Päällysvesi	17,7	79	50	7,3	6,9	460	29	6,4
Alusvesi	17,5	82	50	7,9	6,9	460	32	6,4

Jätevesien läsnäolosta kertovat taulukon happipitoisuuden alentuneet arvot, kohonneet fosforin ja natriumin arvot sekä veden tummuus. Veden värin arvo oli 50 mg Pt/l. Puhtaan veden arvot olivat samaan aikaan sekä Pien-Saimaan Riuttaselällä että Suur-Saimaan puoleisella Ilkonsaarten asemalla 20 mg Pt/l.

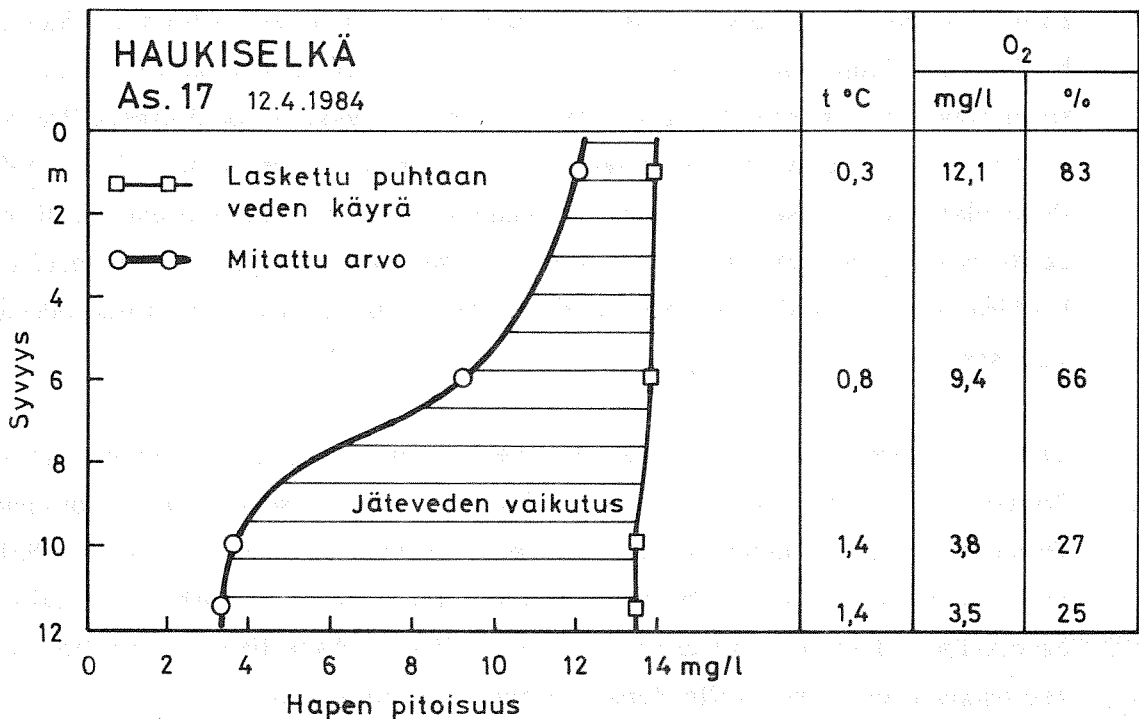
Tämän Lappeenranta - Joutseno välisen vesialueen talvinen vedenlaatu poikkeaa kesätyypistään oleellisesti. Alhaisen (0,2 - 4,0°C) lämpötilan vuoksi painuvat jätevedet järven alimpaan eli talvella lämpimimpään vesikerrokseen ja pysyvät siinä koko talvikauden lähes muuttumattomina. Pappilansalmesta tuleva virtaus ja vesistön pohjamuodot aiheuttavat jätevesien hiljaisen valumisen järvioltaasta toiseen. Jäteveden muuttumattomuuden seurauksena hyvin vahvaa jätevettä kulkeutuu näin kesäistä tilannetta huomattavasti kauemmaksi. Virtaus kulkee koko itäisen Pien-Saimaan kautta kääntyen Joutsenon kohdalta pohjoiseen ja pysähtyy vasta Kyläniemen eteläpuolella olevaan Ilkonselän syvänteeseen. Täällä Rastinvirran kautta tuleva virtaus ja virran muodostama kynnys, syvimmillään n. 10 m, estävät jätevesien leviämisen kauemmas pohjoiseen. Matkan pituus Kaukaan tehtailta Ilkonselälle on noin 40 km.

Lähellä purkuputken suuta vesistön mataluus, kapeikot ja virtaus sekoittavat osan jätevettä myös pintaveteen. Tämä aiheuttaa vuoden huonoimman kokonaistilanteen maalishuhtikuuksi, 1 - 5 km etäisyydelle Kaukaalta. Tällä alueella veden hapen pitoisuus on alhaisimmillaan ja vedessä on selvä sellun haju.

Talvitilannetta kuvaavat seuraavat arvot (12.4.1984):

12.4.84	Lämpö-Happi		Väri mg Pt/l	Johta- vuus mS/m	pH	Typpi µg/l	Fosfori µg/l	Natrium mg/l
	tila +°C	kyll.%						
Päällysvesi	17,7	79	50	7,3	6,9	460	29	6,4
Alusvesi	17,5	82	50	7,9	6,9	460	32	6,4

Taulukot osoittavat hyvin jäteveden kulun alusvedessä. Jäteveden hapetta kuluttava vaikutus näkyy eri vesikerroksien hapen pitoisuuksissa:



Likaisimmilla alueilla on kevättalvella todettu kalakuolematapauksia. Alueella kalastetaan vähän ja kaloissa esiintyy yleisesti makuvirheitä.

Yhteenvedon voidaan todeta alueen olevan koko vuoden jätevesien vaikutuksen alaisen. Jätevesien vaikutus vaihtelee. Pienimmillään vaikutus on syyskesällä vesien kylmennyttyä, jolloin planktonikasvu on loppunut, syystäyskierto sekoittanut ja ilmastanut veden, eivätkä alusvesivirrat ole vielä tuoneet jätevesien talvi-vaikutuksia. Talvella vesialue huononee tasaisesti huhtikuun alkupuolelle saakka, jolloin sulamisvedet alkavat hapettaa päällysvettä. Maaliskuun loppupuolella

on alue vedenhankintaan ja kalastukseen sopimatonta. Jäiden lähtö muuttaa veden tilan. Tällöin alkava kevättäyskierto ilmastaa veden, poistaa jätevedet alusvedestä, ja jo 4 - 6°C vesi kasvattaa piileviä aloittaen kesätilanteen, jossa jätevedet kulkevat päällyksvedessä. Kesällä vesi on vihertävää, rehevää ja leväkasvun alueilla pintaosistaan hyvin happirikasta. Lähellä teollisuuslaitoksia ei vesialueella ole kuin veneily- ja vesikuljetusarvo, kauempana idässä, Haukiselällä, voidaan myös kalastaa ja uida, mutta arvo kumpaankin virkistysmuotoon on heikko.

9.6 Etelä-Saimaa

Etelä-Saimaan keskeisen osan muodostaa Joutseno - Imatra - Salonsaari - Kyläniemi - Taipalsaari suurten selkien ja Vuoksen päävirtauksen alue. Alueen suurimmat selät Ilkonsehkä ja Mäntyselkä ottavat vastaan pohjoisesta Rastinvirran ja Kutveleen kanavasta virtaavat vedet. Virtaama on keskimäärin 550 m³/s. Ilkonsehkällä virtaukset haaraantuvat kahdeksi pääreitiksi, suoraan etelään kohti Joutsenoa virtaa noin 110 m³/s ja muu osa kaakkoon Mäntyselälle ja sieltä etelään. Etelärannikolla kaikki vesistön virrat yhtyvät ja Imatran edustalla purkautuvat Vuokseen.

Länneestä, Pien-Saimaalta purkautuva vesi, n. 40 m³/s, kulkeutuu kesällä suoraan Joutsenon edustan ohitse itään. Tällöin siihen sekoittuvat Joutseno-Pulp Osakeyhtiön ja Oy Hackman Ab:n jätevedet. Näiden jätevesien purkualue Saimaalla on virtaus- ja laimenemisalueena parempi kuin Oy Kaukas Ab:n purkualue Pien-Saimaalla. Pahoin pilaantunut alue jää suhteellisen pienelle alueelle teollisuuslaitosten edustalle Honkalahteen ja Pulpinselkään.

Teollisuuslaitosten jätevesikuormitusta ja jäteveden laatua kuvaavat seuraavat arvot (1984):

	Joutseno-Pulp Oy		Oy Hackman Ab	
Jätevesimäärä	=	n. 108 000 m ³ /vrk	n. 1 200	m ³ /vrk
Kiintoainepitoisuus	=	n. 2,1 t/vrk	n. 0,05	t/vrk
Hapenkulutus (BOD)	=	n. 17 t O ₂ /vrk	n. 0,30	t O ₂ /vrk
Typeä	=	n. 190 kg/vrk	n. 20	kg/vrk
Fosforia	=	n. 33 kg/vrk	n. 0,7	kg/vrk
pH	=	3 - 8	5 - 7	

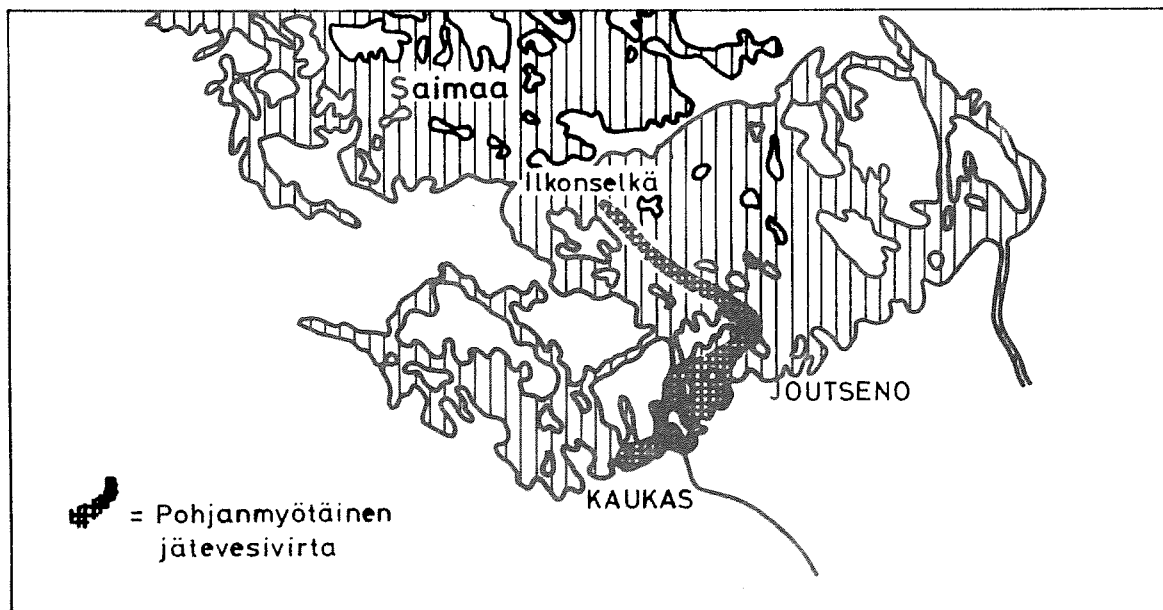
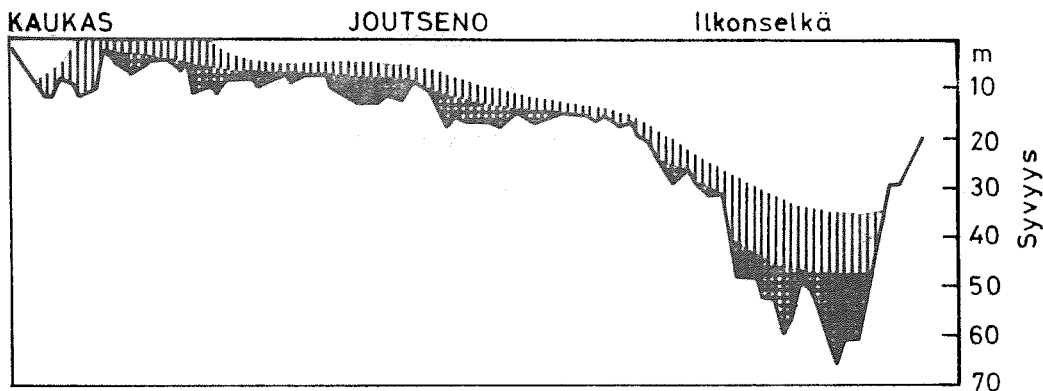
Jätevesien vaikutus näkyy, paitsi teollisuuslaitosten edustoilla myös kauempana Saimaalla. Kesällä, jolloin jätevedet sekoittuvat pintaveteen, vaikutusalueen muoto vaihtelee tuulen aiheuttamien pintavirtausten mukaan. Itään suuntautuvasta perusvirtauksesta poiketen saattaa jätevesien vaikutusalue suuntautua myös länteen Haukiselälle, tai pohjoiseen Kilpiän- ja Kaitasaaren ympäristöön. Vaikutusalueiden reunat ovat tällöin 4 - 7 km etäisyydellä lännessä ja pohjoisessa.

Syksyllä pohjoismyrskyjen aikaan saattaa Suur-Saimaan puhdasta vettä olla 1 - 2 km etäisyydellä tehtaasta. Jätevedet sekoittuvat tällöin tehokkaasti ja virtaavat kapeana, rannan läheisenä vyönä itään. Jätevesien vaikutusalue on vain muutama neliökilometri.

Talvella jätevedet käyttäytyvät kuten Oy Kaukas Ab:nkin edustalla. Ne kulkevat pohjamyötäisesti järivialtaalta toiselle.

Pien-Saimaan itäisimmän selän, Haukiselän alusveden täyttyessä Oy Kaukas Ab:n jätevedet työntyvät Suur-Suomensalon ja Kätkytsaaren välisestä salmesta ns. Suur-Suomensalon selälle. Tälle selälle purkautuu täten lännessä Oy Kaukas Ab:n ja etelästä Joutseno-Pulp Oy:n sekä Oy Hackman Ab:n jätevedet. Vesialueella tapahtuvista jätevesivirtauksista on tehty useita tutkimuksia. Virtausten vaihtelevaisuuden ja tutkimuskertojen vähäisyyden vuoksi ei tarkkoja, yksiselitteisiä virtauskuviota voida esittää. Kinnusen (1978) mukaan Oy Kaukas Ab:n jätevedet kääntyvät heti alueelle tultuaan jyrkästi kohti pohjoista. Tästä jätevesivirrasta leviää Suur-Suomensalon selälle ainoastaan lievä yleisvaikutus. Toisaalta on esitetty (Kettunen 1978), että etelästä tulevat jätevedet virtaavat lähellä rantaa itään, leviämättä lainkaan pohjoiseen. On todennäköistä, että myös näiden jätevesien vaikutuksia voidaan erottaa koko Suur-Suomensalon selän vesialueella. Tähän arvioon viittaavia tuloksia on saatu vesihallituksen hydrologian toimiston talvella 1984 suorittamissa uimurikokeissa.

Toistaiseksi näyttää kuitenkin siltä, että Oy Kaukas Ab:n jätevedet virtaavat täältä pohjamyötäisesti pohjoiseen Ilkonselälle noin 17 kilometrin päähän. Seuraava profiilikuva esittää näiden jätevesien talvisen kulun.

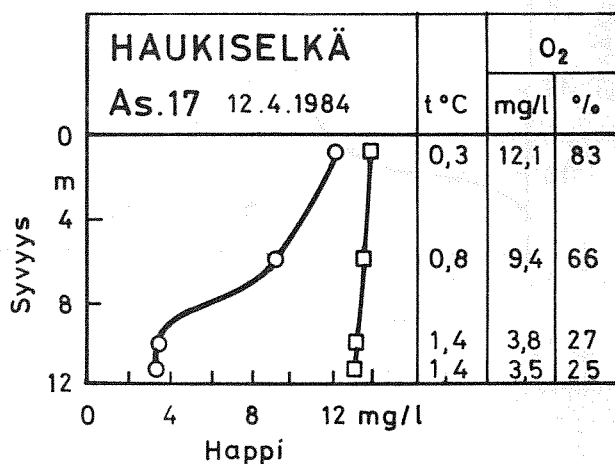
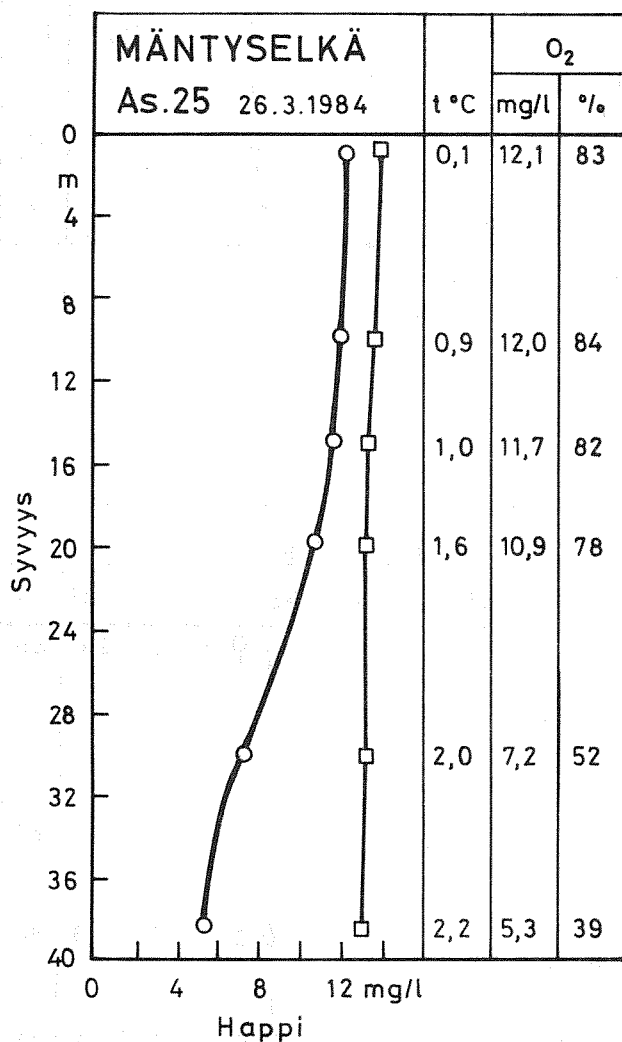


Kuva 2. Kaavakuva Oy Kaukas Ab:n jätevesien leviämisestä talvisin

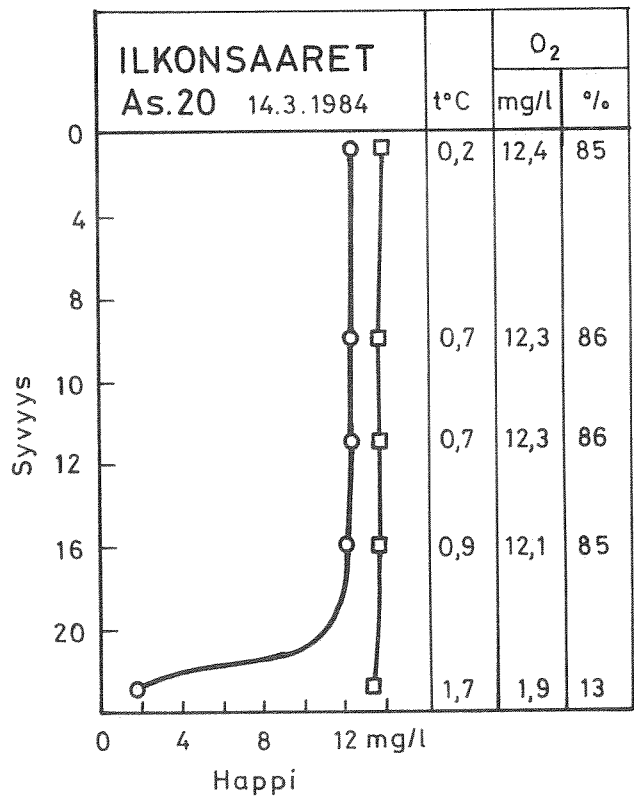
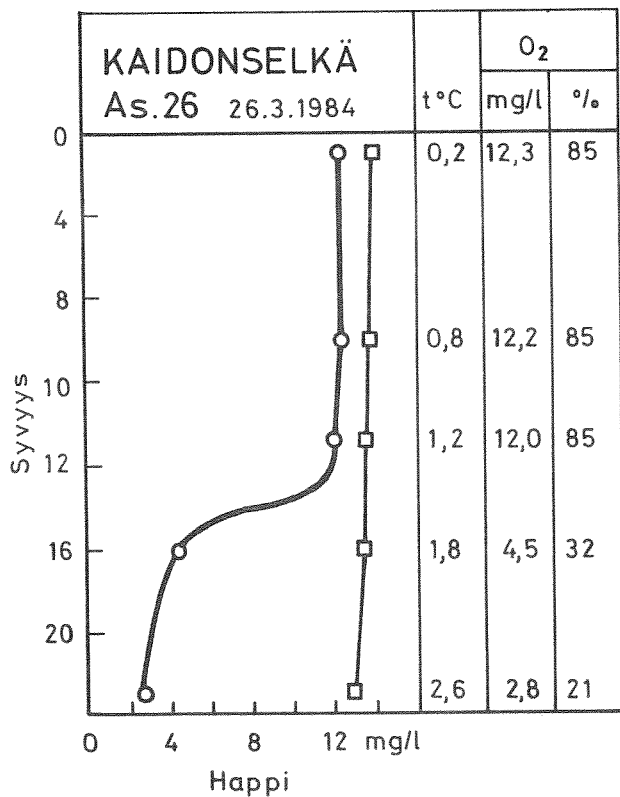
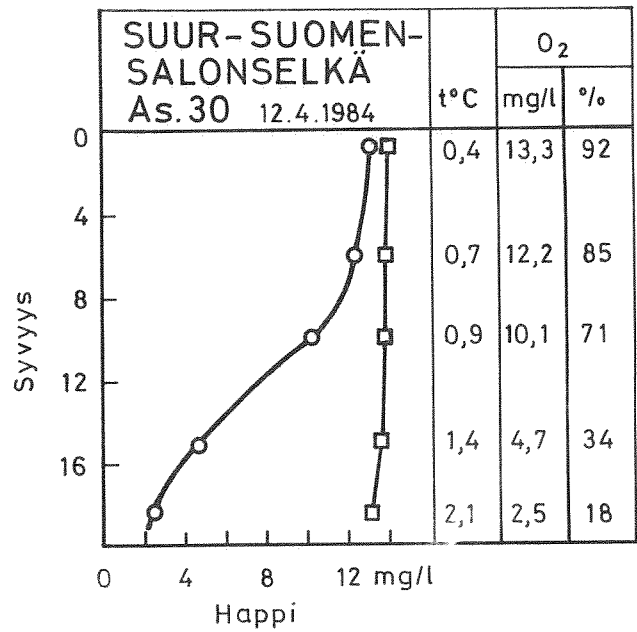
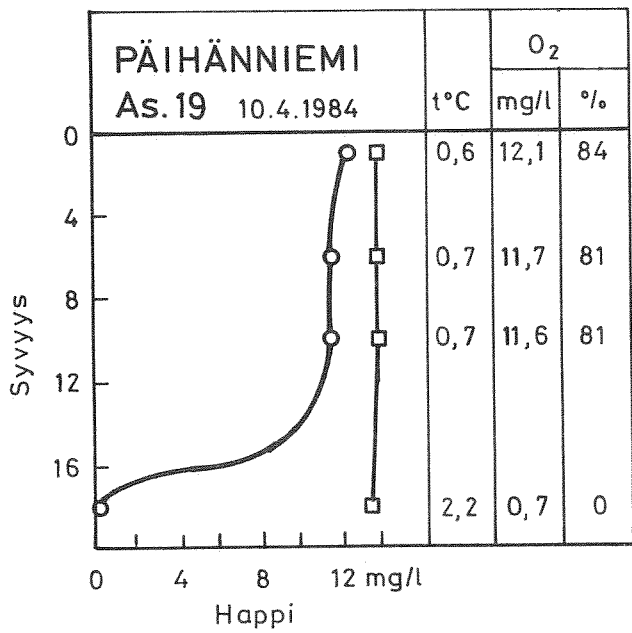
Joutseno-Pulp Oy:n jätevedet virtaavat Suur-Suomensalon altaasta itään. Ylä-Lyly - Satamasaari alueen kautta osa jätevedestä valuu kohti pohjoista. Tämä virta on tyypiltään samanlainen kuin Oy Kaukas Ab:n lännempänä oleva Päihänniemi - Ilkonsele virta. Nämä jätevesivirrat kulkevat pohjamyötäisesti Saimaan päävirtaa vastaan. Ne eivät vaikuta syvällä alusvedessä virratessaan juuri lainkaan päällysveteen. Vasta sitten kun Mäntyselän ja Ilkonselelän altaat ovat täyttyneet noin 20 - 15 metrin syvyydelle saakka, sekoittuu päällysvedessä kulkevaan virtaan jätevettä. Kevättäyskierrossa näiden suurten syvänealueiden keräämät jätevedet nousevat päällysveteen, sekoittuvat Saimaan päävirtaan ja kulkeutuvat Vuokseen noin viikon aikana. Tällöin koko Etelä-Saimaan alueella tuntuu sellun hajua.

Syvänteisiin kertyneen vahvan sellujäteveden sekoittuminen koko vesimassaan saattaa olla osatekijänä muikun vähenemiseen ja vuosittaisiin kannanvaihteluihin.

Järvialtaiden syvyyksien ja niiden ympärillä olevien salmien kynnykskorkeuksien mukaan vaihtelee pohjalla olevan jätevesikerroksen paksuus. Veden hapen pitoisuuksien mukaan vaihtelu on 2 - 45 m.

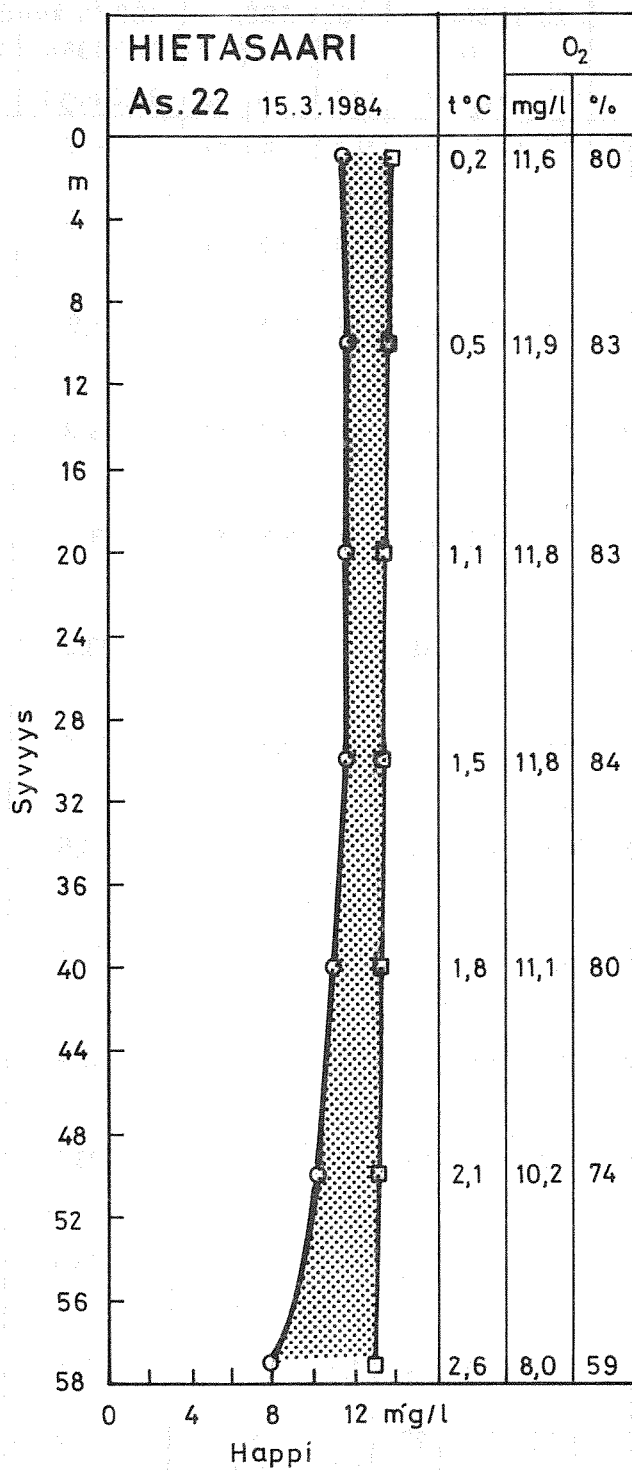


Kuva 3. Hapen pitoisuus Mänty- ja Haukiselällä kevättalvella 1984



Kuva 4. Hapen pitoisuuksia keväällä 1984

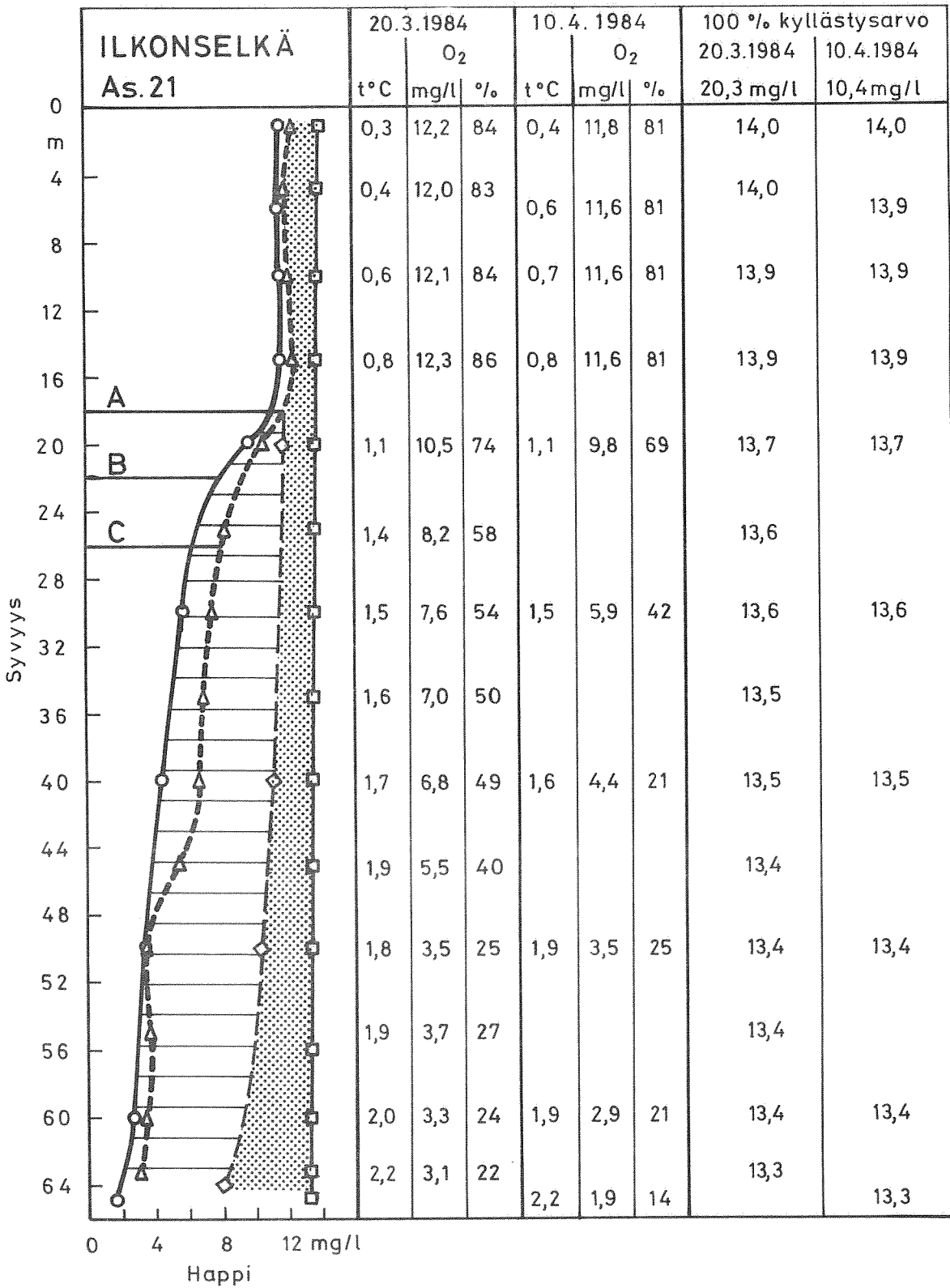
- lämpötilan edellyttämä hapen pitoisuus 100 % kyllästysarvon mukaan
○—○ todellisen hapen pitoisuus



Kuva 5. Kyläniemen pohjoispuolisen, puhtaan vesialueen, hapen pitoisuus 15.3.84

o ——— o todellinen hapen pitoisuus

käyrien erotus = luonnon aiheuttama hapen kuluminen



= Luonnonkuorma

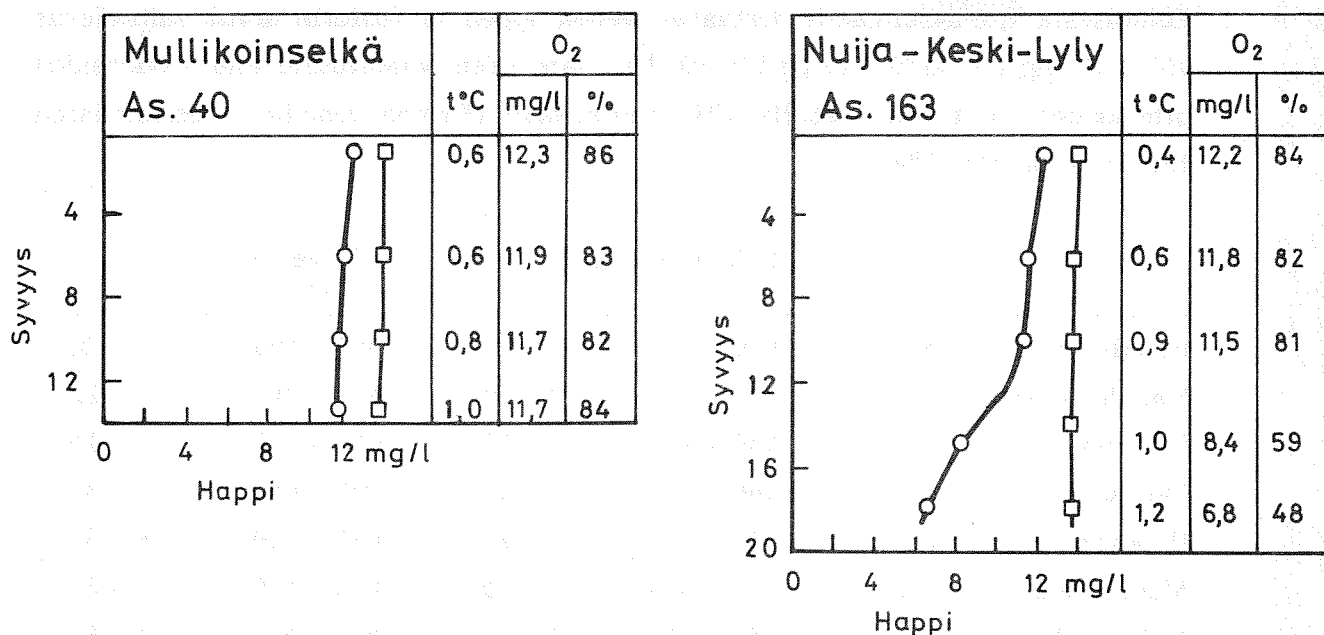


= Jäteveden aiheuttama hapen pitoisuuden muutos (vrt. as. 22)

A = Jätevesivaikutuksen yläraja

B = Lohikalan viihtymisen syvyys 10.4.1984

C = Lohikalan viihtymisen syvyys 20.3.1984



Kuva 6. Hapen pitoisuus asemilla Mullikoinselekä ja Nuija-Keski-Lyly, keväällä 1984

Käyrästoissa on esitetty myös hapen pitoisuus, mg/l O₂, joka voisi olla eri syvyyksissä niiden lämpötilan ja 100 % kyllästysarvon vallitessa. Päällisvedessä esiintyvä ero, 1 - 2 mg/l O₂, kuvaa ns. luonnon kuorman aiheuttamaa veden hapen pitoisuuden vähenemistä. Syvemmissä vesikerroksissa tapahtuu hapen kulumista päällisvettä enemmän myös puhtaissa vesissä, mutta Etelä-Saimaalla pääosa alusveden hapen kulumisesta aiheutuu jätevesien happea kuluttavista ominaisuuksista (vrt. kuva 5).

Hapen pitoisuuksien vaihtelu osoittaa, että päällisvedessä oleva puhtaamman vesikerroksen paksuus on syvemmillä selkälakeilla 18 - 22 m ja matalammilla alueilla 10 - 12 m. Näiden syvyyksien alapuolella esiintyvät vakavimmat kalastoon ja kalastukseen liittyvät välittömät talviset haitat. Näitä ovat ennen muuta kalojen katoaminen ja mädin tuhoutuminen. Likaantuneen alusveden yläpuolella elävien kalojen pyyntiarvo on vähentynyt kalojen maun muuttuessa.

Jätevesien vaikutus näkyy Etelä-Saimaalla, paitsi talvisena hapen kulumisena, myös avovesikauden planktonkukintoina ja verkkojen limottumisena. Vaikka metsäteollisuuden jätevesissä ei sosiaalijätevesiin verrattuna ole kovin paljo ravinteita, typpeä (N), fosforia (P), on suurten jätevesimäärien kyseessä ollen myös ravinteilla liikaava, lähinnä rehevöitymisenä näkyvä merkitys.

Pohjoisesta Etelä-Saimaalle virtaavan veden typen ja fosforin arvot vaihtelevat 400 - 530 µg/l N ja 6 - 15 µg/l P välillä. Jäteveden vaikutusalueella ravinteiden pitoisuudet vaihtelivat kesällä 1984 seuraavasti (Kymen vesipiirin vesitoimiston tutkimustuloksia 1984):

		Päällysvesi µg/l		Alusvesi µg/l	
		N	P	N	P
Haukiselkä	as. 17	460 - 660	22 - 37	440 - 500	15 - 32
Suur-Suomensalo	as. 30	500 - 530	15 - 24	550 - 740	7 - 22
Päihänniemi	as. 19	430 - 470	8 - 22	450 - 540	7 - 15
Ilkonsaaret	as. 20	440 - 460	5 - 11	450 - 490	5 - 8
Ilkonselkä	as. 21	410 - 480	6 - 8	470 - 500	6 - 8
Mäntyselkä	as. 25	440 - 490	5 - 15	480 - 510	6 - 8
Kaidanselkä	as. 26	460 - 530	5 - 15	490 - 570	5 - 9
Tiurunieniemi	as. 41	500 - 600	9 - 10	450 - 480	8 - 11

Joutseno-Pulp Oy:n edustalla noin 2 km purkuputken suulta, jäteveden selvän vaikutuksen alueella, typen arvo vaihteli 420 - 810 µg/l N ja fosforin arvo 9 - 37 µg/l P välillä.

Kokonaisuudessaan typen ja fosforin pitoisuudet eivät vaihtele paljoa. Forsberg & Rydingin (1980) mukaan vain kaikkein likaisimmat edellä luetelluista tutkimuskohteista kuuluu eutrofiseen eli rehevään luokkaan. Tällöin tulisi typen arvon olla 400 - 600 ja fosforin 15 - 25 µg/l. Rehevän veden kasvatapahtumiin riittää typpi, mutta fosfori muodostaa rajoittavan tekijän, sitä on riittävästi vain asemilla 17, 30 ja 19. Kesäkauden rehevyystasoa osoittaa myös veden klorofyllipitoisuus. Kesällä 1984 arvot vaihtelivat puhtaan (as. 22) veden aseman tasosta 2,6 - 4,2 mg/m³ Joutsenon edustan tasoon 3 - 13 mg/m³. Reheväksi luettavien alueiden klorofyllipitoisuuden tulisi olla keskimäärin yli 7 mg/m³.

Metsäteollisuuden jätevesien vaikutuksen alaisista vesistöalueista antavat ravinteet ja klorofylli vain kuvan siitä vyöhykkeestä, jolla jätevesien tuomat ravinneliset tulevat planktonkasvun käyttöön. Jätevesien muut ominaisuudet, kuten myrkyvaikutukset, kemiallinen hapenkulutus, vesistön väriarvon nosto, kiintoainevaikutukset ja haju vaikuttavat kaikki omalla voimakkuudellaan. Näiden yhteisvaikutuksesta muodostuu kokonaisvaikutusalue. Reuna-alueet ovat kaukana ja

niillä vaikutukset eivät useimmiten ole silmin nähtävissä. Kuitenkin veden aineosien suhteet ovat muuttuneet ja kasvi- ja eläinkunnan rakenteessa tapahtuu hiljaista muuttumista.

Tällaisiksi reuna-alueiksi Etelä-Saimalla voidaan lukea Kyläniemen eteläranta-alueen sekä Härskiän- ja Mietinsaaren ympäristöt.

Yhteenvedona Kyläniemen eteläpuolisesta Etelä-Saimaasta voidaan todeta kaksi vuodenaikaistilannetta. Ensiksi talvi, jolloin jätevesien vaikutus on suurimmillaan. Jätevedet vaikuttavat lähes kaikissa yli 15 m syvänteissä ja koko vesimassassa lähellä teollisuuslaitoksia. Veden tila vaihtelee tuolloin erittäin pilaantuneesta heikosti jäteveden vaikutuksenalaiseen. Toiseksi kesä, jolloin pohjois- ja suurimmaksi osaksi myös keskinen Etelä-Saimaa on puhdas. Jätevesien vaikutus näkyy etelärannikon läheisyydessä ja vain ajoittain etelätuulten vallitessa myös kauempana alueen keskiosissa. Kesällä jätevedet sekoittuvat ja kulkevat pintavedessä muodostamatta selviä jätevesivirtoja.

9.7 Vuoksen edusta

Etelä-Saimaan kaakkoinen osa ennen Vuoksea on suhteellisen matala, keskisyvyys n. 8 m (Saimaan vesiensuojeluyhdistys 1984). Kapeat salmet ja pienet selkäalueet tekevät päävirran alueen nopeasti virtaavaksi. Näiden tekijöiden mukaan alueen veden tila pysyy aivan Vuoksen suulle asti muuttumattomana. Alueen itäisimmässä kulmassa ovat Enso-Gutzeit Oy:n Tainionkosken ja Kaukopään metsäteollisuuslaitokset. Näiden jätevesien vaikutuksesta Vuoksensuun itäpuolinen alue on koko Saimaa-alueen likaisinta. Enso-Gutzeit Oy:n teollisuuslaitosten jätevesikuormitusta kuvaavat seuraavat arvot (1984):

		Tainionkoski		Kaukopää	
Jätevesimäärä	=	n. 112 000	m ³ /vrk	n. 238 700	m ³ /vrk
Kiintoainepitoisuus	=	n. 4,4	t/vrk	n. 23	t/vrk
Hapenkulutus (BOD)	=	n. 18,0	t O ₂ /vrk	n. 56	t O ₂ /vrk
Typeä	=	n. 250	kg/vrk	n. 845	kg/vrk
Fosforia	=	n. 29	kg/vrk	n. 120	kg/vrk
pH		2 - 8		3 - 11	

Teollisuuslaitokset ovat padonneet edustan alueen kahdella padolla. Jätevesien leviämisen pohjoiseen Ruokolahden suuntaan estää ns. Kaljaniemen patotie. Vuoksen suun itäreunalta Kalliosaareen johtaa pengeri, jonka eräänä tarkoituksena on estää jätevesien suora virtaus Vuokseen. Teollisuuden esittämien laskelmien mukaan jätevesien viipymä edellä mainittujen patojen ja Salonsaaren muodostamassa altaassa on noin 100 vuorokautta (ks. kartta). Pinnankorkeuden vaihteluiden ja vuodenajan mukaan alueella esiintyy oikovirtauksia, jotka lyhentävät viipymää.

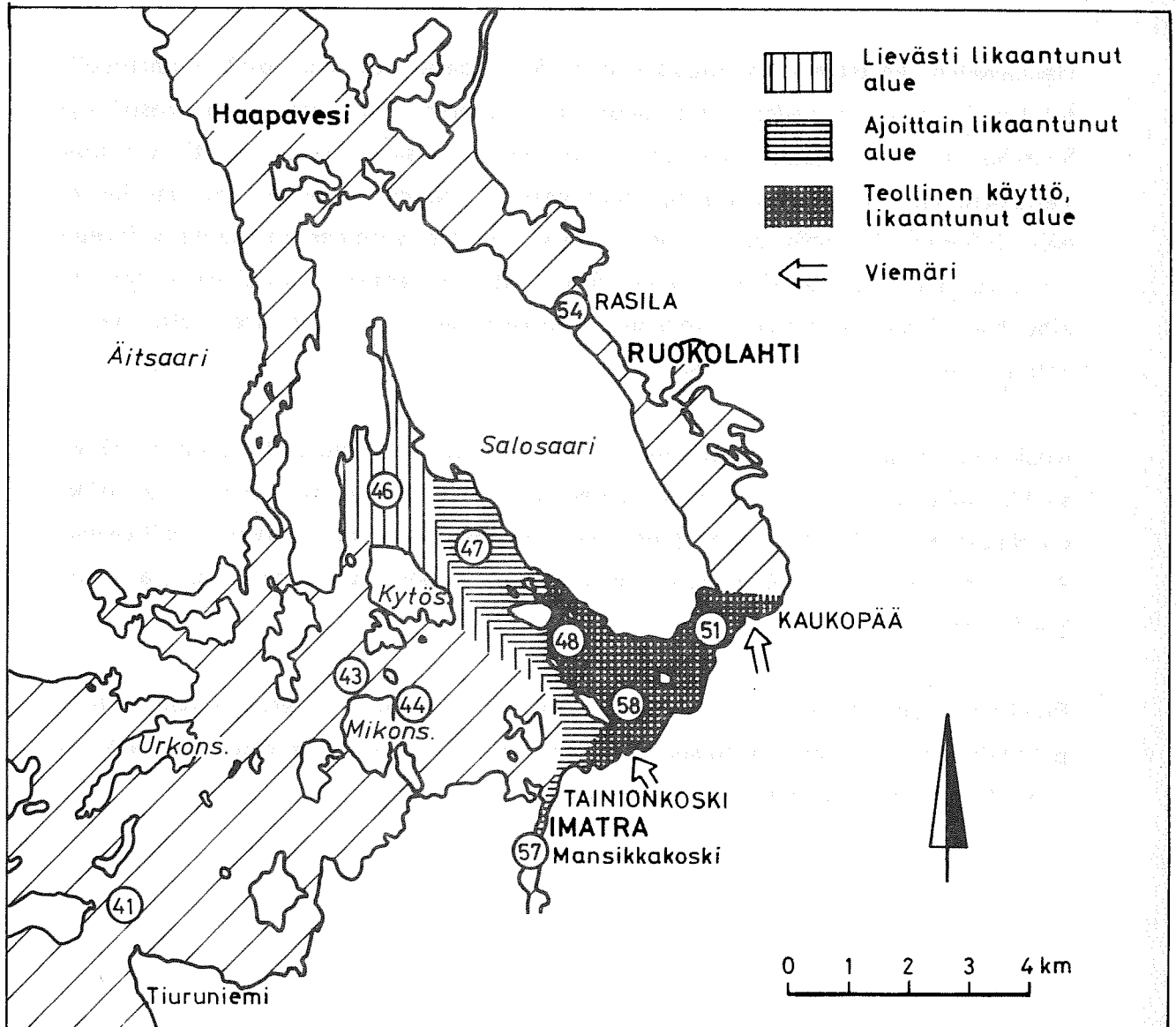
Teollisuuslaitosten edustan vesialuetta käytetään yksinomaan tukkien varastointiin ja laivaliikenteeseen. Alueella ei ole kalastuksellista arvoa. Vesialueen tilaa kuvaavat seuraavat, vuosien 1982 - 84 keskiarvotulokset:

As. 50	Happi kyll.%	Johtavuus mS/m	pH	Väri mg Pt/l	COD mg/lO ₂	Typpi µg/l	Fosfori µg/l
Päällysvesi	46	12,4	6,6	90	14,7	886	43
Alusvesi	40	10,6	6,6	72	14,3	836	34
Vaihtelu	0-88	6,5-22,6	6,2-6,9	25-200	6,8-30,1	509-1570	20-85

Luvut osoittavat veden laadun vaihtelevan runsaasti. Puhtaimmillaan ollessaan tutkimuskohteelle virtaa Suur-Saimaan vettä ja likaisimmillaan ollessaan alueella on lähes yksinomaan jätevetttä.

Teollisuuslaitosten edustan allas syöttää Vuokseen tulevaan virtaan jätevedet. Niiden aiheuttamia muutoksia voidaan arvioida vertaamalla Tiuruniemen (as. 41) veden laatua Vuoksen Mansikkakosken (as. 57) veden laatuun. Velvoitetarkkailu- tutkimusten 1982 - 84 talvi- ja kesätulosten keskiarvot olivat seuraavat:

	Happi mg	Johta- vuus %	Johta- vuus mS/m	pH	Väri mgPt/l	COD mg/l	Typpi µg/l	Fosfori µg/l	Natrium mg/l
As. 41 talvi	13,1	92	5,3	6,8	33	7,0	499	9	2,8
Tiuru- niemi kesä	9,3	99	5,7	7,1	40	7,8	464	13	3,5
As. 57 talvi	12,5	87	6,2	6,9	41	8,5	495	12	4,0
Vuoksi kesä	8,9	91	6,0	6,9	42	7,9	480	13	3,9



Kuva 7. Vuoksen sualueen tutkimusasemat, jätevesien purkukohdat ja jätevesien vaikutusalue

Enso-Gutzeit Oy:n vaikutus näkyy Vuoksessa lähes kaikissa tutkituissa analyyseissä. Muutokset eivät ole kovin suuria. Ravinteiden, typen ja fosforin sekä pH:n muutokset ovat merkityksettömiä, erittäin pieniä. Jätevesien merkitys veden tilan muuttajana lienee pääosaltaan tutkituissa analyyseissä näkymättömien kemiallisten aineiden haittavaikutuksena, suvantopaikkojen hapen kulutuksena ja ajoittaisena kuori- ja kuituhaittoina.

9.8 Haapavesi

Haapaveden vesistöalueen muodostavat Salonsaaren eteläkärjestä mantereelle tehdyn Kaljaniemen padon pohjoispuoliset vesialueet. Pohjoisosasta on vesiyhteys Suur-Saimaaseen lähelle Kyläniemeä. Alueeseen laskee kolme pientä vesistöä: Lanajoen, Virtutjoen sekä Käringinjoen vesistöt. Näiden yhteinen valuma-alue on noin 200 km². Vesistöt ovat luonnontilaisia, niiden yhteinen virtaama vaihtelee suuresti, noin 0,5 - 5 m³/s. Haapaveden kautta tapahtuvan hiljaisen virtauksen aiheuttaa Enso-Gutzeit Oy:n vedenotto Kaljaniemen padon pohjoispuolelta. Vedenotto on keskimäärin n. 2,3 m³/s.

Ruokolahden jätevesien johtaminen Enso-Gutzeit Oy:n edustalle puhdisti siihen saakka vakavasti rehevöityneen syvännealueen. Tämän 31 m syvyisen altaan lisäksi on Haapaveden altaassa useita pieniä syvännealueita. Näiden syvyydet vaihtelevat 25 - 27 m välillä. Suur-Saimaalle vievä väylä on noin 10 km pitkä ja vain noin 2 - 5 m syvä.

Puhdistumisen jälkeen Haapavettä on tutkittu harvoin. Sen vettä voidaan kuvata puhtaaksi, hieman humuspitoiseksi. Alueella elää mm. oma muikkukanta, joka on osoituksena veden laadullisesta tasosta.

KIRJALLISUUS

- Alhonen, P., 1971b. Kerrostumisnopeudesta Etelä-Saimaan jätevesialueella. *Vesitalous* 12: 3, 24-28.
- Dillon, P.J. 1975. The phosphorus budget of Cameron Lake, Ontario: The importance of flushing rate to the degree eutrophy of lakes. *Limnol. Oceanogr.* 20: 28-39.
- Etelä-Saimaan jätevesikomitean mietintö, 1970. Komiteamietintö B 85. Helsinki, 124 pp.
- Falck, P., 1969. Kalaston koostumus eräillä Vuoksen vesistön likaantuneilla ja puhtailla alueilla vuosina 1966-1967. Saimaan vesiensuojeluyhdistyksen tiedonantoja 13, 1-40.
- Forsberg, C. & Ryding, S.-O. 1980. Eutrophication parameters and tropic state indicates in 30 wastereceiving Swedish lakes. *Arch. Hydrobiol.* 89: 189-207.
- Frisk, T. 1981. Haukiveden fosforitase. Vesihallitus, vesiensuojelutoimisto. Moniste. 29 pp.
- Granberg, K. 1984. Pyhäselän - Oriveden kasviplanktontutkimus vuosina 1980, 1981 ja 1982. Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus. Jyväskylä. Moniste. 9 p.
- Hakkari, L. ja Lappalainen, K.M. 1981. Lausunto A. Ahlström Osakeyhtiön Varkauden tehtaiden ja Varkauden kaupungin jätevesien purkuvesistöä koskevista kalavahinkoarvioista. Moniste. 18 pp.
- Heinonen, P., 1966. Selvitys vesistön veden laadusta. Alue I: Kyläniemen eteläpuolinen Saimaa ja Vuoksi. Saimaan vesiensuojeluyhdistyksen tiedonantoja 1, 1-58.

- Heinonen, P., 1968. Vesistöjen tila ja jätevesikuormitukset sekä siinä tapahtuneista muutoksista v. 1966. Saimaan vesiensuojeluyhdistyksen tiedonantoja 7, 1-35.
- Heinonen, P., 1970. Vesistöjen tila sekä niissä tapahtuneet muutokset vv. 1967-1969. Saimaan vesiensuojeluyhdistyksen tiedonantoja 18, 1-50.
- Heinonen, P., 1972. Jätevesien vaikutus järvien rehevöittäjänä. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 5, 87 s.
- Heinonen, P., 1973. Jätevesien talvisesta kulkeutumisesta vastaavirtaan. Limnologisymposion 1970.
- Heinonen, P., 1974. Vesiensuojelun ja vesitutkimuksen perusteista. Helsinki.
- Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 37. Helsinki. 91 p.
- Heinonen, P. 1982. On the annual variation of phytoplankton biomass in Finnish inland waters. Hydrobiologia 86: 29-31.
- Heinonen, P. 1983. Water quality - based classification of watercourses for different modes of utilization. Nordforsk. Miljövärdsserie. Publ. 1983. 1: 89-105.
- Heinonen, P., Alhonen, P. & Kettunen, I., 1971. Jäteveden talvisesta kerrostumisesta hitaasti virtaavissa järvioltaissa. Vesitalous 3, 42-44.
- Heinonen, P., Kettunen, I. ja Kivinen, I., 1975. Saimaan tilan kehittymisestä vuosina 1962-72. Vesihallituksen tiedotus nro 89.

- von Hertzen, A., 1938. Vattenproblemet vid Kaukas Fabriker i Lauritsala. Svenska Tekniska Vetenskapsakademien i Finland. Meddelande 11, 38 pp.
- Holopainen, A.-L. 1984. Pielisjoen ja Pyhäselän pohjoisosan velvoitetarkkailu 1983. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitos, vesilaboratorio. 45 p.
- Holopainen, A.-L. & Turunen, T. 1985. Puhoksen syväväylätyön vaikutusalueen veden laatu-, havas- ja sedimentaatio- kokeet vuonna 1984. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitos. (Painossa).
- Insinööritoimisto Oy Väylä. 1983. Puhoksen väylätyöt, vesistö- tutkimus. Vesistötutkimukset ennen ruoppaustyön aloit- tamista v. 1982-83. Yhteenvetoraportti. Vantaa. Moniste. 12 p.
- Insinööritoimisto Oy Väylä. 1984. Kivisalmen väylän parantaminen. Tutkimus hankkeen vesistövaikutuksista v. 1979-84. Loppuraportti. Vantaa. Moniste. 22 p.
- Jumppanen, K. 1973. Savonlinnan jätevesien vaikutukset Pihlaja- veden tilaan ja laatuun. Lausunto vesioikeuskäsittelyä varten. Moniste, 27 s.
- Jumppanen, K. 1976. Effects of waste waters on a lake ecosystem. Ann. Zool. Fennici 13: 85-138.
- Jäppinen, H., 1965. Havaintoja Kaukaan sulfaattiselluloosa- tehtaan jäteveden toksisuudesta eräille vesieläimille. Laudaturtyö, Helsingin yliopiston limnologian laitos, 100 pp.
- Järnefelt, H., 1956. Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands XVI. Ann. Zool. Soc. "Vanamo" 17: 1, 201 pp.
- Järnefelt, H., 1961. Die Einwirkung der Sulfitablaugen auf das Planktonbild. Ver. int. Verein. theor. angew.

Limnol. 14, 1057-1062.

- Kaijomaa, V.-M. & Turunen, T. 1984a. Puhoksen syväväylätyön vaikutusalueen veden laatu-, havas- ja sedimentaatio-kokeet vuonna 1983. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitos. Joensuu. 38 p.
- Kaijomaa, V.-M. Turunen, T. 1984b. Puhoksen syväväylätyön seuranta. Kalataloudellinen ja biologinen vuosiraportti 1983. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitos. Joensuu. 19 p.
- Kaijomaa, V.-M., Kokko, H., Mäkinen, K. & Kokko, T. 1984. Pohjois-Karjalan läänin alueellinen kalataloussuunnittelu Osa II. Saalisvarat. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja nro 65. Joensuu. 63 p.
- Kalataloussäätiö, 1956. Kaukaan tutkimus. Moniste 104 + 87 pp.
- Kauppi, L. 1984. Contribution of agricultural loading to the deterioration of surface waters. (Tiivistelmä: Maatalous vesistöjen tilan muuttajana Suomessa). Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 57: 24-30. Helsinki.
- Kettunen, I., 1971. Etelä-Saimaan vedenlaatu kevättalvella 1970. Ympäristö ja Terveys. 1971: 2-3.
- Kettunen, I., 1973. Vesientilasta Kymen läänissä 1973. Vesiyhdistys ry:n ja Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry:n vesipäivämuistio. ss. 36-38.
- Kettunen, I., 1974. The condition of Lake-Saimaa. Information Bulletin. Nr. 21. EFPW: 80-84.
- Kettunen, I., 1978. Virtausmittaus Saimaalla (julkaisematon).
- Kettunen, I., 1979. Horizontal differences in water quality in an area of Lake Saimaa polluted by waste waters. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 34, ss. 47-51.

- Kettunen, I., 1984. A Study of the periphyton Lake Saimaa, polluted by waste waters of the pulp industry. Publication of Michigan State University. ss. 331-335.
- Kettunen, I., 1984. Näin Saimaa likaantuu. Saimaan Luonto 2/84 ss. 28-29.
- Kettunen, I. ja Heinonen, P., 1975. Perustuotannon vaihteluista Etelä-Saimaan likaantuneilla vesialueilla. Ympäristö ja Terveys. 1975: 7.
- Kinnunen, K., 1978. Tracing Water Movement by Means of Escherichia Coli Bakteriophages. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja nro 25.
- Kokko, H. 1983a. Suunnitteilla olevan Puhoksen syväväylän vaikutusalueen veden laatu, havas- ja sedimentaatiokokeet vuonna 1982. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitos. Joensuu. 32 p.
- Kokko, H. 1983b. Puhoksen syväväylän seuranta. Saimaan tutkimus. II Itä-Suomen tiedepäivät 17-18.3.1983. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Lappeenranta. Seminaari-raportti: 78-93.
- Kolehmainen, S. 1983. Suunnitteilla olevan Puhoksen syväväylän vaikutusalueen levästä vuonna 1982. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitos. Joensuu. 29 p.
- Koskinen, R. 1980. Kasvuturpeen käytön lisääminen Mikkelin läänissä. Itä-Suomen Instituutin julkaisusarja B 36:8-9.
- Kyröläinen, H. 1978. Ravinteiden vaihto sedimenttien ja veden välillä Mikkelin vaikutuspiirissä olevalla Saimaalla. Vesihallituksen tiedotus 139. 132 s.
- Laaksonen, R., 1964. Vuoksen vesistön tutkimus 11.3.-5.4.1963. Maataloushallitus, Vesiensuojelutoimiston tiedonantoja 8, 1-11.

- Laaksonen, R., 1969. Vesistöjen veden laadusta vesiensuojelun valvontaviranomaisen vuosina 1962-1968 tekemien eräiden tarkkailututkimusten valossa. I osa. Maataloushallitus, Vesiensuojelutoimiston tiedonantoja 47, 551 pp.
- Laaksonen, R., 1970. Vesistöjen veden laatu. Vesiensuojelun valvontaviranomaisen vuosina 1962-1968 suorittamaan tarkkailuun perustuva tutkimus. Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia 17, 1-132.
- Laaksonen, R., 1972. Järvisyvänteet vesiviranomaisen 1965-1970 maaliskuussa tekemien havaintojen valossa. Vesihallituksen vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 4, 1-80.
- Laaksonen, R. ja Malin, V. 1980. Vesistöjen veden laadun muutoksista vuosina 1962-1977. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 36: 26 pp + 12 liitt.
- Laaksonen, R. & Malin, V. 1982. Veden laadun muuttumisesta järvissä vuosina 1965-82. Vesihallituksen monistesarja 1982; 138. Helsinki. 60 p.
- Laaksonen, R., ja Wartiovaara, J., 1973. Vesistöjen veden laadun muutoksista 1960-luvulla. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja nro 6.
- Lehmusluoto, P. & Heinonen, P., 1970. Eräiden jätevesien vaikutus Saimaan perustuotantoon. Vesi, 4. 1-8.
- Leino, J. 1980. Rantasalmen turvevarat ja niiden käyttökelpoisuus. Geologinen tutkimuslaitos, maaperäosasto, raportti P 13,6/82/106. 145 pp.
- Lepistö, L., Kokkonen, P. & Puumala, R. 1979. Kasviplanktonin määristä ja koostumuksesta Vuoksen, Kymijoen ja Kokemäenjoen vesistöalueilla kesällä 1971. Vesihallituksen tiedotus 172. Helsinki. 250 p.

- Lähteenmäki, M. 1969. Mikkelin alapuolisen Saimaan osan, Mikkeli-Louhivesi, kalastus selvitys koekalastusten valossa. Kalatalousteknikkotyö, Suomen Kalastusyhdistys, 44 s.
- Lähteenmäki, R. 1977. Selvitys kalastosta ja kalastuksesta Saimaan osalta Mikkelin kaupunki-Louhiveden pohjoisosa. Mikkelin kaupungin ja maalaiskunnan jätevesikatselmukseen liittyvä selvitys. Moniste, 28 s.
- Maa ja Vesi Oy 1984. Outokumpu Oy:n Vuonoksen kaivoksen velvoite-tarkkailun vuosiyhteenveto 1983. Helsinki. Moniste. 21 p.
- Mankki, J. 1980. Haukiveden biologinen perusselvitys. Savon vesiensuojeluyhdistys. No B 1741.6. 12 pp.
- Manninen, P. 1982. Kalankasvatuksen vesistövaikutuksista. Verkkoallastutkimus. Vesihallituksen tiedotus 221, 79 s.
- Miettinen, V. & Verta, M. 1984. Kloorattujen hiilivetyjen ja raskasmetallien pitoisuuksista kaloissa v. 1978-79, alustava raportti. Vesihallituksen monistesarja 1984: 227. Helsinki. 49 p.
- Mikkonen, V. 1981. Katselmuskirja täydentävässä katselmustoimittuksessa; Varkauden kaupungin ja Varkauden Seudun Osuusmeijerin sekä A. Ahlström Oy:n Varkauden tuotantolaitosten jätevesien vesistöön johtaminen. Kuopion vesipiirin vesitoimisto. 34 pp + 8 liitt.
- Mäkinen, K. 1964. Lausunto Koitajoen, Pielisjoen ja Pyhäselän-Oriveden kalastusoloista ennen vuotta 1964. Suomen Kalastusyhdistys 1.2.1964. Moniste. 24 p.
- Mölsä, H. 1974. Pohjaeläimistö Lappeenrannan edustalla ja Mikkelin eteläpuolisella Saimaalla. Ympäristö ja Terveys 7: 645-658.

- Nissinen, T. 1972. Mätitiheys ja mädin eloonjääminen muikun (*Coregonus albula* L) kutupaikoilla Puruvedessä ja Oulujärvessä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 1. 114 s.
- Nyman, T., 1970. Sellujätevesien vaikutuksista järvi-resipientin kasviplanktonkoostumukseen ja -määrään. Laudaturtyö, Helsingin yliopiston limnologian laitos, 173 pp.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OECD, Paris. 152 p.
- Pajula, H. & Matinvesi, J. 1984. Puiden pudotustoiminnan aiheuttama välitön vesistökuormitus. Esimerkkialueina Pajulahden ja Akonpohjan pudotuspaikat. Vesihallituksen monistesarja 1984: 267. Helsinki. 45 p.
- Pohjois-Karjalan Uittoyhdistys 1984. Toimintakertomus v. 1983. Joensuu.
- Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimisto 1983. Teollisuuden vesitilasto vuodelta 1982.
- Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimisto 1984. Teollisuuden vesitilasto vuodelta 1983.
- Reijonen, M. 1983. Puhoksen syväväylätyön seuranta. Pohjaeläimistö, taustatutkimus. Joensuu 31.5.1983. 4 p.
- Ronkainen, J. 1982. Oy Noresin Ab:n jätevesien myrkyllisyystestitutkimus vuonna 1982. Savon vesiensuojeluyhdistys ry. Kuopio 1.12.1982. Moniste. 7 p.
- Ronkainen, J. 1983. Oy Noresin Ab:n jätevesien myrkyllisyystestitutkimus vuonna 1983. Savon vesiensuojeluyhdistys ry. Kuopio 14.12.1983. Moniste. 7 p.

- Ronkainen, J. & Kosonen, L. 1984. Kiteen Puhoslahden pohjaeläintutkimus 1984. Savon vesiensuojeluyhdistys ry. Kuopio 21.12.1984. Moniste 4 p.
- Sauvonsaari, J., 1973. Etelä-Saimaan kalatalousselvitys. Moniste.
- Savolainen, T. 1984. Puutavaran vesivarastoinnin vaikutus vesistöön. Vesihallituksen monistesarja 279. 65 pp, 20 liitetaul.
- Seuna, P. 1971. Suomen vesistöalueet. Ehdotus vesistöalueiden yleisjaoksi ja vesistötunnukseksi. Vesihallituksen tiedotuksia nro 10. 53 pp.
- Simola, H. 1982. Puhoksen syväväylätyön seuranta. Sedimenttinäytteet, ensimmäinen näytekierrös. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitos. Joensuu 9.12.1982. Moniste 4 p.
- Siirala, M., 1972. Saimaan vesistön käyttö. Diplomityö.
- Stenbäck, L., 1973. Vehkataipaleen pumppaamo. Lappeenrannan vesipäivä 1973. Ympäristö ja Terveys 7-8: 53-55.
- Tirkkonen, K. 1978. Etelä-Savon maaperä- ja tilussuhteet maataloustuotannon kannalta. Itä-Suomen Instituutin julkaisusarja B 26. 133 pp.
- Tirronen, E., 1963. Sulfiittiselluloosateollisuuden jätevesien vaikutuksista vastaanottavan vesistön planktonkoostumukseen. Laudaturtyö, Helsingin yliopiston limnologian laitos, 165 pp.
- Uusimäki, M., 1968. Katsaus Etelä-Karjalan kalatalouteen. Suomen Kalastuslehti 75: 7, 184-187.
- Vaajakorpi, H. ja Kärmeniemi, T. 1977. A. Ahlström Oy, Varkauden kaupunki; Jätevesien vaikutusalueen kalataloudelliset tutkimukset. Oy Vesi-Hydro Ab. 105 pp.

- Wahlgren, A. 1977. Veden laatu kahdessa jäteveden purkuvesistössä Mikkelin läänissä. Diplomityö. Helsingin teknillinen korkeakoulu.
- Vesihallitus 1976. Vesiensuojelun periaatteiden soveltamisesta. Vesihallituksen julkaisuja 16. Helsinki. 152 p.
- Vesihallitus 1979. Pohjois-Karjalan vesien käytön kokonaissuunnitelma. Vesihallituksen julkaisuja 27. Helsinki. 168 p.
- Vesihallitus 1983. Vesistöjen tila 1980-luvun alussa. Vesiensuojelun tavoiteohjelmanprojektin osaraportti nro 7. Vesihallituksen monistesarja 1983: 194. 24 p.
- Vesihallitus 1984a. Vesihuoltolaitokset 31.12.1982. Vesihallituksen tiedotus 240. Helsinki. 221 p.
- Vesihallitus 1984b. Vesihuoltolaitokset 31.12.1983. Vesihallituksen tiedotus 249. Helsinki. 235 p.
- Vesitekniikka Oy, 1964. Selvitys Mikkelin kaupungin alapuolisen vesistön tilasta vuosina 1963-1964 suoritetujen tutkimusten perusteella. Moniste, 105 s.
- Wigren, G., 1963. Etelä-Saimaan vesialueesta ja siinä todetuista muutoksista. Suomen Kalastuslehti 70: 10, 274-285.
- Viljanen, M. 1981. Pielisjoen alaosan ja Pyhäselän pohjoisosan kuormituksesta ja veden laadun muutoksista vuosina 1970-1981 velvoitetarkkailun ja vesiviranomaisen havaintojen valossa. Tutkimusraportti 30.11.1981. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitos. Joensuu. 48 p.
- Viljanen, M., Kaijomaa, V.-M. & Turunen, T. 1983. Puhoksen syväväylätyön seuranta. Siian ja muikun mädin esiintyminen ja huuhtoutuminen sekä sedimentaatio Sampaanselän ja Puhosselän alueella talvella 1983. Taustatutkimus. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitos. Joensuu 31.5.1983. 13 p.

Viljanen, M., Kokko, H. & Kaijomaa, V.-M. 1982. Pyhäselän kalatalous, kalasto v. 1975-1981 ja niihin vaikuttaneet tekijät. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja nro 48. Joensuu. 136 p.

Viljanen, M. & Turunen, T. 1985. Pyhäselän ja Pielisjoen suualueen kalakantojen ja kalastuksen tarkkailu. Vuosiraportti 1983-84. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen monisteita. Nro 1/1985. Joensuu. 44 p.

Vääriskoski, E., 1971. Avustavan virkamiehen lausunto Etelä-Saimaan jätevesikatselmukseen.