Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Moniste 1/1997

Helsingin ympäristökeskuksen tekemät tutkimukset Pietarhovin palatsialueen vesijärjestelmästä vuosina 1995 - 1996

Pekka Kansanen, Tapio Norha ja Lauri Pesonen
Helsinki 1997

Helsingin kaupunki
Ympäristökeskus

10.12.1996

Pekka Kansanen, Tapio Norha, Lauri Pesonen

HELSINGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN TEKEMÄT TUTKIMUKSET PIETARHOVIN PALATSIALUEEN VESIJÄRJESTELMÄSTÄ VUOSINA 1995-1996

HELSINGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN TEKEMÄT TUTKIMUKSET PIETARHOVIN PALATSIALUEEN VESIJÄRJESTELMÄSTÄ VUOSINA 1995-1996

1. JÄRJESTELMÄN KUVAUS

2. VESISTÖN TILA AIKAISEMPINA VUOSINA

3. SUOMALAISTEN TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Veden laatu
3.1.1 Näytteenotto
3.1.2 Havaintopaikat
3.1.3 Analyysimenetelmät
3.1.4 Veden laatu elokuun 1995 ja toukokuun 1996 näytteiden perusteella
3.1.5 Mikrobiologiset näytteet

3.2 Pohjasedimentit
3.2.1 Analyysimenetelmät
3.2.2 Sedimenttinäytteiden kuvaus ja analyysitulokset

4 LAMPIEN VESIKASVILLISUUS

5. YHTEENVETO

KIRJALLISUUS

LIITTEET

1 JÄRJESTELMÄN KUVAUS

Pietari Suuren rakennuttaman Pietarhovin museoalueen monien suihkulähteiden ja erilaisten vesiputousten järjestelmä sekä Pietarhovin kaupunki saavat vetensä Shinkarka-joesta, Levalovskajan joesta ja Svjatoin purosta. Joet alkavat useista suurista karstimurtumiin muodostuneista lähteistä, jotka sijaitsevat Ordovikskin ylätasangolla noin 25 kilometriä etelään Pietarhovista. Vesistön valuma-alue ja pohjavesien muodostumisalue sijaitsevat Hatshinan, Volosovskin , Lomonosovin ja Pietarhovin piireissä. Varsinainen pohjavesien muodostumisalue ulottuu kauemmas etelään aina Koskovon ja Kempolovin taajamiin saakka. Valuma-alueen pinta-ala on 98,7 km^3 (1).

Pietarhovin palatsialueen suihkulähteiden ja vesiputousten muodostamaan kokonaisuuteen kuuluu 16 lampea, 9 kanavaa ja 12 puroa tai pientä jokea. Lampien kokonaispinta-ala on 97 ha. Kaikkien kanavien yhteispituus on noin 56 kilometriä.

Suihkulähteet ovat käytössä vain kesäaikana, jolloin niiden vedenkulutus on noin 4 miljoonaa kuutiometriä. Jokivettä ei käytetä ainoastaan puiston vesiaiheisiin, vaan siitä valmistetaan talousvettä pietarhovilaisten tarpeisiin. Juomaveden kulutus on noin 11 miljonaa kuutiometriä vuodessa.

2 VESISTÖN TILA AIKAISEMPINA VUOSINA

Vesistön yläjuoksu ja pohjavesien muodostumisalue ovat kalkkiperäistä karstialuetta. Huokoista kallioperää peittää vain ohut humuskerros, joka ei pidätä sade- ja valumavesien mukana huuhtoutuvia epäpuhtauksia. Tällöin mm pelloille levitetyt lannoitteet ja suojeluaineet pääsevät herkästi pilaamaan alueen pohjavesivarastot.

Vesistön saastuminen on johtunut pääosin pohjavesien muodostumisalueelle ja jokien valuma-alueelle hallitsemattomasti sijoittuneesta maataloudesta, erityisesti suursikaloista ja -navetoista. Tilojen lannantuotto on arvioitu 70 000 tonniksi. Lisäksi maatalousmailla on käytetty orgaanisia lannoitteita n. 300 000 tonnia ja keinolannoitteita n. 5000 tonnia vuodessa. Kasvitautien, rikkaruohojen ja tuhohyönteisten torjuntaan on aiemmin käytetty runsaasti torjunta-aineita, joiden jäämiä on voitu analysoida jokivesistä. Alueella ei ole määrätty mitään suojavyöhykkeitä ja normeja on rikottu muun muassa lannan säilyttämisessä, maan kyntämisessä ja karjan laidunnuksessa. Myös viemäröimätön haja-asutus on tuottanut hygienisiä ongelmia.

Vesistön rehevöitymistä on suuren hajakuormituksen lisäksi ylläpitänyt lampien pohjalietteen aiheuttama sisäinen kuormitus. Lampiin ja kanaviin on kerrostunut orgaanisesta kuormasta aiheutuvaa ravinteikasta sedimenttiä, joka toimii vesikasvien ravinnelähteenä edistäen vesistön umpeenkasvua.

Veden hygieenisestä saastumisesta on ollut terveydellistä haittaa väestölle,muun muassa siksi, että juomaveden valmistuksessa veden klooraus on ollut erittäin voima-

kasta. Myös taloudelliset menetykset ovat olleet suuria suihkulähteiden marmoroinnin ja kultauksen pilaantumisen vuoksi. Veden kukkiminen ja haju aiheuttavat lisäksi esteettistä haittaa, mikä on vähentänyt turistien mielenkiintoa palatsialuetta kohtaan.

Pietarhovin kaupungin alueelta joutuu vieläkin vesistöön likaisia sade- ja sulamisvesistä.

Näitä asioita on käsitelty yksityiskohtaisesti INVEKO-projektissa no 760210 (2).

3 SUOMALAISTEN TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Veden laatu

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen toimesta käytiin ensimmäisen kerran tutustumassa Pietarhovin vesijärjestelmään ja sen valuma-alueeseen kesäkuussa 1995. Käynnin perusteella laadittiin yhteinen tutkimussuunnitelma. Koska aikaisemmat selvitykset ja kokemukset viittasivat siihen, että järjestelmän vesi oli likaantunutta ennen kaikkea pohjavesien muodostumisalueella, veden laadun näytepisteet sijoitettiin pääosin kokoomajärjestelmän latvaosien maatalousvyöhykkeelle (varsinkin sen eteläosiin joen lähteille) ja vain vähäisemmässä määrässä väli- ja kaupunkivyöhykkeelle. Venäläisten toimesta on järjestelmän veden laatua aikaisemmin tutkittu perusteellisesti ja tutkimukset antoivat aiheen olettaa, että veden laatu oli merkittävästi huonontunut ennen kaikkea alueella harjoitetun voimaperäisen maatalouden vuoksi. Myöhemmin aktiviteetti on yhteiskunnallisten muutosten vuoksi oleellisesti vähentynyt alueella. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää järjestelmän nykytila, tuoda esille menetelmiä ja perusteita, joita Suomessa käytetään arvokkaiden vesialueiden suojelemiseksi sekä verrata venäläisillä ja suomalaisilla tutkimusmenetelmillä saatavia tuloksia. Tästä syystä näytteitä otettiin (lähes) samanaikaisesti kummankin osapuolen toimesta. Venäläinen osapuoli on lisäksi tutkinut vesistön veden laatua myös muina ajankohtina.

3.1.1 Näytteenotto

Helsingin ympäristökeskuksen edustajat kävivät alueella ottamassa ensimmäiset vesinäytteet 29.8.1995. Toinen näytteenottokerta oli 22.5.1996, jolloin näytteiden analysoinnissa keskityttiin kasvinravinteisiin ja elohopeaan. Pietarilainen osapuoli otti vertailunäytteet 29.8.1995 ja 11.-18.9.1995.

Näytteet otettiin pääasiassa suoraan pestyihin ja tislatulla vedellä huuhdeltuihin näytepulloihin. Vain parissa kohdassa jouduttiin käyttämään näytteenotinta. Kukin näytetyyppi otettiin omiin esikäsiteltyihin astioihin. Kuljetuksen helpottamiseksi jouduttiin tyytymään pienimpään mahdolliseen näytemäärään, mistä syystä mm. rinnakkaismäärityksiä ei voitu tehdä. Lämpötila ja pH mitattiin kentällä. Hygieenistä analyysiä varten näytteet otettiin vasta lähtöpäivänä.

Näytteet säilytettiin Pietarhovissa jääkaapissa mikrobiologisia näytteitä lukuunotta-

matta. Ne kuljettiin viileinä kylmälaukuissa Helsinkiin, missä ne analysoitiin kahden vuorokauden sisällä näytteenotosta. Mikrobiologiset näytteet pantiin jääkaappiin näytteenottopäivän iltana ja analysoitiin näytteenottoa seuraavana päivänä.

3.1.2 Havaintopaikat

Näytteenottopisteet valittiin siten, että ne edustaisivat koko vesistöä ja antaisivat kuvan pohjavesilähteiden ja eri jokihaarojen kemiallisesta tilasta sekä Shinkarka-jokeen ja lampiin kohdistuvasta kuormituksesta. Näytepisteiden sijainti on esitetty kuvassa 1.

Näytepisteitä oli yhteensä 16, jotka oli sijoitettu kolmeen ryhmään:

A. Järjestelmän,alkulähteet karstialueella
Pidettiin mahdollisena, että pohjavesi on likaantunutta aikaisemman, nykyistä tehokkaamman maankäytön aikana. Tarkoituksena oli selvittää, joutuuko likaavia aineita edelleen pohjaveteen, mistä tutkittava vesistö saa alkunsa.

B. Kokoomajärjestelmän jokiuomat (läntinen ja itäinen).
Tarkoituksena oli selvittää, joutuuko kokoojajärjestelmään lisäkuormaa pintavalumana eri sivuhaarojen valuma-alueilta.

C. Järjestelmän pääkanava latvahaarojen alapuolella.
Tarkoituksena oli tutkia veden laatua pääuomassa (puiston haara).

D. Järjestelmän lammet

Läntinen haara		
Lähteet:	A1	Levalovskaja-joki
	A2	Svjatoi-puro
Joet:	B8	Novopetergofski-kanavan suu
Lammet:	D15	Brandovski-lampi
Itäinen haara		
Lähteet:	A5	Simonovski-puro
	A6	Gljadinskaja-joki
	A7	Havinski-puro/Gljadinka
Joet:	A3/4	Fabritšnaja-joki
	B11	Šinkarka-joki, ennen Novopetergofski-kanavan liittymää
Alaosa		
Joet	C12	Staropetergofski-kanava
	C13	Šinkarski-sulku
	C14	Suihkulähde (suihku)
Lammet	D16	Tšerkovni-lampi - Babigonski-lampi
	D17	Zapasni-lampi /talousveden ottopaikka
Troitski-puro	D18	Tšjorni-lampi

Elokuussa 1995 pH, sameus, kovuus, väriluku, kemiallinen hapenkulutus, kloridi, sulfaatti, typpi, fosfori, kalsium, magnesium, raskasmetallit, orgaaninen hiili ja halogenoitujen orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä analysoitiin kaikilta havaintopaikoilta. Kloorifenolit, haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja polyaromaattiset hiilivedyt määritettiin havaintopaikoilta B11, C13, D17 ja C14. Lämpökestoiset koliformiset bakteerit määritettiin havaintopaikoilta C13, D17, C14 ja D18. Toukokuussa 1996 määritettiin kaikilta havaintopaikoilta lukuun ottamatta näytepistettä C14 (suihkulähteet) sähkönjohtavuus, typpi, fosfori sekä elohopea.

3.1.3
Analyysimenetelmät

Tutkimuksessa käytetyt analyysimenetelmät on selostettu liitteessä 1.

3.1.4
Veden laatu elokuun 1995 ja toukokuun 1996 näytteiden perusteella

Helsingin ympäristökeskuksessa tehtyjen analyysien tulokset esitetty taulukoissa 1 ja 2. Lisäksi on tuloksia esitetty graafisesti kuvissa 2 -7.

Yhteenvetona tuloksista voidaan eri parametrien osalta todeta seuraavaa:

Lämpötila	Latvalähteet	6 - 9 °C
	Itäisen haaran suu	8 °C
	Läntisen haaran suu	12 °C
	Šinkarski-pato	12.5 °C
	Zapasni-lampi	18.2 °C
	Tsjorni-lampi	19.5 °C
pH	Lähteissä, jokihaaroissa ja pääkanavassa	7.2 - 8.7
	Zapasni-lampi	8.6 - 8.9
	Tsjorni-lampi	8.9 - 9.5

Järjestelmän vesien korkea pH johtuu pääasiassa korkeasta kalkkipitoisuudesta. Alaosan lampien pH:ta nostaa myös, varsinkin Tsjorni-lammen osalta, lampien kasvillisuus ja planktontuotanto.

Sameus

Elokuussa vedet olivat melko kirkkaita, sameus oli useimmissa näytteissä <1 FTU (0.17-1.9 FTU). Tsjorni-lammessa sameus oli kasviplanktonista johtuen korkeampi (37 FTU).

Kokonaiskovuus

Kokonaiskovuus oli noin 3 mmol/l.

Väriluku

Vesi oli melko väritöntä, valuma-alueen luonteesta johtuen siinä ei ole mainittavasti humusaineita. Väriluku oli yleensä noin 5 mg/l Pt (<5-10 mg/l Pt). Rehevässä Tsjorni-lammessa väriluku oli planktonin vuoksi korkeampi (150 mg/l Pt).

COD_{Mn} Veden sisältämän kemiallisesti hapettuvan orgaanisen aineen määrä oli melko alhainen (kemiallinen hapenkulutus 1-3 mg/l O_2). Tsjorni-lammessa kemiallinen hapenkulutus oli korkeampi (41 mg/l O_2).

Typpi Veden typpipitoisuus, varsinkin latva-alueilla, oli korkea. Typpi esiintyi lähes kokonaisuudessaan liukoisena (nitraattitypen, NO_3-N, osuus oli keskimäärin 90 %, Tsjorni-lammessa kuitenkin selvästi vähemmän). Vesistön typpipitoisuus aleni alajuoksua kohti. Keskimääräinen typpipitoisuus vesinäytteissä oli:

	Keskiarvo	Vaihteluväli	
Lähteet ja latvahaarat	4600 µg N/l	3600-6100	µg N/l
Itäisen haaran suu	4100 µg N/l		
Läntisen haaran suu	4300 µg N/l		
Šinkarski-sulku	3500 µg N/l		
Zapasni-lampi	2400 µg N/l		
Tsjorni-lampi	3500 µg N/l		

Nitriittitypen (NO_2-N) pitoisuus oli yleensä alhainen (lähteissä 0-8 µg N/l, lammissa 9-34 µg N/l (Tsjorni-lammessa kuitenkin 2 µg N/l). Myös ammoniumtypen (NH_4-N) pitoisuus oli Tsjorni-lampea lukuunottamatta yleensä <10 µg NH_4-N/l, lammissa jonkin verran korkeampi (Tsjorni-lampi 148 µg NH_4-N/l).

Epäorgaanisen typen keskinäisiin suhteisiin (ja osin pitoisuuksiinkin) on suhtauduttava jonkin verran varovasti pitkähkön säilytysajan (n. 2 vrk) vuoksi. Venäläisen osapuolen tekemät määritykset tukevat kuitenkin käsitystä korkeasta nitraattipitoisuudesta.

Fosfori Fosforipitoisuus oli alhainen kaikkialla muualla paitsi asumajätevesien likaamassa Tsjorni-lammessa. Kokonaisfosforipitoisuus Pietarhovin vesijärjestelmässä oli yleensä <10 µg P/l. Läntisessä latvahaarassa fosforipitoisuus oli jonkin verran korkeampi (12 - 39 µg P/l). Tsjorni-lammen fosforipitoisuus oli korkea (290 µg P/l).

Fosfori esiintyi lähteissä pääasiassa ortofosfaattina, pääkanavassa ja lammissa pääasiassa sitoutuneena. Eräät epäjohdonmukaisuudet fosforin kokonaispitoisuuden ja liukoisten fosfaattien pitoisuuden välillä saattavat viitata häiriötekijöihin määritysmenetelmässä. Pienten näytemäärien vuoksi tätä mahdollisuutta ei kuitenkaan voitu testata.

Kloridi Veden kloridipitoisuus oli Pietarhovin vesijärjestelmässä keskimäärin 12 mg Cl/l (10-16.2), Tsjorni-lammessa 33 mg Cl/l

Sulfaatti Keskimäärin 30 mg S/l (23-31)

Kalsium Keskimäärin 75 mg Ca/l, korkein latvalähteissä (87-110), matalin Zapasni-lammessa (47) ja Tsjorni-lammessa (31 mg Ca/l)

Magnesium Keskimäärin 35 mg Mg/l (Tsjorni-lammessa 13)

Rauta Keskimäärin 57 µg Fe/l (korkein läntisessä sivuhaarassa ja suihkulähteissä: 85-115 µg Fe/l), Tsjorni-lammessa 310 µg Fe/l.

Muut raskasmetallit

Kadmium Ei todettavissa (<0.05 µg Cd/l).

Kromi <1-3 µg Cr/l

Kupari Ei todettavissa (<5 µg Cu/l).

Elohopea <0.2-6.9 µg Hg/l. Korkeimmat pitoisuudet tavattiin 1. näytteenottokerralla (elokuussa 1995) yhdessä itäisen latvajoen sivuhaaran lähteessä ja saman sivuhaaran suulla, itäisen latvajoen länsihaarassa ja läntisen latvajoen suulla. Elohopeaa ei ollut todettavissa alemmissa lammissa (<0.2 µg Hg/l).

Lyijy Ei todettavissa (<2 µg Pb/l).

Sinkki Ei todettavissa (<20 µg Zn/l).

TOC Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus oli alhainen, 0.9 - 2.9 mg/l, poikkeuksena muita rehevämpi Tsjorni-lampi (130 mg/l)

AOX Orgaanisten halogenoitujen yhdisteiden pitoisuus oli alhainen , <5-9 µg/l, Tsjorni-lammessa kuitenkin 35 µg/l.

Hygieeninen laatu

Lämpökestoisia koliformisia bakteereita tavattiin elokuun 1995 näytteissä seuraavasti.

Sinkarski-sulku	51 kpl/100 ml
Zapasni-lampi	28
suihkulähde	89
Tsjorni-lampi	29

Tulosten mukaan hygieeninen laatu oli hyvä. Esim. Euroopan Unionin uimavesiluokituksen mukaan vesi, jonka E.coli -tiheys on alle 500 kpl/100 ml, on hyvää uimavettä. Tulosta tarkasteltaessa on syytä muistaa, että määritykset voitiin tehdä vasta näytteenottoa seuranneena päivänä.

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt

Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä syntyy epätäydellisen polttamisen seurauksena, mm. kreosoottiöljy sisältää niitä noin 40 %. PAH-pitoisuutta mitattiin elokuussa 1995 näytepisteistä B 8, B11, C13, C14 ja D17. Pitoisuus oli alhainen, Suomessa talousvedessä sallitaan kokonaispitoisuus, joka on alle 0.2 µg/l. Suurimmat yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet näytteissä olivat:

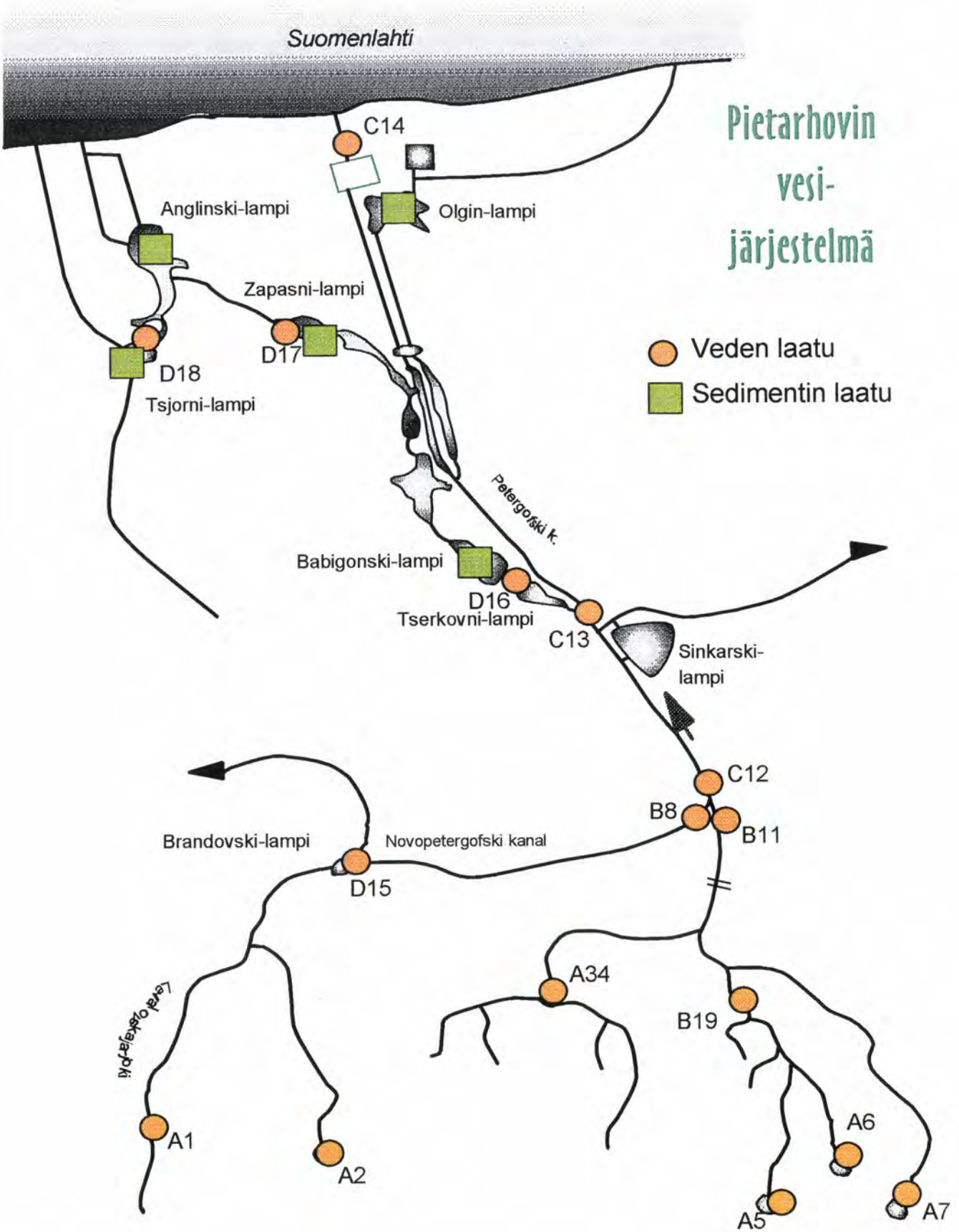
C14 (suihkulähde)	phenanthreeni	15.5 ng/l
	fluorantheeni	10.1 ng/l
D17 (Tsjorni-lampi)	pyreeni	12.0 ng/l

VOC Haihtuvat orgaaniset hiilivedyt (orgaanisia liuotinaineita) määritettiin samoista näytepisteistä kuin PAH. Näytteissä ei tavattu haihtuvia orgaanisia hiilivetyjä (määritysraja 1 µg/l).

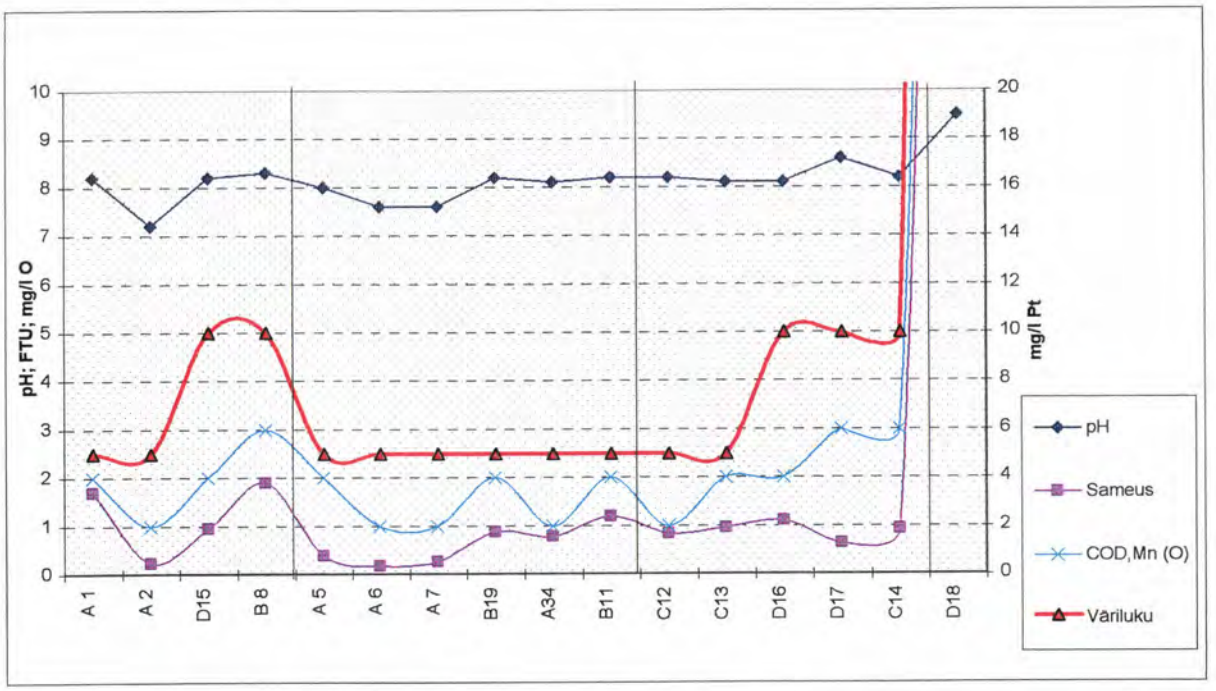
Talousveden raakavesilähteenä olevan Zapasni-lammen veden laatu oli tässä tutkimuksessa käytettyjen parametrien mukaan nykytilassaan melko hyvä. Vaikka nitraattipitoisuus oli korkea, se oli alempi kuin vesistön muissa osissa. Orgaanisen hiilen pitoisuus oli hiukan suurempi kuin muissa näytepisteissä (paitsi Tsjorni-lammessa), mikä viittaa jonkin verran korkeampaan tuotantoon. Haitallisia orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja ei tavattu. Kun Zapasni-lammen vettä verrataan suomalaisiin talousveden laatunormeihin, voidaan todeta, että vaikka nitraattipitoisuus on korkea se ei ylitä talousvedelle Suomessa tai Venäjällä sallittuja arvoja. Elokuussa 1995 todettiin joissakin vesistön näytteissä kohonneita elohopean arvoja (ei kuitenkaan Zapasni-lammessa).

Keväällä 1996 tehdyssä uusintatutkimuksessa saatiin ravinteiden osalta hyvin samanlainen kuva kuin edellisenä kesänä. Elohopeapitoisuudet olivat tässä tutkimuksessa edellisestä tutkimuskerrasta poiketen kaikissa kohdissa alhaisia (<0.01 - 0.02 µg Hg/l). Venäläisen osapuolen tekemien tutkimusten mukaan elohopeapitoisuus vaihtelee paljon ja joissakin tapauksissa todettiin kohonneita elohopeapitoisuuksia. Näiden syyksi on oletettu elohopean ajoittainen huuhtoutuminen aikaisemmin saastuneilta maa-alueilta.

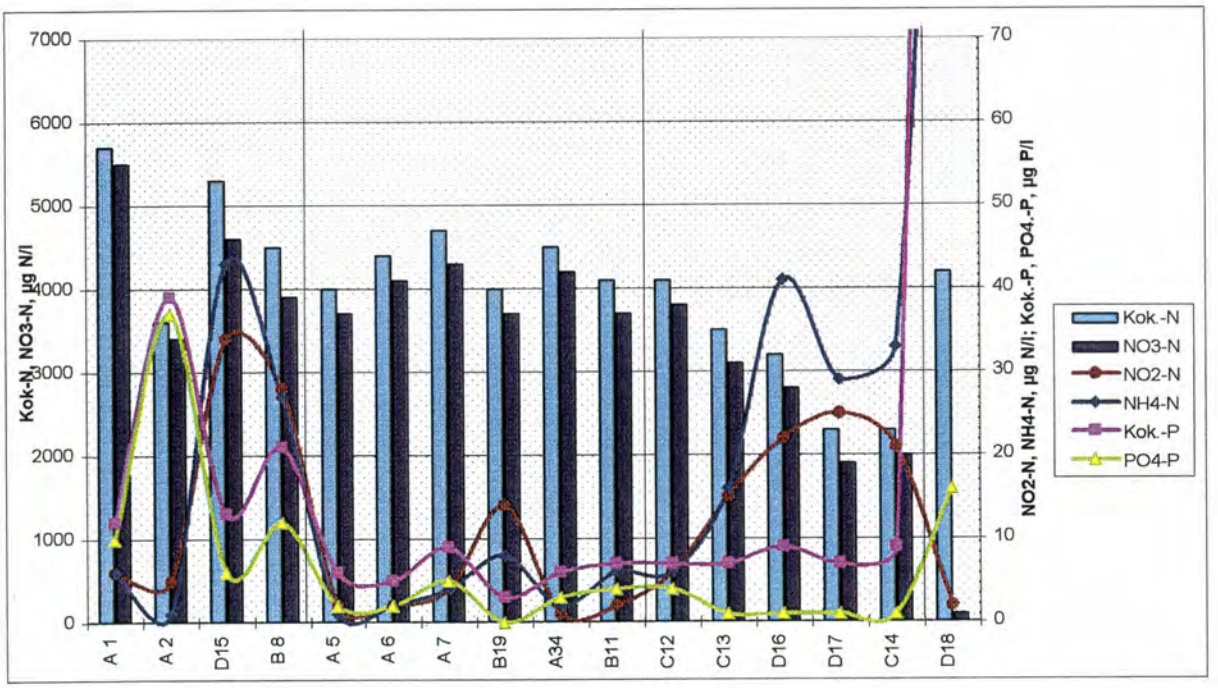
Tšjorni-lampi poikkeaa selvästi rehevämpänä Šinkarka-joen järjestelmään kuuluvista vesistä. Lammen ammoniumtyppi- ja fosforipitoisuus oli melko korkea ja elokuussa 1995 lammessa oli runsaasti sinilevää.



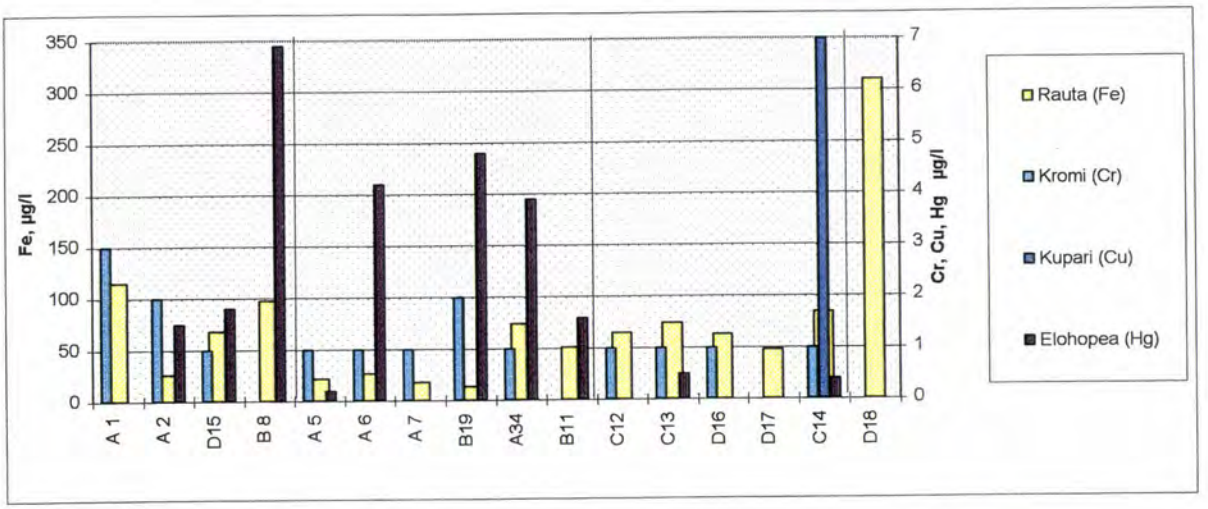
Kuva 1. Havaintopaikkojen sijainti



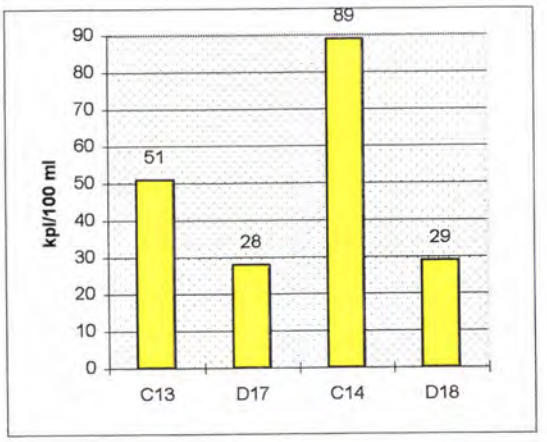
Kuva 2. Pietarhovin vesijärjestelmä
pH, sameus, kemiallinen hapenkulutus ja väriluku vesinäytteissä 29.8.1996



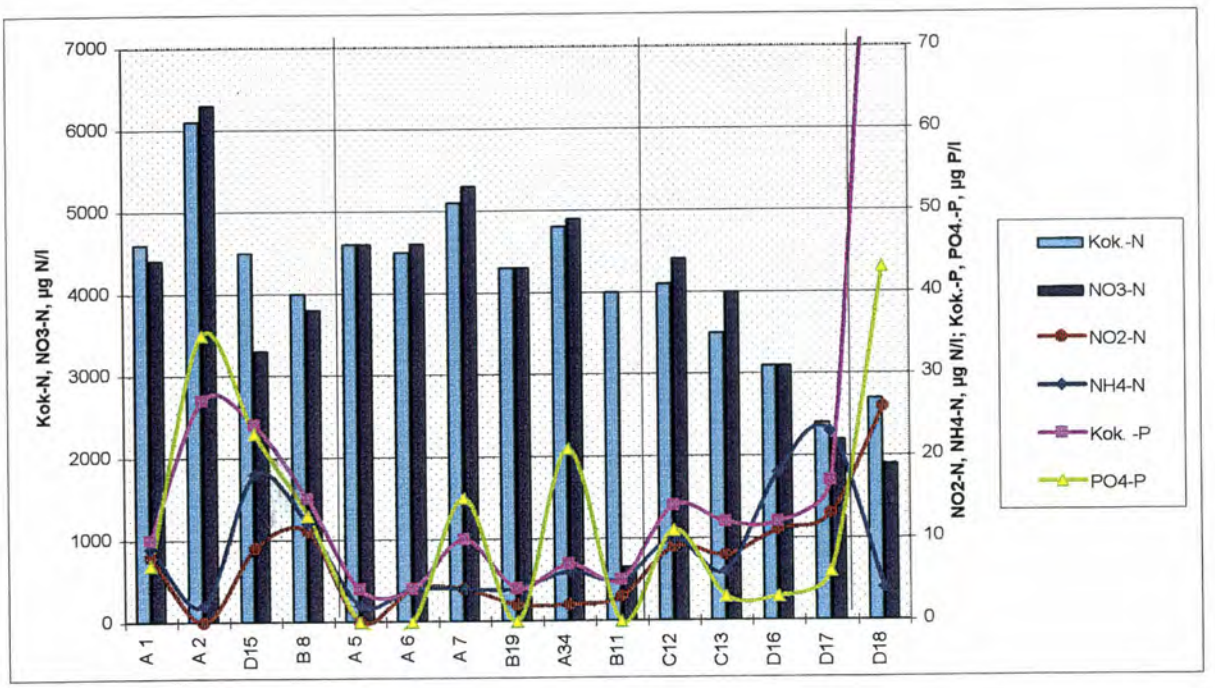
Kuva 3. Pietarhovin vesijärjestelmä
Typpi- ja fosforipitoisuus vesinäytteissä 29.8.1995



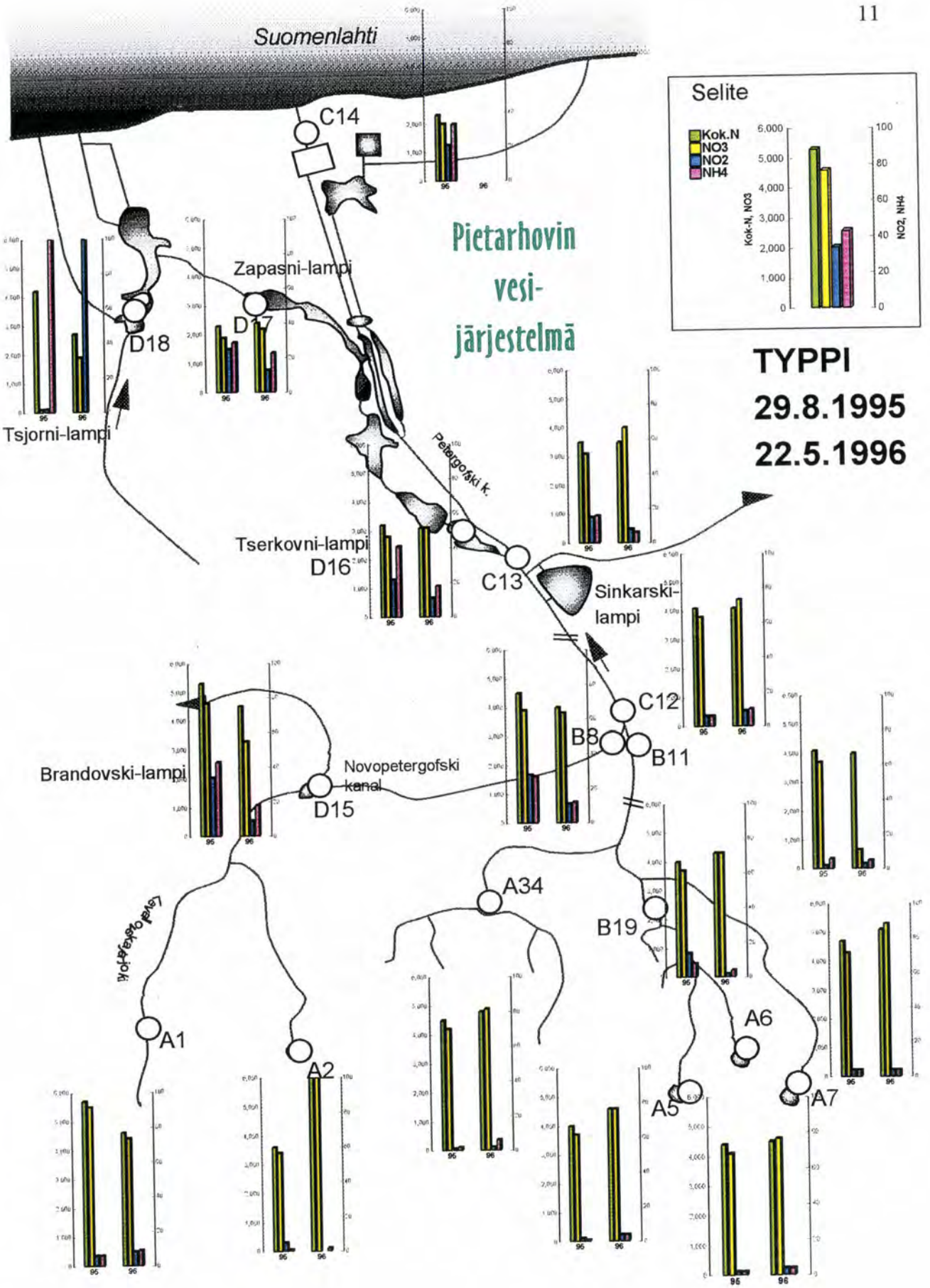
Kuva 4. Pietarhovin vesijärjestelmä
Raskasmetallipitoisuus vesinäytteissä 29.8.1995



Kuva 5. Pietarhovin vesijärjestelmä
Lämpökestoisten koliformisten bakteerien tiheys vesinäytteissä 30.8.1995



Kuva 6. Pietarhovin vesijärjestelmä
Typpi- ja fosforipitoisuus vesinäytteissä 22.5.1996



Kuva 7.
Typen pitoisuus vesijärjestelmän eri osissa elokuussa 1995 ja toukokuussa 1996

Taulukko 1.
Pietarhovin vesijärjestelmä
Kemialliset ja hygieeniset näytteet
29.8.1995 (hygieeniset näytteet 30.8.)

		A 1	A 2	D15	B 8	A 5	A 6	A 7	B19	A34	B11	C12	C13	D16	D17	C14	D18
Lämpötila	oC	9,8	6	12	12	9	7	6,8	16	7	8	9	12,5	13	18,2	-	19,5
pH		8,2	7,2	8,2	8,3	8	7,6	7,6	8,2	8,1	8,2	8,2	8,1	8,1	8,6	8,2	9,5
Sameus	FTU	1,7	0,24	0,95	1,9	0,38	0,17	0,26	0,88	0,78	1,2	0,83	0,95	1,1	0,63	0,93	37
Kokonaiskovuus	mmol/l	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
Väriluku	mg Pt/l	5	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	150
COD,Mn (O)	mg/l	2	1	2	3	2	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	41
Kok.-N	µg N/l	5700	3600	5300	4500	4000	4400	4700	4000	4500	4100	4100	3500	3200	2300	2300	4200
NO3-N	µg N/l	5500	3400	4600	3900	3700	4100	4300	3700	4200	3700	3800	3100	2800	1900	2000	100
NO2-N	µg N/l	6	5	34	28	2	2	4	14	1	2	6	15	22	25	21	2
NH4-N	µg N/l	6	1	43	27	1	2	4	8	2	6	6	16	41	29	33	148
Kok.-P	µg P/l	12	39	13	21	6	5	9	3	6	7	7	7	9	7	9	290
PO4-P	µg P/l	10	37	6	12	2	2	5	0	3	4	4	1	1	1	1	16
Kloridi	mg/l	10	16,2	10,4	10,4	11,4	13,7	14,8	12,4	10	11,7	11,5	11,4	11,6	11,8	12,2	32,8
SO4	mg/l	31	23	30	30	30	31	31	31	32	31	31	30	30	30	30	26
Kalsium (Ca)	mg/l	84	110	74	68	94	91	87	78	85	76	79	68	66	47	55	31
Magnesium (Mg)	mg/l	36	42	38	36	37	37	36	37	36	35	38	36	36	36	36	13
Rauta (Fe)	µg/l	115	26	68	98	22	27	18	14	74	51	65	74	63	48	85	310
Kadmium (Cd)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Kromi (Cr)	µg/l	3	2	1	<1	1	1	1	2	1	<1	1	1	1	<1	1	<1
Kupari (Cu)	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7	<5
Elohopea (Hg)	µg/l	<0,20	1,5	1,8	6,9	0,2	4,2	<0,20	4,8	3,9	1,6	<0,20	0,5	<0,20	<0,20	0,4	<0,20
Lyijy (Pb)	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	<2
Sinkki (Zn)	µg/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
AOX (Cl)	µg/l	<5	7	<5	5	8	<5	<5	<5	5	-	7	<5	6	9	9	35
Kloorifenolit*	µg/l				ei						ei		ei		ei	ei	
TOC	mg/l	0,9	1,5	1,4	1,9	1,1	0,7	0,8	1,3	0,7	1	1,2	1,5	1,8	2,9	2,4	130
Lämpökestoiset koliform.bakt.	kpl/100 ml												51		28	89	29

*Määritysrajat: 2.4 - dikloorifenoli, 2.4.5 - trikloorifenoli 25 ng/l, 2.4.6 - trikloorifenoli 20 ng/l, 2.3.4.6. - tetrakloorifenoli 35 ng/l, pentakloorifenoli 30 ng/l

Taulukko 2.

Pietarhovin vesijärjestelmä
Kemialliset näytteet
22.5.1996

Tunnus		A 1	A 2	D15	B 8	A 5	A 6	A 7	B19	A34	B11	C12	C13	D16	D17	D18
pH		8,6	7,6	8,7	8,6	8,1	8,0	8,0	8,6	8,7	8,6	8,6	8,4	8,4	8,9	8,9
Sähkönjohtavuus	mS/m	59,0	69,3	62,9	60,6	59,7	60,6	60,8	56,8	59,4	57,5	61,4	54,0	53,2	47,7	43,3
Kok.-N	µg N/l	4600	6100	4500	4000	4600	4500	5100	4300	4800	4000	4100	3500	3100	2400	2700
NO3-N	µg N/l	4400	6300	3300	3800	4600	4600	5300	4300	4900	660	4400	4000	3100	2200	1900
NO2-N	µg N/l	8	0	9	11	0	4	4	2	2	3	9	8	11	13	26
NH4-N	µg N/l	9	2	18	12	2	4	4	4	6	5	10	6	18	23	4
Kok. -P	µg P/l	10	27	24	15	4	4	10	4	7	5	14	12	12	17	110
PO4-P	µg P/l	7	35	23	13	0	0	15	0	21	0	11	3	3	6	43
Elohopea (Hg)	µg/l	<0,05	0,01	0,01	0,01	<0,20	<0,01	0,02	0,02	<0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02

3.2 Pohjasedimentit

Rehevissä ja voimakkaasti jätevesien kuormittamissa vesistöissä laskeutuu vesikasvien ja planktonin kuollessa pohjalle runsaasti kasviravinteita sisältävää orgaanista sedimenttiä. Pohjalle laskeutuneet sedimenttipatjat hidastavat veden virtausta ja orgaanisen aineen hajoaminen kuluttaa vedestä happea. Happipitoisuuden laskiessa vapautuu sedimentistä kasvinravinteita, erityisesti fosforia, joka ylläpitää rehevöityneisyyttä. Sedimenttiin voi myöskin sitoutua ynpäristölle haitallisia raskasmetalleja ja muita myrkyllisiä yhdisteitä.

Lampien pohjalle laskeutuneen orgaanisen aineen määrän ja siihen sitoutuneiden kasvinravinteiden sekä raskasmetallien määrän selvittämiseksi otettiin viidestä lammesta pohjasedimenttinäytteet 10.10.1995. Näytteet otettiin teräksisellä suokairalla, jonka halkaisija oli 50 mm. Näytteet lohkottiin veneessä muovipurkkeihin, joissa ne kuljetettiin Helsingin ympäristölaboratorioon analysoitavaksi. Näytteitä otettiin viidestä lammesta: Angliski (2 näytettä), Babigonski, Olgi, Tsjorni ja Zapasni (kuva 1) Tutkitut lammet ovat kaikki suhteellisen matalia 1,5-4 metrin syvyisiä. Näytteenottoa varten niistä yritettiin löytää syvempiä kohtia, joissa olisi runsaasti pehmeätä sedimentoitunutta ainesta.

3.2.1 Analyysimenetelmät

Sedimenttinäytteistä tehtyjen analyysien menetelmät on kuvattu liitteessä 1.

3.2.2 Sedimenttinäytteiden kuvaus (kuva 8) ja analyysitulokset (taulukko 3)

Angliski

Lammen pohjoisosasta otettiin kaksi sedimenttinäytettä.

Angliski 1.
Profiilin pituus oli 46 cm, josta pintaosa (n 30 cm) oli mustaa sulfidiliejua. Sen alla oli savea.

Angliski 2.
Profiilin pituus oli 50 cm, josta pintaosa (6 cm) oli mustaa sulfidisavea. Seuraava kerros 4 cm oli ruskeata liejua, jonka alla oli 21 cm sulfidiraidallista liejua ja alinna oli ruskean harmaata savea.

Näiden näytteiden ylin osa sisälsi runsaasti orgaanista ainesta. . Hehkutusjäännös oli pintaosissa 83-85 %. Samoin olivat fosfori ja typpipitoisuudet korkeat, mikä osoittaa, että lampeen on kohdistunut runsaasti orgaanista kuormaa.

Babigonski
Näyte otettiin lammen keskiosasta. Profiilin pituus oli 26 cm, josta pintaosa (18 cm) oli sulfidisavea, sen alla oli 3 cm savea ja alinna ruskeaa hiekkaa.

Olgi
Näyte otettiin lammen keskiosasta.Profiilin pituus oli 40 cm, josta pintaosa (10 cm) oli sulfidiliejua, sen alla oli 10 cm sulfidiraitaista savea ja alinna siniharmaata savea.

Zapasni
Näyte otettiin sulkujen puoleisesta päästä n 50 metriä rannasta. Profiilin pituus oli 30 cm, jonka pintaosa (20 cm) oli sulfidiraitaista savea. Sen alla oli harmaata savea.

Babigonski, Olgi ja Zapasni-lampien pintasedimenteissä oli orgaanisen aineen osuus varsin vähäinen. Samoin ne sisälsivät vain pieniä määriä fosforia ja myös typen pitoisuus oli selvästi muita lampia alhaisempi. Myöskin raskasmetallien määrä oli alhainen.

Tsjorni
Näyte otettiin lammelle pistävän niemen edestä. Koko profiili (40 cm) oli mustaa sulfidiliejua.

Aivan sedimentin yläosassa oli kupari- , elohopea- ja sinkkipitoisuuksissa kohonneet arvot, jotka johtunevat siitä, että lampeen on johdettu jätevesiä. Vanhempaa jätevesikuormitusta osoittavat myös sedimentin syvemmissä osissa olevat hieman kohonneet kromi- ja sinkkiarvot.

Angliski- ja Tsjorni- lammista otetuissa näytteissä oli korkeammat elohopea-, lyijy- ja sinkkiarvot kuin muiden lampien sedimenteissä. Ne eivät kuitenkaan poikkea esimerkiksi Helsingin rantavesien merenpohjan metallipitoisuuksista.

Myös pietarilaisten tutkijoiden tekemissä varsin laajoissa kartoituksissa on voitu todeta, että sedimenttien elohopeapitoisuudet eivät ylitä sallittuja pitoisuuksia (3).

Kaikkien lampien pintasedimentistä tutkittiin myös polyaromaattiset hiilivedyt (PAH), mutta niiden esiintymistä näytteissä ei todettu.

4
Lampien vesikasvillisuus

Tähän tutkimusprojektiin ei oltu suunniteltu vesikasvillisuuden selvityksiä, mutta venäläiset tutkija ovat kartoittaneet alueen vesikasvillisuuslajiston (4). Raportissa on makrokasvilajiston lisäksi myös tavatut planktonlajit. Useissa lammissa on erittäin rehevä vesikasvillisuus, joka loppukesällä näkyy lampien pintaa peittävänä kasvustona.
Vesikasvillisuuden positiivinen vaikutus veden laatuun on mm siinä, että ne käyttävät veteen liuenneita fosfori- ja typpiravinteita. Tämä voidaan havaita mm typen selvänä vähenemisenä alkulähteiltä kohti Pietarhovia.

Myös pohjan happipitoisuudelle on vesikasveista hyötyä, sillä ne pitävät juurakoidensa avulla pohjaa hapekkaana, mikä estää ravinteiden irtoamista sedimentistä.

Syksyllä vesikasvien kuollessa niiden hajoaminen lisää orgaanisen aineen määrää ja se saattaa varsinkin talvisen jääpeitteen aikana aiheuttaa hapettomuutta vesistössä.

Venäläisten tutkijoiden mielestä lampien kasvillisuutta tulisi poistaa niiden aiheuttamien haittojen vuoksi. Kasvit kuitenkin vähentävät veden ravinnemääriä ja sen vuoksi tulisi tarkkaan harkita niiden täydellistä poistamista. Vesikasvien poistolla voi kuitenkin olla veden laatuun suotuisia vaikutuksia, mikäli se suoritettaisiin loppukesällä niittämällä. Kaikki niitetyt kasvit olisi hyvä poistaa vedestä, ettei niistä muodostuisi ravinnepitoisia sedimenttikerrostumia altaiden pohjalle.

5 Yhteenveto

Pietarhovin vesijärjestelmä on aikaisemmin ollut erittäin voimakkaasti maatalouden ja hajakuormituksen kuormittama. Tästä on aiheutunut vesijärjestelmän veden laadun huonontumista. Huono hygieninen tila on aiheuttanut terveydellistä haittaa väestölle, sillä juomaveden valmistuksessa on veteen jouduttu lisäämään runsaasti klooria. Huono hygieninen taso on myös ollut vaaraksi palatsialueen vieraille aerosolien muodossa..

Kesällä 1995 otetuissa vesinäytteissä oli muutamissa jokivesinäytteissä kohonneita elohopeapitoisuuksia, minkä vuoksi näytteenotto uusittiin 22.5.1996, jolloin oletettiin maaperässä olevan vielä runsaasti sulamisvesiä. Tällöin otetuissa näytteissä ei kuitenkaan esiintynyt merkittäviä elohopeamääriä.

Pohjaveden typpipitoisuus on korkea. Mahdollisesti aikaisemman voimaperäisen keinolannoituksen jäljiltä liukoista typpeä siirtyy edelleen pohjaveteen. Typpi esiintyy pohjaveden ilmeisen hyvistä happioloista johtuen pääasiassa nitraattina.

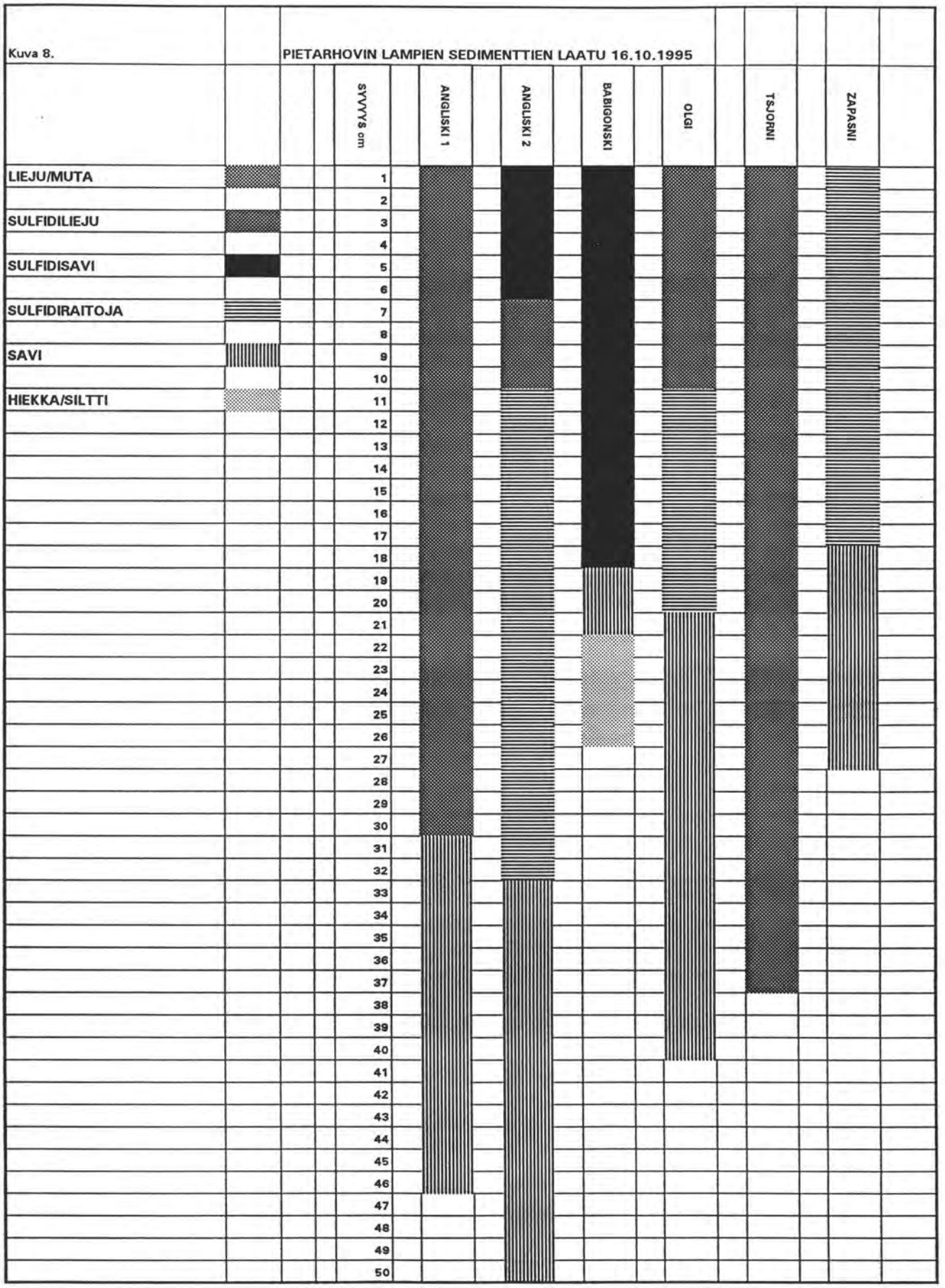
Vesistön silmiinpistävin ero luonnontilaisiin vesiin onkin sen korkea nitraattipitoisuus. Pitoisuudet ovat kuitenkin niin alhaisia, että vesi täyttää talousvedelle asetetut vaatimukset.

Tutkittujen lampien pohjassa olevat sedimentit olivat Angliski- ja Tsjorni-lampia lukuunottamatta ohuet eikä missään esiintynyt suuria raskasmetallipitoisuuksia. Myöskään polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH) ei todettu sedimenteissä.

Tilanteen pitäminen nykyisellään edellyttää, että pohjavesien muodostumisalueella sovelletaan liitteenä olevan suojelusuunnitelman mukaisia ehdotuksia ja rajoituksia. Paikallista asiantuntemusta ja jo tehtyjä selvityksiä tulee erityisesti hyödyntää eri alueille tehtävien ratkaisujen suunnittelussa ja päätöksenteossa. Samoin tulee kiinnittää erityistä huomiota hajakuormituksen vähentämiseen sekä maatalous- että kaupunkialueella.

Kuva 8.

PIETARHOVIN LAMPIEN SEDIMENTTIEN LAATU 16.10.1995



Taulukko 3.

PIETARHOVIN LAMPIEN SEDIMENTTIEN ANALYYSIT 10.10.1995

Näyte		Angliski 1				Angliski 2					Babigonski 1			Olgi			Tsjorni				Zapasni		
Lohko om pinnasta		0-10	´11-15	16-25	29-46	0-6	´7-10	´11-20	21-32	33-45	0-18	22-26	0-5	0-10	´11-20	30-40	0-10	´11-20	21-30	31-40	0-10	´11-20	21-30
Haihdutusjäännös	%	17,2	21,1	25,9	49,6	23,4	22,6	23,3	41,8	59,4	31,4	78,1	32,3	47,5	68,1	69,3	46,6	71,2	71,6	71,5	67,4	70,7	80,7
Hehkutusjäännös/TS	%TS	85	87	88	93	83	85	86	90	94	93	98	93	95	98	98	91	97	98	95	96	95	98
Kokonaistyppi	g/kg TS	7,6	4,4	4,5	2,8	5,4	4,9	4,9	3,8	1,9	3,2	0,8	2,6	2,2	0,8	1,6	3,6	1,9	2,1	2,1	1,3	1,6	0,7
Kokonaisfosfori	g/kg TS	3,1	3,4	3,4	0,6	3,6	5,8	4,8	2,5	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	2,2	0,8	1,8	1,4	0,3	0,4	0,3
Rauta (Fe)	g/kg TS	29	33	33	19	29	32	34	31	21	11	30	10	10	18	28	22	13	12	13	12	14	16
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	0,4	0,5	0,5	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,9	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1
Kromi (Cr)	mg/kg TS	17	25	23		20	30	29	50	18	<10	<10	<10	<10	<10	15	8	74	91	99	<10	<10	14
Kupari (Cu)	mg/kg TS	43	48	43	25	43	50	46	36	21	14	18	14	15	21	27	130	57	66	71	14	17	13
Elohopea (Hg)	mg/kg TS	0,16	0,18	0,18	0,19	0,16	0,18	0,16	0,18	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,35	0,12	0,15	0,14	<0,1	<0,1	<0,1
Nikkeli (Ni)	mg/kg TS	30	32	33	22	28	32	31	33	20	<10	<10	<10	11	19	28	34	18	23	23		14	11
Lyijy (Pb)	mg/kg TS	43	45	41	37	37	37	37	31	11	3	4	4	7	5	7	52	21	19	20	12	9	6
Sinkki (Zn)	mg/kg TS	150	170	170	80	160	180	190	150	75	30	14	34	24	33	46	290	130	130	130	35	39	38
Arseeni (As)	mg/kg TS	4	3,9	4,1	2	4	3,9	3,9	3,1	2,4	2,2	1,5	1,6	1,5	1,9	3,4	2,4	1,6	1,6	1,7	1,8	2,1	2,2

Kirjallisuus

1. O.P.Korpljakov:Raportti Pietarhovin suihkulähteiden vesijärjestelmästä vuoden 1995 kesä- syyskuussa otettujen vesikemiallisten näytteiden tuloksista.1996

2. A.A.Kaladjuk, E.K.Povedskaja, L.S.Sadkova, S.N.Burkova:Ihmisen aiheuttaman tämänhetkisen kuormituksen arviointi. Pietari 1995

3. J.B.Novikov:Elohopean hydrokemiallisen anomalian synnyn syitä selvittäneen tutkimuksen tulokset. Pietari 1996.

4. J.B.Novikov: Selvityksiä Pietarhovin suihkulähteiden vesijärjestelmän vesien ja pohjasedimenttien hydrokemiallisten ja bakteriologisten tutkimusten (1996) kuva- ja taulukkoaineistoon. Pietari 1996.

Liite 1 T.Riiheläinen:Pietarhovin vesijärjestelmän tutkimuksissa käytetyt määritysmenetelmät

HELSINGIN KAUPUNKI
YMPÄRISTÖKESKUS
Ympäristölaboratorio
T. Riiheläinen

Liite 1

PIETARHOVIN VESIJÄRJESTELMÄN TUTKIMUKSISSA KÄYTETYT MÄÄRITYS-MENETELMÄT

VESINÄYTTEET

pH
elektrodimittaus (SFS 3021) käyttäen automaattista titraattoria

sähkönjohtavuus
elektrodimittaus (SFS-EN 27888) käyttäen automaattista titraattoria

sameus
turbidometrinen mittaus (SFS-EN 27027 osa 3.3)

kokonaiskovuus
titrimetrinen menetelmä (SFS 3003)

COD, Mn (O)
hapetus permanganaatilla, pelkistymättömän permanganaatin titraus jodometrisesti (SFS 3036)

kokonaistyppi (N)
hapetus nitraatiksi persulfaatin avulla autoklaavissa, nitraatin pelkistys nitriitiksi kadmiumkolonnissa, nitriitin mittaus fotometrisesti (atsovärireaktio, mittausaallonpituus 545 nm), pelkistys ja mittaus käyttäen automaattista analysaattoria

nitraattityppi (NO_3-N)
ionikromatografimääritys (ISO/DIS 10304-2)

nitriittityppi (NO_2-N)
fotometrinen mittaus, atsovärireaktio, aallonpituus 545 nm (SFS 3029)

ammoniumtyppi (NH_4-N)
fotometrinen mittaus indofenolisinisenä, aallonpituus 630 nm (SFS 3032)

kokonaisfosfori (P)
hapetus ortofosfaatiksi persulfaatin avulla autoklaavissa, ortofosfaatin mittaus fotometrisesti (ammoniumfosfomolybdaatti, aallonpituus 890 nm), mittaus käyttäen automaattista analysaattoria

kloridi (Cl^-) ja sulfaatti ($SO4^=$)
ionikromatografimääritys yhdessä nitraatin kanssa (ISO/DIS 10304-2)

kalsium (Ca) ja magnesium (Mg)
ei esikäsittelyä, määritys atomiabsorptiospektrometrillä liekkitekniikkaa käyttäen (SFS 3044 ja SFS 3018)

sinkki (Zn) ei esikäsittelyä, määritys atomiabsorptiospektrometrillä liekkitekniikkaa käyttäen (SFS 3044 ja SFS 3047)

rauta (Fe), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu) ja lyijy (Pb)
ei esikäsittelyä, määritys atomiabsorptiospektrometrillä grafiittiuunitekniikkaa käyttäen (SFS 5074 ja SFS 5502)

elohopea (Hg)
kaliumpermanganaatti-, typpihappohapetus, määritys atomiabsorbtioon perustuen kylmähöyrytekniikkaa käyttäen

AOX (Cl) adsorboituvat orgaaniset klooriyhdisteet AOX-analysaattorilla (ISO 9562)

Kloorifenolit 0.1 M K2CO3 -uutto, kaasukromatografia/massaspektrometria

VOC haihtuvat orgaaniset yhdisteet, Purge-and-trap, kaasukromatografia/massaspektrometria

PAH polysykliset aromaattiset hiilivedyt, CH_2Cl_2-uutto, kaasukromatografia/massaspektrometria

TOC kokonaisorgaaninen hiili, TOC-analysaattori missä katalyyttinen poltto n. 1100 °C lämpötilassa ja muodostuneen hiilidioksidin mittaus infrapunafotometrilla

Lämpökestoiset koliformiset bakteerit
hygieniaindikaattori, kalvosuodatus, selektiivinen mFC-agar, inkubointilämpötila 44.5 °C, 24 h

SEDIMENTTINÄYTTEET

Näytteet kuivattiin lämpökaapissa 105 °C lämpötilassa ja homogenisoitiin keraamisessa kuulamyllyssä

haihdutusjäännös

punnitus, kuivaus lämpökaapissa 105 °C lämpötilassa ja jäännöksen punnitus (SFS 3008)

hehkutusjäännös

haihdutusjäännöksen punnitus, hehkutus uunissa 550 °C lämpötilassa ja jäännöksen punnitus (SFS 30008)

kokonaistyppi (N)

Kjeldahlpoltto (keittäminen väkevän rikkihapon kanssa) ja sen jälkeen määritys kuten vesinäytteille

kokonaisfosfori (P)

hapetus ortofosfaatiksi persulfaatin avulla autoklaavissa, ortofosfaatin mittaus fotometrisesti (ammoniumfosfomolybdaatti, aallonpituus 890 nm)

rauta (Fe), kromi (Cr), kupari (Cu), nikkeli (Ni) ja sinkki (Zn)

käsittely mikroaaltopolttolaitteessa väkevän typpihapon kanssa, määritys atomiabsorptiospektrometrillä liekkitekniikkaa käyttäen (SFS 3044 ja SFS 3047)

kadmium (Cd), lyijy (Pb) ja arseeni (As)

käsittely mikroaaltopolttolaitteessa väkevän typpihapon kanssa, määritys atomiabsorptiospektrometrillä grafiittiuunitekniikkaa käyttäen (SFS 5074 ja SFS 5502)

elohopea (Hg)

typpihappohapetus, määritys atomiabsorbtioon perustuen kylmähöyrytekniikkaa käyttäen