

Pro gradu -tutkielma
Maantiede
Luonnonmaantiede

KAUPUNKIPUROT HELSINGISSÄ – VEDEN LAATU VUONNA 2004

Vuokko Tarvainen

2006

Ohjaajat: Professori Matti Tikkanen, yliopistonlehtori Olli Ruth

HELSINGIN YLIOPISTO
MAANTIETEEN LAITOS

PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2)
00014 Helsingin yliopisto

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion) Faculty Matemaattis-luonnontieteellinen tdk		Laitos – Institution) Department Maantiede	
Tekijä – Författare) Author Vuokko Tarvainen			
Työn nimi – Arbetets title) Title Kaupunkipurot Helsingissä – Veden laatu vuonna 2004			
Oppiaine – Läroämne) Subject Maantiede			
Työn laji – Arbetets art) Level Pro gradu –tutkielma		Aika – Datum – Month and Year 03/2006	Sivumäärä – Sidoantal – Number of Pages 93 s. + liitteet
Tiivistelmä – Referat) Abstract <p>Kaupunkihydrologiseen tutkimukseen on Suomessa innostuttu kunnolla vasta viime vuosina. Kaupunkipuroista on tehty yksittäisiä tutkimuksia Helsingissäkin, mutta koko kaupungin kattavaa ympärivuotista selvitystä puroista ja niiden veden laadusta ei ennen tätä tutkimusta ole tehty.</p> <p>Tavoitteena oli saada yleiskuva Helsingissä virtaavien purojen veden laadusta. Tutkimuksessa oli mukana 21 puroa: Mätäjoki, Korppaanoja, Mätäpuro, Näsinoja-Tuomarinkylänoja, Tuomarinkartanonpuro, Kumpulanpuro, Tapaninkylänpuro, Tapaninvainionpuro, Puistolampuro, Longinoja, Säynäslahdenpuro, Viikinoja, Porolahdenpuro, Mustapuro, Marjaniemenpuro, Mellunkylänpuro, Vuosaarenpuro, Rastilanpuro, Ramsinkannaksenpuro, Skatanpuro ja Yliskylänpuro.</p> <p>Vesinäytteitä otettiin näistä puroista yhteensä 48 näytepisteestä. Jokaisesta pisteestä näytteet otettiin neljä kertaa vuoden 2004 aikana, tavoitteena saada kuva veden laadun vaihtelusta myös vuodenaikojen mukaan. Näytteenottojaksot olivat 9.-11.2., 26.-28.4., 29.6.-1.7. ja 25.-27.10.2004. Näytteenoton yhteydessä mitattiin veden lämpötila, happipitoisuus, pH sekä sähkönjohtavuus. Vesinäytteistä analysoitiin Helsingin yliopiston luonnonmaantieteen laboratoriossa kiintoaine, kiintoaineen orgaanisen aineksen osuus, liuenneen aineen kokonaismäärä, väriluku, alkaliteetti, fosforin kokonaispitoisuus sekä liuenneet ionimuotoiset aineet (Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, F^-, Cl^-, NO_3^-, PO_4^{3-} ja SO_4^{2-}). Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa näytteistä määritettiin typen kokonaispitoisuus, ammonium- ja nitraattityppi, fosfaattifosfori, biokemiallinen ja kemiallinen hapen kulutus (BOD_7 ja COD_{Mn}-arvot), sameus sekä bakteerien määrä (<i>Escherichia coli</i> ja enterokokit).</p> <p>Veden laadusta nousi esille useiden purojen heikohko happitilanne. Esimerkiksi kesällä kaikissa näytepisteissä veden happitilanne oli välttävä tai huono. Monissa puroissa oli lisäksi ainakin ajoittain hyvin paljon bakteereita. Myös liuenneiden aineiden suuri määrä sekä suuret ravinnepitoisuudet voivat purovesissä aiheuttaa ongelmia. Koko Suomen latvapuroihin verrattuna helsinkiläisissä puroissa mm. pH ja alkaliteetti olivat korkeampia. Veden laatu vaihteli kuitenkin paljon eri purojen ja näytepisteiden välillä. Eri puroissa nousivat esille eri muuttujat ja erilaiset vedenlaadulliset ongelmat. Karkeasti yleistettynä paras veden kokonaislaatu oli Mätäpurossa ja Tuomarinkartanonpurossa.</p> <p>Vuodenaikojen vaikutus purovesiin näkyi lähes kaikissa tutkituissa veden laadun muuttujissa. Esimerkiksi liuenneiden aineiden määrä oli yleisesti suurin talvella ja pieneni loppuvuotta kohti. Purovesien väriluku ja sameus olivat talvella pienimmät ja kasvoivat syksyä kohti. Suuntaus oli sama myös kiintoaineessa, jonka pitoisuus oli keskimäärin pienin talvella ja keväällä ja suurin syksyllä.</p> <p>Purojen veden laadun tuloksia käsiteltäessä käytettiin vesien yleistä käyttökelpoisuusluokitusta. Sen soveltuvuus kaupunkipuroihin ei ole kuitenkaan aivan selvää. Näin pienissä puroissa on paljon hetkellisiä laatuvaihteluita, jotka eivät useinkaan mahdu luokituksen yhden laatuluokan sisälle. Lisäksi käyttökelpoisuusluokituksen muuttujiin tulisi lisätä esimerkiksi liuenneiden aineiden kokonaismäärä ja tiettyjen liuenneiden ionimuotoisten aineiden määrä (kloridi, natrium), jotta se soveltuisi paremmin kaupunkiolosuhteisiin.</p>			
Avainsanat – Nyckelord) Keywords Purot, vedenlaatu, Helsinki, kaupunkihydrologia, ympäristö			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopisto, Kumpulan tiedekirjasto			
Muita tietoja) Övriga uppgifter) Additional information			

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion) Faculty Faculty of Science		Laitos – Institution) Department Geography	
Tekijä – Författare) Author Vuokko Tarvainen			
Työn nimi – Arbetets titel) Title Urban Streams in Helsinki – Water Quality in 2004			
Oppiaine – Läroämne) Subject Geography			
Työn laji – Arbetets art) Level Pro gradu		Aika – Datum – Month and Year 03/2006	Sivumäärä – Sidoantal – Number of Pages 93 p. +appendices
Tiivistelmä – Referat) Abstract <p>In recent years urban hydrology and individual urban streams have been in focus and subjects to research also in Helsinki. However, until now there has been lack of research covering simultaneously the whole area of the city of Helsinki.</p> <p>The aim of this study was to find out the general state of water quality in small urban streams in the city of Helsinki. 21 streams were studied: Mätäjoki, Korppaanoja, Mätäpuro, Näsiñoja-Tuomarinkyläñoja, Tuomarinkartanonpuro, Kumpulanpuro, Tapaninkylänpuro, Tapaninvainionpuro, Puistolannpuro, Longinoja, Säynäslahdenpuro, Viikinoja, Porolahdenpuro, Mustapuro, Marjaniemenpuro, Mellunkylänpuro, Vuosaarenpuro, Rastilanpuro, Ramsinkannaksenpuro, Skatanpuro and Yliskylänpuro.</p> <p>Water samples were collected from 48 sampling points, each stream having at least one point. Four water samples were collected from each point, sampling periods being 9.-11.2., 26.-28.4., 29.6.-1.7. and 25.-27.10.2004. Field measurements associated with water sampling included water temperature, oxygen concentration, pH and electrical conductivity. Water samples were analysed in the Laboratory of Physical Geography in the University of Helsinki and in the Environmental Laboratory of the City of Helsinki Environment Centre for following properties: suspended solids, dissolved substances, alkalinity, principal anions and cations (Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, F^-, Cl^-, NO_3^-, PO_4^{3-} and SO_4^{2-}), colour, turbidity, biological and chemical oxygen demand (BOD_7 and COD_{Mn}-values), nutrient concentrations and bacterial indicators of hygienic quality.</p> <p>The main water quality issues found in this study were low oxygen levels in many streams and poor hygienic quality at least occasionally. E.g. in summer oxygen levels were under 60 % in every stream. Amount of total dissolved substances and nutrients were high in some of the streams studied. Compared to other Finnish streams the values of alkalinity and pH were higher. Although these problems were common, the variation between different streams and sampling points was significant. This was probably due to local conditions. Best overall water quality was found in Mätäpuro and Tuomarinkartanonpuro streams.</p> <p>Seasonal variation was evident in almost all water quality properties. For example the total amount of dissolved substances was largest in winter and decreased during the year. Colour and turbidity were smallest in winter and increased towards the end of the year. The same was true for suspended solids, which had smallest concentration in winter and greatest in autumn. It must be kept in mind that the spring samples were collected after the spring flood – otherwise the largest suspended solid concentrations would have been expected in spring.</p> <p>Finnish general water quality classification was used to assess the quality of urban stream waters. Its suitability for small urban streams is not, however, completely trouble-free. This classification does not take into account the quick changes in such small streams but evaluates only the yearly mean values. This can oversimplify the picture of the water quality situation in the streams. Also in order to better reflect the urban environment the analysed water quality properties should also include total dissolved substances and e.g. concentrations of chloride and sodium.</p>			
Avainsanat – Nyckelord) Keywords Urban streams, water quality, Helsinki, urban hydrology, environment			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited University of Helsinki, Kumpula Science Library			
Muita tietoja) Övriga uppgifter) Additional information			

Kaupunkipurot Helsingissä – Veden laatu vuonna 2004

1. Johdanto	3
1.1 Purot ja vedet ympäristöseurannassa ja -tutkimuksessa	3
1.2 Käsitteistä – Mikä on puro?.....	4
1.3 Miten ja missä kaupunkipuroja on aiemmin tutkittu?.....	5
1.4 Tutkimuksen tavoitteet.....	9
2. Purot, veden laatu ja kaupungit	9
2.1 Kaupungistumisen vaikutukset pintavesiin	9
2.2 Veden laadun muuttujat	12
3. Tutkimusalue	24
3.1 Purot	24
3.2 Valuma-alueet	27
3.3 Näytepisteet.....	28
4. Näytteenotto	29
4.1 Näytteenottojaksot	30
4.2 Vuoden 2004 sääolosuhteet.....	31
5. Tutkimusmenetelmät ja laadun tarkkailu	35
5.1 Tutkitut muuttujat ja laboratoriomääritykset	35
5.2 Kenttämittaukset.....	36
5.3 Kiintoainepitoisuus, liuenneen aineen pitoisuus ja väriluku.....	37
5.4 Alkaliteetti.....	37
5.5 Liuenneiden alkuaineiden määrittäminen ionikromatografisesti	38
5.6 Fosfori.....	39
5.7 Tulosten luotettavuus ja laadun tarkkailu.....	39
6. Tulokset	41
6.1 Kiintoainepitoisuus	41
6.2 Liuenneen aineen määrä ja sähkönjohtavuus.....	43
6.3 Sameus ja väriluku.....	44
6.4 pH.....	45
6.5 Alkaliteetti.....	45
6.6 Happipitoisuus ja hapenkulutus.....	46
6.7 Liuenneet ionimuotoiset aineet.....	48
6.8 Ravinteet	53
6.9 Veden hygieeninen laatu.....	56

7. Veden laadun kokonaistarkastelu.....	57
7.1 Vertailu aiempiin tutkimuksiin	57
7.2 Yleiskuva eri puroista	61
7.3 Vuodenaikaisvaihtelu.....	76
7.4 Vesistöjen yleisen käyttökelpoisuusluokituksen soveltaminen puroihin.....	77
8. Johtopäätökset ja yhteenvedo.....	81
Kiitokset	84
Lähteet	85

Liitteet

Liite 1. Vuoden 2004 vesinäytteiden analyysitulokset

Liite 2. Ionikromatografisesti analysoitujen näytteiden rinnakkaistulokset

1. Johdanto

1.1 Purot ja vedet ympäristöseurannassa ja -tutkimuksessa

Ympäristön tilaan vaikuttavat sekä luonnon omat vaihtelut että ihmisen toiminta. Ympäristöseurantoja tarvitaan, jotta muutokset ympäristön tilassa havaitaan ajoissa. Tavoitteena on lisäksi erottaa ihmisen toiminnan suoraan ja epäsuorasti aiheuttamat ympäristömuutokset luontaisesta vaihtelusta. Tietoa näistä ympäristömuutoksista ja niiden syistä käytetään edelleen ympäristönsuojelun päätöksiä tehtäessä. Ympäristön seuranta ja tutkimus ovat keskenään läheisessä vuorovaikutuksessa, eikä niitä aina ole mielekästä erottaa toisistaan. Ympäristötutkimuksella on paikkansa seurannan tulosten arvioinnissa ja johtopäätösten teossa sekä ympäristömuutosten syiden selvittämisessä. Toisaalta uusi seurantatieto ohjaa tutkimusta uusille alueille (Niemi & Heinonen 2003).

Suomen pintavesien tilaa seurataan säännöllisellä näytteenotolla ympäri maata. Valtakunnallisia ja alueellisia seurantoja hoitavat Suomen ympäristökeskus ja alueelliset ympäristökeskukset. Lisäksi kuormitetuilla alueilla täytyy hoitaa velvoitetarkkailua ympäristön tilasta (Niemi & Heinonen 2003). Yhteisen eurooppalaisen seuranta- ja vertailutiedon saamiseksi on jokien ja järvien tilan tarkkailuun perustettu Eurowaternet-seurantaverkko vuonna 2000. Siihen kuuluu Suomessa jokien osalta noin 200 havaintopaikkaa, joista jokaisesta otetaan vuosittain 4-25 näytettä (Niemi ym. 2001).

Helsingin kaupungin alueella purovesien tilaa tarkkailee kaupungin ympäristökeskus säännöllisellä näytteenotolla kaksi kertaa vuodessa. Jatkuva ja säännöllisesti toistuva havainnointi onkin ympäristön tilan seurannassa tärkeää. Kaikki kaupungin purot kattava raportti veden laadusta on ennen tätä tutkimusprojektia tehty vain vuoden 1987 kesällä otetuista näytteistä (Jalava 1987).

Vedenlaatu-aiheen ajankohtaisuus esimerkiksi vuonna 2000 voimaan tulleen EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin (2000/60/EY) takia on omalta osaltaan inspiroinut tähän tutkimukseen, jossa kartoitetaan Helsingin purojen tilaa. Tutkimusjakso on yhden vuoden mittainen, joten tutkimus on kartoitusluontoinen enemmän kuin seurantatyypinen. Tutkimusaiheen ajankohtaisuus on selvää myös siksi, että viime vuosina esimerkiksi Helsingin yliopistolla että Teknillisessä korkeakoulussa vesitalouden ja vesirakennuksen laboratoriossa

on syvennytty kaupunkihydrologisiin tutkimuskohteisiin (esim. Hilkku 1997; Ketola 1998; Ruth 1998, 2004; Tikkanen 1999; Ahponen 2003; Vakkilainen ym. 2005).

Kaupunkihydrologisessa tutkimuksessa kohteena voivat olla hydrologiset prosessit yleisesti ja niiden muutokset ja toiminta erityisesti urbaaneissa olosuhteissa. Tavoitteena on selvittää syy- ja seuraussuhteita ja vuorovaikutusta eri muuttujien välillä. Tässä tutkimuksessa kysymyksenä on ensisijaisesti se, missä kunnossa purot ovat. Veden tilaan vaikuttaviin tekijöihin paneudutaan mahdollisuuksien mukaan. Tarkemman tiedon saaminen niistä edellyttää usein kuitenkin toisenlaisia näytteenottojärjestelyjä ja alueellista keskittymistä esimerkiksi vain muutamaa valuma-alueeseen. Tämän tutkimuksen piiriin kuuluu myös se, miten kaupungistuminen yleisesti vaikuttaa veden laatuun. Vertailutietoa tälle tutkimukselle on muualla Suomessa virtaavista purovesistä tehdyn tutkimuksen tulokset (Lahermo ym. 1996). Erityisesti maantieteilijän näkökulmasta mielenkiintoa herättää se, onko kaupungissa eri purojen tai eri kaupunginosien välillä huomattavia eroja.

Kaupunkipurot ovat kiinnostava ympäristötutkimuskohde myös siksi, että niiden tilaa mittaamalla saadaan tietoa erityisesti kaupunkialueiden ympäristön kuormittumisesta ja ihmisten aiheuttamista negatiivisista ympäristövaikutuksista (Ruth 1998).

1.2 Käsitteistä – Mikä on puro?

Vesilain määritelmän mukaan puro on sellainen virtaavan veden vesistö, jonka virtaama on pienempi kuin $2 \text{ m}^3/\text{s}$, ja jossa ei voida kulkea soutamalla. Pienimmissäkin puroissa tulee virrata jatkuvasti vettä. Puroa suuremmat virtavedet ovat jokia ja pienemmät esimerkiksi ojia tai noroja (Vesilaki 1961). Näin ollen kaupunkialueella eli rakennetulla taajama-alueella virtaavat purot on helppo määritellä kaupunkipuroiksi. Jalava (1987: 4) on Helsingin purot -selvityksessään pitänyt puroina ”kaikkia Helsingissä virtaavia Vantaanjokea ja Keravanjokea pienempiä avoimia vesinä”. Samaa määritelmää käytetään myös tässä tutkimuksessa. Käytännöllisyyden vuoksi purojen täytyi kuitenkin täyttää myös vesilain vähimmäismääritelmä, jotta näytteitä voitiin ottaa kaikkina vuodenaikoina.

Koska nykyiset kaupunkipurot ja niiden valuma-alueet ovat paljolti ihmisen muokkaamia, voidaan kysyä, mikä erottaa kaupunkipuron sadevesiviemäristä tai ojasta. Monia puroja on ainakin osittain ohjattu virtaamaan putkissa, ja niiden uomia on suoristettu, ruopattu ja

kivetty. Lopputuloksena on yhdistelmä luontaista tai sen kaltaista ja täysin ihmisen rakentamaa uomastoa (Graf 1977).

Kaupunkihydrologiaa koskevissa tutkimuksissa käytetään yleisesti nimitystä hulevesi. Hulevedelle on esitetty useita hieman toisistaan poikkeavia määritelmiä (Kotola & Nurminen 2003a). Useimmissa suomalaisissa tutkimuksissa hulevesien katsotaan olevan taajamissa tai muilla rakennetuilla alueilla pintavaluntana viemäreihin tai vesistöihin valuvia vesiä (esim. Melanen 1980: 1; Kotro 2001, lain. Ruth 2004: 9; Ahponen 2003: 13; Kotola & Nurminen 2003a). Näin ollen termi heijastaa nimenomaan ihmisen vaikutusta vesien kulkuun. Hulevesi voi olla peräisin sateesta tai sulamisvesistä (esim. Kotro 2001, lain. Ruth 2004; Kotola & Nurminen 2003a).

On vaikea vetää tarkkaa rajaa, mikä lasketaan hulevedeksi ja mikä on varsinaista purovettä (Ruth 2004: 9). Ruthin mukaan kaupunkipuron ja huleveden välinen ero löytyy ensisijaisesti tarkastelemalla valuma-aluetta, joka puroilla on laajempi ja monimuotoisempi kuin yksittäisen hulevesiviemäriin vesien kertymäalue. Historiallisen vahvistuksen olemassaololle monet kaupunkipurot saavat siitä, että usein niiden paikalla on ollut puro jo ennen kaupungistumisen alkua. Rakennustöiden myötä luontaiseen uomaan on tehty vaihtelevassa määrin muutoksia. Hulevesiviemärit ja ojat sen sijaan ovat usein täysin ihmisen työtä ja sijoitettu kaupungin katuverkoston mukaisesti (Ruth 2004).

Erottelu hulevesiviemäriin ja kaupunkipuron välillä ei poista sitä tosiseikkaa, että monet kaupunkipurot saavat huomattavan osan vesistään juuri hulevesistä (Ruth 2004). Helsingin kaupungin alueella on ydinkeskustaa lukuun ottamatta erillisviemärointi, joten sadevesiviemäreiden vedet johdetaan puhdistamattomina puroihin.

1.3 Miten ja missä kaupunkipuroja on aiemmin tutkittu?

Kaupunkipurojen ja yleisesti kaupunkihydrologiseen tutkimukseen on Suomessa kunnolla innostuttu vasta viime vuosina. Näin ollen kotimaista tutkimusta aiheesta ei ole vielä kertynyt kovinkaan paljon. Tämä todetaan useissa aivan viime aikoina julkaistuissa tutkimuksissa (mm. Ruth 1998; Tikkanen 1999; Kotola & Nurminen 2003a). Vaikka tilanne on vähitellen muuttumassa, luonnontilaisiin vesistöihin sekä maa- ja metsätalouden vesistöväikutuksiin on perehdytty runsaasti (Mäkinen 2005: 34), huomattavasti enemmän kuin kaupunkihydrologiaan. Esimerkiksi aktiivisen hydrologisen havainnoinnin piirissä on 46

pienvaluma-alueita, joista yksikään ei ole kaupunkialueella (Hyvärinen & Korhonen 2003: 121–123). Lisäksi useat kaupunkihydrologiset tutkimukset tehdään hulevesistä, harvemmat varsinaisesti kaupunkipuroista (Ruth 2004).

Suuri osa kaikesta kaupunkihydrologisesta tutkimuksesta on tehty 1960-luvulta eteenpäin. Lazaron (1990) mukaan tämän tieteenalan tutkimus on Yhdysvalloissa saanut alkunsa sen jälkeen kun autoista oli tullut pääasiallinen liikenneväline. Kaupungistumisen sekä lähiöiden ja teiden runsaan rakentamisen jälkeen tuli tarve ratkaista niiden aiheuttamia hydrologisia ongelmia.

Esimerkiksi Ruotsissa kaupunkien hulevesien laatu ymmärrettiin tärkeäksi tutkimuskohteeksi 1960–70-lukujen vaihteessa. Tämän jälkeen 1970-luvulla asiasta julkaistiin Pohjoismaissa useita tutkimuksia (Malmqvist 1983).

Suomen ensimmäinen laaja kaupunkihydrologinen tutkimus on Valtakunnallinen hulevesitutkimus 1977–1979 -projekti (Melanen 1980, 1982). Siinä tutkittiin hulevesien kertymistä ja laatua yhteensä seitsemällä erillisviemäröidyllä taajama-alueella Helsingissä, Tampereella, Oulussa ja Kajaanissa. Helsingin koealueet olivat Herttoniemessä liikennealueella sekä Kontulassa ja Pakilassa esikaupunkialueilla. Tämän jälkeen hulevesiä on tutkittu mm. Mikkelissä (Teiska 1997), Vaasassa Vital Vaasa -projektissa (Kannala 2001; Vital Vaasa 2004), Helsingissä (Nurmi 2001) ja Järvenpäässä (Kivikangas 2002). Turussa on kartoitettu kaupungin pienvesiä (Ikonen ym. 1992).

Vastikään on valmistunut uusi tutkimuskokonaisuus, Kaupunkivedet ja niiden hallinta (RYVE) -hanke (TKK Vesitalous ja vesirakennus 2003; Vakkilainen ym. 2005). Hankekokonaisuudessa tutkittiin taajama-alueiden hulevesihuuhtoumista johtuvaa hajakuormitusta, rakennettujen alueiden hydrologiaa (Kotola & Nurminen 2003a, 2003b), kaupunkirakentamisesta johtuvia muutoksia pienillä valuma-alueilla (Kuusisto 2002; Kuusisto ym. 2005) sekä taajamahydrologian luonnonmukaistamista (Ahponen 2003). Tutkimuskohteet sijaitsivat eri puolilla Suomea, lähinnä Etelä-Suomessa.

Helsingin purovesistä tehty ensimmäinen yleiskatsauksen luontoinen tutkimus on Jalavan (1987) Helsingin purot -selvitys. Silloin otettiin näytteet lähes kaikista Helsingin puroista. Purojen valuma-alueet on kartoitettu Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen toimeksi-

antona vuonna 1993 (Helsingin purojen valuma-alueiden ja virtaamien karttatarkastelu 1993). Yksittäisiä puroja on tutkittu näitä selvityksiä tarkemmin. Mätäjokea ja myöhemmin myös Mellunkylänpuroa sekä Tapaninkylänpuroa on tutkinut Ruth (1998, 2003, 2004). Ketola (1998) on tehnyt aiemmin Helsingin yliopistossa maantieteen laitoksella opinnäytetyön Mellunkylänpurosta ja sen veden laadusta, samoin Hilkku (1997) Rekolanojasta Vantaalla. Nämä tutkimukset ovat keskittyneet ensisijaisesti purovesien laatuun. Vedenlaatua biologisin indikaattorein ovat tarkastelleet Risco & Pellikka (2002) tutkimalla piilevyhteisöjä Helsingin puroissa. Puroja ja niiden varsia on tarkasteltu myös ekologisina käytävinä (Malinen 1998). Tutkimuksessa olivat silloin mukana puroista suurimmat eli Mätäjoki, Mätäpuro, Longinoja, sekä Mellunkylänpuro ja sen sivuhaara Broändanpuro. Niemelä, Helle ja Jormola (2004) ovat tutkineet yhteishankkeessa sekä kaupunkien pienvesien monimuotoisuutta että kaupunkipurojen kunnostusta ja hulevesien käsittelyä. Pääasiallinen tutkimusalue tässä hankkeessa oli Broändanpuro-Mellunkylänpuro. Helsingin kaupungin ympäristökeskus on selvittänyt Helsingin purojen sedimenttien haitta-ainepitoisuuksia (Salla 2003). Useat Helsingin puroista ja niiden varsista ovat Helsingin kaupungin rakennusviraston hoidossa. Näin ollen virasto on teettänyt myös purojen kuntokartoituksen (Pasenius 2001).

Vantaanjoki kuuluu tietysti Helsingin ja laajemmin Uudenmaan alueen merkittäviin virtavesiin. Sitä on tutkittu mm. Vantaanjoki-projektissa vuosina 1997–2000 (Uudenmaan liitto 2001), sekä viime aikoina esimerkiksi joen raskasmetallipitoisuuksiin (Porkka 2005) ja ainekuljetukseen keskittyen (Valkama 2006). Joen veden laatua myös tarkkaillaan jatkuvasti (Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys 2005). Vantaanjoki-projektissa ei kiinnitetty erityisesti huomiota kaupunkien rakennetun alueen synnyttämään hajakuormitukseen ja hydrologisiin vaikutuksiin. Tämä on siinä mielessä ymmärrettävää, että esimerkiksi Helsingin kaupungin tiheään rakennettu alue muodostaa vain murto-osan koko Vantaanjoen valuma-alueesta. Projektissa veden laatuun läheisimmin liittyvässä osassa, vesistökuormituksen vähentämisen osastrategiassa, tarkasteltiin erityisesti maatalouden ja haja-asutusalueiden hajakuormitusta. Taajama-alueita lähestyttiin lähinnä pistekuormituksen näkökulmasta, jätevesiin ja jätevedenpuhdistamoihin paneutuen (Uudenmaan liitto 2001: 13–16, 22). Vantaanjoki-projektissa kehitettiin myös joen kalastoa (Uudenmaan liitto 2001: 23). Skes ry ja Virtavesien Hoitoyhdistys ry ovat pyrkineet samaan tavoitteeseen Vantaanjokeen laskevalla Longinojalla, jossa on talkoovoimin istutettu lohen- ja

taimenenpoikasia vuosina 1999–2001 ja kunnostettu Longinojan virtapaikkoja (Jormola & Kotola 2003; Taimentiimi 2005).

Puroja, hulevesiä ja laajemmin kaupunkihydrologiaa voidaan tutkia useista eri näkökulmista. Veden laadun fysikaalis-kemiallinen analysointi ja siihen liittyvä jatkuva seuranta-työ tuottaa perustietoa purojen kunnosta. Tämä on kuitenkin melko suppea näkökulma, sillä jo veden laatu on laajempi käsite kuin pelkät kemialliset analyysit antavat ymmärtää. Esimerkiksi EU:n uuden vesipuitedirektiivin mukaan vesistöjen tilaa täytyy tarkastella vesieliöstön ja sen elinympäristön kautta (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY). Toisaalta vedenlaatutietojen yhdistäminen esimerkiksi valuma-alueanalyysiin ja maankäyttötietoihin tuo lisää tarpeellista tietoa syy- ja seuraussuhteista. Tähtäimessä onkin usein kokonaiskuva valuma-alueen hydrologiasta ja veden laadusta (Ruth 2004), tai tiedon lisääminen kaupungistumisen ja sen aiheuttamien ympäristömuutosten vaikutuksista hydrologisiin prosesseihin (esim. Tikkanen 1999; Kotola & Nurminen 2003b; Ruth 2003). Riippuvuussuhteita veden laadun ja maankäytön välillä voi myös mallintaa (esim. Bhaduri ym. 2000; Tong & Chen 2002), tai pyrkiä löytämään alueita ja lähteitä, jotka erityisesti vaikuttavat veden laatuun (Bannerman ym. 2002).

Kaupunkipurojen tutkimuksen voi yhdistää laajempaan yhteiskunnalliseen kontekstiin. Esimerkiksi Pispä (2004) on tutkinut kaupunkipuron ekologista ja sosiaalista merkitystä kaupunkisuunnittelussa. Kohteena tutkimuksessa on ollut Rekolanoja. Samoin jokivarren virkistyskäyttömahdollisuudet voivat olla mielenkiinnon kohteena (Ruth 1998).

Yleisen keskustelun piiriin kaupunkipuroja on nostanut Helsingin Sanomat mm. pääkirjoituksessaan 27.6.2005, jossa kaivataan luonnonmukaista vesirakentamista ja ”luomu-uomia” ratkaisuna kaupunkien pintavalumavesien määrän ja laadun ongelmiin (Sadevesi ohjattava luomuojiin 2005). Samalla asialla on Mutasen (2005) artikkeli, jossa kerrotaan kaupunkivesien ongelmista. Asiaa korostavana yksityiskohtana artikkelissa annetaan luomutähtiä erilaisille pääkaupunkiseudun purouomille. Suoraan viemäriin virtaava sadevesi Helsingin keskustassa saa nolla luomutähteä, kun taas mutkitteleva Rekolanoja ja sen varren rehevä metsä on neljän tähden arvoinen luomu-uoma. Vaikka artikkelin tähditys olisikin subjektiivinen ja asiaa kärjistävä, on tarpeen kiinnittää myös suuren yleisön huomio kaupunkivesiin.

1.4 Tutkimuksen tavoitteet

Kaikki Helsingin purot käsittävän tutkimuksen on viimeksi tehnyt Jalava vuonna 1987. Nyt oli aika tehdä uusi kartoitus Helsingin kaupunkipurojen tilasta ja siinä tapahtuneista muutoksista. Tämän tutkimuksen tavoitteena on saada kattava kuva Helsingin kaupungissa virtaavien purojen veden laadusta vuoden 2004 aikana. Saatuja analyysituloksia havainnollistetaan soveltamalla vesien yleistä käyttökelpoisuusluokitusta (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988) ja jaotteleamalla purovedet laadun mukaan eri luokkiin hyvästä huonoon. Tieto järjestetään tutkittujen muuttujien mukaan, jotta esille tulee erityisesti yleiskuva koko kaupunkialueen tilasta ja vaihtelusta. Tavoitteena on myös selvittää, näkyykö erikokoisten purojen tai kaupungin eri osien välillä huomattavia eroja veden laadussa. Työssä pyritään aineiston asettamat rajoitukset huomioiden myös tutkimaan vuodenaikaista vaihtelua puroveden laadussa. Osa havaitusta laatuvaihtelusta eri vuodenaikoina otettujen näytteiden välillä voi selittyä kuitenkin muilla kuin yksinomaan vuodenaikasta johtuvilla tekijöillä. Tutkimuksen tuloksia vertaillaan erityisesti Ketolan (1998) ja Ruthin (1998, 2004) Helsingin puroista saamiin veden laadun tuloksiin sekä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen seurannan tuloksiin vuosilta 1982–2005 (Tarvainen ym. 2005), jotta viime vuosien kehityksen suunta tulee esille. Jalavan (1987) purotutkimuksen tuloksista osa sisältyy ympäristökeskuksen pitkän aikavälin seurantatuloksiin. Vertailussa käytetään myös purovesien laatutietoja muualta Suomesta (Lahermo ym. 1996).

Tutkimus on osa Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen HEVI (Helsingin virtavedet) -projektia, jonka rahoittajana on ollut Helsingin kaupunki. Tutkimus on tehty yhteistyössä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kanssa. Tutkimusprojektin tuloksia esitellään myös ympäristökeskuksen julkaisusarjassa ilmestyneessä teoksessa Helsingin purot – Millaista vettä kaupungissamme virtaa? (Tarvainen ym. 2005).

2. Purot, veden laatu ja kaupungit

2.1 Kaupungistumisen vaikutukset pintavesiin

Kaupungistuminen vaikuttaa merkittävästi alueen hydrologiaan. Kaupunkialueilla virtaava vesi on erilaista sekä laadultaan että määrältään verrattuna vastaavaan luonnontilaiseen tai esimerkiksi maatalouskäytössä olevaan alueeseen (esim. Melanen 1986; Lazaro 1990; Jones 1997; Ruth 2004; Vakkilainen ym. 2005).

Kaupungeissa esimerkiksi ilmasto-olosuhteet poikkeavat luonnontilaisesta. Pääasialliset syyt muutoksiin ovat Jonesin (1997: 221) mukaan jaettavissa kolmeen luokkaan. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat kaupungin rakenteiden ja pintojen vaikutus lämmön siirtymiseen ja varastointiin, säteilyolosuhteisiin ja aerodynaamisiin ominaisuuksiin. Toinen tekijä on ilman saastuminen eli kaupungista ilmaan vapautuva lämpö, kaasut ja hiukkaset. Kolmas päätekijä on viemärointi ja sadevesien johtaminen pois kaupunkialueelta. Nämä tekijät yhdessä vaikuttavat sadantaan ja haihduntaan sekä lämpöolosuhteisiin.

Edellä mainittujen tekijöiden takia kaupunkiin syntyy niin sanottu lämpösaareke, eli kaupunkialueet ovat muutaman asteen lämpimämpi kuin ympäröivä maaseutu. Tämä ilmenee erityisesti pilvettöminä öinä. Myös keskilämpötilat ovat kaupungeissa yleensä korkeampia kuin rakentamattomilla sekä maaseutualueilla (Oke 1987). Suurissa kaupungeissa sadanta on keskimäärin 5–10 % suurempi kuin ympäröivällä maaseutualueella (Melanen 1986; Jones 1997). Haihdunta on yleensä pienempää kuin maaseudulla, sillä vesi johdetaan nopeasti pois ja haihduttavaa kasvillisuutta on vähemmän (Oke 1987).

Kaupunkialueilla on kasvillisuuden sijaan runsaasti päällystettyjä ja vettäläpäisemmättömiä alueita, kuten asfalttia, betonia tai esimerkiksi rakennusten kattoja. Näin ollen veden suodattuminen ja imeytyminen on vähäistä ja mahdollisuudet veden varastoitumiseksi maaperään ovat pienet (Lazaro 1990: 20). Yhdessä nämä tekijät sekä valuntaa nopeuttavat tekniset rakenteet, ojat ja sadevesiviemärit, nopeuttavat pintavaluntaveden virtausta (Kotola & Nurminen 2003a). Valuntakerroin kuvaa, kuinka suuri osuus sadannasta tai sulannasta muuttuu välittömäksi valunnaksi. Jos päällystettyjä pintoja on paljon, myös valuntakerroin on suuri. Tällöin suurempi osuus sateen tai sulannan vedestä kulkee pinta- tai pintakerrosvaluntana välittömästi sateen jälkeen (Kotola & Nurminen 2003a).

Kaupunkialueilla puro- ja jokuomia on usein radikaalisti muokattu muiden rakennustoimien yhteydessä. Niitä on suoristettu, ruopattu tai johdettu kulkemaan putkistoissa (Lazaro 1990; Kuusisto 2002). Toisaalta nyttemmin purouomia on pyritty myös luonnonmukaistamaan. Näin on tehty esimerkiksi Helsingin Viikissä (Ahponen 2003).

Kaupungistumisen aiheuttamat muutokset vaikuttavat kaikki yhdessä alueen vesitasapainoon. Valunta yleensä ja erityisesti pintavalunta kasvaa, kun sadanta on suurempi ja

haihdunta keskimäärin pienempi luontaiseen tilaan verrattuna (Kotola 2003). Hydrologiset olosuhteet kaupungeissa ovat äärevämmät kuin luonnontilaisella alueella. Tulvien toistumistiheys kasvaa ja virtaamahuiput ovat suurempia (Hyvärinen 1986: 203–204; Lazaro 1990; Goudie & Viles 1997; Tikkanen 1999).

Valumaveden määrän lisäksi myös sen laatu muuttuu edellämainittujen toimenpiteiden seurauksena. Kaupungeista puuttuvat usein lähes kokonaan luonnolliset vettä puhdistavat elementit, kuten kosteikot ja muu kasvillisuus (Kotola 2003). Kaupunkivesien laatuun vaikuttavat lisäksi erityisesti kaupungeissa runsaasti esiintyvät päästölähteet: liikenne pako-kaasuineen, huoltoasemineen ja teiden suolauksineen, rakennusmateriaalien korrosio, teollisuusalueilta tulevat päästöt, jätevesiviemäreistä mahdollisesti tulevat ylivuodot, jätteiden käsittely, eläinten jätökset ja kemikaalien käyttö. Näihin lisänä on myös kauko-laskeuma (esim. Malmqvist 1983; Melanen 1986; Ferguson 1998; Jormola & Kotola 2003a). Kokonaisuudessaan pintavesien laatu on yleensä heikompi kaupungeissa kuin luonnontilaisilla alueilla (Jormola & Kotola 2003a).

Ympäristökuormitusta aiheuttavat päästölähteet voidaan yleisesti luokitella pistemäisiin päästölähteisiin ja hajakuormitukseen (Novotny & Somlyódy 1995; Goudie 2000). Useat kaupunkien päästölähteistä vaikuttavat hajakuormittajina (Lazaro 1990; Goudie 2000). Esimerkkeiksi käyvät ilmasta katujen pinnoille laskeutuva pöly ja muu aines, joka valuu sadevesien mukana hulevesiviemäriin ja puroihin. Toisaalta pistekuormituslähteitä ovat esimerkiksi jätevesiviemäreiden lasku- tai satunnaiset vuotokohdat (Novotny & Somlyódy 1995). Lazaron (1990: 44) mukaan juuri hajakuormituslähteet aiheuttavat merkittävimmän uhan kaupunkivesille. Näitä päästölähteitä on vaikeampi tunnistaa ja hallita.

Epäpuhtauksien kulkeutumisessa vesistöihin kannattaa huomioida first flush- eli ensihuuhtouma/alkuhuuhtouma-ilmiö (Lazaro 1990; Kotola & Nurminen 2003a; Ruth 2004). Sade huuhtoo katujen pinnoille kerääntynyttä pölyä, jätteitä ja muuta likaa vesistöihin. Voimakaimmillaan tämä ainehuuhtouma on heti sateen alettua (Lazaro 1990). Silloin myös hulevesien laatu on huonoimmillaan (Kotola & Nurminen 2003a). Muillakin kuin kaupunkivaltaisilla valuma-alueilla tulee esille esimerkiksi kiintoaineen pitoisuushuippujen yhteys tulvajakson alkupuoleen. Tällöin on kyse siitä, että tavanomaista suurempi virtaama saa liikkeelle aineita, jotka hitaamman virtaaman aikana ovat kerrostuneet valuma-alueelle tai uoman pohjalle (esim. Tikkanen 1990).

2.2 Veden laadun muuttajat

Veden laatua voidaan mitata erilaisilla muuttujilla. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan veden yleistä fysikaalis-kemiallista laatua. Esimerkiksi Euroopan unionin vesipuitedirektiivissä jokien tilan määrittelyssä käytettyjä fysikaalis-kemiallisia laatutekijöitä ovat suolaisuus, pH, happipitoisuus, happamuuden neutraloimiskyky, lämpöolot, ravinnepitoisuus ja lisäksi erikseen yksilöidyt pilaavat aineet (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY: liite V). Tähän tutkimukseen valitut muuttajat ovat pitkälti samoja kuin vesipuitedirektiivissäkin esitetyt. Lisänä ovat kiintoainepitoisuuden määrittely sekä joidenkin liuenneiden alkuaineiden määrän mittaaminen.

Tämä fysikaalis-kemiallisen laadun tutkiminen on yleisesti Euroopassa jokivesien laatu- luokittelussa käytetty menetelmä (Euroopan ympäristökeskus 2003). Samoin Helsingin virtavesien tutkimisessa ja seurannassa fysikaalis-kemiallisen laadun analysointi on ollut perinteisesti vallalla (Risco & Pellikka 2002). Mahdollista on myös tutkia esimerkiksi sellaisia biologisia tekijöitä, joihin veden laadulla on keskeinen vaikutus, kuten selkärangattomia pohjaeläimiä tai leviä (Euroopan ympäristökeskus 2003; esim. Vuori 1993; Laine ym. 2003; Räsänen ym. 2003). Tällaisia menetelmiä on kehitetty Helsingissäkin purotutkimuksessa. Risco ja Pellikka (2002) ovat selvittäneet, kuinka purojen veden laatua voidaan selvittää niiden piilevyhteisöjä tutkimalla. Menetelmää on kokeiltu hyvin tuloksin kuudessa Helsingin purossa.

Seuraavassa esitellään tähän tutkimukseen valittuja veden laadun muuttajia ja niihin vaikuttavia tekijöitä.

Kiintoainepitoisuus

Kiintoaine kulkee virtaavissa vesissä joko suspensiona tai pohjaa pitkin liukumalla ja vierimällä (Seuna & Vehviläinen 1986). Veden kiintoainepitoisuudella tarkoitetaan yleensä kaikkea suspensiossa olevaa ainetta (*suspended solids*, SS), joka jää suodatuksessa 0,45µm -huokoskokoiselle suodattimelle (vrt. Haapala & Eurén 1991; SFS-EN 872 1996). Pohjaa pitkin kulkeutuvan aineen määrä on yleensä suspensiossa kulkeutuvaa vähäisempi, tavallisesti vähemmän kuin 5-10 % kokonaiskuljetuksesta (Allan 1995).

Kiintoaine koostuu mineraaliaineksesta sekä orgaanisesta aineksesta. Orgaaninen kiintoaine on pääosin kuollutta orgaanista ainesta eli detritusta ja sen mukana kulkeutuvia mikrobeja, leviä ja planktonia (Petts & Foster 1985).

Valuma-alueen eroosioherkkyyteen ja siten myös veden mukana kulkevan kiintoaineen määrään vaikuttavat valuma-alueen ominaisuudet: maa- ja kallioperä, topografia sekä kasvipeitteen määrä ja laatu. Uoman eroosioherkkyys, kuten pohjamateriaali ja jyrkkyys vaikuttavat samoin veden ainekuljetukseen (Strahler & Strahler 2002). Kiintoainepitoisuutta lisäävät valuma-alueella tapahtuvat maanpintaa rikkovat toiminnot, esimerkiksi maa- ja metsätalous sekä turvetuotanto. Kaupunkialueilla veden suuret kiintoainepitoisuudet voivat johtua esimerkiksi rakennustyömaista (Kotola 2003; Ruth 2004) ja muusta maan kaivamisesta ja muokkauksesta, pölyn ja muun kiintoaineen kertymisestä pinnoille ja huuhtoutumisesta vesistöihin sateen mukana (first flush -ilmiö), tai itse purouman voimakkaasta eroosiosta (Lazaro 1990; Ferguson 1998).

Veden mukana kulkeutuvan kiintoaineen määrä ja laatu riippuu voimakkaasti virtaamasta. Virtaaman kasvaessa kiintoainekuljetus lisääntyy (Seuna & Vehviläinen 1986). Tulvajaksojen aikana suurimmat kiintoainepitoisuudet havaitaan usein heti tulvatilanteiden alussa (Tikkanen ym. 1985; Tikkanen 1990). Ilmiötä kutsutaan positiiviseksi hystereesiksi. Hystereesi voi olla myös negatiivinen, jolloin kiintoainepitoisuudet ovat suurimpia tulvan laskuvaiheessa. Pienillä puroilla hystereesi on yleensä positiivinen. Suuremmissa virtavesissä tilanne voi olla päinvastainen; esimerkiksi Valkaman (2006) tutkimuksessa Vantaanjoen kiintoainepitoisuuden riippuvuutta virtaamasta kuvasi negatiivinen hystereesi. Kiintoainepitoisuuden vaihtelu vuodenaikojen mukaan on myös huomattavaa. Pitoisuudet ovat yleensä talvella pienempiä kuin muulloin ja suuria keväällä kevättulvan alun yhteydessä (Tikkanen ym. 1985).

Liunneen aineen määrä ja sähkönjohtavuus

Veteen liunneiden aineiden kokonaismäärään (*total dissolved solids*, TDS) lasketaan yleensä läpimitaltaan 0,45 µm pienemmät hiukkaset. Nämä liunneet aineet voivat olla ioneja, komplekseja tai molekyyliä. Myös virukset ovat usein tätä pienempiä ja lasketaan siten liunneen aineen määrään (Piispanen 1991, 1997). Veden sähkönjohtavuus puolestaan kuvaa vedessä olevien elektrolyyttien eli ionimuodossa olevien liunneiden aineiden määrää (Lahermo ym. 1996). Sähkönjohtavuus (mS/m) ja liunneiden aineiden kokonais-

määrä (mg/l) ovat suoraan verrannollisia keskenään (Lahermo ym. 1996; Piispanen 1997). Empiirisesti määritetty kerroin on Lahermon ym. (1996) tutkimuksen mukaan Ca-HCO_3^- -valtaisille vesille 7,5. Allan (1995) ja Piispanen (1997) esittävät muuntokertoimen vaihtelevan välillä 5,5–7,5 sijainnista ja olosuhteista riippuen.

Liuenneiden aineiden määrään vaikuttavat mm. valuma-alueen pinnanmuodot, maaperän maalajisuhteet ja hienon aineksen määrä sekä kallioperän kivilaji ja rakenne. Liunneen aineen pitoisuus vedessä vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Sääolosuhteet, erityisesti sadanta vaikuttaa pitoisuuteen voimakkaasti. Rankkasateiden aikaan pitoisuus voi muuttua nopeastikin. Liunneiden aineiden pitoisuus on yleensä kääntäen verrannollinen virtaamaan. Pitoisuus on yleensä suurin pienen virtaaman aikana sekä heti tulvajaksojen ja voimakkaan virtaaman jakson alussa ja laskee silloin kun virtaamat ovat suuria (Tikkanen 1990, 1999; Ruth 2004).

Ihmisen vaikutus lisää liunneiden aineiden määrää vedessä. Esimerkiksi teiden suolaus (Ruth 2003), jätevedet, maatalous ja soiden tai metsien ojitus lisäävät vedessä liunneena olevien aineiden määrää (Lahermo ym. 1996).

Lahermon ym. (1996: 31) tutkimuksessa Suomen purovesien sähkönjohtavuus oli keskimäärin 6,9 mS/m, ja suurin osa (90 %) näytteistä oli välillä 2–22 mS/m. Uudenmaan runsassavisilla alueilla sähkönjohtavuus oli kuitenkin enimmillään 50–60 mS/m.

Sameus ja väriluku

Vesi ja siinä liettyneenä olevat hiukkaset sirottavat itseensä osunutta valoa, joka tämän jälkeen absorboituu. Sameus kuvaa valon aallonpituudesta riippumattoman absorptio määrää, joten vesi ei varsinaisesti näytä värilliseltä vaan vähemmän läpinäkyvältä. Väri-luvun ilmaisema valon absorptio koskee sen sijaan vain tiettyjä aallonpituuksia, jolloin vesi näyttää värilliseltä. Veden sameus kuvaa, kuinka paljon siinä on suspendoituneita ja kolloidisia aineita (Piispanen 1997). Tämä samentava aine voi olla esimerkiksi liettyntä mineraaliainesta, raudan ja alumiinin hydroksideja, kuollutta orgaanista ainesta tai bakteereja ja planktonia (Fresenius ym. 1988: 31). Rehevöitymisen aiheuttama kasviplanktonin lisääntyminen ja niinkutsuttu leväkukinta samentaa vettä (Piispanen 1997). Sameutta voidaan määrittää useilla eri tavoilla. Tässä tutkimuksessa sameus on

mitattu optisella sameusmittarilla (taulukko 3), ja tulokset on ilmoitettu FTU-yksikköinä (Formazine Turbidity Unit).

Veden väriluku kertoo kuinka paljon vedessä on liuenneita ja kolloidisia orgaanisia aineita. Jos vesi on kovin humuspitoista, vesi on ruskehtavaa ja väriluku on korkea. Tällaisissa vesissä on usein myös paljon rautaa, mikä samaten kohottaa veden värilukua. Myös suuret alumiini-, mangaani- ja nitraattipitoisuudet lisäävät värilukua. Suomen purovesissä väriluku on tyypillisesti välillä 15–300 mg/l Pt (Lahermo ym. 1996). Niemen (1984) mukaan väriluku on yhteydessä veden kemialliseen hapenkulutukseen.

pH

Veden happamuuden aiheuttavat H^+ -ionit. Happamuus ilmaistaan käyttämällä pH-arvoa, joka on H^+ -ionien konsentraatiosta otetun logaritmin vastaluku.

Purovesien happamuuteen vaikuttavat valuma-alueen maa- ja kallioperä sekä kasvillisuus, samoin sadeveden määrä ja laatu sekä ihmistoiminta alueella. Happamuutta aiheuttavat esimerkiksi humuksesta peräisin olevat fulvo- ja humushapot sekä humiinit. Myös hiilidioksidin liukeneminen ilmasta veteen ja hiilihapon muodostuminen vaikuttaa luontaisesti veden happamuuteen (Lahermo ym. 1996). Ihmisen aiheuttamaa kuormitusta ovat ilman kautta vesiin saapuvat rikki- ja typpihappo. Näiden vaikutuksesta vesissä on SO_4^{2-} ja NO_3^- -ioneja.

Veden pH-arvo on yhteydessä vedessä tapahtuvaan biologiseen toimintaan. Runsas biologinen tuotanto voi nostaa pH:ta. Yhteyttäminen kuluttaa vedestä hiilidioksidia tai vastavasti bikarbonaatti-ioneita, alkuperäisestä pH:sta riippuen. Tämä vähentää vedessä olevien H^+ -ionien määrää, jolloin veden happamuus vähenee eli pH-arvo nousee (Lampert & Sommer 1997: 38).

Suomen purovesien pH-arvot vaihtelevat yleensä välillä 4,7–6,6, mediaani on 5,91 (Lahermo ym. 1996: 32–33).

Alkaliteetti

Alkaliteetti kuvaa veden kykyä vastustaa happamoitumista, eli se on tiettyssä happamuusasteessa emäksinä toimivien aineiden konsentraatio (mmol/l) (Piispanen 1991; Virkanen

2003). Alkaliteetin aiheuttaa pääasiassa bikarbonaatti eli vetykarbonaatti HCO_3^- sekä karbonaatti CO_3^{2-} . Näiden lisäksi alkaliteettiin vaikuttavat muut liuenneet ja kolloidiset aineet, esimerkiksi piihappo, boorihappo, kolloidiset alumiini- ja rautahydroksidit sekä humusyhdisteet. Niiden vaikutus on kuitenkin karbonaatteihin verrattuna pieni (Piispanen 1991; Lahermo ym. 1996: 33).

Tämän puskurisysteemin varsinainen aiheuttaja on hiilidioksidi CO_2 , joka veteen liuetaessaan muodostaa hiilihappoa H_2CO_3 . Hiilihappo dissosioituu muodostaen bikarbonaattia HCO_3^- sekä karbonaattia CO_3^{2-} , jotka siis toimivat emäksinä. Hiilidioksidin, bikarbonaatin ja karbonaatin määrien suhde riippuu veden pH:sta (Piispanen 1991).

Jos veden pH on 4,5–8,0, alkaliteetin muodostaa lähinnä bikarbonaatti-ioni. Karbonaatti-ioneja esiintyy lähinnä vain vesissä, joiden pH on yli 8,3. Kun pH laskee alle 4,3:n, vetykarbonaatitkin ovat hajonneet hiilidioksidiksi ja vedeksi (Lahermo ym. 1996: 33–34). Tässä tutkimuksessa on määritetty kokonais- ja yhdistelmäalkaliteetti, joka sisältää sekä bikarbonaatin että karbonaatin aiheuttaman alkaliteetin.

Suomen purovesien alkaliteetti on Lahermon ym. (1996) tutkimusten mukaan useimmin 0,01–1,00 mmol/l, mediaanina 0,20 mmol/l ja keskiarvo 0,30 mmol/l. Ruthin (2004) tutkimien Helsingin kaupunkipurojen alkaliteetti oli keskimäärin 1,17–2,05 mmol/l. Alkaliteettiin vaikuttavat maa- ja kallioperä. Esimerkiksi runsassavisilla alueilla Suomen etelä- ja lounaisosissa on paljon alkaliteettia lisäävää vetykarbonaattia. Alkaliteettia kohottavat asutuksen ja maatalouden päästöt (Lahermo ym. 1996).

Happipitoisuus ja hapen kulutus (COD_{Mn} , BOD)

Veteen liukenee happea ilmasta. Puhtaaseen veteen liukenevan hapen määrä riippuu lämpötilasta ja paineesta. Esimerkiksi lämpötilan ollessa 0 °C, hapen suhteen kylläisessä vedessä on 14,2 mg/l happea. Jos lämpötila on +15 °C, happea voi olla liuenneena 9,8 mg/l. Näin ollen lämpötilanvaihtelun seurauksena hapen konsentraatio vedessä muuttuu joka tapauksessa vuodenaikojen mukaan. Hapen pitoisuus voidaan ilmoittaa myös prosentteina täysin kylläisestä tilasta. Pienissä ja pyörteisesti virtaavissa puroissa veden happipitoisuus on usein lähellä kyllästystilaa, sillä hapen vaihto ilman kanssa on helppoa. Suuremmissa ja rauhallisemmin virtaavissa vesissä biologinen aktiivisuus voi muuttaa happipitoisuutta suurestikin (Allan 1995: 24–25).

Hapen pitoisuuteen vaikuttavat pääasialliset prosessit ovat fotosynteesi ja hengitys, sekä orgaanisten aineiden hajoaminen. Jos biologinen tuotanto vedessä on voimakasta, hapen määrä vedessä lisääntyy. Toisaalta jos vedessä on runsaasti hajotettavia orgaanisia aineita, mikrobitoiminta käyttää happea ja siten happipitoisuus pienenee (Allan 1995). Veden biokemiallinen hapen kulutus BOD_7 (*biological oxygen demand*) kuvaa juuri tämän vedessä olevan orgaanisen ja biologisen aineksen määrää, joka hajotessaan kuluttaa happea (SFS 3019 1979). BOD_7 -arvot voivat olla puhtaalla vedellä <5 mg/l, jätevesillä 20–90 mg/l (Piispanen 1997: 29).

Veden kemiallinen hapenkulutus (*chemical oxygen demand*) kuvaa hapettumiskykyisten orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden kokonaismäärää vedessä (Lahermo ym. 1996). Se ilmoitetaan COD_{Mn} -luvulla, joka tarkoittaa kemiallista hapen kulutusta kun näyte on hapeitettu permanganaatilla (mg O_2 /l). Usein käytetään myös $KMnO_4$ -lukua, joka tarkoittaa samaa arvoa ilmoitettuna kaliumpermanganaattiliuoksen määränä. $KMnO_4$ -luku on $3,95 * COD_{Mn}$ (SFS 3036 1981). Tyypillisiä $KMnO_4$ -lukuja Suomen puroissa ovat 10–120 mg/l (Lahermo ym. 1996). COD_{Mn} -arvona tämä vastaa 2,6–30 mg/l.

Liuenneet ionimuotoiset aineet

Liuenneiden aineiden määrä vedessä riippuu mm. ympäröivän kallioperän ja maaperän kivilaji- ja raekoostumuksesta ja vedenjohtavuudesta, orgaanisen aineksen määrästä maaperässä, kasvipeitteestä, sadeveden määrästä ja laadusta sekä virtaavan veden iästä, lämpötilasta ja happamuudesta. Ihmisen aiheuttamia tekijöitä ovat mm. valuma-alueen maankäyttö, likaantuminen ja päästöt (Lahermo ym. 1996; Piispanen 1997: 47).

Vedessä runsaimmin esiintyviä liuenneita aineita ovat kationeista Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ja K^+ , anioneista puolestaan bikarbonaatti HCO_3^- , Cl^- , sulfaatti SO_4^{2-} , nitraatti NO_3^- ja fosfaatti PO_4^{3-} . Näitä vedessä runsaimmin esiintyviä yhdisteitä kutsutaan pääkomponenteiksi, joista jokaisen pitoisuus vedessä ylittää 1 mg/l. Sivukomponenttien pitoisuus on 0,1–1 mg/l, ja niihin kuuluu mm. ammonium NH_4^+ (Piispanen 1997: 49–50). Suomen purovesissä tärkeimmät komponentit ovat Ca^{2+} ja HCO_3^- (Lahermo ym. 1996).

Yksittäisten liuenneiden aineiden pitoisuudet vaihtelevat vuodenajoin, samoin kuin liuenneiden aineiden kokonaismäärä TDS. Suurimmillaan ne ovat kevättalvella ennen lu-

mien sulamista. Sulamis- ja sadevedet laimentavat pitoisuuksia, jotka ovat yleensä kääntäen verrannollisia vesimäärän vaihteluihin (Lahermo ym. 1996: 22; Ruth 2004). Tässä on kuitenkin ainekohtaista vaihtelua.

Fluoridi poikkeaa yleensä pitoisuudeltaan muiden liuenneiden aineiden määrästä. Fluoridin määrä purovesissä riippuu lähinnä kallio- ja maaperän fluoripitoisten mineraalien määrästä. Kivilajeista eniten fluoria on rapakivigraniiteissa, mistä johtuen esimerkiksi Kaakkois-Suomessa Viipurin rapakivibatoliitin alueella pitoisuus on purovesissäkin huomattavan suuri, enimmillään 1,5–2,0 mg/l. Tavallisesti Suomen purovesissä on fluoridia 0,025–0,5 mg/l, keskiarvona 0,13 mg/l (Lahermo ym. 1996).

Kloridia tulee purovesiin mineraalien rapautuessa (Ferguson 1998). Sitä on suhteellisen runsaasti erityisesti rannikoiden lähellä virtaavissa joissa, jolloin se on peräisin meren suoloista (Lahermo ym. 1996; Piispanen 1997). Merellinen vaikutus välittyy purovesiin sekä sadeveden että valuma-alueen maa- ja kallioperän kautta. Esimerkiksi Suomen rannikoiden valuma-alueet ovat olleet Itämeren eri vaiheissa meren peitossa, joten niiden maaperässä on hienorakeisia pohjasedimenttejä ja näiden huokosvedessä meren jäännösuoloja (Lahermo ym. 1996). Ihmisen vaikutuksesta kloridipitoisuus vesissä on kasvanut. Arvion mukaan noin 30 % jokivesien kloridista on antropogeenistä (Berner & Berner 1996). Tämä kloridi on peräisin tiesuoloista, kaatopaikoilta sekä yhdyskuntajätevesistä. Kloridi ei osallistu mainittavasti mihinkään reaktioihin, joiden kautta sitä poistuisi vedestä (Piispanen 1997). Kasvit tarvitsevat jonkin verran klorideja, mutta liiallisessa määrin se estää kasvua ja aiheuttaa kasveille myrkytystilan (Lahermo ym. 1996). Suomen purovesissä kloridia on keskimäärin 3,5 mg/l, ja pitoisuus vaihtelee yleisimmin välillä 0,5–15 mg/l. Rannikkoseudulla kloridia on usein tätä enemmän, 20–50 mg/l (Lahermo ym. 1996).

Natriumia samoin kuin kloridia on purovesissä runsaasti rannikoiden lähellä. Lähteenä tähän toimivat savi- ja silttikerrosten reliktiset meriveden suolat sekä sateen ja kuivalaskeuman ilman kautta saapuva merisuola (Lahermo ym. 1996). Samoista lähteistä johtuen natriumin pitoisuus on yleensä yhteydessä kloridipitoisuuteen (Allan 1995: 28–29). Natriumia vapautuu jonkin verran myös silikaattien kuten plagioklaasin rapautuessa (Lahermo ym. 1996; Piispanen 1997). Tiesuolaus lisää natriumin kuten kloridinkin määrää vesistöissä. Natriumia joutuu vesistöihin myös teollisuus- ja yhdyskuntajätteistä, sekä mm. paperi-, virvoitusjuoma- ja saippuateollisuudesta (Piispanen 1997).

Veteen liuenneesta kaliumista suurin osa eli 90 % on silikaattien rapautumistuotteita. Kaliumin lähteinä toimivat kallio- ja maaperässä esimerkiksi maasälvät ja kiilteet (Allan 1995; Piispanen 1997). Vedessä olevasta kaliumista vain noin 15 % on liuenneena, loppuosa on sitoutuneena kiintoaineeseen (Piispanen 1997: 192). Tämä johtuu siitä, että K^+ -ionilla on taipumus pidäytyä savimineraaleihin, alumiini-, rauta- ja mangaanisaostumiin sekä myös humusainekseen (Lahermo ym. 1996). Kalium on tärkeä kasviravinne. Kaliumin vähäinen pitoisuus vesissä kasvukauden aikana selittyy sillä, että kasvit käyttävät silloin suuren osa mineraaleista rapautuvasta kaliumista (Lahermo ym. 1996; Piispanen 1997). Kaliumia on vesissä yleensä runsaasti silloin kun virtaama on runsas, sillä se myös mobilisoituu savimineraaleista ja kasveista herkästi (Piispanen 1997: 192). Kaliumia päätyy vesiin myös lannoitteista ja jätevesistä. Kaliumin tyypilliset pitoisuudet Suomen purovesissä ovat välillä 0,24–4,0 mg/l, keskiarvo 1,2 mg/l. Lounais- ja Etelä-Suomen rannikkoalueilla pitoisuudet ovat yleensä suurempia, 2,5–6,0 mg/l. Tämä johtuu rannikoilla olevista Itämeren postglasiaalikauden savi- ja silttikerrostumista (Lahermo ym. 1996).

Kalsium on luonnonvesissä runsaimmin esiintyvä kationi (Lahermo ym. 1996). Se on yleisesti pääosin lähtöisin mineraalien kuten kalsiitin, dolomiitin tai Ca-valtaisen plagioklaasin rapautumisesta (Piispanen 1997). Kalsiumia päätyy vesiin myös savi- ja silttikerrostumista (Lahermo ym. 1996). Bernerin ja Bernerin (1996) mukaan ihmisen vaikutusta on vain noin 9 % kalsiumista. Kalsium on maassa humus- ja rikastumiskerroksessa tärkeä vaihtuva kationi. Sillä on merkityksensä myös happamoitumisen estämisessä. Niinpä peltoja kalkitaan ensisijaisesti happamuuden vähentämiseksi, sillä kasvinravinteeksi kalsiumia on maaperässä riittävästi (Hartikainen 1992; Lahermo ym. 1996). Pieni määrä eteläisen Suomen kalsiumista on peräisin kuiva- ja märkälasseumasta, jonka lähteenä ovat mm. Koillis-Viron ja Pietarin alueen palavakivi- ja sementtiteollisuus. Purovesien tyypilliset kalsiumpitoisuudet ovat Lahermon ym. (1996: 58) tutkimuksen mukaan 1,7–18 mg/l, keskiarvona 6,1 mg/l.

Magnesiumia päätyy vesiin mineraalien rapautumisesta. Sitä on helposti vapautuvassa muodossa mm. dolomiitissa ja magnesiitissa, ja samoin sitä vapautuu tummien runsas-magnesiumisten mafisten mineraalien rapautuessa (Lahermo 1996; Piispanen 1997). Arvion mukaan noin 8 % vesien magnesiumista on antropogeenistä (Berner & Berner

1996). Suomen purovesissä magnesiumia on tavallisesti 0,6–7,0 mg/l, keskimäärin 2,25 mg/l. Suurimpia pitoisuuksia on Lounais-Suomen ja Uudenmaan rannikoilla, joissa osa vesien magnesiumista on lähtöisin merellisistä savisedimenteistä (Lahermo ym. 1996).

Sulfaatin luontainen lähde ovat maa- ja kallioperän rikkiä sisältävät mineraalit. Erityisen paljon rikkiä on Suomessa Satakunnan ja Keski-Pohjanmaan rannikoiden happamissa sulfaattimaissa, jotka ovat Litorinameren savi- ja silttikerrostumia (Lahermo ym. 1996). Ilmaperäinen ihmisen aiheuttama rikkilaskeuma on teollistuneilla alueilla merkittävä rikin lähde, ja tämä laskeumaperäinen sulfaatti on yksi luonnonvesien happamoitumisen indikaattoriyhdisteistä (Lahermo ym. 1996: 39). Sulfaattia voi joutua vesistöihin myös lannoitteista, samoin kaivosten jätekasojen valuvesistä ja jätevesistä (Allan 1995; Lahermo ym. 1996). Purovesien sulfaattipitoisuuksien keskiarvo on Suomessa 7,7 mg/l, vaihtelu tavallisesti välillä 1,0–35 mg/l. Rannikkovyöhykkeellä pitoisuudet ovat suurempia kuin muualla maassa (Lahermo ym. 1996). Sulfaattipitoisuus on yleensä kääntäen verrannollinen bikarbonaattipitoisuuteen verrattuna, varsinkin alueilla joilla alkaliteetti on pieni (Allan 1995: 29).

Purovesissä runsaimmin esiintyviä kationeja Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ja K^+ voidaan kutsua emäskationeiksi, sillä maan ioninvaihtokomplekseissa saveksessa, humuksessa ja mineraaleissa ne voivat korvautua H^+ -ioneilla. Näitä emäskationeja vapautuu ioninvaihtopaikoilta veteen happaman kuormituksen seurauksena. Näin ollen niiden runsaus maa- ja purovedessä voi olla merkki valuma-alueen happamoitumisesta (Lahermo ym. 1996: 32).

Ravinteet

Tärkeimmät ravinteet vesien tuotannon ja rehevöitymisen kannalta ovat typpi ja fosfori (Malmqvist 1983). Toinen niistä on yleensä minimiravinne, joka pääasiallisesti määrää levien ja kasviplanktonin tuotantokyvyn. Pintavesissä se on usein fosfori, sillä muita ravinteita on yleensä riittävästi (Malmqvist 1983; Lahermo ym. 1996). Ruthin (2004) tutkimuksen mukaan näin on useimmiten myös Helsingin puroissa. Tilanne vaihtelee kuitenkin riippuen puron virtaamasta. Tulvatilanteissa rajoittava ravinne voi olla typpi, muulloin yleensä fosfori (Ruth 2004). Käytännössä biologisen tuotannon suuruuteen vaikuttavat useat kasvutekijät yhdessä (Salonen ym. 1992).

Typpiä on vesistöissä useissa muodoissa. Se voi olla liuenneena molekuläärisenä typpenä (N_2), liuenneina epäorgaanisina muotoina ammoniumina (NH_4^+), nitraattina (NO_3^-) ja nitriittinä (NO_2^-), liuenneena orgaanisena typpenä (mm. aminohapot, urea), tai kiintoaineseen sitoutuneena hiukkasmaisena orgaanisena typpenä (Visuri & Heikkinen 1990; Salonen ym. 1992). Pääosa vedessä olevasta tpestä kulkeutuu sitoutuneena orgaanisiin yhdisteisiin. Niinpä typen kokonaispitoisuus on suurempi kuin pelkkä nitraatin tai ammoniumin määrä antaa olettaa (Lahermo ym. 1996). Nämä epäorgaaniset typpi-yhdisteet ovat kuitenkin esimerkiksi levien ravinteiksi suoraan käytettävissä.

Typen eri muodot muuttuvat sopivissa olosuhteissa ja mm. mikrobien vaikutuksesta toisikseen (esim. Seppänen 1986; Allan 1995). Mikrobien hajottaessa kasveja syntyy ammoniakkia NH_3 , joka muuttuu NH_4^+ -ioniksi. Ammonium (NH_4^+) on kasveille käyttökelpoista, joten sen pitoisuudet vesissä ovat yleensä pieniä (Lahermo ym. 1996). Ammonium hapettuu nitrifikaatioreaktioissa nitriitiksi (NO_2^-) ja nitraatiksi (NO_3^-). Nitraatit voivat pelkistyä takaisin alemmille hapetusasteille, myös takaisin kaasumuotoon typpioksidiksi ja typeksi, jos ympäristö on pelkistävä ja läsnä on katalysoivia bakteereja (Lahermo ym. 1996). Typen liikkumiseen vesistöissä vaikuttavat typpilaskeuman määrä, sateisuus, lämpötila ja kasvukauden vaihe (Sandborg 1993, lain. Lahermo ym. 1996: 50).

Pääosa vesien typestä on Lahermon ym. (1996) mukaan peräisin ilmasta (N_2 , NO, NO_2 , NH_3). Mineraalien ja kivilajien rapautuminen on tähän verrattuna hyvin vähäinen lähde. Valuma-alueelle typpi päätyy eri muodoissaan märkä- ja kuivalaskeumana, orgaanisen aineksen hajotessa maassa, sekä lannoitteista ja yhdyskuntajätevesistä (Lahermo ym. 1996). Erityisesti kaupungeissa korostuu eläinten jätösten ja liikenteen merkitys typpi-päästöjen aiheuttajana, yleisesti vaikuttavien sateen ja laskeuman ohella (Kotola & Nurminen 2003a). Eroosiolla, korroosiolla ja rapautumisella on näissä hulevesistä tehdyissä tutkimuksissa vain vähäinen merkitys typen lähteinä (Malmqvist 1983; Randall & Grizzard 1983, lain Kotola & Nurminen 2003a; Svensson & Malmqvist 1995, lain. Kotola & Nurminen 2003a). Muilla asutuilla alueilla kuin kaupungeissa maatalous on yleisesti suurin typpikuormittaja (Lahermo ym. 1996).

Nitraattitypen pitoisuus Suomen purovesissä on tavallisimmin välillä 0,2–3,0 mg/l, näytteidien keskiarvon ollessa 0,86 mg/l. Suurimpia pitoisuudet ovat rannikoilla tiheään asutuksen ja maatalouden alueilla. Suomen purovesien tilan kartoituksessa suuria nitraattipitoi-

suuksia (5–6 mg/l) havaittiin mm. savivaltaisilla valuma-alueilla Uudenmaan läänissä (Lahermo ym.1996).

Fosforia on vesissä liuenneina epäorgaanisina fosfaatteina (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} ja PO_4^{3-}), liuenneina tai kolloidisina orgaanisina fosforiyhdisteinä ja kiintoaineessa sitoutuneena humus- ja savespartikkeleihin (Salonen ym. 1992: 12; Lahermo ym. 1996). Tässä tutkimuksessa on määritetty sekä fosfaattifosforin että kokonaisfosforin määrä.

Fosforia tulee vesiin kuiva- ja märkälasseumana ilmasta, valuma-alueelta huuhtoutuen sekä myös jossain määrin pohjasedimentin fosforivarastoista (Salonen ym. 1992). Suurin vesistöjen fosforikuormittaja on maatalous ja fosforipitoisten lannoitteiden käyttö. Maatalousalueiden ulkopuolella avohakkuut ja metsämaan ojitus tuovat oman lisänsä fosforimäärään (Lahermo ym. 1996). Myös asutuksen ja teollisuuden jätevedet lisäävät fosforin määrää vesissä (Malmqvist 1983; Lahermo ym. 1996). Kaupunkialueilla ja hulevesissä fosforin määrään vaikuttavat koirien ja lintujen jätökset (Malmqvist 1983; Svensson & Malmqvist 1995, lain. Kotola & Nurminen 2003a; Ruth 2004). Laskeuma on fosforin lähde tietysti myös taajama-alueilla, mutta sen lisäksi orgaaniset jätteet kaduilla, samoin kuin liikenteen päästöt lisäävät fosforin määrää (Malmqvist 1983).

Suomen purovesissä fosfaattipitoisuudet sijoittuvat tyypillisesti 0,01–0,4 mg/l välille, keskiarvona 0,07 mg/l. Suurimpia pitoisuudet ovat intensiivisen maatalouden alueilla (Lahermo ym. 1996).

Kaupunkialueilla ravinteita joutuu purovesiin myös viemärijärjestelmien ongelmatilanteissa (Ferguson 1998). Runsaiden sateiden aikana yhdyskuntajätevesiä saattaa joutua viemäreistä purouomiin rajallisen käsittelykapasiteetin ja ylivuotojen takia (esim. Ahola 2004; Uudenmaan ympäristökeskus 2004). Tulvatilanteissa ravinteita huuhtoutuu vesiin runsaasti myös siksi, että veden alle joutuu maita, jotka ovat tavanomaisesti vedenpinnan yläpuolella (Uudenmaan ympäristökeskus 2004).

Sekä fosforin että typen määrä vaihtelee purovesissä yhdessä virtaaman kanssa. Korrelaatiota on havaittu myös vedessä olevan kiintoaineen ja ravinnemäärän välillä (Salonen ym. 1992). Esimerkiksi Tikkasen (1990) tutkimuksen mukaan fosforin määrä on läheisessä yhteydessä kiintoaineen määrän vaihteluun.

Veden hygieeninen laatu

Veden hygieenistä laatua ilmentää siinä olevien indikaattoribakteerien määrä. Nämä bakteerit elävät tavallisesti ihmisen ja muiden tasalämpöisten eläinten suolistossa. Vesistöissä esiintyessään ne kertovat ulosteperäisestä saastutuksesta. Täten indikaattoribakteerien määrä kertoo myös sairastumisriskistä (Ferguson 1998; Kotola & Nurminen 2003a), sillä samalla näiden normaalien suolistobakteerien kanssa veteen on voinut kulkeutua myös tauteja aiheuttavia organismeja (Niemi ym. 1996).

Indikaattoribakteereina käytetään yleisimmin suolistoperäisiä enterokokkeja (aiemmalta nimeltään fekaalisia streptokokkeja) ja lämpökestoisia koliformisia bakteereja. Esimerkiksi vesien yleisessä käyttökelpoisuusluokituksessa hygienian indikaattoribakteereina ovat edellä mainitut (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Mahdollista on myös määrittää koliformisten bakteereiden kokonaismäärä. Koliformisista bakteereista tärkein on *Escherichia coli* (Niemi ym. 1996). Vesistöjen muihin taudinaiheuttajiin kuuluvat esimerkiksi stafylokokit, joiden määrää voi myös käyttää sairastumisriskin mittaamisessa (Niemi & Niemi 1988). Tässä tutkimuksessa määritettiin *Escherichia coli* -bakteerien sekä suolistoperäisten enterokokkien määrä (SFS-EN ISO 7899-2 2000).

Indikaattoribakteerit voivat kulkeutua veteen esimerkiksi jätevedenpuhdistamoilta, hajakuormituksen kautta tai valumavesien mukana pelloilta (Niemi ym. 1996). Kaupunkien puroissa ja hulevesissä olevien bakteerien lähteenä ovat erityisesti eläinten ulosteet (Malmqvist 1983: 274; Randall & Grizzard 1983, lain. Kotola & Nurminen 2003a). Lisäksi urbaania kuormitusta aiheuttavat jätteiden ja roskien käsittely ja varastointi (Ferguson 1998). Puhdistamattomat jätevedet, joita joutuu vesiin erityisesti tulvatilanteissa ja viemäreiden ylivuototapauksissa, tuovat mukanaan myös bakteereja (esim. US EPA 1999, lain. Kotola & Nurminen 2003a; Ahola 2004). Esimerkkinä tästä on Etelä-Suomessa rankkojen sateiden aikainen tulvatilanne elokuun 2004 alussa, jolloin mm. Vantaanjokeen jouduttiin laskemaan käsittelemättömiä jätevesiä (Uudenmaan ympäristökeskus 2004).

Niemi ym. (1996) tutkimuksessa raportoidaan Suomen jokien ja järvien hygieenisestä laadusta aikavälillä 1963–1993. Suomenlahden rannikkoalueen jokivesissä hygieeninen laatu oli yleisesti ottaen verrattain huono, sillä fekaalisten streptokokkien määrän mediaanit vaihtelivat tutkimusjaksolla välillä 23–380 kpl/100 ml. Lämpökestoisten koli-

formisten bakteerien määrän mediaanit olivat 110–1350 kpl/100 ml, tosin niiden määrässä oli havaittavissa seurannan kuluessa laskeva trendi.

Esimerkiksi tutkittaessa vesistöjen yleistä laatua luokkaan erinomainen pääsevät vedet, joissa fekaalisia kolimuotoisia bakteereja tai fekaalisia streptokokkeja on alle 10 kpl/100 ml (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön päätösten (292/1996, 41/1999) mukaan uimavedeksi hyvin soveltuvat vedet, joissa fekaalisia kolimuotoisia bakteereja on alle 500 kpl/100 ml ja fekaalisia streptokokkeja alle 200 kpl/100 ml.

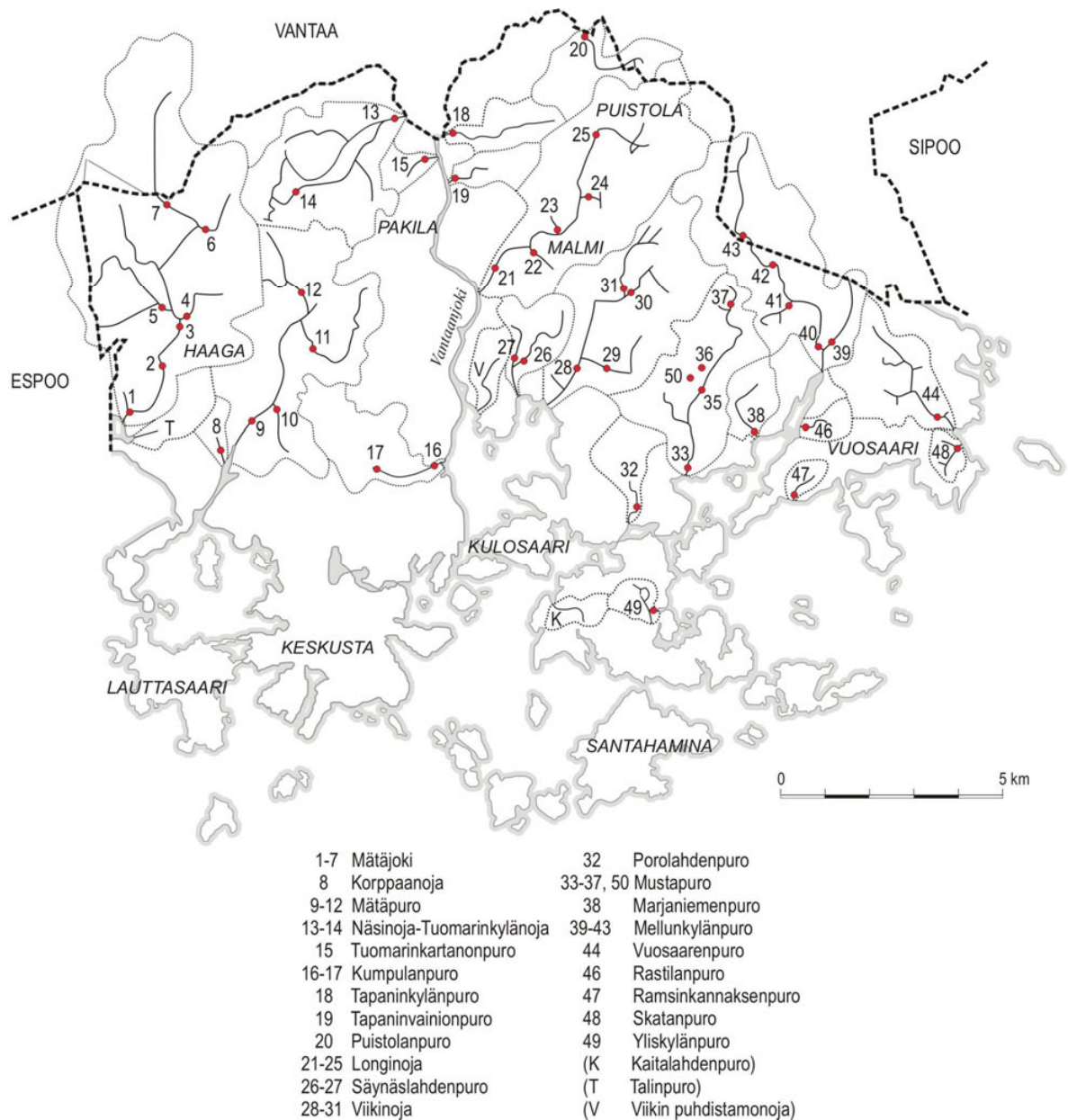
3. Tutkimusalue

3.1 Purot

Tämän tutkimuksen kohteena ovat kaikki Helsingin kaupungin alueella virtaavat purot. Käytännön syistä tutkimuskohdetta on jouduttu rajaamaan niin, että pois on jätetty kaikkein pienimmät purot, joissa vettä virtaa vain ajoittain. Osa puroista on myös suurelta osin putkitettu, jolloin ei ole enää aivan selvää, onko kyse purosta vai sadevesiviemäristä. Lähdeaineistona purojen valinnassa on käytetty vuonna 1987 tehtyä Helsingin purot - selvitystä (Jalava 1987). Silloin havaittiin karttatulkinnan ja maastokäyntien perusteella kaupungissa olevan 24 merkittävää puroa (Jalava 1987: 5-6).

Tutkimuksessa mukana ovat seuraavat purot lännestä itään lueteltuina: Mätäjoki, Korppaanoja, Mätäpuro, Näsinoja-Tuomarinkylänoja, Tuomarinkartanonpuro, Kumpulanpuro, Tapaninkylänpuro, Tapaninvainionpuro, Puistolampuro, Longinoja, Säynäslahdenpuro, Viikinoja, Porolahdenpuro, Mustapuro, Marjaniemenpuro, Mellunkylänpuro, Vuosaa-renpuro, Rastilanpuro, Ramsinkannaksenpuro, Skatanpuro sekä Yliskylänpuro (kuva 1).

Jalavan tutkimuksessa esiintyneet Talinpuro, Viikin puhdistamon oja ja Kaitalahdenpuro jätettiin pois purouomassa tapahtuneiden muutostöiden kuten puron putkituksen tai vähävetisyyden takia.



Kuva 1. Helsingin purot valuma-alueineen sekä purojen vesinäytteiden ottopisteet vuonna 2004 (1-50, numerot 34, 45 ja 49 eivät käytössä). Kirjaintunnuksin merkityistä puroista ei otettu näytteitä. © Helsingin yliopiston maantieteen laitos

Virtaama

Purojen virtaamaa on arvioitu insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:n tekemässä selvityksessä valuma-alueiden koon ja alueen vuotuisen keskivaluman 9 l/s km^2 perusteella (Helsingin purojen... 1993). Näin on saatu keskivirtaama puron suulla. Pienimmälle puroille Ramsinkannaksenpurolle keskivirtaama on 3 l/s , suurimman puron Mätäjoen arvioitu keskivirtaama on 206 l/s (taulukko 1).

Taulukko 1. Tutkittujen purojen valuma-alueiden koko, arvioitu keskivirtaama ja puron vesinäytepisteiden lukumäärä (Helsingin purojen valuma-alueiden ja virtaamien karttatarkastelu (1993); ¹pinta-alat Ruth (2004); ²Ketola (1998)).

Puro	Valuma-alueen koko (km ²)	Keskivirtaama (l/s)	Näytepisteiden lkm
Mätäjoki	22,9 (24,4) ¹	206	7
Korppaanoja	0,7	6	1
Mätäpuro	11,2	101	4
Näsinoja-Tuomarinkylänoja	7,6	68	2
Tuomarinkartanonpuro	0,7	6	1
Kumpulanpuro	5,1	46	2
Tapaninkylänpuro	1,8 (1,9) ¹	16	1
Tapaninvainionpuro	1,3	11	1
Puistolanpuro	3,1	28	1
Longinoja	12,8	115	5
Säynäslahdenpuro	2,1	19	2
Viikinoja	9,3	84	4
Porolahdenpuro	1,5	13	1
Mustapuro	6,7	61	4
Marjaniemenpuro	1,5	14	1
Mellunkylänpuro	yhteensä 12,8 (yht. 9,95 Broändanpuro 0,95) ²	yhteensä 115 (yht. 90, josta pääuoma 81 ja Broändanpuro 8,6)	yhteensä 5, joista 1 Broändanpurossa
Vuosaarenpuro	4,0	36	1
Rastilanpuro	0,7	6	1
Ramsinkannaksenpuro	0,4	3	1
Skatanpuro	0,7	6	1
Yliskylänpuro	0,8	8	1

Purojen virtaaman mittaukset (Ketola 1998; Ruth 1998, 2004) ovat antaneet näistä arvioista poikkeavia tuloksia. Mätäjoen keskivirtaama Pitäjänmäellä oli vuoden mittaisella tutkimusjaksolla 1995–96 129 l/s (Ruth 1998) ja vuonna 1999 260 l/s (Ruth 2004). Näistä aikaisempi tutkimusjakso oli keskimääräistä vuotta huomattavasti vähäsateisempi (vuoden sademäärä 85 % normaalivuodesta), vuoden 1999 sademäärä oli hieman korkeampi, 93 % normaalivuoden sademäärästä.

Mellunkylänpuron laskennallinen keskivirtaama-arvio 115 l/s on laskettu koko valuma-alueelle Broändanpuro mukaanluettuna. Kokeellisia virtaamamittauksia on kuitenkin tehty vain Mellunkylänpuron pääuoman mittapadolta ennen Broändanpuron yhtymäkohtaa. Pelkän pääuoman laskennallinen virtaama-arvio olisi $9 \text{ km}^2 * 9 \text{ l/s km}^2 = 81 \text{ l/s}$, mikäli

käytetään Ketolan (1998) antamaa puron pääuoman valuma-alueen pinta-alaa. Mellunkylänpuron mittauksien perusteella saatu keskivirtaama oli 1995–96 35,7 l/s (Ketola 1998) ja vuonna 1999 74,3 l/s (Ruth 2004). Laskennalliseen arvioon (81 l/s) verrattuna molemmat tulokset olivat pienempiä. Kolmannella aiemmin tutkitulla purolla Tapaninkylänpurolla keskivirtaama oli vuonna 1999 18,4 l/s (Ruth 2004) ja laskennallinen arvio 16 l/s (Helsingin purojen... 1993).

Näin ollen Mellunkylänpurolle laskennallisesti arvioitu keskivirtaama näyttää olevan liian suuri tutkimusvuodesta riippumatta, sen sijaan Mätäjossa virtaama-arvion paikkansapitävyys riippuu enemmän mm. tutkimusjakson toteutuneesta sademäärästä. Kaikkiaan valuma-aluekijöillä on suuri vaikutus siihen, kuinka hyvin edellä esitetyt keskivirtaamarviot vastaavat todellisia virtaamia.

3.2 Valuma-alueet

Tutkimusalueen rajaus Helsingin kaupungin hallinnollisten rajojen mukaan johtuu tutkimuksen toteutuksesta yhteistyössä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kanssa. Osa tutkimuksessa mukana olevista puroista tai niiden valuma-alueista ulottuu myös muiden kaupunkien puolelle, esimerkiksi Mätäjoki Espooseen ja Vantaalle sekä Mellunkylänpuro Vantaalle. Kaikki näytepisteet sijaitsevat kuitenkin Helsingin puolella.

Koko tutkimusalueella kaikkein leimallisinta on rakennetun alueen suuri määrä ja tiivis asutus eli ihmisen suuri vaikutus alueella. Laajasti käsitetyn tutkimusalueen eli koko Helsingin kaupungin maapinta-ala on 186 km². Kaupungin asukasluku oli tutkimusvuoden 2004 alussa 559 330 asukasta. Aukastiheys kaupungin alueella oli keskimäärin 2994 asukasta/km² (Tilastotietoja Helsingistä 2004). Paikallisesti tämä kuitenkin vaihtelee hyvin paljon, mikä vaikuttaa purojenkin tilaan.

Purojen valuma-alueiden koko vaihtelee välillä 0,38–22,9 km² (Helsingin purojen... 1993). Valuma-alueeltaan suurin on Mätäjoki, pienin tutkimuksessa mukana olevista puroista on Ramsinkannaksenpuro (taulukko 1). Eri tutkimuksissa valuma-alueista on esitetty hieman toisistaan poikkeavia rajauksia, joten valuma-alueille saatu pinta-alakin vaihtelee (vrt. Helsingin purojen... 1993; Ketola 1998; Ruth 1998, 2004). Taulukossa 1 on kolmen puron valuma-alueille esitetty eri tutkimusten antamat vaihtoehtoiset pinta-alat. Lisää tietoja

Helsingin purojen valuma-alueista on Elsi Kohon Helsingin yliopiston maantieteen laitokselle tekeillä olevassa pro gradu -työssä.

Ruthin (2004: 28) mukaan valuma-alueiden kallioperän vaikutus Helsingin purojen veden laatuun on vähäinen. Suurempi vaikutus on savikkoisella maaperällä sekä kaupunki-asutuksella. Purouomat ja sivupurot kulkevat pääasiassa savimaalla.

3.3 Näytepisteet

Vesinäytteitä otettiin 48 näytepisteestä (kuva 1). Tavoitteena oli saada kattava kuva jokaisen puron veden laadusta. Pienimmissä puroissa oli vain yksi näytepiste lähellä puron suuta. Suuremmista puroista otettiin vesinäytteitä useammasta kohdasta, sekä pääuomasta että tärkeimmistä sivuhaaroista lähellä laskukohtaa pääuomaan. Eniten näytepisteitä oli Mätäjoessa (7 pistettä), Longinojassa (5) ja Mellunkylänpurossa (5) (taulukko 1).

Näytepisteet valittiin käyttämällä apuna Jalavan tutkimuksen (1987) karttoja ja aineistoa. Tämän tutkimuksen näytteenottoapaikat olivat suurelta osin samat kuin aiemmassakin tutkimuksessa. Näin tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia. Muutamia aiemman tutkimuksen 56 näytepisteestä on jätetty pois tai sijaintia on hieman muutettu, osin juuri uomamuutosten takia. Lisäksi näytteenottoapaikat sovitettiin yhteen Helsingin ympäristökeskuksen purojen veden laadun seurannan näytepisteiden kanssa aina kun se oli mahdollista, jotta tuloksia voi vertailla.

Näytteenottoapisteiden lukumäärää rajoittivat käytännön tekijät. Näytteet piti pystyä ottamaan mahdollisimman lyhyessä ajassa, jotta eri pisteistä saadut veden laadun tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia. Kunkin näytteenottojakson kestoksi tuli näin kolme päivää. Vaikka optimaalisimman tuloksen olisivat antaneet tätäkin lyhyemmät ja tiiviimmät näytteenottojaksot, silloin mukaan ei olisi saatu riittävän montaa näytepistettä yleiskuvan saamisen kannalta. Omalta osaltaan näytepisteiden pienipiirteisempään sijoitteluun vaikutti sijainti helposti saavutettavassa paikassa. Esimerkiksi käy Mustapuron sivuhaara, joka Jalavan raportin kartan mukaan sijaitsee Itäväylän ja metroradan välissä. Tästä sivuhaarasta oli tarkoitus ottaa vesinäytteet, mutta paikan päällä tarkasteltuna uoman oletettu sijainti oli saavuttamattomissa.

4. Näytteenotto

Vesinäytteet tutkimusta varten otettiin vuoden 2004 aikana, neljä kertaa vuodessa jokaiselta näytepisteeltä. Jokainen näytteenottojakso kesti kolme päivää. Eri näytepisteiden välinen näytteenottojärjestys vaihteli hieman näytteenottojaksojen välillä. Pääperiaatteena oli ottaa näytteet kaikilta yhden puron näytepisteiltä saman päivän aikana, mieluiten peräkkäin, jotteivät näytteenottojakson aikana mahdollisesti muuttuvat sääolosuhteet vaikuttaisi suuresti tulosten vertailtavuuteen. Enimmillään päivässä ehdittiin ottaa 22 näytettä. Näytteenotto aloitettiin aamulla, useimpina päivinä kuuden ja seitsemän välillä, ja lopetettiin päivällä viimeistään puoli kolmeen mennessä. Näytteet tuli säilyttää kuljetuksen ajan viileänä ja suojassa auringonpaisteelta (Mäkelä ym. 1992). Tästä syystä kesällä näytteenotto lopetettiin päivällä jo yhdentoista ja kahdentoista välillä lämpimimmän vuorokaudenajan välttämiseksi. Talvella huolehdittiin, etteivät näytteet päässeet jäätymään kuljetuksessa.

Vesinäytteet otettiin viiteen puhdistettuun muoviseen näytepulloon, tilavuudeltaan 100–1000 ml. Yksi pulloista oli isosuinen steriloitu muovipullo, josta Helsingin ympäristökeskuksen laboratoriossa määritettiin bakteerien määrä. Jokaisen päivän näytteenoton päättyessä ympäristökeskuksen laboratoriolle vietiin kaksi näytepulloa. Luonnonmaantieteen laboratoriossa tehtäviä omia analyysejä varten varattiin kolme näytepulloa. Näistä yksi säilytettiin kylmiössä kiinto- ja liuennan aineen määrittämistä varten ja yksi pakastettiin muita määrittämiä varten. Kolmas, 100 ml:n pullo säilöttiin mahdollista myöhemmin tapahtuvaa raskasmetallien analyysiä varten.

Näytteet otettiin käsin suoraan näytepulloon (kuva 2). Poikkeuksena oli talvikausi, jolloin osa näytteistä otettiin kiinnittämällä pullo näytteenottovarteen. Näyte otettiin uoman keskeltä voimakkaimman virtauksen kohdalta tai niin läheltä sitä kuin mahdollista. Vesinäytteitä otettaessa pullot huuhdottiin ensin huolellisesti näytepisteestä otetulla purovedellä. Kesällä joissain uomissa virtasi niin niukasti vettä, ettei näytteenotossa voitu käyttää suoraan suurimpia eli litran näytepulloja. Tällöin suuremmat näytepullot täytettiin käyttämällä apuna pienintä, 100 ml:n näytepulloa.



Kuva 2. Näytteenottoa Mätäpuron sivu-uomasta 25.10.2004, näytepiste 10 Kivihaassa, junaradan tuntumassa. Kuva: Tiina Vainio.

4.1 Näytteenottojaksot

Ensimmäiset näytteet otettiin helmikuussa 9.–11.2.2004 (kuva 3). Osa puroista oli jäässä, joten niihin hakattiin avanto jääturalla. Talviset olosuhteet hidastivat muutenkin hieman näytteenottoa, joten talvijaksolla otettiin vain 33 vesinäytettä. Ensisijaisesti tällöin otettiin jokaisesta purosta näyte ainakin purosuuta lähinnä sijaitsevalta näytepisteeltä, jotta vesinäytteen voitiin katsoa edustavan koko valuma-alueen vaikutusta.

Kevätnäytteet otettiin 26.–28.4.2004. Tällöin varsinainen kevään tulvahuippu oli jo ohi, mutta puroissa oli vielä ylivirtaamaa. Varsinkin metsäisissä paikoissa oli vielä lunta tämän näytteenottojakson aikana, joten puroissa virtasi vielä hyvinkin lumen sulamisvesiä.

Kesänäytteet otettiin kesä-heinäkuun vaihteessa 29.6.–1.7.2004. Tällöin kevään ylivirtaamakausi oli jo ohi. Näytteenottoa ei kuitenkaan jätetty oletettavasti vähävetisimpään aikaan heinä-elokuulle, sillä tällöin kaikissa uomissa ei olisi välttämättä virrannut riittävästi vettä. Todellisuudessa virtaamatilanne oli loppukesästä päinvastainen heinäkuun lopun rankkojen sateiden takia (Suomen ympäristökeskus 2004). Koska tavoitteena oli saada kutakin vuodenaikaa hyvin edustavat näytteet, oli tarkoituksenmukaista, ettei

näytteenottojakso ollut juuri erityisen runsaiden sateiden aikaan. Purovesien pitoisuudet vaihtelevat hyvinkin nopeasti virtaaman vaihdellessa (Ruth 2004), joten sateen määrän ja ajallisen jakauman vaikutusta purovesien laatuun tulee tutkia huomattavasti tätä tutkimusta tiheämmällä näytteenottovälillä.

Vuoden viimeiset näytteet otettiin lokakuun lopulla 25.–27.10.2004. Syksyisiä olosuhteita luonnehtii se, että kasvipeite oli lakastunut, ja virtaamaan merkittävimmin vaikuttava tekijä oli ajankohdaltaan satunnaiset syyssateet.



*Kuva 3. Näsinoja-Tuomarinkylänojan näytepiste 13 talven näytteenottojaksolla 10.2.2004.
Kuva: Tiina Vainio.*

4.2 Vuoden 2004 sääolosuhteet

Vuosi 2004 oli tutkimusalueella kuten muuallakin Suomessa sateinen ja vähän keskimääräistä lämpimämpi (Hydrologinen yleiskatsaus 2004; Ilmastokatsaus 2004). Kuukausisademäärät olivat koko vuoden keskimääräiset tai sitä suuremmat. Poikkeus tästä oli huhtikuu, jolloin satoi hyvin vähän ja aurinko paistoi vuoden kuukausista eniten. Koko vuoden sademäärä oli Helsinki-Vantaan havaintoasemalla 841 mm, mikä on 129 % vertailukauden 1971–2000 keskiarvosta (Ilmastokatsaus 2004). Lämpöolot olivat melko tasaiset, sillä ennätyspakkasia tai -helteitä ei mitattu. Vuoden keskilämpötila oli Helsinki-

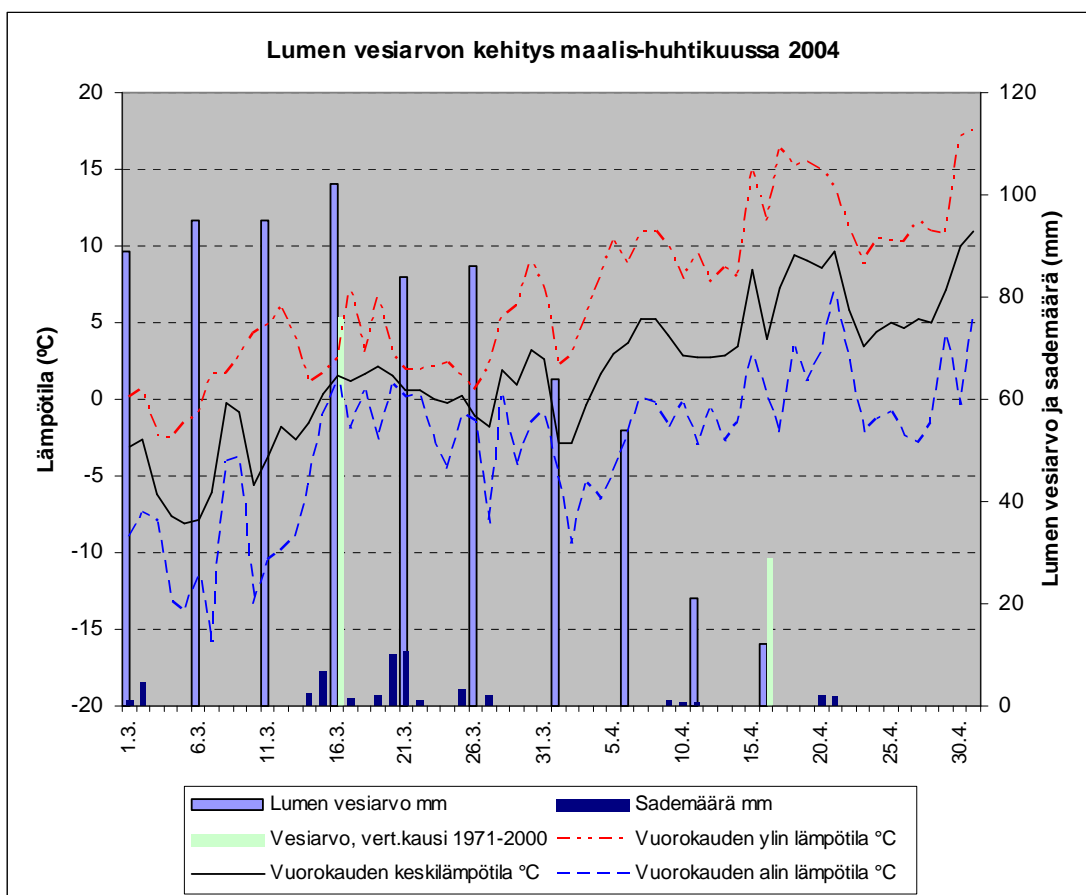
Vantaan havaintopaikassa puoli astetta vertailukautta 1971–2000 korkeampi. Tämä johtui erityisesti leudosta loppuvuodesta (Ilmastokatsaus 2004).

Talvella 2003–2004 pysyvä lumipeite tuli Etelä-Suomeen joulukuun 2003 puolivälissä (Ilmastokatsaus 2003, 2004). Joulun aikoihin satoi kuitenkin vettä, joten vuoden 2004 alussa lunta oli hyvin niukasti. Lunta satoi kuitenkin runsaasti erityisesti tammikuun lopussa, joten helmikuun puolessa välissä lumipeitteen runsaus vastasi vertailukauden keskiarvoa (lumen vesiarvo Oulunkylän havaintopisteessä 64 mm 11.2.04) (Hydrologinen kuukausitiedote 2004).

Vuoden ensimmäisellä näytteenottojaksolla 9.–11.2.2004 oli selvästi pakkasta ja vuorokauden keskilämpötila vaihteli $-9,1\text{ °C}$ (9.2.) ja $-14,4\text{ °C}$ (11.2.) välillä. 11.2. satoi 0,8 mm lunta. Korkein lämpötila näytteenottojaksolla oli $-6,9\text{ °C}$ (9. helmikuuta). Myöskään välittömästi näytteenottoa edeltävinä päivinä ei ollut suojaa, vaan edellisen kerran lämpötila kävi nollan yläpuolella 4. ja 5.2. (Ilmastokatsaus 2004). Näin ollen näytteenottojakso kuvasi lumi- ja lämpöolosuhteiltaan hyvin yleistä talvista tilannetta (kuva 3).

Lumipeitteen vesiarvo kasvoi maaliskuun 2004 puoliväliin asti (kuva 4) (Hydrologinen kuukausitiedote 2004). Tämän jälkeen lumi alkoi sulaa ja painua kokoon jo maaliskuun lopun lämpimien päivien aikana (Ilmastokatsaus 2004).

Huhtikuu oli tavanomaista lämpimämpi ja kuivempi. Lumet sulivat tällöin melko tasaisesti, sillä kuukauden aikana ei ollut suurempia sateita. Vaikka päivät olivat lämpimiä ja vuorokauden keskilämpötila Helsinki-Vantaalla yli nollan 4.4.2004 alkaen, sulamista hidasti ja tasasi se että yöpakkasia oli hyvin pitkään. Tästä johtuen kevättulvat jäivät tavanomaista pienemmiksi eivätkä olleet kovinkaan näyttäviä (Hydrologinen kuukausitiedote 2004). Kevään näytteenottojaksolla 26.–28.4.2004 vuorokauden keskilämpötila vaihteli välillä $4,7\text{--}5,2\text{ °C}$ eikä satanut. Öisin oli pari astetta pakkasta (Ilmastokatsaus 2004). Vaikka lumi oli tällöin jo kokonaan sulanut Oulunkylän havaintopisteestä (Hydrologinen kuukausitiedote 2004), sitä oli vielä jäljellä metsäisissä ja varjoisissa paikoissa.



Kuva 4. Lumipeitteen sulaminen keväällä 2004: Lumen vesiarvo Oulunkylässä Vantaanjoen valuma-alueella 1.3.–1.5.2004 ja lämpöolosuhteet samana aikana Helsinki-Vantaan havaintopisteessä (Hydrologinen kuukausitiedote 2004; Ilmastokatsaus 2004).

Toukokuun alkupuolella sää oli lämmintä ja helteistäkin. Loppukuussa sen sijaan oli epävakaita ja koleaa. Kesäkuu oli keskimääräistä viileämpi, ja kuun loppupuolella tuli runsaita sateita (Ilmastokatsaus 2004). Sääolosuhteiden vuoksi myös pintavesien lämpötilat olivat 1–2 astetta tavanomaista alempana lähes koko kesäkuun (Hydrologinen kuukausitiedote 2004).

Kesän vesinäytteitä otettaessa 29.6.–1.7.2004 vuorokauden keskilämpötila oli 13,5–16,8 °C (Ilmastokatsaus 2004). Alimmillaan lämpötila kävi 12 °C:ssa, ja lämpimintä oli 29.6. jolloin maksimilämpötila oli 21,5 °C. Näytteenottojakso oli sateinen. Ensimmäinen näytteenottopäivä oli sateeton, mutta erityisesti toisen näytteenottopäivän iltapäivänä ja iltana satoi runsaasti. Sade alkoi heikkona jo aamulla 7.40, mutta pääosa sateesta tuli vasta iltapäivällä ja illalla, kun päivän näytteet oli jo otettu. Näin ollen sateella oli todennäköisesti suurin vaikutus viimeisiin 30.6. otettuihin näytteisiin ja 1.7. aamulla otettuihin

näytteisiin. Sademäärät näytteenottojaksolla Helsinki-Vantaan havaintopisteessä olivat 29.6. 0 mm, 30.6. 31,2 mm ja 1.7. 0,1 mm (Ilmastokatsaus 2004). Sademäärissä oli oletettavasti paikallista ja ajallista vaihtelua tutkimusalueen sisällä.

Vuoden suurimmat rankkasateet tulivat heinäkuun viimeisellä viikolla. 27.7.–2.8.2004 satoi joka päivä, eniten 27. ja 29.7. (44,3 ja 44,2 mm) (Ilmastokatsaus 2004). Tämä näkyi vesistöissä, joissa sade aiheutti ajankohtaan nähden ennätysellisiä tulvia (Hydrologinen kuukausitiedote 2004). Esimerkiksi Vantaanjoen tulvahuippu 2.8.2004 oli Oulunkylän kohdalla $190 \text{ m}^3/\text{s}$, kun virtaama on normaalisti keskikesällä viidestä kuuteen kuutiometriä sekunnissa (Ahola 2004; Suomen ympäristökeskus 2004; Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys 2004). Suurin heinäkuun tulva oli tätä ennen ollut Vantaanjoessa $115 \text{ m}^3/\text{s}$ (Suomen ympäristökeskus 2004).

Elokuussa oli muutamia muitakin rankemman sateen päiviä, mutta kokonaisuudessaan kuun sademäärä oli vertailukauden keskiarvoja vastaava. Sen sijaan syyskuussa satoi tavallista enemmän, ja sää oli 2,1 astetta vertailukauden 1971–2000 keskiarvoa lämpimämpi. Vielä lokakuunkin keskilämpötila oli keskiarvoa korkeampi, mutta sateet olivat vähäisiä (Ilmastokatsaus 2004). Syksyn näytteenottojakson 25.–27.10.2004 aikana satoi kahtena päivänä, 25.10. 5,5 mm ja 26.10. 2,7 mm. Kolmantena näytteenottopäivänä 27.10. oli poutaista. Keskilämpötila vaihteli $4,5 \text{ }^\circ\text{C}$:sta $9,3 \text{ }^\circ\text{C}$:een. Ensimmäisenä näytteenottopäivänä oli yöpakkasta $-0,8 \text{ }^\circ\text{C}$, mutta muuten pakkaset alkoivat vasta näytteenottojakson jälkeen (Ilmastokatsaus 2004).

Terminen talvi alkoi tutkimusvuonna 17.11.2004, vasta viimeisen näytteenoton jälkeen. Lunta satoi Helsingissä erityisesti rannikkoalueella runsaasti 20.11. ja lisää seuraavina päivinä. Tämä lumipeite ei kuitenkaan ollut vielä aivan pysyvä, sillä joulukuun puolivälissä lumipeitteen paksuus oli taas lähellä nollaa (Ilmastokatsaus 2004).

Tässä tutkimuksessa on käytetty Helsinki-Vantaan havaintoaseman säätietoja, sillä ne kuvaavat parhaiten koko tutkimusalueen säätä. Lumen vesiarvotiedot ovat peräisin Vantaanjoen valuma-alueen Oulunkylän havaintopisteeltä. On kuitenkin huomattava, että sää on vaihdellut paikallisesti tutkimusalueen sisälläkin. Esimerkiksi eri purojen valuma-alueilla lämpö- ja sadeolosuhteet ovat varmasti olleet erilaiset ajankohdasta riippuen. Sademäärätiedot Ilmastokatsauksista (2003, 2004) ovat tuulikorjaamattomia.

5. Tutkimusmenetelmät ja laadun tarkkailu

5.1 Tutkitut muuttujat ja laboratoriomääritykset

Vesinäytteistä analysoin itse luonnonmaantieteen laboratoriossa kiintoainepitoisuuden, kiintoaineen orgaanisen aineksen osuuden, liuenneen aineen pitoisuuden, väriluvun, alkaliteetin, kokonaisfosforipitoisuuden sekä liuenneiden alkuaineiden määrän (taulukko 2). Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa määritettiin kokonaistyyppi, ammonium- ja nitraattityppi, fosfaattifosfori sekä kokonaisfosfori, biokemiallinen ja kemiallinen hapen kulutus (BOD₇ ja COD_{Mn}-arvo), sameus sekä bakteeripitoisuudet (*Escherichia coli* ja enterokokit) (taulukko 3).

Taulukko 2. Luonnonmaantieteen laboratoriossa tehdyt veden laadun analyysit.

Veden laadun muuttuja	Menetelmä	Standardi	Laaduntarkkailu
Kiintoaine	Suodatus lasikuitusuodattimella (S&S GF52)	SFS-EN 872 (1996)	
Kiintoaineen orgaanisen aineen osuus	Suodatus lasikuitusuodattimella (S&S GF52), suodattimen hehkutus	SFS 3008 (1990)	hehkutuksessa tyhjä suodatin
Liuenut aine	Suodatus lasikuitusuodattimella (S&S GF52), haihdutus, vesimäärä 100 ml	Madera (1982)	
Veden väriluku	Suodatus lasikuitusuodattimella (S&S GF52), visuaalinen värinmääritys komparaattorilla (Lovibondin 2150)	SFS-EN ISO 7887 (1995)	
Alkaliteetti	Titraus potentiometrisesti	SFS 3005 (1981)	vertailuaine
Kokonaisfosfori	Spektrometrinen ammoniummolybdaattimenetelmä	SFS-EN 1189 (1997)	vertailuaine
Liukoinen Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺	Ionikromatografia (Metrohm 761 Compact IC)	SFS-EN ISO 14911 (2000)	vertailuaineet, rinnakkaiset
Liukoinen F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₃ -N, PO ₄ -P, SO ₄ ²⁻	Ionikromatografia (Metrohm 761 Compact IC)	SFS-EN ISO 10304-1 (1995)	vertailuaineet, rinnakkaiset

Taulukko 3. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa tehdyt analyysit.

Veden laadun muuttuja	Menetelmä	Standardi
Sameus	Nefelometrinen määrittäminen sameusmittarilla Hach Ratio XR	SFS-EN ISO 7027 (2000)
Enterokokit	Kalvosuodatusmenetelmä	SFS-EN ISO 7899-2 (2000)
<i>Escherichia coli</i>	Määrittäminen kaupallisella Colilert Quanti-Tray -testillä	
Ammoniumtyppi (NH ₄ ⁺)	Määrittäminen spektrometrisesti CFA- ja FIA-tekniikalla	SFS-EN 11732 (1998)
Nitraattityppi (NO ₃ ⁻)	Määrittäminen spektrometrisesti CFA- ja FIA-tekniikalla	SFS-EN ISO 13395 (1996)
Kokonaistyyppi	Määrittäminen spektrometrisesti	SFS-EN ISO 11905 (1997)
Kokonaisfosfori	Määrittäminen spektrometrisesti	SFS-EN ISO 6878 (2004)
Fosfaattifosfori (PO ₄ ³⁻)	Määrittäminen spektrometrisesti	SFS 3025 (1986)
BOD ₇	Biokemiallisen hapen kulutuksen määrittäminen laimennusmenetelmällä	SFS 3019 (1979)
CODMn(O)	Kemiallisen hapen kulutuksen määrittäminen permanganaattihapetuksella	SFS 3036 (1981)

Analysoitavien muuttujien valinnassa tärkeintä oli saada kattava yleiskuva puroveden laadusta. Käytännön rajoituksia asetti näytteenotto- ja analyysiaikataulu sekä käytettävissä olevat analyysimenetelmät. Tutkittujen muuttujien lisäksi vesinäytteistä olisi ollut mielenkiintoista tietää vielä ainakin liuenneen raudan pitoisuus. Aikataulurajoituksista johtuen sitä ei kuitenkaan määritetty. Raskasmetallipitoisuuksien analysointia varten otettiin näytteenoton yhteydessä vettä 100 ml:n pulloihin tulevia tutkimuksia varten.

5.2 Kenttämittaukset

Vesinäytteiden oton yhteydessä mitattiin näytepisteessä suoraan purosta veden lämpötila, happipitoisuus, pH ja sähkönjohtavuus. Keväällä, kesällä ja syksyllä tehtiin kaikki nämä mittaukset suoraan purosta kenttämittarilla ISCO YSI 600R (kuva 5). Talvella käytettiin kentällä vain happipitoisuuden ja lämpötilan mittaavaa kenttämittaria. Tällöin pH ja sähkönjohtavuus määritettiin vasta luonnonmaantieteen laboratoriossa erillisillä mittareilla. Kaikilta näytepisteiltä ei talvella kuitenkaan saatu mitattua happipitoisuutta ja lämpötilaa, sillä mittarin anturi jäättyi pakkasessa näytteenottopäivän kuluessa. Happipitoisuuslukemat kirjattiin sekä absoluuttisina pitoisuusarvoina (mg/l) että prosenttiosuuksina hapen täydestä kyllästysasteesta.



Kuva 5. Kenttämittari käytössä 28.4.2004, Longinojaan Malmin lentokentän suunnasta liittyvällä sivu-uomalla (näytepiste 24). Kuva: Tiina Vainio.

Mitatuista pH-arvoista laskettiin keskiarvot muuttamalla mittaustulokset ensin H^+ -ionikonsentraatioiksi. Näistä laskettiin keskiarvot, jotka muunnettiin takaisin pH-arvoiksi.

5.3 Kiintoainepitoisuus, liuennon aineen pitoisuus ja väriluku

Veden kiintoainepitoisuus määritettiin kylmiössä säilytetyistä näytteistä. Määrittäminen tehtiin suodattamalla 100–800 ml näytevettä lasikuitusuodattimen läpi vakuumsuodatuslaitteen avulla standardimenetelmän SFS-EN 872 (1996) mukaisesti. Suodattimeksi valittiin Schleicher & Schüll GF/52, jota voidaan käyttää luonnonvesien kiintoainemäärittämisessä (Haapala & Eurén 1991). Tämän suodattimen nimellishuokoskoko on 1,2–1,6 μm . Orgaanisen kiintoainemäärän mitattiin kuumentamalla näitä suodattimia hehkutusuunissa $+550\text{ }^{\circ}C$ lämpötilassa tunnin ajan (SFS 3008 1990). Liuennon aineen kokonaispitoisuus määritettiin mittaamalla 100 ml suodatettua vettä dekanterilasiin ja haihduttamalla vesi $+105\text{ }^{\circ}C$:ssa.

Veden väriluku mitattiin samoin käyttämällä kiintoainemäärittämisessä lasikuitusuodattimella suodatettua vettä. Tämä tehtiin visuaalisesti käyttämällä Lovibondin 2150-komparaattoria (SFS-EN ISO 7887 1995). Osa vesinäytteistä laimennettiin ennen värinmäärittäystä suhteessa 1:2, 1:3, 1:5 tai 1:10 näytteen värin voimakkuudesta riippuen, jotta väri saatiin komparaattorin vertailuskaalaan sopivaksi.

5.4 Alkaliteetti

Alkaliteetti määritettiin mitta-analyttisesti titraamalla 100 ml vesinäytettä 0,010 mol/l suolahapolla (SFS 3005 1981). Käytössä oli automaattinen titraaja. Näytteet lämmitettiin analyysiä varten $+25\text{ }^{\circ}C$ lämpötilaan vesihauteella. Ennen analyysiä titraattorin pH-mittari kalibroitiin kalibraatioliuoksilla pH 4 ja pH 7. Näytteen alku-pH:sta riippuen käytettiin joko yhden tai kahden ekvivalenssipisteen titrausta. Jos pH oli lähellä arvoa 8, määritettiin yhdistelmäalkaliteetti kahden pisteen titrauksella. Jos pH oli lähellä arvoa 7 tai sen alle, määritettiin bikarbonaattialkaliteetti. Lähes kaikissa näytteissä käytettiin yhdistelmäalkaliteetti-titrausta.

Ongelmaksi titrauksessa muodostui välillä se, että analyysin tuloksena saadun ekvivalenssipisteen/-pisteiden pH oli liian korkea ja tuloksena saatu alkaliteetti lähes olematon. Jos molempien ekvivalenssipisteiden pH oli suurempi kuin 7, saadun alkaliteet-

tituloksen ei voida katsoa kertovan bikarbonaattialkaliteetista. Vaihtoehtona tietysti on, että kyseisten näytteiden alkaliteetti todellakin oli hyvin pieni.

Lisäksi havaittiin, että titrauksen alussa näytteistä mitattu pH oli lähes säännönmukaisesti korkeampi kuin samassa näytepisteessä tehty kenttämittaus. Johtopäätös tästä oli, että pH oli ehtinyt muuttua mm. biologisen aktiivisuuden takia jo lyhyenä säilytysaikana ennen pakastusta.

5.5 Liuenneiden alkuaineiden määrittäminen ionikromatografisesti

Ionikromatografialaitteistolla (Compact 761) määritettiin vesinäytteistä liuenneet kationit (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} ja Ca^{2+}) sekä anionit (F^- , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} ja SO_4^{2-}) (SFS-EN ISO 10304-1; SFS-EN ISO 14911). Määrittämisessä käytettiin standardiliuoksia, joiden pitoisuudet näkyvät taulukossa 4. Kationinäytteiden analyysissä käytettiin C2/100 mm kolonnia, anioninäytteille kolonnia A Supp 150. Kationimäärittämistä varten näytteeseen lisättiin 0,06 ml 0,2 M typpihappoa 10 ml:n näytemäärää kohti. Anionit analysoitiin suoraan käsittelemättömästä vesinäytteestä. Käytetyn ionikromatografialaitteiston määrittämisraajat ovat anioneilla välillä 3–10 $\mu\text{g/l}$ ja kationeilla välillä 30–40 $\mu\text{g/l}$ (Virkanen 2003: 58).

Taulukko 4. Ionikromatografisessa määrittämismenetelmässä käytettyjen standardien pitoisuudet.

Standardi	Pitoisuus mg/l			
	Na^+ , Ca^{2+}	Mg^{2+} , K^+	F^- , Cl^-	NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}
1	0,1	0,04	0,5	1
2	0,5	0,2	1,5	3
3	1	0,4	2,5	5
4	3	1,2	5	10
5	5	2	15	30
6	10	4	25	50
7			50	100

Anionimäärittämisessä väkevin standardi eli 7 otettiin käyttöön vasta syksynäytteiden analyysissä. Näin ollen alkuvuoden näytteissä suurimmille kloridipitoisuuksille ei saatu tarkkoja tuloksia, sillä ne ylittivät silloisten standardikäyrien käyttökelpoisen osan (Virkanen 2004). Talven, kevään ja kesän ne Cl^- -pitoisuudet, jotka ylittivät 50 mg/l, arvioitiin käyttäen hyväksi natriumin ja kloridin konsentraatioiden riippuvuutta toisistaan (Ruth 2005a). Liukoisen natriumin ja liukoisen kloridin pitoisuudet korreloivat erittäin merkittävästi keskenään (Ruth 2004). Syksyn näytesarjan perusteella laskettiin Na/Cl -

suhteeksi 1,3228. Tämän kertoimen avulla saatiin arvot suurimmillekin kloridipitoisuuksille, jotta tilastollinen tarkastelu olisi mahdollista. Liitteen 1 taulukossa nämä lasketut Cl⁻-pitoisuudet on merkitty kursiivilla.

5.6 Fosfori

Näytteistä määritettiin kokonaisfosfori standardin SFS-EN 1189 mukaisella spektrometrillä ammoniummolybdaattimenetelmällä. Näytteille tehtiin peroksidisulfaattihapetus autoklaavissa. Analyysissä käytetty näytemäärä oli 40 ml. Kahdessa otetussa näytteessä (talvella näytepisteestä 20 ja syksyllä pisteestä 16) fosforipitoisuus oli kuitenkin huomattavan suuri. Tällöin analyysi toistettiin laimentamalla näytettä 1:2, jotta pitoisuus saatiin muiden näytteiden kanssa samalle standardisuoralle. Standardien pitoisuuksina käytettiin 0,02 mg/l, 0,04 mg/l, 0,12 mg/l, 0,24 mg/l ja 0,40 mg/l.

5.7 Tulosten luotettavuus ja laadun tarkkailu

Tulosten luotettavuuden varmistamiseksi analyyseissä käytettiin rinnakkaismääriytyksiä sekä pitoisuudeltaan tunnettuja vertailuaineita. Vertailuaineina käytettiin juomavesi-vertailuainetta (VKI QC DWB Major components in drinking water, laimennus 1/10) sekä ravinnevertailuainetta (VKI QC type RW1 Nutrients for water analysis). Ionikromatografia-ajoissa käytössä olivat näistä molemmat, alkaliteetin määrittämisessä ensinmainittu. Kokonaisfosforin määrittämisessä käytettiin fosforipitoisuudeltaan 200 µg/l vertailuainetta. IC-määrittämisissä joka kymmenennellä vesinäytteellä oli rinnakkaisnäyte.

Kenttämittareiden toimivuus tarkastettiin laboratoriossa ennen näytteenottojaksoja ja anturit kalibroitiin tarpeen mukaan. Näytteitä otettaessa ja kenttämittauksia tehtäessä pyrittiin noudattamaan samaa toimintajärjestystä ja pitämään anturin vakiinnuttamisaika vedessä yhtä pitkänä jokaisella näytepisteellä. Näytepisteiden sijainnista ja vedenlaadullisista eroista johtuen se ei aina kuitenkaan ollut mahdollista.

Fosforinmäärittämisissä vertailuaineelle (TP 200 µg/l) saadut tulokset vaihtelivat välillä 201,8–210 mg/l. Näin ollen vertailuaineen saanto oli välillä 100,9–105,2 %.

Ionikromatografiassa vaihtelukertoimet rinnakkaisnäytteiden analyysituloksissa olivat analysoitavasta aineesta riippuen talvimäärittämisissä välillä 0–4,43 % (liite 2). Kevään näytteissä vaihtelukertoimet olivat muilla määritettävillä aineilla välillä 0,02–5,99 % ja

fosfaatilla 1,01 ja 10,04 %. Kesänäytteiden vaihtelukerrointen väli oli muilla määritettävillä aineilla 0–5,17 %, fosfaatilla 12,89 ja 15,20 %. Syksyn näytesarjassa kaikki vaihtelukertoimet olivat välillä 0–4,16 %. Fosfaatin tuloksia lukuunottamatta rinnakkaisnäytteiden määrittämisen vaihtelukertoimet olivat lähes kaikissa näytteissä alle 5 %, kuten oletetaan hyvässä analytiikassa olevan (Virkanen 2003: 82). Fosfaattitulosten suuret vaihtelukertoimet selittyvät näytteiden pienillä pitoisuuksilla, jotka ovat käytetyn laitteiston määritystarkkuuden rajamailla. Kaikkien rinnakkaisnäytteiden tulokset, keskihajonnat ja vaihtelukertoimet on esitetty liitteessä 2.

Vertailuaineiden saanto ionikromatografiassa oli pääosin välillä 82–104 %. Juomavesi-vertailuaineen (VKI drinking water) tulokset olivat talvella välillä 80,11–100,03 % ilmoitetusta, keväällä 89,04–108,92 %, kesällä 87,08–102,27 % ja syksyllä 82,19–103,24 % ilmoitetuista pitoisuuksista. Ravinnevertailuaineen (VKI nutrients) tulokset vaihtelivat talvella välillä 82,51–84,29 %, keväällä 87,46–93,92 %, kesällä 76,36–97,53 % ja syksyllä 87,46–89,65 % ilmoitetuista. Poikkeuksena tuloksissa erottui talvinäytteissä ravinnevertailuaineelle saatu fosfaattitulo, joka oli 242,4 % ilmoitetusta. Tämä ei kuitenkaan aiheuta merkittävää haittaa analyysitulosten käsittelyssä, sillä talven vesinäytteissä ainoastaan kolmessa näytteessä 32:sta oli havaittavaa määrää fosfaattifosforia.

Helsingin kaupungin ympäristökeskus oli analysoinut näytteistä fosfaattifosforin määrän ilmeisesti herkemmällä menetelmällä tai erilaista standardisuora käyttäen, jolloin pienimmille fosfaattipitoisuuksille oli saatu luotettavampia tuloksia. Näin ollen tulosten tarkastelussa on käytetty ympäristökeskuksen laboratorion saamia fosfaattifosforin analyysituloksia.

Mahdollisia virhelähteitä ovat näytteiden kontaminaatio vesinäytteiden ottovaiheessa, pitoisuuksien muuttuminen säilytyksen aikaisissa reaktioissa, kontaminaatiot analyysivaiheessa laboratoriossa sekä mittausvirheet. Erityisesti liuenneiden alkuaineiden määrittämisessä haasteena oli se, ettei näytteistä voinut ennakoita varmasti tietää, millä pitoisuusalueella tulokset ovat. Esimerkiksi näytteiden kloridipitoisuudet olivat yllättävän korkeita, joten viimeisten näytteiden analyysissä standardikäyrän ulottuvuutta laajennettiin.

Tietävästi pakastamisella ei ole vaikutusta vesinäytteiden fosforipitoisuuksiin tai alkaliteettiin. Pakastuksen yhteydessä tapahtuneet muutokset saattavat kuitenkin olla mahdollisia.

6. Tulokset

Tutkimuksen tuloksia esittelevissä kuvissa käytetään puroista seuraavia lyhenteitä:

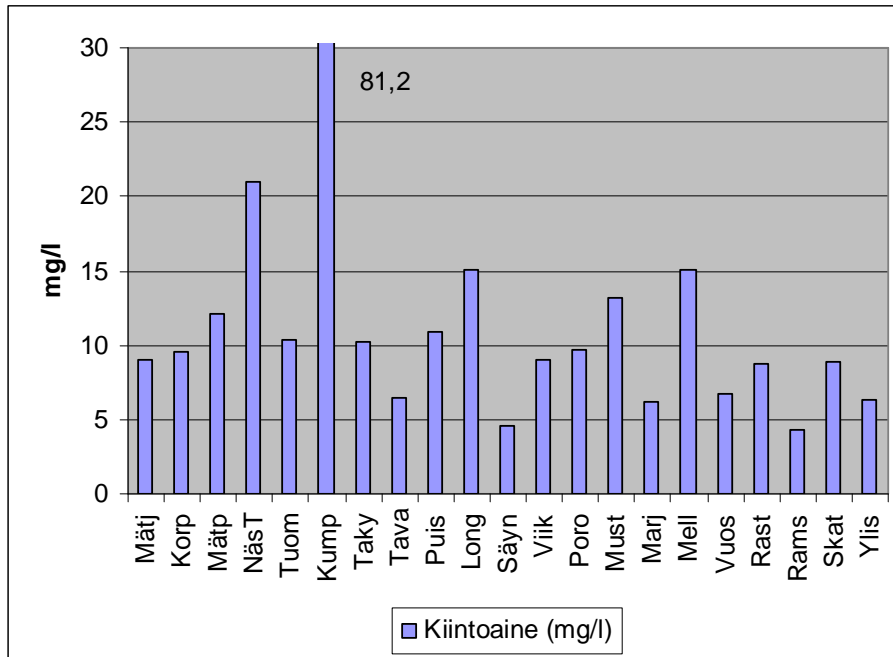
Mätj – Mätäjoki	Viik – Viikinoja
Korp – Korppaanoja	Poro – Porolahdenpuro
Mätp – Mätäpuro	Must – Mustapuro
NäsT – Näsinoja-Tuomarinkylänoja	Marj – Marjaniemenpuro
Tuom – Tuomarinkartanonpuro	Mell – Mellunkylänpuro
Kump – Kumpulanpuro	Vuos – Vuosaarenpuro
Taky – Tapaninkylänpuro	Rast – Rastilanpuro
Tava – Tapaninvainionpuro	Rams – Ramsinkannaksenpuro
Puis – Puistolanpuro	Skat – Skatanpuro
Long – Longinoja	Ylis – Yliskylänpuro
Säyn – Säynäslahdenpuro	

6.1 Kiintoainepitoisuus

Tässä tutkimuksessa otettujen vesinäytteiden kiintoainepitoisuus vaihteli välillä 0,75–560,4 mg/l (liite 1). Kaikkien näytepisteiden koko vuoden keskiarvo oli 14,23 mg/l ja keskihajonta 43,27 mg/l. Pienimmät purokohtaiset vuoden keskiarvot olivat Ramsinkannaksenpurolla 4,33 mg/l ja Säynäslahdenpurolla 4,61 mg/l (kuva 6). Suurimpia kiintoainepitoisuudet olivat Näsinoja-Tuomarinkylänojalla (koko vuoden keskiarvo 21,04 mg/l), Mellunkylänpurossa (15,11 mg/l) ja Longinojalla (15,01 mg/l). Erityisen korkea kiintoainepitoisuus oli Kumpulanpuron alajuoksun näytepisteellä talvella (25,33 mg/l) sekä varsinkin syksyllä. Tällöin kiintoainepitoisuus oli 569,40 mg/l, joka oli koko tutkimusjakson maksimipitoisuus. Tämä johtui rakennus- ja maanmuokkaustöistä puron varrella näytepisteestä ylävirtaan. Muutoin Kumpulanpuron näytteissä oli kiintoainetta alle 15 mg/l. Syksyn erityistilanne kuitenkin nostaa kyseisen puron vuotuisen keskiarvon huomattavan korkeaksi (81,22 mg/l), jolloin myös keskihajonta on suuri (197,36).

Kiintoainepitoisuudet purovesissä olivat pienimmillään keväällä. Kevätnäytteiden keskiarvo oli 7,70 mg/l, keskihajonta 5,91 mg/l. Suurimpia pitoisuudet olivat keskimäärin

syksyllä, syysnäytteiden keskiarvona 26,37 mg/l (keskihajonta 80,76 mg/l). Keskiarvoa nostaa tässäkin tapauksessa Kumpulanpuron alajuoksun poikkeuksellisen suuri kiintoainepitoisuus. Ilman sitä syysnäytteiden keskiarvo on 14,82 mg/l, joka on joka tapauksessa vuodenaajoista korkein.



Kuva 6. Veden kiintoainepitoisuus eri puroissa tutkimusvuonna 2004. Puron kaikkien näytteiden keskiarvot.

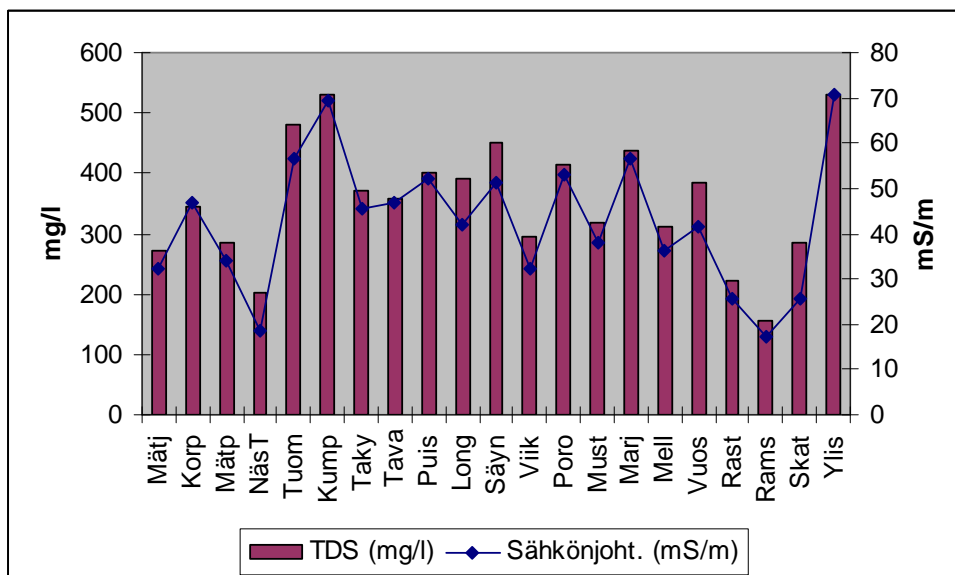
Orgaanisen kiintoaineen määrä purovesissä vaihteli 0 ja 41,60 mg/l välillä. Suurin orgaanisen kiintoaineen määrä oli Kumpulanpuron syysnäytteessä. Kaikkien näytteiden vuoden keskiarvo oli 2,52 mg/l. Keskimäärin orgaanista kiintoainetta oli eniten Longinjoassa (vuotuinen keskiarvo 4,00 mg/l), Mellunkylänpurossa (3,39 mg/l) ja Skatanpurossa (3,79 mg/l). Pienimpiä orgaanisen kiintoaineen pitoisuudet olivat Ramsinkannaksenpurossa (0,80 mg/l) ja Tapaninvainionpurossa (0,89 mg/l).

Jos orgaanisen kiintoaineen määrää tarkastellaan suhteessa kiintoaineen kokonaismäärään, esille nousevat hieman eri purot. Hehkutushäviö vesinäytteiden kiintoaineessa oli välillä 0–66,8 %, kaikkien näytepisteiden vuotuinen keskiarvo 22,4 % ja keskihajonta 10,9. Hehkutushäviö oli keskimäärin suurin Skatanpurossa, 43,4 %. Orgaanista kiintoainetta oli suhteessa paljon myös Korppaanjoassa (35,1 %), Yliskylänpurossa (30,4 %) ja Puistolannpurossa (28,3 %). Pienin suhteellinen orgaanisen aineen osuus oli Näsinoja-Tuomarinkylänjoassa, 11,8 %.

6.2 Liuenneen aineen määrä ja sähkönjohtavuus

Liuenneen aineen kokonaispitoisuus tutkituissa näytteissä vaihteli välillä 120–862 mg/l. Kaikkien näytteiden vuoden keskiarvo oli 335 mg/l ja keskihajonta 142 mg/l.

Puroittain tarkasteltuna (kuva 7) suurimmat liuenneen aineen pitoisuudet olivat Kumpulanpurossa, jossa koko vuoden keskiarvo oli 531 mg/l (keskihajonta 241 mg/l), sekä Yliskylänpurossa, keskiarvo 530 mg/l (keskihajonta 227 mg/l). Näiden lisäksi runsaasti liuennutta ainetta oli Tuomarinkartanonpurossa (ka. 482 mg/l, keskihajonta 141 mg/l). Pienimmät pitoisuudet olivat Ramsinkannaksenpurossa (ka. 157 mg/l ja keskihajonta 14 mg/l) ja Näsinoja-Tuomarinkylänojassa (ka. 202 mg/l, keskihajonta 40 mg/l).



Kuva 7. Liuenneen aineen kokonaismäärän ja sähkönjohtavuuden purokohtaiset keskiarvot tutkimusvuoden 2004 kaikista näytteistä.

Vesien sähkönjohtavuuden alueellinen jakauma on samanlainen kuin liuenneen aineen määrässäkin, eli suurimmat keskiarvot ovat Yliskylänpurossa (ka. 70,6 mS/m, keskihajonta 45,8) ja Kumpulanpurossa (ka. 69,2 mS/m, keskihajonta 29,5) (kuva 7). Kaikissa näytteissä sähkönjohtavuus vaihteli välillä 7,9–139,1 mS/m. Pienin pitoisuus oli Näsinoja-Tuomarinkylänojassa näytepisteessä 14. Kaikkien näytepisteiden vuoden keskiarvo oli 39,8 mS/m ja keskihajonta 21,8 mS/m. Tässä tutkimuksessa saadut arvot ovat hieman suurempia verrattuna esimerkiksi koko Suomen purovesien arvoihin. Lahermon ym. (1996) tutkimuksessa purovesien sähkönjohtavuus oli yleensä (90 % tuloksista) 2–22 mS/m, keskiarvona 6,9 mS/m ja mediaanina 4,4 mS/m.

Vuodenaikaisessa tarkastelussa suurimmat liuenneen aineen pitoisuudet havaittiin keskimäärin talvella (vuodenajan keskiarvo 446 mg/l, keskihajonta 159). Siitä ne laskivat vuoden mittaan aina syksyyn asti. Syysnäytteiden keskiarvo oli 253 mg/l, keskihajonta 68 mg/l. Suuntaus oli luonnollisesti samanlainen myös sähkönjohtavuudessa. Siinä talvinäytteiden keskiarvo oli 69,6 mS/m, syksyllä 27,6 mS/m.

Tässä tutkimuksessa kaikkien näytteiden tuloksista määritetty kerroin sähkönjohtavuuden (mS/m) ja liuenneiden aineiden kokonaismäärän välille on 7,84.

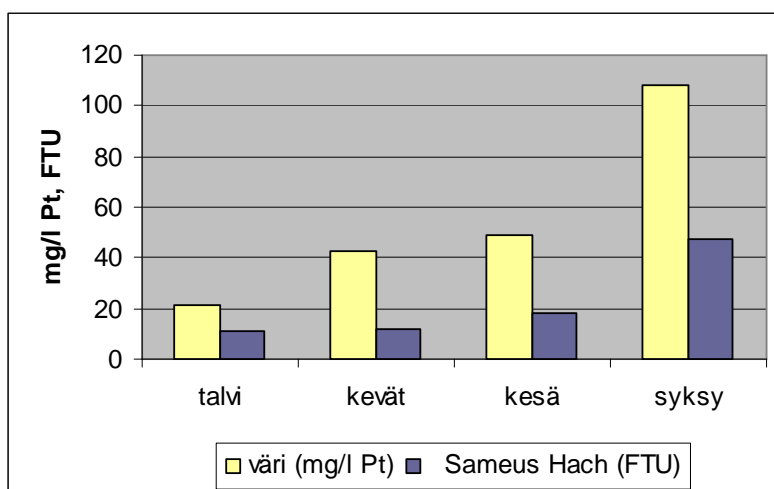
6.3 Sameus ja väriluku

Purovesien sameus (Hach) vaihteli tässä tutkimuksessa välillä 1,2–960 FTU. Suurin arvo oli Kumpulanpuron alajuoksun syysnäytteessä. Seuraavaksi suurin sameusarvo oli 120 FTU. Koko vuoden keskiarvo kaikista näytepisteistä oli 22,8 FTU, keskihajonta 72,6. Suurimmassa osassa näytepisteitä vuoden keskiarvo oli välillä 4-35 FTU.

Suurimmat purokohtaiset vuoden keskiarvot olivat Mätäpurolla (ka. 22,2 FTU, keskihajonta 17,5) ja Mellunkylänpurolla (ka. 20,7 FTU, keskihajonta 13,2). Myös Kumpulanpuron koko vuoden keskiarvo oli korkea (139,3 FTU), mutta se johtui pääosin syksyn poikkeustilanteesta, sillä myös keskihajonta oli suuri (331,7). Sameus oli pienin Ramsinkannaksenpurossa (ka. 6,8 FTU, hajonta 3,5) ja Säynäslahdenpurossa (ka. 7,7 FTU, keskihajonta 7,8).

Väriluku Helsingin puroissa vaihteli välillä 5–300 mg/l Pt. Vuoden keskiarvo oli 58 mg/l Pt ja keskihajonta 57. Suurimmat väriluvut olivat Skatanpurossa (vuoden keskiarvo 227 mg/l Pt, keskihajonta 64) ja Näsinoja-Tuomarinkylänojassa (ka. 133 mg/l Pt, keskihajonta 99). Värittömintä vesi oli Tuomarinkartanonpurossa (ka. 14 mg/l Pt, keskihajonta 7) ja Longinojassa (ka. 19 mg/l Pt, keskihajonta 35).

Sekä sameus että väriluku olivat suurimmat syksyllä (kuva 8). Väriluvussa suuntaus oli selkeämpi, yhtä lukuunottamatta kaikissa näytepisteissä väriluku oli maksimissaan syksyllä. Kaikista näytepisteistä lasketuissa vuodenaikaisissa keskiarvoissa tulee myös sameustuloksissa esille kasvava suuntaus alkuvuoden arvoista syksyä kohti.



Kuva 8. Väriluvun ja sameuden vaihtelu vuodenaajoittain tutkimusvuonna 2004. Kaikkien näytepisteiden vuodenaikaiset keskiarvot.

6.4 pH

Suurimmassa osassa purovesinäytteitä pH oli välillä 6,03–7,79. Ainoastaan yhdessä näytteessä, Longinojalta pisteestä 24 otetussa talvinäytteessä pH oli niinkin alhainen kuin 4,93. Kaikkien otettujen näytteiden keskiarvo oli 6,78 ja mediaani 7,2. Eri purojen välillä ei ole havaittavissa kovinkaan suuria eroja. Ainoana muiden joukosta erottuu Longinoja, jonka koko vuoden keskiarvo on 6,02 ja ilman poikkeavaa talvinäytteen tulostakin 6,55. Korkeimmat pH-lukemat olivat Puistolanpurossa, Tapaninkylänpurossa sekä Tapaninvainionpurossa, joissa kaikissa vuoden keskiarvo oli hieman päälle 7,3.

pH-arvot olivat yleisesti korkeimmillaan kesällä. Kaikkien kesänäytteiden keskiarvo oli 7,51, kun se talvella oli 6,30. Syys- ja keväänäytteet olivat arvoltaan näiden välillä. Kaikki ylläilmoitetut pH-keskiarvot on laskettu käyttämällä apuna H^+ -ionikonsentraatioiden keskiarvoja.

Lahermon ym. (1996) tutkimuksessa saadut pH-arvot Suomen latvapuroille olivat tämän tutkimuksen tuloksia alhaisempia. Esimerkiksi mediaani oli 5,91 ja suurin osa tuloksista välillä 4,7–6,6. Tutkimuksessa havaittiin kuitenkin, että Lounais-Suomessa ja Uudenmaan alueella purovedet olivat muuta maata emäksisempiä (Lahermo ym. 1996: 33).

6.5 Alkaliteetti

Alkaliteettiarvot olivat suuressa osassa näytteitä välillä 0,13–2,71 mmol/l. Talvella seitsemässä näytteessä alkaliteetti oli tätä suurempi, enimmillään 5,56 mmol/l Puistolan-

puroissa. Koko vuoden kaikkien näytteiden mediaani oli 1,09 mmol/l, keskiarvo 1,32 mmol/l ja keskihajonta 0,87 mmol/l.

Puroittain pienimmät alkaliteettiarvot olivat Skatanpurossa (koko vuoden keskiarvo 0,58 mmol/l, keskihajonta 0,33 mmol/l), Ramsinkannaksenpurossa (ka. 0,78 mmol/l, keskihajonta 0,16 mmol/l) ja Mustapurossa (ka. 0,78 mmol/l, keskihajonta 0,24 mmol/l). Korkeimpia alkaliteettiarvot olivat keskimäärin Tapaninvainionpurossa (keskiarvo 2,89 mmol/l, keskihajonta 0,31 mmol/l), Kumpulanpurossa (ka. 2,85 mmol/l, keskihajonta 1,62 mmol/l) ja Puistolanpurossa (ka. 2,75 mmol/l, keskihajonta 1,92 mmol/l), sekä myös Tapaninkylänpurossa (ka. 2,48 mmol/l, keskihajonta 1,19 mmol/l).

Korkeimmillaan alkaliteettiarvot olivat talvella, jolloin vuodenajan keskiarvo oli 1,99 mmol/l (keskihajonta 1,54 mmol/l). Kevätnäytteiden keskiarvo oli vuoden pienin, vain 0,98 mmol/l (keskihajonta 0,53 mmol/l).

Tässä tutkimuksessa saadut alkaliteettiarvot näyttävät olevan monin paikoin korkeampia kuin esimerkiksi Lahermon ym. (1996) tutkimuksessa, jossa alkaliteetti rannikkovyöhykkeen puroissa oli suuruusluokkaa 0,5–1,0 mmol/l. Koko Suomen puroissa alkaliteetin keskiarvo oli 0,30 mmol/l (Lahermo ym. 1996: 34).

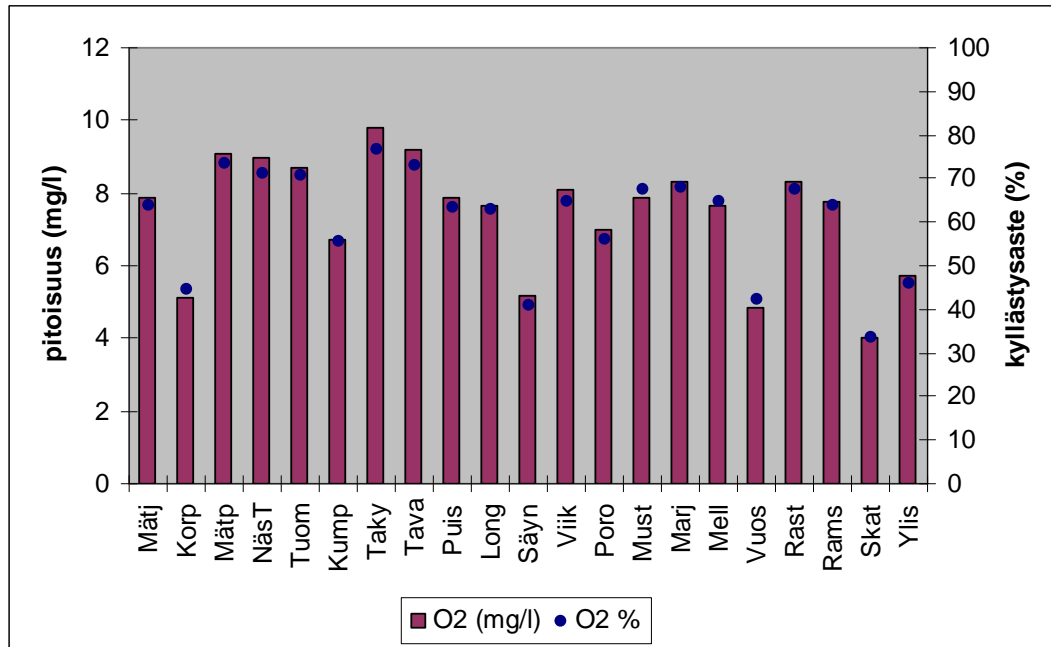
6.6 Happipitoisuus ja hapenkulutus

Happipitoisuus (mg/l) oli lähes kaikissa tutkituissa näytteissä välillä 3–13 mg/l. Tilanne luonnollisesti vaihteli huomattavasti vuodenajan mukaan, sillä hapen liukeneminen veteen riippuu paljon lämpötilasta. Talvinäytteissä pitoisuus oli välillä 5,8–14,2 mg/l, keväällä 5,26–12,58 mg/l, kesällä 1,14–5,95 mg/l ja syysnäytteissä 3,46–9,66 mg/l.

Hapen kyllästysaste vaihteli vesissä kesän alimmasta arvosta 11,2 % Kumpulanpurossa Mellunkylänpuron yhden kevätnäytteen ylikylläiseen 104,8 % arvoon. Koko vuoden kaikkien näytepisteiden keskiarvo oli 62,9 %. Hapen kyllästysasteessa oli havaittavissa selvä vuodenaikaisvaihtelu. Keskimäärin kyllästysaste oli alhaisin kesällä, 44,2 %. Kaikkien talvinäytteiden keskiarvo oli 71,5 %, keväällä 75,7 % ja syksylläkin taas 64,8 %.

Puroittain tarkasteltuna korkeimmat happipitoisuudet olivat Tapaninkylänpuron vedessä (kuva 9). Tämän puron vuoden keskiarvot olivat 9,78 mg/l (keskihajonta 3,76 mg/l) ja

76,45 % (keskihajonta 20,62). Suuri happipitoisuus oli myös Tapaninvainionpuron ja Mätäpuron vedessä. Happipitoisuus oli selkeästi pienin Skatanpurossa, mutta matalia happipitoisuuksia oli keskimäärin myös Vuosaarenpurossa, Säynäslahdenpurossa sekä Korppaanojassa.

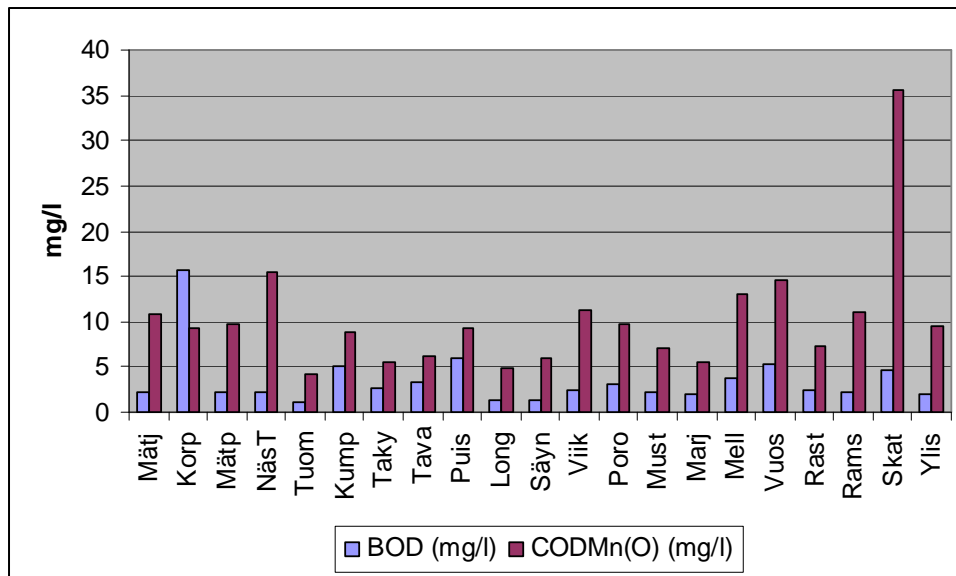


Kuva 9. Happipitoisuuden (mg/l sekä kyllästys-%) purokohtaiset keskiarvot tutkimusvuoden 2004 kaikista näytteistä.

Biologinen hapenkulutus (BOD₇) oli suurimmassa osassa tutkittuja vesinäytteitä välillä 1-8 mg/l. Neljässä näytteessä arvo oli tätä korkeampi, suurimpana Korppaanojan talvinäytteessä 48 mg/l. Vuoden keskiarvo kaikista näytestä oli 2,90 mg/l, keskihajonta 4,02 mg/l. Purojen välisessä vertailussa esille nousee samoin Korppaanoja, jonka vuotuista keskiarvoa 15,75 mg/l nostaa juuri talvinäytteen korkea pitoisuus (keskihajonta 21,52 mg/l) (kuva 10).

Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}, mg O₂/l) oli kaikissa näytteissä välillä 2-40 mg/l. Vuoden kaikkien näytteiden keskiarvo oli 9,71 mg/l ja keskihajonta 6,62 mg/l. Vertailutietona Lahermon ym. (1996: 37) tutkimuksessa tyypilliset COD_{Mn}-arvot Suomen purovesissä olivat välillä 2,6–30 mg/l. Puroittain tarkasteltuna muista erottuu Skatanpuron korkea kemiallinen hapenkulutus, keskiarvona 35,67 mg O₂/l, keskihajonta 6,66 mg/l (kuva 10). Kyseisen puron vedessä myös happipitoisuudet olivat keskimäärin pienimmät (kuva 9).

Matalimpia COD_{Mn}-arvot olivat Tuomarinkartanonpurossa (keskiarvo 4,24 mg/l, keskihajonta 2,22 mg/l) ja Longinojassa (keskiarvo 4,76 mg/l ja keskihajonta 1,99 mg/l).



Kuva 10. Biologisen (BOD₇) ja kemiallisen (COD_{Mn}) hapenkulutuksen vaihtelu puroittain tutkimusvuonna 2004.

6.7 Liuenneet ionimuotoiset aineet

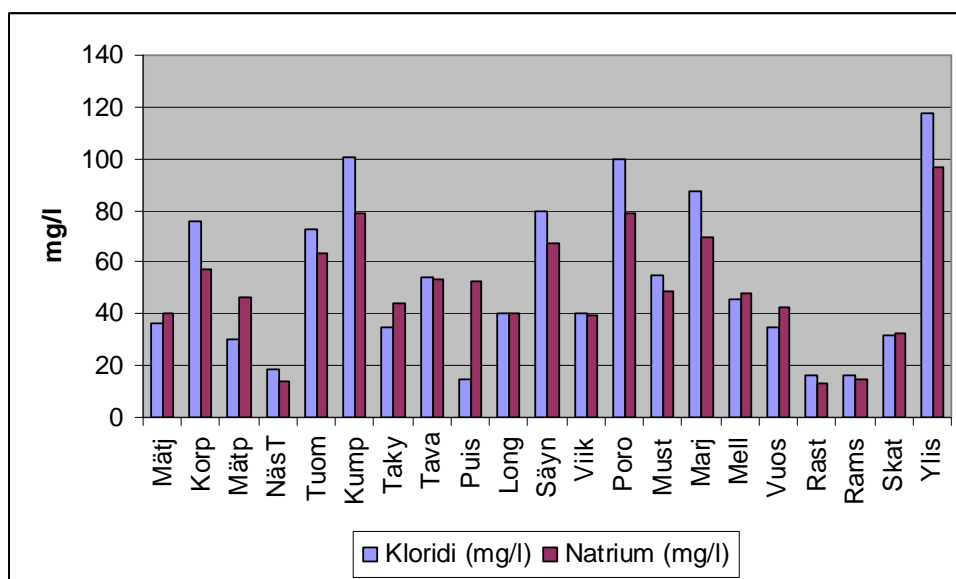
Fluoridin pitoisuus tutkituissa purovesinäytteissä vaihteli välillä 0,10–0,73 mg/l. Suurin mitattu pitoisuus oli talvella Mellunkylänpurossa näytepisteessä 39, pienin kesällä Mustapuron pisteessä 36. Kaikkien näytteiden vuoden keskiarvo oli 0,31 mg/l ja keskihajonta 0,12 mg/l, mediaani oli 0,27 mg/l. Alhaisimmat fluoridipitoisuudet olivat Mustapurossa (keskiarvo 0,23 mg/l ja keskihajonta 0,11 mg/l) sekä Vuosaarenpurossa (ka. 0,24 mg/l, keskihajonta 0,07 mg/l). Korkeimpia fluoridipitoisuudet olivat Tuomarinkartanonpurossa (ka. 0,41 mg/l, keskihajonta 0,15 mg/l) ja Tapaninkylänpurossa (ka. 0,40 mg/l, keskihajonta 0,14 mg/l). Esimerkiksi Lahermon ym. (1996) tutkimuksessa on saatu purovesien fluoridipitoisuuksien keskiarvoksi Suomessa 0,13 mg/l, jolloin suuri osa näytteistä oli välillä 0,025–0,5 mg/l.

Kloridipitoisuuksissa vaihtelu eri näytteiden ja purojen välillä oli suurta. Pienimmät arvot olivat muutamia milligrammoja litrassa, kuten kaikkien näytteiden minimiarvo Puistolannpurolla talvella 1,4 mg/l. Maksimipitoisuudet olivat luokkaa 200–260 mg/l talvella Ylis-kylänpurossa sekä Mustapuron näytepisteellä 36. Kaikkien näytteiden vuoden kloridipitoisuuksien keskiarvo oli 48,2 mg/l ja keskihajonta 41,6 mg/l, mediaani 37,6 mg/l.

Vuodenaikaisessa vaihtelussa selvimmin erottuu talvikausi, jolloin kloridipitoisuudet olivat suurimmillaan. Vuodenajan keskiarvo oli 71,7 mg/l (keskihajonta 65,7 mg/l). Näistä lukemista pitoisuus keskimäärin laski vuoden mittaan syksyä kohti, ja syysnäytteiden keskiarvo oli 34,6 mg/l (keskihajonta 16,5 mg/l). Eri näytepisteiden välillä oli kuitenkin eroa siinä, minä vuodenaikana kloridipitoisuudet olivat korkeimmillaan.

Natriumpitoisuus oli tutkituissa näytteissä pienimmillään 7,6 mg/l Näsinoja-Tuomarin- kylänojan yläjuoksun näytepisteellä syksyllä. Korkeimmillaan natriumpitoisuudet olivat talvella (vuodenajan keskiarvo 76,4 mg/l ja keskihajonta 39,0 mg/l), jolloin saavutettiin vuoden kaikkien näytteiden maksimipitoisuus 199,1 mg/l Yliskylänpurossa. Koko vuoden kaikkien näytteiden keskipitoisuus oli 47,3 mg/l ja keskihajonta 30,5 mg/l, mediaani 41,4 mg/l. Vuoden mittaan natriumpitoisuus keskimäärin laski. Kaikkien syysnäytteiden keskiarvo oli vuodenajoista alhaisin, 26,2 mg/l (keskihajonta 11,7 mg/l). Syksyn näytejaksolla maksimipitoisuuskaan ei ollut korkeampi kuin 56,5 mg/l (Säynäslahden puron näytepisteessä 27). Muualla Suomessa virtaaviin purovesiin verrattuna tämäkin on suhteellisen paljon, sillä tyypilliset Na-pitoisuudet ovat 1,3–14 mg/l, rannikkoalueilla kuitenkin hieman enemmän (Lahermo ym. 1996: 68).

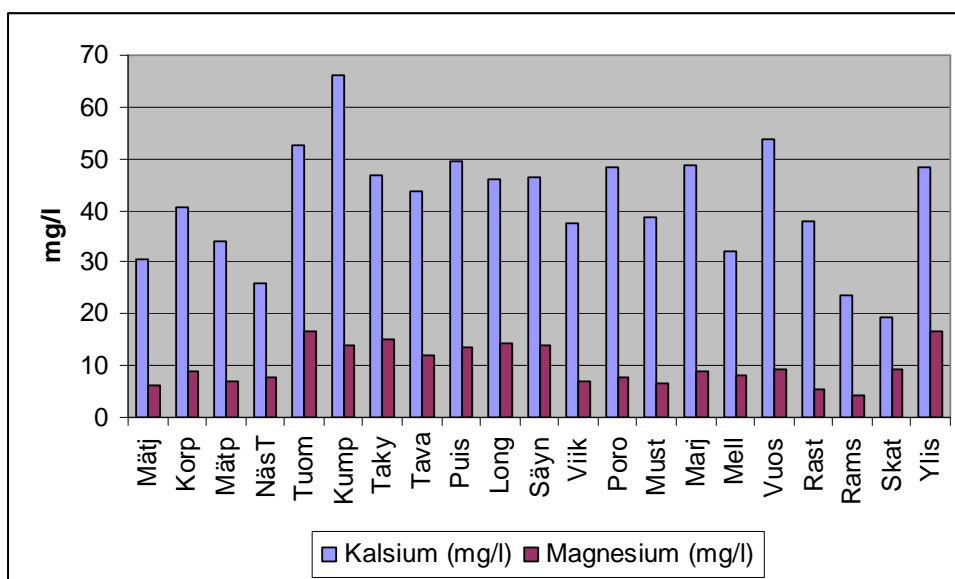
Natriumin ja kloridin keskimääräisten pitoisuuksien vaihtelut noudattivat alueellisesti keskenään samaa linjaa (kuva 11). Korkeimpia sekä kloridi- että natriumpitoisuudet olivat keskimäärin Yliskylänpurossa (Cl⁻ keskiarvo 117,3 mg/l, keskihajonta 103,3 mg/l, Na⁺ keskiarvo 96,5 mg/l ja keskihajonta 70,7 mg/l), Kumpulanpurossa (Cl⁻ keskiarvo 100,8 mg/l, keskihajonta 57,7 mg/l, Na⁺ keskiarvo 78,8 mg/l ja keskihajonta 40,5 mg/l) sekä Porolahdenpurossa (Cl⁻ keskiarvo 99,9 mg/l, keskihajonta 56,8 mg/l, Na⁺ keskiarvo 79,2 mg/l ja keskihajonta 38,1 mg/l). Pienin kloridipitoisuus oli Puistolanpurossa, jossa vuoden keskiarvo oli 14,8 mg/l ja keskihajonta 11,6 mg/l. Tässä purossa natriumpitoisuus oli kuitenkin keskimääräistä suurempi (52,6 mg/l, keskihajonta 28,0 mg/l). On huomattava, että joidenkin näytepisteiden suurimmat (yli 50 mg/l) kloridipitoisuudet on arvioitu käyttämällä hyväksi natriumpitoisuuksia (näin on arvioitu 11 talvinäytettä, 12 kevätnäytettä ja 4 kesänäytettä).



Kuva 11. Kloridin ja natriumin keskimääräiset pitoisuudet eri puroissa tutkimusvuonna 2004.

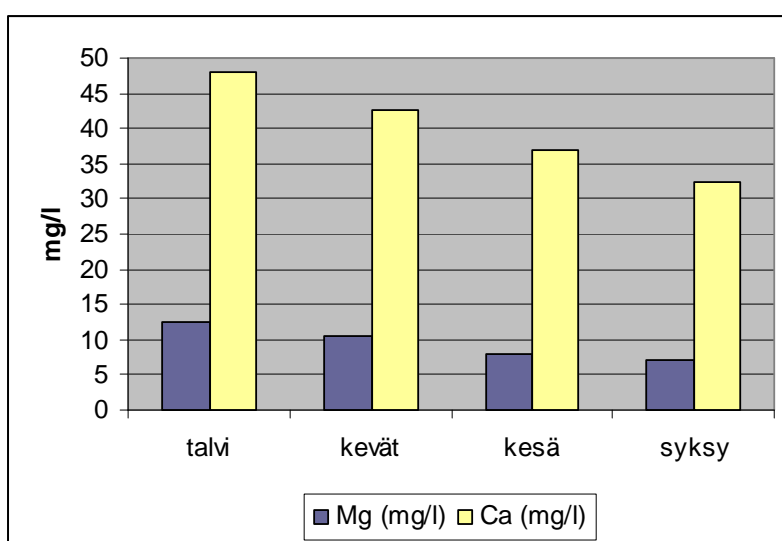
Tutkittujen purovesien kaliumpitoisuudet olivat välillä 2,0–16,7 mg/l. Koko vuoden keskiarvo oli 6,1 mg/l ja keskihajonta 2,7 mg/l (mediaani 5,4 mg/l). Suurin purokohtainen keskiarvo oli Kumpulanpurossa, 12,2 mg/l (keskihajonta 2,3 mg/l). Suhteellinen suuri keskipitoisuus oli myös Vuosaarenpurossa 11,4 mg/l (keskihajonta melko suuri 5,2 mg/l). Pienimpiä pitoisuudet olivat Näsinoja-Tuomarinkylänojassa, keskiarvo 3,2 mg/l ja keskihajonta 0,6 mg/l, ja Ramsinkannaksenpurossa (ka. 3,7 mg/l, keskihajonta 0,6 mg/l).

Purovesien liukoisen kalsiumin pitoisuus oli lähes kaikissa näytteissä välillä 15,6–72 mg/l. Tätä suurempia arvoja oli vain kolmessa Kumpulanpuron näytepisteestä 17 otetussa näytteessä. Maksimipitoisuudet siellä olivat 95,2 mg/l kesällä ja keväällä 84,5 mg/l. Kaikista näytepisteistä otetuissa näytteissä koko vuoden keskiarvo oli 39,2 mg/l, keskihajonta 14,4 mg/l ja mediaani 37,5 mg/l. Puroittain tarkasteltuna suurin kalsiumin keskipitoisuus oli Kumpulanpurossa, 66,0 mg/l (keskihajonta 19,7 mg/l) (kuva 12). Myös Vuosaarenpurossa (ka. 53,9 mg/l, keskihajonta 19,4 mg/l) ja Tuomarinkartanonpurossa (ka. 52,6 mg/l, keskihajonta 14,9 mg/l) keskipitoisuudet olivat melko suuria. Alhaisimpia kalsiumpitoisuudet olivat Skatanpurossa (ka. 19,2 mg/l, keskihajonta 0,9 mg/l) ja Ramsinkannaksenpurossa (ka. 23,8 mg/l, keskihajonta 4,0 mg/l).



Kuva 12. Kalsiumin ja magnesiumin keskimääräiset pitoisuudet tutkituissa puroissa vuonna 2004.

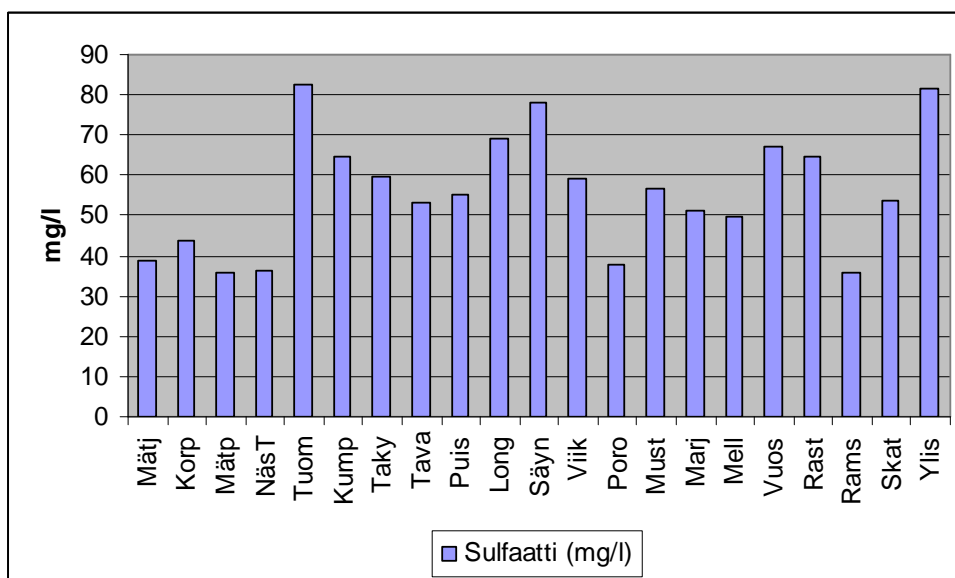
Magnesiumin pitoisuudet tutkituissa näytteissä olivat välillä 2,4–26,5 mg/l. Pienimmät pitoisuudet olivat Mustapuron sivuhaarassa näytepisteessä 50, suurimmat Longinojan sivuhaaran pisteessä 24. Kaikkien tutkittujen näytteiden mediaani oli 8,0 mg/l, keskiarvo 9,2 mg/l ja keskihajonta 4,9 mg/l. Keskimääräisistä pitoisuuksista suurimmat olivat Tuomarinkartanonpurossa ja Yliskylänpurossa molemmissa 16,5 mg/l ja Tapaninkylänpurossa 15,1 mg/l. Pienimpiä magnesiumipitoisuudet olivat Ramsinkannaksenpurossa (ka. 4,4 mg/l, keskihajonta 0,6 mg/l) ja Rastilanpurossa (ka. 5,5 mg/l, keskihajonta 1,8 mg/l).



Kuva 13. Magnesiumin ja kalsiumin pitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelu. Kunakin vuodenaikana otettujen kaikkien näytteiden keskiarvot.

Sekä kalsium- että magnesiumpitoisuudet olivat yleisesti suurimmillaan talvella ja laskivat siitä vuoden mittaan (kuva 13).

Sulfaattipitoisuus oli tutkituissa vesinäytteissä pienimmillään 10,8 mg/l Mätäjoen yläjuoksulla näytepisteessä 7 kesällä ja suurimmillaan 109,8 mg/l Longinojan sivuhaarassa pisteestä 24 otetussa syksynäytteessä. Kaikkien vuonna 2004 otettujen näytteiden mediaani oli 49,7 mg/l, keskiarvo 53,5 mg/l ja keskihajonta 23,6 mg/l. Korkeimpia sulfaattipitoisuudet olivat keskimäärin Tuomarinkartanonpurossa (vuoden keskiarvo 82,5 mg/l ja keskihajonta 14,6 mg/l) sekä Yliskylänpurossa (ka. 81,5 mg/l, keskihajonta 16,3 mg/l) (kuva 14). Vähiten sulfaattia oli keskimäärin Ramsinkannaksenpurossa (ka. 35,6 mg/l, keskihajonta 9,7 mg/l), Mätäpurossa (ka. 35,8 mg/l, keskihajonta 10,5 mg/l) ja Näsinoja-Tuomarinkylänojaassa (ka. 36,2 mg/l ja keskihajonta 16,0 mg/l).



Kuva 14. Sulfaattipitoisuuden purokohtaiset keskiarvot tutkimusvuonna 2004.

Ruthin (2004: 116) tutkimissa kolmessa Helsingin kaupunkipurossa liukoisten anionien ja kationien keskimääräiset pitoisuudet olivat huomattavasti Suomen latvapurojen pitoisuuksia korkeammat. Uudenmaan rannikkoalueella pitoisuudet ovat yleisesti muuta maata korkeampia mm. meren läheisyyden takia (Lahermo ym.), mutta kaupunkipurot erottuvat muista rannikkoalueenkin puroista (Ruth 2004).

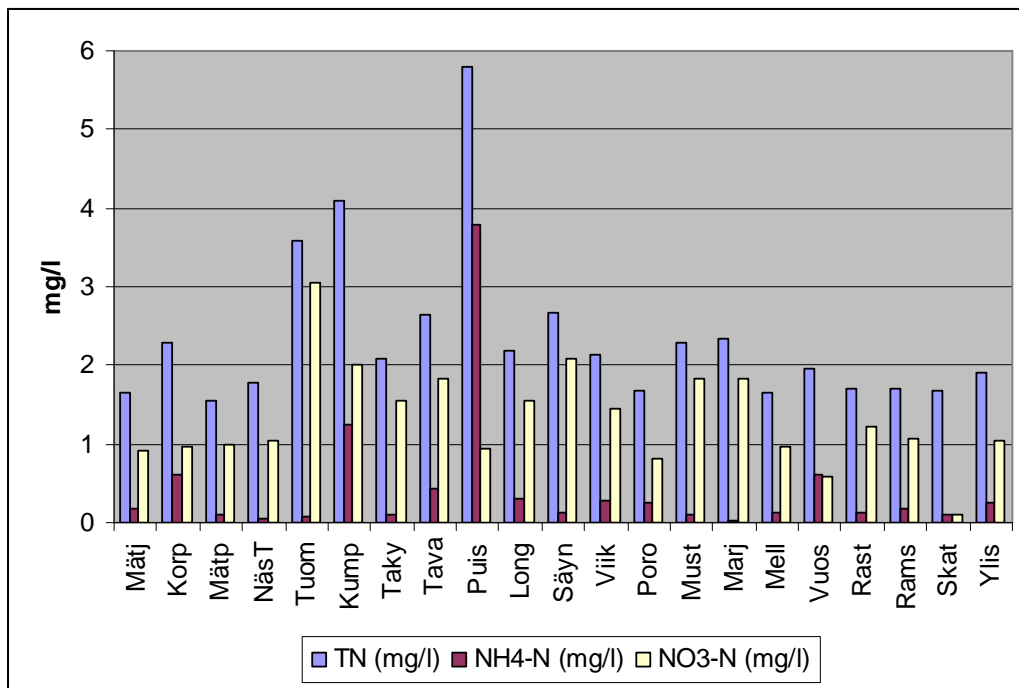
6.8 Ravinteet

Kokonaistypen pitoisuus tutkituissa näytteissä oli pienimmillään 0,57 mg/l Mätäjoen yläjuoksulla (näytepiste 7) kesällä. Tämä voi johtua Päijännetunnelin veden juoksutuksesta puroon kesäaikana. Kaikista näytteistä suurin typen kokonaispitoisuus oli 17 mg/l Puistolanpuron talvinäytteessä. Muissa näytteissä pitoisuus oli korkeintaan 5,8 mg/l. Kaikkien näytteiden kokonaistyyppipitoisuuden mediaani oli 1,9 mg/l ja keskiarvo 2,17 mg/l (keskihajonta 1,48 mg/l).

Ammoniumtyppeä (NH_4^+) näytteissä oli 0,001–14,00 mg/l. Suurin pitoisuus oli tässäkin Puistolanpuron talvinäytteessä. Muissa näytepisteissä typpeä oli enimmillään 1,80 mg/l. Kaikkien näytteiden ammoniumtypen mediaani oli 0,13 mg/l ja keskiarvo 0,319 mg/l (keskihajonta 1,092 mg/l).

Nitraattitypen (NO_3^-) pitoisuus vaihteli purovesinäytteissä välillä 0,07–5,80 mg/l. Suurin pitoisuus oli Mustapurossa keväällä näytepisteessä 37, pienin keväällä Skatanpurossa. Nitraattitypen mediaani kaikista näytteistä oli 1,15 mg/l, keskiarvo 1,33 mg/l ja keskihajonta 0,88 mg/l.

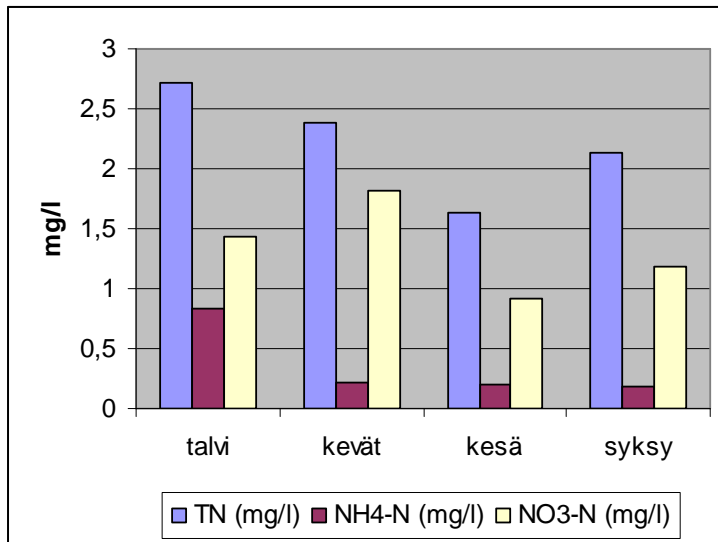
Kokonaistyppeä oli keskimäärin eniten Puistolanpurossa (kuva 15). Vuoden keskiarvo tällä purolla oli 5,8 mg/l, mutta siinä näkyy erityisesti talven poikkeuksellisen suuri 17 mg/l pitoisuus, sillä keskihajontakin on hyvin suuri (7,49 mg/l). Kokonaistypen keskimääräinen pitoisuus oli korkea myös Kumpulanpurossa (ka. 4,09 mg/l, keskihajonta 1,44 mg/l) sekä Tuomarinkartanonpurossa (ka. 3,58 mg/l, keskihajonta 1,63 mg/l). Myös ammoniumtypen suhteen esille nousevat vuotuisten keskiarvojen perusteella Puistolanpuro (ka. 3,79 mg/l, keskihajonta 6,82 mg/l) ja Kumpulanpuro (ka. 1,25 mg/l, keskihajonta 0,85 mg/l). Puistolanpurolla tämä johtuu taas alkuvuoden korkeista pitoisuuksista, sillä kesällä ja syksyllä ammoniumtyppeä tässä purossa oli vain 0,092 ja 0,055 mg/l. Ainoastaan Kumpulanpurossa sekä näytepisteillä 25 (Longinoja) ja 30 (Viikinoja) ammoniumpitoisuudet olivat ympäri vuoden korkeammat kuin kaikkien tutkittujen näytteiden keskimääräinen pitoisuus.



Kuva 15. Kokonaistypen (TN), ammoniumtypen (NH₄-N) sekä nitraattitypen (NO₃-N) pitoisuuksien purokohtaiset keskiarvot tutkimusvuonna 2004.

Nitraattitypen keskimääräiset pitoisuudet olivat suurimmat Tuomarinkartanonpurossa (ka. 3,05 mg/l, keskihajonta 1,58 mg/l) ja Säynäslahdenpurossa (ka. 2,07 mg/l, keskihajonta 1,22 mg/l). Näissäkään puroissa pitoisuus ei pysynyt koko vuotta keskimääräistä suurempana. Ainoastaan Viikinojan alajuoksulla kahdessa näytepisteessä (28 ja 29) sekä Mustapuron yläjuoksulla (näytepiste 37) nitraattityypipitoisuus oli vuoden kaikissa neljässä näytteessä yli 1,4 mg/l eli koko vuoden kaikkien näytteiden keskiarvoa suurempi.

Typpeä oli vesissä vähiten kesällä (kuva 16). Sekä kokonaistypen että tutkittujen typen muotojen ammoniumin ja nitraatin pitoisuuksien vuodenaikaisista keskiarvoista kesätulokset olivat pieniä. Muiden vuodenaikojen suhteen ammoniumin ja nitraatin tulokset poikkeavat hieman toisistaan ja kokonaistyyppipitoisuudesta. Typen kokonaispitoisuus sekä ammoniumtypen pitoisuus olivat suurimmat talvella. Ammoniumtypen määrä laski tästä jo keväällä ja pysyi melko lailla samalla tasolla syksyyn asti (syyskeskiarvo 0,191 mg/l hieman kesätulostakin pienempi). Kokonaistypen määrä laski hitaammin kesän minimiä kohti ja nousi taas syksyllä hieman. Nitraattitypen määrän vuodenaikaisvaihtelu noudatti muuten kokonaistypen vaihtelun suuntaa, mutta talvella nitraattityppeä oli vähemmän suhteessa typen kokonaispitoisuuteen kuin muina vuodenaikoina.



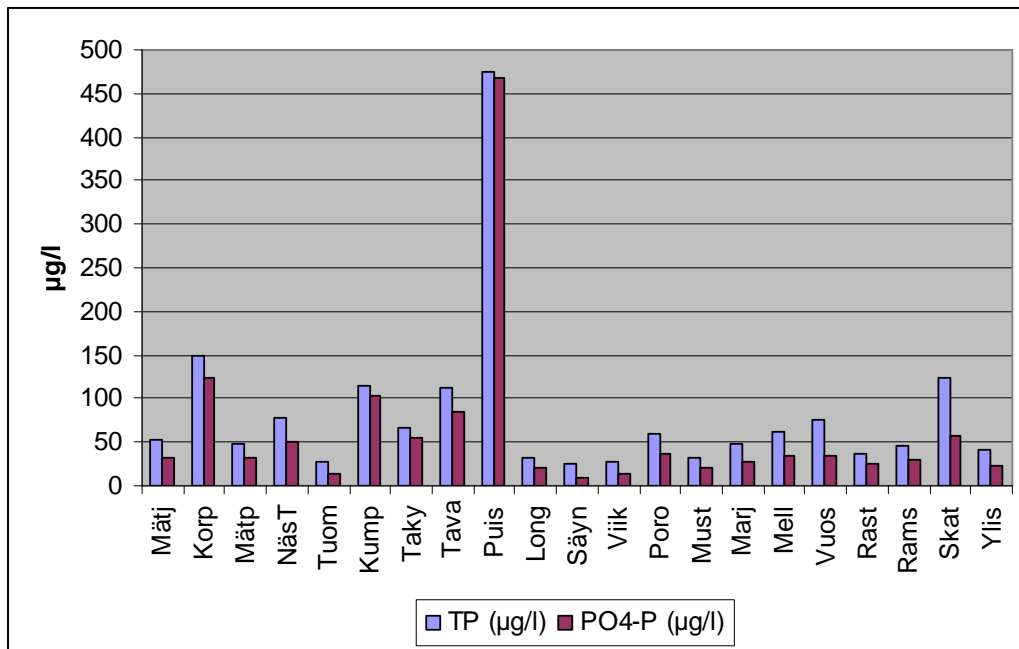
Kuva 16. Kokonaistypen (TN), ammoniumtypen (NH_4-N) ja nitraattityypen (NO_3-N) pitoisuuden vuodenaikainen vaihtelu. Kaikkien tutkittujen näytteiden vuodenaikaiset keskiarvot.

Tutkittujen purovesien fosforin kokonaispitoisuus oli pienimmillään 3 $\mu\text{g/l}$ (talvella Longinojan näytepisteellä 24) ja suurimmillaan 1455 $\mu\text{g/l}$ talvella Puistolanpurossa. Tämä pitoisuus oli poikkeuksellisen suuri, seuraavaksi suurin arvo oli Kumpulapuron alajuoksun syysnäytteessä 428 $\mu\text{g/l}$. Kaikkien näytteiden vuoden mediaani oli 41 $\mu\text{g/l}$, keskiarvo 63 $\mu\text{g/l}$ ja keskihajonta 118 $\mu\text{g/l}$.

Fosfaattifosforin (PO_4^{3-}) pitoisuus puroissa oli yhtä näytettä lukuunottamatta välillä 1–260 $\mu\text{g/l}$. Suurin pitoisuus oli kokonaisfosforin tavoin Puistolanpuron talvinäytteessä, jonka fosfaattifosforin pitoisuus oli määritystavasta riippuen 1300–1600 $\mu\text{g/l}$. Kaikkien otettujen näytteiden mediaani oli 27 $\mu\text{g/l}$, keskiarvo 45 $\mu\text{g/l}$ ja keskihajonta 124 $\mu\text{g/l}$.

Purokohtaisesti suurimmat fosforipitoisuudet olivat Puistolanpurossa, jonka kokonaisfosforitulosten keskiarvo oli 475 $\mu\text{g/l}$ ja keskihajonta 656 $\mu\text{g/l}$ (kuva 17). Vaikka keskiarvoa nostaa erityisesti talvinäytteen suuri fosforipitoisuus, muinakin vuodenaikoina kokonaisfosforipitoisuus oli keskimääräistä suurempi, 103–224 $\mu\text{g/l}$. Myös fosfaattifosforin pitoisuus oli suurin Puistolanpurossa, vuoden keskiarvona 468 $\mu\text{g/l}$ (keskihajonta 756 $\mu\text{g/l}$). Tässäkin näkyy talvinäytteen korkea arvo, sillä muina vuodenaikoina fosfaattia ei ollut yhtä paljon (välillä 65–140 $\mu\text{g/l}$). Keskimääräiset fosforipitoisuudet olivat suuret myös Korppaanojassa (TP: keskiarvo 148 $\mu\text{g/l}$ ja keskihajonta 98 $\mu\text{g/l}$; PO_4^{3-} : ka. 125 $\mu\text{g/l}$, keskihajonta 97 $\mu\text{g/l}$). Näissä puroissa kokonaisfosforipitoisuus muodostui suurelta osin

juuri fosfaattifosforista. Esimerkiksi Skatanpurossa kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin suuri (vuoden keskiarvo 125 µg/l, keskihajonta 56 µg/l), mutta fosfaattia puroissa oli tästä alle puolet, keskimäärin 57 µg/l (keskihajonta 40 µg/l). Pienimmät fosforipitoisuudet olivat Säynäslahdenpuroissa, jossa kokonaisfosforia oli vuoden aikana keskimäärin 25 µg/l (keskihajonta 16 µg/l) ja fosfaattifosforia 8 µg/l (keskihajonta 8 µg/l).



Kuva 17. Kokonaisfosforin (TP) ja fosfaattifosforin (PO₄-P) pitoisuudet eri puroissa tutkimusvuonna 2004. Kaikkien purosta otettujen näytteiden keskiarvot.

6.9 Veden hygieeninen laatu

Escherichia coli -bakteerien lukumäärä purovesinäytteissä vaihteli paljon sekä eri purojen välillä että samassakin puroissa eri näytteenotto-kerroilla. Pienimmillään *Escherichia coli* -bakteereita oli alle 1 mpn/100 ml, suurimmillaan yli 24 000 mpn/100 ml. Koko vuoden kaikkien näytteiden mediaani oli 200 mpn/100 ml. Yli 1000 mpn/100 ml ylittäviä *E. coli* -pitoisuuksia oli 25 eri näytepisteellä, yhteensä 39 näytteessä tutkituista 176:sta.

Enterokokkeja puroissa oli vähimmillään 0 (useissa näytteissä), enimmillään yli 20 000 pmy/100 ml (Tapaninvainionpurossa syksyllä). Kaikkien vuoden näytteiden mediaani oli 67 pmy/100 ml. Veden enterokokkipitoisuus ylitti 1000 pmy/100 ml kaikkiaan 10 näytteessä, jotka oli otettu 9 eri näytepisteestä.

Kevätnäytteissä bakteeripitoisuudet olivat pienimmät. *E. colilla* kevätnäytteiden mediaani oli 46 mpn/100 ml, enterokokeilla 7 pmy/100 ml. Tutkituissa puroissa oli eniten bakteereja kesällä. *Escherichia coli* -bakteereiden mediaani oli tällöin 520 mpn/100 ml, enterokokkien 195 pmy/100 ml.

Purokohtaisesti vähiten bakteereja oli Säynäslahdenpurossa. Tässä purossa vuoden *E. coli* -mediaani oli 14 mpn/100 ml ja enimmillään *E. coli* -bakteereja oli 55 mpn/100 ml. Enterokokkeja samassa purossa oli enimmillään 40 pmy/100 ml, ja vuoden kaikkien näytteiden enterokokkimediaani oli 5 pmy/100 ml. Vähän bakteereja oli kokonaisuudessaan myös Longinojassa, Tuomarinkartanonpurossa ja Yliskylänpurossa, mutta näiden purojen yksittäisissä näytteissä oli myös suhteellisen suuria bakteeripitoisuuksia. Longinojassa korkeita pitoisuuksia oli syksyn näytteissä, samoin Tuomarinkartanonpurossa syksyllä *E. coli* suhteen. Yliskylänpurossa kesänäytteessä *E. coli* oli 870 mpn/100 ml ja enterokokkeja 900 pmy/100 ml, vaikka vuoden muut pitoisuudet olivat molemmilla indikaattoreilla alle 50.

Eniten bakteereja oli kaikkien vuodenaikojen näytteet huomioiden Puistolannepurossa. Sekä talven että kevään näytteessä *E. coli* -bakteerien lukumäärä oli yli 24 000 mpn/100 ml, josta määrä laski syksyn näytteen lukumäärään 240 mpn/100 ml. Myös enterokokkeja oli kyseisessä purossa eniten talvella ja keväällä (yli 2000 pmy/100 ml), vähiten syksyllä (73 pmy/100 ml). Suuri määrä bakteereja oli myös Mätäpuron mereenlaskukohdan näytepisteessä 9. *Escherichia coli* oli siellä 870–17 000 mpn/100 ml ja enterokokkeja 220–2800 pmy/100 ml, vuodenaikasta riippuen.

7. Veden laadun kokonaistarkastelu

7.1 Vertailu aiempiin tutkimuksiin

Muihin Suomen puroihin verrattuna Helsingin kaupunkipuroissa oli runsaasti liuenneita aineita (taulukko 5). Esimerkiksi sähkönjohtavuusarvot olivat tässä tutkimuksessa huomattavasti korkeampia kuin Lahermon ym. (1996) tutkimissa Suomen latvapuroissa. Tähän vaikuttaa tietysti luontaisena tekijänä rannikkoalueen savikkoinen maaperä ja meren läheisyys. Samoin yksittäisistä liuenneista aineista oli Helsingin puroissa runsaasti liukoista kloridia, natriumia, kaliumia, kalsiumia, magnesiumia ja sulfaattia verrattuna

muihin Suomen puroihin (Lahermo ym. 1996). Kaupunkipuroissa alkaliteetti ja pH olivat yleisesti korkeammat kuin muualla maassa.

Väriluku sen sijaan oli tutkituissa Helsingin puroissa keskimäärin alhaisempi kuin muualla Suomessa. Ilmeisesti kaupunkipurot eivät ole yhtä humuspitoisia kuin muun maan purovedet. Samoin fosfaattia oli Helsingin puroissa keskimäärin muuta maata vähemmän. Nitraattia oli kaupunkipuroissa hieman muuta Suomea enemmän, mutta ero ei ollut yhtä suuri kuin esimerkiksi liuenneiden aineiden kokonaismäärää tarkasteltaessa.

Taulukko 5. Helsingin purojen veden laatu verrattuna koko Suomen latvapuroihin. Tulosten keskiarvot (pH-tuloksista mediaaniarvot) ja vaihtelu. Tämän tutkimuksen tuloksissa ilmoitettu väli jolle kaikki tulokset asettuivat (mikäli yksittäinen arvo poikkeaa suuresti muusta näytestarjasta, se on ilmoitettu suluissa). Suomen purovesistä ilmoitettu vaihteluväli, jolle asettuu 90 % tuloksista.

<i>Muuttuja</i>	Helsingin purot		Suomen purovedet (Lahermo ym. 1996)	
	<i>Vuoden 2004 keskiarvo</i>	<i>Vaihtelu</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Vaihtelu (90 % tuloksista)</i>
Kiintoaine	14,2 mg/l	0,75–60,3 mg/l (569)		
TDS	335 mg/l	120–862 mg/l		
Sähkönjohtavuus	39,8 mS/m	7,9–139 mS/m	6,9 mS/m	2–22 mS/m
Sameus	22,8 FTU	1,2–120 FTU (960 FTU)		
Väriluku	58 mg/l Pt	5–300 mg/l Pt	101 mg/l Pt	15–300 mg/l Pt
pH	7,2 (med.)	6,0–7,8 (4,9)	5,91 (med.)	4,7–6,6
Alkaliteetti	1,32 mmol/l	0,12–5,56 mmol/l	0,30 mmol/l	0,01–1,00 mmol/l
COD _{Mn}	9,7 mg/l	2–40 mg/l	13,2 mg/l	2,6–30 mg/l
Fluoridi	0,31 mg/l	0,10–0,73 mg/l	0,13 mg/l	0,025–0,5 mg/l
Kloridi	48 mg/l	1,4–260 mg/l	3,5 mg/l	0,5–15 mg/l
Natrium	47,3 mg/l	7,6–132 mg/l (199 mg/l)	4,1 mg/l	1,3–14 mg/l
Kalium	6,1 mg/l	2,0–16,7 mg/l	1,2 mg/l	0,24–4,0 mg/l
Kalsium	39,2 mg/l	15,6–95,2 mg/l	6,1 mg/l	1,7–18 mg/l
Magnesium	9,2 mg/l	2,4–26,5 mg/l	2,25 mg/l	0,6–7,0 mg/l
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	53,5 mg/l	10,8–110 mg/l	7,7 mg/l	1,0–35 mg/l
Nitraatti (NO ₃ ⁻)	1,33 mg/l	0,07–5,8 mg/l	0,86 mg/l	0,2–3,0 mg/l
Fosfaatti (PO ₄ ³⁻)	0,045 mg/l	0,001–0,26 mg/l (1,6)	0,07 mg/l	0,01–0,4 mg/l

Liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS) oli samansuuntainen kuin aiemmissa Helsingin puroista tehdyissä tutkimuksissa. Kaikkien näytteiden liuenneiden aineiden kokonaispitoisuuden keskiarvo oli tässä tutkimuksessa 335 mg/l, eri purojen tutkimusjakson keskiarvot olivat välillä 157–531 mg/l. Esimerkiksi Ruthin (2004) tutkimuksessa Mätäjoesta, Tapaninkylänpurosta ja Mellunkylänpurosta liuenneen aineen kokonaismäärän purokohtaiset keskiarvot olivat välillä 245–301 mg/l (tutkimusjakso

1.7.1998–31.12.1999). Ketolan (1998) ja Ruthin (1998) Mellunkylänpurosta ja Mätäjoesta tekemissä tutkimuksissa liuenneiden aineiden yksittäiset maksimipitoisuudet ovat olleet suuremmat kuin tässä tutkimuksessa, samoin minimipitoisuudet ovat olleet pienempiä. Tämä johtuu kuitenkin enemmän näiden aiempien tutkimuksien tiheämmästä näytteenottovälistä kuin välttämättä todellisista muutoksista puroissa.

Kiintoainepitoisuus purovesissä oli samoin linjassa aiempien Helsingin puroista tehtyjen tutkimusten kanssa (Ketola 1998; Ruth 1998, 2004). Eri puroissa kiintoainepitoisuuden vuotuiset keskiarvot olivat tässä tutkimuksessa 4,3–21,0 mg/l (poikkeus Kumpulanpurossa 81,2 mg/l), verrattuna Ruthin (2004) saamiin purokeskiarvoihin 12,1–22,5 mg/l.

Suurin tässä tutkimuksessa ilmennyt kiintoainepitoisuus 569,4 mg/l Kumpulanpuron alajuoksulla näytepisteellä 16 oli tämän tutkimuksen muihin tuloksiin verrattuna huomattavan suuri. Se johtui rakennus- ja maanmuokkaustöistä näytepisteen yläpuolella. Samana päivänä Kumpulanpuron yläjuoksulta otetussa näytteessä kiintoainetta on vain 7,7 mg/l. Jos tämä rakennustöiden aiheuttama Kumpulanpuron suuri kiintoainepitoisuus jatkui pitkään, kiintoainekulkeuma muodostui suureksi. Tästä ei kuitenkaan ole mittaustuloksia. Verrattuna aiempien tutkimuksien kiintoaineen maksimipitoisuuksiin sateiden jälkeen Kumpulanpurolla mitattu arvo ei kuitenkaan ole erityisen suuri. Sekä Mätäjoessa että Mellunkylänpurossa kiintoaineen pitoisuushuiput tulvatilanteissa ovat olleet yli 1100 mg/l (Ketola 1998; Ruth 1998, 2004). Voimakkaan virtaaman aiheuttamat kiintoaineen pitoisuusmaksimit ovat kuitenkin puroissa yleensä varsin lyhytaikaisia.

Happitilanteessa olisi korjaamisen varaa lähes jokaisessa purossa (kuva 9, taulukko 7). Parhaassa kunnossa happipitoisuuden suhteen ovat Mätäpuro ja Tuomarinkartanonpuro, joissa ei ole happiongelmia missään näytepisteessä. Näissä puroissa happipitoisuus oli kaikkina vuodenaikoina välillä 50–98 %. Näsinoja-Tuomarinkylänojoissa ja Tapaninkylän- ja Tapaninvainionpuroissa happipitoisuus on samoin kohtuullisella tasolla eli vuoden keskimääräinen happipitoisuus ylittää 70 %, vaikka kesällä hapen kyllästysaste putoaakin näissä puroissa hieman alle 50 %:n. Aiemmissä tutkimuksissa Helsingin puroista esimerkiksi Ruth (2004) on mitannut korkeampia happipitoisuuksia. Kyseisessä tutkimuksessa saadut hapen kyllästysasteen keskiarvot Mätäjoella (75,0 %), Tapaninkylänpurolla (90,9 %) ja Mellunkylänpurolla (91,2 %) ovat kaikki suurempia kuin tässä tutkimuksessa samoista puroista mitatut hapen kyllästysasteet. Aiemmissä tutkimuksissa Mätäjoesta

mitattu minimikyllästysaste 51,8 % (Ruth 2004) ja Mellunkylänpurossa 74 % (Ketola 1998) ovat nekin suurempia kuin tämän 2004 tehdyn tutkimuksen minimiarvot. Toisaalta kesällä 1987 otetuista näytteistä on mitattu samaa suuruusluokkaa olevia happipitoisuuksia kuin tässäkin tutkimuksessa. Esimerkiksi Mätäjoen yläjuoksulla hapen kyllästysaste on tällöin ollut 30 %, samoin kuin Yliskylänpurossa 25–36 % (Jalava 1987).

Kemiallisen hapenkulutuksen COD_{Mn} -arvot ovat tässä tutkimuksessa samaa suuruusluokkaa kuin Suomen latvapuroissa (taulukko 5).

Tässä tutkimuksessa mitatut pH-arvot ovat yleisesti korkeampia kuin muualla Suomen puroissa (taulukko 5). Ne ovat kuitenkin samaa luokkaa kuin aiemmissa Helsingin puroista tehdyissä tutkimuksissa, joissa pH-arvot ovat vaihdelleet välillä 6,4–7,9 (Ruth 2004) ja 6,5–8,0 (Ketola 1998).

Alkaliteetti on useissa tässä tutkimuksessa mitatuissa näytteissä erittäin korkea verrattuna muun Suomen puroihin (taulukko 5). Samoin kaikkien näytteiden keskiarvo 1,32 mmol/l on suuri. Myös Ruth (2004: 71) on mitannut tutkimistaan kolmesta Helsingin purosta samansuuruisia alkaliteettiarvoja. Kyseisessä tutkimuksessa Mätäjoen alkaliteetti oli keskimäärin 1,20 mmol/l, Tapaninkylänpuron 2,05 mmol/l ja Mellunkylänpuron 1,17 mmol/l. Tässä tutkimuksessa Mätäjoen ja Mellunkylänpuron alkaliteettiarvot olivat keskimäärin hieman alhaisempia, sen sijaan Tapaninkylänpurolla hieman korkeampia kuin Ruthin tutkimuksessa. Ruthin (2004) mukaan syynä Helsingin kaupunkipurojen suureen alkaliteettiin on kaupunkialueen kuormitus ja savikkoisesta maaperästä huuhtoutuvat emäskationit.

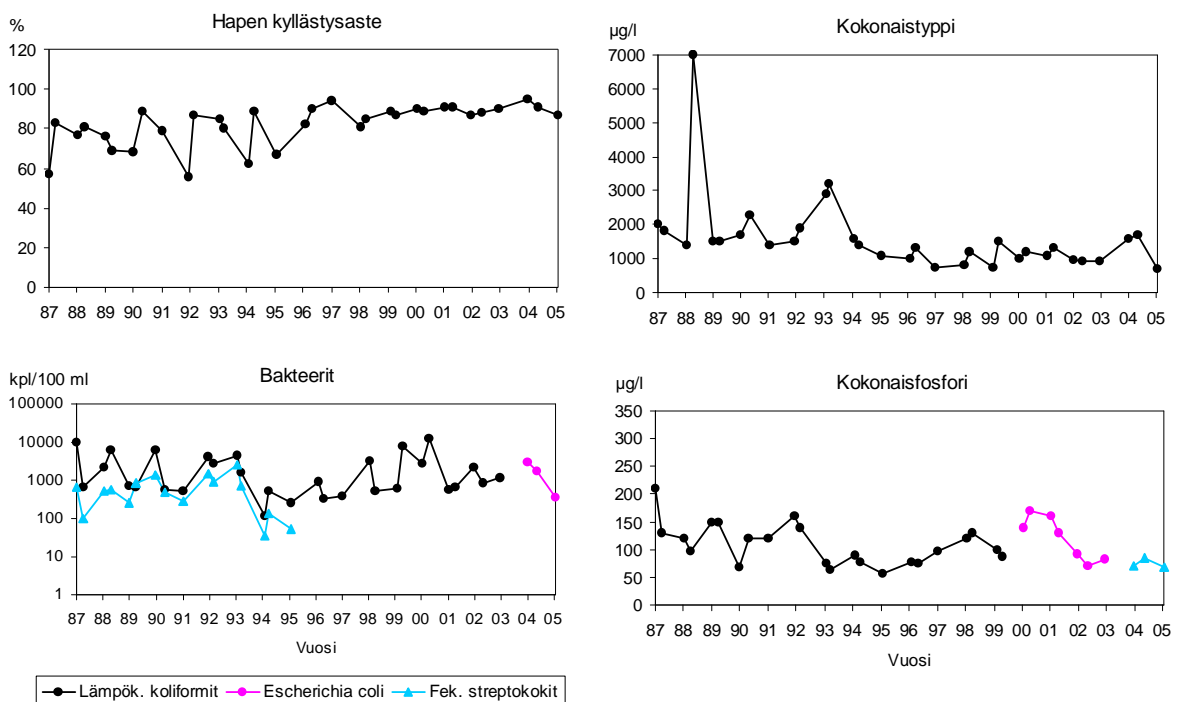
Purovesien hygieeninen laatu oli ajoittain ja paikoittain todella heikko. Joissain vesinäytepisteissä bakteereita oli ympäri vuoden runsaasti (esimerkiksi Puistolampuro, Mätäpuron alajuoksun näytepiste), muutamissa puroissa bakteerien määrä oli korkea vain kesällä (esimerkiksi Vuosaarenpuro, Rastilanpuro, Yliskylänpuro). Kaikista tutkituista 177 vesinäytteestä 53:ssa pelkästään suolistoperäisten enterokokkien määrä oli yli 200 pmy/100 ml, jolloin niitä ei voi enää pitää hyvinä uimavesinä.

7.2 Yleiskuva eri puroista

Eri puroissa painottuvat erilaiset vedenlaadulliset seikat. Jokainen puro on hyvä tai huono omalla tavallaan. Karkeasti yleistettynä parhaassa yleiskunnossa voidaan sanoa olevan Mätäpuron, Ramsinkannaksenpuron, Longinojan ja Rastilanpuron, mikäli puroja vertaillaan toisiinsa.

Mätäjoki

Mätäjoen veden laadussa esille nousivat yksittäiset suuret *E. coli* -pitoisuudet, jotka olivat välillä 1000–4600 mpn/100 ml. Happipitoisuus Mätäjoen yläjuoksun näytesteissä 7 oli kesällä ja syksyllä pieni, hapen kyllästysaste oli vain 23–33 %. Koko puron keskimääräinen kyllästysaste oli 64 %. Muiden muuttujien suhteen veden laadussa ei ollut erityisongelmia. Ravinteista kokonaistyppeä oli keskimäärin 1,66 mg/l ja kokonaisfosforia keskimäärin 52 µg/l. Mätäjoen veden pH oli keskimäärin 7,18. Väriluku vaihteli talven näytteiden 15–25 mg/l Pt -arvoista syksynäytteiden 100–150 mg/l Pt -lukemiin.



Kuva 18. Mätäjoen alajuoksuun veden laatu vuosina 1987–2005. Hapen kyllästysaste, ravinteet ja hygieeninen laatu. Kokonaisfosforin analyysimenetelmää on muutettu vuosina 2000 ja 2004 (Tarvainen ym. 2005).

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen seurantavuosien 1987–2005 aikana hapen kyllästysaste Mätäjoen alajuoksulla kehittyi parempaan suuntaan (kuva 18). Vuodesta 1996 lähtien se on ollut hyvällä tasolla (yli 80 %). Ravinnepitoisuudessakin kehitystä tapahtui parempaan päin. Typen kokonaispitoisuus oli korkea 1980-luvun lopulla, mutta tämän jälkeen määrä on ollut kohtuullinen. Veden laadun kehitys kesäaikana johtuu osittain Päijännetunnelin veden lisäjuoksutuksesta puroon vuodesta 1997 alkaen. Lisävedessä sähkönjohtavuus ja typpipitoisuus ovat alhaisempia mutta fosfaattifosforin pitoisuus suurempi kuin purossa tavanomaisesti virtaavassa vedessä (Ruth 2004). Kokonaisuudessaan Mätäjoen veden laatu on ollut kunnossa korkeita bakteeripitoisuuksia lukuun ottamatta.

Korppaanoja

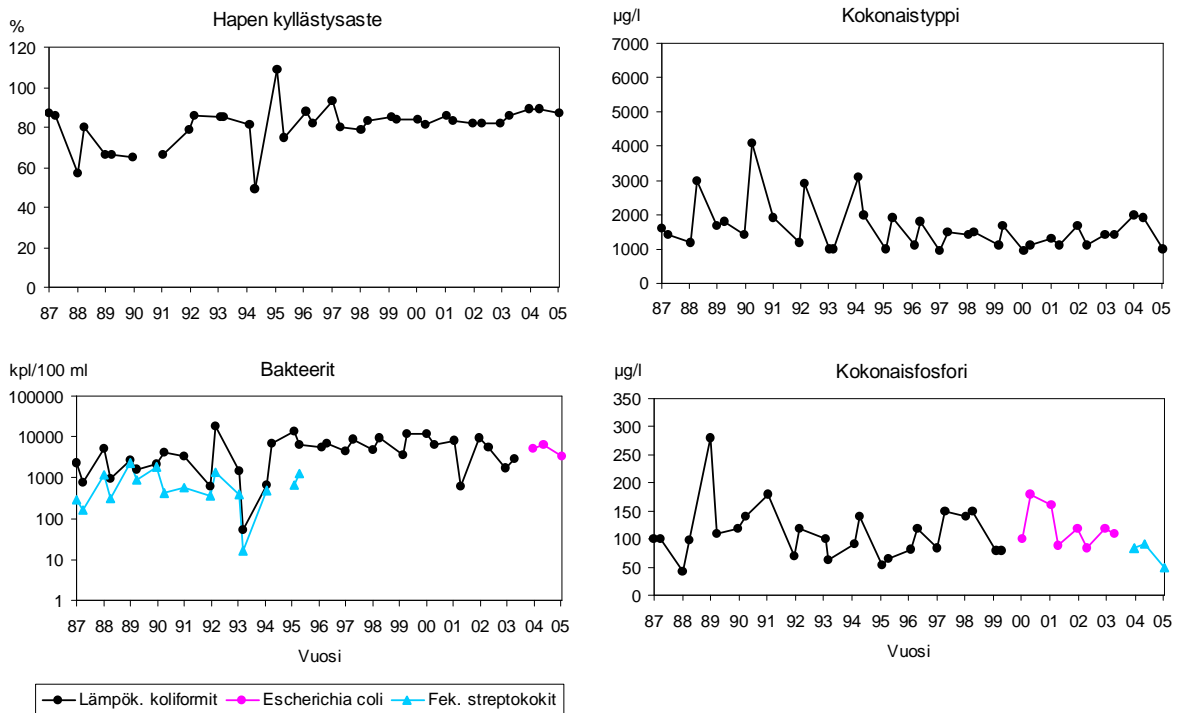
Korppaanojan vedessä oli runsaasti fosforia. Vuoden kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli 148 µg/l, fosfaattifosforin 125 µg/l. Ojassa oli myös alhainen happipitoisuus (vuoden keskiarvo 44,7 %, 5,1 mg/l). Talvella otetussa näytteessä oli korkea biologinen hapenkulutus (BOD₇-arvo 48 mg/l) ja paljon *E. coli* -bakteereita. Yksittäisten liuenneiden aineiden määrät olivat Korppaanojassa samalla tasolla kuin kaikista puroista otetuissa näytteissä keskimäärin. Natriumia ja kloridia oli kuitenkin keskimääräistä enemmän, ja pitoisuudet olivat suurempia talven ja kevään näytteissä. Liuenneiden aineiden kokonaismäärät eivät nousseet keskimääräistä suuremmiksi (TDS vuoden keskiarvo 344 mg/l).

Mätäpuro

Mätäpuron vesi oli kokonaisuudessaan melko hyvälaatuista. Ravinnepitoisuudet eivät olleet suuria (kokonaistyppeä keskimäärin 1,56 mg/l ja kokonaisfosforia 49 µg/l), ja happitilanne oli kunnossa ympäri vuoden. pH oli keskimäärin 7,29. Liuenneiden aineiden määrä ei ollut korkea verrattuna muihin tutkittuihin puroihin (TDS vuoden keskiarvo 283 mg/l). Sulfaattia oli lisäksi purojen keskinäisessä vertailussa melko vähän, keskimäärin 36 mg/l. Suuria bakteeripitoisuuksia oli alajuoksun näytepisteellä 9, jossa *Escherichia coli* -bakteereita oli kaikkina vuodenaikoina paljon ja enterokokkeja syksyn näytteessä.

Seurantavuosina 1987–2005 Mätäpuron alajuoksulla ravinnemäärä pieneni ja happitilanne parani (kuva 19). Esimerkiksi typen kokonaismäärän vaihtelu tasaantui ja erityisesti syksyiset suuret pitoisuudet pienentyivät. Vuodesta 1996 lähtien hapen kyllästysaste oli hyvällä tasolla. Bakteereita oli kuitenkin melko paljon koko seurantajakson ajan. Koko tutki-

musjaksolla indikaattoribakteerien määrä oli alle 100 kpl/100 ml ainoastaan vuonna 1993. Viime vuosina (1995-) määrä ylitti lähes säännönmukaisesti 1000 kpl/100 ml, usein reilusti enemmän.



Kuva 19. Mätäpuron veden laatu vuosina 1987–2005. Hapen kyllästysaste, ravinteet ja hygieeninen laatu. Kokonaisfosforin analyysimenetelmää on muutettu vuosina 2000 ja 2004 (Tarvainen ym. 2005).

Näsinoja-Tuomarinkylänoja

Näsinoja-Tuomarinkylänojan vesi oli laadultaan yleisesti kunnossa, esimerkiksi happipitoisuuden kanssa ei ollut ongelmia. Kiintoainepitoisuus oli puroista korkeimpia, vuoden keskiarvo 21,0 mg/l. Ojan alajuoksun näytesteissä oli runsaasti fosforia kesällä ja syksyllä (pitoisuudet tällöin 119 ja 224 µg/l). Mahdollinen syy tähän on huuhtoutuminen viereisiltä pelloilta. Saman näytesteiden vedessä oli syksyllä korkea kemiallinen hapenkulutus muihin puroihin verrattuna, COD_{Mn}-arvo oli 26 mg/l. Väriluku oli molemmissa näytesteissä korkea syksyllä (pisteessä 13: 300 mg/l Pt ja 14: 250 mg/l Pt), muina vuodenaikoina alle 100 mg/l Pt.

Tuomarinkartanopuro

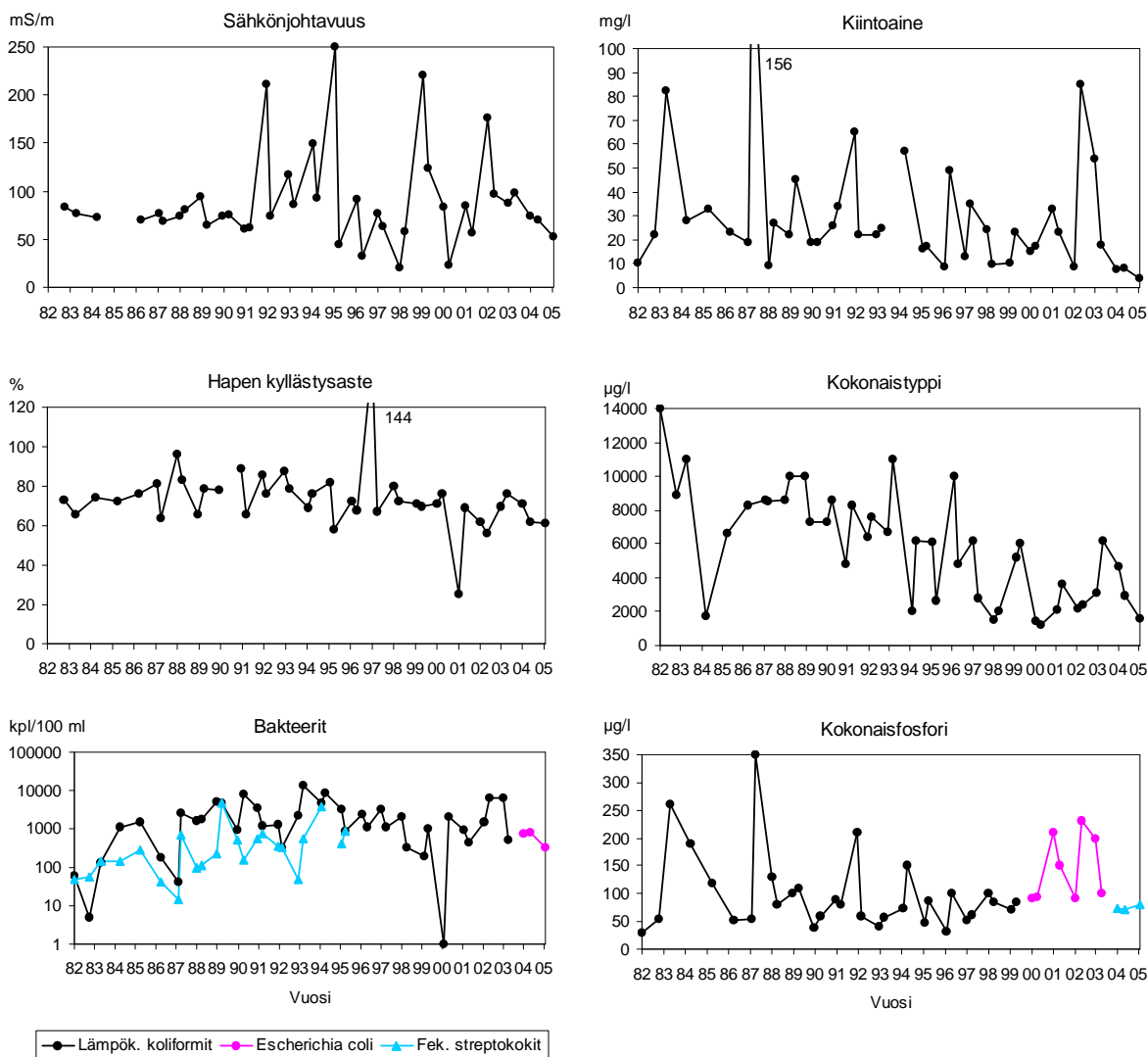
Tuomarinkartanopurossa väriluku oli puroista alhaisin (vuoden keskiarvo 14 mg/l Pt). Happipitoisuus oli kunnossa, sillä hapen kyllästysaste oli kaikissa näytteissä välillä 50–87

%. Syksyn näytteessä oli *E. coli* -bakteereita 2400 mpn/100 ml, mutta muuten bakteeripitoisuudet puron vedessä olivat pieniä. Sen sijaan Tuomarinkartanonpurossa oli runsaasti liuenneita aineita. Liuenneiden aineiden kokonaismäärä oli keskimäärin 482 mg/l ja sulfaattipitoisuus kaikista puroista suurin, vuoden keskiarvo 82,5 mg/l. Myös kalsiumia (52,6 mg/l) ja magnesiumia (16,5 mg/l) oli puron vedessä runsaasti. Ravinteista fosforia oli puroissa vähän, vain 27 µg/l, mutta typpeä oli runsaasti. Kokonaistypen vuoden keskiarvo oli 3,58 mg/l. Tästä huomattavan suuri osuus oli nitraattityppeä, jonka vuoden pitoisuuden keskiarvo oli 3,05 mg/l.

Kumpulanpuro

Kumpulanpurossa liuenneiden aineiden kokonaismäärä oli suuri (vuoden keskiarvo 531 mg/l). Yksittäisistä liuenneista aineista runsaasti oli kloridia, natriumia, kalsiumia ja kaliumia. Vedessä oli paljon ravinteita, sekä typpeä (vuoden ka. 4,1 mg/l) että fosforia (koko puron vuoden keskiarvo 115 µg/l). Fosforia oli runsaasti erityisesti alajuoksun näytesteellä, etenkin syksyllä kun kiintoainepitoisuus oli samoin poikkeuksellisen korkea. Kumpulanpuron vedessä oli paljon bakteereita. Koko purosta otetuista kahdeksasta näytteestä viidessä oli *E. coli* -bakteereita yli 1000 mpn/100 ml, samoin seitsemässä näytteessä enterokokkeja yli 100 pmy/100 ml. Puron vedessä oli korkea alkaliteetti, vuoden keskiarvo oli 2,85 mmol/l. Erityisesti huomattavaa talvella 11.2.2004 oli veden poikkeuksellisen korkea lämpötila puron yläjuoksulla. Näytesteessä 17 puroveden lämpötila oli +7 °C, kun se muilla puroilla oli välillä -0,2 – +2,7 °C.

Seurantavuosien 1982–2005 aikana Kumpulanpuron veden laadussa oli suuria vaihteluita (kuva 20). Liuenneiden aineiden määrässä (sähkönjohtavuus) vaihtelut olivat huomattavia erityisesti vuosina 1992–2002, samoin kiintoaineen määrässä koko tutkimusjaksolla. Erityisesti liunneen aineen määrän vaihtelut johtuivat Kumpulanpuroon kesäaikoina Vanhankaupunginlahdesta pumpatusta lisävedestä, joka on lievästi suolaista murtovettä (Ruth 2005b). Kumpulanpuron veden happipitoisuudessa oli yksittäisiä muista poikkeavia pieniä tuloksia. Tilanne on mahdollisesti edelleen huonontumassa. Hygieeninen laatu oli ajoittain melko huono. Typen ja fosforin kokonaispitoisuudet olivat välillä erittäin suuria, tosin typen suhteen suunta oli seurantavuosina parempaan päin.



Kuva 20. Kumpulanpuron veden laatu seurantavuosina 1982–2005. Sähkönjohtavuus, kiintoaine, hapen kyllästysaste, ravinteet ja hygieeninen laatu (Tarvainen ym. 2005).

Tapaninkylänpuro

Tapaninkylänpurossa mikään veden laadun muuttuja ei ollut hälyttävän korkea. Alkali-teettiarvo oli suuri, vuoden keskiarvo 2,48 mmol/l, ja puroveden pH-arvo oli korkeimpia kaikista puroista, vuoden keskiarvo 7,36. Tilanne oli näin ollen alkaliteetin ja happamuuden suhteen samansuuntainen kuin vuosina 1998–1999 (Ruth 2004). Tapaninkylänpuron kesänäytteessä oli bakteereja, E. coleja 1400 mpn/100 ml ja enterokokkeja 220 pmy/100 ml, mutta muina vuodenaikoina niiden määrät olivat alhaisempia. Happipitoisuus oli keskimäärin tyydyttävä, eli kyllästysaste oli kaikkina vuodenaikoina välillä 48–98 %.

Tapaninvainionpuro

Tapaninvainionpuron veden laadussa oli yksittäisiä ongelmakohtia, mutta muutoin laatu oli kohtuullinen. Esimerkiksi happipitoisuus oli kaikkina vuodenaikoina kunnossa. Puron veden laatu muistuttaa Tapaninkylänpuroa siinä, että alkaliteetti ja pH-arvo olivat molemmat korkeita (pH:n vuoden keskiarvo oli 7,34). Alkaliteettitulokset saatiin vain talven ja syksyn näytteistä, mutta ne olivat tällöin 3,11 ja 2,67 mmol/l. Kokonaisfosforipitoisuus purovedessä oli korkea kesällä (101 µg/l) ja syksyllä (254 µg/l), vuoden keskiarvo oli 113 µg/l. Syksyllä otetussa näytteessä oli lisäksi erittäin paljon bakteereja. *Escherichia coli* oli tällöin yli 24 000 mpn/100 ml ja enterokokkeja yli 20 000 pmy/100 ml. Muina vuodenaikoina esimerkiksi *E. coli*en määrä oli alle 100 mpn/100 ml.

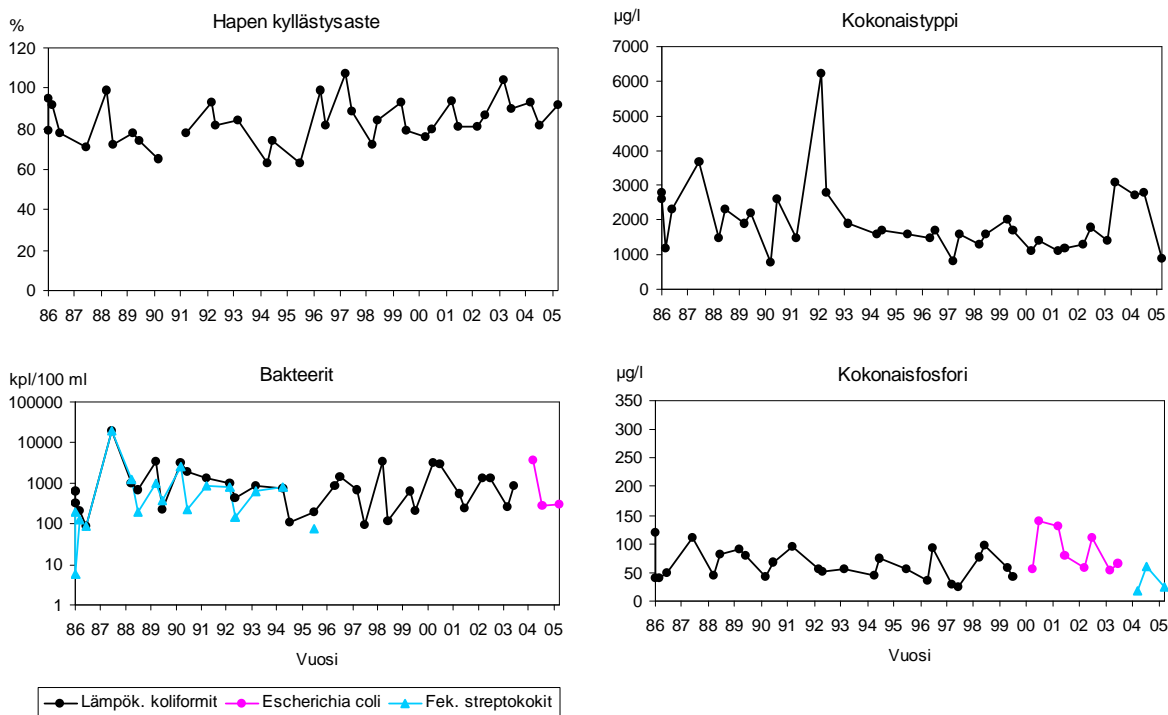
Puistolanpuro

Puistolanpurossa oli runsaasti bakteereja lukuunottamatta syksyn näytettä. Alkaliteetti oli korkea, keskimäärin 2,75 mmol/l. Samoin pH oli kaikista puroista korkein (vuoden ka. 7,39). Veden kokonaisfosforipitoisuus oli korkealla tasolla eli yli 100 µg/l ympäri vuoden. Puistolanpuron talvinäytteessä oli tutkituista purovesistä eniten ravinteita. Kokonaisfosforia oli 1455 µg/l ja kokonaistyppeä 17 mg/l. Tämä saattaa viitata jätevesien vaikutukseen purossa.

Longinoja

Longinojan vesi oli suhteellisen hyvässä kunnossa. Purosta otetuissa yksittäisissä näytteissä oli kuitenkin korkeita bakteeripitoisuuksia. Longinojan veden pH oli alempi kuin muissa puroissa, vuoden keskiarvo oli 6,02. Näytepisteessä 23 Longinojan sivuhaarassa oli syksyllä runsaasti fosforia (TP 133 µg/l), mutta koko puron vuoden kokonaisfosforikeskiarvo oli vain 33 µg/l. Veden väriluku oli puroista pienimpiä, keskiarvo 19 mg/l Pt. Taimenten viihtymistä ajatellen nitraattitypen pitoisuus oli kuitenkin melko suuri, sillä puron koko vuoden keskipitoisuus oli 1,55 mg/l. Suositeltu enimmäispitoisuus hyvässä taimenjoessa on 0,15–0,25 mg/l (Kalavedet kuntoon... s.a.).

Longinojan alajuoksun vedessä ei seurantajakson 1986–2005 aikana ollut havaittavissa mitään erityisen poikkeavaa muihin puroihin verrattuna (kuva 21). Bakteeripitoisuudet olivat useiden muiden purojen tavoin muutamia kertoja yli 1000 kpl/100 ml, korkeimmillaan vuonna 1987. Seurantajakson aikana fosforin kokonaispitoisuus ylitti muutaman kerran 100 µg/l ja typen pitoisuus oli korkea vuonna 1992.



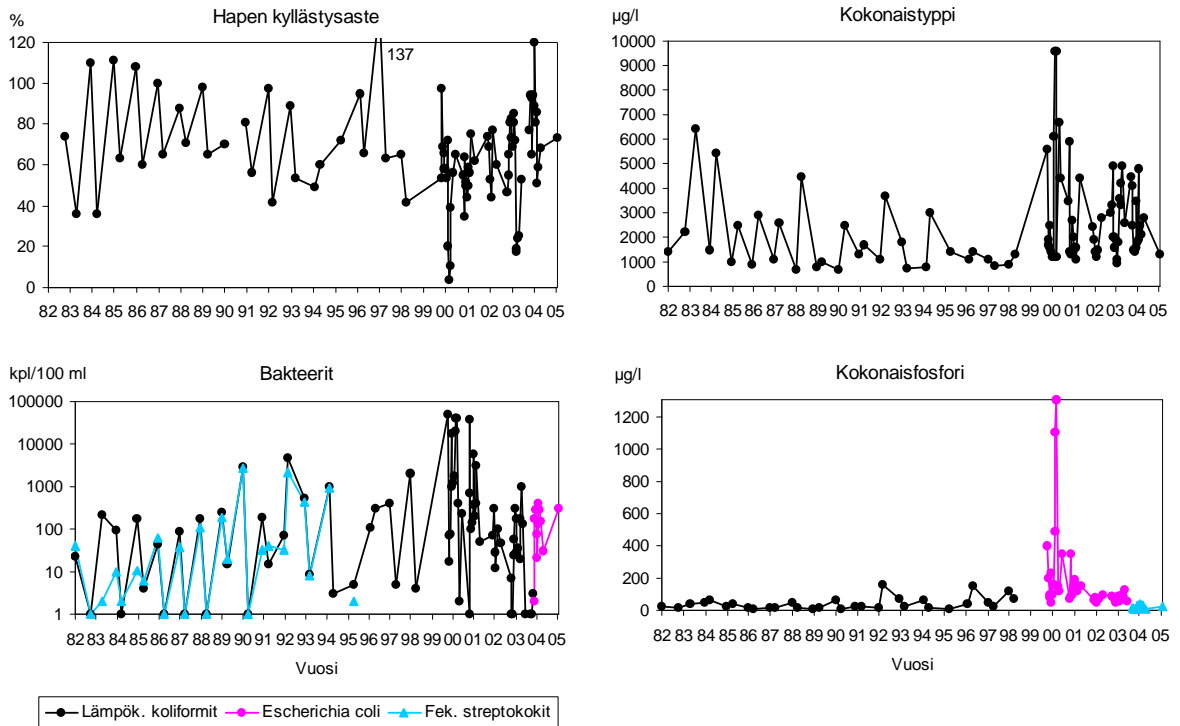
Kuva 21. Longinojan veden laatu seurantajaksolla 1986–2005. Hapen kyllästysaste, ravinteet ja hygieeninen laatu. Kokonaisfosforin määrittämenetelmää on muutettu vuosina 2000 ja 2004 (Tarvainen ym. 2005).

Säynäslahdenpuro

Säynäslahdenpurossa oli satunnaisia happiongelmia. Esimerkiksi kesällä näytepisteessä 26 kyllästysaste oli vain 13,5 % ja happipitoisuus 1,34 mg/l. Sekä kemiallinen että biologinen hapenkulutus olivat kuitenkin alhaisia. Säynäslahdenpuron bakteeripitoisuus oli pieni, *Escherichia coli* -bakteereja oli enimmillään 55 mpn/100 ml ja enterokokkeja 87 pmy/100 ml, kolmessa näytteessä ei lainkaan. Sulfaattia puron vedessä oli runsaasti, keskimäärin 78,2 mg/l ja liuenneiden aineiden kokonaismääräkin oli keskimäärin 451 mg/l. Kiintoainepitoisuus oli tässä purossa pienimpiä mitattuja, vuoden näytteiden keskiarvona 4,6 mg/l. Väriluku oli purossa alhainen, koko puron vuoden keskiarvona 20 mg/l Pt. Tässä oli kuitenkin eri uomien välillä eroa, sillä puron itäisen haaran näytepisteessä 26 väriluku oli alhaisempi (vuoden ka. 9 mg/l Pt) kuin näytepisteessä 27 (ka. 36 mg/l Pt).

Happiongelmia purossa oli seurantajaksolla aiemminkin, erityisesti vuosina 2000 ja 2003, jolloin kyllästysaste laski alle kahdenkymmenen (kuva 22). Vuodet 2000–2001 olivat Säynäslahdenpuron tilassa selvästi poikkeuksellisia. Tällöin bakteeripitoisuudet olivat

korkeita, samoin ravinnepitoisuudet sekä väriluku olivat erityisesti vuonna 2000 poikkeuksellisen suuria. Fosforipitoisuus laski tästä tyydyttävälle ja aivan viime aikoina hyvällekin tasolle. Bakteerimäärät olivat muulla seurantajaksolla usein muihin puroihin verrattuna pieniä.



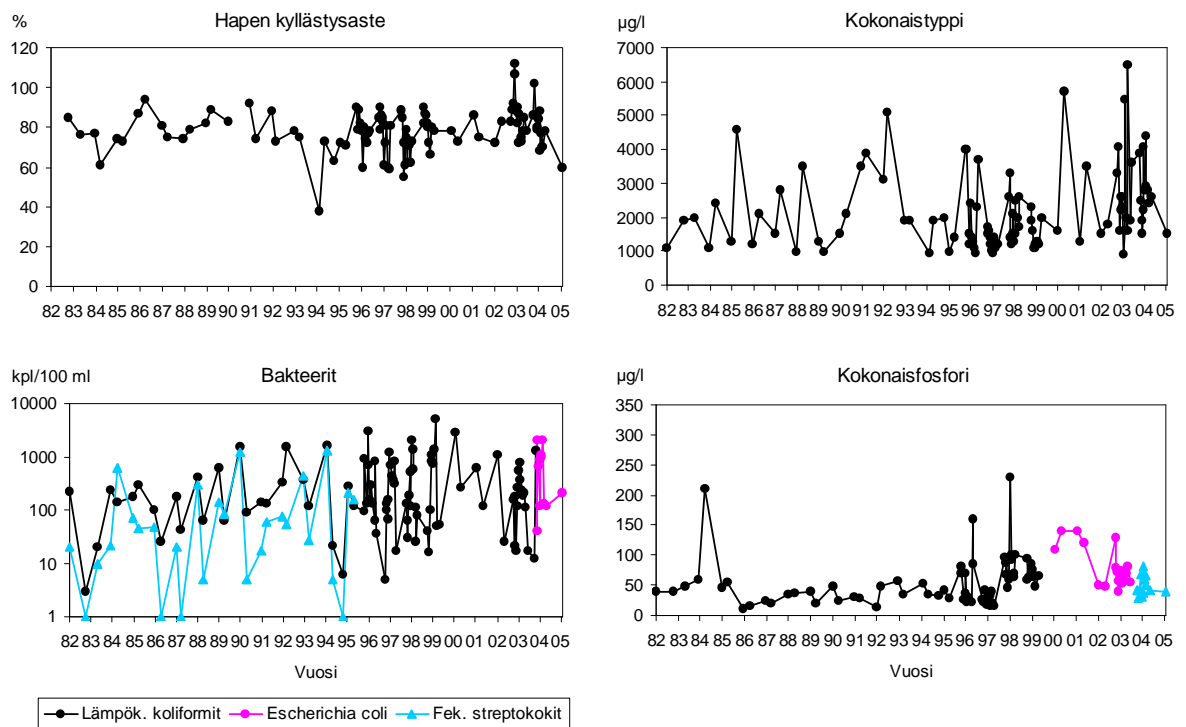
Kuva 22. Säynäslahdenpuron veden laatu 1982–2005. Hapen kyllästysaste, ravinteet ja hygieeninen laatu (Tarvainen ym. 2005).

Viikinoja

Viikinojan vesi oli laadultaan keskitasoa muihin puroihin verrattuna. Liuenneiden aineiden pitoisuudet olivat hieman keskimääräistä pienempiä, ainoastaan sulfaattia oli vähän keskitasoa enemmän. Hapen kyllästysaste oli alimmillaan kesällä 43 %, muulloin tätä korkeampi. Fosforimäärät olivat tässä purossa pieniä, typpipitoisuudet keskimääräistä tasoa muihin puroihin verrattuna. Bakteereja oli Viikinojassa vain vähän, ainoastaan muutamissa kesän ja syksyn näytteissä *Escherichia coli* -bakteereja oli 140–330 mpn/100 ml. Veden väri oli näytepisteessä 31 selvästi voimakkaampi kuin muissa Viikinojan näytepisteissä. Kyseisessä näytepisteessä väriluvun keskiarvo 168 mg/l Pt, muiden Viikinojan näytteiden keskiarvo 48 mg/l Pt (koko puron vuoden keskiarvo 78 mg/l Pt) (kuva 23).



Kuva 23. Vesien väriero Viikinojan kahden eri haaran yhdistyessä näytepisteiden 30 ja 31 alapuolella. Taka-alalla näytestä 31 tulevan veden väriluku 250 mg/l Pt, etualan vedessä väriluku 75 mg/l Pt. 27.10.2004, kuva tekijän.



Kuva 24. Viikinojan veden laadun muutokset vuosina 1982–2005. Hapen kyllästysaste, ravinteet ja hygieeninen laatu (Tarvainen ym. 2005).

Seurantajakson aikanakin bakteeripitoisuudet olivat Viikinojassa usein melko alhaisia, vaikka osassa näytteitä mitattiinkin suuria bakteerimääriä (kuva 24). Samoin fosforin kokonaismäärä oli enimmäkseen hyvällä ja tyydyttävällä tasolla muutamia korkeamman pitoisuuden piikkejä lukuun ottamatta. Sen sijaan typen kokonaismäärissä oli suurempia vaihteluita. Muillakin muuttujilla tarkasteltuna veden laatu vaihteli nopeasti melko paljon, vaikka keskimäärin veden laatu oli kohtuullinen.

Porolahdenpuro

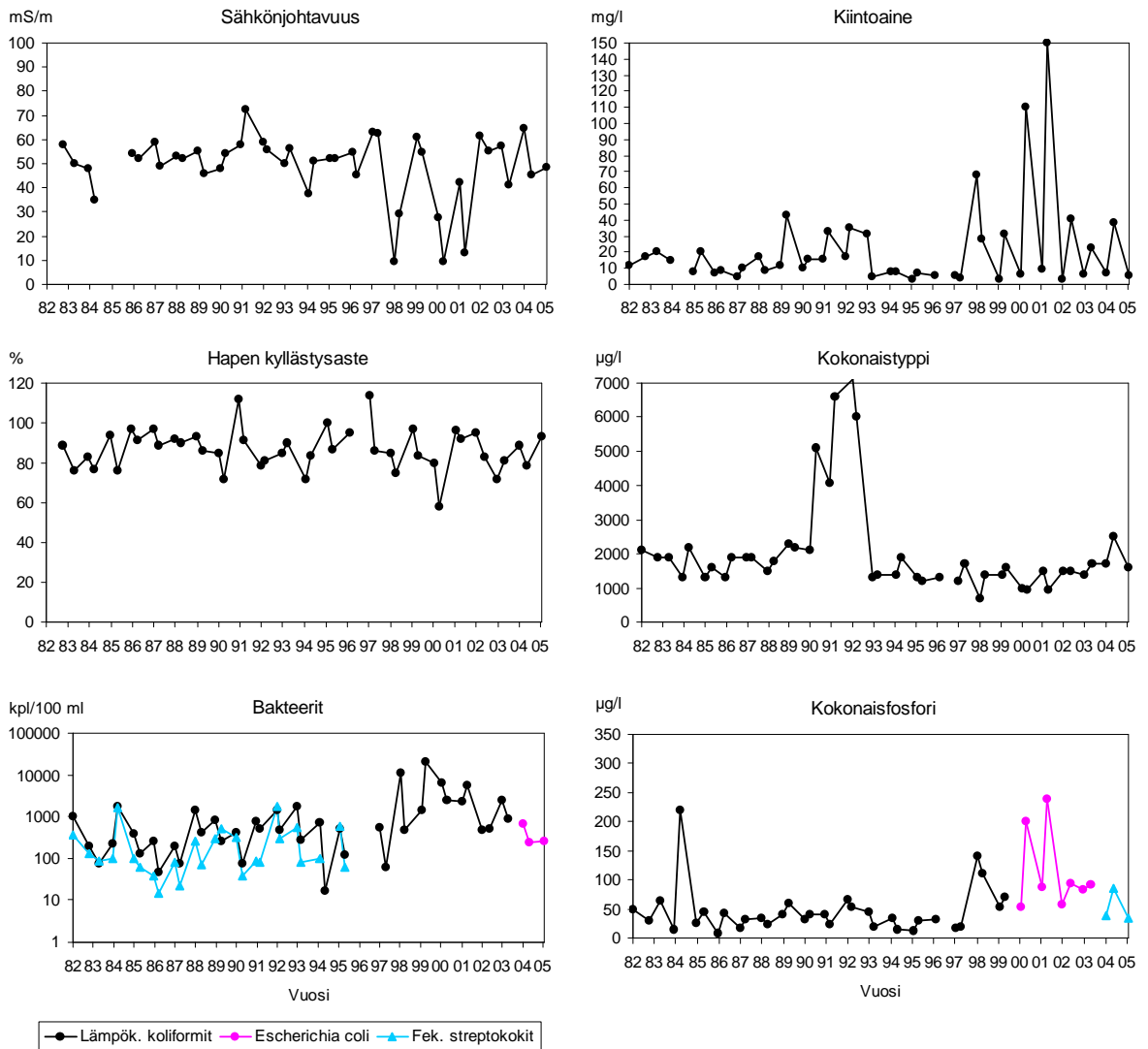
Porolahdenpurossa happitilanne oli ympäri vuoden hieman heikko, eli hapen kyllästysaste pysyi alle 70 % kaikilla näytteenottokerroilla. Alimmillaan se oli heinäkuussa 40,5 %. Liuenneista aineista vedessä oli paljon erityisesti natriumia (vuoden keskiarvo 79,2 mg/l) ja kloridia. Näiden suhteen vuoden keskiarvoa nostavat talven ja kevään pitoisuudet (Na^+ yli 100 mg/l), jotka ovat selkeästi muita vuodenaikojä korkeampia. Kloridipitoisuuden arvio talvella ja keväällä on suuruusluokkaa 140–150 mg/l (natriumpitoisuuksien perusteella laskettuna). Liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus oli sekin talvella ja keväällä melko suuri, mutta vuoden keskiarvo on vain vähän muita puroja suurempi. Bakteereita oli tässäkin purossa runsaasti. *Escherichia colia* oli ympäri vuoden yli 200 mpn/100 ml. Erityisen suuria pitoisuudet olivat keväällä ja kesällä, 1700 mpn/100 ml. Samoin enterokokkeja oli purossa erityisesti kesällä, 470 pmy/100 ml.

Mustapuro

Mustapuron veden laatu oli muihin puroihin verrattuna keskitasoa. Alkaliteetti oli melko pieni, vuoden keskiarvo 0,78 mmol/l. Ravinteiden ja erityisesti fosforin pitoisuus oli keskimäärin tyydyttävällä tasolla, eli ei noussut liian korkeaksi (vuoden kaikkien näytteiden keskiarvo 32 µg/l). Kahdessa näytepisteessä (35 pääuomassa Myllypuron urheilupuiston kohdalla ja 36 sivuhaarassa) fosforin pitoisuus oli jopa hyvä. Puron bakteeritilanne sen sijaan oli ajoittain ja paikoittain huono. Enterokokkeja oli kaikissa näytepisteissä paljon kesällä, jolloin määrä oli näytepisteestä riippuen 310–780 pmy/100 ml). *Escherichia coli* -bakteereita oli vedessä muulloinkin, varsinkin pääuomassa näytepisteissä 33 ja 35.

Seurantajakson kuluessa (kuva 25) huomattavaa oli mm. kokonaistypen suuri määrä vuosina 1990–1992. Tämän poikkeustilanteen jälkeen pitoisuus palautui sitä edeltävälle tasolle. Huomiota herättävät myös vuosina 2000 ja 2001 lokakuussa otettujen näytteiden korkeat kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuudet sekä vastaavasti alhaiset sähkönjohta-

vuusarvot. Tämä kertoo mahdollisesti näytteenottopäivien aikana tapahtuneista sateista tai muusta puron virtaamaan liittyvästä poikkeustilanteesta. Ainakin vuoden 2001 näytteenottopäivänä 30.10. satoi Helsinki-Vantaan säähavaintoasemalla 12,9 mm ja vuonna 2000 näytteenottopäivää edeltävänä päivänä 24.10. 13,6 mm (Ilmastokatsaus 2000, 2001). Bakteeripitoisuus oli muuta seurantajaksoa korkeampi vuosina 1998–2003, mutta laski tästä hieman.



Kuva 25. Mustapuron veden laadun muutokset vuosina 1982–2005. Kiintoaine ja liuennut aine (sähkönjohtavuus), hapen kyllästysaste, ravinteet sekä hygieeninen laatu (Tarvainen ym. 2005).

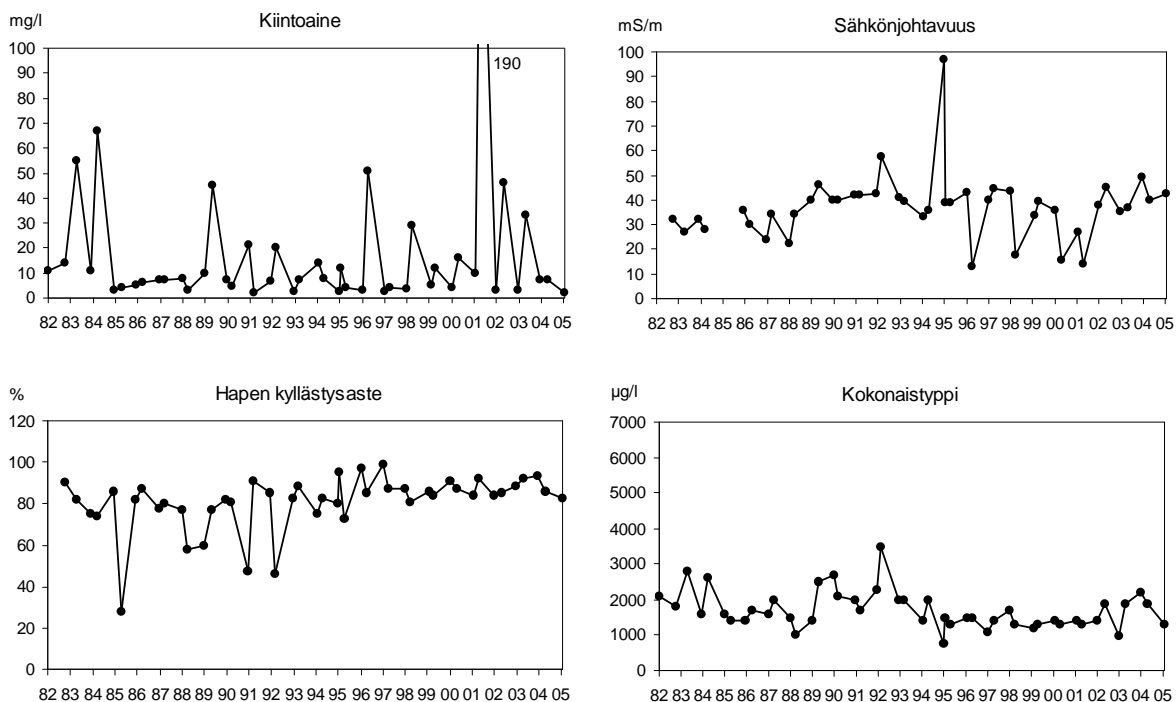
Marjaniemenpuro

Marjaniemenpurossa liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus oli suuri etenkin talvella (650 mg/l) ja keväällä (522 mg/l), koko vuoden keskiarvo 437 mg/l. Talvella samoin natrium- (112 mg/l) ja kloridipitoisuudet olivat korkeita, mutta laskivat vuoden kuluessa. Alkaliteetti purovedessä oli melko korkea, vuoden keskiarvona 2,32 mmol/l. Tämänkin puron vedessä oli paljon bakteereita kesällä ja syksyllä (*Escherichia colia* 1400 ja 920 mpn/100 ml, enterokokkeja molemmilla kerroilla hieman alle 700 pmy/100 ml).

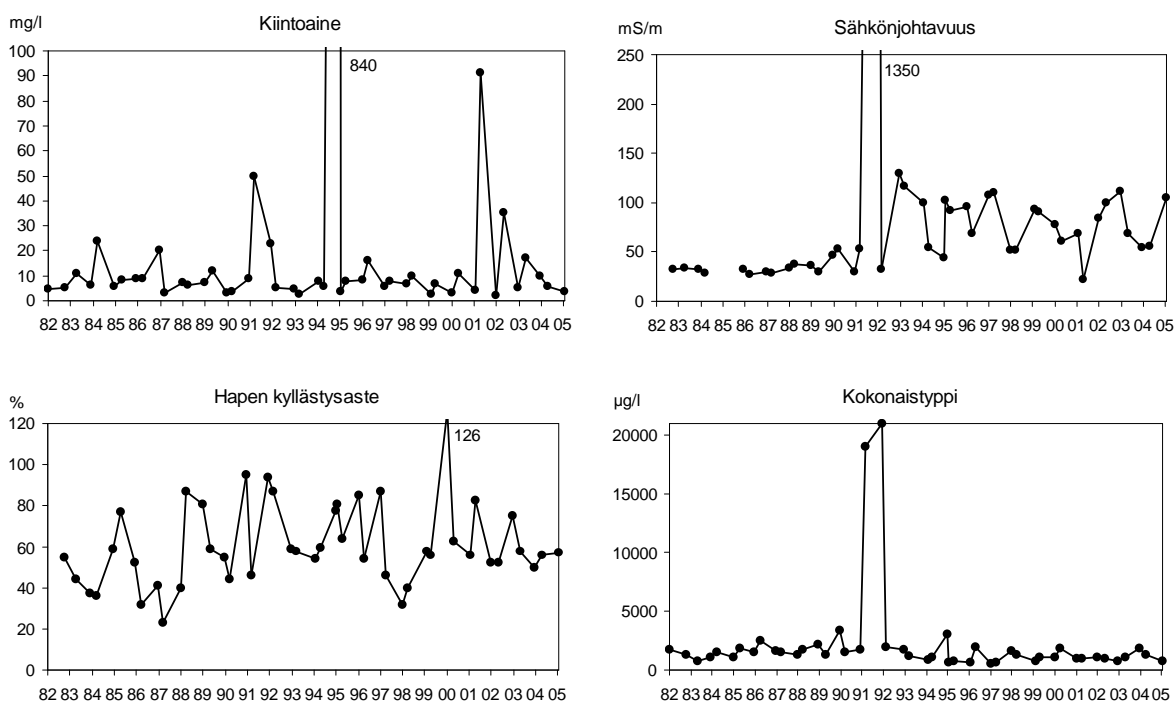
Mellunkylänpuro

Mellunkylänpurossa hapen kyllästysaste oli keskimäärin 65 %. Liuenneiden aineiden kokonaismäärä oli keskimäärin 311 mg/l, mikä on hieman kaikkien otettujen näytteiden keskiarvoa pienempi. Talvella alajuoksulta otetussa näytteessä liuenneiden aineiden määrä oli kuitenkin suhteellisen suuri, 620 mg/l. Yksittäisistä liuenneista aineista natriumia oli erityisesti Broändanpurossa talvella (109 mg/l) ja vielä keväälläkin (82 mg/l). Samoissa näytteissä myös kloridin määrä oli suuri. Ravinteita Mellunkylänpurossa oli hieman vähemmän kuin kaikissa otetuissa näytteissä keskimäärin. Kokonaisfosforipitoisuus oli 63 µg/l (vuoden keskiarvo) ja kokonaistyyppipitoisuus keskimäärin 1,65 mg/l. Broändanpurossa oli ravinteita hieman muuta puroa niukemmin. Monien muiden Helsingin purojen tapaan Mellunkylänpurossakin oli ajoittainen bakteeriongelma. Kesällä kaikissa näytepisteissä oli runsaasti enterokokkeja (yli 320 pmy/100 ml), samoin *Escherichia coli* -bakteereita näytepisteissä 39–42 (yli 920 mpn/100 ml). Muina vuodenaikoina erityisesti pääuoman näytepisteissä 40 ja 42 oli paljon *E. coli*ja, syksyllä myös enterokokkeja. Mellunkylänpuron väriluku vaihteli huomattavasti vuodenaikojen mukaan; talvella se oli vain 10–15 mg/l Pt, mutta syksyllä 125–250 mg/l Pt näytepisteestä riippuen.

Mellunkylänpuron happitilanne parantui seurantavuosien 1982–2005 aikana (kuva 26). Aiempina vuosina yksittäisissä näytteissä hapen kyllästysaste putosi välillä alhaiseksi, mutta vuoden 1996 jälkeen happitilanne oli hyvä. Sen sijaan Broändanpurossa hapen kyllästysaste vaihteli suurestikin ja oli viimeisimmissä näytteissä 50 % tienoilla (kuva 27). Sekä Mellunkylän- että Broändanpurossa kiintoaineen pitoisuus oli suuri ja sähkönjohtavuus pieni syksyllä 2001. Tällöin näytteenottopäivänä 30.10. satoi Helsinki-Vantaalla 12,9 mm, mikä todennäköisesti vaikutti suoraan puron virtaamaan ja pitoisuuksiin (Ilmastokatsaus 2001).



Kuva 26. Mellunkylänpuron veden laatu seurantavuosina 1982–2005. Kiintoaineen ja liuenneen aineen (sähkönjohtavuus) määrä, hapen kyllästysaste sekä typen pitoisuus (Tarvainen ym. 2005).



Kuva 27. Mellunkylänpuron suurimman sivuhaaran Broändanpuron veden laatu seurantavuosina 1982-2005. Kiintoaineen ja liuenneen aineen (sähkönjohtavuus) määrä, hapen kyllästysaste sekä typen pitoisuus (Tarvainen ym. 2005).

Broändanpuroon pääsee merivettä merenpinnan ollessa korkealla, sillä puron korkeus merenpinnasta on enimmillään noin metrin. Esimerkiksi tammikuussa 2005 merenpinnan ollessa poikkeuksellisen korkealla koko puron alue oli meriveden peittämä. Merivettä nousi puroon todennäköisesti myös kesällä 1992, kun sähkönjohtavuus nousi puron normaalitilanteeseen verrattuna kymmenkertaiseksi ja pH-arvo oli yli kahdeksan (kuva 27). Samaan aikaan puroveden typen kokonaispitoisuus oli erittäin suuri. Syy viime-mainittuun voi tosin olla muukin, sillä typpipitoisuus oli suuri jo syksyllä 1991. Toinen poikkeava tilanne oli Broändanpurossa kesällä 1995, kun kiintoaine-, rauta- ja fosforin kokonaispitoisuus olivat puron vedessä huomattavan suuria. Tällöin puroon johdettiin pumppausvesiä kaukolämpötunnelin louhintatyömaalta puron lähistöllä (Tikkanen 2006). Muulloin ravinnepitoisuudet olivat normaalimmalla tasolla, fosforin kokonaispitoisuus viime aikoina alle 100 µg/l ja typen alle 2000 µg/l.

Vuosaarenpuro

Vuosaarenpurossa happitilanne oli melko heikko. Hapen kyllästysasteen vuoden keskiarvo oli 42 %. Erityisesti kesällä hapen kyllästysaste oli vain 29 %, jolloin happipitoisuus oli 2,98 mg/l. Samoin kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) vuoden keskiarvo oli melko korkea, 14,7 mg/l. Liuenneista aineista Vuosaarenpurossa oli runsaasti kaliumia ja kalsiumia. Liuenneiden aineiden kokonaismäärä ei kuitenkaan ollut huomattavan suuri, vuoden keskiarvo 383 mg/l. Purosta ei otettu talvinäytettä, joten ei tiedetä olisiko liuenneiden aineiden kokonaismäärä ollut talvella muita vuodenaikoja suurempi ja siten mahdollisesti nostanut vuotuista keskiarvoakin, kuten muutamissa muissa puroissa. Ravinteista kokonaisfosforia oli Vuosaarenpurossa keskimäärin 76 µg/l ja kokonaistyppipitoisuus 1,97 mg/l (vuoden keskiarvo). Nitraattityppeä tässä purossa oli muihin tutkittuihin puroihin verrattuna vähemmän, keskimäärin 0,58 mg/l. Bakteereja Vuosaarenpurossa oli kesällä runsaasti (*Escherichia coli* yli 2400 mpn/100 ml, enterokokkeja 980 pmy/100 ml). Muina vuodenaikoina bakteerien määrä pysyi kurissa, keväällä niitä ei ollut juuri lainkaan.

Rastilanpuro

Rastilanpuro oli monien tutkittujen muuttujien mukaan keskimääräistä paremmassa kunnossa muihin Helsingin puroihin verrattuna. Liuenneiden aineiden kokonaismäärä purossa oli muihin verrattuna melko alhainen, 222 mg/l. Samoin yksittäisistä liuenneista aineista etenkin natriumin ja magnesiumin pitoisuudet olivat pieniä. Alkaliteetti oli

kaikkien tässä tutkimuksessa otettujen näytteiden keskimääräisellä tasolla, vuoden keskiarvo 1,30 mmol/l. Ravinteita oli muihin puroihin verrattuna vähän, esimerkiksi kokonaistypen vuoden keskiarvopitoisuus oli 1,7 mg/l. Bakteereja oli tässäkin purossa eniten kesäaikaan. Heinäkuun näytteessä *E. coli* -bakteereja oli 1700 mpn/100 ml ja enterokokkeja 350 pmy/100 ml. Muina vuodenaikoina indikaattoribakteerien määrä oli reilusti alle 100 kpl/100 ml. Puroveden väriluku oli suhteellisen alhainen ympäri vuoden, enimmillään syksyllä 50 mg/l Pt ja vuoden keskiarvo 29 mg/l Pt. Hapen kyllästysaste purovedessä oli keskimäärin 67 %, alimmillaan kesällä 47 %.

Ramsinkannaksenpuro

Ramsinkannaksenpurossa kiintoaineen ja liuenneiden aineiden pitoisuudet olivat tutkituista puroista pienimmät (vuoden keskiarvot: kiintoaine 4,3 mg/l ja TDS 157 mg/l). Myös kaikkien yksittäisten liuenneiden ionimuotoisten aineiden pitoisuudet olivat muihin vertailtuina pieniä. Alkaliteetti oli samoin suhteellisen alhainen, vuoden keskiarvo 0,78 mmol/l. Hapen kyllästysaste purossa vaihteli välillä 50–76 %. Ravinteita oli melko vähän, kokonaistyyppiä keskimäärin 1,7 mg/l ja kokonaisfosforia 46 µg/l. Purossa oli jossain määrin bakteeriongelmia. Keväällä bakteerien määrät olivat suurimmillaan, jolloin *E. coli* -bakteereja oli 3700 mpn/100 ml ja enterokokkeja 370 pmy/100 ml. Muissakin näytteissä *E. colin* määrä oli 140–520 mpn/100 ml, kesällä myös enterokokkeja oli 190 pmy/100 ml.

Skatanpuro

Skatanpurossa happitilanne oli huono. Hapen kyllästysasteen vuoden keskiarvo oli vain 33 % ja alimmillaan se oli kesällä 26 % (2,73 mg/l). Kemiallisen hapenkulutuksen COD_{Mn}-arvo oli puroista korkein, keskimäärin 35,7 mg/l. Kiintoainepitoisuus kokonaisuudessaan ei ollut huomattavalla tasolla (vuoden ka. 8,9 mg/l), mutta orgaanisen aineen osuus kiintoaineesta oli puroista kaikkein suurin. Tätä mittaavan hehikutushäviön vuoden keskiarvo oli 43 %. Ravinteista fosforia oli paljon, kokonaisfosforia keskimäärin 125 µg/l, mutta tyyppiä melko vähän. Nitraattityyppiä Skatanpuron vedessä oli puroista kaikkein vähiten, keskimäärin 0,11 mg/l (kokonaistypen vuoden keskiarvo 1,67 mg/l). Puroveden väriluku oli erittäin korkea koko vuoden, keskimäärin 227 mg/l Pt. Saattaa siis olla, että vesi oli kovin humuspitoista. Alkaliteetti oli Skatanpurossa alhaisin, vuoden keskiarvo 0,58 mmol/l. Purosta otetussa kesänäytteessä oli paljon bakteereja, *E. coli* yli 2400 mpn/100 ml ja enterokokkeja 640 pmy/100 ml. Keväällä hygieeninen laatu oli erinomainen, syksyn näytteessä oli 110 kpl/100 ml molempia tutkittuja bakteereja.

Yliskylänpuro

Yliskylänpurossa liuenneiden aineiden kokonaismäärän keskiarvo oli tutkituista puroista toiseksi suurin, 530 mg/l. Talvinäytteestä analysoitiin korkein yksittäinen liuenneiden aineiden pitoisuus, 862 mg/l. Kloridia, natriumia, magnesiumia ja sulfaattia vedessä oli muihin puroihin verrattuna myös erittäin paljon. Ravinnepitoisuudet pysyivät kohtuullisella tasolla (kokonaistyyppiä keskimäärin 1,9 mg/l ja kokonaisfosforia 40 µg/l). Hygieeninen laatu oli huono kesällä, jolloin *Escherichia coli* -bakteereja oli 870 mpn/100 ml ja enterokokkeja 900 pmy/100 ml. Muulloin molempien indikaattoribakteerien määrät olivat alle 50 kpl/100 ml. Hapen suhteen tilanne olisi voinut olla parempikin, sillä vuoden keskiarvo hapen kyllästysasteesta oli 46 % ja pitoisuus kaikissa näytteissä välillä 32–62 %.

7.3 Vuodenaikaisvaihtelu

Mielenkiinnon kohteena olivat erityisesti talvinäytteet, sillä aiemmissa tutkimuksissa näytteitä on kerätty lähinnä sulana aikana. Kerätyt talvinäytteet ovat olleet paikallisia, eivätkä ole kattaneet koko Helsingin puroja.

Vuodenaikaisen vaihtelun esille saamiseksi laskettiin jokaisen vuodenajan analyysituloksista näytteiden keskiarvot. Tässä käsitellään vuodenaikaisia keskiarvoja. Yksittäisten näytepisteiden vedessä vuodenaikaisvaihtelu on saattanut tietysti poiketa yleisistä linjoista.

Liuenneiden aineiden suhteen vuodenaikaisvaihtelu oli selvää. Liunneen aineen kokonaismäärä (TDS) oli talvella suurin ja pieneni tutkimusvuoden kuluessa. Yksittäisten liuenneiden aineiden suhteen suuntaus oli samanlainen. Natriumin, kaliumin, magnesiumin ja kalsiumin pitoisuudet samoin kuin fluoridin ja kloridin pitoisuudet olivat talvella keskimäärin suurimpia ja syksyllä pienimpiä. Sulfaatin pitoisuus oli muutoin samassa linjassa, mutta sen pitoisuudet olivat pienimpiä kesällä ja syksyllä olivat nousseet tästä hieman.

Kiintoaineen määrä oli pienin kevään ja talven näytteissä. Suurin se oli syksyllä. Orgaanisen kiintoaineen osuus oli kevään näytteissä hieman pienempi kuin muina vuodenaikoina, mutta vaihtelu vuoden mittaan ei ollut kovin suurta.

Väri-luku ja sameus olivat talvella otetuissa vesinäytteissä selvästi pienimmät (kuva 7). Kaikkien talvinäytteiden keskimääräinen väri-luku oli talvella 21 mg/l Pt. Syksyllä sekä väri-luku että sameus olivat suurimmat. Tällöin väri-luku oli keskimäärin 108 mg/l Pt.

Purovesien happamuudessa ja alkaliteetissa oli myös havaittavaa vuodenaikaisvaihtelua. pH oli talvella alhaisin, keskimäärin 6,3, ja korkein kesäaikaan, jolloin kaikkien näytteiden keskiarvo oli 7,5. Alkaliteetti oli samoin suurin talvinäytteissä, 1,99 mmol/l. Pienin alkaliteetti oli sen sijaan kevään näytejaksolla, 0,98 mmol/l, ja hieman tätä suurempi kesällä ja syksyllä.

Hapen pitoisuus vesissä (mg/l) vaihteli luonnollisesti vuodenaikojen mukaan lämpötilasta johtuen. Tämän lisäksi hapen kyllästysasteessa oli havaittavissa selkeä vuodenaikaisvaihtelu. Kyllästysaste oli talvella ja keväällä suurin (71,5 ja 75,7 %). Kesällä se oli selvästi pienin, tällöin mittausten keskiarvo oli vain 44,2 %. Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) oli pienin talvella (5,43 mg/l). Arvo kasvoi vuoden kuluessa ja oli syksyllä 14,92 mg/l. Vaihtelun suunta on hapen kyllästysasteen muutoksia vastaava. Biologisessa hapenkulutuksessa ei ollut havaittavissa yhtä selkeää vuodenaikaisvaihtelua.

Ravinteissa typen ja fosforin pitoisuudet vaihtelivat vuoden mittaan eri tavoin. Fosforin kokonaispitoisuus vesissä oli pienin talvella (ka. ilman Puistolanpuron poikkeuksellista näytettä 20,6 µg/l) ja fosforin kokonaismäärä keskimäärin kasvoi syksyä kohti. Typen kokonaispitoisuus sen sijaan oli suurin talvella ja pienin kesällä (kuva 15).

Purovesien hygieeninen laatu oli yleisesti ottaen huonoin kesällä. Suuria bakteerimääriä oli tosin muinakin vuodenaikoina purosta ja näytepisteestä riippuen.

7.4 Vesistöjen yleisen käyttökelpoisuusluokituksen soveltaminen puroihin

Vesistöjen yleinen käyttökelpoisuusluokitus on kehitetty, jotta suuria määriä veden laadun analyysituloksia voitaisiin esittää havainnollisessa muodossa ja jotta näitä tietoja voitaisiin edelleen helposti käyttää esimerkiksi vesiensuojelussa. Vesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen lisäksi on erityiset käyttömuotokohtaiset luokitukset virkistyskäytölle, vesilaitosten raakavedelle sekä kalastuskäyttöön. Pintavedet jaetaan yleisluokituksessa viiteen

luokkaan, erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988; Suomen ympäristökeskus 2005).

Luokitusta määritettäessä mitataan veden happipitoisuus, väri, näkösyvyys, sameus, ravinnepitoisuus, *a*-klorofyllin määrä, mahdolliset levähaitat, hygienian indikaattori- bakteerien määrä, sekä haitallisista aineista elohopea, arseeni, kromi, lyijy, kadmium ja kokonaissyaniidi. Lisäksi kalavesiluokituksessa huomioidaan kalojen makuvirheet. Näillä mittauksilla saadaan selville veden rehevyystaso ja orgaanisen aineksen aiheuttama kuormitus, humuksen ja kiintoaineksen määrät sekä ulosteperäinen saastuminen (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988; Suomen ympäristökeskus 2005). Luonnontilaisia ja muuttuneita vesiä luokiteltaessa painotetaan hieman eri muuttujia, esimerkiksi luonnontilaisissa vesissä ”väriluku, näkösyvyys ja rehevyyttä osoittavat suureet muodostavat luokituksen keskeisen perustan.” (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988: 36).

Tässä tutkimuksessa yleisen käyttökelpoisuusluokituksen muuttujista on mitattu vain osa, joten luokitusta ei voi soveltaa sellaisenaan. Näkösyvyyttä on näin matalista ja pienistä vesistä usein mahdoton määrittää, eikä luokitukseen kuuluvien haitallisten aineiden määrittäminen ollut mahdollista.

Veden laatuluokitus määritetään vertaamalla kyseisestä vedestä laskettuja keskiarvoja annettuihin raja-arvoihin (taulukko 6). Vesistöille voidaan myös ensin määrittää kaikki kolme käyttömuotoa luokitusta ja laskea yleisluokitus niiden perusteella (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Vesien laatua luokiteltaessa käytetään näytteistä laskettuja vuoden keskiarvoja tai mediaaniarvoja, mikäli ne ovat käyttökelpoisempia ei-normaalijakautuneessa aineistossa (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988: 36). Tässä tutkimuksessa on käytetty koko puroille laskettuja vuoden keskiarvoja. Erikseen voi tarkastella myös jokaisen näytepisteen vuoden keskiarvoa ja verrata sitä luokkarajoihin.

Taulukossa 7 esitetään puroille laatuluokitus jokaisen viiden muuttujan osalta erikseen. Näiden tulosten tulkinnasta riippuu, miten purojen kokonaislaatuluokituksen haluaa määrittää. Puron laatuluokituksen voi määrittää esimerkiksi laadultaan heikoimman muuttujan mukaan. Tällöin tutkituista puroista ainoastaan Mätäpuro ja Tuomarinkartanonpuro olisivat laadultaan tyydyttäviä. Muista puroista 15 olisi laadultaan välttäviä ja 5 huonoja.

Taulukko 6. Vesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajat. Lähde: Suomen ympäristökeskus 2005.

Luokka	Kokonaisfosfori (µg/l)	Sameus (FTU)	Väriluku (mg/l Pt)	Happipitoisuus (%)	Enterokokit (pmy/100 ml)
I Erinomainen	<12	<1,5	<50	80–110	<10
II Hyvä	<30	>1,5 [1,5–10]*	50–100 (<200)**	80–110	<50
III Tyydyttävä	<50	[>10]*	<150	70–120	<100
IV Välttävä	50–100		>150	40–150	<1000
V Huono	>100			vakavia happiongelmiä	>1000

*virkistyskäyttöluokituksen mukaan ** luonnontilaisissa humusvesissä

Taulukko 7. Purojen tila soveltaen vesien yleistä käyttökelpoisuusluokitusta tutkittujen muuttujien kohdalla.

Luokat: ● Erinomainen ● Hyvä ● Tyydyttävä ● Välttävä ● Huono.

Puro	Kokonaisfosfori	Sameus*	Väriluku	Happipitoisuus	Indikaattori-bakteerit
Mätäjoki	●	●	●	●	●
Korppaanoja	●	●	●	●	●
Mätäpuro	●	●	●	●	●
Näsinoja-Tuomarinkylänoja	●	●	●	●	●
Tuomarinkartanonpuro	●	●	●	●	●
Kumpulanpuro	●	●	●	●	●
Tapaninkylänpuro	●	●	●	●	●
Tapaninvainionpuro	●	●	●	●	●
Puistolanpuro	●	●	●	●	●
Longinoja	●	●	●	●	●
Säynäslahdenpuro	●	●	●	●	●
Viikinoja	●	●	●	●	●
Porolahdenpuro	●	●	●	●	●
Mustapuro	●	●	●	●	●
Marjaniemenpuro	●	●	●	●	●
Mellunkylänpuro	●	●	●	●	●
Vuosaarenpuro	●	●	●	●	●
Rastilanpuro	●	●	●	●	●
Ramsinkannaksenpuro	●	●	●	●	●
Skatanpuro	●	●	●	●	●
Yliskylänpuro	●	●	●	●	●

* virkistyskäyttöluokituksen mukaan

Kaikkia tutkittuja muuttujia erikseen tarkasteltaessa tilanne ei näytä kuitenkaan aivan näin huonolta. Luokkaan huono kuuluvia analyysituloksia on tullut erityisesti vesien kokonaisfosforipitoisuudesta. Yhdessä purossa happipitoisuus sekä toisessa purossa bakteeripitoisuus kuuluvat huonoimpaan laatuluokkaan. Happipitoisuus on puroissa suurimmaksi osaksi välttävä, muutamissa puroissa tyydyttävä. Eniten vaihtelua purojen välillä on fosforipitoisuuksissa ja indikaattoribakteerien määrässä.

Esimerkiksi väriluku on useimmissa puroissa vähintään hyvä (taulukko 7). Sameus on luokkaa hyvä kahdessa purossa, muissa korkeintaan tyydyttävä (ks. luokkarajat taulukko 6).

Tehtäessä johtopäätöksiä näistä luokituksista on huomioitava niitä laskettaessa käytetyn aineiston rajoitukset. Tutkimusvuonna oli vain neljä näytteenottokertaa. Koska pienimmillä puroilla oli vain yksi näytepiste, niiden laatuluokitus perustuu kokonaisuudessaan vain neljään näytteeseen. Veden laatu näin pienissä puroissa muuttuu hyvinkin äkkiä, joten saattaa olla että osa näytteistä oli kyseisten purojen kannalta poikkeustilanteita esimerkiksi satunnaisten päästöjen jälkeen. Niinpä yksittäiset hyvin korkeat tai matalat pitoisuudet vaikuttavat suuresti koko vuoden keskiarvoihin ja siten saattavat laskea tai nostaa puron laatuluokkaa. Jotta tulos olisi kattavampi, pitäisi vuoden tutkimusjaksolla ottaa huomattavasti enemmän näytteitä jokaisena vuodenaikana ja kaikissa virtaamaolosuhteissa.

Kaupunkipurojen veden kokonaislaatua arvioitaessa tulisi myös kiinnittää huomiota mm. liuenneiden aineiden kokonaismäärään ja esimerkiksi tiesuolan vaikutuksesta kohonneisiin kloridi- ja natriumpitoisuuksiin. Näitä ei huomioida vesien yleistä käyttökelpoisuutta arvioitaessa. Ne saattavat kuitenkin huonontaa puroveden laatua, vaikei rehevöitymistä ja happiongelmia tai suuria bakteeripitoisuuksia olisikaan havaittavissa. Myös vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuusluokituksen määrittelevässä julkaisussa todetaan, että ”luokituksen muuttujaluettelot eivät ole täydellisiä eivätkä kaikkiin tilanteisiin tai vesistöihin riittäviä.” (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988: 25).

Esimerkiksi Yliskylänpuron tila näyttää olevan suhteellisen hyvä kaupunkipuroksi, jos sovelletaan vesien käyttökelpoisuusluokitusta. Happipitoisuus on tosin vain välttävä, mutta muuten vesi on keskimäärin hyvää tai tyydyttävää (taulukko 7). Sen sijaan liuenneiden aineiden kokonaismäärä ja kloridin sekä natriumin pitoisuudet ovat puroista suurim-

mat (kuvat 6 ja 10). Myös sulfaattia (kuva 13) on tämän puron vedessä keskimäärin runsaasti verrattuna muihin puroihin.

Pienten purojen veden laadun ilmoittaminen yhtenä luokkana tai muutamalla värillä kartalla saattaa olla liian yksinkertaistavaa ja pelkistävää. Se hävittää tiedon laatuvaihtelusta, joka voi olla yhtä arvokasta kuin tieto keskimääräisistä pitoisuuksista. Tämä voi aiheuttaa tulkinnallisia ongelmia. Vaikka luokituksen laskennassa käytetty tutkimusaineisto olisi hyvinkin kattava ja pitkäaikainen ja luokitus sinänsä olisikin perusteltu, se ei anna tietoa veden hetkellisestä tilasta. Monet vedet voivat lisäksi kuulua eri muuttujia tarkasteltaessa eri luokkiin, jolloin täytyy soveltaen ratkaista, mikä on veden kokonaislaatu.

8. Johtopäätökset ja yhteenveto

Tässä tutkimuksessa tehtiin yleiskatsaus Helsingissä virtaavan 21 puron tilaan. Näytteitä otettiin neljä kertaa vuoden 2004 aikana, helmikuussa, huhtikuun lopussa, kesä-heinäkuun vaihteessa ja lokakuun lopussa. Näytepisteitä puroissa oli yhteensä 48.

Kaupungistuminen vaikuttaa puroissa virtaavan veden määrään ja laatuun. Yleensä purojen virtaamavaihtelut kasvavat ja virtaamaolosuhteet äärevöityvät, siten että ylivirtaamat ovat luonnontilaiseen verrattuna suurempia ja alivirtaamat pienempiä. Veden laatuun vaikuttavat kaupunkien päästölähteet, mm. liikenne ja tiesuolaus, jätevesiviemäreiden mahdolliset ylivuodot ja eläinten jätökset. Veden laatu on kaupungistuneilla alueilla yleensä luonnontilaisia alueita heikompi.

Useissa tämän tutkimuksen puroissa oli vuonna 2004 runsaasti liuenneita aineita, sekä liuenneiden aineiden kokonaismäärällä (TDS) että sähkönjohtavuudella mitattuna. Kaikkien otettujen näytteiden liuenneen aineen pitoisuuden keskiarvo oli 335 mg/l. Purojen keskiarvoista pienin oli Ramsinkannaksenpuron 157 mg/l ja suurin Kumpulanpuron 531 mg/l. Samoin erikseen määritettyjä yksittäisiä liuenneita aineita kuten kloridia, natriumia, kaliumia, kalsiumia ja sulfaattia oli monissa puroissa paljon. Esimerkiksi natriumin pitoisuuksien kaikkien vuoden näytteiden keskiarvo oli 47,3 mg/l ja maksimipitoisuus 199,1 mg/l talvella Yliskylänpurossa. Vertailussa käytetyn Lahermon ym. (1996) tutkimuksen natriumpitoisuudet Suomen purovesissä olivat keskimäärin 4,1 mg/l.

Purojen bakteeripitoisuudet olivat myös suuria. Joissain puroissa oli paljon bakteereita erityisesti kesällä, mm. Mustapuron yläjuoksulla, Mellunkylänpuron useissa näytepisteissä sekä Broändanpurossa, Vuosaarenpurossa, Rastilanpurossa, Skatanpurossa sekä Yliskylänpurossa. Muutamissa näytepisteissä vuodenaikainen vaihtelu ei ollut yhtä huomattavaa, ja esimerkiksi Mätäpuron alajuoksulla ja Mätäjoen sivuhaarassa Pohjois-Haagassa (piste 4) bakteereita oli runsaasti ympäri vuoden. Purojen happitilanne oli monin paikoin heikko. Hapen kyllästysaste oli ympäri vuoden alle 70 % eli välttävä tai huono Mätäjoen yläjuoksulla, Korppaanojassa, Kumpulanpuron alajuoksulla, Longinojan yläjuoksulla, Säynäslahdenpurossa, Viikinojan alajuoksulla, Porolahdenpurossa, Vuosaarenpurossa sekä Skatanpurossa ja Yliskylänpurossa. Kesällä kaikkien tutkittujen näytepisteiden veden happitilanne oli joko välttävä tai huono. Muina vuodenaikoina tilanne oli edellämainittuja puroja lukuunottamatta parempi, mutta siitä huolimatta minkään puron veden happitilanne ei yltänyt hyvälle tasolle koko vuoden keskiarvoja tarkasteltaessa.

Vaikka nämä tietyt ongelmat olivatkin lähes kaikille puroille yhteisiä, veden laatu vaihteli kuitenkin purojen välillä paljon. Purosta riippuen esille nousivat eri muuttujat ja erilaiset vedenlaadulliset ongelmat. Tähän vaikuttavat ilmeisesti paikalliset olosuhteet ja päästölähteet, sillä purojen valuma-alueiden välillä on eroja mm. maankäytössä ja ihmistoiminnan intensiivisyydessä, siitäkin huolimatta että kaikki ovat kaupunkipuroja.

Vesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen soveltuvuus kaupunkipuroihin ei ole aivan selvää. Näin pienissä puroissa hetkellistä vaihtelua on runsaasti, eikä se mahdu useinkaan yhden laatuluokan sisälle. Kaupunkipurojen tilaa kuvaamaan tarvittaisiin muuttujina myös liuenneiden aineiden kokonaismäärä ja esimerkiksi tiettyjen liuenneiden aineiden määrä (kloridi, natrium) niiden muuttujien lisäksi, jotka jo sisältyvät yleiseen käyttökelpoisuusluokitukseen.

Kun yleisen käyttökelpoisuusluokituksen luokkarajoja sovellettiin tämän tutkimuksen tuloksiin, happipitoisuus oli monessa purossa välttävä ja ainoastaan viidessä purossa ylsi tyydyttävälle tasolle. Suolistoperäistä saastumista osoittavien indikaattoribakteerien määrä vaihteli eri purojen välillä hyvin paljon, samoin kuin kokonaisfosforipitoisuus. Joissakin puroissa nämä olivat selkeitä ongelmia. Esimerkiksi Puistolannpurossa molempien edellä mainittujen muuttujien mukaan puron vesi oli laadultaan huonoa.

Oli kuitenkin myös puroja, joissa ei kokonaisuudessaan ollut suuria vedenlaadullisia ongelmia ainakaan tässä tutkimuksessa mitattujen yleisen käyttökelpoisuusluokituksen muuttujien mukaan. Näitä olivat Mätäpuro ja Tuomarinkartanonpuro, jotka olivat laadultaan tyydyttäviä tai sitä parempia kaikilla luokituksen mukaisilla muuttujilla mitattuna.

Seurantajaksolla 1982–2005 tapahtuneiden veden laadun muutosten suunta vaihteli eri purojen välillä. Vaihtelu perättäistenkin vuosien ja näytteenotokertojen välillä oli monissa puroissa suurta, joten kehityksen yleistä suuntaa on osittain vaikea hahmottaa. Ainakin happitilanne parani Mätäjoessa, Mätäpurossa ja Mellunkylänpurossa seurantajakson aikana.

Vuodenajan vaikutus purovesien laatuun kävi ilmi lähes kaikkia tutkittuja veden laadun muuttujia tarkasteltaessa. Esimerkiksi liuenneiden aineiden määrä oli yleisesti suurin talvella ja pieneni syksyä kohti. Purovesien väriluku ja sameus olivat talvinäytteenoton aikaan pienimmät ja kasvoivat syksyä kohti. Sama suuntaus oli havaittavissa myös näytteiden kiintoainepitoisuudessa, joka oli keskimäärin pienin talvella ja keväällä ja suurin syksyllä. Tässä on huomattava, että kevään näytteenottoaikana kevättulvan huippu oli jo ohitettu, kun taas syksyn näytteenottojaksolla satoi kahtena päivänä. Vuodenajoittain vaihtelivat myös pH, alkaliteetti, hapen kyllästysaste, ravinnepitoisuudet sekä hygieeninen laatu.

Purojen tilan parantamiseksi olisi tarpeen selvittää, kuinka vedeltään runsasravinteisissa puroissa voitaisiin vähentää ravinnekuormitusta ja siten mahdollisesti parantaa myös happitilannetta. Muutamissa puroissa syy erityisen korkeaan indikaattoribakteerien määrään tulisi selvittää. Tässä tutkimuksessa selvitettyjen veden laadun muuttujien lisäksi haitallisten aineiden kuten raskasmetallien määrä puroissa olisi oleellista tietää purojen veden kokonaislaatua arvioitaessa.

Kiitokset

Suuret kiitokset pro gradu -työni ohjaajille Matti Tikkaselle ja Olli Ruthille Helsingin yliopiston maantieteen laitokselta. Heitä saan kiittää Helsingin puroihin liittyvän tutkimusaiheen ideoinnista sekä tietysti hyvistä ajatuksista, neuvoista ja kannustuksesta työn aikana.

Lämpimät kiitokset Helsingin kaupungille HEVI-projektin rahoituksesta sekä Helsingin kaupungin ympäristökeskukselle pro gradu -työn tukemisesta. Helsingin kaupungin ympäristökeskukselle kiitokset erityisesti Liisa Autiolle ja Katja Pellikalle yhteistyöstä. Ympäristökeskuksen ympäristölaboratorion henkilökunnalle kiitokset vesinäytteiden määrityksestä sekä varsinkin Tapio Riiheläiselle, Taina Heinoselle ja Seija Kalsolle ystävällisestä neuvonnasta ja asiantuntemuksen jakamisesta.

Helsingin yliopiston luonnonmaantieteen laboratoriolla Juhani Virkanen antoi erinomaisia neuvoja sekä henkistä tukea tehdessäni laboratorioanalyysjä. Suurkiitokset avusta laboratoriotyössä myös Hanna Reijolalle. Kiitokset Pirkko Nummiselle Helsingin yliopiston maantieteen laitokselta saamistani purojen valuma-alueiden pohjakartoista sekä Jouni Sivoselle Helsingin kaupungin rakennusviraston purokartoista.

Näytteenotto olisi ollut paljon yksinäisempää, hitaampaa ja joskus jopa mahdotonta, elleivät Tiina Vainio, Tapio Tarvainen, Henni Vainio ja Elsi Koho olisi olleet kukin omalta osaltaan korvaamattomana apuna ja tietysti myös seurana jakamassa eväät sekä jännittävät kenttätyökokemukset.

Lähteet

- Ahola, Merituuli (2004). Tulvat tekivät vesistä uimakelvottomia. *Helsingin Sanomat* 3.8.2004.
- Ahponen, Hannele (2003). Kohti luonnonmukaisempaa taajamahydrologiaa. 120 s. Diplomityö, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto, Teknillinen korkeakoulu, Espoo.
- Allan, J. David (1995). *Stream ecology. Structure and function of running waters*. 388 s. Chapman & Hall, Lontoo.
- Bannerman, R.T., D.W. Owens, R.B. Dodds & N.J. Hornewer (1993). Sources of pollutants in Wisconsin stormwater. *Water science and technology*, 28: 3-5, 241-259.
- Berner, Elizabeth Kay & Robert A. Berner (1996). *Global environment: water, air, and geochemical cycles*. 376 s. Prentice-Hall, Upper Saddle River.
- Bhaduri, Budhendra, Jon Harbor, Bernie Engel & Matt Grove (2000). Assessing watershed-scale, long-term hydrologic impacts of land-use change using a GIS-NPS model. *Environmental Management* 26: 6, 643-658.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23. lokakuuta 2000, yhteisön vesipolitiikan puitteista. *Euroopan yhteisöjen virallinen lehti* L 327, 22/12/2000, 1-73.
- Euroopan ympäristökeskus (2003). *Euroopan vedet: indikaattoreihin perustuva arviointi – Yhteenveto*. 24 s. Euroopan yhteisöjen virallisten julkaisujen toimisto, Luxemburg.
- Ferguson, Bruce K. (1998). *Introduction to stormwater. Concept, purpose, design*. 255 s. John Wiley & Sons, New York.
- Fresenius, Wilhelm, Karl Ernst Quentin & Wilhelm Schneider (toim.) (1988). *Water analysis. A practical guide to physico-chemical, chemical and microbiological water examination and quality assurance*. 804 s. Springer-Verlag, Berliini.
- Graf, William L. (1977). Network characteristics in suburbanizing streams. *Water resources research* 13: 2, 459-463.
- Goudie, Andrew (2000). *The human impact on the natural environment*. 511 s. The MIT Press, Cambridge (MA).
- Goudie, Andrew & Heather Viles (1997). *The earth transformed. An introduction to human impacts on the environment*. 276 s. Blackwell Publishers, Oxford.

- Haapala, Kirsti & Maija Eurén (1991). Luonnonvesien ja jätevesien kiintoainemäärityksen ongelmista. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A* 81. 38 s. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki.
- Hartikainen, Helinä (1992). Maaperä. *Teoksessa* Heinonen, Reijo (toim.). *Maa, viljely ja ympäristö*, 9-89. WSOY, Helsinki.
- Helsingin purojen valuma-alueiden ja virtaamien karttatarkastelu (1993). Raportti ja kartat 1:10 000. 7 s. Helsingin kaupunki ympäristökeskus & Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy, Hollola. Julkaisematon.
- Hilkku, Virpi (1997). Ainekuljetus ja veden laatu Rekolanojassa, Itä-Vantaalla. 95 s. Julkaisematon pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopiston maantieteen laitos.
- Hydrologinen kuukausitiedote (2004). Tammikuu 2004. Helmikuu 2004. Maaliskuu 2004. Huhtikuu 2004. Toukokuu 2004. Kesäkuu 2004. Heinäkuu 2004. Elokuu 2004. Syyskuu 2004. Lokakuu 2004. Marraskuu 2004. Suomen ympäristökeskus. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12371&lan=fi>>
- Hydrologinen yleiskatsaus (2004). Suomen ympäristökeskus. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=16401&lan=fi>>
- Hyvärinen, Veli (1986). Valunta. *Teoksessa* Mustonen, Seppo (toim.). *Sovellettu hydrologia*, 152-223. Vesiyhdistys r.y., Mänttä.
- Hyvärinen, Veli & Korhonen Johanna (toim.) (2003). Hydrologinen vuosikirja 1996-2000. *Suomen ympäristö* 599. 219 s. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Ikonen, Iiro, Sinikka Suomalainen & Markus Östman (1992). Turun kaupungin pienvesikartoitus. 201 s. *Turun kaupunki Ympäristönsuojelutoimisto julkaisu* 1/92, *Turun maakuntamuseon monisteita* 3.
- Ilmastokatsaus* (2000). 10/2000. 11 s. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- Ilmastokatsaus* (2001). 10/2001. 10 s. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- Ilmastokatsaus* (2003). 11/2003, 12/2003. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- Ilmastokatsaus* (2004). 1/2004, 1/2004, 3/2004, 4/2004, 5/2004, 6/2004, 7/2004, 8/2004, 9/2004, 10/2004, 11/2004, 12/2004. Ilmatieteen laitos, Helsinki.
- Jalava, Hannu (1987). Helsingin purot. *Helsingin kaupungin ympäristönsuojelulautakunta julkaisu* 5/1987. 97 s. Helsingin kaupunginkanslia, ympäristönsuojelutoimisto.
- Jones, J.A.A. (1997). *Global hydrology: processes, resources and environmental management*. 399 s. Prentice Hall, Harlow.
- Jormola, Jukka & Jyrki Kotola (2003). Kaupunkihydrologia. *Teoksessa* Jormola, Jukka, Heli Harjula & Auri Sarvilinna (toim.). *Luonnonmukainen vesirakentaminen*.

- Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. *Suomen ympäristö* 631, 140–152. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Kalavedet kuntoon kunnostamalla (s.a.). 4 s. Uudenmaan työvoima- ja elinkeinokeskus, Helsinki.
- Kannala, Markus (2001). Vaasan kaupungin hulevesikuormituksen vähentäminen. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 216. 95 s. Länsi-Suomen ympäristökeskus, Vaasa.
- Ketola, Turo (1998). Veden laatu ja ainekuljetus Mellunkylänpurossa, Itä-Helsingissä. *Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja* 7/98. 46 s.
- Kivikangas, Mari (2002). Järvenpäästä Tuusulanjärveen laskevien hulevesien ja muiden valumavesien ominaisuuksia. 101 s. Julkaisematon pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopiston maantieteen laitos.
- Koho, Elsi. Tekeillä oleva pro gradu -tutkielma Helsingin purojen valuma-alueista, Helsingin yliopiston maantieteen laitos.
- Kotola, Jyrki (2003). Kaupunkihydrologia ja hulevedet. *Vesitalous* 4/2003, 23-27.
- Kotola, Jyrki & Jyrki Nurminen (2003a). Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 1: kirjallisuustutkimus. *Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja* 7. 92 s. Espoo.
- Kotola, Jyrki & Jyrki Nurminen (2003b). Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 2: koealuetutkimus. *Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja* 8. 203 s. Espoo.
- Kuusisto, Paula (2002). Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. *Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B* 48. 69 s. Helsinki.
- Kuusisto, Paula, Olli Ruth & Matti Tikkanen (2005). Valuma-alueiden kaupungistuminen ja sen vesistövaikutukset. *Teoksessa* Vakkilainen, Pertti, Jyrki Kotola & Jyrki Nurminen (toim.). Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. *Suomen ympäristö* 776, 45-63.
- Lahermo, P., P. Väänänen, T. Tarvainen & R. Salminen (1996). *Suomen geokemian atlas. Osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja -sedimentit.* 149 s. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.
- Laine, Ari O., Lauri Pesonen, Kari Myllynen & Tapio Norha (2003). Veden laadun muutosten vaikutus Helsingin ja Espoon edustan merialueiden pohjaeläimistöön

- vuosina 1973-2001. *Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja* 10/2003. 47 s.
- Lampert, Winfried & Ulrich Sommer (1997). *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. 382 s. Oxford University Press, New York.
- Lazaro, Timothy R. (1990). *Urban hydrology. A multidisciplinary perspective – Revised edition*. 243 s. Technomic Publishing Company, Lancaster.
- Madera, V. (1982). Physical and aesthetic examination. *Teoksessa* Suess, M. (toim.). *Examination of water for pollution control. Vol 2 Physical, chemical and radiological examination*, 1-43. WHO regional office for Europe. Pergamon Press, England.
- Malinen, Jere (1998). Purojen ja purovarsien merkitys ekokäytävinä Helsingissä. 33 s. Helsingin kaupungin ympäristökeskus, julkaisematon raportti.
- Malmqvist, Per-Arne (1983). *Urban stormwater pollutant sources. An analysis of inflows and outflows of nitrogen, phosphorus, lead, zinc, and copper in urban areas*. 371 s. Chalmers University of Technology, Göteborg.
- Melanen, Matti (1980). Taajamien hule- ja sulamisvedet. I osa, laadun tarkastelu. *Vesihallitus, Tiedotus* 197. 138 s.
- Melanen, Matti (1982). Quantity, composition and aerial load of urban runoff water in Finland. *Acta polytechnica scandinavica, Civil engineering and building construction series* No. 80. 32 s. Finnish academy of technical sciences, Helsinki.
- Melanen, Matti (1986). Kaupungistuminen. *Teoksessa* Mustonen, Seppo (toim.). *Sovellettu hydrologia*, 408-411. Vesiyhdistys r.y., Mänttä.
- Mutanen, Annikka (2005). Hyvät, pahat ja rumat ojat. *Helsingin Sanomat* 7.6.2005.
- Mäkelä, Ari, Sari Antikainen, Irma Mäkinen, Jarmo Kivinen & Tuula Leppänen (1992). Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja B* 10. 87 s. Helsinki.
- Mäkinen, Heikki (2005). Vesienhoidon hallinta Suomessa. Vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpano vuorovaikutteisen suunnittelun näkökulmasta. *Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B* 51. 122 s.
- Niemelä, Jari, Inari Helle & Jukka Jormola (2004). Purovesistöjen merkitys kaupunkiluonnon monimuotoisuudelle. Loppuraportti. *Suomen ympäristö* 724. 116 s. Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Niemi, Jorma & Maarit Niemi (1988). Vantaanjoen hygieniaprojektin yhteenveto. *Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja* 132. 29 s. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki.

- Niemi, Jorma, Maarit Niemi, Väinö Malin & Marja-Liisa Poikolainen (1996). Suomen jokien ja järvien hygieeninen laatu 1963-1993. *Vesitalous* 2/1996, 1-6.
- Niemi, Jorma, Pertti Heinonen, Sari Mitikka, Heidi Vuoristo, Olli-Pekka Pietiläinen, Markku Puupponen & Esa Rönkä (toim.) (2001). The Finnish Eurowaternet with information about Finnish water resources and monitoring strategies. *The Finnish Environment* 445. 62 s. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Niemi, Jorma & Pertti Heinonen (toim.) (2003). Ympäristön seuranta Suomessa 2003-2005. *Suomen ympäristö* 616. 176 s. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=9795&lan=FI>>
- Novotny, Vladimir & László Somlyódy (1995). Introduction. *Teoksessa* Novotny, Vladimir (toim.). *Nonpoint pollution and urban stormwater management. Water quality management library Volume 9*, 1-40. Technomic publishing company, Lancaster, Pennsylvania.
- Nurmi, Paula (2001). Sadevesiviemäreiden vedenlaatu. *Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita* 2001: 8. <http://www.hel.fi/ymk/julkaisut/Monisteet/monisteet2001/moniste08_01.pdf>
- Oke, T.R. (1987). *Boundary layer climates*. 435 s. Routledge, Lontoo.
- Pasenius, Minna (2001). Helsingin purojen kuntokartoitus. *Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisuja 2001:31 / Viherosasto*. 121 s. Rakennusvirasto, Helsinki.
- Petts, Geoff & Ian Foster (1985). *Rivers and landscape*. 274 s. Edward Arnold, Lontoo.
- Piispanen, Risto (1991). Hydrogeokemia. Osa 1. *Scripta geochimica fennica C 2*. 149 s. Suomen geokemiallinen seura ry., Oulu.
- Piispanen, Risto (1997). Hydrogeokemia. Osa 2. *Scripta geochimica fennica C 4*. 326 s. Suomen geokemiallinen seura ry., Oulu.
- Pispa, Karoliina (2004). Kaupunkipuron ekologinen ja sosiaalinen merkitys kaupunkisuunnittelussa: Tapaus Rekolanoja. 122 s. Julkaisematon pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopiston maantieteen laitos.
- Porkka, Laura (2005). Vantaanjoen raskasmetallipitoisuudet (Cu, Fe, Mn, Zn) vuosina 1970-2003. 102 s. Julkaisematon pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopiston maantieteen laitos.
- Risco, Noel & Katja Pellikka (2002). Piilevyhteisöt Helsingin purojen veden laadun kuvaajana. *Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja* 6/2002. 32 s.

- Ruth, Olli (1998). Mätäjoki – nimeään parempi. Kaupunkipuron virtaama, aineskuljetus ja veden laatu sekä valuma-alueen virkistyskäyttö. *Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja* 6/98. 119 s.
- Ruth, O. (2003). The effects of de-icing in Helsinki urban streams, Southern Finland. *Water Science and Technology* 48: 9, 33-43.
- Ruth, Olli (2004). Kaupunkipurujen hydrogeografia kolmen esimerkkivaluma-alueen kuvastamana Helsingissä. *Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B* 50. 139 s.
- Ruth, Olli <olli.ruth@helsinki.fi> (2005a). Re: Gradu- ja purokuulumisia. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 3.8.2005.
- Ruth, Olli <olli.ruth@helsinki.fi> (2005b). Re: Kumpulanpuron veden laatu. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 14.11.2005.
- Räsänen, Marjut, Jarkko Rapala & Leea Kultanen (2003). Sinilevät ja levämyrkyt Helsingin uimarannoilla ja merialueella kesällä 2002. *Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja* 4/2003. 30 s.
- Sadevesi ohjattava luomuojiin (2005). *Helsingin Sanomat* 27.6.2005.
- Salla, Antti (2003). Purosedimenttien haitta-ainepitoisuuksia Helsingissä. 5 s. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Julkaisematon.
- Salonen, Seija, Tom Frisk, Tellervo Kärmeniemi, Jorma Niemi, Heikki Pitkänen, Kimmo Silvo & Heidi Vuoristo (1992). Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A* 96. 139 s. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki.
- Seppänen, Harri (1986). Järvet ja Itämeri. Biologiset prosessit. *Teoksessa* Mustonen, Seppo (toim.). *Sovellettu hydrologia*, 276-287. Vesiyhdistys r.y., Mänttä.
- Seuna, Pertti & Bertel Vehviläinen (1986). Eroosio ja kiintoaineen kulkeutuminen. *Teoksessa* Mustonen, Seppo (toim.). *Sovellettu hydrologia*, 226-255. Vesiyhdistys r.y., Mänttä.
- SFS 3005 (1981). Veden alkaliteetin ja asiditeetin määrittäminen. Potentiometrinen titraus. 5 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3008 (1990). Veden, lietteen ja sedimentin kuiva-aineen ja hehkutusjäännöksen määrittäminen. 3 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3019 (1979). Veden biokemiallisen hapen kulutuksen (BOD) määrittäminen. Laimennusmenetelmä. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS 3025 (1986). Veden fosfaatin määrittäminen. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.

- SFS 3036* (1981). Veden kemiallisen hapen kulutuksen (COD Mn arvon tai KMnO₄ luvun) määrittäminen. Hapetus permanganaatilla. 5 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN 872* (1996). Veden laatu. Kiintoaineen määrittäminen. Suodatus lasikuitusuodattimella. 16 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN 1189* (1997). Veden laatu. Fosforin määrittäminen spektrometrisellä ammoniummolybdaattimenetelmällä. 30 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN 11732* (1998). Veden laatu. Ammoniumtyypin määrittäminen spektrometrisesti CFA- ja FIA-tekniikalla. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 6878* (2004). Water quality. Determination of phosphorus. Ammonium molybdate spectrometric method. 24 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 7027* (2000). Veden laatu. Sameuden määrittäminen. 20 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 7887* (1995). Veden laatu. Väriin tarkastelu ja määrittäminen. 14 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 7899-2* (2000). Veden laatu. Suolistoperäisten enterokokkien havaitseminen ja laskeminen. Osa 2: Kalvosuodatusmenetelmä. 22 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 10304-1* (1995). Veden laatu. Liuenneiden fluoridi-, kloridi-, nitriitti-, ortofosfaatti-, bromidi-, nitraatti- ja sulfaatti-ionien määrittäminen ionikromatografialla. Osa 1: menetelmä vähän likaantuneelle vedelle. 21 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 11905-1* (1997). Veden laatu. Typen määrittäminen. Osa 1: Peroksidisulfaattihapetus. 23 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 13395* (1996). Veden laatu. Nitriitti- ja nitraattityypin sekä niiden summan määrittäminen spektrometrisesti CFA- ja FIA-tekniikalla. 28 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 14911* (2000). Veden laatu. Liuenneiden Li⁺-, Na⁺-, NH₄⁺-, K⁺-, Mn²⁺-, Sr²⁺- ja Ba²⁺-ionien määrittäminen ionikromatografialla vedestä ja jätevedestä. 30 s. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki.
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös 292/1996 (1996). Sosiaali- ja terveysministeriön päätös yleisten uimarantojen veden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 292/1996. Finlex, sähköinen säädöskokoelma <www.finlex.fi> 12.10.2005.

- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös 41/1999 (1999). Sosiaali- ja terveysministeriön päätös yleisten uimarantojen veden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen muuttamisesta 41/1999. Finlex, sähköinen säädöskokoelma <www.finlex.fi> 12.10.2005.
- Strahler, Alan & Arthur Strahler (2002). *Physical geography: Science and systems of the human environment*. 2. painos. 748 s. John Wiley & Sons, New York.
- Suomen ympäristökeskus (2004). Vesitilannekatsaus heinäkuun lopussa 2004: Ennätykselliset sateet nostivat suuria kesätulvia. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=94780&lan=fi#a1>> 8.8.2005.
- Suomen ympäristökeskus (2005). Pintavesien laatu. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=7543&lan=fi>> 23.9.2005.
- Taimentiimi (2005). Longinoja. Suomalaisen kalastusmatkailun edistämisseura Skes ry. <<http://www.skes.fi/lonkka.php>> 25.1.2005.
- Tarvainen, Vuokko, Elsi Koho, Anna-Mari Kouki & Annika Salo (2005). Helsingin purot. Millaista vettä kaupungissamme virtaa? *Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja* 7/2005. 103 s.
- Teiska, M (1997). Mikkelin kaupunkialueen hulevesiselvitys. *Mikkelin seudun ympäristökeskuksen julkaisuja* 3/1998. 27 s.
- Tilastotietoja Helsingistä. Helsinki 2004* (2004). 27 s. Helsingin kaupungin tietokeskus.
- Tikkanen, Matti, Matti Seppälä & Olavi Heikkinen (1985). Environmental properties and material transport of two rivulets in Lammi, southern Finland. *Fennia* 163: 2, 217-282.
- Tikkanen, Matti (1990). Temporal variations in water quality and fluvial erosion in a small drainage basin in southern Finland. *Fennia* 168: 1, 1-29.
- Tikkanen, Matti (1999). Kaupunkipuron tulvat ja niiden merkitys – esimerkkinä Helsingin Mellunkylänpuron valuma-alue. *Terra* 111: 1, 3-15.
- Tikkanen, Matti (2006). Suullinen tiedonanto 27.2.2006.
- TKK Vesitalous ja vesirakennus (2003). Kaupunkivedet ja niiden hallinta (RYVE). <<http://www.water.tkk.fi/wr/tutkimus/urban/ryve/>> 8.4.2004.
- Tong, S.T.Y. & W. Chen (2002). Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of Environmental Management* 66: 4, 377-393.
- Uudenmaan liitto (2001). Vantaanjoen kehittämissuunnitelma ja Vantaanjoki-projekti 1997–2001. Loppuraportti. *Uudenmaan liiton julkaisuja E* 72. 28 s.

- Uudenmaan ympäristökeskus (2004). Vantaanjoen tulvat heinä- ja elokuun vaihteessa. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=92397&lan=FI>> 19.8.2005.
- Vakkilainen, Pertti, Jyrki Kotola & Jyrki Nurminen (toim.) (2005). Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. *Suomen ympäristö* 776. 116 s. Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Valkama, Pasi (2006). Virtaavan veden aiheuttama eroosio ja sen ehkäisy – esimerkkinä Vantaanjoki. 122 s. Julkaisematon pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopiston maantieteen laitos.
- Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys (2004). Ajankohtaista. Vantaanjoen tulva. <<http://www.vhvsy.fi/?p=ajankoht&l=fi>> 8.8.2005.
- Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys (2005). Vedenlaatu. <<http://www.vhvsy.fi/?p=laatu&l=fi>> 25.8.2005.
- Virkanen, Juhani (2003). Luonnonmaantieteen kemialliset analyysimenetelmät. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen luonnonmaantieteen laudatur-opintoihin kuuluvan kurssin (1.12.-19.12.2003) moniste. 90 s.
- Virkanen, Juhani <Juhani.Virkanen@Helsinki.fi> (2004). Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen laboratorioinsinööri, FT. Re: IC-tulokset, kloridi. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 18.10.2004.
- Visuri, Anna & Kaisa Heikkinen (1990). Turvetuotannon typpikuormituksen vaikutuksista virtaavissa vesissä. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A* 49, 43-69. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki.
- Vital Vaasa (2004). 9.4.2004. <<http://www.vaasa.fi/vitalvaasa/fin/default.htm>>
- Vesi- ja ympäristöhallitus (1988). Vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja* 20. 48 s. Helsinki.
- Vesilaki 19.5.1961/264 (1961). Finlex. Ajantasainen lainsäädäntö. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1961/19610264>> 7.2.2005.
- Vuori, Kari-Matti (1993). Hydropsychidae-heimon vesiperhostoukat ympäristökuormituksen mittareina virtaavissa vesissä. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A* 170. 42 s. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki.

Näytepiste	Puro	Näytteenottopäivä				Lämpötila °C				pH				Hapen pitoisuus mg/l				Hapen kyllästysaste %				Sähkönjohtavuus mS/m				Liuennot aine (TDS) mg/l				
		talvi (II)	kevät (IV)	kesä (VI)	syksy (X)	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	
1	Mätäjäjoki	10.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	-0,1	5,45	13,92	7,33	6,88	7,41	7,76	7,35	13,25	10,35	5,83	9,66	89	82,1	56,5	80,3	68,3	29	21	20	393	300	178	181	
2		11.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	-0,2		13,83	7,39	6,9	7,74	7,33						89	57,4	79,7	66,6	21,4	19,9		404	298	189	187		
3		11.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	-0,2	5,35	13,8	7,07	6,6	7,35	7,54	7,12	7,67	9,32	4,44	7,31	53	73,7	43	60,3	63,9	29,1	22	19,8	396	299	195	187	
4		11.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	0	3,92	11,46	8,34	6,88	7,38	7,58	7,14	11,4	10,35	4,9	8	78	78,9	45	68,6	62,2	41,8	28,3	30,7	391	410	246	271	
5		26.4.04	29.6.04	25.10.04		3,89	13,31	6,74		7,26	7,4	7,06		9,9	5,14	8,54		75,5	49,2	70		34	49,7	24,5		349	432	230		
6		26.4.04	29.6.04	25.10.04		4,64	12,46	6,48		7,31	7,51	7,12		10,13	5,83	9,42		78,7	54,7	76,7		25,5	34,2	18,6		276	304	190		
7		26.4.04	29.6.04	25.10.04		5,73	13,48	6,5		7,39	7,52	7,16		7,94	2,41	3,97		63,4	23,1	32,3		20,5	13,9	13,9		202	120	155		
8	Korppaanaja	10.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	0,2	8,77	16,25	7,84	7,03	7,16	7,65	7,2	5,8	7,81	2,78	4,15	48	67,4	28,3	35	83,2	53,5	22,9	27,1	489	482	177	229	
9	Mätäjäpuro	10.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	-0,1		12,49	7,25	7,25	7,67	7,3		14		5,44	9,47	98	51,1	78,6	64,7		38,2	26,5		368	332	290	251	
10		11.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	-0,1	1,4	12,79	6,09	6,86	7,33	7,68	7,37	13,1	10,55	5,93	9,17	88	75,1	56,1	73,9	45	19,5	21,4	16,9	291	228	176	170	
11		11.2.03	26.4.04	29.6.04	25.10.04	-0,1	7,78	12,89	7,56		7,57	7,78	7,17		10,33	5,72	9,02		86,9	54,2	75,5		37,6	35,2	29,3	414	317	259	262	
12		11.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04		4,96	12,63	7,25	6,91	7,43	7,73	7,27		10,14	5,89	9,65		79,4	55,5	80,1		58,1	29,7	33,9	21,4	371	297	273	237
13	Näsinoja-Tuomarinkylänoja	10.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	0	5,14	13,42	6,56	7,09	7,41	7,69	6,88	14,2	11	5,45	9,23	97,5	86,5	52,3	75,2	34,6	18,8	27,6	18	228	212	251	239	
14		26.4.04	29.6.04	25.10.04		3,83	12,95	5,7		7,6	7,73	7,11			9,62	5,22	8,13		73	49,4	64,8		11,3	7,9	10,6		159	167	158	
15	Tuomarinkartanonpuro	10.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	0,2	8,56	12,72	7,63	6,71	7,03	7,49	6,68	12,3	9,47	5,29	7,64	86,4	81,3	50,3	64	88,1	45,7	59,5	32,8	625	444	557	303	
16	Kumpulanpuro	11.2.04	27.4.04	30.6.04	26.10.04	0	5,21	14,58	9,47	7,15	7,27	7,68	7,14	8,8	8,24	1,14	5,95	60	65,1	11,2	52,1	113,6	63,8	46	41,4	710	629	358	155	
17		11.2.04	27.4.04	30.6.04	26.10.04	7	6,68	13,07	9,68	7,12	7,04	7,2	6,82	9	8,33	4,38	7,98	74	68,3	41,5	70,2	94,7	70,9	93,2	29,9	610	692	832	262	
18	Tapaninkylänpuro	10.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	0,2	4,1	12,64	7,58	7,32	7,59	7,7	7,1	14,11	10,9	5,11	9	98	83,6	48,9	75,3	69	36,3	42,9	34,6	446	377	343	320	
19	Tapaninvainionpuro	10.2.04	26.4.04	29.6.04	25.10.04	-0,1	5,29	13,41	8,97	7,06	7,67	7,78	7,24	12,47	11,04	5,17	7,99	86,5	87,3	49,5	69,2	80,2	39,8	30,7	36,1	500	400	233	294	
20	Puistolampuro	10.2.04	28.4.04	29.6.04	25.10.04	0,6	4,02	13,05	8,33	7,29	7,28	7,79	7,36	8,6	8,16	5,4	9,23	60,6	62,5	51,5	78,7	86	38,3	52,7	32,3	472	413	428	289	
21	Longinoja	10.2.04	28.4.04	30.6.04	26.10.04	-0,1	3,57	13,8	8,38	6,7	6,68	7,63	6,94	10,3	10,58	5,33	8,38	71	79,9	51,5	71,5	78,6	38,4	47,3	25,8	544	434	403	229	
22		28.4.04	30.6.04	26.10.04		3,18	13,26	8,28		6,03	7,33	6,3		9,36	4,49	7,85		70	42,9	66,8		40,2	64,7	25,8		465	555	218		
23		28.4.04	30.6.04	26.10.04		4,16	11,13	9,94		7	7,59	6,66		10,5	5,67	8,28		81,6	51,5	73,4		29,3	28	21		294	231	204		
24		11.2.04	28.4.04	30.6.04	26.10.04	2,59	11,25	8,36	4,93	6,14	7,25	6,22		9,2	5,33	7,35		67,7	48,6	62,7	74,3	41,4	40,2	33,7		572	511	399	312	
25		28.4.04	30.6.04	26.10.04		2,45	12,9	8,46		6,64	7,32	6,33		8,49	4,67	6,65		62,3	44,3	56,9		42,1	50,9	32,4		526	450	295		
26	Säynäslahdenpuro	11.2.04	27.4.04	30.6.04	27.10.04		2,8	15,39	8,71	6,56	6,86	7,56	6,72	7,74	1,34	4,95		57,4	13,5	42,6	60,8	35,2	44,2	37,7		412	416	334	353	
27		27.4.04	30.6.04	27.10.04		2,45	15,24	8,06		6,62	7,66	7,1		8,38		3,46		61,7	40,4	29,2		63,9	75,9	41,4		723	553	363		
28	Viikinoja	9.2.04	27.4.04	30.6.04	27.10.04	0,2	2,52	12,55	8,3	6,75	7,31	7,65	7,05	9,63	8,91	5,04	7,96	68,2	65,4	47,4	67,8	48,5	28,5	39	32,1	333	334	313	294	
29		9.2.04	28.4.04	30.6.04	27.10.04	2,7	5,15	10,11	8,73	6,74	7,27	7,78	7,16	10,8	10,38	5,75	9,54	81,5	81,7	51	82,1	34,4	24	27,6	22,6	239	261	234	206	
30		9.2.04	28.4.04	30.6.04	27.10.04	0	5,74	12,63	8,22	6,56	7,12	7,45	6,87	8,65	9,42	4,59	7,65	60,3	75,3	43,3	65,1	62,1	42,4	18,1	40,3	400	435	420	363	
31		9.2.04	28.4.04	30.6.04	27.10.04	0	4,18	11,13	8,31	6,7	7,3	7,79	7,02	8,86	10,15	5	7,1	62,3	77,9	45,6	60,4	30,3	20,9	24,4	21,5	202	246	211	222	
32	Porolahdenpuro	9.2.04	27.4.04	1.7.04	27.10.04	0,2	3,75	13,63	9,91	7,04	7,44	7,46	7,06	8,35	8,75	4,21	6,71	58,3	66,5	40,5	59,4	89,6	52,2	30,4	40,1	561	525	233	332	
33	Mustapuro	9.2.04	27.4.04	1.7.04	26.10.04	0	4,15	12,72	9,47	6,98	7,62	7,48	7,07	9,25	10,17	5,09	8,28	64,7	78,2	48,1	72,5	70	39,1	28	32,9	449	406	239	289	
35		9.2.04	28.4.04	1.7.04	26.10.04	6,07	12,36	9,27	6,89	6,85	7,46	6,88		9,99	5,27	8,37		80,6	49,3	73	56,7	32,7	17,1	30,9		370	314	178	276	
36		9.2.04	28.4.04	1.7.04	26.10.04	8,01	12,44	10,32	6,92	7,18	7,43	6,9		10,33	5,25	8,94		87,4	49,2	79,7	99	43,7	28	37,4		627	398	240	300	
37		27.4.04	30.6.04	26.10.04		5,69	14,11	9,51		7,25	7,57	6,71		10,92	2,87	8,01		87,5	27,7	70,2		43,6	48	28,7		460	464	271		
38	Marjanienpuro	9.2.04	27.4.04	1.7.04	26.10.04	1,2	5,41	12,91	9,88	7,14	7,61	7,4	6,96	8,85	12,16	4,64	7,68	64	96,5	44	67,9	104,1	52,7	34,2	35,5	650	522	280	294	
39	Broändanpuro	9.2.04	27.4.04	30.6.04	26.10.04	0,4	6,65	12,89	8,46	6,87	7,08	7,51	6,65	8,1	8,64	4,57	5,21	58	70,7	43,3	44,1	92	47,2	39,2	34,5	620	456	307	324	
40	Mellunkylänpuro	9.2.04	27.4.04	30.6.04	26.10.04	0	6,56	13,54	9,16	6,9	7,07	7,61	7,04	9,75	10,86	5,51	9,07	71,5	88,7	52,8	78,9	55,4	35	31,6	21,1	385	359	246	212	
41		27.4.04	30.6.04	26.10.04		7,38	13,43	8,65		7,35	7,64	7		12,58	3,48	6,42		104,8	33,5	55,2		26,8	22,6	20,3		258	192	233		
42		27.4.04	30.6.04	26.10.04		7,04	13,81	9,04		7,55	7,68	6,91		10,14	5,41															

Näytepiste	Puro	Kiintoaine mg/l				Orgaaninen kiintoaine mg/l				Väriluku mg/l Pt				Sameus FTU				Alkaliteetti mmol/l				Sulfaatti mg/l					
		II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X		
1	Mätäjäki	6,98	6,37	8,88	12,78	1,86	1,33	2,18	2,22	15	40	45	100	12	11	12	27	0,927	1,008	o	0,897	57,6	56,6	22,0	34,8		
	2	7,78	5,10	8,02	11,50	2,10	1,15	1,82	2,76	15	40	50	100	13	10	13	26	1,048	0,967	0,890	o	60,0	47,2	22,0	34,3		
	3	6,48	5,68	7,78	13,98	1,16	1,10	2,16	2,80	15	40	50	125	13	12	14	27	1,069	o	0,936	0,943	57,5	55,6	23,5	33,8		
	4	3,14	8,73	20,96	11,33	1,14	1,90	3,62	2,52	25	40	60	125	5,2	14	19	22	1,409	1,003	1,243	1,595	61,6	47,7	32,8	41,5		
	5		5,17	12,68	26,78		0,85	2,74	4,28		50	90	100		13	28	36		0,858	1,251	1,036		55,3	51,6	35,1		
	6		4,07	4,72	7,98		0,37	1,32	1,16		60	90	150		7,9	12	20		0,701	o	0,907		36,1	27,6	21,5		
	7		2,39	2,63	12,54		0,44	1,23	2,54		50	40	125		6,2	4,8	30		1,054	0,825	0,885		30,1	10,8	14,4		
8	Korppaanoja	7,40	8,16	3,43	19,18	2,88	2,26	1,63	5,04	20	25	40	60	9,1	10	7,1	20	2,409	1,638	1,201	1,634	60,7	66,0	14,8	33,7		
9	Mätäpuro	15,10	8,21	17,76	11,50	1,60	0,96	2,60	1,93	25	50	50	150	11	18	24	31	1,633	1,383	1,625	o	48,5	41,8	28,9	26,7		
	10	1,50	11,23	4,89	9,20	0,27	1,52	0,63	1,83	45	60	60	150	9,3	19	13	22	o	0,366	1,108	1,101		57,3	45,2	22,2	23,3	
	11	4,59	11,81	6,99	17,76	0,76	1,13	1,10	2,60	10	40	40	75	4,3	16	12	36	1,845	o	1,627	1,710		42,3	44,2	28,2	31,8	
	12	7,60	15,12	8,07	42,77	0,82	1,85	1,15	4,37	30	60	75	200	11	26	23	80	0,939	0,712	1,209	1,056		44,2	35,5	25,5	27,1	
13	Näsinoja-Tuomarinkylänoja	2,34	29,56	42,95	51,78	0,40	2,08	4,22	6,37	45	75	90	300	19	46	67	120	1,350	o	1,473	1,095	60,0	50,1	43,3	34,0		
	14		4,10	6,60	9,96		0,24	0,77	1,88		90	80	250		12	14	24		0,474	1,245	0,672		30,4	18,8	16,5		
15	Tuomarinkartanonpuro	5,27	4,03	3,25	28,78	0,92	0,77	0,82	5,43	7,5	10	20	20	4	4,3	6,5	32	1,060	1,009	1,813	0,924	103,7	80,5	73,8	72,0		
16	Kumpulanpuro	25,33	9,40	10,33	569,40	4,67	1,70	2,22	41,60	20	30	30	38	28	20	11	960	5,190	1,891	1,405	o	73,7	81,7	34,8	45,5		
	17	3,64	10,73	13,23	7,68	1,24	2,00	3,75	2,70	15	50	60	125	13	29	32	21	5,111	2,514	2,222	1,589	76,3	84,2	84,6	36,6		
18	Tapaninkylänpuro	1,16	25,10	7,22	7,40	0,10	1,98	0,88	1,44	15	25	30	75	4,5	36	13	19	4,020	1,169	2,102	2,644	72,0	70,1	48,0	48,3		
19	Tapaninvainionpuro	5,22	9,59	5,30	5,90	0,82	0,94	0,57	1,24	10	30	30	60	8,1	14	13	19	3,112	o	o	2,674	68,6	63,3	32,3	47,7		
20	Puistolannpuro	5,42	4,30	15,06	18,62	3,62	0,84	1,68	2,94	20	25	50	100	12	7,5	19	34	5,561	1,238	2,178	2,040	68,6	67,3	48,5	35,5		
21	Longinoja	4,38	5,95	2,97	27,20	0,95	0,94	0,40	6,40	5	7,5	15	40	6,6	7,1	6	43	0,941	0,931	1,211	0,813	106,2	88,9	79,4	66,4		
	22		15,35	3,23	26,17		4,03	0,40	7,83		5	7,5	10		10	8,3	29		0,003	0,640	0,200		63,8	89,2	89,5		
	23		3,54	9,97	30,50		0,10	0,97	4,37		10	10	150		5,3	13	77		0,974	1,119	1,173		53,6	42,2	28,9		
	24		20,55	22,20	24,04		5,92	6,30	7,47	11,04	7,5	7,5	15	7,5	17	18	23	18	o	0,126	0,991	0,527		44,5	24,9	89,0	109,8
	25		13,86	5,66	19,68		3,46	1,20	6,28		5	15	10		14	8,3	26		0,477	2,107	0,845		11,1	85,3	104,4		
26	Säynäslahdenpuro	1,83	2,64	1,20	9,70	0,38	0,51	0,04	2,64	7,5	5	7,5	15	1,2	2,4	3,1	21	1,395	1,125	1,477	1,101	92,6	86,2	65,1	86,5		
	27		3,10	4,10	9,73		1,03	1,08	4,45		7,5	40	60		2,5	7,4	16		0,247	1,480	1,083		49,7	72,3	94,8		
28	Viikinoja	25,10	10,09	12,34	22,45	4,30	2,16	1,60	5,03	45	90	90	125	26	14	18	33	0,998	0,614	1,240	1,242	66,5	69,8	58,0	65,5		
	29	1,36	1,70	2,67	2,60	0,49	0,32	0,39	0,65	10	15	7,5	60	4	4,7	3,7	6,9	0,588	0,315	0,715	0,634	63,1	63,6	58,3	44,6		
	30	12,27	14,32	7,18	9,37	4,30	3,16	1,24	2,53	10	15	30	75	11	17	6,7	15	1,002	1,013	1,392	1,515	94,2	87,5	84,1	87,0		
	31	1,97	4,50	7,16	8,40	0,33	1,18	2,14	2,54	90	180	150	250	5,7	6,9	11	16	0,831	0,558	o	0,888	27,9	30,5	23,8	20,2		
32	Porolahdenpuro	3,98	2,77	28,17	4,07	1,18	0,50	5,47	1,23	45	45	60	125	11	7,8	28	15	4,228	1,168	1,255	1,984	45,4	52,0	16,6	37,0		
33	Mustapuro	8,64	8,66	12,50	30,50	1,20	1,63	1,58	4,38	7,5	10	60	60	9,9	8,1	29	54	o	o	0,898	o	93,4	76,0	46,1	59,0		
	35	45,27	4,73	8,78	28,63	5,80	1,29	1,73	6,18	15	10	40	45	19	5,1	12	34	0,611	0,475	0,520	0,826	75,6	72,8	37,5	53,2		
	36	3,74	1,72	4,21	4,23	1,13	0,16	1,20	1,64	10	7,5	15	15	3,4	2,2	4	4,7	o	o	0,757	0,940	81,9	70,7	38,0	47,5		
	37		5,52	60,33	4,30		1,73	12,08	2,32		75	20	90		7,4	92	9,9		0,485	o	0,780		74,7	63,2	51,4		
38	Marjanienpuro	1,09	1,56	8,53	13,40	-0,03	0,13	1,70	3,27	15	25	40	60	3,2	3	19	30	3,088	1,863	o	2,004	63,5	69,5	29,9	41,2		
39	Broändanpuro	6,44	8,60	27,70	9,87	1,56	3,17	7,93	4,50	10	15	30	200	7,7	5,5	38	34	0,866	1,148	1,010	0,663	104,0	86,3	47,2	68,8		
40	Mellunkylänpuro	10,10	4,56	54,55	13,76	2,97	1,17	7,83	3,32	15	40	40	125	11	7	27	25	o	0,824	1,021	0,822		84,0	69,8	40,1	34,4	
	41		3,90	14,20	19,38		0,27	1,72	2,86		60	50	150		13	26	47		1,100	1,328	1,173		68,3	34,2	39,7		
	42		3,93	41,47	14,02		0,70	10,17	3,76		60	40	150		7,2	39	21		o	1,083	o			48,1	25,5	19,4	
	43		2,25	8,70	13,38		0,30	1,66	3,80		90	60	250		7,3	12	25		o	1,596	0,790			34,9	28,5	14,5	
	44	Vuosaarenpuro		10,25	4,05	5,76		2,07	1,13	2,04		90	45	100		17	10	14		2,144	1,095	2,713		79,2	37,8	83,8	
46	Rastilanpuro	21,80	6,57	3,80	2,98	3,77	1,54	0,95	0,95	10	15	40	50	18	11	10	12	o	1,095	1,327	1,484		76,0	80,7	44,5	56,9	
47	Ramsinkannaksenpuro	2,13	8,33	4,99	1,89	0,57	1,30	0,77	0,56	30	50	50	100	4,8	4,7	12	5,7	0,672	0,713	1,021	0,731	44,9	41,9	32,1	23,5		
48	Skatanpuro		4,95	14,80	7,00		1,85	5,73	3,80		180	200	300		7,9	16	12		0,200	0,786	0,746		74,9	53,1	32,4		
49	Yliskylänpuro	12,80	2,95	4,32	5,30	3,13	0,68	1,45	2,14	40	45	45	100	19	6,7	11	12	1,919	1,625	1,781	2,671	103,6	84,0	68,4	69,9		
50	Mustapuro, sivuhaara		3,83	1,41	0,75		0,88	0,84	0,39		5	40	38		3,1	3,2	3,5		1,093	o	1,196		32,1	26,3	23,4		

Näytepiste	Puro	Natrium mg/l				Kalium mg/l				Magnesium mg/l				Kalsium mg/l				Fluori mg/l				Kloridi mg/l				Fosforin kokonaispitoisuus µg/l				Fosfaattifosfori µg/l			
		II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X				
1	Mätäjäjoki	84,5	38,9	22,7	18,8	6,1	5,1	3,3	4,5	9,0	8,1	4,1	5,3	38,6	36,8	21,1	23,7	0,5	0,3	0,2	0,2	112	41,2	33,9	24,9	21	36	73	73	21	16	39	44
2		80,8	38,6	23,2	18,7	6,2	5,2	3,3	4,2	9,4	8,1	4,3	5,3	39,6	37,6	22,0	23,3	0,5	0,3	0,2	0,2	6,8	38,5	34,6	24,5	27	26	72	80	24	15	51	43
3		77,2	39,6	23,7	18,6	6,3	5,1	3,5	4,7	9,0	8,1	4,4	5,4	39,5	35,9	22,7	23,8	0,5	0,3	0,2	0,2	14,8	40,9	35,3	24,6	25	21	59	79	23	19	52	45
4		70,2	84,8	37,6	37,1	6,4	5,1	4,8	5,7	8,7	7,0	4,9	6,1	45,8	36,1	30,2	35,5	0,5	0,3	0,3	0,3	31,1	112	41,2	42,6	30	14	60	58	34	19	44	28
5			50,5	60,8	28,0		7,0	9,0	5,2		8,0	7,7	5,2		40,3	48,4	26,6		0,3	0,4	0,3		24,8	3,4	39,9		15	79	86		11	37	46
6			33,3	48,7	23,1		2,8	4,1	3,3		5,4	6,4	4,4		24,7	30,8	20,8		0,3	0,3	0,2		40,2	37,5	28,2		36	64	61		11	38	30
7			25,4	13,5	12,4		3,4	2,0	3,9		6,2	3,3	4,2		27,3	15,6	18,4		0,3	0,2	0,2		38,4	21,3	16,8		41	69	95		12	53	54
8	Korppaanoja	94,3	83,7	24,7	27,1	11,1	9,3	4,3	6,3	13,3	12,2	4,3	6,6	57,0	47,1	23,7	34,9	0,5	0,3	0,2	0,2	125	111	31,7	36,1	121	50	283	138	120	32	260	87
9	Mätäjäpuro	75,5	47,9	52,7	28,0	5,4	4,0	4,7	4,1	10,3	7,5	7,1	6,2	48,1	41,3	38,4	31,7	0,5	0,3	0,3	0,3	19,9	26,5	36,4	35,5	21	31	81	82	22	21	68	52
10		48,0	26,5	25,1	18,2	4,4	3,5	3,6	3,9	7,0	3,8	3,9	3,7	32,8	18,9	24,2	23,0	0,5	0,3	0,2	0,2	50,0	41,5	31,3	17,0	21	45	48	65	11	21	36	38
11		82,2	58,2	47,7	34,0	5,2	4,5	4,0	4,1	11,1	9,4	6,9	7,2	48,8	38,6	34,8	35,5	0,6	0,3	0,3	0,3	7,4	22,9	40,2	43,0	11	14	41	63	7	11	49	35
12		73,5	50,0	46,9	22,4	4,1	3,4	4,2	4,0	7,6	6,0	5,6	5,3	38,2	31,7	34,8	26,3	0,5	0,2	0,2	0,2	18,0	28,1	39,4	31,1	16	45	79	118	6	20	44	64
13	Näsinoja-Tuomarinkylänoja	20,8	12,8	21,0	10,8	3,7	2,5	4,2	3,5	12,6	8,0	10,4	8,6	37,5	26,2	36,0	24,8	0,5	0,2	0,3	0,2	27,8	23,0	29,8	11,0	28	30	119	224	18	40	59	160
14			10,6	12,8	7,6		2,9	3,0	2,7		5,3	6,1	4,3		17,8	23,0	16,1		0,2	0,3	0,2		14,2	15,8	6,6		21	58	63		10	30	30
15	Tuomarinkartanonpuro	87,6	53,6	84,1	29,7	8,1	6,5	7,1	5,5	23,4	15,6	15,6	11,5	66,6	48,6	61,9	33,5	0,6	0,3	0,4	0,3	116	19,9	111	44,6	8	7	22	71	2	5	10	41
16	Kumpulanpuro	131,6	106,7	50,4	35,4	13,8	16,7	10,5	9,6	17,3	16,5	7,9	9,2	71,2	71,0	44,5	44,5	0,5	0,3	0,2	0,2	174	141	12,8	55,1	21	115	114	428	53	130	73	180
17		102,0	100,1	89,4	14,5	10,6	11,2	13,5	11,8	18,9	17,8	18,3	6,4	73,1	84,5	95,2	43,6	0,6	0,4	0,5	0,2	135	132	118	37,6	61	31	77	77	250	36	47	52
18	Tapaninkylänpuro	66,4	41,1	45,1	24,4	11,4	11,2	9,2	8,7	17,8	17,2	12,8	12,7	53,2	42,6	44,3	46,6	0,6	0,3	0,4	0,3	32,3	40,8	40,8	26,6	35	66	69	98	34	54	58	72
19	Tapaninvainionpuro	98,8	59,3	28,1	26,1	7,0	7,1	5,0	7,5	14,2	14,6	7,8	10,8	49,4	42,3	36,1	47,8	0,5	0,3	0,2	0,3	131	21,4	36,9	26,2	44	52	101	254	19	41	79	200
20	Puistolannpuro	83,6	48,5	61,5	16,7	10,4	6,3	6,1	4,1	15,8	16,2	13,6	8,7	50,3	49,9	56,1	41,6	0,6	0,3	0,4	0,3	1,4	27,6	9,6	20,8	1455	224	103	118	1600	140	65	65
21	Longinoja	69,7	46,2	47,5	19,9	8,8	6,9	7,3	4,9	20,9	15,6	12,3	7,8	66,5	53,1	52,0	29,6	0,6	0,3	0,3	0,2	30,2	37,9	37,8	28,9	9	11	28	79	4	5	5	45
22			50,9	88,5	23,1		8,0	8,8	4,6		19,7	15,9	8,9		44,3	46,2	22,1		0,4	0,3	0,2		36,9	117	27,7		12	19	39		3	4	19
23			40,5	26,5	15,7		6,3	5,9	5,1		8,2	5,9	5,4		37,4	30,2	25,5		0,3	0,3	0,2		41,4	35,3	18,8		11	39	133		7	16	120
24		54,1	44,5	38,1	26,9	7,7	7,1	6,9	5,5	26,5	22,7	14,3	11,7	63,1	55,3	45,3	35,0	0,7	0,4	0,4	0,3	49,7	41,2	40,7	36,1	3	30	40	25	9	13	34	23
25			41,4	37,7	18,3		8,7	8,7	6,5		22,7	15,7	10,7		70,3	67,0	40,8		0,5	0,5	0,3		41,6	38,9	25,9		17	20	44		4	10	22
26	Säynäslahdenpuro	48,5	44,5	42,4	33,1	11,1	11,2	10,4	9,5	15,5	13,9	11,4	10,9	53,8	50,3	45,3	39,8	0,5	0,3	0,3	0,2	49,7	40,0	38,9	47,1	6	7	22	38	1	3	7	18
27			123,6	120,0	56,5		11,1	7,9	8,0		22,6	12,3	10,9		57,9	46,7	31,0		0,4	0,3	0,3		163	159	61,8		20	30	51		1	9	19
28	Viikinoja	47,9	47,5	48,6	32,1	5,3	5,2	5,5	5,9	8,2	8,5	7,3	8,0	40,7	40,7	43,2	38,0	0,5	0,3	0,3	0,3	49,9	38,7	37,0	40,8	6	28	43	65	23	10	23	50
29		26,5	30,2	30,2	22,9	3,9	3,8	4,3	3,8	6,6	5,5	7,0	4,9	29,3	26,6	32,1	24,5	0,4	0,2	0,2	0,2	42,5	41,8	39,2	31,7	9	24	18	26	3	3	6	13
30		59,2	57,1	55,0	38,3	6,4	6,2	7,1	6,7	11,2	10,6	10,6	9,0	54,6	58,4	60,2	51,6	0,5	0,3	0,3	0,3	43,7	23,7	29,9	53,0	8	39	28	39	7	11	13	14
31		33,6	38,2	34,7	30,6	2,9	3,2	2,7	3,0	3,4	3,9	3,1	3,4	25,5	25,1	26,2	21,3	0,4	0,1	0,1	0,2	44,9	41,7	40,0	40,4	8	18	35	38	4	7	13	13
32	Porolahdenpuro	115,9	108,1	43,6	49,3	7,1	7,3	4,0	5,0	10,1	10,6	4,3	6,0	60,1	59,3	28,5	45,0	0,5	0,3	0,2	0,3	153	143	39,5	63,8	16	45	111	63	33	25	58	33
33	Mustapuro	72,7	47,7	30,3	31,5	6,9	4,9	5,5	6,3	11,6	8,3	6,1	7,5	54,5	45,4	29,7	35,7	0,5	0,2	0,2	0,2	20,8	34,9	39,3	48,7	8	18	61	82	8	7	34	36
35		60,3	47,4	24,3	31,9	5,2	4,9	3,1	4,2	9,4	8,4	4,4	6,2	45,0	40,8	24,0	32,4	0,4	0,2	0,1	0,1	42,4	37,6	35,7	51,3	6	17	48	48	31	7	16	30
36		151,1	82,2	46,0	53,4	7,8	5,4	4,1	4,3	9,2	6,7	3,8	4,7	55,1	46,2	27,2	33,3	0,3	0,1	0,1	0,1	200	109	37,6	73,6	11	11	31	27	3	3	12	14
37			70,9	68,7	26,4		6,4	6,7	4,8		8,1	7,0	5,0		51,5	53,8	34,7		0,3	0,3	0,2		94	91	43,1		19	52	38		8	93	15
38	Marjanienpuro	112,5	85,9	45,6	35,4	8,1	8,7	6,1	6,8	11,1	11,4	6,0	7,3	56,9	58,9	35,0	43,8	0,6	0,3	0,3	0,2	149	114	39,9	47,0	9	24	63	96	13	8	31	61
39	Broändanpuro	108,9	81,7	51,6	46,4	9,3	7,2	5,0	6,0	18,0	13,3	7,3	8,1	52,3	41,3	28,4	23,5	0,7	0,4	0,3	0,3	144	108	36,4	59,5	6	19	74	67	4	7	31	38
40	Mellunkylänpuro	57,2	51,4	38,5	20,9	5,6	5,4	4,5	3,8	10,5	10,1	6,1	5,2	39,8	42,1	30,3	22,9	0,5	0,3	0,2	0,2	39,3	31,7	40,2	28,6	11	21	109	76	20	8	78	43
41			28,4	18,1	15,2		5,3	4,5	5,5		10,3	7,2	7,5		34,2	30,3	26,3		0,2	0,3	0,2		35,2	21,5	13,4		37	136	127		11	96	80
42			60,8	45,5	18,5		4,5	3,5	3,0		7,6	5,2	3,7		36,7	28,1	20,3		0,2	0,2	0,2		17,5	37,6	26,2		40	116	74		16	64	38
43			78,5	73,8	25,3		3,2	3,6	2,4		6,5	6,5	3,3		34,0	35,6	18,7		0,2	0,2	0,1		104	3,5	33,8		26	62	71		7	30	31
44	Vuosaarenpuro	65,7	21,5	41,0																													

Näytepiste	Puro	Typen kokonaispit. mg/l				Ammoniumityppi mg/l				Nitraattityppi mg/l				Escherichia coli -bakteerit mpn/100 ml				Enterokokit pmy/100 ml				BOD7 mg/l				COD,Mn(O) mg/l			
		II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X	II	IV	VI	X
1	Mätäjäjoki	1,8	1,8	1	1,8	0,38	0,10	0,18	0,08	1,14	1,21	0,38	0,91	920	370	730	1600	140	210	210	360	2	2	3	1	5	9	9	15
2		1,9	1,7	0,96	1,7	0,43	0,10	0,16	0,08	1,07	0,76	0,35	0,86	1000	160	530	440	110	32	170	330	1	2	2	3	4	8	8	15
3		1,8	1,6	0,94	1,8	0,38	0,10	0,16	0,09	1,08	1,10	0,33	0,87	650	210	650	410	65	17	170	340	1	2	2	4	5	9	8	16
4		2,4	1,9	1,3	2,2	0,42	0,11	0,23	0,07	1,56	1,42	0,73	1,24	2400	1400	2000	490	>2000	29	330	120	2	2	3	3	5	8	8	19
5			1,3	1,2	1,6		0,10	0,27	0,09		0,71	0,44	0,62		18	340	210		6	77	45		1	2	3		8	10	18
6			3,3	1,7	2,7		0,49	0,08	0,23		2,45	1,12	1,45		4600	920	41		280	200	36		2	2	3		10	13	25
7			1,1	0,57	1,4		0,01	0,06	0,05		0,61	0,15	0,49		1700	98	1300		33	57	230		2	2	6		10	8	17
8	Korppaanoja	3,9	2,5	1,2	1,6	1,40	0,20	0,54	0,28	1,62	1,48	0,20	0,59	4900	170	130	180	280	13	23	330	48	5	6	4	8	9	8	12
9	Mätäjäpuro	1,6	1,7	1,5	1,9	0,22	0,14	0,33	0,16	1,13	1,15	0,81	0,90	17000	870	>2400	4100	250	220	300	2800	2	2	4	2	5	8	8	18
10		2,2	1,6	1,1	1,7	0,10	0,06	0,09	0,07	1,72	1,23	0,49	0,87	1	71	410	32	1	8	390	29	1	2	2	3	6	9	10	20
11		0,83	1,4	0,99	1,9	0,04	0,02	0,16	0,05	0,64	1,08	0,57	1,21	6	19	580	37	8	24	77	41	1	1	<2	2	2	5	5	12
12		1,2	1,8	1,3	2,2	0,03	0,07	0,12	0,05	0,90	1,25	0,72	1,28	3	75	370	37	2	28	170	67	6	2	2	2	6	10	9	21
13	Näsinoja-Tuomarinkylänoja	1,7	1,9	1,9	2,9	0,05	0,02	0,05	0,08	1,33	1,32	1,19	1,76	580	20	200	160	26	23	140	76	2	2	3	3	7	12	13	26
14			1,2	1,1	1,7		0,02	0,11	0,03		0,72	0,34	0,66		2	140	44		1	120	45		1	3	2		16	15	20
15	Tuomarinkartanonpuro	3,5	4,6	1,3	4,9	0,10	0,06	0,12	0,07	3,13	4,17	0,79	4,12	7	<1	50	2400	0	0	72	18	1	1	<2	1	2	3	5	7
16	Kumpulanpuro	4,4	5,4	2,4	2,9	1,70	1,80	1,50	0,87	2,20	2,87	0,55	0,79	2300	1200	22	390	140	260	100	330	7	4	7	7	7	9	7	12
17		6,1	5,2	4	2,3	2,80	0,53	0,42	0,40	1,95	3,99	2,70	1,04	>24000	1900	1100	160	>2000	33	510	300	7	2	2	4	9	8	11	8
18	Tapaninkylänpuro	2,3	2,3	1,4	2,3	0,22	0,04	0,10	0,10	1,76	1,95	0,93	1,60	130	<1	1400	43	27	6	220	100	2	2	3	4	3	4	5	10
19	Tapaninvainionpuro	2,1	2,4	1,3	4,8	0,16	0,04	0,08	1,40	1,54	2,16	0,88	2,76	63	50	84	>24000	45	82	170	>20000	6	1	2	4	5	5	5	10
20	Puistolannepuro	17	2,7	1,4	2,1	14,00	1,00	0,09	0,06	0,64	1,28	0,90	0,93	>24000	>24000	1100	240	>2000	>2000	510	73	16	3	2	3	12	6	7	12
21	Longinoja	2	2,5	1,7	1,8	0,25	0,29	0,26	0,24	1,50	1,99	1,04	1,14	5	15	410	920	0	1	160	1400	1	1	2	3	3	3	5	9
22			2,5	1,4	1,2		0,28	0,44	0,17		2,05	0,67	0,63		<1	23	220		0	44	9		1	<2	1		3	4	6
23			2,1	1,7	2		0,01	0,05	0,04		1,82	1,44	1,32		2	31	870		5	140	>2000		1	<2	2		2	2	7
24		2,3	3,3	2,4	2,4	0,27	0,67	0,74	0,36	1,66	2,42	1,27	1,53	<1	<1	25	3	0	0	3	1	1	1	2	1	4	5	8	6
25			3,1	2,9	2		0,33	0,33	0,33		2,71	1,78	1,31		1	310	96		0	23	49		1	2	1		4	5	5
26	Säynäslahdenpuro	2,3	3,5	1,6	3,3	0,11	0,08	0,05	0,10	1,89	3,12	1,16	2,50	1	1	32	55	0	0	40	28	1	1	2	1	2	3	3	5
27			4,5	1,5	2		0,33	0,18	0,06		4,06	0,74	1,04			16	12		0	87	5		1	<2	2		4	9	15
28	Viikinoja	2,6	2,6	2,1	3,2	0,33	0,20	0,22	0,16	1,86	2,17	1,40	1,96	20	41	140	330	14	6	72	90	4	2	4	3	8	11	12	19
29		1,8	2,4	1,9	2,4	0,05	0,04	0,07	0,08	1,66	2,57	1,75	1,71	59	5	37	190	15	25	47	34	1	1	<2	1	2	3	3	10
30		3	2,8	2	2,8	0,68	0,45	0,68	0,33	1,94	1,98	1,03	1,72	66	53	200	330	0	0	85	62	1	2	4	3	6	7	8	13
31		1,1	1,1	1,1	1,4	0,38	0,34	0,20	0,21	0,34	0,39	0,35	0,32	3	1	240	9	0	1	43	31	2	3	4	3	13	18	18	31
32	Porolahdenpuro	1,9	1,8	1,5	1,5	0,46	0,26	0,14	0,16	0,94	1,29	0,47	0,56	820	1700	1700	220	200	68	470	71	3	2	5	2	6	7	12	14
33	Mustapuro	2,1	2,2	1,8	2,4	0,26	0,12	0,07	0,27	1,59	1,44	1,06	1,62	1400	200	1600	690	3	23	650	120	1	1	3	3	3	4	11	4
35		2,9	2,3	1,4	2,1	0,27	0,08	0,04	0,20	2,12	2,30	0,90	1,34	1200	88	1100	250	87	5	780	140	2	1	3	4	5	4	8	13
36		1,6	1,2	1	1,5	0,05	0,01	0,00	0,02	1,30	1,10	0,72	1,22	2	<1	520	47	2	0	310	190	1	1	2	1	3	2	7	4
37			5,8	5,2	3,2		0,19	0,17	0,12		5,80	4,64	2,27		5	2400	120		2	460	220		1	7	2		14	14	13
38	Marjanienpuro	2,6	3	1,7	2,1	0,05	0,00	0,00	0,03	1,98	2,68	1,16	1,50	330	100	1400	920	54	7	690	670	1	1	3	3	4	6	5	7
39	Broändanpuro	1	0,89	1,1	1,4	0,24	0,09	0,00	0,23	0,43	0,46	0,37	0,32	160	9	>2400	14	0	0	>2000	22	1	1	11	2	4	6	12	20
40	Mellunkylänpuro	2,3	2,2	1,6	1,6	0,38	0,04	0,02	0,20	1,71	1,98	0,87	0,92	3100	31	2000	640	7	4	340	470	2	1	8	3	5	8	10	18
41			2,1	1,1	1,9		0,01	0,21	0,03		1,74	0,31	0,89		46	920	27		1	320	51		1	6	3		7	9	20
42			2,5	1,9	1,7		0,06	0,29	0,05		2,19	0,74	0,92		360	>2400	690		76	>2000	970		2	13	3		10	14	21
43			1,7	1,2	1,8		0,05	0,21	0,07		1,19	0,59	0,77		230	260	410		7	330	300		1	2	2		14	9	35
44	Vuosaarenpuro		2,2	1,2	2,5		0,68	0,22	0,96		0,75	0,33	0,66		<1	>2400	180		2	980	76		5	6	5		16	8	20
46	Rastilanpuro	1,3	1,8	2,1	1,6	0,12	0,13	0,09	0,14	0,96	1,52	1,40	0,99	42	3	1700	15	12	1	350	57	3	2	3	2	5	5	10	9
47	Ramsinkannaksenpuro	1,9	1,8	1,9	1,2	0,44	0,18	0,05	0,03	0,95	1,19	1,50	0,65	210	3700	520	140	86	370	190	19	3	3	2	1	8	9	8	19
48	Skatanpuro		1,1	2,2	1,7		0,05	0,15	0,09		0,07	0,17	0,09		<1	>2400	110		2	640	110		3	8	3		28	40	39
49	Yliskylänpuro	2	2,5	1,3	1,8	0,46	0,24	0,13	0,16	1,14	1,77	0,54	0,75	<1	1	870	41	1	3	900	48	1	1	4	2	7	7	10	14
50	Mustapuro, sivuhaara		1,8	1,5	1,2		0,01	0,02	0,03		1,47	1,08	0,87		78	520	310		11	630	210		1	3	2		2	9	7

LIITE 2. Luonnonmaantieteen laboratoriossa ionikromatografisesti analysoitujen rinnakkaisnäytteiden tulokset.

Näyte-		F (mg/l)	Cl	NO ₃ -N	PO ₄ -P*	SO ₄	Na	K	Mg	Ca
piste										
Talvi	rinnakkaisnäytteid									
	13 en keskiarvo	0,494	27,822	1,335	0,000	59,993	20,811	3,724	12,600	37,489
	keskihajonta	0,003	0,016	0,004		0,122	0,013	0,142	0,328	0,120
	vaihtelukerroin %	0,539	0,057	0,330		0,204	0,064	3,809	2,603	0,319
	28 keskiarvo	0,462	49,925	1,855	0,000	66,489	47,934	5,281	8,200	40,708
	keskihajonta	0,000	0,000	0,004		0,036	0,001	0,098	0,131	0,412
	vaihtelukerroin %	0,000	0,000	0,237		0,055	0,002	1,847	1,600	1,013
	40 keskiarvo	0,496	39,252	1,706	0,000	83,973	57,196	5,563	10,519	39,790
	keskihajonta	0,008	0,027	0,001		0,051	1,242	0,246	0,033	0,511
vaihtelukerroin %	1,610	0,068	0,047		0,061	2,172	4,430	0,312	1,283	
Kevät	10 keskiarvo	0,281	41,548	1,232	0,009	45,173	26,457	3,543	3,802	18,877
	keskihajonta	0,005	0,009	0,001	0,001	0,046	1,416	0,005	0,228	0,980
	vaihtelukerroin %	1,893	0,021	0,065	10,036	0,102	5,351	0,150	5,993	5,194
	20 keskiarvo	0,328	27,580	1,276	0,114	67,310	48,501	6,342	16,201	49,881
	keskihajonta	0,006	0,040	0,001	0,001	0,027	0,030	0,113	0,004	0,078
	vaihtelukerroin %	1,895	0,145	0,094	1,010	0,040	0,062	1,789	0,022	0,156
	30 keskiarvo	0,275	23,673	1,976	0,000	87,505	57,072	6,227	10,632	58,399
	keskihajonta	0,001	0,324	0,010		0,072	0,088	0,192	0,006	0,013
	vaihtelukerroin %	0,323	1,371	0,486		0,082	0,154	3,090	0,058	0,023
	40 keskiarvo	0,250	31,678	1,975	0,000	69,766	51,399	5,449	10,142	42,126
	keskihajonta	0,004	0,020	0,001		0,024	0,097	0,185	0,050	0,184
	vaihtelukerroin %	1,418	0,062	0,071		0,034	0,188	3,401	0,490	0,438
	50 keskiarvo	0,279	12,069	1,473	0,000	32,096	15,252	3,527	3,673	24,151
	keskihajonta	0,002	0,008	0,002		0,016	0,026	0,004	0,027	0,168
	vaihtelukerroin %	0,636	0,066	0,122		0,050	0,169	0,101	0,748	0,694
Kesä	10 keskiarvo	0,220	31,346	0,490	0,006	22,247	25,096	3,552	3,928	24,245
	keskihajonta	0,004	0,043	0,004	0,001	0,011	0,093	0,181	0,004	0,368
	vaihtelukerroin %	2,019	0,139	0,776	15,198	0,048	0,371	5,092	0,090	1,517
	20 keskiarvo	0,386	9,621	0,896	0,018	48,503	61,480	6,077	13,600	56,127
	keskihajonta	0,011	0,152	0,002	0,002	0,072	0,090	0,084	0,025	0,151
	vaihtelukerroin %	2,756	1,585	0,246	12,895	0,148	0,146	1,386	0,183	0,269
	30 keskiarvo	0,298	29,937	1,035	0,000	84,129	54,978	7,126	10,640	60,173
	keskihajonta	0,007	0,004	0,001		0,003	0,002	0,004	0,012	0,066
	vaihtelukerroin %	2,380	0,015	0,058		0,003	0,003	0,050	0,108	0,109
	40 keskiarvo	0,198	40,233	0,874	0,000	40,108	38,466	4,525	6,092	30,297
	keskihajonta	0,000	0,004	0,002		0,022	0,049	0,032	0,014	0,098
	vaihtelukerroin %	0,000	0,009	0,229		0,055	0,127	0,705	0,233	0,325
	50 keskiarvo	0,180	6,441	1,082	0,000	26,327	9,156	3,581	2,370	28,164
	keskihajonta	0,004	0,004	0,005		0,020	0,067	0,185	0,027	0,119
	vaihtelukerroin %	1,970	0,069	0,444		0,077	0,736	5,175	1,122	0,422
Syksy	10 keskiarvo	0,240	16,972	0,872	0,000	23,323	18,156	3,931	3,744	23,043
	keskihajonta	0,005	0,003	0,004		0,009	0,067	0,113	0,059	0,058
	vaihtelukerroin %	2,216	0,016	0,436		0,038	0,371	2,864	1,587	0,250
	20 keskiarvo	0,301	20,754	0,928	0,028	35,453	16,732	4,072	8,705	41,583
	keskihajonta	0,007	0,004	0,001	0,001	0,058	0,008	0,131	0,020	0,385
	vaihtelukerroin %	2,356	0,017	0,065	2,086	0,163	0,048	3,222	0,224	0,925
	30 keskiarvo	0,254	52,980	1,721	0,000	86,979	38,302	6,698	9,014	51,612
	keskihajonta	0,001	0,026	0,000		0,014	0,046	0,051	0,020	0,187
	vaihtelukerroin %	0,350	0,049	0,000		0,016	0,120	0,754	0,226	0,362
	40 keskiarvo	0,166	28,621	0,915	0,000	34,376	20,895	3,836	5,216	22,914
	keskihajonta	0,004	0,024	0,002		0,035	0,005	0,160	0,006	0,089
	vaihtelukerroin %	2,678	0,084	0,263		0,103	0,025	4,160	0,119	0,387
	50 keskiarvo	0,124	6,406	0,865	0,000	23,359	9,151	3,661	2,862	32,680
	keskihajonta	0,004	0,002	0,002		0,004	0,132	0,105	0,076	0,009
	vaihtelukerroin %	3,589	0,028	0,208		0,019	1,444	2,882	2,664	0,027

* Tulosten tarkastelussa ja liitteessä 1 on käytetty näiden fosfaattifosforin analyysitulosten sijaan Helsingin kaupungin ympäristölaboratorion määrittämiä fosfaattifosforipitoisuuksia.