

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 8/2002

**Töölönlahden laimennusveden vaihtoehtoisten ottopaikkojen veden-
laadun vertailu**

Ilppo Kajaste

Sisällys

TIIVISTELMÄ.....	3
1 JOHDANTO.....	5
2 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	5
2.1 TUTKIMUSALUE	5
2.1.1 Töölönlahti ja Eläintarhanlahti.....	5
2.1.2 Töölönlahden kuormitus.....	6
2.1.3 Humallahti, Taivallahti ja varsinainen Seurasaarenselkä	6
2.2 TÖÖLÖNLAHDEN VEDEN LAADUN TAVOITETILA	7
2.3 NÄYTTEENOTTO.....	8
2.4 MÄÄRITYKSET	9
2.5 TILASTOLLISET MENETELMÄT	9
3 TULOKSET.....	10
3.1 FYSIKAALIS-KEMIAALLISET OMINAISUUDET	10
3.1.1 Lämpötila.....	11
3.1.2 Suolapitoisuus.....	11
3.1.3 Sameus.....	12
3.1.4 Näkösyvyys.....	12
3.1.5 Ravinteet	12
3.2 LÄMPÖKESTOISET KOLIMUOTOISET BAKTEERIT.....	12
3.3 KASVIPLANKTON JA A-KLOROFYLLIPITOISUUS.....	13
3.4 TAIVALLAHDEN SEDIMENTTI	13
4 TULOSTEN TARKASTELU	14
4.1 TAIVALLAHDEN JA HUMALLAHDEN VERTAILU SEKÄ NIIDEN ERO TÖÖLÖNLAHDEN VETEEN.....	14
4.2 SEURASAARENSELÄN HAVAINTOPAIKKA	15
4.3 KUINKA TÖÖLÖNLAHDEN VESI MUUTTUU VAIHTOEHTOISISSA TAPAUKSISSA	15
4.3.1 Laimennusveden fosforipitoisuuden vaikutus.....	15
4.3.2 Laimennusveden typpipitoisuuden vaikutus	16
4.3.3 Veden typen ja fosforin suhde ja sen vaikutus kasviplanktoniin.....	16
4.3.4 Kasviplanktonlajisto ja levien määrä	17
4.3.5 Töölönlahden happitilanne.....	17
4.3.6 Muutokset kasvillisuudessa.....	18
4.4 LAIMENNUSVEDEN VAIKUTUS ELÄINTARHANLAHDELLA	18
5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ.....	18
6 LÄHDELUETTELO	20

Liite 1. Humallahden, Taivallahden, varsinaisen Seurasaarenselän ja Töölönlahden ominaispiirteet ja veden laadun riskitekijät.

Liitteet 2-6. Töölönlahden, Humallahden, Taivallahden, varsinaisen Seurasaarenselän ja Eläintarhanlahden havaintopaikkojen vedenlaatutiedot vuosina 2000 ja 2001.

Tiivistelmä

Helsingin kaupunginhallitus on asettanut Töölönlahden kunnostamisen tavoitteeksi vähintään tyydyttävän vedenlaadun saavuttamisen. Perusedellytyksenä lahden tilan paranemiselle on ravinnepiitoisen sedimentin aiheuttaman sisäisen kuormituksen pienentäminen (sedimentin kemikalointi) sekä lahden vedenvaihdon lisääminen parempilaatuisen korvausveden avulla (laimentaminen).

Rakennusvirasto on teettänyt hankesuunnitelman lisäveden johtamiseksi Töölönlahteen Seurasaa-renseltä. Tässä selvityksessä verrataan Seurasaa-renselen vaihtoehtoisia laimennusveden ottopaik-koja ja arvioidaan niiden vedenlaadun merkitystä Töölönlahden kannalta. Selvitys täydentää ai-emmin suppeamman aineiston perusteella esitettyä arviota.

Teknis-taloudellisista syistä on esitetty, että merivesi otettaisiin Humallahdelta tai Taivallahdelta kohdista, jotka sijaitsevat lähellä laimennusveden johtamiseen suunnitellun Rajasaari-Savila -tunnelin alkukohtaa. Näiden vaihtoehtoisten paikkojen vedenlaatua seurattiin avovesikaudella 2000 ja 2001. Samalla seurattiin veden laatua Töölönlahdella ja Eläintarhanlahdella. Käytettävissä oli myös vedenlaatutietoja kauempaa keskiseltä Seurasaa-renseltä. Varsinainen Seurasaa-renseltä oli mukana tarkastelussa siltä varalta, että Humallahden ja Taivallahden veden laatu osoittautuisi huonoiksi.

Veden laatu oli kaikilla kolmella Seurasaa-renselen havaintopaikalla selvästi parempi kuin Töölönlahdella. Humallahti ja Taivallahti eivät vedenlaadultaan käytännöllisesti katsoen eronneet toisistaan. Niiden vesi ei kaikilta osin täyttänyt Töölönlahdelle asetettuja tavoitteita. Varsinaisella Seurasaa-rensellä veden laatu oli parempi ja laimennusveden laatukriteerit täytyivät.

Erityisesti Humallahti, mutta myös Taivallahti, on suojaisuutensa vuoksi altis sinilevähaitoille tai muulle veden laadun satunnaiselle heikkenemiselle. Kesällä 2002 Humallahden ja Taivallahden alueella todettiin runsas paikallinen sinileväkukinta, jonka aiheutti mahdollisesti myrkyllinen *Anabaena*-sinilevä. Varsinaisella Seurasaa-rensellä veden laadun vaihtelun riskiä pienentää suuri vesitilavuus ja tehokas vedenvaihto.

Humallahden tai Taivallahden laimennusveden fosforipitoisuutta saatetaan joutua alentamaan puhdistustoimenpitein Töölönlahdelle asetetun tavoitetason saavuttamiseksi. Samoin joudutaan mahdollisesti estämään Seurasaa-renselen puolella sopivissa olosuhteissa muodostuvan sinilevämassan pumppaaminen Töölönlahdelle.

Kunnostustoimenpiteiden seurauksena Töölönlahden rehevyys pienenee, planktonmassa vähenee ja sen aiheuttama samennus ja happiongelmat pienenevät. Kasviplankton alkaa muistuttaa enemmän Seurasaa-renselen murtovesiyhteisöä, mistä saattaa olla seurauksena rihmamaisten sinilevien runsastuminen loppukesällä. Veden kirkkauden lisääntyessä ahdinparta- ja suolileväkasvustot lisääntyvät rantavyöhykkeessä ja lahdelta ilmestyy uposversoista kasvillisuutta.

Laimennusveden aiheuttamat ei-toivotut muutokset joudutaan hyväksymään. Kunnostuksen tavoitteena on Töölönlahden muuttuminen luonnontilaista muistuttavaksi merenlahdeksi, missä kaupunkilaiset voisivat miellyttävästi mm. veneillä ja onkia. Nykyisessä sisäsaariston tilanteessa tämä merkitsee vielä melko tuottavaa ja sameahkoa vettä. Pahat rehevöitymisen aiheuttamat ongelmat ovat kuitenkin poistuneet.

1 Johdanto

Töölönlahti on aikaisemman jätevesikuormituksen jäljiltä edelleen voimakkaasti rehevöitynyt ja vedenlaadultaan välttävissä kunnossa (Pesonen, 2001). Lahden tilan paranemista estää suuri sedimentistä tuleva sisäinen ravinnekuormitus ja suojaisuudesta johtuva veden hidas vaihtuminen. Töölönlahden veden laadusta ja sen parantamisesta on tehty useita tutkimuksia ja selvityksiä (mm. SCC Viatek Oy 1989, 1999; Suunnittelukeskus Oy 1992; Kansanen ym. 1995; Kansanen & Norha 1996; Maa ja vesi 1997). Tarkasteltuina kunnostustoimenpiteinä ovat ensisijaisesti olleet vesijohtoveden johtaminen padottuun lahteen, meriveden kierrätys Seurasaarenselältä, pohjasedimentin ruoppaus ja sedimentin fosforin sitominen kemikaloinnin avulla. Perusedellytyksenä lahden elpymiselle on katsottu olevan vedenvaihdon parantaminen. Meriveden käyttämistä laimennusvetenä puoltaa lahden ekologisen luonteen säilyminen ennallaan.

Helsingin kaupungin rakennusvirasto selvitti meriveden johtamisen toteutettavuutta hankesuunnitelmalla, jossa esitettiin hankkeen tekninen suunnitelma piirustuksineen, ympäristövaikutukset, saavutettavat hyödyt Töölönlahdella, riskitarkastelu ja kustannusarvio (SCC Viatek Oy 2000). Tällä selvityksellä täydennetään edellä mainittua hankesuunnitelmaa Seurasaarenselän olosuhteiden osalta.

Suunnitelmassa meriveden johtamisesta Seurasaarenselältä on oletettu, että vesi otettaisiin mahdollisimman läheltä Rajasaari-Savila tunnelin alkukohtaa, joka sijaitsee Rajasaarenpenkereen ja Merikannontien risteyksessä. Vaihtoehtoisina laimennusveden ottokohtina on esitetty Humallahtea Rajasaarenpenkereen venesataman ja Merikannontien välillä ja Taivallahtea Humalluodon kärjen edustalla.

Tässä selvityksessä tarkastellaan meriveden johtamisen vaikutuksia Töölönlahden veden laatuun käyttämällä laimennusveden vedenlaatutietoina Humallahden ja Taivallahden havaintoja. Lisävaihtoehtona tarkastellaan veden ottamista kauempaa Seurasaarenselältä, missä veden laatu on parempi kuin Seurasaarenselän koillisosan Humallahdella ja Taivallahdella. Lisäksi tarkastellaan laimennusveden juoksutuksen mahdollisia vaikutuksia Eläintarhanlahden veden laatuun. Kesän 2000 perusteella on tehty muistio veden laadun vertailusta Seurasaarenselällä, Töölönlahdella ja Eläintarhanlahdella (Pesonen ym. 2000).

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimusalue

2.1.1 Töölönlahti ja Eläintarhanlahti

Töölönlahti on rehevöitynyt sisälahti keskellä Helsinkiä. Lahti on lähes tasapohjainen ja hyvin matala, syvimmillään vain hiukan yli kaksi metriä. Sen pinta-ala on noin 20 hehtaaria ja vesitilavuus on noin 380 000 m³. Töölönlahden vesi vaihtuu kuusi metriä leveän ja 66 metriä pitkän rautatien alitustunnelin kautta Eläintarhanlahdelta. Eläintarhanlahti on puolestaan Siltasaaren salmien kautta yhteydessä Kruunuvuorenselälle ja Helsingin edustan merialueelle. Töölönlahden vesi vaihtuu pääasiassa meriveden pinnankorkeuden vaihtelun vaikutuksesta. Töölönlahden valuma-alueelta tulevan makean veden määrä on liian vähäinen aiheuttaakseen suolaisuuskerrostuneisuutta ja lahden mataluus estää lämpötilakerrostuneisuuden muodostumisen.

Töölönlahdella sijaitsi havaintopaikka 179 ja Eläintarhanlahdella havaintopaikka 188 (kuva 1, taulukko 1).

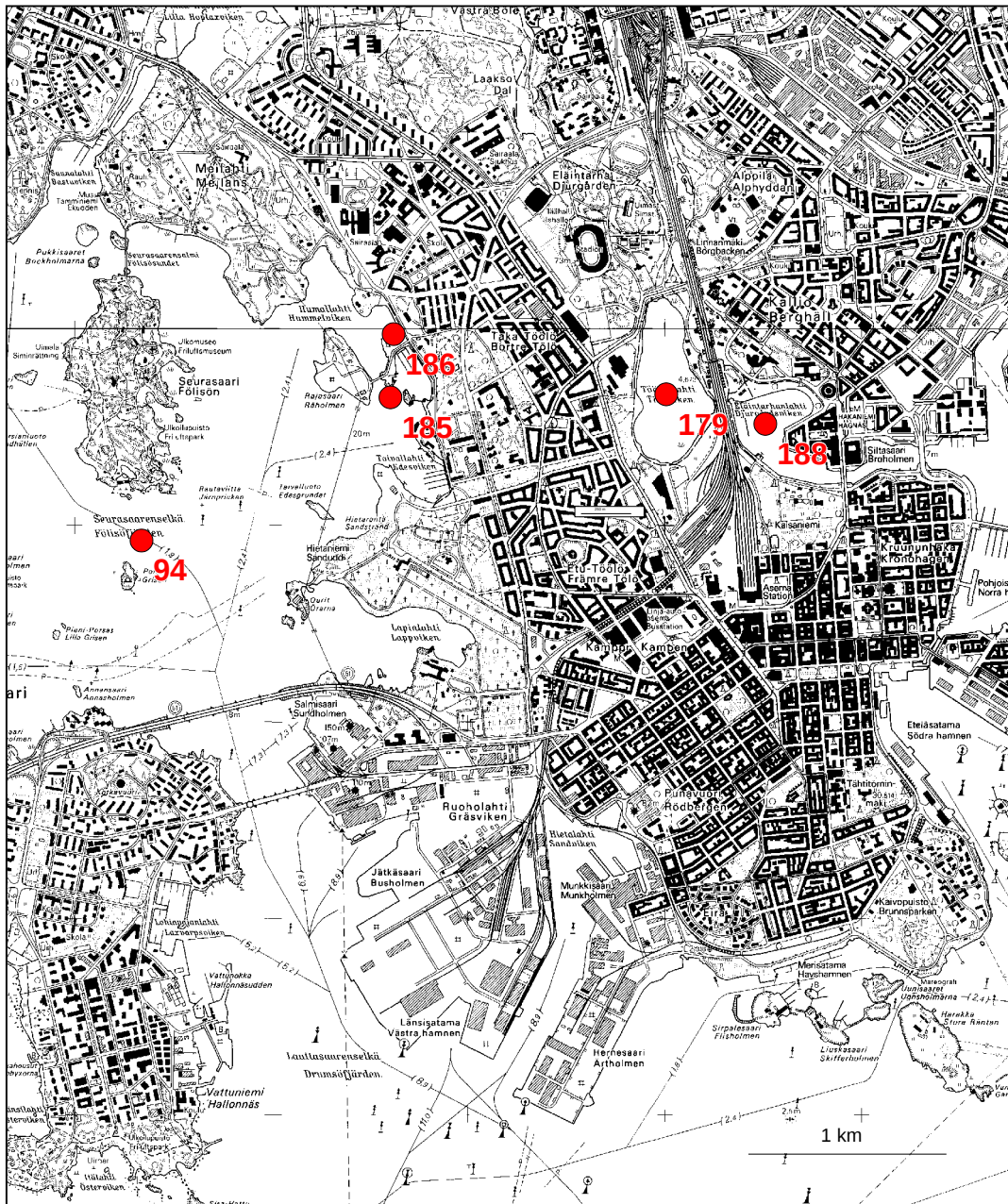
2.1.2 Töölönlahden kuormitus

Töölönlahti oli 1800-luvun alkupuolelta lähtien sokeritehtaan ja asumajätevesien kuormittama. Kaupunki rakensi jätevedenpuhdistamot Alppilaan vuonna 1910 ja Savilaan vuonna 1914 lahden huonontuneen tilan vaatiessa suojelutoimenpiteisiin ryhtymistä. Puhdistamot olivat kuitenkin kaupungin nopeasta kasvusta johtuen teholtaan liian pieniä, eikä Töölönlahden tila alkanut toivotulla tavalla parantua. Seuraavaksi Töölönlahden kuormitusta saatiin pienennettyä 1930-luvulla, kun Alppilan puhdistamo uusittiin ja Savilan puhdistamo muutettiin pumppaamoksi. Suurin osa lahtea ennen kuormittaneista jätevesistä ohjattiin Rajasaaren puhdistamon kautta Seurasaarenselälle. Jätevesien johtaminen Töölönlahteen loppui kokonaan 1950-luvun lopulla. Töölönlahden veden laatu on parantunut 1970-luvun puolivälin jälkeen Suomen ympäristökeskuksen määrittämän vesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen (Suomen ympäristökeskus 1999) luokasta heikko (V) luokkaan välttävä (IV) (Pesonen ym. 1995).

Nykyään Töölönlahteen tulee kuormitusta pääasiassa laskeumasta sekä hule- ja valumavesien mukana. Töölönlahden tilan kannalta ratkaisevassa asemassa on kuitenkin runsasravinteisesta sedimentistä hapettomissa olosuhteissa liukenevan fosforin aiheuttama sisäinen kuormitus, jonka on arvioitu olevan jopa 1000-2000 kilogrammaa fosforia vuodessa, ja jonka vaikutus arviolta 35 kilogrammaa fosforia vuodessa olevaan ulkoiseen kuormitukseen verrattuna on hallitseva. Vantaanjoen mukanaan tuoma fosforikuormitus vaikuttaa ajoittain voimakkaasti koko lahtialueen veteen. Eläintarhanlahti on myös hyvin rehevöitynyt sisälahti, mutta se on vähemmän kuormituksen ja paremman veden vaihdon johdosta Töölönlahtea paremmassa kunnossa.

2.1.3 Humallahti, Taivallahti ja varsinainen Seurasaarenselkä

Sekä Humallahti (havaintopaikka 186) että Taivallahti (havaintopaikka 185) sijaitsevat Seurasaarenselän itäosassa. Tämän Seurasaaren ja kantakaupungin väliin jäävän vesialueen syvyys on yleisesti 3-4 metriä. Sen erottaa muusta Seurasaarenselästä Seurasaaren kaakkoiskärjen ja Taivalluodon välissä kulkeva matalikkoalue, minkä voi olettaa heikentävän vedenvaihtoa Seurasaarenselän keskiosan ja Humallahden sekä Taivallahden välillä. Humallahti on Rajasaaren Seurasaarenselästä erottama lahti, kun taas Taivallahti on avoimemmin yhteydessä Seurasaarenselälle. Varsinaiselta Seurasaarenselältä on kynnyksetön yhteys Helsingin edustan merialueelle Lauttasaaren salmen kautta. Humallahden ja Taivallahden laimennusveden ottokohdat sijaitsevat lähellä rantaa (noin 50 m). Veden syvyys on alueilla noin kolme metriä. Varsinaisen Seurasaarenselän havaintopaikka (havaintopaikka 94) sijaitsee Seurasaaren ja Porsaan välisessä salmessa, missä on syvyyttä yhdeksän metriä. Laimennusvesi voitaisiin johtaa edellä mainitun matalikkoalueen meren puoleiselta reunalta 4-6 metrin syvyydeltä. Humallahti ja Taivallahti sijaitsevat lähellä entisen Rajasaaren jätevedenpuhdistamon purkupaikkaa. Rajasaaren puhdistamon lopettaminen vuonna 1978 näkyi Seurasaarenselän veden laadun huomattavana parantumisena. Varsinaisella Seurasaarenselällä veden laatu kuuluu luokkaan 'tyydyttävä' (III) (Pesonen 2001).



Kuva 1. Töölönlahden, Seurasaaarenselän ja Eläintarhanlahden havaintopaikat peruskartalla.

Taulukko 1. Havaintopaikkojen sijainnit ja syvyydet

Nro	Havaintopaikka	Koordinaatit (KKJ2)	Syvyys, m
94	Seurasaaarenselkä	2 549 340 – 6 673 920	9
179	Töölönlahti	2 552 010 – 6 674 664	2
185	Taivallahti	2 550 607 – 6 674 649	3
186	Humallahti	2 550 623 – 6 674 971	3
188	Eläintarhanlahti	2 552 514 – 6 674 514	2

2.2 Töölönlahden veden laadun tavoitetilä

Töölönlahden laadun parantamisen tavoitteena on ennen kaikkea vähentää lahden rehevyyttä ja parantaa samalla lahden ulkonäköä vähentämällä lahteen ravinteisuuden johdosta kertyvää planktonlevämassaa. Helsingin kaupunginhallitus on päättänyt 16.9.1996, että Töölönlahden kunnostuksen tavoitteena on vähintään tyydyttävä veden laatu. Suomen ympäristökeskus määrittää laatuluokkaan 'tyydyttävä' (luokka III) kuuluviksi vesialueet, jotka ovat jätevesien tai hajakuormituksen tai muun toiminnan lievästi rehevöittämiä tai vedenlaadultaan muuten muuttuneita. Levähaittoja voi esiintyä toistuvasti ja haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, pohja-aineksessa tai eliöstössä voivat olla hieman luonnontilaisista arvoista kohonneet. Vesistö soveltuu yleensä tyydyttävästi useimpiin käyttötarkoituksiin.

Helsingin ympäristökeskus on määritellyt Töölönlahden vedenlaatatavoitteeksi, että sedimentin kemikaalikäsittelyn ja laimennusveden johtamisen seurauksena Töölönlahden veden laatu sijoittuu Suomen ympäristökeskuksen vedenlaatuluokituksen laatuluokan 'tyydyttävä' ylärajalle. Veden laatu pyritään saamaan vastaamaan lievästi rehevöitynyttä luonnonmukaista merenlahtea, missä voidaan miellyttävästi esim. veneillä ja onkia. Uimiseen varattaisiin kaupungissa muita merenrantoja.

Veden laadulle asetettuja tavoitteita:

- Veden näkösyvyys ei avovesikautena saa olla alle 1 m.
- Suurta hapen ylikyllästystä tai hapenvajausta ei saa esiintyä.
- Fosforipitoisuus ei saa ylittää kolmen vuoden keskiarvona arvoa 50 µg P/l. Avovesikaudella fosforipitoisuus ei saa ylittää 50 µg P/l hetkellisestikään.
- Hygieenisen laadun tulee periaatteessa täyttää uimavedelle asetetut laatuvaatimukset. Lintujen aiheuttaman likaantumisen vuoksi tämä kriteeri ei aina täyty.
- Alueella voi esiintyä levähaittoja poikkeuksellisesti, ei kuitenkaan merkittäviä tai pitkäaikaisia.

On huomattava, että määritettäessä Töölönlahden veden laatatavoite tasolle 'tyydyttävä' on luovuttava vaatimuksesta, että lahden veden tulee olla 'kristallinkirkasta'. Tavoitteena on lahden säilyttäminen luonnontilaista muistuttavana merenlahtena. Nykyisin Suomenlahden sisäsaaristossa vallitsevassa tilanteessa tämä merkitsee joka tapauksessa melko tuottavaa ja sameahkoa vettä, kuitenkin välttämään suurimmilta häiriötekijöiltä, kuten hapettomuudelta ja masiivisilta leväkukinnoilta. Lahden säilyminen melko rehevänä tulee hyväksyä.

2.3 Näytteenotto

Aineisto kerättiin vuosina 2000 ja 2001 (liitteet 2-6, taulukko 2). Humallahden ja Taivallahden vedenlaatua seurattiin molempina vuosina avovesikautena noin kahden viikon välein. Samalla tavalla seurattiin veden laatua myös Töölönlahdella ja Eläintarhanlahdella. Varsinaisella Seurasaarenselällä otettiin näytteitä kerran kuukaudessa Helsingin Veden velvoitetarkkailuun liittyen.

Humallahdesta, Taivallahdesta, Töölönlahdesta ja Eläintarhanlahdesta otettiin näytteet kemiallisia ja fysikaalisia määrittelyksiä varten 1 metrin syvyydeltä. Seurasaarenselän havaintopaikalta otettiin näytteet 1, 4 ja 7 tai 8 metrin syvyydeltä. Seurasaarenselän havaintopaikan näytteistä tehdyistä määrittelyksistä on tässä raportissa käytetty vesipatsaan painotettua keskiarvoa ellei toisin mainita. Painotettu keskiarvo laskettiin niin, että näytteestä tehty määrittely edusti sitä osaa vesipatsaasta, mikä sen syvyydeltä oli kahteen lähimpään rajakohtaan eli pintaan, pohjaan tai puoleen väliin seuraavaa näytesyvyyyttä. Kokonaissyvyytenä käytettiin yhdeksää metriä.

Pintaveden *a*-klorofyllipitoisuus mitattiin profiilinäytteestä Humallahdella (0-2 m), Taivallahdella (0-2 m) ja varsinaisella Seurasaareselällä (0-4 m). Töölönlahdella ja Eläintarhanlahdella otettiin klorofyllinäyte pintavedestä Ruttner-näytteenottomella. Kasviplanktonmääritykset tehtiin profiilinäytteestä Humallahdella ja Taivallahdella (0-2 m), ja pintavedestä Töölönlahdella ja Eläintarhanlahdella.

Sedimenttinäytteitä otettiin Töölönlahden laimennusveden suunnitellulta ottoalueelta Taivallahdesta Humalluodon eteläpuolelta (60° 10,792' N, 24° 54,674' E). Näytteenotossa käytettiin Niemistö-sedimenttinäytteenotinta.

2.4 Määritykset

Taulukko 2. Havaintopaikkojen veden laadun vertailussa käytetyt määritykset ja määrittämenetelmät.

Analyysi	Määrittäys tai määrittämenetelmä
Näkösyvyys	Valkolevynä Ruttner-noutimen kansi
Lämpötila	Ruttner-noutimen lämpömittari
Suolaisuus	WTW Microprocessor Conductivity Meter LF 2000
Sameus	SFS 3024
pH	SFS 3021
Hapen pitoisuus	SFS 3040
NH ₄ -tyypin pitoisuus	SFS 3032
NO ₂ -tyypin pitoisuus	SFS 3029
NO ₃ -tyypin pitoisuus	Pelkistys NO ₂ :ksi Cd-Cu-kolonilla
Typen kokonaispitoisuus	Hapetus NO ₃ :ksi kaliumpersulfaatilla autoklaavissa
PO ₄ -tyypin pitoisuus	Ammoniummolybdaattimenetelmä
Fosforin kokonaispitoisuus	Autoklavointi ortofosfaatiksi kaliumpersulfaatin läsnäollessa
Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien tiheys	SFS 4088
<i>a</i> -klorofylli	SFS 5772
Kasviplanktonin valtalajiston runsaussuhteet	Mikroskopointi Leitz Fluovert FS –käänteismikroskoopilla semikvantitatiivisesti

Sameus-, klorofylli-*a*- ja kasviplanktonanalyysit tehtiin Helsingin ympäristökeskuksen Ympäristönsuojelu- ja tutkimusyksikössä. Muut analyysit tehtiin Helsingin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa. Mittatekniikan keskus on todennut laboratorion pätevyyden (ak-kreditointitodistus Nro T58/A/96).

2.5 Tilastolliset menetelmät

Havaintopaikkojen välisiä eroja tarkasteltiin ensisijaisesti käyttämällä parittaista t-testiä (Ranta ym. 1989). Parittainen t-testi on kahden otoksen keskiarvotesti, jossa määritystulokset ovat järjestettyinä otoksien väliseksi pareiksi. Tarkastelun kohteena olevissa mittaustuloksissa on luonnostaan paljon fysikaalisista, kemiallisista ja biologisista syistä johtuvaa vuodenaikaista vaihtelua. Ilman havaintojen järjestämistä pareiksi saattaisivat erot havaintopaikkojen välillä peittyä tämän vaihtelun alle.

Havaintopaikkojen eroa lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrässä verrattiin käyttämällä parittaisten otosten merkkitestistä (Ranta ym. 1989). Merkkitestin avulla voi selvittää,

ovatko vertailtavien havaintopaikkojen määritysten mediaanit samat. Jos mediaanit ovat samat, kummallakin havaintopaikalla on bakteerien määrä suurempi yhtä monessa parissa. Merkki-testiä käytettiin parittaisen t-testin sijaan, koska bakteerien esiintymisen ei voida olettaa olevan normaalisti jakautunut. Todennäköisyys havaitulle havaintopaikkojen väliselle lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrän suhteelle, olettaen niiden mediaanit yhtä suuriksi, määritettiin binomijakauman avulla. Seurasaarenselän havaintopaikalle käytettiin pintanäytettä.

Parin näytteenottopäivillä oli eroa enintään kolme vuorokautta. Humallahden ja Taivallahden välillä oli näytepareja yhteensä 27. Töölönlahden ja Humallahden tai Taivallahden välillä oli pareja 26. Seurasaarenselän havaintopaikan harvan näytetiheyden takia oli parien lukumäärä pieni (Töölönlahdelle 8 ja Humallahdelle sekä Taivallahdelle 9).

3 Tulokset

3.1 Fysikaalis-kemialliset ominaisuudet

Seurasaarenselän havaintopaikat erosivat vedenlaadultaan selvästi Töölönlahdesta ja Eläintarhanlahdesta vuosina 2000-2001 (taulukko 3). Erot havaintopaikkojen välillä olivat tilastollisesti merkitseviä verrattaessa useita eri määrittäjiä (taulukko 4). Varsinaisella Seurasaarenselällä on näytteiden pienemmän lukumäärän takia Humalluotoa ja Taivallahtea pienempi tilastollinen merkitsevyystaso.

Taulukko 3. Taivallahden, Humallahden, Töölönlahden, Eläintarhanlahden ja varsinaisen Seurasaarenselän veden laatu vuosien 2000-2001 kuukausikeskiarvojen keskiarvoina esitettynä. Kunkin kuukauden määritykset vuosilta 2000 ja 2001 on yhdistetty keskiarvon muodostamista varten.

Havaintopaikka	Näkö-syvyys	Suolaisuus	Sameus	Kokonais-typpi	Liukoinen-typpi	Kokonais-fosfori	Fosfaatti	Lämpö-kestoiset kolimuotoiset bakteerit	α -klorofylli
	m	‰	FTU	$\mu\text{g N/l}$	$\mu\text{g N/l}$	$\mu\text{g P/l}$	$\mu\text{g P/l}$	kpl/100 ml	$\mu\text{g/l}$
Taivallahti 185	1,5	4,90	5,3	471	35	36	9	53	19
Humallahti 186	1,4	4,90	5,2	494	19	40	8	75	19
Töölönlahti 179	0,6	3,91	16,2	970	183	89	17	128	45
Eläintarhanlahti 188	0,7	3,93	17,1	960	313	66	16	117	34
Seurasaarenselkä 94	1,6	4,97	5,5	440	56	30	12	13	14

Taulukko 4. Määrittysten keskiarvojen erojen tilastollinen merkitsevyys tarkasteltuna parittaisella t-testillä ja merkkitestin havaitseman lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrän eron todennäköisyys. Havaintopaikat: Taivallahti (185), Humallahti (186), Seurasaarenselkä (94) ja Töölönlahti (179). Tilastolliset merkitsevyystasot; erittäin merkitsevä ($p < 0,001$), merkitsevä ($p < 0,01$) ja melkein merkitsevä ($p < 0,05$). – = Tilastollisesti ei merkitsevä ero. Erojen suunta näkyy taulukosta 3.

	185 vs. 186	185 vs. 94	186 vs. 94	185 vs. 179	186 vs. 179	94 vs. 179
--	-------------	------------	------------	-------------	-------------	------------

Lämpötila	—	—	—	0,048	—	—
Suolapitoisuus	—	—	—	<0,001	<0,001	0,001
Sameus	—	—	—	<0,001	<0,001	<0,001
Kokonaistyyppi	—	—	—	<0,001	<0,001	<0,001
Liukoinen tyyppi	—	—	—	—	—	—
Kokonaisfosfori	—	—	—	<0,001	<0,001	0,002
Fosfaatti	—	—	0,025	<0,001	<0,001	—
Lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit	—	0,002	—	0,047	<0,001	0,004
<i>a</i> -klorofylli	—	—	—	<0,001	<0,001	0,014

Veden laadun määrittämisessä käytettyjen muuttujien selitykset:

- **Näkösyyvyys** kuvastaa veden läpinäkyvyyttä. Se on syvyys, jossa valkoinen halkaisijaltaan noin 20 cm mittainen levy (Secchi-levy) häviää näkyvistä.
- **Suolaisuus** kertoo vedessä olevien suolojen määrän. Suolaisuutta aiheuttaa pääasiassa vedessä oleva natriumkloridi.
- **Sameus** on nesteen läpinäkyvyyden heikkenemistä, jonka aiheuttavat vedessä olevat hiukkaset ja plankton.
- **Kokonaistyyppi** sisältää vedessä olevan orgaanisen ja epäorgaanisen typen. Kokonaistypen määrittämisellä saadaan tietoa alueen tyyppikuormituksesta. Useimmat levät eivät kykene hyödyntämään orgaanista typpeä ennen kuin hajotustoiminta on muuttanut sen epäorgaaniseen muotoon.
- **Liukoinen tyyppi** sisältää typen epäorgaaniset muodot: nitraatin, nitriitin ja ammoniumin. Leville käyttökelpoisia typen muotoja ovat nitraatti- ja ammoniumionit. Kohonneet nitriitti- ja ammoniumpitoisuudet ilmaisevat veden saastumista.
- **Kokonaisfosfori** sisältää vedessä olevan orgaanisen ja epäorgaanisen fosforin. Kokonaisfosforin määrittämisellä saadaan tietoa alueen fosforikuormituksesta. Useimmat levät eivät kykene hyödyntämään orgaanista fosforia, vaan tarvitsevat fosfaattia kasvaakseen.
- **Fosfaatti** on leville käyttökelpoisessa muodossa olevaa epäorgaanista fosforia.
- **Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien** eli ulosteperäisten bakteerien määrä kertoo veden hygieenisestä laadusta. Vettä pidetään hyvänä uimiseen, jos lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrä on alle 500 kpl/100 ml (Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 41/1999)
- ***a*-klorofyllipitoisuudella** eli lehtivihreän määrällä mitataan levien määrää vedessä.

3.1.1 Lämpötila

Töölönlahdella oli vesi keskimäärin lämpimämpää kuin Humallahdella ja Taivallahdella. Keväällä Töölönlahden vesi lämpeni muita havaintopaikkoja nopeammin (kuvat 2 ja 12). Kesän maksimilämpötilat olivat lähes samat Humallahdella, Taivallahdella ja Töölönlahdella.

3.1.2 Suolapitoisuus

Humallahdella ja Taivallahdella oli suolapitoisuuden vaihtelu pientä ja hyvin samankaltaista (kuva 3). Seurasaarenselän alueella oli suolapitoisuus noin 1 ‰ suurempi kuin Töölönlahdella (kuva 13). Töölönlahden suolapitoisuus vaihteli paljon. Keväällä ja syksyllä Vantaanjoen suuri makean veden virtaama vaikuttaa voimakkaasti Töölönlahden ja Eläntarhanlahden veden suolapitoisuutta laskevasti.

3.1.3 Sameus

Töölönlahden ja Eläintarhanlahden vesi oli huomattavasti sameampaa kuin Humallahdella, Taivallahdella ja varsinaisella Seurasaarenselällä ($p < 0,001$) (kuvat 4 ja 14). Töölönlahden ja Eläintarhanlahden sameus aiheutuu suuresta kasviplanktonbiomassasta sekä huuhtoutuvasta maaperäisestä aineksesta, jonka osuus voi olla hyvin huomattava varsinkin Vantaanjoen virtaaman ollessa suuri kuten marraskuussa vuonna 2000.

3.1.4 Näkösyvyys

Seurasaarenselällä oli näkösyvyys keskimäärin noin metrin suurempi kuin Töölönlahdella (taulukko 3). Humallahdella ja Taivallahdella oli näkösyvyys lähes koko tutkimusjakson vähintään Töölönlahdelle kunnostuksen tavoitteeksi määritetty yksi metri. Töölönlahdella näkösyvyys ylitti metrin vain aikaisin keväällä. Varsinaisen Seurasaarenselän havaintopaikalla näkösyvyys oli vähintään metrin koko tutkimusjakson ajan.

3.1.5 Ravinteet

Töölönlahdella kokonaisfosforipitoisuus oli keskimäärin yli kaksi kertaa suurempi kuin Humallahdella ja Taivallahdella. Humallahdella mitattiin keväällä korkein kokonaisfosforipitoisuus, mutta kesän aikaiset fosforipitoisuudet olivat Töölönlahdella selvästi korkeammat (kuvat 5 ja 16). Pääasiassa Humallahden korkeiden kevätarvojen takia oli keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus Humallahdella korkeampi kuin Taivallahdella. Humallahdella ja Taivallahdella ylittyi ajoittain Töölönlahden parantamistavoitteeksi määritetty $50 \mu\text{g P/l}$. Varsinaisella Seurasaarenselällä $50 \mu\text{g P/l}$ ylittyi vain yhdessä pintanäytteessä aikaisin keväällä 2000.

Keskimääräinen fosfaattipitoisuus oli Taivallahdella ja Humallahdella tilastollisesti erittäin merkitsevästi pienempi ($p < 0,001$) kuin Töölönlahdella. Pitoisuuksissa oli suurta näytteiden välistä vaihtelua, eivätkä Humallahden ja Taivallahden fosfaattipitoisuudet olleet aina pienempiä kuin Töölönlahdella (kuva 7). Varsinaisella Seurasaarenselällä fosfaattipitoisuus oli keskimäärin suurempi kuin Humallahdella ja Taivallahdella (kuva 18).

Töölönlahden keskimääräinen typpipitoisuus oli noin kaksi kertaa suurempi kuin Seurasaarenselän havaintopaikoilla. Töölönlahdella oli kokonaistyppipitoisuus koko tarkastelujakson ajan tilastollisesti erittäin merkitsevästi suurempi ($p < 0,001$) kuin Seurasaarenselän havaintopaikoilla (kuvat 6). Varsinaisella Seurasaarenselällä kokonaistyppipitoisuus oli keskimäärin pienempi kuin Humallahdella ja Taivallahdella (kuva 17).

Liukoisen typen keskimääräinen pitoisuus oli Seurasaarenselän havaintopaikoilla selvästi pienempi kuin Töölönlahdella (kuva 19). Töölönlahden, Humallahden ja Taivallahden liukoisen typen pitoisuus pysyi pienenä kesällä 2000, mutta kesällä 2001 siinä oli erittäin suurta vaihtelua (kuva 8). Näytteiden välisestä suuresta vaihtelusta johtuen Humallahden ja Taivallahden pitoisuudet eivät olleet aina pienempiä kuin Töölönlahdella.

3.2 Lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit

Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien runsausvaihtelu Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella on esitetty kuvassa 9. Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrä vaihteli Töölönlahdella 2-500 kpl/100 ml (mediaani 116). Töölönlahden vesi täytti lähes aina uimaveden laatuvaatimuksen, jonka mukaan lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrän

pitää olla alle 500 kpl/100 ml (Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 41/1999). Humallahdella vaihteli lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrä 0-390 kpl/100 ml (mediaani 21) ja Taivallahdella 3-230 kpl/100 ml (mediaani 30). Varsinaisella Seurasaarenselällä pysytteli lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrä pintavedessä 1-46 kpl/100 ml (mediaani 7). Kaikilla Seurasaarenselän havaintopaikoilla oli lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrä tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin Töölönlahdella (taulukko 4).

3.3 Kasviplankton ja α -klorofyllipitoisuus

Töölönlahdella oli levien määrä (α -klorofyllipitoisuus) selvästi suurempi kuin Seurasaarenselän havaintopaikoilla (kuva 15). Humallahdella ja Taivallahdella levien määrässä tapahtuneet muutokset eivät käytännöllisesti katsoen eronneet toisistaan (kuva 10). Kevään etenemisestä riippuen Seurasaarenselän levien määrän kevätmaksimi saattaa osua aikaan jolloin lisäveden johtaminen on jo aloitettu. Silloin levien määrä laimennusvedessä saattaa olla hyvin korkea, jopa korkeampi kuin Töölönlahdella, kuten olisi ollut keväällä 2001. Tällöin Töölönlahden levätuotantoa laski alueelle tullut Vantaanjoen samea vesi.

Humallahdella ja Taivallahdella oli keväinen 'panssarisiimaleväkukinta' molempina vuosina massiivinen värjäten veden hetkittäin punaruskeaksi. Vallitsevana lajina oli *Scropsiella hangoei*. Piileviä oli myös melko runsaasti. Kesää kohti panssarisiima- ja piilevien määrän vähentyessä myös kokonaisbiomassa pieneni ja pienet siimalevät (mm. *Chrysochromulina* spp. ja *Pyramimonas* spp.) vahvistivat asemaansa. Nielu- ja viherleviä oli myös suhteellisen runsaasti. Samoin pienisoluisien sinileväkolonioiden (esim. *Merismopedia* spp. ja *Snowella* spp.) ja pienten piileväkiekkojen (*Cyclotella* sp.) osuus lajistossa kasvoi. Kesän edetessä lisääntyi *Aphanizomenon flos-aquae* -sinilevärihmojen määrä.

Töölönlahden ja Eläintarhanlahden kasviplanktonlajisto oli hyvin samankaltainen. Kasviplanktonin ollessa biomassan perusteella runsaimmillaan keväällä *Diatoma tenuis* ja *Nitzschia longissima* -piilevät dominoivat yhteisöä. Lisäksi esiintyi runsaasti pieniä siimallisia leviä. Piilevien määrän vähentyessä biomassa laski nopeasti. Kesällä näytteissä oli runsaasti pieniä viherleviä (esim. *Monoraphidium contortum*), pieniä siimaleviä (*Chrysochromulina* spp., *Pyramimonas* spp. ja *Pseudopedinella* spp.) ja nieluleviä. Sinilevistä loppukesää kohti runsastuivat pienisoluiset sinileväkoloniat (*Snowella* spp. ja *Merismopedia* spp.). Piilevien osuus lajistossa kasvoi uudelleen syksyllä. Kesällä 2001 esiintyi Töölönlahdella biomassassa huomattavaa vaihtelua. Kesäkuun lopulla havaitun biomassapiikin aiheutti pienikokoisten silmälevien (*Eutreptiella* sp.), piileväkiekkojen (*Cyclotella* cf. *meneghiniana*), panssarisiimalevien (*Heterocapsa rotundata*), ja viherlevien (*Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus* spp. ja *Clamydomonas* sp.) runsastuminen. Suurimpana syynä biomassan syyskuiseen hetkelliseen lisääntymiseen oli *Heterocapsa rotundata* -panssarisiimalevän runsastuminen.

3.4 Taivallahden sedimentti

Taivallahdesta Humalluodon eteläpuolelta otettiin Niemistö-sedimenttinäytteenottimella 35 cm pituinen näyte. Näytteen pintaosa (3 cm) oli hapettunutta, hienoa, helposti sekoittuvaa detritusta (kuollutta eloperäistä ainesta), jonka alapuolella oli noin 10 cm mustaa sulfidiliejua. Sen alapuolella oli noin 10 cm mustanharmaata sulfidisavea ja noin 25 senttimetristä alkaen harmaata suhteellisen pehmeätä liejusavea. Sedimenttikerros oli kaikissa näytteissä lähes samanlainen.

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Taivallahden ja Humallahden vertailu sekä niiden ero Töölönlahden veteen

Laimennusveden vaihtoehtoiset ottopaikat Humallahti ja Taivallahti eivät vedenlaadultaan käytännöllisesti katsoen eronneet toisistaan. Myös vedenlaadun vaihtelu oli kesän aikana molemmilla paikoilla samanlainen. Humallahden ja Taivallahden vesimassojen vähäisestä erosta kertoo esimerkiksi suolapitoisuuden vaihtelun samankaltaisuus. Pelkästään veden laatuun nojautumalla ei voi tehdä selkeää eroa Humallahden ja Taivallahden välillä.

Taivallahdella olivat kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuudet keskimäärin pienemmät, mutta liukoisten ravinteiden pitoisuudet olivat keskimäärin suuremmat kuin Humallahdella. Ravinnepitoisuuksien erot vaikuttivat olevan suurimmillaan aikaisin keväällä. Kesällä Humallahden ja Taivallahden ravinnepitoisuudet olivat hyvin samankaltaiset.

Humallahden ja Taivallahden välillä ei ollut myöskään selkeää eroa näkösyvyyttä, sameutta ja levien määrää verrattaessa. Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrä täytti uimavedelle asetetut laatuvaatimukset kummallakin havaintopaikalla. Laimennusveden 'kirkkaus' ja hygieeninen laatu vaikuttaa olevan sama riippumatta siitä otetaanko vesi Humallahdelta vai Taivallahdelta.

Humallahtea voidaan suljetumman luonteensa takia pitää alttiimpana veden laadun satunnaiselle huononemiselle mm. rankkasateista tai viemäriverkon häiriöistä johtuen, kuin jossain määrin avoimempaa Taivallahtea. Suojaisuutensa takia Humallahti saattaa olla myös alttiimpi sinilevähaitoille. Lämpimänä kesänä 2002 todettiin Seurasaarenselällä voimakas mahdollisesti myrkyllisen *Anabaena*-sinilevän aiheuttama kukinta. Lounaan puoleiset ilmapvirtaukset kasasivat levää erityisesti Humallahden-Taivallahden alueelle. Suomenlahden ja Itämeren sinileväkukinnoista poiketen tämä kukinta oli synnyltään paikallinen. Siihen olivat todennäköisimmin syynä poikkeuksellisen lämmin ja aurinkoinen säätyyppi ja Seurasaarenselän sisäinen kuoritus.

Humallahdella ja Taivallahdella oli veden laatu selvästi parempi kuin Töölönlahdella. Niillä olivat veden sameus, levien määrä, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuus, sekä fosfaatin pitoisuus merkitsevästi pienempiä kuin Töölönlahdella. Humallahden ja Taivallahden veden laatu ei kuitenkaan täyttänyt kaikilla havaintokerroilla Töölönlahden vedelle määritettyjä kokonaisfosforipitoisuuden ja näkösyvyyden tavoitteita. Lisäksi laimennusveden lämpötila oli alhaisempi ja suolapitoisuus oli suurempi kuin Töölönlahden vedessä.

Taivallahdella ja Humallahdella havaittiin panssarisiimalevien runsas kevätmaksimi ja *Aphanizomenon flos-aquae* -sinilevän loppukesäinen runsastuminen, mitkä puuttuivat kokonaan Töölönlahdelta. Töölönlahdella keväällä runsastuivat ainoastaan piilevät ja loppukesällä rihmamaisten sinilevien asemasta pienisoluiset sinileväkoloniat. Taivallahden ja Humallahden lajisto muistutti murtovesilajistoa, kun taas Töölönlahdella makeiden rehevien vesien lajit, kuten *Euglena*-silmälevät, olivat erittäin runsaita.

Taivallahdesta otetusta sedimenttinäytteestä tutkittiin alustavasti sedimentin laatua. Alueen lähistöllä sijaitsti vuoteen 1978 Rajasaaren jätevedenpuhdistamon purkupaikka (Rajasaaren lounaisrannalla) ja puhdistamon lopetusvaiheessa puhdistamo tyhjennettiin Rajasaaren rantaan ja myös täysin käsittelemätöntä viemäriverettä johdettiin Rajasaaren ja Rajasaarenpenkereen väliseen salmeen pumppaamolta puhdistamolle johtavan viemäriputken rikkouduttua. Näistä ta-

pahtumista on kuitenkin kulunut neljännesvuosisata ja ainakin viemärivereden orgaanisen kuorman vaikutuksen alueen sedimenttiin voidaan olettaa jo hävinneen.

4.2 Seurasaarenselän havaintopaikka

Seurasaarenselän havaintopaikalla oli veden laatu usean tekijän, kuten näkösyvyyden, kokonaisfosforipitoisuuden, kokonaistyyppipitoisuuden ja lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien sekä levien määrän, kannalta parempi kuin Humallahdella ja Taivallahdella. Töölönlahden vedelle määritetyt kriteerit täyttyivät Seurasaarenselän havaintopaikalla koko tutkimuskauden ajan. Varsinaiselta Seurasaarenselältä on avoin yhteys Helsingin edustan merialueelle, minkä seurauksena veden laatu ei ole samalla lailla altis heilahteluille kuin siitä kuroutuvilla Humallahdella ja Taivallahdella.

4.3 Kuinka Töölönlahden vesi muuttuu vaihtoehtoisissa tapauksissa

Töölönlahden laimennusveden juoksutusnopeudeksi on valittu $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, mikä vastaa vuorokaudessa noin kymmenesosaa Töölönlahden tilavuudesta. Vesimäärä riittää teoreettisesti vaihtamaan Töölönlahden vesimassan noin kolme kertaa kuukaudessa. Pelkästään laimennusveden virtaaman aikaansaamalla lisääntyneellä veden vaihtumisella on myönteisiä vaikutuksia Töölönlahden veden laatuun. Veden lyhyen viipymän takia kuormituksen (sisäinen kuormitus, hulevedet, laskeuma ilmasta) merkitys pienenee.

4.3.1 Laimennusveden fosforipitoisuuden vaikutus

Ympäristökeskuksen julkaisussa Sedimentin kemikaloinnin ja laimennusveden johtamisen vaikutus Töölönlahden veden laatuun (Kansanen ja Norha 1996) on liitteenä DI Mauri Pekkarisen lausunto Töölönlahden laimennusvesivaihtoehdoista. Pekkarinen on soveltanut lausunnossaan yksinkertaista jatkuvuusyhtälöä eli konservatiivisen aineen massatasapainomallia (Frisk 1978) Töölönlahdella lyhyellä aikavälillä saavutettavissa olevan fosforipitoisuuden ennustamiseksi, vaikka kasvinravinteet eivät vesistössä käyttäydykään konservatiivisen aineen tavoin ja vaikka, kuten Pekkarinen huomauttaa, yhtälössä on puutteita. Malli ei mm. ota huomioon sedimentaatiota eikä sillä myöskään voi ennustaa muun lisäkuorman, kuten sisäisen kuormituksen häiriötilanteiden tai ympäristön aiheuttaman kuormituksen muutoksien vaikutusta. Tilastollinen malli, joka ottaisi huomioon mm. sisäisen kuormituksen vaikutuksen, antaisi lopputulokseksi pitkän aikavälin tasapainoennusteen Töölönlahden fosforipitoisuudelle.

Kuvissa 20 ja 21 esitetään Pekkarisen lausunnossa esitetyllä yhtälöllä laadittu ennuste eri laimennusvesivaihtoehtojen seurauksena odotettavista fosforipitoisuuksista Töölönlahdella. Laskelmista ei tule Pekkarisen laatimaan ennusteeseen erityistä lisäarvoa, mutta niissä on käytetty laimennusveden ja Töölönlahden fosforipitoisuutena vuosina 2000 ja 2001 mitattuja arvoja. Mallilla voidaan arvioida laimennusvesivirtaaman vaikutuksesta tapahtuva fosforipitoisuuden laimeneminen ja siihen tarvittava aika.

Mallin arvion mukaan pelkkä laimennusveden johtaminen Seurasaarenselältä laskee Töölönlahden veden fosforipitoisuuden nykyisestä kasvukauden keskiarvosta alle tavoitteena olevan $50 \mu\text{g P/l}$ noin kahdessa viikossa. Sedimentin kunnostuksen jälkeen riittänee jo viikon mittainen laimennusveden vaikutus tavoitteen saavuttamiseksi. Meriveden huomattavat pinnanvaihtelut voivat aikaansaada tilanteen, jossa suuri osa Töölönlahden vedestä äkillisesti korvautuu ulkopuolelta tulevalla vedellä. Turvallisempaan pidettävä taso $40 \mu\text{g P/l}$ saavutettaisiin nykytilanteessa varsinaisen Seurasaarenselän vedellä reilussa kahdessa viikossa ja Taivallahden ve-

dellä reilussa kolmessa viikossa. Sedimentin kunnostuksen jälkeen lyhenee tarvittava aika molemmissa tapauksissa noin viikolla. Humallahden vesi ei keskimääräisen fosforipitoisuuden perusteella riittäisi laskemaan Töölönlahden fosforipitoisuutta aivan näin alhaiselle tasolle. Toisaalta, jos Seurasaarenselän veden laadun heilahteluista johtuen laimennusveden fosforipitoisuus ylittää 50 µg P/l, vaikuttaa se nopeasti Töölönlahden fosforipitoisuuteen.

Laimennusvedellä vaikuttaa olevan suuri potentiaali laskea Töölönlahden fosforipitoisuutta. Voidaan olettaa, että Töölönlahden kesän ajan kokonaisfosforipitoisuus laskee huomattavasti vaikka sedimentin kunnostusta ei heti suoritettaisi. Töölönlahteen johdettavan veden fosforipitoisuutta on mahdollista alentaa lisäveden kemikaloinnilla. Sisäisen kuormituksen voimakkuudesta kuitenkin riippuu paljolti mille tasolle Töölönlahden fosforipitoisuus asettuu.

4.3.2 Laimennusveden typpipitoisuuden vaikutus

Töölönlahden kokonaistyppipitoisuuden voidaan olettaa laskevan selvästi laimennusveden vaikutuksesta, koska Seurasaarenselän puolella typpipitoisuus on vain noin puolet Töölönlahden nykytilanteesta. Suurin typpipitoisuuden pieneneminen tapahtuisi johdettaessa laimennusvettä varsinaiselta Seurasaarenselältä ja pienin käytettäessä Humallahden vettä. Seurasaarenselän alueen typpipitoisuuksissa oli niin vähän eroa, että vedenottopaikan valinta tuskin vaikuttaa paljon Töölönlahdella saavutettavaan tasoon. Typpipitoisuuteen vaikuttavat useat mikrobiologiset prosessit, joten laimennusveden aiheuttamaa typpipitoisuuden alenemista ja siihen kuluva aikaa ei voida arvioida konservatiivisen aineen massatasapainomallilla.

4.3.3 Veden typen ja fosforin suhde ja sen vaikutus kasviplanktoniin

Töölönlahdella ei ole havaittu muille Helsingin lahtialuille loppukesällä yleisiä rihmamaisten sinilevien massaesiintymisiä. Kasviplanktonsoluissa tavataan typpeä ja fosforia keskimäärin painosuhteessa 7/1 (N/P). Jos typpeä on vedessä suhteessa vähemmän tarjolla kuin fosforia, rajoittaa typpi levien kasvua. Levät pystyvät käyttämään hyväkseen typen ja fosforin liuennaita muotoja: ammoniumia, nitraattia ja fosfaattia. Osa sinileivistä pystyy hyödyntämään myös veteen liuennutta ilmakehän typpeä. Typen ollessa kasvua rajoittava ravinne saattavat typen sidontaan kykenevät sinilevät saada kasvuedun ja runsastua massaesiintymäksi. Itämeri on yleisesti ottaen levien kasvulle typpirajoitteinen ja sisävesistöt fosforirajoitteisia. Suomenlahden rannikolla ravinnerajoittuneisuus voi vaihdella riippuen vesimassojen sekoittumisesta.

Liukoisen typen ja fosfaatin pitoisuuden suhteen perusteella oli levien kasvu Töölönlahdella selvästi typpirajoitteista (kuva 11). Myös Seurasaarenselällä oli levien kasvu typen rajoittamaa. Fosfori rajoitti kasvua vain liukoisen typen pitoisuuksien ollessa erittäin suuria, mikä oli tilanne pääasiassa aikaisin keväällä ja myöhään syksyllä. Töölönlahdella typpirajoittuneisuus oli vielä suurempaa kuin Humallahdella ja Taivallahdella, varsinkin lämpimän veden aikaan heinä-elokuussa.

Myös kokonaisravinteiden pitoisuuksien suhteen perusteella vaikuttaa, että typpi on levien kasvua rajoittava kasvinravinne ja typpirajoittuneisuus on Töölönlahdella suurempaa kuin Humallahdella ja Taivallahdella. Kokonaisravinteiden vertailussa käytettiin typen ja fosforin painosuhteena 20/1.

Kasvinravinnepitoisuuksien vertailu ei anna aihetta olettaa, että laimennusveden johtamisen myötä Töölönlahden ravinnetasapaino muuttuisi rihmamaisten sinilevien runsastumista edistävään suuntaan (kuva 11). On kuitenkin syytä huomata, että vesiekosysteemissä typpipitoisuus

teen vaikuttavat erilaiset ilmiöt kuin fosforipitoisuuteen, kuten denitrifikaatio, joten typen ja fosforin pitoisuuksien välinen suhde ei suoraan kerro niiden saatavuudesta leville.

4.3.4 Kasviplanktonlajisto ja levien määrä

Runsaimpana Töölönlahden kasviplanktonlajistossa olivat keväisen piilevämaksimin lisäksi pienikokoiset ja usein siimalliset lajit, jotka pystyvät tehokkaasti käyttämään hyödyksi runsasta ravinnemäärää ja pysyvät liikuntasiimojensa ja pienen kokonsa ansiosta valaistussa pintakerroksessa. Töölönlahdessa on myös erittäin runsaasti silmäleviä, jotka viihtyvät runsasravinteisissa vesissä. Veteen liuennutta ilmakehän tyyppä hyödyntämään kykeneviä sinilevärihmoja ei Töölönlahdella juurikaan havaittu. Humallahden ja Taivallahden kasviplanktonlajistossa oli havaittavissa merialueille tyypillinen panssarisiimalevien keväinen ja rihmamaisten sinilevien loppukesäinen runsastuminen.

Keväällä Töölönlahden suolapitoisuus kohoaa nopeasti laimennusveden vaikutuksesta. Suolapitoisuuden nousun seurauksena runsastuvat myös panssarisiimalevät kevään aiemmin hyvin piilevävaltaisessa yhteisössä. Kesällä, Vantaanjoen virtaaman ollessa pienimmillään, korostuu laimennusveden suolapitoisuuden merkitys entisestään. Töölönlahden suolapitoisuudeksi saattaa muodostua kesällä yli 5 ‰ nykyisen noin 4 ‰ sijaan. Murtovesilajien osuuden voidaan olettaa kasvavan, mutta Töölönlahden leväyhteisössä on vastaisuudessakin paljon pieniä siimaleviä (mm. *Chrysochromulina* spp. ja *Pyramimonas* spp.), viherleviä ja loppukesää kohti yhä runsaammin pieniä sinileväkolonioita (*Merismopedia* spp. ja *Snowella* spp.), kuten on tilanne myös Humallahdella ja Taivallahdella.

Kesällä kasviplanktonin runsaus aiheuttaa suurimmaksi osaksi Töölönlahden veden sameuden ja pienen näkösyvyyden. Laimennusveden laadusta riippuu kuinka paljon veden tuottavuus ja sitä myötä planktonin aiheuttama samennus pienenee. Humallahden ja Taivallahden planktonituotanto on korkea. Varsinaisella Seurasaarenselällä levien määrä on selvästi niitä pienemmällä tasolla. Töölönlahden veden ravinteisuuden laskiessa pienenee rehevien vesien kasviplanktonlajien määrä. Erityisesti vähenevät silmälevät, joiden runsaus on suoraan verrannollinen vesistön ravinteiden määrään.

Rihmamaisten sinilevien osuus Töölönlahden loppukesän leväyhteisössä kasvaa hyvin todennäköisesti. Helsingin rehevät lahtialueet, varsinkin Laajalahti, ovat kärsineet laajoista sinilevien massaesiintymistä, joita ei vastaavalla tavalla ole havaittu Töölönlahdella. Töölönlahdelta on aiempia havaintoja rihmamaaisista *Anabaena*-sinilevistä 1990-luvun puolelta, mutta vuosina 2000-2001 ei rihmamaisia sinileviä juurikaan tavattu.

Humallahti ja Taivallahti ovat erityisen alttiita paikallisille sinilevähaitoille suojaisuutensa ja sisäisen kuormituksensa takia. Mahdollisen sinilevien määrän poikkeuksellisten voimakkaan kasvun takia on syytä varautua, joko keskeyttämään laimennusveden pumppaus Töölönlahdelle tai pienentämään laimennusveden levien määrää puhdistustoimenpitein. Lämpimän veden aikaan laimennusvesi tuo joka tapauksessa suuria määriä sinilevää Töölönlahdelle, joten sinilevähaittojen ilmestymiseltä voidaan tuskin täysin välttyä. Sinilevähaittojen laajuutta vähentäne meriveden johtamisen ansiosta parantuva Töölönlahden veden vaihtuvuus.

4.3.5 Töölönlahden happitilanne

Nykyään levien voimakas fotosynteesi aiheuttaa hapen ylikyllästystä Töölönlahden pintavedessä. Korkeasta levätuotannosta johtuva pohjalle vajoavan orgaanisen aineksen suuri määrä

aiheuttaa puolestaan happivajausta sedimentin pinnalla ja pohjan läheisessä vedessä. Kasviplanktontuotannon pienentyessä edellytykset sedimentin pinnan pysymiselle hapellisena paranevat. Sedimenttiin tulevan orgaanisen kuormituksen pienenemisellä on merkitystä myös siihen riittääkö keväällä tehtävä sedimentin kemikalointi pitämään pohjan hapellisena läpi kesän. Sedimentin pinnan täytyy pysyä ainakin koko avovesikauden hapellisena ja myös mahdollisimman häiriintymättömänä, jotta sedimentistä ei kasvukauden aikana tilapäisestikään vapaudu suuria kasvinravinnemääriä.

4.3.6 Muutokset kasvillisuudessa

Veden kirkkauden lisääntyessä ahdinparta- ja varsinkin suolileväkasvustot tulevat ilmestymään Töölönlahden rantavyöhykkeeseen riippumatta laimennusveden ottokohdasta. Nykyisin näitä kasvivyhdyskuntia ei juuri ole Töölönlahdella.

Veden sameuden laskiessa Töölönlahteen ilmestyvät uposversoiset kasvit, kuten ahvenvita ja hapsivita. Näiden runsaus on ilmeisesti sitä suurempi, mitä parempaa laimennusvettä on käytettävissä. Kun laimennusvetenä käytetään Humallahden tai Taivallahden vettä, lisääntyvät myös yksisoluiset epifyyttikasvit, mikä saa aikaan uposversoisten kasvien peittymistä ohuella nöyhtämällä leväkerroksella. Parempaa laimennusvettä käytettäessä on odotettavissa rihmamaisten epifyyttien ilmestymistä korkeampien kasvien versoille varsinkin loppukesällä, mikä näkyy kasvien 'suttaantumisena'. Irtoavat, veden pinnalla kelluvat rihmalevät saattavat syksyisin ja keväisin kerääntyä rannoille. Tämä muutos joudutaan hyväksymään, koska Töölönlahden vesi pysyy 'luonnontilaan' verrattuna rehevöityneenä. Tällainen tilanne vallitsee nykyisin suurimmassa osassa saariston sisäosia.

4.4 Laimennusveden vaikutus Eläintarhanlahdella

Eläintarhanlahden veden laatu on nykytilanteessa parempi kuin Töölönlahdella, mutta selvästi heikompi kuin Seurasaarenselän alueella. Laimennusveden on arvoitu vaihtavan Eläintarhanlahden veden teoreettisesti vähintään kerran kuukaudessa, joten meriveden johtamisen voidaan olettaa vaikuttavan myönteisesti myös Eläintarhanlahden veden laatuun. Eläintarhanlahden vedenlaadun parantuminen edesauttaa myös Töölönlahden vedenlaadun vakiintumista paremmalle tasolle, koska meriveden pinnan noustessa osa Töölönlahdelle virtaavasta vedestä on peräisin Eläintarhanlahdelta. Eläintarhanlahdella on odotettavissa samansuuntaisia muutoksia veden laadussa ja kasvillisuudessa kuin Töölönlahdella.

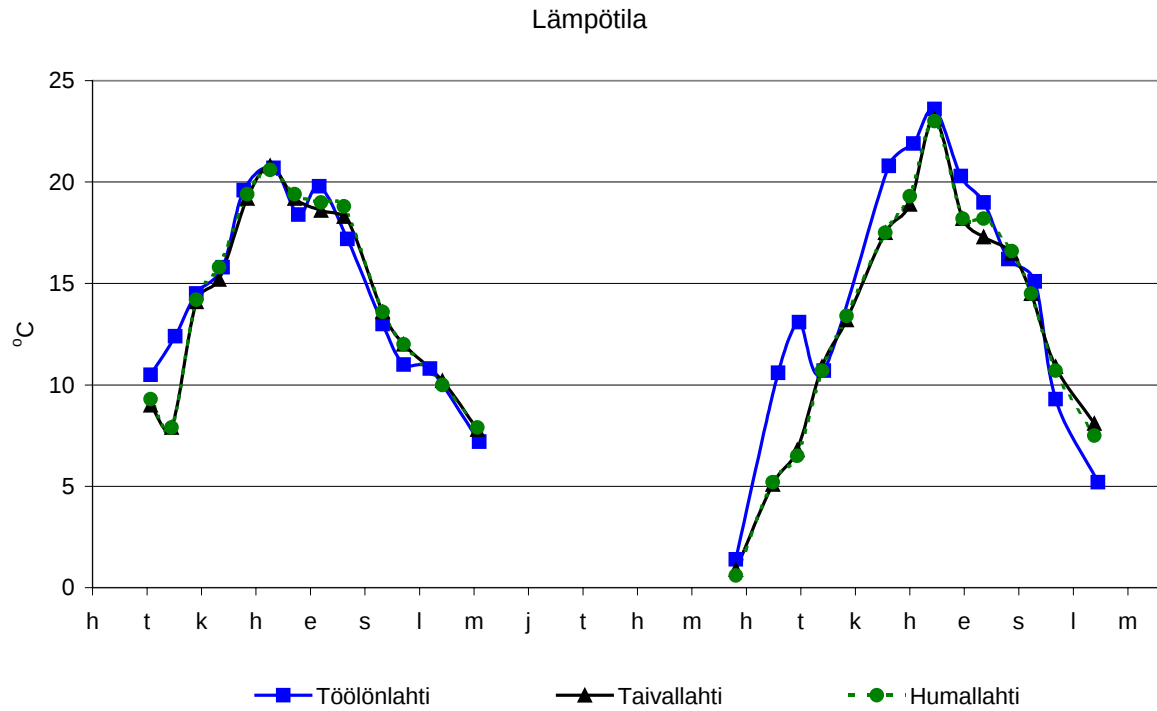
5 Johtopäätöksiä

- Laimennusveden vaihtoehtoiset ottopaikat Humallahti, Taivallahti ja varsinainen Seurasaarenselkä eivät eronneet tilastollisesti merkittävästi vedenlaadultaan. Humallahden ja Taivallahden veden laatu ei kaikilla havaintokerroilla täyttänyt Töölönlahden vedelle määritettyjä kokonaisfosforipitoisuuden ja näkösyvyyden tavoitteita. Kauempana Seurasaarenselällä veden laatu oli parempi täyttäen Töölönlahdelle määritetyt kriteerit. Humallahden ja Taivallahden vaihtoehtoisissa tulee varautua laimennusveden fosforipitoisuuden alentamiseen puhdistustoimenpiteillä. Humallahdella ja Taivallahdella näkösyvyyttä heikentää levien suuri määrä. Jos laimennusveden levien määrää halutaan pienentää, täytyy laimennusvesi ottaa kauempaa Seurasaarenselältä tai puhdistaa sitä levistä esimerkiksi suodattamalla.

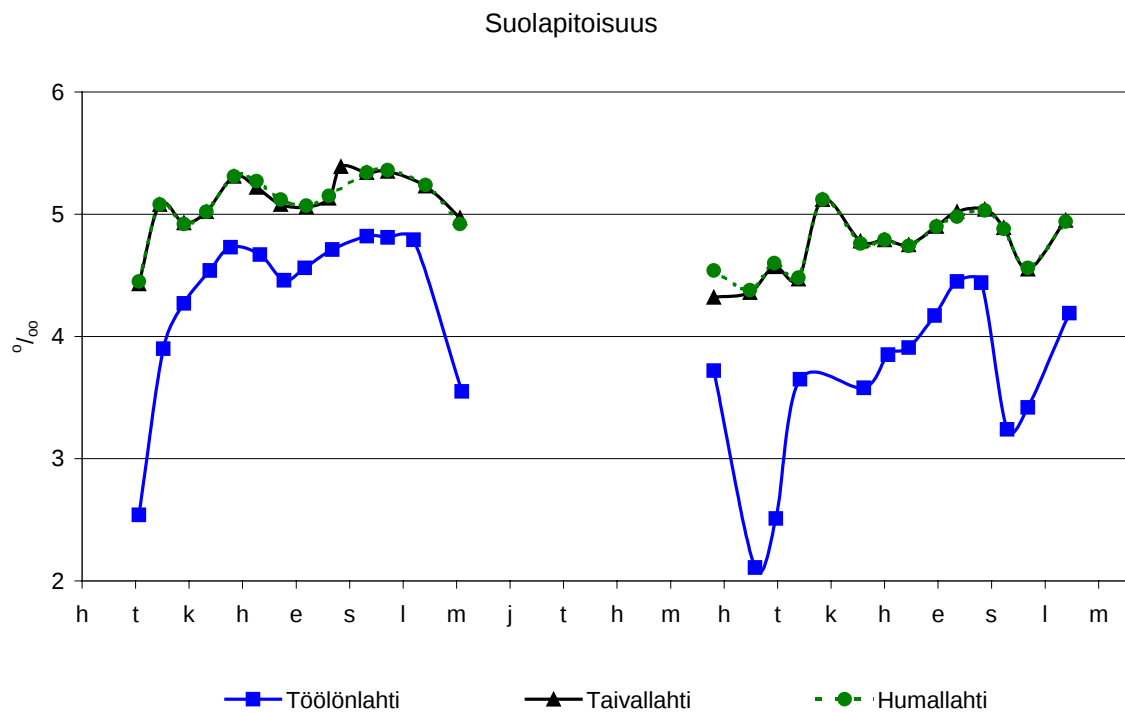
- Taivallahti on Humallahtea parempi vaihtoehto laimennusveden ottopaikaksi, koska Taivallahti ei ole avoimemman luonteensa takia yhtä altis sinilevähaitoille ja mm. rankkasateista tai viemäriverkon häiriöistä johtuvalle veden laadun satunnaiselle huononemiselle kuin Humallahti. Varsinaisella Seurasaarenselällä veden laadun vaihtelun riskiä pienentää suuri vesitilavuus ja avoin yhteys Helsingin edustan merialueelle. Koko Seurasaarenselällä, mutta erityisesti Humallahdella, oli erittäin paljon mahdollisesti myrkyllistä rihmamaista *Anabaena*-sinilevää loppukesällä 2002. Sinilevien paikallinen runsastuminen johtui luultavasti alueen sisäisestä kuormituksesta, sinilevien kasvulle sopivista sääoloista ja tuulten aiheuttamasta sinilevämassan kasaantumisesta alueelle. Mahdollisten sinilevien ajoittaisten runsastumisten takia on syytä varautua laimennusveden johtamisen keskeyttämiseen tai laimennusveden puhdistamiseen sinilevistä.
- Lisäveden johtamisen ja sedimentin kemikaloinnin seurauksena Töölönlahden rehevyys laskee, planktonmassa vähenee ja sen aiheuttama samennus pienenee. Lisäveden vaikutuksesta Töölönlahdella on odotettavissa rihmamaisten sinilevien runsastuminen samaan aikaan loppukesästä kuin Seurasaarenselän alueella. Veden kirkkauden lisääntyessä ahdinparta- ja varsinkin suolileväkasvustot lisääntyvät rantavyöhykkeessä ja uposversoiset kasvit ilmestyvät Töölönlahdelle. Keväisin ja syksyisin uposversoisten kasvien pinnalta irronneita rihmaleviä tulee kellumaan veden pinnalla ja kerääntymään rannoille.

6 Lähdeluettelo

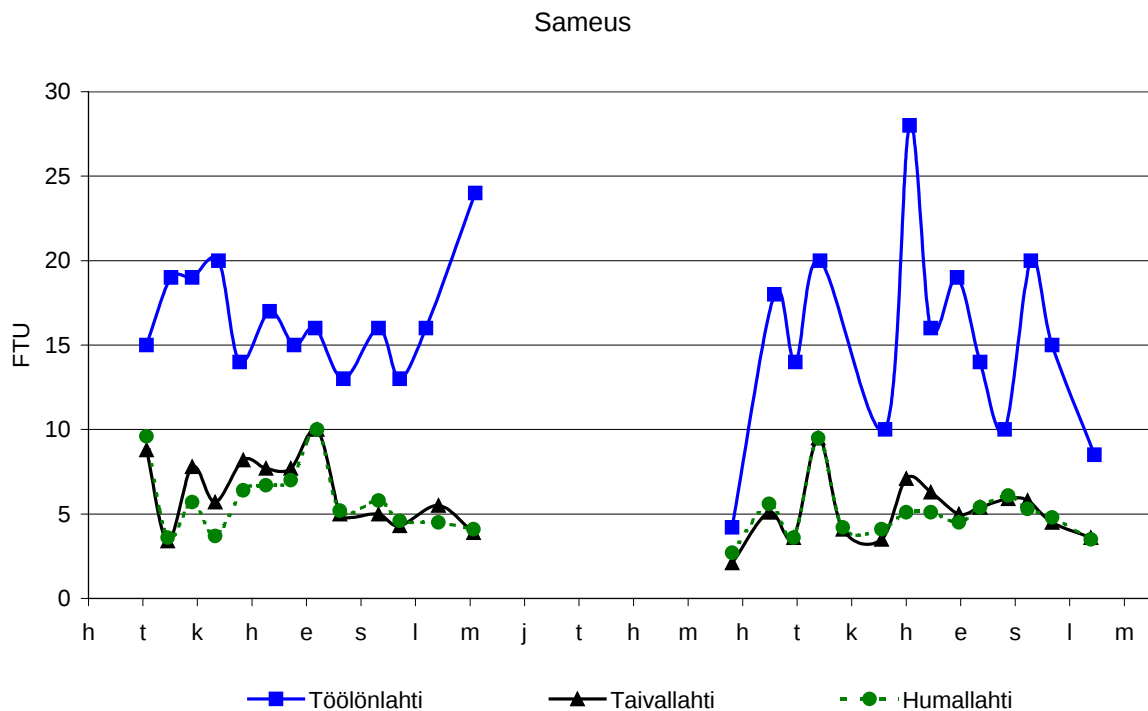
- Frisk, T. 1978. Järvien fosforimallit. Vesihallituksen tiedote 146. Helsinki 114 s. (viite julkaisussa Kansanen, P. ja Norha, T. 1996)
- Kansanen, P. ja Norha, T. 1996. Sedimentin kemikalioinnin ja lisäveden johtamisen vaikutus Töölönlahden veden laatuun. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 5/96. 14 s. + 2 liitettä.
- Kansanen, P., Norha, T., Pesonen, L. ja Riiheläinen, T. 1995. Töölönlahden sedimentin kunto ja sisäinen kuormitus. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 1/95 22 s.
- Maa ja Vesi 1997. Vesijohtoveden johtaminen Töölönlahteen. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, Puisto-osasto. Yleissuunnitelma, joulukuu 1997. 6 s. + 2 liitettä.
- Pesonen, L. (toim.) 2001. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 2000. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 3. 91 s.
- Pesonen, L., Norha, T., Rinne, I., Viitasalo, I. ja Viljamaa, H. 1995. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuosina 1987-1994. Helsingin kaupungin ympäristökeskus, moniste 1. 143 s.
- Pesonen, L., Norha, T. ja Räsänen, M. 2000. Töölönlahden laimennusvesivaihtoehdot: Veden laadun vertailu Seurasaarenselällä, Töölönlahdella ja Eläintarhanlahdella kesällä 2000. Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Vesistötutkimus. 25.9.2000. 14 s.
- Ranta, E., Rita, H. ja Kouki, J. 1989. Biometria. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.
- SCC Viatek Oy 1989. Töölönlahden vedenlaadun parantamismuutosten tekninen selvitys. Helsingin kaupunki, kaupunginsuunnitteluvirasto. Helsinki 18 s. + 7 liitettä.
- SCC Viatek Oy 1999. Meriveden kierrätys Töölönlahteen. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, Viherosasto 1999. 16 s. + 4 liitettä.
- SCC Viatek Oy 2000. Töölönlahden kunnostaminen johtamalla merivettä Seurasaarenselältä, hankesuunnitelma. Helsingin kaupungin rakennusviraston viherosaston selvityksiä 2000:9. 41s. + 5 liitettä.
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös yleisten uimarantojen veden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen muuttamisesta. N:o 41:1999.
- Suunnitelmakeskus Oy 1992. Töölönlahden kuormitusselvitys. Helsingin Kaupunki, Vesi- ja viemärilaitos. Toukokuu 1992. 35 s. + 3 liitettä.
- Suomen ympäristökeskus 1999: Järvien, jokien ja merialueen vedenlaatu - luokitus 1994-1997. (Viitattu 29.11.2002). Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/tila/vesi/laatu/laat9497.htm>



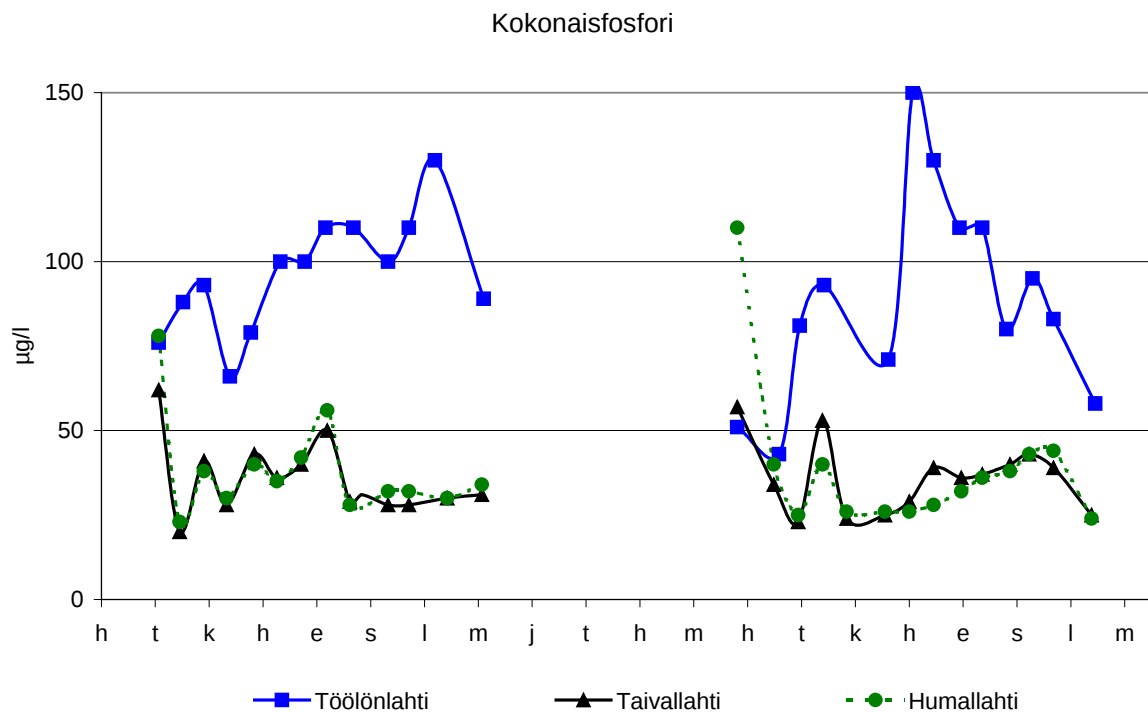
Kuva 2. Veden lämpötila Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



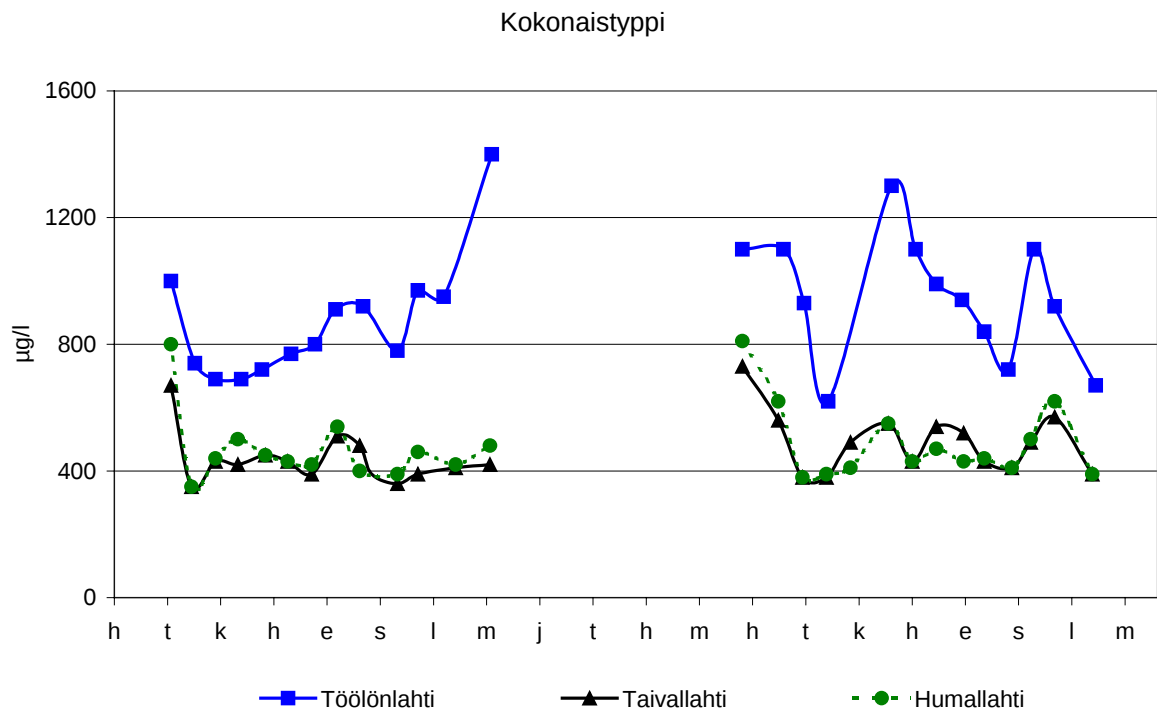
Kuva 3. Veden suolapitoisuus Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



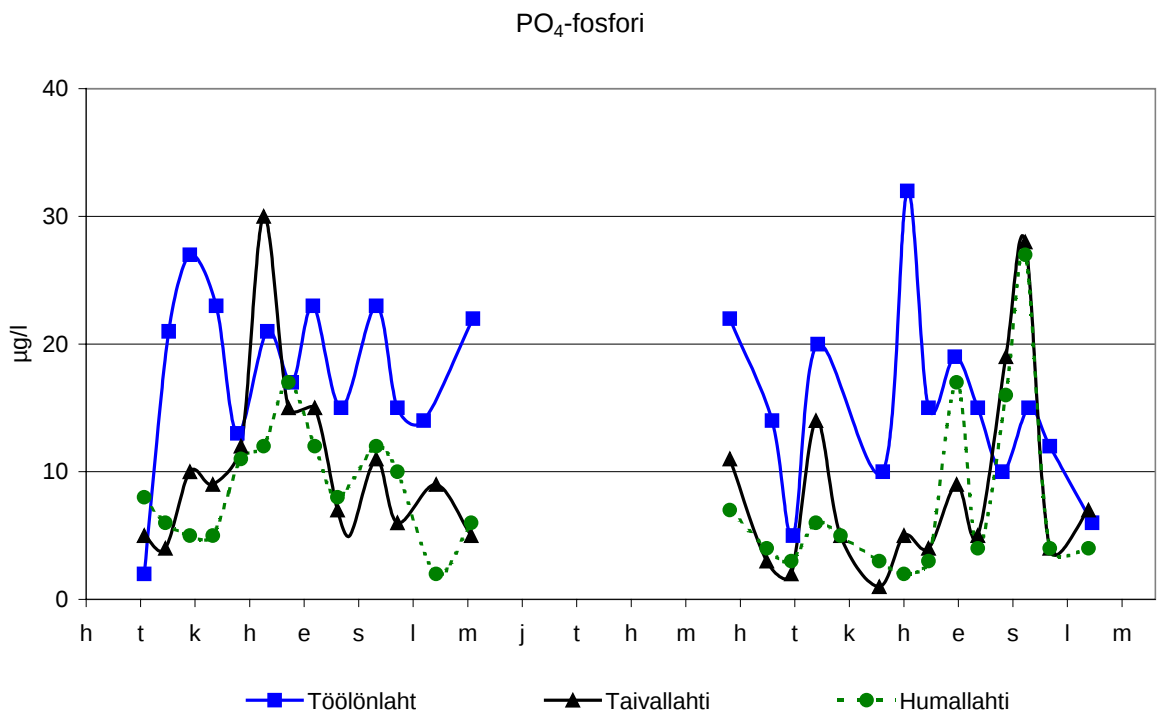
Kuva 4. Veden sameus Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



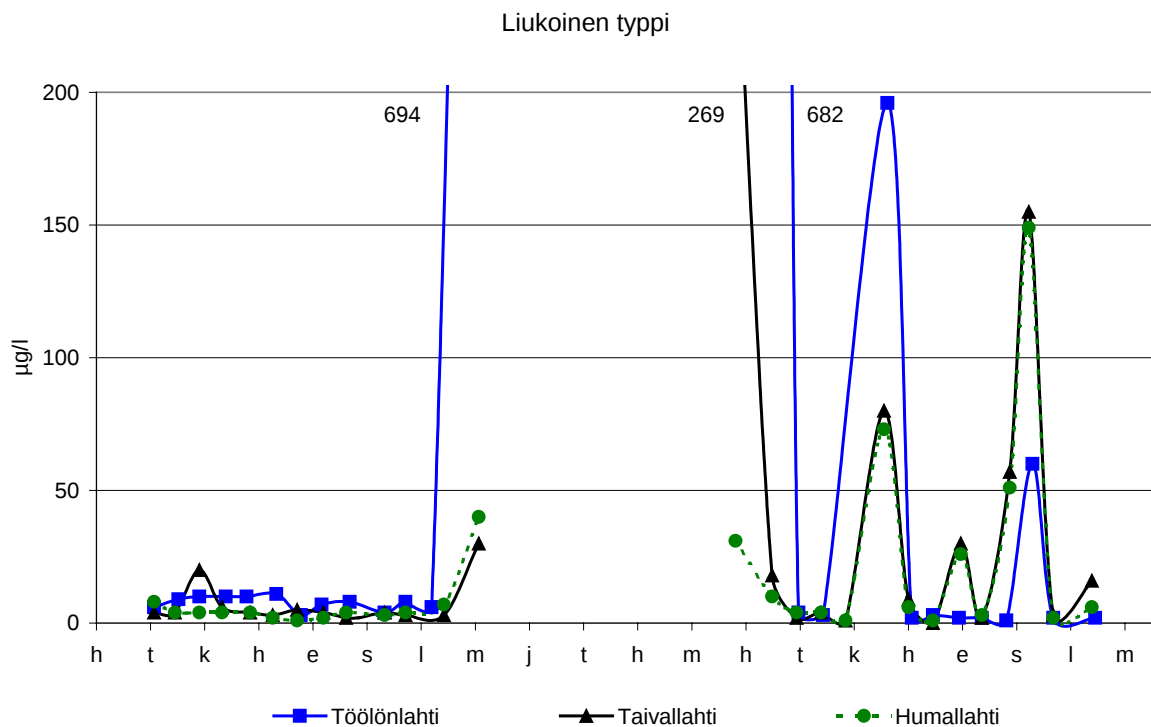
Kuva 5. Veden kokonaisfosforipitoisuus Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



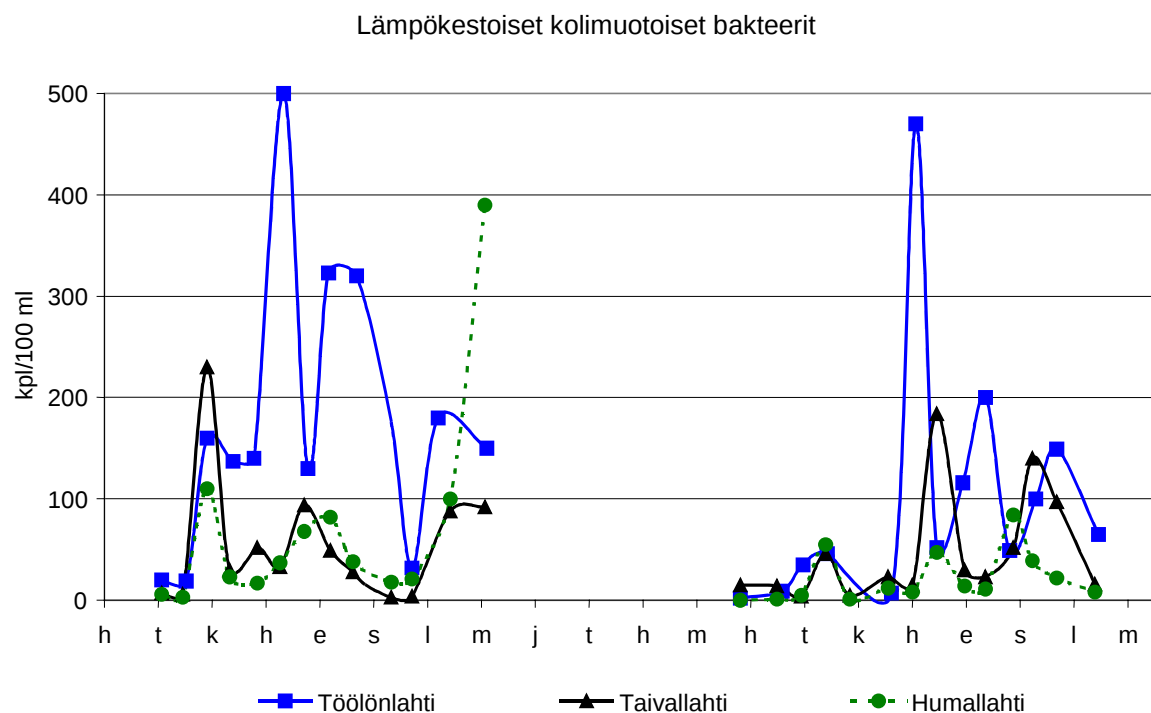
Kuva 6. Veden kokonaistyyppipitoisuus Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



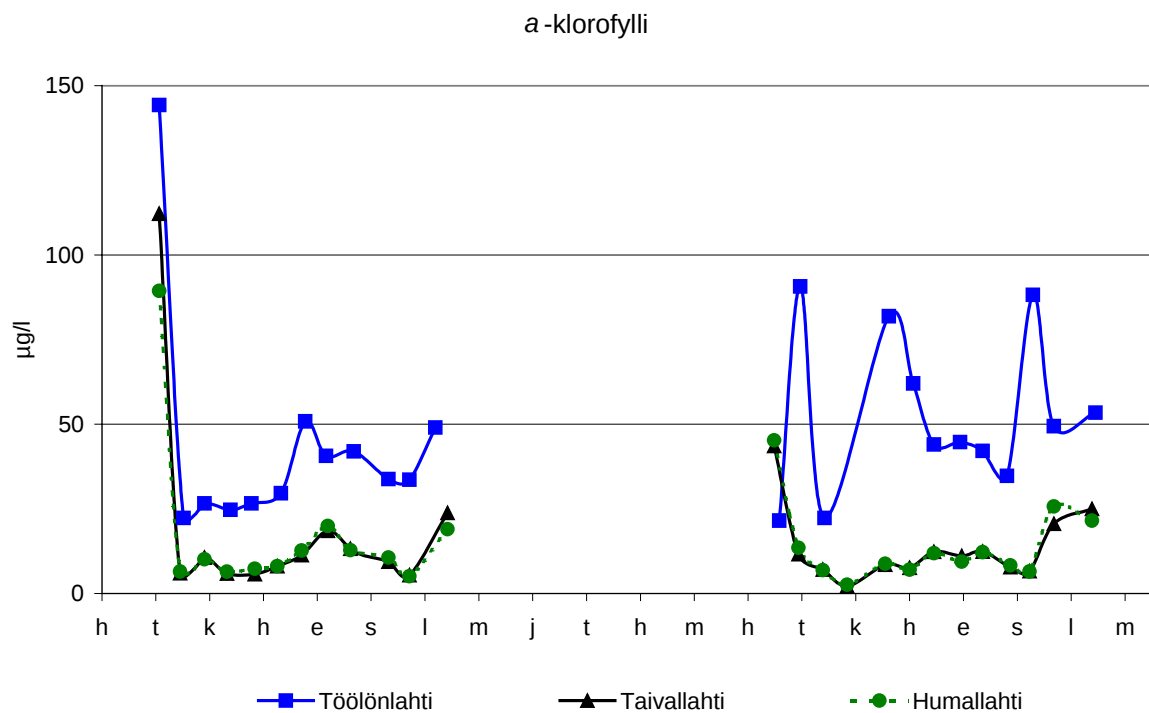
Kuva 7. Veden fosfaattipitoisuus Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



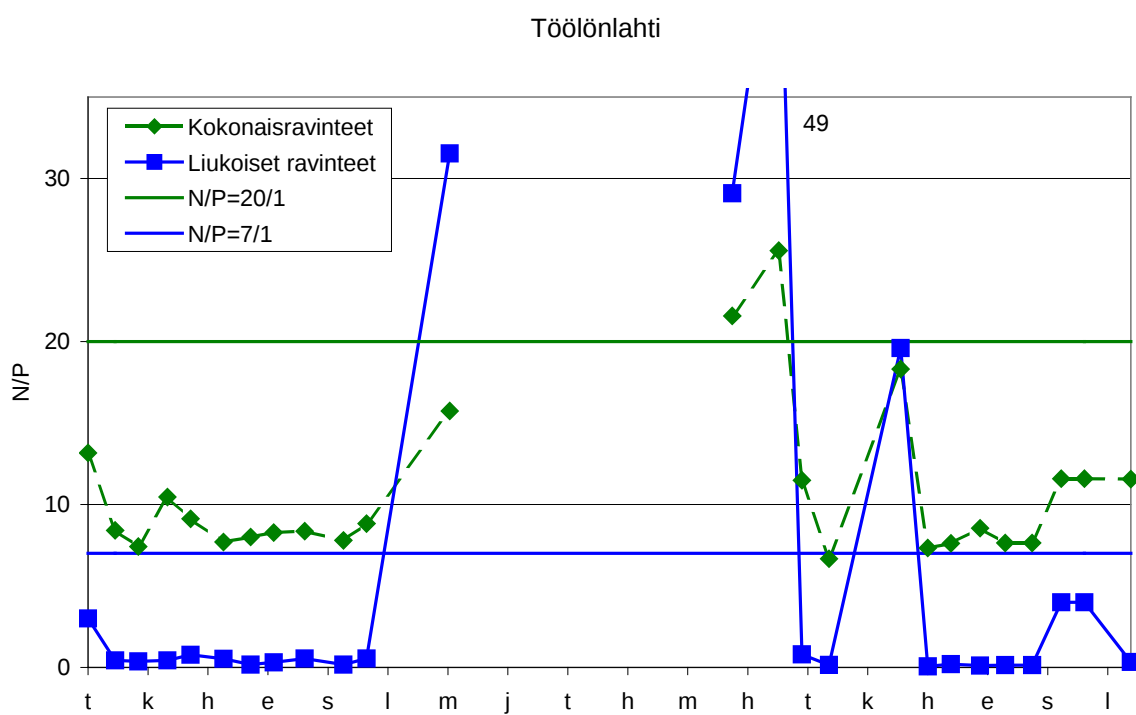
Kuva 8. Veden liukoisin typen pitoisuus Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



Kuva 9. Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrä Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



Kuva 10. Levien määrä (*a*-klorofyllipitoisuus) Töölönlahdella, Humallahdella ja Taivallahdella avovesikaudella vuosina 2000 ja 2001.



Kuva 11. Typen ja fosforin suhde Töölönlahdella kokonaisravinteiden ja liukoisten ravinteiden osalta. Kuvassa on viivoilla osoitettu tilanne jonka alapuolella typpi on levien kasvua rajoittava ravinne ja yläpuolella fosfori rajoittaa kasvua.