

SISÄLLYSLUETTELO:

1	JOHDANTO	4
1.1	UIMARANTAVESIEN LAADUNVALVONTA.....	4
1.2	TYÖN TARKOITUS.....	5
1.3	YLEISTÄ SINILEVISTÄ JA LEVÄMYRKYISTÄ	5
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	6
2.1	AINEISTO.....	6
2.2	MENETELMÄT	7
3	TULOKSET	8
3.1	UIMARANNAT.....	8
3.2	HELSINGIN EDUSTAN MERIALUE.....	13
4	TULOSTEN TARKASTELU	15
5	LÄHDELUETTELO	17
6	KIITOKSET	17

Yhteenveto

Kesän 2001 aikana kerätyistä vesinäytteistä selvitettiin sinilevien esiintymistä, lajistoa ja myrkyllisyyttä (toksisuutta) valvotuilla Munkkiniemen, Hietarannan ja Suomenlinnan uimarannoilla suosituimpana uimarantakautena kesä-elokuussa. Helsingin edustan tilanteen selvittämiseksi mukaan otettiin myös Finnjet-matkustaja-aluksen automaattisen näytteenoton kolme Helsingin edustan havaintopaikkaa sekä muutamia yksittäisiä näytteitä Helsingin merialueelta.

Sinilevien lajisto mikroskoipoitiin semikvantitatiivisesti käänteismikroskoopilla ja levien kokonaismäärä mitattiin epäsuorasti *a* -klorofyllin avulla. Toksisuus analysoitiin kvantitatiivisella laboratoriotestillä, joka perustuu immunologiseen ELISA -menetelmään. Menetelmällä saadaan arvio mikrokystiinien ja nodulariinien kokonaispitoisuudesta. Havaintopaikoilta seurattiin myös veden ja ilman lämpötiloja sekä veden sameutta ja suolaisuutta.

Vuonna 2001 sinilevien määrä oli Suomenlahdella runsaimmillaan heinäkuun viimeisellä kokonaisella viikolla, jolloin melko yhtenäinen, toksinen levälautta ylettyi aivan Helsingin edustalle saakka. Lautta koostui vaihtelevissa määrasuhteissa *Nodularia spumigena*, *Anabaena lemmermannii* ja *Aphanizomenon* sp. -sinilevistä. Esimerkiksi Harmajalta saatiin 26.7. vesinäyte, jonka toksiinipitoisuudeksi mitattiin 150 µg/l. Tuulen suunnan muututtua 27.7. itä- ja etelätuulesta pohjoistuuleksi Helsingin uimarannat kuitenkin selviytyivät suurilta sinileväryöpyiltä ja toksisuudet seuratuilla uimarannoilla jäivät suhteellisen pieniksi. Helsingin uimarantojen suurin toksisuus mitattiin 27.7. Pihlajasaaren uimarannan näytteestä, jolloin pitoisuudeksi määritettiin 43 µg/l.

Kasviplanktonnäytteitä mikroskopoimalla saadaan selville näytteessä esiintyvät mahdollisesti myrkylliset kasviplanktonlajit ja niiden suhteellinen runsaus. Koska saman lajin eri kantojen myrkkypitoisuus voi vaihdella ympäristötekijöistä ja kasvuvaiheesta johtuen, ovat toksisuusmääritykset ainoa keino selvittää näytevesien myrkkypitoisuus. Toksisuusseurantaa jatketaan kesällä 2002.

Blågröna alger och alggifter på Helsingfors simstränder och havsområde sommaren 2001

Sammanfattning

Förekomsten av blågröna alger samt dessa algers artflora och eventuella giftighet (toxinhalt) utreddes under sommaren 2001 med hjälp av vattenprov tagna från Munksnäs', Sandudds och Sveaborgs simstränder under högsäsongen för bad i juni-augusti. För att få en uppfattning om situationen på havsområdet utanför Helsingfors medtogs också prov från tre stationer utanför Helsingfors som ingår i den automatiska provtagningen på passagerarfartyget Finnjet, samt några separata prov som togs på Helsingfors' havsområde.

De blågröna algernas artfördelning bestämdes semikvantitativt med hjälp av inverterad mikroskopi, och den totala mängden alger uppmättes indirekt med klorofyll *a*-metoden. Toxinhalten analyserades kvantitativt med ett laborietest som baserar sig på den immunologiska ELISA-metoden. Med hjälp av detta test kunde den totala mängden microcystiner och nodularin uppskattas. Luftens temperatur samt vattnets temperatur, grumlighet och salthalt på de olika provtagningsstationerna uppmättes också.

År 2001 var mängden blågröna alger i Finska viken störst under den sista hela veckan i juli, då en rätt enhetlig, giftig matta av blågröna alger sträckte sig nästan ända fram till Helsingfors. Denna matta bestod av de blågröna algerna *Nodularia spumigena*, *Anabaena lemmermannii* och *Aphanizomenon* sp. i varierande proportioner. Vid Gråhara togs den 26.7 ett vattenprov i vilket uppmättes en toxinhalt på 150 µg/l, men eftersom vindriktningen skiftade från ostliga och sydliga vindar till nordanvind den 27.7 klarade sig Helsingfors simstränder undan stora mängder blågröna alger, och toxinhalterna på de studerade simstränderna hölls relativt låga. Den högsta toxinhalten på Helsingfors simstränder, 43 µg/l, uppmättes den 27.7 ur ett prov från Rönnskärs simstrand.

Genom att mikroskopiskt granska växtplanktonprov kan man klarlägga huruvida det i proven förekommer arter som kan vara giftiga, samt dessa arters relativa riklighet i förhållande till övriga arter. Eftersom det inom samma art kan förekomma olika stammar vars giftighet kan variera beroende på miljön och fortplantningsskedet, är dock toxinanalyser det enda sättet att komma fram till huruvida vattenproven är giftiga eller inte. Dessa toxinanalyser kommer att fortsätta sommaren 2002.

Blue-green algae and algal toxins at the public beaches and in the sea area of Helsinki during the 2001 summer

Summary

The occurrence, species composition and toxicity of blue-green algae in the water at the public beaches at Munkkiniemi, Hietaranta and Suomenlinna was monitored during the high season for swimming in June-August, 2001. In order to obtain an estimate of the situation in the sea area outside Helsinki, samples from three nearby stations measured by the automatic measuring equipment installed at the passenger ferry Finnjet, as well as some separately taken samples from the open sea area of Helsinki, were included.

The species composition of blue-green algae was estimated semi-quantitatively by inverted microscopy, and the total amount of algae was measured indirectly as chlorophyll *a*. The toxicity was analysed using a quantitative laboratory test which is based on the immunological ELISA-method. The test gives an estimate of the total amount of microcystins and nodularin in the samples. The air temperature as well as the temperature, turbidity and salinity of the water from the surveyed beaches were also monitored.

The highest amounts of blue-green algae in the Gulf of Finland in 2001 were observed during the last whole week of July, when an almost unbroken toxic mat of algae nearly reached the coastal waters of Helsinki. The mat was made up of the blue-green algae *Nodularia spumigena*, *Anabaena lemmermannii* and *Aphanizomenon* sp. in varying proportions. Although a toxin concentration of 150 µg/l was measured from a sample from Harmaja taken on July 26, the Helsinki public beaches were spared mass amounts of blue-green algae since the direction of the wind changed from easterly and southerly to northerly winds on July 27. The toxin concentrations at the monitored beaches stayed relatively low, and the highest toxin concentration from a public beach in Helsinki, 43 µg/l, was measured from a sample from Pihlajasaari on July 27.

By microscopic study of a water sample the algal species which are capable of producing toxins and their relative abundance can be ascertained. Since a species may produce different strains, and since the toxicity of these strains may vary depending on environmental factors and the phase of growth, the use of toxicity tests is the only way of knowing whether the water samples contain toxins or not. The toxicity monitoring program will be continued in the summer of 2002.

1 Johdanto

1.1 Uimarantavesien laadunvalvonta

Helsingin kaupungin ympäristökeskus valvoo uimakaudella säännöllisesti uimarantavesiä sosiaali- ja terveysministeriön määräysten mukaisesti (STM:n päätös yleisten uimarantojen veden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista N:o 292/1996 sekä STM:n päätös em. päätöksen muuttamisesta N:o 49/1999).

Uimavedestä ei saa aiheutua terveyshaittoja vedessä uiville. Uimaveden mikrobiologisten laatuvaatimuksien mukaan koliformisten bakteereiden (35 - 37 °C, 24 h) määrän tulee olla alle 10 000 pmy/100 ml, fekaalisten koliformisten bakteerien (44,5 °C, 24 h) määrän alle 500 pmy/100 ml ja fekaalisten streptokokkien (37 °C, 48 h) määrän alle 200 pmy/100 ml (pmy = pesäketä muodostava yksikkö). EU:n uimarantavesidirektiivi edellyttää ulosteperäisten bakteerien lisäksi yleisesti vesissä ja maaperässä esiintyvien ns. koliformisten bakteerien määrittämistä. Näiden bakteerien määrä ko-
hoaa uimavedessä runsaiden sateiden vaikutuksesta.

Aistinvaraisesti arvioidaan uimaveden väri, näkösyvyys, mineraaliöljyt, pinta-aktiiviset aineet, fenoliyhdisteet, terva-aineet ja kelluvat materiaalit sekä sinilevät.

Helsingin kaupungin liikuntavirasto tekee ilmoituksen vuosittain uimarannoista, joista otetaan uimavesinäytteet. Valvottuja uimarantoja on Helsingissä 15 ja valvomattomia 10. Valvotut uimarannat ovat ns. EU-uimarantoja, joissa käy keskimäärin yli sata henkilöä päivittäin. Uimakausi on määritelty EU-maissa kesäkuun alusta elokuun puoleenväliin.

Valvotut uimarannat uimakaudella 2001 olivat Hietaranta, Kallahti, Kallahden kainalo, Laajasalo, Lauttasaaren merikylpylän puisto, Marjaniemi, Munkkiniemi, Mustikkamaa, Pihlajasaari, Pikkukoski, Rastila, Seurasaari (uimala), Suomenlinna, Uunisaari ja Vartiokylä. Liikuntavirastolla on oikeus käyttää Sinilippua Hietarannan, Laajasalon ja Mustikkamaan uimarannoilla. Sinilippurannat on hakemuksesta hyväksytty uimakausille 2001 - 2002. Hyväksynnän kriteereinä on veden ja rannikon laatu, turvallisuus, palvelut, hygieniatilat ja ympäristökasvatus.

Uimarantavesinäytteitä otettiin EU-rannoista ja lisäksi kymmenestä valvomattomasta uimarannasta, joiden kävijämäärä on EU-rantoja vähäisempi. Rannat ovat Furuviik, Hevossalmi, Jollas, Lauttasaaren ulkoilupuisto, Lehtisaari, Malmi, Pakila, Seurasaari, Tuorinniemi ja Vuosaari.

Kaikki uimarantavedet olivat uimakaudella 2001 laadultaan hyviä, kun indikaattorina käytettiin ulosteperäisiä bakteereita. Seitsemän EU-uimarannan uimavedet osoittautuivat hyviksi täyttäen sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen 41/1999 mukaiset uimaveden mikrobiologiset laatuvaatimukset. Nämä uimarannat olivat Kallahti, Kallahden kainalo, Laajasalo, Mustikkamaa, Pikkukoski, Rastila ja Uunisaari. Kallahden kainalo ja Rastila luokiteltiin ensimmäistä kertaa EU-rannoiksi.

Kahdeksan EU-uimarannan, joita olivat Hietaranta, Lauttasaaren merikylpylän puisto, Marjaniemi, Munkkiniemi, Pihlajasaari, Seurasaari (uimala), Suomenlinna ja Vartiokylä, uimavedet luokiteltiin huonoiksi, koska mikrobiologiset laatuvaatimukset eivät täyttyneet koliformisten bakteerien esiintymisen suhteen. Ensimmäiset huonot tulokset todettiin 17.7. otetuissa näytteissä. Rajuja ukkossateita esiintyi 17. - 19.7. välisenä aikana.

Sinilevien suhteen kaikki uimarantavedet olivat hyviä koko uimakauden ajan, koska sinilevien massaesiintymistä ei havaittu millään näytteenottokerralla. Ensimmäiset vähäiset sinileväesiintymät todettiin vasta heinäkuun lopulla 24.7. Tällöin sinilevää

todettiin vähäisessä määrin Munkkiniemen, Uunisaaren ja Pihlajasaaren uimarantavesissä.

Uimarantavesien laadusta tiedotettiin viikoittain Internetissä (www.hel.fi/ymk/ymparistotila/f_uimaveden_laatu.html). Lisäksi julkaistiin kolme erillistä tiedotetta. Säännöllisistä valvontatutkimuksista tieto kulki liikuntaviraston kautta uimarannoille.

EU-uimarantojen uimavesien laatutiedot raportoitiin Kansanterveyslaitokselle, joka ilmoittaa kaikki Suomen EU-uimarantojen näytteenoton tulokset keskitetysti Euroopan komissiolle. Komission ”Uimaveden laatu” –raportti ilmestyy seuraavan kerran ennen kesäkuun 2002 alkua.

1.2 Työn tarkoitus

Helsingin uimarannat ja Helsingin edustan merialue ovat varsinkin kesäaikaan ahkerassa virkistyskäytössä. Loppukesäiset leväkukinnat ovat yleistyneet myös Suomenlahdella ja ajoittain ne ovat ulottuneet Helsingin uimarannoille saakka. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää kesän 2001 aikana kerätystä aineistosta sinilevien esiintymistä, lajistoa ja myrkyllisyyttä Munkkiniemen, Hietarannan ja Suomenlinnan uimarannoilla suosituimpana uimarantakautena kesä-elokuussa. Mukaan otettiin myös Finnjet-matkustaja-aluksen automaattisen näytteenoton kolme Helsingin edustan havaintopaikkaa sekä muutamia yksittäisiä näytteitä Helsingin edustalta.

1.3 Yleistä sinileivistä ja levämyrkyistä

Sinilevien massaesiintymiä on todettu maailmanlaajuisesti. Ravinteiden määrä ja myös muut ympäristötekijät kuten lämpötila, valon voimakkuus ja säätila vaikuttavat leväkukintojen sinilevärunsauteen. Lajien erilaiset ympäristövaatimukset vaikuttavat massaesiintymän lajikoostumukseen. Itämerellä ja Suomenlahdella ne ovat yleensä muodostuneet kolmesta rihmamaisesta sinilevälajista: *Aphanizomenon* sp., *Anabaena lemmermannii* ja *Nodularia spumigena*. *Aphanizomenon*in ei tiedetä Itämeren alueella muodostavan toksisia (myrkyllisiä) kantoja (Lehtimäki 2000), *Anabaena* puolestaan voi olla myrkyllinen tai myrkytön ja *Nodularia*-kukinnat taas ovat osoittautuneet kaikissa tutkituissa tapauksissa myrkyllisiksi. Maailmanlaajuisissa tutkimuksissa 25 - 70 % sinileväkukinnoista on ollut toksisia (Lahti 1997). *Anabaenan* toksiinit ovat pääasiassa mikrokystiinejä, mutta myös esim. anatoksiinien esiintyminen on mahdollista (Rapala 1998). Kemialliselta rakenteeltaan erilaisia mikrokystiinejä tunnetaan yhteensä yli 60 (Kukkonen 1999). *Nodularian* toksiinit ovat nodulariineja, joista tunnetaan noin 10 muotoa. Mikrokystiinit ja nodulariinit, jotka kemialliselta rakenteeltaan ovat hyvin samankaltaisia, ovat maksamyrkkyjä eli niiden vaikutus kohdistuu maksaan. Anatoksiinit taas ovat hermomyrkyjä. Maksatoksiset leväkukinnat ovat sisävesissä osoittautuneet yleisemmiksi kuin hermotoksiset (Meriluoto ja Lahti 2001).

Eläinkokeet ovat osoittaneet sinilevien huomattavan toksisuuden sekä akuutin että pitkäaikaisaltistuksen yhteydessä (Salmela ym. 2001). Herkille ihmisille sinilevätoksiinialtistus voi aiheuttaa iho-, silmä- ja korvaoireita, pahoinvointia, oksentelua, ripulia, vatsakipua, kuumetta, jopa näköhäiriöitä, puutumista, niskajäykkyyttä tai nivelkipuja (Salmela ym. 2001). Varsinaisten maksa- ja hermomyrkyjen lisäksi sinileväsolut voivat sisältää muita ärsyttäviä aineita mm. solun ulkomembraanissa olevia yhdisteitä (Lahti 1991), jotka voivat aiheuttaa herkällä ihmisellä erilaisia ärsytysoireita. Pitkäaikaisaltistuksessa suoran syy-yhteyden toteaminen sinilevien ja oireen välillä on ymmärrettävästi vaikeaa.

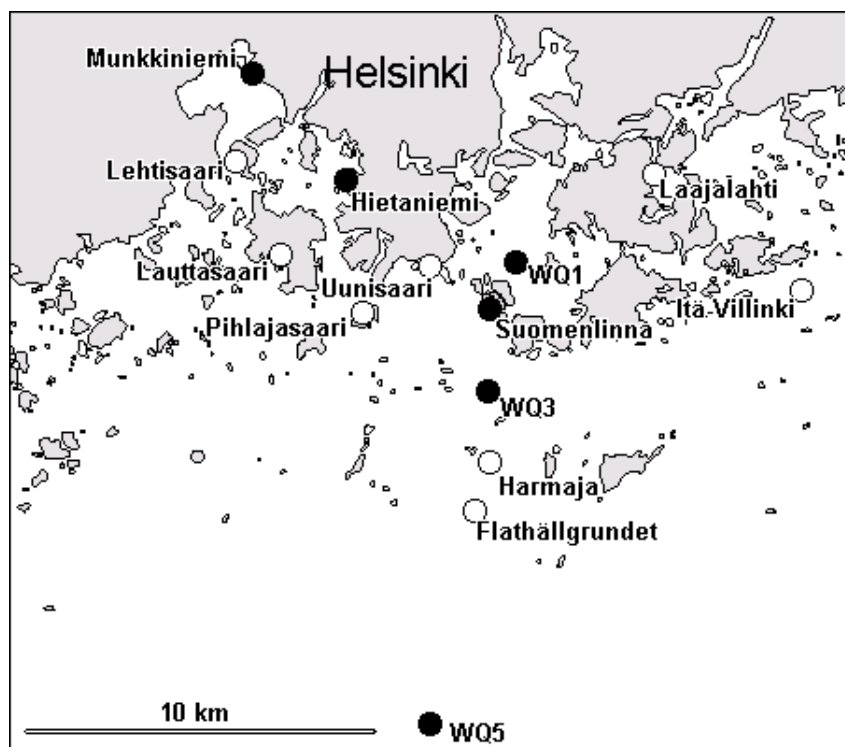
2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Aineisto

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ympäristöterveysyksikkö otti uimaranta-vesinäytteet vuonna 2001 kesä-, heinä- ja elokuussa viikon välein Munkkiniemen, Hietarannan ja Suomenlinnan uimarannoilta (kuva 1) noin metrin syvyydestä vedestä pinnalta suoraan näytepulloon. Toksisuusmääritykset aloitettiin vasta heinäkuussa potentiaalisesti myrkyllisten lajien runsastuttua. Uimarannat valittiin edellisen kesän runsaimpien levähavaintojen perusteella niin, että mukana oli havaintopaikka sekä lahtialueelta että sisäsaaristosta. Hietarannan uimaranta valittiin mukaan, koska se on Helsingin suosituin uimaranta. Yksittäisiä näytteitä mikrokystiinimäärityksiä varten otettiin myös Pihlajasaaren, Lehtisaaren ja Uunisaaren uimarannoilta, Laajalahdelta sekä Lauttasaaren merikylpylänstä. Näytteistä tehdyt määritykset on esitetty taulukossa 1.

Automaattinen laivanäytteenotto Silja Linen Finnjet-aluksella alkoi huhtikuussa ja jatkui aina joulukuuhun asti. Finnjet kulkee reitillä Helsinki - Tallinna, jonka aikana automaattinen näytteenottolaitteisto ottaa viiden metrin syvyydeltä vesinäytteet yhdeksältä havaintopaikalta, kultakin kaksi rinnakkaista pulloa (Pellikka 2000). Tässä selvityksessä käytettiin kolmesta Helsingin edustan näytepisteestä kesä-, heinä- ja elokuussa saatuja tuloksia. Toksisuusmääritykset aloitettiin vasta heinäkuussa, kun potentiaalisesti myrkylliset sinilevälajit runsastuivat. Näytteistä tehdyt määritykset ilmenevät taulukosta 1.

Yksittäisiä näytteitä myrkkymäärityksiä varten otettiin lisäksi Harmajalta, Itä-Villingistä ja Flatthällgrundetista. Harmajan näyte on otettu pinnasta kauhomalla ja Itä-Villingin ja Flatthällgrundetin näytteet 0-4 metrin kokoomanäytteestä.



Kuva 1. Kartta sinilevien toksisuusnäytteiden keräyspaikoista kesällä 2001. Seuranta-uimarannat ja Helsingin edustan havaintopaikat on merkitty mustilla palloilla. Kohteet, joista on otettu vain yksittäisiä näytteitä, on merkitty valkoisilla palloilla.

2.2 Menetelmät

Uimarantojen ilman ja veden lämpötilat mitattiin kalibroiduilla lämpömittareilla ympäristöterveysyksikön toimesta näytteenoton yhteydessä. Finnjetillä lämpötila-anturi mittaa mittauslaitteistoon sisään tulevan veden lämpötilan.

Sameus mitattiin ympäristökeskuksen ympäristönsuojelu- ja tutkimusyksikössä kevytmallisella 2100P Turbidimeter-sameusmittarilla standardin SFS-EN 27027 mukaisesti ja suolaisuus ympäristölaboratoriossa WTW Microprocessor Conductivity Meter LF 2000 -laitteella.

Taulukko 1. Viikoittain seurattujen havaintopaikkojen määritykset kesällä 2001.

Uimarannat: Munkkiniemi, Hietaranta ja Suomenlinna
ilman lämpötila veden lämpötila sameus suolaisuus kasviplankton/semikvantitatiivinen α -klorofyllipitoisuus mikrokystiini/nodulariinipitoisuus
Merihavaintopaikat: WQ1, WQ3 ja WQ5
veden lämpötila sameus suolaisuus kasviplankton/kvantitatiivinen α -klorofyllipitoisuus mikrokystiini/nodulariinipitoisuus

Veden α -klorofyllipitoisuus määritettiin ympäristönsuojelu- ja tutkimusyksikössä Hewlett Packard 8453E -spektrofotometrillä etanoliuuttomenetelmää käyttäen, standardi SFS 5772.

Uimarantanäytteissä kasviplanktonin lajisto ja määräsuhteet määritettiin ympäristönsuojelu ja tutkimusyksikössä. Näytettä laskeutettiin 25 ml. Kaikki havaitut levälajit/taksonit listattiin ja niille määritettiin runsaus asteikolla 1–5 (1=yksittäin, 2=vähän, 3=siellä täällä, 4=paljon ja 5=dominoiva) Helcomin manuaalin ohjeiden mukaan (Manual for Marine Monitoring in the Combine Programme of HELCOM). Tässä selvityksessä esitetään tulokset ainoastaan sinilevien osalta. Finnjetin näytteiden kvantitatiiviset kasviplanktonmääritykset teki Viron merentutkimuslaitos HELCOM-suositusten mukaisesti.

Toksiinimääritykseen käytettiin tuoreita tai pakastettuja ja sulatettuja näytteitä. Leväsolut hajotettiin ultraäänilaitteella (dr. Hielscher, UP 200H) ja näyte suodatettiin kertakäyttösuodattimilla. Toksiinipitoisuus mitattiin kvantitatiivisella laboratoriotes-tillä (EnviroGard Microcystins Plate Kit), joka perustuu immunologiseen ELISA -menetelmään. Menetelmän mittaamat toksiinit ovat mikrokystiinejä ja nodulariinejä, sillä niiden kemiallinen rakenne on hyvin samankaltainen. (Puhuttaessa mikrokystiineistä tarkoitetaan tässä yhteydessä myös nodulariinejä). Testissä käytetään testilevyä, jonka näytekuoppien seinämiin on sidottu polyklonaalisia vasta-aineita. Nämä vasta-aineet voivat sitoutua joko näytevedessä olevaan toksiiniin tai lisättävään 'korvikkeeseen', mikrokystiini-entsyymi-konjugaattiin. Näytteen toksiinit kilpailevat lisätyn konjugaatin kanssa vasta-ainesitoutumispaikoista, joita on sama, tunnettu, rajallinen määrä kaikissa näytekuopissa. Testissä kaikkiin näytekuoppiin lisätään ensin näytevettä ja annetaan siinä mahdollisesti olevien toksiinien sitoutua. Tämän jälkeen

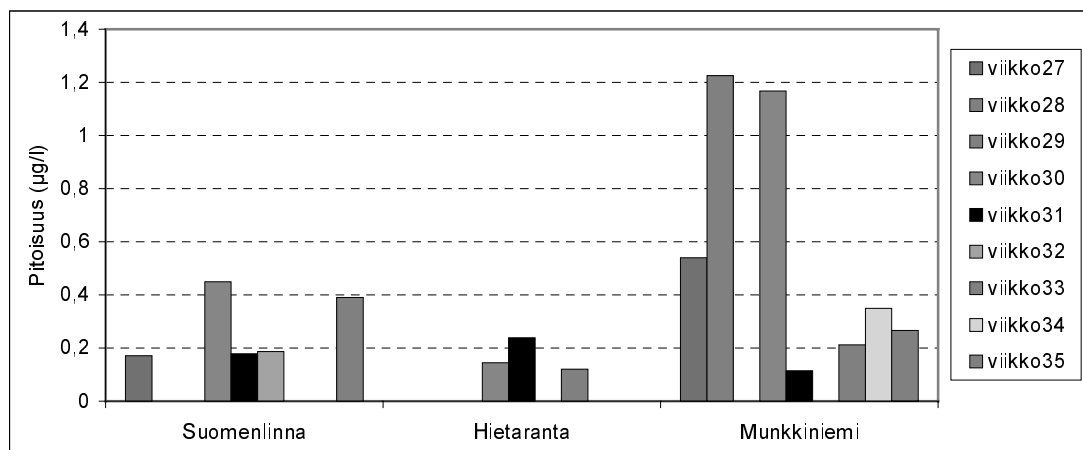
kaikkiin kuoppiin lisätään yhtä suuri määrä konjugaattia. Mikäli lisättävässä näytevedessä on toksiineja, ne sitoutuvat vasta-aineeseen, ja konjugaatille jää vähemmän sitoutumispaikkoja. Lisäämällä substraattiliuosta saadaan sitoutuneet konjugaatti-vasta-aine-kompleksit värjäytymään sinisiksi. Mitä suurempi näyteveden toksiinikonsentraatio on, sitä vähemmän on sitoutuneita konjugaatteja ja sen heikompi sininen väri on. Värin muodostuminen lopetetaan lisäämällä suolahappoa, jolloin kuopissa oleva liuos muuttuu keltaiseksi. Värin intensiteetti mitataan spektrofotometrisesti Dynex MRX -lukulaitteella, ja tulokset muunnetaan toksiinikonsentraatioiksi käyttäen apuna standardisuoraa, joka saadaan tekemällä testi tunnetuilla mikrokystiinikonsentraatioilla. Menetelmän määrittäysraja on 0,1 µg/l.

3 Tulokset

3.1 Uimarannat

Munkkiniemen uimaranta sijaitsee Laajalahden pohjukassa. Matala ja suojaisa lahti oli erittäin rehevä 1960-luvulla, jolloin vuosittainen vesistöseuranta lahdella aloitettiin. Tällöin hyvin runsaat *Plankotrix agardhii* -sinilevärihmakukinnat olivat tyypillisiä (Melvassalo ja Viljamaa 1977, Finni ym. 2001). Talin jätevedenpuhdistamo laski puhdistetut jätevetensä Laajalahteen vuoteen 1986 asti. Nykyisin kaikki Helsingin ja Espoon puhdistetut jätevedet johdetaan ulkosaaristoon ja Laajalahden kunto on parantunut huomattavasti. Laajalahden leväkukinnat eivät enää ole edellisten vuosikymmenien kaltaisia, joskin sinilevien määrä on kesäaikaan ajoittain melko suuri. Munkkiniemen uimarannan sinilevien määrä ei johdu ulompaa mereltä ajautuvista leväautoista, vaan on peräisin Laajalahdesta itsestään. Kesällä 2001 Munkkiniemen uimarannalla rihmamaisista sinilevälajeista yleisimpiä olivat *Anabaena* sp. ja *Aphanizomenon* sp. (taulukko 2). Muita sinileviä esiintyi myöskin runsaasti (mm. *Merismopedia tenuissima*, *Snowella* spp. ja *Woronichinia* spp.). Ainoa potentiaalisesti myrkyllinen sinileväskuku oli *Anabaena*, josta ELISA-menetelmällä mitattiin myrkkypitoisuus (kuva 2).

Sinileviä esiintyi Munkkiniemen uimarannan näytteissä merkittävästi heinäkuun alusta lähtien, jolloin aloitettiin myös myrkkypitoisuuden määrittäykset. Pitoisuudet eivät koko kesän aikana kohonneet kovin suuriksi. Suurin pitoisuus mitattiin 26.7. (viikko 30), jolloin se oli 1,2 µg/l. Tuulen sekoittava vaikutus heinäkuun lopulla näkyi melko selkeästi paitsi koko pintaosan levämäärissä (kuva 3), myös myrkkypitoisuudessa pitoisuuden pienenemisenä heinäkuun lopulla. Tuulen vaikutus näkyi samaan aikaan myös veden nopeana lämpötilan laskuna (kuva 4) ja sameuden lisääntymisenä pohjasta veteen sekoittuvan aineksen takia.



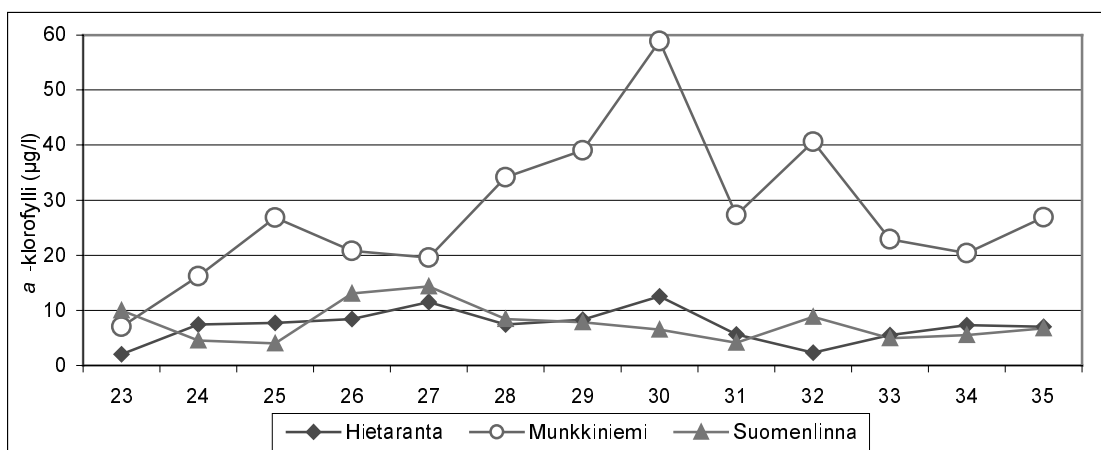
Kuva 2. Myrkkypitoisuuden vaihtelu Suomenlinnan, Hietarannan ja Munkkiniemen uimarannoilla kesällä 2001.

Taulukko 2. Kesällä 2001 Munkkiniemen uimarannan näytteistä tavatut sinilevätaksonit ja niiden runsaus asteikolla 1 - 5 (1=yksittäin, 2=vähän, 3=siellä täällä, 4=paljon ja 5=dominoiva).

MUNKKINIEMI	pvm	5.6.	12.6.	19.6.	26.6.	2.7.	10.7.	16.7.	23.7.	30.7.	7.8.	14.8.	20.8.	28.8.
Luokka Cyanophyceae (Sinilevät)	vko	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Lahko Nostocales														
<i>Anabaena cf. lemmermannii</i>			3	2	2	4	4	4	3	1	2	2	3	3
<i>Aphanizomenon</i> sp.		1	1	1	2	2	4	4	5				3	3
Lahko Chroococcales														
<i>Aphanocapsa</i> spp.				1	1				1					
<i>Aphanothece</i> spp.		1						2		1				3
<i>Cyanodictyon</i> spp.			1		1									
<i>Cyanodictyon planktonicum</i>				1										
<i>Coelomorion pusillus</i>		1						1		1				
<i>Lemmermanniella</i> spp.		1							1					
<i>Merismopedia</i> spp.					1									
<i>Merismopedia tenuissima</i>			1				2	3	5	2	3	2	4	4
<i>Merismopedia punctata</i>		1		1									2	
<i>Snowella atomus</i>													1	3
<i>Snowella lacustris</i>							2				4	2	3	2
<i>Snowella litoralis</i>		2	2	2	1		2	2	1	2	4	3	4	2
<i>Snowella septentrionalis</i>		2					2	2	1	3	3		4	2
<i>Snowella fennica</i>										2		2		
<i>Snowella</i> spp.						2								
<i>Woronichia cf. elorantae</i>					1			3	3		2			
<i>Woronichinia compacta</i>								1		3		1	2	
Pieniä kokkaaleja sinileväkolonioita												2	4	
Pieniä irtosoluja (sinileviin kuuluvia)											4			
Lahko Oscillatoriales														
<i>Planktothrix acardhii</i>										1				

Taulukko 3. Mikrokystiinipitoisuudet (µg/l) Suomenlinnan, Hietarannan ja Munkkiniemen uimarannoilla ja Helsingin edustan havaintopaikoilla (WQ1, WQ3 ja WQ5) kesällä 2001.

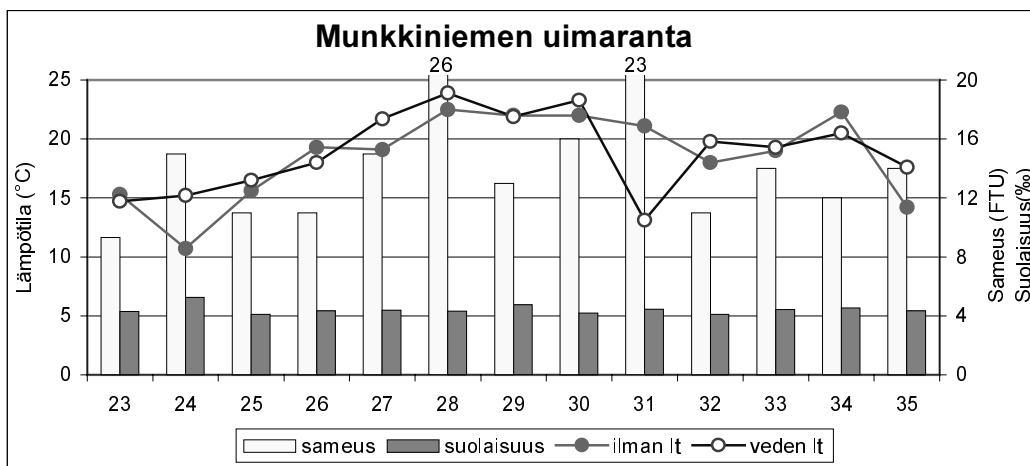
PVM	Viikko	Suomenlinna	Hietaranta	Munkkiniemi	WQ1	WQ3	WQ5
2.7.	27		<0,1	0,54			
3.7.	27	0,17					
10.7.	28	ei näytettä	<0,1	1,2			
12.7.	28				0,14	0,23	0,33
19.7.	29	ei näytettä	ei näytettä	ei näytettä	0,16	0,78	0,86
24.7.	30	0,45					
26.7.	30		0,15	1,2	0,51	3,7	3,7
30.7.	31		0,24	0,12			
31.7.	31	0,18					
2.8.	31				<0,1	<0,1	0,88
6.8.	32	0,19					
7.8.	32		<0,1	<0,1			
9.8.	32				<0,1	0,14	0,95
13.8.	33	<0,1	0,12				
14.8.	33			0,21			
16.8.	33				<0,1	<0,1	<0,1
20.8.	34	<0,1	<0,1	0,35			
23.8.	34				<0,1	0,12	0,13
28.8.	35	0,39		0,27			
29.8.	35		<0,1				



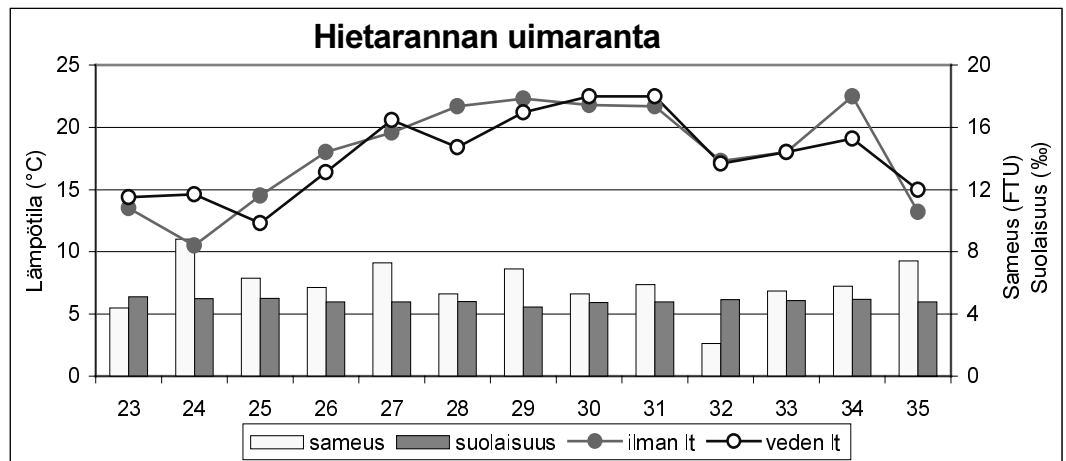
Kuva 3. Veden *a*-klorofyllipitoisuuden vaihtelu Hietarannan, Munkkiniemen ja Suomenlinnan uimarannoilla kesällä 2001.

Hietarannan uimaranta sijaitsee Seurasaarenselän etelärannalla (kuva 1). Kesällä 2001 Hietarannan uimarannalla rihmamaisista sinilevälajeista yleisimpiä olivat *Aphanizomenon* sp. ja *Anabaena lemmermannii* (taulukko 4). *Nodularia spumigena* -rihmaa ei havaittu. Yleisimmin esiintyneitä muita sinileviä olivat *Snowella* spp. ja *Woronichinia* spp. -koloniat sekä *Merismopedia tenuissima* -solut. Yleisesti levien kokonaismäärä *a*-klorofyllinä mitattuna oli suhteellisen pieni (kuva 3). Ainoa potentiaalisesti myrkyllinen sinilevänsuku oli *Anabaena*. Suurimmat levien kokonaismäärät mitattiin heinäkuun viimeisellä viikolla (viikko 30), jolloin havaittiin runsaasti *Anabaena lemmermannii* ja *Aphanizomenon* sp. -sinilevää. Hietarannalta mitattu suurin myrkkypitoisuus (0,24 µg/l) mitattiin tosin vasta seuraavalla viikolla (30.7.), jolloin myös Hietarannan lämpötila ja sameuspitoisuudet olivat vielä korkealla (kuva 5). Munkkiniemen ja Hietalahden näytteiden *Anabaena* spp:n runsaus ja myrkkypitoisuus olivat toisistaan riippuvaisia (Spearmanin järjestyskorrelaatio $r_s = 0,752$; $n = 16$ ja $p < 0,01$).

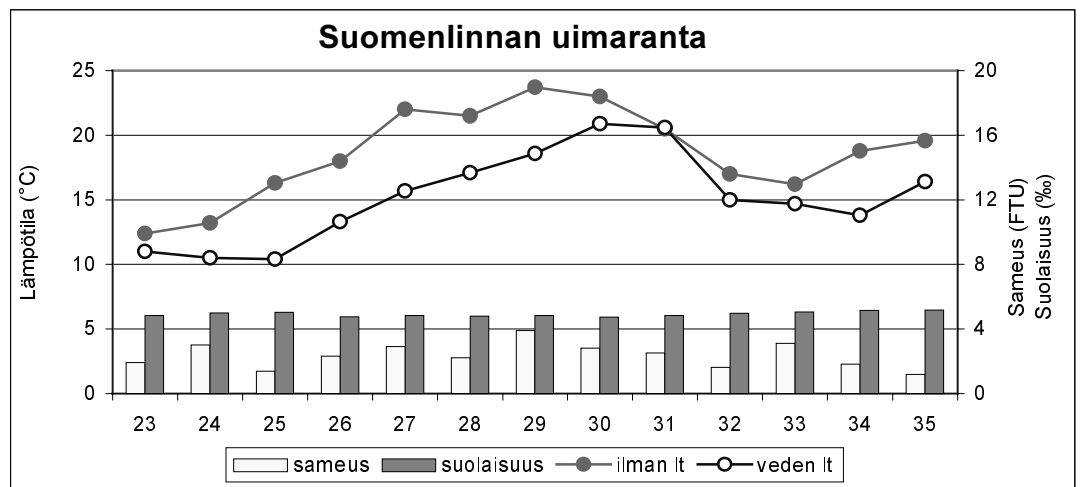
Suomenlinnan uimaranta sijaitsee uloimpana kolmesta seurattusta uimarannasta (kuva 1) ja sen lajisto muistuttaa osittain Suomenlahden merialueen lajistoa. Esim. Suomenlinnan uimarannalla *Lemmermanniella*-lajit olivat ajoittain runsaita (taulukko 5), kuten myös ulompana merellä. Runsaimpina rihmamaisina sinilevälajeina esiintyivät *Aphanizomenon* sp. ja *Anabaena* sp., mutta myös *Nodularia spumigena* -rihmaa oli ajoittain havaittavissa. Suurin myrkkypitoisuus (0,45 µg/l) mitattiin viikolla 30 (24.7.), jolloin kesän lämpötila oli korkeimmillaan (kuva 6). Suomenlinnan uimarannan myrkkypitoisuudet olivat suurimmillaankin varsin pieniä. Suomenlinnan uimarannan näytteiden *Nodularia*-runsauden ja myrkkypitoisuuden (nodulariini) välillä oli positiivinen korrelaatio (Spearmanin järjestyskorrelaatio $r_s = 0,905$; $n = 7$ ja $p < 0,01$).



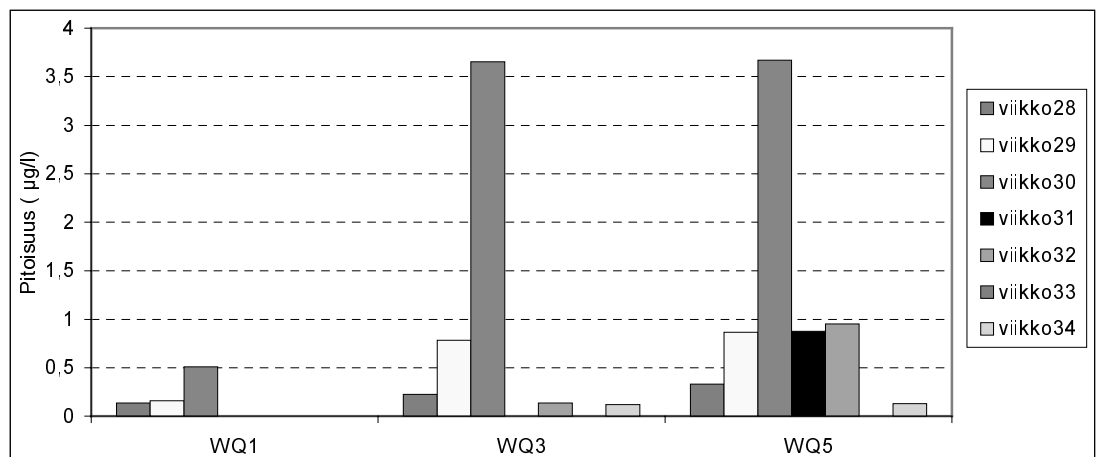
Kuva 4. Munkkiniemen uimarannan veden ja ilman lämpötilan sekä sameuden ja suolaisuuden vaihtelu kesällä 2001.



Kuva 5. Hietarannan uimarannan veden ja ilman lämpötilan sekä sameuden ja suolaisuuden vaihtelu kesällä 2001.



Kuva 6. Suomenlinnan uimarantojen veden ja ilman lämpötilat sekä sameuden ja suolaisuuden vaihtelu kesällä 2001.



Kuva 7. Myrkkypitoisuuksien vaihtelu Helsingin edustan havaintopaikoilla kesällä 2001.

Pihlajasaaren uimarannalle ajautui heinäkuun loppupuolella jonkin verran sinilevämassaa. Viikolla 30 (27.7.) sieltä mitattiinkin koko kesän korkein uimarantojen myrkkypitoisuus, 43 µg/l. Seuraavalla viikolla (31.7.) otetussa näytteessä myrkkypitoisuus oli enää 0,13 µg/l eli juuri yli määritysrajan.

Taulukko 4. Kesällä 2001 Hietarannan uimarannan näytteistä tavatut sinilevätaksonit ja niiden runsaus asteikolla 1 - 5 (1=yksittäin, 2=vähän, 3=siellä täällä, 4=paljon ja 5=dominoiva).

HIETARANTA	PVM	5.6.	12.6.	19.6.	26.6.	2.7.	10.7.	16.7.	23.7.	30.7.	7.8.	13.8.	20.8.	28.8.
Luokka Cyanophyceae (Sinilevät)	VKO	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Lahko Nostocales														
<i>Anabaena inaequalis</i>		1	1	1										
<i>Anabaena lemmermannii</i>			2		1	2	1	1	2	1			1	
<i>Aphanizomenon</i> sp.			2			3	2	3	4				2	
Lahko Chroococcales														
<i>Aphanocapsa</i> spp.							2			3				
<i>Aphanothece</i> spp.							2							
<i>Chroococcus</i> spp.	1													
<i>Chroococcus microscopicus</i>						1	1							
<i>Coelomorion pusillus</i>	1				1									
<i>Cyanodictyon</i> spp.						1	2							
<i>Cyanodictyon imperfectum</i>						1								
<i>Lemmermanniella</i> sp.-kol					3	2								
<i>Lemmermanniella parva</i>				2			2							
<i>Merismopedia tenuissima</i>			2	1			2	2	3	2		2	2	3
<i>Snowella atomus</i>										1			1	
<i>Snowella</i> cf. <i>litoralis</i>			2			3	2	2		1		1	3	2
<i>Snowella lacustris</i>													2	
<i>Snowella septentrionalis</i>	2				1			2	1	3	2	2	1	2
<i>Snowella</i> sp.											1			
<i>Woronichinia</i> cf. <i>compacta</i>						1	1			3		1	2	2
<i>Woronichinia</i> cf. <i>elorientae</i>					2			1	2					
<i>Synechococcus</i> sp.										1				
Lahko Oscillatoriales														
<i>Planktolyngbya</i> sp.	2													
<i>Planktotrix agardhii</i>											1			
<i>Pseudoanabaena</i> sp.							2				2	1		1

Taulukko 5. Kesällä 2001 Suomenlinnan uimarannan näytteistä tavatut sinilevätaksonit ja niiden runsaus asteikolla 1 - 5 (1=yksittäin, 2=vähän, 3=siellä täällä, 4=paljon ja 5=dominoiva).

SUOMENLINNA	PVM	4.6.	11.6.	18.6.	25.6.	3.7.	9.7.	17.7.	24.7.	31.7.	6.8.	13.8.	20.8.	27.8.
Luokka Cyanophyceae (Sinilevät)	VKO	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Lahko Nostocales														
<i>Anabaena inaequalis</i>						1		1						
<i>Anabaena lemmermannii</i>						2	1	2						1
<i>Nodularia spumigena</i>								1	2		1			1
<i>Aphanizomenon</i> sp.	2	1	2	1	3	2	1	3	1	1	3	1		2
Lahko Chroococcales														
<i>Aphanocapsa</i> spp.		1	1				1	1					1	
<i>Aphanothece berghmanii</i>	1					1								
<i>Aphanothece</i> spp.		1						1						
<i>Chroococcus</i> sp.				1										
<i>Coelosphaerium</i> cf. <i>kuetzingianum</i>											1			
<i>Cyanodictyon</i> spp.							3	2						
<i>Cyanodictyon imperfectum</i>	1					1								
<i>Lemmermanniella</i> spp.	1					3	3							
<i>Lemmermanniella parva</i>			1	1	2			3						
<i>Merismopedia tenuissima</i>		1	2	2	2	2	2	2	2					
<i>Snowella</i> cf. <i>litoralis</i>					1								1	
<i>Snowella</i> cf. <i>septentrionalis</i>											1			
<i>Snowella</i> spp.						2	1	2						
<i>Woronichinia</i> cf. <i>elorientae</i>							1							
Lahko Oscillatoriales														
<i>Planktolyngbya</i> -rihmaa	1							1						
<i>Pseudoanabaena</i> -rihmaa			2	1	2	4	3						1	1

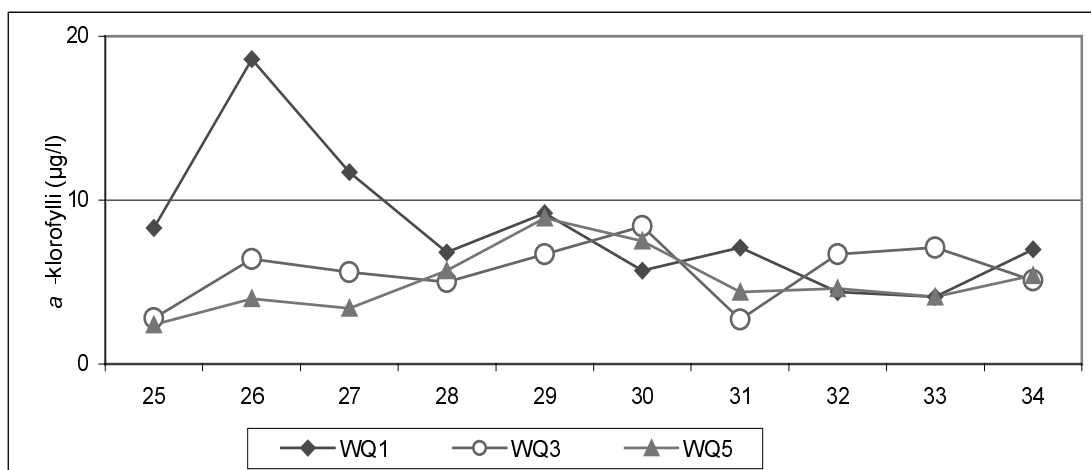
Taulukko 6. Yksittäisten Helsingin uimarantojen ja Helsingin edustan vesinäytteiden myrkyllisyystuloksia kesällä 2001.

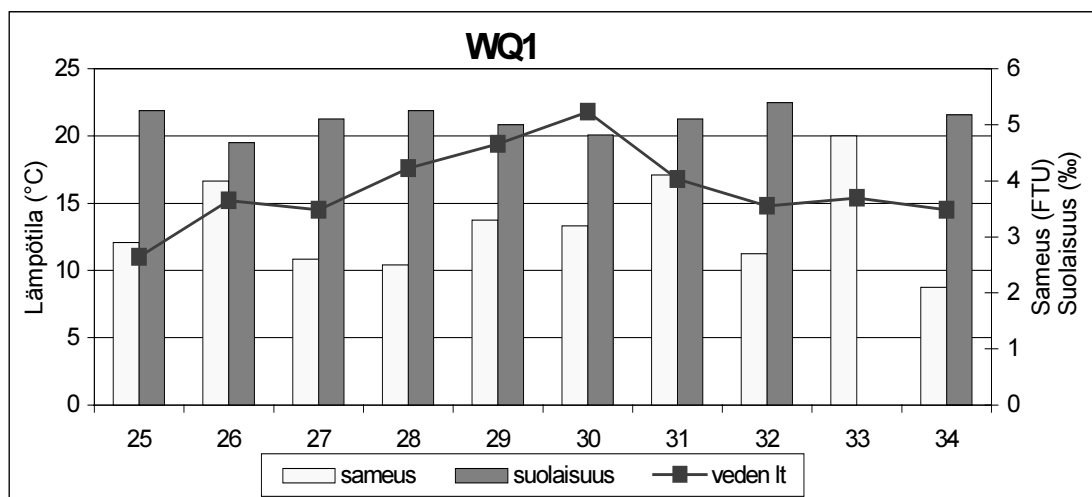
Pvm	Viikko	Pihlajasaari	Uunisaari	Lehtisaari	Harmaja	Lauttas. merikylp.	Laajalahti	Itä-Villinki	Flatthäll- grundet
26.7.	30				150	0,22		65	95
27.7.	30	43							
31.7.	31	0,13		0,18					
7.8.	32		0,46						
21.8.	34						0,20		

3.2 Helsingin edustan merialue

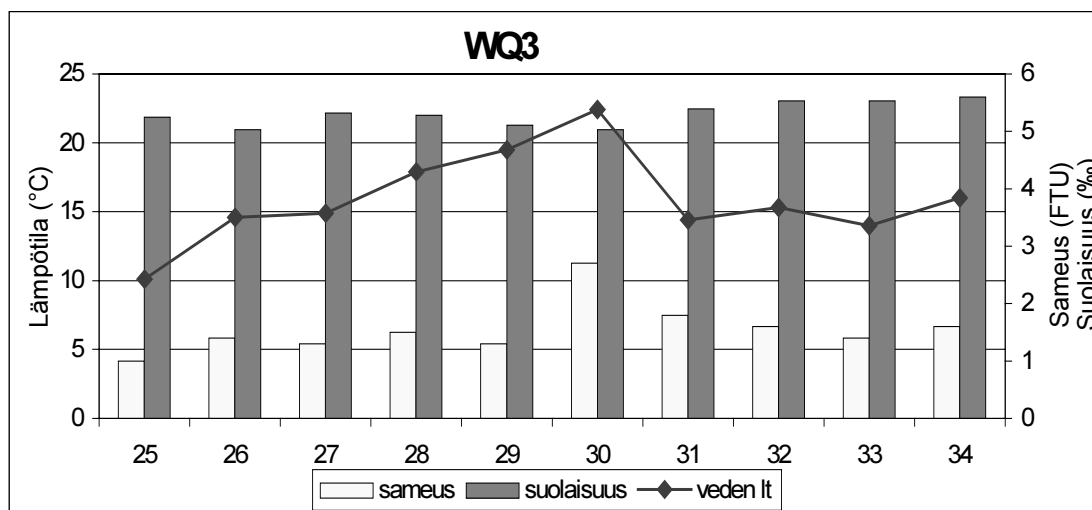
Havaintopaikka WQ1 sijaitsee Kruunuvuorenselällä sisäsaaristossa, WQ3 ulkosaa-ristossa ja WQ5 ulkomerellä (kuva 1). Tuloksia näiltä havaintopaikoilta esitellään ku- vissa 7 - 12 ja taulukossa 7. Havaintopaikalla WQ1 *Nodularia spumigena* -määrät olivat uimarantojen tapaan hyvin pieniä lukuun ottamatta havaintokertaa 26.7. Tällöin myös myrkkypitoisuus oli korkeimmillaan (0,5 µg/l). Kaikkien elokuun vesinäyttei- den pitoisuudet alittivat määrittäysrajan WQ1:llä. Ulommilla havaintopaikoilla sinile- vämäärä kasvoi heinäkuun puolenvälin jälkeen ja viikolla 30 myrkkypitoisuuksiksi määritettiin korkeimmillaan 3,7 µg/l. Näytteiden *Nodularia spumigenan* biomassa (märkäpaino) selitti myrkkypitoisuuden vaihtelua varsin hyvin, selitysaste oli 0,95 (kuva 12).

Helsingin edustan merialueilla havaittiin yhtenäinen, suuri levälautta heinäkuun lop- pupuolella. Harmajalta saatiinkin vesinäyte 26.7., jossa sinilevää oli puuromaisena massana. Lajisto koostui lähes kokonaan *Aphanizomenon* sp., *Anabaena lemmerman- nii* ja *Nodularia spumigena* -sinilevärihmoista. Näytteen myrkkypitoisuudeksi mää- ritettiin 150 µg/l (taulukko 6), vaikkei määrittämiseen käytetty kaikkein paksuinta mas- saa. Seuraavana päivänä saatiin vesinäytteet myös Itä-Villingistä ja Flatthällgrunde- tista (kuva 1), joiden lajikoostumus oli sama kuin Harmajan näytteessä. Myrkkypitoi- suuksiksi 0 - 4 metristä otetuista vesinäytteistä mitattiin tällöin 65 µg/l ja 95 µg/l.

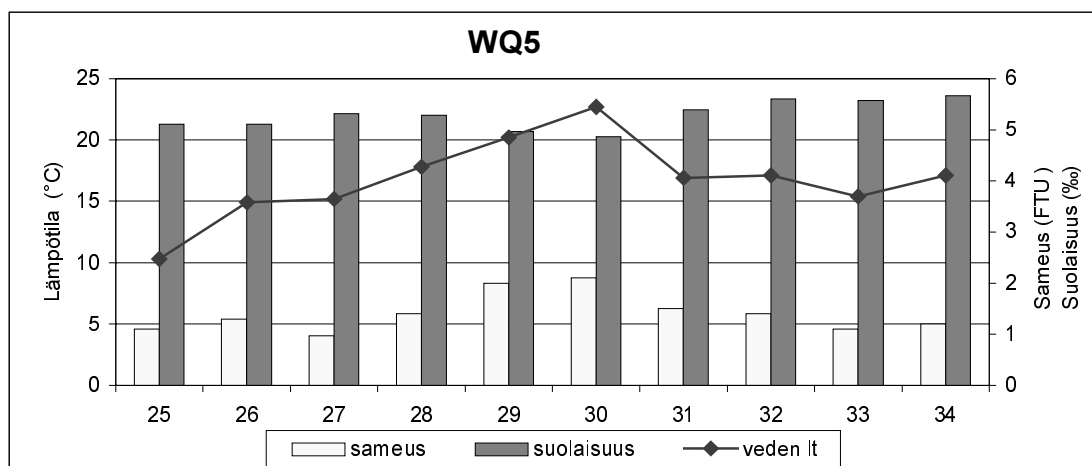
**Kuva 8.** Veden α-klorofyllipitoisuuden vaihtelu Helsingin edustalla kesällä 2001.



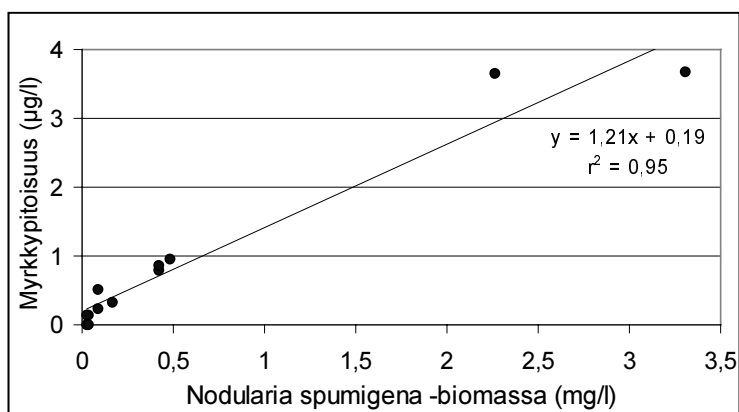
Kuva 9. Veden sameus, suolaisuus ja lämpötila havaintopaikalla WQ1 kesällä 2001.



Kuva 10. Veden sameus, suolaisuus ja lämpötila havaintopaikalla WQ3 kesällä 2001.



Kuva 11. Veden sameus, suolaisuus ja lämpötila havaintopaikalla WQ5 kesällä 2001.



Kuva 12. *Nodularia spumigena* -sinilevän ja myrkkypitoisuuden välinen regressio havaintopaikkojen WQ1, WQ3 ja WQ5 tuloksista kesällä 2001.

Taulukko 7. Runsaimmat rihmamaiset sinilevät ja niiden biomassat (märkäpaino mg/l) Helsingin edustan havaintopaikoilla WQ1, WQ3 ja WQ5.

Pvm	Viikko	WQ1		WQ3		WQ5	
		Laji		Laji		Laji	
19.6.	25			<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,076	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,18
27.6.	26	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,23	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,50	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,69
5.7.	27	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,12	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,079	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,67
12.7.	28	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,09	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,23	<i>Nodularia spumigena</i>	0,17
		<i>Nodularia spumigena</i>	0,033	<i>Nodularia spumigena</i>	0,086	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,94
						<i>Nodularia spumigena</i>	0,17
						<i>Anabaena</i> spp.	0,074
19.7.	29	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,16	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,58	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,76
				<i>Nodularia spumigena</i>	0,42	<i>Nodularia spumigena</i>	0,42
				<i>Anabaena</i> spp.	0,11	<i>Anabaena</i> spp.	0,15
26.7.	30	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,19	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,35	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,35
		<i>Nodularia spumigena</i>	0,09	<i>Nodularia spumigena</i>	2,3	<i>Nodularia spumigena</i>	3,3
				<i>Anabaena</i> spp.	0,13	<i>Anabaena</i> spp.	0,30
9.8.	32	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,03	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,12	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,22
				<i>Nodularia spumigena</i>	0,028	<i>Nodularia spumigena</i>	0,48
						<i>Anabaena</i> spp.	0,019
16.8.	33	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,047	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,063	<i>Aphanizomenon</i> sp.	0,13
		<i>Nodularia spumigena</i>	0,028			<i>Nodularia spumigena</i>	0,035

4 Tulosten tarkastelu

Anabaenan suhteellinen määrä lisääntyi Munkkiniemen uimarannalla jo kesäkuun lopulla joskin levien kokonaismäärä lisääntyi vasta heinäkuussa α -klorofyllipitoisuudella mitattuna. Mikrokystiinimääritykset aloitettiin heinäkuun alussa. Mikrokystiinipitoisuus jäi *Anabaenan* suhteellisen suuresta määrästä huolimatta runsaimmillaankin melko pieneksi, kun huomioidaan, että WHO:n suositus juomaveden mikrokystiini-LR (yleisin mikrokystiini) -pitoisuuden raja-arvoksi on 1 µg/l (Meriluoto ja Lahti 2001). ELISA -menetelmällä määritettävissä oleva toksiini on *Anabaenan* kyseessä ollessa mikrokystiiniä. Tässä selvityksessä ei ole analysoitu muita *Anabaenan* mahdollisia toksiineja. Ainoastaan heinäkuun lopun Munkkiniemen uimarannan näytteestä on Merentutkimuslaitos tehnyt anatoksiini-a -määrityksen. Anatoksiini-a:ta ei näytteessä kuitenkaan havaittu.

Ainoa potentiaalisesti myrkyllinen sinileväsuku, joka esiintyi Hietarannan uimarannalla oli *Anabaena*. Sen suhteellisesti runsain esiintymisajankohta ei ajoitu samalle viikolle kuin runsain myrkkysaanto. Näytteeseen onkin saattanut ajautua yksittäisiä *Nodularia* -soluja tai -solurihman pätkiä, jotka eivät kuitenkaan tulleet mikrosko-

taessa havaituksi tai paikalla olleet solut olivat jo hajonneet ja mahdollinen toksiini oli sitä kautta vapautunut veteen. Tämä saattoi johtua myös siitä, että eri sinileväkantojen toksisuus voi vaihdella ympäristötekijöiden tai kasvuvaiheen mukaan (Sivonen ym. 1986). Mikrokystiinipitoisuudet olivat Hietalahden uimarannalla koko mittauskauden ajan hyvin matalia ja määritysrajan (0,1 µg/l) alittaneita näytteitä oli useita (taulukko 3).

Uloimmat uimarannat ovat suojaista lahtialueita alttiimpia kauempaa mereltä ajautuville leville. Suomenlinnan uimarannalla myrkkypitoisuudet noudattelivat *Nodularia spumigenan* suhteellista runsautta, joten toksiini oli ilmeisesti lähinnä nodulariinia. Levien kokonaismäärä oli suuruudeltaan samaa luokkaa kuin Hietarannan uimarannalla, mutta myrkkypitoisuudet olivat hieman korkeammat toksisen *Nodularia spumigenan* takia. Kuitenkin myös Suomenlinnan uimarannan toksisuudet olivat suhteellisen matalia koko kesän ajan.

Lämpötila ja tuuliolot vaikuttavat oleellisesti uimarantojen levätilanteen kehittymiseen ja voivat muuttaa tilanteen hyvinkin nopeasti. Jos heinäkuun viimeisen viikonlopun aikana tuuli olisi kuljettanut levämassat mereltä rantavesiin, olisivat toksisuustulokset olleet todennäköisesti paljon korkeampia. Pihlajasaaren uimarannan tilanne heinäkuun lopulla osoittaa, että *Nodularia* ei tarvitse olla paljon, jotta toksiinipitoisuudet voivat kohota huomattavasti.

Nodularia spumigena lisääntyi ja toksisuus kohosi myös mereisillä havaintopaikoilla WQ3 ja WQ5 heinäkuun loppupuolella viikolla 30. Laivanäytteet otetaan viiden metrin syvyydestä, joten pinnan oletettavasti vielä suuremmat levämassat ja toksisuudet ovat sekoittuneet suurempaan vesimassaan. Tuulen vaikutus levälautan hajottajana ja kuljettajana näkyi seuraavalla viikolla: Levämäärät vähenivät, sameus ja nodulariinipitoisuus pienenivät, ja lämpötila laski. Merentutkimusalue Arandan mittauksen mukaan Suomenlahden *Nodularia* -massa sisälsi jopa n. 2 grammaa nodulariinia kilossa kuivaa levää (<http://www2.fimr.fi/uutiset/nodu.htm>).

Maksatoksiinien määrittäminen Helsingin uimarannoilta tulee jatkumaan myös kesällä 2002. ELISA-menetelmällä ei kuitenkaan pystytä määrittämään eri toksiinien määriä, vaan ainoastaan toksiinien kokonaispitoisuudet. Jatkossa olisikin hyödyllistä selvittää, ovatko Munkkiniemen uimarannan toksiinit yksinomaan mikrokystiinejä vai onko joukossa myös muita maksatoksiineja. Itämeren alueen rihmamaiset sinilevät voivat sisältää lisäksi myös hermotoksiineja. Saksitoksiinien määrittäminen *Aphanizomenon*-näytteistä ja anatoksiinien määrittäminen *Anabaena*-näytteistä olisikin aiheellista.

5 Lähdeluettelo

Finni, T., Laurila, S. ja Laakkonen, S., 2001: The History of Eutrophication in the Sea Area of Helsinki in the 20th Century, Long-term Analysis of Plankton Assemblages. – *Ambio* 4 - 5, 264 - 271.

Kukkonen, J., 1999: Syanobakteerien maksatoksiinien osoitusmenetelmien vertailu. – *Suomen ympäristö* 332, 1 - 62.

Lahti, K., 1991: Sinilevien terveyshaitat. – *Ympäristö ja terveys* 7, 454 - 457.

Lahti, K., 1997: Cyanobacterial hepatoxins and drinking water supplies – aspects of monitoring and potential health risk. – Väitöskirja. Helsingin yliopisto.

Lehtimäki, J., 2000: Characterisation of Cyanobacterial Strains Originating from the Baltic Sea with Emphasis on *Nodularia* and its Toxin, nodularin. – Väitöskirja. Helsingin yliopisto.

Melvassalo, T. ja Viljamaa, H., 1977: Planktonic blue-green algae in polluted coastal waters off Helsinki. – *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 19, 1 - 35.

Meriluoto, J. ja Lahti, K., 2001: Sinilevätoksiinit terveysriskinä-in aqua sanitas? – *Suomen lääkärilehti* 27 - 29, 2884 - 2888.

Pellikka, K., 2000: Alg@line –seurantatutkimus Suomenlahdella vuonna 2000. – Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 4/2001, 8 - 15.

Rapala, J., 1998: Toxin Production by Freshwater Cyanobacteria: Effects of Environmental Factors. – Väitöskirja. Helsingin yliopisto.

Salmela, J., Lahti, K. ja Hoppu, K., 2001: Sinilevöpitoinen saunavesi voi aiheuttaa oireita ihmiselle. – *Suomen lääkärilehti* 27 - 29, 2891 - 2895.

Sivonen, K., Himberg, K. ja Niemelä, S., 1986: Syanobakteeritoksiinit. – *Kemia-Kemi* 13, 396 - 400.

6 Kiitokset

Kiitämme Vesa Sipiää Merentutkimuslaitokselta toksiinimäärittämisestä. Kiitämme myös Jarkko Rapalaa Suomen ympäristökeskuksesta sekä Kirsti Lahtea Vantaanjoen vesiensuojeluyhdistyksestä arvokkaista neuvoista ja kommentteista.