

AHONEN MERJA H., KAUNISTO TUJJA, MÄKINEN RIIKA, HATAKKA TARJA,  
VESTERBACKA PIA, ZACHEUS OUTI, KEINÄNEN-TOIVOLA MINNA M.

# SUOMALAISEN TALOUSVEDEN LAATU RAAKAVEDESTÄ KULUTTAJAN HANAAN VUOSINA 1999 – 2007



**SUOMALAISEN TALOUSVEDEN LAATU  
RAAKAVEDESTÄ KULUTTAJAN HANAAN  
VUOSINA 1999–2007**

Ahonen Merja H.<sup>1</sup>, Kaunisto Tuija<sup>1</sup>, Mäkinen Riika<sup>1</sup>, Hatakka Tarja<sup>2</sup>,  
Vesterbacka Pia<sup>3</sup>, Zacheus Outi<sup>4</sup>, Keinänen-Toivola Minna M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, <sup>2</sup>Geologian tutkimuskeskus, <sup>3</sup>Säteilyturvakeskus,  
<sup>4</sup>Kansanterveyslaitos

2008

Vesi-Instituutin julkaisuja 4

1. painos

Julkaisija: Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, [www.vesi-instituutti.fi](http://www.vesi-instituutti.fi)

Painopaikka: Karhukopio, Turku

Kansikuvat: Marko Mikkola ja Riika Mäkinen, Prizztech Oy; Ilkka Miettinen, Kansanterveyslaitos

ISBN 978-952-99840-6-0 (nid.)

ISBN 978-952-99840-7-7 (PDF)

ISSN 1796-7376



## **Esipuhe**

Tämä OTaLa-työnimellä valmisteltu tutkimus on laajan ja hedelmällisen yhteistyön tulos. Tutkimuksessa olivat mukana merkittävät valtakunnalliset talousveden laatua tutkivat ja valvovat tahot. Geologian tutkimuskeskus, Kansanterveyslaitos, Suomen ympäristökeskus ja Säteilyturvakeskus antoivat tutkimuksen käyttöön kokoamiensa tietoja veden laadusta. Lukuisa joukko lääninterveystarkastajia, kuntien terveystarkastajia, yksittäisten vesilaitosten ja vesiosuuskuntien edustajia osallistui tutkimukseen lähettämällä yhteystietoja, jo olemassa olevaa tietoa veden laadusta tai ottamalla uusia näytteitä, joista määritettiin useita veden laatua kuvaavia muuttujia. Kokonaisuudessaan tämä tutkimus sisältää noin 420 000 yksittäisen määrittelyn tulokset. Osa tutkimusselosteista saatiin tutkimuksen käyttöön paperikopioina, joiden viemisestä sähköiseen muotoon vastasi Satu Lankinen. Vesi-instituuttilaiset Aino Peltö-Huikko ja Tomi Kekki osallistuivat monin tavoin tutkimuksen toteutukseen. Ilona Mäkeläinen Säteilyturvakeskuksesta vastasi vesilaitosten tulosten tilastollisesta analyysistä radioaktiivisten muuttujien osalta.

Tutkimuksen seuranta ja ohjausta varten perustettiin yhteistyöryhmä, johon kuuluivat: Tarja Hatakka (Geologian tutkimuskeskus), Outi Zacheus (Kansanterveyslaitos), Jari Keinänen (sosiaali- ja terveysministeriö), Tiina Torkkeli-Pitkäranta ja Jarkko Rapala (Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus), Pia Vesterbacka (Säteilyturvakeskus), Ritva Britschgi (Suomen ympäristökeskus), Marja Luntamo, Merja Ahonen, Minna Keinänen-Toivola, Sara Busi ja Tuija Kaunisto (Vesi-Instituutti/Prizztech Oy), Riku Vahala ja Riina Liikanen (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys) ja Matti J. Virtanen (ympäristöministeriö).

Tutkimusta rahoittivat sosiaali- ja terveysministeriö, ympäristöministeriö ja Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto. Osa tutkimuksesta on rahoitettu Prizztech Oy:öön kuuluvan Vesi-Instituutin perusrahoituksella.

Lämmin kiitos kaikille tutkimukseen osallistuneille!

Raumalla 18.3.2008

Merja Ahonen



## Tiivistelmä

Euroopan unionin tasolla valmisteltavien ja uusittavien säädösten laadinnassa on tärkeää saada esiin suomalaisen talousveden erityispiirteet, jotta EU:ssa laaditut säädökset soveltuisivat myös Suomen talousvesille. Tällä hetkellä juomavesidirektiiviä ollaan uusimassa. Talousveden kanssa kosketuksissa oleville rakennustuotteille ja materiaaleille valmistellaan tuotehyväksyntäjärjestelmää (European Acceptance Scheme, EAS), jonka tavoitteena on, että talousveteen ei siirry materiaalien kontaktipinnalta terveydelle haitallisia aineita.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kattavasti suomalaisen talousveden laatua keräämällä yksityiskohtaista tietoa erikokoisten talousvettä toimittavien yksiköiden veden laadusta eri puolilta maata. Tutkimuksen kohteena olivat yksittäiset kaivot, vesiosuuskunnat sekä pienet, keskiuuret ja suuret vesilaitokset. Tutkimuksessa kuvataan 60 muuttujaa, joista 44 sisältyy talousvesiasetukseen. 16 muuta kuvattua muuttujaa ovat keskeisiä mm. veden teknisen laadun, EAS-hyväksyntämenettelyn sekä talousveden radioaktiivisuuden arvioinnin kannalta. Tutkimus sisältää noin 420 000 yksittäisen talousvedestä tehdyn määrittelyn tulokset. Tutkimus on jatkoa Vesi-Instituutissa laaditulle selvitykselle ”Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984–2006” (Keinänen-Toivola ym. 2007).

Tutkimus osoittaa, että vesilaitosten toimittama talousvesi oli mikrobiologiselta laadultaan terveellistä ja turvallista käyttää. Pieni osa (0,03–0,9 %) tutkituista näytteistä sisälsi kuitenkin vähintään yhtä talousvesiasetuksessa esitetyistä ulostesaastutusta osoittavista mikrobityypeistä. Yksittäisten kaivojen vesissä mikrobeja esiintyi useammin kuin vesilaitosten toimittamassa vedessä noin viidesosan näytteistä sisältäessä em. mikrobeja.

Mikrobiravinteiden, nitraatin, nitriitin, ammoniumin ja hapettuvuuden osalta vesilaitosten toimittama talousvesi ja yksittäisten kaivojen vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia. Vesilaitosten toimittaman veden TOC-pitoisuuden mediaani oli 1,9 mg/l. Fosfaattifosforin mediaanipitoisuus vaihteli aineiston vesissä välillä 1,5–6,0 µg/l.

Metalleista antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin, lyijyn, seleenin, alumiinin ja natriumin osalta vesilaitosten toimittama talousvesi ja yksittäisten kaivojen vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia. Nikkelin, mangaanin tai raudan pitoisuudet ylittivät talousvesiasetuksen raja-arvon tai suosituspitoisuuden noin 5 %:ssa vesilaitosten toimittamista vesistä ja yksittäisten kaivojen vesistä.

Vesilaitosten toimittama talousvesi ja yksittäisten kaivojen vedet olivat kemikaalien ja orgaanisten yhdisteiden sekä boorin ja bromaatin osalta talousvesiasetuksen mukaisia. Vesilaitoksista noin 2 % toimitti vettä, jonka fluoridipitoisuus ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon. Yksittäisten kaivojen vesistä noin 5 %:ssa fluoridin raja-arvo ylittyi.

Veden teknistä laatua kuvaavista muuttujista kloridin ja sulfaatin pitoisuuden sekä sähkönjohtavuuden osalta vesilaitosten toimittama vesi ja yksittäisten kaivojen vedet olivat talousvesiasetuksen suositusten mukaisia. Vesilaitosten keskimääräisistä pH-arvoista 8 % alitti talousvesiasetuksen alemman suosituspitoisuuden 6,5. Yksittäisten kaivojen vesissä vastaava osuus oli 30 %. Alkaliteetin mediaaniarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 0,5–1,8 mmol/l, kovuuden välillä 0,4–0,7 mmol/l ja hiilidioksidin välillä 2–30 mg/l.

Pintavedessä radioaktiivisten muuttujien aktiivisuudet olivat hyvin matalia eikä asetuksessa tai ohjeessa ST 12.3 esitettyjä toimenpidearvojen ylityksiä havaittu. Maaperän pohjavedessä havaittiin satunnaisesti toimenpiderajojen ylityksiä. Kalliopohjavedessä pitoisuudet olivat hyvinkin korkeita ja usein toimenpiteet laatusuosituksen saavuttamiseksi olivat tarpeen.

Suomalainen ja muu pohjoismainen talousvesi poikkeaa tekniseltä laadultaan ja orgaanisen aineen määrän suhteen muun Euroopan vesistä. Ensin mainitut ovat pehmeitä ja happamia muuhun Eurooppaan verrattuna. Suomen talousvesissä fosforin määrän suhde

hiilen määrään on pienempi kuin muualla Euroopassa eikä meillä TOC-pitoisuus ole mikrobikasvun kannalta ratkaiseva tekijä.

Tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että suomalainen talousvesi on laatuvaatimuksiin ja -suosituksiin verrattuna korkealuokkaista, siis turvallista ja terveellistä käyttää. Työryhmä esittää, että juomavesidirektiiviä uudistettaessa vesinäytteen ottotapa tulisi määritellä selkeästi kansallinen käytäntö huomioiden, TOC-pitoisuudelle tulisi asettaa numeraalinen suosituspitoisuus talousveden yleisen hygienian turvaamiseksi ja uraanille tulisi asettaa enimmäispitoisuus sen kemiallisen myrkyllisyyden perusteella. Lisäksi juomaveden radonpitoisuudelle tulisi asettaa enimmäispitoisuus ja poloniumin ja lyijyn määrittäminen tulisi sisällyttää porakaivovettä käyttävien vesilaitosten valvontaohjelmaan. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän raja-arvoissa tulisi huomioida suomalaisen veden korkeat TOC-, alumiini-, mangaani-, nikkeli- ja rautapitoisuudet. Talousvesiasetukseen tulisi saada selkeä määritelmä talousveden syövyttävyydelle. Talousveden syövyttävyyden vähentämiseksi vesilaitosten toimittaman veden pH-arvon suositus tulisi nostaa arvosta 6,5 arvoon 7,5 ja alkaliteetti ja kovuus tulisi lisätä talousvesiasetukseen kansallisina suosituksina. Pienten laitosten erityispiirteet tulisi huomioida kansallisessa lainsäädännössä, jotta veden laadun aiheuttamia ongelmia voitaisiin vähentää. Suurten vesilaitosten lisäksi myös pienten ja keskisuurten vesilaitosten ja vesiosuuskuntien tiedot olisi syytä kerätä keskitetysti yhteen tietokantaan.

## Abstract

The special characteristics of Finnish drinking water need to be taken into account in the preparation work for regulations prepared at European Union level, so that the directives and decrees issued are suitable for Finnish waters. The drinking water directive is currently under revision. A new acceptance system for materials and construction products in contact with drinking water (European Acceptance Scheme, EAS) is under preparation. The objective of EAS is to minimize the content of substances that leach from materials into water and to ensure the safe lifelong use of water.

The aim of this study was to determine the quality of Finnish drinking water by gleaning detailed information on waterworks of different sizes and on wells in different regions of Finland. Single wells, as well as small, medium size and large waterworks were the focus of this study. 60 parameters are described, of which 44 are included in the Finnish decree on drinking water. 16 of the described parameters are essential for evaluating e.g. the technical quality of water, EAS guidelines and radioactivity of water. In summary, about 420 000 separate assay results are included in this study, which is based on a previous study on Finnish drinking water quality carried out at the Finnish Institute of Drinking Water (FIDW) (Keinänen-Toivola et al. 2007).

The study showed that the microbiological quality of Finnish drinking water supplied by waterworks was high and that the water was healthy and safe to use. A small proportion (0.03–0.9 %) of the water samples studied contained at least one of the microbe types included in the Finnish decree on drinking water. These microbes were present in a substantially higher proportion of the water from single wells (approx. 20 %).

The concentration of microbe nutrients in water supplied by waterworks and water in single wells was in accordance with the Finnish decree on drinking water. The median concentration of total organic carbon (TOC) in water supplied by waterworks was 1.9 mg/l. The range of median concentrations of phosphate phosphorus in the waters of this study was 1.5–6.0 µg/l.

The concentrations of most metals (antimony, arsenic, mercury, cadmium, chromium, copper, lead, selenium, aluminium and sodium) in water from waterworks and single wells were in accordance with the Finnish decree on drinking water. In about 5 % of the water supplied by waterworks and single well waters, the concentrations of nickel, manganese or iron were higher than the guideline values in the Finnish decree on drinking water.

In water supplied by waterworks and in well waters, the concentrations of chemicals, organic compounds, boron and bromate were in accordance with the Finnish decree on drinking water. In about 2 % of water from waterworks and in 5 % of single well waters the concentration of fluoride was higher than required in the Finnish decree on drinking water.

Regarding parameters which define the technical quality of water, the concentrations of chloride and sulphate as well as electrical conductivity were in accordance with the Finnish decree on drinking water. 8 % of the average pH values in waterworks were below the lower recommended value of 6.5, and the corresponding proportion in single wells was 30 %. The range of median values of alkalinity was 0.5–1.8 mmol/l, that of hardness 2–30 mg/l and that of carbon dioxide 2–30 mg/l in the waters studied here.

In surface waters, the activity concentrations of radioactive parameters were very low, and there were no cases where the recommended values in the Finnish decree on drinking water or guideline ST 12.3 were exceeded. Sporadic excess values were observed in the ground water of soil. In ground water of bedrock, concentrations were high and measures to achieve the recommended values were often needed.

The technical quality and organic matter content of waters in Finland and other Nordic countries differ from waters in other regions of Europe. The former are soft and acidic compared to waters in other European countries. In Finland, the ratio of phosphorus content



to carbon content is lower than in other regions of Europe, and the TOC concentration is not a rate-limiting factor for microbial growth.

In conclusion, Finnish drinking water is of high quality when compared to the quality requirements and recommendations in Finnish legislation. The working group of this study proposes the following in the revised drinking water directive: the method of taking water samples should be clearly specified taking national practices into account; a numeral recommendation should be set for TOC concentration in order to improve the general hygiene of water; and a requirement value should be set for uranium due to its chemical toxicity. In addition, a requirement value should be set for radon in drinking water, and the determination of polonium and lead should be included in a monitoring programme for waterworks using drilled well water. The relatively high concentrations of TOC, aluminium, nickel, manganese and iron in Finnish drinking water should be taken into account when specifying reference concentrations for EAS. A clear definition of the corrosive properties of water with parameters and concentration values should be included in the Finnish decree on drinking water. In order to decrease the corrosive properties of water, the guideline value for pH should be increased from 6.5 to 7.5, and alkalinity and hardness should be included in the Finnish decree on drinking water as national recommendations. The special features of small waterworks should be taken into account in order to decrease the problems caused by water quality. Water quality and contact information on small and medium size waterworks should be collected centrally.

## Tutkimuksen lyhenteitä ja määritelmiä

<b>&gt;1000 m<sup>3</sup>/d</b>	Suuri vesilaitos, toimitetun veden määrä yli 1000 m <sup>3</sup> /d, talusvesiasetus 461/2000 määrittää toimitetun talusveden laatua
<b>10–1000 m<sup>3</sup>/d</b>	Keskisuuri vesilaitos, toimitetun veden määrä 10–1000 m <sup>3</sup> /d, talusvesiasetus 461/2000 määrittää toimitetun talusveden laatua
<b>&lt;10 m<sup>3</sup>/d</b>	Pieni vesilaitos, toimitetun veden määrä alle 10 m <sup>3</sup> /d, pienten yksiköiden asetus 401/2001 määrittää toimitetun talusveden laatua
<b>AG</b>	Tekopohjavesi (artificially recharged ground water)
<b>Alk +</b>	Vesilaitokselta verkostoon pumpattava vesi alkaloidaan
<b>Alk -</b>	Vesilaitokselta verkostoon pumpattavaa vettä ei alkaloida
<b>AOC</b>	Mikrobeille käyttökelpoinen hiili (assimilable organic carbon)
<b>DOC</b>	Veteen liuennut orgaaninen hiili (dissolved organic carbon)
<b>EAS</b>	European Acceptance Scheme, EU:ssa valmisteilla oleva tuotehyväksyntämenettely juomaveden kanssa kosketuksissa oleville materiaaleille (rakennustuotteille)
<b>G</b>	Pohjavesi (ground water)
<b>GB</b>	Kalliopohjavesi (ground water of bedrock, STUK:n vesilaitosaineisto)
<b>GTK</b>	Geologian tutkimuskeskus
<b>GWd</b>	Maaperäkaivo (dug wells, GTK:n pohjavesiaineisto ja STUK:n kaivovesiaineisto)
<b>GWdib</b>	Porakaivo (wells drilled into bedrock, GTK:n pohjavesiaineisto ja STUK:n kaivovesiaineisto)
<b>GWm</b>	Useammasta kaivosta yhteen johdettu raakavesi (multiple wells, ympäristöhallinnon pohjavesiaineisto)
<b>GWs</b>	Yksittäinen kaivo (single well, ympäristöhallinnon pohjavesiaineisto)
<b>GS</b>	Maaperän pohjavesi (ground water of soil, STUK:n vesilaitosaineisto)
<b>ND</b>	Vesilaitoksen kokoluokka, veden alkuperä tai veden alkalointi ei määritelty
<b>PAH</b>	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
<b>pmy</b>	Pesäkettä muodostava yksikkö (mikrobeilla)
<b>S</b>	Pintavesi (surface water)
<b>SE</b>	Merivesi (sea water)
<b>STUK</b>	Säteilyturvakeskus
<b>Talovesikaivo</b>	Yksittäiset taloudet käyttävät omaan vedenhankintaansa, pienten yksiköiden asetus 401/2001 määrittää talusveden laatua
<b>THM</b>	Trihalometaanit
<b>TOC</b>	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (total organic carbon)
<b>Total</b>	Kaikki vesilaitokset
<b>WHO</b>	Maailman terveysjärjestö (World Health Organization)



# Sisällysluettelo

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1 Talusveden laatu ja sen valvonta vesilaitoksilla</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2 Talusveden radioaktiivisuutta koskevat säädökset</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3 European Acceptance Scheme, EAS</b> .....	<b>16</b>
<b>1.4 Tutkimuksen tavoitteet</b> .....	<b>16</b>
<b>2 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA SISÄLTÖ</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Tutkimuksessa käytetyt aineistot</b> .....	<b>17</b>
2.1.1 Suurten vesilaitosten EU:lle raportoitavat tiedot.....	17
2.1.2 Suurilta, keskisuurilta ja pieniltä vesilaitoksilta kyselyillä kerätty tieto .....	17
2.1.3 Lisämittauksilla vesilaitoksilta hankitut tiedot .....	18
2.1.4 Geologian tutkimuskeskuksen pohjavesitietokannan tiedot.....	19
2.1.5 Ympäristöhallinnon pohjavesitietokannan tiedot .....	19
2.1.6 Säteilyturvakituksen tiedot talusveden radioaktiivisuudesta.....	19
2.1.7 Kooste tutkimuksen aineistoista .....	20
<b>2.2 Aineiston käsittely</b> .....	<b>21</b>
2.2.1 Vesilaitoskohtaisen keskiarvon laskeminen .....	21
2.2.2 Vesilaitostyyppin ja pohjavesityypin luokittelu .....	21
2.2.3 Aineiston käsittelyssä käytetyt ohjelmat .....	22
<b>2.3 Tulosten esittäminen</b> .....	<b>22</b>
2.3.1 Kuvat .....	22
2.3.2 Taulukot.....	23
<b>2.4 Johdanto tuloksiin</b> .....	<b>24</b>
<b>3 MIKROBIT</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1 Laatuvaatimusten alaiset mikrobit</b> .....	<b>26</b>
3.1.1 Enterokokit .....	26
3.1.2 <i>Escherichia coli</i> .....	28
<b>3.2 Laatusuosituksen alaiset mikrobit</b> .....	<b>30</b>
3.2.1 <i>Clostridium perfringens</i> .....	30
3.2.2 Koliformiset bakteerit.....	30
3.2.3 Heterotrofinen pesäkeluku.....	32
<b>4 MIKROBIRAVINTEET</b> .....	<b>35</b>
<b>4.1 Laatuvaatimusten alaiset mikrobiravinteet</b> .....	<b>35</b>
4.1.1 Nitraatti (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	35
4.1.2 Nitriitti (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	38
<b>4.2 Laatusuosituksen alaiset mikrobiravinteet</b> .....	<b>39</b>
4.2.1 Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	39
4.2.2 Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC).....	41
4.2.3 Hapettavuus (COD <sub>Mn</sub> ) .....	44
<b>4.3 Muut ravinteet</b> .....	<b>45</b>
4.3.1 Fosfori .....	45
<b>5 METALLIT</b> .....	<b>47</b>
<b>5.1 Laatuvaatimusten alaiset metallit</b> .....	<b>47</b>
5.1.1 Antimoni (Sb).....	47
5.1.2 Arseeni (As).....	49

5.1.3 Elohopea (Hg) .....	50
5.1.4 Kadmium (Cd).....	51
5.1.5 Kromi (Cr).....	53
5.1.6 Kupari (Cu).....	55
5.1.7 Lyijy (Pb) .....	57
5.1.8 Nikkeli (Ni) .....	58
5.1.9 Seleen (Se).....	60
<b>5.2 Laatusuositusten alaiset metallit .....</b>	<b>62</b>
5.2.1 Alumiini (Al).....	62
5.2.2 Mangaani (Mn).....	64
5.2.3 Natrium (Na) .....	66
5.2.4 Rauta (Fe).....	67
<b>5.3 Muut metallit.....</b>	<b>70</b>
5.3.1 Molybdeeni (Mo).....	70
5.3.2 Sinkki (Zn) .....	71
5.3.3 Tina (Sn).....	72
5.3.4 Titaani (Ti).....	73
5.3.5 Vismutti (Bi).....	74
<b>6 KEMIKAALIT JA ORGAANISET YHDISTEET .....</b>	<b>75</b>
<b>6.1 Laatuvaatimusten alaiset kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet.....</b>	<b>75</b>
6.1.1 Akryyliamidi.....	75
6.1.2 Bentseeni .....	76
6.1.3 Bentso(a)pyreeni.....	77
6.1.4. 1,2-dikloorietaani.....	78
6.1.5 Epikloorihydriini .....	79
6.1.6 Kloorifenolit .....	79
6.1.7 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) .....	80
6.1.8 Syanidit.....	80
6.1.9 Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni .....	81
6.1.10 Trihalometaanit (THM) .....	82
6.1.11 Vinyylkloridi .....	83
<b>7 EPÄMETALLIT.....</b>	<b>85</b>
<b>7.1 Laatuvaatimusten alaiset epämetallit .....</b>	<b>85</b>
7.1.1 Boori (B).....	85
7.1.2 Bromaatti (BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	86
7.1.3 Fluoridi (F) .....	87
<b>8 VEDEN TEKNIS-ESTEETTINEN LAATU.....</b>	<b>89</b>
<b>8.1 Laatusuositusten alaiset veden tekniseen laatuun vaikuttavat muuttajat .</b>	<b>89</b>
8.1.1 pH .....	89
8.1.2 Kloridi (Cl <sup>-</sup> ) .....	92
8.1.3 Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	94
8.1.4 Sähkönjohtavuus (EC).....	96
8.1.5 Haju ja maku.....	98
8.1.6 Sameus.....	99
8.1.7 Väriluku.....	101
<b>8.2 Muita veden tekniseen laatuun vaikuttavia muuttajia .....</b>	<b>103</b>
8.2.1 Alkaliteetti .....	103
8.2.2 Kovuus.....	105
8.2.3 Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> ) .....	107

<b>9 RADIOAKTIIVISUUS .....</b>	<b>110</b>
<b>9.1 Vedessä esiintyvät radioaktiiviset aineet .....</b>	<b>110</b>
9.1.1 Kokonaisalfa.....	110
9.1.2 Kokonaisbeeta .....	111
9.1.3 Lyijy-210 (Pb-210).....	112
9.1.4 Polonium-210 (Po-210).....	113
9.1.5 Radium-226 (Ra-226).....	114
9.1.6 Radon-222 (Rn-222).....	115
9.1.7 Uraani (U-234, U-238, U) .....	115
<b>10 YHTEENVETO JA TULOSTEN POHDINTA.....</b>	<b>118</b>
<b>10.1 Mikrobit.....</b>	<b>118</b>
<b>10.2 Mikrobiravinteet.....</b>	<b>119</b>
<b>10.3 Metallit.....</b>	<b>120</b>
<b>10.4 Kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet.....</b>	<b>121</b>
<b>10.5 Epämetallit .....</b>	<b>121</b>
<b>10.6 Veden teknis-esteettinen laatu .....</b>	<b>122</b>
<b>10.7 Talousveden radioaktiivisuus .....</b>	<b>124</b>
<b>11 JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>125</b>
<b>11.1 Juomavesidirektiivin uusintaprosessissa huomioitavia yleisiä seikkoja.</b>	<b>125</b>
<b>11.2 Juomavesidirektiivin uusintaprosessissa ja EAS-valmistelutyössä</b>	
<b>huomioitavat suomalaisen talousveden erityispiirteet .....</b>	<b>126</b>
<b>11.3 Ehdotukset kansallisiksi laatusuosituksiksi .....</b>	<b>126</b>
<b>11.4 Talousveden laadun seurantajärjestelmä.....</b>	<b>127</b>
<b>LÄHDELUETTELO .....</b>	<b>128</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>129</b>

# 1 Johdanto

Talousveden laatu vaikuttaa sekä ihmisten terveyteen että talousvesiverkostoissa käytettyjen materiaalien kestävyys. Talousveden laatua valvottaessa seurataan lähinnä haitallisia terveysvaikutuksia aiheuttavien muuttujien suositus- ja vaatimuspitoisuuksia. Talousveden ja vesiverkostoissa käytettyjen materiaalien välinen vuorovaikutus on monien ilmiöiden summa. Näitä ilmiöitä ovat aineiden liukeneminen materiaaleista, korroosio sekä mikrobien toiminta materiaalien pinnoilla biofilmeissä. Vaikka talousvesi olisi moitteetonta lähtiessään vesilaitokselta verkostoon, veden laatu voi olla kuluttajan hanasta otettuna huomattavasti heikompi edellä mainittujen ilmiöiden seurauksena.

Optimaalinen talousvesi on laadultaan vettä, joka täyttää sille asetetut vaatimukset ja suositukset ja jonka teknis-esteettiset ominaisuudet ovat verkostomateriaalien kestävyyskannalta optimaalisia. Optimaalisen laatuinen vesi ei aiheuta verkostomateriaalien laadun ennenaikaista heikkenemistä. Juomavesidirektiivissä ei aseteta raja-arvoja tai suosituspitoisuuksia kaikille merkittävälle veden teknistä laatua kuvaaville muuttujille (mm. alkaliteetti ja kovuus), joten direktiivin normit täyttävä vesi ei ole kaikissa tapauksissa verkostomateriaalien kannalta katsottuna parasta mahdollista.

Yksityiskohtaisempia tietoja talousveden ja verkostomateriaalien vuorovaikutuksesta sekä julkisesti saatavilla olevista vedenlaatu tiedoista on Vesi-Instituutissa laadituissa selvityksissä ”Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa” (Kekki ym. 2007) ja ”Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984–2007” (Keinänen-Toivola ym. 2007), jotka ovat saatavissa osoitteessa [www.vesi-instituutti.fi](http://www.vesi-instituutti.fi).

## 1.1 Talousveden laatu ja sen valvonta vesilaitoksilla

EU:n alueella juomavesidirektiivi 98/83/EY (Euroopan unionin neuvosto 1998) määrittelee juomaveden terveydellisen laadun minimivaatimukset. Direktiivin tavoitteena on suojella ihmisten terveyttä juomaveden saastumisesta aiheutuvalta vaikutuksilta varmistamalla, että vesi on terveellistä ja puhdasta. Juomavesidirektiivissä on 48 mikrobiologista ja kemiallista muuttujaa, joita tulee seurata ja mitata säännöllisesti valvontaohjelman mukaisesti. Juomavesidirektiivin muuttujien raja-arvot ja suosituspitoisuudet on valittu siten, että juomavettä voidaan turvallisesti käyttää koko ihmisen eliniän ajan. Muuttujille asetettuja raja-arvoja on noudatettava siinä kohdassa, missä juomavesi saatetaan kuluttajan käyttöön eli käytännössä kuluttajan hanasta otettavassa vedessä. Jäsenvaltioiden juomaveden tulee täyttää vähintään direktiivissä asetetut vaatimukset ja suositukset. Kansallisesti voidaan asettaa tiukempiakin vaatimuksia (lisätä muuttujia tai tiukentaa raja-arvoa), jos se on tarpeen ihmisten terveyden turvaamiseksi.

Juomavesidirektiivi on toimeenpantu Suomen kansalliseen lainsäädäntöön sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000 (”talousvesiasetus”) (Sosiaali- ja terveysministeriö 2000). Talousvesiasetus koskee vettä, jota 1) toimitetaan talousvetenä käytettäväksi vähintään 10 m<sup>3</sup>/d tai vähintään 50 henkilön tarpeisiin, 2) käytetään elintarvikealan yrityksessä ihmisten käyttöön tarkoitetuissa tuotteissa tai 3) käytetään osana julkista tai kaupallista toimintaa. Talousvesiasetus koskee vain kylmää vettä. Asetuksessa on esitetty vaatimus- tai suosituspitoisuus yhteensä 51 muuttujalle. Talousvesiasetuksessa on juomavesidirektiiviä tiukemmat suosituspitoisuudet kloridille ja sulfaatile, tarkoituksena on ehkäistä veden syövyttävyyttä. Lisäksi talousvesiasetuksessa on kloorifenoleille raja-arvo, jota ei ole juomavesidirektiivissä.

Juomavesidirektiivin ulkopuolelle rajatuille pienille talousvettä toimittaville yksiköille on Suomessa oma asetuksensa, sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 401/2001 (Sosiaali- ja terveysministeriö 2001). Pienten yksiköiden asetus koskee 1) laitoksia, jotka toimittavat talousvettä vähemmän kuin 10 m<sup>3</sup>/d tai alle 50 henkilön tarpeisiin, 2) elintarvikeyrityksiä, joihin ei sovelleta talousvesiasetusta 461/2000 ja 3) yksittäisten talouksien kaivoja. Talousvesiasetuksen 51 muuttujasta 17 raja-arvo tai suosituspitoisuus poikkeaa pienten yksiköiden asetuksessa. Yksittäisten talouksien käyttämälle kaivovedelle on löyhemmät kriteerit kuin muille pienille vettä toimittaville yksiköille.

Talousveden laadun valvonnasta Suomessa vastaavat kuntien terveydensuojeluviranomaiset. Säännöllinen valvonta sisältää jatkuvaa valvontaa ja jaksottaista seuranta. Valvontatutkimusten tiheys erikokoisille vettä toimittaville yksiköille on määritetty talousvesiasetuksessa ja pienten yksiköiden asetuksessa. Mikäli talousveden laatu ei täytä sille asetettuja laatuvaatimuksia, terveydensuojeluviranomaisen on ryhdyttävä yhdessä talousveden toimittajan kanssa toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi. Mikrobiologisten laatuvaatimusten täyttymättömyys edellyttää aina välittömiä toimenpiteitä tilanteen korjaamiseksi.

## **1.2 Talousveden radioaktiivisuutta koskevat säädökset**

Talousvesiasetuksessa on annettu laatusuositus tritiumille (H-3) ja viitteelliselle kokonaisannokselle. Lisäksi Säteilyturvakeskus on asettanut vuonna 1993 toimenpiderajat vesilaitosten veden ja elintarvikkeiden valmistuksessa käytettävän veden radioaktiivisuudelle (Ohje ST 12.3) (Säteilyturvakeskus 1993).

Talousvesiasetuksessa olevaan viitteelliseen kokonaisannokseen lasketaan uraani, radium ja torium, mutta ei radonia, radonin hajoamistuotteita, tritiumia eikä kalium-40a. Suomalaisessa pohjavedessä torium on hyvin niukkaliukoinen, minkä vuoksi sitä ei ole huomioitu laskettaessa viitteellistä kokonaisannosta. Jos radiumista aiheutuva annos on pieni verrattuna uraanista johtuvaan annokseen ja isotooppien 238U ja 234U suhde on noin yksi, viitteellinen kokonaisannos vastaa noin 100 µg/l uraanipitoisuutta. Radiumin tai 234U osuuden kasvaessa 238U saa olla vastaavasti pienempi. Arvoa 100 µg/l on mahdollista käyttää valvontatyössä talousveden uraanipitoisuuden rajoittamiseen isoissa vesilaitoksissa.

Talousveden radioaktiivisuuden osalta sovelletaan asetuksen laatuvaatimuksia, mutta ei mittauksia tai valvontatiheyttä koskevia säännöksiä. Säteilyturvakeskuksen ohje ST 12.3 rajoittaa talousveden radioaktiivisuutta siten, että sen sisältämien eri radionuklidien aiheuttama yhteenlaskettu vuosiannos ei saa ylittää arvoa 0,5 mSv. Sievert (tunnus Sv) on säteilyannoksen yksikkö, joka kuvaa ionisoivan säteilyn biologista vaikuttavuutta. Ohjeessa toimenpideraja veden radonpitoisuudelle on 300 Bq/l. Muille luonnon radioaktiivisille aineille se on välillä 0,5–20 Bq/l. Becquerel (tunnus Bq) on säteilyn aktiivisuuden yksikkö. Ohjetta ST 12.3 sovelletaan myös pieniin, alle 50 käyttäjän, vesilaitoksiin.

Sosiaali- ja terveysministeriön pieniä vesilaitoksia ja yksityisiä kaivoja koskevassa asetuksessa 401/2001 asetettiin radonpitoisuutta koskevaksi laatusuosituksiksi pienille talousvesiyksiköille 300 Bq/l ja yksityiselle kaivovedelle 1 000 Bq/l. Yksityiskaivoille ei ole voimassa olevia uraania koskevia säädöksiä. Säteilyturvakeskus on suosittelut asiakkailleen korvaavaa vesilähdettä tai veden uraanipitoisuuden alentamista, jos talousveden uraanipitoisuus kaivovedessä ylittää 100 µg/l.



### 1.3 European Acceptance Scheme, EAS

EU:ssa ollaan valmistelemaan juomavesidirektiiviin ja rakennustuotedirektiiviin pohjautuvaa tuotehyväksyntämenettelyä, ”European Acceptance Scheme”, EAS. EAS tulee koskemaan uusiin järjestelmiin asennettavia, juomaveden kanssa kosketuksissa olevia rakennustuotteita (materiaaleja). EAS:n tavoitteina on rakennustuotteiden turvallisuus elinikäisessä käytössä ja toisaalta kaupan esteiden purkaminen ja vapaan kilpailun edistäminen. Tuotteissa voidaan käyttää vain turvallisiksi todettuja materiaaleja, ja itse tuote testataan standardisoiduilla menetelmillä ennalta määräytyin testivesin mm. haitallisten aineiden liukenemisen tai biofilmien muodostumisen osoittamiseksi. Metallituotteista mahdollisesti liukenevia mitattaviksi esitettyjä metalleja ovat talousvesiasetuksen laatuvaatimusten alaiset antimoni, arseeni, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli ja seleeni ja laatusuosituksen alaiset alumiini, mangaani ja rauta. Rakennustuotteille ollaan EAS:ssa asettamassa myös vaatimuksia, joita ei ole juomavesidirektiivissä eikä talousvesiasetuksessa. Metalliseoksista liukenevalle molybdeenille, tinalle, titaanille, sinkille ja vismutille on ehdotettu raja-arvoja.

Orgaanisilta materiaaleilta liukenevalle orgaanisen hiilen määrälle ollaan asettamassa enimmäispitoisuutta. Lisäksi mikrobien kasvupotentiaalia orgaanisilla materiaaleilla on mitattava. Tuotteesta veteen liukenevat orgaaniset aineet voivat sisältää haitallisia kemikaaleja tai ne voivat olla ravinteita mikrobeille. Orgaanisten materiaalien EAS-hyväksynnässä tuotteista liukenevan orgaanisen hiilen kokonaismäärän raja-arvolla pyritään toisaalta parantamaan veden yleistä hygieenistä laatua eli vähentämään mikrobikasvua ja toisaalta rajoittamaan tuotteista liukenevien orgaanisten kemikaalien kokonaismäärää. Tuotteen testauksessa mitataan siis aluksi veteen liukenevan orgaanisen hiilen kokonaismäärä. Jos saatu TOC-tulos on hyväksyttävä, tutkitaan tuotteen vaikutukset veden hajuun ja makuun sekä mikrobikasvuun. Jos saatu TOC-tulos ei ole hyväksyttävä, analysoidaan tuotteesta veteen liukenevat positiivilistojen mukaiset aineet erikseen ennen aistinvaraisia ja mikrobiologisia testejä.

EAS toteutetaan harmonisoitujen eurooppalaisten standardien (hEN) avulla. EAS:n valmistelu aloitettiin jo vuonna 1999, mutta valmisteluprosessia ovat viime vuosina hidastaneet EU:n komission ja CEN:in (Comité Européen de Normalisation, the European Committee for Standardization) väliset erimielisyydet hallinnollisten päätösten sisällyttämisestä standardeihin. Näihin kysymyksiin odotetaan ratkaisua vuoden 2008 aikana.

### 1.4 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kattavasti suomalaisen talousveden laatua keräämällä yksityiskohtaista tietoa erikokoisten vettä toimittavien yksiköiden talousveden laadusta eri puolilta Suomea. Tutkimuksen kohteena olivat yksittäiset kaivot, vesiosuuskunnat sekä pienet, keskisuuret ja suuret vesilaitokset. Vesitietoja on mukana raakavedestä kuluttajan hanaan saakka. Tutkimus on jatkoa Vesi-Instituutissa laaditulle selvitykselle ”Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984–2006” (Keinänen-Toivola ym. 2007), joka on saatavissa osoitteessa [www.vesi-instituutti.fi](http://www.vesi-instituutti.fi). Tässä tutkimuksessa kerättyjä tietoja tarvitaan EU-säädösten, lähinnä juomavesidirektiivin ja EAS:n valmistelutyössä. Suomalainen ja muu pohjoismainen talousvesi poikkeaa tekniseltä laadultaan ja orgaanisen aineen määrän suhteen muun Euroopan vesistä. Ensin mainitut ovat pehmeitä ja happamia muuhun Eurooppaan verrattuna. Suomen talousvesissä fosforin määrän suhde hiilen määrään on pienempi kuin muualla Euroopassa. Suomalaisen talousveden erityispiirteet tulisi saada näkyviin myös uuteen juomavesidirektiiviin. Lisäksi Suomen etujen esiin tuominen EAS-valmistelutyössä edellyttää riittävää tietoa Suomen talousvesien laadusta.

## **2 Tutkimuksen toteutus ja sisältö**

### **2.1 Tutkimuksessa käytetyt aineistot**

#### **2.1.1 Suurten vesilaitosten EU:lle raportoitavat tiedot**

Ihmisten käyttöön tarkoitettun veden laadusta annetun Euroopan neuvoston direktiivin 98/83/EY (Euroopan unionin neuvosto 1998) edellyttämänä Euroopan komissiolle tulee raportoida säännöllisin väliajoin talousveden valvontaa ja laatua koskevat tiedot sellaisilta laitoksilta, jotka toimittavat talousvettä yli 1 000 m<sup>3</sup> päivässä tai yli 5 000 käyttäjälle. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 461/2000 (Sosiaali- ja terveysministeriö 2000) 16 §:n mukaisesti kuntien terveydensuojeluviranomaiset, jotka terveydensuojelulain 763/1994 (Eduskunta 1994) nojalla vastaavat talousveden laadun säännöllisestä valvonnasta, toimittavat tällaisten laitosten valvontatutkimusten tulokset lääninhallitukselle kutakin kalenterivuotta seuraavan kolmen kuukauden kuluessa. Valvontatutkimusten sisältö ja tutkimusten määrä määräytyvät sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 461/2000 vaatimusten mukaisesti. Kukin lääninhallitus laatii tuloksista yhteenvedon ja toimittaa sen Kansanterveyslaitokselle, joka laatii kolmen vuoden välein kansallisen raportin Euroopan komissiolle toimitettavaksi.

Kansanterveyslaitos toimitti Vesi-Instituuttiin nyt käsiteltävänä olevaa tutkimusta varten 165 suuren laitoksen toimittamasta talousvedestä vuosina 2002–2005 tehdyt valvontatutkimusten tulokset. Vuosittainen valvontatutkimustulosten määrä oli runsas 80 000 tulosta.

#### **2.1.2 Suurilta, keskisuurilta ja pieniltä vesilaitoksilta kyselyillä kerätty tieto**

Vesilaitoksilta kerättiin tietoja veden laadusta kevään ja kesän 2007 aikana toteutetulla sähköpostikyselyllä. Suurten vesihuoltolaitosten (n= 162) kysely lähetettiin suoraan vesihuoltolaitoksille. Laitoksilta pyydettiin veden laatutietoja seuraavista 23 muuttujasta: alkaliteetti, AOC (mikrobeille käyttökelpoinen hiili), fosfaatti (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), ftalaatit, haju, happi, hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), kalsium (Ca), kokonaisfosfori (kok. P), kokonaistyppi (kok. N), kovuus, magnesium (Mg), maku, molybdeeni (Mo), pesäkkeiden lukumäärä (22°C), sameus, silikaatti (SiO<sub>2</sub>), sinkki (Zn), tina (Sn), titaani (Ti), TOC (orgaanisen hiilen kokonaismäärä), vismutti (Bi) ja väri. Tietoja pyydettiin yhden vuoden ajalta, viimeisimmältä vuosisata 2000–2006, jolta tietoja oli saatavilla, ensisijaisesti jo olemassa olevien Excel-taulukoiden muodossa. Vaihtoehtoisesti keskiarvotiedot oli mahdollista täydentää liitteenä 3 olevaan kyselykaavakkeeseen. Niiltä laitoksilta, joilla vettä johdettiin verkostoon useammalta vedenottamolta tai vedenkäsittelylaitokselta, pyydettiin tiedot erikseen kultakin ottamolta/käsittelylaitokselta. Jokaisen yksittäisen pitoisuustiedon tai keskiarvotiedon kohdalle pyydettiin merkitsemään, oliko vesinäyte/vesinäytteet otettu laitokselta lähtevästä vedestä vai verkostopisteestä. Vesilaitosten raakavesitiedot jätettiin tämän kyselyn ulkopuolelle. Taustatietoina kysyttiin myydyn veden määrää/vrk ja raakaveden tyyppi (pintaveden ja pohjaveden suhteelliset osuudet, tekopohjaveden käyttö). Kyselyyn saatiin vastauksia 50 suurelta vesilaitokselta (vastausprosentti 31).

Keskisuuriin ja pieniin vesihuoltolaitoksiin otettiin yhteyttä terveystarkastajien kautta kevään 2007 aikana. Kysely lähetettiin kaikkiin Suomen kuntiin/kuntayhtymiin, joiden terveystarkastajien yhteystiedot olivat saatavilla (n= 208 kuntaa tai kuntayhtymää). Keskisuurista ja pienistä vesihuoltolaitoksista pyydettiin tietoja kaikista talousvesiasetuksen mukaisista muuttujista sekä suurten vesihuoltolaitosten kohdalla esitetyistä muista muuttujista. Kyselyn periaatteet olivat samat kuin suurten laitosten kohdalla on esitetty.

Länsi-Suomen läänin lääninterveystarkastajat olivat keränneet alueensa veden laatutietoja vuodelta 2003. Myös nämä tiedot saatiin tämän tutkimuksen käyttöön. Yhteensä tähän tutkimukseen saatiin tietoja 293 keskisuuren ja 15 pienen vesilaitoksen/vedenottamon/vesiosuuskunnan veden laadusta. Lisäksi tietoja saatiin 57 vesilaitokselta/vesiosuuskunnalta, joiden kokoluokkaa ei voitu määrittellä.

### **2.1.3 Lisämittauksilla vesilaitoksilta hankitut tiedot**

#### Veden tekniset ominaisuudet

Määritettäessä kevään ja kesän 2007 aikana veden laadusta kerättyä tietoa havaittiin, että veden teknisiin ominaisuuksiin vaikuttavista muuttujista (alkaliteetti, kovuus ja orgaanisen hiilen kokonaismäärä) oli niukasti tietoja keskisuurilta ja pieniltä vesilaitoksilta. Tämän tietovajeen korjaamiseksi toteutettiin lisämittauskampanja keskisuurille vesilaitoksille. Laitosten yhteystiedot koottiin yhteistyössä lääninterveystarkastajien kanssa. Mukaan tutkimukseen kutsuttiin keskimäärin 13 kpl keskisuurta vesilaitosta/maakunta, yhteensä noin 250 vesilaitosta. Laitoksia pyydettiin ottamaan vesinäyte loka-marraskuun aikana edustavasta verkostopisteestä valvontanäytteistä käytössä olevan näytteenottotavan mukaisesti. Näytteet pyydettiin määrittämään Elintarviketurvallisuusviraston (EVIRA) hyväksymässä akkreditoidussa laboratoriossa, jota vesilaitos muutoinkin käytti vesinäytteiden määrittämisessä. Lisämittauskampanjalla tietoja saatiin 91 vesilaitokselta/vedenottamolta/vesiosuuskunnalta. Taustatietona pyydettiin tietoa laitoksen veden alkaloinnista.

#### Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus muuttujien pitoisuuksiin

EAS-järjestelmään ehdotetuista metalleista, jotka eivät kuulu talousvesiasetukseen (molybdeeni, sinkki, tina, titaani ja vismutti), tietoja tarvittiin lisää. Mukaan tutkimukseen kutsuttiin 10 suurinta vesilaitosta sekä yksi keskisuuri vesilaitos/maakunta (yhteensä 10+19 vesilaitosta). Suurista laitoksista seitsemän osallistui (17 vedenottamo) ja keskisuurista kuusi (seitsemän vedenottamo). Tutkimuksessa mukana olevien seitsemän suuren vesilaitoksen myymän veden määrä kattaa noin neljänneksen Suomessa myydyin veden määrästä (Vesi- ja viemäri- ja vesihuoltolaitosyhdistys 2007, Suomen ympäristökeskus 2008).

Metallimäärityksiä varten näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä (juoksettu vesi) sekä verkostopisteestä kahdella eri tavalla: seisotetusta vedestä ja juoksettamisen jälkeen. Näin oli mahdollista verrata näytteenottotavan vaikutusta metallipitoisuuksiin. Sitä, kuinka kauan vesi oli seisonut verkostopisteen putkessa ennen juoksetusta, ei ollut mahdollista määrittää. Näytteitä määritettiin Labtium Oy:n laboratoriossa Espoossa ja Ramboll Analytics Oy:n laboratoriossa Lahdessa.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta seuraavien talousveden laatua kuvaavien muuttujien pitoisuuteen: metalleista alumiini, arseeni, kupari, lyijy, mangaani, nikkeli ja rauta; teknistä laatua kuvaavista muuttujista alkaliteetti, kloridi, hiilidioksidi, kovuus, pH, sulfaatti ja sähkönjohtavuus sekä muista muuttujista fosfaattifosfori, ammonium, nitraatti, pesäkeluku ja orgaanisen hiilen kokonaismäärä. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksetetusta verkostovedestä. Seisotusajat vaihtelivat viidestä tunnista kuukauteen. Mukana tutkimuksessa oli 25 keskisuurta ja suurta vesilaitosta Tampereen ja Turun seuduilta. Näytteet määritettiin Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:ssä ja Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:ssä.

#### **2.1.4 Geologian tutkimuskeskuksen pohjavesitietokannan tiedot**

Tässä tutkimuksessa käytetty Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) pohjavesiaineisto koostuu Geologian tutkimuskeskuksen vuosina 1999–2006 keräämistä yksittäisistä kaivovesinäytteistä, joita on yhteensä 2 770 kpl. Näistä vesinäytteistä 1 739 kpl on otettu maaperän kaivoista ja 1 031 kpl kallioporakaivoista.

Näytteistä mitattiin näytteenoton yhteydessä kuusi muuttujaa ja määritettiin GTK:n geokemian laboratoriossa (nykyisin Labtium Oy) noin 40 muuttujaa. Menetelmien tarkemmat kuvaukset löytyvät mm. GTK:n tutkimusraporteista no. 155 (Lahermo ym. 2002) ja no. 147 (Backman ym. 1999). Fysikaalis-kemialliset ja anionimääritykset on tehty käsittelemättömästä vesinäytteestä. Kationi- ja raskasmetallimääritykset on tehty suodatetuista (0,45 µm) ja näytteenoton yhteydessä kestäväidystä (0,5 ml HNO<sub>3</sub> / 100 ml vettä) vesinäytteistä. Näytteenottomenetelmä on kuvattu tarkemmin GTK:n tutkimusraportissa no. 155 (Lahermo ym. 2002).

#### **2.1.5 Ympäristöhallinnon pohjavesitietokannan tiedot**

Tässä tutkimuksessa käytetty ympäristöhallinnon pohjavesiaineisto koostuu alueellisten ympäristökeskusten vuosina 2000–2007 kokoamista kaivovesinäytteistä. Tietoja on saatu pääasiallisesti vedenottajilta ja ne edustavat siltä osin vedenottajien raakaveden seurannassa saatuja laatutuloksia. Suomen ympäristökeskus poimi mukaan tutkimukseen aineistoa pohjavesitietokannasta (POVET) sekä yksittäisiä kaivojen että useammasta kaivosta yhteen johdettujen vesien laadun osalta. Yksittäiset kaivot ovat osana vedenottoa pohjavedenottamoilla, joita käytetään yli 10 talouden yhteisvedenhankinnassa. Myös useammasta kaivosta (kaksi tai useampia) yhteen johdettua vesiä käytetään vedenottamalla raakavetenä. Kaivot ovat pääosin rengaskaivoja, mukana on myös porakaivoja. Osassa kaivoista vesi on osin tekopohjavettä, jossa on mukana myös luonnontilaista pohjavettä. Veden ottomäärät aineiston ottamoilla vaihtelevat pienimmillään 2 m<sup>3</sup>/d aina yli 5–10 000 m<sup>3</sup>/d ottamoihin (isoimpien kaupunkien vedenotto).

#### **2.1.6 Säteilyturvakeskuksen tiedot talousveden radioaktiivisuudesta**

##### Vesilaitokset

Pohjaveden radioaktiivisia aineita on tutkittu Säteilyturvakeskuksessa (STUK) jo 1960-luvun lopulta lähtien. Luonnon radionuklidien pitoisuudet mitattiin 1970-luvun aikana lähes kaikkien vesilaitosten vedestä. Vuoteen 2008 mennessä lähes kaikki yli 200 käyttäjän vesilaitokset on tutkittu ja suuri määrä pienempiäkin vesilaitoksia, yhteensä yli 1 000 vesilaitosta. Kaikista näytteistä on mitattu radonpitoisuus, suuresta osasta näytteitä kokonaisalfa-, kokonaisbeeta-pitoisuus ja 226Ra-pitoisuus sekä osasta näytteitä myös 238U-, 234U- ja 228Ra-pitoisuudet.

##### Yksityiset pora- ja rengaskaivot

Väestörekisterikeskukselta pyydettiin yksinkertaiseen satunnaisotantaan perustuvat tiedot 2 000 suomalaisesta, jotka eivät heidän tietojensa perusteella kuuluneet julkisen vesihuollon piiriin. Näille 2 000 suomalaiselle lähetettiin kirje, jossa kysyttiin halukkuutta osallistua tutkimukseen. Tutkimukseen valittiin noin 300 porakaivovettä käyttävää kotitaloutta. Maaperäkaivon käyttäjistä valittiin satunnaisotannalla pienempi noin 200 talouden otos.

Kaikki kotitaloudet käyttivät talousvetenä kyseisen kaivon vettä vakituisesti. Valitut kohteet edustivat yhteensä 215 kuntaa. Koska osa kunnista muodostaa kuntayhtymiä, oli tutkimukseen osallistuneiden kuntien tai kuntayhtymien lukumäärä 163 kappaletta. Yhden kunnan tai kuntayhtymän alueelta tutkimuksessa oli mukana keskimäärin kolme kaivoa. Porakaivoista otettuja näytteitä kerättiin kaikkiaan 151 kunnan tai kuntayhtymän alueelta ja maaperänkaivoista 130 kunnan tai kuntayhtymän alueelta. Kaivovesinäytteet kerättiin kevään 2001 aikana. Kaikista näytteistä määritettiin radonpitoisuus (<sup>222</sup>Rn), pitkäikäisten alfa-aktiivisten aineiden yhteismäärä (<sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra ja <sup>210</sup>Po), radium (<sup>226</sup>Ra), lyijy (<sup>210</sup>Pb) ja polonium (<sup>210</sup>Po) pitoisuudet. Lisäksi osasta vesinäytteistä (200 kpl) tehtiin radiokemiallinen uraanimääritys (<sup>234</sup>U ja <sup>238</sup>U) ja radiumin toinen isotooppi (<sup>226</sup>Ra).

### 2.1.7 Kooste tutkimuksen aineistoista

Tutkimuksessa käytetyt aineistot on esitetty kootusti taulukossa 1. Vedenhankintayksiköistä on esitetty kokoluokka: suuri, keskisuuri ja pieni vesilaitos sekä kaivo. Vesilaitoksista on esitetty kuhunkin luokkaan kuuluvien laitosten lukumäärä. Kaikista aineistoista on kuvattu niiden sisältämät muuttujat sekä vuodet, joilta tutkimuksessa käytetyt tiedot olivat.

**Taulukko 1.** Tutkimuksessa ”Suomalaisen talousveden laatu raakavedestä kuluttajan hanaan vuosina 1999–2007” käytetyt aineistot.

Aineisto	Vedenhankinta-yksikön koko	Yksiköiden lukumäärä	Muuttujat	Vuodet
EU:lle raportoitavat tiedot	Suuri VL	165	Talousvesiasetuksen mukaiset	v. 2002–2005
Kyselyillä kerätty tieto	Suuri VL	50	Talousvesiasetuksen mukaiset + muita	v. 2000–2007
	Keskisuuri VL	293		
	Pieni VL	15		
	VL, koko ei määritelty	57		
Lisämittauksilla hankitut tiedot	Keskisuuri VL	91	alkaliteetti, kovuus, pH, TOC	v. 2007
	Keskisuuri VL	6	Mo, Zn, Sn, Ti, Bi	
	Suuri VL	7	Mo, Zn, Sn, Ti, Bi	
	Keskisuuri ja suuri VL	25	Al, As, Cu, Pb, Mn, Ni, Fe, alkaliteetti, Cl <sup>-</sup> , CO <sub>2</sub> , kovuus, pH, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , sähkönjohtavuus, PO <sub>4</sub> -P, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , pesäkeluku, TOC	
GTK:n pohjavesitiedot	Kaivo	noin 3000	Talousvesiasetuksen mukaisia + muita	v. 1999–2006
Ympäristöhallinnon pohjavesitiedot	Kaivo	ND	Talousvesiasetuksen mukaisia + muita	v. 2000–2007
STUK:n pohjavesitiedot	VL	yli 1000	kokonaisalfa, kokonaisbeeta, <sup>222</sup> Rn, <sup>226</sup> Ra, <sup>228</sup> Ra, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U	v. 1960–2008
	Kaivo	noin 500	kokonaisalfa, <sup>210</sup> Pb, <sup>210</sup> Po, <sup>222</sup> Rn, <sup>226</sup> Ra, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U	v. 2001

VL: vesilaitos

ND: ei määritelty

## 2.2 Aineiston käsittely

### 2.2.1 Vesilaitoskohtaisen keskiarvon laskeminen

Tutkimuksessa esitetyt kuvat ja taulukot pohjautuvat kullekin muuttujalle laskettuun vesilaitoskohtaiseen keskiarvoon, joka on laskettu yksittäisistä veden laatua kuvaavien muuttujien määrittäytuloksista. Kaikki vuosina 2000–2007 tehdyt yhden laitoksen määrittäytulokset on sisällytetty keskiarvoon. Keskiarvo on laskettu, mikäli vähintään puolet kaikista laitoksen määrittäytuloksista on numeerisia eli alle määrittäysrajan olevia tuloksia on vähemmän kuin puolet. Virallisen talousvesiraportoinnin mukaisesti alle määrittäysrajan olevat tulokset ilmoitetaan nollana (0). Osa vesilaitosten tiedoista, erityisesti suuret vesilaitokset, oli ilmoitettu em. periaatetta noudattaen, osan tiedoista oli ilmoitettu olevan alle määrittäysrajan (esim. <5). Vesilaitosten keskiarvojen laskemiseen on siten käytetty sekä nollia että määrittäysrajan puolikkaita. GTK:n kaivovesitulosten keskiarvot on laskettu käyttäen määrittäysrajan puolikkaita silloin, kun tulos on ollut alle määrittäysrajan. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa alle määrittäysrajan olevat tulokset on ilmoitettu nollana (0) ja nollaa on käytetty keskiarvon laskemiseen. Laitoskohtaisen keskiarvon laskennassa on käytetty verkostoveden ja laitokselta lähtevän veden tietoja, ei raakavesitietoja. GTK:n ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineistojen tiedot edustavat raakavettä.

Laitoksilla, joilla oli useita vedenottamoita, on laskettu vedenottamokohtaiset keskiarvot, mikäli alkuperäiset tulokset oli selkeästi määrittämissä tietyn vedenottamon vedeksi. Vedenottamokohtaisia keskiarvoja on näissä tapauksissa käytetty laitoskohtaisen keskiarvon sijaan kuvien ja taulukoiden aineistona.

Muutama yksittäinen pääosin teollisuudelle vettä toimittava laitos jätettiin tämän tutkimuksen ulkopuolelle, koska laitoksen toimittama vesi menee pääosin prosessikäyttöön erilaisin erityisvaatimuksin.

Lisämittauskampanjalla kerätyt tiedot ovat yksittäisten vesinäytteiden määrittäytuloksia, joista ei ole laskettu laitoskohtaisia keskiarvopitoisuuksia.

Mikrobiologisille muuttujille ei ole laskettu keskiarvoja. Kunkin vesilaitoksen tiedot kaikilta vuosilta on koottu yhteen, jolloin jokaiselle vesilaitokselle on saatu oma tunnuslukunsa. Tuloksena on esitetty se, onko laitoksella havaittu mikrobeja vai ei. Jos mikrobeja on havaittu, on lisäksi esitetty näiltä laitoksilta kaikkien tutkittujen näytteiden lukumäärä, mikrobeja sisältävien näytteiden lukumäärä sekä mikrobeja sisältävien näytteiden suhteellinen osuus.

### 2.2.2 Vesilaitostyyppin ja pohjavesityypin luokittelu

Tuloksissa vesilaitokset on luokiteltu ryhmiin tuotetun veden määrän (laitoskoko), käytetyn veden alkuperän ja veden alkaloinnin mukaan (taulukko 2). Jos laitoksella käytettiin alkuperältään useamman tyyppistä vettä, on laitos luokiteltu merkittävimmän vesilähteen mukaisesti. Kaikista laitoksista ei saatu selville laitoksen tuottaman veden määrää (laitoskoko) tai käytetyn veden alkuperää (pinta-, pohja- ja tekopohjavesi), ja tämä on ilmoitettu tuloksissa merkinnällä ”ND”, ei määritetty (not defined). Vesilaitoksen toimittama vesi on luokiteltu näytteenottopaikan ja -tavan mukaisesti kolmeen ryhmään (X1–X3, jossa X on muuttujan nimi tai lyhenne), jolloin X1 edustaa verkostoon pumpattavaa vettä, X2 seisotettua verkostovettä ja X3 juoksutettua verkostovettä.

Pohjavesiaineistojen ja Säteilyturvakeskuksen vesityyppien luokittelu on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Tutkimuksen aineistojen kuvaamiseen käytetyt lyhenteet.

<b>Lyhenne</b>	<b>Selitys</b>
Total	Kaikki vesilaitokset
>1000 m <sup>3</sup> /d	Suuri vesilaitos, veden tuotto >1000 m <sup>3</sup> /d
10–1000 m <sup>3</sup> /d	Keskisuuri vesilaitos, veden tuotto 10–1000 m <sup>3</sup> /d
<10 m <sup>3</sup> /d	Pieni vesilaitos, veden tuotto <10 m <sup>3</sup> /d
ND	Vesilaitoksen kokoluokka, veden alkuperä tai veden alkalointi ei määritelty
G	Pohjavesi (ground water)
S	Pintavesi (surface water)
AG	Tekopohjavesi (artificially recharged ground water)
SE	Merivesi (sea water)
GB	Kalliopohjavesi (ground water of bedrock, STUK:in vesilaitosaineisto)
GS	Maaperän pohjavesi (ground water of soil, STUK:in vesilaitosaineisto)
GWd	Maaperäkaivo (dug wells, GTK:n pohjavesiaineisto ja STUK:in kaivovesiaineisto)
GWdib	Porakaivo (wells drilled into bedrock, GTK:n pohjavesiaineisto ja STUK:in kaivovesiaineisto)
GWs	Yksittäinen kaivo (single well, ympäristöhallinnon pohjavesiaineisto)
GWm	Useammasta kaivosta yhdistetty raakavesi (multiple wells, ympäristöhallinnon pohjavesiaineisto)
Alk +	Vesilaitokselta lähtevä vesi alkaloidaan
Alk -	Vesilaitokselta lähtevää vettä ei alkaloida
X1	laitokselta verkostoon pumpattava vesi
X2	seisotettu verkostovesi
X3	verkostopisteestä juoksuttamisen jälkeen otettu vesi

### 2.2.3 Aineiston käsittelyssä käytetyt ohjelmat

Aineistoa käsiteltiin seuraavilla tilastollisilla ohjelmilla: Microsoft Office Excel 2003 SP3 (Microsoft Corporation), Origin 8 SR1 (OriginLab Corporation) ja SPSS 15.0 (SPSS Inc.). Box plot -kuvat on tehty edellä mainitulla Origin-ohjelmalla.

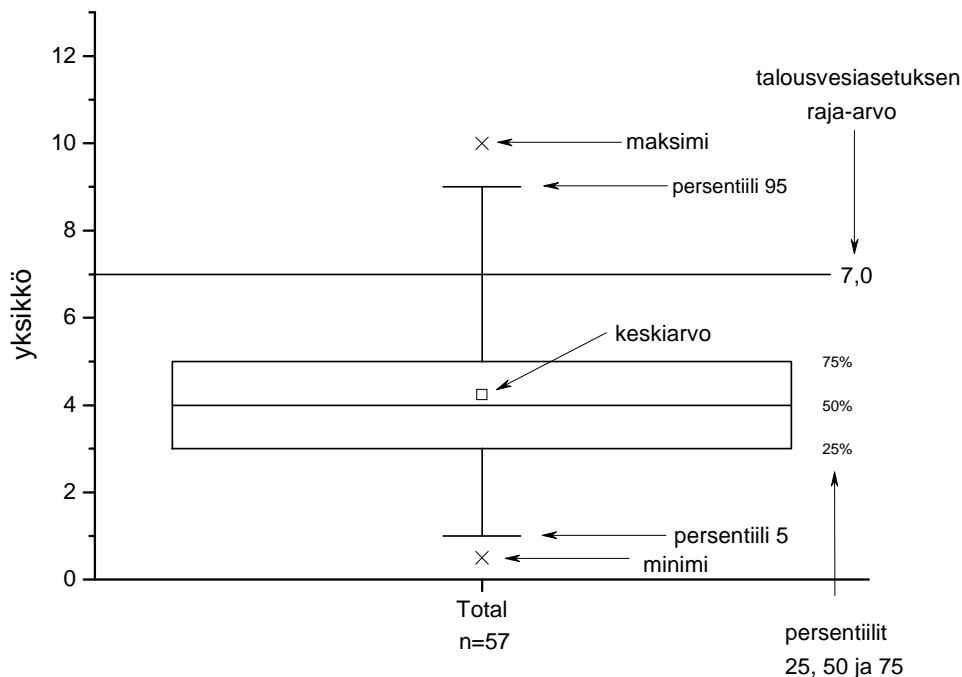
## 2.3 Tulosten esittäminen

### 2.3.1 Kuvat

Tulokset on esitetty yhteenvetokuvissa, joiden rakenteen yksityiskohdat on selitetty kuvassa 1. Box plot -kuvat on tehty laitoskohtaisista keskiarvoista niiden laitosten osalta, joilta numeerisia tietoja oli käytettävissä. Pohjavesiaineistoista (GTK ja ympäristöhallinto) ja STUK:n tiedoista kuvaajat on tehty käyttäen yksittäisiä määritystuloksia samoin kuin lisämittauskampanjoilla hankituista vesilaitosten tiedoista. Kuvassa on esitetty keskiarvo, persentiilit 5, 25, 50 (=mediaani), 75 ja 95 sekä minimi- ja maksimiarvot. Persentiilit ovat muuttujan kertymäfunktioita säännöllisin välein poimittuja prosenttipisteitä. Esim. mediaanipitoisuus on suuruusjärjestykseen järjestetyn joukon keskimäinen lukuarvo.

Persentiiliä 25 vastaavaa muuttujan arvoa pienempiä arvoja on joukossa 25 % kaikista arvoista ja suurempia arvoja 75 % arvoista.

Taluesiasetuksen raja-arvo tai suosituspitoisuus (Sosiaali- ja terveysministeriö 2000) on merkitty vaakaviivalla, jonka oikeassa reunassa on lukuarvo. Vesityypin koodin (kuvassa Total) alla on esitetty vesilaitosten lukumäärä (n=57), joiden tiedosta kuvaaja on tehty. Pohjavesiaineistojen ja STUK:n aineiston sekä lisämittauksilla hankittujen vesilaitosten tietojen osalta n tarkoittaa yksittäisten havaintojen lukumäärää. Joissakin kuvissa y-akselista on väliltä katkaistu pitoisuusalue pois, jotta oleelliset tiedot on saatu näkyviin. Kuvaajan kaikkien pisteiden lukuarvot on esitetty muuttujasta laaditussa taulukossa, joka on ei-radioaktiivisten muuttujien osalta tutkimuksen liitteessä 1 ja radioaktiivisten muuttujien osalta liitteessä 2.



**Kuva 1.** Mallikuva tulosten esittämisestä ja kuvissa käytettyjen merkkien selitykset.

### 2.3.2 Taulukot

Esimerkkitaulukossa 3 on esitetty yhden muuttujan osalta lukumäärä sekä edellä esitetyt tunnusluvut. Laitoskohtainen keskiarvopitoisuus on laskettu, mikäli vähintään puolet kaikista laitoksen määrittäytuloksista oli numeerisia eli alle määrittäysrajan olevia tuloksia oli vähemmän kuin puolet. Lukumäärä tarkoittaa vesilaitosten kohdalla vesilaitosten lukumäärää ja GTK:n, ympäristöhallinnon ja STUK:n aineistojen kohdalla sekä vesilaitoksilta lisämittauksilla hankittujen tietojen osalta yksittäisten määrittäysten lukumäärää. Vesilaitosten kohdalla on lisäksi sulkeissa esitetty kaikkien tietoja lähettäneiden laitosten lukumäärä. Merkintä "\*" taulukossa tarkoittaa, että tulos/tulokset ovat olleet alle määrittäysrajan. Eri aineistot on erotettu toisistaan kaksinkertaisella vaakaviivalla.

Mikrobitiedot ja joitakin yksittäisiä muita muuttujia on esitetty ainoastaan taulukoissa (ei kuvissa), jotka poikkeavat muodoltaan edellä kuvatusta.



**Taulukko 3.** Mallitaulukko tulosten esittämisestä.

Muuttuja $\mu\text{g/l}$	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	158 (338)	0,9	2	8	33	20	37	127	242
>1000 m <sup>3</sup> /d	73	0,9	3	8	25	18	30	74	130
10-1000 m <sup>3</sup> /d	67	1	2	8	40	20	47	163	242
<10 m <sup>3</sup> /d	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ND	17	2	2	6	38	20	33	240	240
G	96	0,9	2	7	31	14	28	127	242
S	27	5	8	16	47	38	58	130	175
AG	5	3	3	18	21	20	28	34	34
ND	30	1	2	6	28	20	33	120	163
GWd	1739	<1	<1	6	180	22	82	582	25700
Gwdib	1031	<1	<1	1	34	3	12	129	2750
GWs	869	0,4	1	9	102	20	52	430	10000
GWm	36	5	5	10,5	29	20	50	100	100

## 2.4 Johdanto tuloksiin

Veden laatua kuvaavien muuttujien tulokset on esitetty jaoteltuna seitsemään muuttujaryhmään: mikrobit, mikrobiravinteet, metallit, kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet, epämetallit, veden tekninen laatu ja radioaktiivisuus. Kunkin muuttujaryhmän johdantona on esitetty yhteenvetokuva ryhmän sisältämistä muuttujista sekä niiden aiheuttamista vaikutuksista ja haitoista. Lisäksi on kuvattu, mistä muuttujat voivat päätyä talousvedeen ja mitä voi tehdä haittavaikutusten vähentämiseksi. Yksityiskohtaisempia tietoja kustakin muuttujasta viitetietoineen on mm. julkaisuissa ”Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984–2006” (Keinänen-Toivola ym. 2007) ja ”Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000” (Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2001).

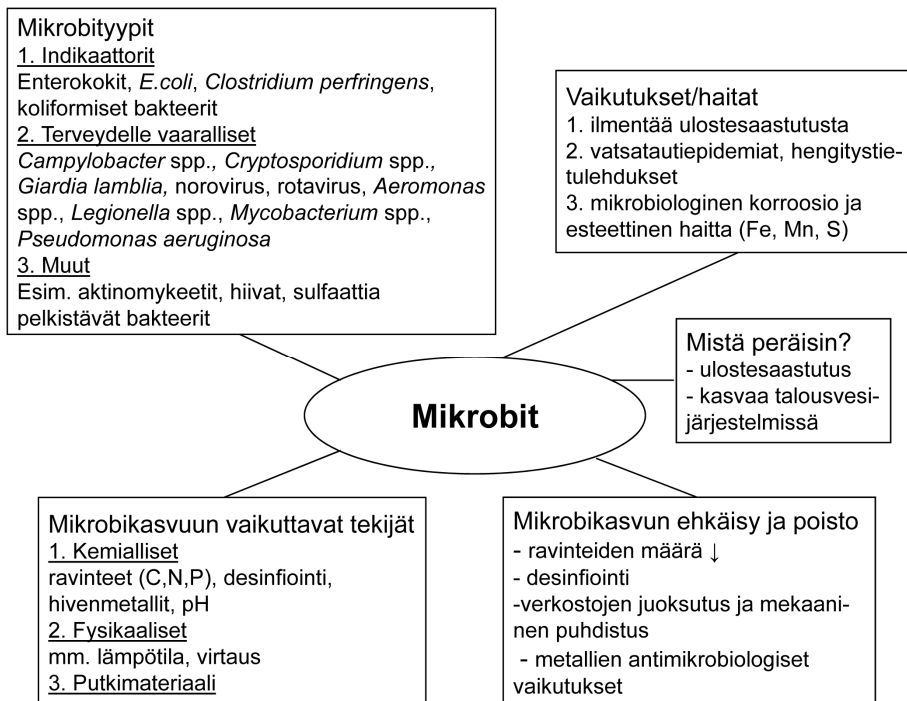
Joidenkin muuttujien kohdalla suuri osa vesilaitoskohtaisista määrittelytuloksista on jäänyt alle määrittelyrajan eli pitoisuudet ovat olleet hyvin pieniä. Näistä alle määrittelyrajan olevista tuloksista ei ole laskettu laitoskohtaista keskiarvoa, mikäli niitä on ollut enemmän kuin puolet kaikista laitoksen tuloksista. Niitä ei ole käytetty box plot -kuvaajien laadintaan eivätkä ne siten näy tutkimuksen liitteenä olevassa taulukossa. Tämän vuoksi taulukoissa ilmoitetut keskiarvot ovat jonkin verran todellisuutta suurempia, mikä on syytä huomioida tuloksia tarkasteltaessa.

Kuvissa ja taulukoissa esitetyistä persentiileistä voidaan lukea, kuinka suuri osa tuloksista (vesilaitoksista tai GTK:n, ympäristöhallinnon, STUK:n ja lisämittausten osalta määrittelytuloksista) asettuu tietyille pitoisuusvälille. Kunkin muuttujan osalta 50 % tuloksista asettuu persentiilien 25 ja 75 välille. Persentiilien 5 ja 95 väliin asettuu 90 % tuloksista.

Erikokoisille vedenhankintayksiköille on omat asetuksensa, joiden raja-arvot ja suosituspitoisuudet poikkeavat muutamien muuttujien osalta toisistaan. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston tietojen vertaaminen oikean asetuksen raja-arvoihin ja suosituspitoisuuksiin ei ollut mahdollista niiden muuttujien kohdalla, joissa talousvesiasetuksen ja pienien yksiköiden asetukset poikkeavat toisistaan, koska tietoa kaivoista vuorokaudessa käytettävän veden määrästä ei ollut. Näissä tapauksissa yksittäiset kaivot on luokiteltu pienten yksiköiden asetuksen piiriin kuuluviksi ja useammasta kaivosta yhteen johdetut vedet talousvesiasetuksen piiriin kuuluviksi.

### 3 Mikrobit

Talousvedessä voi elää monentyyppisiä mikrobeja, joista osalle on annettu raja-arvoja ja suosituksia talousvesiasetuksessa (indikaattorit, kuva 2). Indikaattorimikrobien avulla pyritään osoittamaan hitaasti ja työläästi tunnistettavien tautia aiheuttavien mikrobien esiintyminen. Indikaattorimikrobien lisäksi vesijohtoverkostoista voi löytyä lukuisia joukko mikrobeita, joista osa on ihmisen terveydelle vaarallisia ja osa haitattomia (taulukko 4). Mikrobit voivat aiheuttaa terveydellistä, esteettistä ja teknistä haittaa (mm. pyykin ja vesikalusteiden värjäytymistä) ja jopa materiaalien korroosiota. Mikrobikasvuun vaikuttavia tekijöitä on useita ja käytössä on monia keinoja, joilla niiden kasvua voidaan hillitä. Talousveden mikrobeja ja niihin vaikuttavia tekijöitä sekä vuorovaikutuksia materiaalien kanssa on kuvattu tarkemmin Vesi-Instituutissa laadituissa selvityksissä ”Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa” ja ”Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa” (Kekki ym. 2007; Kekki ym. 2008).



**Kuva 2.** Mikrobeja, joita voi esiintyä talousvedessä.

**Taulukko 4.** Talousveden mikrobeja jaoteltuna verkostossa kasvaviin ja ulosteperäisiin.

<b>Verkostossa kasvavat</b>	<b>Ulosteperäiset</b>
<b>Terveydelle vaaralliset</b>	<b>Terveydelle vaaralliset</b>
<i>Aeromonas</i> spp.	<i>Campylobacter</i> spp.
<i>Legionella</i> spp.	<i>Cryptosporidium</i> spp.
<i>Mycobacterium</i> spp.	<i>Giardia lamblia</i>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Norovirus
	Rotavirus
<b>Muut</b>	<b>Indikaattorit</b>
Aktinomykeetit	<i>Clostridium perfringens</i>
Heterotrofiset mikrobit	Enterokokit
Hiivat, homeet, sienet	<i>Escherichia coli</i>
Nitrifikaatiobakteerit	Koliformiset bakteerit
Raudan ja mangaanin hapettajat	
Sulfaattia pelkistävät bakteerit (SRB)	

### 3.1 Laatuvaatimusten alaiset mikrobit

#### 3.1.1 Enterokokit

Enterokokit ovat ulosteperäisiä indikaattoribakteereja.

Tietoja ilmoitti 435 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 3 980), joista 414 laitoksella missään määritetyssä näytteessä ei todettu enterokokkeja (95 % laitoksista) (taulukko 5). 21 laitoksella talousvesiasetuksen vaatimus 0 pmy/100 ml ylittyi yhdessä tai useammassa näytteessä. Pmy tarkoittaa pesäkettä muodostavaa yksikköä. Suhteellisesti eniten enterokokkeja havaittiin pienillä laitoksilla (38 % tutkimuksessa mukana olleista laitoksista). Tekopohjavettä käyttävillä laitoksilla ei tutkimusajankohtana havaittu enterokokkeja.

**Taulukko 5. Enterokokit.** Esiintyminen vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007).

<b>Vesilaitokset</b>	<b>Laitosten lukumäärä</b>	<b>Laitosten lkm, joilla enterokokkeja</b>	<b>%-osuus laitoksista</b>
Total	435	21	5
<b>Laitoskoko</b>			
>1000 m <sup>3</sup> /d	177	11	6
10–1000 m <sup>3</sup> /d	217	5	2
<10 m <sup>3</sup> /d	8	3	38
ND	33	2	6
<b>Veden alkuperä</b>			
G	342	16	5
S	34	3	9
AG	14	0	0
ND	45	2	4

Kaikista tutkituista näytteistä 0,7 %:ssa todettiin enterokokkeja (taulukko 6). Suhteellisesti suurin osa pieniltä laitoksilta tutkituista näytteistä sisälsi enterokokkeja: kolmella pienellä

laitoksella kaikkien tutkittujen näytteiden todettiin sisältävän enterokokkeja. Keskiuurilla laitoksilla noin neljäsosa tutkituista näytteistä sisälsi enterokokkeja. Suurilla laitoksilla näytteitä tutkittiin huomattavasti enemmän kuin tätä kokoluokkaa pienemmillä laitoksilla ja enterokokkeja sisältäneiden näytteiden suhteellinen osuus oli pienin (2,1 %). Suurin enterokokkien lukumäärä yksittäisessä näytteessä (45 pmy/100 ml) todettiin suurella pintavesilaitoksella.

**Taulukko 6.** Vesinäytteiden lukumäärät niillä vesilaitoksilla, joilla havaittiin enterokokkeja (v. 2000–2007).

Vesilaitokset	Näytteiden lukumäärä	Näytteiden lkm, joissa enterokokkeja	%-osuus näytteistä	Maksimi pmy/100 ml
Total	848	29	3,4	45
<b>Laitoskoko</b>				
>1000 m <sup>3</sup> /d	819	17	2,1	45
10–1000 m <sup>3</sup> /d	18	5	28	14
<10 m <sup>3</sup> /d	5	5	100	8
ND	6	2	33	2
<b>Veden alkuperä</b>				
G	284	23	8,1	40
S	558	4	0,7	45
AG	0	0	0	0
ND	6	2	33	2

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa 22 % tutkituista näytteistä sisälsi enterokokkeja (taulukko 7). Enterokokkeja esiintyi jonkin verran useammin yksittäisten kaivojen vesissä (GWs, 22 %) kuin useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä (GWm, 17 %). Suurin yksittäinen enterokokkien määrä todettiin kaivovedessä.

**Taulukko 7. Enterokokit.** Esiintyminen ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä (v. 2000–2007).

Paikan tyyppi	Kaikki näytteet lkm	Näytteet, joissa enterokokkeja lkm	Enterokokkeja sis. näytteiden %-osuus	Maksimi pmy/100 ml
GWs	415	90	22	500
GWm	6	1	17	1

#### Yhteenvedo enterokokeista

Talovesiasetuksen raja-arvon 0 pmy/ml ylityksiä havaittiin sekä vesilaitosten toimittamissa vesissä että ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä. Enterokokkien esiintyminen oli huomattavasti yleisempää yksittäisten kaivojen vesissä ja useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä kuin vesilaitosten toimittamissa talovesissä. Vastaavat suhteelliset osuudet olivat n. 20 % ja 0,7 % tutkituista näytteistä.

### 3.1.2 *Escherichia coli*

*Escherichia coli* on ulosteperäinen indikaattoribakteeri.

Tietoja ilmoitti 424 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 25 438), joista 412 laitoksella missään määritetyssä näytteessä ei ollut *E. coli* -bakteeria (97 % laitoksista) (taulukko 8). 12 laitoksella yhdessä tai useammassa näytteessä talousvesiasetuksen laatuvaatimus 0 pmy/100 ml ylittyi *E. coli* -bakteerin osalta. Suhteellisesti eniten *E. coli* -bakteeria havaittiin keskisuurilla laitoksilla (4,5 % keskisuurista laitoksista). Tekopohjavettä käyttävillä laitoksilla ja pienillä laitoksilla ei tutkimusajankohtana havaittu *E. coli* -bakteeria.

**Taulukko 8. *E. coli*.** Esiintyminen vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007).

Vesilaitokset	Laitosten lukumäärä	Laitokset, joilla <i>E.colia</i>	%-osuus laitoksista
Total	424	12	2,8
<b>Laitoskoko</b>			
>1000 m <sup>3</sup> /d	188	3	1,6
10–1000 m <sup>3</sup> /d	179	8	4,5
<10 m <sup>3</sup> /d	13	0	0
ND	44	1	2,3
<b>Veden alkuperä</b>			
G	318	9	2,8
S	40	1	2,5
AG	11	0	0
SE	1	0	0
ND	54	2	3,7

Laitokset, joissa *E. coli* -bakteeria havaittiin, olivat suuria tai keskisuuria laitoksia, jotka käyttivät pohja- tai pintavettä pääasiallisena raakavetenään (taulukko 9). Suurilla laitoksilla *E. coli* -bakteereja sisältävien näytteiden osuus kaikista tutkituista näytteistä oli pienempi kuin keskisuurilla laitoksilla vastaavien suhteellisten osuuksien ollessa 0,6–3,2 % ja 3,0–50 %. Joillakin laitoksilla jopa puolet tutkituista näytteistä sisälsi *E. coli* -bakteereja (taulukko 8, laitokset numero 6 ja 9). *E. coli* -bakteerien määrä vaihteli välillä 1–120 pmy/100 ml. Keskisuurilla laitoksilla pesäkkeiden lukumäärä oli suurempi kuin suurilla laitoksilla. Kaikista tutkimuksessa mukana olleista määritystuloksista 0,1 %:ssa havaittiin *E. coli*-bakteereja.

**Taulukko 9.** Tutkimuksessa mukana olleet vesilaitokset, joilla havaittu *E. coli* -bakteereja (v. 2000–2007). Tiedot järjestetty *E. coli* -bakteereja sisältäneiden näytteiden lukumäärän ja prosentuaalisen osuuden mukaan.

Vesilaitos	Vesilaitoksen koko (m <sup>3</sup> /d)	Veden alkuperä	Näytteiden lkm	Näytteiden lkm, joissa <i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> sis. näytteiden %-osuus	<i>E. coli</i> pmy/100 ml
1	10–1000	G	33	1	3,0	120
2	10–1000	G	19	1	5,3	1
3	10–1000	G	13	1	7,7	3
4	10–1000	G	6	1	17	1
5	10–1000	G	3	1	33	94
6	10–1000	G	2	1	50	6
7	>1000	G	328	2	0,6	1–2
8	10–1000	G	31	2	6,5	1–3
9	ND	ND	4	2	50	2–10
10	10–1000	ND	18	3	17	1–30
11	>1000	S	126	4	3,2	1–12
12	>1000	G	357	6	1,7	1–2
<b>Yhteensä</b>			940	25	2,7	1–120

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa 22 % tutkituista näytteistä sisälsi *E. coli* -bakteereja. *E. coli* -bakteerien esiintyminen oli huomattavasti yleisempää yksittäisten kaivojen vesissä (GWs 24 % näytteistä) kuin useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä (GWm 9 % näytteistä) (taulukko 10). Suurin yksittäinen *E. coli* -bakteerien määrä (2 500 pmy/ml) todettiin kaivovedessä.

**Taulukko 10.** *E. coli*. Esiintyminen ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä (v. 2000–2007).

Paikan tyyppi	Kaikki näytteet lkm	Näytteiden lkm, joissa <i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> sis. näytteiden %-osuus	Maksimi pmy/100 ml
GWs	1 281	302	24	2 500
GWm	134	12	9	1

#### Yhteenvedo *Escherichia coli* -bakteerista

Talousvesiasetuksen raja-arvon 0 pmy/100 ml ylityksiä havaittiin sekä vesilaitosten toimittamissa vesissä että ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä. *E. coli* -bakteerien esiintyminen oli huomattavasti yleisempää yksittäisten kaivojen vesissä ja useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä kuin vesilaitosten toimittamissa talousvesissä. Vastaavat suhteelliset osuudet olivat 22 % ja 0,1 % tutkituista näytteistä.

## 3.2 Laatusuosituksen alaiset mikrobit

### 3.2.1 *Clostridium perfringens*

*Clostridium perfringens* on ulosteperäinen indikaattoribakteeri.

Tietoja ilmoitti 63 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 7 076), joista 62 laitoksella ei esiintynyt *Clostridium perfringens* -bakteereja (98 % laitoksista). Tutkimuksen ajanjaksona yhdellä suurella, pääosin pintavettä käyttävällä laitoksella talousvesiasetuksen pintavesilaitoksille tarkoitettu laatusuositus 0 pmy/100 ml oli ylittynyt. Laitokselta oli tutkittu 55 näytettä, joista kahdessa oli esiintynyt *Clostridium perfringens* (pitoisuudet 5 ja 7 pmy/100 ml). Kaikista tutkimuksessa mukana olleista näytteistä 0,03 %:ssa havaittiin *Clostridium perfringens* -bakteereja.

### 3.2.2 Koliformiset bakteerit

Koliformiset bakteerit kuvastavat veden yleistä laatua, käsittelyn ja desinfioinnin tehokkuutta ja pintavesivaluman aiheuttamaa saastutusta.

Tietoja ilmoitti 438 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 27 119), joista 348 laitoksella kaikki tutkitut näytteet olivat puhtaita (79 % laitoksista) (taulukko 11). 90 laitoksella yksi tai useampi näyte ylitti talousvesiasetuksen laatusuosituksen 0 pmy/100 ml. Suhteellisesti eniten koliformisia bakteereja havaittiin pieniltä vesilaitoksilta otetuista vesinäytteistä (36 % mukana olleista pienistä vesilaitoksista). Suurilla ja keskisuurilla laitoksilla koliformisia bakteereja esiintyi 20 % mukana olleista laitoksista.

**Taulukko 11. Koliformiset bakteerit.** Esiintyminen vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007).

Vesilaitokset	Laitosten lukumäärä	Laitosten lkm, joilla koliformisia bakteereja	%-osuus laitoksista
Total	438	90	21
<b>Laitoskoko</b>			
>1000 m <sup>3</sup> /d	193	38	20
10–1000 m <sup>3</sup> /d	187	38	20
<10 m <sup>3</sup> /d	14	5	36
ND	44	9	20
<b>Veden alkuperä</b>			
G	330	58	18
S	40	14	35
AG	12	6	50
SE	1	0	0
ND	55	12	22

90 laitoksen joukossa, joilla havaittiin koliformisia bakteereja, oli edustettuna kaikki vesilaitostyyppit (taulukko 12). Eniten näytteitä oli otettu suurilta laitoksilta ja koliformisia bakteereja sisältäneiden näytteiden suhteellinen osuus oli niillä pienin (0,2–22 %). Kaikista tutkituista näytteistä 0,9 % sisälsi koliformisia bakteereja.

16 laitoksella puolet tai enemmän tutkituista näytteistä sisälsi koliformisia bakteereja. Laitoskoon mukaan tähän joukkoon kuului kahdeksan keskisuurta laitosta, neljä pientä sekä neljä laitosta, joiden koko ei ollut tiedossa. Veden alkuperän mukaan jaotellen 12 laitosta käytti pääosin pohjavettä ja neljän laitoksen veden alkuperä ei ollut tiedossa. Keskisuurista laitoksista yhdellä kaikki tutkitut näytteet sisälsivät koliformisia bakteereja (pohjavesi), samoin pienistä laitoksista kahdella (pohjavesi) sekä yhdellä laitoksella, jonka koko ei ollut tiedossa (veden alkuperä ei tiedossa). Suurin koliformisten bakteerien pitoisuus havaittiin keskisuurella pintavesilaitoksella.

**Taulukko 12.** Vesinäytteiden lukumäärät niillä vesilaitoksilla, joilla havaittiin koliformisia bakteereja (v. 2000–2007).

Vesilaitokset	Näytteiden lkm	Näytteiden lkm, joissa koliformisia bakteereja	Koliformeja sis. näytteiden %-osuus	Maksimi pmy/100 ml
Total	9 666	243	1,3	2 600
<b>Laitoskoko</b>				
>1000 m <sup>3</sup> /d	8 809	1–12	0,2–22	300
10–1000 m <sup>3</sup> /d	762	1–12	1,8–100	2 600
<10 m <sup>3</sup> /d	34	1–4	13–100	57
ND	61	1–3	3–100	200
<b>Veden alkuperä</b>				
G	4 104	1–12	0,3–100	300
S	3 936	1–11	0,2–33	2 600
AG	1 430	1–12	0,7–14	5
ND	196	1–5	2,4–100	200

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa 28 % tutkituista näytteistä sisälsi koliformisia bakteereja (koliformiset bakteerit, kokonaismäärä; koliformiset bakteerit, kokonaismäärä tarkistettu ja koliformiset bakteerit, lämpökestoiset) (taulukko 13). Koliformisten bakteerien esiintyminen oli huomattavasti yleisempää yksittäisten kaivojen vesissä (GWs 31 % näytteistä) kuin useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä (GWm 14 % näytteistä). Bakteerien lukumäärät olivat merkittävästi suurempia yksittäisten kaivojen vesissä kuin useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä: koliformisten bakteerien vastaavat maksimipitoisuudet olivat 26 000 ja 4 pmy/100 ml. Kaivovesinäytteistä 97 (4 % kaivovesinäytteistä) ylitti pienille talousvesiysyksiköille asetetun suosituspitoisuuden 100 pmy/100 ml (Sosiaali- ja terveysministeriö 2001).

**Taulukko 13. Koliformiset bakteerit.** Esiintyminen ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä (v. 2000–2007).

Paikan tyyppi	Kaikki näytteet lkm	Näytteet, joissa koliformeja lkm	Koliformeja sis. näytteiden %-osuus	Maksimi pmy/100 ml
GWs	2 358	740	31	26 000
GWm	602	86	14	4



### Yhteenvedo koliformisista bakteereista

Talousvesiasetuksen suosituspitoisuuden 0 pmy/100 ml ylityksiä havaittiin sekä vesilaitosten toimittamissa vesissä että ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä. Koliformisten bakteerien esiintyminen oli huomattavasti yleisempää yksittäisten kaivojen vesissä ja useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä kuin vesilaitosten toimittamissa talousvesissä. Vastaavat suhteelliset osuudet olivat 28 % ja 0,9 % tutkituista näytteistä.

### 3.2.3 Heterotrofinen pesäkeluku

Pesäkkeiden lukumäärällä pyritään arvioimaan vedessä elävien heterotrofisten bakteerien sekä hiivojen ja homeiden määrää. Se kuvastaa veden yleistä laatua, mutta ei osoita ulostesaastutusta.

Tietoja ilmoitti 301 vesilaitosta (määrittysten lukumäärä yhteensä n= 7 910), joista 239 laitoksen näytteiden pesäkeluvuissa ei ollut epätavallisia muutoksia (79 % laitoksista). 53 laitoksella yksi tai useampi näyte ei ollut talousvesiasetuksen mukainen eli niissä oli havaittavissa epätavallisia muutoksia (taulukko 14). Yhdeksän laitoksen tietoja ei voitu arvioida talousvesiasetuksen suositusten mukaisesti, koska tulokset oli ilmoitettu pesäkelukumäärinä eikä aikaisempia tuloksia ollut käytettävissä vertailukohteeksi. Kaikista tähän tutkimukseen kuuluvista näytteistä noin 2 %:ssa oli epätavallisia muutoksia pesäkeluvussa.

**Taulukko 14. Pesäkkeiden lukumäärä.** Epätavalliset muutokset vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007).

Vesilaitokset	Laitosten lukumäärä	Laitokset, joilla pesäkeluvun muutoksia	%-osuus laitoksista	Laitokset, joiden muutos ei arvioitavissa
Total	301	53	18	9
<b>Laitoskoko</b>				
>1000 m <sup>3</sup> /d	173	39	23	
10–1000 m <sup>3</sup> /d	108	13	12	9
<10 m <sup>3</sup> /d	3	1	33	
ND	17	0	0	
<b>Veden alkuperä</b>				
G	232	40	17	9
S	28	9	32	
AG	14	2	14	
ND	27	2	7	

301 vesilaitoksen joukossa, joilla havaittiin pesäkeluvun muutoksia, oli edustettuna kaikki vesilaitostyyppit (taulukko 15). Suurilla laitoksilla pesäkeluvun muutoksia osoittaneiden näytteiden suhteellinen osuus oli pienin (3,5 %) ja pienillä laitoksilla suurin (56 %). Keskiuuret laitokset asettuivat tähän väliin (16 %). Veden alkuperän mukaan jaoteltuna erot olivat pieniä: pohjavesilaitoksilla 4,3 % näytteistä osoitti pesäkeluvun muutoksia, pintavesilaitoksilla 3,0 % ja tekopohjavesilaitoksilla 2,2 %.

**Taulukko 15.** Vesinäytteiden lukumäärät niillä vesilaitoksilla, joilla havaittiin epätavallisia muutoksia pesäkkeiden lukumäärissä (v. 2000–2007).

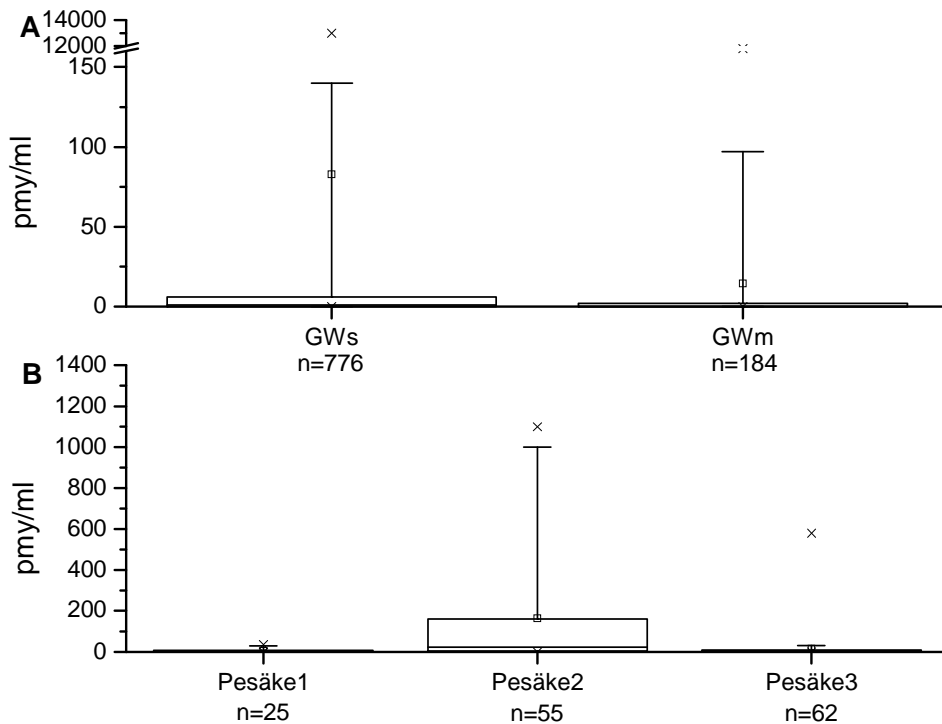
Vesilaitokset	Näytteiden lukumäärä	Näytteiden lkm, joissa pesäkeluvun muutoksia	%-osuus näytteistä
Total	4 293	170	4,0
<b>Laitoskoko</b>			
>1000 m <sup>3</sup> /d	4 154	144	3,5
10–1000 m <sup>3</sup> /d	130	21	16
<10 m <sup>3</sup> /d	9	5	56
ND	0	0	0
<b>Veden alkuperä</b>			
G	3 030	129	4,3
S	1 124	34	3,0
AG	134	3	2,2
ND	5	4	80

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 960 vesinäytteestä, joista 776 oli otettu kaivovedestä ja 184 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä (kuva 3A). Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 1 ja 0 pmy/ml, ja keskiarvopitoisuudet 83 ja 15 pmy/ml. Yksittäisen näytteen maksimipesäkelukumäärä oli huomattavasti suurempi kaivovesissä (13 000 pmy/ml) kuin useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä (330 pmy/ml). Pienten yksiköiden asetuksessa talousveden pesäkkeiden lukumäärälle ei ole annettu suositusta.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. pesäkkeiden lukumäärään. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Korkein pesäkkeiden lukumäärä havaittiin seisotetusta verkostovedestä mediaanipitoisuuden ollessa 23 pmy/ml ja maksimipitoisuuden 1 100 pmy/ml (kuva 3B). Verkostoon pumpatussa ja juoksutetussa vedessä lukumäärät olivat keskenään samaa suuruusluokkaa mediaanien ollessa 1 ja 3 pmy/ml.

#### Yhteenvedo pesäkkeiden lukumäärästä

Poikkeamia talousvesiasetuksen suositukseen ”ei epätavallisia muutoksia” havaittiin sekä vesilaitosten toimittamissa vesissä että ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä. Vesilaitosten toimittaman veden näytteistä 2 %:ssa havaittiin epätavallisia poikkeamia. Mediaanipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa vesilaitoksilta verkostoon pumpatussa vedessä, juoksutetussa verkostovedessä ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä mediaanipitoisuuksien ollessa 0–3 pmy/ml. Seisotetussa verkostovedessä mediaani oli korkeampi pitoisuuden ollessa 23 pmy/ml.



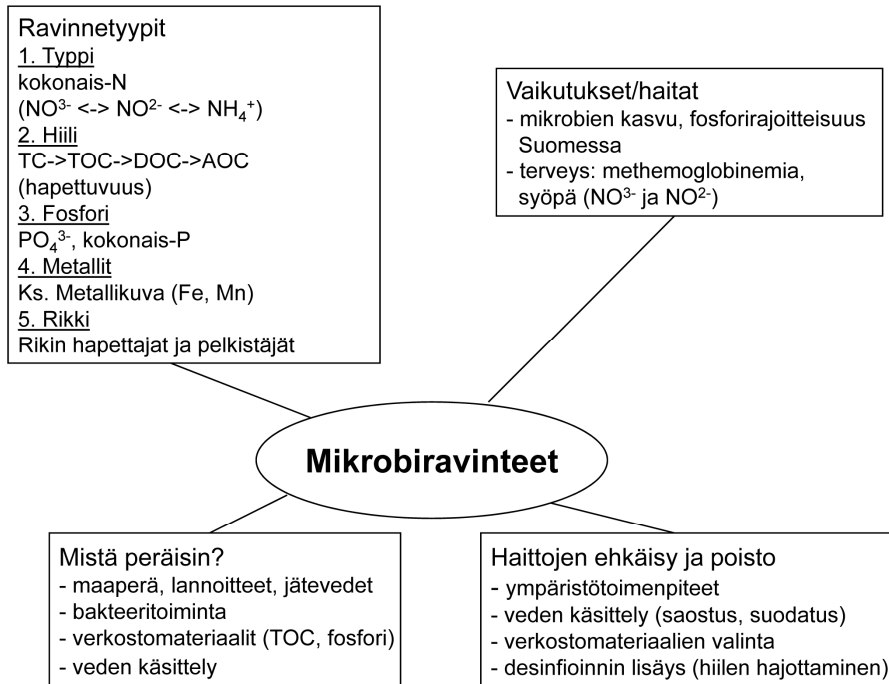
**Kuva 3. Pesäkkeiden lukumäärä.** Ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä (v. 2000–2007) (A). Maksimilukumäärä GWm ei näy kuvassa: 330 pmy/ml. Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus pesäkkeiden lukumäärään vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (B).

#### **Yhteenveto talousveden mikrobeista:**

Vesilaitosten toimittama talousvesi oli mikrobiologisesti laadultaan terveellistä ja turvallista käyttää. Pieni osa (0,03–0,9 %) tutkituista näytteistä sisälsi kuitenkin vähintään yhtä edellä mainituista ulostesaastutusta osoittavista mikrobityypeistä. Kaivovesissä mikrobeja esiintyi useammin kuin vesilaitosten toimittamassa vedessä noin viidesosan näytteistä sisältäessä em. mikrobeja.

## 4 Mikrobiravinteet

Mikrobiravinteina voivat toimia hyvin monenlaiset yhdisteet, joista osalle on asetettu raja-arvoja ja suosituspitoisuuksia talousvesiasetuksessa (kuva 4). Talousvesiasetuksessa on raja-arvo nitraatille ( $\text{NO}_3^-$ ) ja nitriitille ( $\text{NO}_2^-$ ) sekä suosituspitoisuus ammoniumille ( $\text{NH}_4^+$ ). Lisäksi orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC) muutoksia tulee seurata. Mikrobiravinteet vaikuttavat ihmisten terveyteen suoraan (mm. methemoglobinemia) sekä epäsuorasti lisäämällä mikrobien kasvua. Mikrobiravinteet voivat päätyä talousveteen monesta eri lähteestä ja niiden haittojen ehkäisemiseksi on käytettävissä useita keinoja.



**Kuva 4.** Mikrobiravinteita, joita voi esiintyä talousvedessä.

### 4.1 Laatuvaatimusten alaiset mikrobiravinteet

#### 4.1.1 Nitraatti ( $\text{NO}_3^-$ )

Nitraatille asetettu raja-arvopitoisuus perustuu nitraatin pelkistyessä muodostuvan nitriitin aiheuttamiin haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen nitraattia voi päätyä maaperästä huuhtoutuvista yhdisteistä (mm. lannoitteet), jätevesistä ja sadevedestä.

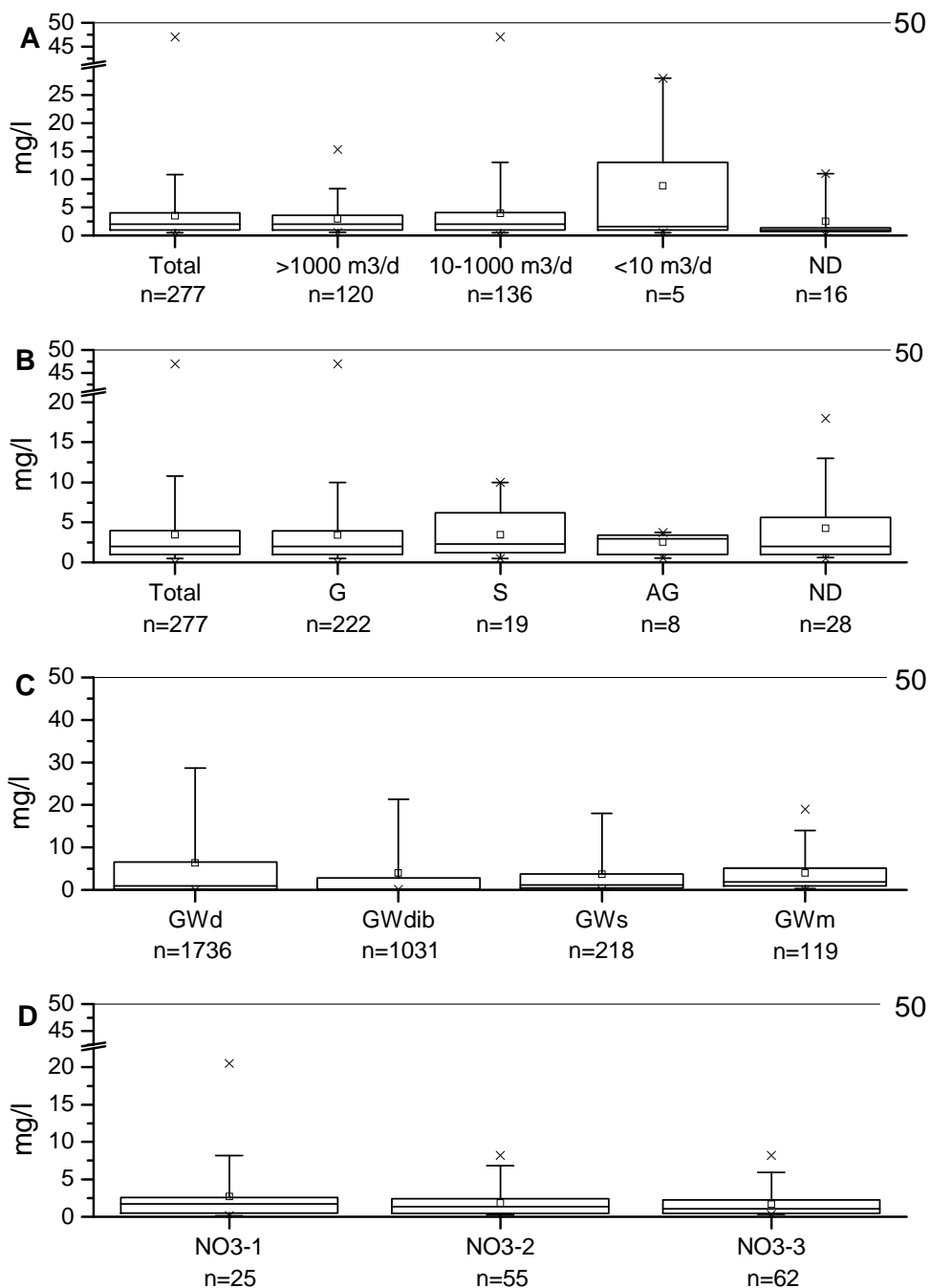
Tietoja ilmoitti 436 laitosta (määrittysten lukumäärä  $n = 3\,770$ ), joista 277 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus näillä laitoksilla oli 2 mg/l (kuva 5A ja 5B) ja vaihteluväli 1–3 mg/l. Laitoskoon mukaisesti jaoteltuna laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurempaa keskisuurilla laitoksilla kuin suurilla laitoksilla maksimipitoisuuksien ollessa 47 ja 15 mg/l. Veden alkuperän mukaisesti jaoteltuna vaihtelu oli pienin tekopohjavesilaitoksilla ja suurin pohjavesilaitoksilla vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 4 ja 47 mg/l. Pintavesilaitokset asettuivat tähän väliin maksimipitoisuuden ollessa 10 mg/l. Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet olivat talousvesiasetuksen mukaisia eli alle 50 mg/l.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 767 vesinäytteestä, joista 1 736 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 1,0 ja alle 0,2 mg/l (kuva 5C). Yksittäisissä näytteissä talousvesiasetuksen raja-arvo ylittyi maksimipitoisuuden ollessa maaperäkaivoissa 265 ja porakaivoissa 115 mg/l. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 337 vesinäytteestä, joista 218 oli otettu kaivosta ja 119 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 1,2 ja 1,9 mg/l. Yhdessä yksittäisessä kaivovesinäytteessä talousvesiasetuksen raja-arvo oli ylittynyt pitoisuuden ollessa 62 mg/l.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. nitraatin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Tuloksista havaittiin, että mediaanipitoisuudet olivat kaikissa vesityypeissä samaa suuruusluokkaa pitoisuuksien vaihdellessa välillä 1,1–1,7 mg/l (kuva 5D). Korkein yksittäinen maksimipitoisuus havaittiin verkostoon pumpatussa vedessä.

#### Yhteenveto nitraatista

Nitraatin mediaanipitoisuuksien vaihteluväli tutkimuksen aineistoissa oli <0,2–3,1 mg/l. Pienin mediaanipitoisuus oli porakaivoissa ja suurin tekopohjavesilaitosten toimittamassa vedessä. Talousvesiasetuksen raja-arvon ylityksiä havaittiin yksittäisissä kaivovesinäytteissä: maaperäkaivoissa, porakaivoissa ja ympäristöhallinnon aineiston kaivoissa.



**Kuva 5. Nitraatti.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus nitraattipitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (D). Kuvan D tiedot eivät sisälly kuvaan A tai B. Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 265 mg/l, GWdib 115 mg/l ja GWs 62 mg/l.

#### 4.1.2 Nitriitti (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

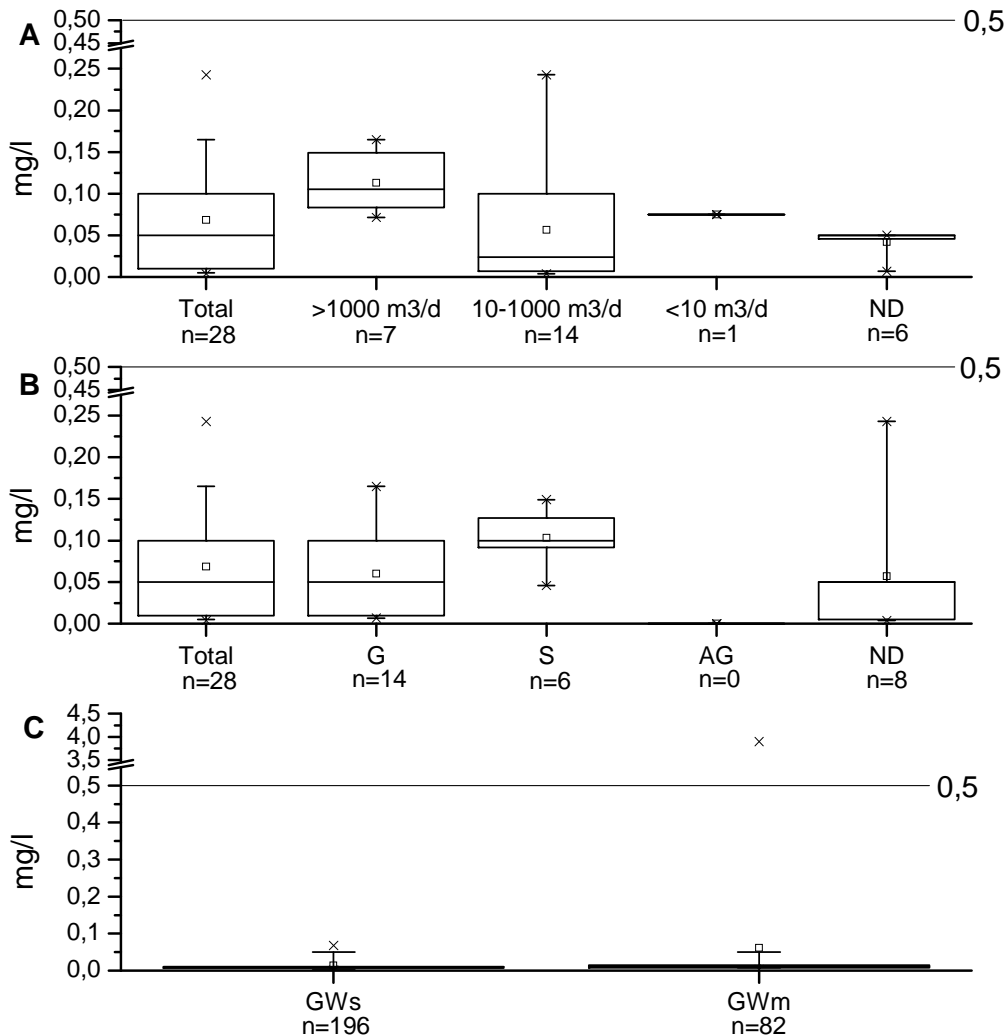
Nitriitin raja-arvopitoisuus talousvesiasetuksessa perustuu sen aiheuttamiin haitallisiin terveysvaikutuksiin. Nitriitti voi osoittaa veden likaantumista, mutta toisaalta sen esiintyminen voi olla seurausta bakteeritoiminnasta.

Tietoja ilmoitti 347 laitosta (määritysten lukumäärä n= 10 420), joista 28 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 0,05 mg/l ja vaihteluväli erityyppisillä laitoksilla 0,03–0,1 mg/l (kuva 6A ja 6B). Laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurinta keskisuurilla pohjavesilaitoksilla. Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet olivat talousvesiasetuksen mukaisia (alle 0,5 mg/l).

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 278 vesinäytteestä, joista 196 oli otettu kaivoista ja 82 useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä. Mediaanipitoisuus oli 0,01 mg/l molemmissa vesityypeissä (kuva 6C). Yhdessä useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä otetussa näytteessä talousvesiasetuksen raja-arvo oli ylittynyt pitoisuuden ollessa 3,9 mg/l.

##### Yhteenveto nitriitistä

Nitriitin mediaanipitoisuuksien vaihteluväli tutkimuksen aineistoissa oli 0,01–0,11 mg/l. Pienin mediaanipitoisuus 0,01 mg/l havaittiin ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston kaivoissa ja suurin 0,11 mg/l suurilla vesilaitoksilla. Yhtä yksittäistä kaivovesinäytettä lukuun ottamatta kaikki tulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia.



**Kuva 6. Nitriitti.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä (v. 2000–2007) (C).

## 4.2 Laatusuositusten alaiset mikrobiravinteet

### 4.2.1 Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Ammonium voi hapettua talousvedessä nitriitiksi tai nitraatiksi ja aiheuttaa pistävää makua ja hajua, mihin perustuu talousvesiasetuksen suosituspitoisuus. Talousveteen ammoniumia voi päätyä typpipohjaisten orgaanisten yhdisteiden biologisen hajoamisen tuloksena.

Tietoja ammoniumpitoisuudesta ilmoitti 403 laitosta (määritysten lukumäärä n= 21 656), joista 74 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä oli 0,02 mg/l ja vaihteluväli erityyppisillä laitoksilla 0,02–0,2 mg/l (kuva 7A ja 7B). Suurilla laitoksilla laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli pienempää kuin keskiuurilla laitoksilla vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 0,1 ja 0,2 mg/l. Veden alkuperän mukaan jaoteltuna laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurinta pohjavesilaitoksilla maksimipitoisuuden ollessa 0,4 mg/l. Maksimipitoisuus pintavesilaitoksilla oli 0,2 mg/l. Pintavesilaitoksilla mediaani oli suurempi kuin



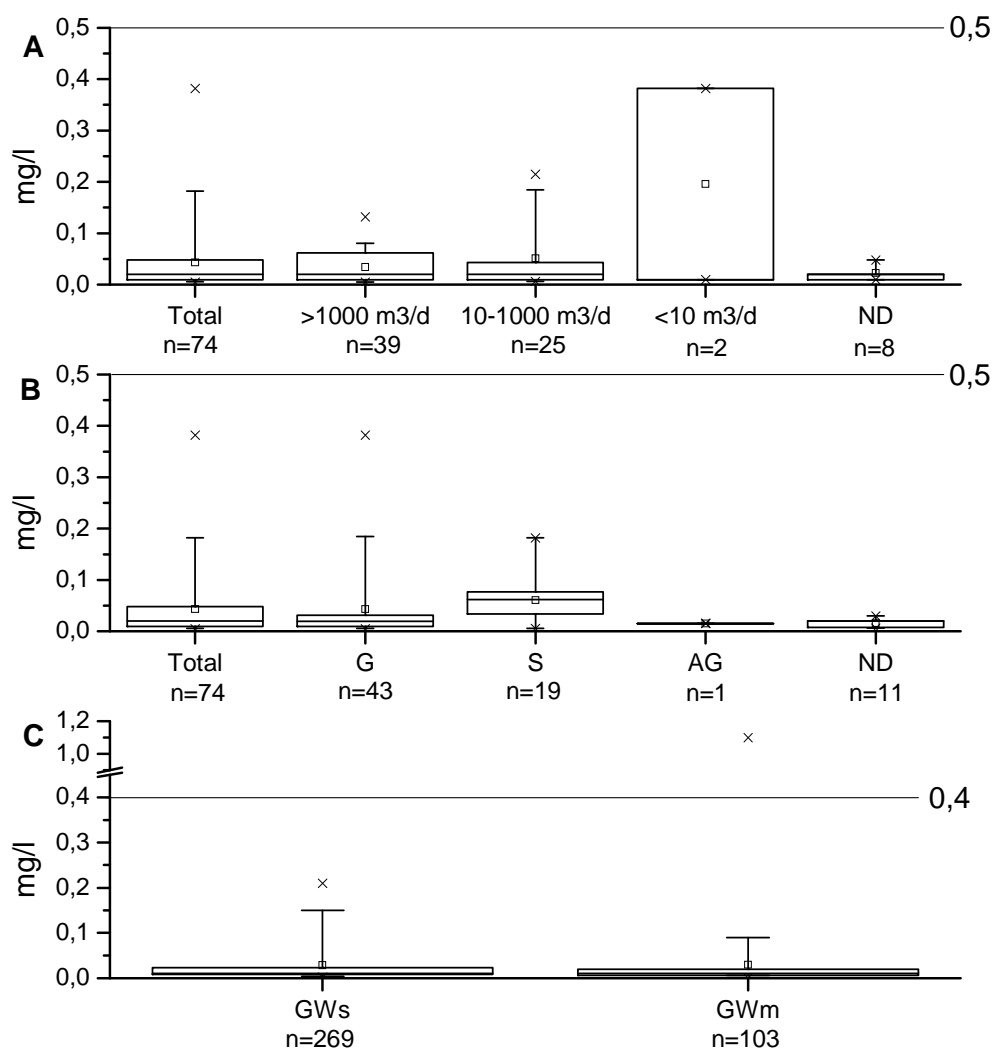
pohjavesilaitoksilla vastaavien pitoisuuksien ollessa 0,02 ja 0,06 mg/l. Kaikilla laitoksilla laitoskohtainen keskiarvopitoisuus oli talousvesiasetuksen mukainen eli alle 0,5 mg/l.

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 372 vesinäytteestä, joista 269 oli otettu kaivosta ja 103 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Mediaanipitoisuus oli kummassakin vesityypissä 0,01 mg/l (kuva 7C). Kaikki kaivovesinäytteet olivat pienten yksiköiden asetuksen mukaisia pitoisuuden ollessa alle 0,4 mg/l. Yhdessä yksittäisessä useammasta kaivosta yhteen johdetun veden näytteessä suosituspitoisuus oli ylittynyt pitoisuuden ollessa 1,1 mg/l.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. ammoniumin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Muutamaa yksittäistä näytettä lukuun ottamatta kaikki tulokset olivat alle määritysrajan (alle 0,003 tai alle 0,007 mg/l). Verkostolla tai näytteenottotavalla ei tällä mittausherkkyydellä voitu osoittaa olevan vaikutusta ammoniumpitoisuuteen.

#### Yhteenveto ammoniumista

Ammoniumin mediaanipitoisuuksien vaihteluväli tutkimuksen aineistoissa oli alle 0,003–0,2 mg/l. Pienimmät mediaanipitoisuudet (alle 0,003 ja alle 0,007 mg/l) havaittiin lisämittauskampanjassa mukana olleilla vesilaitoksilla. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston kaivoissa mediaanipitoisuus oli 0,01 mg/l ja suurin mediaanipitoisuus 0,2 mg/l pienillä vesilaitoksilla. Yhtä yksittäistä kaivovesinäytettä lukuun ottamatta kaikki tulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia.



**Kuva 7. Ammonium.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä (v. 2000–2007) (C).

#### 4.2.2 Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)

Orgaanisen hiilen kokonaismäärä eli TOC (total organic carbon) ilmaisee veden sisältämien orgaanisten aineiden määrän hiilipitoisuutena. Orgaaninen aines ei sellaisenaan ole terveydelle haitallista, mutta aiheuttaa veteen väriä ja makua ja toimii mikrobiravinteena.

Talovesiasetuksen suosituksen mukaan TOC-pitoisuudessa ei tulisi olla epätavallisia muutoksia. Asetuksen edellyttämällä tarkkuudella tietoja ilmoitti 100 laitosta, joista kaikilla TOC oli asetuksen suosituksen mukainen.

Numeroarvoja TOC-pitoisuudesta ilmoitti 94 laitosta (määritysten lukumäärä n= 951), joista 71 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä oli 1,9 mg/l ja vaihteluväli vesilaitostyypeittäin 1,2 mg/l–2,6 mg/l (kuva 8A ja 8B). Korkein yksittäinen keskiarvopitoisuus 7,8 mg/l todettiin suurella pintavesilaitoksella.

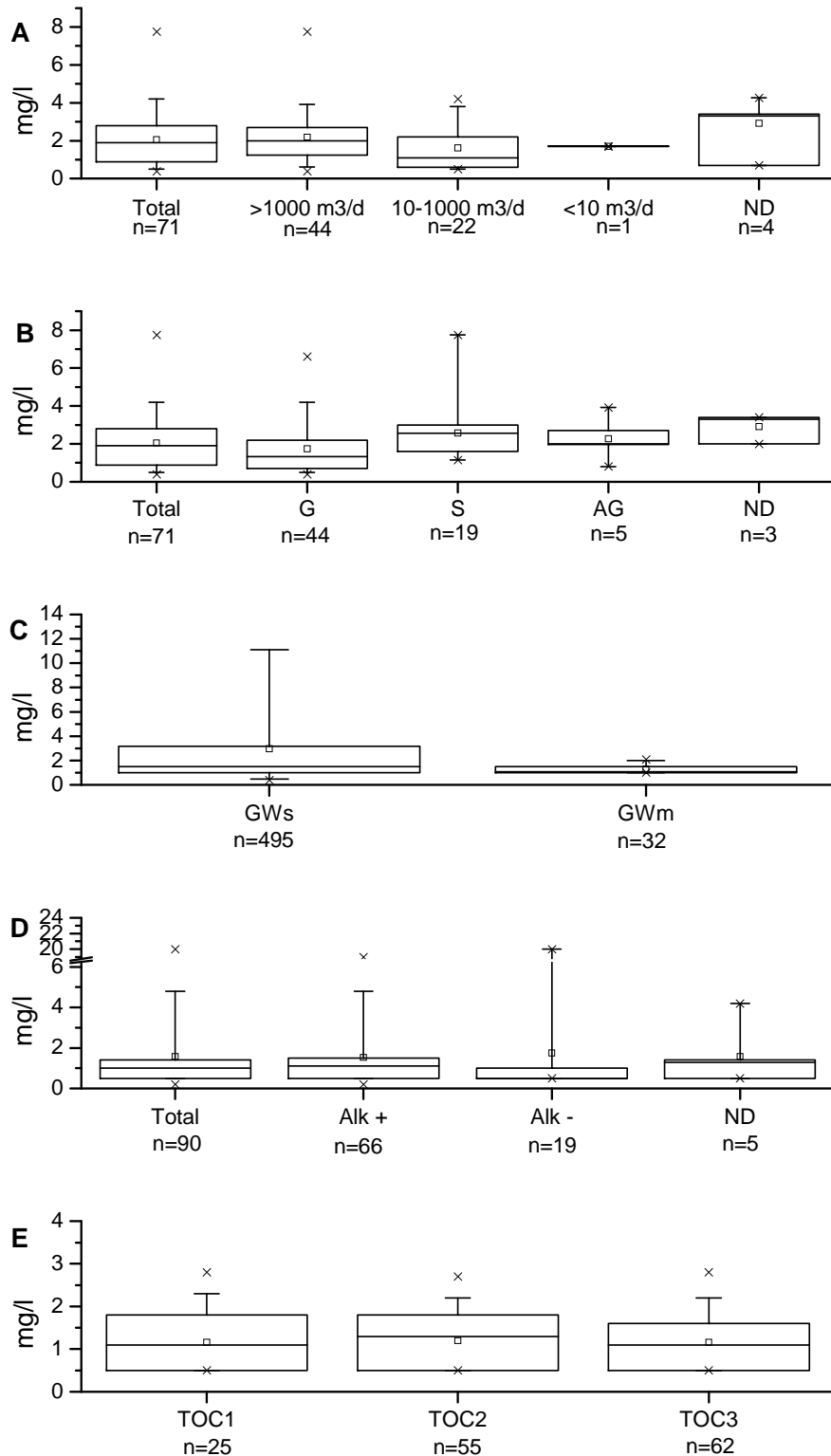
Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 527 vesinäytteestä, joista 495 oli otettu kaivosta ja 32 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 1,5 mg/l ja 1,2 mg/l (kuva 8C). Aineiston yksittäinen maksimipitoisuus 22 mg/l todettiin kaivovesinäytteessä.

Keskisuurille vesilaitoksille suunnatulla lisämittauskampanjalla pyrittiin selvittämään laitoksen alkalointikäytännön ja veden TOC-pitoisuuden välistä yhteyttä. Tietoja TOC-pitoisuudesta saatiin 90 keskisuurelta laitokselta, joista 66 alkoi laitokselta lähtevän veden ja 19 ei alkaloinut. Viiden vesilaitoksen osalta emme saaneet tätä tietoa käyttöömmee. Mediaanipitoisuus näillä laitoksilla oli 1,0 mg/l (kuva 8D). Vettä alkaloivilla laitoksilla mediaanipitoisuus oli korkeampi (1,1 mg/l) kuin laitoksilla, jotka eivät alkaloineet laitokselta verkostoon pumpattavaa vettä (0,5 mg/l).

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. TOC-pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Kaikissa vesityypeissä TOC-pitoisuus oli samaa suuruusluokkaa mediaanipitoisuuksien vaihdellessa välillä 1,1–1,3 mg/l (kuva 8E).

#### Yhteenvedo orgaanisen hiilen kokonaismäärästä

Talovesiasetuksessa ei ole suositusta TOC-pitoisuudelle. TOC:n mediaanipitoisuuksien vaihteluväli tutkimuksen aineistoissa oli 1,0–2,6 mg/l. EAS-järjestelmässä hanasta otettavalle vedelle on esitetty materiaaleista tulevan TOC:n raja-arvoksi 0,5 mg/l.



**Kuva 8. TOC.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja ympäristöhallinnon kaivovesissä (v. 2000–2007) (C). Kuvassa D on esitetty laitokselta verkostoon pumpattavan veden alkaloinnin ja TOC:n suhdetta keskiuurilla laitoksilla. Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus TOC-pitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (E). TOC1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, TOC2 seisotettua verkostovettä ja TOC3 juoksutettua verkostovettä. Kuvien D ja E tiedot eivät sisälly kuvaan A tai B. Maksimiarvo GWs 22 mg/l ei näy kuvassa.

### 4.2.3 Hapettuvuus (COD<sub>Mn</sub>)

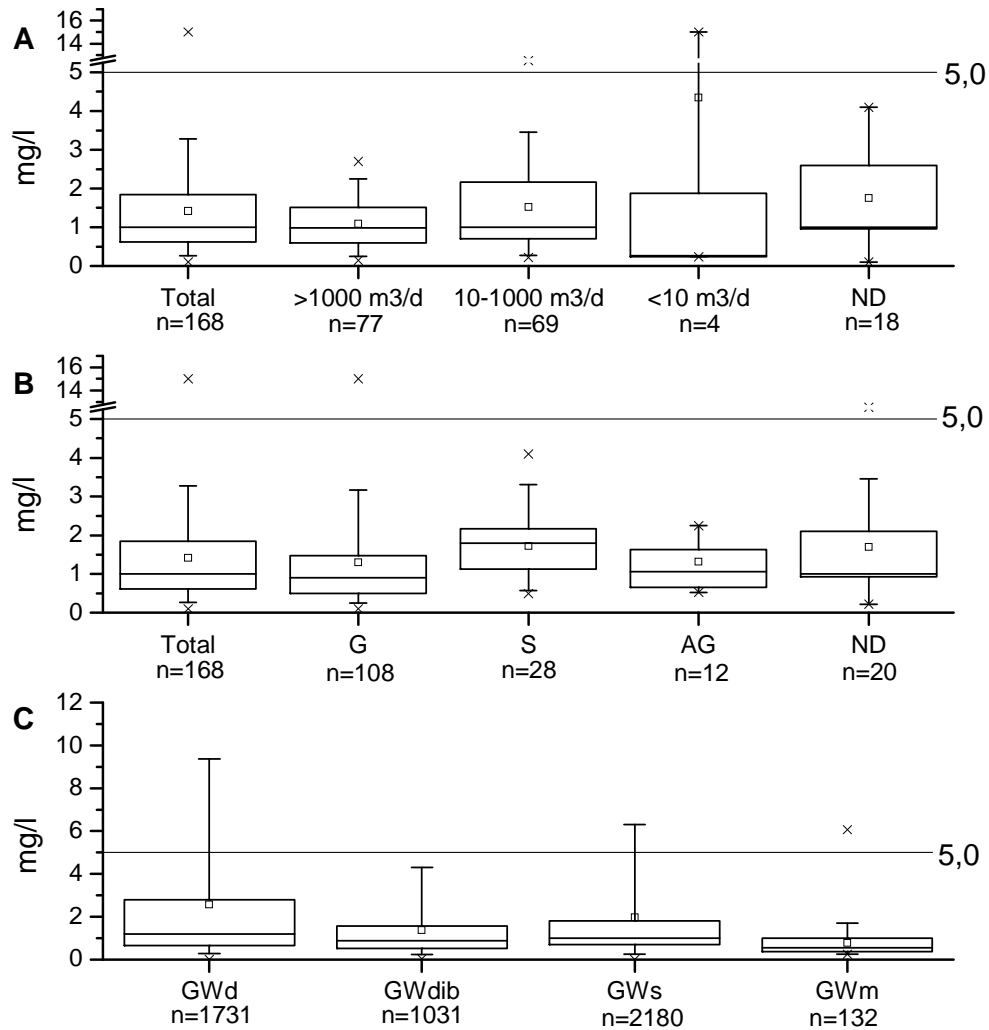
Hapettuvuus kuvastaa veden sisältämän orgaanisen aineen määrää. Näihin kiintoainepartikkeleihin voi olla kiinnittyneenä raskasmetalleja, kemikaaleja ja bakteereja. Hapettuvuuden määrittäminen perustuu kaliumpermanganaatin kykyyn hapettaa orgaanista ainetta.

Tietoja ilmoitti 338 laitosta (määritysten lukumäärä n= 3 996), joista 168 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä oli 1,0 mg/l, vaihteluväli 0,9–1,8 mg/l (kuva 9A ja 9B). Pintavesilaitosten mediaanipitoisuus (1,8 mg/l) oli jonkin verran korkeampi kuin muun tyyppisillä laitoksilla (noin 1 mg/l). Kolmella laitoksella talusvesiasetuksen suosituspitoisuus 5,0 mg/l ylittyi pitoisuuksien vaihdellessa välillä 5,8–15 mg/l. Laitokset olivat keskisuuria ja pieniä laitoksia, joista kaksi käytti pohjavettä ja yhden laitoksen veden alkuperä ei ollut tiedossa. Laitoksista 99 % jakoi talusvesiasetuksen mukaista vettä.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 731 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 1,2 ja 0,9 mg/l (kuva 9C). Yksittäisissä maaperä- ja porakaivonäytteissä talusvesiasetuksen suosituspitoisuus ylittyi vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 46 ja 21 mg/l. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 312 määrityksestä, joista 2 180 oli tehty kaivovesistä ja 132 useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 1,0 ja 0,6 mg/l. Korkein maksimipitoisuus 94 mg/l havaittiin kaivovedessä. Yksittäisten kaivojen vesistä 177 (7,7 % näytteistä) ylitti talusvesiasetuksen suosituspitoisuuden 5,0 mg/l. Useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä yksi (0,8 % näytteistä) ylitti suosituspitoisuuden.

#### Yhteenveto hapettuvuudesta

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä 0,6–1,8 mg/l. Matalin mediaanipitoisuus 0,6 mg/l havaittiin ympäristöhallinnon aineiston useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä. Vesilaitoksilla, ympäristöhallinnon aineiston yksittäisissä kaivoissa ja porakaivoissa mediaanipitoisuudet olivat välillä 0,9–1,2 mg/l. Yksittäisillä vesilaitoksilla ja yksittäisissä ympäristöhallinnon ja GTK:n kaivovesinäytteissä talusvesiasetuksen suosituspitoisuus ylittyi.



**Kuva 9. Hapettuvuus COD<sub>Mn</sub>. Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Maksimiarvot, jotka eivät näy kuvassa, ovat 10-1000 m<sup>3</sup>/d 8 mg/l, ND 8 mg/l, GWd 46 mg/l, GWdib 21 mg/l ja GWs 94 mg/l.**

## 4.3 Muut ravinteet

### 4.3.1 Fosfori

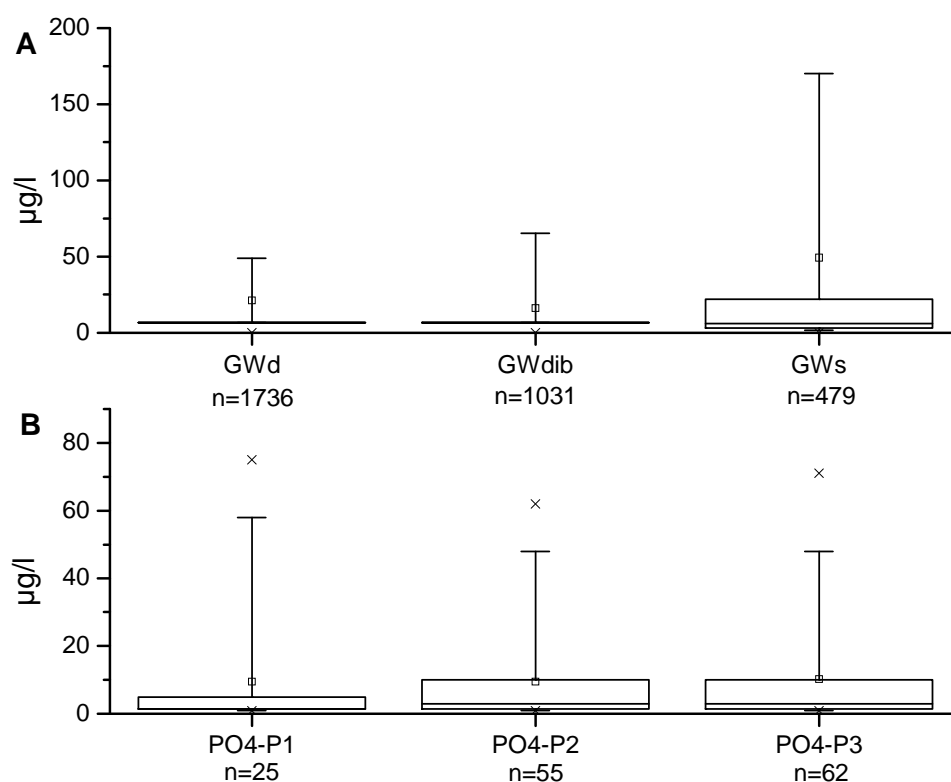
Fosfori esiintyy vedessä tavallisimmin fosfaattina. Suomessa fosforin määrä rajoittaa mikrobien kasvua talousvedessä ja biofilmeissä.

Vesilaitoksilta saaduissa veden laatutiedoissa oli vain yksittäisiä (alle 10 kpl) mittaustuloksia fosfaatista, joita ei ole esitetty tässä tutkimuksessa. GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 767 vesinäytteestä, joista 1 736 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Molemmassa vesityypeissä fosfaattifosforin mediaanipitoisuus oli alle 6,5 µg/l (kuva 10A). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 479 yksittäisen kaivon veden fosfaattifosforin pitoisuudesta. Ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä mediaanipitoisuus oli 6,0 µg/l (kuva 10A).

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. fosfaattifosforin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Verkostoon pumpattavassa vedessä mediaanipitoisuus oli 1,5 µg/l (kuva 10B). Seisotetussa ja juoksutetussa verkostovedessä pitoisuudet olivat jonkin verran korkeammat kuin verkostoon pumpatussa vedessä vastaavien mediaanipitoisuuksien ollessa 3,0 ja 3,5 µg/l.

### Yhteenveto fosforista

Fosforipitoisuudelle ei ole suositusta talousvesiasetuksessa. Fosfaattifosforin mediaanipitoisuus vaihteli aineiston vesissä välillä 1,5–6,0 µg/l. EAS-järjestelmässä ei ole esitetty vaatimuksia tuotteista liukenevalle fosforille.



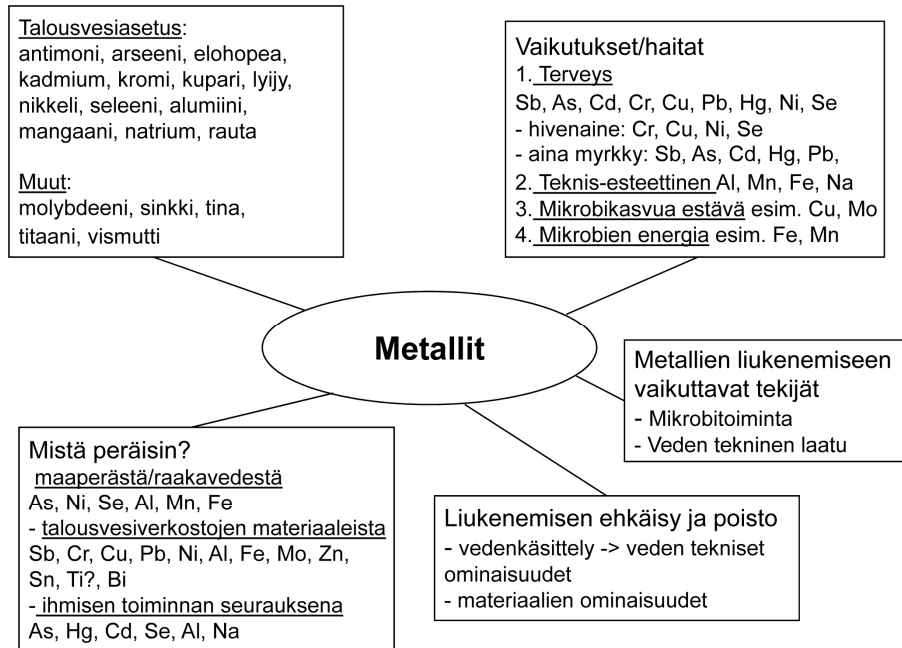
**Kuva 10. Fosfori.** Fosfaattifosforin pitoisuus GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (A). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus fosfaattifosforin pitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (B). PO4-P1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, PO4-P2 seisotettua verkostovettä ja PO4-P3 juoksutettua verkostovettä. Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 2190 µg/l, GWdib 346 µg/l ja GWs 1600 µg/l.

### **Yhteenveto talousveden mikrobiravinteista:**

Vesilaitosten toimittama talousvesi ja kaivovedet olivat mikrobiravinteiden osalta talousvesiasetuksen mukaisia. Vesilaitosten toimittaman veden TOC-pitoisuuden mediaani oli 1,9 mg/l. Fosfaattifosforin mediaanipitoisuus vaihteli aineiston vesissä välillä 1,5–6,0 µg/l.

## 5 Metallit

Talovesiasetuksessa on raja-arvo tai suosituspitoisuus useille metalleille (kuva 11). Metallit vaikuttavat monin tavoin ihmisten terveyteen, veden teknis-esteettiseen laatuun ja mikrobikasvuun. Metallit voivat päätyä talousveteen maaperästä, talovesiverkostojen materiaaleista tai ihmisen toiminnan tuloksena. Metallien liukenemiseen talovesiverkostojen materiaaleista vaikuttavat useat tekijät. Liukenemista voidaan ehkäistä veden teknisiä ominaisuuksia ja materiaalien ominaisuuksia muuttamalla.



**Kuva 11.** Metalleja, joita voi esiintyä talousvedessä.

### 5.1 Laatuvaatimusten alaiset metallit

#### 5.1.1 Antimoni (Sb)

Antimonia voi päätyä talousveteen talovesiverkostomateriaalien messingistä ja juotosaineena käytetystä tina-antimoniseoksesta. Talovesiasetuksen raja-arvo perustuu antimonin myrkyllisyyteen.

Tietoja ilmoitti 214 laitosta (määritysten lukumäärä n= 640), joista 25 laitokselta voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 1,0 µg/l (kuva 12A ja 12B). Yhdellä keskisuurella pintavesilaitoksella talovesiasetuksen raja-arvo oli ylittynyt pitoisuuden ollessa 10 µg/l. Laitoksista 99,5 % jakoi talovesiasetuksen mukaista vettä pitoisuuden ollessa alle 5 µg/l.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Mediaanipitoisuus molemmissa vesityypeissä oli 0,02 µg/l (kuva 12C). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 127 vesinäytteestä, joista 118 oli otettu kaivosta ja yhdeksän useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,1 ja 1,0 µg/l. Kaikki ympäristöhallinnon aineiston

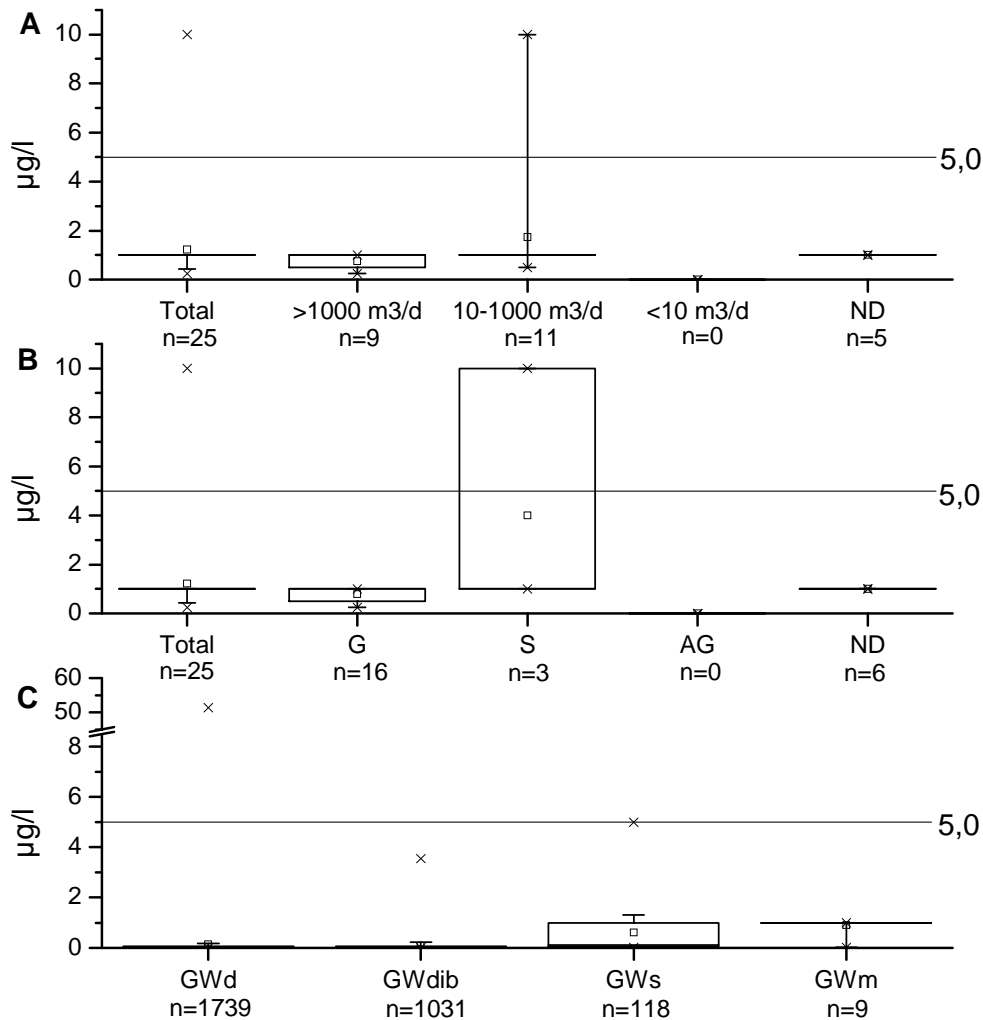


vesinäytteet olivat talousvesiasetuksen mukaisia maksimipitoisuuden ollessa 5 µg/l kaivovedessä.

### Yhteenveto antimonista

Mediaanipitoisuuksien vaihteluväli tutkimuksen aineistoissa oli 0,02–1,0 µg/l. Alhaisimmat mediaanipitoisuudet 0,02 µg/l havaittiin GTK:n pohjavesiaineistossa (maaperäkaivot ja porakaivot). Ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä mediaanipitoisuus oli 0,1 µg/l. Vesilaitosten toimittamassa vedessä ja useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä mediaanipitoisuudet olivat 1,0 µg/l. Aineiston vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia yksittäisiä maaperäkaivojen vesinäytteitä ja yhden vesilaitoksen vettä lukuun ottamatta.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta antimonia 2,5 µg/l, mikä on 50 % talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuudesta (5 µg/l). Vesilaitoksista 99,5 % toimitti vettä, jonka antimonipitoisuus oli alle 2,5 µg/l, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 12. Antimoni.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C).

### 5.1.2 Arseeni (As)

Arseeni on myrkkyy, jota voi päätyä talousveteen maa- ja kallioperästä ja erilaisista kemikaaleista.

Tietoja ilmoitti 436 laitosta (määritysten lukumäärä  $n=2\,364$ ), joista 59 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli  $1\ \mu\text{g/l}$  ja vaihteluväli  $0,8\text{--}1,7\ \mu\text{g/l}$  (kuva 13A ja 13B). Laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurinta keskisuurilla pohjavesilaitoksilla. Kolmella keskisuurella pohjavesilaitoksella laitoskohtainen keskiarvo ylitti talousvesiasetuksen enimmäispitoisuuden  $10\ \mu\text{g/l}$  keskiarvopitoisuuksien vaihdella välillä  $14\text{--}53\ \mu\text{g/l}$ . Laitoksista 99 % toimitti talousvesiasetuksen mukaista vettä.

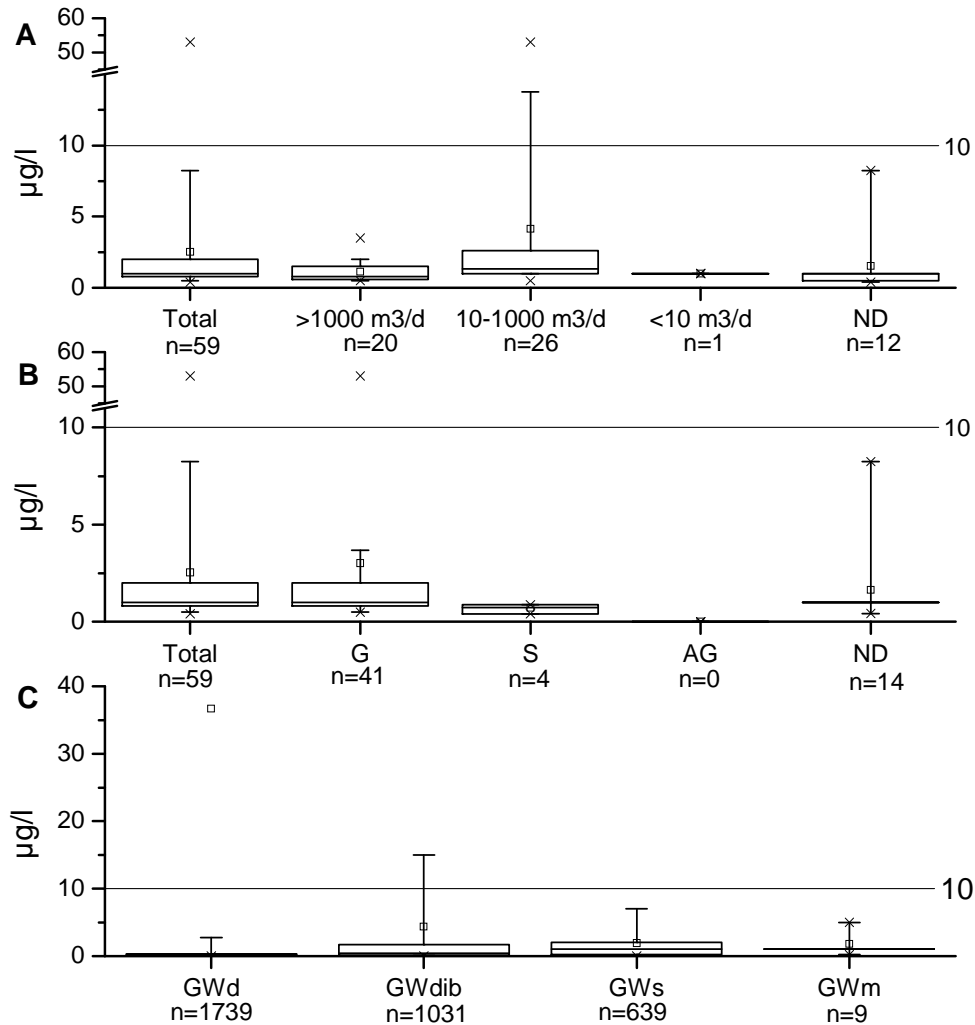
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja  $2\,770$  vesinäytteestä, joista  $1\,739$  oli otettu maaperäkaivosta ja  $1\,031$  porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat  $0,1$  ja  $0,4\ \mu\text{g/l}$  (kuva 13C). Maksimipitoisuudet maaperäkaivoissa ja porakaivoissa olivat selkeästi yli talousvesiasetuksen raja-arvon vastaavien pitoisuuksien ollessa  $10\,100$  ja  $822\ \mu\text{g/l}$ . Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja  $648$  vesinäytteestä, joista  $639$  oli otettu kaivosta ja yhdeksän useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Mediaanipitoisuus molemmissa vesityypeissä oli  $1,0\ \mu\text{g/l}$ .  $14$  kaivovesinäytteessä talousvesiasetuksen raja-arvo ylittyi pitoisuuksien ollessa välillä  $12\text{--}76\ \mu\text{g/l}$ .

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. arseenin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Muutamaa yksittäistä näytettä lukuun ottamatta kaikki tulokset olivat alle määrittärajän (alle  $1\ \mu\text{g/l}$ ). Verkostolla tai näytteenottotavalla ei tällä mittausherkkyydellä voitu osoittaa olevan vaikutusta arseenipitoisuuteen.

#### Yhteenveto arseenista

Mediaanipitoisuuksien vaihteluväli tutkimuksen aineistoissa oli  $0,1\text{--}1,7\ \mu\text{g/l}$ . Alhaisin mediaanipitoisuus  $0,1\ \mu\text{g/l}$  havaittiin maaperäkaivoissa. Porakaivoissa mediaanipitoisuus oli  $0,4\ \mu\text{g/l}$ . Ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä ja useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä sekä vesilaitosten toimittamassa vedessä mediaanipitoisuudet olivat  $1,0\ \mu\text{g/l}$ . Korkein mediaanipitoisuus  $1,7\ \mu\text{g/l}$  havaittiin keskisuurilla vesilaitoksilla. Kaikissa aineiston vesityypeissä havaittiin yksittäisiä talousvesiasetuksen raja-arvon ylityksiä.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta arseenia  $5\ \mu\text{g/l}$ , mikä on 50 % talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuudesta ( $10\ \mu\text{g/l}$ ). Yli 99 % vesilaitoksista toimitti vettä, jossa arseenia oli vähemmän kuin  $5\ \mu\text{g/l}$ , joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 13. Arseeni.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 10 100 µg/l, GWdib 822 µg/l ja GWs 76 µg/l.

### 5.1.3 Elohopea (Hg)

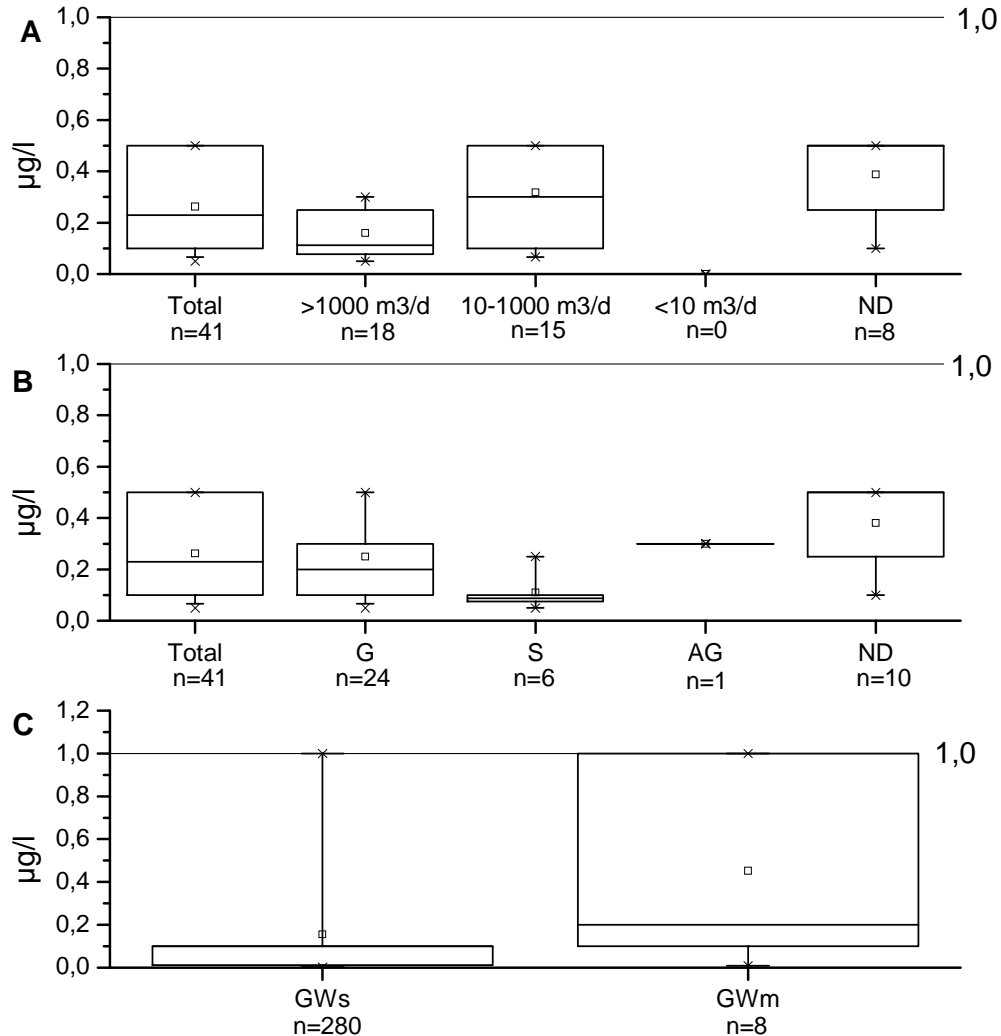
Elohopea on myrkky, jota käytetään erilaisissa kemianteollisuuden tuotteissa. Jätevesien, laskeuman ja maataloudessa käytettyjen kemikaalien mukana elohopeaa voi päätyä talousveteen.

Tietoja ilmoitti 415 laitosta (määrittysten lukumäärä n= 2 270), joista 41 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Kaikki laitoskohtaiset keskiarvot olivat alle talousvesiasetuksen raja-arvon 1,0 µg/l mediaanipitoisuuden ollessa 0,2 µg/l (kuva 14A ja 14B). Laitosten välinen pitoisuuksien vaihtelu oli suurinta keskisuurilla pohjavesilaitoksilla.

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 288 vesinäytteestä, joista 280 oli otettu kaivosta ja kahdeksan useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,1 ja 0,2 µg/l (kuva 14C). Kaikki tulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

## Yhteenveto elohopeasta

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä 0,1–0,2 µg/l. Kaikissa aineistoissa pitoisuudet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.



**Kuva 14. Elohopea.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa (v. 2000–2007) (C).

### 5.1.4 Kadmium (Cd)

Kadmium on myrkkä, jota käytetään erilaisissa kemianteollisuuden prosesseissa. Talousveteen sitä voi päätyä jätevesien kautta, ilman kautta tulevasta laskeumasta ja lannoitteista.

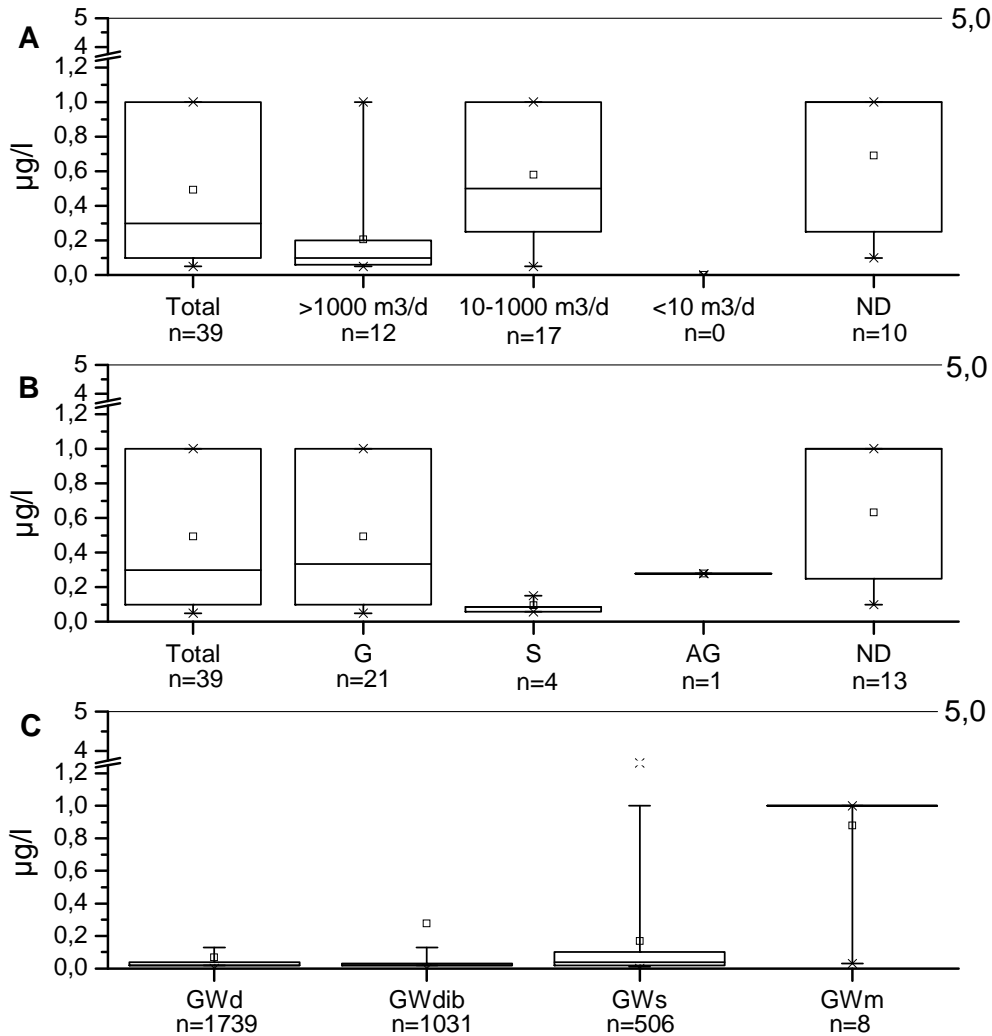
Tietoja ilmoitti 433 laitosta (määritysten lukumäärä n= 2 389), joista 40 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 0,3 µg/l (kuva 15A ja 15B). Kaikilla laitoksilla talousvesiasetuksen raja-arvo 5,0 µg/l alittui.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,02 ja alle 0,02 µg/l (kuva 15C). Yksittäisten maaperä- ja porakaivonäytteiden kadmiumpitoisuus oli ylittänyt talousvesiasetuksen raja-arvon. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 514 vesinäytteestä, joista 506 oli otettu kaivosta ja kahdeksan useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,04 ja 1,0 µg/l. Kaikki tulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

#### Yhteenveto kadmiumista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä alle 0,02–1,0 µg/l. Matalin mediaanipitoisuus (alle 0,02 µg/l) havaittiin porakaivoissa. Maaperäkaivoissa ja ympäristöhallinnon aineiston kaivoissa mediaanipitoisuus vaihteli välillä 0,02–0,04 µg/l. Vesilaitosten toimittamassa vedessä mediaanipitoisuus oli kymmenkertainen kaivovesiin verrattuna (0,3 vs. noin 0,03 µg/l). Useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä mediaanipitoisuus oli 1,0 µg/l. Yksittäisiä maaperä- ja porakaivovesinäytteitä lukuun ottamatta kaikissa aineistoissa tulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta kadmiumia 2,5 µg/l, mikä on 50 % talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuudesta (5,0 µg/l). Vesilaitosten toimittamassa vedessä kadmiumia oli 1,0 µg/l tai vähemmän, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 15. Kadmium.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 7 µg/l, GWdib 243 µg/l ja GWs 2,3 µg/l.

### 5.1.5 Kromi (Cr)

Kromille asetettu raja-arvo perustuu kromin haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talusveden kromi on pääosin peräisin verkostojen materiaaleista.

Tietoja lähetti 434 laitosta (määritysten lukumäärä n= 2 399), joista 52 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 1,6 µg/l vaihteluvälin ollessa erityyppisillä laitoksilla 1,0–5,0 µg/l (kuva 16A ja 16B). Kaikilla laitoksilla keskiarvot olivat talusvesiasetuksen mukaisia (raja-arvo 50 µg/l).

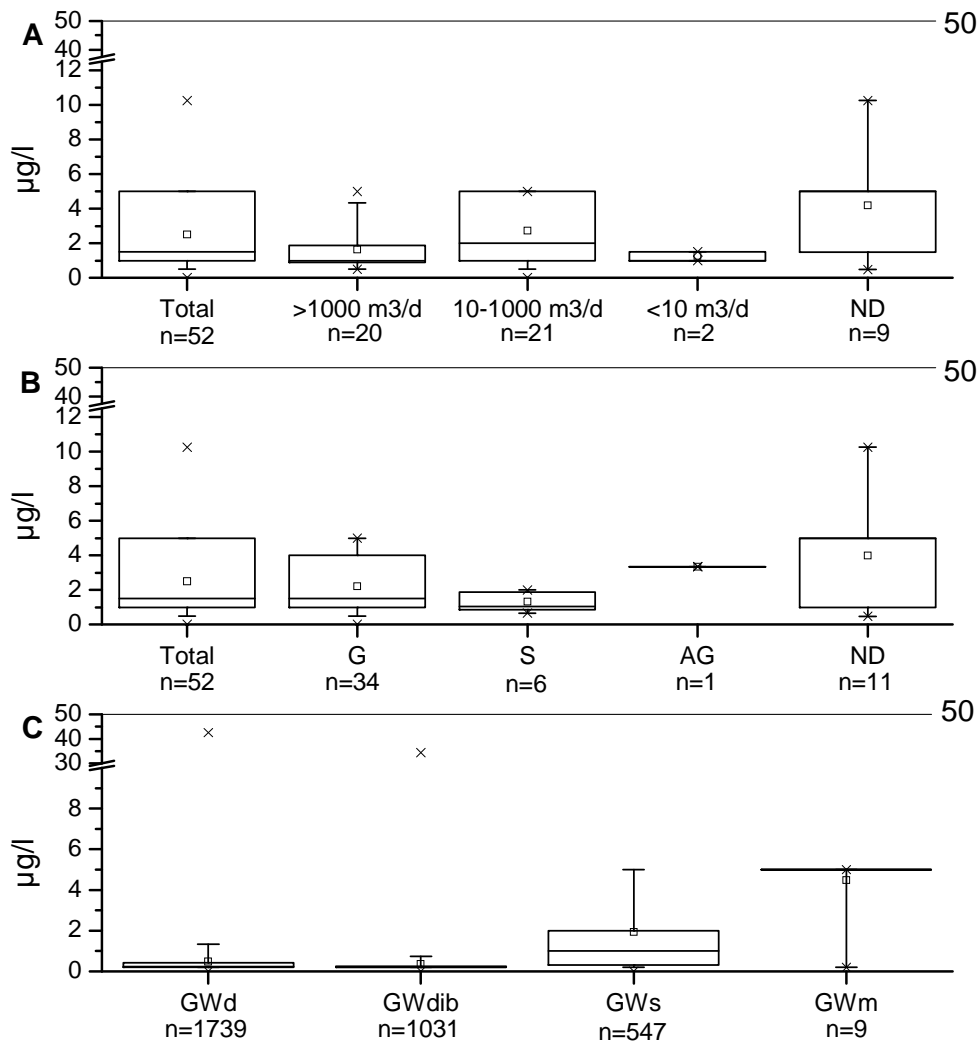
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,2 ja alle 0,2 µg/l (kuva 16C). Kaikki määrittystulokset olivat talusvesiasetuksen mukaisia. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 556 määrittystuloksesta, joista 547 oli tehty kaivovedestä ja yhdeksän useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat

mediaanipitoisuudet olivat 1,0 ja 5,0 µg/l. Kahdessa kaivovesinäytteessä talousvesiasetuksen vaatimus ylittyi pitoisuuksien ollessa 79 ja 86 µg/l.

### Yhteenveto kromista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä alle 0,2–5,0 µg/l. Matalin mediaanipitoisuus (alle 0,2 µg/l) havaittiin porakaivoissa. Maaperäkaivoissa, ympäristöhallinnon aineiston kaivoissa ja vesilaitosten toimittamassa vedessä vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,2, 1,0 ja 1,6 µg/l. Korkein mediaanipitoisuus (5,0 µg/l) havaittiin useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä. Yksittäisiä ympäristöhallinnon kaivovesinäytteitä lukuun ottamatta kaikissa aineistoissa tulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta kromia 25 µg/l, mikä on 50 % talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuudesta (50 µg/l). Vesilaitosten toimittaman veden kromipitoisuus oli 10 µg/l tai vähemmän, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 16. Kromi.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Maksimiarvo GWs 86 µg/l ei näy kuvassa.

### 5.1.6 Kupari (Cu)

Kupari on välttämätön hivenaine, mutta suurina pitoisuuksina se aiheuttaa haitallisia terveysvaikutuksia. Talousveden kupari on pääosin peräisin kiinteistöjen kylmä- ja lämminvesiputkina käytettävästä kuparista.

Tietoja ilmoitti 453 laitosta (määritysten lukumäärä  $n = 2\,757$ ), joista 154 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä oli 0,1 mg/l, mikä oli sama kaiken kokoisilla laitoksilla sekä pohjavesilaitoksilla (kuva 17A ja 17B). Pintavesilaitoksilla mediaanipitoisuus oli huomattavasti alhaisempi, 0,03 mg/l. Yhtä laitosta lukuun ottamatta kaikkien laitosten toimittama vesi oli talousvesiasetuksen mukaista ( $\leq 2,0$  mg/l). Yhdellä keskisuurella pohjavesilaitoksella kuparipitoisuus ylitti raja-arvon pitoisuuden ollessa 2,3 mg/l.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivoista ja 1 031 porakaivoista. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,002 ja 0,008 mg/l (kuva 17C). Yksittäisissä maaperäkaivon vesinäytteissä kuparipitoisuus oli ylittänyt talousvesiasetuksen raja-arvon maksimipitoisuuden ollessa 4,3 mg/l. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 676 määritystuloksesta, joista 638 oli tehty kaivovesistä ja 38 useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,004 ja 0,02 mg/l. Maksimipitoisuus yksittäisessä kaivovesinäytteessä oli 0,96 mg/l, mikä on talousvesiasetuksen vaatimuksen mukainen.

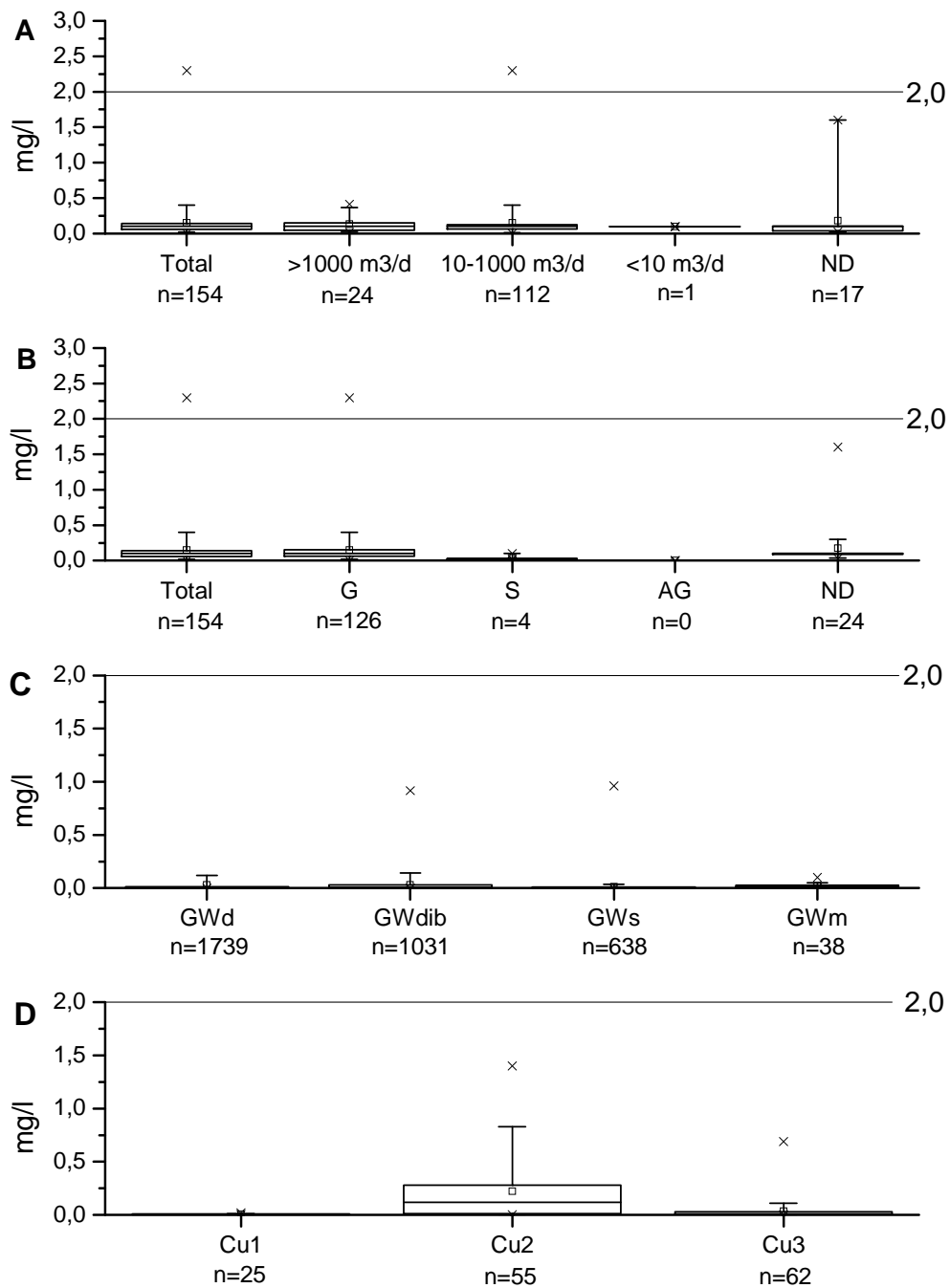
Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. kuparin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Korkein mediaanipitoisuus havaittiin seisotetussa verkostovedessä pitoisuuden ollessa 0,12 mg/l (kuva 17D). Verkostoon pumpatussa vedessä mediaanipitoisuus oli merkittävästi alhaisempi 0,003 mg/l. Juoksutetun verkostoveden mediaanipitoisuus asettui näiden väliin, 0,011 mg/l.

#### Yhteenvedo kuparista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä 0,002–0,1 mg/l. Matalin mediaanipitoisuus (0,002 mg/l) havaittiin maaperäkaivoissa. Muissa kaivovesityypeissä mediaanipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,004–0,020 mg/l. Vesilaitosten toimittamassa vedessä pitoisuudet olivat merkittävästi korkeammat mediaanipitoisuuden ollessa 0,1 mg/l. Talousvesiasetuksen raja-arvon ylityksiä havaittiin yhden vesilaitoksen toimittamassa vedessä ja yksittäisissä ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta kuparia 1,8 mg/l, mikä on 90 % talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuudesta (2,0 mg/l). Suuri osa vesilaitosten toimittamasta vedestä sisälsi kuparia 1,0 mg/l tai vähemmän. Vesilaitoksista 0,4 % toimitti vettä, jossa kuparipitoisuus oli enemmän kuin 1,0 mg/l, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.





**Kuva 17. Kupari.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Verkoston ja näyteenottotavan vaikutus kuparipitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (D). Cu1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, Cu2 seisotettua verkostovettä ja Cu3 juoksetuttua verkostovettä. Maksimipitoisuus GWd 4,3 mg/l ei näy kuvassa.

### 5.1.7 Lyijy (Pb)

Lyijy on elimistöön kertyvä myrkyllinen aine. Talousveteen lyijy voi päätyä monissa metalliseoksissa käytettävästä lyijystä.

Tietoja ilmoitti 442 laitosta (määritysten lukumäärä  $n = 2\,394$ ), joista 66 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä oli  $1,0\ \mu\text{g/l}$  (kuva 18A ja 18B). Veden alkuperä mukaisesti jaoteltuna laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurinta pohjavesilaitoksilla ja pienintä pintavesilaitoksilla vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa  $5,0$  ja  $1,0\ \mu\text{g/l}$ . Kaikki laitoskohtaiset keskiarvopitoisuudet olivat talousvesiasetuksen vaatimuksen mukaisia lyijypitoisuuden ollessa alle  $10\ \mu\text{g/l}$ .

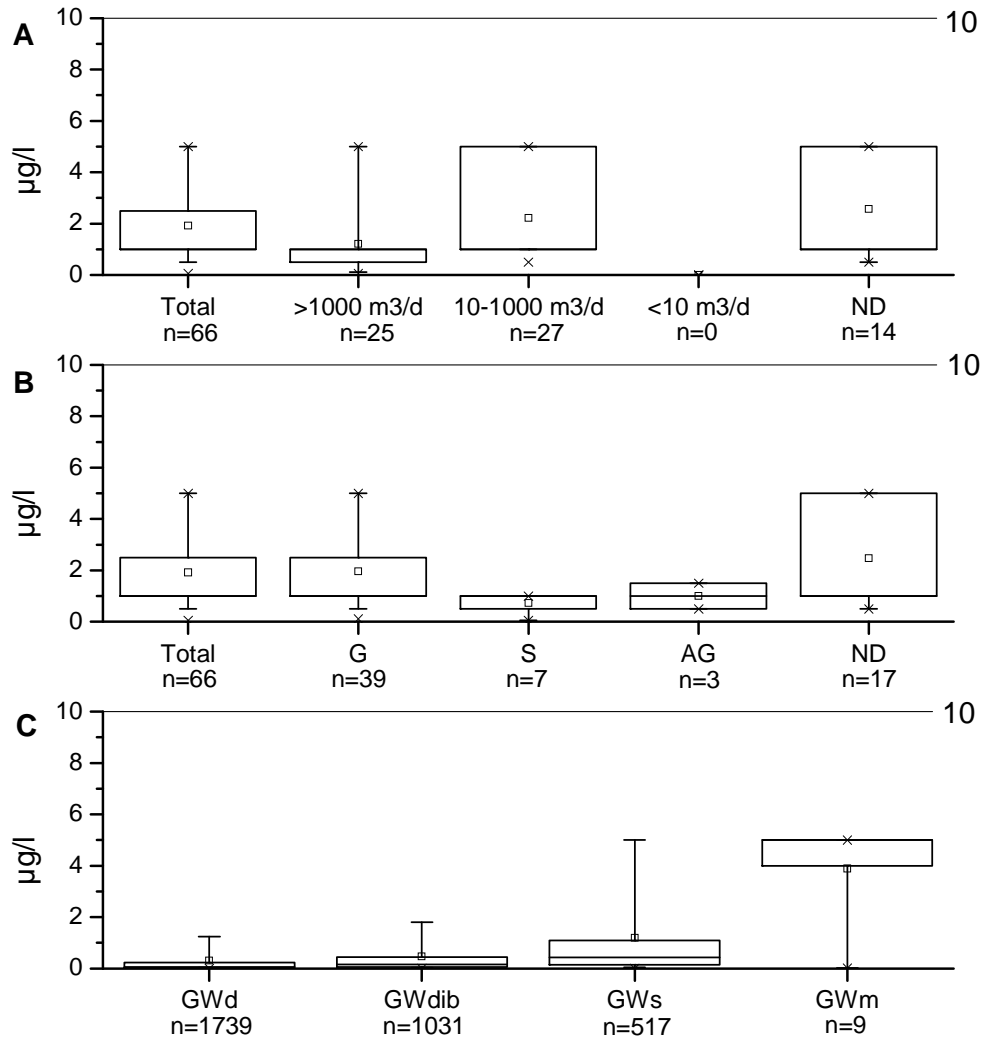
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja  $2\,770$  vesinäytteestä, joista  $1\,739$  oli otettu maaperäkaivoista ja  $1\,031$  porakaivoista. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat  $0,05$  ja  $0,15\ \mu\text{g/l}$  (kuva 18C). Yksittäisissä maaperä- ja porakaivonäytteissä talousvesiasetuksen raja-arvo oli ylittynyt. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja  $526$  vesinäytteestä, joista  $517$  oli otettu yksittäisestä kaivosta ja yhdeksän useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat  $0,4$  ja  $5,0\ \mu\text{g/l}$ . Yksittäisistä kaivoista otetuista näytteistä kaksi ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon pitoisuuksien ollessa  $15\ \mu\text{g/l}$ . Useammasta kaivosta yhteen johdetut vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia maksimipitoisuuden ollessa  $5\ \mu\text{g/l}$ .

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. lyijyn pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Muutamaa yksittäistä näytettä lukuun ottamatta kaikki tulokset olivat alle määrittäysrajan (alle  $1\ \mu\text{g/l}$ ). Verkostolla tai näytteenottotavalla ei tällä mittausherkkyydellä voitu osoittaa olevan vaikutusta lyijypitoisuuteen.

#### Yhteenveto lyijystä

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä  $0,05$ – $5,0\ \mu\text{g/l}$ . Matalin mediaanipitoisuus ( $0,05\ \mu\text{g/l}$ ) havaittiin maaperäkaivoissa. Porakaivoissa ja ympäristöhallinnon aineiston yksittäisissä kaivoissa mediaanipitoisuudet vaihtelivat välillä  $0,2$ – $0,4\ \mu\text{g/l}$ . Vesilaitosten toimittamassa vedessä mediaanipitoisuus oli  $1,0\ \mu\text{g/l}$ . Korkein mediaanipitoisuus  $5,0\ \mu\text{g/l}$  oli ympäristöhallinnon aineiston useamman kaivon yhteen johdetussa vedessä. Vesilaitosten toimittama vesi oli talousvesiasetuksen mukaista. Talousvesiasetuksen raja-arvon ylityksiä havaittiin yksittäisissä kaivovesinäytteissä.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta lyijyä  $5\ \mu\text{g/l}$ , mikä on 50 % talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuudesta ( $10\ \mu\text{g/l}$ ). Vesilaitosten toimittamassa vedessä lyijypitoisuus oli  $5\ \mu\text{g/l}$  tai vähemmän, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 18. Lyijy.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 19 µg/l, GWdib 32 µg/l ja GWs 15 µg/l.

### 5.1.8 Nikkeli (Ni)

Nikkeli on allergiaoireita aiheuttava metalli, jota voi päätyä talousveteen maa- ja kallioperän mineraaleista ja kiinteistöjen vesikalusteissa käytettävistä metalliseoksista.

Tietoja ilmoitti 429 laitosta (määritysten lukumäärä n= 2 440), joista 126 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 3,0 µg/l ja vaihteluväli 1,0–8,5 µg/l (kuva 19A ja 19B). Laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurinta keskiuurilla pohjavesilaitoksilla maksimipitoisuuden ollessa 38 µg/l. Yhdeksällä laitoksella laitoskohtainen keskiarvopitoisuus ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon (8 keskiuurta pohjavesilaitosta ja yksi laitos, jonka koko tai veden alkuperä ei ollut määritetty) pitoisuuksien ollessa välillä 21–50 µg/l. Laitoksista 93 % toimitti talousvesiasetuksen mukaista vettä.

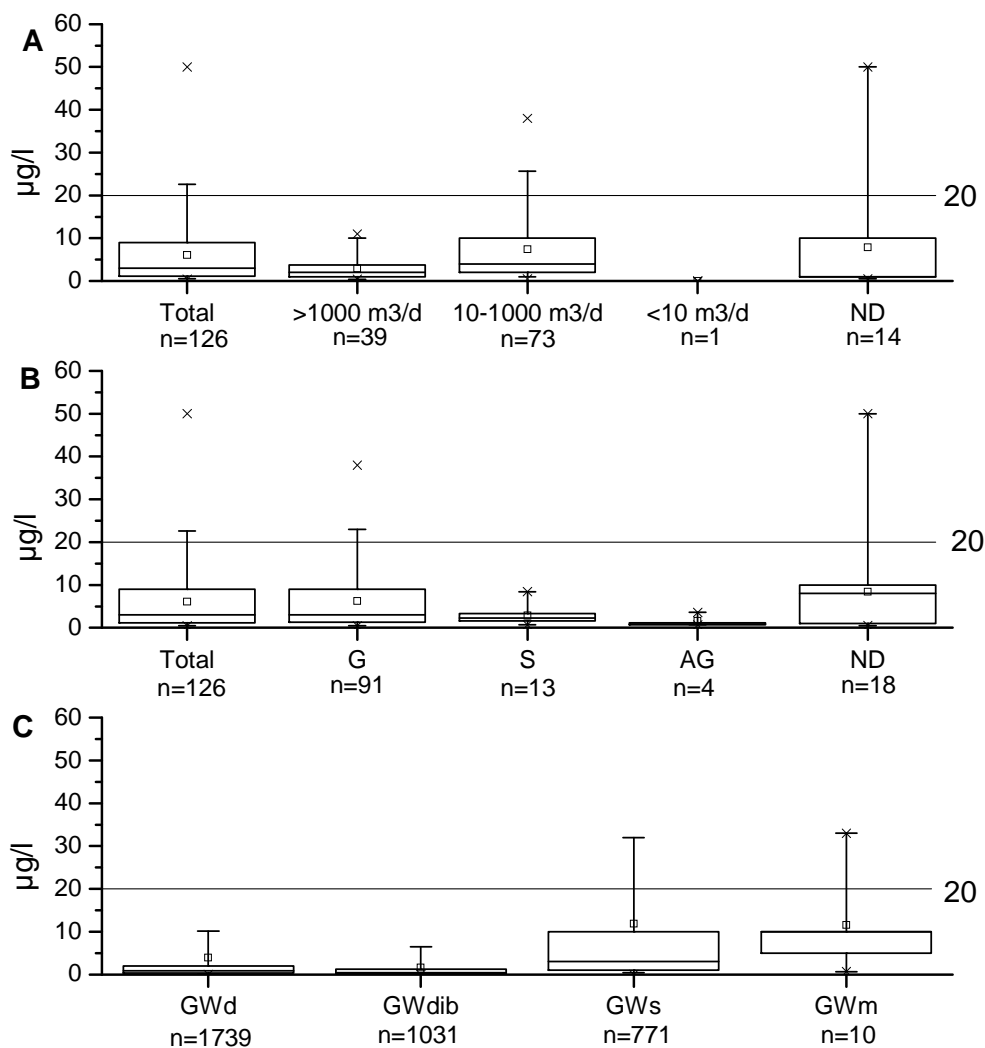
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 kaivovesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,8 ja 0,4 µg/l (kuva 19C). Yksittäisissä kaivovesinäytteissä talousvesiasetuksen raja-arvo ylittyi maksimipitoisuuden ollessa maaperäkaivoissa 277 µg/l ja porakaivoissa 68 µg/l. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 781 vesinäytteestä, joista 771 oli otettu yksittäisestä kaivosta ja 10 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 10 µg/l ja 3,0 µg/l. Tuloksista 60 ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon (7,7 % näytteistä): 58 kaivovesinäytettä ja kaksi näytettä useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. nikkelin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Muutamaa yksittäistä näytettä lukuun ottamatta kaikki tulokset olivat alle määritysrajan (alle 1 tai alle 4 µg/l). Verkostolla tai näytteenottotavalla ei tällä mittausherkkyydellä voitu osoittaa olevan vaikutusta nikkelpitoisuuteen.

#### Yhteenveto nikkelistä

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä 0,4–10 µg/l. Matalimmat mediaanipitoisuudet (0,4 ja 0,8 µg/l) havaittiin porakaivoissa ja maaperäkaivoissa. Mediaanipitoisuus oli 3,0 µg/l vesilaitosten toimittamassa vedessä ja ympäristöhallinnon aineiston yksittäisissä kaivoissa. Korkein mediaanipitoisuus 10 µg/l havaittiin ympäristöhallinnon aineiston useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä. Kaikissa aineiston vesityypeissä havaittiin talousvesiasetuksen raja-arvon ylityksiä.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta nikkeliä 10 µg/l, mikä on 50 % talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuudesta (20 µg/l). Vesilaitoksista 4 % toimitti vettä, jossa nikkelpitoisuus ylitti 10 µg/l. Suomalaisen talousveden korkeahkon nikkelpitoisuuden vuoksi materiaaleista liukenevan nikkelin pitoisuuden tulisi olla pienempi kuin EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmässä on ehdotettu. Toisaalta Maailman terveysjärjestön (World Health Organization, WHO) asettama raja-arvo juomaveden nikkelpitoisuudelle on 70 µg/l, ja myös juomavesidirektiivin raja-arvoa nikkelille saatetaan muuttaa direktiivin uusimisen yhteydessä.



**Kuva 19. Nikkeli.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 277 µg/l, GWdib 68 µg/l ja GWs 380 µg/l.

### 5.1.9 Seleni (Se)

Seleni on maa- ja kallioperässä esiintyvä metalli, joka on suurina pitoisuuksina myrkyllinen. Talousveteen seleniä voi päätyä maataloudessa käytetyistä lannoitteista.

Tietoja ilmoitti 212 laitosta (määritysten lukumäärä n= 648), joista 27 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 5,0 µg/l, vaihteluväli 2,4–5,0 µg/l (kuva 20A ja 20B). Kaikki laitoskohtaiset keskiarvopitoisuudet olivat selkeästi alle talousvesiasetuksen raja-arvon 10 µg/l.

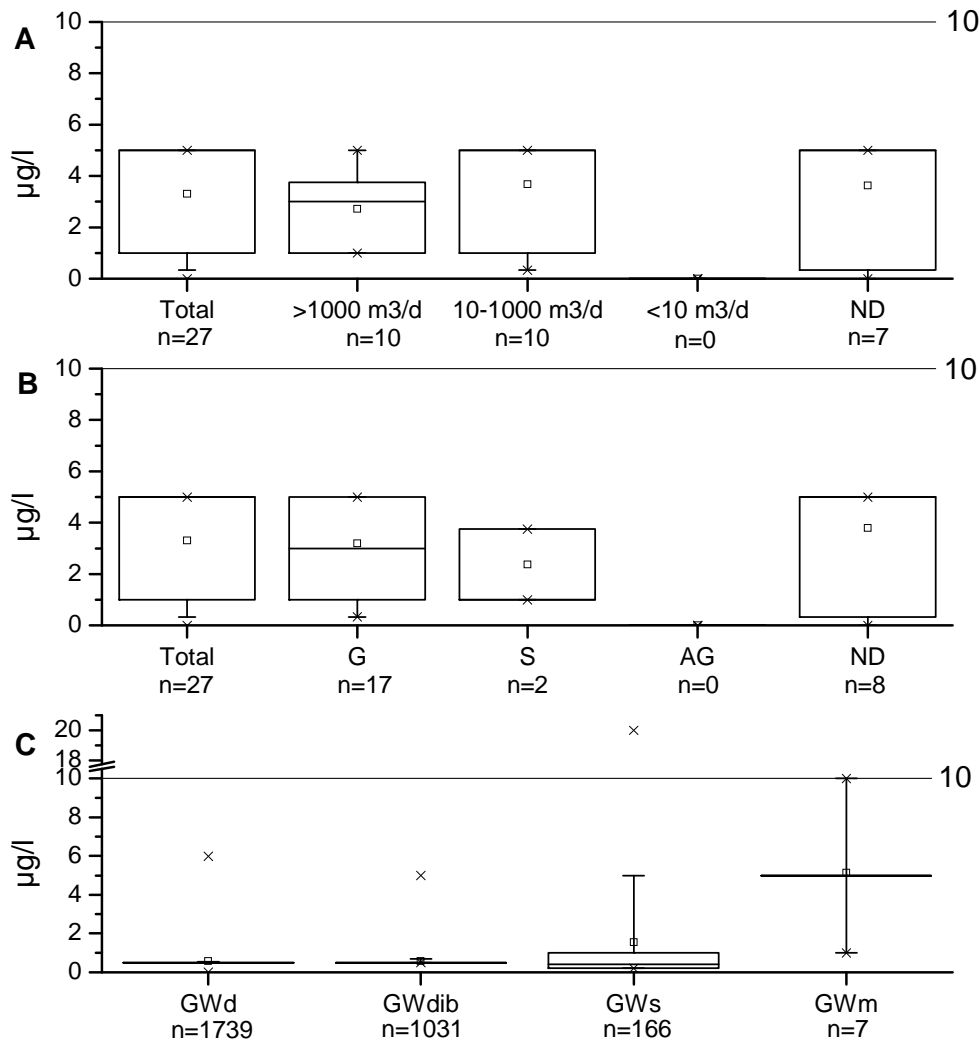
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Mediaanipitoisuudet kummassakin vesityypissä olivat alle 0,5 µg/l (kuva 20C). Kaikki tulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 173 vesinäytteestä, joista 166 oli otettu

yksittäisestä kaivosta ja seitsemän useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,4 ja 5,0 µg/l. Yhdessä useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä talousvesiasetuksen raja-arvo ylittyi pitoisuuden ollessa 20 µg/l.

### Yhteenvedo seleenistä

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä 0,4–5,0 µg/l. Matalimmat mediaanipitoisuudet (alle 0,5 ja 0,4 µg/l) havaittiin maaperäkaivoissa, porakaivoissa ja ympäristöhallinnon aineiston yksittäisissä kaivoissa. Selkeästi korkeampi mediaanipitoisuus 5,0 µg/l havaittiin vesilaitosten toimittamassa vedessä ja ympäristöhallinnon aineiston useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä. Aineistojen vesi oli talousvesiasetuksen mukaista lukuun ottamatta yhtä useammasta kaivosta yhteen johdettua vettä.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta seleeniä 5 µg/l, mikä on 50 % talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuudesta (10 µg/l). Vesilaitosten toimittama veden seleenipitoisuus oli 5 µg/l tai vähemmän, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 20. Seleeni.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C).

## 5.2 Laatusuositusten alaiset metallit

### 5.2.1 Alumiini (Al)

Alumiini on maa- ja kallioperän mineraaleissa esiintyvä metalli, jota voi päätyä talousveteen myös talousveden käsittelyssä käytetyistä kemikaaleista ja talousveden kanssa kosketuksissa olevista materiaaleista. Talousveden alumiinista osa on sitoutuneena orgaaniseen ainekseen.

Tietoja ilmoitti 338 laitosta (määritysten lukumäärä  $n = 6\,344$ ), joista 158 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus näillä laitoksilla oli  $20\ \mu\text{g/l}$  ja vaihteluväli  $1\text{--}38\ \mu\text{g/l}$  (kuva 21A ja 21B). Laitoskoon mukaisesti jaoteltuna keskiuurilla laitoksilla laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurempaa kuin suurilla laitoksilla, vastaavat maksimipitoisuudet olivat  $240\ \mu\text{g/l}$  ja  $130\ \mu\text{g/l}$ . Veden alkuperän mukaisesti jaoteltuna vaihtelu oli pienin tekopohjavesilaitoksilla ja suurin pohjavesilaitoksilla vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa  $34$  ja  $240\ \mu\text{g/l}$ . Pintavesilaitokset asettuivat tähän väliin maksimipitoisuuden ollessa  $180\ \mu\text{g/l}$ . Korkein mediaanipitoisuus  $38\ \mu\text{g/l}$  havaittiin pintavesilaitoksella. Kaikista laitoksista  $99\ \%$  jakoi talousvesiasetuksen mukaista vettä. Kolmella pohjavettä käyttävällä laitoksella talousvesiasetuksen suosituspitoisuus  $200\ \mu\text{g/l}$  ylittyi pitoisuuksien vaihdellessa välillä  $230\text{--}240\ \mu\text{g/l}$ : kaksi laitoksista oli keskiuuria ja yhden kokoluokkaa ei ollut määritetty.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja  $2\,770$  vesinäytteestä, joista  $1\,739$  oli otettu maaperäkaivosta ja  $1\,031$  porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat  $22$  ja  $3\ \mu\text{g/l}$  (kuva 21C). Yksittäisissä sekä maaperä- että porakaivoista otetuissa vesinäytteissä talousvesiasetuksen suosituspitoisuus ylittyi. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja  $941$  vesinäytteestä, joista  $869$  oli otettu yksittäisistä kaivoista ja  $36$  useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Mediaanipitoisuus oli  $20\ \mu\text{g/l}$  kummassakin vesityypissä.  $93$  kaivovesinäytteessä ( $11\ \%$  kaivovesinäytteistä) talousvesiasetuksen suosituspitoisuus ylittyi pitoisuuksien vaihdellessa välillä  $210\text{--}10\,000\ \mu\text{g/l}$ . Kaikki useammasta kaivosta yhteen johdetut vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

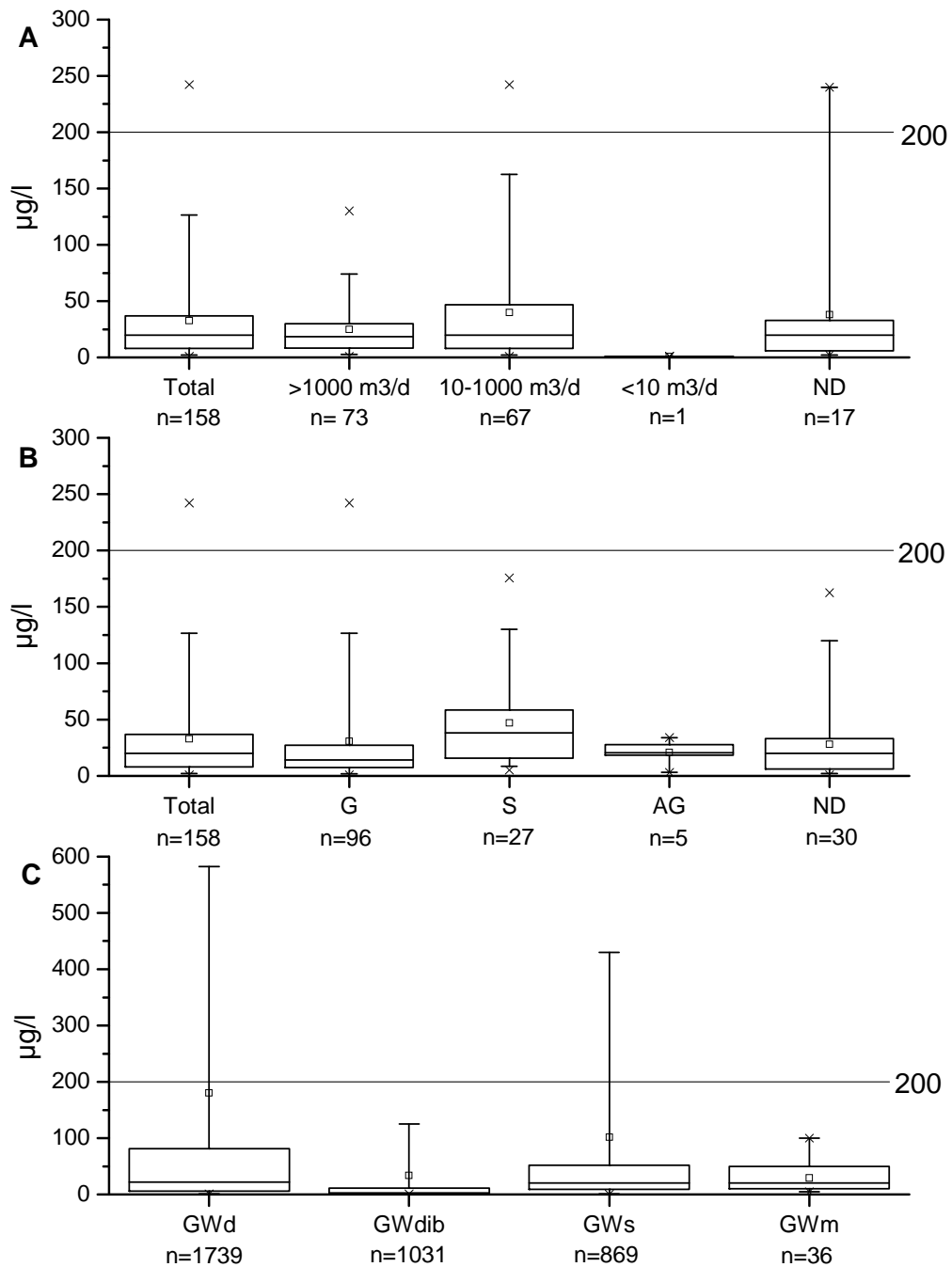
Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. alumiinin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Muutamaa yksittäistä näytettä lukuun ottamatta kaikki tulokset olivat alle määrittäysrajan (alle  $10$  tai alle  $20\ \mu\text{g/l}$ ). Verkostolla tai näytteenottotavalla ei tällä mittausherkkyydellä voitu osoittaa olevan vaikutusta alumiinipitoisuuteen.

#### Yhteenvedo alumiinista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä  $1\text{--}20\ \mu\text{g/l}$ . Matalin mediaanipitoisuus  $3\ \mu\text{g/l}$  havaittiin porakaivoissa. Maaperäkaivoissa, ympäristöhallinnon aineiston kaivotyypeissä ja vesilaitosten toimittamassa vedessä mediaanipitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat, välillä  $20\text{--}22\ \mu\text{g/l}$ . Kolmella vesilaitoksella ja maaperä- ja porakaivovesissä sekä ympäristöhallinnon aineiston yksittäisten kaivojen vesissä havaittiin talousvesiasetuksen suosituspitoisuuden ylittäneitä pitoisuuksia. Ympäristöhallinnon aineiston useammasta kaivosta yhteen johdetut vesinäytteet olivat asetuksen mukaisia.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta alumiinia  $100\ \mu\text{g/l}$ , mikä on  $50\ \%$  talousvesiasetuksen suosituspitoisuudesta ( $200\ \mu\text{g/l}$ ). Vesilaitoksista  $4\ \%$  toimitti vettä, jossa alumiinipitoisuus oli enemmän kuin  $100\ \mu\text{g/l}$ . Suomalaisen talousveden korkeahkon alumiinipitoisuuden vuoksi materiaaleista liukenevan

alumiinin pitoisuuden tulisi olla pienempi kuin EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmässä on ehdotettu.



**Kuva 21. Alumiini.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 25 700 µg/l, GWdib 2 750 µg/l ja GWs 10 000 µg/l.



## 5.2.2 Mangaani (Mn)

Mangaani on maku- ja hajuhaittoja sekä mustia saostumia aiheuttava metalli, joka voi päätyä talousveteen maa- ja kallioperän mineraaleista.

Tietoja ilmoitti 440 laitosta (määritysten lukumäärä n= 21 933), joista 144 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 13 µg/l ja vaihteluväli 10–73 µg/l (kuva 22A ja 22B). Laitoskoon mukaisesti jaoteltuna keskiuurilla laitoksilla laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurempaa kuin suurilla laitoksilla: maksimipitoisuus keskiuurilla 390 µg/l ja suurilla 60 µg/l. Veden alkuperän mukaisesti jaoteltuna vaihtelu oli pienin tekopohjavesilaitoksilla ja suurin pohjavesilaitoksilla vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 15 ja 390 µg/l. Pintavesilaitokset asettuivat tähän väliin maksimipitoisuuden ollessa 220 µg/l. Kaikista laitoksista 95 % jakoi talousvesiasetuksen mukaista vettä. 20 laitoksella talousvesiasetuksen suosituspitoisuus 50 µg/l ylittyi pitoisuuksien vaihdella välillä 51–390 µg/l. Laitoksista 18 oli keskiuuria tai pieniä, jotka käyttivät pääosin pohjavettä. Laitoksista kaksi oli pintavettä käyttäviä suuria laitoksia.

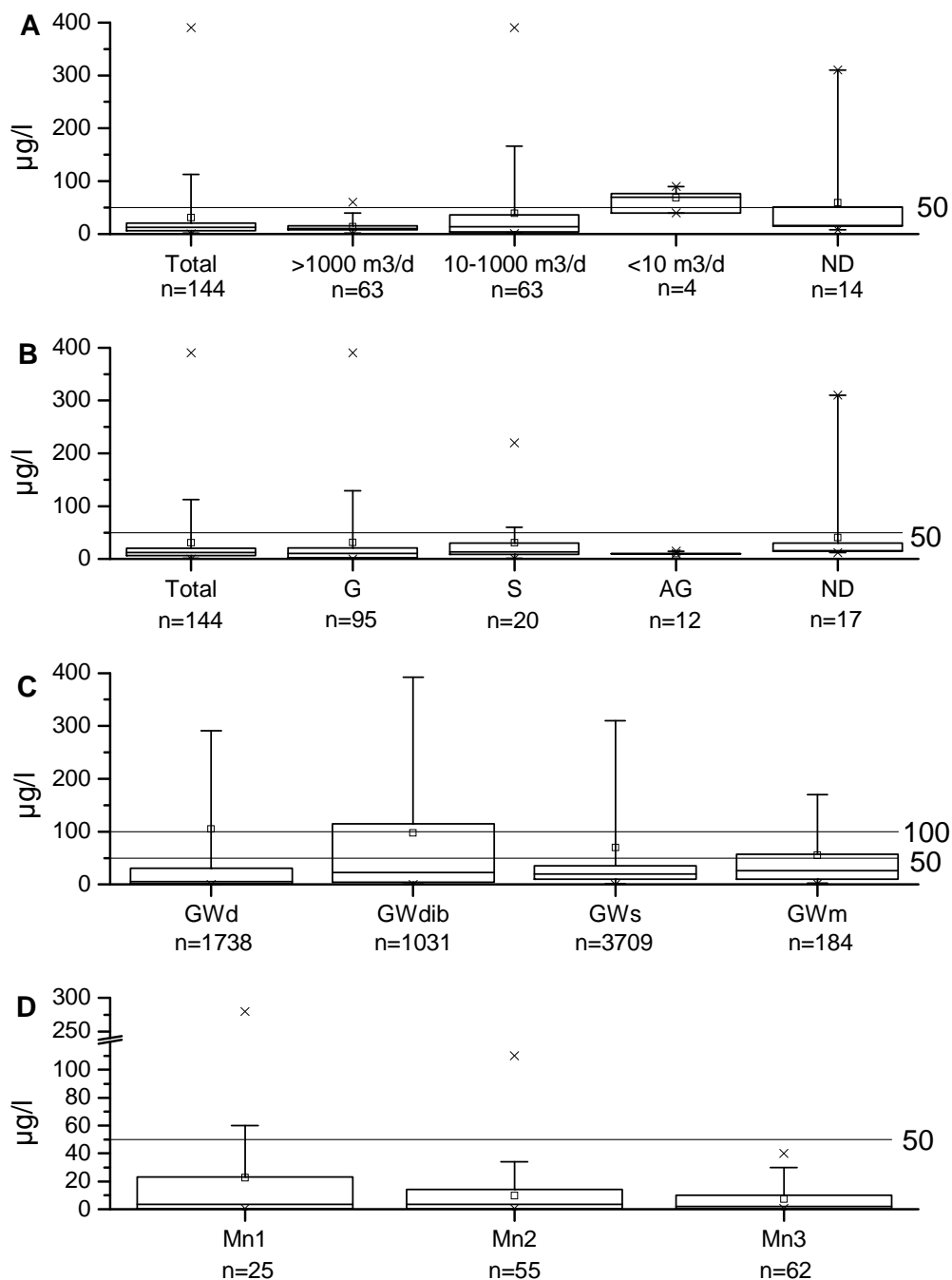
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 769 määrityksestä, joista 1 738 oli tehty maaperäkaivoista ja 1 031 porakaivoista. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 5 ja 23 µg/l (kuva 22C). Useissa vesinäytteissä talousvesikaivon suosituspitoisuus 100 µg/l ylittyi maksimipitoisuuden ollessa maaperäkaivoissa 15 600 µg/l ja porakaivoissa 4 140 µg/l. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 3 893 vesinäytteestä, joista 3 709 oli otettu yksittäisistä kaivoista ja 184 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 20 µg/l ja 27 µg/l. Useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä vaihtelu oli pienempää kuin kaivovesissä vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 1 900 µg/l ja 12 000 µg/l. Kaivovesistä 502 (14 % määrityksistä) ylitti kaivovedelle asetetun suosituspitoisuuden 100 µg/l. Useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä 52 (28 % määrityksistä) ylitti talousvesiasetuksen suosituspitoisuuden 50 µg/l.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. mangaanin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Mediaanipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa vaihdellen välillä 2–3 µg/l (kuva 22D).

### Yhteenvedo mangaanista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä 2–73 µg/l. Matalimmat mediaanipitoisuudet 2–5 µg/l havaittiin vesilaitoksilla lisämittauskampanjan juoksutetussa verkostovedessä ja maaperäkaivoissa. Vesilaitosten toimittamassa vedessä mediaanipitoisuus oli 13 µg/l. Porakaivovesissä ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesityypeissä mediaanipitoisuudet vaihtelivat välillä 20–27 µg/l. Talousvesiasetuksen suosituspitoisuuden ylityksiä havaittiin kaikissa aineiston vesityypeissä.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta mangaania 25 µg/l, mikä on 50 % talousvesiasetuksen suosituspitoisuudesta (50 µg/l). Vesilaitoksista 7 % toimitti talousvettä, jossa mangaanipitoisuus ylitti 25 µg/l. Suomalaisen talousveden korkeahkon mangaanipitoisuuden vuoksi materiaaleista liukenevan mangaanin pitoisuuden tulisi olla pienempi kuin EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmässä on ehdotettu.



**Kuva 22. Mangaani.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus mangaanipitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (D). Mn1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, Mn2 seisotettua verkostovettä ja Mn3 juokсутtuetta verkostovettä. Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 15 600 µg/l, GWdib 4 140 µg/l, GWs 12 000 µg/l ja GWm 1 900 µg/l.

### 5.2.3 Natrium (Na)

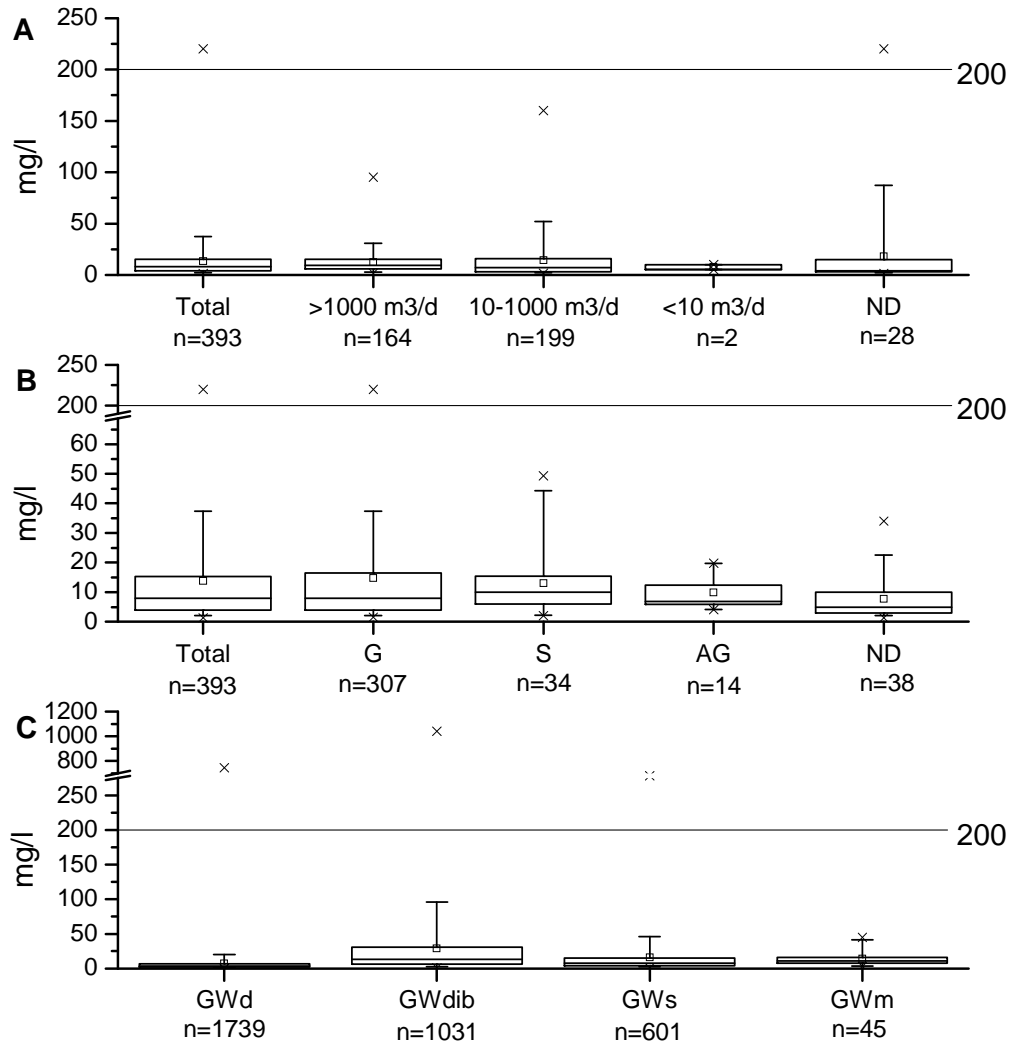
Talousveden natrium voi olla peräisin maa- ja kallioperästä, maantiesuolasta ja vedenkäsittelykemikaaleista.

Tietoja ilmoitti 403 laitosta (määritysten lukumäärä n= 2 338), joista 393 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 8 mg/l (kuva 23A ja 23B). Laitoskoolla tai käytetyn veden alkuperällä ei ollut suurta vaikutusta mediaanipitoisuuksiin vaihteluvälin ollessa 4–10 mg/l. Veden alkuperän mukaan jaoteltuna maksimipitoisuus oli suurin pohjavesilaitoksella ja pienin tekopohjavesilaitoksella vastaavien pitoisuuksien ollessa 220 ja 20 mg/l. Yhdellä pohjavesilaitoksella, jonka kokoa ei ollut määritetty, natriumpitoisuus ylitti talousvesiasetuksen suosituspitoisuuden (200 mg/l) mitatun pitoisuuden ollessa 220 mg/l. Laitoksista 99,8 % toimitti talousvesiasetuksen mukaista vettä.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivoista ja 1 031 porakaivoista. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 4 ja 13 mg/l (kuva 23C). Talousvesikaivojen veden natriumpitoisuudelle ei ole asetettu suosituspitoisuutta. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 646 vesinäytteestä, joista 601 oli otettu yksittäisestä kaivosta ja 45 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 8 ja 11 mg/l. Kuudessa yksittäisessä kaivovesinäytteessä talousvesiasetuksen suosituspitoisuus (200 mg/l) ylittyi pitoisuuksien ollessa välillä 240–431 mg/l. Useammasta kaivosta yhteen johdetut vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

#### Yhteenvedo natriumista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä 4–13 mg/l. Matalin mediaanipitoisuus 4 mg/l havaittiin maaperäkaivoissa. Vesilaitosten toimittamassa vedessä ja ympäristöhallinnon aineiston vesityypeissä mediaanipitoisuudet olivat välillä 8–11 mg/l. Porakaivoissa havaittiin korkein mediaanipitoisuus 13 mg/l. Tulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia yksittäistä vesilaitosta ja ympäristöhallinnon aineiston yksittäisiä kaivovesiä lukuun ottamatta.



**Kuva 23. Natrium.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Maksimiarvo GWs 431 mg/l ei näy kuvassa.

#### 5.2.4 Rauta (Fe)

Rauta on maku- ja värihäiriöitä ja ruosteenvärisiä saostumia talousvedeen aiheuttava metalli, joka voi olla peräisin maa- ja kallioperästä, talousvesiverkostojen putkien korroosiotuotteista ja vedenkäsittelykemikaaleista.

Tietoja ilmoitti 463 laitosta (määritysten lukumäärä n= 23 742), joista 202 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 46 µg/l ja vaihteluväli 19–71 µg/l (kuva 24A ja 24B). Laitoskoon mukaisesti jaoteltuna keskiuurilla laitoksilla laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurempaa kuin suurilla laitoksilla vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 780 µg/l ja 230 µg/l. Veden alkuperän mukaisesti jaoteltuna pitoisuuden vaihtelu oli pienin tekopohjavesilaitoksilla ja suurin pohjavesilaitoksilla vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 84 ja 780 µg/l. Pintavesilaitokset asettuivat tähän väliin maksimipitoisuuden ollessa 110 µg/l. 18 laitoksella talousvesiasetuksen suosituspitoisuus 200 µg/l ylittyi pitoisuuksien vaihdeltaessa välillä 205–780 µg/l. Laitoksista suurin osa oli keskiuuria tai pieniä, jotka

käyttivät pääosin pohjavettä. Laitoksista kaksi oli pohjavettä käyttäviä suuria laitoksia. Kaikista laitoksista 96 % jakoi talousvesiasetuksen mukaista vettä.

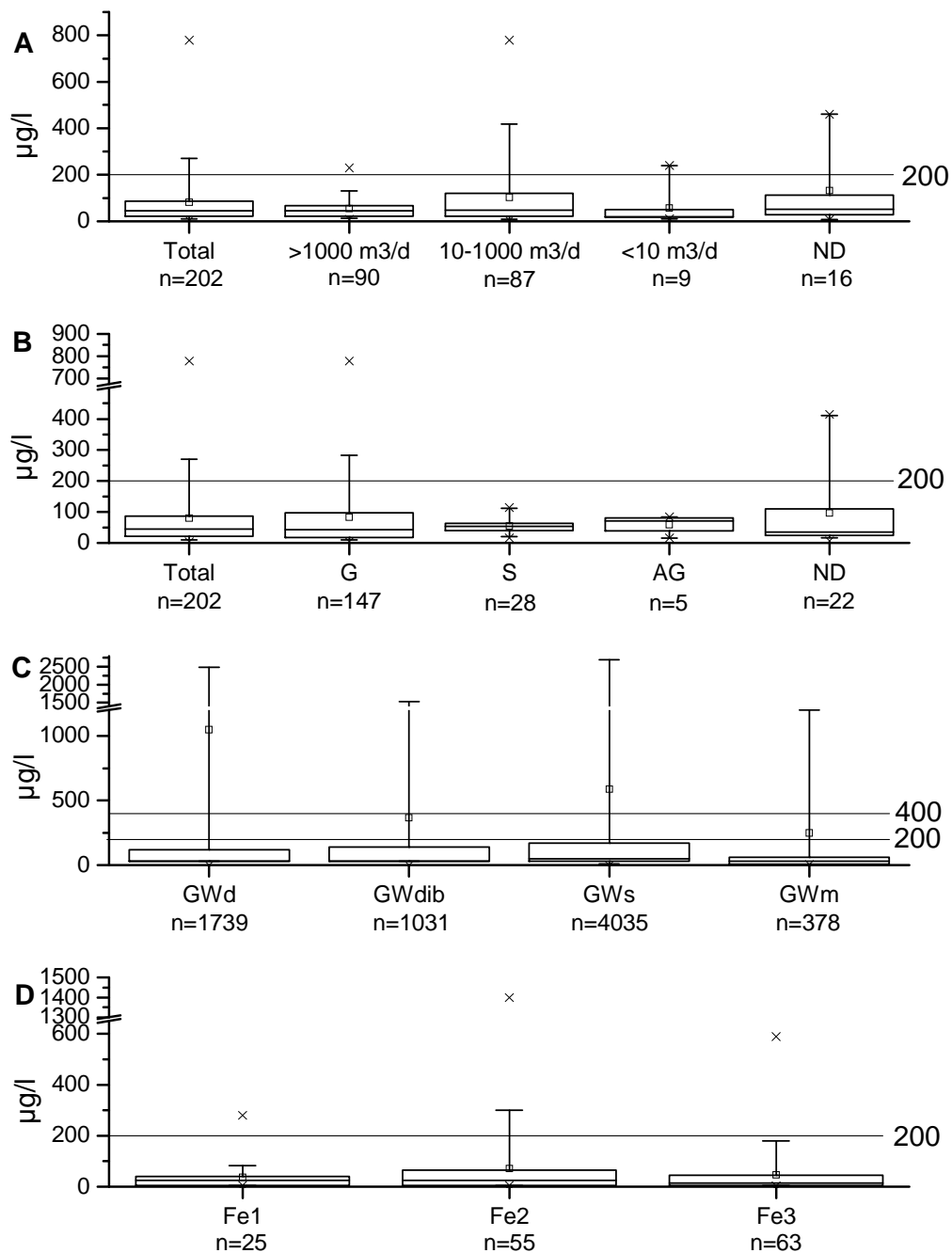
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Mediaanipitoisuus molemmissa vesityypeissä oli 30 µg/l (kuva 24C). Yksittäisissä maaperä- ja porakaivonäytteissä kaivovesien suosituspitoisuus 400 µg/l ylittyi reilusti vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 133 000 ja 39 900 µg/l. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 4 413 vesinäytteestä, joista 4 035 oli otettu yksittäisestä kaivosta ja 378 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 50 ja 30 µg/l. Useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä vaihtelu oli pienempää kuin yksittäisten kaivojen vesissä vastaavien maksimipitoisuuksien ollessa 19 000 ja 85 000 µg/l. Yksittäisten kaivojen vesistä 673 (17 % määrittämisistä) ylitti kaivovedelle asetetun suosituspitoisuuden 400 µg/l. Useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä 59 (16 % määrittämisistä) ylitti talousvesiasetuksen suosituspitoisuuden 200 µg/l.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. raudan pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Mediaanipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa vaihdellen välillä 14–25 µg/l (kuva 24D).

#### Yhteenveto raudasta

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä 14–71 µg/l. Mediaanipitoisuudet olivat 30 µg/l maaperä- ja porakaivoissa sekä ympäristöhallinnon aineiston useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä. Vesilaitosten toimittamassa vedessä mediaanipitoisuus oli 46 µg/l (lisämittauskampanjan juoksutetuissa verkostovesissä 14 µg/l) ja ympäristöhallinnon aineiston yksittäisissä kaivoissa 50 µg/l. Kaikissa aineiston vesityypeissä oli yksittäisiä asetuksen suosituspitoisuuden ylityksiä.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta rautaa 100 µg/l, mikä on 50 % talousvesiasetuksen suosituspitoisuudesta (200 µg/l). Vesilaitoksista 10 % toimitti vettä, jossa rautapitoisuus oli yli 100 µg/l. Suomalaisen talousveden korkeahkon rautapitoisuuden vuoksi materiaaleista liukenevan raudan pitoisuuden tulisi olla pienempi kuin EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmässä on ehdotettu.



**Kuva 24. Rauta.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Verkoston ja näyteenottotavan vaikutus rautapitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (D). Fe1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, Fe2 seisotettua verkostovettä ja Fe3 juoksutettua verkostovettä. Maksimipitoisuudet, jotka eivät näy kuvassa: GWd 133 000 µg/l, GWdib 39 900 µg/l, GWs 85 000 µg/l ja GWm 19 000 µg/l.

## 5.3 Muut metallit

### 5.3.1 Molybdeeni (Mo)

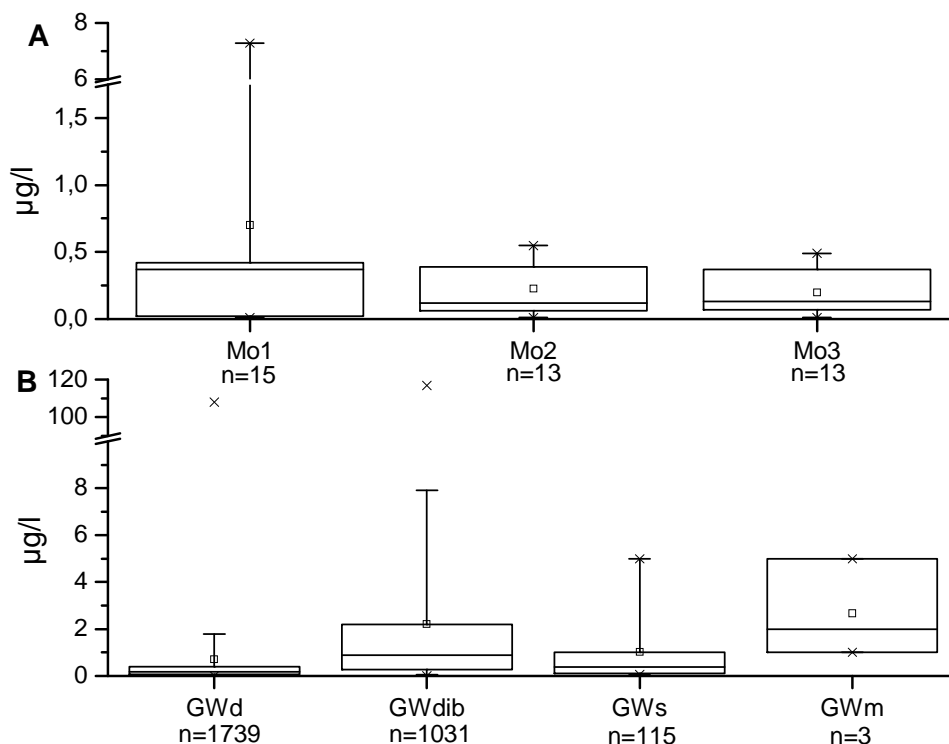
Talousvesijärjestelmissä molybdeeniä voi liueta veteen haponkestävästä teräksestä.

Tietoja vesilaitosten toimittaman veden molybdeenipitoisuudesta sekä verkoston ja näytteenottotavan vaikutuksesta siihen saatiin syksyllä 2007 toteutetun lisämittauskampanjan avulla. Vesinäytteitä määritettiin seitsemältä suurelta vesilaitokselta (15 ottamo) ja kuudelta keskisuurelta vesilaitokselta (seitsemän ottamo). Suurilla vesilaitoksilla mediaanipitoisuus oli jonkin verran korkeampi laitokselta verkostoon pumpattavassa vedessä (0,4 µg/l) kuin verkostovedessä (0,1 µg/l) (kuva 25A). Verkostopisteessä pitoisuus oli alhaisempi mediaanipitoisuuden ollessa seisotetussa ja juoksetussa vedessä 0,1 µg/l. Näytteenottotavalla ei ollut vaikutusta verkostoveden molybdeenipitoisuuteen. Keskisuurilla laitoksilla suurin osa pitoisuuksista oli alle määrittäysrajan, ja numeerisia tuloksia oli käytettävissä vain kahdelta laitokselta.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,2 ja 0,9 µg/l (kuva 25B). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 118 vesinäytteestä, joista 113 oli otettu yksittäisestä kaivovedestä ja kolme useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,4 ja 2,0 µg/l.

#### Yhteenveto molybdeenistä

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksen aineistoissa välillä 0,2–2,0 µg/l. Molybdeenille ei ole raja-arvoa eikä suosituspitoisuutta talousvesiasetuksessa. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta molybdeeniä enimmillään 10 µg/l, mikä on 50 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta juomavedessä (20 µg/l). WHO:n suositus molybdeenin pitoisuudelle talousvedessä on 7 µg/l. Kaikki vesilaitosvesinäytteissä molybdeenipitoisuus oli alle 10 µg/l, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 25. Molybdeeni.** Pitoisuus suurten vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2007) (A) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (B). Mo1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, Mo2 seisotettua verkostovettä ja Mo3 juoksutettua verkostovettä.

### 5.3.2 Sinkki (Zn)

Talovesijärjestelmissä sinkkiä voi liueta veteen kiinteistöjen sinkityistä teräsputkistoista ja messinkisistä liittimistä ja hanoista.

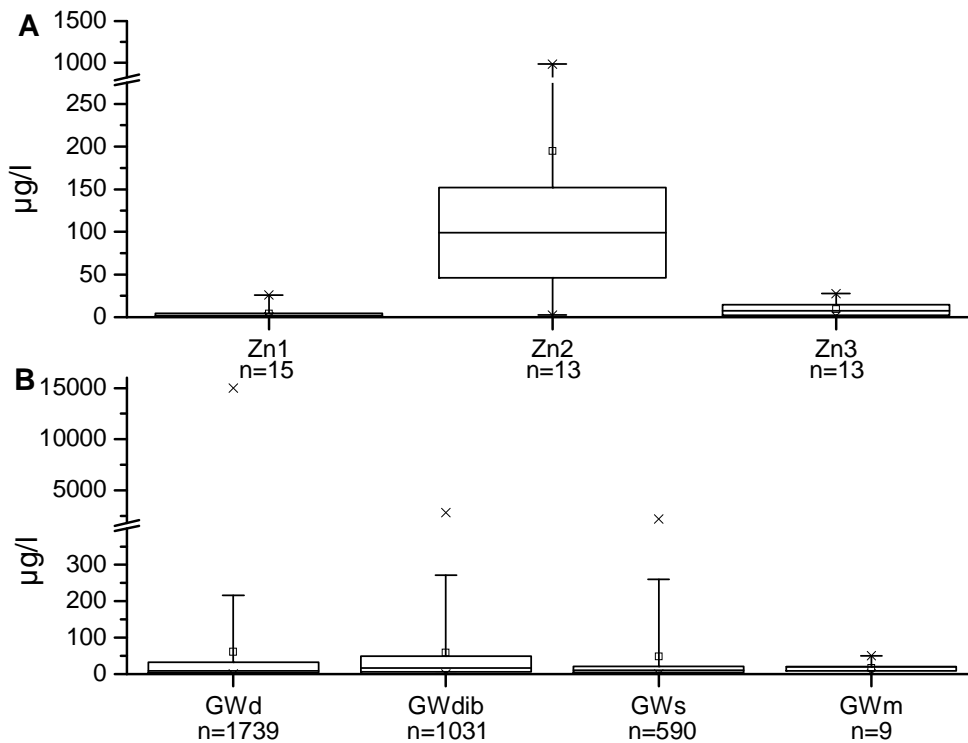
Kevään ja kesän aikana kerättyssä aineistossa oli tietoja neljän vesilaitoksen veden sinkkipitoisuudesta. Yhdellä laitoksella keskiarvopitoisuus oli 9 µg/l ja muilla alle määrittäysrajan. Lisämittauskampanjan avulla saatiin tietoa seitsemän suuren vesilaitoksen (15 ottamo) ja kuuden keskisuuren vesilaitoksen (seitsemän ottamo) veden sinkkipitoisuudesta sekä verkoston ja näytteenottotavan vaikutuksesta siihen. Tulokset osoittavat, että sinkkipitoisuus vaihtelee merkittävästi eri tavoin otetuissa näytteissä (kuva 26A). Vesilaitokselta verkostoon pumpattavassa vedessä sinkin mediaanipitoisuus oli suurilla laitoksilla 2 µg/l ja keskiuurilla laitoksilla 19 µg/l. Selkeästi korkeammat mediaanipitoisuudet havaittiin seisotetussa verkostovedessä sekä suurilla että keskiuurilla laitoksilla vastaavien mediaanipitoisuuksien ollessa 99 ja 31 µg/l. Enimmillään sinkkiä oli jopa 1400 µg/l. Juoksutuksen jälkeen otetun verkostoveden mediaanipitoisuus oli suurilla laitoksilla 8 µg/l ja keskiuurilla 2 µg/l.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 9 ja 17 µg/l (kuva 26B). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 559 vesinäytteestä, joista 550 oli otettu yksittäisen kaivon vedestä ja yhdeksän useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 10 ja 20 µg/l.



## Yhteenveto sinkistä

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä 2–99 µg/l. Talousvesiasetuksessa ei ole raja-arvoa eikä suosituspitoisuutta sinkille. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta sinkkiä 2,7 mg/l (2 700 µg/l), mikä on 90 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta juomavedessä (3 mg/l). WHO:n suositus sinkin pitoisuudelle talousvedessä on 3 mg/l. Vesilaitokselta verkostoon pumpatussa vedessä ja juoksutetussa verkostovedessä oli sinkkiä 28 µg/l tai vähemmän. Seisotetussa verkostovedessä sinkkiä oli 985 µg/l tai vähemmän. EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 26. Sinkki.** Pitoisuus suurten vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2007) (A) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (B). Zn1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, Zn2 seisotettua verkostovettä ja Zn3 juoksutettua verkostovettä.

### 5.3.3 Tina (Sn)

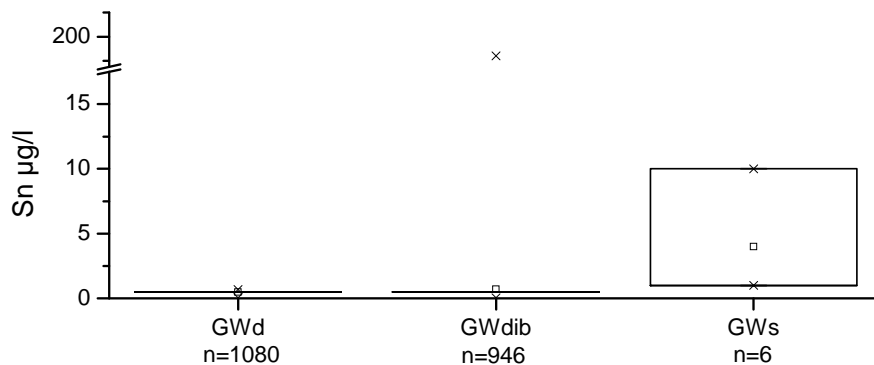
Talousvesijärjestelmissä tinaa voi liueta veteen metalliseoksista, pinnoitteista ja juotteista.

Lisämittauskampanjan avulla saatiin tietoa seitsemän suuren vesilaitoksen (15 ottamoa) ja kuuden keskisuuren vesilaitoksen (seitsemän ottamoa) veden tinapitoisuudesta sekä verkoston ja näytteenottotavan vaikutuksesta siihen. Kaikissa määritetyissä näytteissä tinapitoisuus oli alle määritysrajan. Määritysrajoja oli tosin käytössä useita: 0,05, 0,5 ja 1,0 µg/l. Verkostolla tai näytteenottotavalla ei tällä mittausherkkyydellä voitu osoittaa olevan vaikutusta tinapitoisuuksiin.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 026 vesinäytteestä, joista 1 080 oli otettu maaperäkaivoista ja 946 porakaivoista. Molemmissa vesityypeissä mediaanipitoisuus oli alle 0,5 µg/l (kuva 27). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja kuudesta kaivovesinäytteestä mediaanipitoisuuden ollessa 1,0 µg/l.

#### Yhteenveto tinasta

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä alle 0,05–1,0 µg/l määrittystarkkuuden mukaan. Talousvesiasetuksessa ei ole raja-arvoa eikä suosituspitoisuutta tinalle eikä sitä myöskään WHO ole asettanut. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksesta liueta tinaa 3 mg/l (3000 µg/l), mikä on 50 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta juomavedessä (6 mg/l). Vesilaitosten toimittamassa vedessä tinapitoisuus oli alle 1,0 µg/l, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



**Kuva 27. Tina.** Pitoisuus GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä.

#### **5.3.4 Titaani (Ti)**

Talousvesijärjestelmissä titaania voi liueta veteen järjestelmissä käytettävien metalliseosten epäpuhtautena.

Lisämittauskampanjan avulla saatiin tietoa seitsemän suuren vesilaitoksen (15 ottamo) ja kuuden keskiuuren vesilaitoksen (seitsemän ottamo) veden titaanipitoisuudesta sekä verkoston ja näytteenottotavan vaikutuksesta siihen. Kaikissa määritetyissä näytteissä titaanipitoisuus oli alle määritysrajan (alle 0,5 tai 5 µg/l). Verkostolla tai näytteenottotavalla ei tällä mittausherkkyydellä voitu osoittaa olevan vaikutusta titaanipitoisuuksiin.

#### Yhteenveto titaanista

Talousvesiasetuksessa ei ole raja-arvoa eikä suosituspitoisuutta titaanille eikä sitä myöskään WHO ole asettanut. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta titaania enimmillään 7,5 µg/l, mikä on 50 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta juomavedelle (15 µg/l). Tutkimuksessa mukana olleiden vesilaitosten toimittaman veden titaanipitoisuus oli alle 5 µg/l. Suomalaisen talousveden titaanipitoisuus ei aiheuta ongelmia EAS-testaukselle.

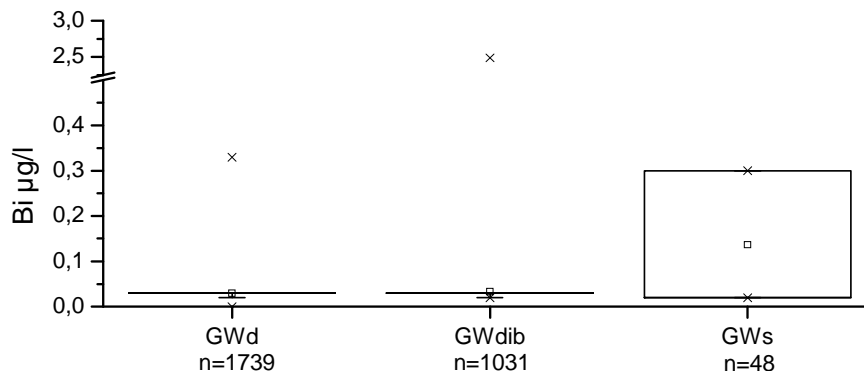
### 5.3.5 Vismutti (Bi)

Lisämittauskampanjan avulla saatiin tietoa seitsemän suuren vesilaitoksen (15 ottamo) ja kuuden keskisuuren vesilaitoksen (seitsemän ottamo) veden vismuttipitoisuudesta sekä verkoston ja näytteenottotavan vaikutuksesta siihen. Kaikissa määritetyissä näytteissä vismuttipitoisuus oli alle määritysrajan (alle 0,02 tai 1 µg/l). Verkostolla tai näytteenottotavalla ei tällä mittausherkkyydellä voitu osoittaa olevan vaikutusta vismuttipitoisuuksiin.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Molemmissa vesityypeissä mediaanipitoisuus oli alle 0,03 µg/l (kuva 28). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 48 kaivovesinäytteestä. Mediaanipitoisuus oli 0,02 µg/l.

#### Yhteenveto vismutista

Mediaanipitoisuudet olivat aineiston vesissä alle 1 µg/l. Talousvesiasetuksessa ei ole raja-arvoa eikä suosituspitoisuutta vismutille eikä sitä myöskään WHO ole asettanut. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta vismuttia 9 µg/l, mikä on 90 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta juomavedelle (10 µg/l). Tutkimuksessa mukana olleiden vesilaitosten toimittaman veden vismuttipitoisuus oli alle 1 µg/l, joten EAS-tuotehyväksynnässä esitetty raja-arvo soveltuu myös Suomen olosuhteisiin.



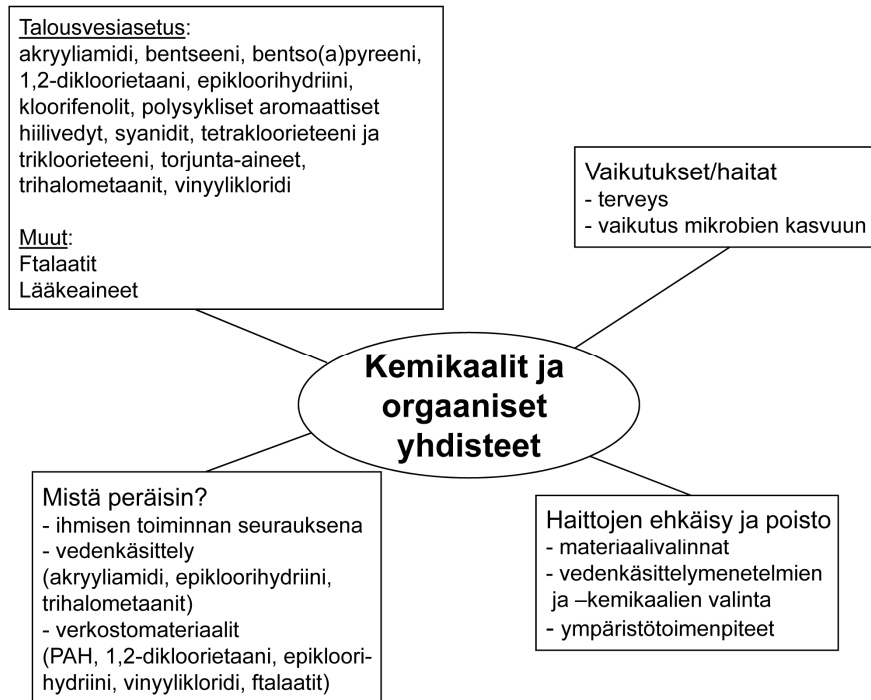
**Kuva 28. Vismutti.** Pitoisuus GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä.

#### **Yhteenveto talousveden metalleista:**

Vesilaitosten toimittama talousvesi ja kaivovedet olivat antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin, lyijyn, seleenin, alumiinin ja natriumin osalta talousvesiasetuksen mukaisia. Nikkelin, mangaanin ja raudan pitoisuudet ylittivät talousvesiasetuksen raja-arvon tai suosituspitoisuuden noin 5 %:ssa vesilaitosten toimittamista vesistä ja kaivovesistä. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmässä tulee ottaa huomioon suomalaisen talousveden korkeahkot alumiini-, mangaani-, nikkeli- ja rautapitoisuudet.

## 6 Kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet

Talousvesiasetuksessa on raja-arvo useille erilaisille kemikaaleille ja orgaanisille yhdisteille (kuva 29). Talousvedessä esiintyessään nämä yhdisteet vaikuttavat ihmisten terveyteen ja mikrobien kasvuun. Yhdisteet päätyvät talousveteen ihmisen toiminnan seurauksena. Ympäristösaastutuksen lisäksi esimerkiksi vedenkäsittelyn seurauksena veteen voi päätyä näitä yhdisteitä, samoin niitä voi liueta verkostomateriaaleista. Ympäristöhaittojen poistaminen voi olla haasteellista. Verkostomateriaalien ja vedenkäsittelymenetelmien valinnalla voidaan vähentää vedenkäsittelystä ja toimittamisesta aiheutuvia haittoja.



**Kuva 29.** Kemikaaleja ja orgaanisia yhdisteitä, joita voi esiintyä talousvedessä.

### 6.1 Laatuvaatimusten alaiset kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet

#### 6.1.1 Akryyliamidi

Akryyliamidin raja-arvo perustuu sen haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen akryyliamidia voi päätyä polyakryyliamidipohjaisista flokkauksen apuaineista tai polyakryyliä sisältävistä injektiomassoista.

Tietoja akryyliamidista ilmoitti neljä laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 12). Kaikki määrittystulokset olivat talousvesiasetuksen mukaisia (raja-arvo 0,1 µg/l) pitoisuuksien ollessa alle määritysrajan.

### 6.1.2 Bentseeni

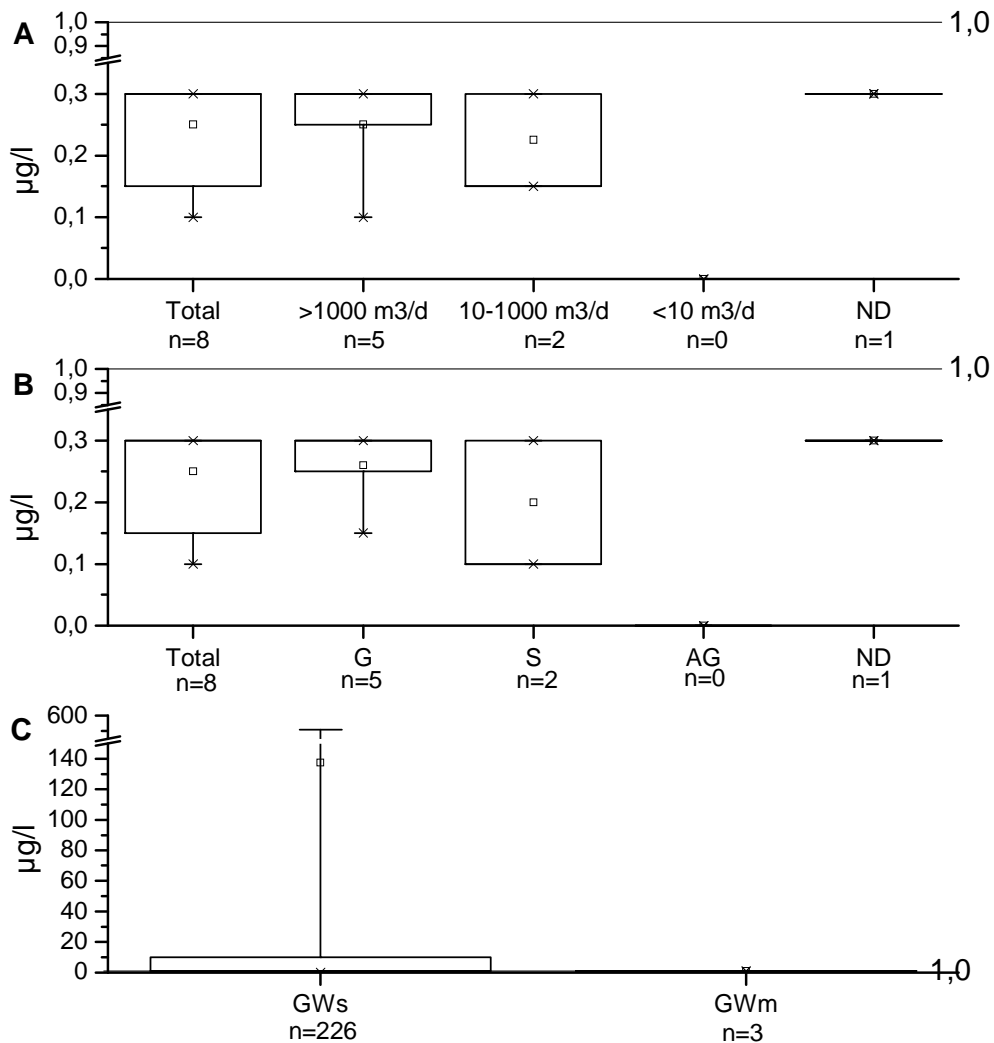
Bentseenin raja-arvo perustuu sen haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen bentseeniä voi päätyä maaperän kautta polttoaine- ja kemikaalivuotojen seurauksena.

Tietoja ilmoitti 173 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 571), joista kahdeksalle laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 0,3 µg/l (kuva 30A ja 30B). Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet alittivat talousvesiasetuksen raja-arvon 1,0 µg/l.

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 229 vesinäytteestä, joista 226 oli otettu kaivosta ja kolme useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Mediaanipitoisuus oli 1 µg/l molemmissa vesityypeissä (kuva 30C). Kaivovesien määritystuloksista 91 kpl (40 %) ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon. Kaikki useammasta kaivosta yhteen johdetut vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

#### Yhteenvedo bentseenistä

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä alle 0,3–1,0 µg/l. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston yksittäisistä kaivoista suuressa osassa talousvesiasetuksen raja-arvo ylittyi. Vesilaitokset toimittivat talousvesiasetuksen mukaista vettä.

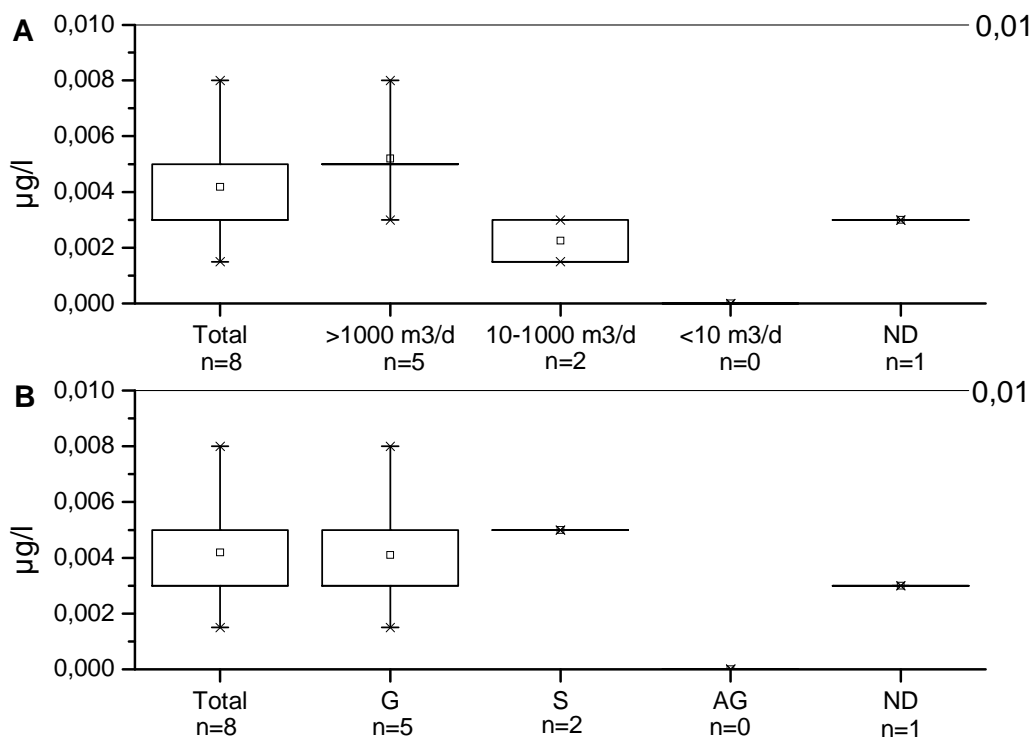


**Kuva 30. Bentseeni.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä (v. 2000–2007) (B). Maksimiarvo GWs 8 800 µg/l ei näy kuvassa.

### 6.1.3 Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreenin raja-arvo perustuu sen haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen bentso(a)pyreeniä voi päätyä mm. vesijohtojen bitumipinnoitteista.

Tietoja ilmoitti 148 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 427), joista kahdeksalle laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 0,004 µg/l ja maksimipitoisuus 0,008 µg/l (kuva 31A ja 31B). Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet alittivat talousvesiasetuksen raja-arvon 0,010 µg/l.



**Kuva 31. Bentso(a)pyreeni.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B).

#### 6.1.4. 1,2-dikloorietaani

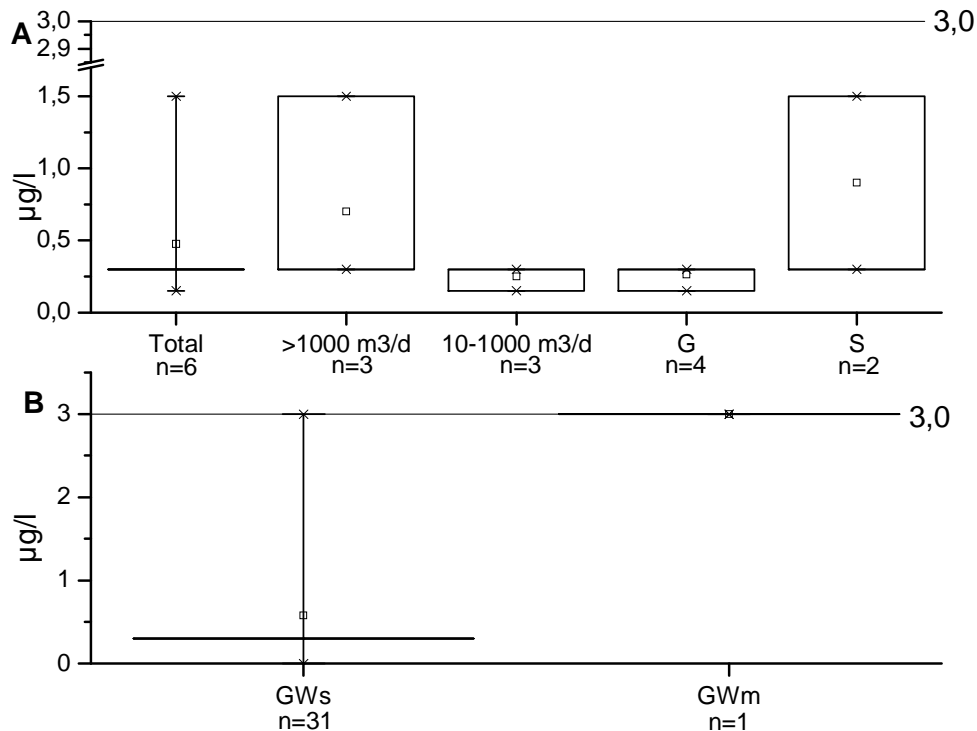
1,2-dikloorietaani on orgaaninen liuotin, jonka raja-arvo perustuu sen haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousvedeen 1,2-dikloorietaania voi päätyä maaperän kautta polttoaine- ja kemikaalivuotojen seurauksena.

Tietoja ilmoitti 190 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä  $n = 675$ ), joista kuudelle laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli  $0,3 \mu\text{g/l}$  ja maksimipitoisuus  $1,5 \mu\text{g/l}$  (kuva 32A). Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet olivat alle talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen  $3,0 \mu\text{g/l}$ .

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 32 vesinäytteestä, joista 31 oli otettu kaivosta ja yksi useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat  $0,3$  ja  $3,0 \mu\text{g/l}$  (kuva 32B). Neljässä näytteessä 1,2-dikloorietaanipitoisuus oli  $3 \mu\text{g/l}$ : kolme kaivovesinäytettä ja yksi näyte useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä.

#### Yhteenveto 1,2-dikloorietaanista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä alle  $0,3$ – $3,0 \mu\text{g/l}$ . Kaikissa vesityypeissä pitoisuudet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.



**Kuva 32. 1,2-dikloorietaani.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A) ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä (v. 2000–2007) (B).

### 6.1.5 Epikloorihydrini

Epikloorihydrini raja-arvo perustuu sen haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen epikloorihydriniä voi päätyä erilaisista veden käsittelyn apukoagulanteista ja ioninvaihtomassoista ja vedenjakelujärjestelmän epoksinnoitteista.

Tietoja ilmoitti 21 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä  $n = 35$ ), joista kahdelle laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Näiden kahden laitoksen keskiarvopitoisuudet olivat 0,04 ja 0,1  $\mu\text{g/l}$ . Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet olivat talousvesiasetuksen mukaisia ( $\leq 0,10 \mu\text{g/l}$ ).

### 6.1.6 Kloorifenolit

Kloorifenoleiden raja-arvo perustuu niiden haitallisiin terveysvaikutuksiin. Veteen kloorifenoleja voi päätyä puunkyllästysaineista, metsäteollisuuden jätevesistä, torjunta-aineiden hajoamistuotteista sekä vesiä kloorattaessa.

Tietoja ilmoitti 183 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä  $n = 479$ ), joista 181 laitoksella yli puolet tuloksista oli alle määritysrajan. Kahdelle laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus: 0,3 ja 1,0  $\mu\text{g/l}$ . Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet olivat talousvesiasetuksen mukaisia tri-, tetra- tai pentakloorifenolin yhteispitoisuuden ollessa alle 10  $\mu\text{g/l}$ .

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 14 kaivoveden tri-, tetra- tai pentakloorifenolin pitoisuudesta. Yhdessä näytteessä talousvesiasetuksen raja-arvo ylittyi:



pentakloorifenolia oli 180 µg/l. Muissa näytteissä pitoisuudet olivat 0,1 µg/l tai alle mediaanipitoisuuden ollessa 0,01 µg/l.

#### Yhteenveto kloorifenoleista

Kaikki aineiston vesityypit olivat talousvesiasetuksen mukaisia lukuun ottamatta yhtä yksittäistä kaivovesinäytettä.

### **6.1.7 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)**

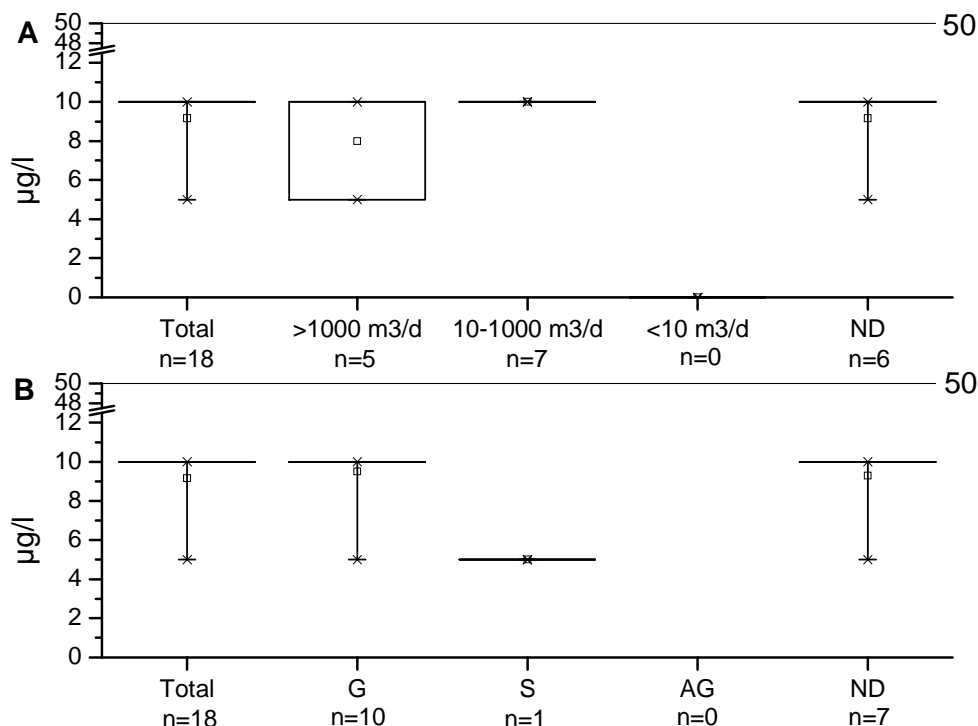
Polysyklisten aromaattisten yhdisteiden eli PAH-yhdisteiden raja-arvo perustuu niiden haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen PAH-yhdisteitä voi päätyä mm. vesijohtojen bitumipinnoitteista.

Tietoja ilmoitti 201 laitosta (määritysten lukumäärä n= 513), joista 196 laitoksella yli puolet määrittämisistä oli alle määrittämissrajän. Viidellä laitoksella oli numeerisia tietoja: vaihteluväli 0,02–0,05 µg/l. Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet olivat talousvesiasetuksen mukaisia eli alle 0,10 µg/l.

### **6.1.8 Syanidit**

Syanidien raja-arvo perustuu niiden haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen syanidit voivat päätyä metalliteollisuuden jätevesistä tai jätteistä.

Tietoja ilmoitti 200 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 479), joista 182 laitoksella yli puolet tuloksista oli alle määrittämissrajän (91 % laitoksista). 18 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 10 µg/l (kuva 33A ja 33B). Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuudet olivat alle talousvesiasetuksen raja-arvon 50 µg/l.



**Kuva 33. Syanidit.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B).

### 6.1.9 Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni

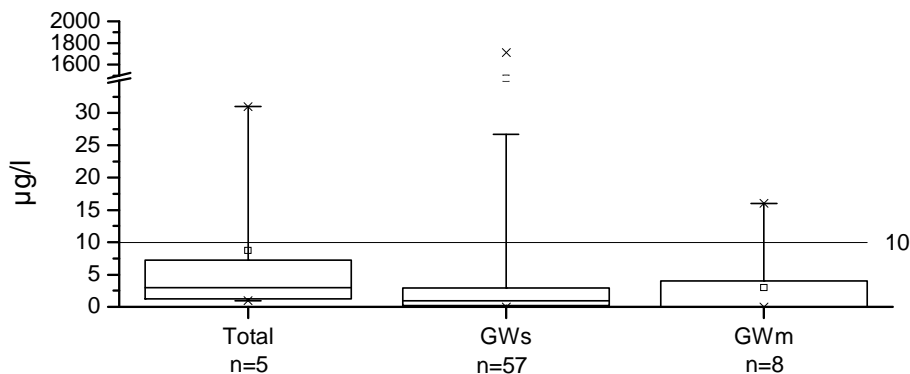
Tetra- ja trikloorieteeni ovat orgaanisia liuottimia, joiden raja-arvo perustuu niiden haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousvedeen tetra- ja trikloorieteeniä voi päätyä kemiallisten pesuloiden ja kemianteollisuuden jätevesistä.

Tietoja ilmoitti 201 laitosta (määritysten lukumäärä  $n = 794$ ), joista 196 laitoksella yli puolet tuloksista oli alle määritysrajan. Viidelle laitokselle voitiin laskea laitoskohtainen keskiarvopitoisuus. Laitosten mediaanipitoisuus oli  $3,0 \mu\text{g/l}$  (kuva 34). Yhden suuren pääosin tekopohjavettä käyttävän laitoksen yhdellä vedenottamalla tetra- ja trikloorieteenin yhteenlaskettu pitoisuus oli ylittänyt talousvesiasetuksen raja-arvon  $10 \mu\text{g/l}$  pitoisuuden ollessa  $31 \mu\text{g/l}$ . Laitoksista 99,5 % toimitti talousvesiasetuksen mukaista vettä.

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 65 vesinäytteestä, joista 57 oli otettu kaivosta ja kahdeksan useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Pitoisuustietoja oli yksittäisistä tetra- ja trikloorieteenistä (1,1,1-trikloorietaani; 1,1,2,2-tetrakloorietaani; 1,1,2-trikloorietaani), mutta tetra- ja trikloorieteenin yhteispitoisuutta yksittäisille näytteille ei ollut saatavilla. Mediaanipitoisuus yksittäisille kloorieteenille oli  $1,0 \mu\text{g/l}$  (kuva 34). Tuloksista kahdeksan (seitsemän kaivovesinäytettä ja yksi useammasta kaivosta yhteen johdettu vesi) ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon pitoisuuksien vaihdellessa välillä  $11\text{--}1\,700 \mu\text{g/l}$ . Korkein pitoisuus todettiin kaivovedestä.

#### Yhteenveto tetra- ja trikloorieteenistä

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä alle määritysrajan  $\text{--}3 \mu\text{g/l}$ . Yhtä yksittäistä vedenottamoa ja yksittäisiä kaivonäytteitä lukuun ottamatta aineiston vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.



**Kuva 34. Tetra- ja trikloorieteeni.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (Total) (v. 2000–2007) ja ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä (v. 2000–2007). Vesilaitosten osalta on esitetty tetra- ja trikloorieteenien yhteispitoisuus ja ympäristöhallinnon tietojen osalta yksittäisten kloorieteenien pitoisuus.

### 6.1.10 Trihalometaanit (THM)

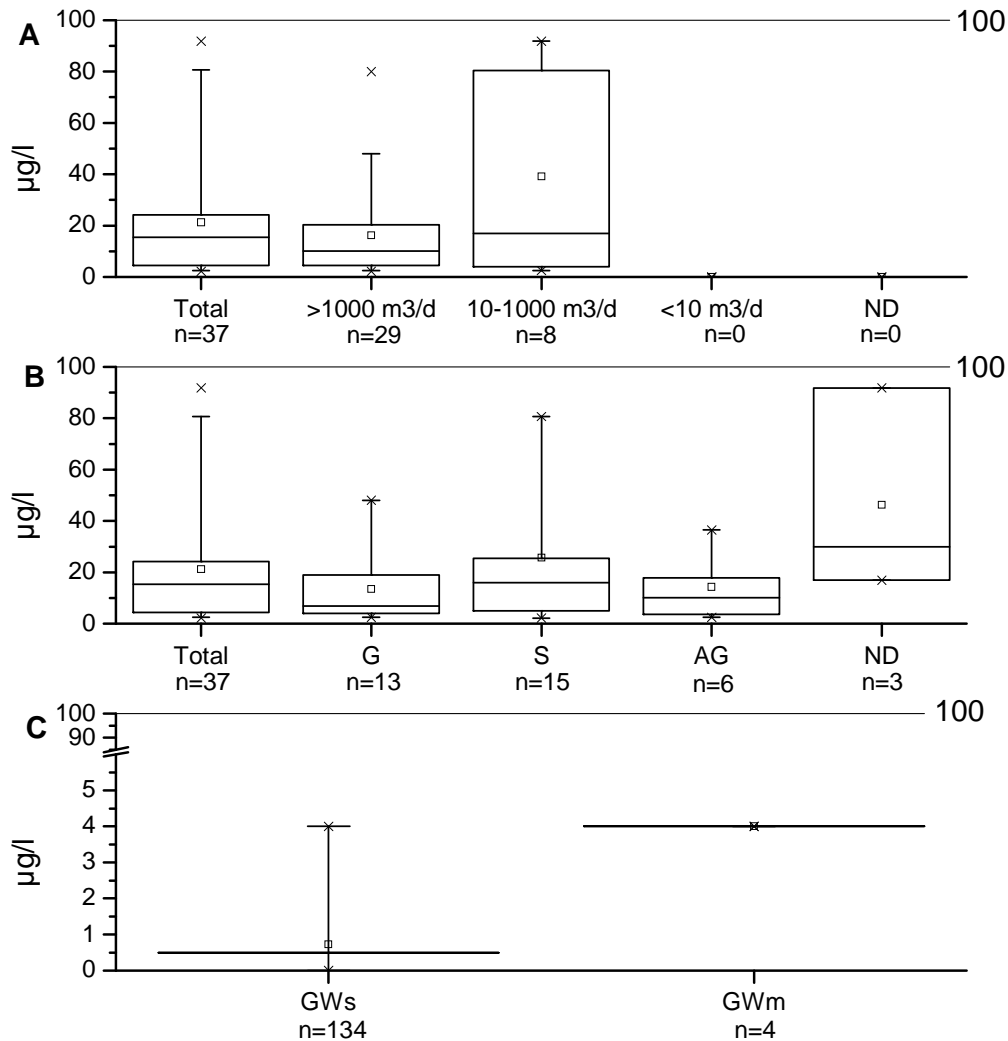
Trihalometaanien raja-arvo perustuu niiden haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen THM-yhdisteitä voi syntyä desinfioidaessa humuspitoista vettä vapaalla kloorilla.

Talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen mukaan trihalometaanien yhteispitoisuuteen lasketaan mukaan kloroformin, bromoformin, bromidikloorimetäänin ja dibromidikloorimetäänin pitoisuus. Tietoja ilmoitti 128 laitosta (määritysten lukumäärä n= 779), joista 91 laitoksella yli puolet tuloksista oli alle määritysrajan. 37 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 15 µg/l ja vaihteluväli 7–30 µg/l (kuva 35A ja 35B). Kaikilla laitoksilla keskiarvopitoisuus oli alle talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen, joka on trihalometaanien yhteispitoisuudelle 100 µg/l. Maksimipitoisuus vaihteli välillä 37–92 µg/l.

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 138 vesinäytteestä, joista 134 oli otettu kaivosta ja neljä useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Tulokset ovat yksittäisten trihalometaanien pitoisuuksia. Kaikki määritystulokset olivat selkeästi alle talousvesiasetuksen raja-arvon mediaanipitoisuuden ollessa yksittäisissä kaivoissa 0,5 µg/l ja useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä 4,0 µg/l (kuva 35C).

#### Yhteenveto trihalometaanista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä 0,5–15 µg/l. Pitoisuudet olivat korkeammat vesilaitosten toimittamassa vedessä kuin ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa. On tosin huomattava, että ympäristöhallinnon aineiston tiedoissa pitoisuudet olivat yksittäisten määritysten tuloksia kun taas vesilaitoksilta oli ilmoitettu yhteispitoisuus trihalometaanille. Kaikki aineiston vesityypit olivat talousvesiasetuksen mukaisia.



**Kuva 35. Trihalometaanit.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä (v. 2000–2007) (C).

### 6.1.11 Vinyylikloridi

Vinyylikloridin raja-arvo perustuu sen haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen vinyylikloridia voi päätyä polyvinyylikloridin epäpuhtauksista ja teollisuuden jätevesistä.

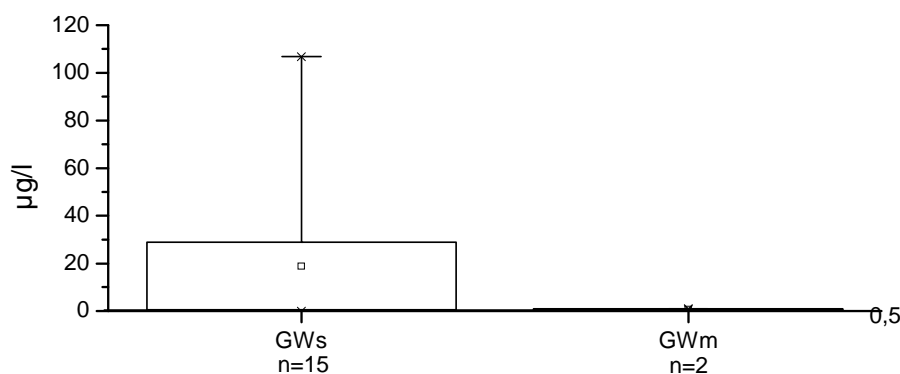
Tietoja ilmoitti 87 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä  $n = 312$ ), joista 85 laitoksella yli puolet tuloksista oli alle määritysrajan. Kahdelle laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus, mikä oli molemmilla  $0,5 \mu\text{g/l}$ . Talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuus ( $0,5 \mu\text{g/l}$ ) vinyylikloridille on laskennallinen arvo, joka lasketaan käytetystä polymeeristä enimmillään irtoavasta tai liukenevasta määrästä. Kaikki vesilaitokset jakoivat talousvesiasetuksen mukaista vettä.

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa tietoja oli 17 vesinäytteestä, joista 15 oli otettu kaivosta (8 erillistä kaivoa) ja kaksi useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat  $0,5$  ja  $0,8 \mu\text{g/l}$  (kuva 36). Kahdeksan näytteen (seitsemän yksittäistä kaivovettä ja yksi useammasta kaivosta yhteen johdettu vesi) pitoisuus

ylitti talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen 0,5 µg/l (47 % näytteistä). Maksimipitoisuus yksittäisessä kaivovedessä oli 107 µg/l.

#### Yhteenveto vinyylidikloridista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä 0,5–0,8 µg/l. Vesilaitosten toimittama vesi oli talousvesiasetuksen mukaista. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesistä jopa 47 %:ssa talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuus ylittyi.



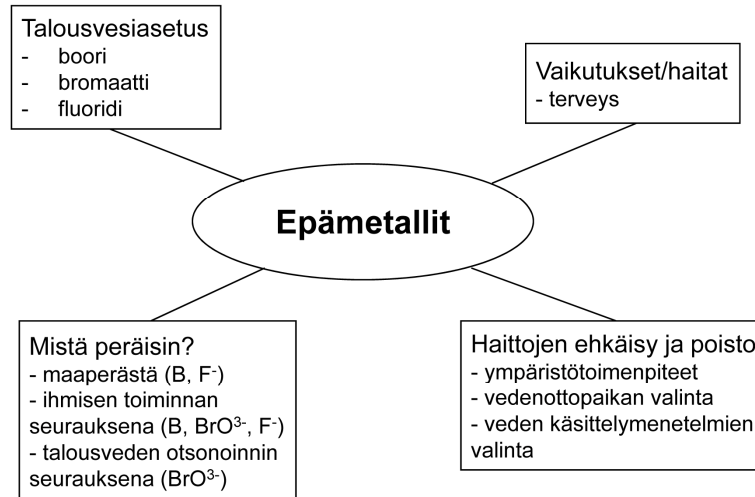
**Kuva 36. Vinyylidikloridi.** Pitoisuus ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä (v. 2000–20007).

#### **Yhteenveto talousveden kemikaaleista ja orgaanisista yhdisteistä:**

Vesilaitosten toimittama talousvesi ja kaivovedet olivat kemikaalien ja orgaanisten yhdisteiden osalta talousvesiasetuksen mukaisia. Yksittäisissä kaivoissa bentseenin ja vinyylidikloridin raja-arvopitoisuus ylittyi.

## 7 Epämetallit

Talovesiasetuksessa on kolmelle epämetallille raja-arvo, joka perustuu terveysvaikutuksiin. Epämetallit voivat päätyä talousveteen maaperästä ja ihmisen toiminnan mm. talousveden otsonoinnin seurauksena. Haittojen vähentämiseen on tarjolla useita vaihtoehtoja, joista valitessa tulee pohtia mistä epämetalli on päätenyt talousveteen.



Kuva 37. Epämetalleja, joita voi esiintyä talousvedessä.

### 7.1 Laatuvaatimusten alaiset epämetallit

#### 7.1.1 Boori (B)

Boorille asetettu raja-arvopitoisuus perustuu sen haitallisiin terveysvaikutuksiin. Talousveteen booria voi kulkeutua jätevesistä.

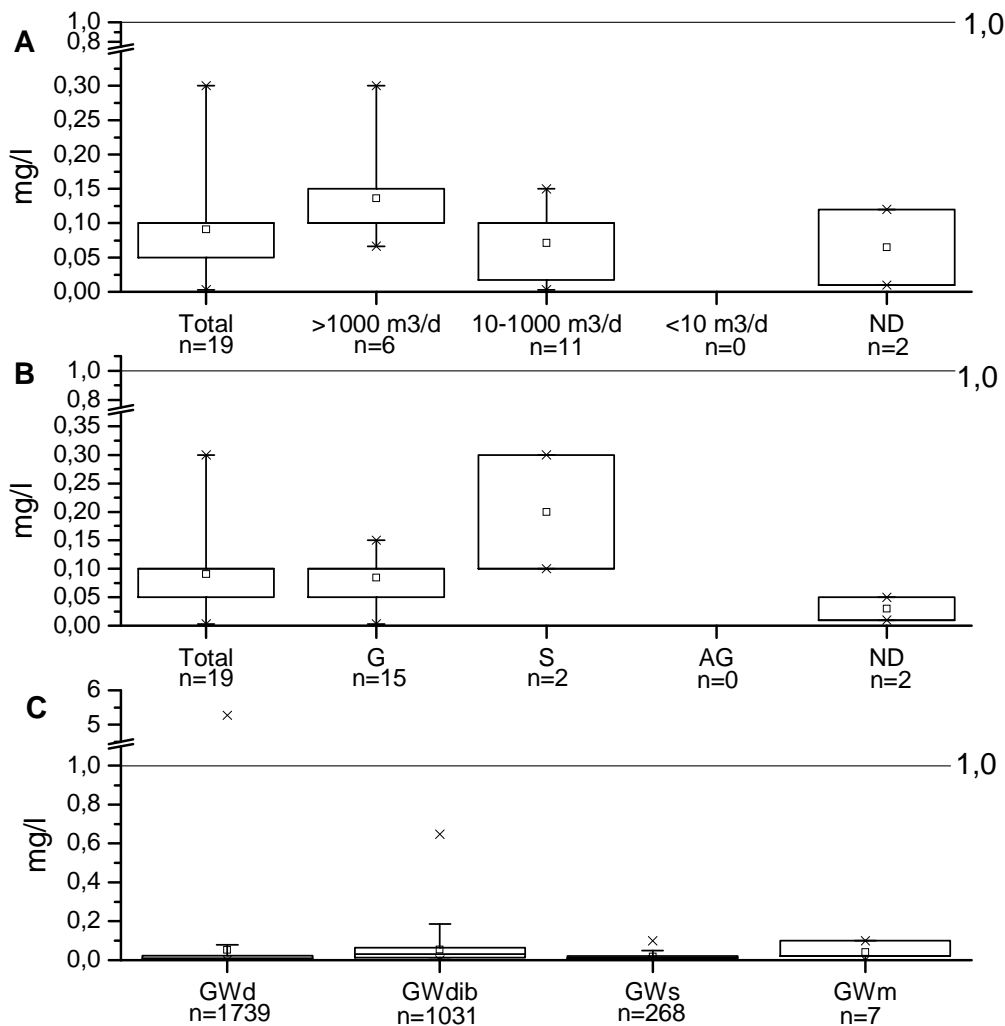
Tietoja ilmoitti 211 laitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 636), joista 19 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 0,1 mg/l, vaihteluväli 0,03–0,2 mg/l (kuva 38A ja 38B). Suurilla pintavesilaitoksilla pitoisuudet olivat jonkin verran muita laitostyyppisiä korkeammat. Kaikki vesilaitokset toimittivat talovesiasetuksen mukaista vettä.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 770 vesinäytteestä, joista 1 739 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,01 ja 0,03 mg/l (kuva 38C). Yksittäisissä maaperäkaivoissa talovesiasetuksen raja-arvo ylittyi. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 275 vesinäytteestä, joista 268 oli otettu yksittäisen kaivon vedestä ja seitsemän useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat alle määritysrajan ja 0,02 µg/l. Kaikki pitoisuudet ympäristöhallinnon aineistossa olivat talovesiasetuksen mukaisia.

#### Yhteenveto boorista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä alle määritysrajan–0,1 mg/l. Vesilaitosten toimittamissa vesissä mediaanipitoisuus oli korkein 0,1 mg/l. GTK:n ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineistoissa mediaanipitoisuudet olivat merkittävästi

matalammat vaihdellen välillä 0,02–30 µg/l. Yksittäisiä maaperäkaivonäytteitä lukuun ottamatta aineiston vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

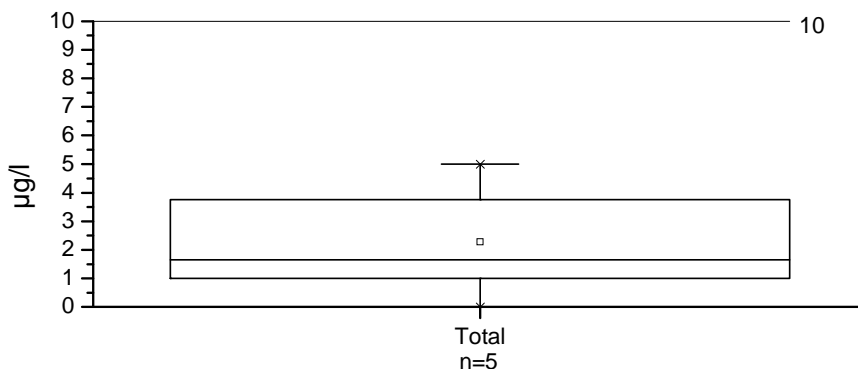


**Kuva 38. Boori.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C).

### 7.1.2 Bromaatti (BrO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Bromaatille asetettu raja-arvo perustuu sen myrkyllisyyteen. Talousveteen bromaattia voi päätyä kemianteollisuudesta ja sitä voi muodostua bromidipitoisia vesiä otsonoitaessa.

Tietoja ilmoitti 74 vesilaitosta (määritysten lukumäärä yhteensä n= 415), joista viidelle vesilaitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 1,7 µg/l (kuva 39). Kaikki vesilaitokset toimittivat talousvesiasetuksen mukaista vettä maksimipitoisuuksien ollessa selkeästi alle 10 µg/l.



**Kuva 39. Bromaatti.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007).

### 7.1.3 Fluoridi (F<sup>-</sup>)

Fluoridille asetettu raja-arvo perustuu sen haitallisiin terveysvaikutuksiin. Fluoridia voi päätyä talousveteen maa- ja kallioperän mineraaleista ja kemianteollisuudesta.

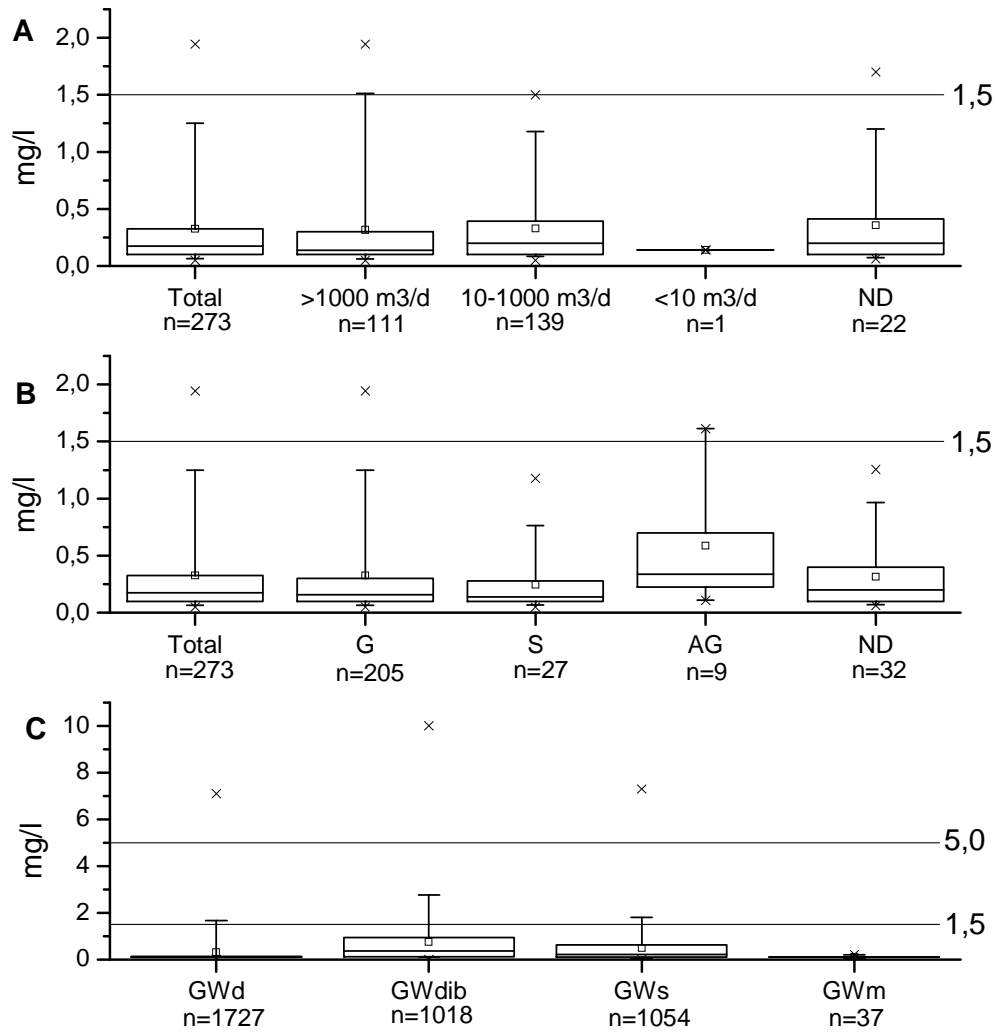
Tietoja ilmoitti 442 vesilaitosta (määritysten lukumäärä yhteensä  $n = 2\,930$ ), joista 273 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 0,2 mg/l ja vaihteluväli 0,1–0,3 mg/l (kuva 40A ja 40B). Kuudella vesilaitoksella keskimääräinen fluoridipitoisuus ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon 1,5 mg/l vaihdellen välillä 1,6–1,9 mg/l. Laitoksista viisi oli suuria, yhden laitoksen koosta ei ollut tietoa. Laitosten pääasiallinen veden alkuperä oli pohjavesi (neljä laitosta) ja tekopohjavesi (kaksi laitosta). 99 % laitoksista toimitti talousvesiasetuksen mukaista vettä.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 745 vesinäytteestä, joista 1 727 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 018 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat alle 0,1 ja 0,4 mg/l (kuva 40C). Useammassa yksittäisessä maaperä- ja porakaivonäytteessä talousvesiasetuksen raja-arvopitoisuus ylittyi. Kaivovedelle, jota ei juoda tai joka ei päädy kosketuksiin elintarvikkeiden kanssa, fluoridipitoisuuden raja-arvo on 5,0 µg/l. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa tietoja oli 1 091 vesinäytteestä, joista 1 054 oli otettu kaivosta ja 37 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,2 ja 0,1 mg/l. Kaivovesien määrittelytuloksista 71 (6,5 %) ylitti raja-arvon maksimipitoisuuden ollessa 7,3 mg/l. Kaikki useammasta kaivosta yhteen johdetut vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.

#### Yhteenvedo fluoridista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä alle 0,1–0,4 mg/l. Matalin mediaanipitoisuus oli maaperäkaivoissa. Useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä ja vesilaitosten toimittamassa vedessä mediaanipitoisuus oli välillä 0,1–0,2 mg/l. Porakaivoissa havaittiin korkein mediaanipitoisuus 0,4 mg/l. Maaperä- ja porakaivoissa sekä ympäristöhallinnon aineiston yksittäisissä kaivoissa oli useita talousvesiasetuksen raja-arvon ylityksiä. Myös vesilaitoksilla havaittiin raja-arvon ylityksiä. Kaikki useammasta kaivosta yhteen johdetut vedet olivat talousvesiasetuksen mukaisia.





**Kuva 40. Fluoridi.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C).

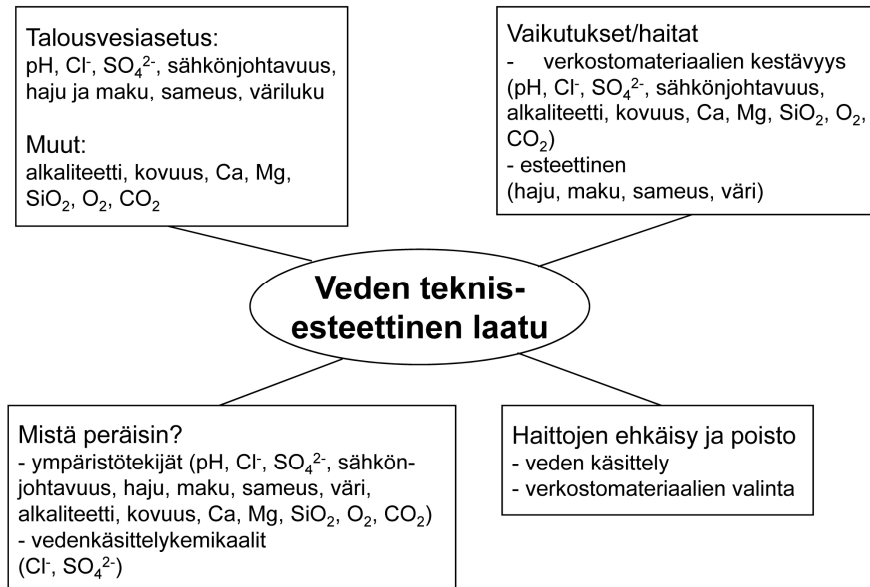
#### **Yhteenveto talousveden epämetalleista:**

Vesilaitosten toimittama talousvesi ja kaivovedet olivat boorin ja bromaatin osalta talousvesiasetuksen mukaisia. Vesilaitoksista noin 2 % toimitti vettä, jonka fluoridipitoisuus ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon. Kaivovesistä noin 5 %:ssa fluoridin raja-arvo ylittyi.

## 8 Veden teknis-esteettinen laatu

Talovesiden laatu vaikuttavaa metallisten, sementtipohjaisten ja muovisten verkostomateriaalien kestävyteen syöpmisen ja aineiden liukenemisen seurauksena. Veden tekniseen laatuun eli syövyttävyyteen vaikuttaviin tekijöihin luetaan yleensä pH, alkaliteetti, kovuus, kloridien ja sulfaattien määrä, sähkönjohtavuus ja hiilidioksidi. Veden esteettisiä ominaisuuksia kuvaavat muuttujat haju, maku, sameus ja väriluku sekä rauta ja mangaani. Rauta ja mangaani on esitetty tässä tutkimuksessa osiossa ”Metallit”.

Osalle veden teknis-esteettistä laatua kuvaavista muuttujista (kuva 41) on asetettu suosituspitoisuus talovesiasetuksessa. Näiden lisäksi veden teknis-esteettiseen laatuun vaikuttavat monet muutkin tekijät mm. alkaliteetti ja kovuus. Muuttujien pitoisuuden talovesissä vaikuttavat raakaveden laatu ja vedenkäsittelykemikaalit. Muuttujien aiheuttamia haittoja verkostomateriaaleille voidaan vähentää sopivalla veden käsittelyllä ja verkostomateriaalien valinnalla.



**Kuva 41.** Talovesiden teknis-esteettistä laatua kuvaavia muuttujia.

### 8.1 Laatusuositusten alaiset veden tekniseen laatuun vaikuttavat muuttujat

#### 8.1.1 pH

pH-arvo kuvaa veden happamuutta. Veden pH vaikuttaa mm. veden syövyttävyyteen.

Tietoja ilmoitti 418 laitosta (määrittysten lukumäärä n= 25 741), joille kaikille voitiin laskea laitoskohtainen keskiarvo. Mediaaniarvo vesilaitosten toimittamassa vedessä oli 7,5 ja mediaanin vaihteluväli oli 6,6–8,0 (kuva 42A ja 42B). Matalin mediaaniarvo 6,6 havaittiin pienillä laitoksilla ja korkeimmat 7,8–8,0 vastaavasti suurilla pinta- ja tekopohjavesilaitoksilla. Suurten laitosten pH-arvoista 90 % asettui suositusarvojen 6,5 ja 9,5 väliin. Pinta- ja tekopohjavesilaitoksilla vastaava luku oli 100 %. Keskisuurten laitosten ja pohjavesilaitosten arvoista 90 % asettui välille 6,2/6,3–8,2. Pienillä laitoksilla 90 % arvoista oli välillä 5,4–8,0. Kaikissa laitostyypeissä pinta- ja tekopohjavesilaitoksia lukuun ottamatta

minimiarvot alittivat talousvesiasetuksen suosituksen 6,5. Laitoksista 35 (8,4 %) toimitti vettä, jonka keskimääräinen pH-arvo alitti suositusarvon. Eniten alituksia havaittiin pienillä pohjavesilaitoksilla. Missään laitostyyppissä ylempi suosituspitoisuus 9,5 ei ylittynyt.

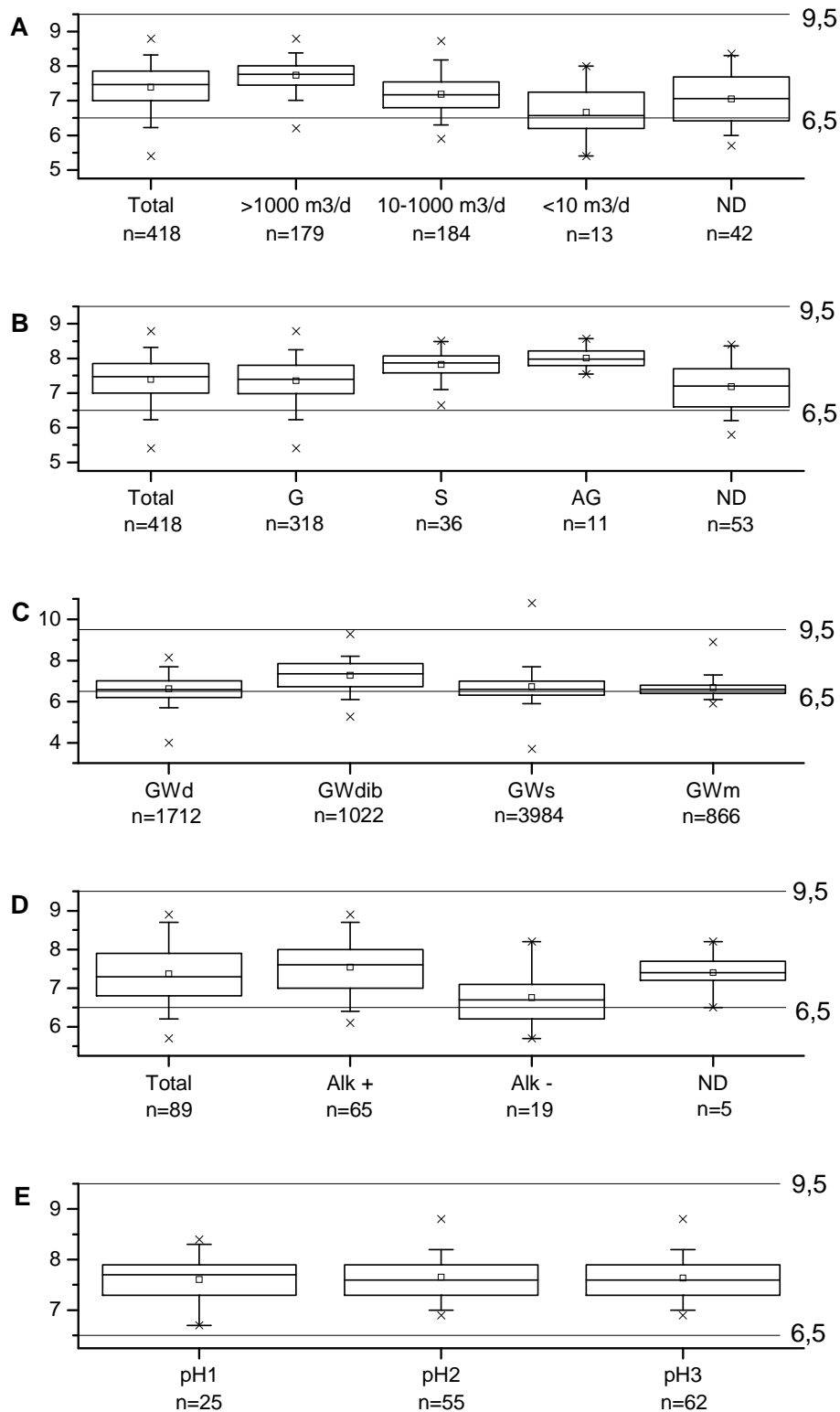
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 734 vesinäytteestä, joista 1 712 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 022 porakaivosta. Vastaavat mediaaniarvot olivat 6,6 ja 7,4 (kuva 42C). Maaperäkaivojen näytteistä 90 % asettui välille 5,6–7,7 ja porakaivojen välille 6,1–8,2. Huomattava osuus näiden kaivotyyppien vesistä alitti talousvesiasetuksen alemman suositusarvon. Ylemmän suositusarvon ylityksiä ei havaittu. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 4 850 vesinäytteestä, joista 3 984 oli otettu yksittäisestä kaivosta ja 866 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Mediaaniarvo molemmissa vesityypeissä oli 6,6. Yksittäisten kaivojen näytteistä 90 % asettui välille 5,9–7,7 ja useammasta kaivosta yhteen johdettujen vesien välille 6,1–7,3. Yksittäisten kaivojen näytteistä merkittävä osa, 35 % alitti asetuksen alemman suositusarvon 6,5. Useammasta kaivosta yhteen johdetussa vedessä vastaava luku oli 28 %. Yksittäisten kaivojen näytteistä kolme ylitti talousvesiasetuksen ylemmän suositusarvon arvojen vaihdellessa välillä 9,9–10,8.

Keskisuurille vesilaitoksille suunnatulla lisämittauskampanjalla pyrittiin selvittämään laitoksen alkalointikäytännön ja veden pH:n välistä yhteyttä. Tietoja pH-arvosta saatiin 89 keskisuurelta laitokselta, joista 65 alkaloitiin laitokselta lähtevän veden ja 19 ei alkaloinut. Viiden vesilaitoksen osalta emme saaneet tätä tietoa käyttööme. Mediaaniarvo näillä laitoksilla oli 7,3 (kuva 42D). Vettä alkaloivilla laitoksilla mediaaniarvo oli lähes yhden yksikön verran korkeampi kuin laitoksilla, jotka eivät alkaloineet laitokselta verkostoon pumpattavaa vettä, vastaavien pH-arvojen ollessa 7,6 ja 6,7. Vettä alkaloivilla laitoksilla 90 % arvoista asettui välille 6,4–8,7 ja niillä laitoksilla, jotka eivät alkaloineet vettä, välille 5,7–8,2. Kummassakin vesityypissä osa näytteistä jäi alemman suosituspitoisuuden alapuolelle, osuus näytteistä oli suurempi niillä laitoksilla, jotka eivät alkaloineet vettä. Mikään näytteistä ei ylittänyt ylempää suosituspitoisuutta.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. pH-arvoon. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Eri vesityypeissä mediaaniarvot olivat samaa suuruusluokkaa pitoisuuksien vaihdellessa välillä 7,6–7,7 (kuva 42E).

#### Yhteenvedo pH:sta

Mediaaniarvot vaihtelivat aineiston vesissä välillä 6,6–8,0. Alhaisimmat mediaaniarvot (6,6) havaittiin maaperäkaivoissa ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston yksittäisissä kaivoissa ja useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä. Vesilaitosten toimittamassa vedessä ja porakaivoissa mediaaniarvot olivat välillä 7,3–7,7. Kaikissa vesityypeissä havaittiin alemman suositusarvon (6,5) alituksia. Alitukset olivat yleisempiä kaivovesissä kuin vesilaitosten toimittamassa vedessä vastaavien prosentiosuuksien ollessa 30 % ja 8 %. Ylemmän suosituspitoisuuden ylityksiä havaittiin vain muutamassa yksittäisessä kaivonäytteessä.



**Kuva 42. pH.** Arvo vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Veden alkaloinnin vaikutus pH-arvoon keskiuurilla laitoksilla (v. 2007) (D). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus pH-arvoon vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (E)(v. 2007). pH1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, pH2 seisotettua verkostovettä ja pH3 juoksutettua verkostovettä. Kuvien D ja E aineisto ei sisälly kuviin A tai B.

### 8.1.2 Kloridi (Cl<sup>-</sup>)

Talousveden kloridin suosituspitoisuus perustuu sen makuun ja korroosiota kiihdyttäviin ominaisuuksiin. Talousveteen kloridia voi päätyä maaperästä, maantiesuolauksesta ja vedenkäsittelykemikaaleista.

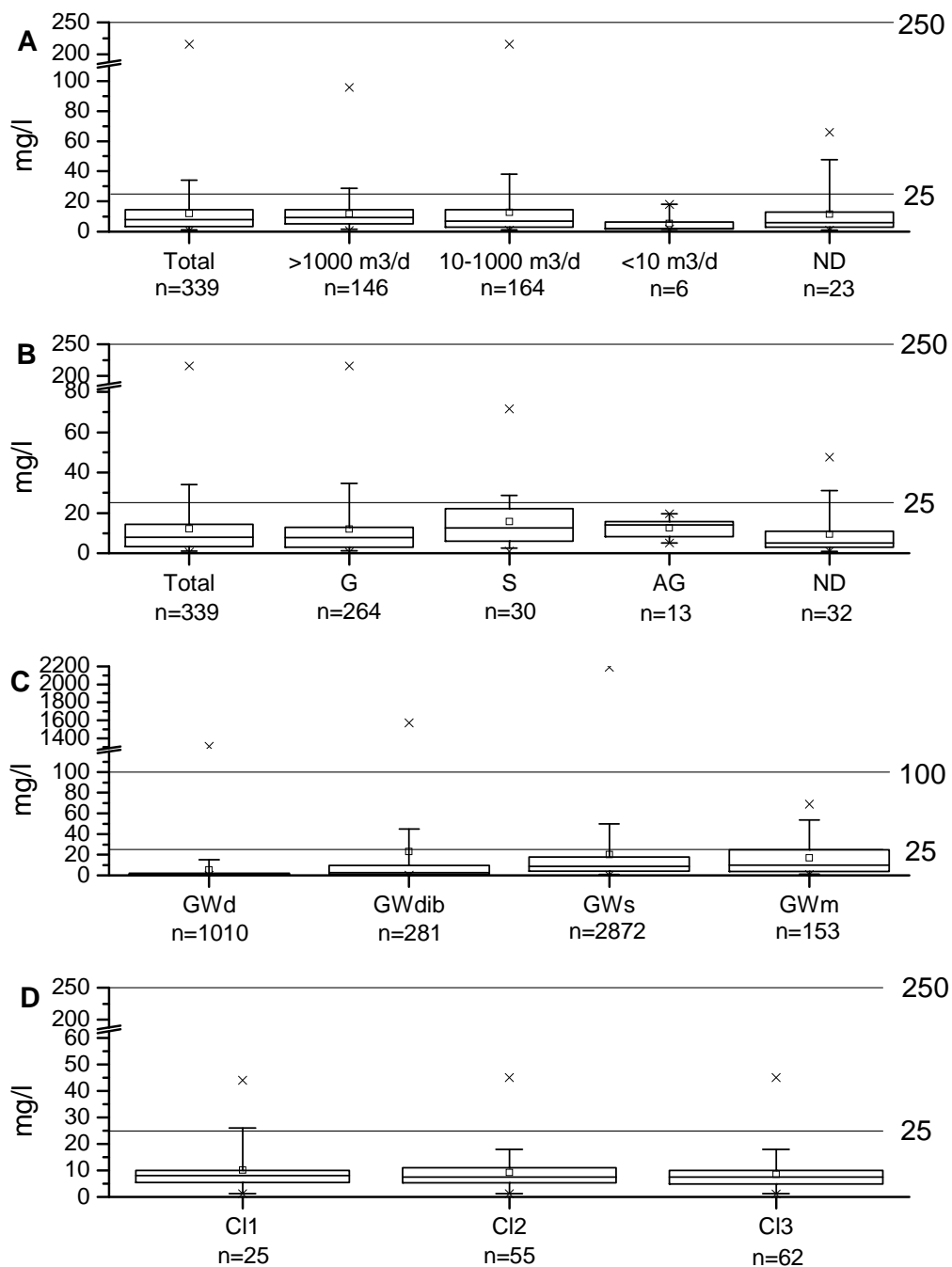
Tietoja ilmoitti 424 laitosta (määritysten lukumäärä n= 3 729), joista 339 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 8 mg/l ja vaihteluväli erityyppisillä laitoksilla 2–14 mg/l (kuva 43A ja 43B). Matalin mediaanipitoisuus 2 mg/l havaittiin pienillä laitoksilla ja korkeimmat 9–14 mg/l suurilla pinta- ja tekopohjavesilaitoksilla. Keskisuurilla pohjavesilaitoksilla mediaanipitoisuus oli 7–8 mg/l. Maksimipitoisuudet vaihtelivat välillä 18–216 mg/l. Korkein pitoisuus 216 mg/l havaittiin keskisuurilla pohjavesilaitoksilla ja matalimmat 18–20 mg/l pienillä laitoksilla ja tekopohjavesilaitoksilla. Pintavesilaitoksilla maksimipitoisuus oli 72 mg/l. Kaikki laitokset jakoivat talousvesiasetuksen suosituksen mukaista vettä pitoisuuksien ollessa alle 250 mg/l. Talousvesiasetuksessa mainitaan myös, että vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulisi olla alle 25 mg/l. Tämän suosituksen mukaista vettä toimittivat kaikki pienet laitokset ja tekopohjavesilaitokset. Suurista laitoksista 92 % ja keskisuurista 87 % pitoisuus oli alle 25 mg/l, samoin pohjavesilaitoksista 90 % ja pintavesilaitoksista 83 %.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 1 291 vesinäytteestä, joista 1 010 oli otettu maaperäkaivosta ja 281 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 1 ja 3 mg/l (kuva 43C). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 3 025 vesinäytteestä, joista 2 872 oli otettu yksittäisestä kaivosta ja 153 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 9 ja 10 mg/l. Yksittäisiä kaivovesinäytteitä lukuun ottamatta pohjavesiaineistojen näytteet alittivat pienten yksiköiden asetuksen suosituspitoisuuden 100 mg/l. Suosituspitoisuuden ylittäneitä näytteitä oli alle 5 % kaikista näytteistä kaikissa vesityypeissä. Ympäristöhallinnon aineiston näytteistä noin 20 %:ssa ylittyi verkostomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi asetettu suosituspitoisuus 25 mg/l, maaperäkaivoissa ja porakaivoissa ylitysten suhteellinen osuus oli jonkin verran pienempi.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. kloridin pitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Mediaanipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa vaihdellen välillä 7,5–8,1 mg/l (kuva 43D).

#### Yhteenveto kloridista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä 1–10 mg/l. Alhaisimmat mediaanipitoisuudet (1 ja 3 mg/l) havaittiin maaperäkaivoissa ja porakaivoissa. Vesilaitosten toimittamassa vedessä ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä mediaanipitoisuudet olivat välillä 8–10 mg/l. Vesilaitosten toimittama vesi oli talousvesiasetuksen mukaista. Yksittäisissä kaivovesissä havaittiin pienten yksiköiden asetuksen suosituspitoisuuden ylityksiä. Noin 10 %:ssa vesilaitoksista syöpymisen ehkäisemiseksi annettu suosituspitoisuus ylittyi, kaivoista vastaava osuus oli 10–25 %.



**Kuva 43. Kloridi.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Verkoston ja näyteenottotavan vaikutus kloridipitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (D). Cl1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, Cl2 seisotettua verkostovettä ja Cl3 juoksutettua verkostovettä. Kuvan D aineisto ei sisälly kuvaan A tai B.

### 8.1.3 Sulfaatti (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Talousveden sulfaatin suosituspitoisuus perustuu sen makuun ja korroosiota kiihdyttäviin ominaisuuksiin. Sulfaattia voi päätyä talousveteen maaperästä ja veden saostuskemikaaleista.

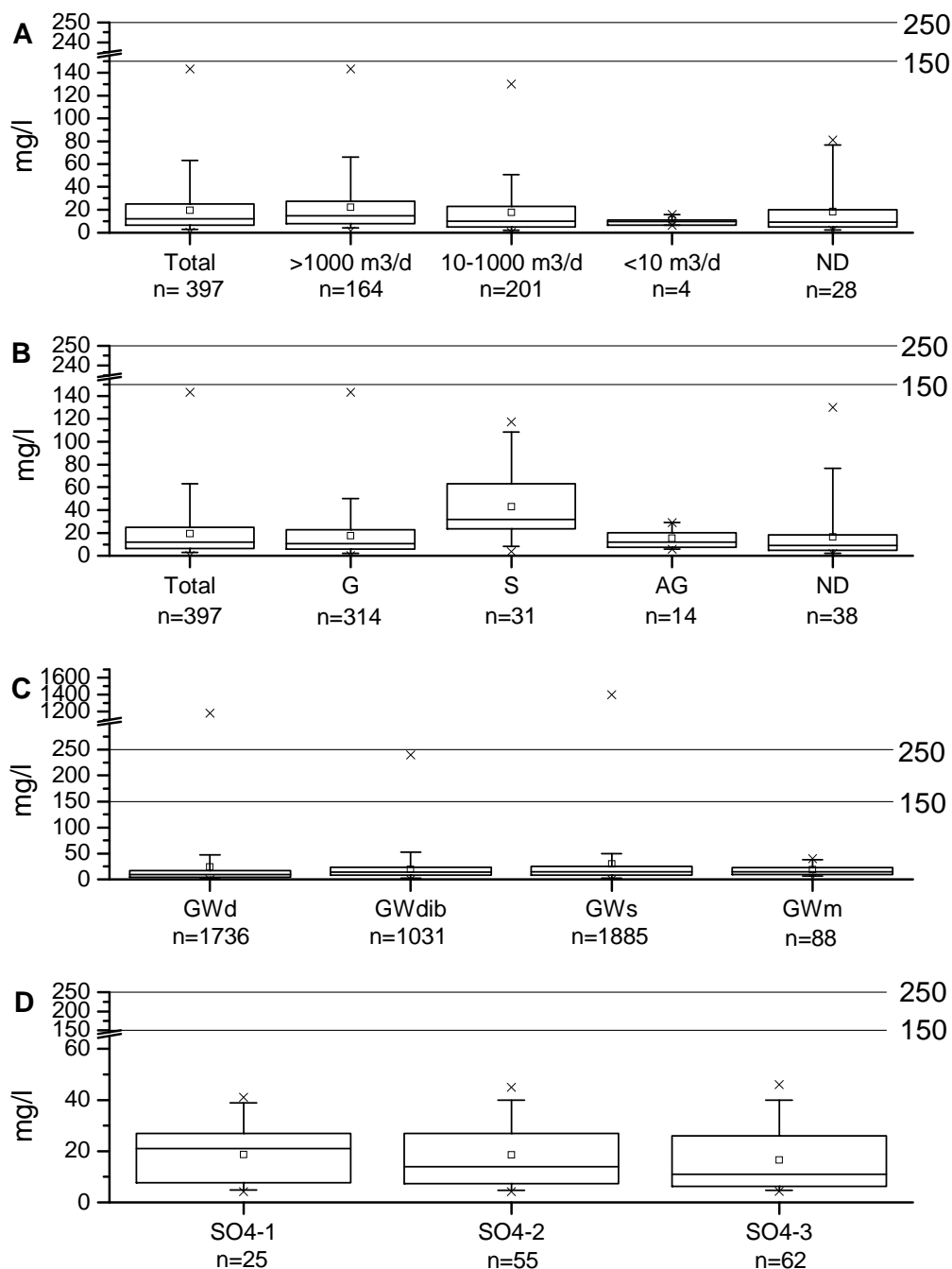
Tietoja ilmoitti 409 laitosta (määritysten lukumäärä n= 3 169), joista 397 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus oli 12 mg/l ja vaihteluväli erityyppisillä laitoksilla 10–32 mg/l (kuva 44A ja 44B). Matalimmat mediaanipitoisuudet 10–11 mg/l havaittiin pienillä ja keskisuurilla pohjavesilaitoksilla. Tekopohjavesilaitoksilla pitoisuus oli 13 mg/l ja suurilla laitoksilla 15 mg/l. Korkein mediaanipitoisuus 32 mg/l havaittiin pintavesilaitoksilla. Kaikki laitokset jakoivat talousvesiasetuksen suosituksen mukaista vettä pitoisuuksien ollessa alle 250 mg/l. Talousvesiasetuksessa mainitaan myös, että vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi sulfaattipitoisuuden tulisi olla alle 150 mg/l. Tähän suositukseen mukaista vettä toimittivat kaiken tyyppiset vesilaitokset.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 767 vesinäytteestä, joista 1 736 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 10 ja 15 mg/l (kuva 44C). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 1 973 vesinäytteestä, joista 1 885 oli otettu yksittäisestä kaivosta ja 88 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Molemmissa vesityypeissä mediaanipitoisuudet olivat 15 mg/l. Maaperäkaivojen, porakaivojen ja ympäristöhallinnon aineiston yksittäisten kaivojen yksittäisissä vesinäytteissä talousvesiasetuksen suosituspitoisuus ja verkostomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi asetettu suosituspitoisuus 150 mg/l ylittyivät. Useammasta kaivosta yhteen johdetut vedet olivat molempien suosituspitoisuuksien mukaisia.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. sulfaattipitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksetusta verkostovedestä. Eri vesityypeissä mediaanipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa pitoisuuksien vaihdellessa välillä 11–21 mg/l (kuva 44D). Korkein mediaanipitoisuus 21 mg/l havaittiin verkostoon pumpattavasta vedestä.

#### Yhteenvedo sulfaatista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä 10–32 mg/l. Alhaisimmat mediaaniarvot 10–12 mg/l havaittiin maaperäkaivoissa ja vesilaitosten toimittamassa vedessä. Porakaivoissa ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston kaivovesissä mediaanipitoisuudet olivat 15 mg/l. Korkein mediaanipitoisuus 32 mg/l havaittiin pintavesilaitoksilla. Vesilaitoksen toimittama vesi ja kaivovedet olivat talousvesiasetuksen mukaista. Yksittäisissä kaivovesissä havaittiin pienten yksiköiden asetuksen suosituspitoisuuden ylityksiä. Vesilaitosten toimittama vesi oli myös syöpymisen ehkäisemiseksi annetun suosituspitoisuuden (alle 150 mg/l) mukaista. Yksittäisissä kaivovesinäytteissä tämä suosituspitoisuus ylittyi.



**Kuva 44. Sulfaatti.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus sulfaattipitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (D). SO4-1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, SO4-2 seisotettua verkostovettä ja SO4-3 juoksetuttua verkostovettä. Kuvan D aineisto ei sisälly kuvaan A tai B.



#### 8.1.4 Sähkönjohtavuus (EC)

Sähkönjohtavuus aiheutuu veteen liuenneiden suolojen ioneista, niiden laadusta ja määrästä. Talusvesiasetuksen suosituspitoisuus ei perustu terveystaloudellisiin vaikutuksiin.

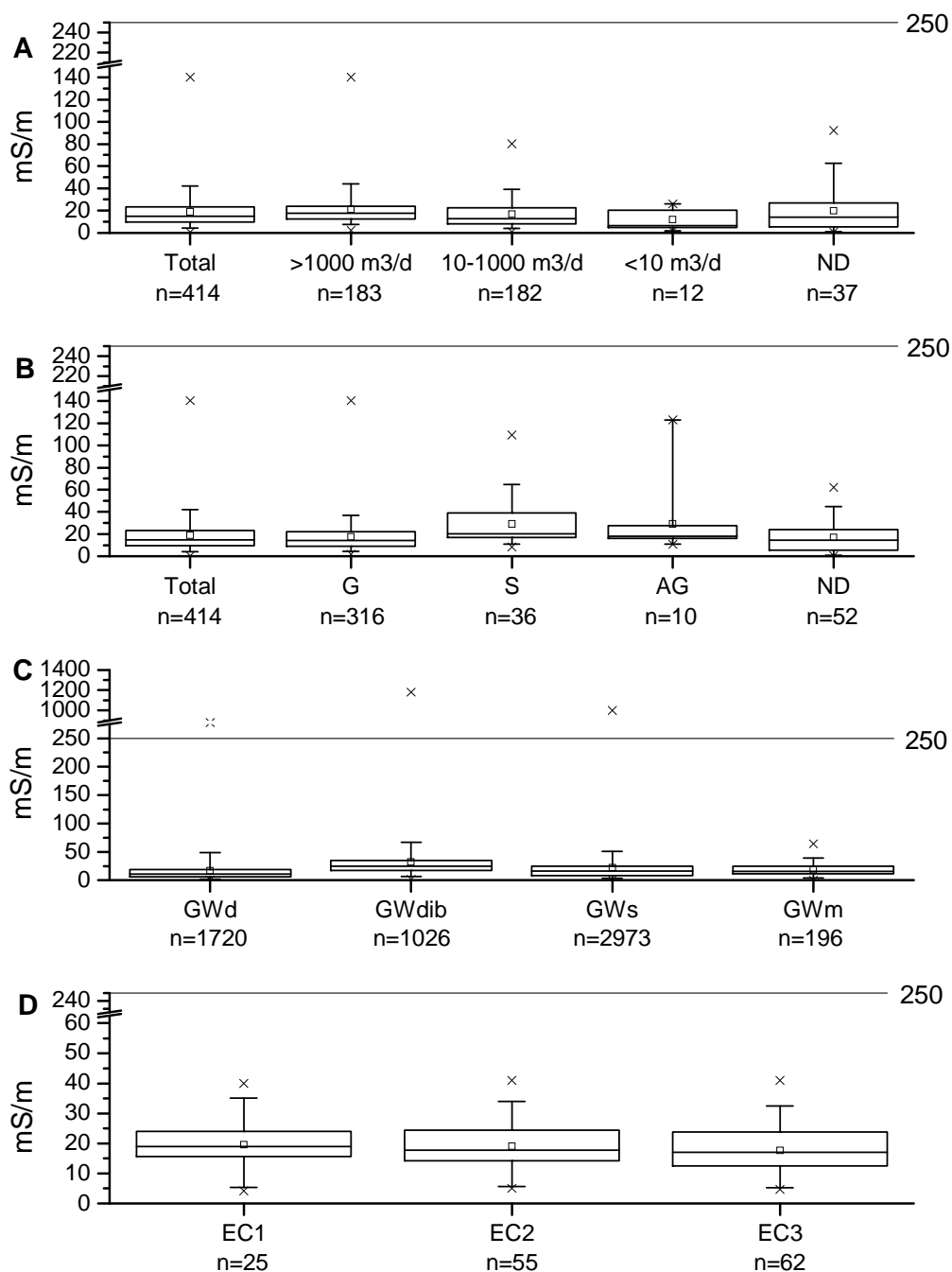
Tietoja ilmoitti 414 laitosta (määrittysten lukumäärä  $n=23\,495$ ), joista kaikille voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Mediaanipitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä oli 15 mS/m, vaihteluväli 7–21 mS/m erityyppisillä vesilaitoksilla (kuva 45A ja 45B). Laitoskoon mukaisesti jaoteltuna suurilla laitoksilla laitosten välinen pitoisuuden vaihtelu oli suurempaa kuin keskisuurilla laitoksilla: maksimipitoisuus suurilla 140 mS/m ja keskisuurilla 80 mS/m. Pienillä laitoksilla maksimipitoisuus oli 26 mS/m, mutta lukumääräisesti tämän kokoluokan laitoksia oli vähän (12). Maksimipitoisuudet olivat samaa kokoluokkaa erityyppistä vettä käyttävillä laitoksilla pitoisuuksien vaihdeltaessa välillä 110–140 mS/m. Kaikki laitokset toimittivat talusvesiasetuksen suosituksen mukaista vettä sähkönjohtavuuden ollessa alle 250 mS/m.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 746 vesinäytteestä, joista 1 720 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 026 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 11 ja 25 mS/m (kuva 45C). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 3 169 vesinäytteestä, joista 2 973 oli otettu kaivosta ja 196 useammista kaivosta yhteen johdetuista vesistä. Mediaanipitoisuus oli molemmissa vesityypeissä 16 mS/m. Yksittäisiä kaivovesinäytteitä lukuun ottamatta kaikki pohjavesiaineistojen näytteet olivat talusvesiasetuksen mukaisia.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. sähkönjohtavuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Eri vesityypeissä mediaaniarvot olivat samaa suuruusluokkaa arvojen vaihdeltaessa välillä 17–19 mS/m (kuva 45D).

##### Yhteenveto sähkönjohtavuudesta

Mediaaniarvot vaihtelivat aineiston vesissä välillä 7–25 mS/m. Alhaisimmat mediaaniarvot 7–11 mS/m havaittiin pienillä vesilaitoksilla ja maaperäkaivoissa. Vesilaitosten toimittamassa vedessä ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä sähkönjohtavuuden mediaaniarvot olivat välillä 15–19 mS/m. Porakaivovesissä mediaaniarvo oli selvästi korkein 25 mS/m. Vesilaitosten toimittama vesi oli talusvesiasetuksen mukaista, samoin kuin pohjavesiaineistojen vesi yksittäisiä kaivonäytteitä lukuun ottamatta.



**Kuva 45. Sähkönjohtavuus.** Arvo vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivosvesissä (C). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus sähkönjohtavuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (D). EC1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, EC2 seisotettua verkostovettä ja EC3 juoksettua verkostovettä. Kuvan D aineisto ei sisälly kuvaan A tai B. Maksimipitoisuus GWd 513 mS/m ei näy kuvassa.

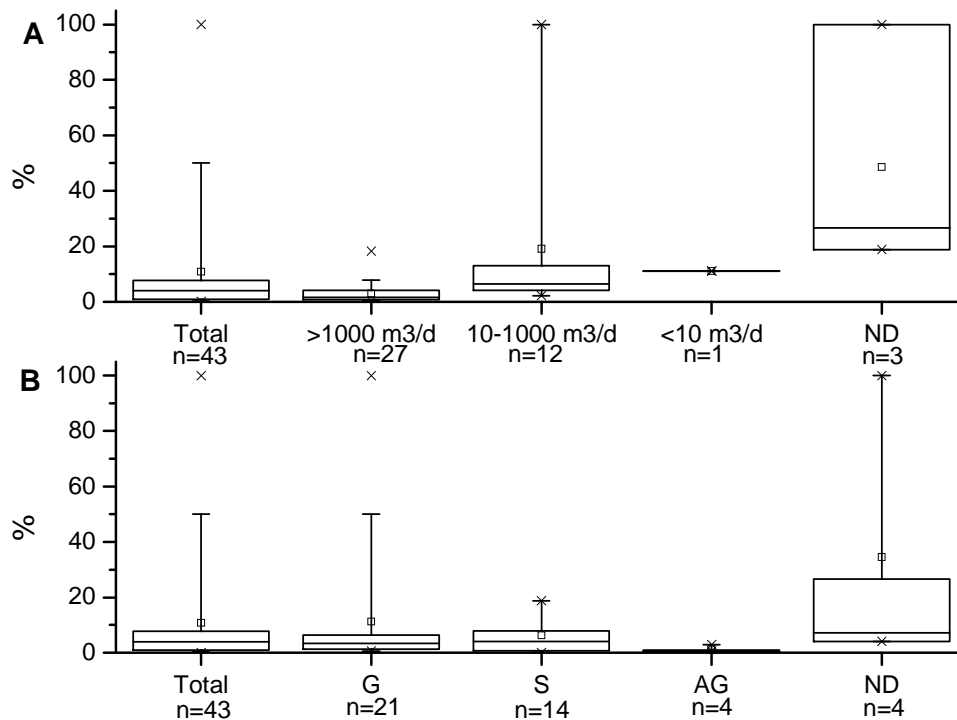
### 8.1.5 Haju ja maku

Talousveden haju- ja makuvirheet johtuvat orgaanisista yhdisteistä ja niiden hajoamistuotteista, metallipitoisuuksista ja veden käsittelyssä käytettyjen kemikaalien kanssa muodostuvista yhdisteistä.

Talovesiasetuksen suosituksen mukaan hajun ja maun tulisi olla käyttäjien hyväksyttävissä eikä niissä tulisi olla epätavallisia muutoksia.

Asetuksen edellyttämällä tarkkuudella hajutietoja ilmoitti 432 laitosta (määritysten lukumäärä n= 24 066), joista 389 laitoksella kaikki tutkitut näytteet olivat talovesiasetuksen mukaisia (90 % laitoksista). 43 laitoksella yhdessä tai useammassa näytteessä oli epätavallisia muutoksia tai ne eivät olleet käyttäjien hyväksyttävissä. Epätavallisten näytteiden suhteellinen osuus oli pienin suurilla laitoksilla mediaanin ollessa 2 % näytteistä. Keskiuurilla laitoksilla vastaava luku oli 7 % ja pienillä laitoksilla 11 % (kuva 46A ja 46B).

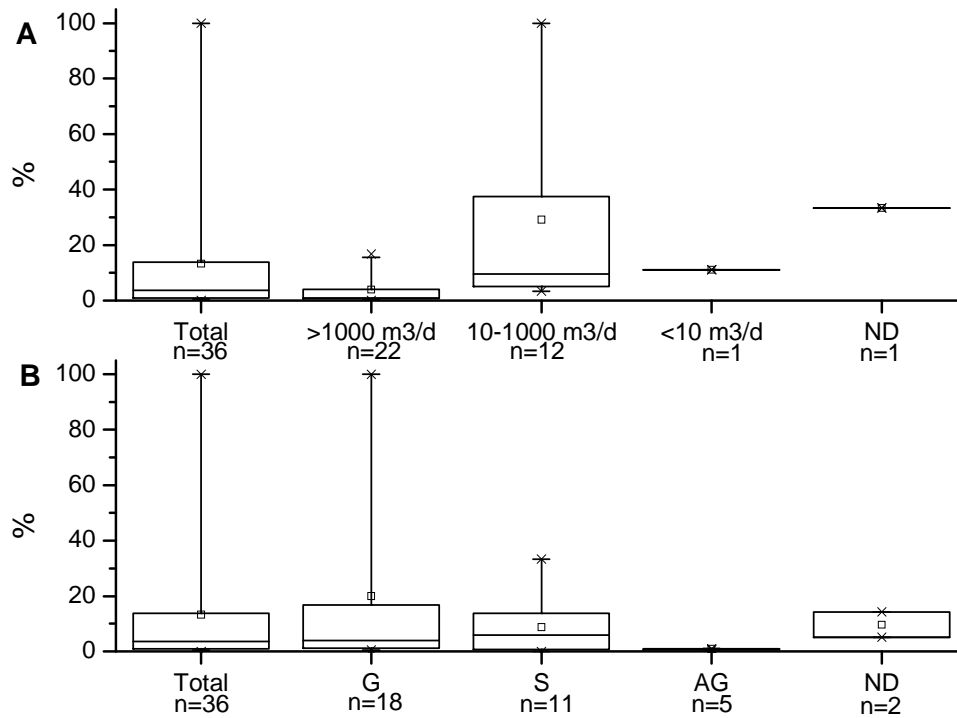
Jotkin laitokset lähettivät lisäksi numeerisia hajutietoja. Näitä tietoja ei ole tässä yhteydessä vertailtu, sillä tietoja saatiin lukumääräisesti varsin vähän ja toisaalta eri laitoksilla käytettiin erilaisia asteikkoja hajun määrän ilmoittamiseen.



**Kuva 46. Haju.** Epätavallisten näytteiden suhteelliset osuudet vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (Aja B).

Makutietoja ilmoitti asetuksen edellyttämällä tarkkuudella 401 laitosta (määritysten lukumäärä n= 23 284), joista 365 laitoksella kaikki tutkitut näytteet olivat talovesiasetuksen mukaisia (91 % laitoksista). Laitoksista 36:lla yhdessä tai useammassa näytteessä oli epätavallisia muutoksia tai ne eivät olleet käyttäjien hyväksyttävissä. Epätavallisten näytteiden suhteellinen osuus oli pienin suurilla laitoksilla mediaanin ollessa 1 % näytteistä. Keskiuurilla laitoksilla vastaava luku oli 12 % ja pienillä laitoksilla 11 % (kuva 47A ja 47B).

Muutama laitos (<10) ilmoitti maun myös laimennuslukuna. Tietoja on kuitenkin lukumääräisesti niin vähän, ettei niitä ole esitetty tässä yhteydessä.



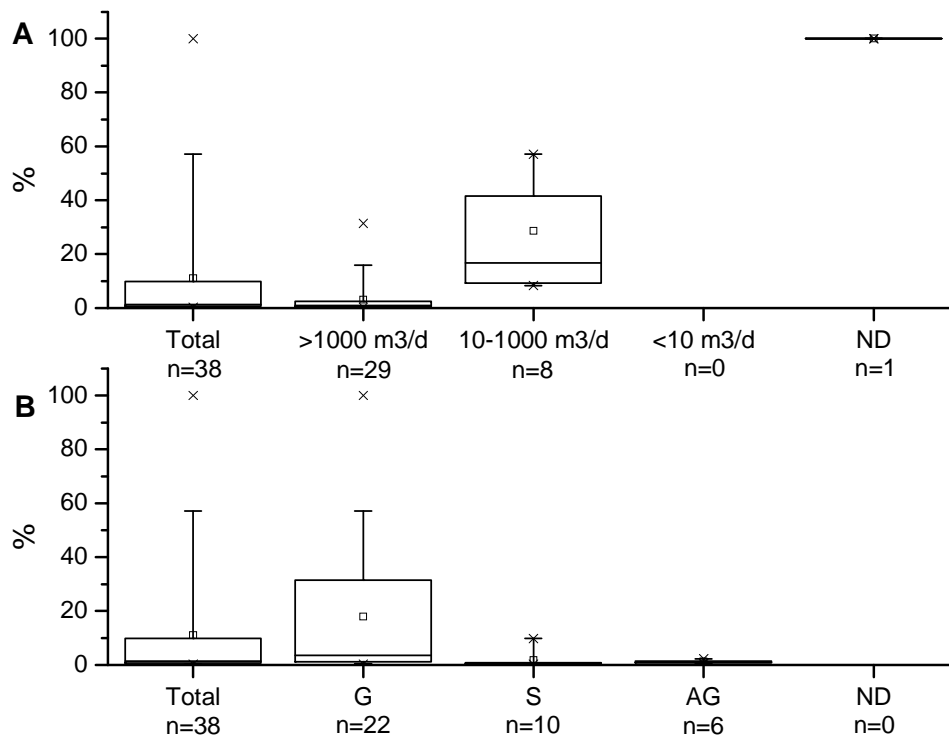
**Kuva 47. Maku.** Epätavallisten näytteiden suhteelliset osuudet vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B).

### 8.1.6 Sameus

Veden sameus johtuu usein savesta, raudasta ja kolloidisista yhdisteistä.

Talousvesiasetuksen suosituksen mukaan sameuden tulisi olla käyttäjien hyväksyttävissä eikä siinä tulisi olla epätavallisia muutoksia. Asetuksen edellyttämällä tarkkuudella tietoja ilmoitti 322 laitosta (määrittysten lukumäärä  $n = 22\,157$ ), joista 284 laitoksella (88 % laitoksista) talousvesi oli asetuksen suosituksen mukaista kaikissa määritetyissä näytteissä. 38 laitoksella yksi tai useampi näyte oli poikennut suosituksesta. Suosituksen vastaisten näytteiden suhteellinen osuus kaikista tutkituista vaihteli laitoskohtaisesti 0,2–100 % välillä siten, että matalampia prosentiosuuksia todettiin yleisemmin suurilla laitoksilla ja korkeampia osuuksia pienemmillä laitoksilla (kuva 48A ja 48B).

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa ei ollut tietoja sameudesta talousvesiasetuksen edellyttämällä tarkkuudella.



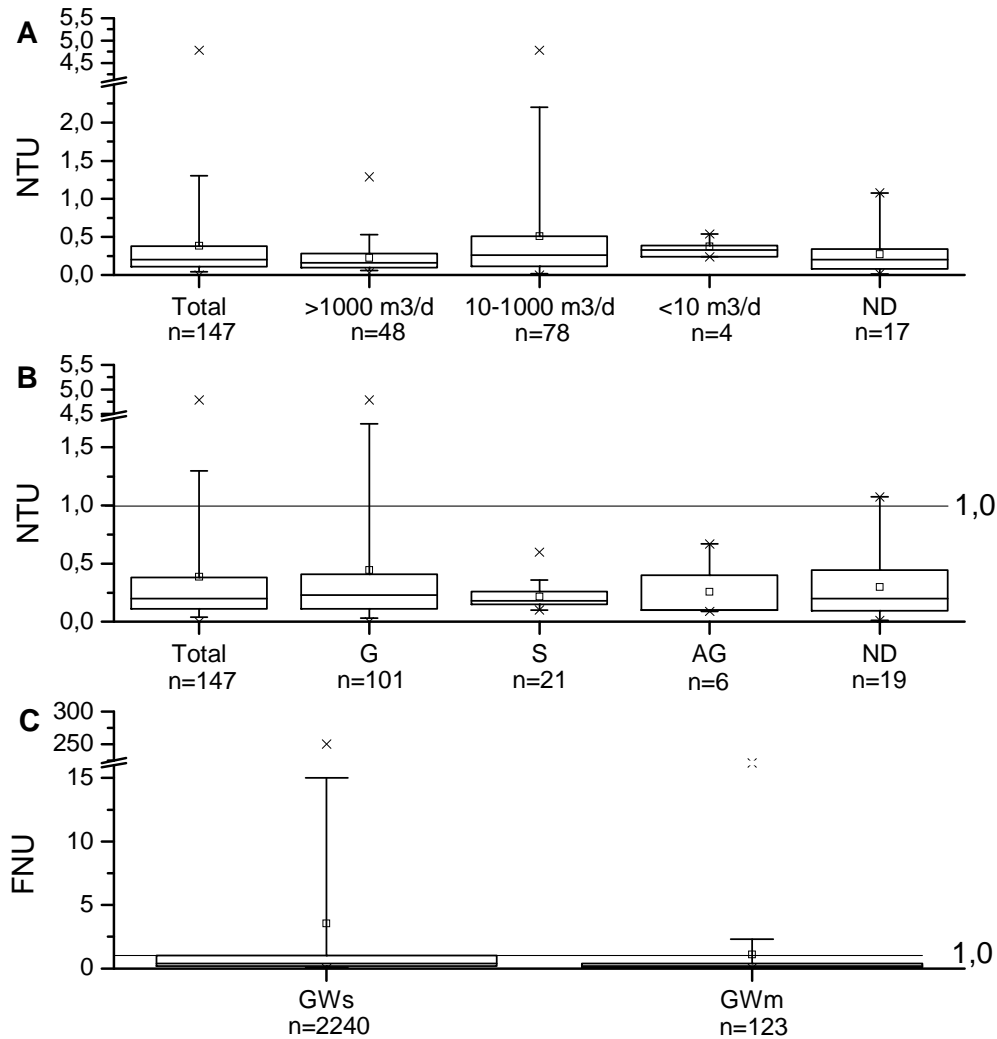
**Kuva 48. Sameus.** Epätavallisten näytteiden suhteelliset osuudet vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B).

Numeerisia pitoisuustietoja sameudesta ilmoitettiin 220 vesilaitokselta (määritysten lukumäärä  $n = 1\,425$ ), joista 147 laitokselle voitiin laskea keskiarvopitoisuus. Numeerisia tietoja oli ilmoitettu useissa yksiköissä (FNU, FTU, NTU). Sameuden ollessa alle 40 nämä yksiköt vastaavat tulosarvoltaan toisiaan, joten kaikki vesilaitosten ilmoittamat tiedot voitiin yhdistää maksimipitoisuuden ollessa 4,8 NTU (kuva 49A ja 49B). Mediaanipitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä oli 0,2 NTU ja vaihteluväli erityyppisillä vesilaitoksilla 0,1–0,4 NTU. Pienimmät mediaaniarvot (0,1–0,2 NTU) havaittiin suurilla pinta- ja tekopohjavettä käyttävillä laitoksilla. Keskisuurilla pohjavesilaitoksilla arvo oli noin 0,2 NTU. Korkein mediaaniarvo 0,4 NTU havaittiin pienillä laitoksilla. Keskisuurilla laitoksilla laitoskohtaisten keskiarvojen erot olivat suurempia kuin suurilla laitoksilla, samoin pohjavesilaitoksilla suurempia kuin pintavesilaitoksilla.

Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 363 vesinäytteestä, joista 2 240 oli otettu kaivosta ja 123 useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 0,4 ja 0,2 FNU (kuva 49C). Maksimipitoisuus oli huomattavasti korkeampi kaivovesissä kuin useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä vastaavien pitoisuuksien ollessa 250 ja 69 FNU.

#### Yhteenveto sameudesta

Mediaaniarvot vaihtelivat aineiston vesissä välillä 0,1–0,4 NTU. Alhaisimmat mediaaniarvot 0,2 NTU havaittiin vesilaitosten toimittamassa vedessä ja useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä. Ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston yksittäisissä kaivoissa mediaaniarvo oli korkeampi 0,4 NTU. Suurin osa vesilaitoksista toimitti talousvesiasetuksen mukaista vettä. Pohjavesiaineistojen tietoja ei voitu verrata talousvesiasetuksen suositukseen.



**Kuva 49. Sameus.** Arvo vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä (v. 2000–2007) (C). Maksimipitoisuus GWm 69 FNU ei näy kuvassa.

### 8.1.7 Väriluku

Veden väri voi johtua värillisistä orgaanisista yhdisteistä, raudasta ja mangaanista. Väriluvulla ei ole suoraa yhteyttä veden terveydellisiin vaikutuksiin.

Talovesiasetuksen suosituksen mukaan veden värin tulee olla käyttäjien hyväksyttävissä eikä siinä tulisi olla epätavallisia muutoksia. Asetuksen edellyttämällä tarkkuudella tietoja ilmoitti 328 laitosta (määritysten lukumäärä n= 22 296), joista 295 laitoksella (90 % laitoksista) kaikki näytteet olivat talovesiasetuksen mukaisia. 33 laitoksella yhdessä tai useammassa näytteessä oli todettu epätavallisia muutoksia. Suurilla laitoksilla näytteiden, joissa havaittiin epätavallisia muutoksia, suhteellinen osuus vaihteli välillä 0,1–16 %, keskisuurilla laitoksilla välillä 4–33 %.

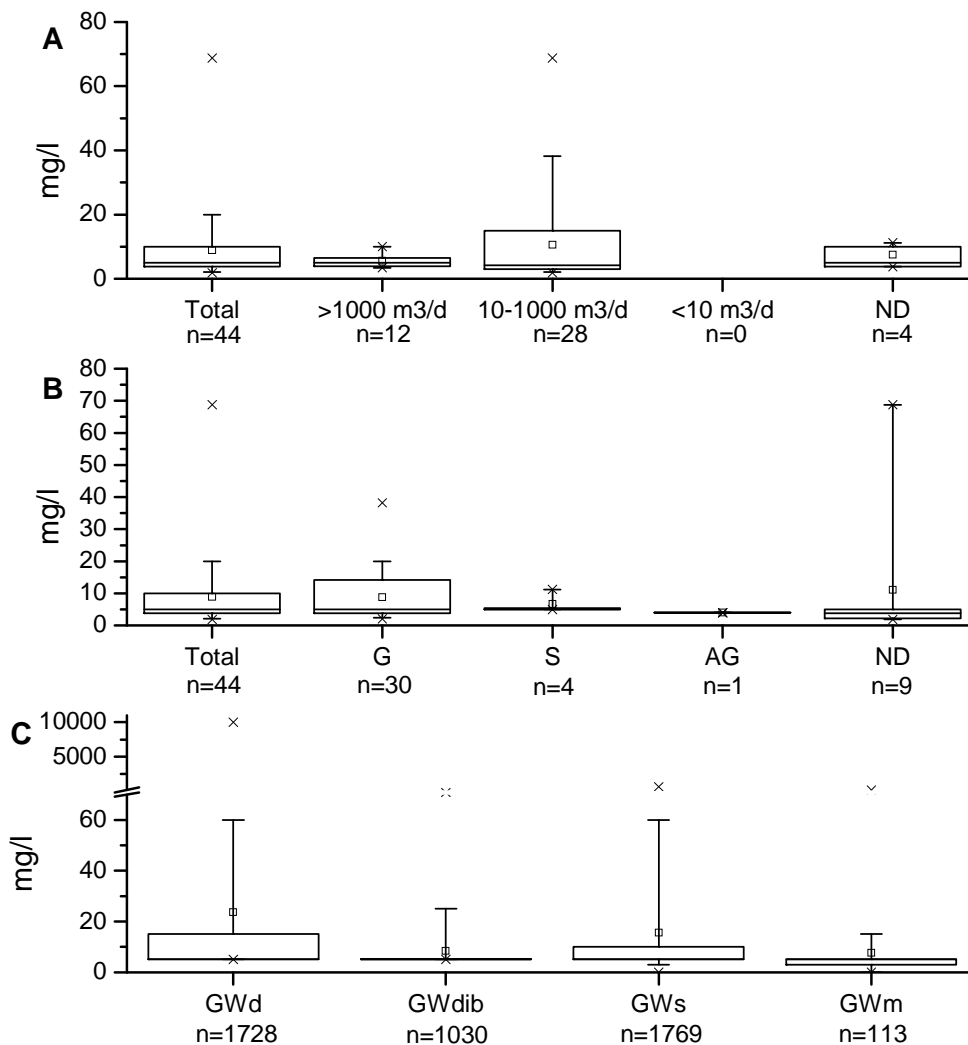
Numeerisia pitoisuustietoja väriluvusta oli käytettävissä 125 laitokselta (määritysten lukumäärä n= 1 296). Näistä 44 laitokselle voitiin laskea laitoskohtainen keskiarvo. Mediaaniarvot olivat suurilla ja keskisuurilla laitoksilla samaa suuruusluokkaa (noin 5 mg/l)

(kuva 50A ja 50B). Suurilla laitoksilla väriluvun arvon vaihtelu oli huomattavasti pienempää kuin keskiuurilla laitoksilla vastaavien maksimiarvojen ollessa 10 ja 69 mg/l.

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 758 vesinäytteestä, joista 1 728 oli otettu maaperäkaivoista ja 1 030 porakaivoista. Molemmissa vesityypeissä mediaanipitoisuudet olivat 5 mg/l (kuva 50C). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 1 882 vesinäytteestä, joista 1 769 oli otettu kaivosta ja 113 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Mediaanipitoisuudet olivat 5 mg/l molemmissa vesityypeissä. Maksimipitoisuus oli korkeampi kaivovesissä (650 mg/l) kuin useammasta kaivosta yhteen johdetuissa vesissä (200 mg/l).

### Yhteenveto väriluvusta

Mediaanipitoisuus vaihteli aineiston vesissä välillä 4–8 mg/l. Suurin osa vesilaitoksista toimitti talousvesiasetuksen mukaista vettä. Pohjavesiaineistojen tietoja ei voitu verrata talousvesiasetuksen suositukseen.



**Kuva 50. Väriluku.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä (v. 2000–2007) (C). Maksimipitoisuudet GWdib 150 mg/l ja GWm 200 mg/l eivät näy kuvassa.

## 8.2 Muita veden tekniseen laatuun vaikuttavia muuttujia

### 8.2.1 Alkaliteetti

Alkaliteetti tarkoittaa veden kykyä vastustaa pH:n muutosta neutraloimalla happoja. Alkaliteetin muodostavat bikarbonaatit ( $\text{HCO}_3^-$ ), karbonaatit ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ja hydroksidit ( $\text{OH}^-$ ). Liian matala alkaliteetti eli alle 0,6 mmol/l voi johtaa metallisten materiaalien syöpmiseen.

Tietoja ilmoitti 131 laitosta (määritysten lukumäärä  $n = 489$ ), joista kaikille voitiin laskea keskiarvo. Mediaaniarvo oli 0,9 mmol/l ja vaihteluväli erityyppisillä laitoksilla 0,2–1,1 mmol/l (kuva 51A ja 51B). Pintavesilaitoksilla alkaliteetin vaihtelu oli selvästi muita laitostyyppisiä pienempää mediaanipitoisuuden ollessa 0,7 mmol/l ja maksimipitoisuuden 1,2 mmol/l. Muun tyyppisillä laitoksilla maksimiarvo vaihteli välillä 2,2–2,8 mmol/l ja mediaaniarvo 0,8–1,1 mmol/l. Poikkeuksena olivat pienet laitokset, joissa maksimiarvo oli 0,3 mmol/l ja mediaaniarvo 0,2 mmol/l ( $n=5$ ).

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 767 vesinäytteestä, joista 1 736 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 031 porakaivosta. Vastaavat mediaaniarvot olivat 0,5 ja 1,8 mmol/l (kuva 51C). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 3 244 vesinäytteestä, joista 2 871 oli otettu yksittäisestä kaivosta ja 373 useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä. Vastaavat mediaaniarvot olivat 0,6 ja 0,7 mmol/l.

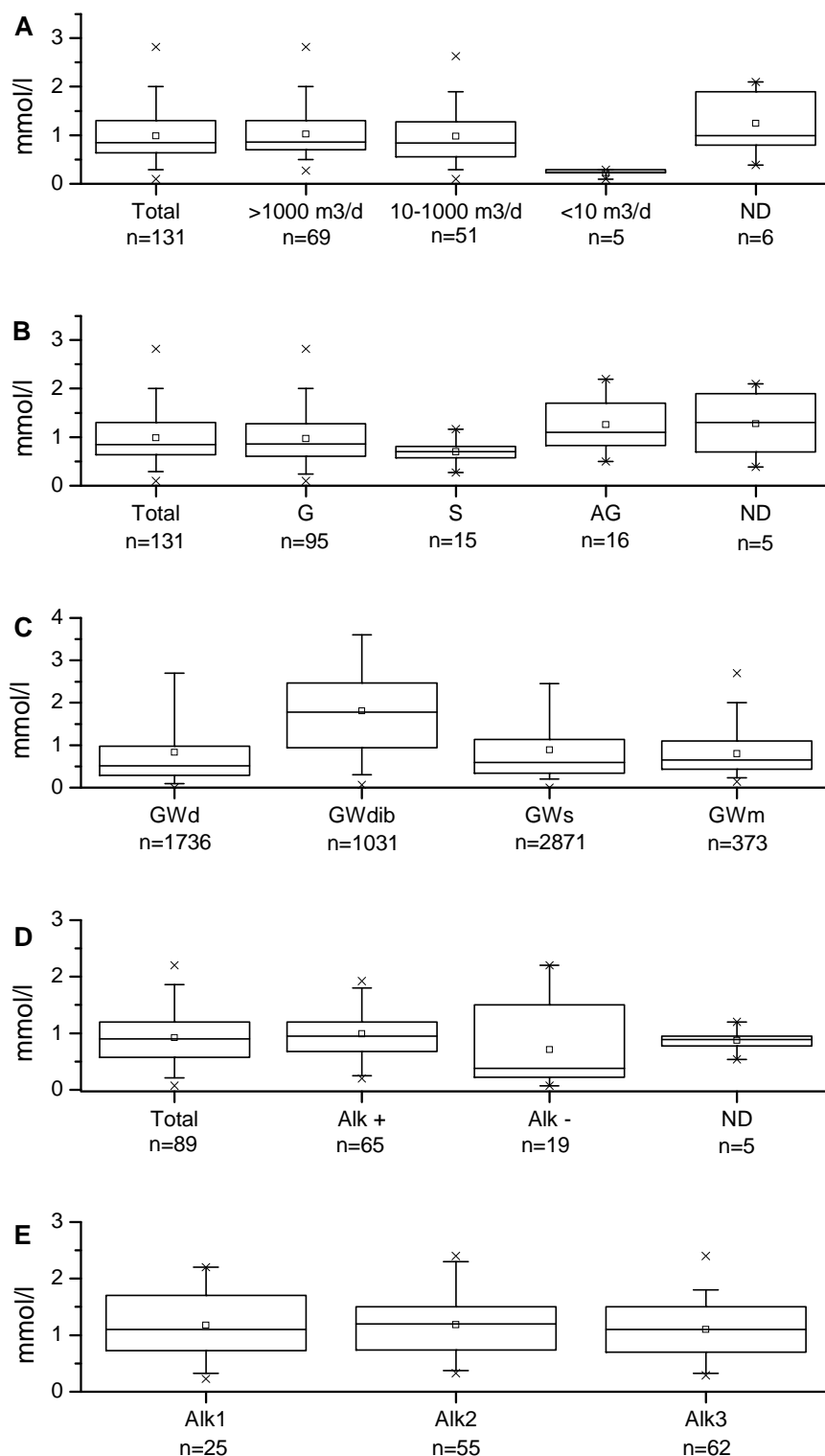
Keskisuurille vesilaitoksille suunnatulla lisämittauskampanjalla pyrittiin selvittämään laitoksen alkalointikäytännön ja veden alkaliteetin välistä yhteyttä. Tietoja alkaliteetista saatiin 89 keskisuurelta laitokselta, joista 65 alkoi laitokselta lähtevän veden ja 19 ei alkaloinut. Viiden vesilaitoksen osalta emme saaneet tätä tietoa käyttööme. Mediaaniarvo näillä laitoksilla oli 0,9 mmol/l (kuva 51D). Vettä alkaloivilla laitoksilla alkaliteetin mediaaniarvo oli kaksinkertainen verrattuna laitoksiin, joilla vettä ei alkaloitu vastaavien arvojen ollessa 1,0 ja 0,4 mmol/l.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. alkaliteettiarvoon. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Mediaaniarvot olivat samaa suuruusluokkaa vaihdellen välillä 1,1–1,2 mmol/l (kuva 51E).

#### Yhteenvedo alkaliteetista

Mediaani arvot vaihtelivat aineiston vesissä välillä 0,2–1,8 mmol/l. Alhaisimmat mediaaniarvot 0,2–0,7 mmol/l havaittiin pienillä vesilaitoksilla, maaperäkaivoissa ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston kaivoissa. Muiden vesilaitosten toimittamissa vesissä mediaaniarvot olivat välillä 0,7–1,3 mmol/l. Porakaivojen vesissä mediaaniarvo oli selkeästi korkein 1,8 mmol/l.





**Kuva 51. Alkaliteetti.** Arvo vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Veden alkaloinnin vaikutus alkaliteettiin keskiuurilla laitoksilla (v. 2007) (D). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus alkaliteettiin vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (E). Alk1: vesilaitokselta verkostoon pumpattu vesi, Alk2: seisotettu verkostovesi ja Alk3: juoksuutettu verkostovesi. Kuvien D ja E aineisto ei sisälly kuviiin A tai B. Maksimiarvot, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 8,2 mmol/l, GWdib 6,8 mmol/l ja GWs 10,7 mmol/l.

## 8.2.2 Kovuus

Kovuus kuvaa veden ominaisuuksia, jotka johtuvat veteen liuenneista mineraalisuoloista, joita ovat kalsium- ja magnesiumsulfaatit, -kloridit ja -fosfaatit. Kovuus jaetaan bikarbonaattikovuuteen eli ohimenevään kovuuteen ja mineraalihappo- eli pysyvään kovuuteen. Bikarbonaattikovuus koostuu kalsiumin ja magnesiumin bikarbonaateista, kun taas mineraalihappokovuus koostuu mineraalihappojen, kuten sulfaatin, kloridin ja fosfaatin suoloista. Kovuus vaikuttaa mm. veden syövyttävyyteen. Veden kovuus luokitellaan pitoisuuden mukaan: hyvin pehmeä (alle 0,5 mmol/l), pehmeä (0,5–1,0 mmol/l), keskikova (1–2 mmol/l), kova (2–4 mmol/l) ja hyvin kova (yli 4 mmol/l).

Tietoja ilmoitti 149 laitosta (määritysten lukumäärä n= 843), joista 147 laitokselle voitiin laskea keskiarvo. Mediaaniarvo oli 0,6 mmol/l ja vaihteluväli erityyppisillä laitoksilla 0,2–0,7 mmol/l (kuva 52A ja 52B). Korkeimmat mediaaniarvot 0,6–0,7 mmol/l havaittiin suurilla pinta- ja tekopohjavesilaitoksilla. Keskisuurilla pohjavesilaitoksilla arvo oli 0,5 mmol/l ja pienillä laitoksilla alhaisin 0,2 mmol/l (n= 5). Korkeimmat maksimi-arvot 2,8 mmol/l havaittiin keskisuurilla pohjavesilaitoksilla.

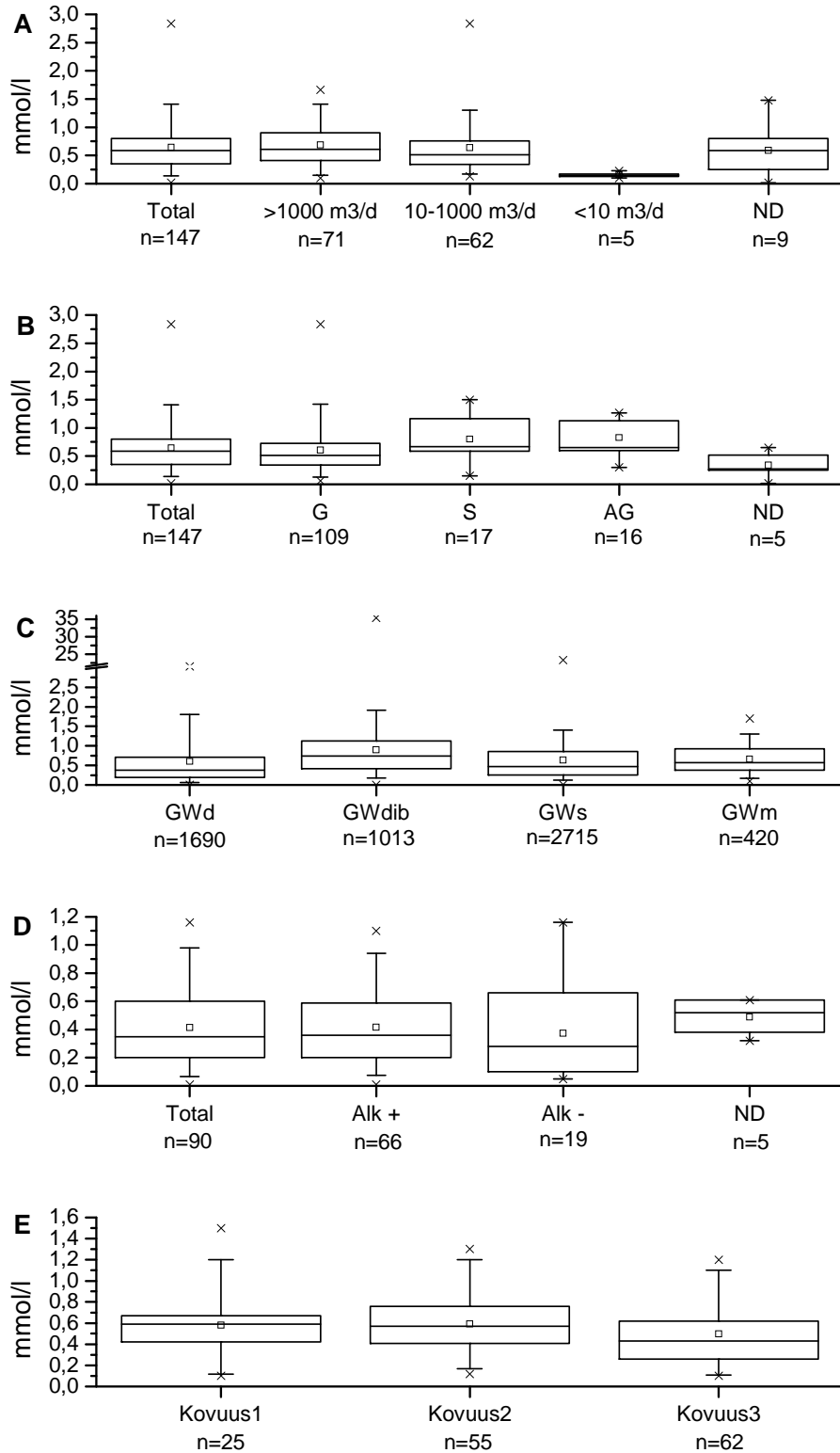
GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 703 vesinäytteestä, joista 1 690 oli otettu maaperäkaivosta ja 1 013 porakaivosta. Vastaavat mediaaniarvot olivat 0,4 ja 0,7 mmol/l (kuva 52C). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 3 135 vesinäytteestä, joista 2 715 oli otettu yksittäisestä kaivosta ja 420 useammasta kaivosta yhteen johdetusta vedestä. Vastaavat mediaaniarvot olivat 0,5 ja 0,6 mmol/l.

Keskisuurille vesilaitoksille suunnatulla lisämittauskampanjalla pyrittiin selvittämään laitoksen alkalointikäytännön ja veden kovuuden välistä yhteyttä. Tietoja kovuudesta saatiin 90 keskisuurelta laitokselta, joista 66 alkaloilaitokselta lähtevän veden ja 19 ei alkaloineut. Viiden vesilaitoksen osalta emme saaneet tätä tietoa käyttöömmee. Mediaaniarvo näillä laitoksilla oli 0,4 mmol/l (kuva 52D). Vettä alkaloivilla laitoksilla kovuus oli hieman korkeampi kuin laitoksilla, jotka eivät alkaloineet vettä vastaavien mediaaniarvojen ollessa 0,4 ja 0,3 mmol/l.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. kovuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Eri vesityypeissä mediaaniarvot olivat samaa suuruusluokkaa pitoisuuksien vaihdellessa välillä 0,4–0,6 mmol/l (kuva 52E).

### Yhteenveto kovuudesta

Mediaaniarvot vaihtelivat aineiston vesissä välillä 0,2–0,7 mmol/l osoittaen, että suomalaiset vedet ovat pehmeitä ja osin jopa hyvin pehmeitä. Alhaisimmat mediaaniarvot 0,2–0,4 mmol/l havaittiin pienillä vesilaitoksilla, maaperäkaivoissa ja lisämittauskampanjassa mukana olleilla keskisuurilla laitoksilla. Isompien vesilaitosten toimittamissa vesissä ja ympäristöhallinnon aineiston kaivovesissä mediaaniarvot vaihtelivat välillä 0,5–0,6 mmol/l. Porakaivoissa mediaaniarvo oli 0,7 mmol/l.



**Kuva 52. Kovuus.** Arvo vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivovesissä (C). Veden alkaloinnin vaikutus kovuuteen keskiuurilla laitoksilla (v. 2007) (D). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus kovuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (E). Kovuus1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, Kovuus2 seisotettua verkostovettä ja Kovuus3 juoksetettua verkostovettä. Kuvien D ja E aineisto ei sisälly kuvaan A tai B. Kuvassa C ei näy maksimipitoisuus GWd: 11 mmol/l.

### 8.2.3 Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>)

Hiilidioksidi on veden tärkein heikko happo. Talousveden hiilidioksidi on peräisin ilmasta ja sen määrä riippuu tasapainotilasta ilman ja veden välillä. Hiilidioksidi vaikuttaa mm. veden aggressiivisuuteen.

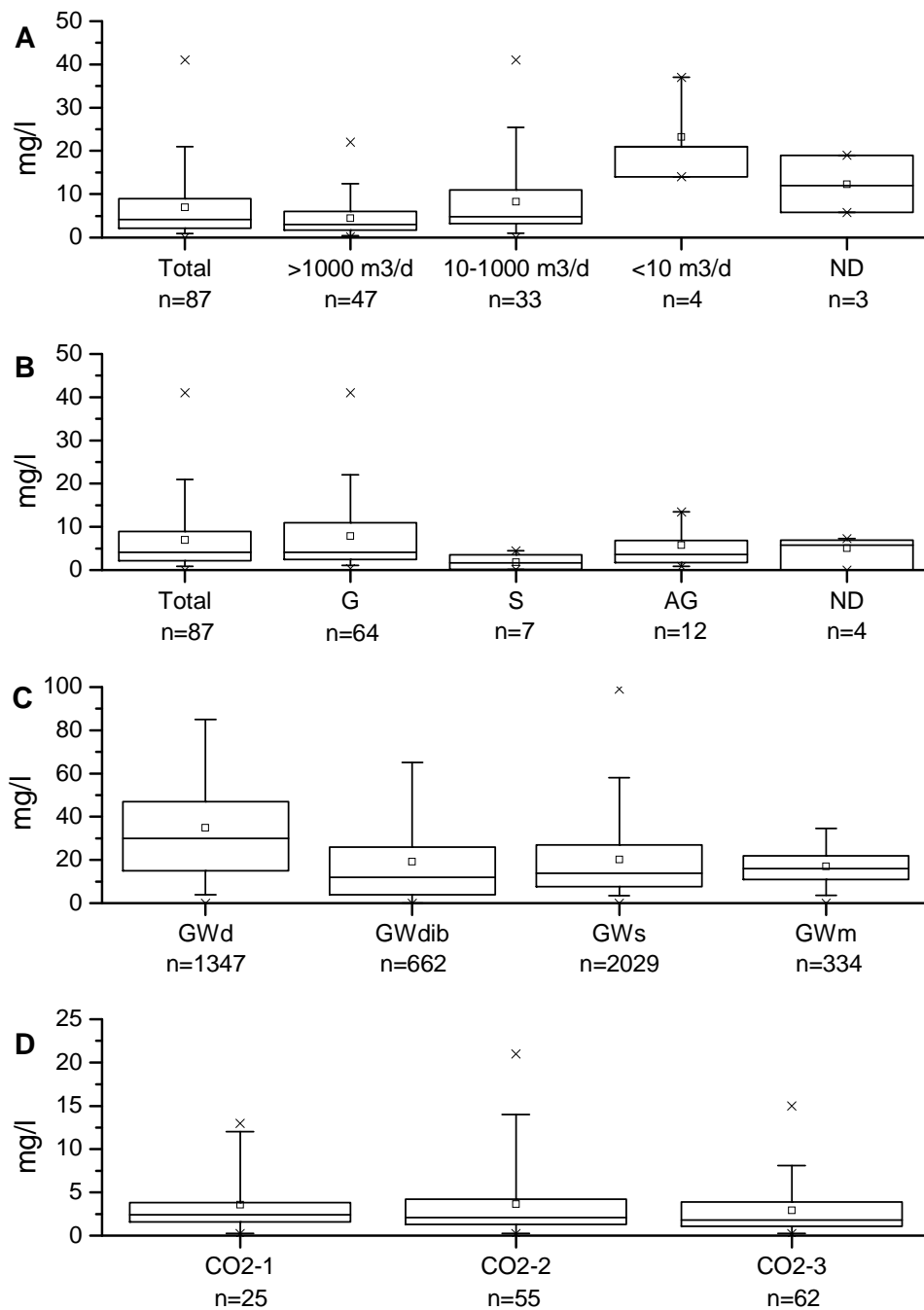
Tietoja ilmoitti 98 laitosta (määritysten lukumäärä n= 320), joista 87 laitokselle voitiin laskea laitoskohtainen keskiarvo. Mediaanipitoisuus oli 4,2 mg/l ja vaihteluväli 1,7–21 mg/l (kuva 53A ja 53B). Matalimmat mediaanipitoisuudet 1,7–3 mg/l havaittiin suurilla laitoksilla ja pintavesilaitoksilla. Keskisuurilla laitoksilla, pohjavesi- ja tekopohjavesilaitoksilla pitoisuus oli 4,2–4,8 mg/l. Pienillä laitoksilla pitoisuus oli korkein 21 mg/l (n= 4).

GTK:n pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 009 määrityksestä, joista 1 347 oli otettu maaperäkaivosta ja 662 porakaivosta. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 30 ja 12 mg/l (kuva 53C). Ympäristöhallinnon pohjavesiaineistossa oli tietoja 2 363 vesinäytteestä, joista 2 029 oli otettu yksittäisistä kaivoista ja 334 useammasta kaivosta yhteen johdetuista vesistä. Vastaavat mediaanipitoisuudet olivat 14 ja 16 mg/l.

Joulukuussa 2007 toteutetulla lisämittauskampanjalla selvitettiin verkoston ja näytteenottotavan vaikutusta mm. hiilidioksidipitoisuuteen. Näytteitä otettiin verkostoon pumpattavasta vedestä, seisotetusta verkostovedestä ja juoksutetusta verkostovedestä. Mediaanipitoisuus vaihteli välillä 1,9–2,4 mg/l (kuva 53D).

#### Yhteenvedo hiilidioksidista

Mediaanipitoisuudet vaihtelivat aineiston vesissä välillä 1,9–30 mg/l. Alhaisimmat mediaanipitoisuudet 1,9–4,2 mg/l havaittiin vesilaitosten toimittamassa vedessä. Porakaivoissa ja ympäristöhallinnon pohjavesiaineiston vesissä mediaanipitoisuudet olivat välillä 12–16 mg/l. Maaperäkaivoissa mediaanipitoisuus oli korkein 30 mg/l.



**Kuva 53. Hiilidioksidi.** Pitoisuus vesilaitosten toimittamassa vedessä (v. 2000–2007) (A ja B) ja GTK:n (v. 1999–2006) ja ympäristöhallinnon (v. 2000–2007) aineistojen kaivosvesissä (C). Verkoston ja näytteenottotavan vaikutus hiilidioksidipitoisuuteen vesilaitosten toimittamassa talousvedessä (v. 2007) (D). CO2-1 tarkoittaa vesilaitokselta verkostoon pumpattua vettä, CO2-2 seisotettua verkostovettä ja CO2-3 juoksutettua verkostovettä. Kuvan D aineisto ei sisälly kuvaan A tai B. Maksimiarvot, jotka eivät näy kuvassa, ovat GWd 290 mg/l, GWdib 165 mg/l ja GWm 103 mg/l.

**Yhteenveto veden teknis-esteettiseen laatuun vaikuttavista muuttujista:**

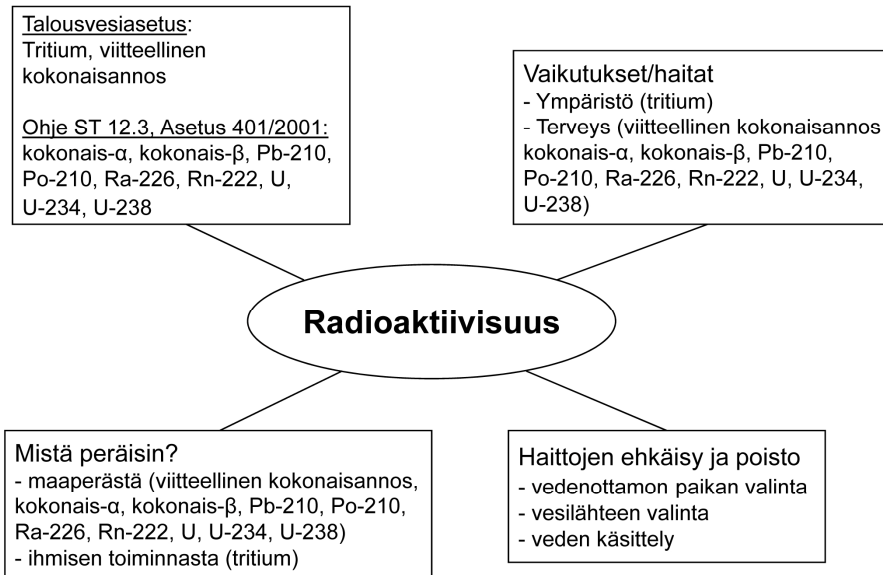
Vesilaitosten toimittama vesi oli talousvesiasetuksen suosituksen mukaista kloridin ja sulfaatin pitoisuuden sekä sähkönjohtavuuden osalta. Vesilaitosten keskimääräisistä pH-arvoista 8 % alitti talousvesiasetuksen alemman suosituspitoisuuden 6,5. Suosituksen ylittäneitä hajun, maun, sameuden ja väriluvun arvoja havaittiin noin 10 %:ssa vesilaitoksista. Vesi oli syövyttävyyden vähentämiseksi sulfaatille asetetun suosituspitoisuuden mukaista kaikilla vesilaitoksilla, kloridille asetettu suosituspitoisuus ylittyi 10 %:ssa laitoksista.

Kaivovedet olivat talousvesiasetuksen suosituksen mukaisia sähkönjohtavuuden, kloridin ja sulfaatin osalta. pH-arvoista jopa 30 % alitti talousvesiasetuksen alemman suosituspitoisuuden. Kaivovesien hajua, makua, sameutta ja värilukua ei voitu verrata talousvesiasetukseen.

Alkaliteetille, kovuudelle ja hiilidioksidipitoisuudelle ei ole suosituspitoisuutta talousvesiasetuksessa. Alkaliteetin mediaaniarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 0,5–1,8 mmol/l, kovuuden välillä 0,4–0,7 mmol/l ja hiilidioksidin välillä 2–30 mg/l.

## 9 Radioaktiivisuus

Talovesiasetuksessa 461/2000 on laatusuositus tritiumille ja viitteelliselle kokonaisannokselle (kuva 54). Lisäksi talusveden radioaktiivisuutta ohjaa Säteilyturvakeskuksen ohje ST 12.3. Suuri osuus talusveden radioaktiivisista aineista on peräisin maa- ja kallioperästä ja hyvin pieni osuus ihmisen toiminnasta. Radioaktiivisuuden aiheuttamia haittoja voidaan vähentää vedenottamon paikan valinnalla, vesilähteen valinnalla ja vedenkäsittelyllä.



**Kuva 54.** Radioaktiivisuus talusvedessä.

Suurin osa tavallisten suomalaisten saamasta sisäisestä säteilyannoksesta aiheutuu luonnon radioaktiivisista aineista. Säteilyannokseen liittyy aina syöpäriski. Radonia sisältävä vesi aiheuttaa juotuna säteilyannosta mahalaukulle. Radon siirtyy ruoansulatuskanavasta vereen ja poistuu keuhkojen kautta uloshengityksen mukana. Suuri osa veteen liuenneesta radonista vapautuu kaasuna huoneilmaan esimerkiksi pyykinpesun tai suihkun käytön yhteydessä. Hengitettyä sisäilman radon lisää keuhkojen saamaa säteilyannosta.

Vedessä olevat pitkäikäiset radioaktiiviset aineet lisäävät suun kautta nautittuna säteilyannosta myös muille elimille. Uraanin kemiallista toksisuutta pidetään merkittävämpänä terveysriskinä kuin sen aiheuttamaa säteilyannosta, jonka mukaan juomaveden uraanin suositusarvot on tällä hetkellä säädetty. Uraanin toksiset vaikutukset kohdistuvat lähinnä munuaisiin ja luustoon.

### 9.1 Vedessä esiintyvät radioaktiiviset aineet

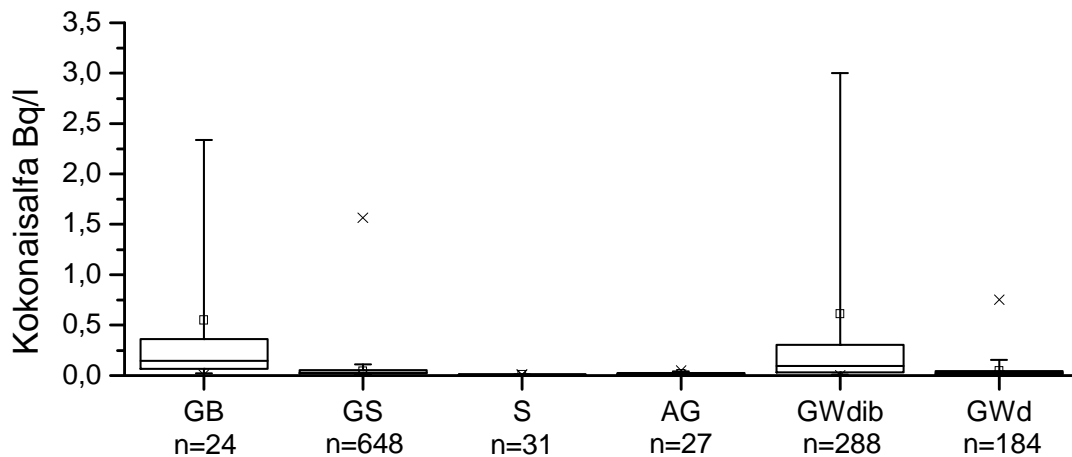
#### 9.1.1 Kokonaisalfa

Veden kokonaisalfa koostuu U-238 sarjan pitkäikäisistä alfa-aktiivisista isotoopeista, joita ovat U-238, U-234, Ra-226 ja Po-210.

Tietoja vesilaitosten raakaveden kokonaisalfa-aktiivisuudesta oli 959 vesinäytteestä, joista 24 oli otettu kalliopohjavedestä, 648 maaperän pohjavedestä, 31 pintavedestä, 249 erilaisista seosvesistä ja seitsemän tekopohjavedestä. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet vaihtelivat välillä 0,01–0,6 Bq/l (kuva 55). Pienin aktiivisuus 0,01 Bq/l havaittiin pintavedessä ja suurin 0,6 Bq/l kalliopohjavedessä. Maaperän pohjavedessä, seosvesissä ja tekopohjavedessä aktiivisuus vaihteli välillä 0,02–0,08 Bq/l.

Kaivovesitietoja oli 288 porakaivosta ja 184 rengaskaivosta. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet olivat 0,61 ja 0,05 Bq/l.

Kokonaisalfa-aktiivisuuden keskiarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 0,01–0,6 Bq/l.



**Kuva 55. Kokonaisalfa.** Aktiivisuus vesilaitosten raakavedessä (v. 1960–2008) (GB–AG) ja kaivovesissä (v. 2001) (GWdib ja GWd). Maksimiarvot, jotka eivät näy kuvassa, ovat GB 4,3 Bq/l ja GWdib 21 Bq/l.

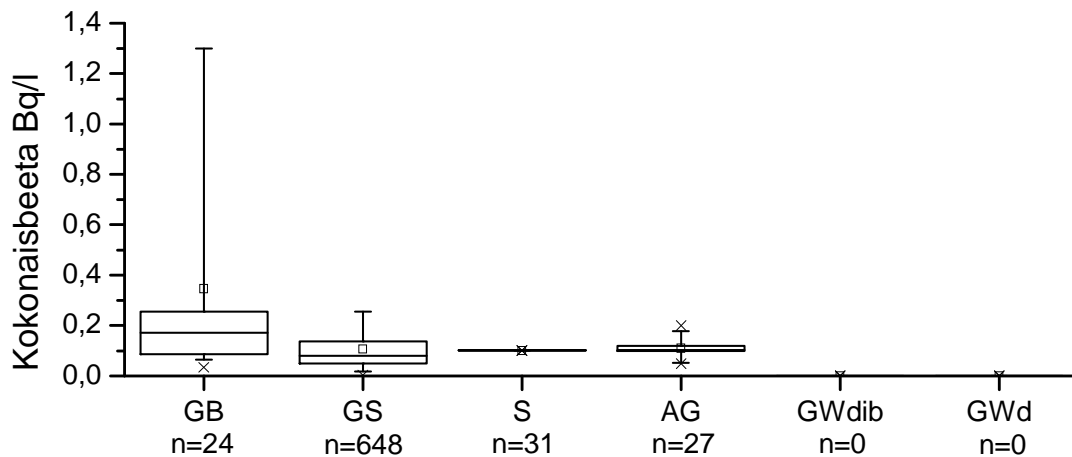
### 9.1.2 Kokonaisbeeta

Veden kokonaisalfa koostuu U-238 sarjan pitkäikäisistä beeta-aktiivisista isotoopeista Ra-228:sta, Pb-210:sta ja K-40:sta.

Tietoja vesilaitosten raakaveden kokonaisbeeta-aktiivisuudesta oli 959 vesinäytteestä, joista 24 oli otettu kalliopohjavedestä, 648 maaperän pohjavedestä, 31 pintavedestä, 249 erilaisista seosvesistä ja seitsemän tekopohjavedestä. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet vaihtelivat välillä 0,10–0,34 Bq/l (kuva 56). Pienimmät aktiivisuudet 0,10–0,11 Bq/l havaittiin pintavedessä, maaperän pohjavedessä ja seosvesissä. Tekopohjavesissä ja tekopohjavettä sisältävissä seosvesissä aktiivisuus oli 0,15 Bq/l. Suurin aktiivisuus 0,34 Bq/l havaittiin kalliopohjavedessä.

Kokonaisbeeta-aktiivisuuden keskiarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 0,1–0,3 Bq/l.





**Kuva 56. Kokonaisbeeta.** Aktiivisuus vesilaitosten raakavedessä (v. 1960–2008) (GB–AG) ja kaivovesissä (v. 2001) (GWdib ja GWd). Maksimiarvot, joka eivät näy kuvassa, ovat GB 1,9 Bq/l ja GS 3,0 Bq/l.

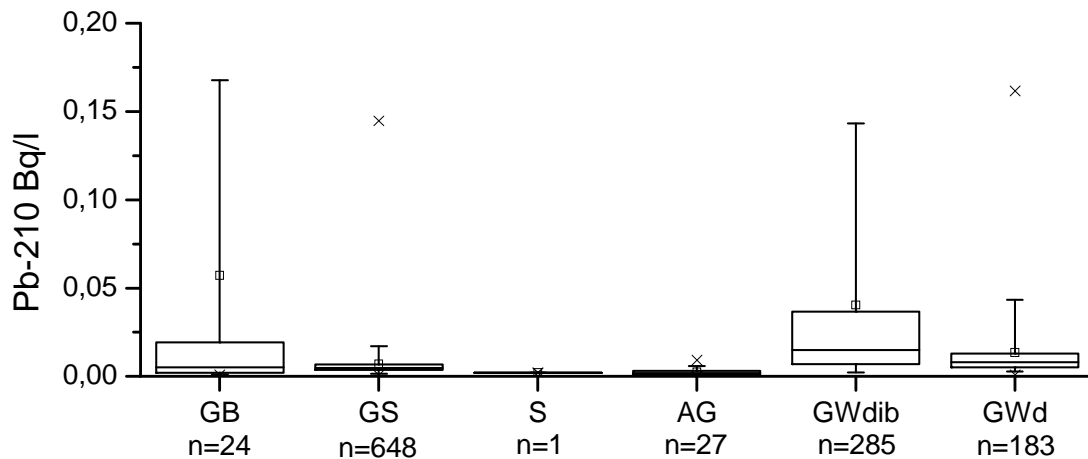
### 9.1.3 Lyijy-210 (Pb-210)

Lyijy-210 on radonin (Rn-222) pitkäikäinen hajoamistuote. Se esiintyy pohjavedessä usein yhdessä radonin kanssa.

Tietoja vesilaitosten raakaveden Pb-210-aktiivisuudesta oli 929 vesinäytteestä, joista 24 oli otettu kalliopohjavedestä, 648 maaperän pohjavedestä, yksi pintavedestä, 249 erilaisista seosvesistä ja seitsemän tekopohjavedestä. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet vaihtelivat välillä 0,002–0,057 Bq/l (kuva 57). Korkein aktiivisuus 0,057 Bq/l havaittiin kalliopohjavedessä. Muissa vesityypeissä aktiivisuus vaihteli välillä 0,002–0,007 Bq/l.

Kaivovesitietoja oli 285 porakaivosta ja 183 rengaskaivosta. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet olivat 0,04 ja 0,01 Bq/l.

Pb-210 aktiivisuuden keskiarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 0,002–0,06 Bq/l.



**Kuva 57. Pb-210.** Aktiivisuus vesilaitosten raakavedessä (v. 1960–2008) (GB–AG) ja kaivosvesissä (v. 2001) (GWdib ja GWd). Maksimiarvot, jotka eivät näy kuvassa, ovat GB 0,8 Bq/l ja GWdib 0,5 Bq/l.

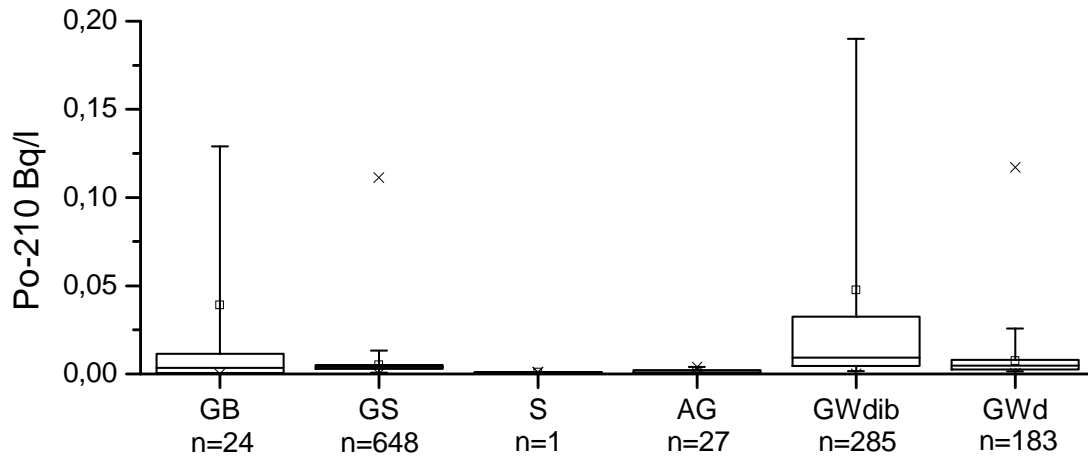
#### 9.1.4 Polonium-210 (Po-210)

Polonium-210 on radonin (Rn-222) toinen pitkäikäinen hajoamistuote. Pohjavedenlaadulla on suuri merkitys poloniumin esiintymiseen pohjavedessä.

Tietoja vesilaitosten raakaveden Po-210-aktiivisuudesta oli 929 vesinäytteestä, joista 24 oli otettu kalliopohjavedestä, 648 maaperän pohjavedestä, yksi pintavedestä, 249 erilaisista seosvesistä ja seitsemän tekopohjavedestä. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet vaihtelivat välillä 0,001–0,039 Bq/l (kuva 58). Korkein aktiivisuus 0,039 Bq/l havaittiin kalliopohjavedessä. Muissa vesityypeissä aktiivisuus vaihteli välillä 0,001–0,006 Bq/l.

Kaivosvesitietoja oli 285 porakaivosta ja 183 rengaskaivosta. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet olivat 0,05 ja 0,01 Bq/l.

Po-210 aktiivisuuden keskiarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 0,001–0,05 Bq/l.



**Kuva 58. Po-210.** Aktiivisuus vesilaitosten raakavedessä (v. 1960–2008) (GB–AG) ja kaivovesissä (v. 2001) (GWdib ja GWd). Maksimiarvot, jotka eivät näy kuvassa, ovat GB 0,7 Bq/l ja GWdib 2,0 Bq/l.

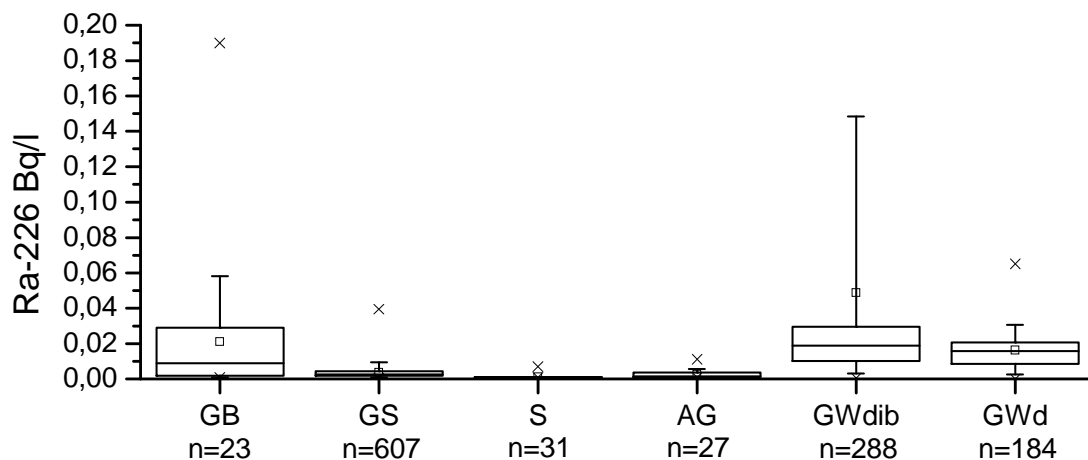
### 9.1.5 Radium-226 (Ra-226)

Radium-226 on U-238 sarjan pitkäikäinen radionuklidi. Pohjaveden radiumpitoisuus riippuu yleensä muista veden laatuominaisuuksista ja veden suolaisuus lisää radiumin liukoisuutta. Radiumpitoisuudet suomalaisissa pohjavesissä ovat hyvin matalia.

Tietoja vesilaitosten raakaveden Ra-226-aktiivisuudesta oli 913 vesinäytteestä, joista 23 oli otettu kalliopohjavedestä, 607 maaperän pohjavedestä, 31 pintavedestä, 246 erilaisista seosvesistä ja kuusi tekopohjavedestä. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet vaihtelivat välillä 0,001–0,021 Bq/l (kuva 59). Korkein aktiivisuus 0,021 Bq/l havaittiin kalliopohjavedessä. Muissa vesityypeissä aktiivisuus vaihteli välillä 0,001–0,004 Bq/l.

Kaivovesitietoja oli 288 porakaivosta ja 184 rengaskaivosta. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet olivat 0,05 ja 0,02 Bq/l.

Ra-226 aktiivisuuden keskiarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 0,001–0,05 Bq/l.



**Kuva 59. Ra-226.** Aktiivisuus vesilaitosten raakavedessä (v. 1960–2008) (GB–AG) ja kaivovesissä (v. 2001) (GWdib ja GWd). Maksimiarvo GWdib 1,3 Bq/l ei näy kuvassa.

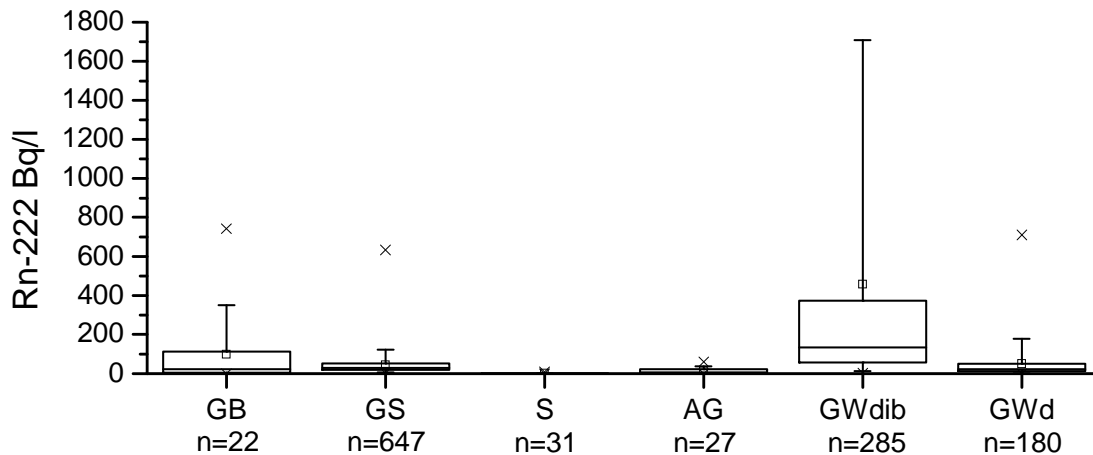
### 9.1.6 Radon-222 (Rn-222)

Radon on U-238 sarjan ainoa kaasumainen radionuklidi. Radonpitoisuus pohjavedessä on usein moninkertainen verrattuna muiden radioaktiivisten aineiden pitoisuuteen. Radon käyttäytyy pohjavedessä varsin itsenäisesti eikä sen esiintymiseen vaikuta muu veden laatuominaisuudet.

Tietoja vesilaitosten raakaveden Rn-222-aktiivisuudesta oli 956 vesinäytteestä, joista 22 oli otettu kalliopohjavedestä, 647 maaperän pohjavedestä, 31 pintavedestä, 249 erilaisista seosvesistä ja seitsemän tekopohjavedestä. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet vaihtelivat välillä 1–98 Bq/l (kuva 60). Korkein aktiivisuus 98 Bq/l havaittiin kalliopohjavedessä ja matalin 1 Bq/l pintavedessä. Tekopohjavedessä ja maaperän pohjavedessä vastaavat aktiivisuudet olivat 35 ja 45 Bq/l. Seosvesissä aktiivisuudet olivat välillä 13–52 Bq/l.

Kaivovesitietoja oli 285 porakaivosta ja 180 rengaskaivosta. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet olivat 460 ja 50 Bq/l.

Radon-222 aktiivisuuden keskiarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 1–460 Bq/l.



**Kuva 60. Rn-222.** Aktiivisuus vesilaitosten raakavedessä (v. 1960–2008) (GB–AG) ja kaivovesissä (v. 2001) (GWdib ja GWd). Maksimiarvo GWdib 21 Bq/l ei näy kuvassa.

### 9.1.7 Uraani (U-234, U-238, U)

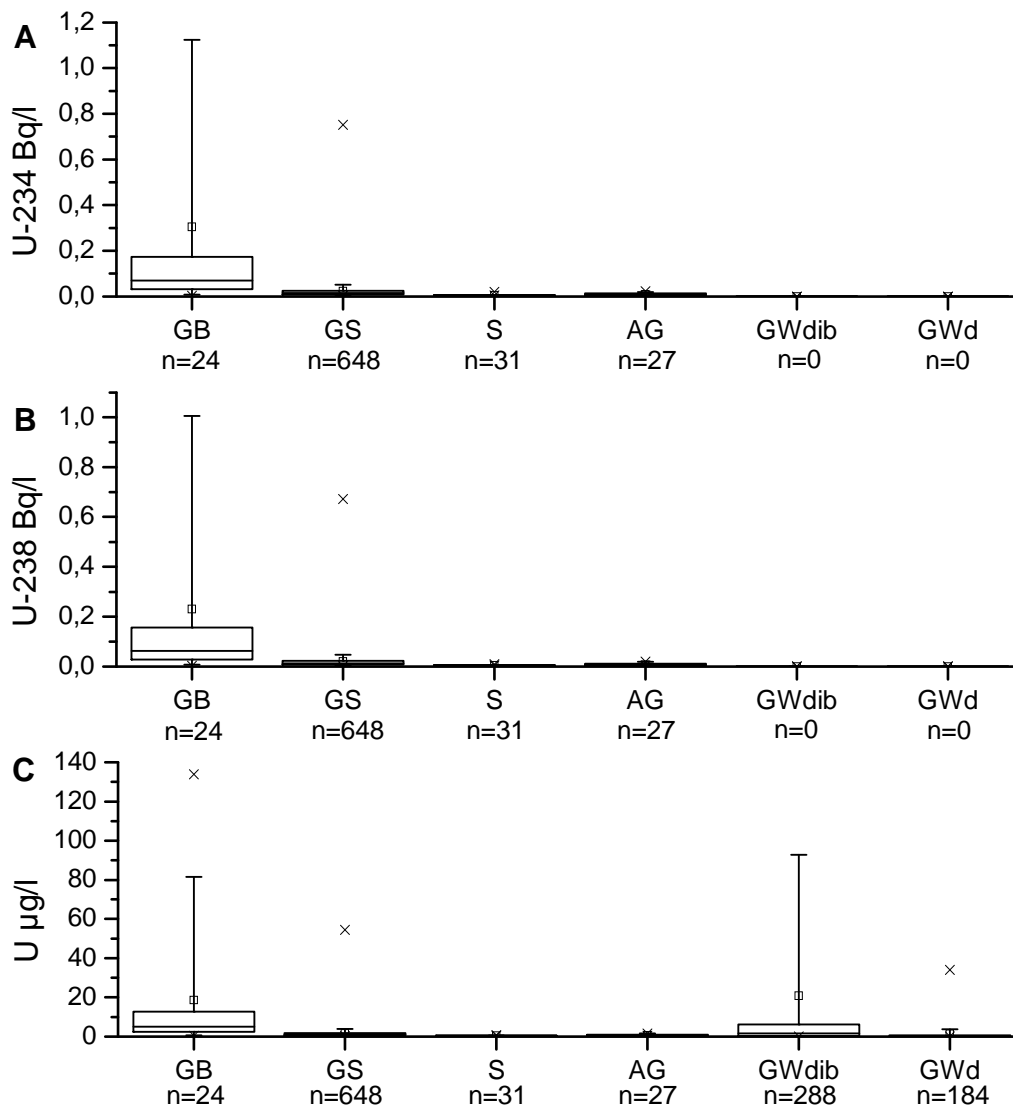
Uraani liukenee maa- ja kallioperästä pohjaveteen, sitä ei joudu pohjaveteen ihmisen toiminnan seurauksena. Suomalaisessa pohjavedessä uraani on pitkäikäisistä radioaktiivisista (U, Th, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Po-210) aineista kaikkein liukoisin.

Vesilaitosten raakaveden U-234 ja U-238 aktiivisuudesta oli tietoja 959 vesilaitokselta, joista 24 oli otettu kalliopohjavedestä, 648 maaperän pohjavedestä, 31 pintavedestä, 249 erilaisista seosvesistä ja seitsemän tekopohjavedestä. Matalimmat U-234 ja U-238 aktiivisuudet havaittiin pintavedessä vastaavien keskiarvojen ollessa 0,05 ja 0,05 Bq/l. Korkeimmat aktiivisuudet havaittiin kalliopohjavedessä vastaavien aktiivisuuksien ollessa 0,31 ja 0,23 Bq/l. Maaperän pohjavesissä aktiivisuudet olivat 0,02 Bq/l ja tekopohjavedessä 0,03–0,04 Bq/l.

Tietoja vesilaitosten raakaveden uraanipitoisuudesta oli 959 vesinäytteestä, joista 24 oli otettu kalliopohjavedestä, 648 maaperän pohjavedestä, 31 pintavedestä, 249 erilaisista seosvesistä ja seitsemän tekopohjavedestä. Vastaavat keskiarvopitoisuudet vaihtelivat välillä 0,4–19 µg/l (kuva 61). Korkein pitoisuus 19 µg/l havaittiin kalliopohjavedessä ja matalimmat 0,4 ja 0,7 µg/l pintavedessä ja pohja- ja pintaveden seoksessa. Tekopohjavedessä pitoisuus oli 2,7 µg/l ja muissa vesityypeissä välillä 1,1–1,8 µg/l.

Kaivovesitietoja oli 288 porakaivosta ja 184 rengaskaivosta. Vastaavat keskiarvoaktiivisuudet olivat 21 ja 1,3 µg/l.

U-234 aktiivisuuden keskiarvo vaihteli aineiston vesissä välillä 0,005–0,3 Bq/l ja U-238 aktiivisuuden välillä 0,005–0,2 Bq/l. Uraanipitoisuuden keskiarvo vaihteli välillä 0,4–21 µg/l.



**Kuva 61. Uraani.** U-234 (A) ja U-238(B) aktiivisuudet ja uraanipitoisuus (C) vesilaitosten raakavedessä (v. 1960–2008) (GB–AG) ja kaivovesissä (v. 2001) (GWdib ja GWd). Maksimiarvot, jotka eivät näy kuvassa, ovat GB: U-234 2,9 Bq/l, U-238 1,7 Bq/l ja Gwdib U 803 µg/l.

**Yhteenveto talousveden radioaktiivisista muuttujista:**

Pintavedessä radioaktiivisten muuttujien aktiivisuuspitoisuudet ovat hyvin matalia eikä asetuksessa tai ohjeessa ST 12.3 esitettyjä toimenpidearvojen ylityksiä havaita. Maaperän pohjavedessä havaitaan satunnaisesti toimenpiderajojen ylityksiä. Kalliopohjavedessä pitoisuudet voivat olla hyvinkin korkeita ja usein toimenpiteet laatusuosituksen saavuttamiseksi ovat tarpeen.

## 10 Yhteenveto ja tulosten pohdinta

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kattavasti Suomen talousveden laatua keräämällä yksityiskohtaista tietoa erikokoisten talousvettä toimittavien yksiköiden veden laadusta eri puolilta maata. Mukaan tutkimukseen otettiin yksittäiset kaivot, vesiosuuskunnat sekä pienet, keskisuuret ja suuret vesilaitokset. Vesitietoja kerättiin raakavedestä kuluttajan hanaan saakka. Tutkimus on jatkoa Vesi-Instituutissa laaditulle selvitykselle ”Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984–2006” (Keinänen-Toivola ym. 2007), joka on saatavissa osoitteessa [www.vesi-instituutti.fi](http://www.vesi-instituutti.fi).

Tutkimuksessa olivat mukana merkittävät valtakunnalliset talousveden laatua tutkivat ja valvovat tahot. Geologian tutkimuskeskus, Kansanterveyslaitos, Suomen ympäristökeskus ja Säteilyturvakeskus antoivat tutkimuksen käyttöön kokoamiansa tietoja veden laadusta. Lääninterveystarkastajat, kuntien terveystarkastajat, yksittäiset vesilaitokset ja vesiosuuskunnat osallistuivat tutkimukseen lähettämällä yhteystietoja, jo olemassa olevaa tietoa veden laadusta tai ottamalla uusia näytteitä, joista määritettiin useita veden laatua kuvaavia muuttujia. Kokonaisuudessaan tämä tutkimus sisältää noin 420 000 yksittäisen talousvedestä tehdyn määrittelyn tulokset. Tiedot on koottu Vesi-Instituutissa sijaitsevaan tietokantaan, jota voidaan jatkossa täydentää ja hyödyntää uusissa tutkimusprojekteissa.

Tutkimus osoitti veden laatutietojen hankinnan olevan haasteellista erityisesti pieniltä ja keskisuurilta laitoksilta. Vesilaitosten yhteystietojen hankkiminen vei aikaa, koska tietoja ei ollut keskitetysti saatavilla. Vesilaitoksilla oli resurssipulaa, joten pyydettyjä tietoja ei ehditty etsiä ja lähettää, vaikka halua osallistua olisi ollutkin. Saadut veden laatutiedot olivat tallennusmuodoltaan erilaisia. Joillakin laitoksilla tiedot olivat sähköisesti arkistoituna ja toisilla niitä säilytettiin ainoastaan paperisina tutkimusselosteina.

Tutkimuksessa on kuvattuna 60 muuttujaa, joista 44 sisältyy talousvesiasetukseen. Muita muuttujia on kuvattu 16, jotka ovat keskeisiä mm. veden teknisen laadun, EAS-hyväksyntämenettelyn sekä talousveden radioaktiivisuuden arvioinnin kannalta. Tutkimuksessa esitetyt muuttujat, joita ei ole talousvesiasetuksessa, ovat

- mikrobiravinteet: fosfori
- metallit: molybdeeni, sinkki, tina, titaani, vismutti
- veden tekninen laatu: alkaliteetti, kovuus, hiilidioksidi
- radioaktiivisuus: kokonaisalfa, kokonaisbeeta, lyjy-210, polonium-210, radium-226, radon-222 ja uraani.

### 10.1 Mikrobit

Tulokset osoittavat, että talousvesiasetuksessa tutkittavaksi vaadittujen mikrobien osalta suuri osa vesilaitosten toimittamasta talousvedestä oli turvallista ja terveellistä käyttää. Laitoksista 95–98 % toimitti vettä, jossa ei havaittu yhdessäkään näytteessä tutkimusajanjaksona enterokokkeja, *Escherichia coli* -bakteereja tai *Clostridium perfringens* -bakteereja. Vastaava luku koliformisille bakteereille ja heterotrofiselle pesäkeluvulle oli 79 %. Pieni osa (0,03–0,9 %) kaikista tutkituista näytteistä sisälsi vähintään yhtä edellä mainituista bakteereista. Enterokokkeja, koliformisia bakteereja ja heterotrofisten bakteerien pesäkeluvun muutoksia esiintyi eniten pienillä laitoksilla. *E. coli* -bakteereja havaittiin useimmiten keskisuurilla laitoksilla ja *Clostridium perfringens* -bakteereja yhdellä suurella pintavesilaitoksella. Lisämittaukset osoittivat, että verkosto ja näytteenottotapa vaikuttavat heterotrofisten bakteerien pesäkelukuun. Korkein pesäkkeiden lukumäärä havaittiin juoksuattamattomasta

verkostovedestä vesilaitokselta lähtevän veden ja juoksutetun verkostoveden lukumäärien ollessa huomattavasti alhaisemmat. Kaivovesissä mikrobeja esiintyi useammin noin viidesosan näytteistä sisältäessä em. bakteereja, mikä kuvaa kaivojen yleistä kuntoa enemmän kuin pohjaveden laatua.

Vaikka suurin osa Suomessa toimitettavasta talousvedestä täytti kaikki laatuvaatimukset ja -suositukset, on meilläkin esiintynyt juomaveden välityksellä leviäviä epidemioita. Vuosina 1998–2006 Suomessa sairastui lähes 17 000 henkilöä vesivälitteisiin epidemioihin. Merkittävimmät taudinaiheuttajat olivat norovirukset (72 % sairastuneista) ja kampylobakteerit (25 % sairastuneista). Vesiepidemiat kohdistuivat useimmin pieniin, alle 500 käyttäjälle vettä toimittaviin pohjavedenottoihin. Vesiepidemioiden joukossa oli kuitenkin myös laajoja kunnallisten vesilaitosten jakamasta talousvedestä aiheutuneita epidemioita, joissa sairastuneiden lukumäärä kohosi jopa tuhansiin ihmisiin (Kansanterveyslaitos 2008).

Terveysvaikutusten lisäksi mikrobit vaikuttavat myös verkostomateriaalien kestävyyskykyyn. Aihetta on käsitelty yksityiskohtaisesti Vesi-Instituutissa laadituissa selvityksissä ”Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa” (Kekki ym. 2007) ja ”Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa” (Kekki ym. 2008), jotka ovat saatavissa osoitteessa [www.vesi-instituutti.fi](http://www.vesi-instituutti.fi).

## 10.2 Mikrobiravinteet

Mikrobikasvuun vaikuttavien ravinteiden osalta vesilaitosten toimittama vesi ja kaivovedet täyttivät suurelta osin talousvesiasetuksen laatuvaatimukset ja -suositukset (nitraatti, nitriitti, ammonium, hapettavuus).

Talousvesiasetuksessa suositetaan, että TOC-pitoisuudessa ei tulisi olla epätavallisia muutoksia. Tämä suositus oli täyttynyt kaikilla tiedoilla ilmoittaneilla vesilaitoksilla. TOC:n mediaanipitoisuus vaihteli tutkimuksen aineistoissa välillä 1,0–2,6 mg/l. Vesilaitosten toimittamassa vedessä mediaanipitoisuus oli 1,9 mg/l. EAS-järjestelmässä hanasta otettavalle vedelle on esitetty materiaaleista tulevan TOC:n raja-arvoksi 0,5 mg/l. Veden sisältämän orgaanisen hiilen kokonaismäärää tullaan siis käyttämään tuotehyväksynnän osana, vaikka sille ei ole asetettu kvantitatiivista raja- tai tavoitearvoa juomavesidirektiivissä tai talousvesiasetuksessa. Keski-Euroopan juomavesien TOC-pitoisuudet ovat yleensä pienet, ja vähäinenskin TOC-pitoisuuden kasvu lisää mikrobikasvua huomattavasti. Meidän vesissämme on orgaanista hiiltä jo luonnostaan raja-arvon verrattuna moninkertainen määrä, joten tuotteista tuleva osuus ei välttämättä oleellisesti muuta verkoston tilannetta.

Talousvesiasetus ei edellytä fosforipitoisuuden mittaamista, vaikka fosforipitoisuus on Suomessa tärkein talousveden mikrobikasvua rajoittava tekijä (Lehtola 2002). Kansanterveyslaitoksella on kehitetty menetelmä mikrobeille käyttökelpoisen fosforin (MAP) määrittämiseksi, mutta menetelmää ei ole vielä sovellettu veden laadun seurantaan vesilaitoksilla. Talousvesissä mikrobeille käyttökelpoisen fosforin pitoisuudet ovat hyvin matalia ja määrän alentaminen vedenkäsittelyllä on haasteellista. Fosfaattifosforin mediaanipitoisuus vaihteli aineiston vesissä välillä 1,5–6,0 µg/l. EAS-järjestelmässä ei ole esitetty vaatimuksia tuotteista liukenevalle fosforille, joka on meillä mikrobikasvun kannalta merkittävin aine.



Mikrobiravinteiden (nitriitin, ammoniumin, hapettuvuuden ja TOC:n) pitoisuudet olivat pintavesilaitoksilla korkeammat kuin pohjavesilaitoksilla. Pintavedet ovat yleisesti ravinteikkaampia kuin pohjavedet johtuen maaperästä pintavesiin huuhtoutuvista yhdisteistä.

### 10.3 Metallit

Vesilaitosten toimittama talousvesi ja kaivovedet olivat useimpien metallien (antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin, lyijyn, seleenin, alumiinin ja natriumin) osalta talousvesiasetuksen mukaisia. Nikkelin, mangaanin ja raudan pitoisuudet ylittivät talousvesiasetuksen raja-arvo- tai suosituspitoisuuden noin 5 %:ssa vesilaitosten toimittamista vesistä ja kaivovesistä. Nikkelipitoisuuden ylityksiä havaittiin erityisesti keskisuurilla rannikkoseutujen pohjavesilaitoksilla. Mangaani- ja rautapitoisuuden ylityksiä havaittiin useimmiten pienillä ja keskisuurilla, pohjavettä käyttävillä vesilaitoksilla. Merkittävässä osassa raakavesinäytteistä talousvedelle säädetty metallien raja-arvo- tai suosituspitoisuus ylittyi osoittaen, että vesilaitosten toimittamassa vedessä näiden metallien pitoisuudet olivat ainakin osin peräisin raakavedestä. Pintavesilaitosten toimittaman talousveden metallipitoisuudet olivat pohjavesilaitoksia matalampia lukuun ottamatta alumiinia, jonka pitoisuus oli selvästi korkeampi pintavesilaitoksilla. Joillakin vesilaitoksilla käytetään alumiinia sisältäviä saostuskemikaaleja, josta korkeampi pitoisuus voi olla peräisin. Korkeampi alumiinipitoisuus voi olla seurausta myös pintavesilaitosten veden korkeammasta orgaanisen aineksen määrästä, joka sitoo alumiinia.

Näytteenottotavalla osoitettiin olevan vaikutus kuparin ja sinkin pitoisuuteen talousvedessä. Korkeammat pitoisuudet havaittiin seisoneessa verkostovedessä verrattuna vesilaitokselta lähtevään veteen tai juoksuttamisen jälkeen otettuun verkostoveteen. Kuparia ja sinkkiä liukenee talousveteen käytetyistä verkostomateriaaleista. Mangaanin, raudan ja molybdeenin pitoisuuteen näytteenottotavalla ei ollut merkittävää vaikutusta. Alumiinin, arseenin, lyijyn, nikkelin, tinan, titaaniin ja vismutin pitoisuudet olivat niin alhaisia, että näytteenottotavan vaikutusta näiden metallien pitoisuuteen talousvedessä ei voitu tutkia.

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmässä on esitetty mitattaviksi metallituotteista mahdollisesti liukenevat metallit: talousvesiasetuksen laatuvaatimusten alaiset antimoni, arseeni, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli ja seleeni, laatusuosituksen alaiset alumiini, mangaani ja rauta sekä muista metalleista molybdeeni, tina, titaani, sinkki ja vismutti. EAS-tuotehyväksynnässä ehdotetut metallituotteista liukeneville metalleille asetetut raja-arvot soveltuvat pääsääntöisesti myös Suomen talousvesiin (taulukko 16). Raja-arvo on 50 % juomavesidirektiivin laatuvaatimuksesta tai -suosituksesta niille metalleille, joita voi olla jo raakavedessä ja 90 % niille metalleille, joita voi liueta lähinnä putkistomateriaaleista. Alumiinin, mangaanin, raudan ja nikkelin pitoisuus on osalla laitoksista niin korkea, että jos EAS-järjestelmään ehdotettu maksimipitoisuus liukenisi materiaaleista, talousvesiasetuksen raja-arvo- tai suosituspitoisuus ylittyisi. Vesilaitoksista 4 %:lla nikkeli- ja alumiinipitoisuus ylittyisi. Mangaanin osalta vastaava osuus olisi 7 % ja raudan osalta 10 %.

**Taulukko 16.** Metallien vaatimus- ja suosituspitoisuuksia juomavesidirektiivissä ja ehdotetussa EAS-järjestelmässä sekä mediaanipitoisuuksia suomalaisissa talousvesissä.

Muuttuja	Juomavesidirektiivin vaatimus- tai suosituspitoisuus (µg/l)	Ehdotettu raja-arvo EAS-järjestelmään # (µg/l)	Mediaanipitoisuus suomalaisissa talousvesissä (µg/l)	Osuus vesilaitoksista, joilla EAS-raja-arvo ylittyy (%)
<b>Laatuvaatimusten alaiset</b>				
Antimoni	5	2,5	0,02 - 1	0,5
Arseeni	10	5	0,1 - 1,7	1
Kadmium	5	2,5	<0,02 - 1	0
Kromi	50	25	<0,2 - 5	0
Kupari	2000	1800	2 - 100	0
Lyijy	10	5	0,05 - 5	0
Nikkeli	20	10	0,4 - 10	4
Seleeni	10	5	0,4 - 5	0
<b>Laatusuosituksien alaiset</b>				
Alumiini	200	100	1 - 20	4
Rauta	200	100	14 - 71	10
Mangaani	50	25	2 - 73	7
<b>Muut metallit</b>				
Molybdeeni	(20)*	10	0,2 - 2	0
Sinkki	(3000)*	2700	2 - 99	0
Tina	(6000)*	3000	<0,05 - 1	0
Titaani	(15)*	7,5	<5	0
Vismutti	(10)*	9	<1	0

# metallituotteiden pitkäaikaistestaus

\* EAS-järjestelmässä ehdotettu korkein suositeltava pitoisuus juomavedessä, ei vaatimus- eikä suosituspitoisuutta juomavesidirektiivissä

## 10.4 Kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet

Tietoja talousveden sisältämistä kemikaaleista ja orgaanisista yhdisteistä saatiin vähemmän kuin muista muuttujista. Tietoja saatiin noin 200 vesilaitokselta lukuun ottamatta akryyliamidia (4 laitosta), bentso(a)pyreeniä (148 laitosta), epikloorihydriidiä (21 laitosta), trihalometaaneja (128 laitosta) ja vinyylidikloridia (87 laitosta). Kemikaalien ja orgaanisten yhdisteiden osalta Suomen talousvesi oli talousvesiasetuksen mukaista. Yksittäisten kaivojen vesissä bentseenin ja vinyylidikloridin pitoisuus ylitti raja-arvon. Tässä tutkimuksessa ei käsitellä torjunta-aineita.

## 10.5 Epämetallit

Epämetalleista boorin ja bromaatin pitoisuus oli keskimäärin talousvesiasetuksen mukainen sekä vesilaitosten toimittamassa talousvedessä että kaivovesissä. Vesilaitoksista noin 2 % toimitti vettä, jonka fluoridipitoisuus ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon 1,5 mg/l. Ylityksiä havaittiin suurilla ja keskisuurilla pohja- ja tekopohjavettä käyttävillä laitoksilla. Pieniltä laitoksilta tietoja fluoridipitoisuudesta ei juuri ollut.

## 10.6 Veden teknis-esteettinen laatu

Talovesien laatu vaikuttaa metallisten, sementtipohjaisten ja muovisten verkostomateriaalien kestävyteen syöpymisen ja aineiden liukenemisen seurauksena. Veden tekniseen laatuun eli syövyttävyyteen vaikuttaviin tekijöihin luetaan yleensä pH, alkaliteetti, kovuus, kloridien ja sulfaattien määrä, sähkönjohtavuus ja hiilidioksidi. Veden esteettisiä ominaisuuksia kuvaavat muuttujat haju, maku, sameus ja väriluku sekä rauta ja mangaani. Rauta ja mangaani on esitetty tässä tutkimuksessa osiossa ”Metallit”.

Osalle veden teknis-esteettiseen laatuun vaikuttavista muuttujista on asetettu suosituspitoisuus talovesiasetuksessa ja osalle ei. Talovesiasetuksessa on suosituspitoisuus pH-arvolle, kloridin ja sulfaatin pitoisuudelle, sähkönjohtavuudelle, hajulle, maulle, sameudelle ja väriluvulle. Tässä tutkimuksessa esitetyistä muuttujista alkaliteetille, kovuudelle ja hiilidioksidin pitoisuudelle ei ole suosituspitoisuutta talovesiasetuksessa.

Vesilaitosten toimittaman veden keskimääräisistä pH-arvoista 8 % alitti talovesiasetuksen alemman suosituspitoisuuden 6,5, kaivovesistä jopa 30 %. Eniten alhaisia pH-arvoja havaittiin pienillä ja keskisuurilla pohjavettä käyttävillä laitoksilla. Kloridin, sulfaatin ja sähkönjohtavuuden osalta vesilaitosten toimittama vesi ja kaivovedet olivat talovesiasetuksen suositusten mukaisia. Kaikilla vesilaitoksilla ja kaivoissa vesi oli sulfaatin osalta veden syövyttävyyden vähentämiseksi asetetun suosituspitoisuuden mukaista. Kloridille verkostomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi asetettu suosituspitoisuus alle 25 mg/l ylittyi 10 %:ssa vesilaitoksista ja 10–25 %:ssa kaivovesinäytteistä. Suosituspitoisuuden ylityksiä havaittiin eniten suurilla ja keskisuurilla pohja- ja pintavettä käyttävillä laitoksilla noin 10 % näiden tyyppien laitoksista ylittäessä suosituspitoisuuden. Noin 90 % vesilaitoksista toimitti vettä, josta kaikki otetut näytteet olivat suosituksen mukaisia hajun, maun, sameuden ja väriluvun osalta. Epätavallisia muutoksia näissä muuttujissa havaittiin suhteellisesti eniten keskisuurilla laitoksilla. Pieniltä laitoksilta tietoja oli hyvin vähän käytettävissä. Kaivovesien hajua, makua, sameutta ja värilukua ei voitu verrata talovesiasetukseen.

Teknisesti hyvälaatuinen talovesi on koostumukseltaan sellaista, että siinä otetaan huomioon myös verkostomateriaalit, joiden liukenemismuutoksille veden laadulla on merkitystä. Vesi-Instituutissa laaditussa selvityksessä ”Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa” (Kekki ym. 2008) esitetään tutkimustietoon pohjautuen teknisesti hyvälaatuisen veden tavoitearvot metallisille ja sementtipohjaisille materiaaleille. Veden pH:n tulisi olla välillä 7,5–8,0, bikarbonaatin määrä >60 mg/l, kalsiumin >20 mg/l, vapaan hiilidioksidin <15 mg/l, kloridin <100 mg/l ja sulfaatin <100 mg/l. Muovimateriaaleille ei ole esitetty tavoitearvoja, koska veden teknisen laadun vaikutusta muovimateriaalien kestävyteen ei ole tutkittu. Soveltamisoppaassa talovesiasetukseen (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2001) suositetaan veden pH-arvoksi yli 7,5, alkaliteetiksi yli 0,6 mmol/l ja kalsiumpitoisuudeksi yli 10 mg/l.

Taulukossa 17 on esitetty Kekin ja työtovereiden (2008) selvitykseen pohjautuen teknisesti hyvälaatuisen talovesien tavoitearvot ja talovesiasetuksen suosituspitoisuudet niille muuttujille, joille ne on asetettu, sekä lisäksi osuudet vesilaitoksista, joilla nämä suositukset ja tavoitearvot toteutuvat. Taulukosta havaitaan, että pH-arvon suosituspitoisuus toteutuu noin 90 %:ssa, mutta tavoitearvo vain noin kolmasosassa vesilaitoksista. Tavoitearvon 7,5 alle jäi 52 % vesilaitoksista, joista lähes kaikki (99 %) oli pohjavesilaitoksia. Laitoskoon mukaisesti tähän ryhmään kuului 28 % suurista vesilaitoksista, 70 % keskisuurista vesilaitoksista ja 85 % pienistä vesilaitoksista. Tavoitearvon 8,0 ylitti 15 % vesilaitoksista. Alhaisia pH-arvoja havaittiin erityisesti pienillä ja keskisuurilla pohjavesilaitoksilla.

Kloridille verkostomateriaalien syöpmisen ehkäisemiseksi asetettu suosituspitoisuus 25 mg/l toteutui 92 %:ssa vesilaitoksista. Teknisesti hyvälaatuisen talousveden tavoitearvo alle 100 mg/l toteutui lähes kaikkien vesilaitosten vedessä. Sulfaatile verkostomateriaalien syöpmisen ehkäisemiseksi asetettu suosituspitoisuus toteutui kaikilla vesilaitoksilla, samoin kuin teknisesti hyvän talousveden tavoitearvo alle 100 mg/l lähes kaikilla laitoksilla.

Tietoja vesilaitosten toimittaman veden bikarbonaatin ja kalsiumin pitoisuudesta oli niukasti käytettävissä, joten niitä ei ole esitelty tässä tutkimuksessa. Sen sijaan bikarbonaatin pitoisuus on muunnettu alkaliteetiksi ja kalsiumin kovuudeksi seuraavasti:  $\text{HCO}_3^-$  60 mg/l  $\leftrightarrow$  alkaliteetti 1 mmol/l, Ca 20 mg/l  $\leftrightarrow$  kovuus 0,5 mmol/l. Alkaliteetin tavoitearvon mukaista vettä toimitti 39 % vesilaitoksista. Tavoitearvon (Kekki ym. 2008) alle jäi 64 % suurista vesilaitoksista, 55 % keskisuurista vesilaitoksista ja 100 % pienistä vesilaitoksista. Pohjavesilaitoksista 59 % jäi tavoitearvon alle, pintavesilaitoksista 93 % ja tekopohjavesilaitoksista 44 %. Alhaisia alkaliteettiä havaittiin kaikissa vesilaitostyypeissä, suhteellisesti eniten pienillä vesilaitoksilla ja pintavesilaitoksilla. Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000 (Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2001) suosittaa alkaliteetin tavoitearvoksi yli 0,6 mmol/l. Tähän tavoitearvoon ylisi 78 % vesilaitoksista. Vesilaitoksista 56 %:lla alkaliteetti oli yli 0,8 mmol/l.

Kovuuden tavoitearvon (Kekki ym. 2008) mukaista talousvettä toimitti 57 % vesilaitoksista. Tavoitearvon alle jäi 32 % suurista vesilaitoksista, 48 % keskisuurista ja 100 % pienistä vesilaitoksista. Veden alkuperän mukaisesti luokiteltuna pohjavesilaitoksista 50 % jäi tavoitearvon alle, 16 % pintavesilaitoksista ja 13 % tekopohjavesilaitoksista. Alhaisia kovuusarvoja havaittiin erityisesti pienillä ja keskisuurilla pohjavesilaitoksilla.

Vapaan hiilidioksidin tavoitearvo alle 15 mg/l (Kekki ym. 2008) ylittyi 11 %:lla vesilaitoksista. Joukossa oli kaiken kokoisia pohjavettä käyttäviä vesilaitoksia.

**Taulukko 17.** Teknisesti hyvälaatuisen talousveden suosituspitoisuudet ja tavoitearvot.

Muuttuja	Talousvesi- asetuksen suositus	Osuus vesilaitoksista, joilla suositus toteutuu	Soveltamis- oppaan 461/2000 tavoite-arvo <sup>b</sup>	Tavoitearvo materiaalien kestävyyden kannalta <sup>c</sup>	Osuus vesilaitoksista, joilla tavoitearvo <sup>c</sup> toteutuu
pH	6,5–9,5	92 %	>7,5	7,5–8,0	33 % (136/418) <sup>f</sup>
Cl <sup>-</sup>	<250 mg/l (<25 mg/l <sup>a</sup> )	100 % (92 % <sup>a</sup> )		<100 mg/l	100 % (422/424) <sup>f</sup>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<250 mg/l (<150 mg/l <sup>a</sup> )	100 % (100 % <sup>a</sup> )		<100 mg/l	99 % (404/409) <sup>f</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	(>0,6 mmol/l) <sup>d</sup>	>60 mg/l (>1 mmol/l) <sup>d</sup>	39 % (51/131) <sup>f</sup>
Ca	-	-	>10 mg/l (>0,3 mmol/l) <sup>e</sup>	>20 mg/l (>0,5 mmol/l) <sup>e</sup>	58 % (87/149) <sup>f</sup>
Vapaa CO <sub>2</sub>	-	-		<15 mg/l	89 % (87/98) <sup>f</sup>

<sup>a</sup> tavoitearvo syöpmisen ehkäisemiseksi

<sup>b</sup> Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2001

<sup>c</sup> Kekki ym. 2008

<sup>d</sup> tavoitearvo alkaliteettina: >1 mmol/l

<sup>e</sup> tavoitearvo kovuutena: >0,5 mmol/l

<sup>f</sup> vesilaitosten lukumäärä, joilla tavoitearvo<sup>c</sup> toteutuu/ vesilaitosten lukumäärä, joilla se ei toteudu

## 10.7 Talousveden radioaktiivisuus

Talousvedessä esiintyvistä radioaktiivisuudesta tutkimuksessa ovat mukana kokonaisalfa, kokonaisbeeta, lyijy-210, polonium-210, radium-226, radon-222 ja uraani. Pintavedessä radioaktiivisten muuttujien aktiivisuudet olivat hyvin matalia eikä asetuksessa tai ohjeessa ST 12.3 esitettyjä toimenpiderajojen ylityksiä havaittu. Maaperän pohjavedessä havaittiin satunnaisesti toimenpiderajojen ylityksiä. Kalliopohjavedessä pitoisuudet olivat hyvinkin korkeita ja usein toimenpiteet laatusuositusten saavuttamiseksi olivat tarpeen.

## 11 Johtopäätökset

Tutkimus osoittaa, että suomalainen talousvesi on laatuvaatimuksiin ja -suositukseen verrattuna korkealuokkaista, siis turvallista ja terveellistä käyttää. Talousveden laadun valvontaa ohjaa ensisijaisesti talousvesiasetus, joka keskittyy terveysperusteisiin muuttujiin. Veden laatuun vaikuttavat myös monet tekniset ominaisuudet, joita ei tarvitse mitata, mutta joilla on merkittävä vaikutus verkostojen pitkäaikaiskestävyyteen.

Tutkimuksen yhteistyöryhmä ehdottaa, että alla olevat seikat otetaan huomioon juomavesidirektiivin uusintaprosessissa ja EAS-valmistelutyössä sekä kansallisia laatusuosituksia määriteltäessä. Joillekin esitetyille muuttujille, esimerkiksi TOC:lle suositusta vaatimuspitoisuuden määrittäminen tämän tutkimuksen aineiston pohjalta ei ole mahdollista vaan edellyttää tieteelliseen kirjallisuuteen perehtymistä sekä asiantuntijoista koostuvan työryhmän pohdintaa mahdollisesti asetettavien raja-arvojen tai suosituspitoisuuksien teknisistä ratkaisuista ja kustannustehokkuudesta. Ehdotamme työryhmän perustamista edellä esitetyjä asioita valmistelemaan.

### 11.1 Juomavesidirektiivin uusintaprosessissa huomioitavia yleisiä seikkoja

#### Näytteenottotapa

Näytteenottotapa vaikuttaa useiden muuttujien kuten esimerkiksi metallien pitoisuuteen talousvedessä. EU-maissa on kansallisesti erilaisia käytäntöjä siitä, otetaanko näyte seisotetusta vai juoksutetusta verkostovedestä. Direktiiviin tulisi selkeästi ja joustavasti määritellä käytettävä näytteenottotapa. Näytteenottotapaa määriteltäessä tulisi tarkentaa näytteenottopaikat ja niistä määritettävät muuttujat, ja siinä tulisi sallia joustavuutta kansallinen veden käyttötapa huomioon ottaen.

#### Mikrobiravinteet

Nykyisessä juomavesidirektiivissä suositetaan, että orgaanisen hiilen kokonaismäärässä ei tulisi olla epätavallisia muutoksia. Talousveden yleisen hygienian turvaamiseksi TOC-pitoisuudelle tulisi asettaa numeraalinen suosituspitoisuus, jossa tulisi huomioida erilaiset pitoisuustasot EU-maissa.

#### Metallit

Uudessa juomavesidirektiivissä uraanille tulisi asettaa enimmäispitoisuus sen kemiallisen myrkyllisyyden perusteella.

#### Kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet

Tulisi selvittää, ovatko määritysmenetelmät kehittyneet jo siinä määrin, että voitaisiin luopua laskentaan (ei mittaukseen) perustuvasta pitoisuuden arvioinnista, joka on käytössä akryyliamidille, epikloorihydriinille ja vinyylidikloridille.

#### Radioaktiivisuus

Juomavesidirektiiviin tulisi saada enimmäispitoisuus juomaveden radonpitoisuudelle. Lisäksi poloniumin ja lyijyn määrittäminen tulisi sisällyttää porakaivovettä käyttävien vesilaitosten valvontaohjelmaan.

## **11.2 Juomavesidirektiivin uusintaprosessissa ja EAS-valmistelutyössä huomioitavat suomalaisen talousveden erityispiirteet**

### Mikrobiravinteet

Suomalaisen talousveden korkea TOC-pitoisuus tulisi ottaa huomioon EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmässä.

### Metallit

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän raja-arvoja laadittaessa tulisi ottaa huomioon suomalaisen talousveden korkeat alumiini-, mangaani-, nikkeli- ja rautapitoisuudet.

### EAS-testivedet

Tutkimus osoitti eri laitoksilta toimitettujen suomalaisten talousvesien heterogeenisuuden. Koska EAS-hyväksyntä voidaan antaa missä tahansa EU:n jäsenvaltiossa, testausten tulee antaa kaikissa laboratorioissa samanlaiset tulokset. Testivesinä ei voida käyttää mitä tahansa juomavesidirektiivin mukaista vettä, vaan materiaalien testauksessa käytetään yhteisesti sovittuja synteettisiä vesiä. Testivesien antamien tulosten ja käytettyjen talousvesien testitulosten väliset korrelaatiot on tunnettava. Testaukset eivät myöskään monissa tapauksissa voi jäljitellä todellisia käyttöolosuhteita. Tuotteiden pitkäaikaiskäyttäytyminen on kuitenkin tunnettava paikallisissa talousvesissä ja todellisissa olosuhteissa, mihin tarvitaan kansallista tutkimusta. Veden laatu ja muut käyttöolosuhteet saattavat joskus olla sellaiset, että joillekin tuotteille saatetaan joutua asettamaan kansallisia vaatimuksia, jotka rajoittavat näiden tuotteiden käyttöä. Näiden vaatimusten tulee kuitenkin perustua kiistattomaan asiantuntemukseen ja riittävään tutkimustietoon.

## **11.3 Ehdotukset kansallisiksi laatusuosituksiksi**

### Veden syövyttävyyteen liittyvät suositukset

Talousvesiasetuksen lauseelle ”(vesi) ei saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai haitallisten saostumien syntymistä vesijohdoissa ja vedenkäyttölaitteissa” (Sosiaali- ja terveysministeriö 2000) tulisi saada selkeä määritelmä siten, että siinä mainitaan mitattavat muuttujat ja niiden tavoitepitoisuudet. Jotta voidaan varmistaa, että veden laatu jatkuvasti täyttää em. laatusuositukset, vesihuoltolaitosten tulisi seurata jatkuvassa valvonnassa pH-, alkaliteetti- ja kovuusarvoja.

Vesilaitosten toimittaman veden pH-arvon suositusalarajan nostoa arvosta 6,5 arvoon 7,5 tulisi harkita veden syövyttävyyden vähentämiseksi.

Talousvesiasetuksessa kloridille syöpymisen ehkäisemiseksi suositeltua enimmäispitoisuutta 25 mg/l ei ole tarpeen muuttaa, koska verkostomateriaalien syöpymisalttius lisääntyy kloridipitoisuuden kasvaessa. Myös maantiesuolauksen haitallisten pohjavesivaikutusten rajoittaminen puoltaa tätä asetuksen raja-arvoa alhaisempaa kloridipitoisuutta.

Alkaliteetti ja kovuus tulisi lisätä talousvesiasetukseen kansallisina syövyttävyyteen liittyvinä suosituksina. Talousvesiasetuksen soveltamisopas 461/2000 (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2001) suosittaa, että alkaliteetti olisi yli 0,6 mmol/l ja kovuus yli 0,3 mmol/l (10 mg Ca/l). Tämän tulisi olla minimitaso, johon tulisi pyrkiä.

Verkostomateriaalien kestävyuden kannalta korkeammat alkaliteetin ja kovuuden arvot ovat kuitenkin suositeltavampia. Alkaliteetin arvon tulisi olla yli 1 mmol/l ja kovuuden yli 0,5 mmol/l (Kekki ym. 2008). Veden pH-arvon, alkaliteetin ja kovuuden nostamisen prioriteettijärjestys ja muuttujien väliset yhteisvaikutukset materiaalien korroosioon on selvitettävä. Mikäli veden käsittely vähemmän aggressiiviseksi on mahdotonta, on syytä pohtia materiaalinvalintaa. Materiaalien käytön rajoittamisen tulee kuitenkin perustua kiistattomaan asiantuntemukseen ja riittävään tutkimustietoon.

#### Pienet vesilaitokset ja vesiosuuskunnat

Pienten laitosten erityispiirteet tulisi huomioida kansallisessa lainsäädännössä pienten yksiköiden asetuksessa, jotta veden laadun aiheuttamia ongelmia voitaisiin vähentää. Tutkimus osoitti, että pienillä laitoksilla on talousvesiasetuksen raja-arvojen ja suosituspitoisuuksien ylityksiä seuraavissa muuttujissa: mikrobeista enterokokit, koliformiset bakteerit ja pesäkeluku, metalleista mangaani ja rauta sekä veden tekniseen laatuun vaikuttavista muuttujista pH, alkaliteetti ja kovuus. Näiden muuttujien pitoisuutta on siis syytä seurata tarkemmin kuin muiden talousveden laatua kuvaavien muuttujien pitoisuuksia. Akuutteja terveystarpeita aiheuttavien mikrobien osalta tutkimusten tiheyttä on syytä lisätä yhdestä kerrasta vuodessa esim. neljään kertaan vuodessa, siten että näytteet tulee ottaa mikrobiologisesti riskialttiimpiin aikoihin vuodesta. Raudan ja mangaanin osalta yksi kerta vuodessa riittänee, sillä näiden muuttujien pitoisuuksissa ei yleensä tapahdu nopeita muutoksia. pH:ta, alkaliteettia ja kovuutta tulisi seurata useamman kerran vuodessa. Pienillä vesilaitoksilla ja vesiosuuskunnissa veden toimittamisen yleisen haavoittuvuuden arviointiin esim. mikrobien osalta voi käyttää Suomen ympäristökeskuksessa laadittua opasta ”Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta” (Isomäki ym. 2006).

### **11.4 Talousveden laadun seurantajärjestelmä**

Veden laatutietojen kerääminen tätä tutkimusta varten keskisuurilta ja pieniltä vesilaitoksilta sekä vesiosuuskunnilta osoittautui työlääksi, koska yhteystietoja suomalaisista vesilaitoksista ja vesiosuuskunnista ei ollut keskitetysti saatavilla.

Suomen talousveden laatutietoja tullaan kokoamaan kattavasti sosiaali- ja terveysministeriössä valmisteltavaan ympäristöterveydenhuollon kohdetietojärjestelmään. Kunnat tulevat toimittamaan viranomaisvalvonnassa otettujen tutkimusten tulokset järjestelmään viimeistään vuodesta 2010 alkaen. Järjestelmää laadittaessa olisi hyvä huomioida ne muuttujat, joille talousvesiasetus suosittaa, että epätavallisia muutoksia ei tulisi esiintyä. Näistä muuttujista olisi hyvä sisällyttää järjestelmään myös pitoisuusarvot, koska laitokset todennäköisesti mittaavat ne. Tiedot helpottaisivat eri laitosten pitoisuustasojen vertailua ja pitoisuustasojen yhteenvetojen tekemistä suomalaisesta talousvedestä. Olisi myös hyvä pohtia, voisiko alkaliteetti- ja kovuustiedot liittää em. järjestelmään niitä mittaavien laitosten osalta vaikka talousvesiasetus ei edellytä alkaliteetin ja kovuuden mittaamista.

Edellä esitetyn kaltainen tietokanta olisi syytä toteuttaa myös EU:n tasolla, jotta veden laatutietojen saatavuus ja erojen vertailu helpottuisi.

Vesinäytteitä määrittävissä laboratorioissa olisi hyvä ottaa käyttöön järjestelmä, jossa tulokset ohjautuisivat suoraan yhteisesti sovitun muotoiseen sähköiseen taulukkopohjaan. Tämä helpottaisi merkittävästi kerätyn tiedon hallintaa ja analysointia.



## Lähdeluettelo

- Backman B., Lahermo P., Väisänen U., Paukola T., Juntunen R., Karhu J., Pullinen A., Rainio H. ja Tanskanen H. (1999). Geologian ja ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen - Seurantatutkimuksen tulokset vuosilta 1969-1996. Geologian tutkimuskeskus. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala. 261 s.
- Eduskunta (1994). Terveysturvallisuuslaki. 763/1994.
- Euroopan unionin neuvosto (1998). Neuvoston direktiivi 98/83/EY ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta. 98/83/EY.
- Isomäki E., Valve M., Kivimäki A.-L. ja Lahti K. (2006). Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta. Suomen ympäristökeskus. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala. 133 s.
- Kansanterveyslaitos (2008). Vesiepidemiat. Internet (13.3.2008):  
[http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa\\_terveydesta/elinymparisto/vesi/vesiepidemiat](http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/vesiepidemiat).
- Keinänen-Toivola M.M., Ahonen M.H. ja Kaunisto T. (2007). Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984-2006. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. Karhukopio, Turku. 107 s.
- Kekki T.K., Kaunisto T., Keinänen-Toivola M.M. ja Luntamo M. (2008). Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. Karhukopio, Turku. 186 s.
- Kekki T.K., Keinänen-Toivola M.M., Kaunisto T. ja Luntamo M. (2007). Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. Karhukopio, Turku. 101 s.
- Lahermo P., Tarvainen T., Hatakka T., Backman B., Juntunen R., Kortelainen N., Lakomaa T., Nikkarinen M., Vesterbacka P., Väisänen U. ja Suomela P. (2002). Tuhat kaivoa - Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala. 92 s.
- Lehtola M. (2002). Microbially available phosphorus in drinking water. Väitöskirja. Kansanterveyslaitos. Kuopio University Printing Office, Kuopio, 77 s.
- Sosiaali- ja terveysministeriö (2000). Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. 461/2000.
- Sosiaali- ja terveysministeriö (2001). Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. 401/2001.
- Suomen ympäristökeskus (2008). Vesihuoltolaitostilastot. Internet (13.3.2008):  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=4823&lan=fi>.
- Säteilyturvakeskus (1993). Talousveden radioaktiivisuus. ST-ohje 12.3.
- Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto (2001). Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto. Copy-Set, Helsinki. 37 s. + liitteet.
- Vesi- ja viemärlaitosyhdistys (2007). Vesihuoltomaksut 1.2.2007, jäsenlaitokset. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. Helsinki.

## **Liitteet**

**Liite 1.** Tutkimuksessa kuvattujen ei-radioaktiivisten muuttujien tunnusluvut. Taulukossa esitetyt aineistot on kuvattu tutkimusraportissa sivulta 17 alkaen. Taulukossa esitetyt lyhenteet on selitetty sivulla 20. \*= pitoisuus alle määrittäysrajan.

**Liite 2.** Tutkimuksessa kuvattujen radioaktiivisten muuttujien tunnusluvut.

**Liite 3.** Kyselylomake talousveden laadusta suurille vesilaitoksille.

## Liite 1. Tutkimuksessa kuvattujen ei-radioaktiivisten muuttujien tunnusluvut.

Al µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskisarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	158 (338)	0,9	2,0	8,0	33	20	37	127	242
>1000 m3/d	73	0,9	2,7	8,0	25	18	30	74	130
10-1000 m3/d	67	1,0	2,0	8,0	40	20	47	163	242
<10 m3/d	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ND	17	2,0	2,0	6,0	38	20	33	240	240
G	96	0,9	1,8	7,5	31	14	28	127	242
S	27	5,0	8,2	16	47	38	58	130	175
AG	5	3,0	3,0	18	21	20	28	34	34
ND	30	1,0	2,0	6,0	28	20	33	120	163
GWd	1739	<1	<1	6,0	180	22	82	582	25700
Gwdib	1031	<1	<1	1,0	34	2,8	12	129	2750
GWs	869	0,4	1,2	9,0	102	20	52	430	10000
GWm	36	5,0	5,0	11	29	20	50	100	100

Alkaliteetti mmol/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskisarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	131 (131)	0,1	0,3	0,6	1,0	0,9	1,3	2,0	2,8
>1000 m3/d	69	0,3	0,5	0,7	1,0	0,9	1,3	2,0	2,8
10-1000 m3/d	51	0,1	0,3	0,6	1,0	0,8	1,3	1,9	2,6
<10 m3/d	5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
ND	6	0,4	0,4	0,8	1,2	1,1	1,9	2,1	2,1
G	95	0,1	0,2	0,6	1,0	0,9	1,3	2,0	2,8
S	15	0,3	0,3	0,6	0,7	0,7	0,8	1,2	1,2
AG	16	0,5	0,5	0,8	1,3	1,1	1,7	2,2	2,2
ND	5	0,4	0,4	0,7	1,3	1,3	1,9	2,1	2,1
GWd	1736	<0,02	0,1	0,3	0,8	0,5	1,0	2,7	8,2
Gwdib	1031	0,1	0,3	0,9	1,8	1,8	2,5	3,6	6,8
GWs	2871	*	0,2	0,3	0,9	0,6	1,1	2,5	10,7
GWm	373	0,1	0,2	0,4	0,8	0,7	1,1	2,0	2,7
Total	89	0,1	0,2	0,6	0,9	0,9	1,2	1,9	2,2
Alk +	65	0,2	0,3	0,7	1,0	1,0	1,2	1,8	1,9
Alk -	19	0,1	0,1	0,2	0,7	0,4	1,5	2,2	2,2
ND	5	0,5	0,5	0,8	0,9	0,9	1,0	1,2	1,2
Alk1	25	0,2	0,3	0,7	1,2	1,1	1,7	2,2	2,2
Alk2	55	0,3	0,4	0,7	1,2	1,2	1,5	2,3	2,4
Alk3	62	0,3	0,3	0,7	1,1	1,1	1,5	1,8	2,4

As µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	59 (436)	0,4	0,5	0,8	2,5	1,0	2,0	8,3	53
>1000 m3/d	20	0,5	0,5	0,6	1,1	0,8	1,7	2,8	4
10-1000 m3/d	26	0,5	1,0	1,0	4,1	1,7	2,6	13,8	53
<10 m3/d	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ND	12	0,4	0,4	0,6	1,5	1,0	1,0	8,3	8
G	41	0,5	0,5	0,8	3,0	1,0	2,0	3,7	53
S	4	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	14	0,4	0,4	1,0	1,6	1,0	1,0	8,3	8
GWd	1739	<0,05	<0,05	0,1	36,6	0,1	0,3	2,8	10100
Gwdib	1031	<0,05	<0,05	0,1	4,3	0,4	1,7	15,0	822
GWs	639	*	0,1	0,2	1,9	1,0	2,0	7,0	76
GWm	9	0,2	0,2	1,0	1,8	1,0	1,0	5,0	5

B mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	19 (211)	0,003	0,003	0,05	0,09	0,10	0,10	0,30	0,30
>1000 m3/d	6	0,067	0,067	0,10	0,14	0,10	0,15	0,30	0,30
10-1000 m3/d	11	0,003	0,003	0,02	0,07	0,10	0,10	0,15	0,15
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	2	0,010	0,010	0,01	0,07	0,07	0,12	0,12	0,12
G	15	0,003	0,003	0,05	0,08	0,10	0,10	0,15	0,15
S	2	0,100	0,100	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	2	0,010	0,010	0,01	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05
GWd	1739	<0,0005	0,001	0,003	0,05	0,01	0,02	0,08	5,27
Gwdib	1031	0,001	0,003	0,01	0,05	0,03	0,06	0,19	0,65
GWs	268	*	1,00E-03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05	0,1
GWm	7	2,00E-05	2,00E-05	0,02	0,04	0,02	0,1	0,10	0,1

Bentseeni µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	8 (173)	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
>1000 m3/d	5	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
10-1000 m3/d	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
G	5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
S	2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
GWs	226	0	0,05	1,0	137	1,0	10	510	8800
GWm	3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

<b>Bentso(a)-pyreeni µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	8 (148)	0,002	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	0,008	0,008
>1000 m3/d	5	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,008	0,008
10-1000 m3/d	2	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	1	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
G	5	0,002	0,002	0,003	0,004	0,003	0,005	0,008	0,008
S	2	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	1	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

<b>Bi µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GWs	48	0,02	0,02	0,02	0,1	0,02	0,3	0,3	0,3
GWd	1739	<0,03	<0,03	<0,03		<0,03	<0,03	<0,03	0,3
Gwdib	1031	<0,03	<0,03	<0,03		<0,03	<0,03	<0,03	2,5

<b>BrO<sub>3</sub><sup>-</sup> µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	5 (74)	0,003	0,003	1,0	2,3	1,7	3,8	5,0	5,0

<b>Cd µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	39 (433)	0,05	0,1	0,1	0,5	0,3	1,0	1,0	1,0
>1000 m3/d	12	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,0	1,0
10-1000 m3/d	17	0,05	0,1	0,3	0,6	0,5	1,0	1,0	1,0
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	10	0,1	0,1	0,3	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0
G	21	0,05	0,1	0,1	0,5	0,3	1,0	1,0	1,0
S	4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
AG	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
ND	13	0,1	0,1	0,3	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0
GWd	1739	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,02	0,04	0,1	7
Gwdib	1031	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	0,03	0,1	243
GWs	506	*	0,01	0,02	0,2	0,04	0,1	1,0	2,3
GWm	8	0,03	0,03	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0

<b>Cl<sup>-</sup> mg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	339 (424)	0,7	1,2	3,3	12	8,0	14	34	216
>1000 m3/d	146	0,7	1,7	5,1	12	9,3	14	29	96
10-1000 m3/d	164	0,8	1,1	3,0	13	7,0	15	38	216
<10 m3/d	6	1,6	1,6	1,8	5,3	2,0	6,3	18	18
ND	23	1,0	1,0	3,0	12	6,0	13	48	66
G	264	0,7	1,3	3,0	12	7,8	13	35	216
S	30	1,0	2,6	6,0	16	13	22	29	72
AG	13	5,1	5,1	8,3	13	14	16	20	20
ND	32	1,0	1,0	3,0	9,5	5,6	12	31	48
GWd	1010	<0,2	0,3	0,7	5,1	1,1	2,4	16	1310
Gwdib	281	<0,2	0,6	1,3	23	2,6	9,7	45	1570

Cl <sup>-</sup> mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GWs	2872	0,3	1,0	4,2	20	8,8	18	50	2190
GWm	153	1,0	1,4	4,0	17	10	25	54	69
Cl1	25	1,3	1,3	5,5	10	8,1	10	26	44
Cl2	55	1,3	1,3	5,3	9,2	7,5	11	18	45
Cl3	62	1,2	1,3	4,9	8,5	7,6	10	18	45

CO <sub>2</sub> mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	87 (98)	*	0,9	2,2	7,0	4,2	9,0	21	41
>1000 m3/d	47	0,2	0,4	1,7	4,4	3,0	6,0	12	22
10-1000 m3/d	33	*	1,0	3,2	8,2	4,8	11	25	41
<10 m3/d	4	14	14	17,5	23,3	21	29	37	37
ND	3	5,8	5,8	5,8	12,3	12	19	19	19
G	64	0,4	1,2	2,5	7,9	4,2	11	22	41
S	7	0,2	0,2	0,2	1,8	1,7	3,5	4,5	5
AG	12	0,9	0,9	2,3	5,8	4,7	9,4	14	14
ND	4	*	*	2,9	5,0	6,4	7,1	7,3	7,3
GWd	1347	*	4	15	35	30	47	85	290
Gwdib	662	*	*	3,8	19	12	26	65	165
GWs	2029	*	3,6	7,7	20	14	27	58	99
GWm	334	*	3,7	11	17	16	22	35	103
CO2-1	25	*	0,3	1,6	3,6	2,4	3,8	12	13
CO2-2	55	*	0,3	1,3	3,6	2,1	4,2	14	21
CO2-3	62	*	0,3	1,1	2,9	1,9	3,9	8,1	15

COD <sub>Mn</sub> mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	168 (338)	0,1	0,3	0,6	1,4	1,0	1,8	3,3	15
>1000 m3/d	77	0,2	0,2	0,6	1,1	1,0	1,5	2,3	3
10-1000 m3/d	69	0,2	0,3	0,7	1,5	1,0	2,2	3,5	8
<10 m3/d	4	0,2	0,2	0,3	4,3	1,1	8,4	15	15
ND	18	0,1	0,1	1,0	1,7	1,1	2,6	4,1	4
G	108	0,1	0,2	0,5	1,3	0,9	1,5	3,2	15
S	28	0,5	0,6	1,2	1,7	1,8	2,2	3,3	4
AG	12	0,5	0,5	0,8	1,3	1,2	1,7	2,2	2
ND	20	0,2	0,4	0,9	1,7	1,0	2,2	5,6	8
GWd	1731	0,0	0,3	0,7	2,6	1,2	2,8	9,4	46
Gwdib	1031	0,0	0,2	0,5	1,4	0,9	1,6	4,3	21
GWs	2180	0	0,25	0,7	2,0	1,0	1,8	6,3	94
GWm	132	0,3	0,3	0,4	0,8	0,6	1,0	1,7	6

Cr µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	52 (434)	0,0	0,5	1,0	2,5	1,6	5,0	5,0	10
>1000 m3/d	20	0,5	0,6	0,9	1,6	1,0	1,9	4,7	5,0
10-1000 m3/d	21	0,0	0,5	1,0	2,7	2,0	5,0	5,0	5,0
<10 m3/d	2	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5
ND	9	0,5	0,5	1,5	4,2	5,0	5,0	10	10

Cr µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
G	34	0,0	0,5	1,0	2,2	1,5	4,0	5,0	5,0
S	6	0,7	0,7	0,9	1,3	1,3	1,9	2,0	2,0
AG	1	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
ND	11	0,5	0,5	1,0	4,0	5,0	5,0	10	10
GWd	1739	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	0,2	0,4	1,3	43
Gwdib	1031	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2	0,3	0,7	34
GWs	547	0,0	0,2	0,3	1,9	1,0	2,0	5,0	86
GWm	9	0,2	0,2	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0

Cu mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	154 (453)	4,00E-05	0,02	0,06	0,15	0,1	0,14	0,4	2,3
>1000 m3/d	24	0,02	0,03	0,06	0,13	0,1	0,17	0,4	0,4
10-1000 m3/d	112	4,00E-05	0,01	0,07	0,15	0,1	0,14	0,4	2,3
<10 m3/d	1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1	0,10	0,1	0,1
ND	17	0,02	0,02	0,04	0,18	0,1	0,10	1,6	1,6
G	126	4,00E-05	0,02	0,06	0,15	0,1	0,15	0,4	2,3
S	4	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,07	0,1	0,1
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	24	0,03	0,04	0,09	0,17	0,1	0,11	0,3	1,6
GWd	1739	<0,00004	5,00E-05	4,3E-04	0,03	1,9E-03	0,01	0,12	4,3
GWdib	1031	<0,00004	<0,00004	6,6E-04	0,03	0,01	0,03	0,14	0,9
GWs	638	*	5,2E-04	2,0E-03	0,01	4,1E-03	0,01	0,04	1,0
GWm	38	1,00E-05	1,0E-05	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,1
Cu1	25	0,003	0,003	0,003	--	0,003	0,01	0,01	0,02
Cu2	55	0,003	0,003	0,01	0,22	0,12	0,28	0,83	1,4
Cu3	62	0,003	0,003	0,01	0,04	0,011	0,03	0,11	0,69

1,2-dikloori-etaani µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	6 (190)	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	1,5	1,5
>1000 m3/d	3	0,3	0,3	0,3	0,7	0,3	1,5	1,5	1,5
10-1000 m3/d	3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
G	4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
S	2	0,3	0,3	0,3	0,9	0,9	1,5	1,5	1,5
GWs	31	0	0	0,3	0,6	0,3	0,3	3,0	3,0
GWm	1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

EC mS/m	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	414 (414)	0,6	4,2	9,6	19	15	23	42	140
>1000 m3/d	183	2,0	7,6	12	21	18	24	44	140
10-1000 m3/d	182	0,9	4,1	8,1	17	13	23	39	80
<10 m3/d	12	1,7	1,7	5,0	12	7	23	26	26
ND	37	0,6	0,8	5,5	20	14	27	63	92
G	316	1,7	4,6	9,3	18	14	22	37	140
S	36	8,5	11	17	29	21	40	65	109
AG	10	11,0	11	16	29	18	28	123	123
ND	52	0,6	0,9	5,6	17	15	26	45	62

EC mS/m	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GWd	1720	0,6	1,9	6,0	17	11	19	49	513
Gwdib	1026	1,7	6,3	17	32	25	35	67	1180
GWs	2973	0,3	3,8	8,6	22	16	25	51	1000
GWm	196	0,1	4,0	11	19	16	25	39	64
EC1	25	4,1	5,4	16	20	19	24	35	40
EC2	55	5,1	5,6	14	19	18	24	34	41
EC3	62	4,7	5,3	12	18	17	24	32	41

F <sup>-</sup> mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	273 (442)	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	1,3	1,9
>1000 m3/d	111	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	1,5	1,9
10-1000 m3/d	139	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4	1,2	1,5
<10 m3/d	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ND	22	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,4	1,2	1,7
G	205	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	1,3	1,9
S	27	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,8	1,2
AG	9	0,1	0,1	0,2	0,6	0,3	0,7	1,6	1,6
ND	32	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,4	1,0	1,3
GWd	1727	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	0,1	1,7	7,1
Gwdib	1018	<0,1	<0,1	0,1	0,7	0,4	0,9	2,8	9,7
GWs	1054	1,00E-04	0,03	0,1	0,5	0,2	0,6	1,8	7,3
GWm	37	0,05	0,06	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2

Fe µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	202 (463)	4,8	10	22	80	46	87	270	779
>1000 m3/d	90	9,0	12	22	53	46	67	130	230
10-1000 m3/d	87	4,8	8,0	22	102	48	120	418	779
<10 m3/d	9	10	10	17	56	19	51	240	240
ND	16	6,5	6,5	28	131	56	156	460	460
G	147	4,8	9,3	19	83	43	97	283	779
S	28	17	20	40	55	57	66	113	115
AG	5	16	16	38	58	71	81	84	84
ND	22	6,5	17	25	96	37	110	410	415
GWd	1739	<30	<30	<30	786	30	120	1863	133000
Gwdib	1031	<30	<30	<30	358	30	140	1542	39900
GWs	4035	*	10	30	589	50	170	2700	85000
GWm	378	5,0	5,0	9,0	249	30	63	1200	19000
Fe1	25	5,0	5,0	5,0	37	25	41	83	280
Fe2	55	5,0	5,0	5,0	71	25	64	300	1400
Fe3	63	2,0	5,0	5,0	--	14	45	180	590



<b>Haju, epätavallisten näytteiden %- osuus</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	43 (432)	0	1	1	11	4	8	50	100
>1000 m3/d	27	0	1	1	3	2	4	8	18
10-1000 m3/d	12	2	2	5	19	7	19	100	100
<10 m3/d	1	11	11	11	11	11	11	11	11
ND	3	19	19	19	48	27	100	100	100
G	21	1	1	1	11	3	6	50	100
S	14	0	0	1	6	4	8	19	19
AG	4	1	1	1	1	1	2	3	3
ND	4	4	4	6	34	17	63	100	100

<b>Heterotrofinen pesäkeluku pmy/ml</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GWs	776	0	0	0	83	1	6	140	13000
GWm	184	0	0	0	15	0	2	97	330
Pesäke1	25	0	0	0	5	1	6	29	35
Pesäke2	55	0	0	5	164	23	160	1000	1100
Pesäke3	62	0	0	1	16	3	9	31	580

<b>Hg µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	41 (415)	0,05	0,1	0,1	0,3	0,2	0,5	0,5	0,5
>1000 m3/d	18	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3
10-1000 m3/d	15	0,07	0,1	0,1	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	8	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
G	24	0,05	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,5
S	6	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
AG	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
ND	10	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
GWs	280	0,002	0,002	0,01	0,2	0,1	0,1	1	1
GWm	8	0,008	0,008	0,10	0,5	0,2	1	1	1

<b>Kovuus mmol/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	147 (149)	*	0,1	0,3	0,6	0,6	0,8	1,4	2,8
>1000 m3/d	71	0,1	0,2	0,4	0,7	0,6	0,9	1,4	1,7
10-1000 m3/d	62	0,1	0,2	0,3	0,6	0,5	0,8	1,3	2,8
<10 m3/d	5	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
ND	9	*	0,0	0,3	0,6	0,6	0,8	1,5	1,5
G	109	0,1	0,1	0,3	0,6	0,5	0,7	1,4	2,8
S	17	0,2	0,2	0,6	0,8	0,7	1,2	1,5	1,5
AG	16	0,3	0,3	0,6	0,8	0,7	1,1	1,3	1,3
ND	5	*	0,0	0,3	0,3	0,3	0,5	0,7	0,7
GWd	1690	*	0,1	0,2	0,6	0,4	0,7	1,8	11,0
Gwdib	1013	*	0,2	0,4	0,9	0,7	1,1	1,9	35,4

<b>Kovuus mmol/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GWs	2715	*	0,1	0,3	0,6	0,5	0,9	1,4	23,4
GWm	420	0,1	0,2	0,4	0,7	0,6	0,9	1,3	1,7
Total	90	*	0,1	0,2	0,4	0,4	0,6	1,0	1,2
Alk +	66	*	0,1	0,2	0,4	0,4	0,6	0,9	1,1
Alk -	19	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,7	1,2	1,2
ND	5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
Kovuus1	25	0,1	0,1	0,4	0,6	0,6	0,7	1,2	1,5
Kovuus2	55	0,1	0,2	0,4	0,6	0,6	0,8	1,2	1,3
Kovuus3	62	0,1	0,1	0,3	0,5	0,4	0,6	1,1	1,2

<b>Maku, epätavallisten näytteiden %- osuus</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	36 (401)	0	1	1	13	4	14	100	100
>1000 m3/d	22	0	1	1	4	1	4	16	17
10-1000 m3/d	12	3	3	5	29	12	44	100	100
<10 m3/d	1	11	11	11	11	11	11	11	11
ND	1	33	33	33	33	33	33	33	33
G	18	1	1	1	20	5	17	100	100
S	11	0	0	1	9	6	14	33	33
AG	5	1	1	1	1	1	1	1	1
ND	2	5	5	5	10	10	14	14	14

<b>Mn µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	144 (440)	0,3	1,2	6,9	31	13	21	113	391
>1000 m3/d	63	0,3	1,3	7,4	13	10	15	40	60
10-1000 m3/d	63	0,8	1,0	3,9	39	14	36	166	391
<10 m3/d	4	40	40	55	69	73	83	90	90
ND	14	8,0	8,0	15	59	18	51	310	310
G	95	0,3	1,0	2,6	31	11	21	130	391
S	20	1,3	2,0	9,6	30	16	33	140	220
AG	12	10	10	10	10	10	10	15	15
ND	17	12	12	15	40	16	30	310	310
GWd	1738	<0,02	<0,02	1,2	105	5,3	31	292	15600
Gwdib	1031	<0,02	0,4	4,4	97	23	115	397	4140
GWs	3709	*	1,0	10	70	20	35	310	12000
GWm	184	1	2,4	10	55	27	58	170	1900
Mn1	25	0,5	0,5	0,5	23	3,4	23	60	280
Mn2	55	0,5	0,5	0,5	10	3,4	14	34	110
Mn3	62	0,5	0,5	0,5	7	2,1	10	30	40

Mo µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
<b>&gt;1000 m3/d</b>									
Mo1	15 (15)	0,01	0,01	0,02	0,7	0,4	0,4	7,3	7,3
Mo2	13	0,01	0,01	0,06	0,2	0,1	0,4	0,6	0,6
Mo3	13	0,01	0,01	0,07	0,2	0,1	0,4	0,5	0,5
<b>10-1000 m3/d</b>									
Mo1	2 (7)	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Mo2	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Mo3	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
GWd	1739	<0,03	<0,03	0,1	0,7	0,2	0,4	1,8	108
Gwdib	1031	<0,03	0,04	0,3	2,2	0,9	2,2	8,0	117
GWs	115	0,06	0,08	0,1	1,0	0,4	1,0	5,0	5,0
GWm	3	1,0	1,0	1,0	2,7	2,0	5,0	5,0	5,0

Na mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	393 (403)	1,3	2,0	4,0	14	8,0	15	37	220
>1000 m3/d	164	1,8	2,9	5,9	13	9,3	15	31	95
10-1000 m3/d	199	1,6	2,0	3,2	14	7,4	16	52	160
<10 m3/d	2	5,3	5,3	5,3	7,6	7,6	10	10	10
ND	28	1,3	2,0	3,0	18	4,0	15	87	220
G	307	1,6	2,0	4,0	15	8,0	17	37	220
S	34	2,0	2,2	6,0	13	10	15	44	49
AG	14	4,1	4,1	5,9	9,8	8,1	12	20	20
ND	38	1,3	2,0	3,0	7,8	5,2	10	23	34
GWd	1739	<0,4	1,2	2,2	7,1	3,8	6,8	20	745
Gwdib	1031	1,2	2,4	6,3	29	13	31	96	1040
GWs	601	1,0	2,5	4,3	16	7,6	15	46	431
GWm	45	3,1	3,4	7,5	14	11	16	41	45

NH <sub>4</sub> mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	74 (403)	0,005	0,006	0,01	0,04	0,02	0,05	0,18	0,38
>1000 m3/d	39	0,005	0,005	0,01	0,03	0,02	0,06	0,08	0,13
10-1000 m3/d	25	0,006	0,006	0,01	0,05	0,02	0,04	0,19	0,21
<10 m3/d	2	0,010	0,010	0,01	0,20	0,20	0,38	0,38	0,38
ND	8	0,010	0,010	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05
G	43	0,005	0,005	0,01	0,04	0,02	0,03	0,19	0,38
S	19	0,006	0,006	0,03	0,06	0,06	0,08	0,18	0,18
AG	1	0,015	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ND	11	0,006	0,006	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
GWs	269	0,002	0,004	0,01	0,03	0,01	0,02	0,15	0,21
GWm	103	0,0001	0,006	0,01	0,03	0,01	0,02	0,09	1,10

Ni µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	126 (429)	0,4	0,5	1,2	6,1	3,0	9,0	23	50
>1000 m3/d	39	0,4	0,5	1,0	2,9	2,0	3,7	10	11
10-1000 m3/d	73	0,5	1,0	2,0	7,4	4,0	10	26	38
<10 m3/d	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ND	14	0,5	0,5	1,0	7,8	2,3	10	50	50
G	91	0,4	0,5	1,3	6,3	3,0	9,0	23	38
S	13	0,7	0,7	1,6	2,8	2,3	3,4	8,4	8,4
AG	4	0,7	0,7	0,8	1,6	1,0	2,4	3,6	3,6
ND	18	0,5	0,5	1,0	8,4	8,5	10	50	50
GWd	1739	<0,06	0,1	0,4	3,9	0,8	2,0	10	277
Gwdib	1031	<0,06	<0,06	0,1	1,6	0,4	1,2	6,5	68
GWs	771	*	0,4	1,0	12	3,0	10	32	380
GWm	10	0,7	0,7	5,0	12	10,0	10	33	33

NO <sub>2</sub> mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	28 (347)	0,004	0,01	0,02	0,07	0,05	0,10	0,2	0,2
>1000 m3/d	7	0,071	0,07	0,08	0,11	0,11	0,15	0,2	0,2
10-1000 m3/d	14	0,004	0,004	0,01	0,06	0,03	0,10	0,2	0,2
<10 m3/d	1	0,075	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,1	0,1
ND	6	0,007	0,01	0,05	0,04	0,05	0,05	0,1	0,1
G	14	0,007	0,01	0,01	0,06	0,06	0,10	0,2	0,2
S	6	0,046	0,05	0,09	0,10	0,10	0,13	0,1	0,1
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	8	0,004	0,004	0,01	0,06	0,05	0,05	0,2	0,2
GWs	196	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1
GWm	82	0,003	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,1	3,9

NO <sub>3</sub> mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	277 (436)	0,001	0,5	1	3,5	2	4	11	47
>1000 m3/d	120	0,50	0,6	1	2,9	2,1	3,6	8	15
10-1000 m3/d	136	0,001	0,5	1	3,9	2	4,1	13	47
<10 m3/d	5	0,51	0,50	1	8,8	1,6	13	28	28
ND	16	0,05	0,05	0,9	2,5	1	2,2	11	11
G	222	0,001	0,5	1	3,4	2	4,0	10	47
S	19	0,50	0,5	1,30	3,4	2,3	6,2	10	10
AG	8	0,57	0,6	1,60	2,6	3,1	3,5	4	4
ND	28	0,50	0,6	1	4,2	2,4	5,9	13	18
GWd	1736	<0,2	<0,2	<0,2	6,3	1	6,6	29	265
Gwdib	1031	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2	2,8	21	115
GWs	218	0,0001	0,02	0,5	3,7	1,2	3,8	18	62
GWm	119	0,0010	0,3	1	4,0	1,9	5,1	14	19
NO3-1	25	0,12	0,1	0,5	2,7	1,7	2,6	8	20
NO3-2	55	0,01	0,2	0,5	1,8	1,4	2,4	7	8
NO3-3	62	0,31	0,3	0,5	1,7	1,1	2,2	6	8

<b>Pb µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskisarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	66 (442)	0,05	0,5	1,0	1,9	1,0	2,5	5,0	5,0
>1000 m3/d	25	0,05	0,1	0,5	1,2	1,0	1,0	5,0	5,0
10-1000 m3/d	27	0,5	1,0	1,0	2,2	1,0	5,0	5,0	5,0
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	14	0,5	0,5	1,0	2,6	1,5	5,0	5,0	5,0
G	39	0,1	0,5	1,0	2,0	1,0	2,5	5,0	5,0
S	7	0,05	0,05	0,5	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0
AG	3	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5
ND	17	0,5	0,5	1,0	2,5	1,0	5,0	5,0	5,0
GWd	1739	<0,03	<0,03	<0,03	0,3	0,05	0,2	1,2	19
Gwdib	1031	<0,03	<0,03	0,05	0,5	0,15	0,4	1,8	32
GWs	517	*	0,04	0,14	1,2	0,4	1,1	5,0	15
GWm	9	0,01	0,01	4,0	3,9	5,0	5,0	5,0	5,0

<b>pH</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskisarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	418 (418)	5,4	6,2	7,0	7,4	7,5	7,9	8,3	8,8
>1000 m3/d	179	6,2	7,0	7,4	7,7	7,8	8,0	8,4	8,8
10-1000 m3/d	184	5,9	6,3	6,8	7,2	7,2	7,6	8,2	8,7
<10 m3/d	13	5,4	5,4	6,2	6,7	6,6	7,3	8,0	8,0
ND	42	5,7	6,0	6,4	7,0	7,1	7,7	8,3	8,4
G	318	5,4	6,2	7,0	7,4	7,4	7,8	8,2	8,8
S	36	6,7	7,1	7,6	7,8	7,9	8,1	8,5	8,5
AG	11	7,5	7,5	7,8	8,0	8,0	8,2	8,6	8,6
ND	53	5,8	6,2	6,6	7,2	7,2	7,7	8,4	8,4
GWd	1712	4,4	5,6	6,2	6,6	6,6	7,0	7,7	8,1
Gwdib	1022	5,3	6,1	6,7	7,3	7,4	7,8	8,2	9,3
GWs	3984	3,7	5,9	6,3	6,7	6,6	7,0	7,7	10,8
GWm	866	5,9	6,1	6,4	6,7	6,6	6,8	7,3	8,9
Total	89	5,7	6,2	6,8	7,4	7,3	7,9	8,7	8,9
Alk +	65	6,1	6,4	7,0	7,5	7,6	8,0	8,7	8,9
Alk -	19	5,7	5,7	6,2	6,8	6,7	7,1	8,2	8,2
ND	5	6,5	6,5	7,2	7,4	7,4	7,7	8,2	8,2
pH1	25	6,7	6,7	7,3	7,6	7,7	7,9	8,3	8,4
pH2	55	6,9	7,0	7,3	7,7	7,6	7,9	8,2	8,8
pH3	62	6,9	7,0	7,3	7,6	7,6	7,9	8,2	8,8

<b>PO<sub>4</sub>-P µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskisarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GWd	1736	<6,5	<6,5	<6,5	-	<6,5	<6,5	49	2190
Gwdib	1031	<6,5	<6,5	<6,5	-	<6,5	6,5	65	346
GWs	479	*	1,6	3,0	49	6,0	22	170	1600
PO4-P1	25	1,0	1,0	1,5	--	1,5	5	58	75
PO4-P2	55	1,0	1,0	1,5	9	3,0	10	48	62
PO4-P3	62	1,0	1,0	1,5	10	3,5	10	48	71

<b>Sameus, epätavallisten näytteiden %- osuus</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	38 (322)	0,2	0,3	0,7	11,0	1,4	9,8	57,1	100
>1000 m3/d	29	0,2	0,3	0,5	3,1	1,0	2,5	15,9	31,4
10-1000 m3/d	8	8,3	8,3	10,9	28,6	25,0	45,8	57,1	57,1
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	1	100	100	100	100	100	100	100	100
G	22	0,2	0,4	1,2	17,9	6,0	31,4	57,1	100
S	10	0,3	0,3	0,4	1,7	0,6	0,8	9,8	9,8
AG	6	0,5	0,5	0,8	1,2	1,0	1,4	2,3	2,3
ND	0	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>Sameus NTU</b>	<b>Lukumäärä</b>	<b>Minimi</b>	<b>P5</b>	<b>P25</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Mediaani</b>	<b>P75</b>	<b>P95</b>	<b>Maksimi</b>
Total	147 (220)	*	*	0,1	0,4	0,2	0,4	1,3	4,8
>1000 m3/d	48	0,03	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	1,3
10-1000 m3/d	78	*	*	0,1	0,5	0,3	0,5	2,2	4,8
<10 m3/d	4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
ND	17	0,01	*	0,1	0,3	0,2	0,3	1,1	1,1
G	101	*	*	0,1	0,4	0,2	0,4	1,7	4,8
S	21	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6
AG	6	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,4	0,7	0,7
ND	19	0,01	0,01	0,1	0,3	0,2	0,4	1,1	1,1
GWs	2240	*	0,1	0,2	3,5	0,4	1,0	15	250
GWm	123	0,04	0,1	0,1	1,1	0,2	0,4	2,3	69

<b>Sb µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	25 (214)	0,3	0,4	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	10
>1000 m3/d	9	0,3	0,3	0,5	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0
10-1000 m3/d	11	0,5	0,5	1,0	1,7	1,0	1,0	10	10
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G	16	0,3	0,3	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
S	3	1,0	1,0	1,0	4,0	1,0	10	10	10
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
GWd	1739	<0,02	<0,02	<0,02	0,1	0,02	0,05	0,2	51
Gwdib	1031	<0,02	<0,02	<0,02	0,1	0,02	0,05	0,2	4
GWs	118	0,02	0,02	0,04	0,6	0,1	1,0	1,3	5
GWm	9	0,02	0,02	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0

<b>Se µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	27 (212)	0,003	0,3	1,0	3,3	5,0	5,0	5,0	5,0
>1000 m3/d	10	1,0	1,0	1,0	2,7	3,0	3,8	5,0	5,0
10-1000 m3/d	10	0,3	0,3	1,0	3,7	5,0	5,0	5,0	5,0
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	7	0,003	0,003	0,3	3,6	5,0	5,0	5,0	5,0

<b>Se µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
G	17	0,3	0,3	1,0	3,2	3,0	5,0	5,0	5,0
S	2	1,0	1,0	1,0	2,4	2,4	3,8	3,8	3,8
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	8	0,003	0,003	2,7	3,8	5,0	5,0	5,0	5,0
GWd	1739	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,5	0,5	6,0
Gwdib	1031	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,5	0,7	5,0
GWs	166	0,2	0,2	0,2	1,6	0,4	1,0	5,0	20
GWm	7	1,0	1,0	5,0	5,1	5,0	5,0	10	10

<b>Sn ug/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GWd	1080	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,5	<0,5	0,7
Gwdib	946	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,5	<0,5	180
GWs	6	1,0	1,0	1,0	4,0	1,0	10	10	10

<b>SO<sub>4</sub> mg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	397	0,4	2,8	6,5	19	12	25	63	143
>1000 m3/d	164	1,5	4,0	8,1	22	15	27	66	143
10-1000 m3/d	201	0,4	2,0	5,0	18	10	23	51	130
<10 m3/d	4	6,5	6,5	8,1	11	10	14	16	16
ND	28	2,0	2,3	5,0	18	10	22	77	81
G	314	0,4	2,5	6,0	18	11	23	50	143
S	31	4,0	8,3	24	43	32	63	109	117
AG	14	6,0	6,0	7,8	15	13	20	29	29
ND	38	2,0	2,3	5,0	16	10	18	77	130
GWd	1736	<0,1	1,3	4,2	24	10	17	47	1180
Gwdib	1031	<0,1	2,8	8,4	20	15	23	53	240
GWs	1885	0,1	2,5	8,3	29	15	25	50	1400
GWm	88	2,6	6,2	10	19	15	24	38	40
SO4-1	25	4,2	4,9	7,6	19	21	27	39	41
SO4-2	55	4,2	4,7	7,4	18	14	27	40	45
SO4-3	62	4,3	4,8	6,3	17	11	26	40	46

<b>Syanidit µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	18 (200)	5	5	10	9,2	10	10	10	10
>1000 m3/d	5	5	5	5	8,0	10	10	10	10
10-1000 m3/d	7	10	10	10	10,0	10	10	10	10
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	6	5	5	10	9,2	10	10	10	10
G	10	5	5	10	9,5	10	10	10	10
S	1	5	5	5	5,0	5	5	5	5
AG	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	7	5	5	10	9,3	10	10	10	10

<b>Tetra- ja trikloorieteeni yhteensä µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	5 (201)	1	1	1,3	9,0	3,0	7,3	31	31
GWs	57	*	*	0,2	40	1,0	2,9	27	1714
GWm	8	*	*	*	3,0	*	4,0	16	16

<b>THM µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	37 (128)	2,3	2,5	4,4	21	15	24	81	92
>1000 m3/d	29	2,3	2,5	4,4	16	10	20	48	80
10-1000 m3/d	8	2,5	2,5	5,7	39	24	81	92	92
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	0	--	--	--	--	--	--	--	--
G	13	2,5	2,5	4,0	13	7,0	19	48	48
S	15	2,3	2,3	5,0	26	16	25	81	81
AG	6	2,5	2,5	3,6	14	13	18	37	37
ND	3	17	17	17	46	30	92	92	92
GWs	134	*	*	0,5	0,7	0,5	0,5	4,0	4,0
GWm	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

<b>TOC mg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	71 (94)	0,4	0,5	0,9	2,0	1,9	2,8	4,2	7,8
>1000 m3/d	44	0,4	0,6	1,3	2,2	2,0	2,7	3,9	7,8
10-1000 m3/d	22	0,5	0,5	0,6	1,6	1,2	2,2	3,8	4,2
<10 m3/d	1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
ND	4	0,7	0,7	2,0	2,9	3,4	3,8	4,3	4,3
G	44	0,4	0,5	0,8	1,7	1,4	2,3	4,2	6,6
S	19	1,2	1,2	1,6	2,6	2,6	3,0	7,8	7,8
AG	5	0,8	0,8	2,0	2,3	2,0	2,7	3,9	3,9
ND	3	2,0	2,0	2,0	2,9	3,3	3,4	3,4	3,4
GWs	495	0,4	0,5	1,0	2,9	1,5	3,2	11,1	22,0
GWm	32	1,0	1,0	1,0	1,3	1,2	1,6	2,0	2,1
Total	90	0,2	0,5	0,5	1,6	1,0	1,4	4,8	20,0
Alk +	66	0,2	0,5	0,5	1,5	1,1	1,5	4,8	19,0
Alk -	19	0,5	0,5	0,5	1,7	0,5	1,0	20,0	20,0
ND	5	0,5	0,5	0,5	1,6	1,3	1,4	4,2	4,2
TOC1	25	0,5	0,5	0,5	1,2	1,1	1,8	2,3	2,8
TOC2	55	0,5	0,5	0,5	1,2	1,3	1,8	2,2	2,7
TOC3	62	0,5	0,5	0,5	1,2	1,1	1,6	2,2	2,8

<b>Vinyylkloridi µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GWs	15	*	*	*	19	0,5	29	107	107
GWm	2	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	1	1	1



Värluku mg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskisarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
Total	44 (125)	1,9	2,1	3,8	8,9	5,0	10	20	69
>1000 m3/d	12	3,5	3,5	3,9	5,6	5,0	7,0	10	10
10-1000 m3/d	28	1,9	2,1	3,3	11	4,6	15	38	69
<10 m3/d	0	--	--	--	--	--	--	--	--
ND	4	3,8	3,8	4,4	7,5	7,5	11	11	11
G	30	2,1	2,5	3,8	8,7	5,6	14	20	38
S	4	5,0	5,0	5,0	6,7	5,3	8,4	11	11
AG	1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
ND	9	1,9	1,9	2,3	11	3,8	5,0	69	69
GWd	1728	<5	<5	5,0	23	5,0	15	60	10000
Gwdib	1030	<5	<5	<5	7,3	5,0	5,0	25	150
GWs	1769	*	3,0	5,0	16	5,0	10	60	650
GWm	113	*	*	3,0	7,6	5,0	5,0	15	200

Zn µg/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskisarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
>1000 m3/d									
Zn1	15 (15)	0,2	0,2	0,7	4,2	1,5	4,6	26	26
Zn2	13	2,4	2,4	46	195	99	152	985	985
Zn3	13	1,1	1,1	2,3	9,3	7,7	15	28	28
10-1000 m3/d									
Zn1	4 (7)	*	5,6	8,3	18	19	28	28	28
Zn2	6	*	18	18	256	31	36	1400	1400
Zn3	3	*	2,3	2,3	5,5	2,2	12	12	12
GWd	1739	<0,1	0,8	2,7	60	8,9	32	216	15000
Gwdib	1031	0,1	1,4	5,5	58	17	49	272	2810
GWs	590	0,1	1,0	3,6	48	10	21	260	2200
GWm	9	*	*	9,0	17	20	20	50	50

## Liite 2. Tutkimuksessa kuvattujen radioaktiivisten muuttujien tunnusluvut.

<b>Kokonaisalfa</b>									
Bq/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	24	0,008	0,019	0,07	0,55	0,15	0,37	2,3	4,3
GS	648	0,006	0,013	0,02	0,05	0,03	0,05	0,11	1,6
S	31	0,010	0,010	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
AG	27	0,010	0,010	0,01	0,02	0,01	0,03	0,04	0,05
Gwdib	288	0,001	0,008	0,03	0,61	0,09	0,31	3,0	21
GWd	184	0,0004	0,004	0,01	0,05	0,02	0,04	0,16	0,75

<b>Kokonaisbeeta</b>									
Bq/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	24	0,03	0,07	0,09	0,35	0,18	0,26	1,3	1,9
GS	648	0,003	0,02	0,05	0,11	0,08	0,14	0,26	3,0
S	31	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
AG	27	0,05	0,05	0,10	0,11	0,10	0,12	0,18	0,20
Gwdib	0	--	--	--	--	--	--	--	--
GWd	0	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>Pb-210 Bq/l</b>									
Bq/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	24	0,0008	0,001	0,002	0,057	0,005	0,023	0,168	0,845
GS	648	0,0007	0,002	0,004	0,007	0,005	0,007	0,017	0,145
S	1	0,0020	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
AG	27	0,00004	0,000	0,001	0,003	0,002	0,003	0,006	0,009
Gwdib	285	-0,0237	0,002	0,007	0,040	0,015	0,037	0,143	0,538
GWd	183	0,0010	0,003	0,005	0,013	0,008	0,013	0,043	0,162

<b>Po-210 Bq/l</b>									
Bq/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	24	0,00006	0,0001	0,0005	0,039	0,004	0,012	0,129	0,650
GS	648	0,00010	0,0007	0,0027	0,005	0,004	0,005	0,013	0,111
S	1	0,00100	0,0010	0,0010	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
AG	27	0,00002	0,0001	0,0002	0,001	0,001	0,002	0,004	0,004
Gwdib	285	0,00010	0,0016	0,0043	0,048	0,009	0,033	0,190	1,97
GWd	183	0,00050	0,0015	0,0025	0,007	0,005	0,008	0,026	0,117

<b>Ra-226 Bq/l</b>									
Bq/l	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	23	0,0009	0,001	0,002	0,021	0,009	0,029	0,058	0,190
GS	607	0,0004	0,001	0,002	0,004	0,002	0,004	0,010	0,039
S	31	0,0010	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
AG	27	0,0009	0,001	0,001	0,003	0,001	0,004	0,006	0,011
Gwdib	288	0,0005	0,003	0,010	0,049	0,019	0,030	0,148	1,29
GWd	184	*	0,003	0,009	0,016	0,016	0,021	0,031	0,065

<b>Rn-222 Bq/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	22	0,4	0,4	3,4	98	28	113	352	743
GS	647	2,0	7,0	18	45	30	52	123	633
S	31	1,0	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	9,0
AG	27	1,0	1,0	1,4	13	5,4	23	38	60
Gwdib	285	2,0	13	57	458	134	375	1708	8571
GWd	180	1,0	3,0	12	50	23	51	205	710

<b>U-234 Bq/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	24	0,004	0,009	0,034	0,31	0,07	0,18	1,1	2,9
GS	648	0,003	0,006	0,009	0,02	0,01	0,03	0,05	0,75
S	31	0,005	0,005	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
AG	27	0,005	0,005	0,005	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Gwdib	0	--	--	--	--	--	--	--	--
GWd	0	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>U-238 Bq/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	24	0,004	0,008	0,031	0,23	0,06	0,16	1,0	1,7
GS	648	0,001	0,005	0,008	0,02	0,01	0,02	0,05	0,67
S	31	0,005	0,005	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
AG	27	0,004	0,004	0,005	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Gwdib	0	--	--	--	--	--	--	--	--
GWd	0	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>U µg/l</b>	Lukumäärä	Minimi	P5	P25	Keskiarvo	Mediaani	P75	P95	Maksimi
GB	24	0,3	0,6	2,5	19	5,1	13	81	134
GS	648	0,1	0,4	0,6	1,6	1,0	1,8	3,8	54
S	31	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7
AG	27	0,3	0,3	0,4	0,7	0,5	0,9	1,5	1,6
Gwdib	288	0,005	0,02	0,3	21	1,5	6,5	93	803
GWd	184	0,005	0,02	0,07	1,3	0,2	0,7	3,8	34

### Liite 3. Kyselylomake talousveden laadusta suurille vesilaitoksille.

#### Tietoja vesihuoltolaitoksesta

Huom! Rivejä saa vapaasti lisätä, jos on jotakin lisättävää tai huomioitavaa

#### Vastaajan yhteystiedot

nimi:   
 tehtävä:   
 sähköpostiosoite:   
 puhelinnumero:

#### Yleiset tiedot

Vesihuoltolaitoksen nimi:   
 Sijaintikunta:   
 Myydyt veden määrä päivässä v. 2006:  m<sup>3</sup>/vrk  
 Vesilaitoksen veden kuluttajien lukumäärä 1.1.2006:  henkilöä  
 Vesilaitoksen käyttämien raakavesilähteiden osuudet %-eina:  
 pintavesi:  %  
 pohjavesi:  %

#### Talousveden laatua koskevat tiedot

Vedenkäsittelylaitoksen tai pohjavedenottamon nimi:

Raakavesi:  Rasti ruutuun  
 Pintavesi:   
 Pohjavesi:

	Yksikkö	Vuosi	Näyte otettu		Keskiarvo	Pienin arvo	Suurin arvo	Mediaani	Keskihajonta	Tutkittujen näytteiden lukumäärä (kpl/vuosi)
			(rasti ruutuun)	verkostoon						
			lähtevästä vedestä	hanasta						
alkaliteetti	mmol/l									
AOC (mikroobeille käyttökelpoinen hiili)	µg/l									
fosfaatti (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l									
ftalaatti	µg/l									
haju	laimennusluku									
happi	mg/l									
hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> )	mg/l									
kalsium (Ca)	mg/l									
kokonaisfosfori (kok. P)	mg/l									
kokonaisyppi (kok. N)	mg/l									
kovuus	mmol/l									
magnesium (Mg)	mg/l									
maku	laimennusluku									
molybdeeni (Mo)	µg/l									
pesäkkeiden lukumäärä (22°C)	pmy/100 ml									
sameus	NTU									
silikaatti (SiO <sub>2</sub> )	mg/l									
sinkki (Zn)	µg/l									
tina (Sn)	µg/l									
titaani (Ti)	µg/l									
TOC (orgaanisen hiilen kokonaismäärä)	mg/l									
vismutti (Bi)	µg/l									
väri	mg/l									

# PRIZZTECH

