

KEINÄNEN-TOIVOLA MINNA M.,
AHONEN MERJA H., KAUNISTO TUIJA

TALOUSVEDEN LAATU SUOMESSA VUOSINA 1984 - 2006



VESI-INSTITUUTIN JULKAISUJA 2

TALOUSVEDEN LAATU SUOMESSA VUOSINA 1984-2006

Keinänen-Toivola Minna M., Ahonen Merja H., Kaunisto Tuija

2007

Vesi-Instituutin julkaisuja 2

1. painos

Julkaisija: Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, www.vesi-instituutti.fi

Painopaikka: Karhukopio, Turku

Kansikuvat: Marko Mikkola, Prizztech Oy

Selvityksen rahoittajat: sosiaali- ja terveysministeriö, ympäristöministeriö, Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto

ISBN 978-952-99840-2-2 (nid.)

ISBN 978-952-99840-3-9 (pdf-versio)

ISSN 1796-7376

Tiivistelmä

EU:ssa ollaan valmistelemaan pakollista tuotehyväksyntäjärjestelmää talousveden kanssa kosketuksissa oleville rakennustuotteille ja niiden materiaaleille (European Acceptance Scheme, EAS). EAS:n tavoitteena on, ettei talousveteen saisi siirtyä materiaalin kontaktipinnalta terveydelle haitallisia aineita.

Selvityksen tavoitteena oli koota julkisesti saatavilla oleva tieto suomalaisesta talousveden laadusta niin talousvesiasetuksen (STM 461/2000) kuin EAS-tuotehyväksyntämenettelyn keskeisistä muuttujista vuosina 1984-2006. Selvityksessä kuvataan 72 muuttujaa, joista 48 sisältyy talousvesiasetukseen. Muita muuttujia on esitetty 24 kpl ja ne ovat keskeisiä veden teknisen laadun ja EAS-tuotehyväksyntämenettelyn kannalta. Laatutietoja verrattiin Ruotsin ja Norjan tietoihin.

Selvitys osoittaa, että talousvesiasetuksen mukaisista veden mikrobiologisista muuttujista (enterokokit, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, koliformiset bakteerit, pesäkkeiden lukumäärä) on kattavasti tietoa, ja talousvesi on hygieenisesti korkealuokkaista.

Nitraatista, nitriitistä ja ammoniumista on laajasti tietoa, ja niiden pitoisuudet ovat olleet selkeästi alle talousvesiasetuksen raja-arvojen. Hiiliyhdisteistä, mm. orgaanisen hiilen kokonaismäärästä on puutteellisesti tietoa, mutta hapettavuuden arvot ovat olleet alle suosituspitoisuuden. Mikrobikasvua rajoittavan fosforin määrittäminen on ollut satunnaista, joten fosforipitoisuuksista ei ole kattavasti tietoa.

Sekä talousvesiasetuksen vaatimusten (antimoni, arseeni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, seleeni) että suositusten alaisia metalleja (alumiini, mangaani, natrium rauta) on määritetty kattavasti ja niiden pitoisuudet ovat olleet keskimäärin alle talousvesiasetuksen raja-arvojen. Tosin rauta- ja mangaanipitoisuudet aiheuttavat alueellisesti teknis-esteettisiä ongelmia. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmään kuuluviksi ehdotetuista metalleista (molybdeeni, sinkki, tina, titaani, vismutti) pitoisuustiedot ovat puutteellisia.

Kemikaaleista ja orgaanisista yhdisteistä ei ole ollut kattavasti numeerista tietoa saatavilla, mutta toisaalta ne ovat täyttäneet talousvesiasetuksen raja-arvot. Boori-, fluoridi- ja bromaattipitoisuudet ovat olleet keskimäärin selkeästi alle raja-arvojen, tosin fluoridi voi alueellisesti aiheuttaa ongelmia.

Veden teknisistä muuttujista, joille on suosituksia talousvesiasetuksessa (pH, kloridi, sulfaatti, sähkönjohtavuus) on laajasti tietoja, mutta yleistä laatua (haju, maku, sameus, väri) kuvaavista muuttujista vähemmän. Vesilaitoksilla pH on ollut talousvesiasetuksen rajoissa (6,5-9,5), mutta pohjavedet ovat happamampia. Kloridi- ja sulfaattipitoisuudet sekä sähkönjohtavuus ovat olleet suositusten mukaisia. Suomalaiset vedet ovat happamia ja pehmeitä. Alkaliteetti on ollut n. 1 mmol/l ja kovuus n. 0,6 mmol/l. Muista EAS:n kannalta tärkeistä teknisistä muuttujista, kuten hapestasta, hiilidioksidista ja silikaatista, tietoja on vain kaivo- ja pohjavesiaineistoissa. Ruotsin ja Norjan talousvedet ovat samankaltaisia kuin Suomessa.

Selvityksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että talousvesi täyttää pääosin talousvesiasetuksessa esitetyt vaatimukset ja suositukset ja pitoisuuksista on kattavasti tietoa. Kuitenkin lisätietoa tarvitaan mm. veden teknisistä ja mikrobiologisista ominaisuuksista, jotta EU:n EAS-valmistelutyössä voidaan ottaa huomioon suomalainen veden laatu. Lisätietoa tarvitaan, koska veden laadulla on vaikutus verkostomateriaalien käyttöaikaan.

Selvityksen lyhenteitä

AOC	mikrobeille käyttökelpoinen hiili (assimilable organic carbon)
COD_{Mn}	hapettavuus, saadaan jakamalla kaliumpermanganaatin kulutus (KMnO ₄ -luku) luvulla 3,95
DOC	veteen liennut orgaaninen hiili (dissolved organic carbon)
EAS	European Acceptance Scheme. EU:ssa valmisteilla oleva tuotehyväksyntämenettely juomaveden kanssa kosketuksissa oleville materiaaleille (rakennustuotteille)
FTU	veden käsittelyssä käytetty kalibrintiyksikkö sameudelle (formazine turbidity unit)
KMnO₄-luku	kaliumpermanganaatin kulutus
MAP	mikrobeille käyttökelpoinen fosfori (microbially available phosphorus)
NTU	liuoksen sameuden mittayksikkö (nephelometric turbidity unit)
PAH	polysykliset aromaattiset hiilivedyt
PMY	pesäkettä muodostavaa yksikköä
TOC	orgaanisen hiilen kokonaismäärä (total organic carbon)

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO	11
1.1 Talusveden jakelu Suomessa.....	11
1.2 Talusveden laatuun liittyvät säädökset.....	11
1.2.1 Talusveden määritelmä.....	11
1.2.2 Juomavesidirektiivi, talusvesiasetus ja pienten yksiköiden asetus	12
1.2.3 Muuta lainsäädäntöä.....	18
1.2.4 European Acceptance Scheme, EAS	19
1.3 Talusveden laadun valvonta ja raportointi	21
1.3.1 Valvontaviranomaiset ja valvontatutkimukset	21
1.3.2 Suuret, EU:lle raportoivat vesilaitokset Suomessa.....	21
1.3.3 EU:n vedenlaadun yhteenvedot	21
1.3.4 Pohjoismaisia vedenlaatatietoja	22
1.4 Selvityksen tavoite.....	22
2 SELVITYKSEN TOTEUTUS JA SISÄLTÖ	23
2.1 Talusveden laatukuvien aineistot	23
2.1.1 Talusveden laatu vuonna 1996	23
2.1.2 Talusveden laatu vuonna 2002 ja 2003	23
2.1.3 VVY:n jäsenistölle suunnattu kysely	25
2.1.4 Tuhannen kaivon tutkimus	25
2.1.5 Pohjavesien seuranta vuosina 1969-1996.....	25
2.2 Kuvien rakenne.....	25
2.3 Vuoden 1984 aineisto Suomen talusvesien laadusta	27
2.4 Vuoden 1987 aineisto Suomen talusvesien laadusta	27
2.5 Oy Vesi-Hydro Ab:n ja Suomen Kaupunkiliiton tutkimus vuodelta 1991.....	27
2.6 Vuosien 1996-1998 raportti Suomen talusvesien laadusta	28
2.7 Norjan vedenlaatuaineisto	29
2.8 Ruotsin vedenlaatuaineisto	29
2.9 Muuntokertoimet	29
2.10 Muuttujien ominaisuuksien kuvaamiseen käytetyt pääasialliset lähteet.....	30
3 MIKROBIOLOGINEN VEDEN LAATU	31
3.1 Laatuvaatimusten alaiset	31
3.1.1 Enterokokit	31
3.1.2 <i>Escherichia coli</i>	31
3.2 Laatusuosituksen alaiset: <i>Clostridium perfringens</i>, koliformiset bakteerit ja pesäkkeiden lukumäärä	32
3.2.1 <i>Clostridium perfringens</i>	32
3.2.2 Koliformiset bakteerit.....	32
3.2.3 Pesäkkeiden lukumäärä	33
3.3 Muut mikrobit.....	33
3.3.1 Vesivälitteiset epidemioiden aiheuttajat	33
3.3.2 Biofilmit	34
4 RAVINTEET	35
4.1 Laatuvaatimusten alaiset	35
4.1.1 Nitraatti (NO ₃ ⁻)	35
4.1.2 Nitriitti (NO ₂ ⁻).....	36
4.2 Laatusuosituksen alaiset	36
4.2.1 Ammonium (NH ₄ ⁺).....	36

4.2.2	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	38
4.2.3	Hapettuvuus (COD _{Mn})	39
4.3	Muut ravinteet	40
4.3.1	Kokonaistyyppi (kokonais-N)	40
4.3.2	Mikrobeille käyttökelpoinen hiili (AOC)	40
4.3.3	Liuennut orgaaninen hiili (DOC)	40
4.3.4	Fosfaatti (PO ₄ ³⁻)	41
4.3.5	Kokonaisfosfori (kokonais-P)	41
5	METALLIT	42
5.1	Laatuvaatimusten alaiset metallit	42
5.1.1	Antimoni (Sb)	42
5.1.2	Arseeni (As)	43
5.1.3	Elohopea (Hg)	44
5.1.4	Kadmium (Cd)	44
5.1.5	Kromi (Cr)	45
5.1.6	Kupari (Cu)	46
5.1.7	Lyijy (Pb)	47
5.1.8	Nikkeli (Ni)	48
5.1.9	Seleen (Se)	49
5.2	Laatusuositusten alaiset metallit	50
5.2.1	Alumiini (Al)	50
5.2.2	Mangaani (Mn)	51
5.2.3	Natrium (Na)	52
5.2.4	Rauta (Fe)	53
5.3	Muut metallit	54
5.3.1	Molybdeeni (Mo)	54
5.3.2	Sinkki (Zn)	55
5.3.3	Tina (Sn)	56
5.3.4	Titaani (Ti)	56
5.3.5	Vismutti (Bi)	57
6	KEMIKAALIT JA ORGAANISET YHDISTEET	58
6.1	Laatuvaatimusten alaiset	58
6.1.1	Akryyliamidi	58
6.1.2	Bentseeni	58
6.1.3	Bentso(a)pyreeni	59
6.1.4	1,2-dikloorietaani	60
6.1.5	Epikloorihydriini	60
6.1.6	Kloorifenolit	61
6.1.7	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)	62
6.1.8	Syanidit	62
6.1.9	Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni	63
6.1.10	Torjunta-aineet	63
6.1.11	Trihalometaanit	63
6.1.12	Vinyylikloridi	64
6.2	Muut kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet	65
6.2.1	Ftalaatit	65
7	EPÄMETALLIT	66
7.1	Laatuvaatimusten alaiset	66
7.1.1	Boori (B)	66
7.1.2	Bromaatti (BrO ₃ ⁻)	66

7.1.3 Fluoridi (F ⁻)	67
8 VEDEN TEKNINEN LAATU	69
8.1 Laatusuositusten alaiset	69
8.1.1 pH	69
8.1.2 Kloridi (Cl ⁻)	70
8.1.3 Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	71
8.1.4 Sähkönjohtavuus	72
8.1.5 Haju ja maku	73
8.1.6 Sameus	74
8.1.7 Väriluku	75
8.2 Muita tekniseen laatuun vaikuttavia muuttujia	76
8.2.1 Alkaliteetti	76
8.2.2 Kovuus	77
8.2.3 Kalsium (Ca)	79
8.2.4 Magnesium (Mg)	80
8.2.5 Silikaatti (SiO ₂)	80
8.2.6 Happi (O ₂)	81
8.2.7 Hiilidioksidi (CO ₂)	82
9 RADIOAKTIIVISUUS	83
9.1 Laatuvaatimusten alaiset	83
9.1.1 Tritium (³ H)	83
9.1.2 Viitteellinen kokonaisannos	83
9.2 Muut radioaktiiviset aineet	83
9.2.1 Kokonaisalfa (Kokonais-α)	83
9.2.2 Radon (Rn)	84
10 YHTEENVETO	85
10.1 Julkiset talousveden laatutiedot	85
10.2 Talousveden laatu Suomessa	86
11 POHDINTA	89
12 JATKOTUTKIMUSTARPEET	91
Lähdeluettelo	92
Liitteet	96

1 Johdanto

1.1 Talusveden jakelu Suomessa

Suomessa keskitetyn veden jakelun piirissä oli vuonna 2001 90 % väestöstä (5 169 000) eli 4 654 000 henkeä (Valtion ympäristöhallinto 2005). Omien kaivojen varassa olevia talouksia on Suomessa myös vielä suuri joukko. Vesilaitoskenttä on Suomessa hyvin hajanainen. Jos koko vesihuollon volyyymi jaetaan neljään osaan, yhdestä neljänneksestä vastaa viisi suurinta vesilaitosta, joiden liikevaihto on yli 25 miljoonaa euroa/laitos ja henkilökuntaa on 100-350 henkeä/laitos. Seuraavasta neljänneksestä vastaa noin 30 laitosta, joiden liikevaihto on 4-25 miljoonaa euroa/laitos ja työntekijöitä on 25-100 henkeä/laitos. Lähes 200 laitosta kattaa seuraavan neljänneksen vesihuollon volyyymista ja niiden liikevaihto on 0,4-4 miljoonaa euroa/laitos ja työntekijöitä on 3-25 henkeä/laitos. Loput, neljäsosan vesihuollon volyyymista kattavat noin 800 pientä laitosta, joiden liikevaihto on alle 400 000 euroa/laitos ja joissa on työntekijöitä 0-3 henkeä/laitos. Suomessa jaettavan talusveden valmistuksessa käytetään raakavetenä pinta-, pohja- ja tekopohjavesiä. Isot laitokset ovat pääosin pintavesilaitoksia (noin 70 kappaletta). Tekopohjavesilaitoksia on joitakin kymmeniä. Loput ovat pääasiassa pohjavettä käyttäviä pieniä laitoksia. Näitä laitoksia on laskutavasta riippuen yhteensä 1000-1600 kpl. Jaetusta vedestä pintaveden osuus veden jakelusta vuonna 2001 oli 39 % ja pohjaveden sekä tekopohjaveden osuus 61 % jaetusta 408 milj. m³ vuodessa (Valtion ympäristöhallinto 2005). Vuonna 1994 Ruotsissa toimi 2130 kunnallista vesilaitosta, jotka tuottivat yhteensä 953 miljoonaa kuutiometriä vettä. Veden käyttäjinä oli 7 622 000 henkilöä. Ruotsin talusvesistä 57 % oli pintavettä, 21 % tekopohjavettä, 19 % pohjavettä ja 3 % sekoitettua vettä (Svenska vatten- och avloppsverksförening 1996).

Vesilaitosten jakama talusvesi on Suomessa yleensä hygieenisesti korkealaatuista. Talusveden laatuun vaikuttavat useat tekijät kuten raakavesi (maaperä, valuma-alue), veden käsittelytekniikat (esim. saostus, suodatus, desinfiointi), verkosto (materiaalit, biofilmit) ja käyttötavat (veden juoksutus). Raakavesinä käytettävät pintavedet sisältävät yleensä vähän mineraalisuoloja mutta runsaasti humusta. Pintavedet käsitelläänkin aina ennen vesijohtoverkoston johtamista, koska pintaveden laatu ei sellaisenaan täytä talusvedelle asetettuja vaatimuksia ja suosituksia. Suomessa käytetään pohjavettä sen hyvän hygieenisen laadun ansiosta usein sellaisenaan etenkin pienissä vesilaitoksissa. Vaikka talusvesi olisi laadultaan moitteetonta lähtiessään vesilaitokselta verkostoon, veden laatu voi heiketä huomattavasti verkostossa mm. korroosion, biofilmiä muodostumisen tai materiaaleista liukenevien aineiden seurauksena. Metallien korroosio on elektrokemiallinen prosessi, jossa tapahtuu katodinen pelkistyminen ja anodinen metallin hapettuminen. Biofilmit muodostuvat mikrobien kiinnittyessä talusveden kanssa kosketuksissa oleviin pintoihin. Materiaaleista liukenevat aineet ovat peräisin joko materiaalista itsestään tai valmistusprosessissa käytettyjen orgaanisten kemikaalien jäämistä valmiissa tuotteessa. Osa liuenneista aineista voi olla mikrobiravinteita kun taas toiset voivat olla mikrobikasvua estäviä aineita eli biosidejä tai mikrobikasvua hillitseviä eli biostaattisia. Talusvesiasetuksen antamissa rajoissa veden laatu voi vaihdella huomattavasti.

1.2 Talusveden laatuun liittyvät säädökset

1.2.1 Talusveden määritelmä

Talusvedellä tarkoitetaan Terveystieteiden tutkimuskeskuksen (793/1994, 5. luku) mukaan ”1) kaikkea vettä, joka on tarkoitettu juomavedeksi, ruoan valmistukseen tai muihin kotitaloustarkoituksiin riippumatta siitä, toimitetaanko vesi jakeluverkon kautta, tankeissa,

pulloissa tai säiliöissä; sekä 2) kaikkea vettä, jota elintarvikealan yrityksissä käytetään elintarvikkeiden valmistukseen, jalostukseen, säilytykseen ja markkinoille saattamiseen” (Eduskunta 1994). Talousvettä ei ole luonnon kivennäisvesi eikä lääkinnällisiin tarkoituksiin käytetty vesi. Talousvedestä käytetään epävirallisissa yhteyksissä usein myös nimitystä juomavesi. Talousvetenä käytetty vesi ei saa aiheuttaa terveydellistä haittaa. Talousveden on oltava myös muuten käyttötarkoitukseensa soveltuvaa, eikä se saa aiheuttaa haitallista syöpmistä tai haitallisten saostumien syntymistä vesijohdoissa ja vedenkäyttölaitteissa.

1.2.2 Juomavesidirektiivi, talousvesiasetus ja pienten yksiköiden asetus

Juomavesidirektiivi

EU:n juomavesidirektiivi 98/83/EY (Euroopan unionin neuvosto 1998) määrittelee talousveden terveydellisen laadun minimivaatimukset EU:n alueella. Direktiivin tavoitteena on suojella juomaveden käyttäjien terveyttä Euroopan Unionin alueella ja varmistaa, että vesi on esteettisesti puhdasta eikä siinä ole epämiellyttävää makua, hajua tai väriä. Juomavesidirektiivissä on 48 mikrobiologista ja kemiallista muuttujaa, joita tulee seurata ja mitata säännöllisesti. Juomavesidirektiivin raja-arvot pohjautuvat Maailman terveysjärjestön, WHO:n ohjeisiin (WHO 2004). Jäsenmaiden tulee vaatia juomavedeltään vähintään direktiivissä asetetut vaatimukset ja suositukset, mutta myös kansallisten lisämääräysten asettaminen on mahdollista. Juomavesidirektiiviä ollaan uusimassa lähivuosina.

Talousvesiasetus

Suomessa talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset määritellään sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000 (”talousvesiasetus”) (Sosiaali- ja terveysministeriö 2000), joka pohjautuu juomavesidirektiiviin. Talousvesiasetus koskee kaikkea vettä, jota 1) toimitetaan käytettäväksi vähintään 10 m³ päivässä tai 50 henkilön tarpeisiin, 2) käytetään elintarvikealan yrityksessä ihmisten käyttöön tarkoitetuissa tuotteissa tai 3) käytetään osana julkista ja kaupallista toimintaa. Talousvesiasetus määrittelee veden vähimmäisvaatimukset ja se sisältää laatuvaatimuksia ja -suosituksia niin mikrobiologisille, kemiallisille, teknisille kuin radioaktiivisille muuttujille (Taulukko 1). Laatuvaatimusten täyttymistä tarkastellaan talousvettä toimittavan laitoksen jakeluverkostossa siinä kohtaa, jossa vesi otetaan käyttäjän hanasta. Talousvettä toimittava laitos on vastuussa laatuvaatimusten täyttymisestä kiinteistön vesijohtoon liittämiskohtaan saakka. Kiinteistön omistaja vastaa siitä, että veden laatu ei heikkene kiinteistön verkostoissa siinä määrin, että vesi ei laadultaan ole määräykset täyttävää. Talousvesiasetuksessa on tiukemmat raja-arvot kloridille ja sulfaatille verrattuna juomavesidirektiiviin, tarkoituksena on ehkäistä veden syövyttävyyttä (Taulukko 1, huomautukset^h ja ^o). Talousvesiasetuksessa on kloorifenoleille vaatimuspitoisuus, jota ei ole lainkaan juomavesidirektiivissä.

Taulukko 1. Talousvesiasetuksessa (461/2000) esitetyt vaatimukset ja suositukset sekä muut tämän selvityksen muuttujat, jotka eivät sisälly talousvesiasetukseen.

Muuttuja	Maksimi-pitoisuus	Yksikkö	Vaatimus, suositus tai muuttujalla ei ole raja-arvoa
akryyliamidi ^a	0,10	µg/l	vaatimus
alkaliteetti	-	mmol/l	ei raja-arvoa
alumiini (Al)	200	µg/l	suositus
ammonium (NH ₄ ⁺)	0,50	mg/l	suositus
antimoni (Sb)	5,0	µg/l	vaatimus
arseeni (As)	10	µg/l	vaatimus
bentseeni	1,0	µg/l	vaatimus
bentso(a)pyreeni	0,010	µg/l	vaatimus
biofilmit	-	esim. pmy/cm ²	ei raja-arvoa
boori (B)	1,0	mg/l	vaatimus
bromaatti (BrO ₃ ⁻) ^b	10	µg/l	vaatimus
<i>Clostridium perfringens</i> ^c	0	pmy/100ml	suositus
1,2- dikloorietaani	3,0	µg/l	vaatimus
elohopea (Hg)	1,0	µg/l	vaatimus
enterokokit	0	pmy/100ml	vaatimus
epikloorihydriini ^a	0,10	µg/l	vaatimus
<i>Escherichia coli</i>	0	pmy/100ml	vaatimus
fluoridi (F ⁻)	1,5	mg/l	vaatimus
fosfaatti (PO ₄ ³⁻)	-	mg/l	ei raja-arvoa
ftalaatit	-	µg/l	ei raja-arvoa
haju ja maku ^d		ei yksikköä	suositus
hapettuvuus (COD _{Mn}) ^e	5,0	mg/l	suositus
happi (O ₂)	-	%	ei raja-arvoa
hiilidioksidi (CO ₂)	-	mg/l	ei raja-arvoa
kadmium (Cd)	5,0	µg/l	vaatimus
kalsium (Ca)	-	mg/l	ei raja-arvoa
kampylobakteerit	-	esim. pmy/ 100 ml	ei raja-arvoa
kloorifenolit yhteensä ^f	10	µg/l	vaatimus
kloridi (Cl ⁻) ^{g, h}	250	mg/l	suositus
kokonais-alfa (kokonais-α)	-	Bq/l	ei raja-arvoa
kokonaisfosfori (kokonais-P)	-	mg/l	ei raja-arvoa
kokonaistyppeä (kokonais-N)	-	mg/l	ei raja-arvoa
koliformiset bakteerit	0	pmy/100ml	suositus
kovuus	-	mmol/l	ei raja-arvoa
kromi (Cr)	50	µg/l	vaatimus
kupari (Cu) ⁱ	2000	µg/l	vaatimus

legionellat	-	esim. pmy/ 100 ml	ei raja-arvoa
liuennut orgaaninen hiili (DOC)	-	mg/l	ei raja-arvoa
lyijy (Pb) ⁱ	10	µg/l	vaatimus
magnesium (Mg)	-	mg/l	ei raja-arvoa
mangaani (Mn)	50	µg/l	suositus
mikrobeille käyttökelpoinen hiili (AOC)	-	µg/l	ei raja-arvoa
molybdeeni (Mo)	-	µg/l	ei raja-arvoa
natrium (Na)	200	mg/l	suositus
nikkeli (Ni) ⁱ	20	µg/l	vaatimus
nitraatti (NO ₃ ^{-j})	50	mg/l	vaatimus
nitriitti (NO ₂ ^{-j})	0,5	mg/l	vaatimus
norovirukset	-	esim. kpl/ 100 ml	ei raja-arvoa
orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) ^{k, l}	-	mg/l	suositus
pesäkkeiden lukumäärä (22°C) ^k	-	pmy/100 ml	suositus
pH ^g	6,5-9,5	ei yksikköä	suositus
polysykliset aromaattiset hiilivedyt ^m	0,10	µg/l	vaatimus
radon (Rn)	-	Bq/l	ei raja-arvoa
rauta (Fe)	0,2	mg/l	suositus
sameus ^{d, n}	-	NTU	suositus
seleeni (Se)	10	µg/l	vaatimus
silikaatti (SiO ₂)	-	mg/l	ei raja-arvoa
sinkki (Zn)	-	µg/l	ei raja-arvoa
sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ^{g, o}	250	mg/l	suositus
syanidit	50	µg/l	vaatimus
sähkönjohtavuus ^g	250	mS/m	suositus
tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni, yht.	10	µg/l	vaatimus
tina (Sn)	-	µg/l	ei raja-arvoa
titaani (Ti)	-	µg/l	ei raja-arvoa
torjunta-aineet ^{p, q}	0,10	µg/l	vaatimus
torjunta-aineet yhteensä ^p	0,50	µg/l	vaatimus
trihalometaanit yhteensä ^{b, r}	100	µg/l	vaatimus
tritium (³ H) ^s	100	Bq/l	suositus
viitteellinen kokonaisannos ^s	0,10	mSv/v	suositus
vinyylikloridi ^a	0,50	µg/l	vaatimus
vismutti (Bi)	-	µg/l	ei raja-arvoa
väri ^d	-	mg/l	suositus

- ei raja-arvoa

^a pitoisuus lasketaan käytetystä polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoavasta tai liukenevasta määrästä

^b desinfiointitehoa heikentämättä pyrittävä alempaan pitoisuuteen

^c mitataan, jos raakavesi on pintavettä

^d käyttäjien hyväksyttävissä eikä epätavallisia muutoksia

^c jos mitataan TOC, ei välttämättä tarvitse mitata
^f tri-, tetra- ja pentakloorifenoli
^g vesi ei saa olla syövyttävää
^h vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulisi olla alle 25 mg/l
ⁱ näyte käyttäjän hanasta, pitoisuus vastaamaan viikoittaista keskiarvoa
^j nitriitin enimmäispitoisuus vesilaitokselta lähtevässä vedessä 0,10 mg/l.
 Nitraattipitoisuus/50+nitriittipitoisuus/3 ei saa ylittää arvoa 1
^k ei epätavallisia muutoksia
^l jos määritetty hapettavuus ja veden jakelumäärä on alle 10 000 m³/d ei tarvitse mitata
^m bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni, indaani-(1,2,3-cd)-pyreeni
ⁿ pintavesilaitokselta lähtevän veden sameuden tulisi olla alle 1 NTU
^o vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi sulfaattipitoisuuden tulisi olla alle 150 mg/l
^p orgaanisia hyönteis-, rikkaruoho-, sieni-, ankerois-, punkki-, levä-, ja jyräjämyrkkyjä, orgaanisia limantorjunta-aineita sekä muita vastaavia tuotteita ja niiden metabolia, hajoamis- ja reaktiotuotteita
^q aldiinin, dieldriinin, heptakloorin ja heptaklooriepoksidin raja-arvo 0,030 µg/l
^r kloroformi, bromoformi, bromidikloorimetaani, dibromikloorimetaani
^s tritiumin ja radioaktiivisuuden viitteellistä kokonaisannosta ei tarvitse mitata, mikäli aiempien tutkimusten perusteella tiedetään arvojen olevan selvästi alle muuttujien arvon. Viitteelliseen kokonaisannokseen ei lasketa radonia eikä radonin hajoamistuotteita, tritiumia eikä kalium 40:tä

Pienten yksiköiden asetus

Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut asetuksen myös pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (401/2001) (Sosiaali- ja terveysministeriö 2001). Pienten yksiköiden asetus koskee 1) laitoksia, jotka toimittavat talousvettä vähemmän kuin 10 m³ päivässä tai alle 50 henkilön tarpeisiin, 2) elintarvikeyrityksiä, joihin ei sovelleta talousvesiasetusta 461/2000 ja 3) yksittäisten talouksien kaivoja. Laatuvaatimusten ja laatusuosituksen raja-arvot ovat osittain erilaisia talousvesiasetuksessa ja asetuksessa pienten yksiköiden talousveden laadusta. Talousvesiasetuksessa on annettu raja-arvot 51 muuttujalle, joista 17 raja-arvoa poikkeaa pienten yksiköiden asetuksessa (Taulukko 2). Ammoniumtyypen ja kloridin raja-arvot ovat matalammat pienille yksiköille. Talousvesiasetuksesta poiketen raja-arvoa ei ole asetettu lainkaan pienten yksiköiden talousvesien muuttujille: *Clostridium perfringens*, natrium, orgaanisen hiilen kokonaismäärä, pesäkkeiden lukumäärä, tritium ja viitteellinen kokonaisannos. Toisaalta radonille on raja-arvo pienten yksiköiden asetuksessa, muttei talousvesiasetuksessa. Sameudelle, väriluvulle sekä hajulle ja maulle on erilaiset kriteerit talousvesiasetuksessa ja pienten yksiköiden asetuksessa. Pienten yksiköiden asetuksessa yksittäisten talouksien käyttämille kaivovesille on löyhemmät kriteerit kuin muille pienille vesilaitoksille seuraavissa muuttujissa: koliformiset bakteerit, mangaani, radon ja rauta. Arseenin ja fluoridin raja-arvot ovat korkeammat pienten laitosten sellaiselle vedelle, joka ei tule juomavesi- eikä elintarvikekäyttöön.

Taulukko 2. Pienten yksiköiden talousveden (401/2001) laatumääräysten erot verrattuna talousvesiasetukseen (461/2000).

Muuttuja	Pienten yksiköiden talousveden (401/2001) maksimipitoisuus	Talousvesikaivon[#] veden maksimipitoisuus
ammoniumtyppi (NH ₄ ⁺)	0,40 mg/l	sama
arseeni (As)	(20 µg/l) ^a	sama
<i>Clostridium perfringens</i>	ei raja-arvoa	sama
fluoridi (F ⁻)	(5,0 mg/l) ^a	sama
haju ja maku	^b	sama
kloridi (Cl ⁻)	100 mg/l	sama
koliformiset bakteerit	ei eroa	100 pmy/100ml
mangaani (Mn)	ei eroa	100 µg/l
natrium (Na)	ei raja-arvoa	sama
orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	ei raja-arvoa	sama
pesäkkeiden lukumäärä	ei raja-arvoa	sama
radon (Rn)	300 Bq/l	1000 Bq/l
rauta (Fe)	ei eroa	400 µg/l
sameus	1,0 NTU	sama
tritium (³ H)	ei raja-arvoa	sama
viitteellinen kokonaisannos	ei raja-arvoa	sama
väriluku	5	sama

[#] 401/2001 1§, 3. kohta, talousvesi, jota yksittäiset taloudet käyttävät omaan vedenhankintaansa sama: 1 §:n 3 kohdan talousvedelle sama määräys kuin muillekin pienille yksiköille

^a talousvedelle, jota ei juoda tai joka ei päädy suoraan elintarvikkeeseen tai joka ei suoraan joudu kosketuksiin elintarvikkeiden kanssa elintarvikkeiden valmistuksen, jalostuksen, säilytyksen ja markkinoille saattamisen yhteydessä

^b ei selvää vierasta hajua tai makua

ei raja-arvoa: ei määräyksiä pienten yksiköiden päätöksessä mutta raja-arvo talousvesiasetuksessa ei eroa: raja-arvo on sama talousvesiasetuksessa ja pienten yksiköiden asetuksessa.

Muutokset säädöksissä

Talousveden laatumääräykset ovat osittain muuttuneet vuosien varrella. Taulukossa 3 on esitetty STM:n päätöksen vuodelta 1994 pitoisuuksien raja-arvojen erot verrattuna STM:n asetuksen vuodelta 2000 Taulukossa 1 esitettyjen muuttujien osalta. STM:n 1994 päätöksessä kaikki raja-arvot olivat laatuvaatimuksia, kun nykyään voimassa olevassa asetuksessa vuodelta 2000 on sekä laatuvaatimuksia että –suosituksia.

Taulukko 3. Erot talousveden laatuvaatimuksissa STM päätöksessä vuodelta 1994 (STMp 74/94) ja STM asetuksessa vuodelta 2000 (STM 461/2000).

Muuttuja	STMp 74/94	STM 461/2000	yksikkö
akryyliamidi	0,5	0,1	µg/l
alkaliteetti	0,5 ^a	-	mmol/l
bentseeni	10	1	µg/l
bentso(a)pyreeni	-	0,01	µg/l

boori (B)	0,3	1	mg/l
bromaatti (BrO ₃ ⁻)	25	10	µg/l
<i>Clostridium perfringens</i>	-	0	pmy/100ml
1,2-dikloorietaani	30	3	µg/l
epikloorihydriini	0,4	0,1	µg/l
fosfaatti (PO ₄ ³⁻)	0,1 (PO ₄ -P)	-	mg/l
haju ja maku	<2/12 °C; < 3/25 °C	ei epätav. muutoksia, käytt. hyväks.	ei yksikköä
hapettavuus (vst. COD _{Mn})	3	5	mg/l
kalsium (Ca)	100	-	mg/l
kloridi (Cl ⁻)	100	250	mg/l
kovuus	1,5 ^a	-	mmol/l
kupari (Cu)	1	2	mg/l
magnesium (Mg)	50	-	mg/l
molybdeeni (Mo)	70	-	µg/l
natrium (Na)	150	200	mg/l
nitraatti (NO ₃ ⁻)	25	50	mg/l
nitriitti (NO ₂ ⁻)	0,1	0,5	mg/l
pesäkkeiden lukumäärä (22 °C)	(22 °C, 72 h) < 100	ei epätav. muutoksia	pmy/ml
	(37 °C, 48 h) <10		
polysykliset arom. hiilivedyt (PAH)	0,2	0,1	µg/l
sameus	<4	ei epätav. muutoksia, käytt. hyväks.	NTU
sinkki (Zn)	3	-	mg/l
sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	150	250	mg/l
sähkönjohtavuus	40	250	mS/m
tetrakloorieteeni	40	-	µg/l
tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni, yht.	-	10	µg/l
trikloorieteeni	70	-	µg/l
trihalometaanit yht.	-	100	µg/l
tritium (³ H)	-	100	Bq/l
viitteellinen kokonaisannos	-	0,1	mSv/v
vinyylidikloridi	5	0,5	µg/l
väri	<15	ei epätav. muutoksia, käytt. hyväks.	mg Pt/l

^a alin sallittu pitoisuus talousvedelle joka pehmennetty
- ei vaatimusta

Juomavesidirektiivissa 1980 (80/778/ETY) ja sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (STMp 74/94) oli eroja, jotka tulee huomioida arvioitaessa laatuvaatimusten täyttymistä 1996-1998 (Taulukko 4).

Taulukko 4. Erot talousveden laatuvaatimuksissa juomavesidirektiivissä vuodelta 1980 (Direktiivi 80/778/ETY) ja STM:n päätöksessä talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1994 (STMp 74/94)

Muuttuja	Direktiivi 80/778/ETY	STMp 74/94	yksikkö
antimoni (Sb)	10	5	µg/l
arseeni (As)	50	10	µg/l
fosfori (P)	5000 (P ₂ O ₅)	100 (PO ₄)	µg/l
hapettuvuus (COD _{Mn})	5	3	mg/l
lyijy (Pb)	50	10	µg/l
nikkeli (Ni)	50	20	µg/l
nitraatti (NO ₃ ⁻)	50	25	mg/l
sulfaatit (SO ₄ ²⁻)	250	150	mg/l
väri	20	<15	mg/l Pt/Co

1.2.3 Muuta lainsäädäntöä

EU-säädökset ja dokumentit

Muita EU-säädöksiä ja dokumentteja, jotka vaikuttavat talousveden laatuun ovat mm.:

- Rakennustuotedirektiivi 89/106/ETY (Euroopan unionin neuvosto 1988), muutos 93/68/ETY (Euroopan unionin neuvosto 1993)
- Euroopan parlamentin ja neuvoston biosidivalmisteita koskeva direktiivi 98/8/EY (Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto 1998)
- ”European Acceptance Scheme” (EAS) -tuotehyväksyntämenettely
- Mandaatti M 136 rev. 1. Revised mandate M 136 to CEN/CENELEC concerning the execution of standardization work for harmonized standards on Construction products in contact with water intended for human consumption. 6.4.2006
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH) (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2006), tulee voimaan kesäkuussa 2007

Kotimainen muu lainsäädäntö

Kotimainen lainsäädäntö on usein EU-säädösten sisällyttämistä kotimaiseen lainsäädäntöön. Muuhun kotimaiseen lainsäädäntöön kuuluvat mm.

- Valtioneuvoston päätös juomaveden valmistamiseen tarkoitetun pintaveden laatuvaatimuksista ja tarkkailusta (366/1994) (Valtioneuvosto 1994)
- Valtioneuvoston asetus biosidivalmisteista (466/2000) (Valtioneuvosto 2000)
- Vesihuoltolaki (119/2001) (Eduskunta 2001)
- Laki rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 132/1999 (Eduskunta 1999). Tällä lailla implementoidaan mm. suurelta osin rakennustuotedirektiivi.
- Ympäristöministeriön asetus kupariputkien tyyppihyväksynnästä (Ympäristöministeriö 2006a)
- Ympäristöministeriön asetus sulkuventtiilien tyyppihyväksynnästä (Ympäristöministeriö 2006b)
- Ympäristöministeriön asetus vesikalusteiden tyyppihyväksynnästä (Ympäristöministeriö 2006c)
- D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistoista: määräykset ja ohjeet 2007 (Ympäristöministeriö 2007)

1.2.4 European Acceptance Scheme, EAS

EU:ssa ollaan valmistelemaan juomavesidirektiiviin (98/83/EY) ja rakennustuotedirektiiviin (89/106/EEC) pohjautuvaa pakollista ”European Acceptance Scheme” (EAS) - tuotehyväksyntämenettelyä. EAS tulee koskemaan uusiin järjestelmiin asennettavia, juomaveden kanssa kosketuksissa olevia rakennustuotteita (materiaaleja). EAS:n tavoitteena on myös purkaa kaupan esteitä ja edistää vapaata kilpailua. Nykymenttelyllä tuotteet testataan kansallisten vaatimusten mukaisesti erikseen eri maissa. Jatkossa tuotteet tullaan hyväksymään yhteisillä pelisäännöillä koko EU:n alueella. Tuotteissa voidaan käyttää vain turvallisiksi todettuja materiaaleja, ja itse tuote testataan standardisoiduilla menetelmillä mm. haitallisten aineiden liukenemisen tai biofilmien muodostumisen osoittamiseksi. Metallituotteista mahdollisesti liukenevia, mitattavia 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. EAS:n mukaiset suunnitellut testaukset eri materiaaleille on esitetty Taulukossa 5. EAS- positiivilistat ja -koostumislisat sisältävät kaikki valmistuksessa käytetyt sallitut aineet, joille on tehty toksikologinen arviointi. Vierasaineet ovat tuotteen koostumukseen kuulumattomia aineita, joita tuotteeseen voi päätyä esim. valmistusprosessin epäpuhtautena.

EAS-tuotehyväksyntämenettelyssä materiaalit tullaan testaamaan tarkasti määritellyissä olosuhteissa ennalta määrätyn testivesin. Osa testeistä voidaan suorittaa testauslaboratorion hanasta otetulla talousvedellä, kun taas osa testeistä tehdään synteettisillä vesillä. Taulukossa 6 on esitetty metalliseoksille suunnitellut kolme erilaista testivettä, joissa tulee huomioida pH, alkaliteetti, kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ja orgaanisen hiilen kokonaismäärä. On tärkeää, että testivesiä määritettäessä huomioitaisiin eurooppalaisten vesien laadut ja niiden erot. Tarvitaan tietoa talousveden laadusta, jotta voidaan arvioida synteettisillä vesillä testattujen materiaalien käyttäytymistä todellisissa käyttöolosuhteissa. Orgaanisten materiaalien testauksissa tehdään migraatiokokeita, joissa määritetään aineiden liukenemista veteen. Testeissä saadut tulokset pyritään muuttamaan todellisia olosuhteita vastaaviksi käyttämällä muunnoskertoimia. Hyväksymismenettelyssä huomioidaan mm. pinta-alan suhde vesitilavuuteen. EAS-järjestelmää on tarkemmin kuvattu Vesi-Instituutin julkaisemassa EAS-asiantuntijaseminaarin julkaisussa (Vesi-Instituutti 2006), joka on sähköisenä saatavissa osoitteesta www.vesi-instituutti.fi. Suomessa ei ole toistaiseksi olemassa EAS:n kaltaista hyväksymismenettelyä kaikille talousveden kanssa kosketuksissa oleville materiaaleille.

Taulukko 5. EAS-hyväksynnän edellyttämät testaukset eri materiaaleille.

EAS-vaatimustenmukaisuus- kriteerit	orgaaniset ¹	metalliset	sementti- pohjaiset ²	lasipohjaiset
EAS-positiivilista	+		+	
EAS-koostumuslista		+	+	+
Aistinvaraiset testit				
- haju ja maku	+		+	
- väri ja sameus	+		+	
Yleisen hygienian arviointi				
- TOC	+		+	
- kloorin kulutus	+			
- pintajäämät (metallit)		+		
Terveysriskin aiheuttavat aineet				
- juomavesidirektiivin muuttajat	+	+	+	+
- EAS-positiivilistan aineet	+		+	
- vieraat aineet (GC/MS)	+		+	
- koostumuksen määrittäminen/ EAS-koostumuslista		+		+
Vaikutus mikrobikasvuun	+		+	

¹ Poikkeukset ovat mahdollisia erityistapauksissa

² Tarvittavat testit riippuvat koostumuksesta

Taulukko 6. Ehdotetut testivedet metalliseosten pitkäaikaiskäyttämiseen EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmässä (ehdotus 22.6.2006).

Testivesityyppi	pH	Alkaliteetti (HCO₃⁻-pit.) mmol/l)	Cl⁻ ja SO₄²⁻ yhteensä (mmol/l)	TOC (mg/l)
Hyvin kova, neutraali vesi	7,3 ± 0,2	> 5,0	> 3	> 1,5
Pehmeä, hieman hapan vesi	6,9 ± 0,2	0,5 – 1,3		
Pehmeä, alkalinen vesi	8,2 ± 0,2	0,7 – 1,3		

Talovesien laatu on keskittynyt terveysperusteisiin muuttujiin, kun taas veden teknisiin ominaisuuksia, kuten syövyttävyyttä mitataan vähemmän. Talovesiasetuksessa todetaan ”...eikä se saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai haitallisten saostumien syntymistä vesijohdoissa ja vedenkäyttölaitteissa”, mutta pitoisuusmääräyksiä ei ole annettu mm. alkaliteetin tai kovuuden suhteen. EAS-järjestelmän myötä veden teknisten ominaisuuksien merkitys kasvaa. EAS-testauksissa käytettävän veden laatu on ratkaiseva paitsi tulosten, myös kokeiden toistettavuuden kannalta. Testivesien laadun yksilöimiseksi tullaan käyttämään myös muuttujia, joille ei ole asetettu vaatimuksia tai suosituksia direktiivissä.

Talovesiasetuksen lisäksi on annettu useita erilaisia epävirallisia suosituksia mm. talovesien syövyttävyyden ehkäisemiseksi (Taulukko 7). Korroosion estämiseksi on Norjassa annettu suositukset juomaveden laadulle: pH-arvo 8,0-9,0; alkaliteetti 0,6-1,0 mmol/l; kovuus 15-25 mg Ca/l (0,4-0,6 mmol/l) (Mattilsynet 2005).

Taulukko 7. Vesi- ja viemäriulaitosyhdistyksen ja Suomen Kuntaliiton suositukset vesijohtoveden syövyttävyyden vähentämiseksi (Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2001).

Muuttuja	Suositus >
pH-arvo	7,5
alkaliteetti	0,6 mmol/l
kalsium (Ca)	10 mg/l
happi (O ₂)	2 mg/l
alkaliteetti (mmol/l)	
(sulfaatti (mg/l)/48) + (kloridi (mg/l)/35,5)	1,5

1.3 Talousveden laadun valvonta ja raportointi

1.3.1 Valvontaviranomaiset ja valvontatutkimukset

Talousveden laatua Suomessa valvovat kuntien terveydensuojeluviranomaiset. Säännöllinen valvonta sisältää jatkuvaa valvontaa ja jaksoittaista seuranta. Jatkuvalla valvonnalla hankitaan tietoa veden laadusta, talousveden käsittelyn tehokkuudesta ja laatuvaatimuksen täyttymisestä. Jaksoittaisessa seurannassa selvitetään, täyttääkö talousvesi asetuksen liitteen I mukaiset vaatimukset ja suositukset. Jatkuvassa valvonnassa tulee vähintään määrittää haju, maku, sameus, väri, pH, sähkönjohtavuus, rauta, mangaani, nitriitti (kun desinfioinnissa käytetään klooriamiinia), alumiini (veden käsittelyssä alumiiniyhdisteitä tai raakavedessä runsaasti), ammonium, *Clostridium perfringens* (kun raakavesi pintavettä), *Escherichia coli* ja koliformiset bakteerit sekä valvontatutkimusohjelmaan sisällytetyt lisämääritykset. Valvontaviranomaisen tulee laatia yhteistyössä talousvettä toimittavan laitoksen kanssa säännöllistä valvontaa varten laitoskohtainen valvontatutkimusohjelma, joka sisältää laitoksen omaa käytötarkkailua ja elintarvikealan yrityksen omaa valvontaa.

1.3.2 Suuret, EU:lle raportoivat vesilaitokset Suomessa

Kunnan terveydensuojeluviranomaiset toimittavat suurten vesilaitosten (yli 1000 m³/d tai yli 5000 henkeä) veden laatutiedot lääninhallituksille kutakin kalenterivuotta seuraavan kolmen kuukauden kuluessa. Lääninhallitukset laativat tuloksista yhteenvedon ja toimittavat tiedot Kansanterveyslaitokselle (KTL). KTL laatii kolmen vuoden välein kansallisen raportin Euroopan komissiolle. Raportin on viime vuosina julkaissut Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV). Suuria vesilaitoksia Suomessa on n. 170 kpl, jotka toimittavat vettä noin 3,8 miljoonalle käyttäjälle eli 73 %:lle väestöstä (Zacheus 2006). Osa virallisista EU-komissiolle toimitetuista raporteista sisältää keskiarvotiedot (Zacheus 2004, Zacheus 2005), joita on hyödynnetty tässä raportissa. Osa virallisista raporteista sisältää vain tiedot juomavesidirektiivin raja-arvojen ylityksistä, muttei numeerista tietoa (Zacheus 2002, Zacheus 2006).

1.3.3 EU:n vedenlaadun yhteenvedot

Euroopan komission toimesta laaditaan kolmen vuoden välein yhteenvetoraportti EU:n juomavesien laadusta jäsenmaiden toimittamien juomaveden laaturaporttien pohjalta. Komission raportteja EU:n alueen vesien laadusta on ilmestynyt vuosilta 1993-1995

(European Commission 2000) ja 1996-1998 (European Commission 2002). Vuosien 1999-2001 raportti ilmestyy vuoden 2007 aikana.

1.3.4 Pohjoismaisia vedenlaatutietoja

Pohjoismaissa on tehty EU-valvonnan ja -raportoinnin lisäksi selvityksiä ja raportteja talousveden laadusta, joita hyödynnetään tässä raportissa (Folkehelsa 1994, Svenska vatten- och avloppsverksförening 1996). Norjasta saatiin selvitykseen myös numeerista tietoa talousveden laadusta (Inger-Lise Steffensen, Nasjonalt folkehelseinstitutt/Norwegian Institute of Public Health). Ruotsin vesien laadusta vuonna 1994 on ilmestynyt julkaisu (Svenska vatten- och avloppsverksförening 1996), jonka lähetti Vesi-Instituutille Svensk Vattenin Gullvy Hedenberg.

1.4 Selvityksen tavoite

Selvityksen tavoitteena oli koota julkisesti saatavilla oleva talousveden laatutieto. Toisaalta tarkoituksena oli selvittää, onko kaikista laatumuuttujista riittävästi tietoa. Tietoa tarvitaan EAS:n valmistelutyössä, arvioitaessa EAS:n mukaisesti testattujen tuotteiden vaikutusta talousveden laatuun verkostoissa ja EU:n juomavesidirektiivin uusintaprosessin tukena.

2 Selvityksen toteutus ja sisältö

2.1 Talusveden laatukuvien aineistot

Selvitykseen sisällytettiin kaikkiaan 72 muuttujaa, joiden esiintyminen talusvesiasetuksessa 461/2000 on esitetty Taulukossa 1. Taulukon 1 muuttujista 48 on talusvesiasetuksen mukaisia ja 24 ei ole asetuksessa. Asetuksesta puuttuvat muuttujat ovat keskeisiä EAS-työskentelyn kannalta.

Selvityksessä on käytetty tietolähteenä julkisesti saatavilla olevaa julkaistua tietoa. Lisäksi työssä on hyödynnetty tieteellistä tutkimuskirjallisuutta. Pää tietolähteet, joiden perusteella on piirretty yhteenvetokuvia suomalaisen talusveden laadusta, on esitelty Taulukossa 8. Yhteenvetokuvien aineisto perustuu talusveden laaturaportteihin vuosilta 1996, 2002 ja 2003, VVY:n jäsenistölle suunnattuun kyselyyn, GTK:n 1000 kaivon tutkimukseen ja GTK:n pohjavesien seurantaan vuosilta 1969-1996.

2.1.1 Talusveden laatu vuonna 1996

Sosiaali- ja terveysministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus tekivät yhteistyössä raportin vesilaitosten jakaman talusveden laadusta Suomessa vuonna 1996 (Kujala-Räty ym. 1998). Vesilaitosten tiedot on esitetty vesilaitostyypeittäin (pinta-, pohja- ja tekopohjavettä käyttävät laitokset) ja kokoluokittain (50-500 liittyjää, 501-2500, 2501-5000, 5001-50 000 ja yli 50 000 liittyjää). Lisäksi on esitetty talusveden keskimääräinen laatu raakavedessä, käsitellyssä vedessä ja verkostovedessä. Vedenlaatutietoja on esitetty 1514 laitokselta, joista 147 (9,7 % laitoksista) toimitti vettä yli 5000 käyttäjälle. Vuonna 1996 vedenottamoiden pumppaamasta raakavedestä 50 % oli pohjavettä, 8 % tekopohjavettä ja 42 % pintavettä. Keskimääräinen laatu on kuvattu keskiarvojen, mediaanien, minimien, maksimien sekä 10 % ja 90 % fraktiilien avulla. Ilmoitettuja muuttujia on 19 ja ne ovat yleisiä vesilaitosten vedenlaadun arvioinnissa käytettyjä muuttujia. Aineisto kattaa kaikki vesilaitokset 50 veden käyttäjän laitoksista alkaen eikä pinta- tai pohjavettä jakavia laitoksia ole jaoteltu erikseen. Aineiston pohjalta laadituissa kuvissa on esitetty kaiken kokoisilta vesilaitoksilta lähtevän veden ja käyttäjän hanasta otetun talusveden keskimääräisiä tuloksia.

2.1.2 Talusveden laatu vuonna 2002 ja 2003

Kansanterveyslaitoksen yhteenvetoraportit suurten vesilaitosten (yli 1000 m³/d tai yli 5000 henkeä) toimittamasta veden laadusta vuosina 2002 ja 2003 (Zacheus 2004, Zacheus 2005) sisältävät tietoja 164 laitokselta, jotka toimittivat vettä 3,8 miljoonalle käyttäjälle. Aineistossa on esitetty 164 laitostyyppittäin (pinta- ja pohjavesilaitos) keskiarvoja, mediaani- ja maksimiarvoja sekä prosentuaalisia osuuksia laatuvaatimukset tai –suositukset täyttäneistä näytteistä. Raportin muuttujina olivat talusvesiasetuksessa mainitut 51 muuttujaa.

Taulukko 8. Selvityksessä käytetyt kuvien koodit ja tietolähteet. ”sama kuin ed.” tarkoittaa, että kyseisen koodin lähde on sama kuin sitä edeltävän lähteen tiedot.

Koodi	Vesityyppi	Lähde	Lähteen tyyppi ja verkkosivu*
1996Tre	kaikki vesityypit, laitokselta lähtevä vesi, väh. 50 käyttäjää	Talousveden laatu Suomessa vuonna 1996 (Kujala-Räty ym. 1998).	raportti
1996Tap	kaikki vesityypit, hanasta otettu vesi, väh. 50 käyttäjää	sama kuin ed.	sama kuin ed.
2002S	pintavesilaitoksien talousvesi (n=29), 1000 m ³ /d tai 5000 henkeä	Suurten vesilaitosten toimittaman talousveden valvonta ja laatu vuonna 2002 (Zacheus 2004).	virallinen raportti EU-komissiolle, http://www.sttv.fi/ylo/TALOUSVESIRAPORTTI2002.pdf
2002G	pohjavesilaitoksien talousvesi (n=124), 1000 m ³ /d tai 5000 henkeä	sama kuin ed.	sama kuin ed.
2003S	pintavesilaitoksien talousvesi (n=31), 1000 m ³ /d tai 5000 henkeä	Suurten vesilaitosten toimittaman talousveden valvonta ja laatu vuonna 2003 (Zacheus 2005).	Virallinen raportti EU-komissiolle, http://www.sttv.fi/Talousvesiraportti2003.pdf
2003G	pohjavesilaitoksien talousvesi (n=127), 1000 m ³ /d tai 5000 henkeä	sama kuin ed.	sama kuin ed.
VVY	Kysely VVY:n jäsenlaitoksille vuonna 2005 (n=76)	VVY:n sähköpostikyselyn tulokset 2005	Kyselyn tekijä T. Kaunisto (Prizztech Oy ja VTT), yhteistyössä R. Vahala (VVY)
1000Wd	1000 kaivon tutkimus, rengaskaivo (dug wells)	Tuhat kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999 (Lahermo ym. 2002).	raportti http://www.gsf.fi/info/publications/tr155/16372TutRap155.pdf
1000Wdib	1000 kaivon tutkimus, porakaivot (wells drilled into bedrock)	sama kuin ed.	sama kuin ed.
GWscs	pohjavesi; lähteet ja lähdekaivot (springs and capture springs)	Geologian ja ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. Seurantatutkimuksen tulokset vuosilta 1969-1996 (Backman ym. 1999)	raportti
GWds	pohjavesi; kuilukaivot, hiekka (dugwells: sand)	sama kuin ed.	sama kuin ed.
GWdt	pohjavesi; kuilukaivot: moreeni (dugwells: till)	sama kuin ed.	sama kuin ed.
GWdib	pohjavesi; porakaivot (wells drilled into bedrock)	sama kuin ed.	sama kuin ed.

* mikäli olemassa, n=vesilaitosten lukumäärä

2.1.3 VVY:n jäsenistölle suunnattu kysely

EAS-työskentelyn kannalta keskeisten teknisten muuttujien kartoittamiseksi Vesi- ja viemärlaitosyhdistys (VVY) yhteistyössä DI Tuija Kauniston kanssa lähetti jäsenistölleen vuonna 2005 kyselyn, johon saatiin vastauksia 76 kpl. Liitteessä 2 on saatekirje ja kaavake, jonka avulla vastaukset kerättiin. Kohteista 37 kpl (49 %) ei ilmoittanut mistä kohtaa keskiarvotulokset olivat peräisin (raakavesi, vesilaitokselta verkostoon lähtevä vesi ja/tai verkostovesi). Vastauksista yksi (1 %) koski raakavettä, 11 (14 %) vesilaitokselta verkostoon lähtevää vettä ja 27 (36 %) verkostovettä. Analyysitietoja saatiin pääosin vuosilta 2004-2005. Eniten laitokset raportoivat pH-arvoa, sähkönjohtavuutta, rauta- ja mangaanipitoisuutta sekä ammoniumpitoisuutta ja kovuutta. Alkaliteetin pitoisuustiedot puuttuivat noin kolmasosasta vastauksista. Orgaanisen hiilen pitoisuus ilmoitettiin noin viidenneksessä vastauksista. Veden mikrobiologista laatua kuvaaviin muuttujiin saatiin vain yksittäisiä tietoja.

2.1.4 Tuhannen kaivon tutkimus

GTK kokosi kesällä 1999 haja-asustusalueilla talousvedeksi käytettävistä lähteistä, lähdekaivoista, rengaskaivoista sekä kallioon poratuista kaivoista 1002 vesinäytettä, joista tutkittiin ravinteita, metalleja, epämetalleja, veden teknisiä ominaisuuksia sekä radioaktiivisuutta kuvaavia muuttujia, muttei lainkaan mikrobiologisia muuttujia (Lahermo ym. 2002). Tulokset kuvaavat pohjavesien laatua. Rengaskaivojen (n=739) ja porakaivojen (n=263) muuttujien tulokset on esitetty numeerisina arvoina (keskiarvo, mediaani, keskihajonta, maksimi, 2 % ja 98 % persentiilit). Lisäksi tutkimusraportissa on esitetty prosenttiosuudet STM:n pienten yksiköiden asetuksen talousveden raja-arvot ylittäneistä näytteistä.

2.1.5 Pohjavesien seuranta vuosina 1969-1996

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tehnyt pohjaveden seurantatutkimuksia vuodesta 1969 alkaen (Backman ym. 1999). GTK:n toimesta otettiin 4-6 kertaa vuodessa vesinäytteitä lähteistä, maa- ja porakaivoista sekä havaintoputkista, jotka sijaitsivat eri puolilla Suomea. Näytteistä tutkittiin kentällä ja laboratoriossa yhteensä 53 eri muuttujaa. Aineistossa on mukana ravinteita, metalleja, epämetalleja, veden teknisiä ominaisuuksia sekä radioaktiivisuutta kuvaavia muuttujia, muttei lainkaan mikrobiologisia muuttujia. Muuttujista on esitettyä koko maan kattavat keskiarvot ja mediaanit kaivotyypeittäin (lähteet ja lähdekaivot, kuilukaivot: hiekka, kuilukaivot: moreeni, ja porakaivot). Lisäksi on esitettyä seurantakohdekohtaisesti samoja tietoja. Backman ym. (1999) raportissa on mukana myös pohjavesiä, joita ei välttämättä käytetä talousvetenä. Toisaalta Suomessa usein jaetaan pohjavettä veden käyttäjille sellaisenaan, joten Backmanin ja kumppanien aineisto heijastanee talousveden laatua tilanteissa, joissa pohjavesi syötetään käsittelemättömänä verkostoon.

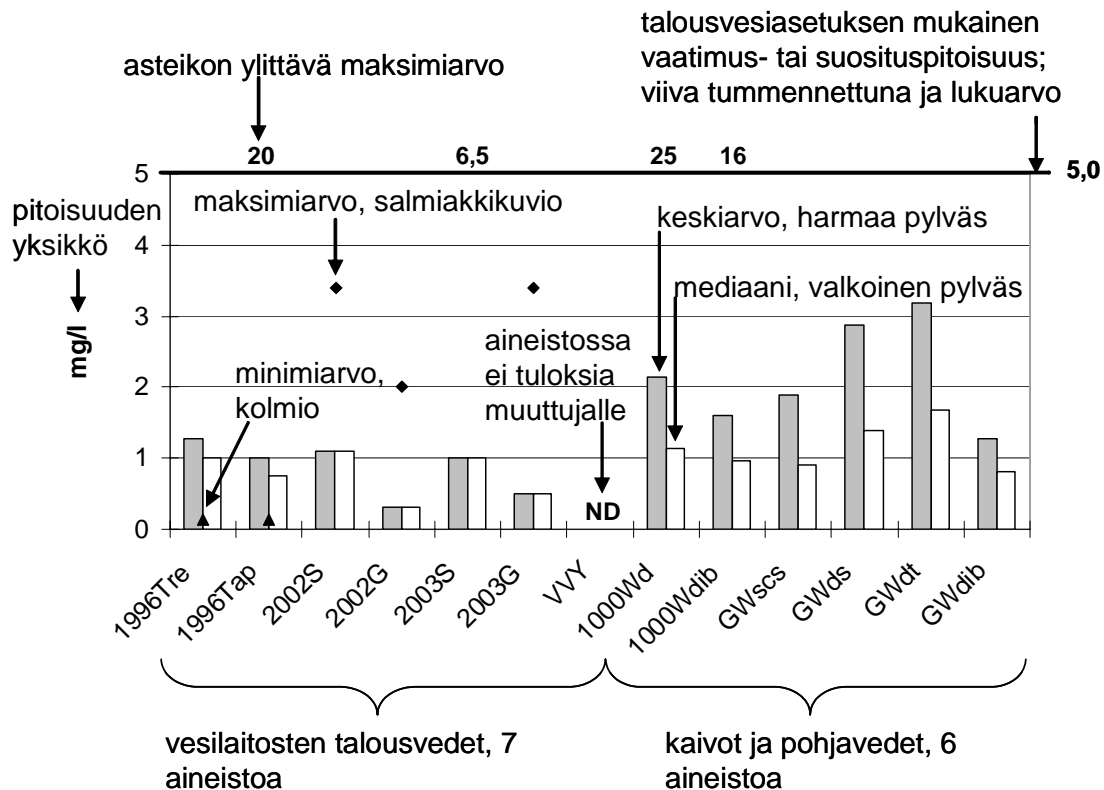
2.2 Kuvien rakenne

Kuvissa käytettävät lyhenteet eri raporteista ja tutkimuksista pohjautuvat englanninkieleen, jotta selvityksen kuvat soveltuvat myös julkaisun englanninkieliseen versioon, joka ilmestyy keväällä 2007. Englanninkielistä versiota tullaan hyödyntämään kansainvälisessä EAS-työskentelyssä.

Vuosien 1996, 2002, 2003 ja VVY:n vuoden 2005 kyselyn aineistoista käytetään selvityksessä yhteistä termiä ”vesilaitosten talousvesi” ja vuosien 2002 ja 2003 aineistosta termiä ”EU:lle

raportoitujen laitosten talousvesi”. ”VVY:n kyselyllä” viitataan vuonna 2005 tehtyyn kyselyyn VVY:n jäsenlaitoksille. Termillä ”kaivot” viitataan 1000 kaivon tutkimukseen ja termillä ”pohjavedet” Backman ym. 1999 aineistoon.

Yhteenvetokuvien rakenne ja käytetyt merkit on selitetty Kuvassa 1. Kuvien pääperiaatteena on ollut, että ne ovat kaikille muuttujille identtiset luettavuuden ja vertailtavuuden helpottamiseksi. X-akselin seitsemän ensimmäistä aineistoa vasemmalta edustavat vesilaitosten jakaman talousveden laatua kun taas kuusi viimeistä ovat pohjavesituloksia kaivoista tai pohjavesialueilta. Keskiarvotulokset on kuvattu harmaalla pylväällä ja mediaanit valkealla pylväällä. VVY:n kyselyn perusteella saadusta aineistosta ei ole mediaanituloksia. Aineiston minimiarvo on kuvattu mustalla kolmiolla (▲) ja maksimiarvo salmiakkikuviolla (◆). ND (not determined) tarkoittaa, ettei kyseisen muuttujan osalta ole kyseisessä aineistossa lainkaan tuloksia. Mikäli tuloksia puuttuu eli esim. keskiarvotulos on esitetty, mutta mediaani ja minimi- ja maksimiarvot puuttuvat, ei asiaa ole kuviin erikseen merkitty. Talousvesiasetuksen mukainen raja-arvo on piirretty lihavoidulla viivalla ja viivan oikealla puolella on raja-arvo numeerisesti. Maksimiarvot, jotka ylittävät akselin korkeimman arvon on merkitty numeerisesti. Maksimiarvot, jotka ylittävät raja-arvon ovat tummennetun rajaviivan yläpuolella, ja rajan alle jäävät arvot viivan alapuolella. Mittaustuloksista, joissa tulos on alle määritysrajan, on kuvissa käytetty arvona puolta määritysrajasta. Selvityksen kuvien aineistojen alkuperäiset numeeriset tulokset, mukaan lukien alle määritysrajan olevat tulokset on esitetty liitteessä 1. Kaikissa selvityksessä käytetyissä veden laatuaineistoissa ei ole numeerisia arvoja, joista kuvia olisi voitu piirtää. Kyseisten aineistojen tulokset esitetään sanallisesti ja lähteet on kuvattu seuraavissa kappaleissa.



Kuva 1. Mallikuva selvityksen kuvista ja termien selitykset.

2.3 Vuoden 1984 aineisto Suomen talousvesien laadusta

1980-luvulla talousveden laadun raportit julkaisi vesihallitus (1986) ja vesi- ja ympäristöhallitus (1989). Vuonna 1984 Suomessa oli 725 vesilaitosta, joista 93 käytti pintavettä, 623 pohjavettä ja 9 tekopohjavettä. Raportissa vuodelta 1984 tiedoista (Vesihallitus 1986) on kuvattu veden laatatiedot 622 vesilaitokselta, joista 87 oli pintavesilaitoksia, 567 pohjavesilaitoksia ja 8 tekopohjavesilaitoksia. Vedenottamokohtaisia tietoja on esitetty seuraavista muuttujista: vedenkäsittelymenetelmät, bakteerit (fekaalit kolibakteerit, kolityyppiset bakteerit, fekaalit streptokokit, aerobit mesofiiliset bakteerit), alkaliteetti, ammonium, fluoridi, hiilidioksidi, kloridi, kovuus, mangaani, nitraatti, nitriitti, pH, permanganaattiluku, rauta, sähkönjohtavuus ja väri. Verkostoveden lisäksi tietoja on myös raakaveden muuttujista. Yhteenvetokuvaajissa analyysitulokset oli jaoteltu kunkin muuttujan osalta suuruusluokkiin (kolme tai neljä suuruusluokkaa).

2.4 Vuoden 1987 aineisto Suomen talousvesien laadusta

Vuoden 1987 lopulla Suomessa vesilaitoksia oli 750. Vedenottamoita näissä laitoksissa oli 1129, joista 1008 pohjavedenottamo, 104 pintavedenottamo ja 17 tekopohjavedenottamo (Vesi- ja ympäristöhallitus 1989). Raportissa on esitetty talousveden tiedot yhteensä 666 vesilaitokselta, joista 557 käytti pohjavettä, 92 pintavettä ja 17 tekopohjavettä. Osa laitoksista käytti sekä pinta- että pohjavettä ja osa osti vettä osaksi tai kokonaan toiselta laitokselta. Raportti sisältää tietoja vesilaitosten kemikaalien käytöstä ja vedenkäsittelymenetelmistä, prosenttiosuuksia talousveden laatuvaatimukset täyttäneistä laitoksista, talousvedelle asetettujen vaatimus- ja suositusrajojen ylittäviä tuloksia laitostyypeittäin. Yhteenvetokuvaajissa kunkin muuttujan osalta on erikseen kerrottu tiedot raakavedestä ja verkostovedestä, pohjavesilaitoksilla ja pintavesilaitoksilla. Vesilaitostyypeittäin on lisäksi eroteltu pienet laitokset, joilla vedentuotanto on alle 1500 m³ päivässä, ja isot laitokset, joilla vedentuotanto on yli 1500 m³ päivässä.

2.5 Oy Vesi-Hydro Ab:n ja Suomen Kaupunkiliiton tutkimus vuodelta 1991

Oy Vesi-Hydro Ab:n ja Suomen Kaupunkiliiton (Oy Vesi-Hydro Ab ja Suomen Kaupunkiliitto 1991) raportin tiedot kerättiin talousveden laadusta ja käsittelystä eri Euroopan maissa vuonna 1990 kyselykirjeen avulla. Raportti käsittää tietoja yhdeksän [Belgia, Englanti (ja Wales), Hollanti, Itävalta, Luxemburg, Ranska, Saksan Liittotasavalta (Länsi-Saksa), Suomi, Sveitsi] Euroopan maan kansallisista talousveden laatuvaatimuksista, käytetyistä raakavesilähteistä, vedenkäsittelymenetelmistä ja talousveden laadusta. Yleiskuvan saaminen kunkin maan tilanteesta oli raportin mukaan varsin työlästä, koska valtakunnallisten tiedostojen kokoaminen ja julkaiseminen ei vielä raportin laatimisen aikaan ollut käytäntönä selvityksessä mukana olleissa maissa, Suomea lukuun ottamatta. EY sai tuohon aikaan tietonsa yksittäisistä jäsenmaista ainoastaan valitusten kautta; valitukset ovat johtaneet käsittelyyn EY-tuomioistuimessa. Aineistossa on esitetty kunkin maan osalta järjestetyn vedenhankinnan piirissä olevan väestön osuus, vesilaitosten lukumäärä sekä pinta- ja pohjaveden osuus vedenhankinnasta. Joissain valtioissa rantaimetytetty pinta- ja tekopohjavesi lasketaan kuuluvaksi pintaveteen, joissain pohjaveteen. Lisäksi on tietoja veden käsittelymenetelmistä ja ongelmallisista vedenlaatumuuttujista.

Tutkimuksen raportissa todetaan, ettei numeerisia veden laatutietoja ollut saatavilla Euroopan maista. Olennainen ero Suomen ja muiden aineiston valtioiden välillä on se, että Suomessa 81 % väestöstä kuuluu järjestetyn vedenjakelun piiriin, kun muissa valtioissa vastaava luku on huomattavasti korkeampi (87-99 %). Myös pohja- ja pintaveden osuudet vedenhankinnasta poikkesivat merkittävästi. Englantia lukuun ottamatta raakavedestä oli pintavettä 2-30 %, kun Suomessa pintaveden osuus raakavedestä oli 48 % (mukaan ei lueta tekopohjavettä).

2.6 Vuosien 1996-1998 raportti Suomen talusvesien laadusta

Vuosien 1996-1998 aineisto oli ensimmäinen EU:n komissiolle toimitettu raportti Suomen talusveden laadusta ja valvonnasta ja se perustui kuntien terveydensuojeluviranomaisten tekemiin valvontatutkimuksiin (Zacheus 2002). Vuosina 1996-1998 Suomessa oli 171 tällaista suurta vesilaitosta, jotka toimittivat talusvettä noin 3,8 miljoonalle käyttäjälle (71 % väestöstä). Suurin osa näistä vesilaitoksista sijaitsi Länsi- ja Etelä-Suomen lääneissä (n= 75 ja 43). Vesilaitosten raakavedet jaoteltiin kolmeen eri ryhmään: pintavedet (osuus 36,4 % talusveden valmistuksesta), pohjavedet (34,2 %) ja muut vedet (29,4 %). Termi ”muut vedet” tarkoittaa tekopohjavesiä sekä pinta- ja pohjavesien yhdistelmiä. EU:lle laaditusta raportissa vuosilta 1996-1998 on esitetty 34 muuttujan laatuvaatimusten täyttyminen (Zacheus 2002). Aineistossa on esitetty tiedot valvontatutkimusten kokonaismäärästä ja direktiivin raja-arvon ylittäneiden tutkimusten määrästä prosenttiosuuksina sekä vesilaitoskohtaisia tietoja raja-arvoylitysten suuruudesta, kestosta ja syistä. Lisäksi aineistossa on läänikohtaisia yhteenvetotietoja (prosenttiosuuksia). STM:n päätöksessä oli vuosina 1996-1998 joillekin muuttujille tiukemmat kriteerit kuin juomavesidirektiivi edellyttää. Tällaisia muuttujia olivat antimoni, arseni, fosfori, hapettavuus, lyijy, nikkeli, nitraatti, sulfaatti ja väri. Näiden muuttujien osalta ei voida arvioida kansallisen laatuvaatimuksen täyttymistä. Vuosina 1996-1998 talusvedestä tehtiin 60 000-62 000 valvontatutkimusta/v. Vuosittain raja-arvon ylittäneitä valvontatutkimustuloksia oli 1,3-1,7 % ja niitä aiheuttivat rauta, mangaani, koliformiset bakteerit, fluoridi, alumiini, väri, sameus, nitriitti, haju, maku, fekaaliset koliformiset bakteerit, hapettavuus, yksittäiset torjunta-aineet (atratsiini), nikkeli ja ammonium. Vuoden 1998 jälkeen talusvettä koskevia määräyksiä on Suomessa uudistettu. Vuonna 2000 tuli voimaan sosiaali- ja terveysministeriön asetus talusveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000), joka perustuu juomavesidirektiiviin.

2.7 Vuosien 2002-2004 raportti Suomen talusvesien laadusta

Vuosien 2002 ja 2003 raporttien (Zacheus 2004, 2005) lisäksi EU:lle raportoitiin talusveden laatua jaksolla 2002-2004. Raportointijaksolla manner-Suomessa oli 164 raportoinnin piiriin kuuluvaa laitosta ja Ahvenanmaan maakunnassa yksi raportoiva laitos (Zacheus 2006). Laitokset toimittivat vettä noin 3,8 miljoonalle käyttäjälle, mikä käsittää lähes 63 % väestöstä. Vuosina 2002-2004 talusvettä valmistettiin pohjavedestä (41 % suurten laitosten jakamasta vedestä), tekopohjavedestä (12 %) ja pintavedestä (47 %). Tekopohjavedeksi luokiteltiin järvivedestä rantaimetyksellä käsitelty vesi tai esim. sadetuksen avulla suodattavan maakerroksen läpi kulkeutunut vesi. Raportti sisältää vesilaitoskohtaisia tietoja veden käyttäjien määrästä, toimitetun talusveden määrästä ja tyypistä (pohja-, tekopohja- tai pintavesi), tietoja laatuvaatimuksen tai laatusuosituksen täyttämättömistä valvontatutkimustuloksista sekä yhteenvedon poikkeuksista vuosina 2002-2004. Lisäksi aineistossa on esitetty yhteenvedo valvontatutkimusten määristä sekä laatuvaatimusten ja laatusuositusten täyttymisestä sekä yksittäisten torjunta-ainetutkimusten määrät; tiedot on esitetty vuosittain prosenttiosuuksina, muuttujien lukuarvoihin perustuvia keskiarvoja ei ole esitetty.

Vuosina 2002-2004 suurten vesilaitosten toimittamasta talousvedestä tehtiin 81 000–82 000 valvontatutkimusta vuodessa. Talousveden laatu täytti suurelta osin sille asetetut laatuvaatimukset ja laatusuosituksen. Mikrobiologinen laatu oli hyvä: vain muutamassa yksittäisessä talousvesinäytteessä havaittiin indikaattorimikrobeja. Eniten raja-arvojen ylityksiä aiheuttivat fluoridi, rauta ja mangaani sekä tilapäiset pesäkeluvun muutokset. Vuonna 2002 muutamalla yksittäisellä laitoksella havaittiin liian suuria pitoisuuksia bentso(a)pyreeniä sekä tetra- ja trikloorieteeniä. Muut poikkeamat olivat alle yhden prosentin.

2.7 Norjan vedenlaatuaineisto

Selvityksessä kuvattu Norjan veden laatuaineisto perustuu Microsoft Excel-tiedostossa olleisiin veden laatutuloksiin, jonka lähetti sähköpostitse Inger-Lise Steffensen (Nasjonalt folkehelseinstitutt/Norwegian Institute of Public Health). Aineistoon on koottu tietoja 566 vesilaitokselta vuosilta 1986-1991. Laitokset olivat ilmoittaneet 21 eri muuttujaa: alkaliteetti, alumiini, ammonium, DOC, fluoridi, fosforin kokonaismäärä, kalium, kalsium, kloridi, magnesium, mangaani, natrium, nitraatti, pH, rauta, sameus, silikaatti, sulfaatti, sähkönjohtokyky, kokonaistyyppi ja väriluku. Aineistosta laskettiin keskiarvo ja määritettiin minimi- ja maksimiarvot. Samaisesta aineistosta on myös ilmestynyt raportti vuonna 1994 (Folkehelsa 1994).

2.8 Ruotsin vedenlaatuaineisto

Ruotsin talousveden laadusta kootussa raportissa vuoden 1994 tilanteesta (Svenska vatten- och avloppsverksförening 1996) on mukana 375 laitosta, joista 160 käytti pintavettä ja 215 pohjavettä. Laitokset on jaettu neljään ryhmään vuosittaisen vedentuoton mukaisesti. Raportissa on kuvattu ryhmittäin laitostyyppi (pinta-, pohja- tai sekoitettu vesi), monelleko käyttäjälle laitos tuottaa vettä, ja vedenkäsittely- ja desinfiointimenetelmien jakaumaa. Raportissa on kuvattu vedenlaatuun vaikuttavien muuttujien mediaani sekä minimi- ja maksimiarvot kultakin laitokselta, mutta muuttujien keskiarvoja ei ollut ilmoitettu. Aineistossa esitetyt muuttujat ovat 1) mikrobit: *E. coli*, koliformiset bakteerit, heterotrofiset bakteerit, homesienet 2) ravinteet: ammonium, nitraattityppi, nitriittityppi, fosfaatti-fosfori 3) metallit: alumiini, rauta, mangaani 4) kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet: aktiivisen kloorin kokonaismäärä (Cl_2) 5) epämetallit: fluoridi 6) tekniset ominaisuudet: alkaliteetti, haju ja maku, hiilidioksidi, kemiallinen hapenkulutus, kloridi, kalsium, kokonaiskovuus ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), magnesium, pH, sulfaatti, sähkönjohtokyky, väriluku. Yhteenvetokuvaajissa (frekvenssidiagrammit) on esitettyinä juomaveden muuttujien laitospohjaisia mediaaniarvoja lukumäärittäin (aktiivisen kloorin kokonaismäärä eli Cl_2 , alkaliteetti, alumiini, fluoridi, kemiallinen hapenkulutus, kokonaiskovuus ($^{\circ}\text{dH}$), mangaani, nitraattityppi, pH, rauta, väriluku ja sameus). Selvityksessä ruotsalaisen veden laatu on kuvattu laskemalla frekvenssidiagrammeista keskimääräinen (puolet laitoksista pienempi ja puolet suurempi pitoisuustaso) pitoisuustaso, joka on ilmoitettu vaihteluvälinä.

2.9 Muutokset

Selvityksen käytetyssä aineistossa muuttujien arvoja oli ilmoitettu monissa eri yksikössä varsinkin alkaliteetin, kovuuden ja hapettavuuden osalta. Yhtenäisyyden ja vertailtavuuden vuoksi alkaliteetin ja kovuuden arvot muutettiin tarvittaessa yksikköön mmol/l ja kaliumpermagnaattiluvut (KMnO_4) korvattiin hapettavuudella (COD_{Mn}) Taulukon 9 mukaisesti.

Taulukko 9. Raportissa käytetyt muunnokset.

Muuttuja	Aineistoissa esiintyneet yksiköt	Muunnokset
alkaliteetti	mval/l, mg HCO ₃ ⁻ /l, mmol/l	1 mval/l = 1 mmol/l (mg HCO ₃ ⁻ /l) / (61,02 g/mol ^a) = mmol/l
kovuus	°dH, mmol/l	1 °dH = 0,1786 mmol/l
hapettuvuus	KMnO ₄ , COD _{Mn}	COD _{Mn} = KMnO ₄ /3,95

^a61,02 g/mol=moolimassa HCO₃⁻:lle

2.10 Muuttujien ominaisuuksien kuvaamiseen käytetyt pääasialliset lähteet

Eri aineiden perusominaisuuksien ja merkityksen kuvaamiseen on hyödynnetty Suomen Rakennusinsinöörien liiton julkaisua vuodelta 2003 (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2003), Soveltamisopasta talousvesiasetukseen 461/2000 (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2001) ja WHO:n ohjeita talousveden laadulle (WHO 2004).

3 Mikrobiologinen veden laatu

3.1 Laatuvaatimusten alaiset

Talousveden hygieeninen eli mikrobiologinen turvallisuus pyritään varmistamaan ehkäisemällä ihmisille tautia aiheuttavien eli patogeenisten mikrobin esiintyminen. Patogeenisten mikrobin tunnistaminen on hidasta ja työlästä, joten niiden esiintyminen pyritään osoittamaan helpommin todettavien indikaattoriorganismien avulla. Indikaattoriorganismit ovat aina peräisin ihmisen ja eläinten suolistosta, käyttäytyvät eri ympäristöolosuhteissa kuten patogeenit ja ovat riittävän säilyviä määritysmenetelmillä havaitsemiseen. Talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen mukaisesti vedestä tulee määrittää enterokokki- ja *Escherichia coli* -bakteerien pitoisuudet. Laatuvaatimuksen mukaisesti bakteereja ei saa esiintyä 100 ml:ssä vettä (0 pmy eli pesäkettä muodostavaa yksikköä/ 100 ml). Talousvettä toimittavan laitoksen jakamassa vedessä tarkistettuja enterokokkeja ja *E. colia* todetaan vain poikkeustilanteissa, jolloin on ryhdyttävä välittömiin toimenpiteisiin esiintymisen syyn ja laajuuden selvittämiseksi sekä mahdollisten terveysvaarojen ehkäisemiseksi.

3.1.1 Enterokokit

Vuoden 1996 vedenkäsittelylaitokselta lähtevässä ja verkostovedessä ei ole enterokokkeja juurikaan havaittu. Vuosina 1996-1998 valvontatutkimustulokset täyttivät laatuvaatimukset fekaalisille streptokokeille (eli enterokokeille) (n=150-300/v). Maksimissaan lähtevässä vedessä on ollut 2 pmy/100ml ja verkostovedessä 29 pmy/100 ml. EU:lle raportoitujen pintavesilaitosten talousvedessä ei ole havaittu enterokokkeja vuosina 2002 ja 2003. EU:lle raportoitujen pohjavesilaitosten talousvedessä havaittiin vuonna 2002 enterokokkeja keskimäärin 0,25 pmy/100ml, maksimin ollessa 40 pmy/100ml, kun taas vuonna 2003 maksimi oli 4 pmy/100ml. Enterokokkien osalta vuosina 2002-2004 98,9-99,7 % tutkituista näytteistä täytti laatuvaatimuksen (n=635-985/v).

3.1.2 *Escherichia coli*

Vuoden 1996 aineistossa *E. colia* ei juurikaan havaittu ja maksimipitoisuudet olivat lähtevässä vedessä 2 pmy/100 ml ja verkostovedessä 2 pmy/100 ml. EU:lle raportoitujen pintavesilaitosten talousvedessä ei ole havaittu *E. colia* vuosina 2002 ja 2003. Pohjavesilaitoksilla *E. colia* havaittiin vuonna 2002 maksimissaan 2 pmy/100 ml, kun taas vuonna 2003 ei yhtään. Vuosina 2002-2004 99,9 %-100 % tutkituista näytteistä täytti laatuvaatimuksen *E. colin* osalta (n=5441-5630/v). GTK:n raporttien kaivo- ja pohjavesistä ei enterokokkeja tai *E. colia* ollut määritetty.

Ruotsin pohjavesilaitosten talousvesissä (n=178) 99,4 % vesilaitoksista ei havaittu *E. colia* ja yhdellä laitoksella (0,6 %) havaittiin 1 pmy/100 ml. Ruotsin pintavesien talousvesissä *E. colia* on ilmoitettu olevan 143 näytteessä alle 1 bakteeri /100 ml. Norjan laatuaineistoissa ei ollut kuvattu enterokokkien eikä *E. colin* pitoisuuksia.

3.2 Laatusuosituksen alaiset: *Clostridium perfringens*, koliformiset bakteerit ja pesäkkeiden lukumäärä

3.2.1 *Clostridium perfringens*

Clostridium perfringens ja muita sulfiitteja pelkistäviä klostrideja voidaan pitää merkinä ulostesaastutuksesta, sillä niitä esiintyy yleisesti ihmisten suolistoissa ja ulosteissa. Lepomuodossaan itiöinä *Cl. perfringens* voi säilyä pitkiäkin aikoja vedessä, joten sen soveltuvuus indikaattoriorganismiksi Suomen olosuhteisiin ei ole täysin selvää. *Cl. perfringens* tulee määrittää pintavettä raakavetenään käyttävien laitosten vedestä ja sen laatusuositus on 0 pmy/100 ml. Bakteerin määrittämiselle ei ole olemassa hyväksyttyä kansallista tai kansainvälistä standardia vaan asetuksessa kuvataan juomavesidirektiivin mukainen määrittämenetelmä, jota toistaiseksi tulee käyttää.

Vuosina 2002 ja 2003 *Clostridium perfringens* ei ole havaittu EU:lle raportoitujen pinta- ja pohjavesilaitosten talousvedessä. *Clostridium perfringens* ei vuoden 1996 aineistossa eikä myöskään GTK:n raporttien kaivo- ja pohjavesistä ollut ilmoitettu. Vuosina 1996-1998 valvontatutkimustulokset sulfiittia pelkistävien klostridien osalta täyttivät laatuvaatimukset (n=25-32/v). Vuosina 2002 ja 2003 kaikki mitatut *Clostridium perfringens* näytteet (n=1335-1665/v) täyttivät talousvesiasetuksen vaatimuksen ja vuonna 2004 vastaava luku oli 99,9 % (n=1841).

3.2.2 Koliformiset bakteerit

Koliformiset bakteerit ovat fakultatiivisesti anaerobisia, gram-negatiivisia, oksidaasi-negatiivisia, itiöitä muodostamattomia sauvabakteereita, jotka laktoosia käyttäessään tuottavat happoa ja kaasua 35 °C:ssa tai 37 °C:ssa 48 tunnin kuluessa. *E. coli* kuuluu koliformisiin bakteereihin ja sen lisäominaisuuksiin kuuluu hapon ja kaasuntuotto laktoosista 44,5 °C:ssa ja indolin tuotto tryptofaanista. Koliformisten bakteerien esiintyminen talousvedessä voi olla merkki vedenkäsittelyn puutteista, vedenottamon tai verkoston saastumisesta tai bakteerien lisääntymisestä verkostossa. Koliformisia bakteereita, *E. colia* lukuun ottamatta, esiintyy ihmisten ja tasalämpöisten eläinten suolistojen ja ulosteiden lisäksi kasveissa, maaperässä ja teollisuusjätevesissä, joten niiden esiintyminen talousvedessä ei ole aina merkki ulostesaastutuksesta. Talousvesiasetuksen laatusuosituksen mukaisesti koliformisia bakteereita ei saa esiintyä 100 ml:ssä talousvettä.

Vuonna 1984 fekaalisten koliformisten bakteerien talousveden laatuvaatimus (maksimissaan 1 bakteeri/ml) täyttyi 98 %:lla pohja- ja pintavesilaitoksista. Vuonna 1987 pienistä pohjavesilaitoksista (<1500 m³/d) 99 % ja isoista (>1500 m³/d) 100 % ilmoitti fekaalien koliformisten bakteerien pitoisuuden täyttävän talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen (10 bakteeria/100 ml) ja pintavesilaitoksista kaikki täyttivät laatuvaatimuksen. Vuonna 1987 koliformisten bakteerien laatuvaatimus (10 pmy/ml) täyttyi kaikilla laitoksilla.

Vuoden 1996 vedenkäsittelylaitoksilta lähtevässä ja verkostovedessä koliformisia bakteereita ei juurikaan havaittu ja maksimipitoisuudet olivat lähtevässä vedessä 52 ja verkostovedessä 250 pmy/100 ml. EU:lle raportoitujen pintavesilaitosten talousvedessä koliformisia bakteereita on ollut keskimäärin 0,01 pmy/100 ml tai alle ja maksimissaan 22 pmy/100 ml (vuonna 2002) ja 4 pmy/100 ml (vuonna 2003). Koliformisia bakteereita EU:lle raportoitujen pohjavesilaitosten talousvedessä on ollut keskimäärin 0,02 pmy/100 ml tai alle ja maksimissaan 20 pmy/100ml (vuonna 2002) ja 86 pmy/100ml (vuonna 2003). Vuosina 1996-1998 valvontatutkimuksien

tuloksista yli 99 % täytti koliformisten bakteerien (n=10 500-11 000/v) ja fekaalisten koliformisten bakteerien (n=4000-4300/v) raja-arvon. Koliformisten bakteerien vuonna 2002-2004 laatusuosituksen täyttävien näytteiden osuus tutkituista näytteistä (n=5766-6096/v) oli 99,2-99,7 %. GTK:n raporttien kaivo- ja pohjavesistä ei koliformisia bakteereita ollut määritetty.

Ruotsissa koliformisia bakteereita oli pohjavesilaitosten (n=188) talousvesissä havaittu 1-5 pmy/100 ml 3,2 %:ssa (6/188) vesilaitoksista. Pintavesilaitosten talousvedessä koliformisia bakteereita ei esiintynyt 150 laitoksella (alle 1 bakteeri /100 ml) ja yhdellä laitoksella oli ollut 1 pmy /100 ml.

3.2.3 Pesäkkeiden lukumäärä

Pesäkkeiden lukumäärän (22°C) eli heterotrofisten pesäkkeiden luvun määrittämisellä pyritään arvioimaan vedessä elävien aerobien heterotrofisten bakteereiden sekä hiivojen ja homeiden määrää. Talousvesiverkostossa esiintyy aina heterotrofisia mikrobeja. Laatusuositusten mukaisesti pesäkkeiden lukumäärässä ei saa olla poikkeuksellisia muutoksia. Poikkeukselliset muutokset voivat osoittaa puutteita desinfiaktion tehokkuudessa ja/tai veden laadun muuttumista jakeluverkostoissa. Pesäkkeiden lukumäärä määritetään vesinäytteestä, jolloin se ei kerro siitä, paljonko mikrobeja on putkiston pinnoilla, se mittaa ainoastaan vedessä ”vapaana” olevia mikrobeja. Pesäkkeiden lukumäärän määrittäminen heikkoutena on myös se että vain pieni osa (0,01–10 %) talousvedessä esiintyvistä mikrobeista on mahdollista määrittää viljelytekniikoilla (Amann ym. 1995, Szewzyk ym. 2000).

Pesäkkeiden lukumäärää ei ollut ilmoitettu vuoden 1996 aineistossa eikä myöskään GTK:n raporttien kaivo- ja pohjavesistä. Pesäkeluvun muutokset vuosina 2002-2004 laatusuosituksen täyttävien näytteiden osuus oli 97,7-98,1 % tutkituista näytteistä (n=1785-1910/v).

Ruotsin pohjavesilaitoksien (n=197) vesissä heterotrofisia bakteereita oli 184 laitoksella <10 bakteeria/ml, 12 laitoksella 10-100 bakteeria/ml ja yhdellä laitoksella yli 100 bakteeria/ml. Pintavesilaitoksilla Ruotsissa heterotrofiset bakteerit (2 päivän viljely) oli 140 näytteessä alle 10 bakteeria/ml, 7 näytteessä 10-100 bakteeria/ml ja 1 näytteessä enemmän kuin 100 bakteeria/ml.

3.3 Muut mikrobit

3.3.1 Vesivälitteiset epidemioiden aiheuttajat

Vaikka talousvesi täyttäisi talousvesiasetuksessa asetetut mikrobiologiset laatuvaatimukset ja -suositukset, talousvesi voi aiheuttaa sairastumisia. Vuosien 1980 ja 1998 välisenä aikana Suomessa esiintyi 39 vesivälitteistä epidemiaa, joissa sairastui yhteensä yli 20 000 henkeä (Miettinen ym. 1999). Suurin osa vesiepidemioista ja niissä sairastuneista henkilöistä on johtunut desinfiointimattomasta pohjavedestä, johon oli päässyt pintavesivalumia tai jätevesiä. Tärkeimmät taudinaiheuttajat Suomessa ovat olleet norovirukset (kalikivirukset, Norwalk-tyyppiset virukset) ja *Campylobacter jejuni* (Miettinen 2004, Miettinen ym. 2001). Vuosina 1998-2003 norovirukset aiheuttivat 72 % ja *C. jejuni* 27 % epidemioista (Miettinen 2004). Norovirusia on eristetty suomalaisten pintavesien kartoitustutkimuksessa 9,4 %:sta näytteistä ja *Campylobacter* spp:tä 17,3 %:sta näytteistä (Hörman ym. 2004). Norovirusien aiheuttamat vesivälitteiset epidemiat ajoittuvat pääosin loppupalveen ja kevääseen. Talviset olosuhteet edistävät norovirusten säilymistä ja näin leviämistä jätevesistä talousveteen.

Kampylobakteeriepidemiat ajoittuvat pääasiassa loppukesään ja alkusyksyyn, jolloin väestössä esiintyy runsaasti kampylobakteeri-infektioita. Yhdyskuntajätevesien lisäksi kampylobakteerit voivat olla peräisin luonnon vesiin huuhtoutuneista eläinten ulosteista. Norovirusten toteaminen perustuu molekyylibiologian menetelmien käyttöön, mutta menetelmiä ei ole standardoitu. Kampylobakteerien määrittäminen perustuu mikroaerofiili-ilmakehässä tehtävään viljelyyn ja menetelmä on standardoitu (ISO 17995). Noroviruksille tai kampylobakteereille ei ole asetettu raja-arvoja talousvesiasetuksessa.

Suomalaisista verkostoista on määritetty laajasti muitakin, useimmiten terveydelle vaarallisia mikrobeja kuten *Legionella* spp.:tä, *Mycobacterium* spp.:tä (Kusnetsov ym. 2003, Torvinen ym. 2004, Zacheus ja Martikainen 1994), *Sfingomonas* spp.:tä (Koskinen ym. 2000), sieniä (Lahti 1993), nitrifikaatiobakteereita ja ammoniumin hapettajabakteereita (Lipponen ym. 2004, Lipponen ym. 2002).

Suomalaisten pintavesien kartoitustutkimuksessa on havaittu *Giardia* spp.:tä 13,7 %:ssä näytteistä ja *Cryptosporidium* spp.:tä 10,1 %:ssa näytteistä, joten niiden esiintyminen talousvedessä on mahdollista (Hörman ym. 2004). *Giardia* spp.:tä ja *Cryptosporidium* spp.:tä ei kuitenkaan toistaiseksi ole havaittu suomalaisesta talousvedestä edes tieteellisissä tutkimuksissa.

3.3.2 Biofilmit

Talousvesi puhdistetaan ja tarvittaessa desinfioidaan vedenkäsittelylaitoksilla tehokkaasti. Tästä huolimatta talousveden kanssa kosketuksissa oleville pinnoille verkostoissa kertyy mikrobikasvua nk. biofilmejä. Biofilmit sisältävät vettä, mikrobeja (bakteerit, sienet, alkueläimet), ja mikrobien solusta ulos erittämiä polysakkarideja, jotka toimivat biofilmien koossa pitävänä ”liimana”. Mikrobien kasvuun ja biofilmien muodostumiseen talousvesijärjestelmissä vaikuttavat ravinteet (mm. hiili, typpi, fosfori) ja olosuhteet (mm. pH, lämpötila ja virtausominaisuudet sekä putkiston materiaali). Biofilmien esiintyminen ja kasvu talousvesiverkostoissa vaikuttavat terveydellisiin, esteettisiin ja teknisiin seikkoihin. Biofilmit voivat aiheuttaa korroosiota, sisältää terveydelle haitallisia mikrobeja ja heikentää veden laatua (väri, haju, maku) (Szewzyk ym. 2000).

Suomessa 8 paikkakunnalla 16 eri verkostoalueella vuosina 1996-1997 tehdyssä tutkimuksessa osoitettiin, että putkistosta otetuissa saostumanäytteissä bakteerien kokonaismäärä oli useita kertaluokkia suurempi ja mikrobiomassan tuotanto oli monituhattokertainen vesinäytteisiin verrattuna (Korhonen ym. 2004, Zacheus ym. 2001). Suomalaisissa talousvesiverkostoissa on havaittu muodostuvien biofilmien saavuttavan mikrobien maksimimäärän nopeasti, noin kuukaudessa (Zacheus ym. 2000). Talousvesiasetuksessa ei ole raja-arvoa esim. biofilmien muodostumiselle. EAS-tuotehyväksyntämenettelyssä tuotteista tullaan määrittämään biofilmien muodostumispotentiali, testausmenetelmäksi on ehdotettu ATP:n (adenosiinitrifosfaatin) määrittystä.

4 Ravinteet

4.1 Laatuvaatimusten alaiset

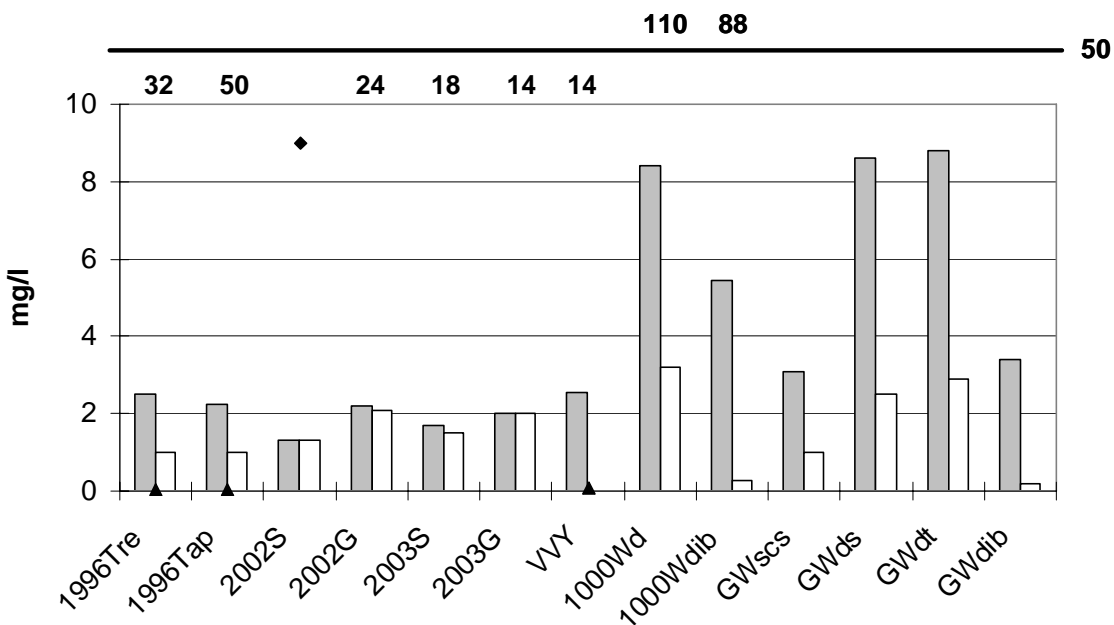
4.1.1 Nitraatti (NO₃⁻)

Nitraatit ovat typpihapon suoloja. Pinta- ja pohjavesissä ne ovat peräisin maaperästä huuhtoutuvista yhdisteistä (mm. lannoitteet), jätevesistä tai sadevedestä. Nitraatti voi pelkistyttyään nitriitiksi aiheuttaa imeväisikäisissä lapsissa häiriöitä veren punasolujen happiaineenvaihdunnassa (ns. methemoglobinemia), mihin perustuu talousvesiasetuksen nitraatin terveysperusteinen raja-arvo 50 mg/l. Lisäksi elimistössä muodostuvista N-nitroyhdisteistä johtuen nitriitin on arvioitu aiheuttavan mahalaukun ja virtsarakon syöpää. Typen yhdisteet (nitraatti, nitriitti, ammonium) ovat tärkeä osatekijä mikrobien kasvulle talousvesijärjestelmissä. Suomen talousvesissä typen määrä ei yleensä rajoita mikrobien kasvua (Miettinen ym. 1997).

Nitraattipitoisuutta on laajasti määritetty eri aineistoissa, esim. VVY:n kyselyssä 74 % (56/76) laitoksista ilmoitti nitraattipitoisuuden. Nitraattipitoisuus oli alle talousvesiasetuksen raja-arvon lukuun ottamatta 1000 kaivon tutkimuksien maksimiarvoja. Kaivo- ja pohjavesien nitraattipitoisuuden keskiarvot olivat korkeammat kuin vesilaitosten vesissä (Kuva 2).

Vuosina 1984 ja 1987 talousveden laatuvaatimus (30 mg/l) täyttyi kaikissa pohja- ja pintavesilaitoksissa. Vuosina 1996-1998 (n=2700-2900/v) ja 2002-2004 (n=638-962/v) kaikissa tutkituissa näytteissä nitraatin pitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen.

Norjan talousvesissä nitraattipitoisuudet vuosina 1986-1991 (0,4 mg/l, minimi 0,01 mg/l, maksimi 6,3 mg/l) (181 laitosta) ovat keskimäärin olleet matalampia kuin Suomessa.



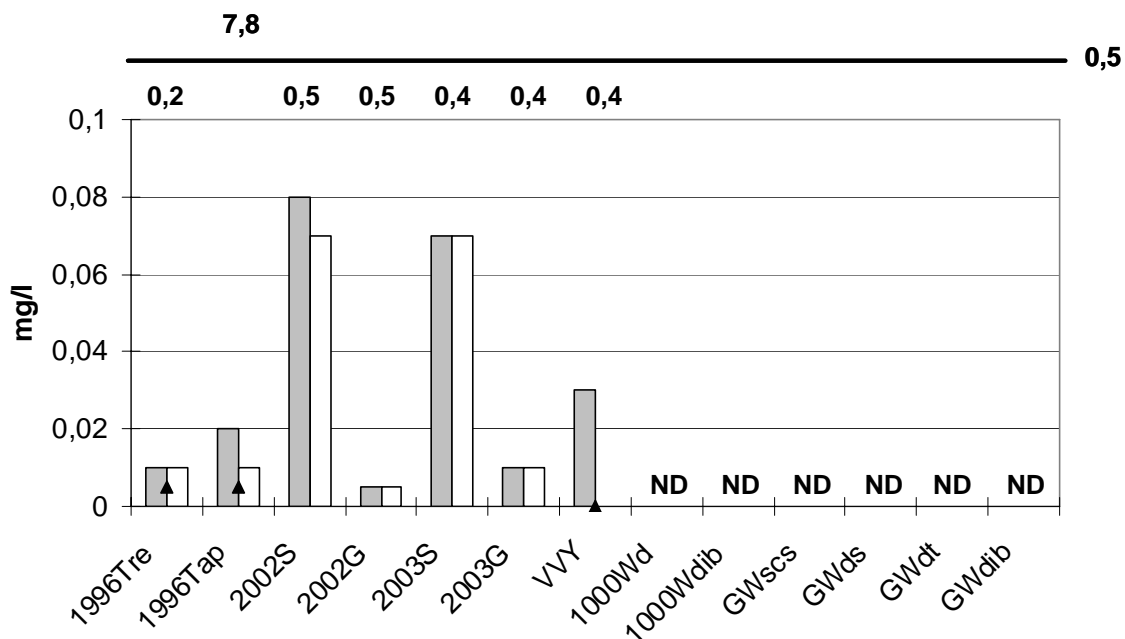
Kuva 2. Nitraatti.

4.1.2 Nitriitti (NO₂⁻)

Nitriitit ovat typpihapokkeen suoloja ja välituote nitraatin pelkistymisessä ja ammoniumin hapettumisessa. Nitriitti voi osoittaa veden likaantumista, mutta toisaalta nitriitti voi olla seurausta luonnon bakteeritoiminnasta. Talousvesiverkostoissa bakteeritoiminta voi muuntaa desinfioidussa käytettyä klooriamiinia nitriitiksi. Nitriitin terveyshaitat on kuvattu kappaleessa 4.1.1. Nitriitin terveysperusteinen laatuvaatimus on maksimissaan 0,5 mg/l. WHO:n suosituksen mukaan nitriitin pitkäaikainen keskiarvopitoisuus ei saisi ylittää arvoa 0,2 mg/l.

Nitriitin pitoisuuksia oli määritetty vain vesilaitosten talousvesistä ja VVY:n kyselyssä 75 % (57/76) laitoksien vastauksista (Kuva 3). Kaikki raportoidut keskiarvot ja mediaanit olivat alle laatuvaatimuksen, mutta maksimi-arvot olivat osittain lähellä raja-arvoa. EU:lle raportoitavien pintavesilaitosten vesissä vuosilta 2002 ja 2003 oli enemmän nitriittiä kuin muissa aineistoissa.

Vuonna 1987 talousveden laatuvaatimus (0,2 mg/l) täytti lähes kaikissa pinta- ja pohjavesilaitoksissa (n=492). Nitriitin valvontatutkimustuloksista 96,2 % täytti laatuvaatimuksen vuonna 1996, vuonna 1997 98,1 % ja vuonna 1998 92,7 % (n=4500-6500/v). Vuosina 2002-2004 99,9-100 % tutkituista näytteistä täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen nitriitille (n=2361-2495/v).



Kuva 3. Nitriitti.

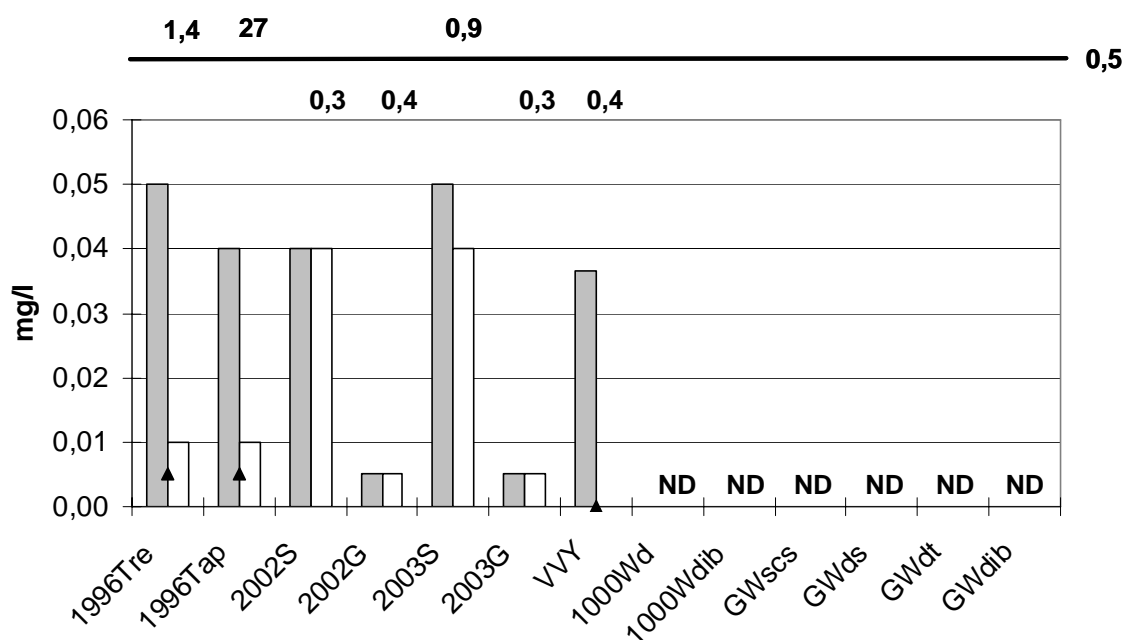
4.2 Laatusuosituksen alaiset

4.2.1 Ammonium (NH₄⁺)

Ammonium on typpiyhdiste, jossa typpi esiintyy pelkistyneenä. Nitraatti pelkistyy nitriitin kautta ammoniumiksi. Ammoniumia tulee raakavesiin typpipohjaisten orgaanisten yhdisteiden biologisen hajoamisen tuotteina, lannoitteista ja teollisuuden sekä asutuksen jätevesien mukana. Se reagoi desinfiatioaineena käytetyn kloorin kanssa heikentäen desinfiaktion tehoa.

Ammoniumia hyödynnetään kuitenkin talousveden desinfioinnissa kloramiinina, koska tämän klooriyhdisteen desinfioiva vaikutus jatkuu pidempään kuin kloorin tai hypokloriitin ja se näin turvaa paremmin veden hygienisen laadun verkostossa. Myös kloorin käytöstä aiheutuva maku voidaan siten vähentää. Ammonium voi hapettua talousvedessä nitriitiksi tai nitraatiksi ja voi aiheuttaa pistävää makua ja hajua, mihin perustuu talousvesiasetuksen laatusuosituksen maksimipitoisuus 0,5 mg/l.

Kuten nitriittipitoisuutta, niin myös ammoniumpitoisuutta on raportoitu (Kuva 4) vain vesilaitosten talousvesistä. VVY:n kyselyssä ammoniumpitoisuuksia ilmoitti 82 % laitoksista (62/76). Korkeimmatkin keskiarvopitoisuudet olivat vain kymmenesosan suosituspitoisuudesta. Maksimiarvot ylittivät suosituksen vuoden 1996 aineistossa ja vuoden 2003 raportin pintavesilaitosten vesissä.



Kuva 4. Ammonium.

Vuonna 1984 talousveden laatuvaatimus (0,5 mg/l) täyttyi 99 %:lla pohja- ja pintavesilaitoksista. Vuonna 1987 pienemmistä pohjavesilaitoksista 90 % ja isommista 87 % ilmoitti ammoniumpitoisuuden täyttävän silloisen ”talousvesiasetuksen” laatuvaatimuksen (0,5 mg/l). Pienemmillä pintavesilaitoksilla laatuvaatimuksen täyttymisaste oli 71 % ja isommilla 63 %.

Vuosina 1996 ja 1997 kaikki ammoniumin valvontatutkimustulokset ja vuonna 1998 99,9 % tuloksista täytti ammoniumin laatuvaatimuksen (n=3100-3200/v). Vuosina 2002-2004 99,8-100 % näytteistä täytti talousvesiasetuksen laatusuosituksen ammoniumin osalta (n=4446-5037/v).

Norjassa ammoniumpitoisuudet (0,03 mg/l, minimi 0,005 mg/l, maksimi 0,13 mg/l, n=174 laitosta) ovat olleet samalla tasolla kuin Suomen vesilaitosten jakamassa talousvedessä.

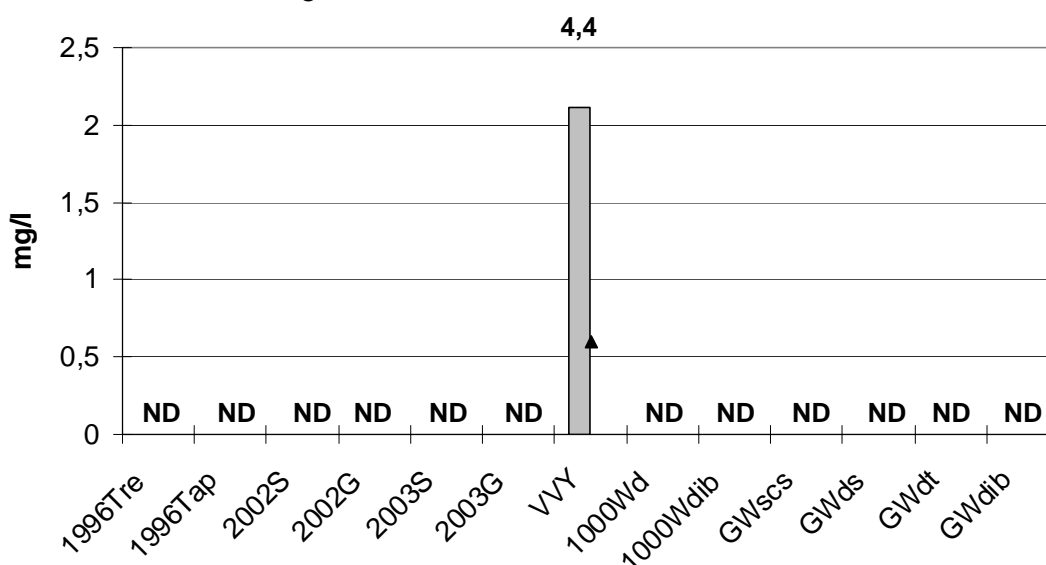
4.2.2 Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)

Orgaanisen hiilen kokonaismäärä eli TOC (total organic carbon) ilmaisee veden sisältämien orgaanisten aineiden määrän hiilipitoisuutena. Orgaaninen aines eli humus ei ole sellaisenaan terveydelle haitallista, mutta aiheuttaa veteen väriä ja makua. Humus voi heikentää desinfiointikemikaalien tehoa kuluttamalla desinfiointikemikaaleja hapettumiseensa. Hiili on mikrobien kasvuun perusedellytys. Mikrobikasvua talousvesiverkostoissa useissa maissa rajoittaa mikrobeille käytettävissä olevan hiilen määrä (AOC) (LeChevallier ym. 1987, van der Kooij 1992). Vain pieni osuus TOC:stä on mikrobeille käyttökelpoista hiiltä. TOC:n korkea pitoisuus voi myös edistää korroosiota. TOC:tä voi liueta talousveden kanssa kosketuksissa olevista materiaaleista veteen. TOC:ta on liuennut etyleeni-propyleeniltä, polyeteeniltä tai lateksilta (157, 179, 320 mg/l vastaavasti) kertaluokka enemmän kuin lasilta, kuparilta, polybutyleeniltä, PVC:ltä tai polypropeeniltä (vaihteluväli 2,8-6 mg/l) (Rogers ym. 1994). Orgaaninen aines voi reagoida kloorin kanssa muodostaen organoklooriyhdisteitä. TOC:lle ei ole asetettu raja-arvoa talousvesiasetuksessa, vaan asetuksessa todetaan, ettei TOC-pitoisuudessa saa tapahtua epätavallisia muutoksia. TOC-pitoisuutta (lähinnä sen tasoa) on seurattava, kun jakelumäärä on 10 000 m³/d. EAS-järjestelmän mukaan TOC:ta ei saisi liueta yli 0,5 mg/l orgaanisista materiaaleista.

TOC-pitoisuutta vesilaitokset seuraavat osana käyttötarkkailuaan, mutta sitä ei raportoida virallisiin tilastoihin (Kuva 5). Orgaanista hiiltä on keskimäärin 2,1 mg/l VVY:n jäsenlaitoksille tehdyn kyselyn perusteella, mikä on melko paljon verrattuna EAS:han ehdotettuun materiaalista sallittavan liukenemispitoisuuden 0,5 mg/l rajaun. VVY:n kyselyn tulosten keskiarvo perustuu 24 vastaukseen 76 vastauksesta (32 %). Orgaanisen hiilen kokonaismäärä Suomen järvivesissä oli vuonna 1987 tehdyssä 987 järveä käsittäneessä tutkimuksessa 0,5-47 mg/l (Kortelainen 1993).

Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä orgaanisen hiilen kokonaismäärä täytti talousvesiasetuksen suosituksen ”ei epätavallisia muutoksia” (n=161-177/v).

Vesi-Hydron ja Suomen Kaupunkiliiton tutkimuksen perusteella 1990-luvun alussa Suomessa pintavesien TOC-pitoisuus oli 5-15 mg/l kun muissa raportin eurooppalaisissa maissa keskimäärin se oli 2-5 mg/l.

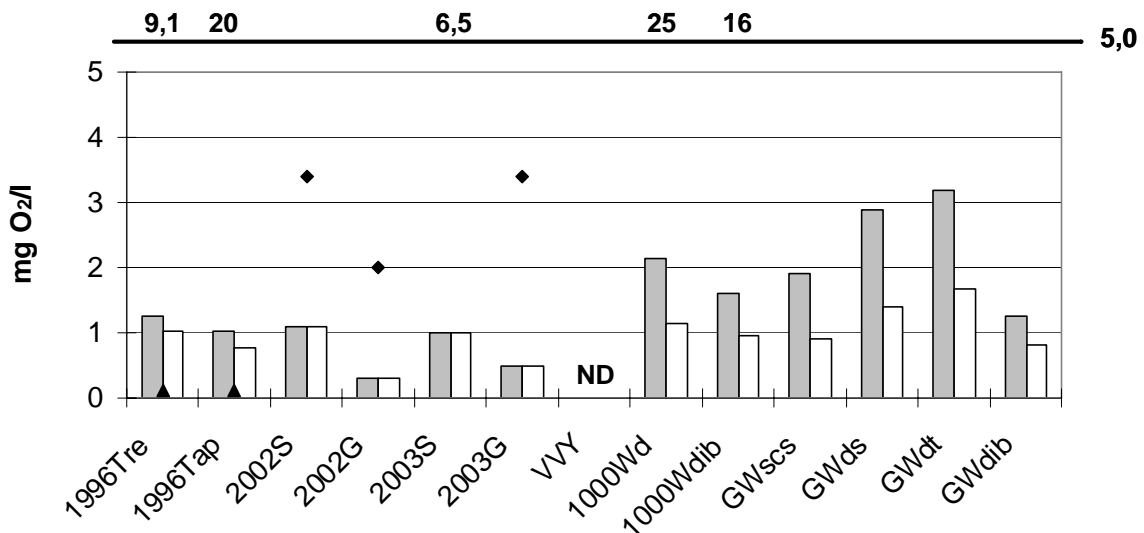


Kuva 5. Orgaanisen hiilen kokonaismäärä.

4.2.3 Hapettuvuus (COD_{Mn})

TOC:lle vaihtoehtoinen menetelmä talousveden orgaanisen aineen määrän määrittämiseksi on hapettuvuus. Sen määrittäminen perustuu kaliumpermanganaatin kykyyn hapettaa orgaanista ainesta. Kemiallinen hapenkulutus eli hapettuvuus (mg O₂/l) saadaan jakamalla kaliumpermanganaatin kulutus (KMnO₄-luku) luvulla 3,95, mikä kertoo kuinka paljon happea kuluisi, jos kaliumpermanganaatin sijaan käytettäisiin happea. Hapettavuuden mittaamisen huonona puolena on se, että kaliumpermanganaatti ei hapeta kaikkea orgaanista ainesta ja toisaalta se hapettaa myös pelkistyneitä epäorgaanisia aineita kuten rautaa (Fe²⁺). Hapettavuuden laatusuositus on maksimissaan 5,0 mg/l.

Hapettuvuus on raportoitu kaikissa muissa lähteissä paitsi VVY:n kyselyssä, jossa sitä ei tiedusteltu (Kuva 6). Hapettavuudet vesihuoltolaitosten vesissä ovat keskimäärin kymmenesviidesosa suosituksesta. Kaivo- ja pohjavesissä on keskiarvon osalta vähintään kaksinkertainen hapettavuuden arvo verrattuna vesilaitosten vesiin, kun taas mediaani oli kaikissa lähteissä samalla tasolla. Pohjavesilaitoksien vesissä (2002, 2003) hapettuvuus oli kaikkein alhaisin, mikä kuvastanee veden matalampaa orgaanisen aineen määrää. Maksimiarvot olivat satunnaisesti yli suosituspuoleisuuden.



Kuva 6. Hapettuvuus.

Vuonna 1984 talousveden laatuvaatimus hapettavuudelle (raja-arvo 15 mg/l KMnO₄ eli COD_{Mn} n. 3,8 mg O₂/l) täyttyi 96 %:lla pohjavesilaitoksista ja 70 %:lla pintavesilaitoksista. Vuonna 1987 pienemmistä pohjavesilaitoksista 97 % ja isommista 100 % ilmoitti kaliumpermagnaattiluvun täyttävän silloisen ”talousvesiasetuksen” laatuvaatimuksen (30 mg/l KMnO₄ eli COD_{Mn} n. 7,6 mg O₂/l). Pienemmillä pintavesilaitoksilla vastaava luku oli 66 % ja isommilla 100 %.

Vuosina 1996-1998 lähes kaikki (≥ 99,9%) valvontatutkimustulokset täyttivät laatuvaatimuksen hapettavuuden osalta (n=3100-3500/v). Vuosina 2002 ja 2004 kaikissa tutkituissa näytteissä hapettuvuus täytti talousvesiasetuksen suosituksen (n=943 ja 662/v). Vuonna 2003 vastaava luku oli 99,9 % (n=788).

Ruotsissa hapettuvuus on pintavesilaitoksien (n=125 laitosta) vesissä ollut keskimäärin 2-3 mg O₂/l ja pohjavesilaitoksien (n=167 laitosta) vesissä alle 0,1 mg O₂/l.

Oy Vesi-Hydro Ab:n ja Suomen Kaupunkiliiton tutkimuksen perusteella 1990-luvun alussa Suomessa pintavesien hapettavuus oli 10-20 mg O₂/l kun muissa raportin eurooppalaisissa maissa keskimäärin se oli 2-3 mg O₂/l.

4.3 Muut ravinteet

4.3.1 Kokonaistyyppi (kokonais-N)

Kokonaistyyppi kuvaa talousvedessä olevaa typen kokonaismäärää. Kokonaistypelle ei ole asetettu raja-arvoja talousvesiasetuksessa. Kokonaistyyppi voi antaa viitteitä mikrobikasvun ravinne-edellytyksistä.

Kokonaistypestä ei selvityksessä ole kuvaa, sillä ainoastaan VVY:n kyselyyn vastanneista jäsenvesilaitoksista kuusi laitosta ilmoitti keskiarvon, kolme minimi- ja neljä maksimiarvonsa. Muissa selvityksen perusaineistoissa ei kokonaistyyppiä ollut raportoitu. VVY:n kyselyaineistossa kokonaistypen keskiarvo oli 0,38 mg/l ja yhden laitoksen maksimiarvo 2,4 mg/l.

Norjan talousvesissä kokonaistypen pitoisuus (n=174 laitosta) on ollut keskimäärin 0,5 mg/l (minimi 0,03 mg/l, maksimi 6,4 mg/l).

4.3.2 Mikrobeille käyttökelpoinen hiili (AOC)

Mikrobeille käyttökelpoinen hiili eli AOC (assimilable organic carbon) kuvaa sitä hiilen osuutta, jota mikrobit voivat hyödyntää aineenvaihdunnassaan ja kasvussaan. Useissa maissa kuten Yhdysvalloissa ja Keski-Euroopassa (esim. Hollanti, Ranska, Saksa), joissa talousveden hiilipitoisuus on matala, mikrobikasvua rajoittaa käytettävissä olevan hiilen määrä (LeChevallier ym. 1987, van der Kooij 1992). Hollannissa talousvesi on mikrobiologisesti stabiilia kun, AOC-pitoisuus on alle 10 µg/l (van der Kooij 1992). AOC:lle ei ole talousvesiasetuksessa raja-arvoa.

Mikrobeille käyttökelpoisen hiilen keskiarvon ilmoitti vain kolme VVY:n kyselyyn osallistunutta laitosta. Yhdellä laitoksista AOC oli <5 µg/l, toisessa 45 µg/l ja kolmannessa 80 µg/l. Vastanneista laitoksista kahdessa laitoksessa kolmesta ei talousvesi Hollannin AOC-pitoisuusmääritelmän mukaan olisi mikrobiologisesti stabiilia. Laajempien johtopäätösten tekeminen suomalaisen veden mikrobiologisesta stabiilisuudesta ei ole mahdollista AOC:n perusteella, koska tutkimustuloksia on erittäin rajallisesti.

4.3.3 Liuennut orgaaninen hiili (DOC)

Liuennut orgaaninen hiili (dissolved organic carbon, DOC) kuvaa laajasti veteen liuenneita orgaanisia molekyylejä. "Liuennut" osuus orgaanisesta hiilestä on usein määritelty siten, että se suodattuu läpi 0,45 µm tai 0,2 µm suodattimesta. Liuennut orgaaninen hiili vedessä on peräisin mm. maaperästä, soilta ja kasvien hajoamistuotteista, jotka päätyvät jokiin ja järviin valuman mukana.

DOC:n määrästä talousvesissä ei ollut tietoa Suomesta saatavilla. Norjan talousvesissä liennutta orgaanista hiiltä on ollut keskimäärin 2,2 mg/l (minimi 0,5 mg/l, maksimi 11,7 mg/l, n=520).

4.3.4 Fosfaatti (PO_4^{3-})

Fosfori esiintyy vedessä tavallisimmin fosfaattina. Alueilla, joissa raakavesissä on runsaasti metsistä ja soilta peräisin olevaa orgaanista hiiltä sisältävää humusta, mikrobien kasvua rajoittaa hiilen sijasta fosfori. Fosforirajoitteisiksi tieteellisissä tutkimuksissa on osoitettu Skandinavian alue (Suomi), Latvia ja Japani (Lehtola ym. 2004a, Miettinen ym. 1996b, Sathasivan ym. 1997). Veden käsittely, erityisesti koagulaatio ja flokkulaatio poistavat tehokkaasti hiiltä, mutta vielä tehokkaammin fosforia. Jopa 1 $\mu\text{g/l}$ fosfaattifosforin lisäys on merkittävästi lisännyt mikrobikasvua talousvedessä ja biofilmeissä (Lehtola ym. 2002). Kansanterveyslaitoksella on myös kehitetty analyysimenetelmiä erityisesti mikrobeille käyttökelpoisessa muodossa olevan fosforin (MAP, microbially available phosphorus) analysoimiseksi. Testi perustuu *Pseudomonas fluorescens* P17-bakteerin maksimikasvuun, kun hiili ja epäorgaaniset yhdisteet eivät rajoita bakteerin kasvua vaan ainoastaan fosfori. Testillä voidaan analysoida MAP-pitoisuuksia 0,05-10 $\mu\text{g PO}_4\text{-P /l}$ (Lehtola ym. 1999). MAP:n pitoisuus suomalaisissa juomavesissä on vaihdellut välillä 0,1-10,2 $\mu\text{g P/l}$ (mediaani, 0,60 $\mu\text{g P/l}$). Keski-Euroopassa käytetään fosfaatteja estämään korroosiota, kun vedenjakelujärjestelmät ovat hiilirajoitteisia (Appenzeller ym. 2001). Orgaanisista materiaaleista voi liueta veteen fosforia. Polyeteeniputkista liukeni ensimmäisen 20 päivän aikana putkien käyttöönoton jälkeen 5-7 $\mu\text{g P/l}$ kun koeverkostoon sisään menevässä vedessä oli alle 2 $\mu\text{g P/l}$ (Lehtola ym., 2004b). Fosforia voi tulla veteen myös raudan korroosion seurauksena (Morton ym. 2005). Fosfaatille ei ole asetettu raja-arvoja talousvesiasetuksessa.

Fosfaatin pitoisuuksia ilmoittivat vain kolme VVY:n kyselyyn vastannutta laitosta. 1000 kaivon tutkimuksessa ilmoitetut maksimiarvot olivat rengaskaivoissa (1000Wd) 6,7 mg/l ja porakaivoissa (1000Wdip) 0,9 mg/l. Pohjavesissä fosfaattipitoisuudet olivat alle 0,02 mg/l.

Vuosina 1996-1998 valvontatutkimustulokset täyttivät silloisen laatuvaatimuksen 0,1 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$ (n= \sim 150-200/v).

4.3.5 Kokonaisfosfori (kokonais-P)

Kokonaisfosfori kuvaa fosforiyhdisteiden kokonaismäärää talousvedessä. Fosforin vaikutukset talousvedessä on kuvattu kappaleessa 4.3.4. Talousvesien fosforipitoisuus on vedenpuhdistuksen jälkeen yleensä alle määritysrajan (<2 $\mu\text{g P/l}$). Talousveden fosforipitoisuutta ei talousvesiasetuksen perusteella tarvitse mitata.

Pitoisuuden kokonaisfosforille oli ilmoittanut VVY:n kyselyssä vain kuusi laitosta 76:sta mediaanipitoisuuden ollessa 0,002 mg/l. Aineiston pohjalta on kuitenkin mahdotonta arvioida tarkemmin kokonaisfosforipitoisuuksia Suomen talousvesissä.

Norjassa (n=174 laitosta) kokonaisfosforin pitoisuus on ollut keskimäärin 0,005 mg/l, minimipitoisuuden ollessa 0,001 ja maksimipitoisuuden 0,13 mg/l.

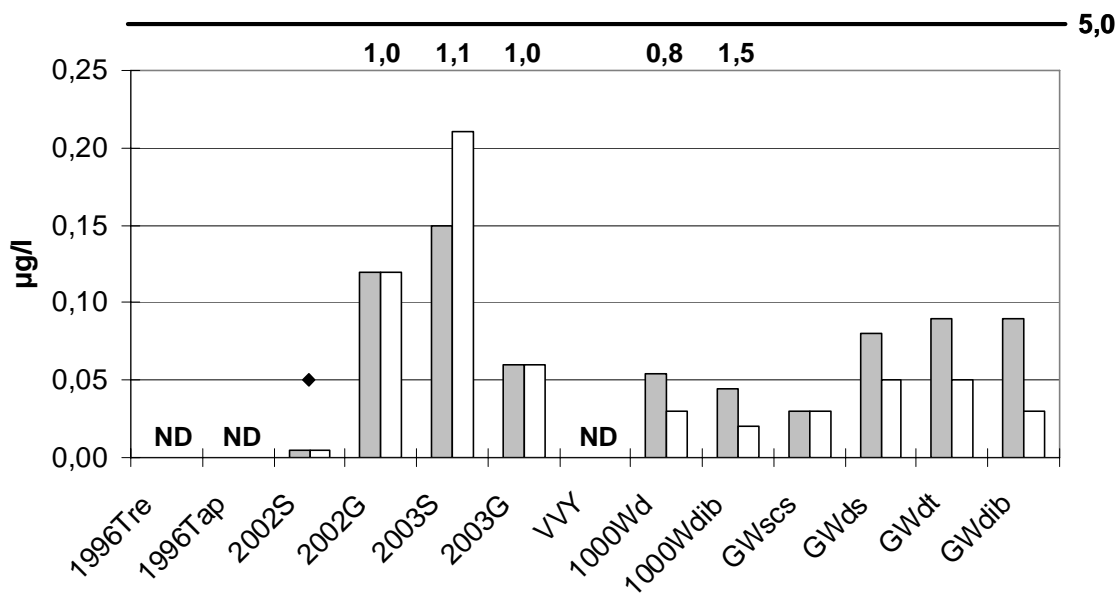
5 Metallit

5.1 Laatuvaatimusten alaiset metallit

5.1.1 Antimoni (Sb)

Antimoni on alkuaine, joka esiintyy sekä metallisena että epämetallisena. Metallinen muoto on hopeanhohtoinen, kova ja hauras aine, joka johtaa huonosti sähköä ja lämpöä. Antimonia esiintyy luonnonvesissä yleensä vähän. Talousvesiverkostoissa antimonia käytetään lyijy- ja tinametalliseoksissa seoksen kovuuden lisäämiseksi ja sitä saattaa joutua veteen putkistojen juotosaineena käytetystä tina-antimoniseoksesta. Antimoni ja sen yhdisteet ovat toisen luokan myrkkijä. Pieninä annoksina oireina on päänsärkyä, väsymystä ja masentuneisuutta. Antimonin laatuvaatimus talousvedessä on korkeintaan 5 µg/l. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta antimonia 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 2,5 µg/l. WHO suosituksen mukaan antimonia saisi liueta jakeluverkoston osista veteen maksimissaan pitoisuuteen 20 µg/l.

Antimonipitoisuuksissa kaikki maksimiarvotkin olivat selkeästi laatuvaatimuspitoisuutta pienempiä (Kuva 7). Vuoden 2002 pintavesilaitosten (2002S) aineistossa antimonipitoisuus oli alle 0,01 µg/l. Vuosina 1996-1998 valvontatutkimustulokset täyttivät antimonin laatuvaatimuksen (n=3-63/v).



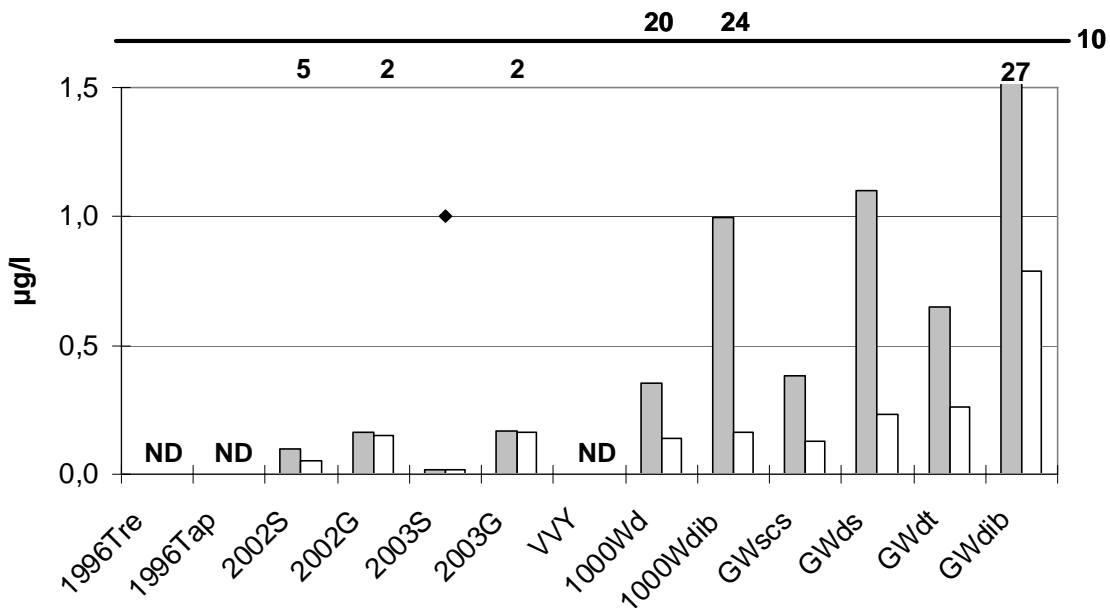
Kuva 7. Antimoni.

5.1.2 Arseeni (As)

Arseeni on puolimetalli, joka esiintyy kahdessa kiinteässä muodossa, keltaisena (tiheys $1,97 \text{ g/cm}^3$) ja metallisen harmaana ($5,73 \text{ g/cm}^3$). Luonnossa arseeni esiintyy tavallisimmin sulfideina ja oksideina. Arseenia käytetään hyönteismyrkyissä, lahontorjunta-aineissa ja kemian teollisuuden tuotantoprosesseissa. Eri puolilla Suomea esiintyy luontaisesti korkeita arseenipitoisuuksia maaperässä ja pohjavesissä mm. kallioperältä mustaliuskealueilla. Arseeni on ihosyöpää aiheuttava myrky. Arseenin laatuvaatimus talousvedessä on korkeintaan $10 \text{ } \mu\text{g/l}$, mikä on sama kuin WHO:n suositus. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta arseenia 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli $5 \text{ } \mu\text{g/l}$.

Arseenipitoisuudesta on tietoja EU:lle raportoitujen vesilaitosten, kaivovesien ja pohjavesien tiedoissa. Vesilaitosten vesissä arseenipitoisuudet ovat kokonaisuudessaan alle laatuvaatimuksen. Kaivovesissä ja pohjavesissä, erityisesti 1000 kaivon porakaivojen vesissä (1000Wdip), hiekkapohjaisten kuilukaivojen pohjavesissä (GWds) ja porakaivojen pohjavesissä (GWdib) oli korkeammat keskiarvopitoisuudet kuin muissa aineistoissa. Porakaivojen pohjavesissä (GWdib) keskiarvo jopa ylitti laatuvaatimuksen raja-arvon.

Vuosina 1996-1998 (n=46-113/v) ja 2002-2004 (n=373-454/v) kaikki valvontatutkimustulokset täyttivät arseenin laatuvaatimuksen ko. ajankohtina (Kuva 8).



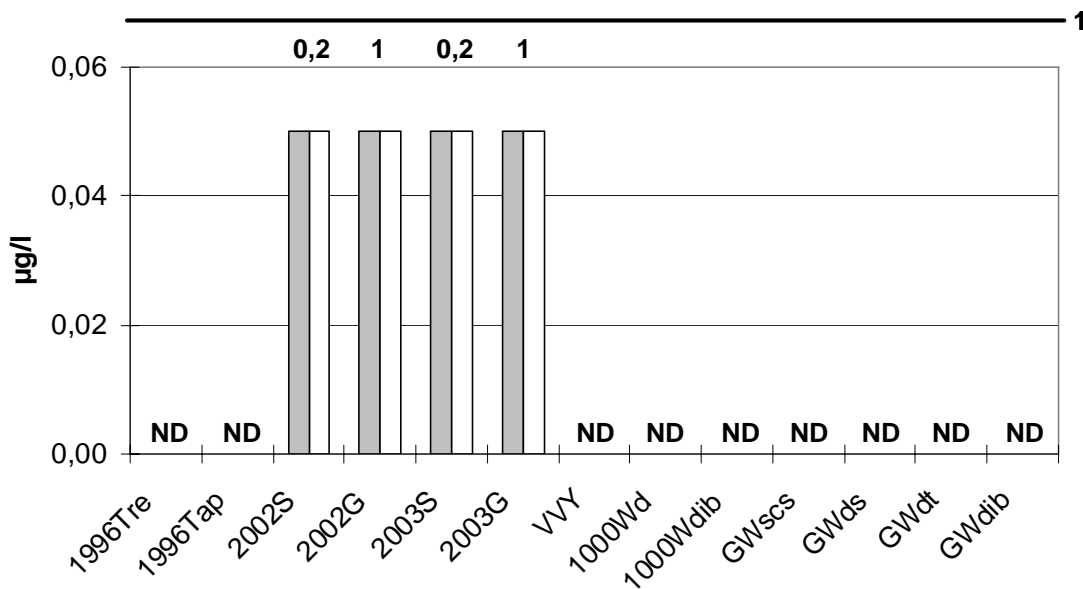
Kuva 8. Arseeni. Huom., GWdib:n keskiarvo on $27 \text{ } \mu\text{g/l}$.

5.1.3 Elohopea (Hg)

Elohopea on raskasmetalli, joka yleisissä lämpötiloissa esiintyy nestemäisenä. Luonnonvesissä elohopea esiintyy pääasiassa epäorgaanisessa muodossa, jonka mikrobit voivat muuttaa ravintoketjussa rikastuvaksi orgaaniseksi metyylielohopeaksi. Elohopeaa käytetään lääkeli-, räjähdys- ja väriaineissa, kasvinsuojelumyrkkyinä ja limoittumisen estoaineissa, joista ne voivat päätyä jätevesien kautta myös talousvesiin. Elohopea ja erityisesti sen orgaaniset yhdisteet, kuten metyylielohopea, ovat erittäin myrkyllisiä ja haittavaikutukset kohdistuvat munuaisiin ja hermokudokseen, erityisesti aivoihin. Elohopean laatuvaatimuksen yläraja talousvedessä on maksimissaan 1 µg/l.

Elohopeapitoisuudet on raportoitu EU:lle, ja ne ovat olleet kaikki alle määritysrajan 0,1 µg/l (Kuvassa 9 esitetty puolet määritysrajasta). Kahdessa aineistossa neljästä maksimiarvot olivat laatuvaatimuksen (1 µg/l) rajalla.

Vuosina 1996-1998 (n=33-73/v) ja 2002-2004 (n=365-457/v) valvontatutkimustulokset täyttivät elohopean laatuvaatimukset.



Kuva 9. Elohopea.

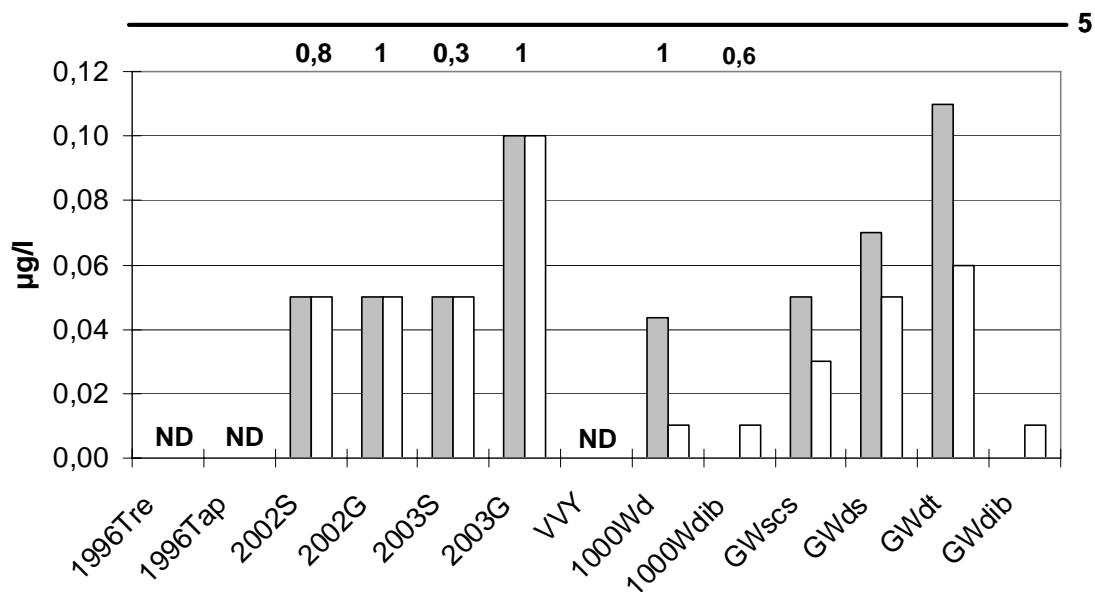
5.1.4 Kadmium (Cd)

Kadmium on valkoinen ja pehmeä raskasmetalli. Kadmiumin kloridit, nitraatit ja sulfaatit liukenevat helposti veteen, kun taas alkuaineena se on veteen liukenematonta. Kadmiumia käytetään keramiikan valmistuksessa, metalli-, tekstiili- ja kemianteollisuudessa ja kasvinsuojeluaineissa. Talousvesissä esiintyvä kadmium on peräisin yhdyskunta- ja teollisuusjätevesistä, ilman kautta tulevasta laskeumasta tai lannoitteista. Kadmium on elimistöön kuten munuaisiin, haimaan ja luustoon kertyvä myrkky. Lisäksi kadmiumia epäillään karsinogeenisuudesta, teratogeenisuudesta ja verenpaineen kohottamisesta. Kadmiumin laatuvaatimuksen yläraja-arvo on 5 µg/l. WHO:n suosituksen mukaan juomaveden kadmiumipitoisuus saa olla korkeintaan 3 µg/l. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen

mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta kadmiumia 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 2,5 µg/l.

Kadmiumista on tiedot EU:lle raportoitujen vesilaitosten tiedoissa, kaivovesistä ja pohjavesistä (Kuva 10). Kadmiumpitoisuudet ovat kaikilta osin alle laatuvaatimuksen pitoisuuden eikä mitään selkeitä trendejä pitoisuuseroissa ollut havaittavissa.

Vuosina 1996-1998 (n=59-131/v) ja 2002-2004 (n=374-483/v) valvontatutkimustulokset täyttivät talousvesiasetuksen kadmiumin laatuvaatimuksen.



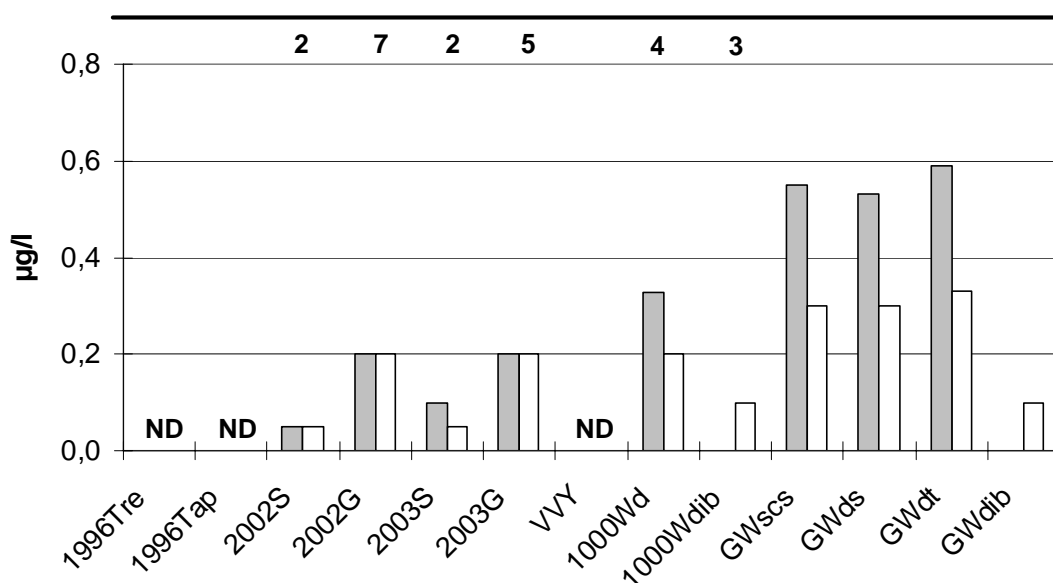
Kuva 10. Kadmium.

5.1.5 Kromi (Cr)

Kromi on harmahtava, kiiltävä ja kova metalli. Se esiintyy luonnossa yhdisteinä, joiden valenssi on +2, +3, tai +6. Kromi on pääosain ruostumattomissa teräksissä. Kromia käytetään metallien pinnoittamiseen, jolloin metalliesineiden pinnat saadaan säilymään kirkkaina. Talousveden kromi on pääasiassa peräisin verkostojen materiaaleista. Kolmiarvoinen kromi on ihmiselle välttämätön hivenaine, kun taas kuusiarvoinen kromi on karsinogeeninen ja mutageeninen. Talousvesiasetuksen mukainen enimmäispitoisuus kromille on 50 µg/l. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta kromia 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 25 µg/l.

Kuten kadmiumpitoisuuksista, kromista oli tiedot EU:lle raportoitujen vesilaitosten tiedoissa, kaivovesistä ja pohjavesistä (Kuva 11). Kromipitoisuudet olivat matalia suhteessa laatuvaatimukseen: jopa korkein maksimipitoisuus (7 µg/l, 2002 pohjavedet) oli vain 14 % raja-arvosta.

Vuosina 1996-1998 (n=47-120/v) ja 2002-2004 (n=379-485/v) kaikki tutkitut näytteet täyttivät kromin laatuvaatimukset.



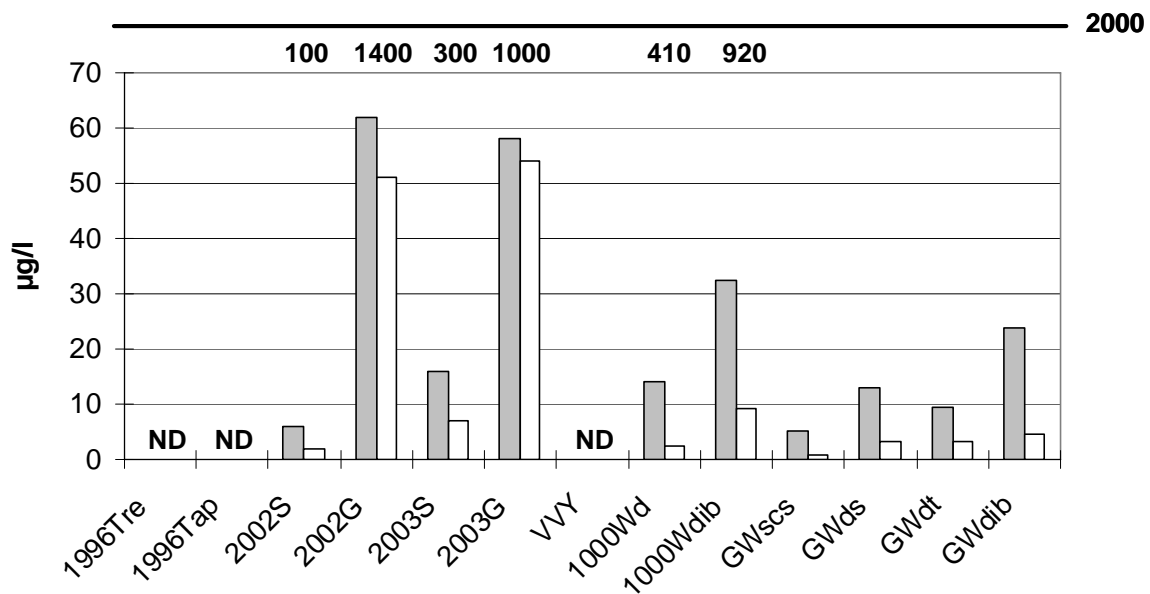
Kuva 11. Kromi.

5.1.6 Kupari (Cu)

Kupari esiintyy luonnossa metallisena ja erilaisina yhdisteinä. Kupari on välttämätön hivenaine (2,5 mg/d). Kiinteistöissä käytetään kuparia kylmä- ja lämminvesiputkina, koska se on korroosionkestävää, lujaa, taipuisaa ja juotettavaa. Alueilla, joissa vesi on aggressiivista, kuparin liukeneminen ja putkien syöpyminen on mahdollista. Osa korroosiosta voi johtua mikrobitoiminnasta (Critchley ym. 2004). Uusista kupariputkista on havaittu liukenevan kuparia 0,4-0,5 mg/l (Lehtola ym. 2004b). Liukenevalla kuparilla ja hopealla on havaittu antimikrobiologisia vaikutuksia, erityisesti *Legionella* spp:tä vastaan (Kusnetsov ym. 2001, Miuetzner ym. 1997). Talousvesiverkostoissa kupari voi aiheuttaa väri- ja hajuhäiriöitä yli 1 mg/l pitoisuuksissa. Terveydelle vaaralliset pitoisuudet, yli 100 mg/l, on havaittavissa aistein, joten terveydellinen uhka on vähäinen. Talousvesiasetuksen mukaan kuparin enimmäispitoisuus vedessä saa olla 2 mg/l. Kuparinäyte otetaan käyttäjän vesihanasta siten, että pitoisuus vastaa viikoittaista keskiarvoa. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta kuparia 90 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 1,8 mg/l. EAS-järjestelmään on esitetty pitkäaikaiskokeita, joissa testataan metallien liukenemistä. Testivesien kuparipitoisuudelle on annettu raja-arvo 10 µg/l, paitsi kuparimetalleja testattaessa raja-arvo on 25 µg/l. WHO:n suositus kuparin maksimipitoisuudelle vedessä on 2 mg/l. Pyykin ja vesikalusteiden värjäytymistä voi tapahtua jo alhaisemmassa pitoisuudessa.

Kuparipitoisuudet EU:lle raportoitujen vesilaitosten tiedoissa, kaivovesissä ja pohjavesissä ovat kaikki alle laatuvaatimuksen (Kuva 12). Korkeimmat keskimääräiset pitoisuudet (50-60 µg/l) olivat pohjavettä toimittavien EU-raportoitavien vesilaitosten vesissä vuosien 2002 ja 2003 aineistoissa. Kaivovesissä ja pohjavesissä pitoisuudet olivat samalla tasolla pintavesilaitosten pitoisuuksien kanssa. EAS testiveden raja-arvo voi hankaloittaa pitkäaikaistestien tekemistä eri vesillä Suomessa, sillä erityisesti pohjavesilaitosten vesissä kuparipitoisuus on korkeampi kuin esitettyjen testivesien kuparipitoisuus.

Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä kuparin pitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=510-528/v).



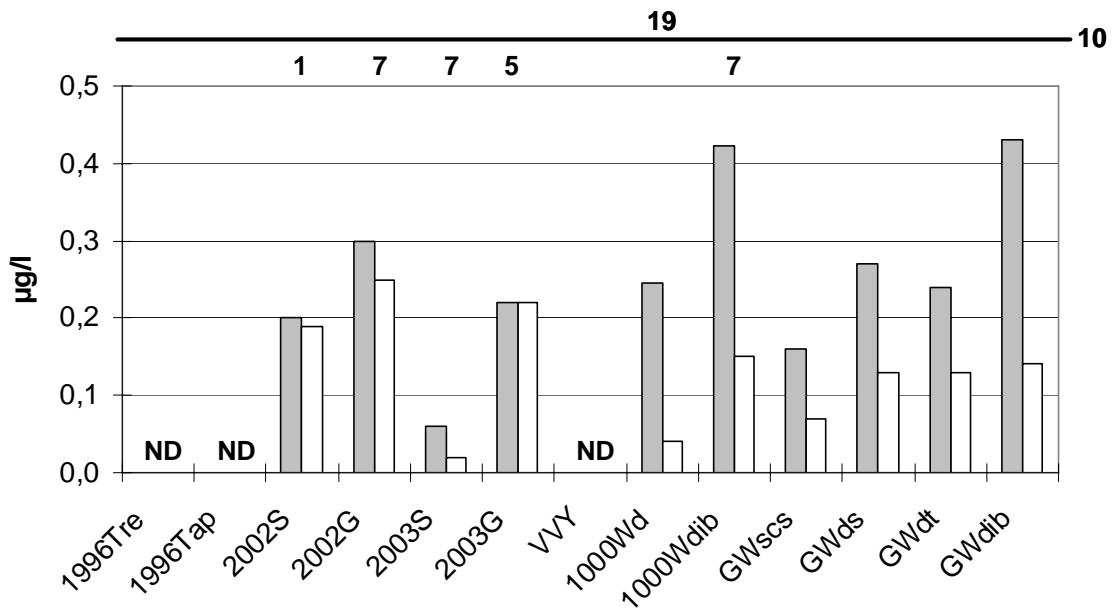
Kuva 12. Kupari.

5.1.7 Lyijy (Pb)

Lyijy on sinertävänharmaa, kiiltävä ja pehmeä raskasmetalli. Lyijyä esiintyy maaperässä sulfidina, karbonaattina ja sulfaattina. Lyijyä käytetään monissa metalliseoksissa. Eräissä maissa, kuten USA:ssa ja Englannissa, lyijyä on laajasti käytetty kiinteistöjen talousvesiputkissa ja putkiliitoksissa. Suomessa lyijyä esiintyy vähäisessä määrin talousveden kanssa kosketuksissa olevissa materiaaleissa. PVC-putkista on havaittu liuenneen lyijyä, tinaa ja muita metallistabilisaattoreita. Metallistabilisaattoreiden liukenemiseen on vaikuttanut pH, lämpötila ja liuenneen kiintoaineen määrä sekä veden kierrätysaika (Al-Malack 2001). Samoin PVC-putken altistuminen UV-säteilylle on havaittu lisäävän lyijyn, tinan ja vinyylidikloridimonomeerin liukenemistä talousveteen (Al-Malack 2001, Al-Malack ja Sheikheldin 2001). Lyijy on elimistöön kertyvä myrkyllinen aine, joka aiheuttaa haittavaikutuksia mm. hermostoon ja luustoon. Myrkytysoireet aiheuttavat ruokahaluttomuutta, anemiaa, vatsakipuja ja asteittaista halvausta. Lyijyn laatuvaatimus on maksimissaan 10 µg/l. Näyte otetaan käyttäjän vesihanasta siten, että pitoisuus vastaa viikoittaista keskiarvoa. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta lyijyä 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 5 µg/l. WHO:n suositus veteen putkista ja muista jakeluverkoston osista liukenevalle lyijypitoisuudelle on 10 µg/l.

Lyijypitoisuudet EU:lle raportoitujen vesilaitosten tiedoissa, kaivovesissä ja pohjavesissä olivat Tuhannen kaivon tutkimuksen rengaskaivoja (1000Wd) lukuun ottamatta alle laatuvaatimuksen raja-arvon (Kuva 13). Pitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat satunnaisesti vesityypistä ja aineistosta riippumatta.

Vuosina 1996-1998 (n=66-142/v) ja 2002-2004 (n=382-470/v) kaikissa tutkituissa näytteissä lyijypitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen.



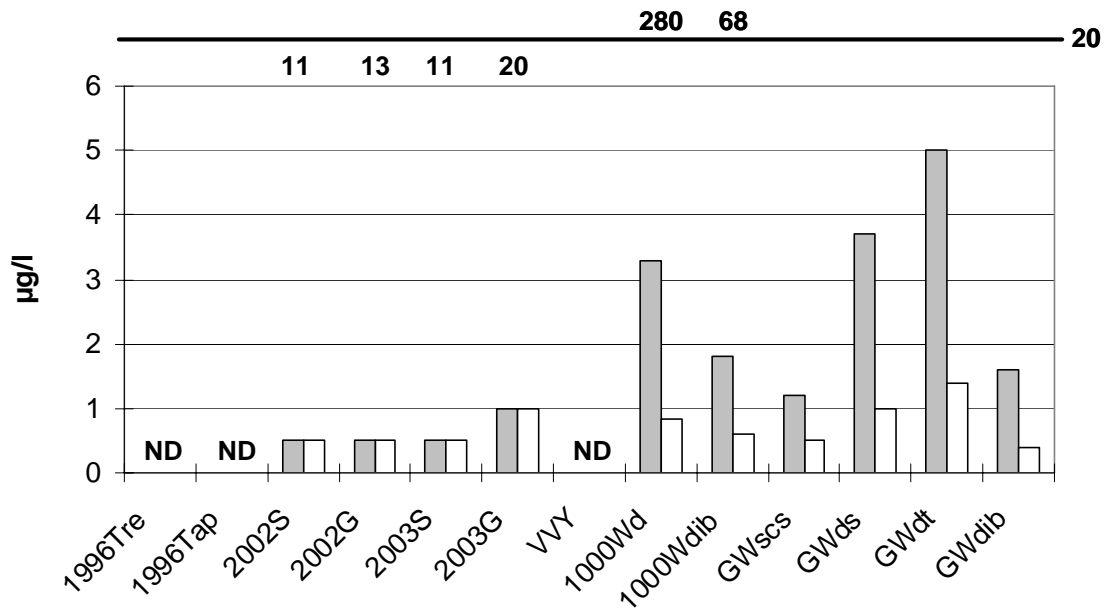
Kuva 13. Lyijy.

5.1.8 Nikkeli (Ni)

Nikkeli on luja, sitkeä, hopeanvärinen ja magneettinen metalli. Nikkeliä esiintyy maaperän mineraaleissa sulfideina. Se kestää hyvin korroosiota, joten sitä käytetään metalliseoksissa. Nikkeliä voi liueta talousvedeen kiinteistöjen vesikalusteista. Nikkeli on välttämätön hivenaine, jota ei esiinny talousvedessä myrkyllisiä pitoisuuksia. Nikkeli voi aiheuttaa allergioireita, joten sen laatuvaatimus talousvedelle on korkeintaan 20 µg/l. Laatuvaatimus vastaa viikoittaista keskiarvopitoisuutta otettuna käyttäjän vesihanasta. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta nikkeliä 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 10 µg/l. WHO on nostanut nikkelin maksimisuosituspitoisuudeksi 70 µg/l vuonna 2005.

Nikkelipitoisuudet EU:lle raportoitujen vesilaitosten tiedoissa, kaivovesissä ja pohjavesissä olivat alle laatuvaatimuksen lukuun ottamatta 1000 kaivon tutkimuksen maksimiarvoja. Kaivovesissä ja pohjavesissä nikkelpitoisuuden keskiarvo oli korkeampi kuin vesilaitosten vesissä.

Kaikki nikkelin valvontatutkimustulokset täyttivät laatuvaatimuksen vuonna 1996, vuosina 1997 ja 1998 vastaavat luvut olivat 98,1 % ja 98,5 % (n=52-97/v) (Kuva 14). Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä nikkelin pitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=368-467/v).



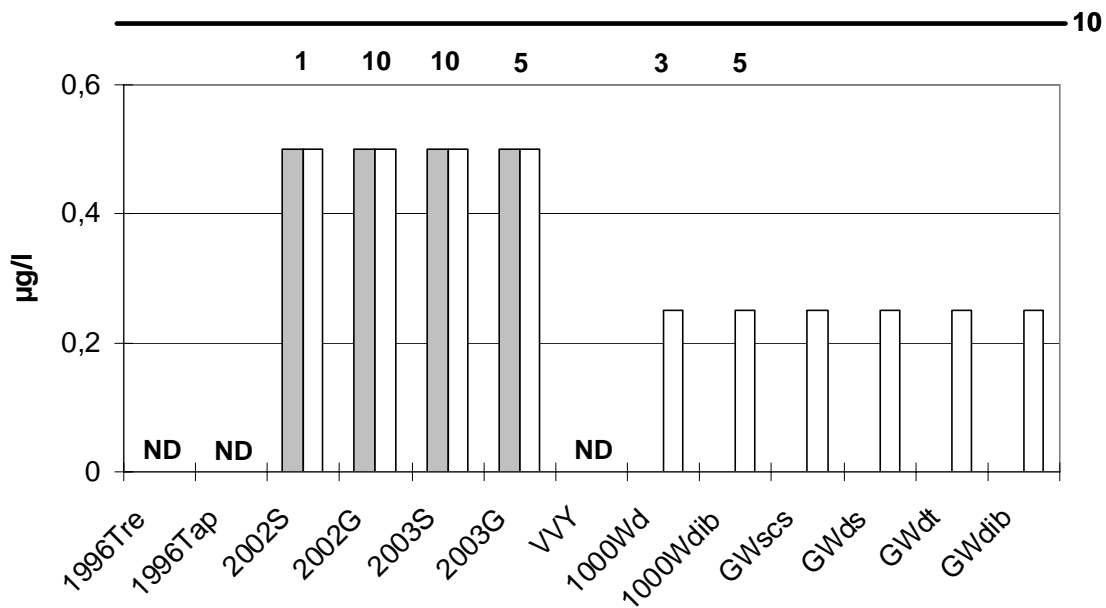
Kuva 14. Nikkeli.

5.1.9 Seleni (Se)

Suomen maaperässä esiintyy niukasti seleeniä, mikä heijastuu myös alhaisena pitoisuutena pohjavedessä. Lannoitteisiin seleeniä on Suomessa lisätty vuodesta 1985 alkaen. Seleenin suoloja käytetään teollisuuden prosesseissa ja eräissä hyönteismyrkyissä sekä kumissa samaan tapaan kuin rikkiä, joka on seleenin sukuinen alkuaine. Seleeni on ihmiselle välttämätön hivenaine. Suurina pitoisuuksina seleeni on myrkyllinen, mutta se ei kerry kudoksiin. Pitkäaikainen yliannostus vaikuttaa kasvuun ja maksan toimintaan. Seleenin myrkyllisyydestä johtuva terveysperusteinen maksimiraja-arvo (laatuvaatimus) talousvedessä on 10 µg/l. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta seleeniä 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 5 µg/l.

Seleenipitoisuudet ovat olleet matalia sekä EU:lle raportoitujen laitosten talousvedessä, kaivovesissä ja pohjavesissä (Kuva 15). Vuoden 2002 aineiston pohjavesissä ja 2003 aineiston pintavesissä maksimipitoisuudet tosin saavuttivat raja-arvon.

Vuosina 1996-1998 (n=28-92/v) ja 2002-2004 (n=113-129/v) valvontatutkimustulokset täyttivät seleenin laatuvaatimukset.



Kuva 15. Seleenin.

5.2 Laatusuosituksen alaiset metallit

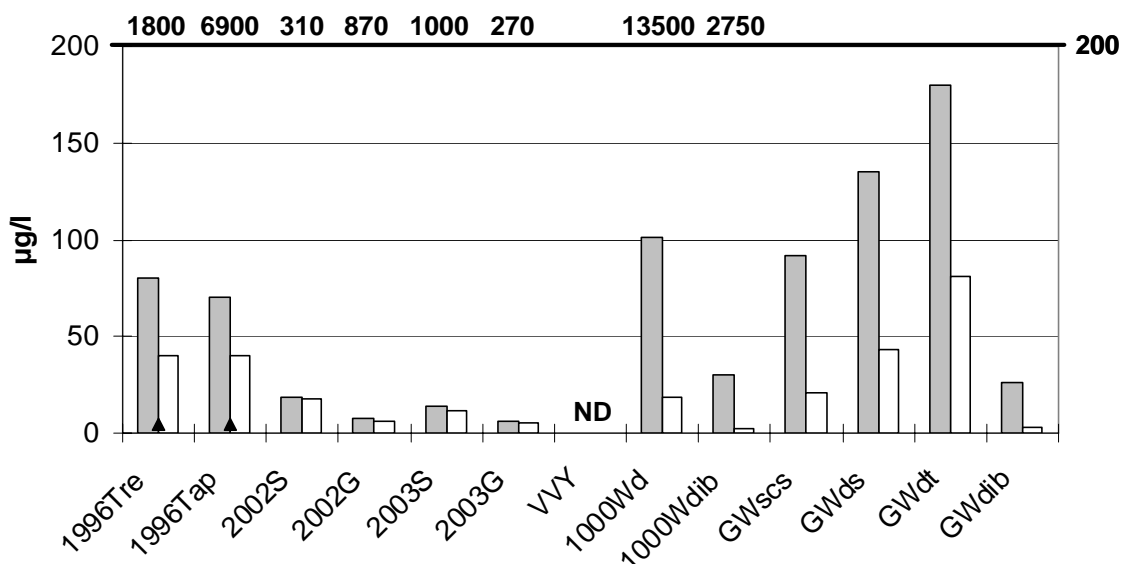
5.2.1 Alumiini (Al)

Alumiini on kevyt ja luja metalli, joka esiintyy yhtenä yleisimmistä alkuaineista useissa kivilajeissa. Luonnonvesissä alumiinia esiintyy vähäisiä määriä länsirannikon alunamaita lukuun ottamatta. Alumiinisuoloja käytetään talousveden käsittelyssä saostuskemikaalin osana, joten alumiinipitoisuus kertoo käsittelyprosessin onnistumisesta. Alumiinia käytetään myös talousveden kanssa kosketuksissa olevissa materiaaleissa, joista sitä voi liueta. Korkea alumiinipitoisuus talousvedessä edistää kupariputkien pistekorrosiota ja voi muodostaa saostumia putkistoissa. Alumiinin on epäilty olevan syynä eräiden neurologisten häiriöiden syntyyn, mutta tutkimustulokset ovat kiistanalaisia. Ääritapauksena sementtilaastiputkista on liennut pehmeässä aggressiivisessä vedessä alumiinia, joka on aiheuttanut akuutin myrkytyksen dialyysipotilaissa (Berend ja Trouwborst 1999). Alumiinin laatusuositus on maksimissaan 200 µg/l. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta alumiinia 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 100 µg/l.

Alumiinin pitoisuuksista on esitetty tulokset Kuvassa 16 lukuun ottamatta VVY:n kyselyä. Keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet alittavat laatusuosituksen, mutta kaikissa raportoiduissa aineistoissa maksimiarvo ylittää suosituksen, yleensä huomattavasti. Vesilaitosten jakamassa vedessä alumiinipitoisuus oli alempi vuosien 2002 ja 2003 aineistoissa kuin vuoden 1996 aineistoissa. Alunamaiden pohjavesissäkin on yleensä kohonneita alumiinipitoisuuksia, mutta näitä ei välttämättä ole tutkittu, koska potentiaalista ongelmaa ei ole tiedostettu.

Vuosina 1996-1997 noin 98 % ja vuonna 1998 99,6 % alumiinin valvontatutkimustuloksista täytti muuttujille asetetun laatuvaatimuksen (n=~1500/v). Vuosina 2002-2004 99,2-99,3 % näytteistä täytti talousvesiasetuksen laatusuosituksen alumiinin osalta (n=1216-1427/v).

Norjassa talousveden alumiinipitoisuudet (keskiarvo 120 µg/l, minimi 2,5 µg/l, maksimi 3440 µg/l; n=527 laitosta) ovat olleet keskimäärin korkeammat kuin suomalaisten vesilaitosten talousvedessä, ja lähempänä 1000 kaivon kuilukaivojen ja pohjavesien pitoisuustasoa. Ruotsin pintavesilaitosten (n=116 laitosta) talousvesissä alumiinipitoisuus on ollut keskimäärin 40-60 µg/l.



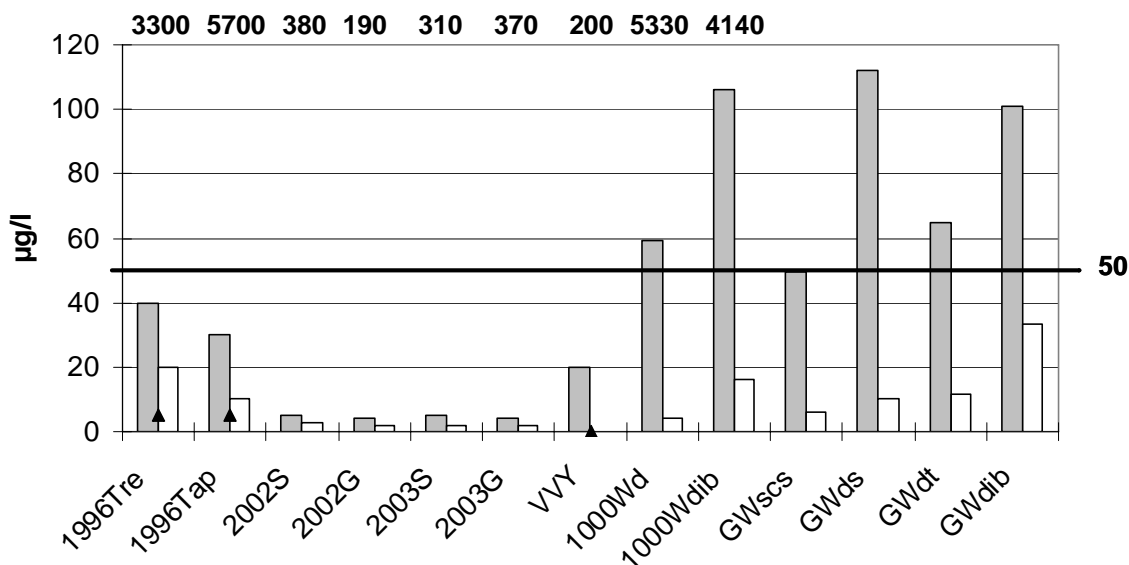
Kuva 16. Alumiini.

5.2.2 Mangaani (Mn)

Mangaani on raudan sukuinen metalli, joka esiintyy luonnossa useimmiten oksideina. Mangaanin suoloista vesiliukoisia ovat kloridit, nitraatit ja sulfaatit, kun taas niukkaliukoisia ovat oksidit, karbonaatit ja hydroksidit. Niukkahappisissa ja hapettomissa vesissä, kuten pohjavesissä, mangaania voi esiintyä teknis-esteettisesti haitallisia pitoisuuksia. Mangaania esiintyy usein samanaikaisesti raudan kanssa, mutta koska sen hapettaminen on vaikeampaa kuin raudan, mangaanin poistaminen vaatii usein erillisiä toimenpiteitä. Mangaani aiheuttaa veteen helposti maku- ja hajuhaittoja sekä mustia saostumia, jotka värjäävät veden ja pestävät tekstiilit. Mangaani voi olla myrkyllinen suurina pitoisuuksina, mutta käytännössä veden maku tällöin ehkäisee veden nauttimisen. Talousvesiasetuksen laatusuosituksen yläraja-arvo mangaanille (50 µg/l) perustuu teknis-esteettisten haittojen ehkäisyyn. Pienemmillään mangaanin pitoisuuksilla mangaanibakteerit voivat aiheuttaa saostumia tai aiheuttaa prosessihäiriöitä. WHO:n suositus mangaanin enimmäispitoisuudelle juomavedessä on 0,4 mg/l. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta mangaania 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 25 µg/l. EAS-järjestelmään esitetyissä pitkäaikaiskokeissa, joissa testataan metallien liukenemistä, mangaanipitoisuudelle testivesissä on annettu raja-arvo 5 µg/l.

Mangaanipitoisuus on raportoitu laajasti selvityksen päätietolähteissä (Kuva 17). Vesilaitosten talousvedessä mangaanipitoisuudet ovat keskimäärin olleet alle raja-arvon. Maksimiarvot ovat olleet vesilaitosten jakamassa talousvedessä huomattavasti yli suosituksen. Kaivovesissä ja pohjavedessä keskiarvot ovat ylittäneet talousvesiasetuksen suosituspitoisuuden, mutta mediaanit ovat olleet sallituissa rajoissa. 1000 kaivon tutkimuksen maksimiarvo ylitti talousvesiasetuksen raja-arvon noin 100-kertaisesti. Myös pienten yksiköiden raja-arvo 100 µg/l ylittyi osassa kaivo- ja pohjavesiä. Suomen vesien mangaanipitoisuus voi aiheuttaa ongelmia

EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän Suomessa tehtäviin metalliseosten testauksiin soveltuvien testivesien löytämisessä.



Kuva 17. Mangaani.

Vuonna 1984 talousveden laatuvaatimus mangaanille (100 µg/l) täyttyi 90 % pohjavesilaitoksista ja 95 % pintavesilaitoksista. Vuonna 1987 pienistä pohjavesilaitoksista 91 % ja isoista 97 % ilmoitti mangaanipitoisuuden täyttävän talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen (0,50 mg/l). Pienillä pintavesilaitoksilla vastaava luku oli 97 % ja isoilla 100 %. Mangaanin laatuvaatimuksen (50 µg/l) täyttymisaste nousi hieman vuosina 1996-1998 ollen lähes 97 % vuonna 1998 (n=2600-2800/v). Vuosina 2002-2004 mangaanin laatusuosituksen täyttävien näytteiden osuus oli 98,3-99,0 % tutkituista näytteistä (n=4390-5018/v).

Norjan mangaanipitoisuudet (keskiarvo 25 µg/l, minimi 1 µg/l, maksimi 730 µg/l; n=526 laitokset) ovat olleet keskimäärin korkeammat kuin Suomen EU:lle raportoitavien laitosten pitoisuudet ja samalla tasolla Suomen vuoden 1996 aineiston vesien kanssa. Ruotsissa mangaanipitoisuudet ovat olleet sekä pintavesi- (n=123) että pohjavesilaitosten (n=167) talousvesissä 10-20 µg/l.

5.2.3 Natrium (Na)

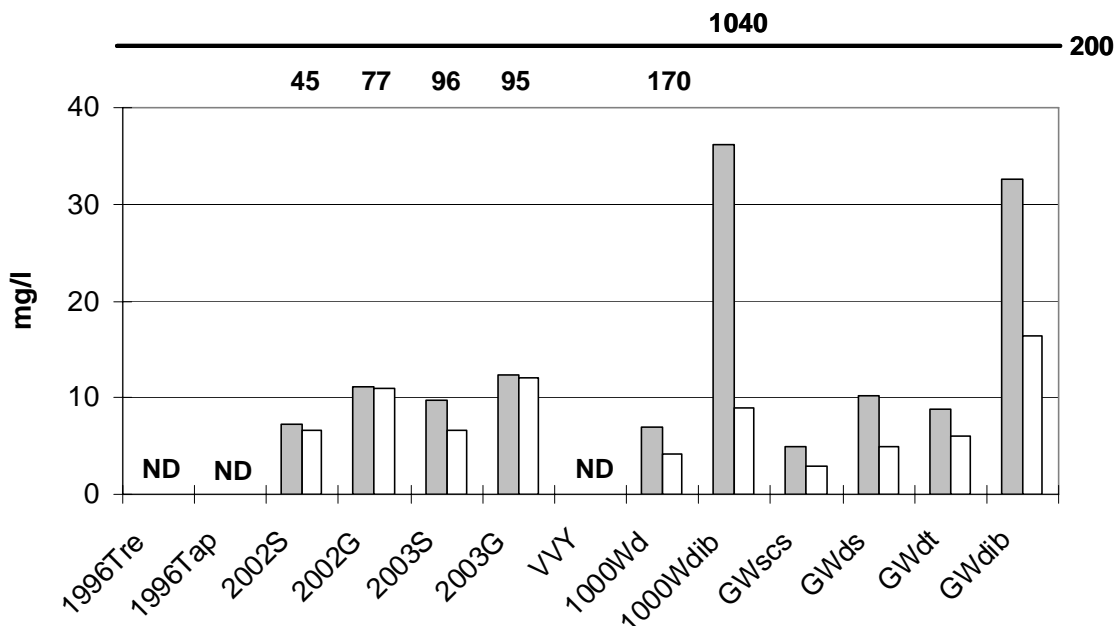
Talousveden natrium on peräisin joko raakavedestä tai vedenkäsittelykemikaaleista (sooda, lipeä, ioninvaihtimien elvytyssuola). Vanhoilla merenpohja-alueilla natriumpitoisuus voi olla 10-20-kertaa korkeampi kuin tavallisesti pinta- ja pohjavesistä mitattu 5 mg/l. Maanteiden suolaukseen käytetty suola voi myös kohottaa natriumpitoisuuksia. Myös mm. kaatopaikoilta ja jätevesistä voi joutua pohjaveteen natriumia. Liiallinen natriumin saanti kohottaa verenpainetta, mutta talousvedestä saatava natriumin määrä edustaa vain murto-osaa ravinnon mukana tulevasta kokonaissaannista. Kuitenkin lääketieteellisistä syistä vähänatriumista ruokavaliota noudattavien tulisi tietää käyttämänsä talousveden natriumpitoisuus. Laatusuositusten mukaisesti natriumin raja-arvo on 200 mg/l.

Natriumpitoisuudet on esitetty EU:lle raportoitujen laitosten talousvesien, kaivovesien ja pohjavesien raporteissa ja ne ovat 1000 kaivon tutkimusten porakaivojen (Wdip) maksimipitoisuutta lukuun ottamatta alle laatusuosituksen raja-arvopitoisuuden (Kuva 18).

Suurelta osin pitoisuus on vain 10 mg/l. Sekä 1000 kaivon tutkimuksessa että pohjavesiaineistojen (1000Wdip ja GWdip) porakaivoissa keskimääräinen natriumpitoisuus on korkeampi kuin muissa aineistoissa.

Vuosina 1996-1998 (n=200-300/v) ja 2002-2004 (n=388-453/v) kaikki valvontatutkimustulokset täyttivät natriumpitoisuuden laatuvaatimukset.

Norjassa talusveden natriumpitoisuudet (keskiarvo 6 mg/l, minimi 0,3 mg/l, maksimi 133 mg/l, n=520 laitosta) ovat olleet samalla tasolla kuin Suomen vesissä.



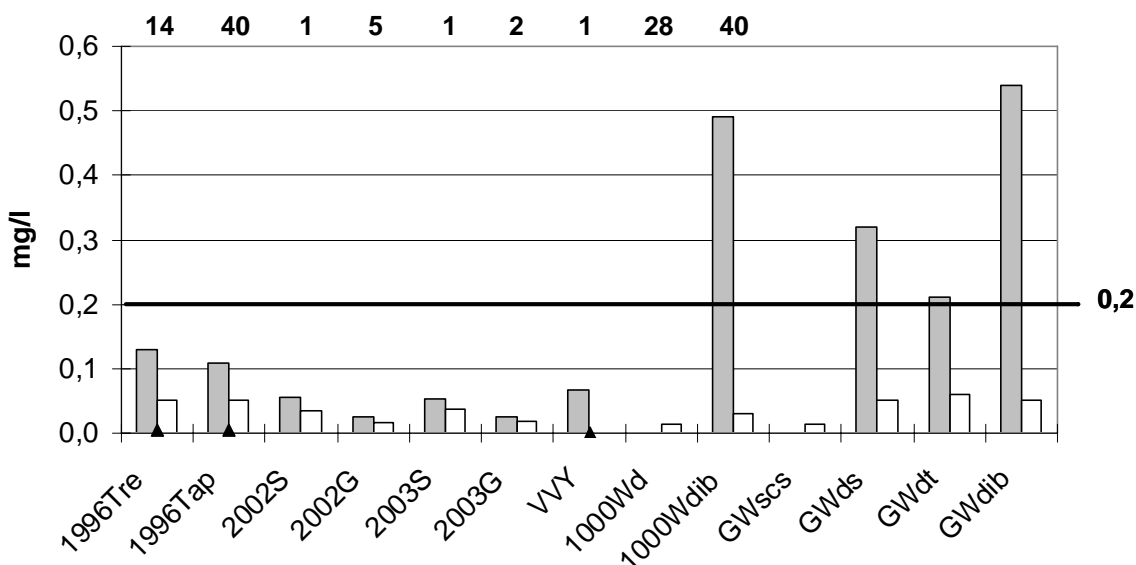
Kuva 18. Natrium.

5.2.4 Rauta (Fe)

Rauta esiintyy luonnossa useina yhdisteinä mm. oksideina, magnetiittina, hematiittina, rautakarbonaattina ja sideriittinä. Kemiallisissa yhdisteissä rauta esiintyy ferro- (+2-arvoinen) tai ferriyhdisteinä (+3-arvoinen). Hapen läsnäollessa ferri-ionit muodostavat lähes liukenematonta ferrihydroksidia ja fosfaatin kanssa ferrifosfaattia. Rauta muodostaa humusyhdisteiden kanssa helposti kelaatin, jonka poistaminen vedestä on hankalaa. Suomen maaperässä rauta on yleisin metalli joka redox-potentiaalin (hapettomuuden) vaikutuksesta usein liukenee pohjaveteen. Talusvedessä rauta voi olla peräisin myös jakeluverkoston putkien korroosiotuotteista. Rauta ei ole terveydelle haitallinen, mutta liian suuri pitoisuus voi aiheuttaa makuhäiriöitä, värjätä tekstiilejä (0,3 mg/l pitoisuudesta lähtien) ja muodostaa ruosteenvärisiä saostumia rautabakteerien vaikutuksesta (jo 0,05 mg/l pitoisuuksilla). Rautapitoisuuden laatusuositus talusvesiasetuksessa on 0,2 mg/l, mikä perustuu teknis-esteettisten haittojen ehkäisyyn. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta rautaa 50 % juomavesidirektiivin raja-arvosta eli 0,1 mg/l. EAS-järjestelmään on esitetty pitkäaikaiskokeita, joissa testataan metallien liukenemistä. Näissä kokeissa testivesien rautapitoisuudelle on esitetty raja-arvoa 50 µg/l.

Raudan pitoisuudet oli esitetty kaikissa aineistoissa (Kuva 19). Vesilaitosten talusvesissä raudan keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet ovat olleet keskimäärin alle 0,1 mg/l. Sekä 1000 kaivon että pohjavesien raportoidut keskiarvot ylittivät talusvesiasetuksen suositusraja-

arvopitoisuuden 0,2 mg/l. Kaikki raportoidut maksimipitoisuudet ylittivät suosituksen, maksimipitoisuuksien vaihdella 1-40 mg/l. EAS-testauksia ei välttämättä voida suorittaa missä tahansa suomalaisessa vedessä, koska testivesien raja-arvo 50 µg/l voi ylittyä.



Kuva 19. Rauta.

Vuoden 1984 laaturaportti osoitti, että talousveden laatuvaatimus (0,30 mg/l) täyttyi 85 %:lla pohjavesilaitoksista ja 92 %:lla pintavesilaitoksista. Vuonna 1987 pienistä pohjavesilaitoksista (<1500 m³/d) 87 % ja isoista (>1500 m³/d) 92 % ilmoitti rautapitoisuuden täyttävän talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen (1,0 mg/l). Pienillä pintavesilaitoksilla vastaava luku vuonna 1987 oli 88 % ja isoilla laitoksilla 87 %.

Raudan laatuvaatimuksen täyttymisaste (0,2 mg/l) oli n. 95 % vuosina 1996-1998 (n=4500/v). Vuosina 2002-2004 laatusuosituksen täyttävien näytteiden osuus oli 97,7-98,0 % tutkituista näytteistä (n=4986-5234/v).

Norjan vesilaitoksien vesissä (n=527) rautapitoisuudet (keskiarvo 0,1 mg/l, minimi 0,01 mg/l, maksimi 1,7 mg/l) ovat olleet samalla tasolla kuin suomalaisten vesilaitosten jakamassa talousvedessä. Ruotsissa sekä pintavesi- (n=119) että pohjavesilaitosten (n=167) talousvesissä on ollut keskimäärin rautaa ≤0,05 mg/l.

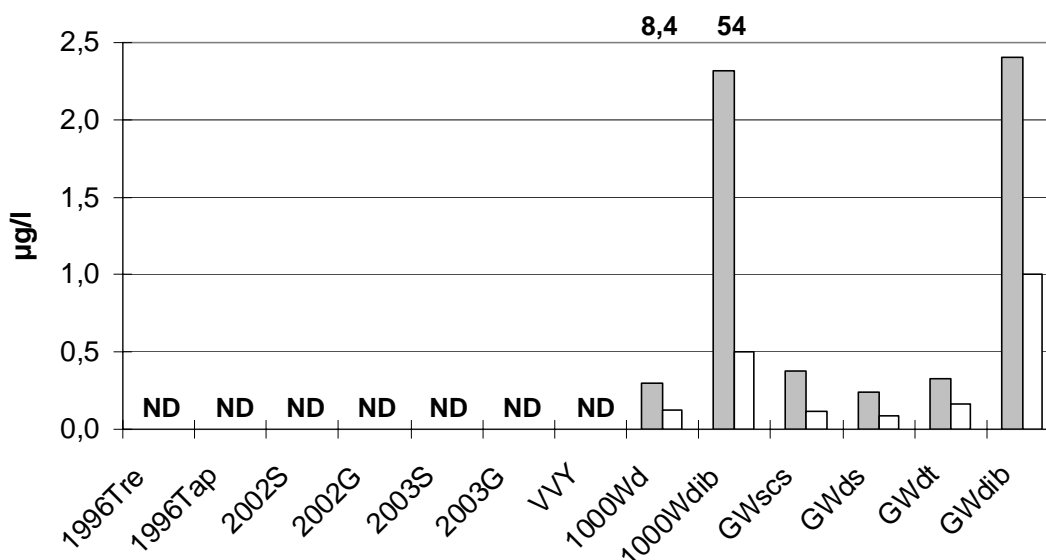
5.3 Muut metallit

5.3.1 Molybdeeni (Mo)

Molybdeeni on hopeanvalkoinen metalli, jota käytetään mm. teräksen kovettamiseen, volframin ja pigmenttien valmistamiseen. Talousvesijärjestelmissä molybdeeniä voi liueta veteen ruostumattomasta teräksestä. Ruostumattomasta teräksestä liukeneva molybdeeni voi estää biofilmiä muodostumista (Percival 1999). Molybdeeni on ihmiselle välttämätön hivenaine, mutta sitä tarvitaan hyvin pieniä määriä. Molybdeenille ei ole asetettu raja-arvoja talousvesiasetuksessa. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta molybdeeniä 50 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta

(20 µg/l) juomavedessä eli 10 µg/l. WHO:n suositus molybdeenin pitoisuudelle talousvedessä on 0,07 mg/l.

Molybdeenipitoisuuksia oli raportoitu 1000 kaivon tutkimuksessa ja pohjavesissä (Kuva 20). Keskimääräiset pitoisuudet olivat matalia, pääosin alle 0,5 µg/l. 1000 kaivon tutkimuksen maksimiarvot olivat rengaskaivoissa 8,4 ja porakaivoissa 54 µg/l. Molybdeenin osalta on vaikea vetää johtopäätöksiä, voisiko se aiheuttaa ongelmia veden jakeluverkostoissa suhteessa EAS:n vaatimukseen, koska vesilaitosten talousveden osalta sen pitoisuuksia ei ole raportoitu.

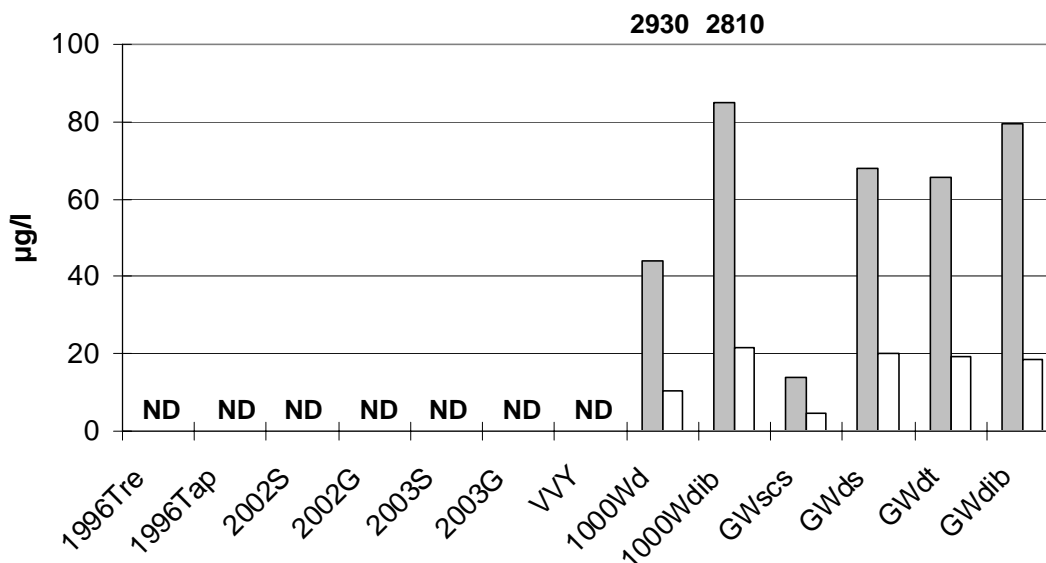


Kuva 20. Molybdeeni.

5.3.2 Sinkki (Zn)

Sinkki on metalli, joka reagoi melko helposti hapen kanssa, jolloin sen pintaan muodostuu suojaava oksidikerros. Sinkkiä käytetään yleisesti seosaineena ja pinnoitteena esim. kiinteistöjen sinkityissä teräsputkistoissa ja messinkisissä liittimissä ja hanoissa. Messinki on kuparin ja sinkin seos. Messingille ominainen korroosioilmiö on sinkinkato, jossa veteen liukenee sinkkiä ja jäljelle jää paljon kuparia sisältävä huokoinen rakenne. Sinkki on välttämätön hivenaine (15-20 mg/d). Talousvedessä sinkin makukynnys on noin 3 mg/l ja se aiheuttaa opaalista sameutta. Sinkki ei ole varsinaisesti myrkyllinen, mutta voi aiheuttaa yli 30 mg/l pitoisuuksina pahoinvointia. Sinkille ei ole pitoisuusmääräyksiä tai -suosituksia talousvesiasetuksessa. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metallituotteista saisi testauksessa liueta sinkkiä 90 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta (3 mg/l) juomavedessä eli 2,7 mg/l. EAS-järjestelmään on esitetty pitkäaikaiskokeita, joissa testataan metallituotteiden liukenemistä, ja testivesien sinkkipitoisuudelle raja-arvoksi on esitetty 50 µg/l. WHO:n suositus sinkin maksimipitoisuudelle talousvedessä on 3 mg/l.

Kuten molybdeenipitoisuuksia, sinkin pitoisuuksia oli raportoitu 1000 kaivon tutkimuksessa ja pohjavesiaineistossa (Kuva 21). Keskimääräiset pitoisuudet olivat matalia, pääosin alle 80 µg/l. 1000 kaivon tutkimuksen maksimiarvot olivat rengaskaivoissa 2930 ja porakaivoissa 2810 µg/l. Sinkin osalta on vaikeaa arvioida, voisiko se aiheuttaa ongelmia veden jakeluverkostoissa suhteessa EAS:n vaatimukseen, koska vesilaitosten talousveden osalta sen pitoisuuksia ei ollut raportoitu. Toisaalta verrattuna metalliseoksille suunniteltuihin EAS-testivesiin pohjavedet voivat sisältää liikaa sinkkiä.



Kuva 21. Sinkki.

5.3.3 Tina (Sn)

Tina on hopeanvalkoinen, kiiltävä, sitkeä, pehmeäkö ja helposti sulava puolimetalli, joka esiintyy erilaisina kidemuotoina. Tinaa käytetään metalliseoksissa, pinnoitteissa ja juotteissa. Pronssi on pääasiassa tinan ja kuparin seos, ja sitä käytetään kiinteistöjen talousvesiverkoston pumpuissa ja liittimissä. Ravinto, lähinnä tinatuissa säilyketölkeissä olevat elintarvikkeet, muodostavat pääosan ihmisten tina-altistuksesta. Tina imeytyy heikosti ihmisen elimistöön, ei kerry kudoksiin ja poistuu helposti elimistöstä. Tinalle ei ole asetettu raja-arvoja talousvesiasetuksessa, eikä myöskään WHO ole sitä asettanut. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta tinaa 50 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta (6 mg/l) juomavedessä eli 3 mg/l.

Tinapitoisuus on raportoitu vain 1000 kaivon tutkimuksessa ja siinä esitetyt maksimiarvot olivat 0,7 (rengaskaivot) ja 1,9 (porakaivot) µg/l.

5.3.4 Titaani (Ti)

Titaani on erittäin hyvin korroosiota kestävä metalli. Se ei esiinny vapaana luonnossa, vaikka se onkin maan yhdeksänneksi yleisin alkuaine (0,9 % maan massasta). Titaani on erittäin väsymiskestävä ja sillä on korkea sulamispiste. Titaani on lähes yhtä lujaa kuin teräs, mutta 45 % kevyempää. Titaanista 95 % käytetään titaanidioksidina (TiO₂), joka on maaleissa, muoveissa, paperissa ja kosmetiikassa käytettävä valkoinen pigmentti. Elimistön hylkimisreaktio titaania kohtaan on pieni, joten sitä käytetään lääketieteellisissä implanteissa. Talousvesijärjestelmissä titaania voi esiintyä järjestelmissä käytettävien metalliseosten epäpuhtautena. Titaanille ei ole raja-arvoa talousvesiasetuksessa. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta titaania 50 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta (15 µg/l) juomavedessä eli 7,5 µg/l.

Titaanista ei pääaineistoissa ollut tietoa, joten kuvan laatiminen ei ole mahdollista.

5.3.5 Vismutti (Bi)

Vismutti on ulkonäöltään tinan kaltaista, hieman punertavaa metallinkiiltoista suurina lehtinä kiteytyvää metallia. Puhtaana alkuaineena vismutti on melko haurasta. Vismutilla on suuri sähkön ominaisvastus ja metalleista elohopean jälkeen alhaisin lämmönjohtavuus. Vismuttia käytetään helposti sulavissa metalliseoksissa ja magneeteissa, ja vismuttiyhdisteitä kosmetiikassa sekä lääketieteessä. Talousvesijärjestelmiin vismuttia voi päätyä käytettävien metalliseosten epäpuhtautena. Vismutille ei ole raja-arvoa talousvesiasetuksessa. EAS-tuotehyväksyntäjärjestelmän ehdotuksen mukaisesti metalliseoksista saisi testauksessa liueta vismuttia 90 % ehdotetusta raja-arvopitoisuudesta (10 µg/l) juomavedessä eli 9 µg/l.

Vismutin pitoisuuksien mediaaniarvot on esitetty kaivovesi- (<0,03 µg/l) ja pohjavesiaineistoissa (<0,02 µg/l, lukuun ottamatta pohjavesien porakaivoissa 0,03 µg/l) ja pitoisuudet ovat olleet matalia. 1000 kaivon tutkimuksen maksimi-arvot olivat rengaskaivoissa 0,14 µg/l ja porakaivoissa 0,28 µg/l. Johtopäätelmiä vismutista jakeluverkostoissa ei aineiston puuttumisen vuoksi pystytty tekemään.

6 Kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet

6.1 Laatuvaatimusten alaiset

6.1.1 Akryyliamidi

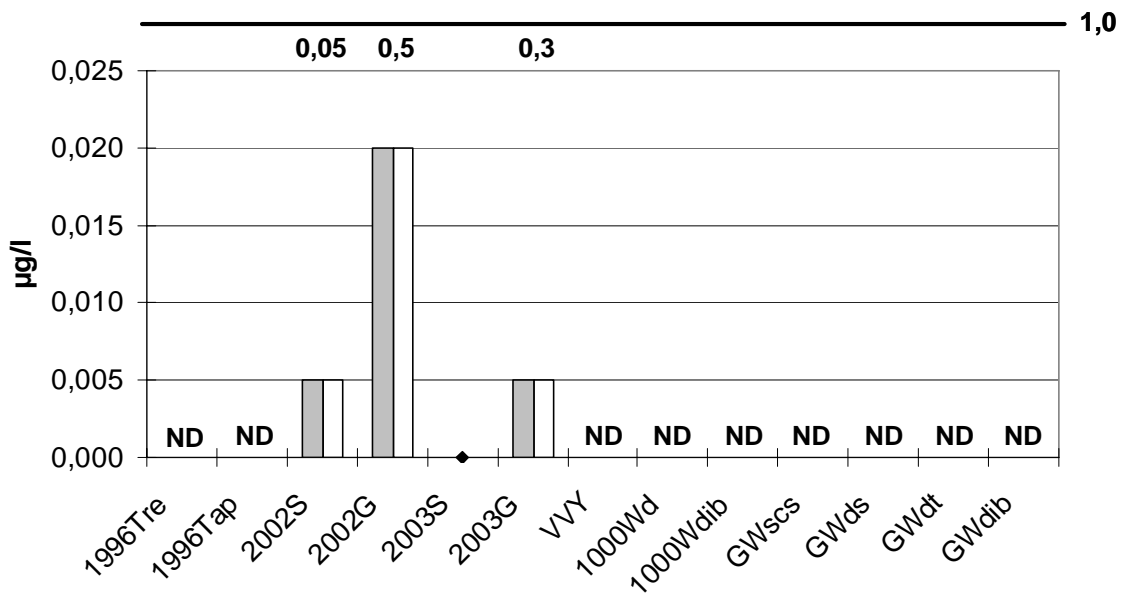
Akryyliamidi esiintyy epäpuhtautena mm. polyakryyliamidipohjaisissa flokkauksen apuaineissa (polymeereissa). Myös mm. polyakryyliamidia sisältävistä injektointimassoista sitä voi joutua veteen. Akryyliamidi on veteen runsasliukoinen ja ympäristöön joutuessaan altis biologiselle hajoamiselle. Sitä ei siten merkittävästi kerry ympäristöön ja eliöstöön. Talousvesiasetuksen mukaan terveysperusteisen laatuvaatimuksen raja-arvo on 0,1 µg/l. Sen pitoisuus lasketaan käytetystä polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoavasta tai liukenevasta määrästä. Vedessä todetun aineen raja-arvona sovelletaan havaitsemisrajaa. Kyseisissä pitoisuuksissa akryyliamidia ei kyetä analysoimaan perinteisin vesianalyysimenetelmin. WHO:n suositus veden puhdistuskemikaaleista irtoavasta akryyliamidista on maksimissaan 0,5 µg/l ja se perustuu elinikäiseen syöpäriskiä 10^{-5} (eli yhden syöpätapauksen lisäys 100 000 henkeä kohti 70 vuoden käytön aikana).

Akryyliamidista talousvedessä ei ollut aineistoissa tietoa, joten yhteenvetokuvaa ei ollut mahdollista laatia. Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä akryyliamidin pitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=1-5/v).

6.1.2 Bentseeni

Bentseeni on erittäin helposti haihtuva aromaattinen hiilivety, jota käytetään teollisuudessa liuottimena ja raaka-aineena. Myös maaöljyssä ja bensiinissä on bentseeniä. Maaperään joutunut bentseeni hajoaa biologisesti ainoastaan hapellisissa olosuhteissa. Se osa bentseenistä, joka ei ehdi haihtumaan, kulkeutuu maaperässä nopeasti ja voi siten saastuttaa pohjaveden. Veteen bentseeniä voi joutua polttoaine- ja kemikaalivuotojen seurauksena sekä jossain määrin myös ilman kautta laskeutumaan. Talousvesiasetuksessa karsinogeenisuudesta johtuva terveysperusteinen raja-arvo on bentseenille 1 µg/l. WHO:n suositus bentseenin maksimipitoisuudelle talousvedessä on 10 µg/l.

Bentseenipitoisuus on raportoitu EU:lle ja sen pitoisuudet ovat olleet pieniä verrattuna raja-arvoon (Kuva 22). Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä bentseenipitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=90-123/v).



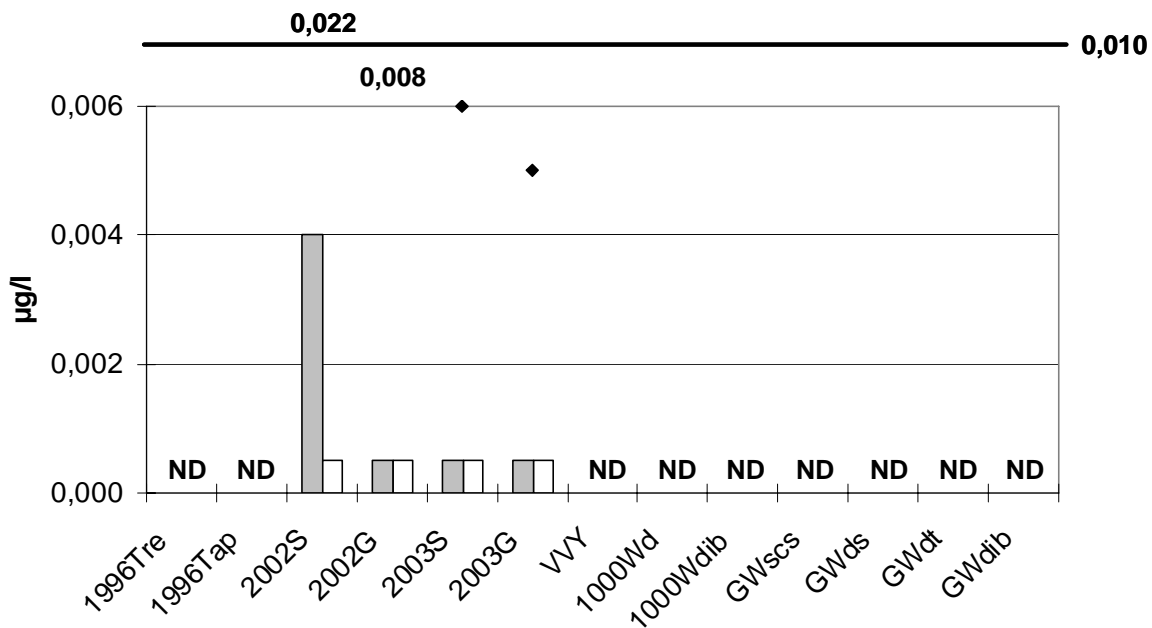
Kuva 22. Bentseeni.

6.1.3 Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreeni on polysyklinen aromaattinen hiilivety eli PAH-yhdiste. Yhteen liittyneistä aromaattisista renkaista muodostuneita PAH-yhdisteitä syntyy orgaanisen aineksen epätäydellisen palamisen sekä biologisen toiminnan seurauksena. PAH-yhdisteitä on myös mm. vesijohtojen bitumipinnoitteissa. PAH-yhdisteet sitoutuvat usein kiintoaineeseen, minkä vuoksi raakaveden suodattaminen alentaa veden PAH-yhdisteiden pitoisuutta. Useat PAH-yhdisteet ovat karsinogeenia. Vain noin 1 % ihmisen päivittäisestä PAH-annoksesta tulee juomaveden mukana, pääosa saadaan ravinnosta. Tupakoivat tai tupakansavulle altistuvat ihmiset saavat kuitenkin PAH-yhdisteitä selvästi enemmän tupakasta kuin ruoasta. Bentso(a)pyreeni on hyvin voimakas karsinogeeni ja terveysperusteinen raja-arvo (laatuvaatimus) on 0,01 µg/l. WHO:n suosituksen mukaan bentso(a)pyreeniä saisi liueta jakeluverkoston osista korkeintaan veden pitoisuuteen 0,7 µg/l elinikäisellä syöpäriskitasolla 10^{-5} .

Bentso(a)pyreeni on raportoitu EU:lle ja sen pitoisuudet ovat olleet alle raja-arvon, lukuun ottamatta 2002S aineiston maksimiarvoa 0,022 µg/l (Kuva 23).

Vuonna 2002 bentso(a)pyreenin laatuvaatimuksen täyttävien näytteiden osuus oli 92,5 % tutkituista näytteistä (n=80). Vuosina 2003 ja 2004 bentso(a)pyreeniä ei havaittu tutkituissa näytteissä (n=69 ja 85/v).



Kuva 23. Bentso(a)pyreeni.

6.1.4 1,2-dikloorietaani

1,2-dikloorietaani, josta käytetään myös nimiä etyleenidikloridi, 1,2-etyleenidikloridi ja dikloorietaani ($C_2H_4Cl_2$), on orgaaninen liuotin. Muoviteollisuus käyttää 1,2-dikloorietaania raaka-aineena mm. vinyylidikloridin valmistuksessa, lisäksi sitä käytetään bensiinin lisäaineena ja puhdistusaineena. 1,2-dikloorietaani on helposti haihtuva ja maahan joutuessaan se tunkeutuu nopeasti pohjaveteen. Pohjavedessä pitoisuus muuttuu hyvin hitaasti. 1,2-dikloorietaania epäillään karsinogeeniseksi ja sen terveysperusteinen raja-arvo (vaatimus) on 3 µg/l. WHO:n suositus 1,2-dikloorietaanin maksimipitoisuudelle talousvedessä on 30 µg/l.

1,2-dikloorietaani on määritetty EU:lle raportoidussa talousveden laatuaineistoissa ja sitä on löytynyt raja-arvoon nähden erittäin pieniä määriä pohjavesilaitosten vedestä 2002 ja 2003. Maksimiarvot ovat olleet 0,3 µg/l.

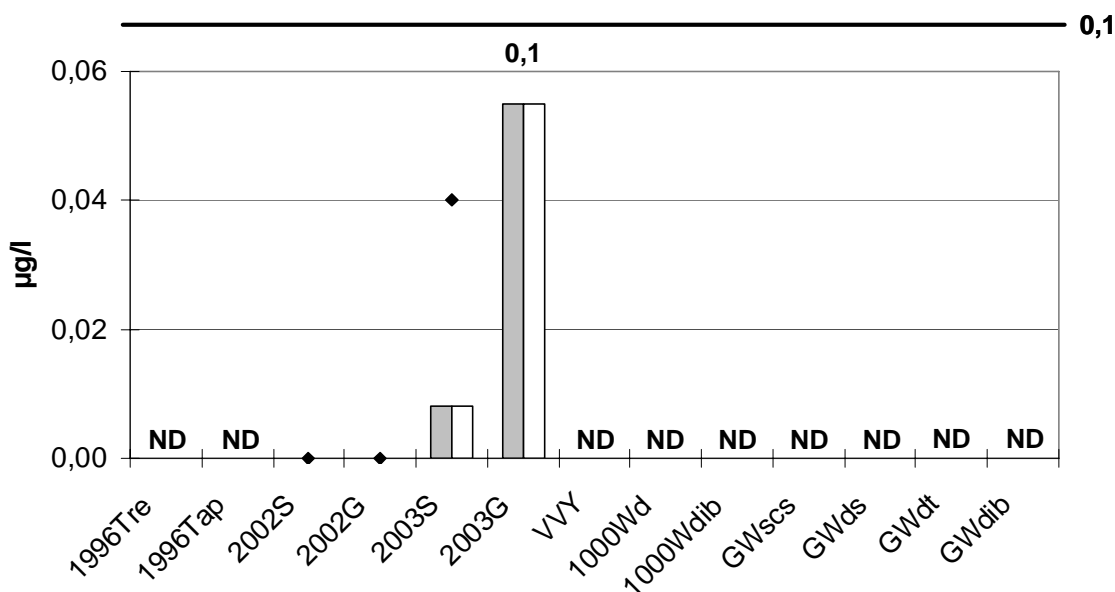
Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä 1,2-dikloorietaanin pitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=94-152/v).

6.1.5 Epikloorihydriini

Epikloorihydriiniä käytetään raaka-aineena mm. epoksihartsien, elastomeerien ja glyseriinin valmistuksessa. Talousvedeen epikloorihydriiniä saattaa kulkeutua erilaisista veden käsittelyn apukoagulanteista ja ioninvaihtomassoista ja vedenjakelujärjestelmän epoksinnoitteista. Sen määrä puoliintuu ympäristössä muutamassa päivässä. Epikloorihydriinin esiintymistä talousvedessä hallitaan materiaalivalinnoilla. Epikloorihydriini on todennäköisesti karsinogeeninen yhdiste. Talousvedelle asetettu raja-arvo (laatuvaatimus) 0,1 µg/l lasketaan arvioidun polymeerimäärän perusteella tuntemalla polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoava tai liukeneva epikloorihydriinin määrä ja vedessä todetun aineen raja-

arvona sovelletaan havaitsemisrajaa. WHO:n suosittelema terveysperusteinen raja-arvo on 0,4 µg/l.

Epikloorihydriinin pitoisuudet EU:lle raportoidussa talousveden laatuaineistossa (vuosi 2003) ovat olleet pohjavesilaitoksien vesissä korkeammat kuin pintavesilaitoksien vesissä (Kuva 24). Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä epikloorihydriinin pitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=2-10/v).



Kuva 24. Epikloorihydriini.

6.1.6 Kloorifenolit

Kloorifenoleja voi joutua vesiin puunkyllästysaineista, metsäteollisuuden jätevesistä, maataloudessa käytettyjen torjunta-aineiden hajoamistuotteista sekä vesiä kloorattaessa. Kloorifenolit ovat saastuttaneet yksittäisiä kaivoja ja laajoja pohjavesialueita. Talousveden ohella kloorifenoleja saadaan ravinnosta ja vähäisiä määriä hengitysilmosta. Kloorifenoleilla on karsinogeenisiä vaikutuksia sekä vaikutuksia maksan ja munuaisten toimintaan. Kloorifenolien yhteenlasketulle pitoisuudelle (tri-, tetra- ja pentakloorifenolit) on asetettu terveysperusteinen laatuvaatimuksen raja-arvo 10 µg/l. WHO:n suosituksen mukaan 2,4,6-trikloorifenolin terveysperusteinen enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,2 mg/l.

Kloorifenolien keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet EU:lle raportoidussa talousveden laatuaineistoissa ovat matalia (<0,1 µg/l), maksimipitoisuuksien ollessa 2002S aineistossa 0,5 µg/l ja 2002G aineistossa 1,0 µg/l. Kloorifenoleista kaivovesissä ja pohjavesissä ei ollut tietoja aineistossa.

Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä kloorifenolien kokonaispitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=80-90/v).

6.1.7 Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)

Polysyklisiin aromaattisiin hiilivetyihin tässä raportissa sisältyvät bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni ja indaani-(1,2,3-cd)-pyreeni. Yleistä tietoa PAH:eista on bentso(a)pyreenin kohdalla (kappale 6.1.3). PAH:ien talousvesiasetuksen mukainen laatuvaatimuspitoisuus on alle 0,10 µg/l, mutta pitoisuuksista ei ollut tietoja selvityksen käytössä olevassa aineistossa.

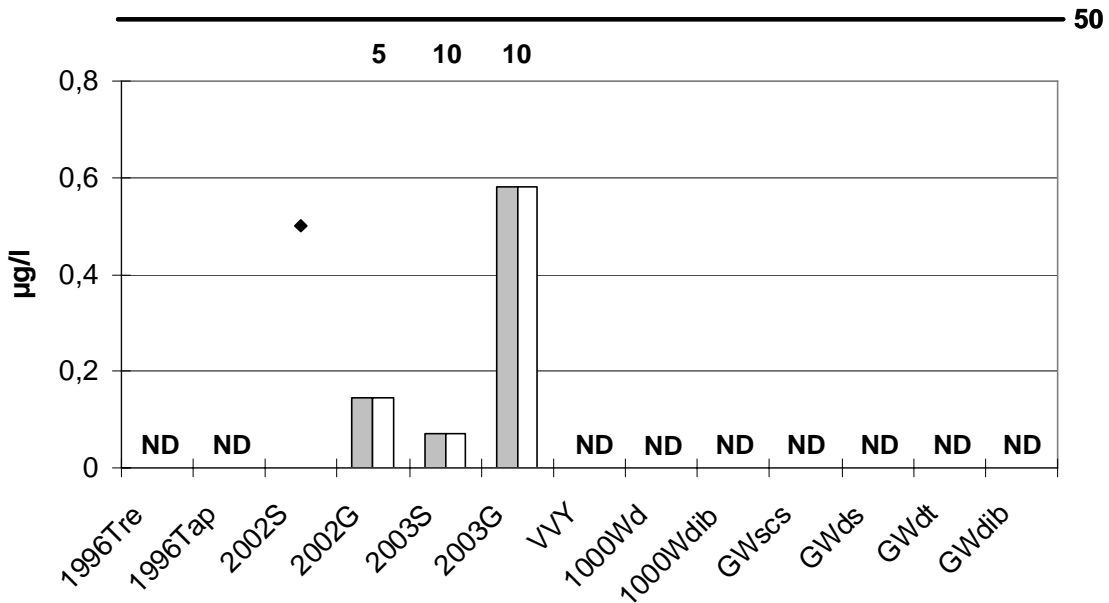
Vuosina 1996-1998 (n=21-57/v) ja 2002-2004 (n=80-107/v) ja valvontatutkimustulokset täyttivät polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen laatuvaatimukset.

6.1.8 Syanidit

Syanidit ovat syaanivedyn (HCN) erittäin myrkyllisiä suoloja, joista tärkeimpiä ovat natrium- ja kaliumsyanidit. Syanidit joutuvat talousveteen lähinnä metalliteollisuuden jätevesistä tai jätteistä. Syanidit hajoavat luonnonvesissä biologista tietä suhteellisen nopeasti. Ne saadaan muutettua vaarattomiksi syanaateiksi klooraamalla vesi yli 8,5 pH:ssa. Syanidi on akuutisti myrkyllinen aine. Pitkäaikainen altistuminen vaikuttaa erityisesti hermoston toimintaan. Myrkyllisyydestä johtuva terveysperusteinen raja-arvo (laatuvaatimus) talousvedessä on 50 µg/l. WHO:n terveysperusteinen suositus talousveden syanidipitoisuudelle on 70 µg/l.

Syanidien pitoisuudet ovat EU:lle raportoiduissa talousveden laatuaineistoissa keskimäärin olleet alle kymmenesosa raja-arvosta (Kuva 25). Myös raportoidut maksimipitoisuudet ovat alle raja-arvon. Kaivovesi- ja pohjavesiaineistoissa ei ole tietoa syanidien esiintyvyydestä.

Vuosina 1996-1998 (n=29-63/v) ja 2002-2004 (n=77-88/v) kaikissa tutkituissa näytteissä syanidin pitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen.



Kuva 25. Syanidi.

6.1.9 Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni

Tetrakloorieteeniä (perkloorieteeni) käytetään kemiallisissa pesuloissa, tekstiiliteollisuudessa ja metalliteollisuudessa rasvanpoistoon. Trikloorieteeniä käytetään pääasiassa metalliteollisuuden rasvanpoistoon ja lisäksi jonkin verran kemianteollisuuden raaka-aineena sekä kemiallisissa pesuloissa. Molemmat yhdisteet kulkeutuvat maaperässä melko hyvin. Vedessä ne voivat hajota anaerobisissa olosuhteissa mm. vinyylikloridiksi. Elinikäinen altistuminen kohonneille tetra- ja trikloorieteenipitoisuuksille voi johtaa maksan toimintahäiriöihin. Tetrakloorieteeni voi lisäksi aiheuttaa häiriöitä munuaisten ja keskushermoston toiminnassa. Molemmat yhdisteet saattavat olla karsinogeenisia. WHO:n laatusuosituksen raja-arvot, 40 µg/l tetrakloorieteenille ja 70 µg/l trikloorieteenille, eivät toistaiseksi perustu arvioituun syöpäriskiin. Talousvesiasetuksessa tetra- ja trikloorieteenipitoisuuden summalle asetettu terveysterveysteinen laatuvaatimus on alle 10 µg/l.

Tetrakloorieteenin ja trikloorieteenin pitoisuudet on raportoitu EU:lle ja ne ovat keskimäärin olleet alle kymmenesosa raja-arvoa matalampia. Myös raportoidut maksimipitoisuudet ovat olleet alle raja-arvon. Maksimipitoisuus vuoden 2003 vesilaitosten pohjavesiaineistossa on kuitenkin ollut 10 µg/l. Kaivovesi- ja pohjavesiaineistoissa ei ole ollut tietoa tri- ja tetrakloorieteenin esiintyvyydestä.

Vuonna 2002 laatuvaatimukset täyttävien näytteiden osuus oli 93,5 % (n=154), kun taas vuonna 2003 ja 2004 tetra- ja trikloorieteeniä ei havaittu tutkituissa näytteissä (n=152 ja 167/v).

6.1.10 Torjunta-aineet

Torjunta-aineisiin lukeutuu useita satoja erilaisia yhdisteitä, joiden myrkyllisyys vaihtelee paljon. Myös torjunta-aineiden hajoamistuotteet saattavat olla terveydelle haitallisia. Pintavesiin niitä huuhtoutuu pelloilta sade- ja sulamisvesien mukana. Pohjavesissä torjunta-aineita saattaa esiintyä normaalin käytön, väärän varastoinnin ja pakkausten hävittämisen seurauksena. Suomen vesissä todetut torjunta-ainepitoisuudet ovat eräitä yksittäisiä kaivoja lukuun ottamatta olleet hyvin pienet. Muualla Euroopassa torjunta-aineet ovat yleinen ongelma. Talousvesiasetuksessa tarkoitetut yhdisteet ovat orgaanisia hyönteis-, rikkaruoho-, sieni-, ankerois-, punkki-, levä- ja jyrksijämyrkyjä, orgaanisia limantorjunta-aineita sekä muita vastaavia tuotteita sekä yhdisteiden metabolia-, hajoamis- ja reaktiotuotteita. Yksittäisen torjunta-aineen raja-arvo (vaatimus) on 0,10 µg/l. Aldriinin, dieldriinin, heptakloorin ja heptaklooriepoksidin raja-arvo (vaatimus) on kuitenkin huomattavasti alhaisempi, 0,030 µg/l. Torjunta-aineiden summalle asetettu raja-arvo (vaatimus) on 0,50 µg/l.

Torjunta-aineista ei ole selvityksen aineistoissa raportoituja numeerisia tuloksia, joten niitä ei ole selvityksessä voitu yhteenvetokuvana esittää.

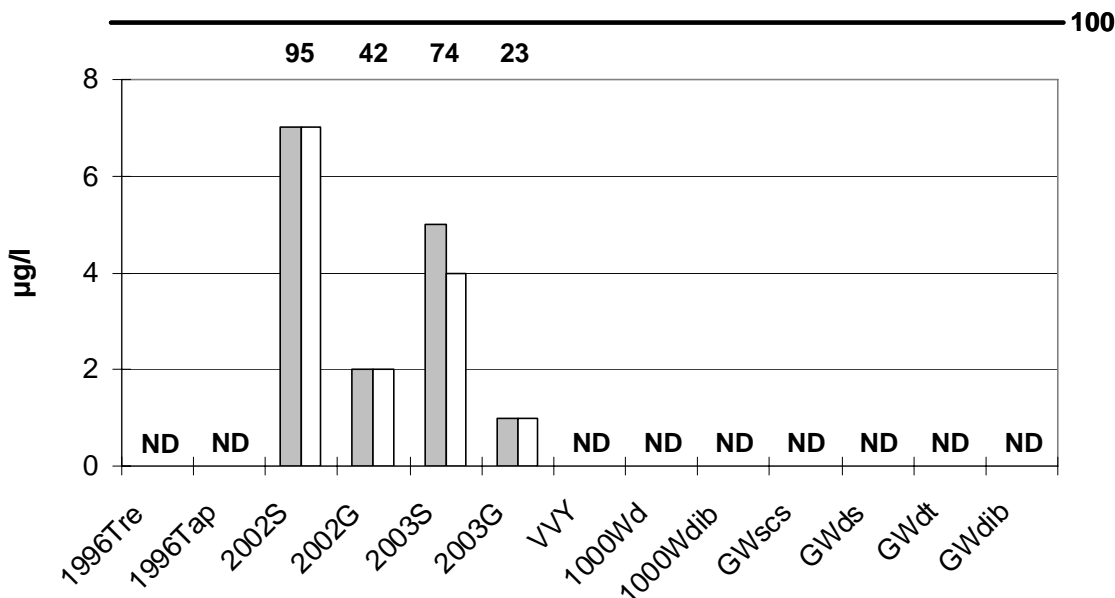
Vuosina 1996-1998 valvontatutkimustulokset täyttivät torjunta-aineiden laatuvaatimuksen (n=7-48/v). Vuosina 2002-2004 (n=6000-7600/v) erilaisia tutkittuja torjunta-aineita oli noin 190, joista melkein kaikki täyttivät talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen.

6.1.11 Trihalometaanit

Trihalometaanit ovat kloroformi, bromidikloorimetaani, dibromidikloorimetaani ja bromiformi. Näitä yhdisteitä syntyy desinfiointaessa humuspitoista talousvettä vapaalla kloorilla. Myös muut kloorin käyttömuodot, kuten klooriamiini ja klooridioksidi aiheuttava trihalometaanien

muodostumista, joskin pienemmässä määrin kuin vapaa kloori. Desinfiointissa syntyvien trihalometaanien määriin ja niiden suhteellisiin osuuksiin vaikuttavat keskeisesti desinfiointavan veden orgaanisten aineiden ja bromin pitoisuudet. Ennen desinfiointia suoritettu orgaanisen aineksen määrää vähentävä esikäsittely vähentää tehokkaasti haitallisten trihalometaanien muodostumista. Korkea trihalometaanipitoisuus osoittaa myös muiden halogenoitujen orgaanisten yhdisteiden esiintymistä. Koska näiden muiden yhdisteiden terveysvaikutuksia ei vielä riittävästi tunneta, tulee trihalometaanipitoisuuden olla talousvedessä niin pieni kuin se käytännössä on mahdollista ilman veden mikrobiologisen laadun vaarantamista. Pitkäaikainen altistus trihalometaaneille aiheuttaa koe-eläimillä syöpäkasvaimia. Trihalometaanien kokonaispitoisuuden raja-arvo on 100 µg/l (laatuvaatimus). WHO:n suosituksen mukaisesti kloroformin maksipitoisuus talousvedessä on 0,2 mg/l, bromidikloorimetaanin 0,06 mg/l, dibromidikloorimetaanin 0,1 mg/l ja bromoformin 0,1 mg/l.

Trihalometaanipitoisuudet on raportoitu EU komission raporteissa 2002 ja 2003 ja ne ovat olleet raja-arvoa huomattavasti matalampia (Kuva 26). Pitoisuudet ovat olleet noin kolme kertaa suurempia pintavesi- kuin pohjavesilaitosten vesissä. Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä trihalometaanien kokonaispitoisuus täytti talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=164-170/v).



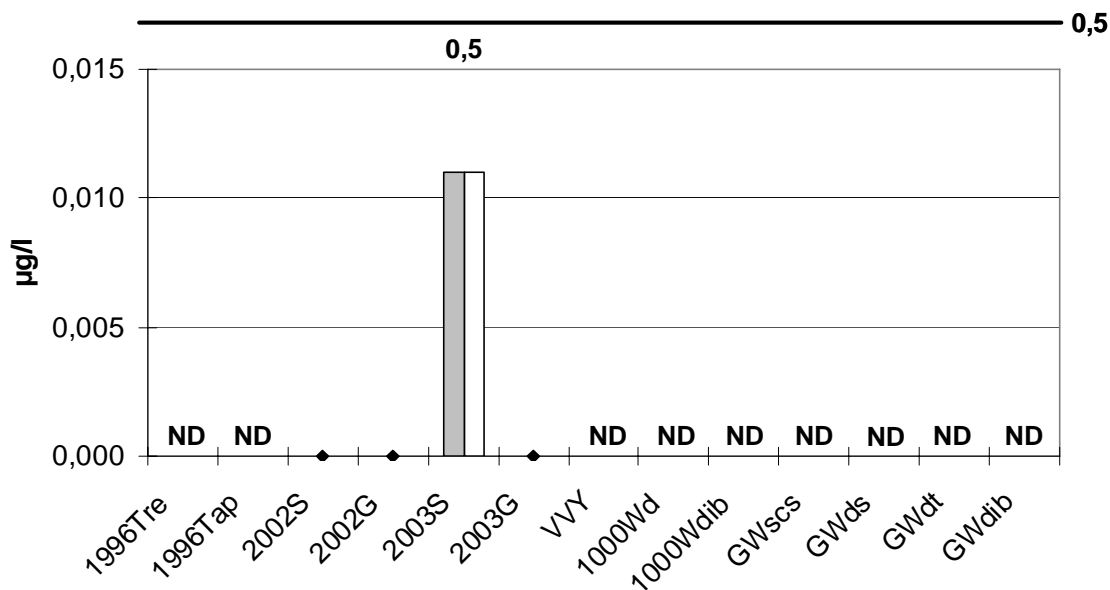
Kuva 26. Trihalometaani.

6.1.12 Vinyylikloridi

Vinyylikloridia käytetään pääasiassa polyvinyylikloridin (PVC) valmistuksen raaka-aineena. Lisäksi sitä käytetään jonkin verran muiden muovituotteiden valmistuksessa. Maaperään joutuessaan vinyylikloridi kulkeutuu nopeasti pohjaveteen, jossa se voi säilyä vuosia. Pohjaveteen vinyylikloridia voi joutua myös veden sisältämän tri- tai tetrakloorieteenin hajoamisen sivutuotteena. Vinyylikloridia esiintyy epäpuhtautena polyvinyylikloridissa. Talousvedelle asetettu raja-arvo (vaatimus) 0,5 µg/l, lasketaan polymeerin annostelumäärän perusteella tuntemalla polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoava tai liukeneva vinyylikloridin määrä. Kyseisissä pitoisuuksissa vinyylikloridia ei kyetä analysoimaan perinteisin vesianalyysimenetelmin. Vedestä vinyylikloridipitoisuus on määritettävä, mikäli

vedessä on todettu tri- tai tetrakloorieteenä. Vinyylidikloridi on karsinogeeni ja sen terveysperusteinen laatuvaatimuksen raja-arvo on 0,5 µg/l. WHO:n suositus vinyylidikloridille on 0,3 µg/l, joka perustuu elinikäiseen syöpäriskiä 10⁻⁵.

Vinyylidikloridipitoisuustietoja on EU:lle toimitetuissa talousveden laatuaineistoissa, mutta havaittavia keskimäärin matalahkoja pitoisuuksia on ollut vain vuoden 2004 pintavesinäytteissä (Kuva 27). Maksimiarvo on kuitenkin sama kuin talousvesiasetuksen raja-arvon. Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä vinyylidikloridipitoisuudet täyttivät talousvesiasetuksen vaatimuksen (n=48-69/v).



Kuva 27. Vinyylidikloridi.

6.2 Muut kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet

6.2.1 Ftalaatit

Ftaalihappo on aromaattinen dikarboksyylihappo. Sen estereitä käytetään muovien pehmentiminä. Niitä voi liueta talousveteen muoveista. Käytetyimpiä ftalaatteja ovat di-2-etyyliheksyyliftalaatti (DEHP) ja dibutyyliftalaatti (DBP). Osa ftalaateista on luokiteltu lisääntymiselle vaarallisiksi ja toiset ovat olleet karsinogeenisiä tietyille rotta- ja hiirikannoille. Ftalaateille ei ole asetettu raja-arvoa talousvesiasetuksessa. Ftalaatteja ei ole määritetty missään selvityksen päättietolähteistä, joten ftalaattipitoisuuksista ei ole julkista tietoa saatavilla.

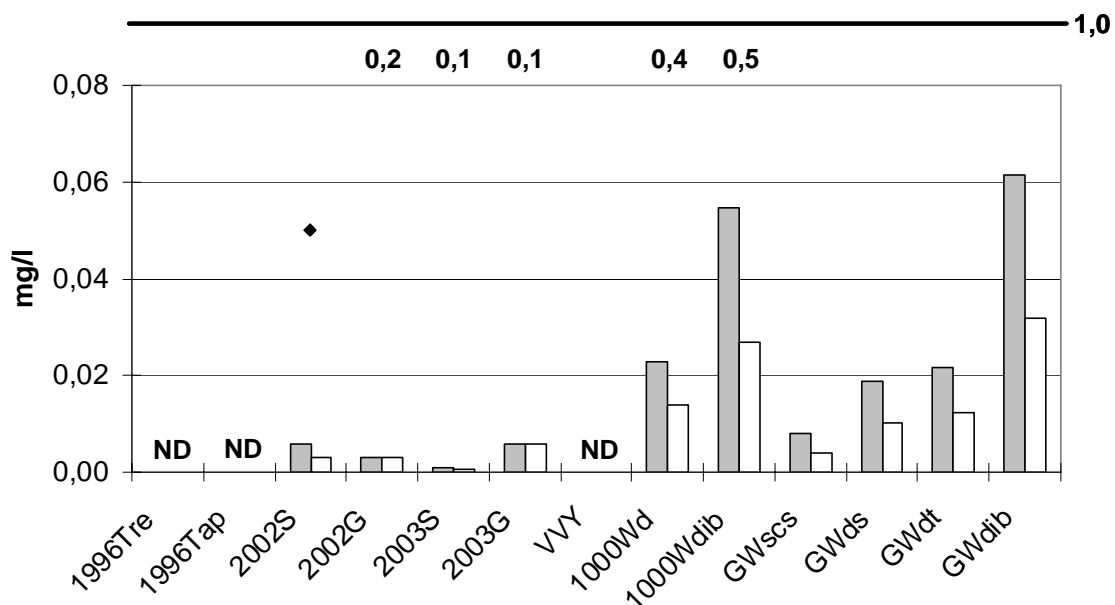
7 Epämetallit

7.1 Laatuvaatimusten alaiset

7.1.1 Boori (B)

Talousvedessä esiintyvä boori on peräisin luonnon mineraalikerrostumista ja mahdollisena saastumisen seurauksena teollisuuden ja kotitalouksien jätevesistä. Luonnonvesien boori esiintyy natrium- ja kalsiumboraattina. Jätevesiin booria voi joutua eräistä pesuaineista ja teollisuusprosesseista. Pitkäaikaisena altistumisena boori aiheuttaa ruuansulatuskanavan häiriöitä. Normaalin ruokavalion mukana ihminen saa noin 1-5 mg booria päivässä. Boorin terveysperusteinen laatuvaatimus talousvesiasetuksen mukaan on 1 mg/l.

Boorin pitoisuudet on määritetty EU:lle raportoitujen laitosten talousvesistä, kaivo- ja pohjavesistä (Kuva 28). Kaikki pitoisuudet ovat olleet alle raja-arvon. Kaivo- ja pohjavesissä boorin pitoisuudet ovat olleet korkeampia kuin EU:lle raportoitujen laitosten talousvesissä. Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä boorin pitoisuus täytti talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen (n=98-110/v).



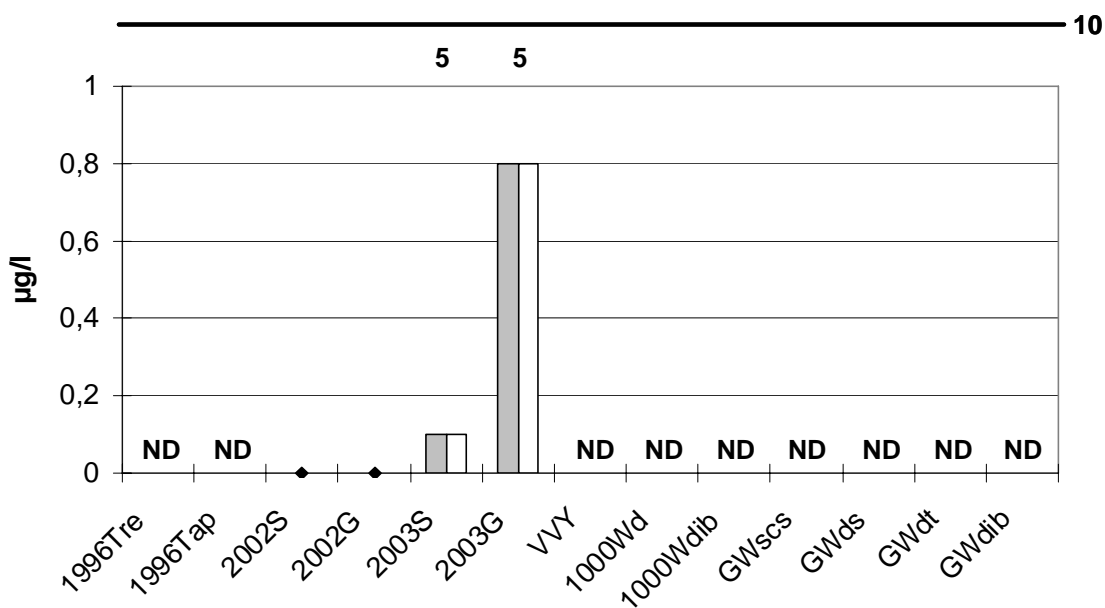
Kuva 28. Boori.

7.1.2 Bromiatti (BrO_3^-)

Bromi on halogeeni, joka on huoneenlämmössä tummanruskea raskas neste. Se on myrkyllinen, syövyttävä ja ympäristölle haitallinen aine. Bromia käytetään väriaine-, lääke- ja valokuvausteollisuudessa sekä palonestoaineissa. Bromiatti on bromin ja hapen muodostama yhdiste, oksidi. Bromiattia ei esiinny luonnostaan vedessä. Talousveteen sitä voi muodostua bromidipitoisia vesiä otsonoitaessa. Otsonoinnissa syntyvän bromiatin määrään vaikuttavat useat tekijät, kuten veden bromidipitoisuus, orgaanisen aineksen määrä, pH ja otsoniannos. Alhainen orgaanisen aineksen määrä ja korkea pH suosivat bromiatin muodostumista. Erityisesti pohjavesien otsonointia suunniteltaessa bromiatin muodostumisriski on otettava

huomioon, sillä pohjavedet sisältävät luonnostaan alhaisia määriä orgaanista ainesta. Bromaatilla epäillään olevan karsinogeenisia vaikutuksia. Koska otsonoinnin hyödyt veden laadulle katsotaan suuremmiksi kuin bromaatin muodostumisen aiheuttamat mahdolliset terveyshaitat, on otsonointi kuitenkin sallittu menetelmä talousveden käsittelyyn. Bromaatin terveysperusteinen enimmäispitoisuus talousvesiasetuksen mukaisesti on 10 µg/l (laatuvaatimus).

Bromaatin pitoisuudet on määritetty EU:lle raportoitujen laitosten talousvesistä ja pitoisuudet ovat olleet keskimäärin alle kymmenesosa raja-arvosta (Kuva 29). Maksimipitoisuudet ovat olleet vuoden 2003 aineistossa puolet raja-arvosta. Bromaatin pitoisuudet olivat vuosina 2002-2004 tutkituissa näytteissä alle talousvesiasetuksen vaatimuspitoisuuden (n=84-98/v).

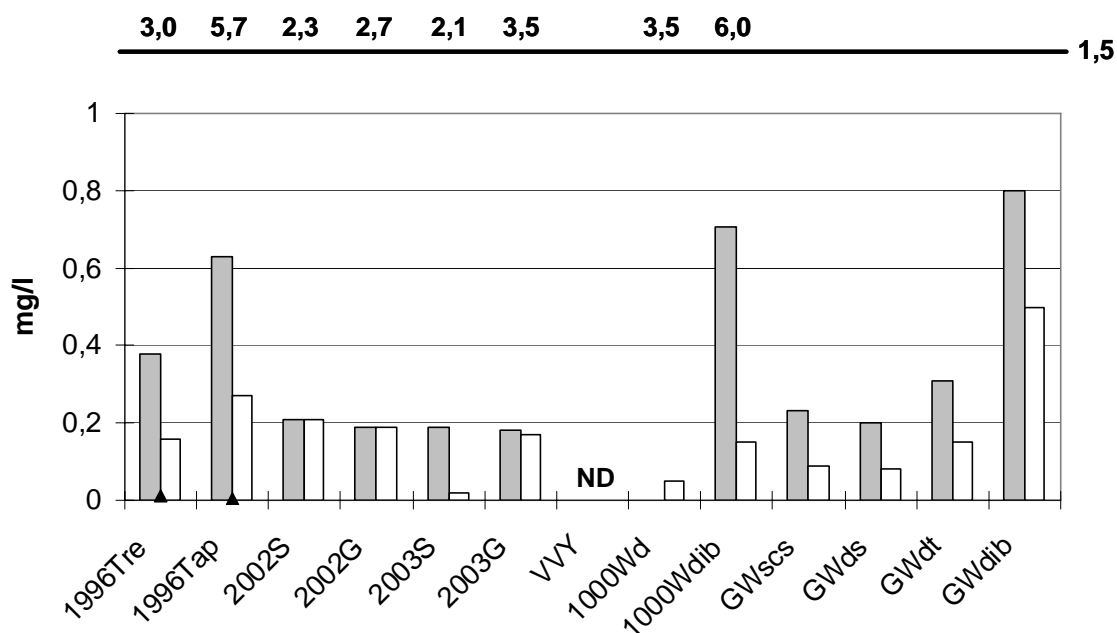


Kuva 29. Bromaatti.

7.1.3 Fluoridi (F⁻)

Luonnossa fluori esiintyy yleensä yhdisteinä. Vedessä esiintyvät yhdisteet ovat tavallisimmin fluorideja. Rapakivialueita lukuun ottamatta fluorideja esiintyy Suomen pinta- ja pohjavesissä yleensä niukasti. Kohonneita fluoridipitoisuuksia voi esiintyä myös porakaivovesissä rapakivialueiden ulkopuolella. Fluorideja käytetään kasvinsuojeluaineissa, desinfiointiaineissa sekä teollisuuden prosesseissa. Fluori on ihmiselle välttämätön hivenaine. Talousvesi on pääasiallinen fluorin lähde ruokavaliossa silloin, kun veden fluoridipitoisuus on yli 0,3 mg/l. Fluoridipitoisuus n. 1 mg/l vahvistaa lapsilla kehittyvien hampaiden kiillettä. Vain hieman korkeampi pitoisuus (1,5 mg/l) voi aiheuttaa lapsilla hammaskiilteen muodostumishäiriön. Pitkään jatkunut runsas fluorin saanti (8-20 mg/l) lisää luiden murtumisherkkyyttä myös aikuisilla, joten aikuisenkaan ei tulisi juoda vettä, jonka fluoridipitoisuus on yli 2 mg/l. Fluoridin raja-arvo talousvesiasetuksessa on 1,5 mg/l, mikä on sama kuin WHO:n suositus.

Fluoridin pitoisuudet on esitetty kaikissa muissa kuvien aineistoissa, paitsi VVY:n kyselyn tuloksissa, jossa sitä ei kysytty (Kuva 30). Keskimäärin fluoridipitoisuudet ovat olleet alle 0,4 mg/l. Kaikissa aineistoissa, joissa fluoridipitoisuuden maksimi on raportoitu, se ylittää talousvesiasetuksen raja-arvon.



Kuva 30. Fluoridi.

Vuonna 1984 talousveden laatuvaatimus fluoridin suhteen (1,5 mg/l) saavutettiin 91 %:lla pohjavesilaitoksista ja 98 %:lla pintavesilaitoksista. Vuonna 1987 pienemmistä pohjavesilaitoksista 93 % ja isommista 100 % ilmoitti fluoridipitoisuuden täyttävän talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen (1,5 mg/l). Vuonna 1987 kaikki pintavesilaitokset täyttivät laatuvaatimuksen. Vuosina 1996-1998 valvontatutkimuksista 73,1-75,7 % täytti fluoridin laatuvaatimuksen (n= noin 1000/v). Fluoridista aiheutuneet talousveden laatuongelmat keskittyivät pääasiassa Etelä-Suomen lääniin, jossa ainoastaan 40-50 % tutkimustuloksista täytti muuttujille asetetun laatuvaatimuksen. Länsi-Suomen läänissä 97-98 % tutkituista näytteistä täytti laatuvaatimuksen fluoridin osalta, muissa osissa maata luku oli 100%. Fluoridiongelmallisilla vesilaitoksilla Etelä-Suomen läänissä seurattiin fluoridipitoisuutta useasti tehtävillä valvontatutkimuksilla, mikä selittää alhaisen prosenttiosuuden. Vuonna 2002 laatuvaatimuksen täyttävien näytteiden osuus oli 88,6 % tutkituista näytteistä (n=519), vuonna 2003 88,8 % (n=529) ja vuonna 2004 95,8 % (n=573).

Norjan talousveden (n=180 laitosta) fluoridipitoisuudet (keskiarvo 0,4 mg/l, minimi 0,10 mg/l, maksimi 3,7 mg/l) ovat olleet keskimäärin kaksinkertaiset verrattuna suomalaisten vesilaitosten talousveteen. Ruotsissa fluoridipitoisuus on ollut pintavesilaitoksien talousvesissä keskimäärin $\leq 0,25$ mg/l (n=110) ja pohjavesilaitoksien talousvesissä $\leq 0,5$ mg/l (n=148).

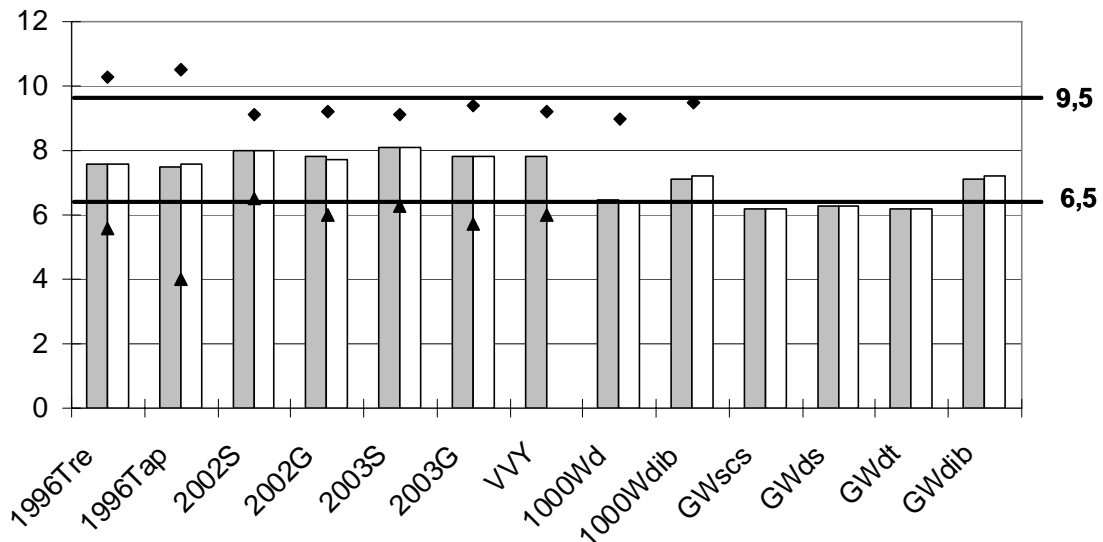
8 Veden tekninen laatu

8.1 Laatusuosituksen alaiset

8.1.1 pH

pH-arvo kuvaa veden happamuutta. pH-arvo määritetään vetyionin negatiivisena logaritminä. Se mitataan automaattisilla, kalibroitavilla pH-mittareilla. Veden pH:lla on suuri merkitys veden ominaisuuksiin, mm. syövyttävyyteen. Talusvesiasetuksen mukaan veden pH-arvon suositellaan olevan välillä 6,5-9,5.

pH on täydellisesti raportoitu muuttuja selvityksen lähteissä (Kuva 31). Vesilaitosten talusvesissä pH-arvojen keskiarvot ja mediaanit olivat talusvesiasetuksen suosituksen rajoissa, mutta pääosin alle 8. Kaivo- ja pohjavesiaineistojen pH oli keskimäärin matalampi kuin vesilaitosten talusvesien ja niiden keskiarvot ja mediaanit olivat lähellä tai jäivät alle pH-arvon 6,5. Kaivo- ja pohjavesiaineistoista ei valitettavasti ollut minimietietoja saatavilla. Vuoden 1996 aineiston maksimiarvot olivat korkeampia kuin talusvesiasetuksen nykysuositus pH 9,5.



Kuva 31. pH-arvo.

pH-arvojen jakauma eri vesilaitoksilla vuosina 1984 ja 1987 on esitetty Taulukossa 10. Vuonna 1984 talusveden laatuvaatimusta (pH 7-9) ei saavutettu 46 %:lla pohjavesilaitoksista ja 19 %:lla pintavesilaitoksista. Vuonna 1987 pienistä pohjavesilaitoksista (<1500 m³/d) 60 % täytti talusvesiasetuksen laatuvaatimuksen pH:n osalta (raja-arvo 7,0-9,0) kun taas isoista pohjavesilaitoksista (>1500 m³/d) 90 % täytti laatuvaatimuksen. Pienistä pintavesilaitoksista (<1500 m³/d) 92 % ja isoista pintavesilaitoksista (>1500 m³/d) kaikki täyttivät talusvesiasetuksen laatuvaatimuksen pH:n osalta vuonna 1987. Vuonna 2002-2004 99,6-99,9 % tutkituista näytteistä täytti laatusuosituksen pH 6,5-9,5 (n=5447-5603/v).



Taulukko 10. pH-arvojen jakauma vuosina 1984 ja 1987 eri vesilaitoksilla.

	<6	6-7	7,1-7,5	>7,5	7,1-8	>8
	% laitoksista					
1984						
pohjavesilaitokset	5	41	25	29		
pintavesilaitokset	3	16	17	64		
1987						
pienet pohjavesilaitokset (<1500 m ³ /d)	4	36			50	10
suuret pohjavesilaitokset (>1500 m ³ /d)		10			64	26
pienet pintavesilaitokset (<1500 m ³ /d)		8			61	31
suuret pintavesilaitokset (>1500 m ³ /d)					42	58

pH on ollut Norjan talousvesissä keskimäärin matalampi kuin suomalaisten vesilaitosten talousvesissä (keskiarvo 6,6, minimi 4,5, maksimi 10,2; n=527 laitosta). Ruotsissa pH on ollut keskimäärin sekä pintavesi- (n=126) että pohjavesilaitosten (n=181) talousvedessä 7,8-8,1, mikä on samalla tasolla kuin Suomen talousvesissä. Vesi-Hydron ja Suomen Kaupunkiliiton tutkimuksen perusteella 1990-luvun alussa Suomessa pintavesien pH oli 6,5-7 kun muissa raportin eurooppalaisissa maissa keskimäärin se oli 7,5-8.

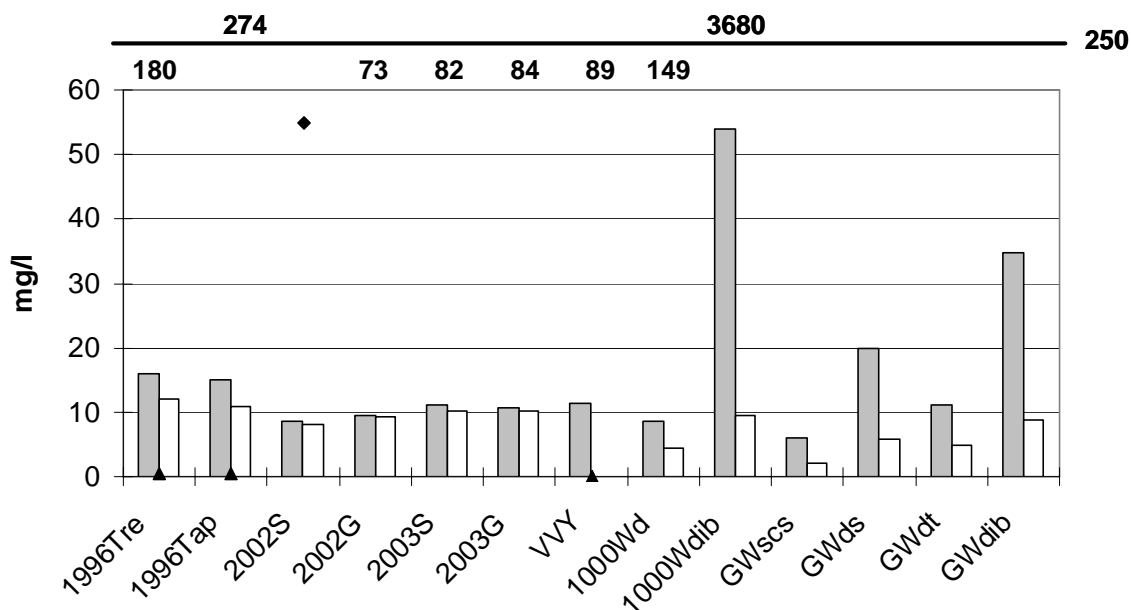
8.1.2 Kloridi (Cl)

Kloridit ovat vetykloridin eli suolahapossa esiintyvän kloorin suoloja. Klorideja esiintyy luonnonvesissä, erityisen runsaasti vanhoilla merenpohja-alueilla. Talousveden kloridi voi olla peräisin myös veden käsittelyssä käytetyistä saostuskemikaaleista. Talousveden kloridilla ei ole terveydellisiä vaikutuksia ja rajoitukset perustuvat kloridin makuun ja korroosiota kiihdyttäviin ominaisuuksiin. Kloridin laatusuositus on alle 250 mg/l, mutta vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulisi olla alle 25 mg/l talousvesiasetuksen mukaisesti.

Kloridipitoisuudet on raportoitu kaikissa yhteenvetokuvien lähteissä. Keskimäärin kloridipitoisuus on noin 10 mg/l ja huomattavasti alle raja-arvon (Kuva 32). 1000 kaivon tutkimuksessa ja pohjavesien porakaivoissa kloridipitoisuuden keskiarvot ovat korkeammat kuin muissa aineistoissa. Pääosin maksimiarvot jäävät alle raja-arvon, paitsi 1000 kaivon tutkimuksen porakaivojen vesistä raportoitu maksimipitoisuus 3680 mg/l.

Talousveden laatuvaatimus (100 mg/l) täyttyi 99 %:lla pohjavesilaitoksista ja kaikilla pintavesilaitoksilla vuonna 1984. Vuonna 1987 pienemmistä pohjavesilaitoksista 99 % ja isommista 100 % ilmoitti kloridipitoisuuden täyttävän talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen (100 mg/l). Pintavesilaitoksista kaikki täyttivät laatuvaatimuksen vuonna 1987. Vuosina 2002-2004 kaikissa tutkituissa näytteissä (n=673-784/v) kloridipitoisuus täytti talousvesiasetuksen laatusuosituksen.

Norjassa kloridipitoisuudet (keskiarvo 9 mg/l, minimi 0,35 mg/l, maksimi 360 mg/l, n=180 laitosta) ovat olleet samalla tasolla kuin suomalaisissa vesissä.



Kuva 32. Kloridi.

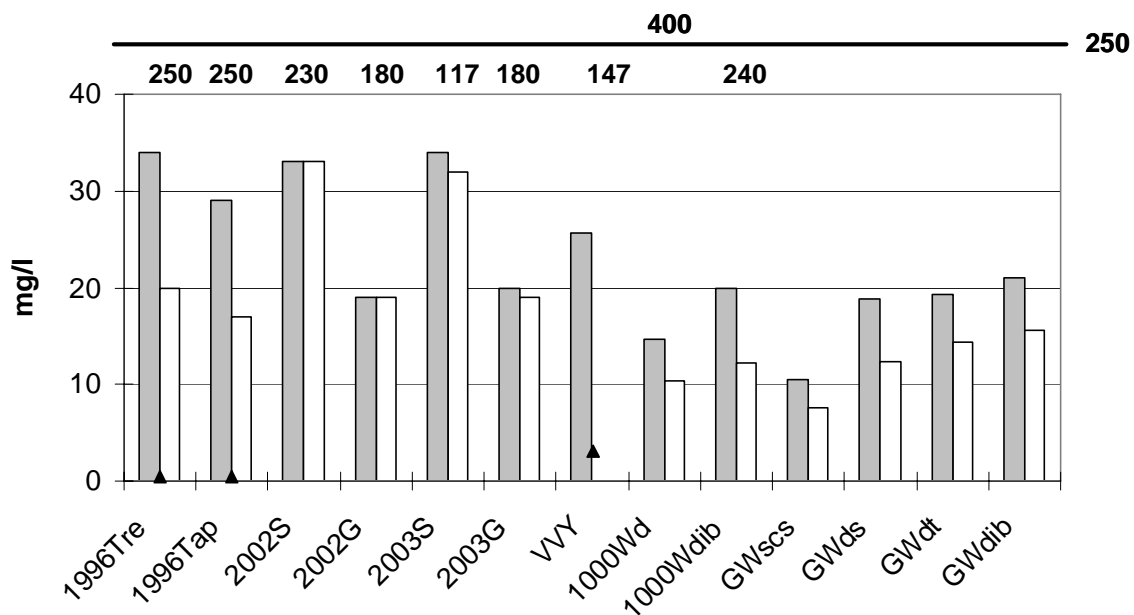
8.1.3 Sulfaatti (SO_4^{2-})

Sulfaatit ovat rikkihapon suoloja. Niitä huuhtoutuu maaperästä veteen rikkipitoisten mineraalien rapautuessa. Toisaalta eräät veden saostuskemikaalit, kuten alumiinisulfaatti, sisältävät sulfaattia. Natrium-, kalium- ja ammoniumsulfaatit liukenevat erittäin helposti veteen. Talousvesiasetuksessa todetaan, että vesijohtomateriaalien syöpmisen ehkäisemiseksi sulfaattipitoisuuden tulisi olla alle 150 mg/l, mutta laatusuositus on alle 250 mg/l. Natriumsulfaatin makuhäiriöitä esiintyy laatusuositusta korkeammilla pitoisuuksilla.

Sulfaattipitoisuudet oli raportoitu kaikissa Kuvan 33 aineistoissa. Ne ovat keskimäärin korkeammat vesilaitosten talousvedessä verrattuna kaivo- ja pohjavesiin. Vuosien 2002 ja 2003 aineistoissa pintavesilaitosten vesissä oli sulfaattia enemmän kuin kyseisten aineistojen pohjavesissä. Ainoastaan 1000 kaivon tutkimuksen rengaskaivojen maksimipitoisuus ylittää raja-arvon, mutta myös vuoden 1996 aineistossa maksimipitoisuudet ovat raja-arvolla.

Vuosina 1996-1998 (n=700-800/v) ja 2002-2004 (n=624-638/v) kaikki valvontatutkimustulokset täyttivät laatuvaatimuksen/suosituksen.

Norjassa sulfaattipitoisuudet ovat olleet pienemmät kuin Suomen vesissä (keskiarvo 6,1 mg/l, minimi 1,3 mg/l, maksimi 60,0 mg/l, n=184 laitosta).



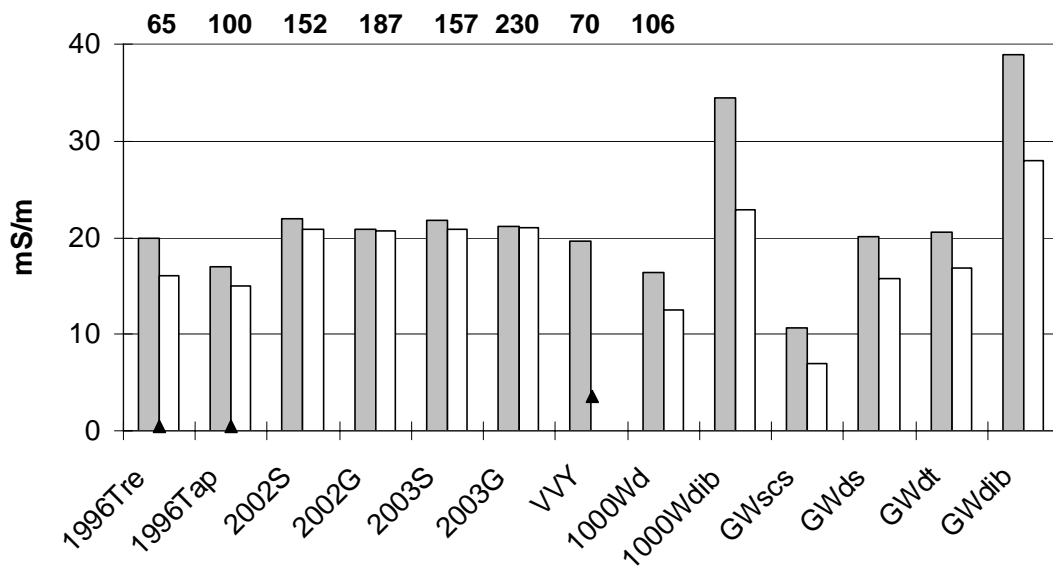
Kuva 33. Sulfaatti.

8.1.4 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus on ominaisvastuksen käänteisluku. Sähkönjohtokyky johtuu veteen liuenneiden suolojen ioneista ja niiden laadusta ja määrästä. Talusvedessä tavallisimmin esiintyvät ionit antavat painoyksikköä kohti likimäärin saman johtokyvyn lisäyksen, joten johtokyvyn mittaus mahdollistaa nopean ja helpon kokonaissuolapitoisuuden likimääräisen mittauksen. Talusvesiasetuksen mukainen laatusuositus on alle 250 mS/m.

Sähkönjohtavuus on raportoitu kaikissa aineistoissa ja sen suuruus vesilaitosten talusvesissä oli noin 20 mS/m, mikä on alle kymmenesosa raja-arvosta (Kuva 34). Kaivo- ja pohjavesissä sähkönjohtavuuden keskiarvo on korkein porakaivojen vesissä (1000Wdip ja GWdib). Raja-arvon ylittävä maksimipitoisuus esiintyy ainoastaan 1000 kaivon tutkimuksen porakaivojen vesissä (1000Wdip).

Taulukossa 11 on esitetty vesilaitosten osuudet (%) vuosien 1984 ja 1987 aineistoissa, jaettuna sähkönjohtavuuden perusteella (alle tai yli 20 mS/m). Vuosina 1984 ja 1987 ei ollut voimassa raja-arvoa sähkönjohtavuudelle. Vuosina 2002-2004 kaikki tutkitut näytteet (n=5200-5274/v) täyttivät laatusuosituksen (250 mS/m).



Kuva 34. Sähkönjohtavuus.

Taulukko 11. Vesilaitosten osuudet (%) vuosien 1984 ja 1987 aineistoissa, joissa sähkönjohtavuus oli alle tai yli 20 mS/m.

	≤ 20 mS/m	>20 mS/m
	% laitoksista	
1984		
pohjavesilaitokset	69	31
pintavesilaitokset	85	15
1987		
pienet pohjavesilaitokset (<1500 m ³ /d)	67	33
suuret pohjavesilaitokset (>1500 m ³ /d)	55	45
pienet pintavesilaitokset (<1500 m ³ /d)	82	18
suuret pintavesilaitokset (>1500 m ³ /d)	71	29

Norjan vesien sähkönjohtokyky on ollut keskimäärin Suomen vesiä matalampi (keskiarvo 6,9 mS/m, minimi 1,0 mS/m, maksimi 138 mS/m, n=527 laitosta).

8.1.5 Haju ja maku

Juomavedessä on silloin tällöin haju- ja makuvirheitä, jotka saattavat johtua orgaanisista aineista ja/tai niiden hajoamistuotteista tai käsittelyssä käytettyjen kemikaalien kanssa muodostuvista yhdisteistä. Hajun ja maun määrittäminen perustuu ns. laimennuslukuun. Laimennusluku määritetään laimentamalla näytettä vertailuvedellä niin monta kertaa, että hajua ja makua ei ole havaittavissa. Esimerkiksi laimennusluku 2 tarkoittaa sitä, että sekoitettaessa 1 osa tutkittavaa vettä kahteen osaan vertailuvedettä haju ja maku eivät enää erotu. Laimennusluvun

arvoon vaikuttavat tarkasteltavan veden lämpötila, mahdollinen desinfiointiaineen jäännös sekä näytettä arvioivan henkilöön herkkyys tunnistaa hajuja ja makuja. EU:ssa ei ole katsottu aiheelliseksi antaa yhteneviä suosituksia talousveden esteettisistä ominaisuuksista. Talousvesiasetuksessa korostetaan hajun ja maun määrittämisen suunta-antavuutta. Mikäli näissä muuttujissa tapahtuu epätavallinen muutos, se saattaa olla osoitus veden terveydellistä laatua uhkaavasta häiriöstä, jonka syy on selvitettävä ja tarvittaviin toimenpiteisiin ryhdyttävä. Talousveden voidaan katsoa olevan hajun ja maun osalta käyttötarkoitukseen soveltuvaa, mikäli käyttäjät sen hyväksyvät.

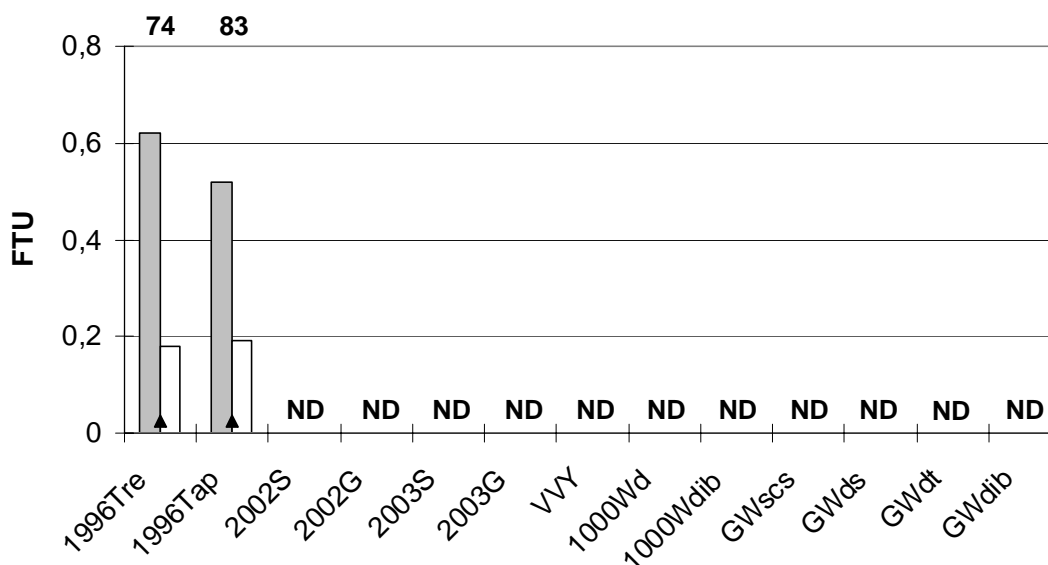
Hajun ja maun numeerisia arvoja ei ole ilmoitettu selvityksen kuvien aineistoissa, joten kuvaa ei voitu laatia. Hajun laatuvaatimuksen/suosituksen täytti vuosina 1996-1998 (99,7-99,9 %, n=5500-6500/v) ja 2002-2004 (99,4-99,7 %, n=5347-5426/v) suurin osa valvontatutkimustuloksista. Samoin maun laatuvaatimuksen/suosituksen täytti vuosina 1996-1998 (99,8-99,9%, n=4500-6500/v) ja 2002-2004 (99,4-99,7 %, n=5248-5271/v) suurin osa valvontanäytteistä.

8.1.6 Sameus

Veden sameus johtuu usein savesta, raudasta tai kolloidisista yhdisteistä. Sameus ei itsessään aiheuta terveydellisiä haittavaikutuksia. Kuitenkin monilla raskasmetalleilla, pestisideillä, orgaanisilla klooriyhdisteillä ja bakteereilla on taipumus adsorboitua kiintoainepartikkeleihin. Veden sameus saattaa vaikuttaa veden desinfiointin tehokkuuteen etenkin silloin, kun sameus johtuu veden sisältämistä hiukkasista ja myös silloin, kun desinfiointi tehdään UV-säteilyllä. Sameusarvot saattavat olla merkittävästi erilaisia vesilaitokselta lähtevässä vedessä ja kuluttajan hanasta otetussa vedessä. Tavallisimmin käyttäjän havaitseman sameuden aiheuttaja on ilma, joka vedestä vapautuessaan samentaa veden. Ilmasta aiheutuva sameus häviää nopeasti pohjalta alkaen, kun veden annetaan seistä astiassa. Sameuden yksikköinä käytetään NTU:ta (liuoksen sameus) ja FTU:a ("formazine turbidity unit", veden käsittelyssä käytetty kalibrointiyksikkö). Veden sameus sisältyy laatusuosituksiin ja sen edellytetään olevan käyttäjien hyväksymä. Epätavallinen muutos sameudessa edellyttää selvityksiä mahdollisesta terveystahasta. Pintavesilaitoksilla tulisi lähtevän veden sameudessa pyrkiä arvoon alle 1 NTU.

Veden sameus on raportoitu vuoden 1996 aineistoissa ja sen määrä on ollut keskimäärin 0,4-0,5 FTU (Kuva 35). Suuri osa valvontatutkimustuloksista täytti sameuden laatuvaatimuksen/suosituksen vuosina 1996-1998 (99,7-99,9 %, n=5000/v) ja vuosina 2002-2004 (99,4 %, n=5143-5250/v).

Norjassa talousveden sameus on ollut keskimäärin 0,4 FTU, minimin ollessa 0,1 FTU ja maksimin 4,5 FTU (n=520). Ruotsissa sekä pintavesi- (n=124) että pohjavesilaitosten (n=187) talousvedessä sameus on ollut keskimäärin 0,2 FNU.



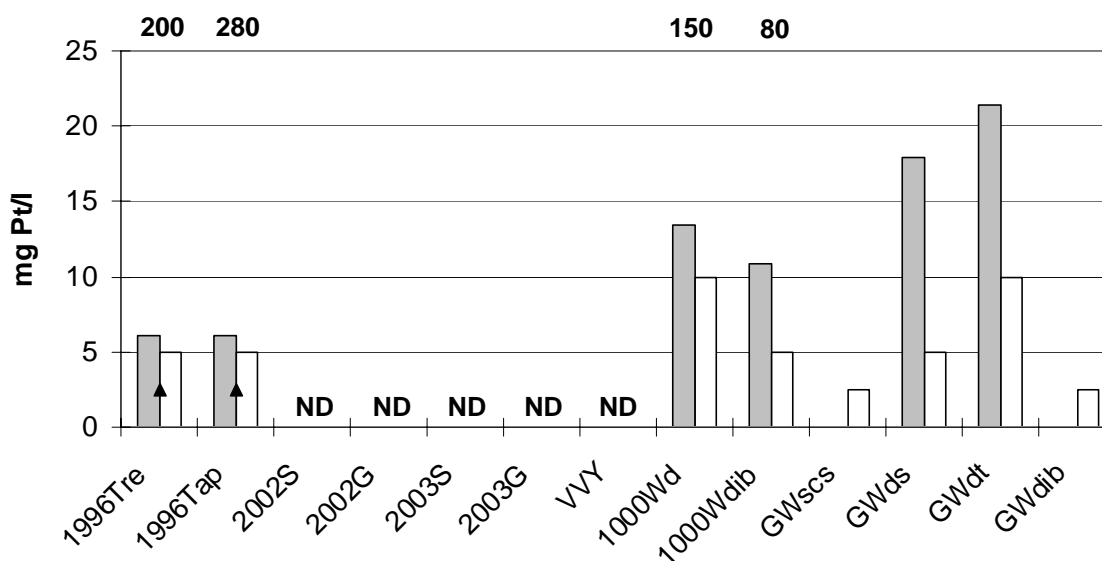
Kuva 35. Sameus.

8.1.7 Väriluku

Veden väri voi johtua värillisistä orgaanisista yhdisteistä (esim. humushapot), raudasta ja/tai mangaanista. Veden värillisuus on sekä esteettinen ongelma että tekninen häiritteijä. Monet haitalliset raskasmetallit ja orgaaniset yhdisteet voivat esiintyä humushappoihin sitoutuneena. Väriluvulla ei ole suoraa yhteyttä talousveden terveydellisiin vaikutuksiin. Se on kuitenkin nopean ja yksinkertaisen määrittävyytensä ansiosta käyttökelpoinen muuttuja käyttötarkkailussa. Talousvesiasetuksen laatusuositus värille on, että sen pitää olla käyttäjien hyväksyttävissä eikä siinä havaita epätavallisia muutoksia.

Väriluvun tiedot on raportoitu vuoden 1996 vesilaitosten tiedoissa, 1000 kaivon sekä pohjavesien tutkimuksissa ja niiden keskiarvot vaihtelevat välillä 5-20 mg Pt/l (Kuva 36). Vuonna 1984 talousveden väriluvun laatuvaatimus (15 mg Pt/l) täyttyi 92 %:lla pohjavesilaitoksista ja 78 %:lla pintavesilaitoksista. Pohjavesilaitoksista 2 % ja pintavesilaitoksista 4 % ylitti arvon 30 mg/l. Vuonna 1987 pienistä pohjavesilaitoksista (<1500 m³/d) 91 % ja suurista (>1500 m³/d) 94 % ilmoitti värin täyttävän talousvesiasetuksen laatuvaatimuksen (30 mg/l). Pienillä pintavesilaitoksilla vastaava luku oli 65 % ja isoilla 90 %. Vuosina 1996-1998 suuri osa (99,2-99,8 %, n=4500-6500/v) valvontatutkimustuloksista täytti värin laatuvaatimuksen (<15 mg Pt/l). Vuosina 2002-2004 laatusuosituksen (käyttäjien hyväksyttävissä, ei epätavallisia muutoksia) täyttävien näytteiden osuus oli 99,6-99,7 % tutkituista näytteistä (n=5195-5311/v).

Norjassa väriluku on ollut keskimäärin 17 (minimi 5 ja maksimi 120, n=527). Ruotsin talousvesien väriluku on ollut keskimäärin alle 5 sekä pintavesi- (n=125) että pohjavesilaitosten (n=165) talousvesissä.



Kuva 36. Väriluku.

8.2 Muita tekniseen laatuun vaikuttavia muuttujia

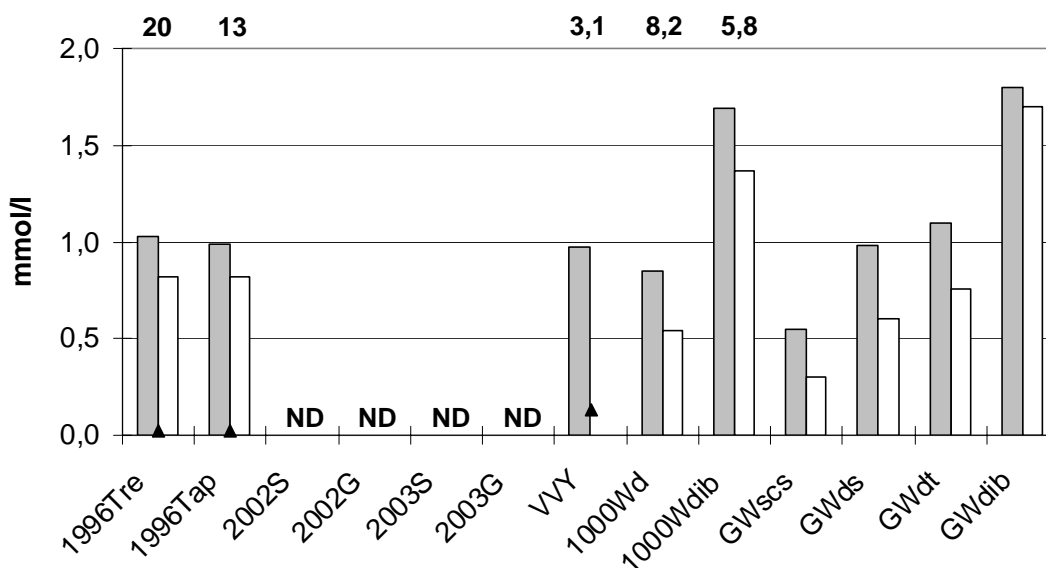
8.2.1 Alkaliteetti

Alkaliteetilla määritellään veden kykyä vastustaa pH:n muutosta neutraloimalla happoja. Alkaliteetin muodostavat bikarbonaatit (HCO_3^-), karbonaatit (CO_3^{2-}) ja hydroksidit (OH^-). Liian matala alkaliteetin pitoisuus eli alle 0,6 mmol/l johtaa metallisten materiaalien syöpymiseen (Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto 2001). Alkaliteetille ei ole asetettu pitoisuusmääräyksiä tai -suosituksia talousvesiasetuksessa.

Kuva 37 osoittaa, että keskimäärin suomalaisten talousvesien alkaliteetti on ollut noin 1 mmol/l tai alle 1 mmol/l. Alkaliteettia ei raportoida EU:lle, joten se puuttuu vuosien 2002 ja 2003 aineistoista. Kaivo- ja pohjavesien porakaivojen (1000Wdip ja GWdib) vesissä alkaliteetti oli muuta aineistoa korkeampi, noin 1,7 mmol/l. Kaikkein matalin alkaliteetti oli lähteistä ja lähdekaivoista otetussa pohjavedessä (GWscs), jossa keskiarvo oli 0,5 mmol/l. Alkaliteetin maksimiarvo vuoden 1996 lähtevän veden aineistossa oli 20 mmol/l.

Vuosien 1984 ja 1987 alkaliteetin jakauma eri vesilaitoksien osalta on esitetty Taulukossa 12. Vuosina 1984 ja 1987 säädöksissä ei ollut asetettu raja-arvoa alkaliteetille.

Norjan talousvesien alkaliteetti on ollut keskimäärin matalampi kuin Suomessa (keskiarvo 0,3 mmol/l, minimi 0,01 mmol/l, maksimi 4,8 mmol/l; n=497 vesilaitosta). Verrattuna VVY:n ja Kuntaliiton suositukseen (0,6 mmol/l) Norjan vesi näyttäisi olleen syövyttävää. Tosin veden syövyttävyyden arviointi vaatii useamman teknisen muuttujan yhteisvaikutusten huomioimista. Ruotsissa alkaliteetti on pintavesissä (n=128 laitosta) ollut keskimäärin 0,82-0,98 mmol/l (50-60 mg/l) ja pohjavesissä (n=181 laitosta) 1,47-1,64 mmol/l (90-100 mg/l), joten se on samalla tasolla Suomen vesien kanssa.



Kuva 37. Alkaliteetti.

Taulukko 12. Vuosien 1984 ja 1987 eri vesilaitoksien alkaliteetin pitoisuusjakauma (%).

	<0,2	0,2-0,5	0,51-2,0	>2,0
	mmol/l			
	% laitoksista			
1984				
pohjavesilaitokset	8	24	35	33
pintavesilaitokset	5	40	47	8
1987				
pienet pohjavesilaitokset (<1500 m ³ /d)	5	28	58	9
suuret pohjavesilaitokset (>1500 m ³ /d)		36	64	
pienet pintavesilaitokset (<1500 m ³ /d)	20	60	20	
suuret pintavesilaitokset (>1500 m ³ /d)		24	76	

8.2.2 Kovuus

Veden 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 mineraalihappojen, kuten sulfaatin, kloridin ja fosfaatin, suoloista. Kovuuden mittayksiköitä on useita, joista Suomessa käytetyimmät ovat saksalainen asteikko 1 °dH (=10 mg CaO/l ↔ 0,18 mmol/l) ja SI-järjestelmän mukainen asteikko mmol/l. Veden kovuus luokitellaan pitoisuuden mukaan: pehmeä, < 0,25 mmol/l; keskikova, 0,25-1,7 mmol/l; kova, >1.7 mmol/l. Veden kovuus vaikuttaa tarvittavaan pesuainemäärään ja myös veden makuun. Kovaa vettä pidetään maultaan parempana kuin pehmeää. Kovan veden on arveltu

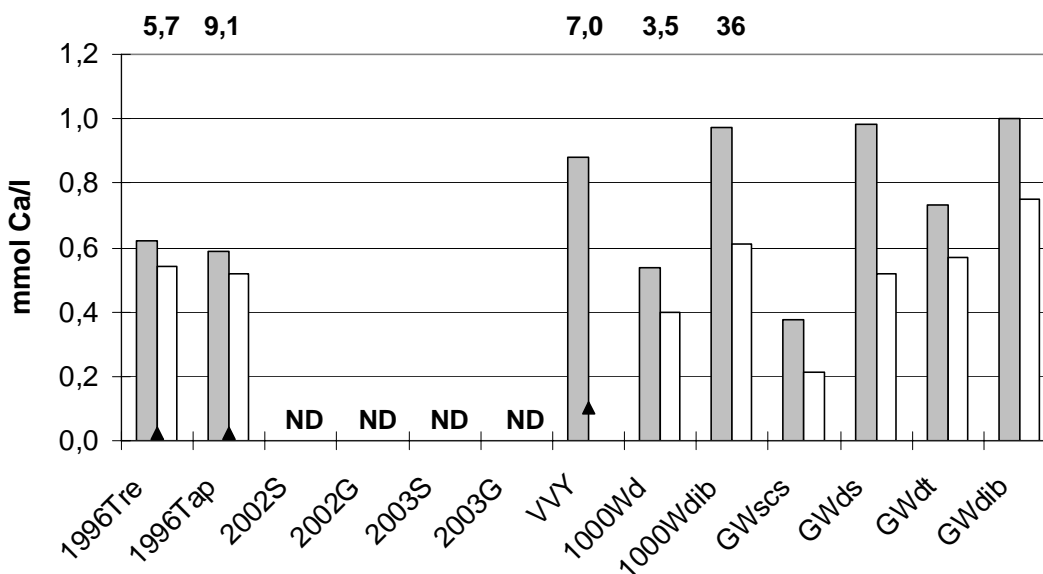
ehkäisevän sydän- ja verisuonitauteja. Kovuus osaltaan vaikuttaa veden teknisiin ominaisuuksiin, kuten veden syövyttävyyteen. Kovuudelle ei ole asetettu pitoisuusmääräyksiä tai -suosituksia talousvesiasetuksessa.

Vuosien 2002 ja 2003 aineistoissa ei ole kovuutta, koska sitä ei raportoida EU:lle. Vuoden 1996 aineisto osoitti vesilaitosten talousveden kovuuden olevan noin 0,6 mmol/l, kun taas VVY:n kyselyn perusteella se oli 0,9 mmol Ca/l (Kuva 38). Keskiarvon perusteella kaivo- ja pohjavedet olisivat kovempia kuin mitä 1996 vesilaitosten aineisto osoitti, mutta samalla tasolla mediaaniin perusteella. Kaikkein matalin kovuus oli lähteistä ja lähdekaivoista otetussa pohjavedessä (GWscs), jossa keskiarvo oli 0,4 mmol Ca/l ja mediaani 0,2 mmol Ca/l. Suomalaiset vedet ovat olemassa olevan aineiston perusteella luokittelun mukaisesti keskikovia, tosin lähempänä pehmeää kuin kovaa vettä.

Kovuudelle ei ollut laatuvaatimusta vuosina 1984 eikä 1987. Vuosien 1984 ja 1987 kokonaiskovuuksien jakaumat on kuvattu Taulukossa 13.

Ruotsissa kovuus on ollut sekä pintavesilaitosten (n=124) että pohjavesilaitosten (n=178) talousvesissä keskimäärin 0,45-0,89 mmol Ca/l (2,5-5 °dH), joten Suomessa ja Ruotsissa veden kovuusaste on samalla tasolla.

Vesi-Hydron ja Suomen Kaupunkiliiton tutkimuksen perusteella 1990-luvun alussa Suomen pintavesien kokonaiskovuus oli 0,09-0,18 mmol/l, kun se raportin muissa Euroopan maissa oli keskimäärin 1,8-2,7 mmol/l.



Kuva 38. Kovuus.

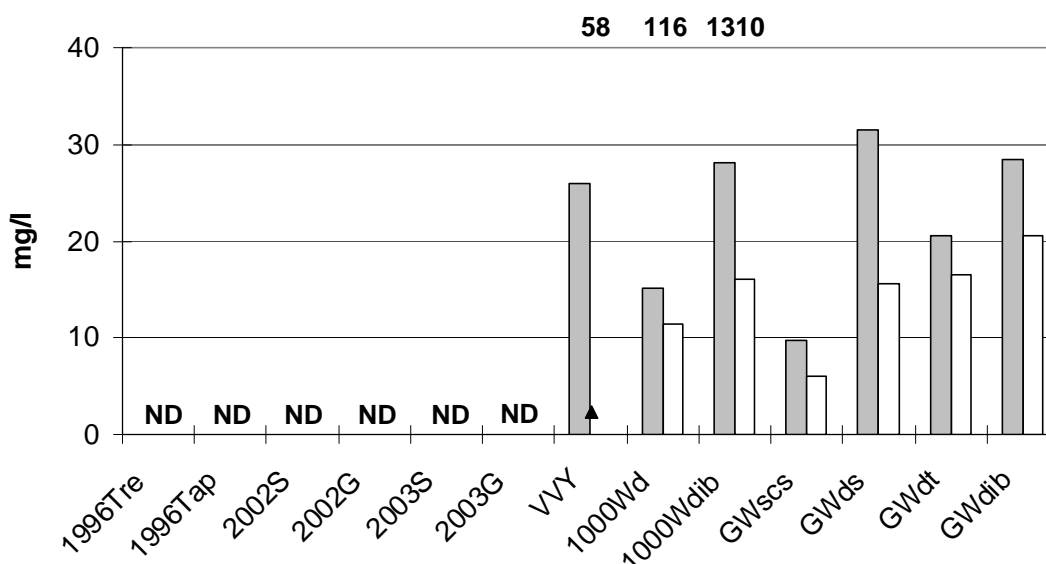
Taulukko 13. Kokonaiskovuuden jakaumat vesilaitoksilla vuosina 1984 ja 1987.

	<0,3	0,3-0,5	0,51-1,5	>1,5
	mmol/l			
	% laitoksista			
1984				
pohjavesilaitokset	34	22	40	4
pintavesilaitokset	30	27	42	1
1987				
pienet pohjavesilaitokset (<1500 m ³ /d)	31	23	40	6
suuret pohjavesilaitokset (>1500 m ³ /d)	13	6	78	3
pienet pintavesilaitokset (<1500 m ³ /d)	43	35	22	
suuret pintavesilaitokset (>1500 m ³ /d)	10	30	55	5

8.2.3 Kalsium (Ca)

Kalsium on hopeanvalkoinen, kiteinen metalli. Luonnossa kalsiumia esiintyy muun muassa kalkkikivessä ja marmorissa, jotka ovat suurelta osin kalsiumkarbonaattia (CaCO₃). Kalkkikiveä käytetään sementin raaka-aineena. Kalsium on ihmiselle välttämätön hivenaine. Talousvedessä kalsiumpitoisuus liittyy veden alkaliteettiin (kappale 8.2.1) ja kovuuteen (kappale 8.2.2).

Kalsiumpitoisuudet oli määritetty kaivo- ja pohjavesistä sekä VVY:n kyselyssä (Kuva 39). VVY:n kyselyssä keskiarvo perustuu 18 laitoksen (24 % laitoksista, n=76) ilmoittamiin pitoisuustietoihin. Raportoiduissa kalsiumpitoisuuksissa ei ollut mitään selkeää trendiä suurimman keskiarvon ollessa 31,5 mg/l.



Kuva 39. Kalsiumpitoisuus.

Norjan talousveden kalsiumpitoisuudet (keskiarvo 5,4 mg/l, minimi 0,2 mg/l, maksimi 112 mg/l, n=519 vesilaitosta) ovat olleet alhaisemmat verrattuna Suomen tietoihin (Kuva 39).

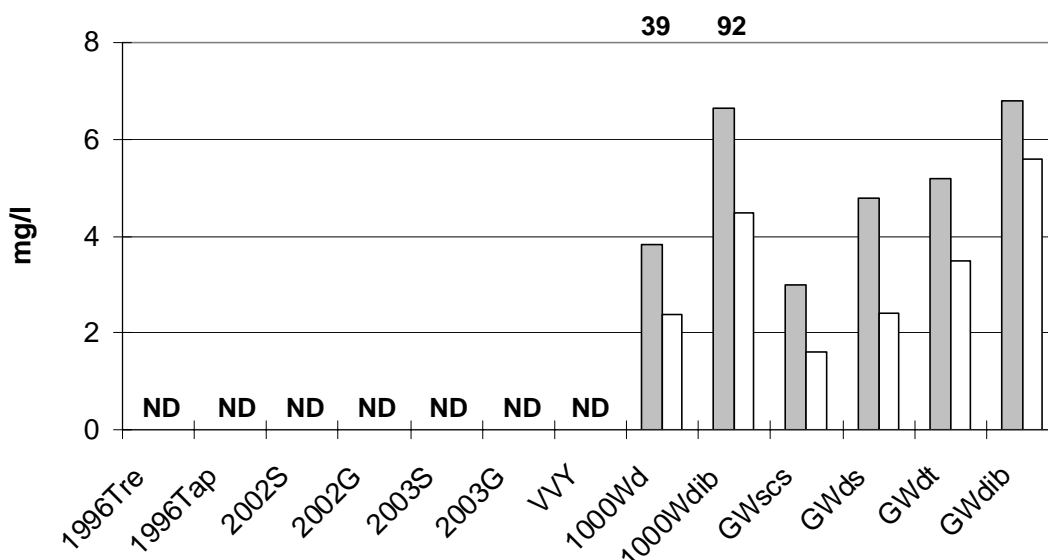
8.2.4 Magnesium (Mg)

Magnesium on pehmeä ja kevyin yleisessä käytössä oleva metalli. Magnesium on ihmiselle välttämätön kivennäisaine. Kuten kalsium, magnesiumkin vaikuttaa veden alkaliteettiin (kappale 8.2.1) ja kovuuteen (kappale 8.2.2).

Magnesiumpitoisuudet oli määritetty kaivo- ja pohjavesistä keskiarvopitoisuuden ollessa maksimissaan 6,8 mg/l (Kuva 40).

Vuosina 1996-1998 valvontatutkimustulokset täyttivät laatuvaatimukset (n= noin 150-200/v), raja-arvo 50 mg/l.

Norjan talousvesissä magnesiumpitoisuudet ovat olleet keskimäärin matalampia (keskiarvo 0,99 mg/l, minimi 0,08 mg/l, maksimi 31,5 mg/l; n=520 laitosta) verrattuna suomalaisiin pohja- ja kaivovesiin (Kuva 40).



Kuva 40. Magnesium.

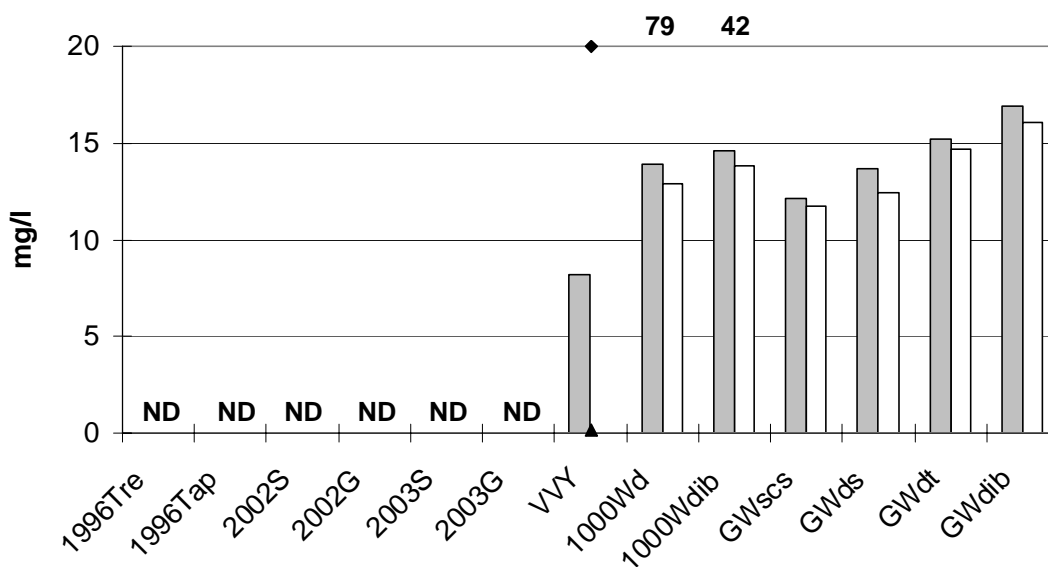
8.2.5 Silikaatti (SiO₂)

Silikaattia eli piihappoa liukenee mineraalien rapautumisen seurauksena veteen. Useissa kivilajeissa silikaatti on yleinen ainesosa. Eräitä silikaatteja käytetään veden kemiallisen saostuksen apuaineina, jotka poistetaan saostumistuotteina käsittelyprosessissa, jolloin ne eivät vaikuta veden silikaattipitoisuuteen. Silikaatilla ei ole terveydellistä vaikutusta. Silikaattipohjaisia inhibiittoreita on käytetty vähentämään metallien korroosiota, mutta vaikutukset riippuvat voimakkaasti silikaatin pitoisuudesta (3-12 mg/l) (Becker 2002). Toisaalta silikaatin on osoitettu edistävän talousveden kanssa kosketuksissa olevan kuparin korroosiota pitoisuudessa 4-40 mg/l (Alhaji ja Reda 1996). Silikaattien on havaittu vaikuttavan raudan korroosioon vapauttamalla veteen rautaa ja lisäämällä saostumien muodostumista, mutta

toisaalta hidastamalla pitkäaikaisia korroosionopeuksia. (Rushing ym. 2003). Silikaatille ei ole asetettu pitoisuusmääryksiä tai -suosituksia talousvesiasetuksessa.

Silikaattipitoisuudet on määritetty kaivo- ja pohjavesistä sekä VVY:n kyselyssä (Kuva 41). Tosin VVY:n kyselyssä silikaattituloksia ilmoitti vain seitsemän laitosta 76:sta. Silikaatin pitoisuus oli sekä kaivo- että pohjavesissä keskimäärin alle 15 mg/l. Kaivovesien maksimipitoisuudet olivat vastaavia keskiarvoja korkeammat, 42 mg/l (porakaivot, 1000Wdib) ja 79 mg/l (rengaskaivot, 1000Wd).

Norjassa silikaattia (n=177 laitosta) on ollut huomattavasti vähemmän kuin suomalaisissa vesissä (keskiarvo 1,6 mg/l, minimi 0,12 mg/l, maksimi 6 mg/l).

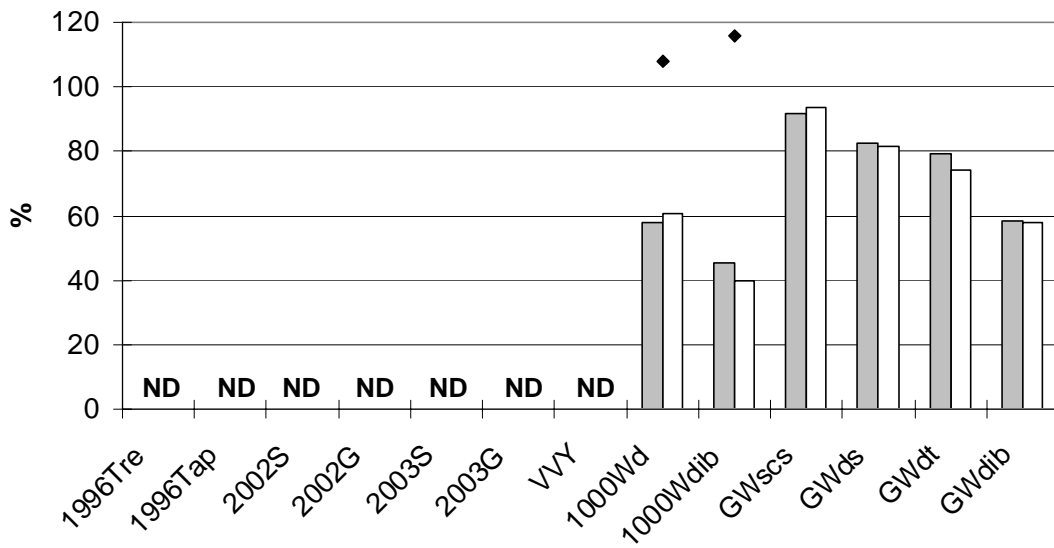


Kuva 41. Silikaatti.

8.2.6 Happi (O₂)

Happi on kaasu, jota esiintyy ilmakehässä 21 %. Talousveden käsittelyssä happi vaikuttaa mm. raudan ja mangaanin hapettumiseen. Happi on välttämätön talousveden aerobisille mikrobeille. Korkea happipitoisuus voi osaltaan edistää korroosiota. Happipitoisuudelle ei ole raja-arvoja talousvesiasetuksessa.

Happipitoisuudet on määritetty kaivo- ja pohjavesistä (Kuva 42). Matalin happipitoisuus on ollut 1000 kaivon tutkimuksen porakaivoissa (1000Wdib) ja korkein lähteiden ja lähdekaivojen pohjavesissä (GWscs).

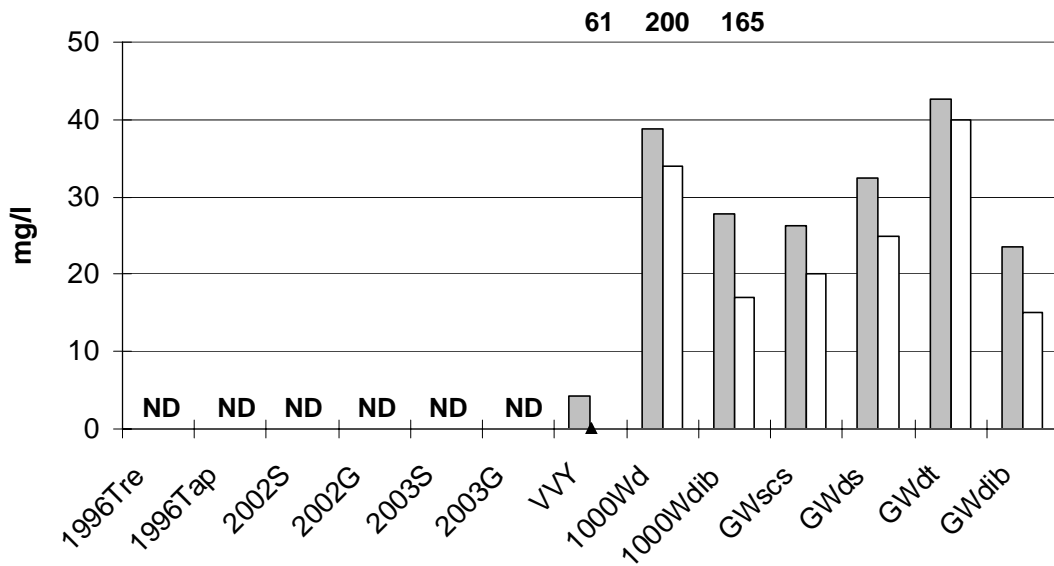


Kuva 42. Happi.

8.2.7 Hiilidioksidi (CO₂)

Hiilidioksidi on veden tärkein heikko happo. Hiilidioksidi on peräisin ilmasta, jossa sitä on normaalipaineessa noin 0,035 %. Vedessä hiilidioksidin määrä riippuu tasapainotilasta ilman ja veden välillä. Hiilidioksidia muodostuu vedessä mikrobiologisten prosessien, kuten mikrobien hengityksen, tuloksena. Hiilidioksidi vaikuttaa veden aggressiivisuuteen. Vesi on sitä aggressiivisempää, mitä enemmän siinä on hiilidioksidia suhteessa vetykarbonaatteihin (kovuuteen). Hiilidioksidille ei ole asetettu pitoisuusvaatimuksia tai -suosituksia talousvesiasetuksessa.

Hiilidioksidipitoisuudet olivat VVY:n kyselyssä huomattavasti matalammat kuin kaivo- tai pohjavesissä havaitut pitoisuudet (Kuva 43).



Kuva 43. Hiilidioksidi.

9 Radioaktiivisuus

9.1 Laatuvaatimusten alaiset

9.1.1 Tritium (^3H)

Tritium on vedyn radioaktiivinen isotooppi, jonka ydin sisältää protonin sekä kaksi neutronia. Tritiumia esiintyy luontaisesti hyvin pieniä määriä. Ympäristöön tritiumia voi joutua lähinnä ydinvoimaloista. Kohonnut tritiumpitoisuus on viite mahdollisten muiden keinotekoisien radionuklidien esiintymisestä. Tritiumille asetettu suositusarvo 100 Bq/l on annettu ympäristönsuojelullisin perustein eikä se ole terveydensuojelun kannalta perusteltu. Myös WHO:n suosituspitoisuus tritiumille on 10 000 Bq/l. Raja-arvon tavoitteena on pyrkimys vähentää ydinvoimaloiden päästöjä sellaisiin vesistöihin, joita käytetään vesilaitosten raakavesilähteenä. Tritiumia ei kyetä poistamaan vedenkäsittelyprosesseissa, koska tritium voi korvata yhden vetyatomin vesimolekyylissä. Tritiumia ei tarvitse mitata, jos aikaisempien tutkimusten (esim. Säteilyturvakeskus) perusteella tiedetään, että tritiumin pitoisuus on selvästi alle raja-arvon. Mahdollisista mittauksista ja niiden tiheydestä annetaan erilliset määräykset.

Vuosina 2002-2004 tritiumia oli tutkittu vain yhdestä näytteestä. Näytteen tritiumpitoisuus täytti talousvesiasetuksen suosituksen.

9.1.2 Viitteellinen kokonaisannos

Viitteellisellä kokonaisannoksella tarkoitetaan talousvesiasetuksessa yhden vuoden aikana saatua efektiivistä annosta. Asetuksen mukaan annoksen laskennassa otetaan huomioon sekä luonnolliset että keinotekoiset radionuklidit lukuun ottamatta radonia, radonin hajoamistuotteita, tritiumia ja kalium 40 isotooppia. Tavoitetaso viitteelliselle kokonaisannokselle on 0,10 mSv/vuosi. Tätä muuttujaa ei tarvitse määrittää, jos aikaisempien tutkimusten (Säteilyturvakeskus) perusteella tiedetään, että se arvo on selvästi alle raja-arvon. Mahdollisista mittauksista ja niiden tiheydestä annetaan erilliset määräykset.

Viitteellistä kokonaisannosta ei ollut raportoitu, joten yhteenvetokuvan piirtäminen ei ollut mahdollista.

9.2 Muut radioaktiiviset aineet

9.2.1 Kokonaisalfa (Kokonais- α)

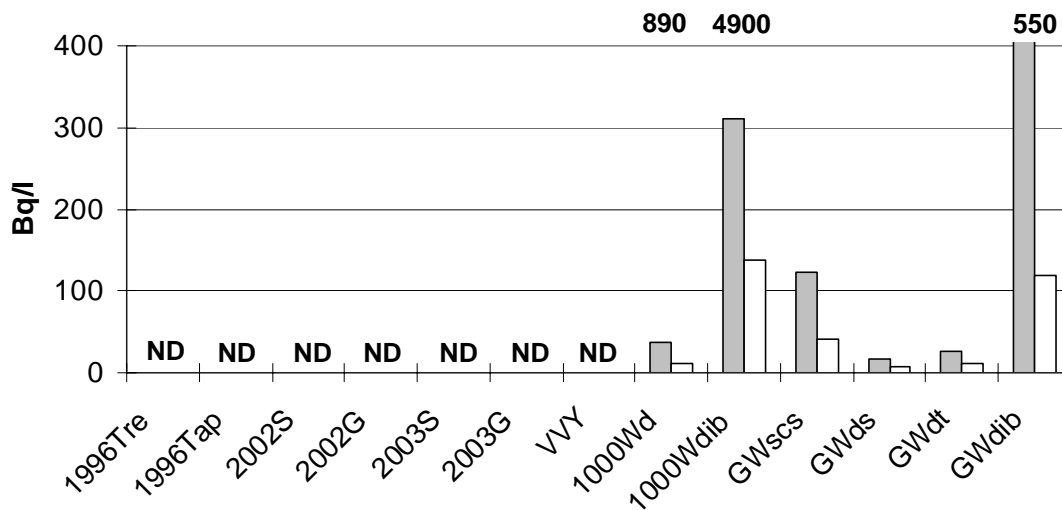
Alfasäteily on voimakkaasti ionisoivaa, mutta heikosti läpäisevää radioaktiivista säteilyä. Ulkoinen alfasäteily on ihmiselle varsin harmitonta, koska alfasäteilyn pysäyttämiseen riittää jo muutaman solun paksuinen ihon kuollut pintakerros. Sen sijaan kehon sisälle hengityksen, ruoan tai veden mukana päässeet alfa-aktiiviset aineet ovat hyvin haitallisia, ja johtavat riittävän suurina määrinä säteilymyrkytykseen. Talousveden alfasäteilyn lähteenä voi olla mm. radon. Kokonaisalfalle ei ole raja-arvoa talousvesiasetuksessa tai pienten yksiköiden asetuksessa.

Kokonaisalfa oli määritetty 1000 kaivon porakaivojen vesistä ja sen keskiarvo oli 0,54 Bq/l, mediaani 0,09 Bq/l ja maksimi 15,3 Bq/l.

9.2.2 Radon (Rn)

Radon on hajuton, mauton ja näkymätön radioaktiivinen, kaasuna esiintyvä alkuaine, jota syntyy maaperän uraanin hajoamistuotteena. Radon muuttuu alfahajoamisen seurauksena poloniumiksi. Pölyhiukkasten mukana keuhkoihin päätyessään radon ja sen hajoamistuotteet aiheuttavat keuhkosityöpää. Kaasumaisena aineena radon pääsee helposti liikkumaan maaperässä ja edelleen siirtymään ilmakehään. Ulkoilmassa radon ei ole ongelma, koska sen pitoisuus laimenee nopeasti. Sen sijaan huonosti ilmastoituun asuntoon rakennuksen alla ja ympärillä olevasta maa-aineksesta kulkeutunut radon voi olla haitallista. Talusvedestä radon vapautuu kaasuna huoneilmaan esim. pyykinpesun tai suihkun yhteydessä. Radon on lähinnä pohjavesien, erityisesti porakaivojen ongelma. Talusvesiasetuksessa radonille ei ole raja-arvoa. Pienten yksiköiden asetuksessa raja-arvo (suositus) on 300 Bq/l, paitsi talusvesikaivoille 1000 Bq/l. WHO:n suosituksen mukaan yleiseen käyttöön tarkoitettun talusveden radonpitoisuus ei saa ylittää arvoa 100 Bq/l.

Käytetyissä aineistoissa keskimääräiset radonpitoisuudet ovat olleet alle pienten yksiköiden raja-arvon (300 Bq/l), paitsi tuhannen kaivon tutkimuksen (1000Wdip) ja pohjavesiaineiston porakaivoissa (GWdip) keskiarvo ylitti rajan. Tuhannen kaivon tutkimuksen porakaivot ylittivät pienten yksiköiden asetuksen raja-arvon 16-kertaisesti ja yksittäisten kaivojen raja-arvon (1000 Bq/l) viisinkertaisesti (Kuva 44).



Kuva 44. Radon.

10 Yhteenveto

10.1 Julkiset talusveden laatutiedot

Tämän selvityksen tarkoituksena oli koota julkisesti saatavilla oleva tieto talusveden laadusta, selvittää tietopuutteet sekä arvioida tiedon riittävyyttä EAS:n valmistelutyöhön Suomessa. Selvityksessä on kuvattu 72 muuttujaa, joista 48 sisältyy talusvesiasetukseen. Muita muuttujia on esitetty 24, jotka ovat keskeisiä mm. veden teknisen laadun ja EAS-tuotehyväksyntämenettelyn kannalta. Selvityksessä esitetyt muuttujat, joita ei ole talusvesiasetuksessa, ovat:

- veden mikrobiologinen laatu: biofilmit, kampylobakteerit, legionelat, norovirukset
- ravinteet: fosfaatti, kokonaisfosfori, kokonaistyppe, liennut orgaaninen hiili, mikrobeille käyttökelpoinen hiili
- metallit: molybdeeni, sinkki, tina, titaani, vismutti
- kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet: ftalaatit
- veden tekninen laatu: alkaliteetti, happi, hiilidioksidi, kalsium, kovuus, magnesium, silikaatti
- radioaktiivisuus: kokonais-alfa, radon

Selvitys osoittaa, että talusvesiasetuksen mukaisista veden mikrobiologiseen laatuun vaikuttavista muuttujista (enterokokit, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, koliformiset bakteerit ja pesäkkeiden lukumäärä) on paljon tietoa saatavilla. Vesivälitteisiä epidemioita aiheuttavia mikrobeja, kuten norovirusia ja kampylobakteereita, ei veden laadun valvonnassa yleensä seurata, eikä niistä siten ole kattavasti tietojakaan. Suomessa on sattunut useita vesivälitteisiä epidemioita, joissa vesi on ollut mikrobiologisesti talusvesiasetuksen vaatimien muuttujien osalta moitteetonta. EAS-menettely edellyttää, että orgaanisilta materiaaleilta testataan biofilmiä eli verkostomateriaalien pinnoille kertyvien mikrobien muodostumispotentiaalia. Biofilmejä on tutkittu tieteellisissä tutkimuksissa, mutta niitä ei yleensä määritetä ja valvota säännöllisesti vesilaitoksien toimesta.

Mikrobikasvuun vaikuttavista ravinteista on vaihtelevasti tietoa. Typen eri ravinnemuodoista (nitraatti, nitriitti, ammonium) on melko hyvin tietoa eri lähteissä. Sen sijaan pohjavesien typen pitoisuuksista tietoa puuttuu nitriitin, ammoniumin ja kokonaistypen osalta. Hiilen eri muodoista (TOC, AOC, DOC) olemassa oleva numeerinen tieto on puutteellista, koska esim. talusvesiasetus vaatii vain, ettei TOC-pitoisuudessa tapahdu epätavallisia muutoksia. Lisäksi TOC:n pitoisuustasoa tulee seurata vain, kun veden jakelumäärä on yli 10 000 m³/d. Orgaanisen aineen määrää on laajasti määritetty hapettuvuuden avulla, joka ei kuvaa tarkasti hiilen määrää. Fosforiyhdisteiden määrittäminen ei nykyään vaadita talusvesiasetuksessa, joten niiden määrittäminen on satunnaista. Suomessa ja useissa muissa maissa, kuten Latviassa ja Japanissa, on osoitettu, että mikrobikasvu on fosforirajoitteista eikä hiilirajoitteista, joten fosforiyhdisteiden määrittäminen olisi tärkeää mikrobien kasvupotentiaalia arvioitaessa.

Talusvesiasetuksen vaatimusten mukaisia metalleja (antimoni, arseni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli ja seleeni) on määritetty laajasti selvityksen suomalaisissa aineistoissa. Elohopean pitoisuuksia on raportoitu vähemmän kuin muita vaatimusten alaisia metalleja. Myös laatusuosituksen alaisia metalleja (alumiini, mangaani, natrium, rauta) on määritetty laajasti. EAS:ssä ollaan asettamassa metallisista materiaaleista liukeneville metalleille määräksiä, joita ei juomavesidirektiivissä vaadita (molybdeeni, sinkki, tina, titaani ja vismutti). Näistä metalleista on pitoisuustietoja GTK:n 1000 kaivon tutkimuksessa (ei titaania) ja tutkimuksessa pohjavesistä (ei titaania eikä tinaa), mutta ei vesilaitosten vesistä, joten pitoisuustasoa on vaikea arvioida.

Selvityksessä esitetyistä kemikaaleista ja orgaanisista yhdisteistä on varsin vähän numeerista tietoa saatavilla. EAS-näkökulmasta olisi tärkeää tietää näiden aineiden pitoisuustasot vedessä, jotta niitä voitaisiin verrata materiaaleista liukeneviin pitoisuuksiin. Epämetalleista boori- ja fluoridipitoisuudesta on kattavasti tietoa, mutta numeerisia tietoja bromaatin pitoisuudesta on esitetty vain EU:lle raportoitavista laitoksien aineistossa.

Veden teknistä laatua kuvaavista muuttujista on vaihtelevasti tietoja. Parhaiten tietoa on pH-arvoista ja muista talousvesiasetuksen suosituksen alaisista muuttujista (kloridi, sulfaatti ja sähkönjohtavuus). Veden ”yleistä” laatua kuvaavista muuttujista (haju, maku, sameus, väriluku) ei ollut kattavasti tietoja. Kuitenkin EAS-järjestelmään on tulossa veden hajun ja maun määrittäminen testattaessa orgaanisia materiaaleja ja orgaanisia aineita sisältäviä sementtipohjaisia materiaaleja. Tiedot alkaliteetista ja kovuudesta puuttuvat vuosien 2002 ja 2003 vesilaitosaineistoista, sillä talousvesiasetuksen mukaisesti niitä ei tarvitse mitata tai raportoida EU:lle. Vesilaitosten vesien hapen, hiilidioksidin, kalsiumin, magnesiumin ja silikaatin pitoisuudesta on niukasti tai ei lainkaan tietoja.

Suomen talousvesien radioaktiivisia aineita on tutkittu paljon mm. Säteilyturvakeskuksessa. Tässä selvityksessä radioaktiivisuudesta on esitetty hyvin rajallisesti tietoa, mutta toisaalta EAS-tuotehyväksyntään se ei suoranaisesti sisälly. Veden radioaktiivisuus, kuten radonin pitoisuus, voi olla ongelma erityisesti yksittäisissä kaivoissa, jolloin veden käyttäjän tietoisuus vetensä laadusta korostuu.

Selvityksessä verrattiin suomalaisen talousveden laatua Norjan ja Ruotsin vastaaviin laatutietoihin. Suomen veden laatutietojen vertailu Norjan ja Ruotsin vastaaviin tietoihin on varsin haasteellista, sillä vain harvojen muuttujien osalta on käytettävissä riittävästi tietoja vertailun tekemiseen. Selvityksessä ei verrattu laajemmin suomalaisen talousveden laatua Keski-Euroopan talousvesiin, joiden tiedetään poikkeavan huomattavasti pohjoismaisista vesistä.

10.2 Talousveden laatu Suomessa

Suomalainen talousvesi on laatuvaatimuksiin ja –suosituksiin nähden korkealuokkaista. Talousveden laadun valvonta kuitenkin keskittyy terveysperusteisiin muuttujiin, joita vaaditaan talousvesiasetuksessa. Veden laatuun vaikuttavat myös monet tekniset ominaisuudet, joita ei tarvitse määrittää. Veden ominaisuudet vaikuttavat verkostojen pitkäaikaiskestävyyteen, jolla on myös suuri kansantaloudellinen merkitys. Käytettävissä olevista tiedoista ilmenee, että pohjoismaiset vedet ovat vertailtavissa olevin osin varsin samanlaatuisia.

Selvitys osoittaa, että veden mikrobiologisen laadun osalta suomalainen talousvesi on korkealuokkaista, kun tarkastellaan talousvesiasetuksen määräyksissä vaadittuja mikrobiryhmiä (enterokokit, *E. coli*, *Clostridium perfringens*, koliformiset bakteerit ja pesäkkeiden lukumäärä). Talousvesiasetuksen raja-arvojen ylityksiä on esiintynyt mikrobiologisissa muuttujissa erittäin vähän. Maksimissaan 2,3 % näytteistä on ylittänyt heterotrofisten pesäkkeiden (bakteerit, hiivat ja homeet) lukumäärälle annetun suosituksen.

Typen eri ravinnemuotojen (nitraatti, nitriitti, ammonium) keskimääräiset pitoisuudet ovat olleet selkeästi alle talousvesiasetuksen raja-arvon. Typen eri ravinnemuodoista nitraatin pitoisuudet ovat olleet Norjassa keskimäärin alhaisempia kuin Suomessa, mutta ammoniumpitoisuudet ovat samalla tasolla Norjassa ja Suomessa. Orgaanisen hiilen määrää kuvaavista muuttujista (AOC, DOC, TOC ja hapettavuus) parhaiten tietoa on hapettavuudesta, jonka keskimääräiset arvot ovat olleet selkeästi alle suosituspitoisuuden. Ruotsin vesilaitoksilla hapettavuus on ollut

keskimäärin samalla tasolla kuin Suomen vesilaitosten vedessä. Suomessa talousveden hiilipitoisuuksien tiedetään olevan korkeampia kuin Keski-Euroopassa, joten EAS:ssa asetettavat vaatimukset materiaaleista liukeneville orgaanisille yhdisteille ja EAS-testitulosten soveltaminen olosuhteisiimme voivat olla ongelmallisia. Suomessa veden mikrobiologisen ja kemiallisen laadun ongelmia aiheuttaa suurimmaksi osaksi orgaanisen aineksen runsaus. Desinfointiaineita kuluu enemmän, ja tällöin haitallisten desinfioinnin sivutuotteiden syntyminen on mahdollista. Selvityksessä käytetyn aineiston pohjalta ei voi arvioida fosforin ravinnemuotojen pitoisuuksia Suomen talousvesissä.

Talousvesiasetuksen vaatimusten mukaisten metallien (antimoni, arseeni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli ja seleeni) keskimääräiset pitoisuudet ovat olleet selkeästi alle raja-arvojen. Elohopea on poikkeus, sillä sen pitoisuudet ovat olleet suhteessa lähempänä raja-arvoa kuin muiden vaatimusten alaisten metallien. Laatuvaatimusten alaisten metallien (alumiini, mangaani ja rauta) keskimääräiset pitoisuustasot ovat olleet lähempänä talousvesiasetuksen raja-arvoa kuin laatuvaatimusten alaisten metallien. Tuhannen kaivon tutkimuksessa ja pohjavesissä keskimääräiset mangaani- ja rautapitoisuudet ovat olleet yli talousvesiasetuksen raja-arvojen, ja jopa paikoitellen yli pienten yksiköiden yksittäiskaivojen lievempien raja-arvojen. Rautaa ja mangaania esiintyy erityisen runsaasti Pohjanmaan rannikoilla, Ylivieskan-Haapajärven alueella ja Lounais-Suomen rannikkoalueilla. Mangaania taas on länsirannikon pohjavesissä (Kujala-Räty ym. 1998). Alumiinin pitoisuus on ollut Norjassa noin kaksinkertainen Suomen tai Ruotsin vesilaitosten vesiin verrattuna. Mangaanin ja raudan pitoisuudet ovat olleet keskimäärin lähes samalla tasolla Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa, samoin natriumin pitoisuudet Suomessa ja Norjassa. Suomalaisissa vesissä on keskimäärin enemmän mangaania, rautaa ja sinkkiä kuin EAS-työskentelyyn suunnitelluissa metallituotteiden pitkäaikaiseen testaukseen tarkoitetuissa testivesissä, mikä voi hankaloittaa testaamista suomalaisilla vesillä.

Kemikaalien ja orgaanisten yhdisteiden, joista selvityksessä on tietoja, pitoisuudet ovat olleet huomattavasti alle talousvesiasetuksen raja-arvojen ja lähes kaikki valvontatutkimustulokset ovat täyttäneet asetuksen vaatimukset. Tosin esim. akryyliamidista oli tehty vuosina 2002-2004 vain 1-5 määrittystä/vuosi. Ftalaateista, joita voi irrota muoveista, ei ole tietoa saatavilla, mutta pitoisuustietoa tarvittaisiin EAS-työskentelyyn. EAS- näkökulmasta olisi tärkeää tietää näiden aineiden pitoisuustasot vedessä, jotta niitä voitaisiin verrata materiaaleista liukeneviin pitoisuuksiin.

Epämetalleista fluoridin ja boorin pitoisuudet ovat olleet keskimäärin alle talousvesiasetuksen vaatimusten. Fluoridipitoisuus on joissakin suomalaisissa vesissä ongelma, sillä erityisesti Etelä-Suomen läänissä jopa puolet valvontatutkimusten tuloksista ylitti vuosina 1996-1998 fluoridin sallitun maksimipitoisuuden. Fluoridin pitoisuus on ollut Suomessa ja Ruotsissa samalla tasolla, Norjassa kaksinkertainen verrattuna Suomeen ja Ruotsiin. Bromaattipitoisuutta on määritetty EU:lle raportoitavista laitoksista pitoisuustason ollessa maksimissaan kymmenesosa raja-arvosta.

Vesilaitoksilla pH-arvo on keskimäärin talousvesiasetuksen asettamissa rajoissa, mutta minimiarvot ovat olleet alle suosituksen pH 6,5. Tuhannen kaivon tutkimuksissa ja kaivovesissä pH-arvot olivat vesilaitosten arvoja matalampia, kaivovesissä keskimäärin jopa alle 6,5. Veden syövyttävyyden voi olla ongelma pienillä pohjavesilaitoksilla, joilla vesi syötetään verkkoon sellaisenaan ilman mitään käsittelyä. Kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat olleet keskimäärin alle talousvesiasetuksen yleissuosituksen. GTK:n 1000 kaivon tutkimus ja pohjavesitutkimukset osoittavat, että porakaivojen pohjavesissä kloridipitoisuudet voivat ylittää syöpymisen ehkäisemiseksi asetetun raja-arvon 25 mg/l. Sähkönjohtavuus on ollut keskimäärin kymmenesosa talousvesiasetuksen raja-arvosta. Veden ”yleinen” laatu on ollut viime vuosina hajun, maun, sameuden ja väriluvun perusteella korkealuokkaista. Suomalaiset vedet ovat

happamia ja pehmeitä. Alkaliteetti on ollut n. 1 mmol/l ja kovuus n. 0,6 mmol/l. Pohjavetemme ovat tyypillisesti happamia ja ne sisältävät niukasti mineraalisuoloja ja runsaasti rautaa ja mangaania. Sisämaan pohjavedet ovat pehmeitä ja meren rannikoiden läheisyydessä jonkin verran kovempia. Kovat vedet ovat Suomessa hyvin harvinaisia. pH, alkaliteetti ja kovuus ovat olleet Suomen ja Ruotsin vesilaitoksilla samalla tasolla. Norjassa pH ja alkaliteetti on ollut matalampi kuin Suomessa ja Ruotsissa, sulfaattipitoisuus huomattavasti alhaisempi kuin Suomen vesilaitoksilla. Norjassa ja Suomessa kloridipitoisuus on ollut samalla tasolla. Sameus on ollut lähes samalla tasolla Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Norjan vesilaitosten ja Suomen pohjavesien väriluvut ovat olleet melko samalla tasolla kun taas Ruotsissa väriluku on ollut matalampi.

11 Pohdinta

Selvitys osoittaa, että läheskään kaikista veden laatuun vaikuttavista muuttujista ei ole tietoa siinä määrin kuin tarvitaan esimerkiksi EAS-valmistelutyössä, arvioitaessa eri materiaalien käyttöä vesihuoltolaitosten ja kiinteistöjen vesiverkostoissa sekä pohdittaessa uusittavan juomavesidirektiivin sisältöä. Suurimpia tietopuutteita on pienten vesilaitosten veden laadussa ja veden teknisissä ominaisuuksissa.

EAS-valmistelun yhteydessä tulee pohtia sitä, halutaanko antaa viranomaisvaatimukset rakennustuotteille, joita käytetään vesilaitoksessa ja vesilaitokselta kiinteistölle johtavissa verkostoissa. Joka tapauksessa vesilaitokset useimmiten julkisina hankintayksiköinä käyttävät EN-standardeja. Rakennusmääräyskokoelman D1:n (2007) mukaan ”Kiinteistön vesilaitteistosta otettavan veden tulee olla sellaista, että sen käytöstä ei aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa tai vaaraa”. Tällöin on ... ”Vesilaitteisto tehtävä sellaiseksi, että veden kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ei irtoa tai liukene veteen haitallisessa määrin terveydelle haitallisia tai vaarallisia aineita”. Käytännössä LVI-suunnittelijoiden on tätä lähes mahdotonta selvittää, koska ei ole ohjeistusta siitä, millainen veden laatu rajoittaa materiaalien käyttöä. Rakennusmääräyskokoelman osa D1 tulisi uusia sisältämään selkeät määräykset veden ja materiaalien yhteensopivuudesta siten, etteivät käytettävät verkostomateriaalit heikennä veden laatua.

Talousvesiasetuksessa 461/2000 ja pienten yksiköiden asetuksessa 401/2001 todetaan, että talousvesi ei saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai haitallisten saostumien muodostumista vesijohdoissa, kiinteistön omissa laitteissa tai vedenkäyttölaitteissa. Veden syövyttävyyden tulisi määritellä niin, että se on todettavissa selkeillä mitattavilla laatuvaatimuksilla. Kansallisesti tulisikin keskustella ja päättää siitä, pitäisikö veden laadulle asettaa sellaiset vaatimukset, että syövyttävyyden ja saostumien muodostuminen verkostoissa olisi mahdollisimman vähäistä. Toisena vaihtoehtona on eri verkostomateriaalilaatujen käytön rajoittaminen veden laadun sitä vaatiessa. Talousvesiasetuksen sisältö ja edellä mainitut määräykset tulee koordinoita keskenään. Viranomaisten määräysten tulee perustua EAS-järjestelmän yhteydessä laadittaviin EN-standardeihin. Siksi suomalaisessa edunvalvonnassa tulee huolehtia siitä, että hyväksytyt EN-standardit ovat käyttökelpoisia aikanaan Suomessa. Kyseisten määräysten ja ohjeiden laatiminen edellyttää edellä mainittujen lisätietojen hankintaa sekä syvää asiantuntemusta veden ja materiaalien välisistä vuorovaikutusilmiöistä.

Määritettäessä talousveden eri muuttujien pitoisuustasoja ja merkitystä tulee muistaa, että jakeluverkostoissa talousvesi on jatkuvassa vuorovaikutuksessa sitä koskettavien materiaalien kanssa, ja esiintyvät vuorovaikutukset ovat monimutkaisia. Materiaalien pinnoille muodostuviin biofilmeihin vaikuttavat niin veden fysikaaliset (lämpötila, virtausnopeus) kuin kemialliset tekijät (mm. ravinteet, metallit, desinfiointikemikaalit, pH). Verkostomateriaaleista voi liueta veteen aineita mm. veden ollessa syövyttävää. Materiaalien liukenemiseen vaikuttavat laajasti veden tekniset ominaisuudet kuten lämpötila, pH, kloridi- ja sulfaatti-ionit, alkaliteetti, kovuus, happi ja hiilidioksidi. Lämpötila on keskeinen muuttuja veden kemiallisissa reaktioissa ja mikrobikasvussa. Veden lämpötila vaihtelee voimakkaasti Suomen pintavesissä, kun taas pohjavesissä lämpötila pysyy vakaana vuodenajasta riippumatta (Miettinen ym. 1996a). Suomen jakeluverkostoissa ja kiinteistöissä käytettyjä materiaaleja ja niiden vuorovaikutuksia talousveden kanssa on selvitetty mm. Vesi-Instituutissa (Kekki ym. 2007).

Suomessa ei ole julkisesti helposti ja yhtenäisesti saatavilla olevia laatutietoja eri vesilaitoksilta. Suurten EU:lle raportoitavien laitojen vesistä tehdään yhteenvetoraportti, mutta tätä pienempien laitojen tietoja ei ole kootusti saatavilla. Vesilaitosten valvontatutkimusohjelmien

mukaisesti kerätään paljon tuloksia niistäkin muuttujista, joita ei edellytetä talousvesiasetuksessa, mutta tietoja ei kuitenkaan voida julkisesti hyödyntää. Isojen laitosten internetsivuilla on tietoja veden laadusta, mutta pienempien laitosten kohdalla tämä on harvinaisempaa. Sosiaali- ja terveysministeriössä on kehitteillä tiedonkeruujärjestelmä, joka koskisi kaikkia ympäristöterveydenhuollon valvontakohteita kunnissa. Näihin kuuluvat myös pienet talousvettä toimittavat laitokset, joten tulevaisuudessa saataneen nykyistä kattavampia veden laatutietoja. Tältä pohjalta toteutettava tietokanta esim. internetissä lisäisi merkittävästi kerätyn tiedon julkista hyödynnettävyyttä.

Veden laatutietoja raportoidaan useilla eri tavoilla, kuten esittämällä montako prosenttia tuloksista on milläkin pitoisuusvälillä, ylitysten määrä prosenteissa talousvesiasetuksen rajoista tai numeerisena tietona (keskiarvo, mediaani, minimi, maksimi). EU:n komissio vaatii raportoinnissa määrävuosina poikkeamat (ylitykset) verrattuna juomavesidirektiivin vaatimukseen, mikä on johtanut siihen, ettei edes suurilta vesilaitoksilta ole saatavilla kootusti vuosittaista numeerista tietoa veden laadusta. Juomavesidirektiivin puitteissa veden laatu voi vaihdella huomattavasti. EU:n komission yhteenvetoraporteissa eurooppalaisesta veden laadusta käsitellään kunkin maan ylitysten määrä verrattuna juomavesidirektiiviin, mutta numeerista tietoa ei ole saatavilla. Tavoitteena tulisi olla yhtenäinen numeerisia tietoja sisältävä raportointikäytäntö koko EU:ssa.

12 Jatkotutkimustarpeet

Lisätietoja muuttujista, joita tarvitaan EAS-valmistelutyössä, arvioitaessa suomalaisissa olosuhteissa eri materiaalien käyttöä vesihuoltolaitosten ja kiinteistöjen vedenjakeluverkostoissa sekä pohdittaessa uusittavan juomavesidirektiivin sisältöä, pitää hankkia joko olemassa olevista tietokannoista (esim. vesihuoltolaitokset, pohjavesitietokanta POVET ja tieteelliset tutkimukset) tai tekemällä vedestä laatumittauksia. Sosiaali- ja terveysministeriössä kehitteillä oleva tiedonkeruujärjestelmä voi toteutuessaan helpottaa lisätiedon hankintaa. EAS-järjestelmää varten lisätietoa tarvitaan mm. seuraavista muuttujista:

- veden mikrobiologinen laatu: biofilmiä muodostumispotentialiaali, terveydelle vaaralliset mikrobit
- ravinteet: TOC, fosforiyhdisteet
- metallit: molybdeeni, sinkki, tina, titaani, vismutti
- kemikaalit ja orgaaniset yhdisteet: akryyliamidi, bentseeni, bentso(a)pyreeni, 1,2-dikloorietaani, epikloorihydriini, vinyylidikloridi, ftalaatit
- veden tekninen laatu: alkaliteetti, hiilidioksidi, kalsium, kovuus, silikaatti

Jatkotutkimusten tulosten perusteella voidaan ottaa kantaa myös siihen, pitäisikö veden laadulle asettaa sellaiset vaatimukset, että syövyttävyys ja saostumien muodostuminen verkostoissa olisi mahdollisimman vähäistä. Toisena vaihtoehtona on eri verkostomateriaalilaatujen käytön rajoittaminen uudisrakentamisessa ja putkistokorjauksissa veden laadun sitä vaatiessa. Nämä vaihtoehdot ovat vesilaitosten ja kiinteistöjen pysyviä valintoja toimintatavoiksi, joilla on suuri kansantaloudellinen merkitys.

Lähdeluettelo

- Al-Malack M.H. (2001). Migration of lead from unplasticized polyvinyl chloride pipes. *Journal of Hazardous Materials* 82(2), 263-274.
- Al-Malack M.H. ja Sheikheldin S.Y. (2001). Effect of solar radiation on the migration of vinyl chloride monomer from unplasticized PVC pipes. *Water Research* 35(4), 3283-3290.
- Alhajji J.N. ja Reda M.R. (1996). The role of solution chemistry on the corrosion of copper in tap water: The effect of dissolved silica on uniform and localized attack. *Materials and Corrosion / Werkstoffe und Korrosion* 47(10), 559-567.
- Amann R.I., Ludwig W. ja Schleifer K.-H. (1995). Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiological Reviews* 59(1), 143-169.
- Appenzeller B.M.R., Batte M., Mathieu L., Block J.C., Lahoussine V., Cavard J. ja Gatel D. (2001). Effect of adding phosphate to drinking water on bacterial growth in slightly and highly corroded pipes. *Water Research* 35(4), 1100-1105.
- 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. 261 s.
- Becker A. (2002). The effect of corrosion inhibitors in drinking water installations of copper. *Materials and Corrosion* 53(8), 560-567.
- Berend K. ja Trouwborst T. (1999). Cement - mortar pipes: as a source of aluminum. *Journal American Water Works Association* 91(7), 91-100.
- Critchley M.M., Pasetto R. ja O'Halloran R.J. (2004). Microbiological influences in 'blue water' copper corrosion. *Journal of Applied Microbiology* 97(3), 590-597.
- Eduskunta (1994). Terveysturvallisuuslaki. 763/1994.
- Eduskunta (1999). Maankäyttö- ja rakennuslaki. 132/1999.
- Eduskunta (2001). Vesihuoltolaki. 119/2001.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto (2006). Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH), Euroopan kemikaaliviraston perustamisesta, direktiivin 1999/45/EY muuttamisesta sekä neuvoston asetuksen (ETY) N:o 793/93, komission asetuksen (EY) N:o 1488/94, neuvoston direktiivin 76/769/ETY ja komission direktiivien 91/155/ETY, 93/67/ETY, 93/105/EY ja 2000/21/EY kumoamisesta. 1907/2006.
- Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto (1998). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi biosidituotteiden markkinoille saattamisesta. 98/8/EY.
- Euroopan unionin neuvosto (1988). Neuvoston direktiivi rakennusalan tuotteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. 89/106/ETY.
- Euroopan unionin neuvosto (1993). Neuvoston direktiivi 93/68/ETY.
- Euroopan unionin neuvosto (1998). Neuvoston direktiivi ihmisten käyttöön tarkoitettujen veden laadusta. 98/83/EY.
- European Commission (2000). Synthesis report on the quality of drinking water in the member states of the European Union in the period 1993-1995. European Union.
- European Commission (2002). Synthesis report on the quality of drinking water in the member states of the European Union in the period 1996-1998. KIWA N.V.
- Folkehelse (1994). Landsoversikt drikkevannskvalitet, Spormetaller i vann fra norske vannverk. Rapport nr. 92. Statens Institut for Folkhelse, Norway. 21 s.
- Hörman A., Rimhanen-Finne R., Maunula L., von Bonsdorff C.-H., Torvela N., Heikinheimo A. ja Hänninen M.-L. (2004). *Campylobacter* spp., *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp., noroviruses, and indicator organisms in surface water in Southwestern Finland, 2000-2001. *Applied and Environmental Microbiology* 70(1), 87-95.

- Kekki T.K., Keinänen-Toivola M.M., Kaunisto T. ja Luntamo M. (2007). Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 1, Vesi-Instituutti/Prizztech Oy. Karhukopio, Turku.
- Korhonen L.K., Kontro M.H., Lehtola M.J., Lipponen M.T.T., Martikainen P.J., Miettinen I.T., Nissinen T.K., Torvinen E.K., Vartiainen T.K. ja Zacheus O.M. (2004). Vesijohtoverkoston puhdistuksen vaikutus talousveden laatuun. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B18. 77 s.
- Kortelainen P. (1993). Content of total organic-carbon in Finnish lakes and its relationship to catchment characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50(7), 1477-1483.
- Koskinen R., Ali-Vehmas T., Kampf P., Laurikkala M., Tsitko I., Kostyal E., Atroshi F. ja Salkinoja-Salonen M. (2000). Characterization of *Sphingomonas* isolates from Finnish and Swedish drinking water distribution systems. *Journal of Applied Microbiology* 89(4), 687-696.
- Kujala-Räty K., Hiisvirta L., Kaukonen M., Liponkoski M. ja Sipilä A. (1998). Talousveden laatu Suomessa vuonna 1996. Sosiaali- ja terveysministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus. 140 s.
- Kusnetsov J., Iivanainen E., Elomaa N., Zacheus O. ja Martikainen P.J. (2001). Copper and silver ions more effective against *Legionellae* than against mycobacteria in a hospital warm water system. *Water Research* 35, 4217-4225.
- Kusnetsov J., Torvinen E., Perola O., Nousiainen T., ja Katila M.-L. (2003). Colonization of hospital water systems by legionellae, mycobacteria and other heterotrophic bacteria potentially hazardous to risk group patients. *APMIS* 111(5), 546-556.
- 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. 92 s.
- Lahti K. (1993). Microbial quality of drinking-water in some Finnish distribution-systems. *Water Science and Technology* 27(3-4), 151-154.
- LeChevallier M.W., Babcock T.M. ja Lee R.G. (1987). Examination and characterization of distribution-system biofilms. *Applied and Environmental Microbiology* 53(12), 2714-2724.
- Lehtola M.J., Juhna T., Miettinen I.T., Vartiainen T. ja Martikainen P.J. (2004a). Formation of biofilms in drinking water distribution networks, a case study in two cities in Finland and Latvia. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 31(11), 489-494.
- Lehtola M.J., Miettinen I.T., Keinänen M.M., Kekki T.K., Laine O., Hirvonen A., Vartiainen T. ja Martikainen P.J. (2004b). Microbiology, chemistry and biofilm development in a pilot drinking water distribution system with copper and plastic pipes. *Water Research* 38(17), 3769-3779.
- Lehtola M.J., Miettinen I.T. ja Martikainen P.J. (2002). Biofilm formation in drinking water affected by low concentrations of phosphorus. *Canadian Journal of Microbiology* 48, 494-499.
- Lehtola M.J., Miettinen I.T., Vartiainen T. ja Martikainen P.J. (1999). A new sensitive bioassay for determination of microbially available phosphorus in water. *Applied and Environmental Microbiology* 65(5), 2032-2034.
- Lipponen M.T.T., Martikainen P.J., Vasara R.E., Servomaa K., Zacheus O. ja Kontro M.H. (2004). Occurrence of nitrifiers and diversity of ammonia-oxidizing bacteria in developing drinking water biofilms. *Water Research* 38, 4424-4434.
- Lipponen M.T.T., Suutari M.H. ja Martikainen P.J. (2002). Occurrence of nitrifying bacteria and nitrification in Finnish drinking water distribution systems. *Water Research* 36(17), 4319-4329.

- Mattilsynet (2005). Internet (30.1.2007): http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00017/Drikkevannsforskrift_17819a.pdf.
- Miettinen I. (2004). Suomen talousvesien terveysriskejä. Ympäristö ja terveys 35(6), 34-38.
- Miettinen I., Zacheus O. ja Vartiainen T. (1999). Vesiepidemiat Suomessa. Vesitalous 4, 2-3.
- Miettinen I.T., Vartiainen T. ja Martikainen P.J. (1996a). Bacterial enzyme activities in ground water during bank filtration of lake water. Water Research 30(10), 2495-2501.
- Miettinen I.T., Vartiainen T. ja Martikainen P.J. (1996b). Contamination of drinking water. Nature 381, 654-655.
- Miettinen I.T., Vartiainen T. ja Martikainen P.J. (1997). Phosphorus and bacterial growth in drinking water. Applied and Environmental Microbiology 63(18), 3242-3245.
- Miettinen I.T., Zacheus O., von Bonsdorff C.H. ja Vartiainen T. (2001). Waterborne epidemics in Finland in 1998-1999. Water Science & Technology 43(12), 67-71.
- Miuetzner S., Schuille R.C., Farley A., Wald E.R., Ge J.H., States S.J., Libert T. ja Wadowsky R.M. (1997). Efficacy of thermal treatment and copper-silver ionization for controlling *Legionella pneumophila* in high-volume hot water plumbing systems in hospitals. American Journal of Infection Control 25(6), 452-457.
- Morton S.C., Zhang Y. ja Edwards M.A. (2005). Implications of nutrient release from iron metal for microbial regrowth in water distribution systems. Water Research 39(13), 2883-2892.
- Oy Vesi-Hydro Ab ja Suomen Kaupunkiliitto (1991). Talousveden laatu ja käsittely eräissä EY- ja EFTA-maissa. Suomen Kaupunkiliiton julkaisu 604.
- Percival S.L. (1999). The effect of molybdenum on biofilm development. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology 23(2), 112-117.
- Rogers J., Downsett A.B., Dennis P.J., Lee J.V. ja Keevil C.W. (1994). Influence of plumbing materials on biofilm formation and growth of *Legionella pneumophila* in potable water systems. Applied and Environmental Microbiology 60(6), 1842-1851.
- Rushing J.C., McNeill L.S. ja Edwards M. (2003). Some effects of aqueous silica on the corrosion of iron. Water Research 37(5), 1080-1090.
- Sathasivan A., Ohgaki S., Yamamoto K. ja Kamiko N. (1997). Role of inorganic phosphorus in controlling regrowth in water distribution system. Water Science & Technology 35(8), 37-44.
- 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 Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. (2003). RIL 124-1 Vesihuolto I. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y., Helsinki. 314 s.
- Svenska vatten- och avloppsverksförening, VAV (1996). Analysdata 1994, Uppgifter över bakteriologisk och kemisk beskaffenhet hos råvatten och dricksvatten vid kommunala vattenverk. Svenska vatten- och avloppsverksförening. 120 s.
- Szewzyk U., Szewzyk R., Manz W. ja Schleifer K.H. (2000). Microbiological safety of drinking water. Annual Review of Microbiology 54(1), 81-127.
- Torvinen E., Suomalainen S., Lehtola M.J., Miettinen I.T., Zacheus O., Paulin L., Katila M.-L. ja Martikainen P.J. (2004). Mycobacteria in water and loose deposits of drinking water distribution systems in Finland. Applied and Environmental Microbiology 70(4), 1973-1981.
- Valtion ympäristöhallinto (2005). Vesihuoltotilastot. Internet (30.1.2007): <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=567&lan=FI>.
- Valtioneuvosto (1994). Valtioneuvoston päätös juomaveden valmistamiseen tarkoitetun pintaveden laatuvaatimuksista ja tarkkailusta. 366/1994.
- Valtioneuvosto (2000). Valtioneuvoston asetus biosidivalmisteista. 466/2000.

- van der Kooij D. (1992). Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth. *Journal American Water Works Association* 84(2), 57-65.
- Vesihallitus (1986). Vesilaitosten veden laatu vuonna 1984. Tiedotus 277. Vesihallitus. 205 s.
- Vesi-Instituutti. (2006). EAS-asiantuntijaseminaari Raumalla 28.9.2005. Vesi-Instituutti, Prizztech Oy, Karhukopio Oy, Turku. 68 s.
- Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ja Suomen Kuntaliitto (2001). Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, Helsinki. 37 s. + liitteet
- Vesi- ja ympäristöhallitus (1989). Vesilaitosten veden laatu vuonna 1987. Vesi- ja ympäristöhallitus.
- WHO (2004). Guidelines for drinking-water quality, Third edition, volume 1, Recommendations. World Health Organization, Geneva. 515 s.
- Ympäristöministeriö (2006a). Ympäristöministeriön asetus kupariputkien tyyppihyväksynnästä.
- Ympäristöministeriö (2006b). Ympäristöministeriön asetus sulkuventtiilien tyyppihyväksynnästä.
- Ympäristöministeriö (2006c). Ympäristöministeriön asetus vesikalusteiden tyyppihyväksynnästä.
- Ympäristöministeriö (2007). Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma.
- Zacheus O. (2002). Suurten vesilaitosten toimittaman talousveden laatu Suomessa vuosina 1996-1998. Sosiaali- ja terveysministeriö. 59 s.
- Zacheus O. (2004). Suurten vesilaitosten toimittaman talousveden valvonta ja laatu vuonna 2002. Kansanterveyslaitos. 37 s. + liitteet
- Zacheus O. (2005). Suurten vesilaitosten toimittaman talousveden valvonta ja laatu vuonna 2003. STTV. 24 s. + liitteet.
- Zacheus O. (2006). Suurten, Euroopan komissiolle raportoivien laitosten toimittaman talousveden valvonta ja laatu Suomessa vuosina 2002 – 2004. KTL, STM, STTV. 12 s. + liitteet.
- Zacheus O.M., Iivanainen E.K., Nissinen T.K., Lehtola M.J. ja Martikainen P.J. (2000). Bacterial biofilm formation on polyvinyl chloride, polyethylene and stainless steel exposed to ozonated water. *Water Research* 34(1), 63-70.
- Zacheus O.M., Lehtola M.J., Korhonen L.K. ja Martikainen P.J. (2001). Soft deposits, the key site for microbial growth in drinking water distribution networks. *Water Research* 35(7), 1757-1765.
- Zacheus O.M. ja Martikainen P.J. (1994). Occurrence of *Legionellae* in hot water distribution systems of Finnish apartment buildings. *Canadian Journal of Microbiology* 40(12), 993-999.

Liitteet

Liite 1. Yhteenvedossa raportoitujen muuttujien arvot. Taulukossa on esitettyä seuraavien aineistojen tietoja: 1996 - Kujala-Räty ym., 1998; 2002 - Zacheus, 2004; 2003 - Zacheus, 2005; VVY - kysely VVY:n jäsenlaitoksille 2005, 1000W - Lahermo ym., 2002, GW - Backman ym., 1999). Lyhenteiden selitykset selvityksen taulukossa 1. n= havaintojen lukumäärä; nd= pitoisuutta/arvoa ei ole ilmoitettu lähteessä; ^a = sisältävät myös tekopohjavedet, henkilökohtainen tiedonanto, O. Zacheus, Kansanterveyslaitos.

Liite 2. Saate ja kyselylomake talousveden laadusta VVY:n jäsenlaitoksille 2005 (yhteistyössä Riku Vahala VVY ja Tuija Kaunisto/VTT).

Liite 1.

	Akryyli- amidi µg/l	Alkali- teetti mmol/l	Alumiini (Al) µg/l	Ammonium (NH₄⁺) mg/l	Antimoni (Sb) µg/l
1996Tre (n=353-2152); kaikki vesityypit, vesilaitokselta lähtevä vesi, 50 käyttäjää tai yli					
Keskiarvo	nd	1,03	80	0,05	nd
Mediaani	nd	0,82	40	0,01	nd
Minimi	nd	0,025	<10	<0,01	nd
Maksimi	nd	20	1800	1,4	nd
1996Tap (n=1455-13081); kaikki vesityypit, hanasta otettu vesi, 50 käyttäjää tai yli					
Keskiarvo	nd	0,99	70	0,04	nd
Mediaani	nd	0,82	40	0,01	nd
Minimi	nd	0,025	<10	<0,01	nd
Maksimi	nd	13	6900	27	nd
2002S (n=2-2032); pintavesilaitoksien talousvesi (n=29) ^a					
Keskiarvo	nd	nd	18,9	0,04	<0,01
Mediaani	nd	nd	17,5	0,04	<0,01
Maksimi	nd	nd	310	0,29	<0,1
2002G (n=5-2937); pohjavesilaitoksien talousvesi (n=124)					
Keskiarvo	0	nd	7,4	<0,01	0,12
Mediaani	0	nd	6,1	<0,01	0,12
Maksimi	0	nd	870	0,38	1
2003S (n=3-2150) pintavesilaitoksien talousvesi (n=31) ^a					
Keskiarvo	nd	nd	14,2	0,05	0,15
Mediaani	nd	nd	11,9	0,04	0,21
Maksimi	nd	nd	1000	0,86	1,1
2003G (n=1-3039) pohjavesilaitoksien talousvesi (n=127)					
Keskiarvo	0	nd	6,1	<0,01	0,06
Mediaani	0	nd	5,2	<0,01	0,06
Maksimi	0	nd	270	0,27	1
VVY (n=1-74) vesilaitosten lukumäärä: 76					
Keskiarvo	nd	0,97	nd	0,04	nd
Minimi	nd	0,13	nd	0,00	nd
Maksimi	nd	3,10	nd	0,37	nd
1000Wd (n=693-739); rengaskaivot					
Keskiarvo	nd	0,848	101	nd	0,0544
Mediaani	nd	0,54	18,5	nd	0,03
Maksimi	nd	8,18	13500	nd	0,82
1000Wdip (n=252-263); porakaivot					
Keskiarvo	nd	1,69	30,1	nd	0,0444
Mediaani	nd	1,365	2,465	nd	0,02
Maksimi	nd	5,82	2750	nd	1,46
GWscs (n=129-593); pohjavesi; lähteet ja lähdekaivot					
Keskiarvo	nd	0,55	91,6	nd	0,03
Mediaani	nd	0,3	21,2	nd	0,03
GWds (n=89-307); pohjavesi; kuilukaivot, hiekka					
Keskiarvo	nd	0,98	135	nd	0,08
Mediaani	nd	0,6	42,9	nd	0,05
GWdt (n=112-646); pohjavesi; kuilukaivot, moreeni					
Keskiarvo	nd	1,1	180	nd	0,09
Mediaani	nd	0,76	80,8	nd	0,05
Gwdib (n=180-1255); pohjavesi; porakaivot					
Keskiarvo	nd	1,8	26,3	nd	0,09
Mediaani	nd	1,7	3	nd	0,03

	Arseeni (As) µg/l	Bentseeni µg/l	Bentso(a)- pyreeni µg/l	Boori (B) µg/l	Bromaatti (BrO₃⁻) µg/l	1,2-dikloori- etaani µg/l
1996Tre						
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Minimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1996Tap						
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Minimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2002S						
Keskiarvo	0,1	<0,01	0,004	6	0	0
Mediaani	0,05	<0,01	<0,001	3	0	0
Maksimi	5	<0,1	0,022	<100	0	0
2002G						
Keskiarvo	0,16	0,02	<0,001	3	0	<0,1
Mediaani	0,15	0,02	<0,001	3	0	<0,1
Maksimi	2	0,5	0,008	200	0	0,3
2003S						
Keskiarvo	0,02	0	<0,001	1	0,1	0
Mediaani	0,02	0	<0,001	<1	0,1	0
Maksimi	1	0	0,006	100	5	0
2003G						
Keskiarvo	0,17	<0,01	<0,001	6	0,8	<0,1
Mediaani	0,16	<0,01	<0,001	6	0,8	<0,1
Maksimi	2	0,3	0,005	100	5	0,3
VVY						
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Minimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1000Wd						
Keskiarvo	0,353	nd	nd	22,8	nd	nd
Mediaani	0,14	nd	nd	13,8	nd	nd
Maksimi	19,7	nd	nd	362	nd	nd
1000Wdip						
Keskiarvo	0,998	nd	nd	54,6	nd	nd
Mediaani	0,16	nd	nd	27	nd	nd
Maksimi	23,6	nd	nd	478	nd	nd
GWscs						
Keskiarvo	0,38	nd	nd	7,9	nd	nd
Mediaani	0,13	nd	nd	3,9	nd	nd
GWds						
Keskiarvo	1,1	nd	nd	18,9	nd	nd
Mediaani	0,23	nd	nd	10,2	nd	nd
GWdt						
Keskiarvo	0,65	nd	nd	21,7	nd	nd
Mediaani	0,26	nd	nd	12,4	nd	nd
Gwdib						
Keskiarvo	26,9	nd	nd	61,5	nd	nd
Mediaani	0,79	nd	nd	31,8	nd	nd

	Elohopea (Hg) µg/l	Epikloori- hydriini µg/l	Fluoridi (F⁻) mg/l	Fosfaatti (PO₄²⁻) mg/l	Ftalaatit	Haju ja maku
1996Tre						
Keskiarvo	nd	nd	0,38	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	0,16	nd	nd	nd
Minimi	nd	nd	0,01	nd	nd	nd
Maksimi	nd	nd	3	nd	nd	nd
1996Tap						
Keskiarvo	nd	nd	0,63	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	0,27	nd	nd	nd
Minimi	nd	nd	<0,01	nd	nd	nd
Maksimi	nd	nd	5,7	nd	nd	nd
2002S						
Keskiarvo	<0,1	0	0,21	nd	nd	nd
Mediaani	<0,1	0	0,21	nd	nd	nd
Maksimi	0,2	0	2,3	nd	nd	nd
2002G						
Keskiarvo	<0,1	0	0,19	nd	nd	nd
Mediaani	<0,1	0	0,19	nd	nd	nd
Maksimi	1	0	2,7	nd	nd	nd
2003S						
Keskiarvo	<0,1	0,008	0,19	nd	nd	nd
Mediaani	<0,1	0,008	0,02	nd	nd	nd
Maksimi	0,2	0,04	2,1	nd	nd	nd
2003G						
Keskiarvo	<0,1	0,055	0,18	nd	nd	nd
Mediaani	<0,1	0,055	0,17	nd	nd	nd
Maksimi	1	0,1	3,5	nd	nd	nd
VVY						
Keskiarvo	nd	nd	nd	7,1	nd	nd
Minimi	nd	nd	nd	9,0	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	9,0	nd	nd
1000Wd						
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	<0,1	<0,02	nd	nd
Maksimi	nd	nd	3,48	6,7	nd	nd
1000Wdip						
Keskiarvo	nd	nd	0,705	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	0,15	<0,02	nd	nd
Maksimi	nd	nd	6,01	0,9	nd	nd
GWscs						
Keskiarvo	nd	nd	0,23	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	0,09	<0,02	nd	nd
GWds						
Keskiarvo	nd	nd	0,2	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	0,08	<0,02	nd	nd
GWdt						
Keskiarvo	nd	nd	0,31	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	0,15	<0,02	nd	nd
Gwdib						
Keskiarvo	nd	nd	0,8	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	0,5	<0,02	nd	nd

	Hapettu- vuus	Happi (O₂)	Hiili- dioksidi (CO₂)	Kadmium (Cd)	Kalsium (Ca)	Kloori- fenolit	Kloridi (Cl)
	mg/l	%	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l
1996Tre							
Keskiarvo	1,3	nd	nd	nd	nd	nd	16
Mediaani	1,0	nd	nd	nd	nd	nd	12
Minimi	0,1	nd	nd	nd	nd	nd	<1
Maksimi	9,1	nd	nd	nd	nd	nd	180
1996Tap							
Keskiarvo	1,0	nd	nd	nd	nd	nd	15
Mediaani	0,8	nd	nd	nd	nd	nd	11
Minimi	0,1	nd	nd	nd	nd	nd	<1
Maksimi	20,0	nd	nd	nd	nd	nd	274
2002S							
Keskiarvo	1,1	nd	nd	<0,1	nd	<0,1	8,6
Mediaani	1,1	nd	nd	<0,1	nd	<0,1	8,1
Maksimi	3,4	nd	nd	0,8	nd	<1	55
2002G							
Keskiarvo	0,3	nd	nd	<0,1	nd	<0,1	9,5
Mediaani	0,3	nd	nd	<0,1	nd	<0,1	9,3
Maksimi	2	nd	nd	1	nd	1	73
2003S							
Keskiarvo	1,0	nd	nd	<0,1	nd	0	11,1
Mediaani	1,0	nd	nd	<0,1	nd	0	10,1
Maksimi	6,5	nd	nd	0,3	nd	0	82
2003G							
Keskiarvo	0,5	nd	nd	0,1	nd	0	10,7
Mediaani	0,5	nd	nd	0,1	nd	0	10,3
Maksimi	3,4	nd	nd	1	nd	0	84
VVY							
Keskiarvo	nd	nd	4,2	nd	26	nd	11,25
Minimi	nd	nd	0,0	nd	2,3	nd	0,02
Maksimi	nd	nd	61,0	nd	58	nd	89,00
1000Wd							
Keskiarvo	2,1	57,9	38,8	0,0436	15,2	nd	8,6
Mediaani	1,1	60,9	34	<0,02	11,4	nd	4,46
Maksimi	25,3	108	200	1,27	116	nd	149
1000Wdip							
Keskiarvo	1,6	45,3	27,8	nd	28,1	nd	53,9
Mediaani	1,0	39,8	17	<0,02	16	nd	9,48
Maksimi	16,5	116	165	0,56	1310	nd	3680
GWscs							
Keskiarvo	1,9	91,9	26,2	0,05	9,8	nd	6,1
Mediaani	0,9	93,5	20	0,03	6,1	nd	2,1
GWds							
Keskiarvo	2,9	82,3	32,4	0,07	31,5	nd	20
Mediaani	1,4	81,4	25	0,05	15,6	nd	5,7
GWdt							
Keskiarvo	3,2	79,1	42,6	0,11	20,6	nd	11,1
Mediaani	1,7	74,1	40	0,06	16,6	nd	4,9
Gwdib							
Keskiarvo	1,3	58,5	23,5	nd	28,4	nd	34,8
Mediaani	0,8	58	15	<0,02	20,5	nd	8,8

	Kok. alfa	Kokonaisfosfori	Kokonais-typpi	Kovuus	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Liennut org. hiili (DOC)	Lyijy (Pb)
	Bq/l	mg/l	mg/l	mmol/l Ca	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1996Tre								
Keskiarvo	nd	nd	nd	0,62	nd	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	0,54	nd	nd	nd	nd
Minimi	nd	nd	nd	0,025	nd	nd	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	5,7	nd	nd	nd	nd
1996Tap								
Keskiarvo	nd	nd	nd	0,59	nd	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	0,52	nd	nd	nd	nd
Minimi	nd	nd	nd	0,025	nd	nd	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	9,1	nd	nd	nd	nd
2002S								
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	<0,1	6,0	nd	0,2
Mediaani	nd	nd	nd	nd	<0,1	2,0	nd	0,19
Maksimi	nd	nd	nd	nd	2	100,0	nd	1
2002G								
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	0,2	62,0	nd	0,3
Mediaani	nd	nd	nd	nd	0,2	51,0	nd	0,25
Maksimi	nd	nd	nd	nd	7	1400	nd	7
2003S								
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	0,1	16	nd	0,06
Mediaani	nd	nd	nd	nd	<0,1	7	nd	0,02
Maksimi	nd	nd	nd	nd	2	300	nd	7
2003G								
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	0,2	58	nd	0,22
Mediaani	nd	nd	nd	nd	0,2	54	nd	0,22
Maksimi	nd	nd	nd	nd	5	1000	nd	5
VVY								
Keskiarvo	nd	0,942	0,38	0,88	nd	nd	1,76	nd
Minimi	nd	0,0005	0,03	0,10	nd	nd	0,92	nd
Maksimi	nd	0,021	2,40	7,00	nd	nd	2,30	nd
1000Wd								
Keskiarvo	nd	nd	nd	0,54	0,327	14,1	nd	0,246
Mediaani	nd	nd	nd	0,40	0,2	2,49	nd	0,04
Maksimi	nd	nd	nd	3,52	3,76	410	nd	18,7
1000Wdip								
Keskiarvo	0,054	nd	nd	0,97	nd	32,3	nd	0,423
Mediaani	0,09	nd	nd	0,61	<0,2	9,06	nd	0,15
Maksimi	15,3	nd	nd	35,4	2,5	917	nd	6,96
GWscs								
Keskiarvo	nd	nd	nd	0,38	0,55	5,2	nd	0,16
Mediaani	nd	nd	nd	0,21	0,3	0,82	nd	0,07
GWds								
Keskiarvo	nd	nd	nd	0,98	0,53	13,0	nd	0,27
Mediaani	nd	nd	nd	0,52	0,3	3,3	nd	0,13
GWdt								
Keskiarvo	nd	nd	nd	0,73	0,59	9,5	nd	0,24
Mediaani	nd	nd	nd	0,57	0,33	3,3	nd	0,13
Gwdib								
Keskiarvo	nd	nd	nd	1,00	nd	23,9	nd	0,43
Mediaani	nd	nd	nd	0,75	<0,2	4,7	nd	0,14

	Magnesium (Mg)	Mangaani (Mn)	Mikrobeille käyttökelp. hiili (AOC)	Molyb- deeni (Mo)	Natrium (Na)	Nikkeli (Ni)	Nitraatti (NO₃)
	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l
1996Tre							
Keskiarvo	nd	40	nd	nd	nd	nd	2,51
Mediaani	nd	20	nd	nd	nd	nd	1
Minimi	nd	<10	nd	nd	nd	nd	0,05
Maksimi	nd	3300	nd	nd	nd	nd	32
1996Tap							
Keskiarvo	nd	30	nd	nd	nd	nd	2,24
Mediaani	nd	10	nd	nd	nd	nd	1
Minimi	nd	<10	nd	nd	nd	nd	0,05
Maksimi	nd	5700	nd	nd	nd	nd	50
2002S							
Keskiarvo	nd	5,0	nd	nd	7,2	<1	1,3
Mediaani	nd	3,0	nd	nd	6,6	<1	1,3
Maksimi	nd	380	nd	nd	45	11	9
2002G							
Keskiarvo	nd	4,0	nd	nd	11,1	<1	2,2
Mediaani	nd	2,0	nd	nd	10,9	<1	2,1
Maksimi	nd	190	nd	nd	77	13	24
2003S							
Keskiarvo	nd	5,0	nd	nd	9,8	<1	1,7
Mediaani	nd	2,0	nd	nd	6,7	<1	1,5
Maksimi	nd	310	nd	nd	96	11	18,0
2003G							
Keskiarvo	nd	4,0	nd	nd	12,3	1	2,0
Mediaani	nd	2,0	nd	nd	12	1	2,0
Maksimi	nd	370	nd	nd	95	20	14,0
VVY							
Keskiarvo	nd	19,9	62,50	nd	nd	nd	2,5
Minimi	nd	0,0	80,00	nd	nd	nd	0,07
Maksimi	nd	200,0	80,00	nd	nd	nd	14,0
1000Wd							
Keskiarvo	3,83	59,1	nd	0,301	7,02	3,29	8,43
Mediaani	2,38	4,36	nd	0,125	4,18	0,84	3,19
Maksimi	38,5	5330	nd	8,39	169	277	110
1000Wdip							
Keskiarvo	6,65	106	nd	2,314	36,2	1,81	5,43
Mediaani	4,48	16,3	nd	0,5	8,98	0,595	0,26
Maksimi	91,9	4140	nd	53,8	1040	67,5	88,3
GWscs							
Keskiarvo	3	49,4	nd	0,38	5	1,2	3,1
Mediaani	1,6	5,8	nd	0,12	2,9	0,5	1
GWds							
Keskiarvo	4,8	112	nd	0,24	10,2	3,7	8,6
Mediaani	2,4	10	nd	0,09	5	1	2,5
GWdt							
Keskiarvo	5,2	65	nd	0,33	8,8	5	8,8
Mediaani	3,5	11,5	nd	0,16	6	1,4	2,9
Gwdib							
Keskiarvo	6,8	101	nd	2,4	32,6	1,6	3,4
Mediaani	5,6	33,2	nd	1	16,3	0,4	0,2

	Nitriitti (NO ₂)	Org. C kok. määrä	pH	PAH- yhdisteet	Radon (Rn)	Rauta (Fe)	Sameus	Seleeni (Se)
	mg/l	mg/l		µg/l	Bq/l	mg/l	FTU	µg/l
1996Tre								
Keskiarvo	0,01	nd	7,6	nd	nd	0,13	0,62	nd
Mediaani	0,01	nd	7,6	nd	nd	0,05	0,18	nd
Minimi	<0,01	nd	5,6	nd	nd	<0,01	0,025	nd
Maksimi	0,24	nd	10,3	nd	nd	13,5	74	nd
1996Tap								
Keskiarvo	0,02	nd	7,5	nd	nd	0,11	0,52	nd
Mediaani	0,01	nd	7,6	nd	nd	0,05	0,19	nd
Minimi	<0,01	nd	4	nd	nd	<0,01	0,025	nd
Maksimi	7,8	nd	10,5	nd	nd	40	83	nd
2002S								
Keskiarvo	0,08	nd	8	nd	nd	0,055	nd	<1
Mediaani	0,07	nd	8	nd	nd	0,035	nd	<1
Maksimi	0,5	nd	6,5/9,1	nd	nd	1,1	nd	1
2002G								
Keskiarvo	<0,01	nd	7,8	nd	nd	0,026	nd	<1
Mediaani	<0,01	nd	7,7	nd	nd	0,016	nd	<1
Maksimi	0,5	nd	6,0/9,2	nd	nd	4,7	nd	10
2003S								
Keskiarvo	0,07	nd	8,1	nd	nd	0,053	nd	<1
Mediaani	0,07	nd	8,1	nd	nd	0,038	nd	<1
Maksimi	0,4	nd	6,3/9,1	nd	nd	1,3	nd	10
2003G								
Keskiarvo	0,01	nd	7,8	nd	nd	0,026	nd	<1
Mediaani	0,01	nd	7,8	nd	nd	0,018	nd	<1
Maksimi	0,4	nd	5,7/9,4	nd	nd	1,6	nd	5
VVY								
Keskiarvo	0,03	2,11	7,8	nd	nd	0,067	nd	nd
Minimi	0	0,6	6	nd	nd	0	nd	nd
Maksimi	0,41	4,4	9,2	nd	nd	1	nd	nd
1000Wd								
Keskiarvo	nd	nd	6,46	nd	12	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	6,4	nd	37,8	<0,03	nd	<0,5
Maksimi	nd	nd	9	nd	893	27,6	nd	3,41
1000Wdip								
Keskiarvo	nd	nd	7,13	nd	311	0,492	nd	nd
Mediaani	nd	nd	7,2	nd	138	0,03	nd	<0,5
Maksimi	nd	nd	9,5	nd	4880	39,9	nd	4,59
GWscs								
Keskiarvo	nd	nd	6,2	nd	122	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	6,2	nd	41	<0,03	nd	<0,5
GWds								
Keskiarvo	nd	nd	6,3	nd	17,1	0,32	nd	nd
Mediaani	nd	nd	6,3	nd	8	0,05	nd	<0,5
GWdt								
Keskiarvo	nd	nd	6,2	nd	25,2	0,21	nd	nd
Mediaani	nd	nd	6,2	nd	12	0,06	nd	<0,5
Gwdib								
Keskiarvo	nd	nd	7,1	nd	553	0,54	nd	nd
Mediaani	nd	nd	7,2	nd	120	0,05	nd	<0,5

	Silikaatti (SiO ₂) mg/l	Sinkki (Zn) µg/l	Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) mg/l	Syanidit µg/l	Sähkön- johtavuus mS/m	Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni µg/l
1996Tre						
Keskiarvo	nd	nd	34	nd	20	nd
Mediaani	nd	nd	20	nd	16	nd
Minimi	nd	nd	<1	nd	<1	nd
Maksimi	nd	nd	250	nd	65	nd
1996Tap						
Keskiarvo	nd	nd	29	nd	17	nd
Mediaani	nd	nd	17	nd	15	nd
Minimi	nd	nd	<1	nd	<1	nd
Maksimi	nd	nd	250	nd	100	nd
2002S						
Keskiarvo	nd	nd	33	<0,001	21,9	0
Mediaani	nd	nd	33	<0,001	20,8	0
Maksimi	nd	nd	230	<1	152	0
2002G						
Keskiarvo	nd	nd	19	0,144	20,9	<1
Mediaani	nd	nd	19	0,144	20,7	<1
Maksimi	nd	nd	180	5	187	6
2003S						
Keskiarvo	nd	nd	34	0,071	21,8	<1
Mediaani	nd	nd	32	0,071	20,8	<1
Maksimi	nd	nd	117	10	157	8
2003G						
Keskiarvo	nd	nd	20	0,58	21,1	<1
Mediaani	nd	nd	19	0,58	21	<1
Maksimi	nd	nd	180	10	230	10
VVY						
Keskiarvo	8,2	nd	25,6	nd	19,7	nd
Minimi	0,2	nd	3,1	nd	3,5	nd
Maksimi	20,0	nd	147,0	nd	69,9	nd
1000Wd						
Keskiarvo	13,9	44,2	14,6	nd	16,4	nd
Mediaani	12,9	10,4	10,4	nd	12,5	nd
Maksimi	79,4	2930	400	nd	106	nd
1000Wdip						
Keskiarvo	14,6	84,9	19,9	nd	34,4	nd
Mediaani	13,8	21,7	12,2	nd	22,9	nd
Maksimi	41,9	2810	240	nd	714	nd
GWscs						
Keskiarvo	12,1	13,8	10,5	nd	10,6	nd
Mediaani	11,7	4,8	7,6	nd	7	nd
GWds						
Keskiarvo	13,7	68	18,8	nd	20,1	nd
Mediaani	12,4	19,9	12,3	nd	15,7	nd
GWdt						
Keskiarvo	15,2	65,8	19,3	nd	20,5	nd
Mediaani	14,7	19,2	14,3	nd	16,8	nd
Gwdib						
Keskiarvo	16,9	79,5	21	nd	38,9	nd
Mediaani	16,1	18,7	15,6	nd	28	nd

	Tina (Sn) µg/l	Titaani (Ti) µg/l	Torjunta- aineet µg/l	Trihalo- metaanit µg/l	Vinyyli- kloridi µg/l	Vismutti (Bi) µg/l	Väri- luku mg/l
1996Tre							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	6,1
Mediaani	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5
Minimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	<5,0
Maksimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	200
1996Tap							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	6,1
Mediaani	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5
Minimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	<5,0
Maksimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	280
2002S							
Keskiarvo	nd	nd	nd	7	0	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	7	0	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	95	0	nd	nd
2002G							
Keskiarvo	nd	nd	nd	2	0	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	2	0	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	42	0	nd	nd
2003S							
Keskiarvo	nd	nd	nd	5	0,011	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	4	0,011	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	74	0,5	nd	nd
2003G							
Keskiarvo	nd	nd	nd	1	0	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	1	0	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	23	0	nd	nd
VVY							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Minimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Maksimi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1000Wd							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	13,4
Mediaani	<0,5	nd	nd	nd	nd	<0,03	10
Maksimi	0,69	nd	nd	nd	nd	0,14	150
1000Wdip							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,9
Mediaani	<0,5	nd	nd	nd	nd	<0,03	5
Maksimi	1,92	nd	nd	nd	nd	0,28	80
GWscs							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mediaani	nd	nd	nd	nd	nd	<0,02	<5
GWds							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	17,9
Mediaani	nd	nd	nd	nd	nd	<0,02	5
GWdt							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	21,4
Mediaani	nd	nd	nd	nd	nd	<0,02	10
Gwdib							
Keskiarvo	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
Mediaani	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	<5

Liite 2.

Saate

Vedenlaatuselvitys

EU:n rakennustuote- ja juomavesidirektiivien alla on alettu työstää yhtenäistä tuotehyväksyntämenettelyä, **European Acceptance Scheme (EAS)**, talousveden kanssa kontaktissa oleville rakennustuotteille. Uusien järjestelmien materiaalit ja tuotteet eivät saa heikentää talousveden laatua, ja tulevan tuotehyväksyntämenettelyn myötä tuotteiden turvallisuus ja soveltuvuus juomavesijärjestelmiin tutkitaan yhteisesti sovittavilla standardisoiduilla menetelmillä. Tarkasteluun otetaan kaikki juomaveden kanssa kosketuksiin tulevat rakennustuotteet. Osa tuotteille asetettavista vaatimuksista on Suomen nykykäytäntöön verrattuna uusia.

EAS-tuotehyväksyntämenettely on edennyt testausmenetelmien laatimisvaiheeseen. Tässä yhteydessä päätetään myös tuotetestauksissa käytettävien testivesien laadusta. Jotta tulevat testaukset olisivat myös Suomen kannalta järkeviä, testivesien laadun tulisi vastata riittävästi olosuhteitamme. Tästä syystä keräämme taustatietoa talousveden laadusta erityisesti niiden muuttujien osalta, joita ei talousvesiasetuksen perusteella raportoida. Toivomme, että lähettäisitte määrittäytuloksia lomakkeessa listatuista muuttujista siinä määrin, kuin määrittäytuloksia on tehty. Käsittelemme tietoja luottamuksellisina. Saadusta aineistosta laaditaan lyhyt yhteenveto, josta yksittäisen laitoksen tietoja ei voida tunnistaa.

Dipl.ins. Tuija Kaunisto on Suomen edustaja tuotehyväksyntämenettelyä valmisteleavassa EU:n työryhmässä ja Suomen EAS-seurantaryhmän yhteyshenkilö. Vastauksia pyydämme mahdollisimman pian Tuija Kaunistolle joko sähköpostilla (tuija.kaunisto@vtt.fi), faksilla (020 722 7010) tai postitse (VTT, PL 1704, 02044 VTT). Kiitokset jo etukäteen!

Kyselylomake

VESILAITOSTEN VEDEN LAATU

METALLIEN KEMIALLISEEN JA MIKROBIOLOGISEEN LAATUUN
VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

VESILAITOS:

Näytteenottoaika:

Vuosi:

	Yksikkö	keskiarvo	minimi	maksimi	määrityksiä	
					<10 kpl	> 10 kpl
pH-arvo						
Alkaliteetti	mmol/l					
Kokonaiskovuus	mmol/l					
Kalsium	mg/l					
Sähkönjohtavuus	µS/cm					
Hiilidioksidi	mg/l					
Kloridi	mg/l					
Sulfaatti	mg/l					
Silikaatti	mg/l					
Fe	mg/l					
Mn	mg/l					
Fosfaatti	mg/l					
Kokonaisfosfori	mg/l					
Nitraatti	mg/l					
Nitriitti	mg/l					
Ammonium	mg/l					
Kokonaistyyppi	mg/l					
TOC	mg/l					
AOC	µg/l					
DOC	µg/l					

Palautus:

Sähköposti: tuija.kaunisto@vtt.fi

Faksi: 020 722 7010

Postitse: Tuija Kaunisto

VTT

PL 1704

02044 VTT

PRIZZTECH

