



Helsingin I-luokan pohjavesialueiden vedenlaatu 2008

Johanna Airola

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 2/2014

Johanna Airola

Helsingin I-luokan pohjavesialueiden vedenlaatu 2008

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2014

Kannen kuvat: © Katja Pellikka ja Antti Salla
ISSN 1235-9718
ISBN 978-952-272-639-1
ISBN (PDF) 978-952-272-640-7

Painopaikka: Kopio Niini Oy
Helsinki 2014

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
1 Johdanto	4
1.1 Tutkimuksen tarkoitus	4
2 Taustatietoja	5
2.1 Pohjaveden suojelun säädökset	5
2.2 Helsingin pohjavesialueet ja niihin kohdistuvat riskit.....	10
2.2.1 Pohjavesialueet ja niiden vedenhankintakäyttö.....	10
2.2.2 Riskiä aiheuttavat toiminnot pohjavesialueilla	13
2.3 Pohjaveden luontainen koostumus	18
2.4 Pohjavettä pilaavat aineet.....	19
2.4.1 Orgaaniset aineet: öljyt, MTBE, torjunta-aineet, BAM, orgaaninen hiili	19
2.4.2 Epäorgaaniset aineet.....	20
2.4.2.1 Pohjaveden kemiallisen tilan perusseurannan yhteiset tekijät: ammoniumtyppi, pH, sähkönjohtavuus	20
2.4.2.2 Metallit: mangaani, kupari, nikkeli, rauta, kadmium	21
2.4.2.3 Muut: kloridi, sameus, väri	22
2.4.3 Bakteerit	22
3 Aineisto ja menetelmät	23
3.1 Aineisto, näytteenotto ja analyysit.....	23
3.2 Aineiston tilastollinen käsittely.....	23
3.3 Aineiston rajoitukset	23
4 Tulokset ja niiden tarkastelu	24
4.1 Ainepitoisuudet ja ympäristölaatunormien, laatuvaatimusten ja - suositusten ylitykset	24
4.1.1 Orgaaniset aineet	24
4.1.2 Epäorgaaniset aineet.....	26
4.1.2.1 Pohjavesimuodostuman kemiallisen tilan perusseurannan yhteiset tekijät.....	26
4.1.2.2 Metallit.....	28
4.1.2.3 Muut	31
4.1.3 Bakteerit	33
4.2 Vertailua muihin pohjavesituloksiin	34
4.2.1 Vertailu aikasarjoihin	34
4.2.2 Vertailu muiden vuosien aineistoihin	36

4.2.2.1 Epäorgaaniset aineet.....	36
4.2.2.1.1 Pohjavesimuodostuman kemiallisen tilan perusseurannan yhteiset tekijät	36
4.2.2.1.2 Metallit.....	38
4.2.2.1.3 Muut	40
4.2.2.2 Bakteerit	42
5 Johtopäätökset ja ehdotukset jatkotoimista.....	43
5.1 Tulosten yhteenveto	43
5.2 Toimenpide-ehdotukset	44
5.3 Tulosten tunnetuksi tekeminen	44
Säädökset	45
Kirjallisuus	45
Liitteet.....	46
Liite 1: Alkuperäiset tutkimustulokset	
Liite 2: Alkuperäiset vertailutulokset	
Liite 3: Kartat tutkimusalueista	

Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää pohjaveden laatua Helsingin kolmella ensimmäisen luokan pohjavesialueella ja arvioida, täyttääkö se pohjavesidirektiivin vaatimukset. Pohjavesidirektiivi on pantu toimeen Suomessa vesienhoitolailla ja -asetuksella sekä vaarallisten ja haitallisten aineiden asetuksella. Lisäksi tutkimuksessa arvioidaan pohjaveden laatua talousvetenä, koska tutkimusalueet ovat kriisiaikojen varavedenottoalueita. Tutkimusaineistoa verrataan myös samojen alueiden muiden vuosien aineistoihin vedenlaadun kehityksen ja tutkimusaineiston edustavuuden selvittämiseksi.

Tutkimusalueiden pohjaveden laatua verrataan pohjaveden ympäristölaatuunormeihin (VNA vesienhoidon järjestämisestä) ja talousveden laatuvaatimuksiin (STMA talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista). Ympäristölaatuunormeja on 44 pilaavalle aineelle ja talousveden laatuvaatimuksia ja -suosituksia 51 aineelle. Ympäristölaatuunormit koskevat pohjavesialueen vuosikeskiarvoa ja talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset yksittäistä näytettä.

Helsingin ensimmäisen luokan pohjavesialueita Vuosaarta, Tattarisuota ja Vartiokylää on aiemmin käytetty vedenottoon. Niiden antoisuudet ovat pieniä. Alueilla on runsaasti toimintoja, jotka uhkaavat pohjaveden laatua. Riskitoimintoja ovat rakentaminen, maanalaiset öljysäiliöt, liikenne, huoltoasemat ja teollisuusalueiden toiminnat kuten autojen purkaminen ja korjaaminen. Erityisesti alueilla kulkevien suurten teiden suolaaminen on jo pitkään aiheuttanut riskin pohjavedelle. Tattarisuon pohjavesialue on huonossa kemiallisessa tilassa suolan vuoksi. Riskitoimintoja on tutkittu useissa muissa tutkimuksissa.

Tulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että pohjaveden luontainen laatu vaihtelee suuresti maa- ja kallioperän erojen vuoksi ja että tutkimusaineiston pienenä takia yksittäinen näyte erottuu ja vaikuttaa keskiarvoon paljon.

Ympäristölaatuunormi ylittyi selvästi kaikilla alueilla kloridilla. Myös kuparilla, MTBE:llä (metyylitertbutyylieetteri) ja BAM:lla (2,6-diklooribentsoamidi) ympäristölaatuunormi ylittyi, mutta ylitykset johtuivat yksittäisistä korkeista pitoisuuksista.

Talousveden laatuvaatimukset ylittyivät parissa näytteessä BAM:lla ja *E. coli*-bakteereilla. Harvat ylitykset eivät kuitenkaan osoita varavesilähteenä käyttämistä estävää pilaantumista. Talousveden laatusuosituksiset ylittyivät sähkönjohtavuudella, sameudella, mangaanilla, happamuudella, raudalla, orgaanisella hiilellä ja hajulla. Suositukset liittyvät käyttökelpoisuuteen laitteissa sekä esteettisyyteen, joten niiden toteutumisesta voidaan joustaa kriisiaikana. Vaatimukset ja suositukset koskevat käyttäjän hanasta ottamaa vettä, joka puhdistetaan.

Tutkimusaineiston näytteiden arvot eivät poikenneet pitkäaikaisseurannan 2000-luvun arvoista. Tutkimusaineiston pitoisuudet olivat samanlaisia tai korkeampia kuin vertailuaineiston. Veden väri, sameus, ammoniumpitoisuus, sähkönjohtavuus ja kloridipitoisuus olivat tutkimusaineistossa korkeampia.

Tutkimuksen perusteella tarvitaan pohjavesisuojausja ja lisätutkimuksia. Kloridi on suuri ongelma varsinkin Tattarisuon pohjavesialueella ja teiden varsien pohjavesisuojausja tulee rakentaa lisää. Tästä tutkimuksesta puuttuvista 41 aineesta tulee selvittää riskiaineet, joiden pitoisuuksia tulee verrata laatuvaatimuksiin. Lisäksi jo tutkittujen BAM:n, kadmiumin, öljyn ja torjunta-aineiden analyysistä tulee laajentaa tai tarkentaa. Tämän tutkimuksen kanssa samaan aikaan tehdyn Kivimäen ja Luodeslammen laajemman tutkimuksen suosituksiin kannattaa perehtyä.

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksessa selvitetään pohjaveden laatua kolmella Helsingin ensimmäisen luokan pohjavesialueella ja arvioidaan, täyttääkö se pohjavesidirektiivin asettamat vaatimukset. Kyseisiä alueita on varauduttu käyttämään osana Helsingin kriisiajan vesihuoltoa, joten niiden pohjaveden käyttökelpoisuus on olennaista. Tutkimusaineiston muodostavat ympäristökeskuksen keräämät raportoimattomat näytteet vuodelta 2008.

Tutkimusalueiden pohjaveden laatua verrataan valtioneuvoston ja sosiaali- ja terveysministeriön asetuksissa määriteltäisiin pohjaveden ja talousveden laatuvaatimuksiin:

1. pohjaveden ympäristölaatuunormit (VNA vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006))
2. talousveden laatuvaatimukset (STMA talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000))

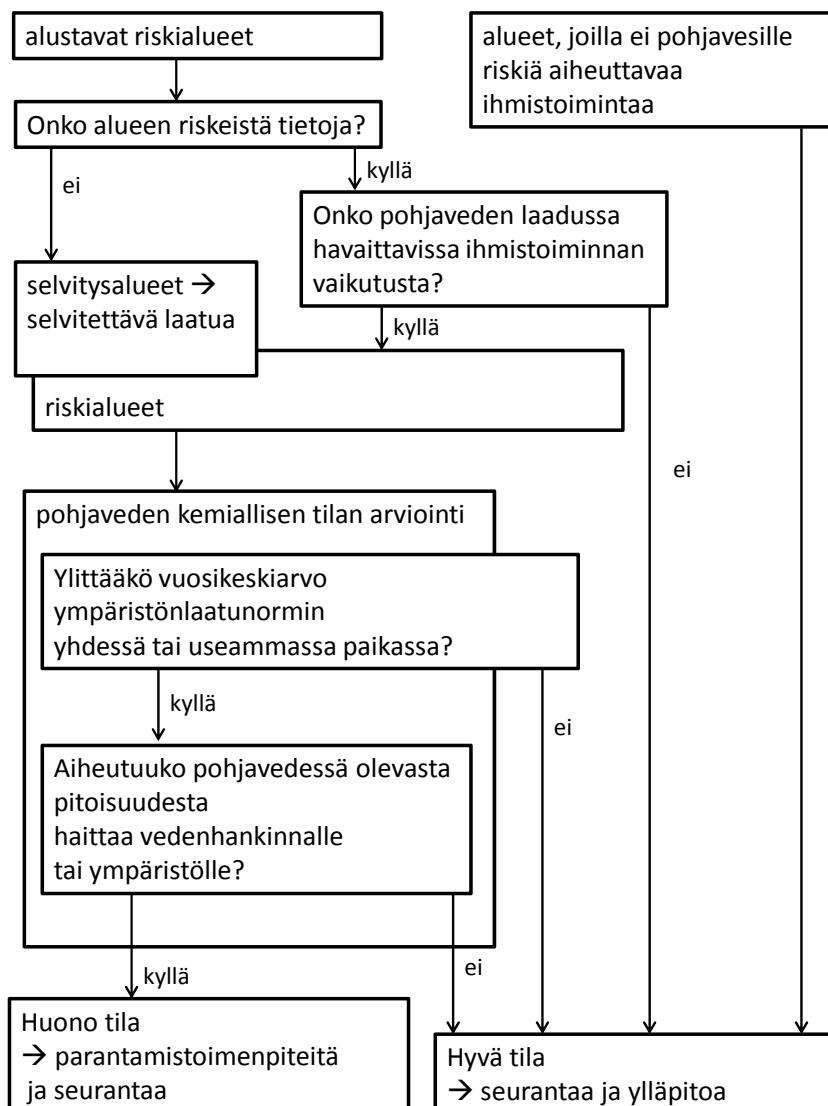
Mahdollisten raja-arvojen ylityksien aiheuttajia arvioidaan. Lisäksi tutkimusainestoa verrataan ympäristökeskuksen ja HSY:n muihin pohjavesiaineistoihin ajallisen kehityksen ja aineiston edustavuuden arvioimiseksi.

2 Taustatietoja

2.1 Pohjaveden suojelun säädökset

Vesienhoitoasetus

Vesienhoitolaissa edellytetään, että ELY-keskus luokittelee pohjavedet vesienhoidon suunnittelua varten kemiallisen (ja määrällisen) tilansa perusteella hyvään tai huonoon tilaan (kuva 1). Luokittelua varten vesienhoitoasetuksessa (VNA vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006) annetaan pohjavedessä oleville haitta-aineille rajapitoisuuksia, joita kutsutaan ympäristölaatunormeiksi.



Kuva 1. Pohjavesialueen kemiallisen tilan luokittelu. Ympäristöministeriön raportin 15/2012 "Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen" mukaan.

Vesienhoitoasetuksessa on 44 pohjavettä pilaavalle aineelle annettu ympäristönlaitunormi. Jos jonkin aineen vuosikeskiarvo ylittää ympäristönlaitunormin, luokitellaan kyseinen pohjavesimuodostuma huonoon kemialliseen tilaan (kuva 1). Kemiallinen tila voidaan luokitella hyväksi ympäristönlaitunormin ylityksestä huolimatta, jos pilaavan aineen pitoisuus ei aiheuta haittaa ympäristölle tai vedenhankinnalle. Huonossa kemiallisessa tilassa olevien pohjavesimuodostumien tilaa parannetaan ELY-keskuksen vesienhoitosuunnitelmaan kuuluvalla toimenpideohjelmalla. Asetus edellyttää, että selvitetään vain niiden aineiden pitoisuudet, joilla on pohjaveden pilaamisriski kyseisellä pohjavesialueella.

Talousvesiasetus

Talousvesiasetuksessa (STMA talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000)) edellytetään, että talousvesi on terveydelle vaaratonta ja käyttötarkoitukseensa sopivaa. Terveysvaaran ehkäisemiseksi talousveden on täytettävä 31 aineen laatuvaatimukset, eikä vedessä saa olla pieneliöitä, loisia tai mitään ainetta sellaisina määrinä tai pitoisuuksina, joista voi olla vaaraa ihmisten terveydelle. Käyttökelpoisuuden edistämiseksi talousvesi ei saa aiheuttaa syöpymistä tai saostumia ja sen on oltava muuten käyttötarkoitukseensa soveltuvaa, mitä arvioidaan 20 aineelle annettujen laatusuositusten perusteella.

Talousveden laatuvaatimukset ja -suositukset eivät ole suoraan sovellettavissa tutkimusalueiden pohjavesiin, koska laatuvaatimukset koskevat talousvetenä käytettäväksi toimitettua vettä siinä kohdassa, jossa vesi otetaan käyttäjän vesihanasta. Koska tutkittavat pohjavesialueet ovat Helsingin kriisiaikojen vesihuoltoalueita, on kuitenkin tärkeää arvioida suuntaa-antavasti pohjaveden soveltuvuutta talousvedeksi.

Vaarallisten ja haitallisten aineiden asetus

Näiden asetusten lisäksi pohjavettä suojelee vaarallisten ja haitallisten aineiden asetus (VNA vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006), jossa kielletään päästämästä pohjaveteen suoraan tai välillisesti pohjavesille tai ihmisen terveydelle vaarallisiksi vahvistettuja aineita sekä aineita, jotka pohjaveden joutuessaan tekevät vedestä ihmisen käyttöön soveltumatonta. Rajoitukset on toteutettu päästökielloilla, ei raja-arvoilla. Asetuksen toteutumista ei arvioida tässä tutkimuksessa, koska päästökielloja on myös luontaisesti pohjavedessä esiintyvillä aineilla.

Tässä tutkimuksessa pohjaveden ainepitoisuuksia verrataan pohjaveden ympäristönlaitunormeihin ja talousveden laatuvaatimuksiin ja -suosituksiin. Ne esitellään taulukossa 1. Näistä aineista 41:tä ei ole analysoitu tutkimusaineistosta, joten asetusten toteutumista ei voida kokonaisuudessaan arvioida. Toisaalta vesienhoitoasetus edellyttää vain riskiaineiden pitoisuuksien selvittämistä, joiden ulkopuolelle osa näistä aineista jäänee.

Taulukko 1. Talousvesiasetuksen juomavedelle asetetut pitoisuusvaatimukset ja -suositukset sekä vesienhoitoasetuksen pohjavedelle asetetut ympäristönlautunormit jaoteltuina tutkimusaineistosta analysoituihin ryhmiin "yleiset fysikaalis-kemialliset muuttujat", "VOC-yhdisteet", "PAH-yhdisteet" ja "torjunta-aineet" sekä tutkimusaineistosta puuttuviin aineisiin, joilla on laatuvaatimus. Aineet, joilla on vesienhoitoasetuksen ympäristönlautunormi, on **lihavoitu**.

		Talousvesiasetus				Vesienhoito- asetus
		Vaatimus		Suositus		
Analysoidut aineet ryhmittäin aakkosissa	Yksikkö	Raja-arvo	Huomautus	Raja-arvo	Huomautus	Ympäristön- laatunormi
Tutkimusaineistosta analysoidut aineet, joilla on laatuvaatimus						
Fysikaalis-kemialliset muuttujat						
Alumiini	µg/l			200		
Ammoniumtyppi	µg/l			400		200
Arseeni	µg/l	10				5
Kemiallinen hapenkulutus (CODMn-arvo)	mg/l			5	13	
<i>Escherichia coli</i> -bakteerien määrä	mpn/100 ml	0				
Fluoridi	mg/l	1,5				
Haju				*		
Kadmium	µg/l	5				0,4
Kloridi	mg/l			250	10, 11	25
Kromi	µg/l	50				10
Kupari	mg/l	2	3			0,02
Lyijy	µg/l	10	3			5
Mangaani	µg/l			50		
Mineraaliöljyt	mg/l					0,05
Natrium	mg/l			200		
Nikkeli	µg/l	20	3			10
Nitraattityppi	µg/l	11000				
Nitriittityppi	µg/l	150				
Orgaanisen hiilen kokonaismää- rä	mg/l			**	16	
pH				6,5 - 9,5	10	
Rauta	µg/l			200		
Sameus	FTU			*	15	
Sinkki	mg/l					0,06
Sulfaatti	mg/l			250	10, 12	150
Sähkönjohtavuus	mS/m			2,5	10	
Väriluku	mg Pt/l			*		
VOC-yhdisteet						
1,2-dikloorietaani	µg/l	3				1,5
Bentseeni	µg/l	1				0,5
Etyylibentseeni	µg/l					1

		Talousvesiasetus				Vesienhoito- asetus
		Vaatimus		Suositus		
Analysoidut aineet ryhmittäin aakkosissa	Yksikkö	Raja-arvo	Huomautus	Raja-arvo	Huomautus	Ympäristön- laatunormi
Kloroformi	µg/l					100
MTBE	µg/l					7,5
TAME	µg/l					60
Tolueeni	µg/l					12
Σ Trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni	µg/l	10				5
PAH-yhdisteet						
PAH-yhdisteet yhteensä (Σ Bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni ja indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni)	µg/l	0,1	7			0,05
Antraseeni	µg/l					60
Bentso(a)pyreeni	µg/l	0,01				0,005
Naftaleeni	µg/l					1,3
Torjunta-aineet						
Torjunta-aineet	µg/l	yhden torjunta-aineen pitoisuus 0,1 ja kaikkien yhteensä 0,5	5, 6			yhden torjunta-aineen pitoisuus 0,1 ja kaikkien yhteensä 0,5
Tutkimusaineiston analyyseista puuttuvat aineet, joilla on laatuvaatimus						
1,2-diklooribentseeni	µg/l					0,3
1,2-dikloorieteeni	µg/l					25
1,4-diklooribentseeni	µg/l					0,1
Akryyliamidi	µg/l	0,1	1			
Ammonium	mg/l			0,5		0,25
Antimoni	µg/l	5				2,5
Boori	mg/l	1				
Bromaatti	µg/l	10	2			
<i>Clostridium perfringens</i> (mukaanlukien itiöt)	pmy/100 ml			0	14	
Dikloorifenolit	µg/l					2,7
Dikloorimetaani (metyleenikloridi)	µg/l					10
Elohopea	µg/l	1				0,06
Enterokokit	pmy/100 ml	0				
Epikloorihydriini	µg/l	0,1	1			
Heksaklooribentseeni	µg/l					0,024
Hiilitetrakloridi	µg/l					2
Klooribentseeni	µg/l					3
Kloorifenolit yhteensä (Σ Tri-, tetra- ja pentakloorifenoli)	µg/l	10	9			5

		Talousvesiasetus				Vesienhoito- asetus
		Vaatus		Suositus		
Analysoidut aineet ryhmittäin aakosissa	Yksikkö	Raja-arvo	Huomautus	Raja-arvo	Huomautus	Ympäristön- laatunormi
Koboltti	µg/l					2
Koliformiset bakteerit	mpn/100 ml			0		
Ksyleenit (Σ orto-, meta- ja paraksyleeni)	µg/l					10
Maku				*		
Monokloorifenolit	µg/l					0,05
Nitraatti	mg/l	50	4			50
Nitriitti	mg/l	0,5	4			
PCB-yhdisteet (Σ kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180)	µg/l					0,015
Pentaklooribentseeni	µg/l					1,2
Pesäkkeiden lukumäärä (22 °C)				**		
Seleeni	µg/l	10				
Syanidit	µg/l	50				
Trihalometaanit yhteensä (Σ kloroformi, bromoformi, dibro- mikloorimetaani, bromidikloori- metaani)	µg/l	100	2, 8			
Triklooribentseeni (Σ 1,2,3-, 1,2,4- ja 1,3,5- triklooribentseeni)	µg/l					2,5
Tritium	Bq/l			100		
Viitteellinen kokonaisannos	mS/m			0,1		
Vinyylilokloridi	µg/l	0,5	1			0,15

Huomautukset:

* käyttäjien hyväksyttävissä eikä epätavallisia muutoksia

** ei epätavallisia muutoksia.

1) pitoisuus lasketaan käytetystä polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoavasta tai liukenevasta määrästä; vedessä todetun aineen raja-arvona sovelletaan havaitsemisrajaa

2) desinfiointitehoa vaarantamatta on pyrittävä mahdollisuuksien mukaan tätä alempaan pitoisuuteen

3) näyte otetaan käyttäjän vesihanasta siten, että pitoisuus vastaa viikoittaista keskiarvoa

4) nitriitin enimmäispitoisuus vesilaitokselta lähtevässä vedessä on 0,10 mg/l; nitraattipitoisuus/50 + nitriittipitoisuus/3 ei saa ylittää arvoa 1

5) tarkoitetut yhdisteet orgaanisia hyönteis-, rikkaruoho-, sieni-, ankerois-, punkki-, levä- ja jyrssijämyrkkijä, orgaanisia limantorjunta-aineita sekä muita vastaavia tuotteita sekä yhdisteiden metabolia-, hajoamis- ja reaktiotuotteita

6) aldiinin, dieltriinin, heptakloorin ja heptaklooriepoksidin raja-arvo on 0,030 µg/l

7) tarkoitetut yhdisteet bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni, indaani-(1,2,3-cd)-pyreeni

8) tarkoitetut yhdisteet kloroformi, bromoformi, dibromikloorimetaani, bromidikloorimetaani

9) tarkoitetut yhdisteet tri-, tetra- ja pentakloorifenoli

10) vesi ei saa olla syövyttävää

11) vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulisi olla alle 25 mg/l

12) vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi sulfaattipitoisuuden tulisi olla alle 150 mg/l

13) jos mitataan TOC, ei tarvitse välttämättä mitata

14) mitataan, jos raakavesi on pintavettä

15) pintavesilaitokselta lähtevän veden sameudessa tulisi pyrkiä arvoon alle 1 NTU

16) jos on määritetty hapettavuus ja veden jakelumäärä on alle 10 000 m³/vrk, ei tarvitse mitata

2.2 Helsingin pohjavesialueet ja niihin kohdistuvat riskit

2.2.1 Pohjavesialueet ja niiden vedenhankintakäyttö

Vuosaari

Vuosaaren pohjavesialueen (n:o 0109101) kokonaispinta-ala on 2,94 km² ja muodostumisalueen pinta-ala 1,15 km² (Suunnittelukeskus 2003). Alue käsittää osan laajasta deltamuodostumasta, joka useassa kohdin rajautuu korkeisiin kallioselänteisiin. Idässä alue rajoittuu osittain myös savikkoon. Vuosaaren pohjavesialueen eteläosa on huomattavasti muuttunut luonnontilaisesta maa-ainesten oton ja myöhemmin voimakkaan rakentamisen seurauksena. Rakennetun pinta-alan kasvu vähentää pohjaveden muodostumista ja jatkuvaa antoisuutta (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Maa-ainesten otto on ulottunut paikoin pohjaveden pintaan asti (Suunnittelukeskus 2003). Pohjaveden pinnan on havaittu laskeneen erityisesti Vuosaaren pohjavesialueen keski- ja eteläosassa 1990-luvun alkupuolella. Alueen geologiaa on esitelty laajasti suojelusuunnitelmassa.

Vuosaaren pohjavesialueella sijaitsee kaksi vedenottamoaluetta, Hautala ja Huvilamäki (Suunnittelukeskus 2003). Hautalan ottamo oli toiminnassa vuosina 1966–1972, ja se purettiin 1992 (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Huvilamäen ottamo oli käytössä vuosina 1966–1981 (Suunnittelukeskus 2003). Vedenotolla on Länsi-Suomen vesioikeuden myöntämä vedenottolupa. Hautalan lupa kattaa 1 200 m³/vrk ja Huvilamäen lupa 400 m³/vrk suuruisen vesimäärän ottamisen. Keskimääräinen otto Hautalan vedenottamoalueella 1970-luvulla oli 272 m³/vrk ja Huvilamäellä vuonna 1981 313 m³/vrk.

Vuoden 2013 pohjaveden käyttökelpoisuusselvityksen mukaan pohjaveden laatu on heikentynyt alueella (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Kloridipitoisuudet ja vuodesta 2005 alkaen nitraattityyppipitoisuudet ovat kohonneet. Viimeksi mainittu voi johtua rakentamiseen liittyvistä kalliolouhinnoista ja viemärivuodoista. Alueella on paljon 50 vuotta vanhoja asuinrakennuksia ja niiden viemäröintejä. Lisäksi alueella havaittiin orgaanisia haitta-aineita ja öljyhiilivetyjä.

Vartiokylä

Vartiokylän pohjavesialueen (n:o 0109105) kokonaispinta-ala on 1,63 km². Esiintymän kokonaisantoisuudeksi on arvioitu 800 m³/vrk. Pohjavesialue on synkliininen eli vettä ympäristöstään keräävä muodostuma, jolle ei ole määritelty pohjaveden varsinaista muodostumisaluetta. Alue liittyy kallioperän murrosvyöhykkeeseen, joka sijaitsee pohjavesialueella lähes pohjois-eteläsuuntaisesti. (Suunnittelukeskus 2003)

Vartiokylän vedenottamo sijaitsee pohjavesialueen eteläosassa (Suunnittelukeskus 2003). Vedenottamolla on Länsi-Suomen vesioikeuden myöntämä vedenottolupa 800 m³/vrk suuruisen vesimäärän ottamiseen. Keskimääräinen otto vuon-

na 1981 oli 238 m³/vrk. Vedenotto Vartiokylän vedenottamolla lopetettiin vuonna 1982.

Vuoden 2013 käyttökelpoisuus selvityksen mukaan pohjaveden laatu on heikentynyt alueella (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Kuten Vuosaaressa kloridipitoisuudet ja vuodesta 2005 alkaen nitraattityypipitoisuudet ovat kohonneet. Viimeksi mainittu voi johtua rakentamiseen liittyvistä kallioulouhinnoista ja viemäri vuodoista. Alueella on paljon 50 vuotta vanhoja asuinrakennuksia ja niiden viemärointejä. Rakentamisen yhteydessä Vartiokylän pohjavedessä on havaittu erilaisia haitta-aineita, mm. kloridia, sulfaattia, MTBE:ä, kloorattuja hiilivetyjä ja öljyhiilivetyjä

Tattarisuo

Tattarisuon pohjavesialue (n:o 0109102) on laajan kallioperän murrosvyöhykkeen reunalle kerrostuneessa harjumuodostumassa. Pohjavesialueen pinta-ala on 1,26 km² ja muodostumisalueen pinta-ala 0,53 km². Pohjavesimuodostuman antoisuudeksi on arvioitu 1 200 m³/vrk. Alueen maaperä on lajittunutta karkeaa hiekkaa ja soraa. Suurin osa alkuperäisestä maa-aineksesta on kaivettu pois. Vanhoja sora- ja hiekkakuoppia on myöhemmin täytetty vettä heikosti läpäisevillä ylijäämämailla. Alueen länsiosan alavammilla alueilla esiintyy muodostuman pin-ta- osissa ja välikerroksina hienosedimenttejä. (Suunnittelukeskus 2003)

Pohjavettä purkautuu vedenottamon läheisestä lähteestä, jonka antoisuudeksi arvioidaan 300 m³/vrk. Pohjavesiä purkautuu lisäksi lännessä olevalle Tattarisuol-le. Pohjavettä virtaa alueelle todennäköisesti kauempaa pohjoisesta kallioperän ruhjelaaksoa pitkin ja mahdollisesti myös itäosan kallioalueelta kallion rakoja pit-kin. Tattarisuon vedenottamo sijaitsee pohjavesialueen eteläosassa. Vedenotta-mo oli käytössä 1952–1981. Keskimääräinen vedenotto vuonna 1981 oli 284 m³/vrk. (Suunnittelukeskus 2003)

Rakentaminen on edennyt viimeisten kymmenen vuoden aikana Alppikylän alu-eella, ja rakenteilla on edelleen sekä asuinrakennuksia ja piha-alueita että katu-alueita (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Rakentamiseen liittyvä läpäisemättömän pinta-alan kasvu vähentää pohjaveden muodostumista ja on riski sen laadulle. Vuoden 2013 pohjaveden käyttökelpoisuus selvityksen mukaan pohjaveden laatu on heikentynyt alueella. Kloridipitoisuudet ovat kohonneet ja alueella on havaittu orgaanisia haitta-aineita ja öljyhiilivetyjä.

Pohjaveden tarkkailu

HSY tarkkailee vuosittain vedenottamoalueiden vedenlaatua ja pohjaveden kor-keusasemaa (Suunnittelukeskus 2003). Kaikkien vedenottamoalueiden veden-laatu täyttää talousveden laatuvaatimukset. Helsingin kaupungin kiinteistöviras-ton geotekninen osasto tutkii pohjaveden korkeuksia. Ympäristökeskus saa poh-javeden laatatietoja myös tärkeiden pohjavesialueiden rakentamisessa edellyte-tyistä pohjaveden tarkkailuohjelmista, joissa otetaan näytteitä ennen rakentamis-

ta ja sen jälkeen. Tarkkailutuloksissa talousvesiasetuksessa määritetyt enimmäispitoisuudet ylittyivät lukuisissa kohteissa. Pohjavesitarkkailun perusteella ei kuitenkaan ole missään rakennuskohteessa todettu rakentamisen merkittävästi vaikuttaneen pohjaveden laatuun.

Vedenhankintakäyttö

Helsingin kaupungin alueella pohjaveden käyttö yleiseen vedenhankintaan lopetettiin vuonna 1982 Päijännetunnelin valmistuttua. Vartiokylän, Tattarisuon ja Vuosaaren pohjavesialueita on varauduttu käyttämään osana kriisiaikaista vedenhankintaa. Tällä hetkellä Vartiokylän, Tattarisuon ja Huvilamäen ottamot eivät ole käytössä ja Hautalan ottamo on purettu 1992 (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). HSY tarkkailee vedenottamoalueiden vedenlaatua vuosittain.

Kaikki tutkimuksen pohjavesialueet kuuluvat luokkaan I. Ympäristöhallinnon luokittelussa pohjavesialue kuuluu luokkaan I, kun sen pohjavettä käytetään tai tullaan käyttämään 20–30 vuoden kuluessa tai muutoin tarvitaan vesihuollon erityistilanteissa varavedenottoon vedenhankintaa varten 50 ihmisen tarpeisiin tai enemmän kuin keskimäärin 10 m³/vrk.

Alueiden antoisuudet ovat pieniä kaupungin asukasmäärään suhteutettuna. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelman (Suunnittelukeskus 2003) mukaisesti näiltä alueilta voidaan ottaa pohjavettä 4 000 m³/vrk. Keskimääräiset otot käyttöaikana olivat yhteensä 1 107 m³/vrk. 4 000 m³/vrk vedenotolla ja vuoden 2013 asukasmäärällä, 604 000 asukasta, vettä riittää 6,6 l/asukas/vrk. Koska päällystettyjen alueiden jatkuva lisääntyminen vähentää pohjaveden muodostumista, aiemmin tehdyt antoisuusarviot eivät ole pitkällä aikavälillä luotettavia (Kivimäki ja Luodeslampi 2013).

Mikäli pohjavesialueilta otetaan kriisitilanteessa antoisuuksia vastaavat vesimäärät, tulee vedenotto vaikuttamaan pohjavedenpinnan korkeusasemaan ja mahdollisesti myös pohjaveden laatuun (Kivimäki ja Luodeslampi 2013, Suunnittelukeskus 2003). Pohjaveden käyttökelpoisuus selvityksessä vuodelta 2013 todetaan pohjavedessä esiintyvän kohonneita pitoisuuksia kloridia, nitraattityppeä, orgaanisia haitta-aineita (tetrakloorieteeniä, trikloorieteeniä, dikloorimetaania ja MTBE:ä) ja öljyhiilivetyjä. Vaikka niiden pitoisuudet jäivät alle talousveden laatuvaatimusten ja ympäristölaatu normien, kertoo niiden esiintyminen pohjaveden pilaantumisesta.

Vedenoton merkittävä lisääminen nostaisi todennäköisesti haitta-aineiden pitoisuuksia pohjavedessä. Lisäksi pohjaveden pinnan merkittävä pysyvä aleneminen aiheuttaisi rakennetuilla alueilla ongelmia savikerrosten painuessa ja rakenteiden vaurioituessa. Pohjavesilaitosten käyttöaikaisen keskimäärin antoisuutta selvästi suppeamman vedenoton ei havaittu aiheuttaneen haitallisia laatu- tai pinnankorkeusmuutoksia (Suunnittelukeskus 2003).

2.2.2 Riskiä aiheuttavat toiminnot pohjavesialueilla

Helsingin kaupungin kasvaessa suurin osa pohjavettä muodostavista alueista on jäänyt erilaisten yhdyskuntatoimintojen alle, jotka voivat aiheuttaa vaaraa pohjaveden laadulle ja määrälle. Tiesuolaus on jo heikentänyt pohjaveden laatua (Joensuu ym. 2010). Muita merkittäviä riskinaiheuttajia ovat rakentaminen, maanalaiset öljysäiliöt, huoltoasemat ja teollisuusalueet (Suunnittelukeskus 2003). Pohjavettä suojellaan Helsingissä valtakunnallisen lainsäädännön lisäksi ympäristönsuojelu- ja kaavamääräyksillä sekä rakentamistapaohjeilla.

Riskinarvioinnit

Helsingin I-luokan pohjavesialueiden riskejä on arvioitu Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmassa (Joensuu ym. 2010), Helsingin kaupungin riskikartoituksessa "Pohjaveden pilaantumisriskit Helsingissä" (Piilo 1999) ja pohjaveden käyttökelpoisuus selvityksessä (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Piilon tutkimuksen tuloksia esitellään myös Helsingin pohjavesialueiden suojelusuunnitelmassa (Suunnittelukeskus 2003).

Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmassa kaikki tämän tutkimuksen pohjavesialueet on nimetty riskialueiksi, eli niillä on todettu ihmistoiminnan vaikutuksia tai muutoksia pohjaveden laadussa (Joensuu ym. 2010). Pääasiallisena tilaa heikentävänä aineena on kloridi. Riskialueista vain Tattarisuon pohjavesialue on huonossa kemiallisessa tilassa. Seurannan näytteenotto paikalla vedenottamalla kloridipitoisuudet ovat kohonneet viisikymmenluvun lopun luonnontilaiseksi arvioidusta pitoisuudesta 7 mg/l pitoisuuteen 120 mg/l. Ottamo sijaitsee vilkkaasti liikennöityjen valtateiden risteyskohdassa rampin sisällä.

Helsingin kaupungin riskikartoituksessa näkökulma oli laajempi. Siinä merkittävimmiksi riskeiksi arvioitiin maanalaiset öljysäiliöt, rakentaminen, vilkkaiden teiden liikenne ja suolaus, huoltoasemat ja teollisuusalueet (taulukko 2) (Piilo 1999).

Taulukko 2. Tutkimuksen pohjavesialueiden merkittävimmät riskit raportin "Pohjaveden pilaantumisriskit Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 9/1999" mukaan.

Vuosaari	Vartiokylä	Tattarisuo
rakentaminen	maanalaiset öljysäiliöt	maanalaiset öljysäiliöt
maanalaiset öljysäiliöt	Itäväylän ja Kallvikintien liikenne	Lahdenväylän liikenne ja tiesuolaus
Niinisaarentien ja Vuotien liikenne	huoltoasemat	huoltoasemat
huoltoasemat	Vartioharjun teollisuusalue	Tattarisuon teollisuusalue
Pauligin tehdasalue		

Vuoden 2013 pohjaveden käyttökelpoisuusselvityksessä päivitettiin öljysäiliöiden ja huoltoasemien tilanne sekä tunnistettiin näiden lisäksi maaperän tilan tietojärjestelmän riskikohteet (taulukko 3) (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Maaperän tilan tietojärjestelmän (MATTI) riskikohteet ovat kiinteistöjä, joissa nykyisen tai aiemman toiminnan luonteen vuoksi on mahdollisuus haitta-aineiden esiintymiseen maaperässä. Kiinteistöt luokitellaan neljään luokkaan: toimiva kohde, selvitystarve, arvioitava tai puhdistettava ja ei puhdistustarvetta. Muita kuin puhdistustarpeettomia kohteita oli neljä: huoltoasema, korjaamo, metalliteollisuus sekä tarkemmin määrittelemätön riskitoiminta (taulukko 3).

Taulukko 3. Tutkimuksen pohjavesialueiden maaperän tilan tietojärjestelmän riskikohteet 2012 Kivimäen ja Luodeslammen (2013) mukaan.

Vuosaari		Vartiokylä		Tattarisuo	
Toiminta	Puhdistus- tarve	Toiminta	Puhdistus- tarve	Toiminta	Puhdistus- tarve
huoltoasema	arvioitava tai puhdistettava	polttone- teiden jake- luasema	ei puhdistus- tarvetta	korjaamo	selvitystarve
muu riskitoi- minta	toimiva koh- de	korjaamo	ei puhdistus- tarvetta	muu metalli- teollisuus	selvitystarve
huoltoasema	ei puhdistus- tarvetta				
energialaitos	ei puhdistus- tarvetta				
huoltoasema	ei puhdistus- tarvetta				
rakennuksen lämmitysöl- jysäiliö	ei puhdistus- tarvetta				
rakennuksen lämmitysöl- jysäiliö	ei puhdistus- tarvetta				
polttonestei- den jakelu- asema	ei puhdistus- tarvetta				
Kartanon- puisto/ muu riskitoiminta	ei puhdistus- tarvetta				

Pohjaveden käyttökelpoisuusselvityksessä arvioitiin, että vedenhankinnan kan-
nalta ongelmana alueilla ovat jatkuva rakentaminen, tie- ja katuverkosto sekä
pohjavesialueille sijoittuneet yritys- ja teollisuustoiminnat (Kivimäki ja Luodeslam-
pi 2013). Ne ovat jo huonontaneet pohjaveden laatua. Lisäksi päälystettyjen alu-
eiden jatkuva lisääntyminen vähentää pohjaveden muodostumista.

Seuraavassa esitellään tarkemmin Helsingin pohjavesialueiden riskitoimintoja.

Asutuksen lämmitys

Öljysäiliöistä voi päästä pohjaveteen öljytuotteita ja niiden lisäaineita. Kesällä 2013 tehdyn kartoituksen mukaan tutkimusalueilla oli ainakin 52 öljysäiliötä. Niiden hoitoa ei selvitetty, mutta 2003 pelastuslaitoksen kartoituksessa silloisista 75 säiliöstä puolet käytöstä poistetuista säiliöistä oli tyhjentämättä tai poistamatta ja käytössä olevien määräaikaistarkastuksista puuttui 30 %. Öljysäiliöistä syntyvää riskiä pohjavesille vähennetään kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (344/1983) edellyttämällä tiukemmilla tarkastussäännöksillä, Uudellamaalla kaavoissa olevilla kemikaalien varastointisäännöksillä (Joensuu ym. 2010) ja Helsingissä tiukemmilla ympäristönsuojelumääräyksillä kemikaalien varastoinnista.

Rakentaminen

Rakentaminen voi aiheuttaa pohjaveden pinnan laskua ja vaikuttaa myös pohjaveden laatuun (Suunnittelukeskus 2003). Usein rakentamisen yhteydessä joudutaan tarkoituksella alentamaan pohjaveden pintaa. Rakennettujen alueiden päällystäminen ja sadevesien johtaminen pois alueelta vähentävät muodostuvan pohjaveden määrää ja vaikuttavat pohjaveden virtausolosuhteisiin. Rakentamisen seurauksena poistuu pohjavettä suojaava maannoskerros, minkä seurauksena haitta-aineiden kulkeutuminen pohjaveteen nopeutuu.

Tutkimusalueista erityisesti Vuosaaren pohjavesialue on ollut viime vuosina voimakkaan rakentamisen kohteena. Rakentamisen yhteydessä on tehty pinnankorkeus- ja laatuseurantoja. Niiden perusteella ei ole kuitenkaan voitu todeta yksiselitteisesti rakentamisen ja yhdyskuntatoimintojen aiheuttaneen pohjaveden määrän ja laadun merkittävää muuttumista.

Rakentamisesta syntyvää riskiä pohjavesille ennaltaehkäistään maankäytön suunnittelulla jättämällä uudet riskikohteet pohjavesialueiden ulkopuolelle (Joensuu ym. 2010).

Helsingissä rakentamisen vaikutuksia pyritään vähentämään myös antamalla pohjavesialueiden suojelumääräyksiä asemakaavoissa, rakennusluvuissa ja kaupungin maalla tontinluovutusehdoissa (Suunnittelukeskus 2003). Kaavoissa voidaan esim. edellyttää pohjaveden laadun parantamiseksi teiden suojarakenteita ja sadevesien johtamista katualueilta pohjavesialueen ulkopuolelle sekä päällystämättömien alueiden jättämistä pohjaveden määrän säilyttämiseksi.

Rakennuslupa on liitettävä asiantuntijan laatima pohjaveden hallintasuunnitelma ja tarkkailuohjelma. Rakentamistapaohjeessa annetaan yksityiskohtaisia toimintaohjeita koskien mm. materiaalivalintoja, maankaivua ja täyttöä sekä jätevesiviemärointiä, kemikaalien varastointia ja niiden kuntotarkastuksia.

Teollisuus

Teollisuuden pohjavesiriskit johtuvat yleisimmin haitallisten kemikaalien kuljetuksista, varastoinnista ja käytöstä (Joensuu ym. 2010). Teollisuusyritysten toiminnasta voi pohjaveteen päätyä toimialasta riippuen useita haitta-aineita, mm. raskasmetalleja, liuottimia, polttoaineita ja öljy-yhdisteitä (Suunnittelukeskus 2003). Yleisimmin pilaantumista ovat Uudellamaalla aiheuttaneet päästöt polttonesteiden jakelupaikoista, puukyllästämöistä, teollisuuden öljyvuodoista, pesuloista ja metalli- ja kemianteollisuudesta (Joensuu ym. 2010). Pilaantumistapaukset ovat tavallisesti seurausta viemäreiden ja säiliöiden vuodoista, kemikaalien käsittelyalueiden puutteellisesta suojauksesta ja jätevesien väärästä käsittelytavasta.

Tutkimusalueilla tyypillisimmät pohjavettä uhkaavat teollisuuden toimialat ovat autopurkamot ja -huoltamot sekä romuliikkeet (Suunnittelukeskus 2003). Autokorjaamoista ja -romuttamoista voi päästä pohjaveteen öljyhiilivetyjä, metalleja kuten lyijyä ja kuparia, dioksiineja, furaaneja ja PCB-yhdisteitä (Karvonen ym. 2012). Merkittävimmät keskittymät ovat Tattarisuon ja Vartioharjun teollisuusalueet, jotka sijaitsevat pääosin Tattarisuon ja Vartiokylän pohjavesialuerajauksien ulkopuolella (Suunnittelukeskus 2003). Vuonna 1998 ympäristölupien hakuprosessiin liittyneissä maaperä- ja orsivesitutkimuksissa ei kuitenkaan todettu merkittäviä likaantumistapauksia.

Vuosaaren pohjavesialueella merkittävin teollinen toiminta on keskittynyt Pauligin tehdasalueelle. Aikanaan Vuosaaren pohjavesialueen läheisyydessä oli Sasekan teollisuusalue, jossa toimi 1984–1990 pienyrityksiä, mm. autokorjaamoita ja romuttamo (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). 1990-luvun alussa tehdyssä selvityksessä todettiin entisen teollisuusalueen pohjavedessä kohonneita pitoisuuksia metalleja (lyijy, arseeni, kupari) ja öljyhiilivetyjä (Pitkänen ja Forss 1992). Vartioharjun teollisuusalueella on pienteollisuutta ja autokorjaamoita (Suunnittelukeskus 2003). Tattarisuon teollisuusalueella, joka sijaitsee pohjavesialueen välittömässä läheisyydessä, on lukuisia yrityksiä, joiden toiminta on riskialtista pohjaveden kannalta: ajoneuvojen purkamoita, romukauppoja, metallin pintakäsittelyä, kemikaalipakkausten valmistusta ja betonteollisuutta.

Teollisuuden riskejä pohjavesille pyritään estämään etukäteen ympäristölupakäsittelyissä (Joensuu ym. 2010). Tärkeille pohjavesialueille sijoittuvat toiminnot vaativat herkemmin ympäristöluvan, eikä uudelle pohjaveden pilaumisriskiä aiheuttavalle toiminnalle pääsääntöisesti myönnetä ympäristölupaa I luokan pohjavesialueelle. Vaarallisten nestemäisten kemikaalien varastointia varten on tehtävä riskinarvioinnit. Helsingin ympäristönsuojelumääräyksissä on lisäksi tärkeille pohjavesialueille erityismääräyksiä koskien kemikaalien varastointia ja jätteiden sijoittamista maahan (Suunnittelukeskus 2003).

Liikenne

Liikenteeseen liittyvät riskit pohjavesille ovat tiesuolaus sekä vaarallisten aineiden kuljetuksista onnettomuuksissa vapautuvat aineet (Karvonen ym. 2012). Myös

rikkakasvien ja vesakoiden torjunnassa käytetyt torjunta-aineet voivat uhata pohjaveden laatua. Tutkimusalueilla on useita vilkasliikenteisiä teitä ja katuja, joilla liikkuu henkilöautoliikenteen lisäksi runsaasti raskasta liikennettä ja vaarallisten aineiden kuljetuksia (Suunnittelukeskus 2003). Tattarisuolla liikennealue muodostaa jopa 23 % pohjavesialueen pinta-alasta (Joensuu ym. 2010). Vilkkaimmat väylät ovat Vuosaaren pohjavesialueella Vuotie ja Niinisaarentie, Vartiokylän pohjavesialueella Niinisaarentie ja Itäväylä sekä Tattarisuon pohjavesialueella Lahdenväylä Porvoonväylän liittymineen (Suunnittelukeskus 2003).

Vaarallisten aineiden kuljetuksista riskialteimpia ovat nestemäisten polttoaineiden kuljetukset. Tutkimusalueilla erityisen altis tiealue on Lahdenväylän ja Porvoonväylän liittymä, joka sijaitsee Tattarisuon vedenottamon lähisuojavaikenteella. Pohjavesien suojaamiseksi öljy- ja kemikaalionnettomuuksilta on Helsingin kaupungilla olemassa toimintamalli. Uudet vilkasliikenteiset tiet pyritään sijoittamaan pohjavesialueiden ulkopuolelle (Joensuu ym. 2010).

Talviaikainen liukkauden torjunta päästää suola ympäristöön. Käytettävän suolan määrä riippuu tien kunnossapitoluokasta, joka perustuu tien liikennemääriin ja tien toiminnalliseen asemaan (Suunnittelukeskus 2003). Viime vuosina suolausta on pyritty vähentämään pohjavesialueilla ja kohdentamaan vain tarpeellisille tieosuuksille. Nykyistä tehokasta suolankäyttöä ei voida juurikaan vähentää liikenneturvallisuutta vaarantamatta (Joensuu ym. 2010).

Pohjavesiä pyritään suojelemaan suojarakenteilla tärkeillä tieosuuksilla (Suunnittelukeskus 2003). Ainakaan 2003 suurimmalla osalla tutkimusalueiden teistä ja kaduista (mm. Niinisaarentie, Lahdenväylä) ei ollut toteutettu tienvarsien ja pientareiden pohjavesisuojaus. Tiehallinnossa tehdään yhteistyötä ympäristöhallinnon kanssa tiesuolalle vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden kehittämiseksi. Uudenmaan tiepiirissä on talvikausina 2004–2006 käytetty muutamilla tieosuuksilla kaliumformiaattia. Sen käytön lisäämistä hidastaa suhteellisen korkea hinta.

Huoltoasemat ja polttonesteiden jakeluasemat

Huoltoasemilla polttoainesäiliöt, polttonesteiden jakelu, autojen huolto ja pesu sekä muut huoltamotoiminnot aiheuttavat vaaraa pohjavedelle (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Tutkimusalueista vain Vartiokylässä on yksi polttonesteiden jakeluasema, joka on pelastusaseman käytössä.

Aiemmin käytössä olleiden asemien maaperät ovat puhtaita tai kunnostettuja, paitsi Vartiokylän toisen aseman. Sen paikalla on nyt autokorjaamo eikä pilaantunutta maaperää ole puhdistettu. Lisäksi Tattarisuon pohjavesialueen rajalla sijaitsee bio- ja maakaasun jakeluasema. Pohjavettä pyritään suojelemaan huoltoasemien aiheuttamilta riskeiltä sijoittamalla jakeluasemia ensisijaisesti pohjavesialueiden ulkopuolelle.

Asutuksen jätevedet, maa-ainesten otto, pilaantuneet maa-alueet ja tulva-riski

Näiden merkittävimpien riskien lisäksi pohjavesille voi aiheutua vaaraa asutuksen jätevesistä, jotka ovat yleisin asutuksen aiheuttama pohjavesien likaantumiseriski (Joensuu ym. 2010, Suunnittelukeskus 2003). Viemäriverkkojen seurauksena maaperään ja pohjaveteen pääsee monia haitallisia aineita, mm. ravinteita, mikrobeja sekä kuluttajakemikaaleja kuten lääkkeitä (Karvonen ym. 2012). Helsingissä lähes kaikki kiinteistöt kuuluvat kunnalliseen viemäriverkkoon, josta jätevesiä voi päästä pohjaveteen putkistojen tai pumppaamojen vuotaessa (Suunnittelukeskus 2003). Jätevesiriskiä vähennetään Helsingissä ympäristönsuojelumääräyksillä, joissa asetetaan lisävaatimuksia jätevesien käsittelyyn viemäriverkostoon kuulumattomilla kiinteistöillä.

Maa-ainesten otto ja erityisesti ottoalueiden hoitamatta jättäminen ovat yleinen riskitekijä pohjavesialueilla (Karvonen ym. 2012). Maa-ainesten otossa pohjavettä suojaavat kerrokset ja kasvillisuus häviävät. Paljaan mineraalimaan alla monien aineiden pitoisuudet pohjavedessä ovat korkeampia kuin luonnontilaisilla alueilla. Myös työkalujen polttoaineet ja öljyt aiheuttavat riskejä. Maa-ainesten otto kasvattaa pohjaveden sähkönjohtokykyä ja nitraatti-, sulfaatti- ja kloridipitoisuuksia (Joensuu ym. 2010). Suurempi osuus sadannasta suotautuu maaperään kasvatettaen pohjaveden määrää ottoalueilla. Tattarisuon pohjavesialueella suurin osa alkuperäisestä maa-aineksesta on kaivettu pois (Suunnittelukeskus 2003).

Pilaantuneilta maa-alueilta voi päätyä pohjaveteen mm. öljyjä, raskasmetalleja, PAH- ja PCB-yhdisteitä, kloorifenoleita, dioksiineja, furaaneja ja torjunta-aineita (Joensuu ym. 2010). Yleensä pohjaveden pilaantuminen johtuu maaperässä hyvin kulkeutuvista kemikaaleista; orgaanisista yhdisteistä kuten klooratuista liuottimista, bensiini- ja öljyhiilivedyistä sekä orgaanisista torjunta-aineista. Riskinaiheuttajat ovat teollisuustoimintoja, joihin liittyy myös suora pohjaveden pilaantumisen riski: polttoaineiden jakelu ja varastointi, sahat ja kyllästämöt, kaatopaikat, ampumaradat, puutarhat, romuttamot ja kemialliset pesulat. Jo lopetetun toiminnan pilaama maaperä voi aiheuttaa pitkään riskiä pohjavedelle.

Vartiokylän vedenottamo sijaitsee tulvariskialueella (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). Vedenottoalueella vettä läpäisevät maakerrokset ulottuvat maanpintaan asti. Merivettä voi imeytyä tulvakautena pohjavesimuodostelmaan.

2.3 Pohjaveden luontainen koostumus

Suomessa pohjaveden laatu vaihtelee suuresti alueellisesti maa- ja kallioperän mineraalikoostumuksen vaikuttaessa oleellisesti pohjavesien kemialliseen peruskoostumukseen (Piha ym. 2008). Lyhyelläkin etäisyydellä pohjaveden muodostumisalueella maalajit, maalajikerrokset ja kallioperän topografia saattavat vaihdella, jolloin pohjavesien hydrologiset muodostumis- ja virtausympäristöt ovat tyypillisesti hyvinkin pirstoutuneita ja monimutkaisia. Pohjavesien laatu saattaa vaihdella paitsi alueellisesti myös ajallisesti varsin huomattavasti. Suurimmat

vaihtelut tapahtuvat korkean veden aikana keväisin ja syksyisin. Pitoisuuspiikkejä tavataan kuivien kausien jälkeen pohjaveden pinnan noustessa.

Suomen prekambriin kallioperä koostuu suurimmaksi osaksi happamista, rapautumista hyvin kestävästä kivilajeista (Piha ym. 2008). Sen vuoksi pohjavedet ovat yleensä luonnostaan happamia. Niukasti karbonaattimineraaleja sisältävän maaperän luontainen puskurikapasiteetti on pieni. Pohjaveteen liuenneiden aineiden määrä on vähäinen eli sähkönjohtavuus-, pH- ja kovuusarvot ovat matalia. Tämä johtuu siitä, että suotovesi ehtii viipyä mineraaleja sisältävässä ohuessa irtomaapeitteen ja kyllästymättömän vyöhykkeen kerroksessa vain lyhyen aikaa. Ilmaston kylmyys huonontaa entisestään mineraalien liukenemista pohjaveteen.

Suolaisen meriveden vaikutus näkyy rannikkoalueilla kohonneina pohjaveden kloridi- ja natriumpitoisuuksina (Piha ym. 2008). Suolaisuus johtuu osittain merisuolan vaikutuksesta, mutta myös alueen akviferien peitteisyydestä. Pohjavesi viipty savi-, siltti- ja turvepeitteisissä kerrostumissa tavallista pidempään, jolloin veden happi kuluu orgaanisen aineksen hajottamiseen ja kemialliset olot muuttuvat hapettavista pelkistäviksi ja pohjavesiin liukenee enemmän aineita. Myös rauta-, mangaani-, sulfaatti-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet ovat runsaimmat Pohjanmaalla ja rannikolla.

Korkeita alumiinipitoisuuksia esiintyy pohjavesissä Suomen etelä- ja lounaisosissa, ja ne näyttäivät liittyvän savipartikkeleiden pääsyyn pohjaveteen. Uraanin esiintyminen liittyy Etelä-Suomen graniittisiin kiviin. Pohjaveden raskasmetallipitoisuudet aiheutuvat Suomessa usein laskeuman mukana tulevasta kuormituksesta. Poikkeuksellisen korkeisiin pitoisuuksiin voi olla syynä maa- ja kallioperässä olevien metallisulfidien rapautuminen.

2.4 Pohjavettä pilaavat aineet

2.4.1 Orgaaniset aineet: öljyt, MTBE, torjunta-aineet, BAM, orgaaninen hiili

Öllyjen ja polttoaineiden komponentit ovat tavanomaisimpia pohjaveden pilaantumista aiheuttavia aineita (Piha ym. 2008). Riskejä pilaantumiselle aiheuttavat öljyjen kuljetukset ja varastointi pohjavesialueilla sekä maanalaiset öljy- ja bensiinisäiliöt kiinteistöillä ja huoltoasemilla. Pohjaveden pilaantumisen kannalta oleellista on öljytuotteiden liukoisuus veteen.

MTBE (metyylitertbutyylieetteri) on helposti haihtuva ja heikosti maaperään pidätyvä polttoainehiilivety, jota käytetään lähinnä bensiinin lisäaineena (Piha ym. 2008). MTBE liukenee erittäin hyvin veteen, eikä pidäty maa-ainekseen, joten se pääsee helposti kulkeutumaan pohjaveteen. Pohjavesikerroksessa MTBE leviää lähes samalla nopeudella kuin itse pohjavesi. Kulkeutumista edistää aineen heikko biologinen hajoaminen (Reinikainen ym. 2007). Koska aineella on matala haju- ja makukynnys, jo pienet pitoisuudet (15–40 µg/l) voivat estää pohjaveden käytön juomavetenä. MTBE:ä pääsee tyypillisimmin maaperään bensiinin käytön ja varastoinnin seurauksena.

Torjunta-aineita käytetään mikrobien, kasvien ja eläinten torjuntaan maa- ja metsätaloudessa, puutarhoissa, maanteiden pientareilla ja radanvarsialueilla sekä kotitalouksissa (Paasivirta ja Rytsä 1987). Ne saattavat aiheuttaa haittaa myös muille eliöille (Vuorimaa ym. 2007). Torjunta-aineiden huuhtoutumista pohjavesiin on Suomessa tutkittu vähän ja tiedot esiintymisestäkin perustuvat vain harvoihin ja suppeisiin tutkimuksiin. Torjunta-aineiden huuhtoutuminen riippuu mm. sääolosuhteista, aineen ominaisuuksista (liikkuvuus, pysyvyys, myrkyllisyys) ja maaperän ominaisuuksista. Erityisesti sääolosuhteiden merkitys on suuri (Rekolainen ym. 1988). Lisäksi eliökohtaiset herkkyyserot ja eri eliöiden väliset vuorovaikutukset monimutkaistavat ympäristövaikutuksia.

2,6-diklooribentsoamidi eli BAM on rikkakasvien torjunta-aineina käytettyjen klooritiamidin (2,6-diklooribentsotiamidi) ja diklobeniilin (2,6-diklooribentsonitriili) hajoamistuote (Vuorimaa ym. 2007). Kloritiamidi hajoaa maaperässä nopeasti diklobeniiliksi, joka puolestaan voi hajota mikrobiologisesti BAM:ksi.

Myös BAM hajoaa mikrobiologisesti, mutta sekä vedessä että maaperässä hajoaminen on erittäin hidasta ja olosuhteiden on oltava mikrobeille suotuisat. Lyhimmät BAM:n puoliintumisajat, 3–9 vuotta, on saavutettu 0–0,5 metrin syvyydellä maan pinnasta. Syvemmällä maaperässä ja anaerobisissa olosuhteissa BAM on lähes hajoamatonta. BAM liukenee hyvin veteen ja kulkeutuu helposti maaperässä. Pidättyminen erityisesti hiekka- ja sora-moreeneihin on vähäistä (Harkki ja Kuivamäki 2005).

Orgaaninen hiili päättyy pohjaveteen sadeveden mukana tai maaperässä suotautumisessa. Sen määrässä ei talousveden laatusuosituksen mukaan saa olla epätavallisia muutoksia.

2.4.2 Epäorgaaniset aineet

2.4.2.1 Pohjaveden kemiallisen tilan perusseurannan yhteiset tekijät: ammoniumtyppi, pH, sähkönjohtavuus

Pohjavesien tyyppiyhdisteet ammonium, nitraatti ja nitriitti ovat peräisin sadevesien mukana tulevasta laskeumasta, orgaanisen aineksen hajoamisesta maaperässä, lannasta ja lannoitteista, teollisuudesta sekä asutuksen ja kaatopaikkojen jätevesistä (Piha ym. 2008). Rannikon pohjavesialueilla ammonium voi olla peräisin vanhoista merenpohjasedimenteistä. Ammonium adsorboituu voimakkaasti maahiukkasten pinnalle eikä liiku maaperässä.

Pohjavesi on Suomessa luontaisesti hapanta, koska kallioperä koostuu suurimaksi osaksi happamista kivilajeista (Piha ym. 2008). Ihmisen toiminta voi happamoittaa sadevettä ja sitä kautta maaperää ja pohjavettä. Sadevesi happamoituu rikki- ja typpihapoista, joita syntyy mm. fossiilisten polttoaineiden palamisesta. Happamuus vaikuttaa kemiallisiin prosesseihin kuten metallien liukoisuuteen.

Sähkönjohtavuus kuvaa vedessä olevien ionien määrää. Yleisiä ioneja ovat suolat, metalli-ionit ja orgaanisten yhdisteiden ionimuodot. Näistä osa on haitallisia.

2.4.2.2 Metallit: mangaani, kupari, nikkeli, rauta, kadmium

Mangaani on raudan ohella tavallisin kaivojen juomaveden laatua heikentävä alkuaine Suomessa (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2013). Hapettomissa oloissa se esiintyy vesiliukoisena, mutta sakkautuu hapellisissa. Suurina pitoisuuksina se on terveyshaitta vaikuttaen hermostoon. Lisäksi se aiheuttaa värjäytymiä, aiheuttaa tunkkaista hajua ja pahaa makua vedessä ja saattaa saostua vesiputkiin.

Kupari esiintyy maaperässä sulfidi- ja silikaattimineraaleissa, absorboituneena rauta-, alumiini- ja mangaanioksidisaostumiin sekä kompleksoituneena orgaaniseen ainekseen (Reinikainen ym. 2007). Kulkeutuvuus lisääntyy happamissa oloissa ja kuparia sitovien ainesten puuttuessa. Ihmistoiminnasta maaperään päässyt kupari on usein liukoisemmassa muodossa kuin luontainen kupari. Metallit on erittäin myrkyllistä vesieliöille. Sitä on käytetty mm. teollisuuden metalliseoksissa, väripigmenteissä ja puutavaran kyllästämiseen. Ajoneuvojen jarruista irtoaa kulumisessa kuparia ja nikkeliä (Legret & Pagotto 1999, Butler & Davies 2004), joka voi päästä pohjaveteen liikennealueilta sadevedessä.

Nikkeli esiintyy luontaisesti nikkelisulfidimineraaleissa sekä sitoutuneena rautasulfidi- ja silikaattimineraaleihin (Reinikainen ym. 2007). Se on niukkaliukoinen. Liikkuvuutta maaperässä säätelevät happamuus ja nikkeliä sitovien hiukkasten, orgaanisen aineksen ja maaperän savi- ja oksidimineraalien määrä. Tiedetyt nikkeliyhdisteet voivat aiheuttaa syöpää, ja jotkin ovat erittäin myrkyllisiä vesieliöille.

Nikkeliä käytetään mm. ruostumattoman teräksen ja metalliseosten valmistuksessa, metallien galvanoinnissa sekä paristoissa. Nikkeliä voi päästä maaperään myös kaivos- ja metalliteollisuuden sekä energiantuotannon tuhkista ja kuonista sekä laskeumana kivihiilen poltosta. Ajoneuvojen korroosion ja pesemisen seurauksena niistä irtoaa nikkeliä (Tukholman kaupunki 2001), joka voi päästä pohjaveteen liikennealueilta sadevedessä.

Rauta on yleinen metalli maaperässä. Hapettomissa oloissa se esiintyy vesiliukoisena, mutta hapellisissa sakkautuvana ruosteena. Sakkaumat ovat ongelmallisia putkistoissa ja kodinkoneissa, ja ruoste aiheuttaa makua ja värjäytymiä. Rauta on mangaanin ohella tavallisin kaivojen juomaveden laatua heikentävä alkuaine Suomessa (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2013).

Kadmiumin pitoisuudet maaperässä ovat yleensä pieniä (Reinikainen ym. 2007). Metallit esiintyy sulfidimalmeissa sinkin kanssa (Piha ym. 2008). Poikkeuksellisen suuria määriä voi esiintyä luontaisesti turve- ja savimaissa (Reinikainen ym. 2007). Kadmium kulkeutuu maaperässä melko helposti, varsinkin happamissa oloissa ja jos orgaanista ainetta ja metalleja sitovia saostumia on vähän.

Kadmium kertyy sekä eläimiin että kasveihin ja voi aiheuttaa jo pienissäkin pitoisuuksissa vaikutuksia ravintoketjussa. Yleisimpiä kadmiumin käyttökohteita ovat akut ja paristot (Piha ym. 2008). Metallia voi päästä luontoon myös terästeollisuuden, jätteiden polton, sinkin tuotannon ja fosforilannoitteiden kautta. Kadmiumia esiintyy sinkissä epäpuhtautena ja sitä liukenee sadeveteen sinkityistä rakenteista kuten katoista ja kaiteista (Tukholman kaupunki 2001). Korkeita kadmiumpitoisuuksia voi esiintyä etenkin kaatopaikkojen tai muiden jätealueiden välittömässä vaikutuspiirissä olevissa pohjavesissä.

2.4.2.3 Muut: kloridi, sameus, väri

Tärkeimpiä kloridilähteitä pohjavesiin on teiden suolaus (Piha ym. 2008). Muita ovat mm. lannoitteiden ja lannan levitys, teollisuus- ja yhdyskuntajäte sekä jätevesi. Kloridi kulkeutuu helposti pohjaveteen ja estää sen käyttöä talousvetenä. Kun pohjavettä pääsee pintavesistöön, siinä oleva kloridi aiheuttaa haittaa makean veden eliöstölle muuttamalla niiden ympäristön osmoottista tasapainoa.

Sameus kuvaa veden kirkkautta. Mitä enemmän vedessä on savihiukkasia, levää tai orgaanista ainetta, sitä sameampaa vesi on. Sameus on talousvedessä esteettinen haitta ja voi aiheuttaa sakkaumia putkistoihin ja kodinkoneisiin.

Väriluku kuvaa veden ruskeutta, joka johtuu liuenneista humusaineista. Väri aiheuttaa talousvedessä esteettistä haittaa ja värjäytymiä. Talousveden laatusuosituksen mukaan väriluvun tulee olla käyttäjien hyväksyttävissä eikä siinä saa olla epätavallisia muutoksia.

2.4.3 Bakteerit

Escherichia coli -bakteeri elää tasalämpöisten eläinten suolistossa, ja sitä esiintyy suuria määriä niiden ulosteissa (Ellis ym. 2004). *Escherichia coli* -bakteerin kasvupesäkkeiden määrää käytetään ulosteperäisen saastumisen toteamiseen ja veden hygieenisen laadun määrittämiseen.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Aineisto, näytteenotto ja analyysit

Tutkimusaineiston muodostavat Helsingin ympäristökeskukselle 18. ja 19.11.2008 otetut pohjavesinäytteet Tattarisuolta, Vartiokylästä ja Vuosaaresta. Kullakin alueella näytteitä oli kahdesta putkesta ja ottamolta, Vuosaarella kahdesta putkesta ja kahdelta ottamolta (Hautala ja Huvilamäki). Alkuperäinen aineisto on liitteenä 1.

Näytteet otti MetropoliLab. Fysikaalis-kemialliset aineet ja VOC-yhdisteet analysoitiin kaikista näytteistä. PAH-yhdisteet ja torjunta-aineet analysoitiin vain ottamonäytteistä (19.11.).

Vertailuaineistoina käytettiin (silloisen) Helsingin Veden keräämiä tutkimusalueiden kloridipitoisuuden ja sähkönjohtavuuden aikasarjoja sekä HSY:n näytteitä tutkimusalueilta vuosilta 2010 ja 2013. Vertailuaineiston näytteet on otettu samoilta ottamoilta ja samoista putkista lukuun ottamatta 17.5.2013 otettuja kolmea näytettä Tattarisuolla ja Vuosaarella. Ne on otettu tutkimusaineiston vanhojen putkien läheltä. Tattarisuon näyte on putkesta 11399/10P, joka sijaitsee tutkimusaineiston putkesta 09P 150 metriä itään. Vuosaaren näytteet ovat putkista 10146/02P ja 6125/12, jotka sijaitsevat vastaavasti 30 ja 500 metrin etäisyydellä Vuosaaren putkista 2 ja 1.

3.2 Aineiston tilastollinen käsittely

Aineille laskettiin keskiarvopitoisuudet pohjavesialuekohtaisesti. Keskiarvoja käytettiin vedenlaadun esittelyyn ja arviointiin. Asetusten vaatimusten toteutumista arvioitiin vertailemalla yksittäisiä ainepitoisuuksia talousveden laatuvaatimuksiin ja -suosituksiin ja keskiarvoja ympäristölaatunormeihin.

Tutkimusaineistoa verrattiin vertailuaineistoon pitoisuuskehityksen seuraamiseksi ja sen selvittämiseksi, vastaavatko tutkimusaineiston pitoisuudet kyseisten pohjavesialueiden yleisiä pitoisuuksia. Pitoisuuskehityksen arvioinnissa tutkimusaineiston kloridipitoisuuksia ja sähkönjohtavuuksia verrattiin aikasarjoihin. Tutkimusaineiston vastaavuutta tutkittiin vertaamalla silmämääräisesti kuvaajista tutkimusaineiston (vuosi 2008) ja vertailuaineiston (vuodet 2010 ja 2013) pitoisuuksien eroja.

3.3 Aineiston rajoitukset

Osalla aineista ei voida arvioida asetusten toteutumista, koska määritysrajat ovat asetusten rajapitoisuuksia alemmat. Lisäksi vesienhoitoasetuksessa on annettu 44 aineelle ympäristölaatunormi ja talousvesiasetuksessa 31 aineelle laatuvaatimus ja 20 aineelle laatusuositus. Tutkimusaineiston analyyseissä niistä jäi puut-

tumaan 41, joten asetusten vaatimusten toteutumista ei tunneta kokonaan. Toisaalta vesienhoitoasetus edellyttää ainoastaan riskiaineiden seurantaa, ei kaikkien asetuksessa mainittujen aineiden.

4 Tulokset ja niiden tarkastelu

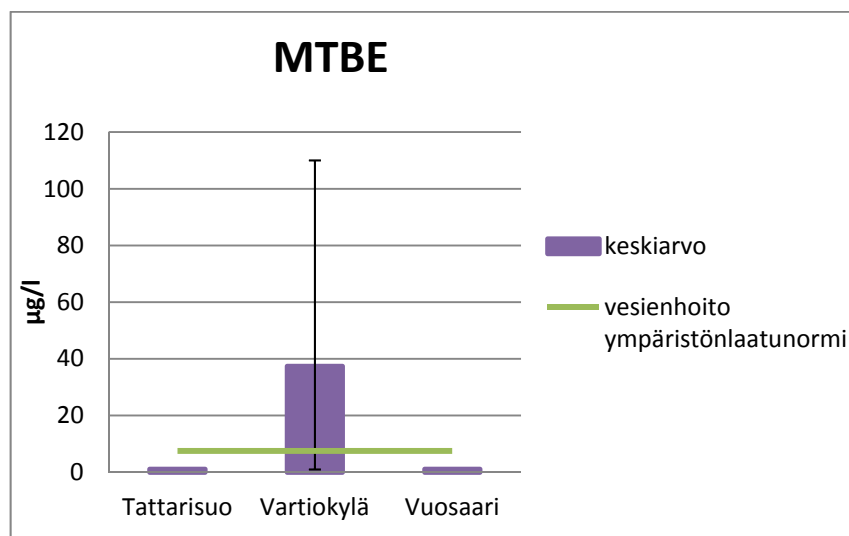
4.1 Ainepitoisuudet ja ympäristölaatunormien, laatuvaatimusten ja -suositusten ylitykset

Seuraavassa esitellään niiden aineiden pitoisuudet, joilla esiintyi ympäristölaatunormien tai talousveden laatuvaatimusten tai -suositusten ylityksiä vähintään yhdessä näytteessä.

4.1.1 Orgaaniset aineet

MTBE

MTBE:ä esiintyy ainoastaan yhdessä Vartiokylän pohjavesiputkista, jossa sitä oli 110 µg/l (kuva 2). Kaikissa muissa näytteissä pitoisuus oli alle määrittäysrajan 1 µg/l. Vesienhoitoasetuksen ympäristölaatunormi 7,5 µg/l ylittyi Vartiokylän pohjavesialueella tämän yksittäisen korkean pitoisuuden vuoksi. MTBE on bensiinin lisäaine, joka kulkeutuu herkästi maaperässä (Piha ym. 2008). Yksittäiseen paikkaan pohjavesialueella sitä on voinut päätyä bensiinivuodosta esim. ajoneuvosta tai huoltoasemalta. Kyseisen pohjavesiputken lähellä on aiemmin toiminut huoltoasema ja vierestä kulkee Kallvikintie (Suunnittelukeskus 2003).



Kuva 2. MTBE:n keskiarvot ja pitoisuuksien vaihteluvälit alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Ympäristölaatunormi koskee pohjavesialueen keskiarvoa.

Torjunta-aineet

Torjunta-aineiden pitoisuudet analysoitiin vain ottamonäytteistä. Niiden määritysrajat olivat 0,003–0,05 µg/l. Näytteissä havaittiin määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia kolmella torjunta-aineella yhteensä viisi kertaa: BAMilla, mekopropilla ja simatsiinilla (taulukko 4). Torjunta-aineiden ympäristölaatunormi ja talousveden laatuvaatimus ovat samat 0,1 µg/l yksittäiselle torjunta-aineelle ja 0,5 µg/l kaikille torjunta-aineille yhteensä. Vain BAMilla pitoisuudet ylittivät yhdelle aineelle asetetut raja-arvot. Talousveden laatuvaatimus ylittyi BAMilla siis Vartiokylän ottamolla (0,35 µg/l) ja Vuosaaren Hautalan ottamolla (0,28 µg/l) ja ympäristölaatunormi Vartiokylän ja Vuosaaren pohjavesialueilla (taulukko 4). BAM on rikkakasvien torjunta-aineen hajoamistuote, joka hajoaa hyvin hitaasti, joten se voi olla peräisin vuosikymmenien takaa esim. teiden hoidosta tai maanviljelyksestä. Kaikkien torjunta-aineiden summalle asetettujen raja-arvojen ylityksiä ei voida arvioida, koska jo määritysrajojen summa 0,594 µg/l ylitti raja-arvon 0,5 µg/l.

Taulukko 4. Niiden torjunta-aineiden pitoisuudet, joilla havaittiin määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia, sekä kaikkien torjunta-aineiden pitoisuuksien summa (laskettu määritysrajojen avulla). Talousveden laatuvaatimuksen tai ympäristölaatunormin ylittävät pitoisuudet **lihavoituna**. Ympäristölaatunormi koskee pohjavesialueen keskiarvoa ja talousveden laatuvaatimus yksittäistä näytettä.

		Määritys- raja µg/l	Talousveden laatuvaatimus/ ympäristölaa- tunormi µg/l	Tattarisuon ottamo	Vartiokylän ottamo	Vuosaaren ottamo Huvilamäki	Vuosaaren ottamo Hautala
Torjunta-aineet yhteensä	µg/l		0,5	<0,594	<0,954	<0,602	<0,855
BAM (2,6- diklooribentsamidi)	µg/l	0,02	0,1	<0,02	0,35	<0,02	0,28
Mekoproppi	µg/l	0,02	0,1	<0,02	0,05	<0,02	<0,02
Simatsiini	µg/l	<0,005	0,1	<0,005	0,005	0,013	0,006

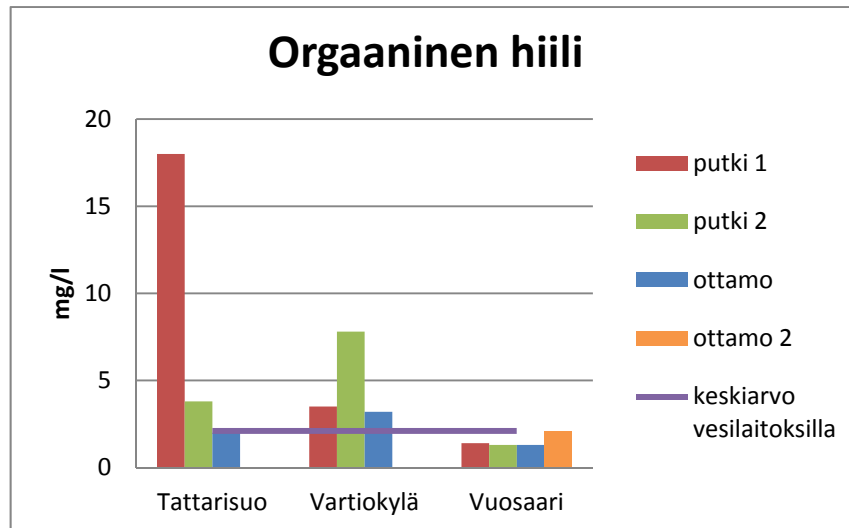
Öljy

Öljyn määrät olivat jokaisessa näytteessä alle määritysrajan 0,5 µg/l. Määritysraja on kymmenkertainen verrattuna vesienhoitoasetuksen ympäristölaatunormiin 0,05 µg/l, joten sen ylityksiä ei voi arvioida.

Orgaaninen hiili

Orgaanisen hiilen pitoisuudet vaihtelivat 1–18 mg/l (kuva 3). Talousveden laatuvaatimuksena on, ettei orgaanisen hiilen kokonaismäärässä ole epätavallisia muutoksia. Talousveden laatu Suomessa 1984–2006 -tutkimuksen mukaan vuonna 2005 Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen jäsenlaitosten hiilipitoisuuden keskiarvo oli 2,1 mg/l, jonka voi olettaa täyttävän ehdon ”ei epätavallisia muutoksia”,

koska vuosina 2002–2004 kaikissa tutkituissa näytteissä ehto täyttyi. Tämän tutkimuksen näytteissä orgaanista hiiltä oli yli 2,1 mg/l molemmissa Tattarisuon ja Vartiokylän putkissa. Orgaaninen hiili päätyy pohjaveteen sadeveden mukana tai maaperässä suotautumisessa.



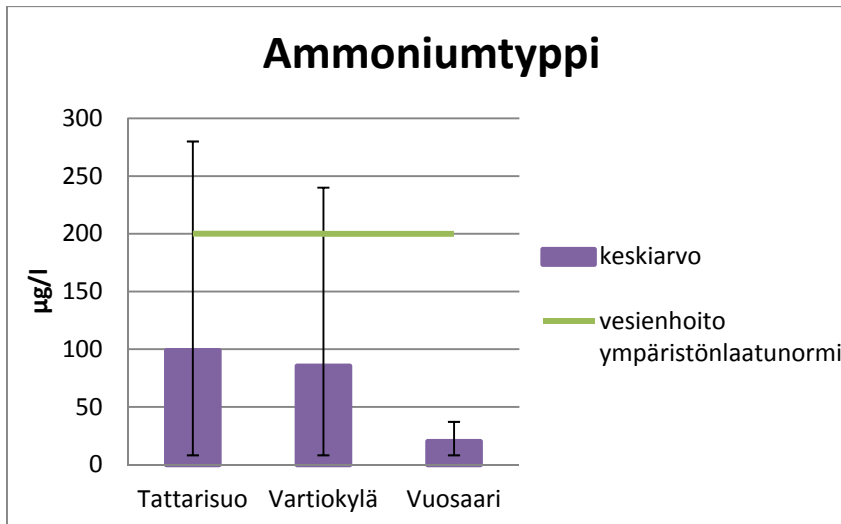
Kuva 3. Orgaanisen hiilen näytepitoisuudet alueittain sekä vertailu vesilaitosten keskiarvoon.

4.1.2 Epäorgaaniset aineet

4.1.2.1 Pohjavesimuodostuman kemiallisen tilan perusseurannan yhteiset tekijät

Ammoniumtyppi

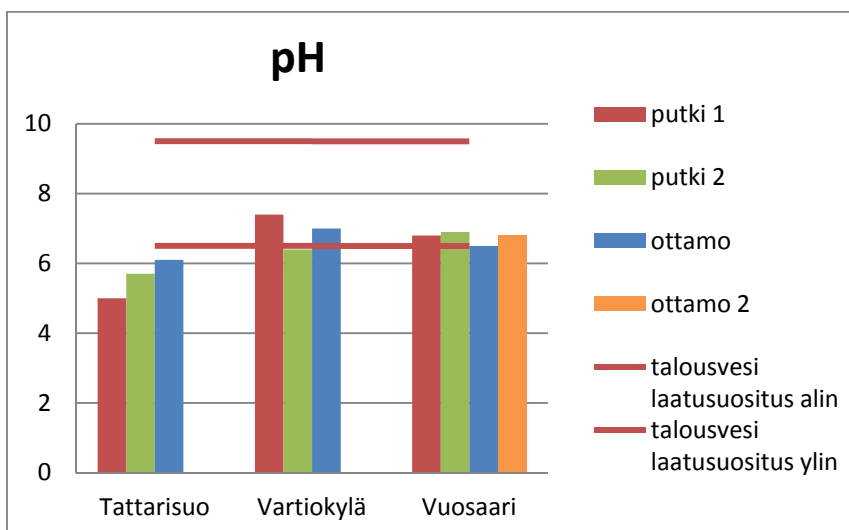
Ammoniumtypen pitoisuuden keskiarvo oli Tattarisuolla 100, Vartiokylässä 85 ja Vuosaarella 20 µg/l (kuva 4). Keskiarvot eivät ylittäneet ympäristölaatunormia 200 µg/l, vaikka yksittäisten näytteiden pitoisuudet ylittivätkin. Ammoniumtyypellä on myös talousveden pitoisuussuositus 400 µg/l, joka ei ylittynyt yhdessäkään näytteessä. Ammonium voi olla peräisin huonoista viemäreistä päässeistä jätevesistä.



Kuva 4. Ammoniumtyypin keskiarvot ja pitoisuuksien vaihteluvälit alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Ympäristölaatunormi koskee pohjavesialueen keskiarvoa. Ammoniumtyypellä on myös talousveden laatuvaatimus 400 µg/l, joka koskee yksittäistä näytettä.

Happamuus

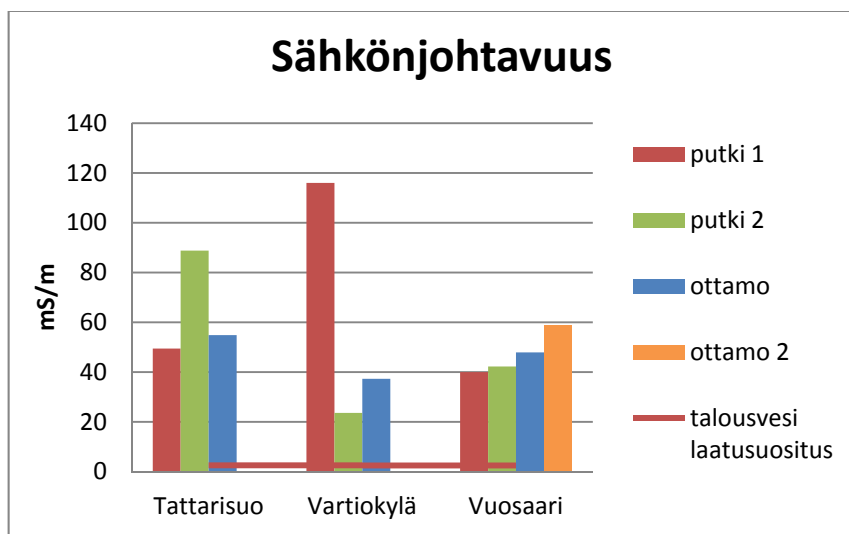
Veden pH vaihteli 5–7,4 (kuva 5). Talousveden pH:n vaihteluvälisuositus 6,5–9,5 ei toteutunut neljässä näytteessä: Tattarisuon molemmissa pohjavesiputkissa ja ottamalla sekä Vartiokylän putkessa 2 vesi oli liian hapanta. Näillä alueilla maaperä on vanhaa merenpohjaa, jossa on luontaisesti happamoittavia sulfaatteja. Tattarisuon happamampi vesi johtunee luontaisesta vaihtelusta, joka voi olla suurta lyhyelläkin etäisyydellä (Piha ym. 2008).



Kuva 5. Veden pH:n näytearvot alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuudet vaihtelivat tutkimusalueilla 23–116 mS/m (kuva 6). Sähkönjohtavuus ylitti jokaisessa näytteessä moninkertaisesti talousveden laatusuosituspitoisuuden 2,5 mS/m. Sähkönjohtavuus johtuu pohjavedessä olevista ioneista, joista yksi on kloridi. Kloridipitoisuus korreloikin paljolti sähkönjohtavuuden kanssa: Tattarisuon keskiarvo oli korkein ja Vuosaaren matalin ja yksittäiset korkeimmat pitoisuudet löytyivät Tattarisuon putkesta 2 ja Vartiokylän putkesta 1 (kuva 12).

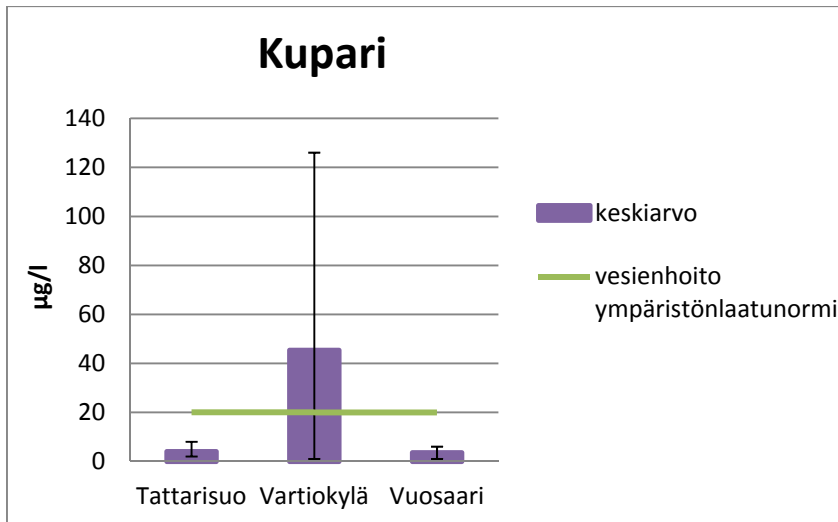


Kuva 6. Sähkönjohtavuuden näytearvot alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

4.1.2.2 Metallit

Kupari

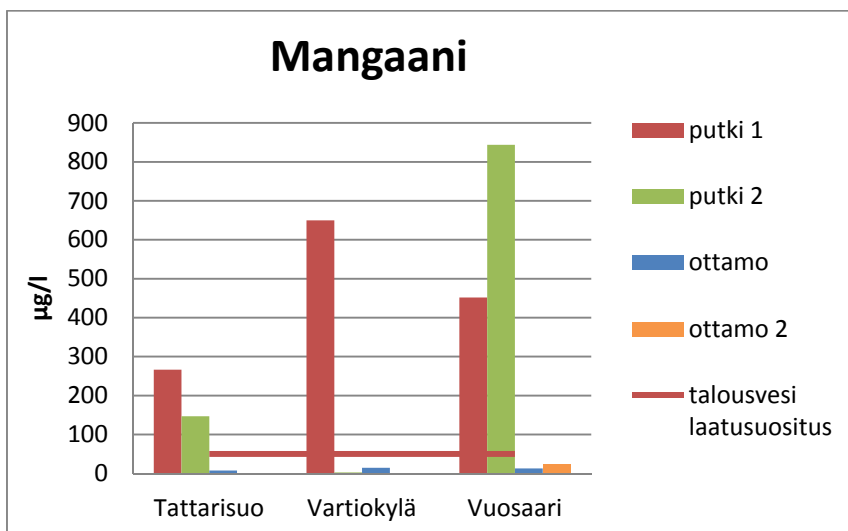
Kuparipitoisuus oli yhdessä Vartiokylän näytteessä 126 µg/l, mutta kaikissa muissa näytteissä alle 10 µg/l (kuva 7). Kuparipitoisuuden keskiarvo nousee Vartiokylän pohjavesialueella huippupitoisuuden takia yli ympäristölaatunormin 20 µg/l. Myös vertailuaineistossa korkein kuparipitoisuus oli Vartiokylässä, mutta se jäi vain neljännekseen Vartiokylän huippupitoisuudesta. Talousveden laatuvaatimus 2,0 mg/l ei ylity missään näytteessä.



Kuva 7. Kuparin keskiarvot ja pitoisuuksien vaihteluvälit alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Ympäristölaatu normi koskee pohjavesialueen keskiarvoa. Kuparilla on myös talousveden laatuvaatimus 2 mg/l, joka koskee yksittäistä näytettä.

Mangaani

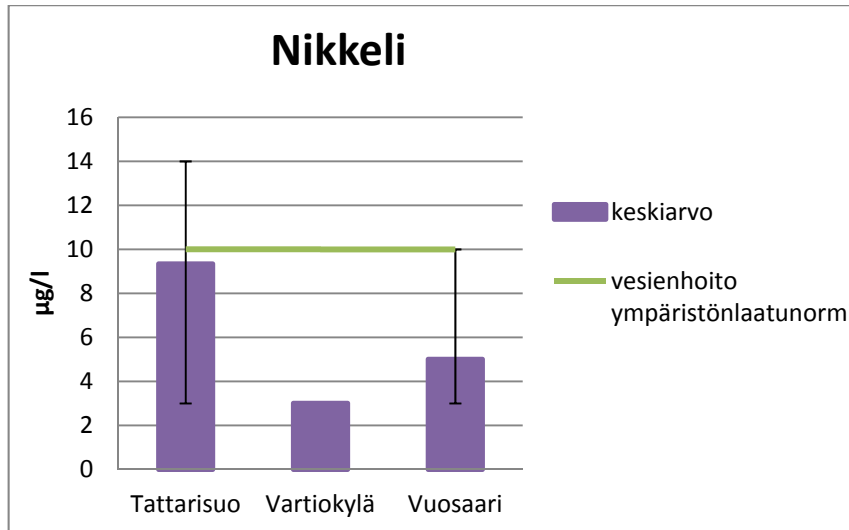
Mangaanipitoisuudet vaihtelivat 3–844 µg/l (kuva 8). Mangaanipitoisuudet nousivat viidessä näytteessä yli talousveden laatusuosituksen 50 µg/l. Pitoisuudet ovat moninkertaisia verrattuna suosituspitoisuuteen. Pohjavedessä voi luontaisesti olla runsaasti mangaania, joka pääsee liukenemaan maaperästä pohjaveteen hapettomissa oloissa.



Kuva 8. Mangaanin näytepitoisuudet alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

Nikkeli

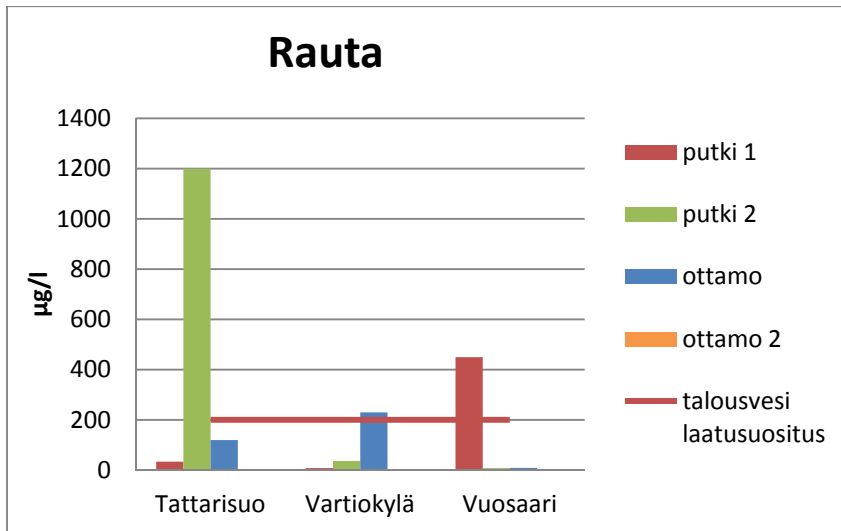
Nikkelipitoisuuksien keskiarvot olivat Tattarisuolla 9, Vartiokylässä 3 ja Vuosaaressa 5 µg/l (kuva 9). Määritysrajan 3 µg/l alle jäi kolme näytettä. Nikkelipitoisuuksien keskiarvot eivät millään pohjavesialueella nousseet yli ympäristölaatunormin 10 µg/l, vaikka Tattarisuon molempien pohjavesiputkien pitoisuudet olivatkin hieman ympäristölaatunormia korkeampia. Talousveden laatuvaatimus 20 µg/l ei ylittynyt missään näytteessä.



Kuva 9. Nikkelin keskiarvot ja pitoisuuksien vaihteluvälit alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Ympäristölaatunormi koskee pohjavesialueen keskiarvoa. Kuparilla on myös talousveden laatuvaatimus 20 µg/l, joka koskee yksittäistä näytettä.

Rauta

Rautapitoisuudet vaihtelivat 8–1200 µg/l (kuva 10). Tattarisuon keskiarvoa nosti toisen putken korkea pitoisuus. Rautapitoisuuden suositus talousvedelle ylittyi Tattarisuon putkessa 1, Vuosaaren putkessa 1 ja Vartiokylän ottamolla. Pohjavedessä voi luontaisesti olla runsaasti rautaa, joka pääsee liukenemaan maaperästä pohjaveteen hapettomissa oloissa.



Kuva 10. Raudan näytepitoisuudet alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

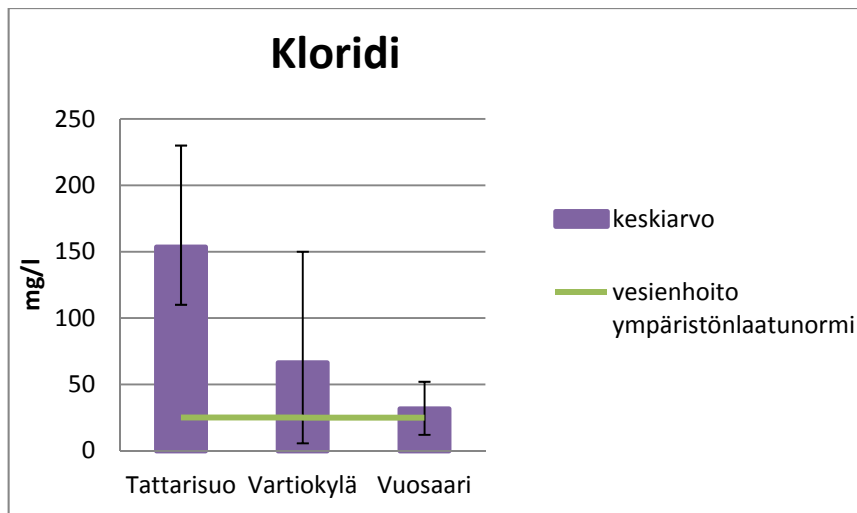
Kadmium

Kadmiumpitoisuudet olivat jokaisessa näytteessä alle määrittäysrajan 0,05 µg/l, joka ylittää ympäristölaatu normin 0,04 µg/l. Siksi vesienhoitoasetuksen toteutusta ei voi arvioida. Talousveden laatuvaatimus 5,0 µg/l ei ylittynyt missään näytteessä.

4.1.2.3 Muut

Kloridi

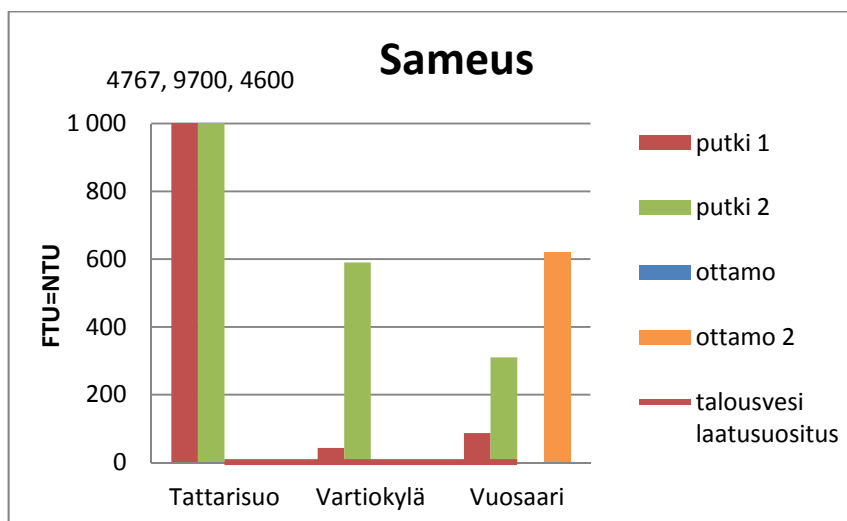
Kloridipitoisuuksien keskiarvot olivat Vuosaassa 30, Vartiokylässä 65 ja Tattarisuolla 155 mg/l (kuva 11). Keskiarvot ylittivät vesienhoitoasetuksen ympäristölaatu normin 25 mg/l kaikilla kolmella pohjavesialueella, Tattarisuon ja Vartiokylän alueilla selvästi. Talousveden laatusuositus 250 mg/l ei ylittynyt missään näytteessä. Korkeat kloridipitoisuudet johtuvat teiden suolauksesta. Tattarisuon pohjavesialueelle kloridia tulee runsaasti alueen pinta-alasta neljänneksen muodostavan Lahdenväylän suolauksesta. Suolaantuminen on niin voimakasta, että Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmassa Tattarisuon pohjavesialue on luokiteltu huonoon kemialliseen tilaan kloridipitoisuuden perusteella (Joensuu ym. 2010). Myös Vartiokylän ja Vuosaaren pohjavesialueet on luokiteltu riskialueiksi suolaantumisen vuoksi.



Kuva 11. Kloridin keskiarvot ja pitoisuuksien vaihteluvälit alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Ympäristölaatunormi koskee pohjavesialueen keskiarvoa. Kloridilla on myös talousveden laatusuositus 250 mg/l, joka koskee yksittäistä näytettä.

Sameus

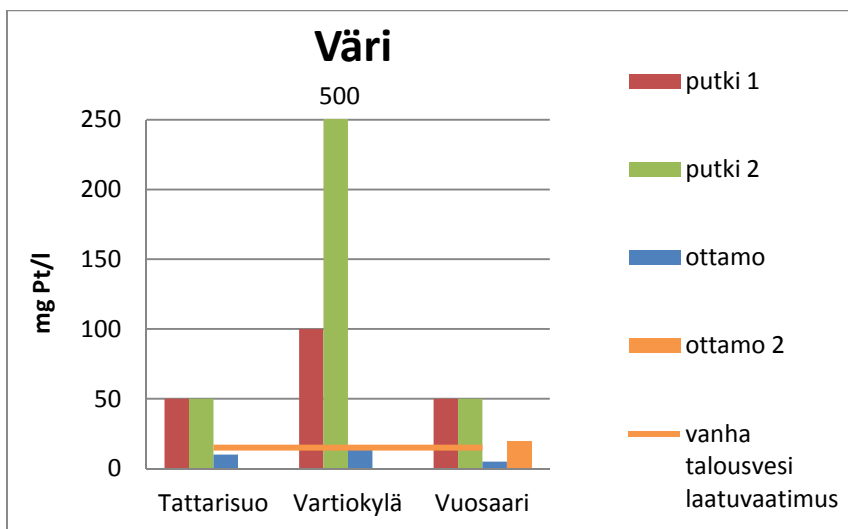
Vartiokylän ja Vuosaaren sameusarvot vaihtelivat 1–620, mutta Tattarisuon 2–9 700 FTU (kuva 12). Talousveden laatusuosituksena on, että sameus on käyttäjien hyväksyttävissä eikä siinä ole epätavallisia muutoksia. Lisähuomautuksen mukaan pintavesilaitokselta lähtevän veden sameudessa tulisi pyrkiä arvoon alle 1 NTU=FTU. Sameussuositus ei toteutunut missään näytteessä. Lähelle pääsivät Tattarisuon, Vartiokylän ja Vuosaaren Huvilamäen ottamoiden sameudet, jotka olivat 1,1–5,2 FTU. Sameus johtuu hiukkasista pohjavedessä, esim. savesta ja sakkautuvasta raudasta. Alueiden väliset suuret sameuserot johtunevat luontaisesti vaihtelusta, joka voi olla suurta lyhyelläkin etäisyydellä.



Kuva 12. Sameuden näytearvot alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

Väriluku

Väriluvut vaihtelivat 5–500 mg Pt/l (kuva 13). Talousveden laatusuosituksena on, että vesi on käyttäjien hyväksyttävissä eikä siinä saa olla epätavallisia muutoksia. Aiemmin laatuvaatimuksen raja-arvo on ollut 15 mg Pt/l (asetus muutettu 2000). Se toteutui alueista vain neljällä ottamalla. Erityisesti Vartiokylän pohjavesiputkissa väriluku oli korkea, jopa 500 mg Pt/l. Alueiden väliset suuret erot väriluvussa johtunevat luontaisesti vaihtelusta, joka voi olla suurta lyhyelläkin etäisyydellä.



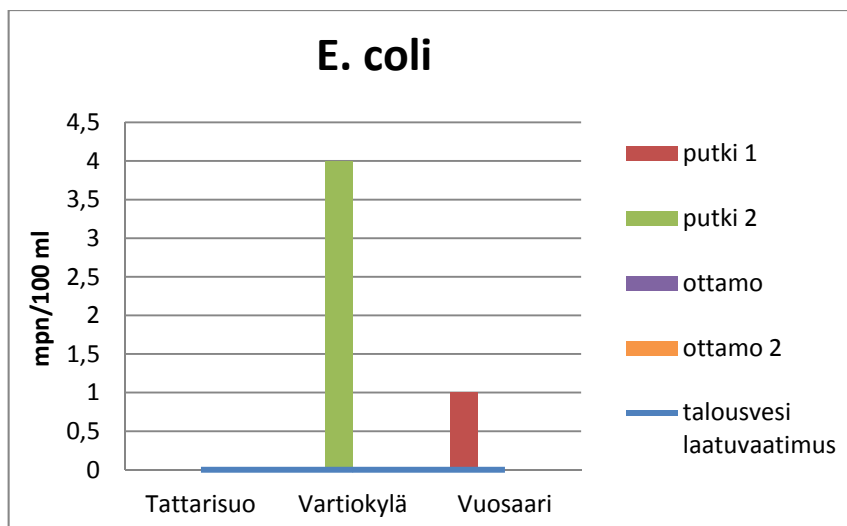
Kuva 13. Väriluvun näytearvot alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Vanha talousveden laatuvaatimus koskee yksittäistä näytettä.

Haju

Talousvesiasetuksessa annetaan hajulle laatusuositus ”käyttäjien hyväksyttävissä eikä epätavallisia muutoksia”. Juomavedeksi sopiakseen veden tulee olla hajutonta. Tutkimusaineiston näytteissä Tattarisuon putkessa 2 ja Vuosaaren putkessa 1 haju oli maamainen ja Vartiokylän putkessa 1 liuotinmainen (liite 1). Muissa näytteissä vesi oli hajutonta.

4.1.3 Bakteerit

Yksittäisiä *E. coli* -bakteereita havaittiin kahdessa putkinäytteessä; Vartiokylässä ja Vuosaarella (kuva 14). Koska talousveden laatuvaatimus on alle 1 pesäke/100 ml, olivat ne samalla laaturajan ylittäviä näytteitä. Määrät olivat kuitenkin hyvin pieniä.

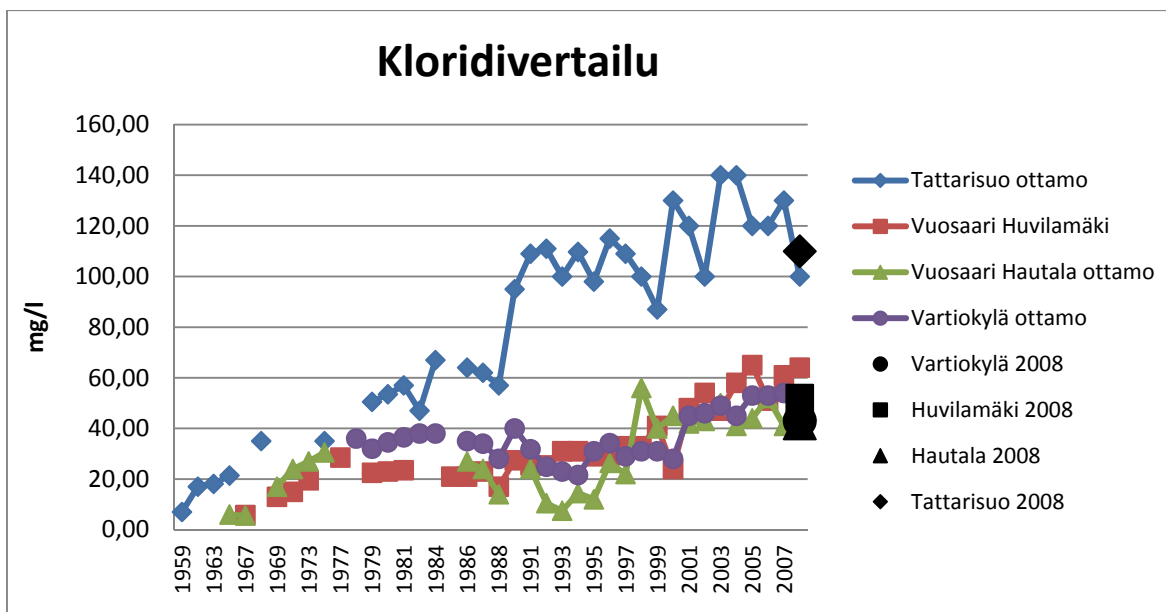


Kuva 14. *Escherichia coli* -bakteerin määrät näytteissä alueittain sekä vertailu raja-arvoihin. Talousveden laatuvaatimus koskee yksittäistä näytettä. Analyysitulosten määrät <1 mpn/100 ml on tulkittu nolaksi pesäkkeeksi.

4.2 Vertailua muihin pohjavesituloksiin

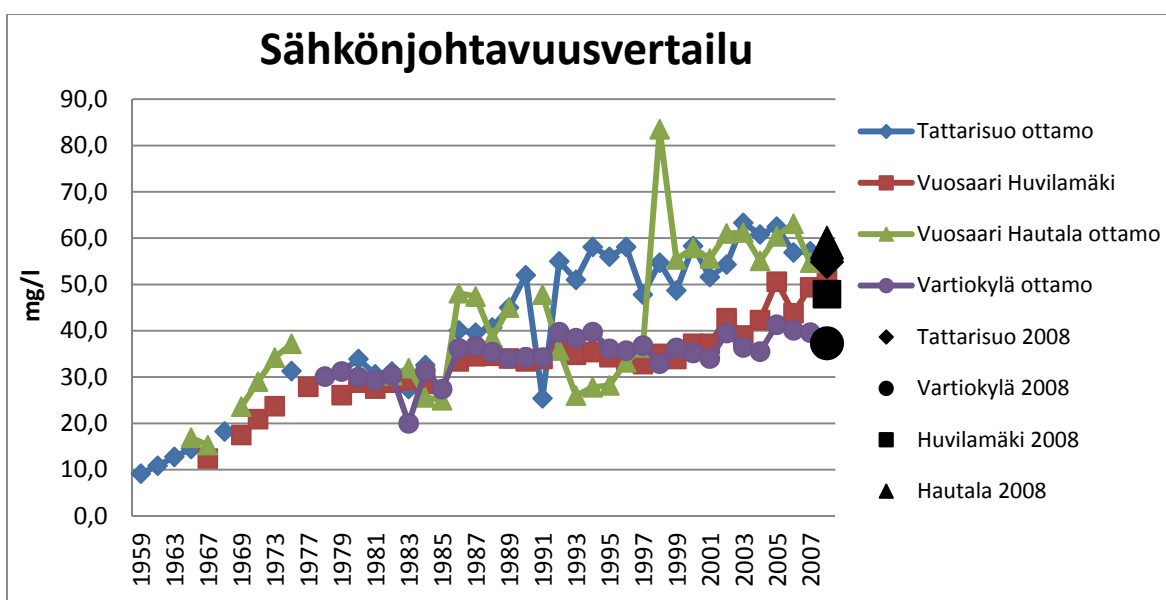
4.2.1 Vertailu aikasarjoihin

Tattarisuon, Vartiokylän ja Vuosaaren ottamoilta on kerätty pisimmillään vuodesta 1959 tiedot kloridipitoisuuksista ja sähkönjohtavuudesta. Kloridipitoisuudet ovat kasvaneet kaikilla pohjavesialueilla moninkertaisiksi 1950- ja 1960-luvuilta (kuva 15). Pitoisuudet olivat korkeimmat ja kasvu voimakkainta Tattarisuolla, jossa korkein pitoisuus 140 mg/l (vuodet 2003 ja 2004) oli kaksikymmenkertainen vuoden 1959 pitoisuuteen 7 mg/l verrattuna. Muilla alueilla korkeimmat pitoisuudet olivat 54–65 mg/l. Tutkimusaineiston kloridipitoisuudet olivat alueidensa 2000-luvun pitoisuuksien kaltaisia.



Kuva 15. Kloridipitoisuudet tutkimusalueiden ottamoilla 1959–2007 sekä tutkimusaineistossa 2008.

Sähkönjohtavuus on kasvanut 1960-luvun 15 mS/m arvoista noin kolminkertaiseksi 2000-luvun alkuun (kuva 16). Alueiden välillä oli vähemmän eroja kuin kloridilla. Tattarisuon ja Vuosaaren molempien ottamoiden sähkönjohtavuudet olivat 50–57 mS/m ja Vartiokylän hieman matalampi 38 mS/m. Vuosaaren Hautalan ottamolla vaihtelu oli voimakasta. Myös tutkimusaineiston sähkönjohtavuudet olivat alueidensa 2000-luvun pitoisuuksien kaltaisia.



Kuva 16. Sähkönjohtavuudet tutkimusalueiden ottamoilla 1959–2007 sekä tutkimusaineistossa 2008.

4.2.2 Vertailu muiden vuosien aineistoihin

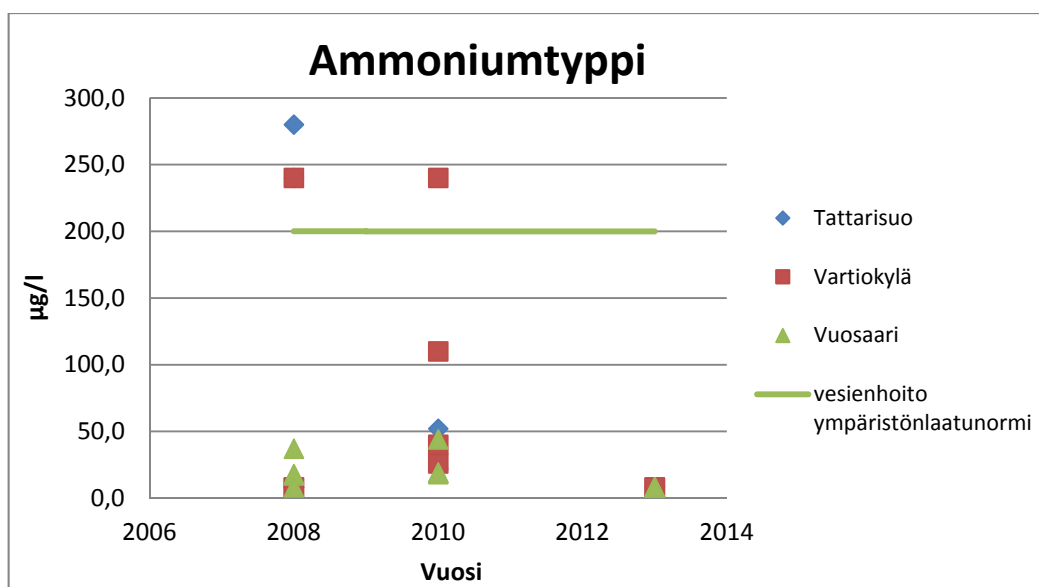
Aineista esitellään ne, joissa vertailunäytteillä oli ympäristölaatunormien tai talousveden laatuvaatimusten tai -suositusten ylityksiä.

4.2.2.1 Epäorgaaniset aineet

4.2.2.1.1 Pohjavesimuodostuman kemiallisen tilan perusseurannan yhteiset tekijät

Ammoniumtyppi

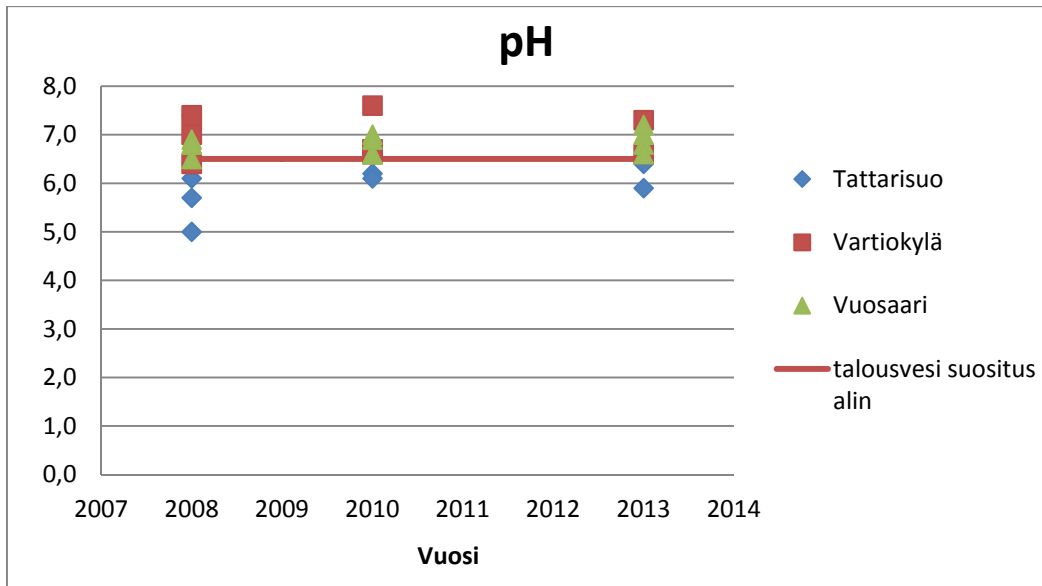
Ammoniumtyypen pitoisuudet olivat tutkimusaineistossa korkeammat kuin vertailuaineistossa, varsinkin vuoden 2013 osalta (kuva 17). Minkään alueen keskiarvo ei ylittänyt ympäristölaatunormia, vaikka vertailuaineistossa yhden Vartiokylän näytteen pitoisuus ylittikin. Missään näytteessä ei myöskään ylittynyt talousveden laatusuositus 400 µg/l.



Kuva 17. Ammoniumtyypen pitoisuudet tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Ympäristölaatunormi koskee pohjavesialueen keskiarvoa.

Happamuus

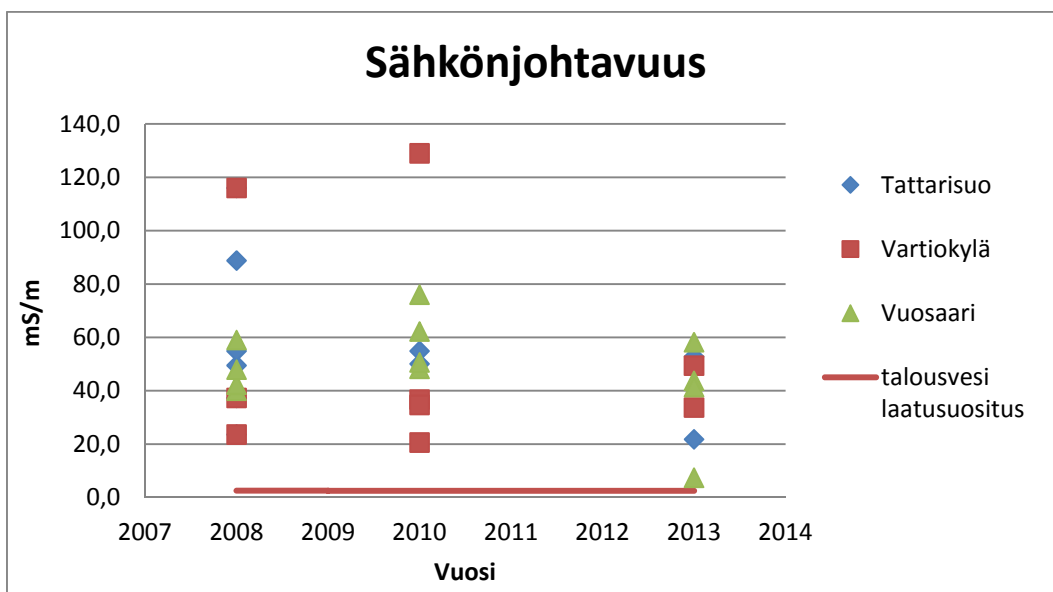
Vertailuaineiston näytteiden happamuudet olivat samanlaisia kuin tutkimusaineiston näytteiden pitoisuudet (kuva 18). Kaikissa Tattarisuon vertailunäytteissä pH oli alle talousveden laatusuosituksen 6,5.



Kuva 18. Pohjaveden pH tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus oli vertailuaineistossa vuonna 2013 matalampi kuin tutkimusaineistossa, mutta vuoden 2010 vertailuaineiston ja tutkimusaineiston välillä ei ollut selkeää eroa (kuva 19). Kaikkien vertailunäytteiden sähkönjohtavuudet ylittivät talousveden laatusuosituksen tutkimusaineiston tapaan.

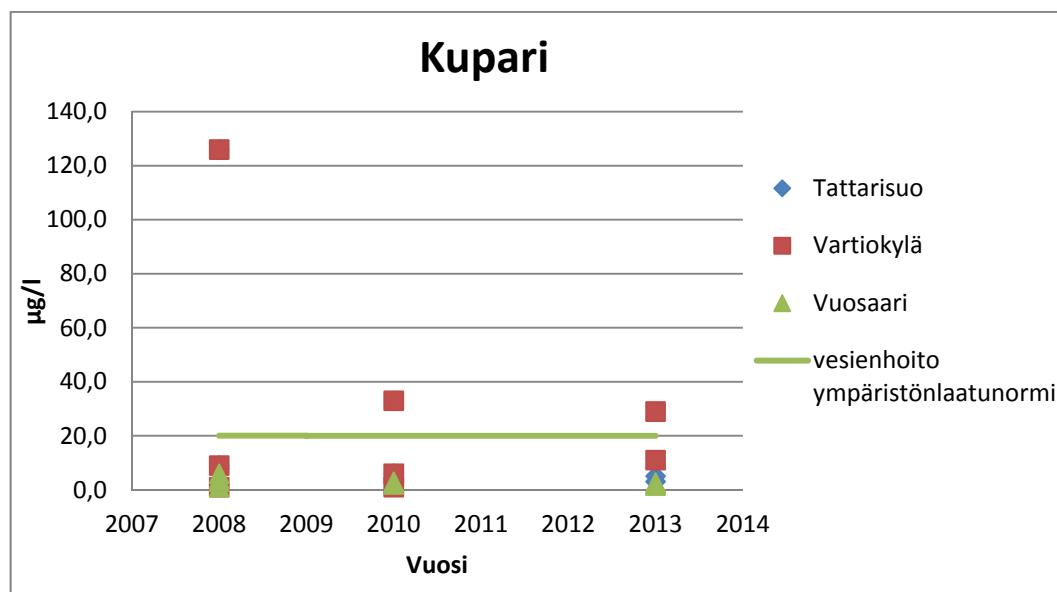


Kuva 19. Sähkönjohtavuudet tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

4.2.2.1.2 Metallit

Kupari

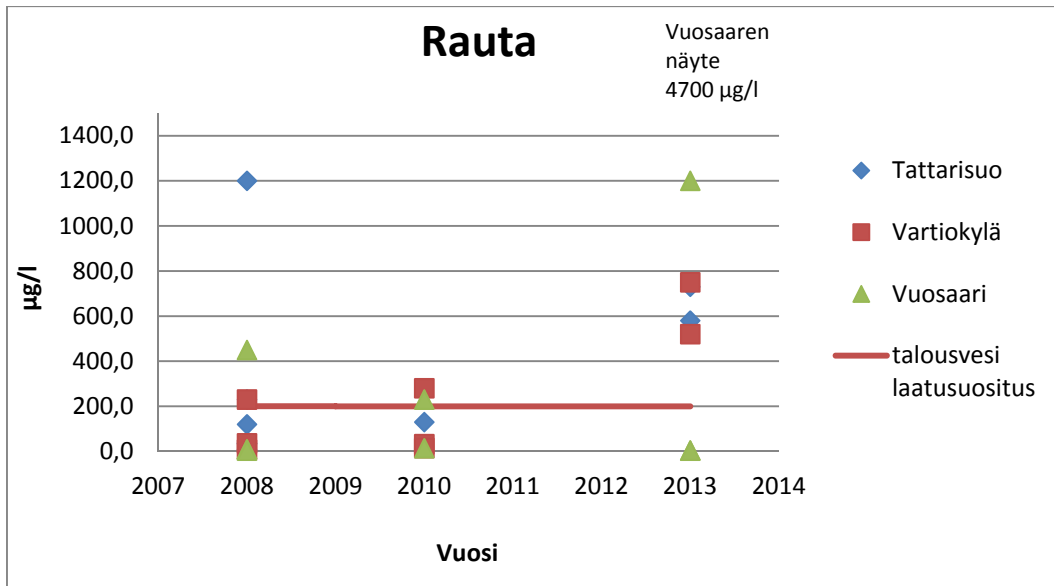
Vertailuaineiston kuparipitoisuudet olivat suunnilleen samanlaisia kuin tutkimusaineistossa lukuun ottamatta tutkimusaineiston yhtä huippupitoisuutta 126 µg/l (kuva 20). Ympäristölaatunormi ei ylittynyt vertailuaineistossa kumpanakaan vuonna, vaikka 2013 Vartiokylässä keskiarvo on juuri laatunormin suuruinen. Yksikään vertailunäyte ei ylittänyt talousveden laatuvaatimusta 2 000 µg/l.



Kuva 20. Kuparin pitoisuudet tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Ympäristölaatunormi koskee pohjavesialueen keskiarvoa. Kuparilla on myös talousveden laatuvaatimus 2 mg/l, joka koskee yksittäistä näytettä.

Rauta

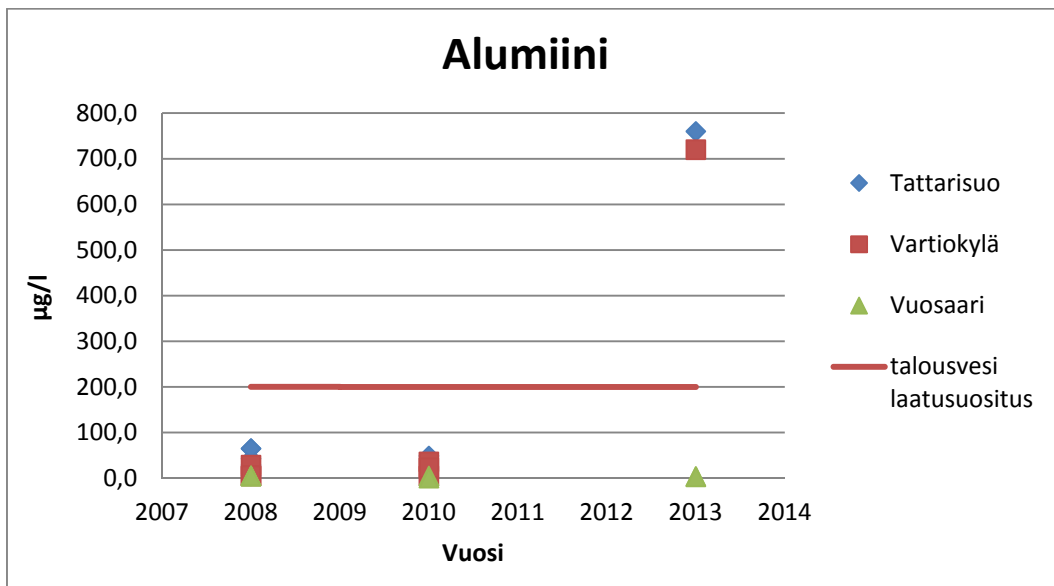
Rautapitoisuudessa oli hyvin suurta vaihtelua näytteiden välillä (kuva 21). Vertailuaineiston näytteissä vuodelta 2010 pitoisuudet olivat pienemmät kuin tutkimusaineistossa ja vertailuaineiston vuoden 2013 näytteissä. Monissa näytteissä talousveden laatusuositus ylittyi.



Kuva 21. Raudan pitoisuudet tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

Alumiini

Vertailunäytteissä oli sekä Tattarisuolla että Vartiokylässä yksi tutkimusaineistoon verrattuna moninkertainen alumiinipitoisuus (kuva 22). Muut pitoisuudet olivat samanlaisia kuin tutkimusaineistossa. Edellä mainitut korkeat pitoisuudet ylittivät talousveden laatusuosituksen.

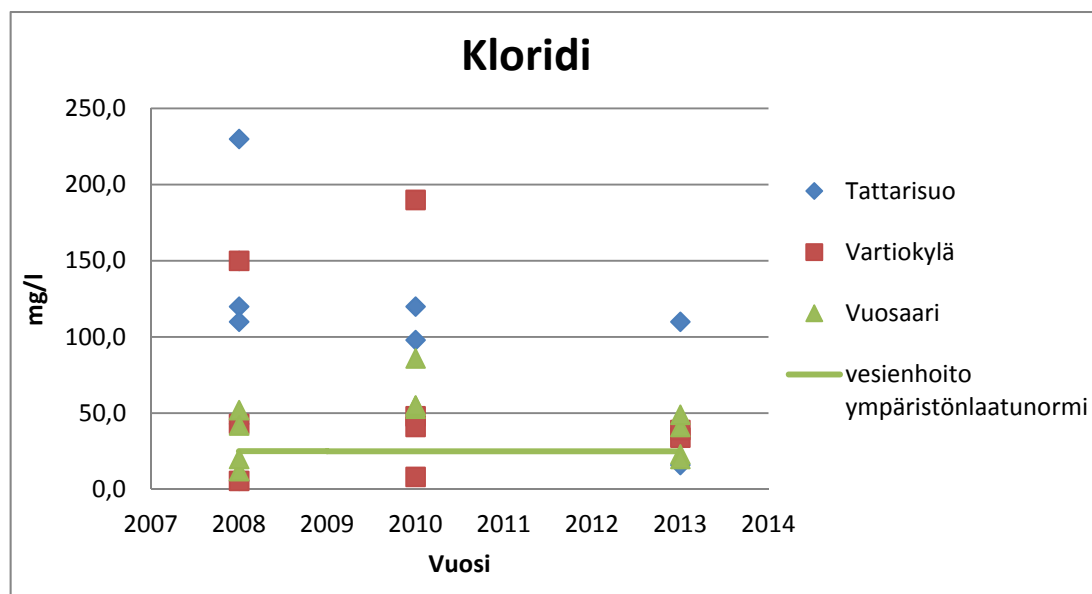


Kuva 22. Alumiinin pitoisuudet tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

4.2.2.1.3 Muut

Kloridi

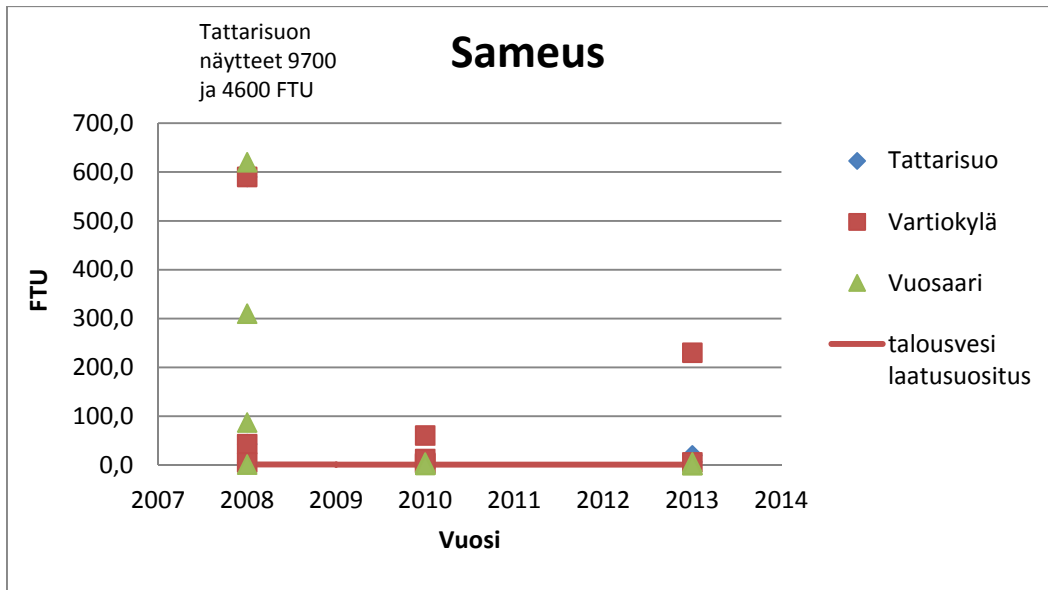
Vuoden 2010 vertailunäytteiden kloridipitoisuudet olivat suunnilleen samanlaisia kuin tutkimusaineiston (kuva 23). Vuoden 2013 näytteiden pitoisuudet ovat tutkimusaineiston ja vuoden 2010 vertailuaineiston pitoisuuksia matalampia. Myös vertailuaineistossa oli runsaasti ympäristölaatunormin ylityksiä, muttei talousveden laatusuosituksen ylityksiä.



Kuva 23. Kloridin pitoisuudet tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Ympäristölaatunormi koskee pohjavesialueen keskiarvoa. Kloridilla on myös talousveden laatusuositus 250 mg/l.

Sameus

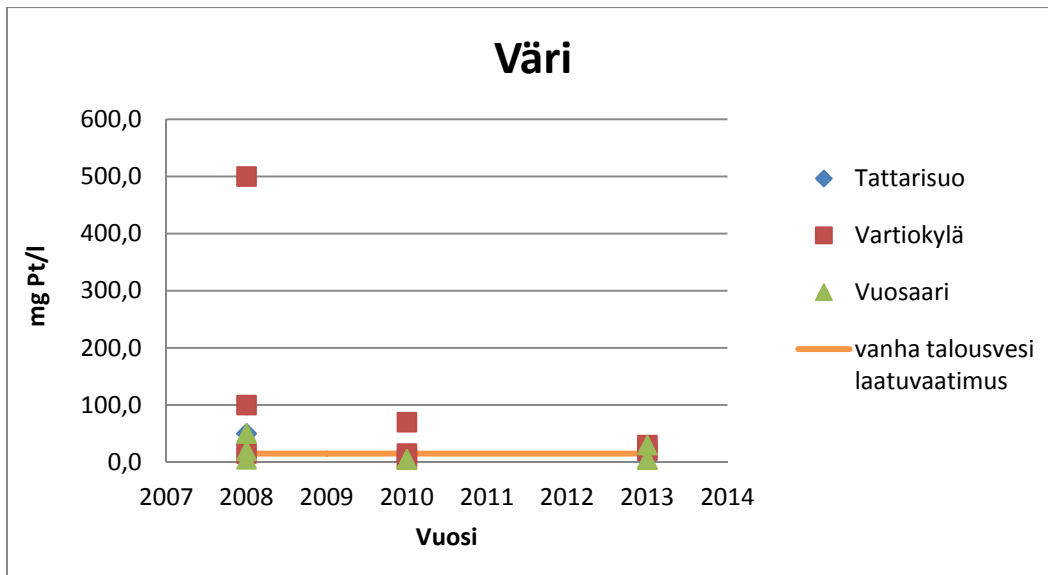
Sameusarvot olivat vertailuaineistossa hyvin paljon matalampia kuin tutkimusaineistossa, varsinkin Tattarisuolla (kuva 24). Tattarisuon ja Vartiokylän näytteiden pitoisuudet ylittivät talousveden laatusuosituksen, mutta suurin osa Vuosaaren näytteistä alitti sen.



Kuva 24. Sameusarvot tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Talousveden laatusuositus koskee yksittäistä näytettä.

Väriluku

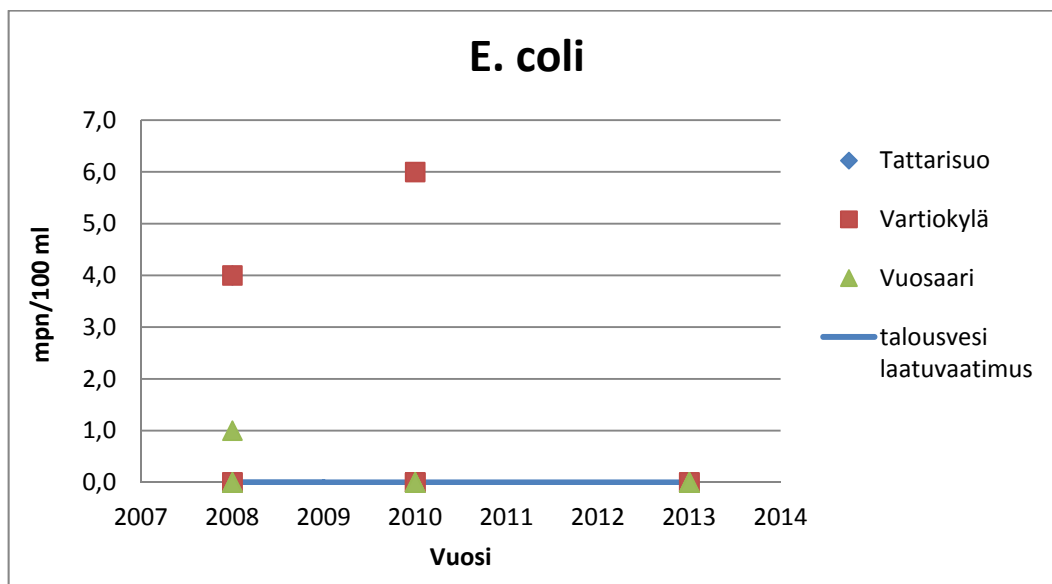
Veden väri vähenee ajan myötä ja on vertailuaineistossa matalampi kuin tutkimusaineistossa, varsinkin vuonna 2013 (kuva 25). Vartiokylästä kolme ja Vuosaaresta yksi vertailunäytteen arvo ylitti talousveden vanhan laatuvaatimuksen.



Kuva 25. Väriluvut tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Vanha talousveden laatuvaatimus koskee yksittäistä näytettä.

4.2.2.2 Bakteerit

Vertailuaineistossa *Escherichia coli* määrä oli kaikissa näytteissä alle 1 mpn/100 ml, paitsi yhdessä Vartiokylän ottamonäytteessä 6 mpn/100 ml (kuva 26). Tämä näyte ylitti talousveden laatuvaatimuksen 0 mpn/100 ml, mutta bakteerimäärä on pieni.



Kuva 26. *Escherichia coli* -bakteerin määrä tutkimusaineistossa (2008) ja vertailuaineistossa (2010 ja 2013) alueittain sekä vertailu raja-arvoon. Talousveden laatuvaatimus koskee yksittäistä näytettä. Analyysitulosten pitoisuudet <1 mpn/100 ml on tulkittu nollaksi pesäkkeeksi.

5 Johtopäätökset ja ehdotukset jatkotoimista

5.1 Tulosten yhteenveto

Tulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että aineisto oli hyvin pieni, vain 3–4 näytettä pohjavesialueelta, joten yksittäisten pitoisuuksien vaikutus keskiarvoihin oli suuri.

Ympäristölaatuunormi ylittyi neljällä aineella. Pohjavesialueen keskiarvoon verrattava ympäristölaatuunormi ylittyi kloridilla selvästi kaikilla alueilla, Tattarisuolla moninkertaisesti. Myös kuparilla, MTBE:llä (metyyliterbutyylieetteri) ja BAM:lla (2,6-diklooribentsoamidi) ympäristölaatuunormi ylittyi, mutta ylitykset johtuivat yksittäisistä korkeista pitoisuuksista eivätkä siksi ole yleistettävissä. BAM:n ympäristölaatuunormi ylittyi neljästä näytteestä kahdessa, Vartiokylässä ja Vuosaaresa. MTBE:n ja kuparin ympäristölaatuunormit ylittyivät Vartiokylässä johtuen yhdestä korkeasta pitoisuudesta. Lisäksi kadmiumin, torjunta-aineiden summan ja öljyn pitoisuudet saattoivat ylittää ympäristölaatuunormit, jotka olivat määritysrajoja matalammat.

Talousveden laatuvaatimukset ylittyivät muutamilla aineilla. Harvat ylitykset eivät kuitenkaan osoita sellaista pilaantumista, joka heikentää pohjavesialueiden käyttöä kriisiajan varavesilähteenä. Lisäksi vaatimukset koskevat käyttäjän hanasta ottamaa vettä, joka kulkee puhdistusprosessin läpi, eivätkä siis suoraan pohjavettä. Talousveden laatuvaatimukset ylittyivät parissa näytteessä BAM:lla ja *E. coli*-bakteereilla. BAM:n näytteitä oli niin harvoja, ettei niiden perusteella voi tehdä yleistyksiä vedenlaadusta. Kahdessa näytteessä kymmenestä oli pari *E. coli*-bakteeria. Torjunta-aineiden pitoisuudet saattoivat myös ylittää talousveden laatuvaatimukset. Vanha väriluvun laatuvaatimus ylittyi moninkertaisesti putkissa, muttei ottamoilla.

Talousveden laatusuositukset ylittyivät monilla aineilla. Sähkönjohtavuus ja sameus olivat kaikilla alueilla moninkertaisia suositukseen verrattuna. Sähkönjohtavuuden ylitykset johtunevat korkeista kloridipitoisuuksista. Mangaania oli kaikilla alueilla putkissa runsaasti ylimäärin. Tattarisuolla pH oli liian matala. Rautaa oli jokaisella alueella jossain näytteessä liikaa. Orgaanista hiiltä oli talousveden keskiarvoon verrattuna kaikkialla moninkertaisesti. Osassa näytteistä vedessä oli hajua. Myös laatusuositukset koskevat käyttäjän hanasta ottamaa vettä, joka kulkee puhdistusprosessin läpi. Lisäksi laatusuositukset ovat vain suosituksia ja liittyvät enemmän veden käyttökelpoisuuteen koneissa ja putkien sakkautumiseen. Kriisiaikana vaatimukset ovat löyhemmät.

Tutkimusaineiston näytteiden arvot eivät poikenneet pitkäaikaisseurannan 2000-luvun kloridipitoisuuksista tai sähkönjohtavuuksista, jotka olivat moninkertaisia 1950- ja 1960-luvun pitoisuuksiin verrattuina.

Vertailuaineiston pitoisuudet olivat samanlaisia tai pienempiä kuin tutkimusaineiston. Veden väri, sameus, ammoniumpitoisuus, sähkönjohtavuus ja kloridipitoi-

suus olivat tutkimusaineistossa korkeampia, eli näiden aineiden suhteen tutkimusaineisto ei välttämättä ole edustava. Joillain aineilla vertailuaineistossa oli selvää vaihtelua vuosien 2010 ja 2013 välillä: rautapitoisuus ja sameus olivat matalat 2010 ja veden väriluku ja ammonium- ja kloridipitoisuus 2013. Alumiinilla oli yksittäisiä selvästi tutkimusaineistoa korkeampia pitoisuuksia.

Myös ympäristölaatunormien ja talousveden laatusuosituksen ylityksiä oli vertailuaineistossa samoja määriä kuin tutkimusaineistossa rauta- ja alumiinipitoisuuksia lukuun ottamatta. Ympäristölaatunormin ylittivät vain kloridipitoisuudet. Talousveden laatusuositus sähkönjohtavuudelle ylittyi kaikissa näytteissä ja laatusuositukset raudalle ja sameudelle useissa näytteissä. Laatusuositukset alumiinille ja *E. colin* määrälle ylittyivät yksittäisissä näytteissä. Tattarisuon pH-arvot olivat talousveden laatusuositusta matalampia. Väriluvun vanha talousveden laatuvaatimus ylittyi muutamalla näytteellä.

5.2 Toimenpide-ehdotukset

Kloridi on suuri ongelma varsinkin Tattarisuon pohjavesialueella, kuten Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmassa todetaan. Teiden varsien pohjavesisuojuuksia tulee rakentaa lisää.

Pohjaveden haitta-ainepitoisuuksista tarvitaan lisää tietoa, varsinkin ympäristölaatunormien toteutumisesta. Tämän tutkimuksen analyysistä puuttuvien 41 aineen pitoisuuksista tulee selvittää riskiaineet ja kertaluontoisesti selvittää niiden pitoisuudet ja verrata niitä laatuvaatimuksiin. Lisäksi muutamien jo tutkittujen aineiden analyysistä tulee laajentaa tai tarkentaa. BAM:n (2,6-diklooribentsoamidi) esiintymisen yleisyys tulee selvittää ottamalla lisää näytteitä. Kadmiumin, öljyn ja torjunta-aineiden pitoisuudet tulee selvittää tarkemmilla analyysillä ja verrata niitä ympäristölaatunormeihin.

Kivimäki ja Luodeslampi ovat havainneet tuoreessa, tätä tutkimusta laajemmalle aineistolle perustuvassa selvityksessään tutkimusalueiden pohjavesissä kohonneita pitoisuuksia kloridia, nitraattityppeä, öljyhiilivetyjä ja orgaanisia haitta-aineita (tetrakloorieteeniä, trikloorieteeniä, dikloorimetaania ja MTBE:ä) (Kivimäki ja Luodeslampi 2013). He varoittavat havaintojensa kertovan pohjaveden pilaantumisesta, vaikka pitoisuudet jäivät alle talousveden laatuvaatimusten ja ympäristölaatunormien. Kivimäen ja Luodeslammen selvityksen arviot ja suositukset antavat valmistuessaan perustellun kuvan pohjaveden suojeluun tarvittavista toimista.

5.3 Tulosten tunnetuksi tekeminen

Tutkimuksen tuloksia tehdään tunnetuiksi tekemällä tuloksesta julkaisu, josta on tarjolla Internet- ja painosversio. Julkaisua jaetaan aktiivisesti yhteistyökumppaneille kuten muiden kaupunkien ympäristönsuojeluviranomaisille ja pohjaveteen

liittyviä tehtäviä hoitaville ja HSY:lle. Julkaisusta tiedotetaan lisäksi esim. ympäristökeskuksen Internet-sivuilla Ajankohtaista-osiossa ja sitä on jaossa yleisölle.

Säädökset

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000)

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006)

Kirjallisuus

Butler, David & John W. Davies (2004). Urban drainage. 2. painos. Spon Press, London. 543 s. ISBN 0-415-30607-8.

Ellis, Bryan, Bernard Chocat, Shoichi Fujita, Wolfgang Rauch & Jiri Marsalek (toim., 2004). Urban drainage. A multilingual glossary. IWA Publishing, London. 512 s. ISBN 1-900222-06-X.

Harkki, H. ja Kuivamäki, R. 2005. 2,6-diklooribentsoamidi (BAM) pohjavedessä – kulkeutuminen, vaikutukset, poistaminen, Case: Tampere.
([http://WWW.vvy.fi/koulvhpv/vhpv/2005/Vesihuolto 2005/](http://WWW.vvy.fi/koulvhpv/vhpv/2005/Vesihuolto%202005/))

Joensuu, I., Karonen, M., Kinnunen, T., Mäntyselkä, A., Nylander, E. ja Teräsvuori, E. (2010) Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelma. – Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 1/2010.

Karvonen, A., Taina, T., Gustafsson, J., Mannio, J., Mehtonen, J., Nystén, T., Ruoppa, M., Sainio, P., Siimes, K., Silvo, K., Tuominen, S., Verta, M., Vuori, K-M. ja Äystö, L. (2012). Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen. Kuvaus hyvistä menettelytavoista. – Ympäristöministeriön raportteja 15/2012.

Kivimäki A.-L., Luodeslampi, P. (2013). HSY:n toiminta-alueen pohjavesialueiden käyttömahdollisuus pääkaupunkiseudun vedenhankinnassa. Selvitystyön loppuraportti – luonnos 10.10.2013. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys.

Legret, M. & C. Pagotto (1999). Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. The Science of the Total Environment 235:143–150. Elsevier Science Ltd.

Paasivirta, J. ja Rytsä, E. 1987. Torjunta-ainekemia. Otatieto/Yliopistokustannus. Espoo, 1987.

Piha, H., Londesborough, S. & Gustafsson, J. (2008). Pohjavesien kemiallisen tilan arviointiperusteet, luonnos 8.12.2008 – versio 3.0.

Piilo, T. (1999). Pohjaveden pilaantumisriskit Helsingissä. Vuosaaren, Kallahden, Tattariharjun ja Vartiokylänlahden pohjavesialueet. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/1999.

Pitkänen, E. ja Forss, P. (1992). Selvitys Vuosaaren Sasekan teollisuusalueen maaperästä ja pohjavedestä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen menistettä 1/1992.

Reinikainen, J. (2007). Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet. – Suomen ympäristö 23.

Rekolainen, S., Erkomaa, K., Korhonen, K., Huovinen, J. (1988). Eräiden maataloudessa yleisesti käytettyjen torjunta-aineiden esiintyminen vesistöissä ja huuhtoutuminen maatalousalueilta. Vesitalous 6/1988. s. 11–17.

Suunnittelukeskus (2003). Vuosaaren, Vartiokylän, Tattarisuon ja Kallahden pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. Helsingin kaupungin ympäristökeskus ja kaupunkisuunnitteluvirasto, Helsingin Vesi, Uudenmaan ympäristökeskus.

Terveystietokeskus ja hyvinvoinnin laitos (2013). Mangaani on terveysriski juomavedessä. Etusivu > Ajankohtaista > Tiedotteet > Mangaani on terveysriski juomavedessä luettu 28.11.2013

Tukholman kaupunki (2001). Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav, osa 2 Dagvattenklassificering. Gat- och fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret, Stadsdelsförvaltningarna och Stockholm Vatten AB. Ekvall, Enarsson, Hjort, Johansson, Larm, Lindgren, Nilsson, Strand, Sjölander, Thörnelöf, ”Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav – Del 2 Dagvattenklassificering”, Stockholm stad,

Vuorimaa, P., Kontro, M., Rapala, J., ja Gustafsson, J. (2007). Torjunta-aineiden esiintyminen pohjavedessä. Loppuraportti. – Suomen ympäristö 42.

Liitteet

Liite 1: Alkuperäiset tutkimustulokset

Liite 2: Alkuperäiset vertailutulokset

Liite 3: Kartat tutkimusalueista

Liite 1. Alkuperäiset tutkimustulokset.

Tutkimusaineisto		Tattarisuo 11399/09P 13320-1	Tattarisuo 11399/05P 13320-2	Vartiokylä 11154/01P 13320-3	Vartiokylä 10979/02P 13320-4	Vuosaari 11329/01P 13320-5	Vuosaari 4997/02P 13320-6	Tattarisuo ottamo 13403-1	Vartiokylä ottamo 13403-2	Vuosaari ottamo Huvilamäki 13403-3	Vuosaari ottamo Hautala 13403-4
Saapunut		18.11.2008	18.11.2008	18.11.2008	18.11.2008	18.11.2008	18.11.2008	19.11.2008	19.11.2008	19.11.2008	19.11.2008
Adsorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet,	µg/l	54	88	10	26	<5	15	12	7	16	8
Alkaliteetti	mmol/l	0,2	0,3	5,2	1,2	1,8	2,1	0,7	1,6	1,1	2,7
Alumiini, Al	µg/l	65	43	< 5	29	< 5	< 5	65	6	< 5	< 5
Ammoniumtyppi, NH ₄ -N	µg/l	280	< 8	240	< 8	17	18	< 8	< 8	37	< 8
Arseeni, As	µg/l	< 1	< 1	3	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	4
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	mg/l	2,2	2,5	1,8	4,4	1	0,7	0,9	2,1	< 0,5	1
Escherichia coli	mpn/100 ml	< 1	< 1	< 1	4	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Fluoridi, F	mg/l	< 0,1	< 0,1	0,4	0,2	0,4	0,6	< 0,1	0,2	0,2	0,2
Haju		hajuton	maamainen	liuotinmainen	hajuton	maamainen	hajuton	hajuton	hajuton	hajuton	hajuton
Hapen kyllästysaste	%	44	65	3	76	4	12	19	73	29	14
Happi	mg/l	5,5	8,2	0,4	8,9	0,5	1,5	2,3	8,9	3,5	1,6
Kadmium, Cd	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalium, K	mg/l	3,22	3,33	34	4,85	6,81	8,42	2,78	5,18	4,72	7,32
Kalsium, Ca	mg/l	20,1	12,8	97,5	27,6	37,5	41	21	37,5	34,3	60,3
Kloridi	mg/l	120	230	150	5,6	12	20	110	43	52	42
Kokonaiskovuus	mmol/l	0,67	0,34	3,8	0,82	1,2	1,6	0,78	1,1	1,3	2
Koliformiset bakteerit	mpn/100 ml	< 1	< 1	< 1	17	13	< 1	4	15	70	1
Kromi, Cr	µg/l	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Kupari, Cu	mg/l	0,002	0,002	< 0,001	0,009	< 0,001	0,004	0,008	0,126	0,006	0,003
Lyijy, Pb	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Magnesium, Mg	mg/l	4,97	1,67	34,6	3,73	10	13,83	4,66	5,5	9,4	12,03
Mangaani, Mn	µg/l	266,4	147	650	2,9	452	844	7,5	14,6	12,9	23,8
Mineraaliöljyt (IR- menetelmä)	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Natrium, Na	mg/l	55	150	72	8,9	20	16	67	23	35	37
Nikkeli, Ni	µg/l	11	14	< 3	3	< 3	< 3	< 3	< 3	10	4

[illegible]

PAH-yhdisteet yhteensä	µg/l							< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1-Metyylifenantreeni	µg/l							< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
1-Metyyliinaftaleeni	µg/l							< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
2,3,5-Trimetyyliinaftaleeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2,6-Dimetyyliinaftaleeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
2-Metyyliinaftaleeni	µg/l							< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Antraseeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Asenaftteeni	µg/l							< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Asenaftyleeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Bentso(a)antraseeni	µg/l							< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Bentso(a)pyreeni	µg/l							< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Bentso(b)fluoranteeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Bentso(e)pyreeni	µg/l							< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Bentso(ghi)peryleeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Bentso(k)fluoranteeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Bifenyyli	µg/l							< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Dibentso(a,h)antraseeni	µg/l							< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Fenantreeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoranteeni	µg/l							< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Fluoreeni	µg/l							< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	µg/l							< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Kryseeni	µg/l							< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Naftaleeni	µg/l							< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,020
Peryleeni	µg/l							< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Pyreeni	µg/l							< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Torjunta-aineet:	µg/l										
2,6-diklooribentsamidi(BAM)	µg/l							< 0,02	0,35	< 0,02	0,28
Atratsiini	µg/l							< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Bentatsoni	µg/l							< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bromasiili	µg/l							< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Deisopropyyli-atratsiini(DIA)	µg/l							< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03

[illegible]

Tilaaaja
2274241-9
HSY Vedenpuhdistus

viranomaisvalvonta

PL 315
00066 HSY

Maksaja

**HSY Helsingin seudun
ympäristöpalvelut
-kuntayhtymä
Ostolaskut**

PL 303
00066 HSY


Näytetiedot	Näyte	Pohjavesi	Kellonaika	
	Näyte otettu		Kellonaika	
	Vastaanotettu	16.05.2013	Näytteenoton syy	12.20
	Tutkimus alkoi	16.05.2013		Tilaustutkimus
	Näytteen ottaja	Tilaaajan toimesta		

Analyysi	Menetelmä	8006-1 Pohjavesi Tattarisuo	8006-2 Pohjavesi Vartiokylän ottamo	8006-3 Pohjavesi Huvilamäen ottamo	8006-4 Pohjavesi Hautalan ottamo	Yksikkö	Epävarmuus-%
Escherichia coli	* ISO 9308-2:2012	<1	<1	<1	<1	mpn/ 100 ml	
Sameus	* SFS-EN ISO 7027:2000	6,6	5,6	5,5	0,19	FNU	15
Väriluku	* ISO 7887-7: 2011	10	20	5	< 5	mg Pt/l	15
pH	* SFS 3021:1979	6,4	7,3	6,8	7,0		3
Sähkönjohtavuus	* SFS-EN 27888:1994	52,8	33,7	43,7	58,2	mS/m	5
Happi	* SFS-EN 25813:1996	4,2	7,2	3,8	1,3	mg/l	10
KMnO4-luku	* SFS 3036:1981	5,4	6,1	2,2	3,4	mg/l	15
Ammonium-tyyppi	* ISO 7150: 1984	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	mg/l	15
Nitraatti- ja nitriittitypen summa, (NO2-NO3)	* Sis. menetelmä, Aquakem	0,90	1,5	2,8	2,7	mg/l	15
Kokonaistyyppi	* 11905-1 (C2) SFS-EN ISO	0,98	1,6	3,1	2,8	mg/l	15
Kloridi	* ISO 10304-1:2007	110	34	41	49	mg/l	10
Sulfaatti	* ISO 10304-1:2007	31	29	76	73	mg/l	10
Alkuaineiden määrittäminen:	* ICP-MS	x	x	x	x		
Alumiini, Al	* ISO 17294-2	87	46	5	< 3	µg/l	25
Arseeni, As	* ISO 17294-2	0,4	0,2	0,8	2,8	µg/l	20
Elohopea, Hg	* ISO 17294-2	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	µg/l	20

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Postiosoite
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
metropolilab@metropolilab.fi

Puhelin
+358 10 391 350
http://www.metropolilab.fi

Faksi
+358 9 310 31626

Y-tunnus
2340056-8
Alv. Nro
FI23400568

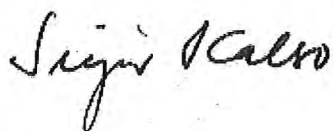
Kadmium, Cd	*	ISO 17294-2	0,05	< 0,02	0,06	0,06	µg/l	15
Koboltti, Co	*	ISO 17294-2	0,11	0,10	0,09	4,9	µg/l	15
Kromi, Cr	*	ISO 17294-2	0,12	0,12	0,05	< 0,05	µg/l	15
Kupari, Cu	*	ISO 17294-2	5,1	29	2,2	2,1	µg/l	20
Lyijy, Pb	*	ISO 17294-2	0,3	0,2	0,7	< 0,1	µg/l	20
Nikkeli, Ni	*	ISO 17294-2	1,2	1,5	3,3	2,7	µg/l	25
Rauta, Fe	*	ISO 17294-2	580	520	1 200	< 3	µg/l	20
Sinkki, Zn	*	ISO 17294-2	2	6	10	< 2	µg/l	25
Haihtuvat org. yhd. (VOC)		SFS-EN ISO 15680:2004, muunneltu						
- 1,1,1-Trikloorietaani	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	35
- 1,1,2,2-Tetrakloorietaani	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,1,2-Trikloorietaani	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,1-Dikloorietaani	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,1-Dikloorieteeni	*		< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	µg/l	25
- 1,2,3-Triklooribentseeni	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2,4-Triklooribentseeni	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2-Diklooribentseeni	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2-Dikloorietaani	*		< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	µg/l	20
- 1,2-Dikloorieteeni cis	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2-Dikloorieteeni trans	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2-Diklooripropaani	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,3,5-Triklooribentseeni	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,3-Diklooribentseeni	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,3-Diklooripropenei cis	*		< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	µg/l	20
- 1,3-Diklooripropenei trans	*		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	µg/l	20
- 1,4-Diklooribentseeni	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 2-Kloorieteenivinyylieetteri	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	35
- Bromidikloorimetaani	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Bromoformi	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Dibromidikloorimetaani	*		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
 Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

- Dikloorimetaani	*	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	µg/l	20
- Klooribentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Kloroformi	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Tetrakloorieteeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Tetrakloorimetaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Trikloorieteeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Vinyylikloridi	*	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	µg/l	30
- 1,2-Ksyleeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,3- ja 1,4-Ksyleeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Bentseeni	*	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	µg/l	20
- Etylibentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Naftaleeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	25
- Styreeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Tolueeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1-Hekseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1-Okteeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Dekaaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Pentaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- DIPE	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- ETBE	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- MEK	*	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	µg/l	35
- MIBK	*	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	µg/l	40
- MTBE	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- TAE	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- TAME	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- TBA	*	< 3	< 3	< 3	< 3	µg/l	40

*=näyte tutkittu akkreditoidulla menetelmällä

Yhteyshenkilö Nikkola Kirsti, 010 3913 421



Kalso Seija
toimitusjohtaja

Tiedoksi Hiillos Kirsi, kirsi.hiillos@hsy.fi;
Laakso Tuula, tuula.laakso@hsy.fi

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa.

Postiosoite
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
metropolilab@metropolilab.fi

Puhelin
+358 10 391 350

Faksi
+358 9 310 31626

Y-tunnus
2340056-8
Alv. Nro
FI23400568

<http://www.metropolilab.fi>

Tilaaaja
2274241-9
HSY Vedenpuhdistus

Maksaja

**HSY Helsingin seudun
ympäristöpalvelut
-kuntayhtymä
Ostolaskut**


viranomaisvalvonta

PL 315
00066 HSY

PL 303
00066 HSY

Näytetiedot	Näyte	Pohjavesi	Kellonaika	
	Näyte otettu	17.05.2013	Kellonaika	11.45
	Vastaanotettu	17.05.2013	Näytteenoton syy	Jatkuva valvonta
	Tutkimus alkoi	17.05.2013		
	Näytteen ottaja	Tilaaajan toimesta		

Analyysi	Menetelmä	8135-1 Pohjavesi Tattarisuo 11399/10P	8135-2 Pohjavesi Vartiokylä 10979/02P	8135-3 Pohjavesi Vuosaari 6125/12	8135-4 Pohjavesi Vuosaari urh. karsina	Yksikkö	Epävarmuus-%
Escherichia coli	* ISO 9308-2:2012	<1	<1	<1	<1	mpn/ 100 ml	
Sameus	* SFS-EN ISO 7027:2000	20	23	0,39	0,43	FNU	15
Väriluku	* ISO 7887-7: 2011	5	30	< 5	30	mg Pt/l	15
pH	* SFS 3021:1979	5,9	6,6	6,6	7,2		3
Sähkönjohtavuus	* SFS-EN 27888:1994	21,8	49,4	41,4	7,4	mS/m	5
Happi	* SFS-EN 25813:1996	8,4	5,9	1,0	< 0,2	mg/l	10
KMnO4-luku	* SFS 3036:1981	5,1	24	3,2	28	mg/l	15
Ammonium-typpi	* ISO 7150: 1984	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	mg/l	15
Nitraatti- ja nitriittitypen summa, (NO ₂ -NO ₃)	* Sis. menetelmä, Aquakem	1,9	7,2	0,74	0,27	mg/l	15
Kokonaistyyppi	* 11905-1 (C2) SFS-EN ISO	2,2	8,2	0,78	0,56	mg/l	15
Kloridi	* ISO 10304-1:2007	16	39	23	20	mg/l	10
Sulfaatti	* ISO 10304-1:2007	53	66	64	73	mg/l	10
Alkuaineiden määrittäminen:	* ICP-MS	x	x	x	x		
Alumiini, Al	* ISO 17294-2	760	720	4	< 3	µg/l	25
Arseeni, As	* ISO 17294-2	0,7	1,9	< 0,1	1,8	µg/l	20
Elohopea, Hg	* ISO 17294-2	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	µg/l	20

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Postiosoite
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
metropolilab@metropolilab.fi

Puhelin
+358 10 391 350
http://www.metropolilab.fi

Faksi
+358 9 310 31626

Y-tunnus
2340056-8
Alv. Nro
FI23400568

Kadmium, Cd	* ISO 17294-2	0,03	0,07	0,04	0,04	µg/l	15
Koboltti, Co	* ISO 17294-2	0,40	0,68	0,06	0,74	µg/l	15
Kromi, Cr	* ISO 17294-2	1,4	1,7	0,06	< 0,05	µg/l	15
Kupari, Cu	* ISO 17294-2	3,1	11	2,7	1,6	µg/l	20
Lyijy, Pb	* ISO 17294-2	0,6	0,5	< 0,1	< 0,1	µg/l	20
Nikkeli, Ni	* ISO 17294-2	1,9	2,2	3,2	0,7	µg/l	25
Rauta, Fe	* ISO 17294-2	730	750	4	4 700	µg/l	20
Sinkki, Zn	* ISO 17294-2	4	6	7	< 2	µg/l	25
Haihtuvat org. yhd. (VOC)	SFS-EN ISO 15680:2004, muunneltu						
- 1,1,1-Trikloorietaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	35
- 1,1,2,2-Tetrakloorietaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,1,2-Trikloorietaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,1-Dikloorietaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,1-Dikloorieteeni	*	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	µg/l	25
- 1,2,3-Triklooribentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2,4-Triklooribentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2-Diklooribentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2-Dikloorietaani	*	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	µg/l	20
- 1,2-Dikloorieteeni cis	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2-Dikloorieteeni trans	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,2-Diklooripropaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,3,5-Triklooribentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,3-Diklooribentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,3-Diklooripropenei cis	*	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	µg/l	20
- 1,3-Diklooripropenei trans	*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	µg/l	20
- 1,4-Diklooribentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 2-Kloorieteenivinyylieetteri	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	35
- Bromidikloorimetaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Bromoformi	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Dibromidikloorimetaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa.

Postiosoite

Viikinkaari 4
00790 Helsinki

metropolilab@metropolilab.fi

Puhelin

+358 10 391 350

Faksi

+358 9 310 31626

Y-tunnus

2340056-8

Alv. Nro

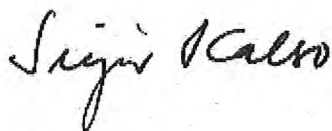
FI23400568

<http://www.metropolilab.fi>

- Dikloorimetaani	*	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	µg/l	20
- Klooribentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Kloroformi	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Tetrakloorieteeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
-	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
Tetrakloorimetaani							
- Trikloorieteeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,94	µg/l	20
- Vinyylikloridi	*	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	µg/l	30
- 1,2-Ksyleeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1,3- ja 1,4-Ksyleeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Bentseeni	*	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	µg/l	20
- Etylibentseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Naftaleeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	25
- Styreeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Tolueeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1-Hekseeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- 1-Okteeni	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Dekaan	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- Pentaani	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- DIPE	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- ETBE	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- MEK	*	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	µg/l	35
- MIBK	*	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	µg/l	40
- MTBE	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- TAE	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- TAME	*	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	µg/l	20
- TBA	*	4,1	< 3	< 3	< 3	µg/l	40

*=näyte tutkittu akkreditoidulla menetelmällä

Yhteyshenkilö Nikkola Kirsti, 010 3913 421



Kalso Seija
toimitusjohtaja

Tiedoksi Hiillos Kirsi, kirsi.hiillos@hsy.fi;
Laakso Tuula, tuula.laakso@hsy.fi

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Postiosoite
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
metropolilab@metropolilab.fi

Puhelin
+358 10 391 350
<http://www.metroopolilab.fi>

Faksi
+358 9 310 31626

Y-tunnus
2340056-8
Alv. Nro
FI23400568



Tilaaja

HSY Vesi, Pitkääkoski

Näytteenoton syy Käyttötarkkailu

Kuninkaantammentie 17
PL315
00066 HSY

Näytteenottaja: Tero Lahti

Näyttenumero	Näytetyyppi	Näytteenottopaikka	Näyte otettu	Saapunut laboratorioon	Tutkimus alkoi	Tutkimus valmistui
2010-02701-001	Kaivo (Helsinki)	Tattarisuo	19.10.2010	19.10.2010	19.10.2010	22.11.2010
2010-02701-002	Kaivo (Helsinki)	Vartiokylä/Broända	19.10.2010	19.10.2010	19.10.2010	22.11.2010
2010-02701-003	Kaivo (Helsinki)	Huvilamäki	19.10.2010	19.10.2010	19.10.2010	22.11.2010
2010-02701-004	Kaivo (Helsinki)	Hautala	19.10.2010	19.10.2010	19.10.2010	22.11.2010

Analyysi	Menetelmä	Epäv.-%	Yksikkö	2010-02701-001	2010-02701-002	2010-02701-003
* Ammoniumtyppi	ISO 7150-1		mg/l	0,052	0,11	0,044
Hapen kylläisyysaste	Sisäinen menetelmä		% O2	29	53	33
# Kloridi	SFS-EN ISO 10304-2		mg/l	98	48	53
* Kokonaistyyppi (N)	Aquakem		mg/l	0,97	2,0	2,2
* Liuennot happi (O2)	SFS-EN 25813		mg/l	3,3	6,1	3,9
Lämpötila	SFS 3021		°C	8,9	8,3	8,1
* Nitraattityppi	Aquakem		mg/l	0,83	1,9	2,2
* Nitriittityppi NO2-N	Aquakem		mg/l	<0,002	<0,002	<0,002
* pH	SFS 3021			6,2	6,7	6,6
* Sameus	SFS-EN ISO 7027		FTU	2,1	4,7	5,2
* Sulfaattirikki	SFS-EN ISO 10304		mg/l	9,7	11	26
* Sähkönjohtavuus	SFS-EN 27888	4%	mS/m	50,1	36,7	48,2
* E. coli	Colilert Quanti-Tray		mpn/100 ml	<1	6	<1
* Kolimuot. bakteerit	Colilert Quanti-Tray		mpn/100ml	>200	36	100

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.
Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.



Analyysi	Menetelmä	Epäv.-%	Yksikkö	2010-02701-004
* Ammoniumtyppi	ISO 7150-1		mg/l	0,018
Hapen kylläisyysaste	Sisäinen menetelmä		% O2	10
# * Kloridi	SFS-EN ISO 10304-2		mg/l	55
# * Kokonaistyyppi (N)	Aquakem		mg/l	2,7
* Liuennot happi (O2)	SFS-EN 25813		mg/l	1,2
Lämpötila	SFS 3021		°C	9,5
# * Nitraattityppi	Aquakem		mg/l	2,6
# * Nitriittityppi NO2-N	Aquakem		mg/l	0,004
* pH	SFS 3021			7,0
* Sameus	SFS-EN ISO 7027		FTU	0,48
# * Sulfaattirikki	SFS-EN ISO 10304		mg/l	28
* Sähkönjohtavuus	SFS-EN 27888	4%	mS/m	62,2
* E. coli	Colilert Quanti-Tray		mpn/100 ml	<1
* Kolimuot. bakteerit	Colilert Quanti-Tray		mpn/100ml	<1

* Näyte on tutkittu akkreditoidulla menetelmällä

Analyysi on teetetty alihankintana

Lisätietoja antaa

mikrobiologi Tuula Laakso 0915613317

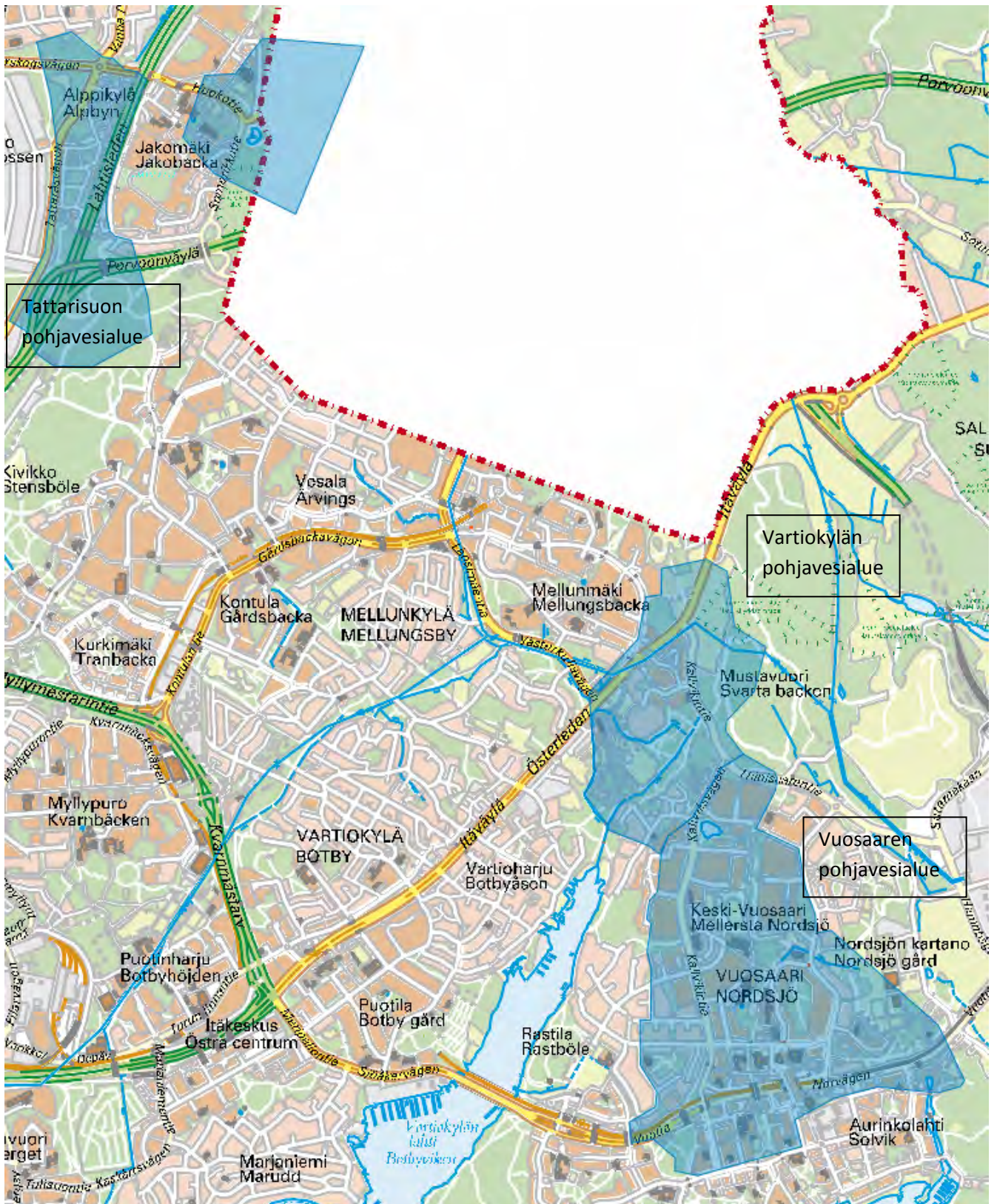
Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille.
Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.

Liite 2. Vertailuaineiston alkuperäiset tulokset aikasarja.				
	kloridi mg/l			
	Tattarisuo ottamo	Vuosaari Huvilamäki	Vuosaari Hautala ottamo	Vartiokylä ottamo
1959	7,00			
1961	17,00			
1963	18,10			
1966	21,40		6,00	
1967		5,80	5,60	
1968	35,00			
1969		13,00	17,00	
1971		15,00	24,00	
1973		19,50	27,00	
1974	35,00		30,50	
1977		28,50		
1978				36,00
1979	50,50	22,50		32,00
1980	53,50	23,00		34,50
1981	57,00	23,50		36,50
1983	47,00			38,00
1984	67,00			38,00
1985		21,00		
1986	64,00	21,00	27,00	35,00
1987	62,00	23,00	24,00	34,00
1988	57,00	17,00	14,00	28,00
1990	95,00	27,40		40,00
1991	109,00	25,40	24,10	31,80
1992	111,00	25,40	10,50	24,90
1993	100,00	31,00	7,50	23,00
1994	109,70	31,00	14,50	21,60
1995	98,00	29,00	12,00	31,00
1996	115,00	29,30	26,40	34,20
1997	109,00	33,00	22,00	29,00
1998	100,00	33,00	56,00	31,00
1999	87,00	41,00	40,00	31,00
2000	130,00	24,00	45,00	28,00
2001	120,00	48,00	42,00	45,00
2002	100,00	54,00	43,00	46,00
2003	140,00	47,00	50,00	49,00
2004	140,00	58,00	41,00	45,00
2005	120,00	65,00	44,00	53,00
2006	120,00	51,00	52,00	53,00
2007	130,00	61,00	41,00	54,00
2008	100,00	64,00	42,00	47,00

	sähkönjohtavuus mS/m			
	Tattarisuo ottamo	Vuosaari Huvilamäki	Vuosaari Hautala ottamo	Vartiokylä ottamo
1959	9,1			
1961	10,9			
1963	12,8			
1966	14,5		16,9	
1967		12,4	15,3	
1968	18,3			
1969		17,5	23,6	
1971		20,9	29,0	
1973		23,7	34,2	
1974	31,3		37,2	

1977		27,9		
1978				30,1
1979	31,2	26,1		31,2
1980	33,9	28,8		30,0
1981	30,6	27,5		29,3
1982	31,2	28,8	30,4	30,4
1983	27,4	29,3	31,9	20,0
1984	32,6	28,5	25,6	31,3
1985			25,0	27,4
1986	40,1	33,4	48,1	36,2
1987	39,6	34,5	47,4	36,7
1988	40,7	34,6	38,5	35,4
1989	45,0	34,0	45,0	34,0
1990	52,0	33,4		34,3
1991	25,4	33,9	47,8	34,2
1992	55,0	35,8	35,8	39,7
1993	51,0	34,8	26,0	38,4
1994	58,1	35,4	27,8	39,7
1995	56,0	34,3	28,2	36,1
1996	58,1	33,6	33,2	35,7
1997	47,8	32,8	36,4	36,8
1998	54,7	35,0	83,5	32,9
1999	48,7	33,9	55,4	36,3
2000	58,3	37,2	57,9	35,2
2001	51,6	37,2	55,6	34,0
2002	54,3	42,7	61,0	39,5
2003	63,3	39,0	61,2	36,4
2004	60,8	42,3	55,1	35,5
2005	62,5	50,6	60,4	41,3
2006	56,9	43,8	63,1	40,1
2007	57,2	49,4	54,7	39,6
2008	50,1	51,0	56,6	38,2

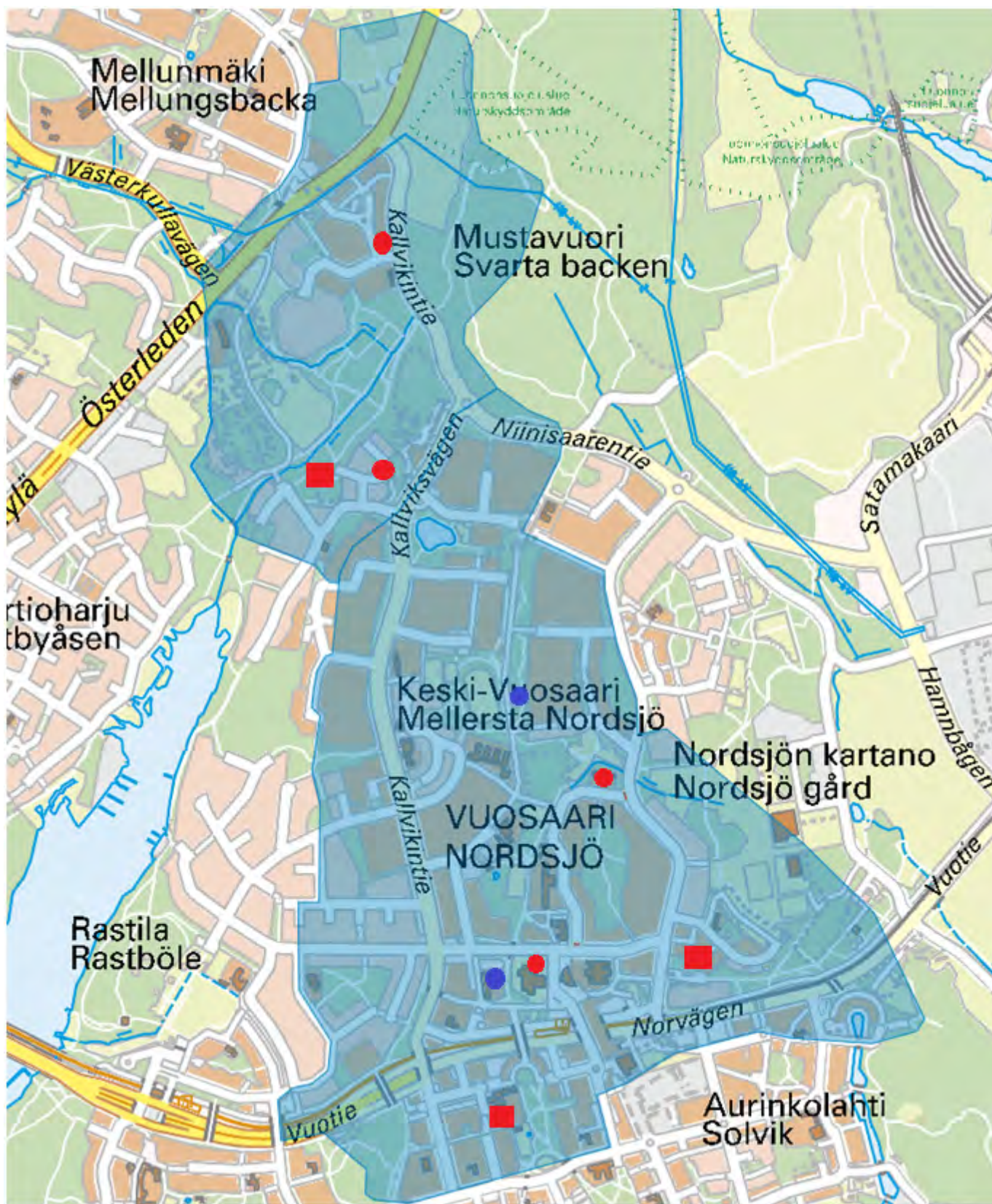
Liite 3. Kartat tutkimusalueista.



Kartta 1. Helsingin ensimmäisen luokan pohjavesialueet. Lisäksi kartassa näkyy Vantaalta Helsingin puolelle ulottuva Fazerilan pohjavesialue, jota ei käsitellä tässä tutkimuksessa.



Kartta 2. Tattarisuon pohjavesialue. Ottamo merkitty neliöllä ja näytteenottoputket ympyröillä. Punaiset ympyrät ovat pohjoisesta 11399/09P ja 11399/05P (tutkimusaineisto 2008 ja vertailuaineisto vuosi 2010) ja sininen 11399/10P (vertailuaineisto vuosi 2013).



Kartta 3. Vartiokylän ja Vuosaaren pohjavesialueet. Ottamot merkitty neliöillä ja näytteenottoputket ympyröillä. Neliöt pohjoisesta Vartiokylän ottamo, Huvilamäen ottamo ja Hautalan ottamo. Punaiset ympyrät ovat pohjoisesta 11154/01P, 109797/02P, 11329/01P ja 4997/02P (tutkimusaineisto 2008 ja vertailuaineisto vuosi 2010) ja siniset 6125/12 ja 10146/02P (vertailuaineisto vuosi 2013).

KUVAILULEHTI / PRESENTATIONSBLAD / DOCUMENTATION PAGE

Julkaisija Utgivare Publisher	Helsingin kaupungin ympäristökeskus Helsingfors stads miljöcentral City of Helsinki Environment Centre	Julkaisuaika/Utgivningstid/ Publication time Helmikuu 2014/ Februari 2014/ February 2014
Tekijä(t)/Författare/Author(s)	Johanna Airola	
Julkaisun nimi Publikationens titel Title of publication	Helsingin I-luokan pohjavesialueiden vedenlaatu 2008 Vattenkvalitet i Helsingfors grundvattenområden av klass I år 2008 Water quality in the class I groundwater basins of Helsinki in 2008	
Sarja Serie Series	Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja Helsingfors stads miljöcentral's publikationer Publications by City of Helsinki Environment Centre	Numero/Nummer/No. 2/2014
ISSN 1235-9718	ISBN 978-952-272-639-1	ISBN (PDF) 978-952-272-640-7
Kieli Språk Language	Koko teos / Hela verket / The work in full Yhteenveto/Sammandrag/Summary Taulukot/Tabeller/Tables Kuvatestit/Bildtexter/Captions	fin fin fin fin
Asiasanat Nyckelord Keywords	pohjavesi, vedenlaatu, ympäristölaatu, pohjavesidirektiivi, kloridipitoisuus grundvatten, vattenkvalitet, miljö kvalitetsnorm, grundvattendirektiv, kloridhalt groundwater, water quality, environmental quality standard, groundwater directive, chlorinity	
Lisätietoja Närmare upplysningar Further information	vs. ympäristötarkastaja Johanna Airola Puh./tel. 09 310 31995 Sähköposti/e-post/e-mail: johanna.airola@hel.fi	
Tilaukset Beställningar Distribution	Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Asiakaspalvelu PL 500, 00099 Helsingin kaupunki Helsingfors stads miljöcentral, Kundtjänst PB 500, 00099 Helsingfors stad City of Helsinki Environment Centre, Customer Service P.O. Box 500, FIN-00099 CITY OF HELSINKI Puh./tel. +358-9-310 1635 Sähköposti/e-post/e-mail: ymk@hel.fi	

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2013

1. Hämäläinen, A. Jäähdytettyjen ruokien hygieeninen laatu 2012
2. Öjst, H. Sushin mikrobiologinen laatu vuonna 2012
3. Saarijärvi, P., Riska, T., Mäkelä, H.-K., Laine, S. Voileipätytteiden mikrobiologinen laatu Helsingissä 2011
4. Summanen, E. Ympäristönsuojelumääräysten noudattaminen rakennustyömailla Helsingin kaupungin alueella
5. Borgström, O. Myymälöiden palvelumyynnissä olevien sellaisenaan syötävien elintarvikkeiden mikrobiologinen laatu Helsingissä vuosina 2010 ja 2011
6. Kupiainen, K., Ritola, R. Nastarengas ja hengitettävä pöly. Katsaus tutkimuskirjallisuuteen.
7. Männikkö, J. - P., Salmi, J. Ympäristövyöhyke Helsingissä ja eräissä Euroopan kaupungeissa vuonna 2012
8. Vahtera, E., Hällfors, H., Muurinen J., Pääkkönen J.-P., Räsänen, M. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuonna 2012. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu
9. Meriläinen, M.-K. Ravintoloiden riisin ja lihan hygieeninen laatu Helsingissä 2011
10. Pakarinen, R. Helsinkiläisten kattolokit ja valkoposkihanhet
11. Harjuntausta, A., Kinnunen, R., Koskenpato, K., Lehikoinen, P., Leppänen, M., Nousiainen, I. Valkoposkihanhasta aiheutuvien haittojen lieventäminen
12. Espoon seudun ympäristöterveys, Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, Vantaan ympäristökeskus ja Metropolilab Oy. Elintarvikehuoneistoissa käytettävän jään hygieeninen laatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2012
13. Pynnönen, P. Vanhankaupunginlahden sudenkorentoselvitys 2012
14. Mattero, E. Selvitys Helsingin kaupungin ympäristöpolitiikan toimeenpanosta
15. Salminen, P. Helsingin, Lahden ja Turun kaupunkien vertaisarvio ilmastopolitiikasta ja hulevesien hallinnasta
16. Natural Interest Oy. Palmian catering-palvelujen hiilijalanjälki
17. Pellikka, K. Helsingin lähteet
18. Pahkala, E., Viiru, J. Pizzatäytteiden hygieeninen laatu Helsingissä 2012–2013
19. Mattila, J., Rastas, T. Yleisten uimarantojen hygieniä, uimavesiluokitus ja kuluttajaturvallisuus Helsingissä vuonna 2013
20. Mikkola-Roos, M., Rusanen, P., Haapanen E., Lehikoinen A., Pynnönen P., Sarvanne, H. Helsingin Vanhankaupunginlahden linnustonseuranta 2012. Vuosien 2000–2012 yhteenveto
21. Pitkänen, E., Haahla A., Määttä A., Kokkonen J., Kontkanen, O. Helsingin kaupungin meluntorjunnan toimintasuunnitelman tarkistus 2013

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2014

1. Reko, T. Tapahtuman hiilijalanjäljen laskennan rajausta
2. Airola, J. Helsingin I-luokan pohjavesialueiden vedenlaatu 2008