



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jussi Vierimaa

POHJAVEDEN KOKONAIS- JA  
LIUKOISTEN  
METALLIPITOISUUKSIEN EROT

Kokkolan Patamäen pohjavesialueella

Tekniikka  
2016

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jussi Vierimaa
Opinnäytetyön nimi	Pohjaveden kokonais- ja liukoisten metallipitoisuuksien erot
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	30
Ohjaaja	Riitta Niemelä

---

Työssä tutkitaan Kokkolan Patamäen pohjavesialueen kiinteitä ja liukoisia metallipitoisuuksia, koska alueella on pidemmän ajan ollut korkeat metallipitoisuudet.

Alueen pohjavesiputkista otettuja näytteitä verrataan kokonaispitoisuuksien ja liukoisten pitoisuuksien välillä sekä niiden suhdetta pH-arvoon ja sameuteen. Näytteitä otettiin vuoden 2014 keväällä ja syksyllä 11 eri putkesta. Tuloksia verrataan valtioneuvon asetukseen vesienhoidon järjestämisestä 30.11.2006/1040, joka on ympäristölaatumnormi ja siitä käytetään lyhennettä EQS-arvo.

Vuoden 2014 näytteistä voidaan havainnoida paljon EQS-arvon ylityksiä eikä varsinaista yhteyttä sameuteen ja pH-arvoon. Seuranta on parasta jatkaa suodatetuille näytteille, koska EQS-arvot ovat määritetty suodatetuilla näytteillä.

## ABSTRACT

Author	Jussi Vierimaa
Title	Difference between total Metal and Dissolved Metal Concentrations in groundwater
Year	2015
Language	Finnish
Pages	30
Name of Supervisor	Riitta Niemelä

---

In this thesis the dissolved and total metal concentrations in the groundwater basin of Patamäki in the City of Kokkola were studied. The area has had high concentrations of metals in the groundwater for a long period of time.

The samples taken from the groundwater are analyzed in a lab and the concentrations of metals were compared with the pH-value and turbidity of the sample. The samples were taken from 11 different spots during both the spring and fall of 2014. The results were compared with the environmental quality standard which is also known as the EQS-value.

Of the samples taken in the year 2014, a lot of samples went over the EQS-value and there was no connection between the turbidity and the pH-value. It is still suggested that the monitoring of the groundwater is continued with filtered samples for a good comparison to the EQS-values which are from filtered samples, as well.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	POHJAVESI JA SEN YMPÄRISTÖ.....	7
	2.1 Kokkolan Patamäen pohjavesialue .....	7
	2.2 Yleistä alueesta .....	8
3	POHJAVEDEN SUOJELU .....	10
	3.1 Yleistä .....	10
	3.2 Saastumisen ennaltaehkäisevä toiminta.....	10
	3.3 Pohjaveden luokitus .....	10
	3.3.1 Luokka I, tärkeä pohjavesialue .....	11
	3.3.2 Luokka II, Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue.....	11
	3.3.3 Luokka E, muu pohjavesialue .....	11
	3.4 Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat .....	11
4	POHJAVESINÄYTTEENOTTO.....	13
	4.1 Näytteenoton yleisperiaatteet.....	13
	4.2 Näytteenottohenkilöstö .....	13
	4.3 Laitteisto .....	13
	4.4 Näytteiden kestäväointi .....	13
5	NÄYTTEIDEN OTTO .....	15
	5.1 Näytteeotto kentällä .....	15
	5.2 Havaintoputket.....	17
6	TULOKSET .....	18
	6.1 Mittaustulokset ja laatuvaatimukset.....	18
	6.2 Aikaisemmat pitoisuudet .....	19
	6.3 Nikkeli.....	20
	6.4 Alumiini .....	21

6.5 Koboltti .....	23
6.6 Sinkki .....	24
7 TULKINTA .....	27
8 JATKOTOIMENPITEET.....	28
LÄHTEET.....	29

## 1 JOHDANTO

Kokkolassa Patamäen pohjavesialueella on vuodesta 2009 asti tehty pohjaveden yhteistarkkailua, johon tämä opinnäytetyö perustuu. Vuonna 2013 yhteistarkkailuraportin tulosten pohjalta päätettiin tehdä erikoisanalyysijä, joiden avulla selvitetäisiin liukoisten ja kiinteiden metallipitoisuuksien erot, jotta saataisiin tarkempi kuva metallien esiintymisestä pohjavedessä. Patamäen pohjavesialue sijaitsee harjujaksolla, joka kulkee Kokkolasta Veteliin asti. Patamäen pohjavesialue on luokiteltu I-luokan pohjavesialueeksi ja toimii Kokkolan raakavesilähteenä.

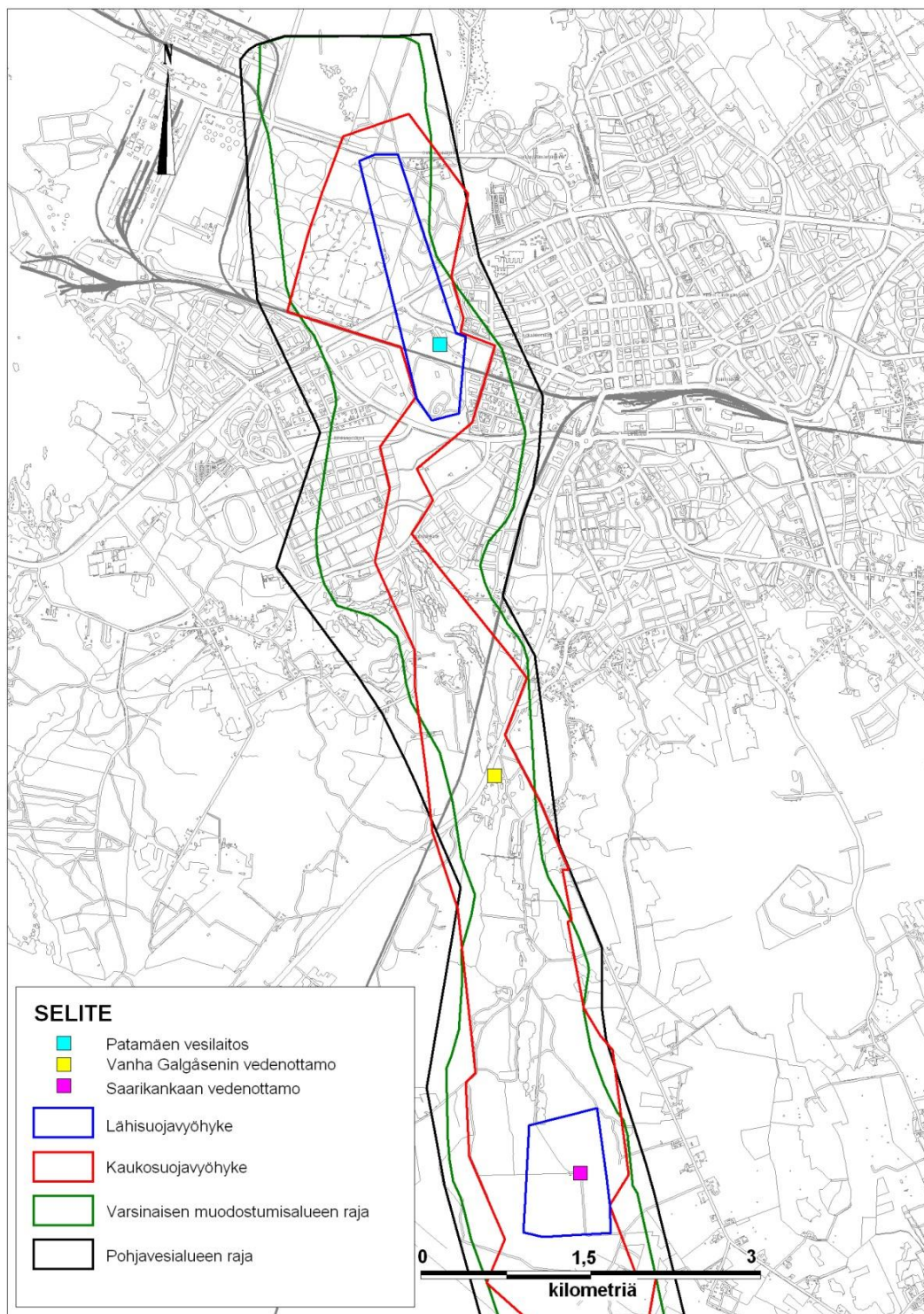
Näytteet haettiin ja analysoitiin Rambollin toimesta keväällä ja syksyllä 2014. Näytteitä haettiin noin 40 eri putkesta joista tehdyt analyysit vaihtelivat kunkin toimijan lupamääräysten, tarpaiden ja riskiarvion mukaan. Alueen havaintoputkista valittiin kymmenen, josta tehtiin erikoisanalyysit (sinkki, koboltti, alumiini, nikkeli) suodatettuna ja suodattamattomana. Tuloksia verrataan pohjaveden ympäristölaatuunormeihin jotka ovat valtioneuvoston asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä (341/2009 liite 7) joista käytetään lyhennettä EQS-arvo.

## **2 POHJAVESI JA SEN YMPÄRISTÖ**

Pohjavesi on maa- tai kallioperään suodattunutta ja varastoitunutta sadetta ja lumen sulamisvettä. Pohjavettä muodostuu alueilla, joiden maaperä on hyvin läpäisevää, kuten hiekka- ja moreenimaat. Pohjavesimuodostuma on maa- tai kallioperävyöhyke joka on pohjaveden kyllästämä ja hyvin vettä johtava, ja josta vettä voidaan pumpata käyttökelpoisia määriä. Pohjavesi on uusiutuva luonnonvara ja Suomessa on noin 6350 pohjavesialuetta, joissa muodostuu yhteensä noin 5,4 miljoonaa kuutiota pohjavettä päivittäin. Suomen pohjavesistä noin 10 % muodostuvasta pohjavedestä on käytössä. Pohjavesimuodostumia käyttää noin 1600 vesilaitosta. Vesilaitoksien lisäksi vesiosuuskunnat käyttävät pohjavettä ja noin 10 % väestöstä käyttää oman kaivon vettä. Julkisista vesilaitoksista noin 60 % käyttävät pohjavettä ja loput pintavettä vedentuotantoon. Pohjavettä voidaan muodostaa myös keinotekoisesti sadettamalla pumpattua vettä suodattavan kerroksen pinnalle josta se imeytyy pohjavedeksi. (GTK 7.11.2015)

### **2.1 Kokkolan Patamäen pohjavesialue**

Pohjavesialue, suojavaöhykkeet ja vedenottamot näkyvät kuvassa 1. Patamäen pohjavesialueelle sijoittuu neljä pienteollisuusaluetta, kaksi hautausmaata, pääteitä ja rautatietä. Rautatietä ja pääteitä pitkin kulkee paljon liikennettä jonka, seassa kulkee kemikaali- ja polttoainekuljetuksia. (Virtanen, Sillanpää, Aaltonen 2015)



**Kuva 1.** Kokkolan Patamäen pohjavesialue ja vedenottamot (Virtanen ym. 2015)

## 2.2 Yleistä alueesta



Patamäen pohjavesialue on pääosin hiekkamaata, joka on muodostunut jääkauden jälkeisestä sulamisesta. Pohjanmaalle tyypillisenä maaperänä alue koostuu kerrostuneesta hienosta maalajeista, kuten hiekasta ja savesta. Savi sisältää yleisesti paljon alumiiniumoksiidia. (Eriksson, Dahlin, Nilsson, Simonsson 2011)

### **3 POHJAVEDEN SUOJELU**

#### **3.1 Yleistä**

Pohjaveden suojelua ohjaavat pääasiassa ympäristönsuojelulaki (527/2014) ja –asetus (1299/2004) sekä vesilaki (587/2011). Suojelun merkittävänä perustana ovat pilaamiskielto ja vesilain lukujen 3 ja 4 mukaiset pohjaveden muuttamisen kieltävät lait sekä ympäristönsuojelulain ja vesilain mukainen lupajärjestelmä. Pilaantuminen voi olla tahallista tai tahatonta toimintaa. Jos pilaantumisen aiheuttaa pohjaveden terveydellisen laadun heikkeneminen, puhutaan pohjaveden saastumisesta. Pohjaveden suojelun tärkein tehtävä on ennaltaehkäistä pohjaveden pilaantuminen. Pohjavesialueille voidaan myös laatia erilliset suojelusuunnitelmat tai suoja-alue suunnitelmat luokituksen lisäksi. Kokkolan Patamäen pohjavesialueen suojelusuunnitelma on tehty vuoden 2014 aikana. Suojelusuunnitelmat rajoittavat maan käyttöä ja ohjaavat alueella tapahtuvaa toimintaa sekä täydentävät suojelumääräyksiä pohjavesialueella. (Kokkolan Patamäen pohjavesialueen suojelusuunnitelma 2014)

#### **3.2 Saastumisen ennaltaehkäisevä toiminta**

Saastumisen ennaltaehkäisevää toimintaa on mahdollisten pilaantumislähteiden sijaintien kartoitus ja mahdollisten riskitoimintojen ohjaus alueen ulkopuolelle. Tärkeää ennaltaehkäisevää toimintaa on pohjavesialueiden merkitseminen luontoon jotta tietoisuus alueesta paranee. Yleinen valistus ja ohjeiden antaminen on tärkeää suojelun kannalta, jotta kaikki voivat omalla toiminnallaan suojella pohjavettä.

#### **3.3 Pohjaveden luokitus**

Suomessa luokitellaan pohjavesialueita jotta pysyttäisiin paremmin selvillä niiden käyttökelpoisuudesta ja hydrogeologisista ominaisuuksista. Luokitukset tuovat paremman suojelun kuin mitä laki. Luokitukset tukevat pohjaveden käyttömahdollisuuksia ja jaotellaan tärkeisiin, vedenhankintaan soveltuviin ja E-

luokan pohjavesialueisiin. (Britschgi, Antikainen, Ekholm-Peltonen, Hyvärinen, Nylander, Siiro & Suomela 2009, 31)

### **3.3.1 Luokka I, tärkeä pohjavesialue**

Luokka I on vedenhankintaan tärkeä pohjavesialue, joka on käytössä tai tullaan ottamaan käyttöön yhdyskunnan vedenhankintaan enemmän kuin 10 m<sup>3</sup> vuorokaudessa tai yli 50 ihmisen tarpeisiin. (Finlex 10 b § 19.12.2014/1263)

### **3.3.2 Luokka II, Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue**

Luokka II on muuhun vedenhankintakäyttöön soveltuva pohjavesialue, joka on ominaisuuksiensa perusteella luokkaa I, mutta ei ole käytössä taloudellisista syistä. (Finlex 10 b § 19.12.2014/1263)

### **3.3.3 Luokka E, muu pohjavesialue**

Luokkaan E kuuluvat pohjavedestä riippuvaiset pintavesi- ja maaekosysteemit, jotka ovat lainsäädännön perusteella suojeltuja. Näitä ekosysteemejä ovat mm. Natura-verkostoon kuuluvat pinta- ja pohjavesistä riippuvaiset luontotyypit. Tyypilliset ekosysteemit johon E-luokitus vaikuttaisi, olisivat lähteet ja suoalueet. Luokka E korvaa vanhan luokan III joka oli pohjavesiluokitus alueelle joka vaatii vielä lisätutkimuksia, jotta voidaan selvittää onko se vedenhankintaan soveltuva alue. (Finlex 10 b § 19.12.2014/1263)

## **3.4 Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat**

Suojelusuunnitelman avulla pyritään rajoittamaan muuta maankäyttöä. Suunnitelma on ohje, jota hyödynnetään maankäytössä ja viranomaisvalvonnassa. Suojelusuunnitelma voidaan laatia mille tahansa pohjavesialueelle, myös luokille II ja E. Ympäristöviranomaisten tavoitteena on suojelusuunnitelmien laatiminen riskialueiksi luokitelluille tärkeille pohjavesialueille. Suojelualuesuunnitelmassa selvitetään alueen hydrologiset ominaisuudet ja riskikohteet sekä laaditaan toimenpidesuosituksukset oleville ja tuleville toimijoille. Ensisijaisena toimintana on sijoittaa uudet riskikohteet pohjavesialueen ulkopuolelle. Suojelusuunnitelman

laatijana toimivat pääasiassa kunnat ja vedenottajat, mutta laadintaan voivat osallistua myös alueen toiminnan harjoittajat ja ELY-keskus. (ympäristö.fi)

## **4 POHJAVESINÄYTTEENOTTO**

### **4.1 Näytteenoton yleisperiaatteet**

Pohjavesinäytteiden tulee olla alueelle edustavia. Yleisesti näytteet otetaan pohjavesiputkesta, mutta näytteitä voidaan ottaa myös pohjavesikaivoista, lähteistä ja lammikoista. Ensisijaisesti näytteet otetaan Patamäen yhteistarkkailun putkista pumpulla. Tarvittaessa näytteenotossa käytetään noutimia, mikäli putken antoisuus on heikko. (SY48/2008)

### **4.2 Näytteenottohenkilöstö**

Pohjavesinäytteiden edustavuus on pääasiassa näytteenottajan ammattitaidosta riippuva. Näytteenottajalla tulisi olla koulutus sekä kokemusta näytteiden ottamisesta. Suomen ympäristökeskus hyväksyy toimijan näytteenottajaksi. Hyväksymisen edellytyksenä on, että toimijalla on haetun pätevyysalueen kannalta riittävät tekniset toimintaedellytykset ja kirjallinen laatujärjestelmä, johon sisältyy tulosten luotettavuuden kannalta riittävä laadunvarmistus. Lisäksi henkilökunnalla on oltava tehtävän edellyttämä koulutus ja pätevyys. (Finlex 209§ 27.6.2014/527)

### **4.3 Laitteisto**

Pohjavesinäytteitä varten käytettävään laitteistoon vaikuttaa havaintoputken kunto, rakenne ja veden tuotto, näytteenottosyvyys ja tutkittavat parametrit. Näytteenottovälineiden tulee olla puhtaita näytteen häiriintymisen estämiseksi. Pääasiallisesti näytteitä otetaan pumppua käyttäen, mutta tarvittaessa näytteitä otetaan noutimella. Näytteitä otettaessa käytetään pääasiassa kevyitä käsi- tai moottorikäyttöisiä imupumppuja. (SY48/2008)

### **4.4 Näytteiden esikäsittely ja kestäväinti**

Vesinäytteiden suodatus on eniten käytetty menetelmä liuenneiden ja kiinteiden aineiden erottamisessa. Yleisimmin käytetty suodatin on 0,45µm membraanisuo-datin. Näytteenotto on tärkein vaihe näytteiden käsittelyssä, koska

siinä tehtyjä virheitä ei voi jälkikäteen korjata. Analyysin kokonaisvirheestä yli puolet syntyy näytteenoton yhteydessä tapahtuneista virheistä ja varsinaisessa laboratorioanalyysissä virheiden osuus on hyvin pieni. Näytteiden laimentaminen vaikuttaa aina moninkertaisesti siihen miten tarkka analyysi on. Mitä enemmän näytettä joudutaan laimentamaan analyysia varten, niin samassa suhteessa suurenee näytteet virhe. Vesinäytteiden kestäväointi kemikaaleilla estää näyteaineiden saostumisen tai muun kemiallisen muutoksen ennen laboratorioanalyysiä. Kaikki esikäsittely tulisi aina tehdä mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen. Kestäväointiaineet ovat kuitenkin myös riski näytteenotossa, sillä ne voivat kontaminoida näytteet helposti. (Virkanen, Reijola, Vaahtojärvi 2014)

#### **4.5 Mikroaalto- ja happohajotus**

Mikroaaltouuneja käytetään epäorgaanisissa analyyseissä näytteiden hajotukseen ja liuotukseen niiden nopeuden ja automatisoinnin takia. Mikroaaltohajotuksen tarkoitus on saada kiinteä aine liukenemaan veteen, jotta saadaan tarkempi tehtyä tarkempi analyysi. Mikroaaltouunissa tapahtuvan märkäpolton muita etuja on kontaminaation riskin vähentyminen, pienemmät kulut ja parempi haihtuvien aineiden saanto. (Moody, John, Beck, 1997)

Happohajotuksella pyritään saamaan kaikki kiinteä aine liukenemaan näytteeseen ja samalla hidastamaan näytteessä tapahtuvia mikrobiologia muutoksia. Metallinäytteiden kohdalla tärkeintä on estää näytteessä olevia metalleja tarttumasta säilytysastian pintoihin. (Patanaik, P. 2010)

## 5 NÄYTTEIDEN OTTO

### 5.1 Näytteenotto kentällä

Näytteenotosta vuonna 2014 vastasi Ramboll ja näytteet toimitettiin heidän Lahdessa sijaitsevaan laboratorioonsa. Näytteitä otettiin pääasiallisesti sähkömoottorisella uppopumpulla (**Kuva 2 ja 3**). Pumppu ei kuitenkaan mahtunut jokaiseen putkeen, joten kertakäyttöistä noudinta oli käytettävä tuolloin.

Keväällä näytteenottajina toimi Rambollin työntekijöitä, jossa toimin avustajana, kun taas syksyllä ainoastaan Rambollin työntekijät olivat ottamassa näytteitä. Kaikki näytteet pakattiin kylmälaukkuihin jossa oli kylmävaraajia ja päivän päätteeksi ne lähetettiin Matkahuollon kautta Rambollin laboratorioon Lahteen, jonne ne saapuivat seuraavana aamuna. Näytteet joista määritettiin liukoinen pitoisuus, suodatettiin paikan päällä 0,45 µg/l kalvosuodattimella.

Vesinäytteet otettiin havaintoputkesta kun, vettä oli ensiksi pumpattu ulos, kunnes vesi kirkastui. Pumppaus ennen näytteenottoa kesti, mikä oli yleensä noin 15-20 min/putki. Mikäli putki oli liian pieni pumppua varten, käytettiin pohjavesinoutimia. Antoisuudeltaan vähäiset putket tyhjennettiin etukäteen ja näyte otettiin seuraavana päivänä tai kahden päivän kuluttua.



**Kuva 2.** Sähkömoottorinen uppopumppu ( Kuva: Jussi Vierimaa 2014)

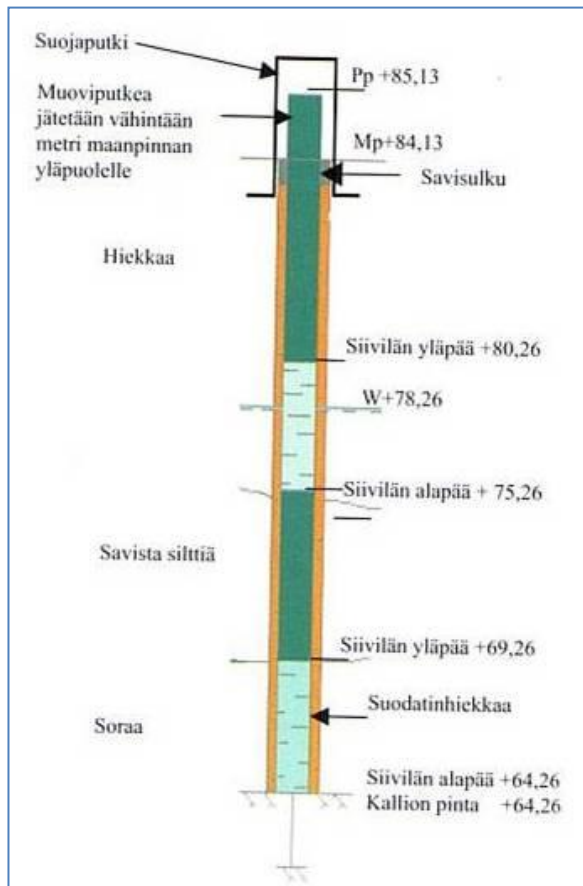


**Kuva 3.** Kertakäyttöinen pohjavesinoudin (SY48/2008)



## 5.2 Havaintoputket

Näytteitä otettiin pääasiassa muovisista pohjavesiputkista. Havaintoputkien syvyydet mitattiin ennen näytteiden ottoa ja näytteet otettiin selvästi pohjan yläpuolelta. Putkien syvyydet vaihtelivat muutamasta metristä aina mittanauhan maksimin, 15m, yli. Kuvassa 4 näkyy tyypillisen pohjavesiputken rakenne.



**Kuva 4.** Havainnekuva pohjavesiputken rakenteesta. (Aspholm, J. Ympäristönäytteenottajien henkilösertifiointiin tähtäävä koulutus. Luentomateriaali. Pietarsaari 14.6.2006)

## 6 TULOKSET

### 6.1 Mittaustulokset ja laatuvaatimukset

Sosiaali- ja terveysministeriön asettamat laatuvaatimukset ja -suositukset vesilaitokselta lähtevälle talousvedelle annettuja arvoja on käytetään tässä työssä. Alla olevassa taulukossa on lueteltu tutkittujen näytteiden analyysitulokset sekä niille asetetut suositukset. Tuloksia verrataan ympäristölaatunormiin joka on valtioneuvoston asetuksesta 30.11.2006/1040 otettu ja lyhennetty EQS-arvo. Tuloksia verrataan myös sameuteen jonka arvo on NTU. Kaikki tulokset on taulukoituna **Taulukko 1.** ja koska osa tuloksista oli alle määritysrajan ja tulos on puolitettu, niin nämä tulokset ovat merkittynä keltaisena. Tulosten puolittaminen tarkoittaa, että määritysrajan alitus on tapahtunut ja tuolloin lukuarvona on käytetty määritysrajan puolikasta ja soveltuvuus erinäisiin käyttötarkoituksiin on käyttäjän vastuulla. (Finlex 30.11.2006/1040)

**Taulukko 1.** Erikoismääritykset vuonna 2014. Keltaisella merkityt tulokset ovat alle määrittysrajan ja tulos puolitettu taulukointiin. (Virtanen ym. 2015)

Pvm.	Hav. putki	Al	Al (liuk.)	Co	Co (liuk.)	Ni	Ni (liuk.)	Zn	Zn (liuk.)	Huom.		
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	sameus NTU	pH	Sähkönj. mS/m
	<b>Laatusuositus</b>	<b>200</b>	<b>200</b>									
	<b>EQS-arvo</b>			<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>60</b>	<b>60</b>			
21.5.2014	Vesi1108	1300	1300	85	85	44	44	940	940	2,3	4,6	6,9
8.10.2014	Vesi1108	970	940	76	73	42	44	930	900	1,2	4,8	7
20.5.2014	KoVo2							6400	5600	23	6	85,0
7.10.2014	KoVo2							3500	3500	14	5,9	86
19.5.2014	Vesi1106	920	900	46	41	17	15	430	410	14	5,9	12,0
8.10.2014	Vesi1106	330	350	6,6	6,5	<b>2,5</b>	2,8	27	27	1,7	6,1	6,2
19.5.2014	Vesi 573	96	<b>5</b>	0,24	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	190	68	280	5,9	32
9.10.2014	Vesi 573	21	6,2	<b>1</b>	<b>0,1</b>	22	<b>0,5</b>	<b>5</b>	<b>2,5</b>	110	6	33
19.5.2014	GTK 10	110	110	13	13	20	20	41	41	7,5	5,4	3,5
7.10.2014	GTK 10	360	75	10	9,8	15	14	21	21	19	5,9	4,6
19.5.2014	Vesi 111	110	49	11	11	11	11	54	54	29	6,4	31,0
8.10.2014	Vesi 111	44	30	8,6	8,6	8,4	8,2	24	24	16	6,5	29
19.5.2014	Vesi 112	140	140	30	28	38	36	89	86	6,3	6,1	24,0
8.10.2014	Vesi 112	91	91	24	24	29	29	82	82	1,1	6,1	26
19.5.2014	Vesi 805	44	<b>5</b>	1,6	1,5	3,3	3,2	5,2	5,2	33	6,4	21
6.10.2014	Vesi 805	480	26	3	2,7	8,6	7,6	18	14	100	6,5	21
19.5.2014	Vesi 9503	87	75	22	22	7,7	7,5	22	22	11	6,1	11,0
6.10.2014	Vesi 9503	1300	63	21	18	12	5,8	10	3,5	64	6,2	12
19.5.2014	GTK 27	130	32	0,43	0,33	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	1,1	1,1	29	6,1	18
6.10.2014	GTK 27	85	24	<b>1</b>	0,35	2,5	<b>0,5</b>	<b>5</b>	1,5	5,5	6,3	18
19.5.2014	GTK 1	880	690	44	44	48	48	290	290	17	5,4	15
9.10.2014	GTK 1	450	360	20	20	27	28	110	110	9,2	6,3	16

## 6.2 Aikaisemmat pitoisuudet

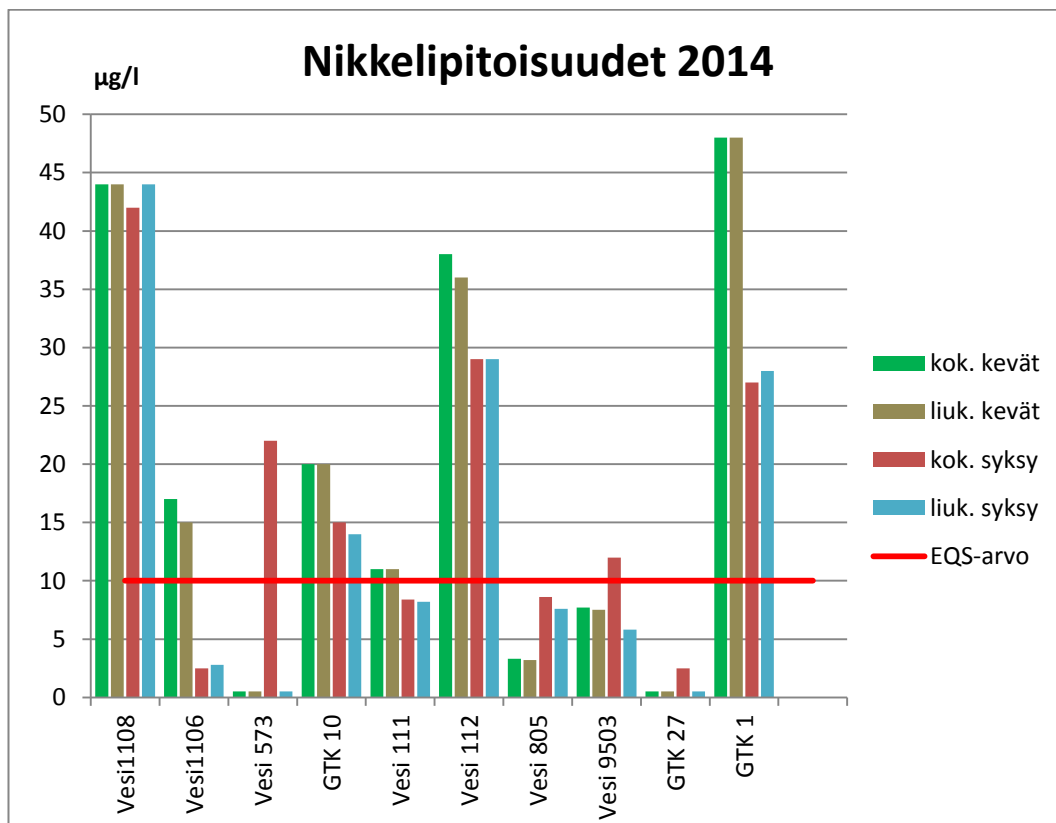
Taulukossa 2 on tutkittujen metallien taustapitoisuudet pohjavesissä sekä tutkitun alueen aikaisemmat kokonaispitoisuudet, tätä työtä käsittelevistä metalleista. (Soveri, Mäkinen, Peltonen, 2001.)

**Taulukko 2.** Aikaisemmat pitoisuudet ja taustapitoisuudet

	Kaikista Suomen pohjaviesiasemista tehdyt analyysit vuosina 1975-1997			Yhteistarkkailutulokset 2009-2013 pv-alueen sisäpuoli			Yhteistarkkailutulokset 2009-2013 pv-alueen ulkopuoli			
		yks.	ka	n	min	maks	ka	min	maks	ka
<b>Sähkönjohtavuus</b>		mS/m	6,43	5744	3,2	230	19,8	2,9	200	38,7
<b>Sameus</b>		NTU			0,1	820	48,75	0,1	610	63
<b>pH</b>			6,31	5870	4	11,9	6,01	4,1	7	6
<b>Alumiini</b>	Al	µg/l	156	4138	33	5700	982,9			
<b>Koboltti</b>	Co	µg/l			0,1	53	15,55	0,1	19,0	5,1
<b>Nikkeli</b>	Ni	µg/l	3,48	1895	0,5	55	18,5	1,2	28,0	8,55
<b>Sinkki</b>	Zn	µg/l	16,4	2092	0,5	2600	149,5	0,5	13000	662

### 6.3 Nikkeli

Nikkelipitoisuudet olivat putken Vesi573 syksyn tulosta lukuun ottamatta liukoisena. Putken Vesi573 syksyn kokonaispitoisuus oli 22 µg/l ja liukoinen pitoisuus alle määrittäysrajan 0,5 µg/l.

**Taulukko 3.** Nikkelipitoisuudet 2014

Putken Vesi573 näyte syksyllä ylitti EQS-arvon. Kevään näytteen sameus 280 NTU oli syksyn 110 NTU huomattavasti sameampi. Ainoastaan nikkelin kokonaispitoisuus 22 µg/l syksyllä oli yli määräysrajan, muuten nikkelpitoisuudet olivat alle määräysrajan.

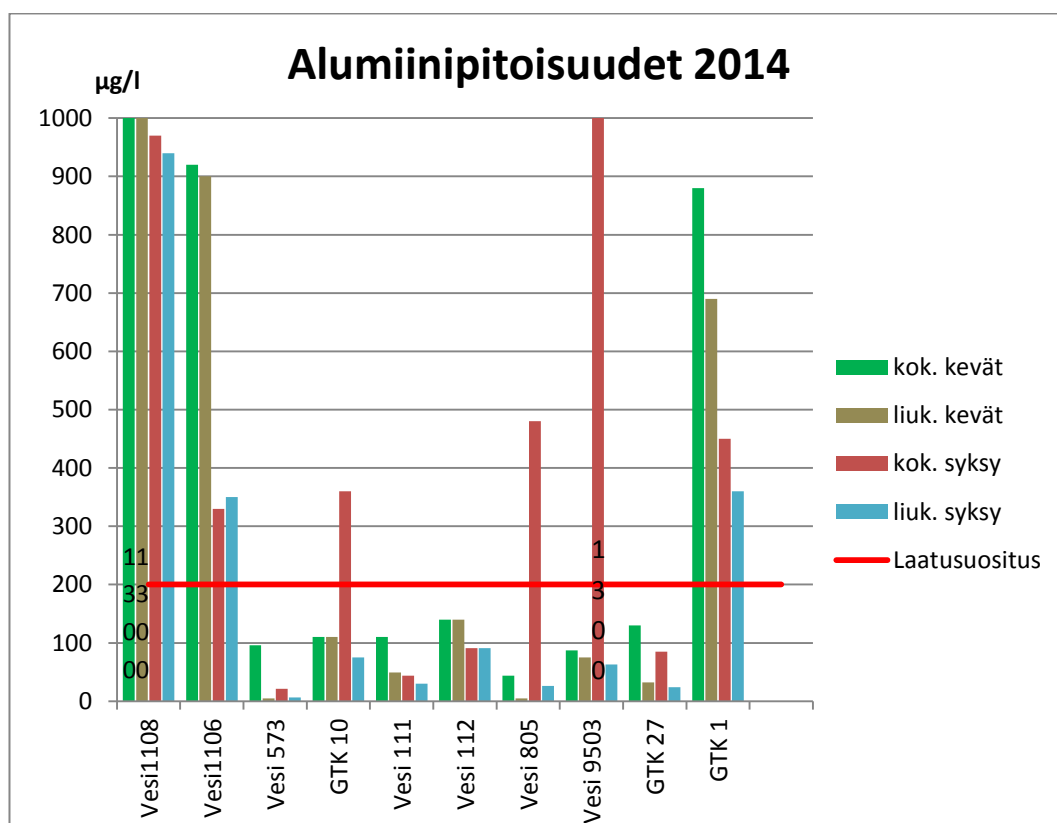
Putkien Vesi112, Vesi1108, GTK10 ja GTK1 näytteet ylittivät molemmilla näytteenotto-kerroilla nikkelin EQS-arvon 10 µg/l keväällä merkittävästi. Näytteet olivat keväällä pääasiassa sameampia kuin syksyllä. Vaikka pitoisuudet ylittivät EQS-arvon useassa näytteessä ja pitoisuudet olivat pääasiassa liukoisia. Kokonaispitoisuuden ja liukosen pitoisuuden erotus oli enimmäkseen vain muutama µg/l.

#### 6.4 Alumiini

Pohjavesinäytteiden alumiinipitoisuudet vaihtelivat huomattavasti putkesta riippuen. Suurimmat erot liukosen pitoisuuden ja kokonaispitoisuuden välillä

olivat putkien Vesi9503:n ja GTK1:n syksyn näytteissä ja Vesi805:n kevään näytteessä. Alumiinipitoisuudet ovat jokaisen putken kohdalla hyvin vaihtelevia. Laatusuosituksen 200 µg/l ylityksiä tapahtui molemmilla näytteenotto-kerroilla kolmessa putkessa jotka olivat Vesi1108, Vesi1106 ja GTK1. Näiden kolmen putken laatuvaatimuksen ylitykset olivat välillä 130-1100 µg/l. Erillisiä laatusuosituksen ylityksiä tapahtui syksyn näytteissä GTK10, Vesi805 ja Vesi9503. Putken Vesi9503 laatusuosituksen ylitys oli 1100 µg/l, putken Vesi805 280 µg/l ja putken GTK10 160 µg/l.

**Taulukko 4.** Alumiinipitoisuudet 2014



Putkesta Vesi9053 syksyllä otettu näyte sisälsi huomattavasti korkeamman kokonaispitoisuuden alumiinin osalta kuin liukoisen pitoisuuden osalta. Kevään pitoisuuserot olivat vain 12 µg/l, kun taas syksyllä ero oli 1237 µg/l. Näyte oli syksyllä hieman sameampi verrattuna kevään näytteeseen. Näytteen pH-arvo ja sähkönjohtavuus olivat kuitenkin samankaltaisia syksyllä ja keväällä.

Putken Vesi573 kevään pitoisuus ei ylittänyt laatusuositusta, mutta alumiinin liukoisen pitoisuuden ja kokonaispitoisuuden ero oli huomattavasti suurempi kuin syksyllä. Keväällä kokonaispitoisuus oli 93 µg/l ja liukoinen alle määritysrajan, kun taas syksyllä ero oli 14,8 µg/l.

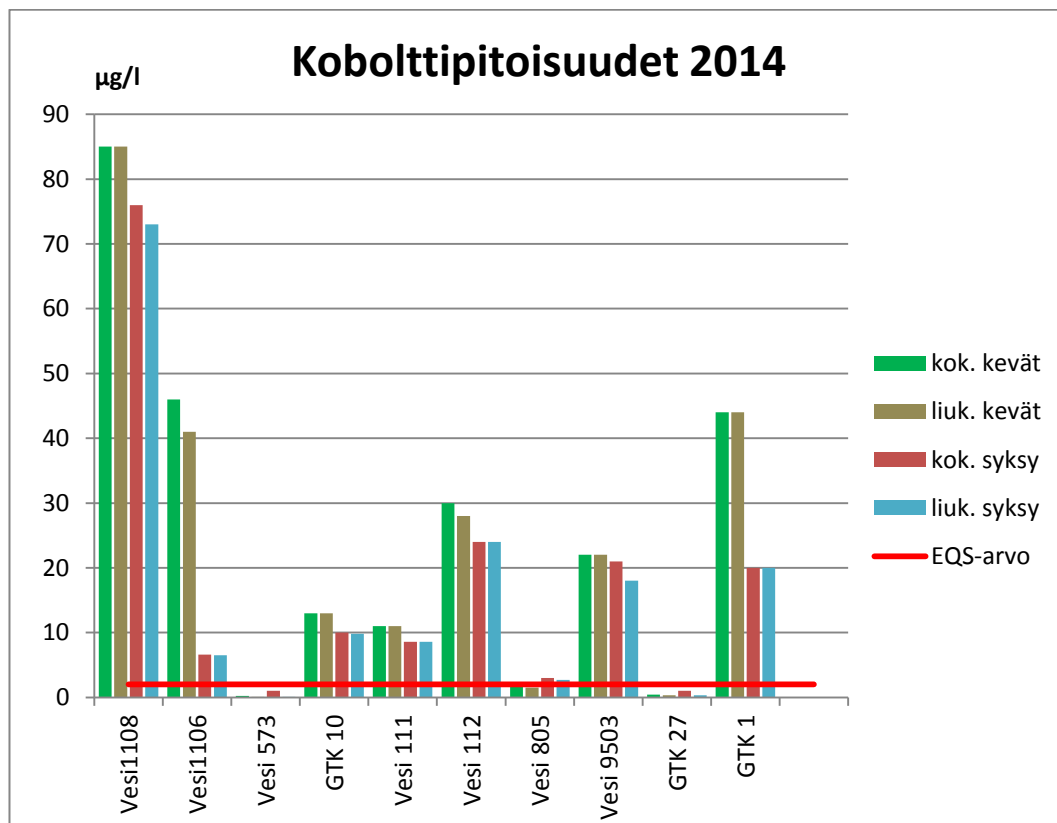
GTK10 putken syksyinen 180 µg/l alumiinia ylitti laatusuosituksen ja kokonaispitoisuuden ja liukoisen pitoisuuden välinen suhde on muuttunut huomattavasti kevään näytteestä. Kevään näytteessä ei ollut eroa kokonaispitoisuuden ja liukoisen pitoisuuden välillä, kun syksyllä ero oli 285 µg/l. Syksyn näyte on tämän putken tapauksessa sameampi.

Putken Vesi805 syksyinen näyte ylitti laatusuosituksen huomattavasti, 280 µg/l. Näytteen kokonaispitoisuus ja liukoinen pitoisuus olivat molemmat huomattavasti korkeammat kuin kevään näytteissä. Liukoinen pitoisuus oli keväällä alle määritysrajan ja syksyllä 26 µg/l. Kokonaispitoisuus oli 480 µg/l, joka on noin kymmenkertainen kevään 44 µg/l verrattuna. Näytteen sameus nousi huomattavasti kevään sameusarvosta 33 NTU syksyn arvoon 100 NTU, joka teki tästä yhden syksyn sameimmista näytteistä.

Sameuden kasvaessa näyttää myös alumiinipitoisuus kasvavan eteenkin kokonaispitoisuuksien osalta. Myös liukoisen pitoisuuden ja kokonaispitoisuuden ero kasvaa sameuden kasvaessa.

## 6.5 Koboltti

Kobolttipitoisuudet näytteissä olivat hyvin yhteneväisiä liukoisen- ja kokonaispitoisuuden välillä. Pieniä eroja on pitoisuuksissa, mutta ei merkittävää vaihtelua. Pitoisuudet olivat keväällä korkeammat kuin syksyllä. EQS-arvon ylityksiä tapahtui melkein kaikissa putkissa keväisin ja syksyisin. Putket GTK27, Vesi805 ja Vesi573 olivat poikkeuksia ja näissä putkissa ainoastaan syksyn näyte putkesta Vesi805 ylitti EQS-arvon. Näytteiden EQS-arvon ylitykset olivat välillä 2,7 µg/l - 85 µg/l. Putki Vesi805 kobolttipitoisuus oli ainoa joka ylitti vain toisena näytteenottokertana EQS-arvon. Vesi805 kobolttipitoisuus oli keväällä alle 2,0 µg/l, mutta syksyllä kokonaispitoisuus oli 3 µg/l ja liukoinen pitoisuus 2,7 µg/l.

**Taulukko 5.** Kobolttipitoisuudet 2014

Kobolttipitoisuuksia putkessa Vesi573 ei voida verrata keskenään, koska liukoinen pitoisuus oli alle määrittäysrajan keväällä ja molemmat näytteet alle määrittäysrajan syksyllä. Kokonaispitoisuuden kohonneeseen määrittäysrajaan on vaikuttanut happohajotus. Voidaan kuitenkin todeta kobolttipitoisuuksien olleen pieniä.

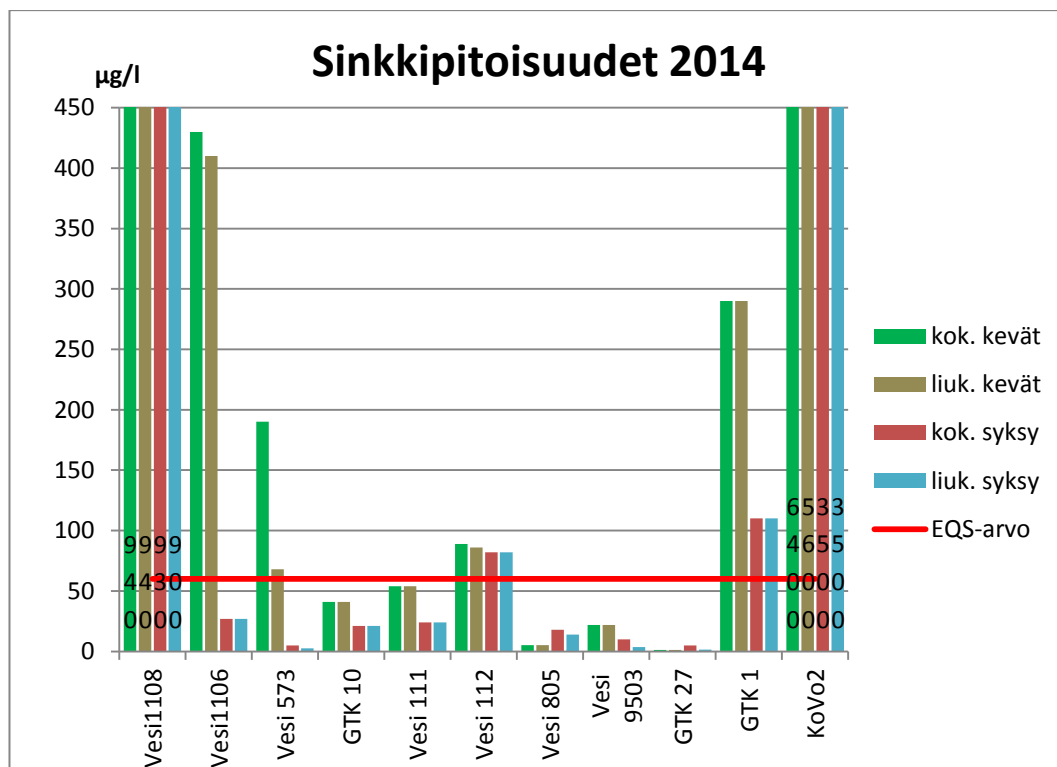
## 6.6 Sinkki

Sinkkipitoisuudet näytteissä olivat yhtä isoja kokonaispitoisuuksien ja liukoisten pitoisuuksien välillä. Poikkeuksia tähän olivat kevään näytteissä KoVo2, Vesi573 ja Vesi1106. Putken KoVo2 kevään kokonaispitoisuus oli 6400 µg/l ja liukoinen pitoisuus 5600 µg/l ja syksyllä kaikki sinkki oli liukoisena. Sinkin kokonaispitoisuus putkessa Vesi573 on 190 µg/l ja liukoinen 68 µg/l. Liukoinen pitoisuus ylittää juuri EQS-arvon, kun taas kokonaispitoisuus on EQS-arvoon verrattuna lähes kolminkertainen. Syksyllä Vesi573:n sinkkipitoisuudet ovat



molemmat alle määrittäysrajan. Putken Vesi1106 sinkkipitoisuus on keväällä 410  $\mu\text{g/l}$  - 430  $\mu\text{g/l}$  kun taas syksyllä pitoisuus on vain 27  $\mu\text{g/l}$ .

**Taulukko 6.** Sinkkipitoisuudet 2014



Putki KoVo2 on mukana vertailussa, koska sen yhteistarkkailussa on huomattu siinä olevan suuria sinkkipitoisuuksia muihin putkiin verrattuna. Liukoisen pitoisuuden ja kokonaispitoisuuden ero on kuitenkin suhteessa pienehkö, koska pitoisuudet ovat kauttaaltaan niin korkeita. Keväällä liukoinen pitoisuus oli 5600  $\mu\text{g/l}$  ja kokonaispitoisuus 6400  $\mu\text{g/l}$ . Kevään näyte 23 NTU oli hieman sameampi kuin syksyn 14 NTU, mutta pH-arvo oli keväällä 6 ja syksyllä 5,9. Sähkönjohtavuus oli keväällä 85 mS/m ja syksyllä 86 mS/m.

Kevään näyte putkesta Vesi573 oli huomattavasti sameampi kuin syksyn näyte. Keväällä sameusarvo oli 280 NTU ja syksyllä 110 NTU. Putken Vesi573 näytteet olivat molemmilla näytteenotto-kerroilla sameampia kuin näytteet muista putkista. Kevään näyte sisälsi 68  $\mu\text{g/l}$  liukoista sinkkiä, joka ylitti EQS-arvon. Myös kevään kokonaispitoisuus 190  $\mu\text{g/l}$  ylitti EQS-arvon. Syksyllä taas

sinkkipitoisuudet olivat alle määrittämissä rajan sekä liukoisena että kokonaispitoisuutena.

Kevään näyte putkesta Vesi1106 oli sinkkipitoisuudeltaan huomattavasti korkeampi kuin syksyn näyte. Keväällä sinkin kokonaispitoisuus oli 430 µg/l ja liukoinen pitoisuus 410 µg/l. Keväällä sameus oli 14 NTU ja syksyllä 1,7 NTU. Näytteiden pH-arvot ovat keväällä 5,9 ja syksyllä 6,1.

## 7 TULKINTA

Kokonaispitoisuuden ja liukoisen pitoisuuden erot ovat pääsääntöisesti hyvin pieniä kaikkien muiden metallien kohdalla paitsi alumiinin. Yleisesti ottaen kevään näytteissä oli korkeampi alumiinipitoisuus, mutta Vesi9503, GTK10 ja Vesi805 sisälsivät korkeammat kokonaispitoisuudet syksyllä. Liukoiset pitoisuudet olivat kuitenkin syksyllä pienempiä kaikissa näytteissä paitsi Vesi805:ssa ja Vesi573:ssa joiden liukoisen alumiinipitoisuuden näytteet menivät keväällä alle määritysrajan. Alumiinin kannalta isoimmat vaihtelut kokonaispitoisuuden ja liukoisen pitoisuuden välillä tapahtuivat putkien Vesi9503, Vesi805 ja GTK10 syksyn pitoisuuksissa. Alumiinin osalta muissa näytteissä liukoisten ja kiinteiden pitoisuuksien erot olivat toisiinsa verrattuna pieniä.

Näytteiden pitoisuuksista nikkeli oli hyvin tasainen aina putkikohtaisesti. Pitoisuudet olivat enimmäkseen liukoisena ja EQS-arvon ylityksiä tapahtui kaikissa putkissa paitsi GTK27:ssa ja Vesi805:ssa. Huomattava poikkeus nikkelipitoisuuksissa oli syksyn näyte putkesta Vesi573 kun liukoinen pitoisuus oli alhainen, mutta kokonaispitoisuus korkea..

Metalleista koboltti oli kaikista tasaisin liukoisten ja kokonaispitoisuuksien välillä. EQS-arvon ylityksiä tapahtui melkein kaikissa putkissa. GTK27 ja Vesi573 putkissa ei EQS-arvon ylitystä tapahtunut koboltin osalta.

Sinkin osalta pitoisuudet olivat pääasiassa myös liukoisia putkia Vesi573 ja KoVo2 lukuun ottamatta. KoVo2:n kevään kokonaispitoisuus oli noin neljänneksen isompi kuin liukoinen ja Vesi573:n kokonaispitoisuus oli noin kolminkertainen liukoiseen pitoisuuteen verrattuna.

Yleisesti melkein kaikki näytteet olivat liukoisessa muodossa jokaisen metallin kohdalla ja erot liukoisten sekä kokonaispitoisuuksien välillä olivat vähäiset. Vaikka syksyn näytteisiin lisättiin happohajotus, ei se vaikuttanut juurikaan pitoisuuksien eroihin. Vaihtelut syksyn ja kevään näytteiden välillä olivat suuria, joista kevään näyte oli useimmiten pitoisuudeltaan korkeampi.

## 8 JATKOTOIMENPITEET

Metallien kokonaispitoisuuksien määrittämiseksi on SYKEN suosituksen mukaan tehtävä happohajotus, jotta saadaan kaikki jäljellä oleva kiinteä metalli myös mukaan kokonaispitoisuuteen. Uudenmaan ELY-keskuksen julkaisussa 6/2011 ilmaistaan, että ympäristölaatumit on tehty liukoisille pitoisuuksille, mikä puoltaisi liukoisten metallipitoisuuksien määrittämistä. Suomen ympäristökeskuksen haitallisten aineiden määrittämissuosituksessa suositellaan kuitenkin metallien kokonaispitoisuuksien määrittämistä, mikäli voidaan olettaa, että kokonaispitoisuudet ovat selvästi ympäristölaatumormeja alhaisempia. Happohajotus vaikuttaa näytteeseen nostamalla määrittämissuosituksen kymmenkertaiseksi. Syksyllä ja keväällä näytteet, joiden pitoisuudet menivät alle määrittämissuosituksen, olivat vähäisiä. Tämän lisäksi suodatetun näytteen etuja on myös kaiken ylimääräisen kiintoaineen erottaminen varsinaisesta näytteestä. Näytteet joiden pitoisuudet menivät alle määrittämissuosituksen keväällä, alittivat määrittämissuosituksen myös syksyllä.

Syksyllä lisätty happohajotus ei ole tuonut esille näyttäviä eroja tuloksien välille. Suositellisin, että tulevaisuudessa tutkittaisiin suodatettuja näytteitä. Syksyllä tehty happohajotus ei tuonut uutta informaatiota kevääseen verrattuna ja määrittämissuosituksen alitukset ainoastaan lisääntyivät. Suodatettu näyte olisi myös helpompi vertailla EQS-arvoon, koska ne on asetettu liukoisille pitoisuuksille. Suomen ympäristökeskuksen haitallisten aineiden määrittämissuosituksessa suositellaan kuitenkin metallien kokonaispitoisuuksien määrittämistä, silloin kun tiedetään pitoisuuksien alittavan selvästi EQS-arvon. Koska vuoden 2014 tuloksissa huomaa kuitenkin selvästi, etteivät tulokset ole selvästi alittaneet EQS-arvoja kuin muutamissa näytteissä, ei happohajotuksella saada mitään merkittävää lisätietoa Patamäen pohjavesialueella.

## LÄHTEET

- Arola, M. 2011 Selvitys käytöstä poistettujen kaatopaikkojen pinta- ja pohjavesitarkkailusta Uudellamaalla. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 6/2011.
- Britschgi, R. Antikainen, M. Ekholm-Peltonen. Hyvärinen, V. Nylander, E. Siiro, P. Suomela, T. 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Ympäristöopas. Sastamala. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Eriksson, J, Dahlin, S, Nilsson, I, Simonsson, M. 2011. Marklära. Lund, Sverige. Studentlitteratur
- Finlex. 19.12.2014/1263 Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. Finlexin sivuilla. Viitattu 7.11.2015.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299>
- Finlex. 27.6.2014/527 Ympäristönsuojelulaki. Finlexin sivuilla. Viitattu 7.11.2015.  
[https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search\[type\]=pika&search\[pika\]=27.6.2014%2F527](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search[type]=pika&search[pika]=27.6.2014%2F527)
- Finlex. 30.11.2006/1040 Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä. Finlexin sivuilla. Viitattu 7.11.2015.  
[https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061040?search\[type\]=pika&search\[pika\]=461%2F2000](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061040?search[type]=pika&search[pika]=461%2F2000)
- Geologian tutkimuskeskus. Pohjavesi. Viitattu 7.11.2015  
<http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/pohjavesi/>
- Moody, J. John, R. Charles, M. 1997 Sample Preparation in Analytical Chemistry (Inorganic Analysis). Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry. USA, New Jersey. Prentice Hall
- Patanaik, P. 2010. Handbook of Environmental Analysis Second Edition Chemical Pollutants in Air, Water, Soil and Solid Wastes. CRC Press Taylor & Francis Group. USA, Florida.
- Rintala, J. Suokko, T. Pohjavesinäytteenotto: Nykytila ja kehitystarpeet. Suomen ympäristö 48/2008, Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Edita Prima Oy
- Soveri, J. Mäkinen, R. Peltonen, K. 2001. Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975-1999. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Virkanen, J. Reijola, H. Vaahtojärvi, T. 2014. Geotieteiden ja maantieteen laitoksen ympäristölaboratorion toimintakäsikirja. Helsinki. Helsingin yliopiston Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta.

Virtanen, Sillanpää, Aaltonen, 2015. Kokkolan Patamäen yhteistarkkailuraportti 2014. Pietarsaari. Pohjamnaan vesi ja ympäristö ry.

Vuoristo, H. Gustafsson, J. Helminen, H. Jokela, S. Londesborough, S. Mannio, J. Mehtonen, J. Mononen, P. Nakari, T. Ojanen, P. Ruoppa, M. Silvo, K. Sainio, P. 2010. Ympäristöhallinnon Ohjeita 3/2010, Haitallisten aineiden tarkkailu, Päästöt ja vaikutukset vesiin. Sastamala. Vammalan kirjapaino.

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat. Viitattu 7.11.2015 [http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden\\_suojelu/Pohjavesialueiden\\_suojelusuunnitelmat](http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden_suojelu/Pohjavesialueiden_suojelusuunnitelmat)