

Vastaanottaja  
**Terrafame Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Vuosiraportti**

Päivämäärä  
**9.4.2018**

Viite  
**1510032108-005**  
**1510034841-002**

# **TERRAFAME OY**

# **TERRAFAMEN KAIVOK-**

# **SEN VELVOITETARKKAI-**

# **LU 2017 OSA VIII:**

# **POHJAVEDET**

**TERRAFAME OY**  
**POHJAVEDET**

Päivämäärä **9.4.2018**  
Laatija **Liisa Koivulehto, Ramboll Finland Oy**  
Tarkastaja **Pekka Haaranen, Ramboll Finland Oy**  
Hyväksyjä **Elina Salmela, Terrafame Oy**

Viite 1510032108-005 ja 1510034841-002

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Aluekuvaus</b>	<b>1</b>
2.1	Kaivospiirin alueen geologia	1
2.2	Nuasjärven purkuputken tarkkailualue	2
<b>3.</b>	<b>Pohjavesitarkkailu</b>	<b>2</b>
3.1	Tarkkailupisteiden sijoittuminen	2
3.2	Talousvesikaivot	4
3.3	Pohjaveden tarkkailuputket	5
<b>4.</b>	<b>Kaivojen tarkkailutulokset</b>	<b>7</b>
4.1	Kaivoksen alueen tarkkailukaivot	7
4.2	Nuasjärven purkuputken tarkkailukaivot	10
<b>5.</b>	<b>Havaintoputkien tarkkailutulokset</b>	<b>10</b>
5.1	Pohjaveden virtauskuva kaivospiirissä	10
5.2	Pohjaveden laatu kaivospiirin alueella	12
5.3	Rimpilänniemen pohjavesialueen tarkkailu	21
<b>6.</b>	<b>Yhteenveto ja johtopäätökset</b>	<b>21</b>

### Liitteet

#### Liite 1

Talousvesikaivojen ja pohjavesiputkien sijaintikartat

#### Liite 2

Talousvesikaivot – Analyysitulokset 2014 – 2017

#### Liite 3

Pohjavesiputket – Analyysitulokset 2014 - 2017

## 1. JOHDANTO

Terrafamen kaivos sijaitsee Sotkamon ja Kajaanin kuntien alueella, noin 23 km Sotkamon keskustasta lounaaseen. Kaivospiirin pinta-ala on noin 60 km<sup>2</sup>. Sotkamossa sijaitsevat esiintymät Kuusilampi ja Kolmisoppi muodostavat yhden Euroopan suurimmista sulfidisen nikkelin varannoista. Kaivoksen päätuotteet ovat nikkeli ja sinkki. Terrafamen kaivoksella malmin jalostuksen neljä vaihetta ovat louhinta avolouhokselta, malmin murskaus, biokasaliuotus ja metallien talteenotto.

Kaivoksen toiminnan alkuvuosina kaivoksen tarkkailua toteutettiin vuonna 2007 laaditun ja vuonna 2008 Vaasan hallinto-oikeuden päätöksen ja Kainuun ympäristökeskuksen hyväksymiskirjeen perusteella täydennetyt tarkkailusuunnitelman mukaisesti.

Vuonna 2017 tarkkailua on toteutettu Kainuun ELY-keskuksen (24.2.2014 Dnrro KAI-ELY/1/07.00/2013) ja Pohjois-Savon ELY-keskuksen (24.2.2014 Dnrro POSELY/206/07.00/2012 ja Dnrro POSELY/1427/5720-2012) hyväksymän tarkkailuohjelman (Pöyry, 28.11.2016, päivitetty 6.2.2017) mukaisesti.

Vuonna 2015 kaivoksen tarkkailuun liitettiin Nuasjärven purkupuutken ympäristövaikutusten tarkkailu. Tarkkailuohjelma hyväksyttiin 18.12.2015 Kainuun ELY-keskuksen (KAIELY/752/2014) ja Lapin ELY-keskuksen (LAPELY/1147/5723-2015) päätöksellä. Ohjelmaan sisältyy Rimpilänniemen pohjavesialueelle laadittu erillinen pohjavesitarkkailuohjelma (Terrafame Oy, Rimpilänniemen pohjavesiputkien asennussuunnitelma 7.7.2016). Nuasjärven purkupuutken pohjavesitarkkailulosten raportointi on yhdistetty kaivoksen pohjavesitarkkailun raportointiin. Helmikuussa 2017 valmistui selvitys pohjavesien pilaantuneisuudesta ja puhdistustarpeesta sekä primäärioliutusalueen maaperään kohdistuvista päästöistä (<https://www.terrafame.fi/ymparisto/ymparisto-vesienhallinta/ymparistotarkkailuraportit.html>, Pöyry Finland Oy, Pohjavesiselvitys 2017). Selvityksen yhteydessä primäärioliutusalueen keskikaistan alueelle asennettiin kaksi uutta pohjavesiputkea, jotka liitettiin osaksi kaivoksen pohjavesitarkkailua.

Tarkkailuraportissa arvioidaan kaivoksen toiminnan ja toiminnan muutosten mahdollisia vaikutuksia pohjaveden laatuun, pinnankorkeuteen tai virtaussuuntiin. Vuoden 2017 aikana Kortelammen alueella ja avolouhoksessa varastoitujen metallipitoisten vesien määrät ovat edelleen vähentyneet aikaisemmasta, sekundääriliuotuskenttien 3-lohkolle on aloitettu purkumalminlajitus ja 4-lohkolle on tehty sivukivitäyttöä. Avolouhoksen koko on myös kasvanut edellisvuodesta.

## 2. ALUEKUVAUS

### 2.1 Kaivospiirin alueen geologia

Pohjaveden laatuun vaikuttaa merkittävästi alueen geologiset olosuhteet. Kaivosalue sijoittuu Kainuun liuskejaksos eteläosaan, jossa vallitsevat kivilajit ovat kvartsiitti, kiilleliuskeet sekä mustaliuskeet, joiden päämineraaleina ovat kvartsi, vaalea biotiitti, hienorakeinen grafiitti ja rikki- sekä magneettikiisu. Kaivoksella louhittava sulfidinen nikkelimalmi on mustaliusketta, joka sisältää nikkeliä (0,25–0,27 %), kuparia (0,13–0,15 %), sinkkiä (0,52–0,56 %) sekä kobolttia (0,02 %). Malmi sisältää rikkiä keskimäärin 9,1 %. Alueen esiintymissä mustaliusketta esiintyy myös sivukivenä, mikä eroaa hyödynnettävästä mustaliuskeesta alhaisempien metallipitoisuuksien perusteella. Muita sivukivilajeja on metakarbonaattikivi, kiilleliuske ja kvartsiitti.<sup>1</sup>

Malmin laatu vaikuttaa alueen pohjavesien ja moreenin laatuun ja esiintymien alueella pohjavesien, purovesien sekä puro- ja järvisedimenttien metallipitoisuudet ovat luontaisesti korkeammat kuin sen ulkopuolella. Pitoisuuksien on todettu olevan koko maan mediaanipitoisuuksia korkeampia. Mustaliuskeen rapautuessa ympäristöön liukenee metalleja sekä hapanta vettä, mikä voi happamoittaa ympäristön pinta- ja pohjavesien lisäksi myös maaperää.

Vallitsevana pintamaalajeina ovat moreeni ja turve esiintyvät kaivospiirin alueella kallion päällä ohuina, kerrospaksuudeltaan keskimäärin 1,8 metrin kerroksina. Moreeni on vallitseva maalaji korkeilla alueilla ja turvetta tavataan lähinnä alavilla alueilla. Pohjaveden päävirtaussuunta on eteläisen Kuusilammen eteläpuolelta sijaitsevalta vedenjakajalta pohjoiseen.

<sup>1</sup> Pöyry Finland Oy, 2014. Talvivaara Sotkamo Oy, Talvivaaran kaivoksen tarkkailu 2013, Osa IV Pohjavesi. 24.4.2014, 16X154566, 16X170605.

Kuusilammen ja Kolmisopen avolouhosten kuivatusvaikutuksen alue on arvioitu olevan noin 900–1300 metriä louhosten ympäristössä. Kuusilammen louhoksen osalta vaikutusalue on suhteellisen rajattu, sillä pohjavesien valuma-alue ulottuu louhoksen itä- ja länsipuolella vain noin 100–200 metrin päähän louhoksen reunasta. Isot ruhjevyyhykkeet kallioperässä ovat pääasiallisesti malmivyyhykkeen suuntaiset, eivätkä ne johda kalliopohjavettä laajemmalla alueella idästä tai lännestä.

## 2.2 Nuasjärven purkutupken tarkkailualue

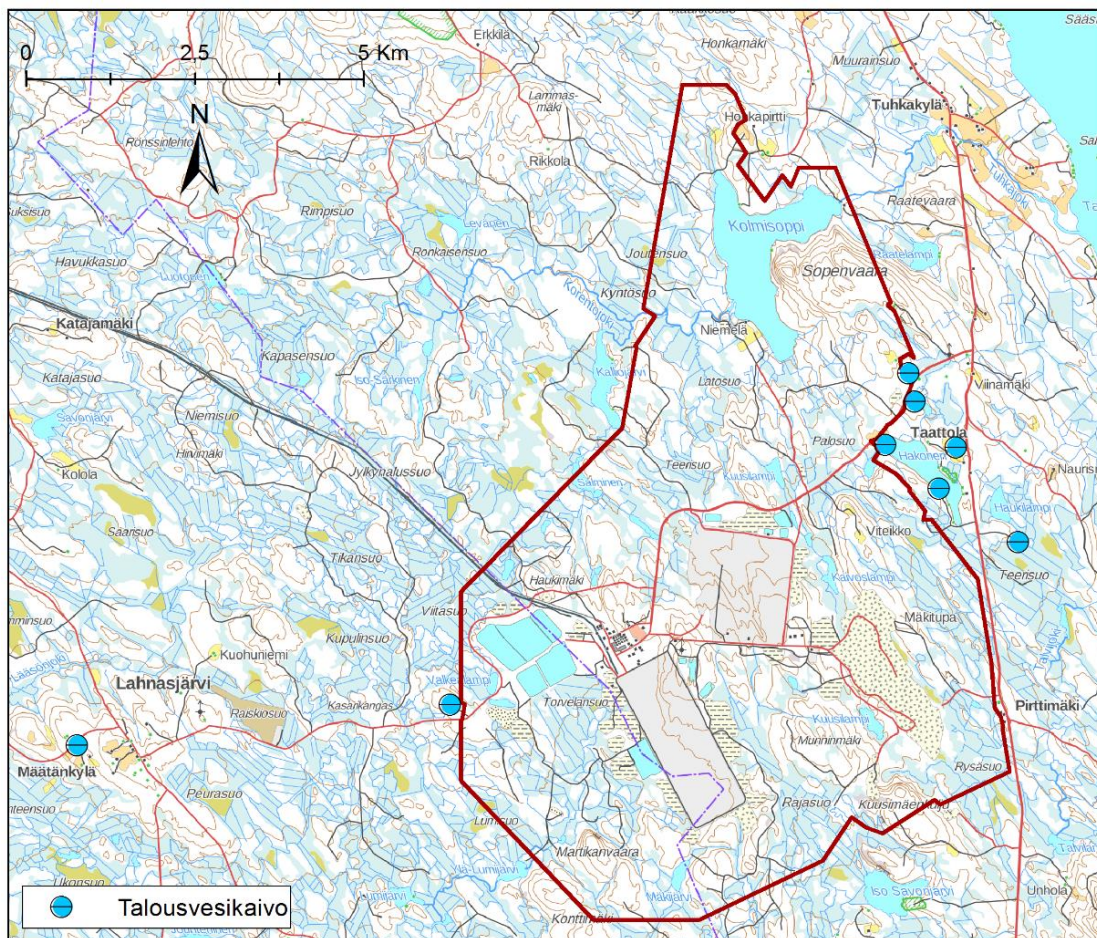
Kaivokselta purkutupkessa johdettavien vesien mahdollista vaikutusta pohjaveden laatuun tarkkaillaan Nuasjärven saarissa, Rimpilänniemen pohjavesialueella ja Matinmäki-Mustikkamäen pohjavesialueella sijaitsevalta Heterannan vedenottamolta.

Rimpilänniemen (1176514) ja Matinmäki-Mustikkamäen (1120501) pohjavesialueet ovat osia luode-kaakko-suuntaisesta pitkittäisharjujaksosta, joka jatkuu Nuasjärven alueella Vuokatista Rimpilänniemeen ja edelleen Rehjan pohjoisosaan. Rimpilänniemen keskiosissa on kapea hiekkavaltainen alue, jossa esiintyy paikoin silttiä. Alueen itäosassa hiekkakerrokset ovat paikoin yli 20 metrisiä ja lounais- ja länsiosissa esiintyy sorakerrostumia. Pohjaveden virtausuunta on itäosissa kohti Kekkolanolampea ja länsiosassa länteen päin. Matinmäki-Mustikkamäen pohjavesialueella maa-aines on pääasiassa hienoa tai keskikarkeaa hiekkaa sekä soraa tai kivistä soraa.

## 3. POHJAVESITARKKAILU

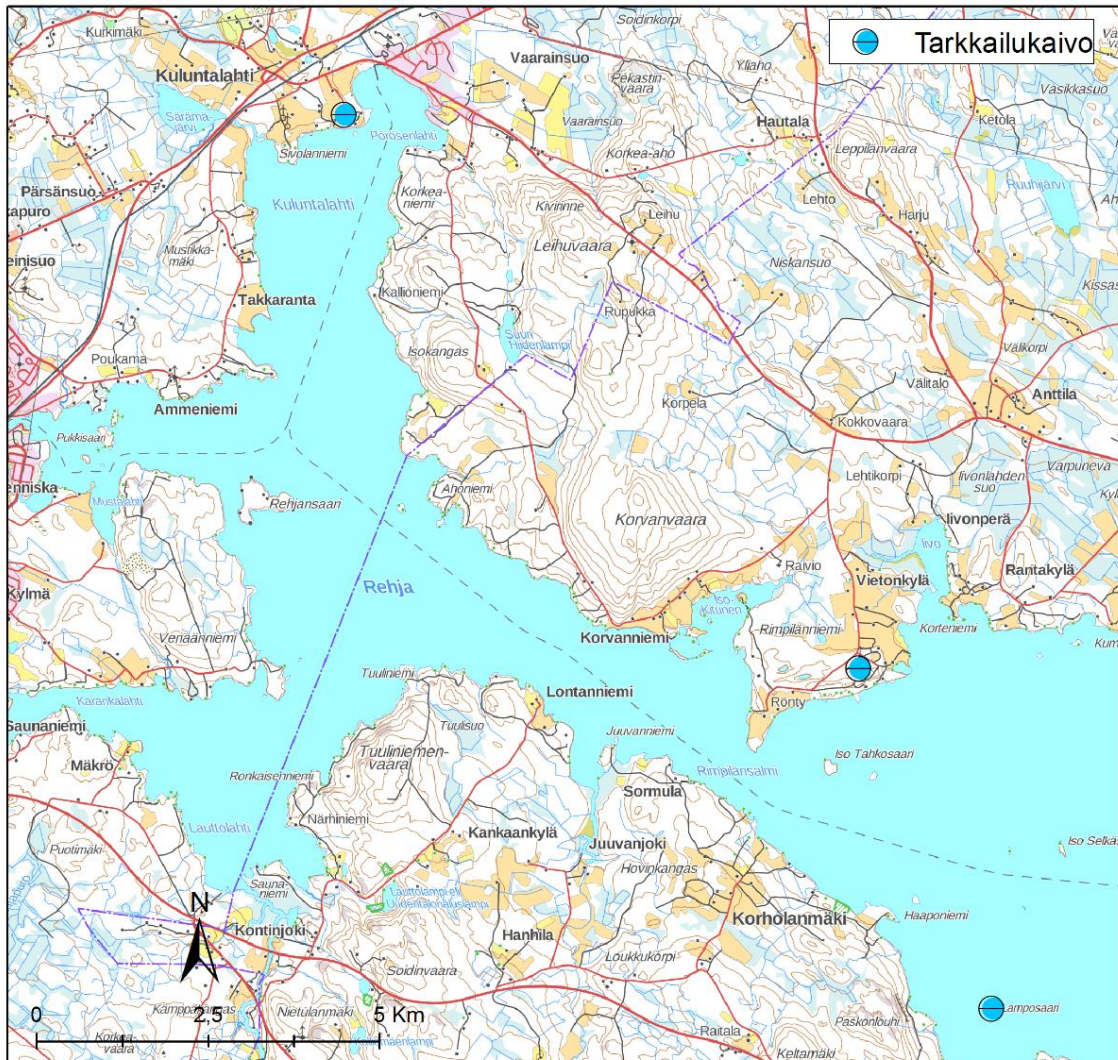
### 3.1 Tarkkailupisteiden sijoittuminen

Pohjavesitarkkailun tavoitteena on saada tietoa pohjaveden korkeuden ja vedenlaadun muutoksista kaivostoiminnan aikana. Pohjavesitarkkailuun kuuluu kaivospiirin alueella 24 kalliopohjavesiputkea ja kahdeksan maapohjavesiputkea sekä yksityiset talousvesikaivot, joista kuusi sijaitsee kaivospiirin itäpuolella ja kaksi kaivoa on kaivospiirin länsipuolella. Kaivospiirin ja tarkkailukaivojen sijainti on esitetty kuvassa 3-1.



Kuva 3-1. Kaivoksen tarkkailuohjelmassa mukana olevat talousvesikaivot. Kaivospiirin rajaus on esitetty punaisella.

Tarkkailuun liitettiin vuonna 2015 Nuasjärven purkupuutken tarkkailuohjelmaan kuuluva talousvesikaivo Nuasjärven Lamposaassa. Vuonna 2016 tarkkailuun liitettiin myös Rimpilänniemen pohjavesialueella sijaitseva Pohjavaaran vesiosuuskunnan vedenottamon kaivo ja tarkkailuputket sekä Heterannan vedenottamon kaivot Matinmäki-Mustikkamäen pohjavesialueella. Nuasjärven purkupuutken tarkkailukaivojen sijainti on esitetty kuvassa 3-2.



**Kuva 3-2. Nuasjärven purkupuutken tarkkailuohjelmassa mukana olevat kaivot.**

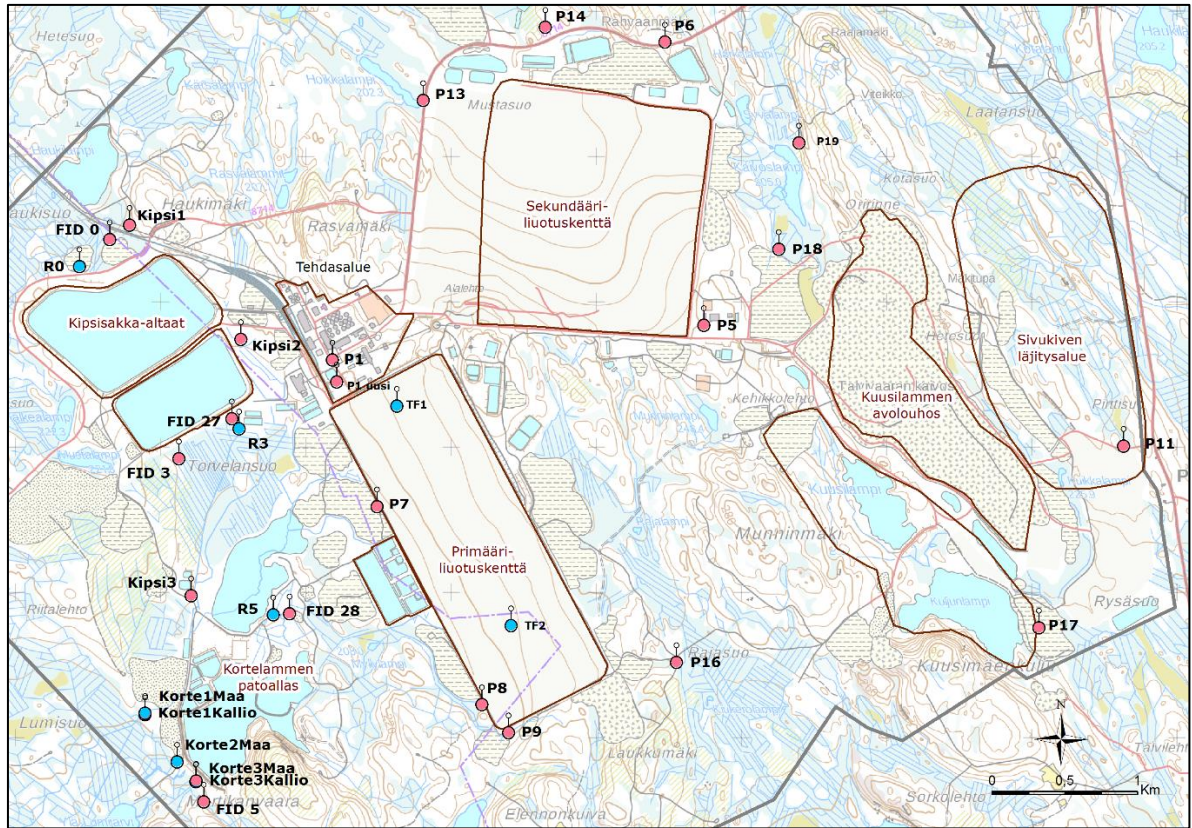
Kaivospiirin alueen pohjavesiputkien sijainti on esitetty kuvassa 3-3. Tehdasalueella sijaitsee tarkkailupiste P1. Tehdasalueen eteläpuolella on primääriliuotusalue, jolla sijaitsee vuonna 2017 asennetut uudet maapohjavesiputket TF1 ja TF2, joiden siiviläosat ulottuvat myös kallion pinnan alapuolelle. Primääriliuotusalueen ympäristössä sijaitsevat tarkkailupisteet P7, P8, P9 ja P16. Primääriliuotuskentän eteläpuolelle suunniteltua havaintoputkea P15 ei ole asennettu. Tehdasalueen itäpuolella sijaitsee sekundääriliuotusalue, jonka pohjoispuolella ovat tarkkailupisteet P6, P13 ja P14. Sekundääriliuotuskentän ja Kuusilammen avolouhoksen välisellä alueella ovat P5 ja P18. Tarkkailupiste P19 sijaitsee Kuusilammen avolouhoksen pohjoispuolella.

Kuusilammen avolouhoksen eteläpuolella sijaitseva tarkkailupiste P17 on tuhoutunut, eikä siitä saatu näyttöä vuonna 2017. Avolouhoksen itäpuolella, suunnitellun sivukiven läjitysalueen eteläosassa sijaitsee tarkkailuputki P11.

Tehdasalueen länsipuolella sijaitsevien kipsisakka-altaiden alueen tarkkailuputkia ovat kalliopohjavesiputket Kipsi1 – 3, FID0, FID3 ja FID27 sekä maapohjavesiputket R0 ja R3.

Kortelamman alueen länsipuolella on kolme kalliopohjavesiputkea Korte1Kallio, Korte3Kallio ja FID5 sekä kolme maapohjavesiputkea Korte1Maa, Korte2Maa ja Korte3Maa. Kortelamman koillispuolella on maapohjavesiputki R5 ja kalliopohjavesiputki FID28.

Rimpilänniemen pohjavesialueella velvoitetarkkailuohjelmaan kuuluvat havaintoputket ovat pvp101, RP1 ja RP2.



Kuva 3-3. Tarkkailuputkien sijainti kaivospiirin alueella. Kalliopohjavesiputket on esitetty punaisella ja maapohjavesiputket sinisellä symbolilla.

### 3.2 Talusvesikaivot

Kaivosalueen tarkkailuohjelman mukaan talusvesikaivoista tutkitaan vedenlaatu kaksi kertaa vuodessa, maaliskuussa ja elokuussa. Tarkkailuohjelmaan kuuluvat talusvesikaivot on esitetty taulukossa 3-2. Kaivoista otettiin vesinäytteet 6.4–9.5.2017 ja 12.9.2017. Puolivälin kaivonäyte otettiin 17.5.2017. Molemmilla näytteenottokierroksilla havaittiin hajuvirhe Myllyniemen kaivon vedessä, mutta muut näytteet olivat hajuttomia.

Nuasjärven purkuputken tarkkailuohjelmaan kuuluvasta Lamposaaren kaivosta otettiin vesinäyte 5.10.2017. Heterannan vedenottamon vesinäytteet otettiin 12.9.2017. Näytteistä tutkittiin Ram-boll Analyticsin ja Eurofins Environment Testing Finland Oy:n laboratoriossa taulukossa 3-2 esitetyt määrittelyt.

Taulukko 3-1. Tarkkailuohjelmaan kuuluvat talusvesikaivot.

Paikka	Kallioperä	Tyyppi	Koordinaatit (ETRS-TM35FIN)	
			y	x
Taattola	kvartsiitti	porakaivo	7097693	554189
Paavola	mustaliuske	kuilukaivo	7096294	555109
Lampila	kiilleliuske	kuilukaivo	7098370	553575
Myllyniemi	kiilleliuske	hetekaivo	7097732	553148
Sorsala	kiilleliuske	kuilukaivo	7098792	553487
Hakoranta	mustaliuske	porakaivo	7097083	553937
Puoliväli	arkeinen	porakaivo	7093285	541178
Pappila	arkeinen	hetekaivo	7093887	546703
Lamposaari		porakaivo	7113890	552070

**Taulukko 3-2. Määritykset talousvesikaivonäytteistä**

Kaivovesianalyysit	
haju	arseeni (As)
happipitoisuus	alumiini (Al)
pH	antimoni (Sb)
alkaliteetti	rauta (Fe)
sähkönjohtavuus	mangaani (Mn)
sameus	kupari (Cu)
väri	lyijy (Pb)
nitraatti (NO <sub>3</sub> )	nikkeli (Ni)
nitriitti (NO <sub>2</sub> )	kadmium (Cd)
ammonium (NH <sub>4</sub> )	koboltti (Co)
COD <sub>Mn</sub>	kromi (Cr)
kloridi (Cl)	sinkki (Zn)
sulfaatti (SO <sub>4</sub> )	elohopea (Hg)
natrium (Na)	seleeni (Se)
kalsium (Ca)	uraani (U)
magnesium (Mg)	vanadiini (V)
kaliium (K)	

Kaivovesitarkkailun analyysitulokset vuosilta 2014–2017 on esitetty liitteessä 2.

### 3.3 Pohjaveden tarkkailuputket

Kaivosalueen tarkkailuputkista mitataan vedenpinnan korkeus neljä kertaa vuodessa ja tutkitaan pohjaveden laatu 1–4 kertaa vuodessa. Tarkkailuohjelman mukaiset näytteenottokierrokset sekä analyysit vesinäytteistä on esitetty oheisissa taulukoissa tarkkailupisteittäin (Taulukko 3-3 ja Taulukko 3-4).

Nuasjärven tarkkailuohjelmaan sisältyy Rimpilänniemen pohjavesialueen pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailu havaintoputkista 101, RP1 ja RP2 kuukausittain. Havaintoputkista RP1 ja RP2 otetaan vesinäytteet kerran vuodessa. Tarkkailuohjelman mukaiset tutkittavat analyysit on esitetty taulukossa 3-4.



Taulukko 3-3. Kaivosalueen pohjaveden tarkkailuputket ja tarkkailuohjelma vuonna 2017.

Paikka	Tyyppi	Koordinaatit (ETRS-TM35FIN)		Näytteenotto + vesipinta			
		y	x	Maalis-huhti	Kesä	Elo-syys	Marras
P1 (uusi)	kallio	7094444	549211	1+2	3	1+2	3
P5	kallio	7094833	551740	1	vp	1+2	vp
P6	kallio	7096783	551471	1+2	3	1+2	3
P7 (uusi)	kallio	7093585	549489	1+2	3	1+2	3
P8 (uusi)	kallio	7092223	550212	1	vp	1+2	vp
P9 (uusi)	kallio	7092030	550394	1	vp	1+2	vp
P11 (uusi)	kallio	7094001	554631	1+2	vp	1+2	vp
Kipsi1	kallio	7095523	547786	1+2	vp	1+2	vp
Kipsi2	kallio	7094737	548552	1+2	vp	1+2	vp
Kipsi3	kallio	7092973	548209	1+2	vp	1+2	vp
Korte1Kallio	kallio	7092154	547892	1+2	vp	1+2	vp
Korte1Maa	maa	7092162	547892	1+2	vp	1+2	vp
Korte2Maa	maa	7091828	548112	1+2	vp	1+2	vp
Korte3Maa	maa	7091691	548241	1+2	vp	1+2	vp
Korte3Kallio	kallio	7091696	548245	1+2	vp	1+2	vp
P13	kallio	7096381	549806	vp	vp	1+2	vp
P14	kallio	7096885	550647	1+2	vp	1+2	3
P15	kallio	<i>ei asennettu</i>		vp	vp	1+2	vp
P16	kallio	7092513	551552	1	vp	1+2	vp
P17	kallio	7092752	554046	putki tuhoutunut			
P18	kallio	7095357	552257	1+2	vp	1+2	vp
P19	kallio	7096092	552404				
FID0	kallio	7095422	547648			4	
FID3	kallio	7093915	548124	vp	vp	1+2	vp
FID5	kallio	7091552	548297	1+2	vp	1+2	vp
FID27	kallio	7094189	548490	1	vp	1+2	vp
FID28	kallio	7092848	548887	1	vp	1+2	vp
R0	maa	7095237	547439	vp	vp	1+2	vp
R3	maa	7094120	548540	1	vp	1+2	vp
R5	maa	7092841	548776	vp	vp	1+2	vp
TF1	maa	7094273	549624	1+2	1+2	1+2	1+2
TF2	maa	7092773	550418	1+2	1+2	1+2	1+2
RP1*	maa	7118735	550696			5	
RP2*	maa	7118649	550156			5	
101*	maa	7118883	549910			vp	

1,2,3,4 = analyysit, vesipinnan korkeus

vp = vesipinnan korkeus

\*vp kuukausittain

Taulukko 3-4. Pohjaveden tarkkailuohjelman analyysit.

Analyysit 1		Analyysit 2		Analyysit 3		Analyysit 4		Analyysit 5	
lämpötila	COD <sub>Mn</sub>	magnesium (Mg)	pH	nikkeli (Ni)	lämpötila	kloridi (Cl)			
haju	kokonaistyyppi (N)	arseeni (As)	sähkönjohtavuus	mangaani (Mn)	ulkonäkö	fluoridi (F)			
happipitoisuus	ammonium (NH <sub>4</sub> )	alumiini (Al)	sulfaatti (SO <sub>4</sub> )	natrium (Na)	sameus	sulfaatti (SO <sub>4</sub> )			
hapen kyllästysaste	nitriitti (NO <sub>2</sub> )	kadmium (Cd)	ammonium (NH <sub>4</sub> )			nitraatti (NO <sub>3</sub> )			
			nitraatti (NO <sub>3</sub> )						
pH	nitraatti (NO <sub>3</sub> )	mangaani (Mn)			pH	ammonium (NH <sub>4</sub> )			
alkaliteetti	kokonaisfosfori (P)	koboltti (Co)			väriluku	mangaani (Mn)			
sähkönjohtavuus	fluoridi (F)	kupari (Cu)			sähkönjohtavuus	rauta (Fe)			
sameus	kloridi (Cl)	nikkeli (Ni)			alkaliniteetti	nikkeli (Ni)			
väri	natrium (Na)	rauta (Fe)			happipitoisuus				
kokonaiskovuus	kalium (K)	sinkki (Zn)			KMnO <sub>4</sub> -luku				
redox -potentiaali	kalsium (Ca)	uraani (U)			COD <sub>Mn</sub>				
sulfaatti (SO <sub>4</sub> )					kokonaiskovuus				

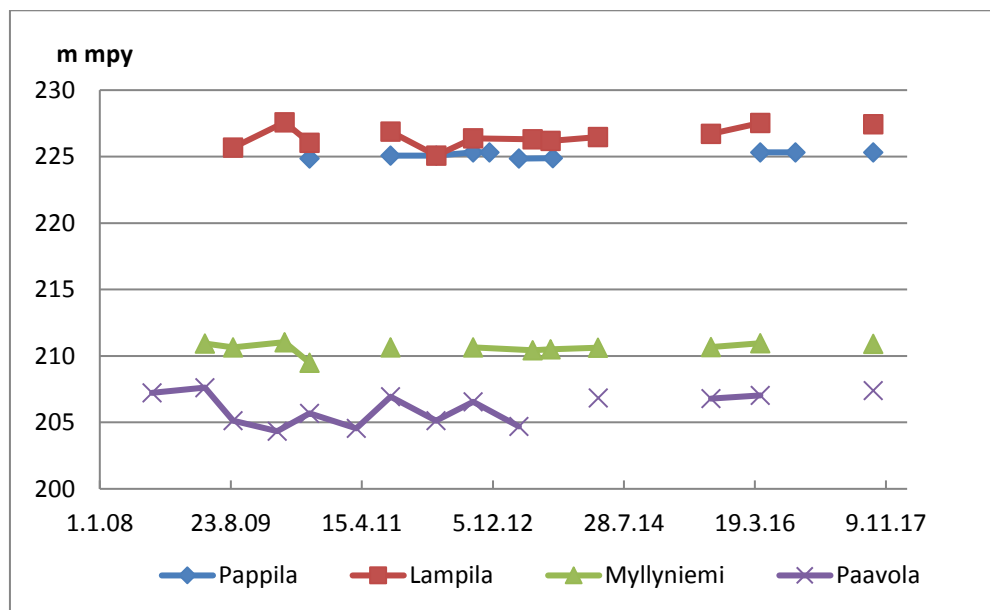
Pohjavesiputkista otettujen tarkkailunäytteiden analyysitulokset vuosilta 2014-2017 on esitetty liitteessä 3.

## 4. KAIVOJEN TARKKAILUTULOKSET

### 4.1 Kaivoksen alueen tarkkailukaivot

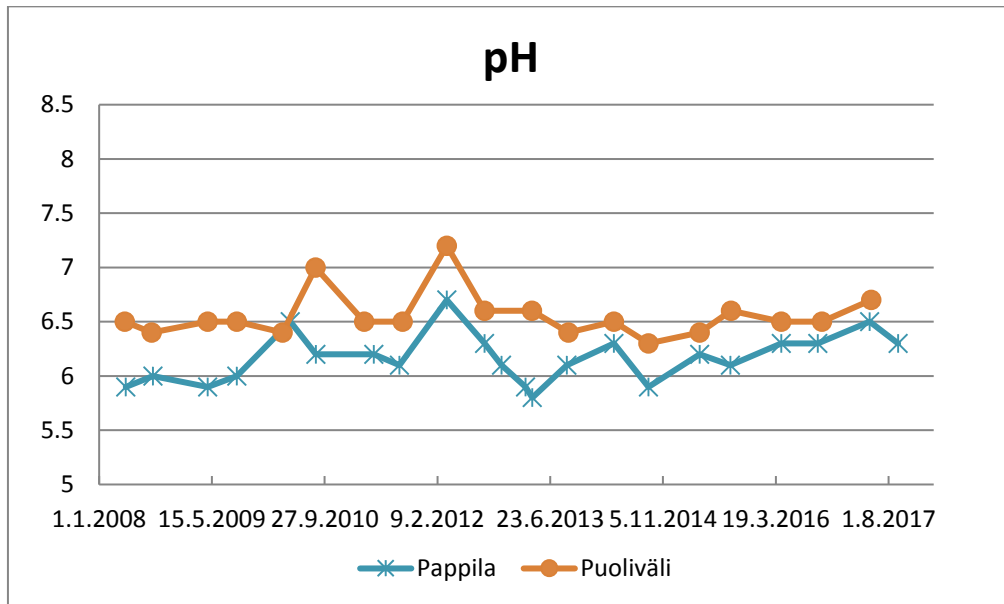
Kaivospiirin itäpuolella tarkkailussa olevat talousvesikaivot sijoittuvat Ahvenlammen (w +218,4) ja Hakosen (w +208,8) ympäristöön. Pintavesien korkeuden perusteella virtaus suuntautuu kaivospiirin ulkopuolella sijaitsevista järvistä ja lammista kohti Pikku-Hakosta (w +206,5), joka sijaitsee kaivospiirin alueella.

Talousvesikaivojen vedenpinnan korkeus on mitattu näytteenoton yhteydessä neljästä kaivosta. Kaivospiirin länsireunalla sijaitsevan Pappilan kaivon vedenpinta on tasolla +225,32 mpy. Kaivospiirin itäpuolella Hakosen pohjoispuolella sijaitsevien kaivojen vedenpinnat ovat korkeammat kuin Hakosen vedenpinta, joten virtaussuunta on kaivoilta kohti järveä. Hakosen kaakkoispuolella sijaitsevassa Paavolan kaivossa vedenpinta on 1,5 metriä järvenpintaa alempana (Kuva 4-1).



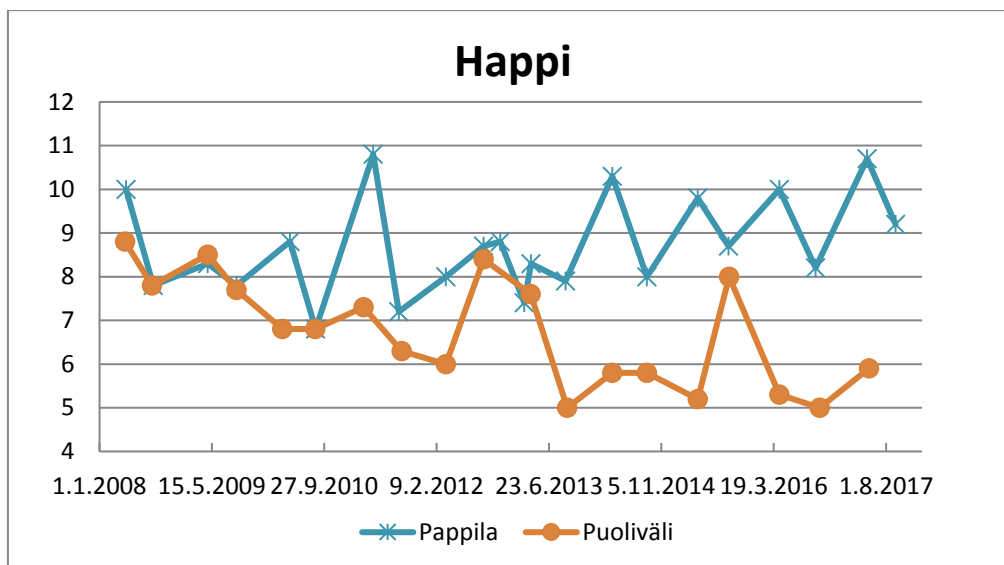
Kuva 4-1. Vedenpinnan korkeus talousvesikaivoissa.

Kaivospiirin länsipuolella sijaitsevilla Puolivälin ja Pappilan kaivoissa vesi oli lievästi hapanta (pH 6,3...6,7). Kaivospiirin länsireunan tuntumassa sijaitsevassa kaivossa Pappila veden pH-arvo oli hieman alempi kuin 5 km kauempana sijaitsevassa kaivossa Puoliväli. Syksyllä kaivon Pappila pH oli hieman kevään mittauskertaa alhaisempi (Kuva 4-2).



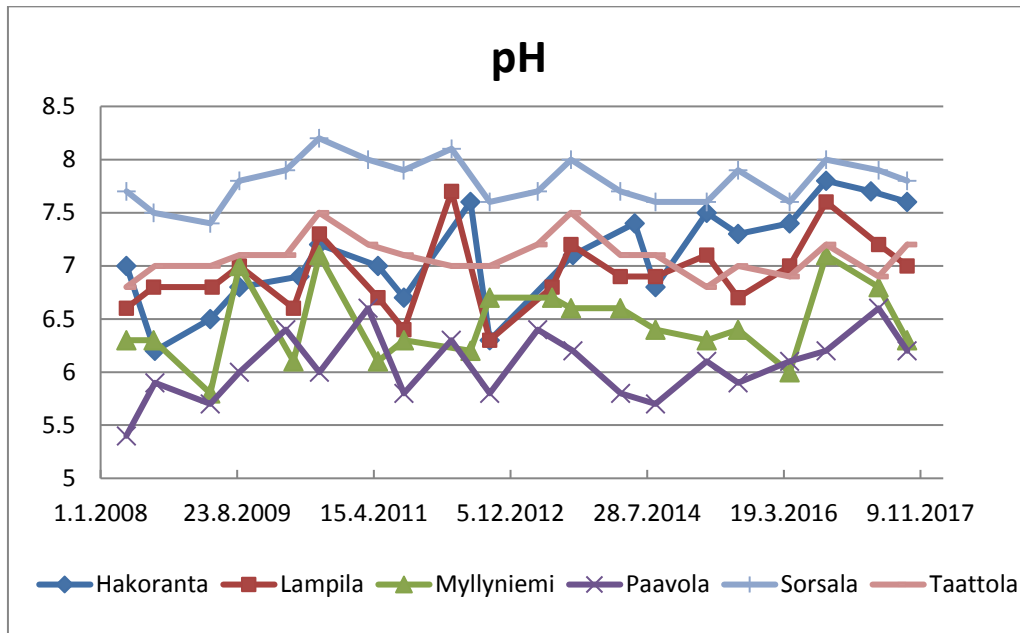
**Kuva 4-2. Kaivospiirin länsipuolella sijaitsevien talousvesikaivojen vesi on lievästi hapanta.**

Puolivälin kaivon veden happipitoisuus oli 5,9 mg/l, mikä oli hieman vuotta 2016 korkeampi. Pappilan kaivoveden happipitoisuus on pysynyt hyvällä tasolla, 9,2...10,7 mg/l (Kuva 4-3).



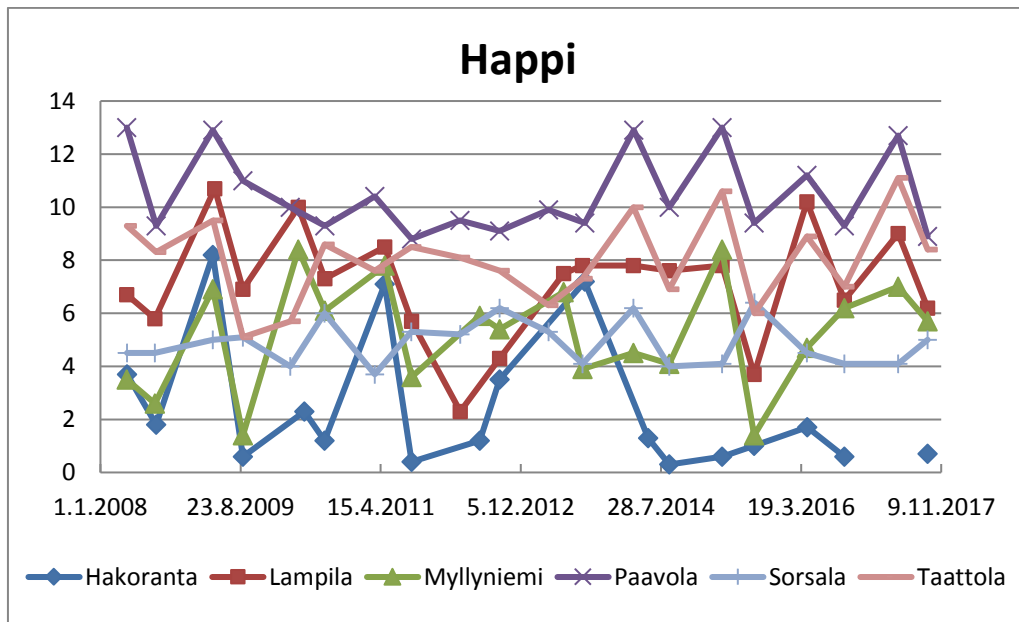
**Kuva 4-3. Veden happipitoisuus on pysynyt hyvänä Pappilan kaivossa.**

Kaivospiirin itäpuolella sijaitsevilla tarkkailukaivoissa veden pH kohosi vuonna 2016 aikaisempiin havaintoihin verrattuna. Kaivoissa Hakoranta, Lampila, Sorsala ja Taattola vesi oli neutraalia ja lievästi emäksistä, pH 6,9...7,9. Paavolan kaivon vesi oli lievästi hapanta, pH 6,2...6,6 ja Myllyniemen kaivossa 6,3...6,8 (Kuva 4-4).



Kuva 4-4. Sorsalan kaivon veden pH-arvo on korkeampi kuin muissa tarkkailukaivoissa.

Kaivovesien happipitoisuus vaihteli heikosta hyvään. Paavolan kaivon happitilanne on ollut koko tarkkailun ajan hyvä, yli 8 mg/l. Kaivoissa Hakoranta, Lampila ja Myllyniemi vesi on ollut ajoittain lähes hapetonta, jolloin veden happipitoisuus on ollut alimmillaan 0,3...2,3 mg/l (Kuva 4-5). Vuonna 2017 kaivojen Myllyniemi ja Lampila happipitoisuus oli 5,7...9 mg/l ja kaivon Hakoranta happipitoisuus edelleen alhainen, 0,7 mg/l. Veden happipitoisuus oli vuonna 2017 Taattolan kaivossa edellisvuotta korkeampi, 8,4...11,1 mg/l, Myllyniemen kaivossa 5,7...7 mg/l ja Sorsalan kaivossa 4,1...5 mg/l.



Kuva 4-5. Kaivovesien happipitoisuudessa on suurta vaihtelua.

Veden matala happipitoisuus lisää raudan ja mangaanin liukenemista, mistä johtuen talousveden laatusuositukset: raudalle (400 µg/l) ja mangaanille (100 µg/l) ajoittain ylittyivät Hakorannan ja Myllyniemen kaivoissa. Tutkituilta osin kaivojen vedenlaatu täytti talousvedelle asetetut laatuvaatimukset. Talousvesikaivojen tarkkailutulosten perusteella kaivostoiminnan ei havaittu aiheuttaneen muutoksia veden laatuun tai määrään.

<sup>2</sup> STM 401/2001 . Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.

## 4.2 Nuasjärven purkupuutken tarkkailukaivot

Nuasjärven purkupuutken tarkkailuohjelmaan kuuluvat Kajaanin Veden Heterannan vedenottamon kaivot 1 ja 2 (kokoomanäyte), Pohjavaaran vesiosuuskunnalle kuuluvan Rimpilänniemen vedenottamon kaivo ja Lamposaareissa oleva yksityinen porakaivo. Vuonna 2017 Rimpilänniemen vedenottamon kaivosta ei poikkeuksellisesti otettu näytettä. Näyte otettiin vedenottamon länsipuolella sijaitsevasta pohjavesipuutkestä 101.

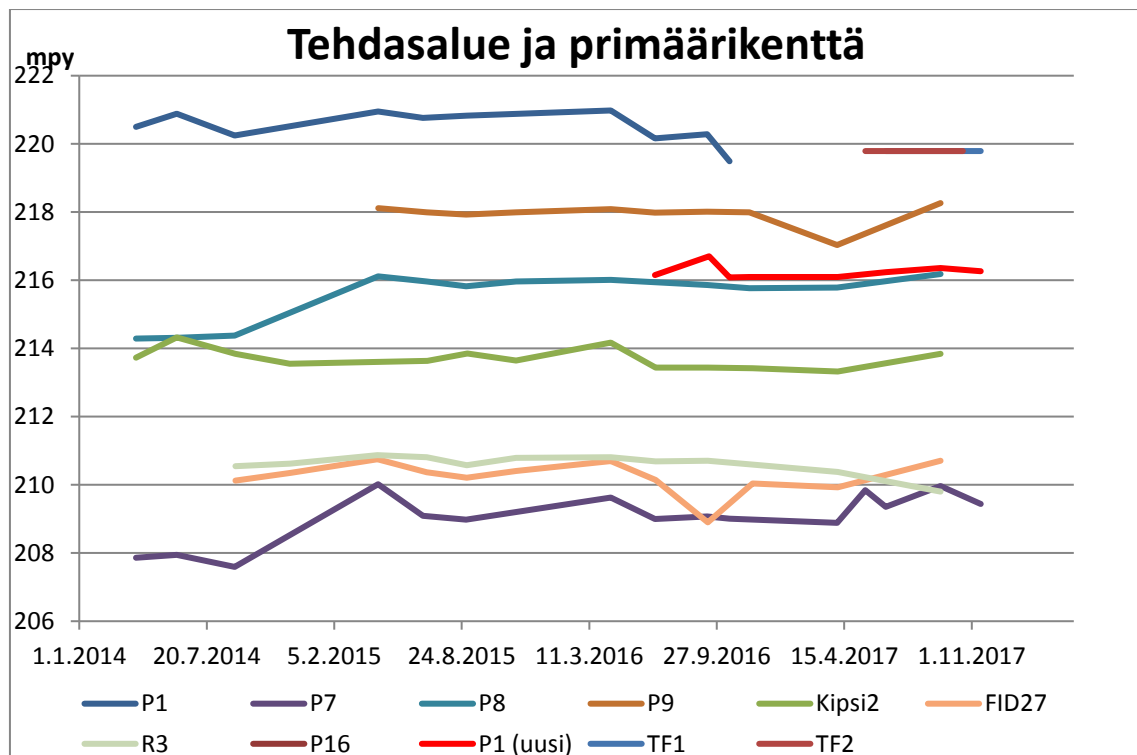
Heterannan vedenottamon kaivojen 1 ja 2 vedenlaatu täytti tutkituilta osin talousvedelle asetetut laatuvaatimukset ja -tavoitteet (STM 1352/2015, muutos 683/2017).

Lamposaaren kaivon vesi oli lievästi emäksistä, pH 7,7 ja veden happipitoisuus on tarkkailujakson ajan ollut alhainen. Veden matala happipitoisuus lisää mangaanin ja raudan liukenemistä. Lamposaaren kaivon mangaanipitoisuus (1800 µg/l) ja rautapitoisuus (760 µg/l) ylittävät talousveden laatusuosituksen (STM 401/2001) mukaiset enimmäispitoisuudet. Kaivoveden mangaanipitoisuus on luontaisesti korkea, minkä vuoksi kaivossa on mangaaninpoistojärjestelmä.

## 5. HAVAINTOPUTKIEKIN TARKKAILUTULOKSET

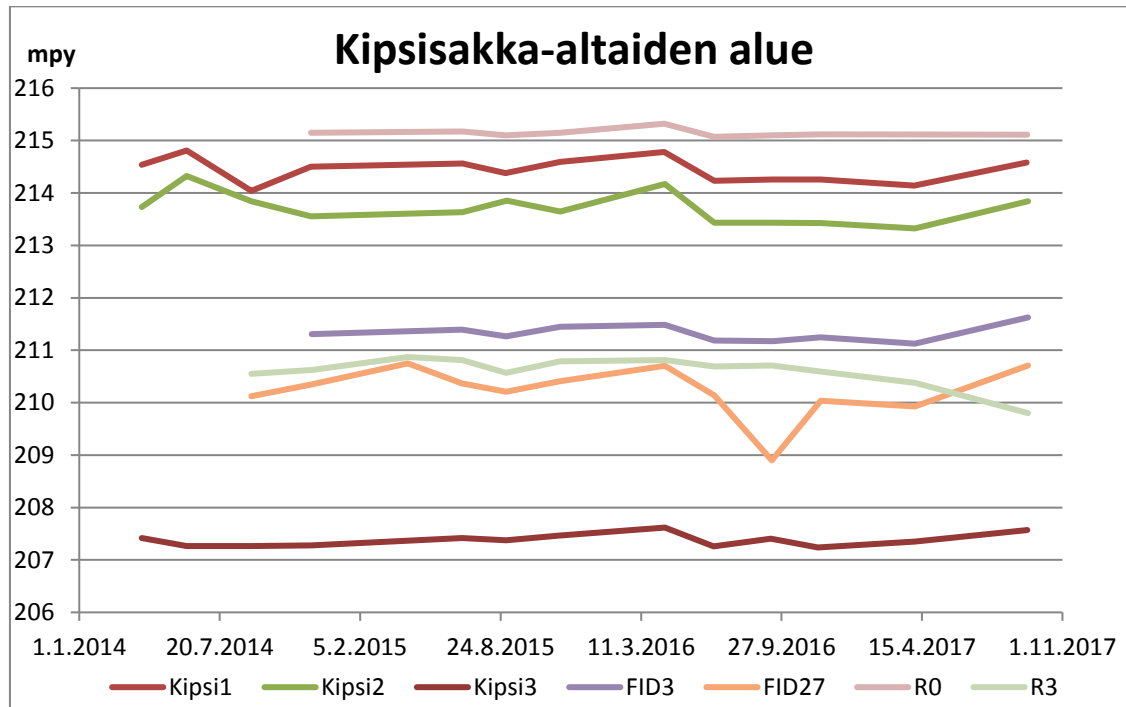
### 5.1 Pohjaveden virtauskuva kaivospiirissä

Pohjaveden pinnankorkeusmittausten havaintojen perusteella kaivospiirin alueella korkein mitattu pohjaveden taso on avolouhoksen ja primääriliuotuskentän välissä sijaitsevassa kalliopohjavesipuutkesta P16, jossa pohjaveden korkeus on noin +250 mpy. Pohjaveden pinnankorkeus on alempi pisteen P16 itäpuolella avolouhoksen alueella sekä länsipuolella primääriliuotuskentän ympäristössä. Primääriliuotuskentän eteläosassa pohjaveden korkeus laskee tarkkailupisteeltä P9 kohti pistettä P8 ja alin pinnankorkeus on kentän länsireunalla pisteessä P7, missä pohjaveden korkeus on noin +209 mpy. Tehdasalueella tarkkailupisteessä P1 pohjaveden korkeus on noin +216 mpy. Uusissa tarkkailupisteissä TF1 ja TF2 pohjaveden korkeus on noin +219 (Kuva 5-1).



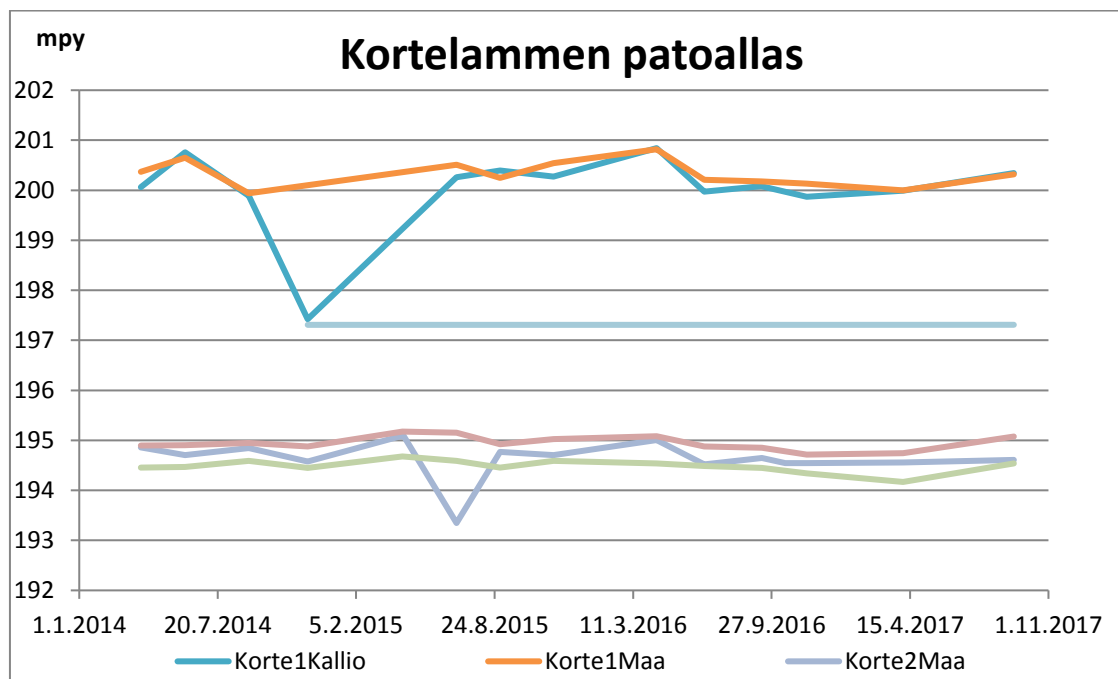
Kuva 5-1. Pohjaveden korkeus tehtaalla ja primääriliuotuskentän alueella.

Kipsisakka-altaiden ympäristössä pohjaveden korkeus on alemmalla tasolla kuin tehdasalueella. Pohjaveden pinnantaso nousi kevään ja syksyn välillä useimmissa tarkkailupisteissä kevään 2016 tasolle. Pinnankorkeushavaintojen perusteella pohjavesi on tasolla +213...+215 mpy altaiden pohjois- ja länsipuolella (R0, Kipsi1 ja Kipsi2) ja altaiden eteläpuolella pohjavesi on tason +212 mpy alapuolella (FID3, FID27 ja R3). Korttelamman pohjoispuolella vedenpinta on noin +207,5 mpy (tarkkailupiste Kipsi3) (Kuva 5-2).



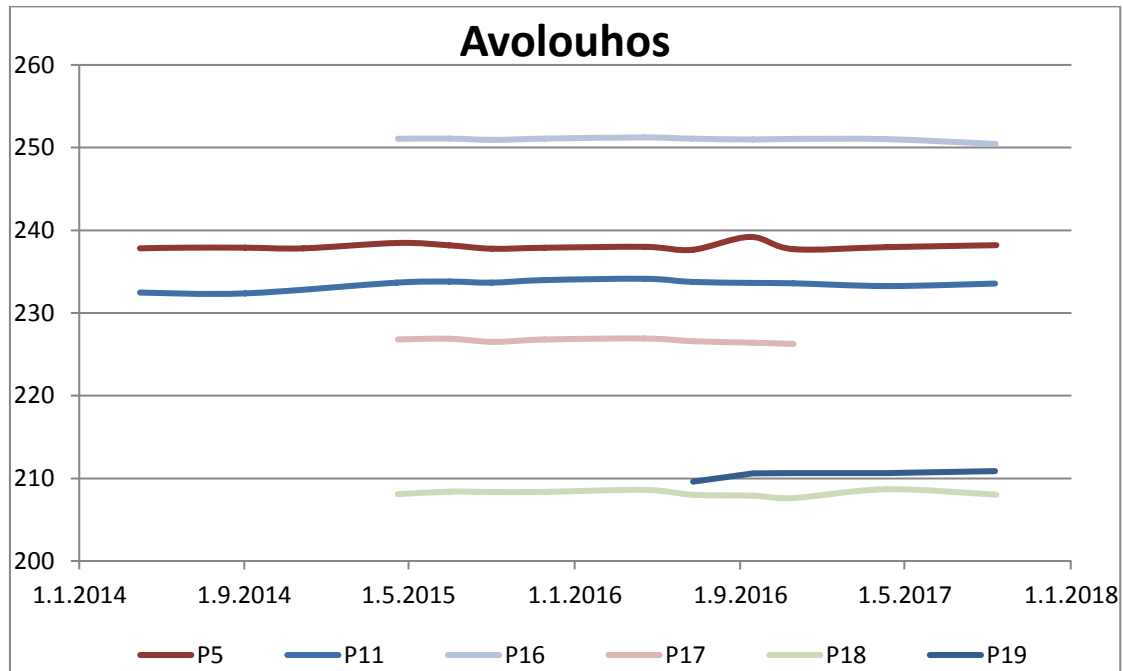
Kuva 5-2. Pohjaveden korkeus kipsisakka-altaiden ympäristössä

Kortelamman alueen länsireunalla tarkkailupisteissä Korte1Maa ja Korte1Kallio pohjaveden korkeus on noin +200 mpy. Pohjaveden virtaussuunta on kohti etelää ja tarkkailupisteitä Korte2 ja Korte3 (Kuva 5-3). Pohjavesi purkautuu kaivospiirin alueelta Ylä-Lumijärveen, jonka vedenpinnan korkeus on noin +191 mpy.



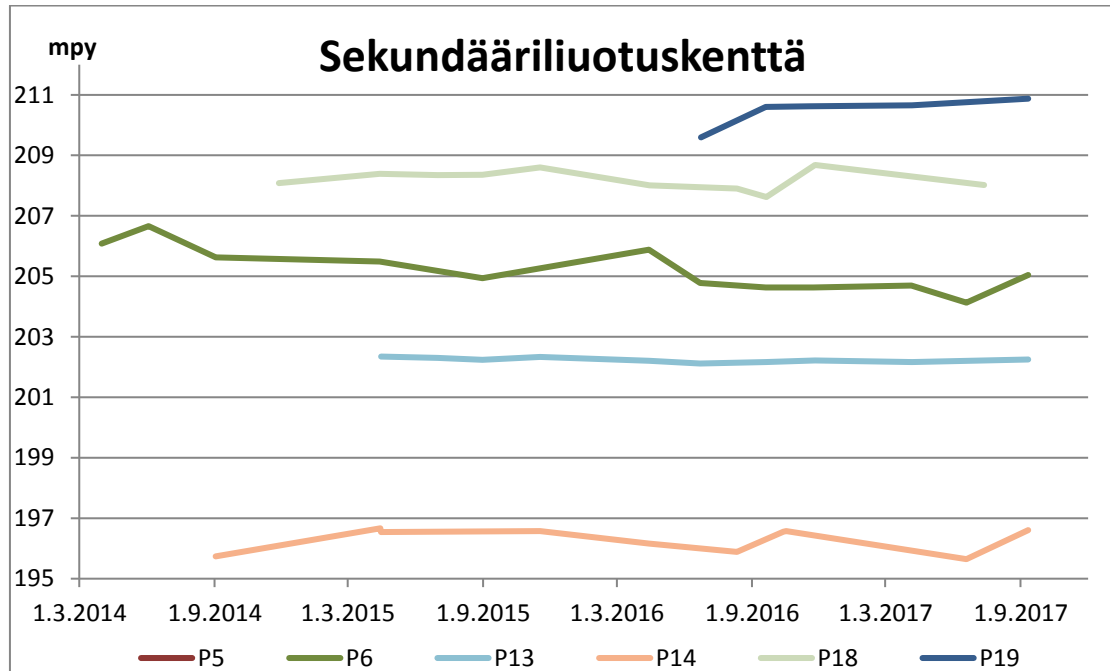
Kuva 5-3. Pohjaveden korkeus Kortelamman länsipuolella.

Kuusilammen avolouhoksen ympäristössä pohjaveden virtaussuunta on todennäköisesti kääntynyt paikallisesti kohti avolouhosta. Avolouhoksen pohjoispuolella (P18, P19) pohjaveden korkeus on noin +208...+210 mpy ja eteläpuolella (P17) noin +226 mpy. Tarkkailupisteet P17, P18 ja P19 sijoittuvat ruhjetulkinnan perusteella arvioiduille kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeille, joissa vedenjohtavuus on tyypillisesti suurempi kuin tiiviissä kalliiossa. Pohjaveden taso on avolouhoksen itäpuolella (P11) +233,5 mpy ja luoteispuolella (P5) +238 mpy (Kuva 5-4).



Kuva 5-4. Pohjaveden korkeus avolouhoksen ympäristössä.

Pohjaveden päävirtaussuunta on sekundääriliuotuskentän alueella kohti pohjoista ja tarkkailupistettä P14, jossa pohjaveden korkeus on noin +196 mpy (Kuva 5-5). Pohjavesi purkautuu kaivospiirin keskiosasta luontaisesti kohti pohjoista ja pintavesialtasiin (Kalliojärvi, Kolmisoppi), joiden vedenpinta on noin +180...+186 mpy.



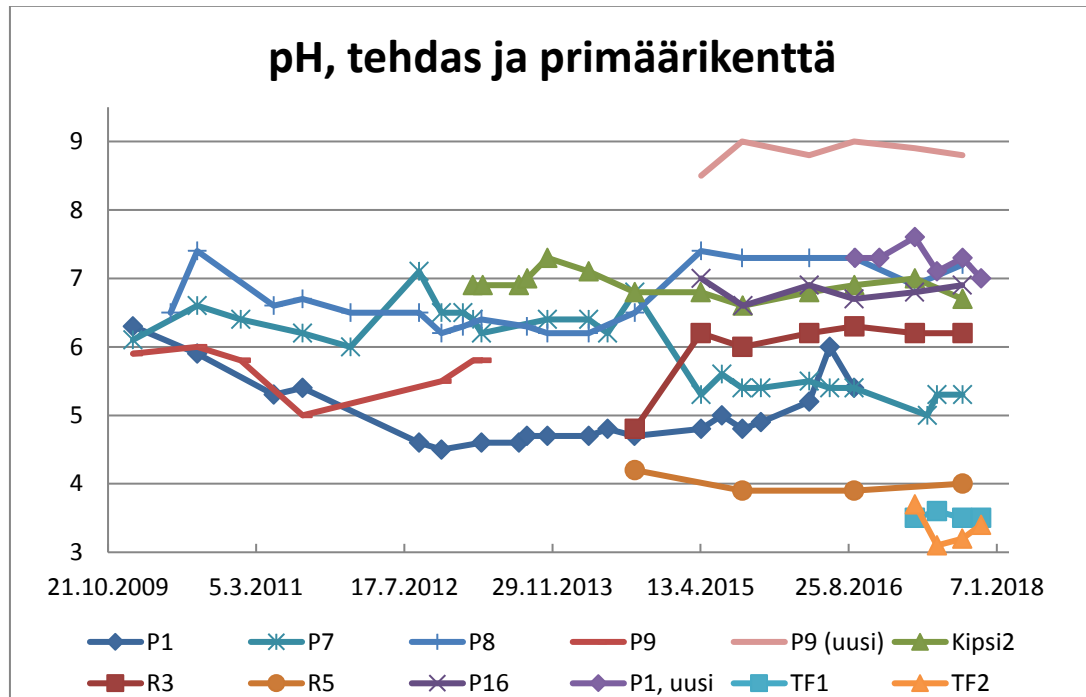
Kuva 5-5. Pohjaveden korkeus sekundääriliuotuskentän alueella.

## 5.2 Pohjaveden laatu kaivospiirin alueella

Kaivostoiminnan vaikutukset pohjaveden laatuun ovat selkeimmin havaittavissa tehdasalueella ja tehdasalueen länsipuolella, primääriliuotuskentällä sekä primääriliuotuskentän länsipuolella.

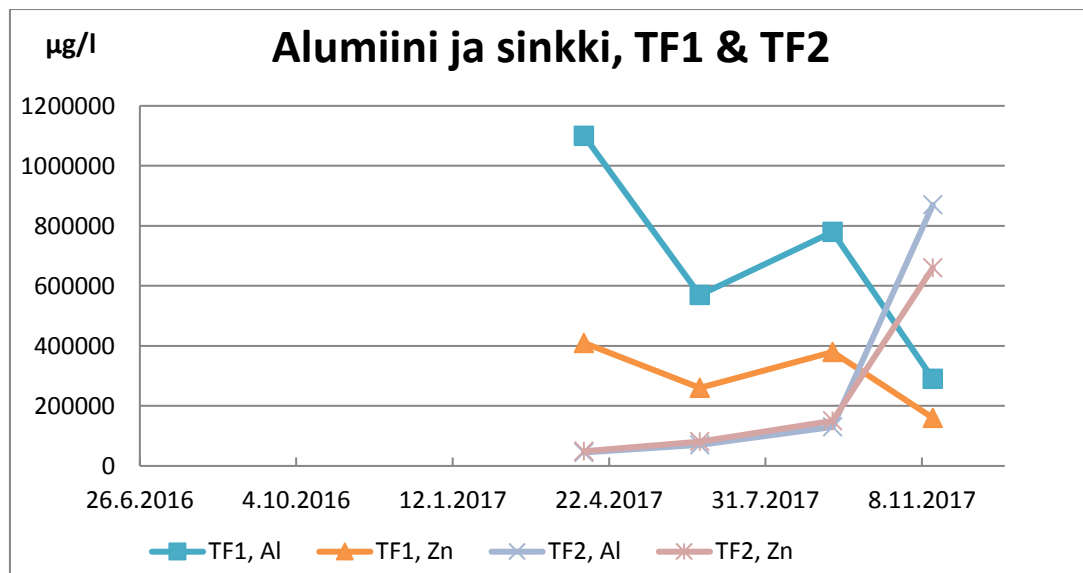
Tehdasalueen tarkkailupisteessä P1 (uusi) pohjavesi oli lievästi emäksistä, pH 7,3...7,7. Primääriliuotuskentän putkissa TF1 ja TF2 pohjavesi oli selkeästi hapanta, pH 3,1...3,7. Primääriliuotuskentän länsireunalla sijaitsevasta tarkkailuputkesta P7 otettu vesinäyte oli myös hapanta, pH 5...5,3. Tarkkailuputkien P8 ja P9 vesinäytteet olivat emäksisiä, pH 6,9...8,9. (Kuva 5-6). Primää-

rikentän itäpuolella, pohjaveden virtaussuunnassa yläpuolella tarkkailupisteessä P16 veden pH oli 6,8...6,9.



Kuva 5-6. Pohjaveden pH-arvot tehtaan ja primääriliuotuskentän alueella.

Pohjaveden metallipitoisuudet olivat korkeimmat tehdasalueella. Korkeimmat metallipitoisuudet todettiin primääriliuotuskentän putkissa TF1 ja TF2 (Al, Cd, Co, Cu, Ni, Fe, Zn, U). Tarkkailupisteessä TF1 metallipitoisuudet ovat pääosin reilusti laskeneet vuoden aikana ja tarkkailupisteessä TF2 vastaavasti nousseet (Kuva 5-7 ja Kuva 5-9).

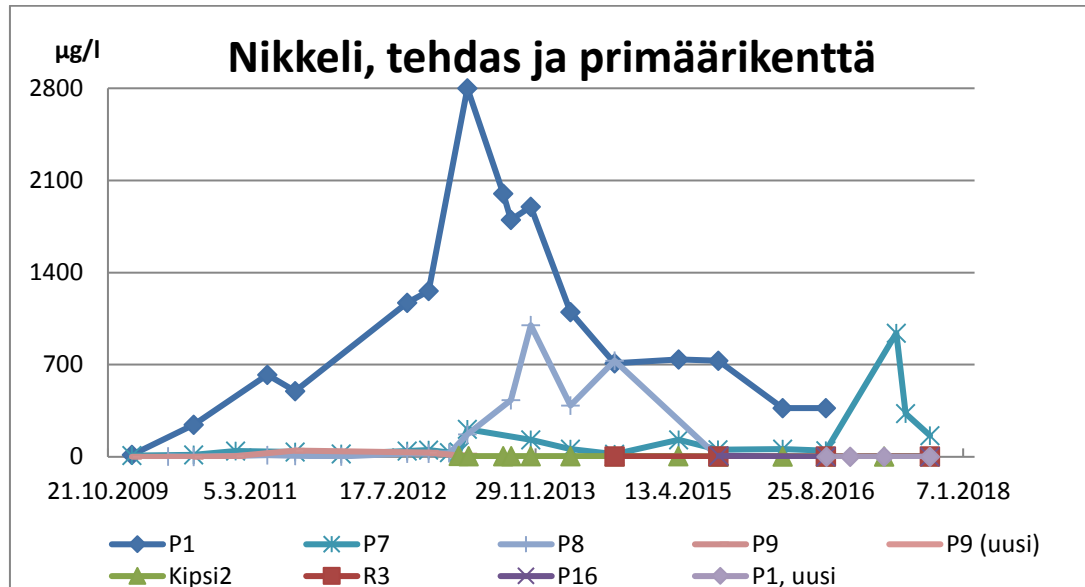


Kuva 5-7. Alumiinin ja sinkin pitoisuustrendit tarkkailupisteissä TF1 ja TF2.

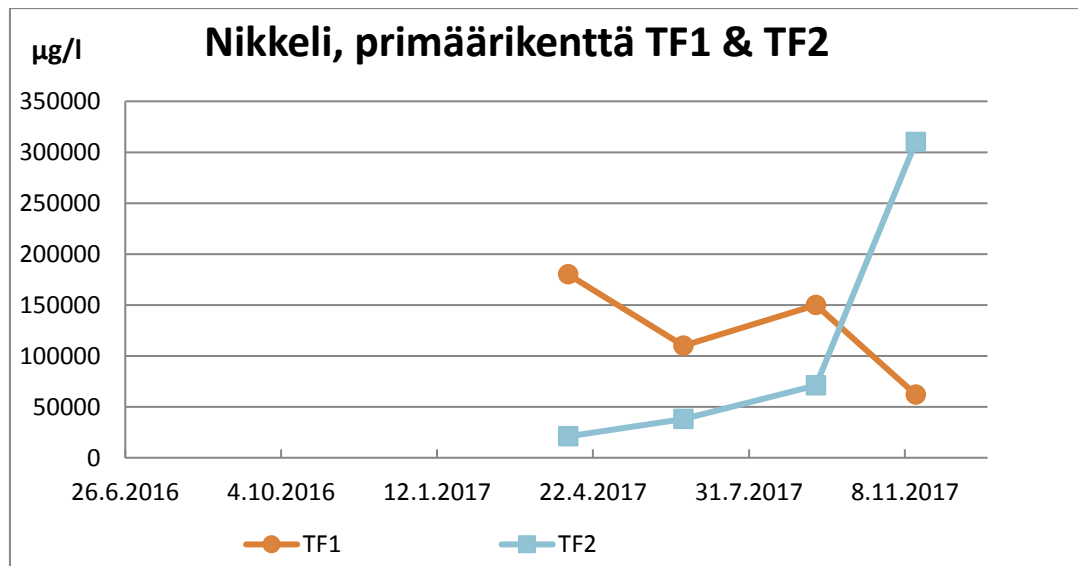
Tehdasalueen putkessa P1 (uusi) metallipitoisuudet (Al, Fe, Zn, U) olivat hieman kohonneet vuonna 2017. Tarkkailupisteiden P1 (uusi), TF2 ja P7 alueella kulkee pohjois-eteläsuuntainen ruhje, joka voi vaikuttaa pohjaveden kulkeutumiseen. Nikkelin (160...940 µg/l), kadmiumin (0,9...4,4 µg/l) alumiinin (230 µg/l) ja sinkin (340...2100 µg/l) pitoisuudet olivat koholla myös tarkkailupisteessä P7, joka on pohjaveden virtaussuunnassa primääriliuotuskentän alapuolella. (Kuva 5-8 ja Kuva 5-10). Myös nitraattipitoisuus oli myös koholla (8 000...11 000 µg/l), mikä oli myös huomioitu vuonna Pöyryn laatimassa pohjavesiselvityksessä.



Huhtikuussa 2017 tarkkailupisteen P7 pohjavesinäytteessä pitoisuudet (esim. SO<sub>4</sub> 14 000 mg/l, Al 380 000 µg/l, Zn 170 000 µg/l ja analyysitulokset (sähkönjohtavuus 730 mS/m) olivat huomattavan korkeat. Huhtikuun analyysituloksia ei ole esitetty pitoisuuskuvauksissa, mutta ne ovat nähtävillä liitteen 3 tulostaulukosta. Tarkkailupisteestä P7 otettiin uusintanäyte toukokuussa, jolloin pitoisuudet olivat reilusti laskeneet, mutta edelleen vuoden 2016 tuloksiin verrattuna koholla (SO<sub>4</sub> 210 mg/l, Al 1 900 µg/l, Zn 2 100 µg/l, sähkönjohtavuus 50 mS/m).



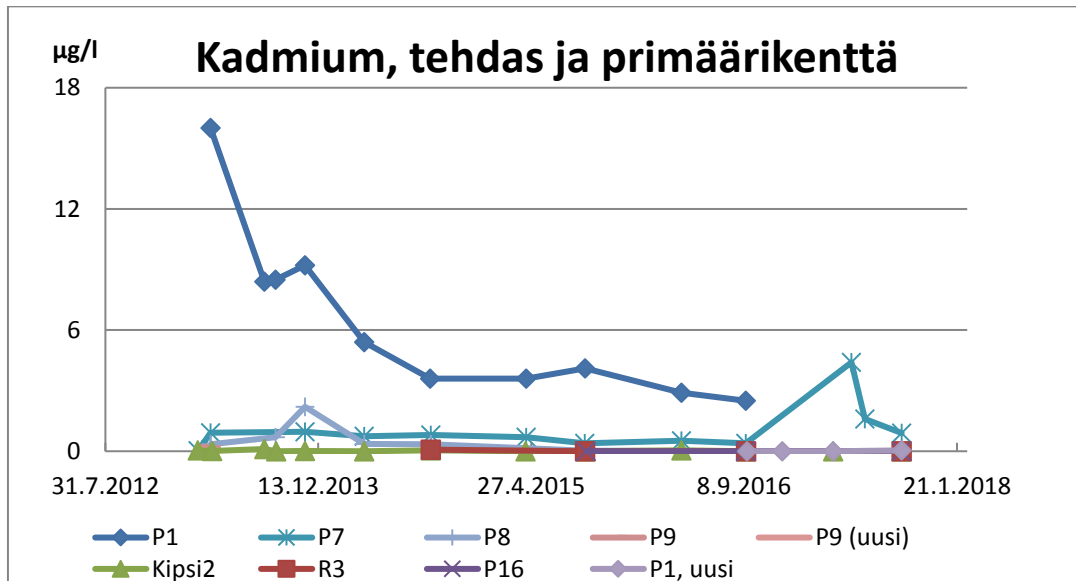
Kuva 5-8. Pohjaveden nikkelipitoisuus tehtaasta ja primääriliuotuskentän alueella (lukuun ottamatta tarkkailupisteitä TF1 ja TF2, jotka on esitetty kuvassa 5-8).



Kuva 5-9. Pohjaveden nikkelipitoisuus primääriliuotuskentän havaintoputkissa TF1 ja TF2.

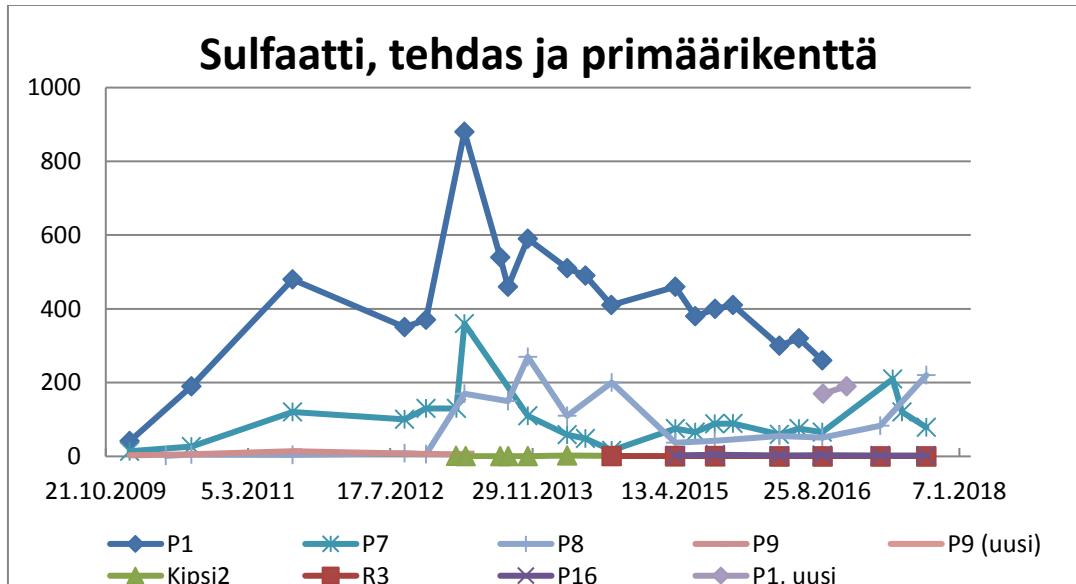
Tarkkailupisteissä P8 ja P9 kadmiumpitoisuus oli alle määrittämissä (<0,03 µg/l). Nikkelipitoisuus oli 3,6 µg/l pisteessä P8 ja 0,56 µg/l pisteessä P9.

Tehdasalueen länsipuolella, kipsisakka-altaan tarkkailupisteissä Kipsi2 ja R3 liuenneiden metallien pitoisuustaso on pysynyt samalla tasolla aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna. Pitoisuudet ovat pieniä ja pitoisuuden vaihtelu vähäistä: Ni <5 µg/l, Cd <0,03 µg/l, Co ≤2,7 µg/l, Zn ≤25 µg/l. Tarkkailupisteessä FID27 metallipitoisuudet (Ni 2,2 µg/l, Cd <0,03 µg/l, Co 1,2 µg/l, Zn 11 µg/l) olivat laskeneet selvästi vuoden 2016 korkeista pitoisuuksista (Kuva 5-15). Pohjaveden uraanipitoisuus oli tehdasalueen ja primääriliuotuskentän tarkkailupisteissä <0,1...1,6 µg/l.



Kuva 5-10. Pohjaveden kadmiumpitoisuus tehtaan ja primääriliuotuskentän alueella.

Pohjaveden sulfaattipitoisuus oli primääriliuotuskentän keskikaistalla sijaitsevilla tarkkailupisteissä TF1 ja TF2 välillä 4 100...79 000 mg/l. Tarkkailupiste TF1 pitoisuus on ollut tasaisempi läpi vuoden kun taas pisteessä TF2 pitoisuus on huhtikuun ja marraskuun tarkkailukerran välillä kohonnut tasolta 2 900 mg/l tasolle 79 000 mg/l. Primääriliuotuskentän eteläpuolella pisteessä P8 ja pohjaveden virtaussuunnassa sen alapuolella pisteessä P7 sulfaattipitoisuudet ovat 79...220 mg/l. Pitoisuudet ovat olleet korkeampia vuosiin 2014...2016 verrattuna, mutta alhaisemmat kuin vuonna 2013 todetut korkeimmat pitoisuudet (Kuva 5-11).



Kuva 5-11. Pohjaveden sulfaattipitoisuus tehtaan ja primäärkentän tarkkailupisteissä.

Primäärkentän länsipuolella ja pohjaveden virtaussuunnassa kentän alapuolella, Kortelammen pohjoispuolen tarkkailupisteessä R5 vesi oli erittäin hapanta, pH 4. Sulfaattipitoisuus (910 mg/l) ja metallipitoisuudet olivat selvästi laskeneet vuoden 2015 ja 2016 pitoisuuksiin verrattuna, mutta kadmiumin, kobolttin, kuparin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet olivat edelleen suurempia kuin riskiperusteisena suosituksena esitetyt pohjaveden laadun vertailuarvot<sup>3</sup> (Taulukko 5-1). Uraanipitoisuus oli laskenut vuoden 2016 tasolta 54 µg/l tasolle 34 µg/l. WHO:n ohjeellinen raja-arvo talousveden uraanipitoisuudelle on 30 µg/l. Kortelammen alueen tarkkailuputken R5 vedenlaatuun vaikutti patoaltaassa varastoidun happaman ja metallipitoisen veden suotautuminen pohjaveteen. Vuonna 2015 Kortelammen vedenpinta oli selvästi korkeammalla ja vesi ulottui havainto-

<sup>3</sup> Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014. Taulukko 3, s. 87

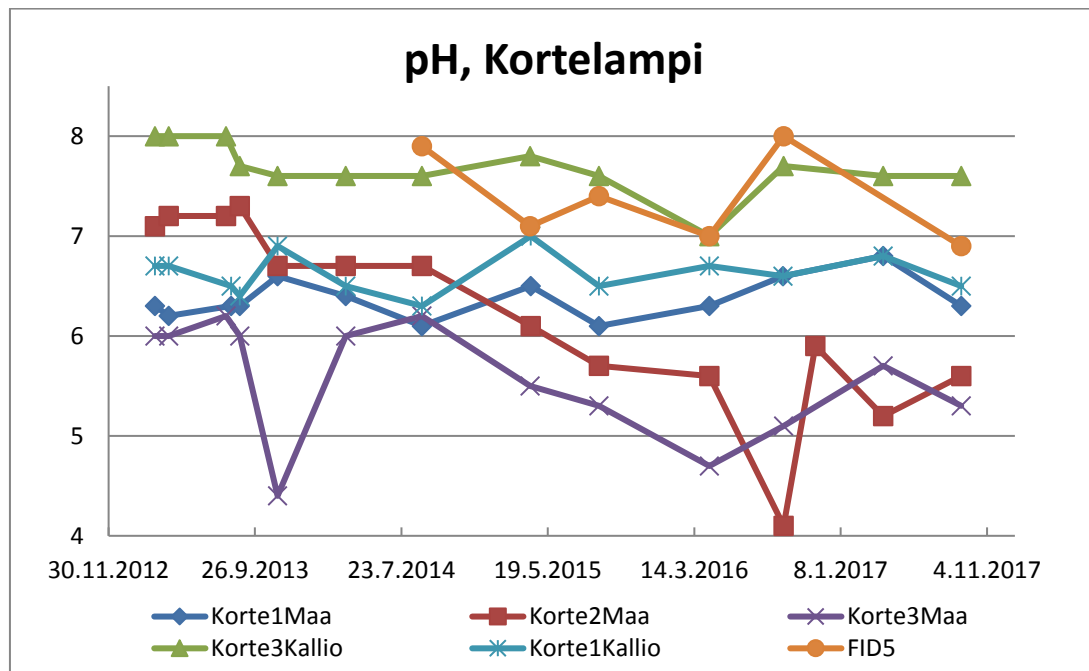
putkelle R5 saakka. Pitoisuuksien lasku vuonna vuosina 2016-2017 johtuu altaalla varastoidun veden määrän vähenemisestä ja altaan vedenpinnan laskusta.

**Taulukko 5-1. Pohjaveden metallipitoisuudet vuosina 2015, 2016 ja 2017 pisteessä R5 ja Ympäristöhallinnon ohjeen 6/2014 mukainen vertailuarvo.**

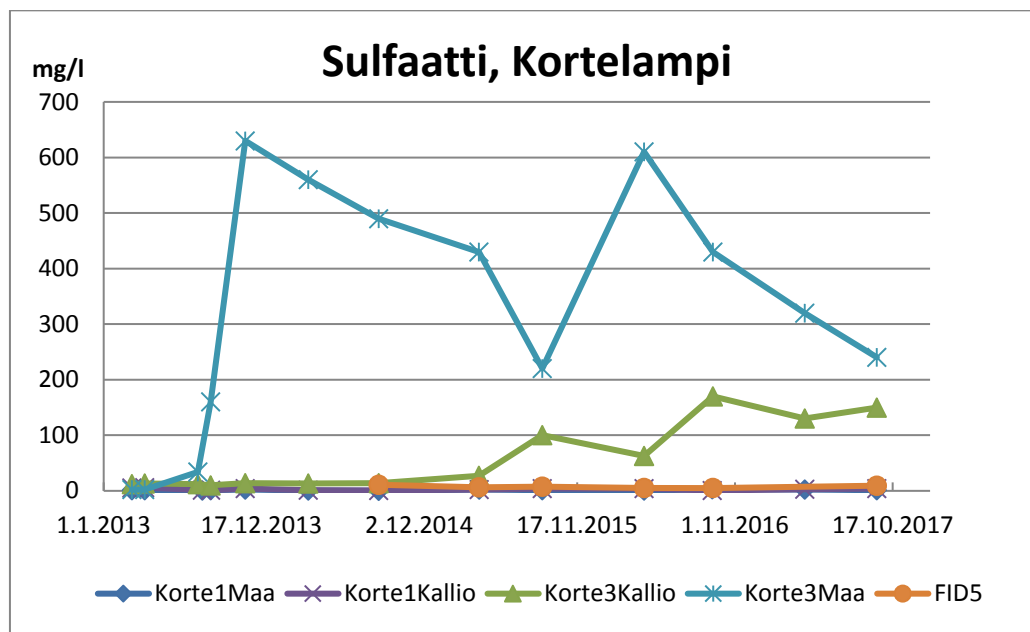
	Cd (µg/l)	Co (µg/l)	Cu (µg/l)	Ni (µg/l)	Zn (µg/l)
<b>OH 6/2014 vertailuarvo</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2 000</b>	<b>70</b>	<b>1 500</b>
R5 v. 2015	22	2 100	7 000	12 000	60 000
R5 v. 2016	5,4	300	1 100	3 900	2 200
R5 v. 2017	5,1	250	740	3 000	2 000

Kortelammen länsipuolella sijaitsevilla pohjaveden tarkkailupisteissä pH vaihteli lievästi happamampien Korte2Maa ja Korte3Maa tarkkailupisteiden tasolta 5,2...5,9 muiden Kortelammen alueen tarkkailupisteiden tasolle 6,3...7,6 (Kuva 5-12).

Sulfaattipitoisuus kohosi aiempaan tarkkailujaksoon verrattuna Kortelammen länsipuolen tarkkailupisteissä Korte2Maa (11 000...13 000 mg/l) sekä Korte3Kallio 63...170 mg/l (Kuva 5-13). Tarkkailupisteen Korte3Maa pitoisuudet (240...320 mg/l) laskivat hieman edellisvuodesta.



**Kuva 5-12. Pohjaveden happamuus Kortelammen tarkkailupisteissä.**



Kuva 5-13. Sulfaattipitoisuus Kortelammen tarkkailupisteissä lukuun ottamatta pistettä Korte2Maa, jossa pitoisuus oli 11000...13000 mg/l.

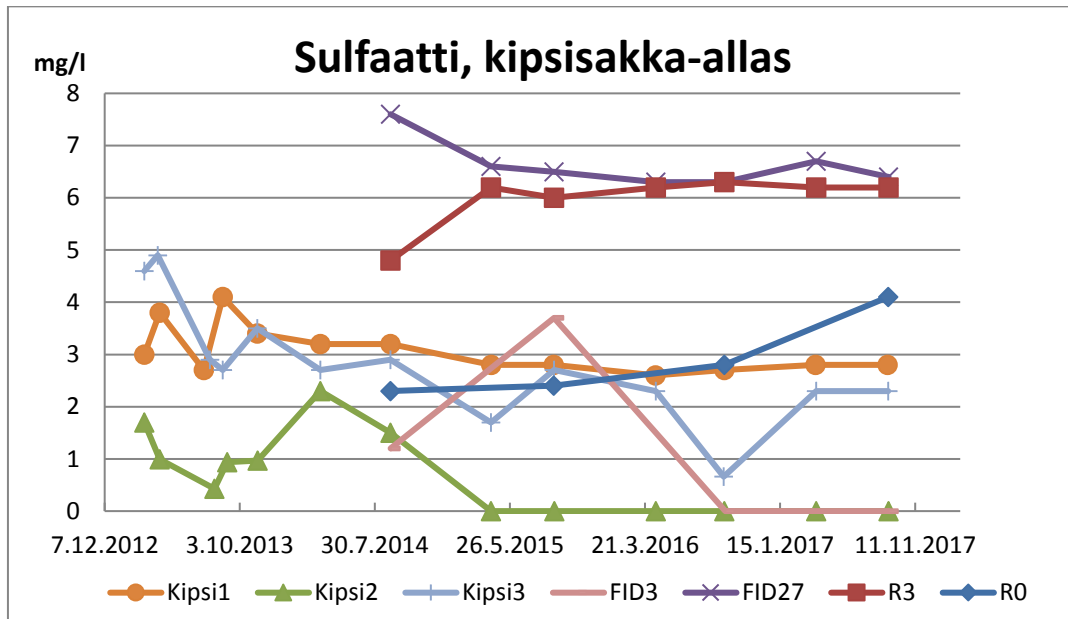
Tarkkailupisteissä Korte1Maa ja Korte1Kallio nikkelin, kobolttin ja alumiinin pitoisuudet olivat kevään 2017 aikana alhaisemmat kuin syksyllä. Syksyn tulokset olivat osin samansuuntaisia kevään 2016 pitoisuuksien kanssa. Pitoisuudet putkissa keväällä 2017 olivat Ni 2,5...5,3 µg/l, Co <0,5...1,8 µg/l, Al 240...1 800 µg/l ja syksyllä 2017 5,4...6,7 µg/l, Co 3,1...4,8 µg/l ja Al 3 200...4 000 µg/l. Tarkkailupisteessä Korte2Maa nikkelin (910...1 400 µg/l) ja kobolttin (40...57 µg/l) pitoisuudet ovat edelleen korkeat. Tarkkailupisteessä Korte3Kallio metallipitoisuudet ovat pysytelleet vuoden 2016 tasolla. Korte3Maa pitoisuudet (Ni 60...71 µg/l, Co 21...30 µg/l, Al 730...770 µg/l) ovat jonkin verran laskeneet aiempien vuosien tasolta.

Kortelammen patoaltaan vedenlaatu heijastuu havaintopisteissä Korte1Maa, Korte1Kallio ja Korte2Maa ja vähenevissä määrin myös pisteissä Korte3Maa ja Korte3Kallio kohonneina sulfaatti-, nikkeli ja kobolttipitoisuutena.

Pohjaveden uraanipitoisuus oli tarkkailupisteessä Korte3Kallio (7,5...7,8 µg/l) ja syksyllä tarkkailupisteissä Korte1Maa 1,5 µg/l ja Korte1Kallio 2 µg/l. Muissa Kortelammen alueen tarkkailupisteissä uraanipitoisuus oli <1,0 µg/l.

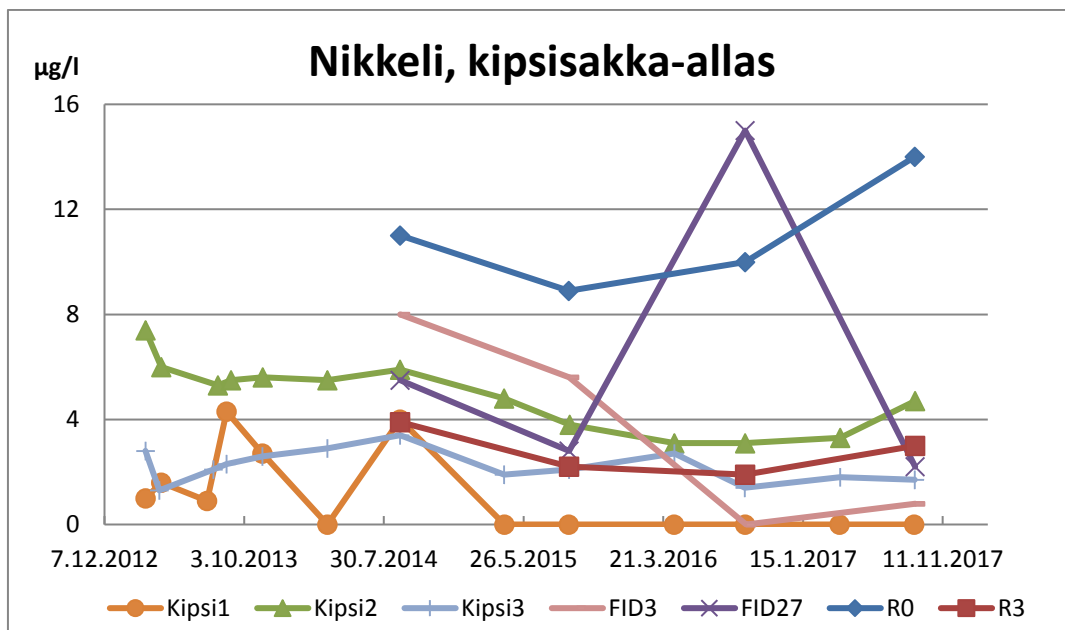
Liunneen raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat hieman kohonneet vuodesta 2016 tarkkailupisteessä Korte2Maa ja vastaavasti laskeneet pisteessä Korte3Maa.

Kipsisakka-altaiden ympäristössä (Kipsi1, Kipsi2, R0, FID3, R3, FID27) pohjavesi oli lievästi happanta, pH 6,2...7,0. Etelämpänä sijaitsevassa tarkkailupisteessä Kipsi3 pohjavesi oli lievästi emäksistä, pH 7,0...7,4. Sulfaattipitoisuus oli kaikissa altaan ympäristön tarkkailupisteissä (Kipsi1, Kipsi2, Kipsi3, FID3, FID27, R0, R3) matala, alle 8 mg/l (Kuva 5-14).



Kuva 5-14. Pohjaveden sulfaattipitoisuus kipsisakka-altaiden tarkkailupisteissä.

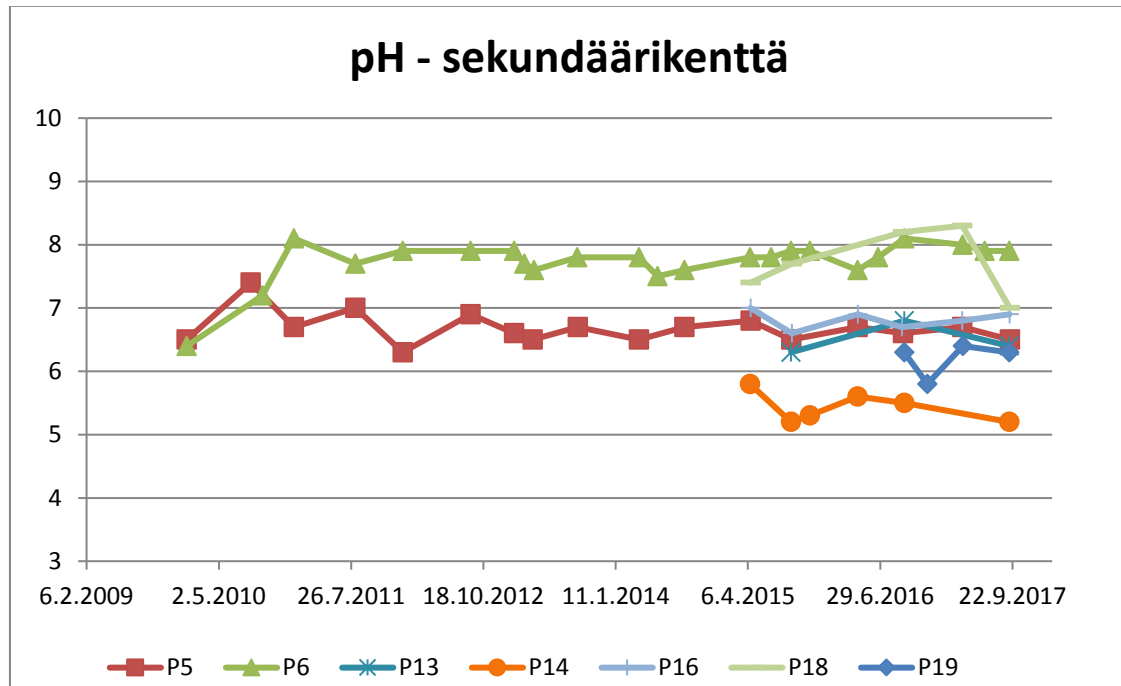
Pohjavesi oli hapetonta (<1 mg/l O<sub>2</sub>) lukuun ottamatta altaiden pohjoispuolen tarkkailupistettä Kipsi1 (3,0...3,3 mg/l O<sub>2</sub>). Syksyllä tarkkailupisteen FID3 happipitoisuus oli 1,1 mg/l O<sub>2</sub> ja keväällä tarkkailupisteen Kipsi2 happipitoisuus 1,2 mg/l O<sub>2</sub>. Tarkkailupisteissä FID3, Kipsi3 ja R3, joissa happea oli niukasti, oli liuenneen raudan pitoisuus pohjavedessä korkea, 530...32 000 µg/l. Altaiden ja tehdasalueen väliin sijoittuvassa tarkkailupisteessä Kipsi2 olivat sekä raudan (9 000...9 600 µg/l) että mangaanin (1 700...1 900 µg/l) pitoisuudet korkeat. Muiden tutkittujen metallien (Al, As, Cd, Co, Cu, Ni, Zn) liukoiset pitoisuudet kipsisakka-altaiden tarkkailupisteissä olivat pääosin pieniä. Tarkkailupisteessä R0 pitoisuudet metallien (Ni, Co, Zn) olivat kohonneet hieman edellisvuodesta. Pitoisuudet olivat myös korkeammat kuin muissa pisteissä. Uraanipitoisuus kipsisakka-altaiden tarkkailupisteissä oli <0,1...0,82 µg/l. Kipsisakka-altaiden alueen pohjaveden laadussa ei ole havaittavissa merkittäviä muutoksia aiempien tarkkailuvuosien tuloksiin nähden. Pohjaveden pH on alueelle tyypillisellä tasolla ja pohjaveden metallipitoisuudet olivat vähäisiä. Kipsisakka-altaiden alueella toiminnan vaikutus ei näytä heijastuvan alueen pohjaveden laatuun.



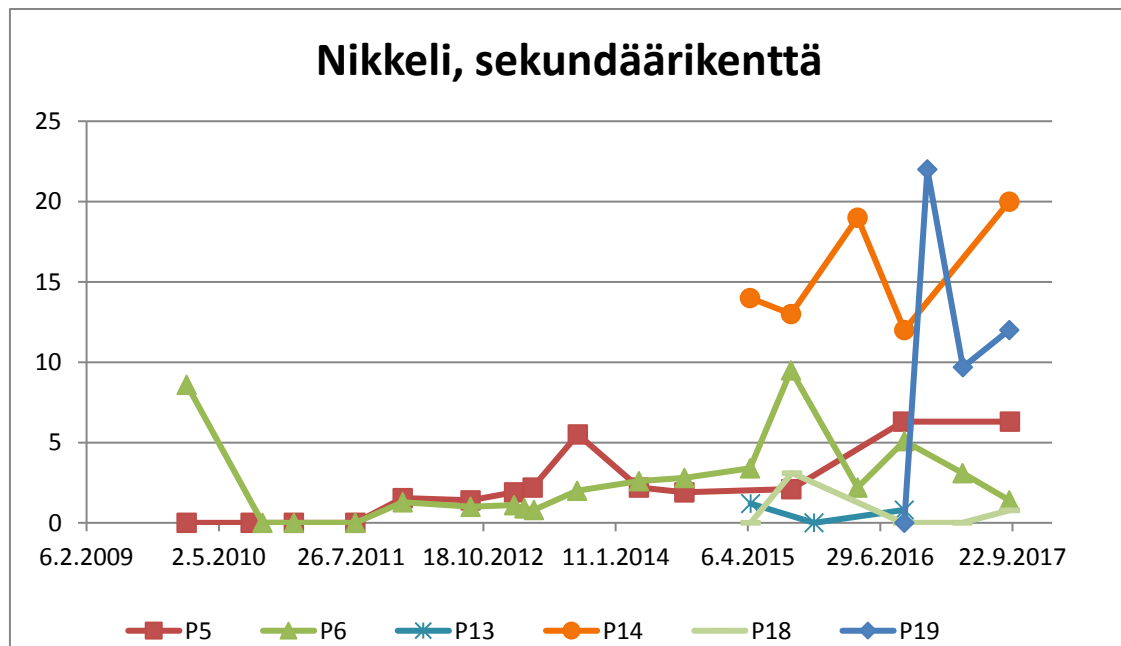
Kuva 5-15. Pohjaveden nikkelipitoisuus kipsisakka-alkan alueella.

Sekundääriliuotuskentän pohjoispuolella sijaitsevilla tarkkailupisteillä P6 ja P18 vesi oli emäksistä, pH 7...8,3. Sekundääriliuotuskentän pohjoispuolella tarkkailupisteessä P14 vesi oli selvästi hapanta, pH 5,2 (Kuva 5-16). Pohjaveden happipitoisuus vaihteli heikosta hyvään (1,7...4,4 mg/l)

pisteissä P6 ja P14. Pisteissä P5, P13 ja P18 pohjavesi oli hapetonta, lukuun ottamatta P18 ke-  
vään tulosta 4,2 mg/l.



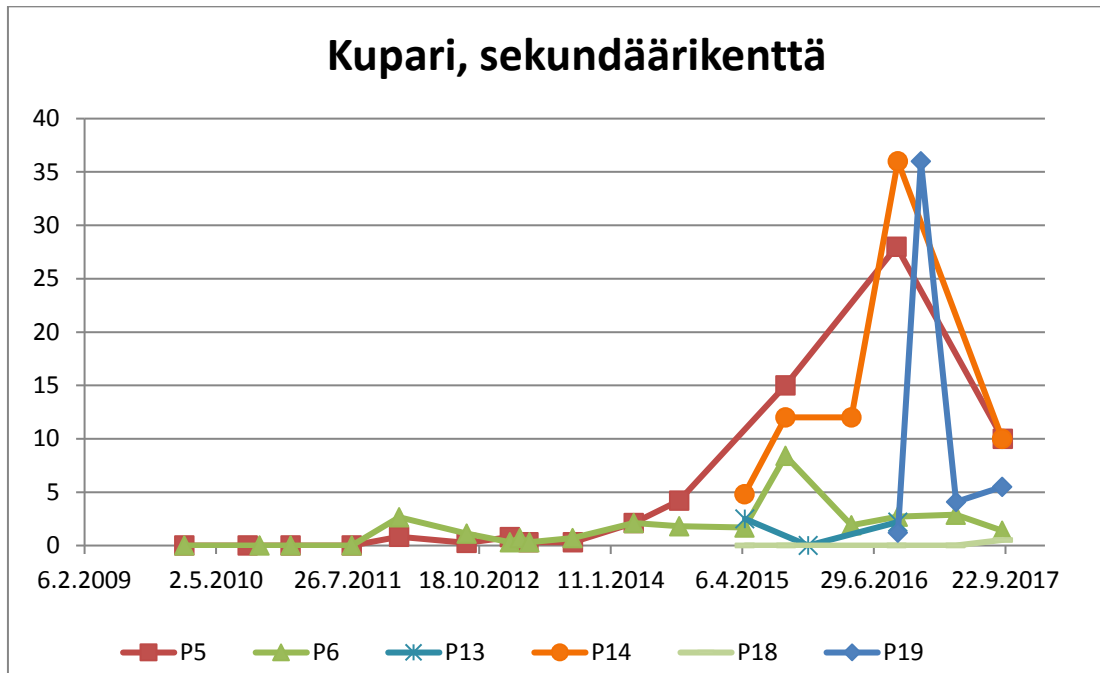
Kuva 5-16. Sekundääriliuotuskentän alueen pohjavesinäytteiden pH.



Kuva 5-17. Sekundääriliuotuskentän alueella nikkelpitoisuus on vaihdellut vuoden 2015 ja 2017 välillä.

Havaintopisteissä P13 ja P18 pohjaveden nikkelpitoisuudet olivat alueen alhaisimmat, 0,78...0,81 µg/l ja pisteissä P5, P6, P14 ja P19 pitoisuudet olivat välillä 1,4...20 µg/l, joista suurin pitoisuus sekundääriliuotuskentän pohjoispuolella tarkkailupisteessä P14 (Kuva 5-17).

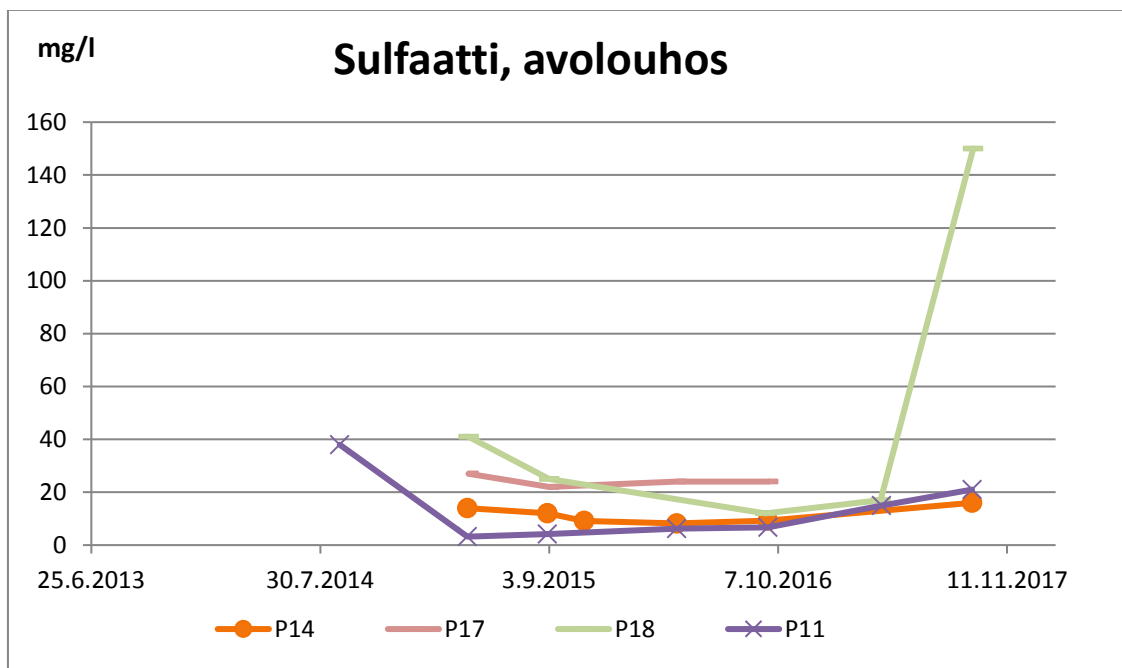
Liukoisien kuparin pitoisuudet laskivat vuoden 2015 pitoisuuksia alhaisemmalle tasolle havaintopisteiden P5, P14 ja P19 pohjavesinäytteistä, joissa pitoisuus oli enää 4,1...10 µg/l kun se vuonna 2016 oli 12...36 µg/l. (Kuva 5-18). Kobolttin pitoisuus alitti määrittämissä tarkkailupisteissä P18, ja muissa pisteissä pitoisuus oli 0,72...7,8 µg/l. Pohjaveden uraanipitoisuus oli sekundääriliuotuskentän alueella <0,1...2,7 µg/l.



Kuva 5-18. Pohjaveden kuparipitoisuus laski vuonna 2017 sekundääriliuotuskentän tarkkailupisteissä P5 ja P14.

Kuusilammen avolouhoksen itäpuolella, suunnitellulla sivukiven läjitysalueella sijaitsevassa tarkkailupisteessä P11 ja avolouhoksen eteläpuolella pisteessä P17 pohjavesi oli hapanta (pH 5,9...6,1). Avolouhoksen luoteispuolella (P18) vesi oli emäksistä, pH 8,2. Avolouhoksen itäpuolella (P11) veden happipitoisuus oli hyvä (8...11,9 mg/l) ja rauta- ja mangaanipitoisuus olivat alhaisia.

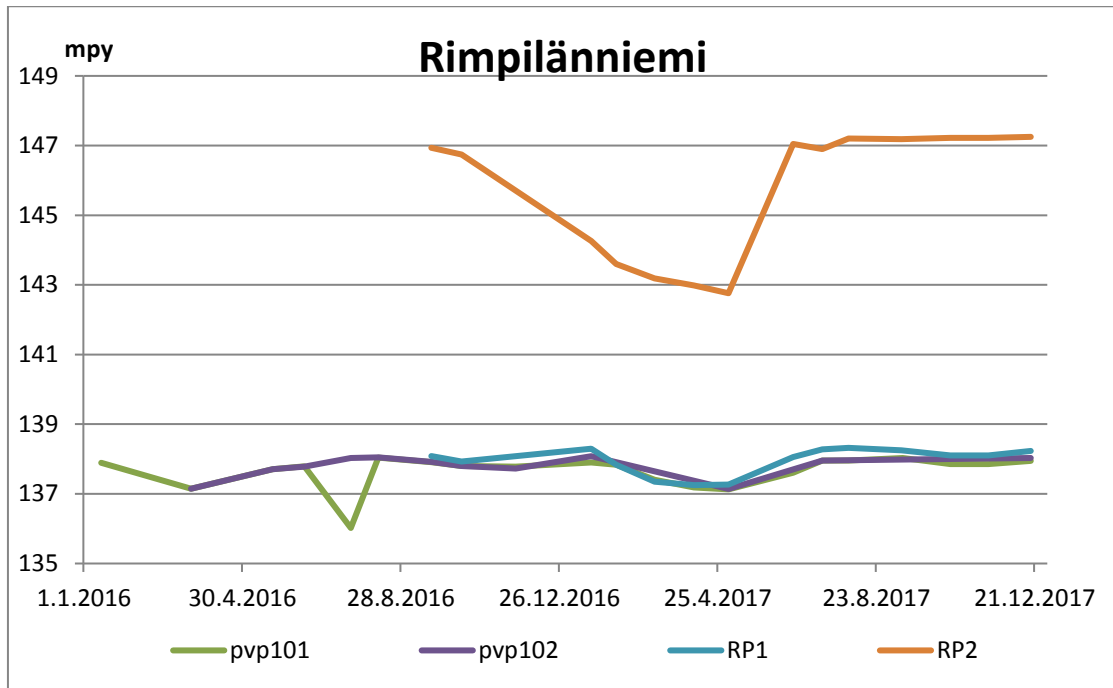
Avolouhoksen eteläpuolella sijaitseva pohjavesiputki (P17) on tuhoutunut, joten siitä ei saatu näytettä vuonna 2017. Avolouhoksen luoteispuolella, tarkkailupisteessä P18 sulfaattipitoisuus oli kohonnut muihin tarkkailuputkiin verrattuna pitoisuuden ollessa 150 mg/l (Kuva 5-19). Myös tarkkailupisteen P18 alumiinipitoisuus oli kohonnut vuodesta 2016. Avolouhoksen ympäristössä pohjaveden uraanipitoisuus oli <0,1...0,23 µg/l. Kaivosalueen jälkikäsitellyalueella on käsitelty vesiä. Vesiä on varastoitu avolouhoksessa ja käsiteltyjä vesiä Kuusilammella ja Kuljunlammella.



Kuva 5-19. Pohjaveden sulfaattipitoisuus avolouhoksen ympäristössä.

### 5.3 Rimpilänniemen pohjavesialueen tarkkailu

Rimpilänniemen pohjavesialueen tarkkailuputkessa RP2 pohjaveden korkeus on noin +147 mpy. Tarkkailupisteissä RP1, pvp101 ja pvp102 pohjaveden korkeus on lähes Nuasjärven pinnankorkeuden tasolla (Kuva 5-20).



Kuva 5-20. Pohjaveden korkeus Rimpilänniemen pohjavesialueen tarkkailuputkissa.

Tarkkailupisteissä RP1 ja RP2 pohjaveden happipitoisuus on hyvä 9,6...11,8 mg/l. Pisteessä RP2 todetut rauta- ja mangaanipitoisuudet olivat hieman korkeammat kuin pohjaveden virtaussuunnassa alempana sijaitsevassa tarkkailupisteessä.

## 6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Terrafamen kaivoksen vuoden 2017 pohjavesitarkkailu toteutettiin helmikuussa 2017 päivitetyn tarkkailuohjelman mukaisesti. Alkuvuodesta 2017 primääriliuotus kentän keskikaistalle asennettiin kaksi uutta pohjavesiputkea TF1 ja TF2.

Kaivoksen pohjavesitarkkailuun kuuluvat yksityiset talousvesikaivot sijaitsevat kaivospiirin läheisyydessä. Kaivojen vedenlaatua on tarkkailtu vuodesta 2008 alkaen. Nuasjärven purkuputken tarkkailuohjelmaan sisältyvä porakaivo Nuasjärven Lamposaaressa lisättiin tarkkailuun vuonna 2015 ja vuonna 2016 tarkkailuun lisättiin Pohjavaaran vesiosuuskunnan vedenottamon kaivo (Rimpilänniemen vedenottamo) ja Heterannan vedenottamon kaksi kaivoa. Vuonna 2017 Rimpilänniemen vedenottamon tarkkailunäyte otettiin poikkeuksellisesti tarkkailupisteestä 101 eikä vedenottamon kaivosta.

Talousvesikaivoissa ei havaittu normaalista vaihtelusta poikkeavia pitoisuusmuutoksia. Kaivojen vedenlaatu täytti tutkituilta osin talousveden laatuvaatimukset. Laatusuosituksen mukainen raudan tai mangaanin enimmäismäärä ylittyi Hakorannan ja Lamposaaren talousvesikaivoissa, joissa pohjavesi oli lähes hapetonta. Myllyniemen talousvesikaivon rautapitoisuus oli myös laatusuosituksia korkeampi. Talousvesikaivojen tarkkailun perusteella ei havaittu kaivostoiminnan vaikuttaneen pohjaveden laatuun tai määrään. Kaivovesinäytteissä todetut pienet metallipitoisuudet johdetaan paikallisista geologisista olosuhteista.

Kaivospiirin alueella Kortelammen alueen tarkkailupisteissä pH on pysytellyt tasaisena vuonna 2017. Tarkkailupisteissä Korte2Maa ja Korte3Kallio sulfaattipitoisuus on pysytellyt korkeana syyskuusta 2016 saakka. Metallipitoisuudet ovat edelleen osin nousseet pisteessä Korte2Maa. Kortelammen alueella tarkkailupisteessä R5 metallipitoisuudet olivat laskeneet edelleen vuosista 2015 ja 2016, mutta edelleen kadmiumin, kobolttin, kuparin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet olivat suurempia kuin riskiperusteisena suosituksena esitetyt pohjaveden laadun vertailuarvot.



Kipsisakka-altaan ympäristössä pohjavesi on pääosin lähes hapetonta, jonka myötä myös rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat koholla. Tarkkailupisteen R0 metallipitoisuudet olivat hieman kohonneet edellisvuodesta, mutta muuten vuonna 2017 alueen pohjaveden laatu on pysynyt tasaisena.

Primääriliuotusalueen uusissa tarkkailupisteissä TF1 ja TF2 pohjavesi on selvästi hapanta ja metallipitoisuudet ovat huomattavasti muita tarkkailupisteitä korkeammat. Pitoisuuksissa on samankaltaisuuksia PLS-liuoksen koostumuksen kanssa, erityisesti metallien Al, Co, Fe, Ni, U, Zn osalta, joskin pienempinä pitoisuuksina. Pöyryn laatiman pohjavesiselvityksen mukaan pohjavedessä todetut pitoisuudet voisivat mahdollisesti olla peräisin erilaisista poikkeamatilanteista, kuten kalvottomalle alueelle päässeistä ylivuodoista. Tarkkailupisteessä TF1 metallipitoisuudet ovat pääosin reilusti laskeneet vuoden 2017 aikana ja tarkkailupisteessä TF2 vastaavasti nousseet.

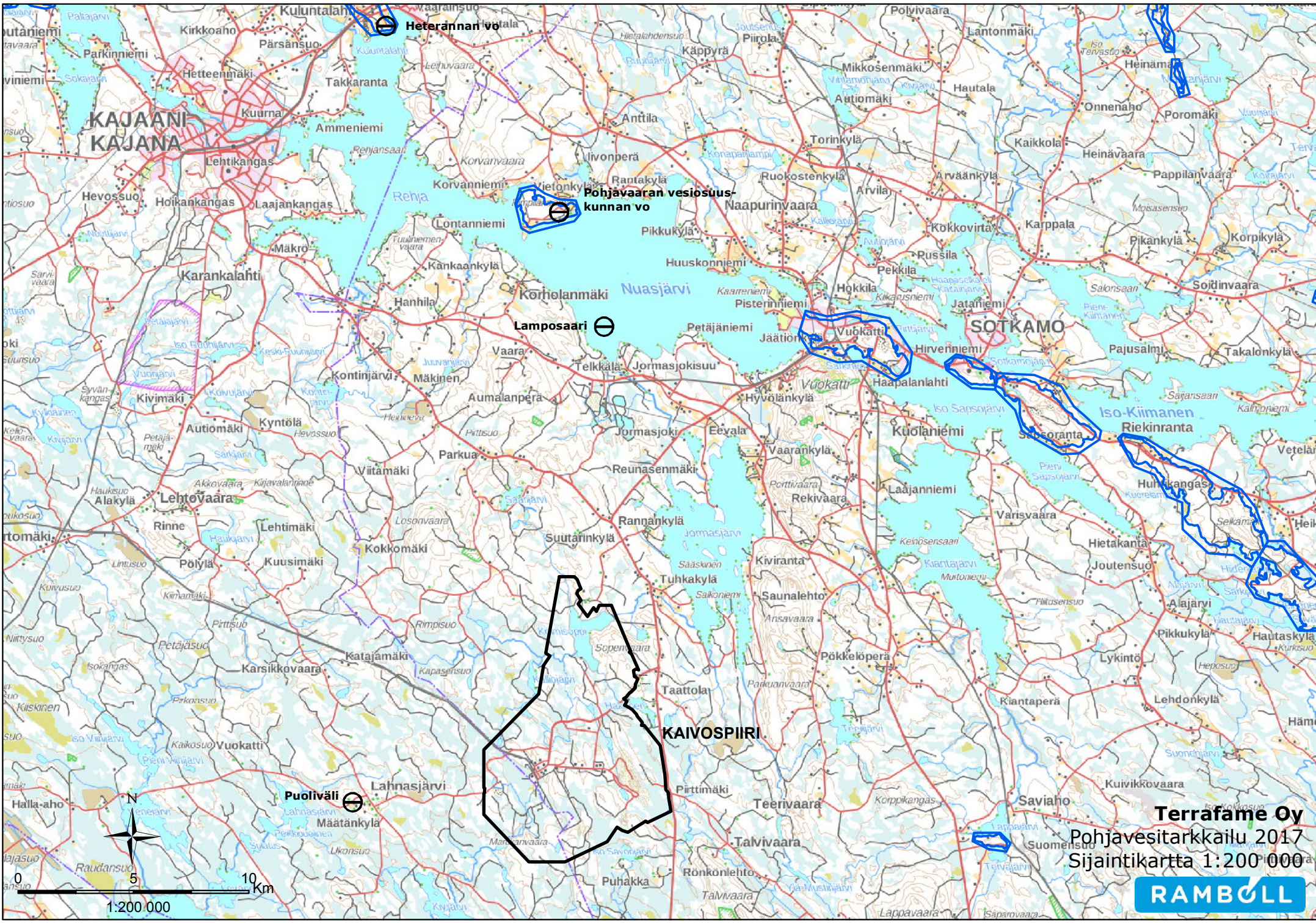
Primääriliuotusalueen länsipuolella sijaitsevassa tarkkailupisteessä P7 pH on hieman laskenut ja metallipitoisuudet kohonneet aiemmista tarkkailuvuosista. Pitoisuustrendi oli kuitenkin laskeva toukokuun ja syyskuun välillä. Tehdasalueen putkessa P1 (uusi) metallipitoisuudet (Al, Fe, Zn, U) ovat hieman kohonneet vuonna 2017.

Sekundääriliuotuskentän tarkkailupisteissä pohjaveden metallipitoisuudet olivat pääosin aikaisempien vuosien tarkkailutulosten tasolla. Vuonna 2016 koholla ollut kuparipitoisuus oli laskenut aikaisempien vuosien tasolle. Pohjaveden virtaus suuntautuu liuotuskentältä kohti pistettä P14, jossa vesi on hapanta ja metallipitoisuudet ovat hieman kohonneet muihin pisteisiin verrattuna.

Kuusilammen avolouhoksessa on varastoitu happamia vesiä (pH <4), joiden metallipitoisuus on korkea. Veden varastoinnin vaikutuksia ei avolouhoksen kaakkoispuolella voitu tarkkailuvuonna 2017 seurata, sillä havaintoputki P17 on tuhoutunut. Avolouhoksen luoteispuolella tarkkailupisteessä P18 sulfaatti- ja alumiinipitoisuudet olivat kohonneet edellisestä vuodesta. Pohjaveden virtausuunta on kohti avolouhosta, mikä vähentää varastoitavien vesien sekoittumista ympäristöön, mutta veden kulkeutuminen kalliorakoilun suunnassa on mahdollista. Vuoden 2018 alusta avolouhos on vedestä tyhjä ja se on kokonaan malmintuotannossa.

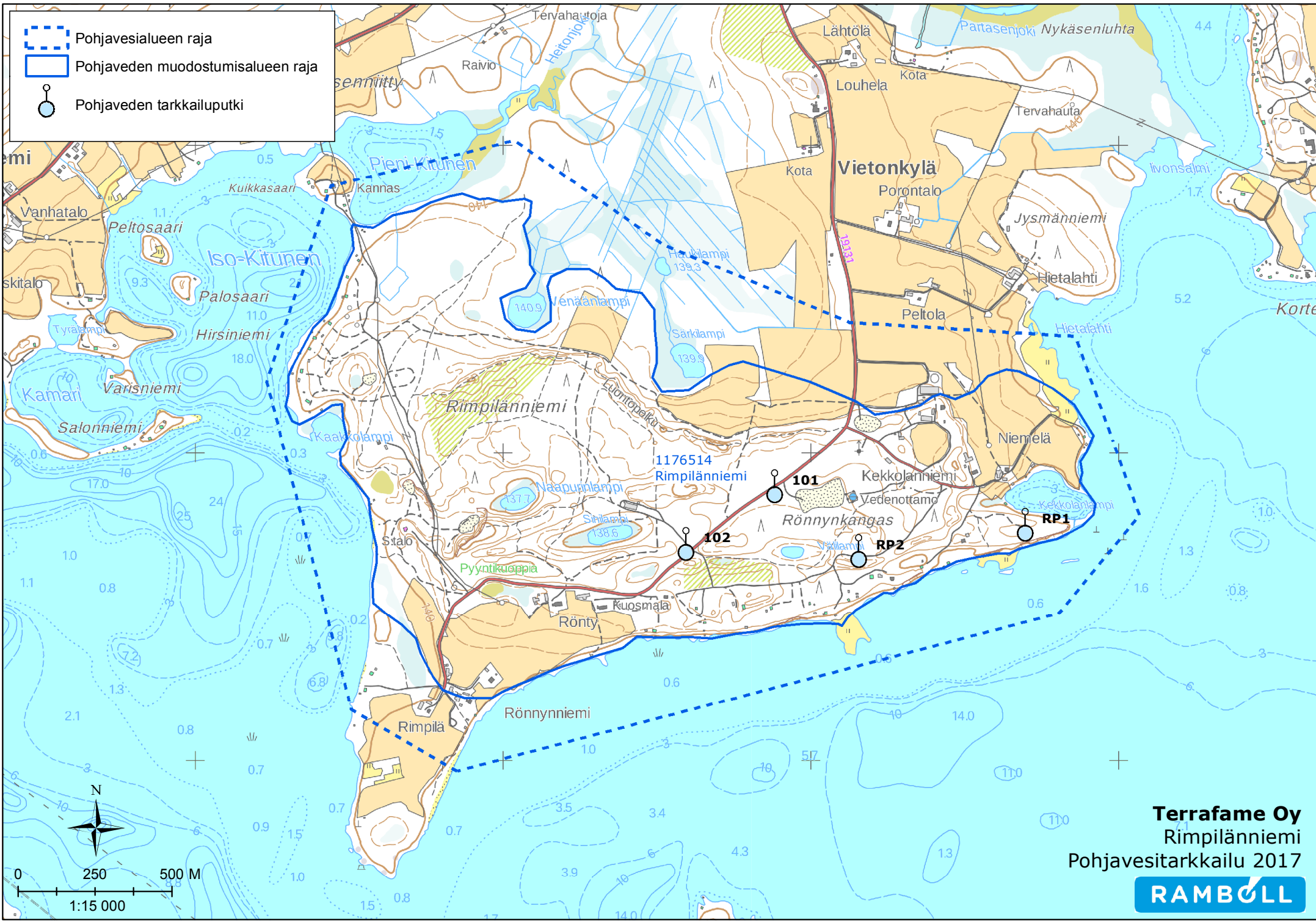
Kaivostoiminnan vaikutus on havaittavissa kaivospiirin alueella pohjaveden kohonneina metallipitoisuuksina. Pohjavesitarkkailutulosten vertailuarvona käytettyjen riskiperusteisten haitta-ainepitoisuuksien ylityksiä havaittiin primääriliuotuskentällä sekä tehdasalueen ja Kortelammen alueen välisellä alueella. Sekundääriliuotuskentän alueella todettiin kohonneita metallipitoisuuksia. Talousvesikaivojen vedenlaatu täytti tutkituilta osin talousveden laatuvaatimukset, eikä kaivovedessä todettu kaivostoiminnasta aiheutuvia muutoksia.

**LIITE 1**  
**TALOUSVESIKAIVOJEN JA POHJAVESIPUTKIEN SIJAINNIKARTAT**



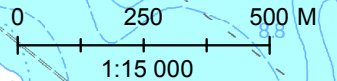
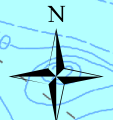
Terrafame Oy  
 Pohjavesitarkkailu 2017  
 Sijaintikartta 1:200 000

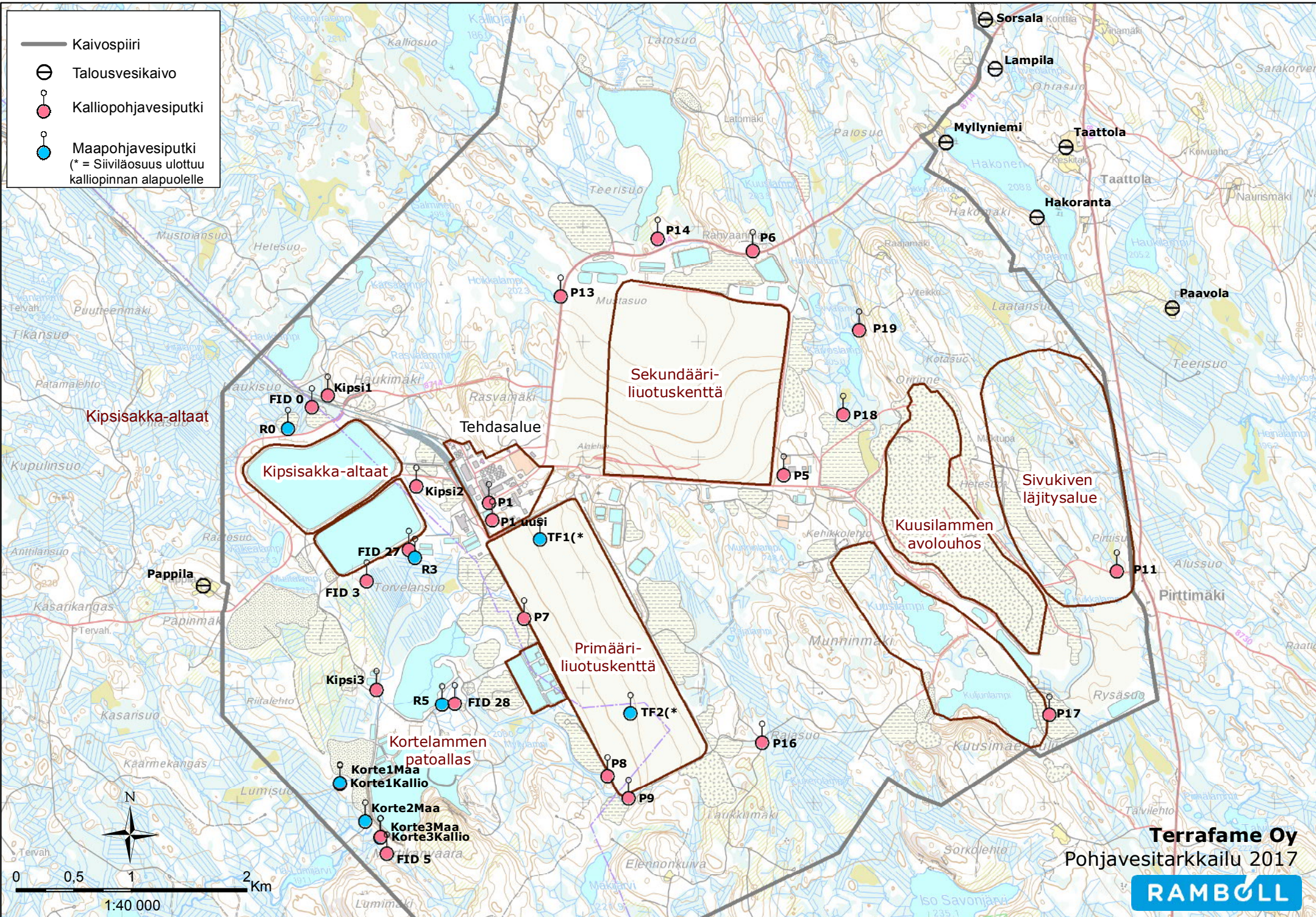




- Pohjavesialueen raja
- Pohjaveden muodostumisalueen raja
- Pohjaveden tarkkailuputki

**Terraframe Oy**  
 Rimpilänniemi  
 Pohjavesitarkkailu 2017

















**LIITE 2**  
**TALOUSVESIKAIVOT – ANALYYSITULOKSET 2014 - 2017**

Ottopaikka	Ottopäivä	Kallioperän laatu	Kaivotyyppi	Vedenpinnan taso (N60) m	Haju Kenttät.	Lämpötila Kenttäh. °C	Redox mV	Sameus NTU	Väriluku mg Pt/l	pH	Sähkönjohtavuus mS/m	Alkali-teetti mmol/l	Happi (O2) mg/l	Happi (O2) %	CODMn mg/l	Kloridi (Cl) mg/l	Sulfaatti (SO4) mg/l	Nitraatti (NO3) µg/l	Nitriitti (NO2) µg/l	Ammonium (NH4) µg/l
STM 1352/2015										6,5-9	250							11000	150	500
STM 1352/2015 laatuvaatimus																		11000	150	
STM 1352/2015 laatusuositus								1		6,5-9	250				5	250				
STM 401/2001 laatuvaatimus																		11000	150	
STM 401/2001 laatusuositus								1	5	6,5-9	250				5	100				
Lähteet ja lähdekaivot *)									<5	6.4	7	0.3						1000		
Moreeni, kuilukaivot *)									10	6.5	16.8	0.76						2900		
Porakaivot *)									<5	7.6	7.8	1.7						200		
Hakoranta	3.6.2014	Mustaliuske	porakaivo			6.3		20	20	7.4	21	0.89	1.3		0.58	0.77	48	<1000	<7	29
Hakoranta	2.9.2014	Mustaliuske	porakaivo			8.8		31	60	6.8	18	0.61	0.3		<0,50	0.66	52	<1000	<7	39
Hakoranta	16.4.2015	Mustaliuske	porakaivo		hajuton	3.9		23	35	7.5	20	0.91	0.6		<0,50	0.79	46	<20	<7	40
Hakoranta	31.8.2015	Mustaliuske	porakaivo		hajuton	6.3		19	90	7.3	20	0.85	1		<0,50	0.77	48	<20	<7	40
Hakoranta	14.4.2016	Mustaliuske	porakaivo		hajuton			22	30	7.4	21	1	1.7		0.56	0.77	46	<20	<7	30
Hakoranta	21.9.2016	Mustaliuske	porakaivo		hajuton	7.6		3.9	30	7.8	21	0.93	0.6		<0,50	0.79	48	<20	<7	35
Hakoranta	6.4.2017	Mustaliuske	porakaivo		hajuton	4.1		9.6	30	7.7	22	0.98			<0,50	0.78	46	8.5	<7	39
Hakoranta	12.9.2017	Mustaliuske	porakaivo		hajuton	5.7		11	70	7.6	21	0.94	0.7		<0,50	0.8	47	<20	<7	39
Lampila	1.4.2014	Kiilleliuske	kuilukaivo	226.48		-		0.69	7.5	6.9	12	0.84	7.8		3.4	4.1	15	3000	<7	35
Lampila	2.9.2014	Kiilleliuske	kuilukaivo			10.2		0.5	7.5	6.9	20	1.5	7.6		2.1	2.5	14	5700	95	180
Lampila	16.4.2015	Kiilleliuske	kuilukaivo		hajuton	1.7		0.2	5	7.1	12	0.84	7.8		1.8	2.1	11	3500	<7	18
Lampila	31.8.2015	Kiilleliuske	kuilukaivo	226.72	hajuton	11.6		0.3	10	6.7	15	1.2	3.7		3.3	0.79	13	780	<7	<6
Lampila	13.4.2016	Kiilleliuske	kuilukaivo		maamainen	1		0.8	20	7	16	0.96	10.2		4.9	4.3	12	2500	<7	65
Lampila	21.9.2016	Kiilleliuske	kuilukaivo		lievä hajuvirhe	9.5		0.96	7.5	7.6	26	2	6.5		1.8	2.2	11	7000	<7	30
Lampila	9.5.2017	Kiilleliuske	kuilukaivo		hajuton	1		0.35	10	7.2	17	0.94	9		2	3	14	1700	<7	<6
Lampila	12.9.2017	Kiilleliuske	kuilukaivo	227.43	hajuton	10.3		1.3	<5	7	18	1.2	6.2		1.9	2.8	9.3	13000	<7	<6
Myllyniemi	1.4.2014	Kiilleliuske	hetekaivo	210.62		1.4		0.8	15	6.6	14	0.71	4.5		3.7	3.1	27	5400	<7	<6
Myllyniemi	2.9.2014	Kiilleliuske	hetekaivo			10		0.58	20	6.4	13	0.65	4.1		5.1	0.56	24	2300	<7	7.9
Myllyniemi	16.4.2015	Kiilleliuske	hetekaivo		hajuton	0.5		0.45	15	6.3	13	0.38	8.4		4.3	1.2	28	8900	<7	<6
Myllyniemi	31.8.2015	Kiilleliuske	hetekaivo	210.66	hajuvirhe	10.6		1.8	45	6.4	12	0.65	1.4		6.5	<0,50	18	850	15	39
Myllyniemi	13.4.2016	Kiilleliuske	hetekaivo		maamainen	0.5		0.97	25	6	6.9	0.21	4.7		5	0.8	13	2500	<7	13
Myllyniemi	21.9.2016	Kiilleliuske	hetekaivo		lievä hajuvirhe	8.7		0.77	25	7.1	14	0.82	6.2		4.8	0.77	17	72	<7	<6
Myllyniemi	9.5.2017	Kiilleliuske	hetekaivo		hajuvirhe, humus	0.6		1.6	25	6.8	14	0.47	7		4.6	1.1	23	9000	<7	<6
Myllyniemi	12.9.2017	Kiilleliuske	hetekaivo	210.9	lievä hajuvirhe	9.9		3.8	70	6.3	8.3	0.28	5.7		10	<0,50	19	280	<7	<6
Paavola	2.4.2014	Mustaliuske	kuilukaivo	206.84		2		0.46	<5	5.8	5.1	0.064	12.9		<0,50	1.2	11	5300	<7	<6
Paavola	2.9.2014	Mustaliuske	kuilukaivo			11.2		0.46	<5	5.7	6.4	0.12	10		0.59	1.8	13	5400	<7	6.2
Paavola	16.4.2015	Mustaliuske	kuilukaivo		hajuton	1.2		0.85	<5	6.1	7.3	0.16	13		<0,50	1.8	14	8100	<7	<6
Paavola	31.8.2015	Mustaliuske	kuilukaivo	206.78	hajuton	10.9		0.3	<5	5.9	6.3	0.17	9.4		<0,50	1.7	13	3600	<7	<6
Paavola	13.4.2016	Mustaliuske	kuilukaivo		hajuton	2		0.23	<5	6.1	7	0.18	11.2		0.61	1.2	12	5300	<7	<6
Paavola	21.9.2016	Mustaliuske	kuilukaivo		hajuton	9.3		0.4	<5	6.2	6.8	0.18	9.3		<0,50	<0,50	16	3200	<7	<6
Paavola	9.5.2017	Mustaliuske	kuilukaivo		hajuton	1.4		0.9	<5	6.6	8.3	0.14	12.7		0.62	0.6	14	1700	<7	<6
Paavola	12.9.2017	Mustaliuske	kuilukaivo	207.39	hajuton	10.5		1.3	<5	6.2	7.7	0.14	8.9		0.65	<0,50	12	15000	<7	<6
Pappila	1.4.2014	Arkeinen	hetekaivo			3		2.5	<5	6.3	3.6	0.19	10.3		1.6	2.4	4.1	2200	<7	<6
Pappila	2.9.2014	Arkeinen	hetekaivo			6.5		<0,20	<5	5.9	3.2	0.15	8		<0,50	0.9	4.1	1400	<7	<6
Pappila	16.4.2015	Arkeinen	hetekaivo		hajuton	3.8		3.8	<5	6.2	3.4	0.17	9.8		1.6	1	3.7	1500	<7	<6
Pappila	31.8.2015	Arkeinen	hetekaivo		hajuton	5.5		<0,20	<5	6.1	3.5	0.19	8.7		<0,50	0.8	3.8	1500	<7	<6
Pappila	13.4.2016	Arkeinen	hetekaivo		hajuton	3.2		0.34	<5	6.3	3.3	0.18	10		0.58	0.89	3.5	1700	<7	<6
Pappila	21.9.2016	Arkeinen	hetekaivo		hajuton	4.9		<0,20	<5	6.3	3.7	0.19	8.2		0.6	0.8	3.7	1600	<7	<6
Pappila	9.5.2017	Arkeinen	hetekaivo		hajuton	3.5		<0,20	<5	6.5	3.3	0.15	10.7		<0,50	0.74	3.6	1700	<7	<6
Pappila	12.9.2017	Arkeinen	hetekaivo	225.32	hajuton	5.3		<0,20	<5	6.3	3.3	0.16	9.2		0.57	0.68	3.4	2300	<7	<6

Ottopaikka	Ottopäivä	Alumiini (Al), µg/l	Antimoni (Sb), µg/l	Arseeni (As), µg/l	Elohopea (Hg) µg/l	Kadmium (Cd), µg/l	Kalium (K) µg/l	Kalsium (Ca) mg/l	Koboltti (Co), µg/l	Kromi (Cr), µg/l	Kupari (Cu), µg/l	Lyijy (Pb), µg/l	Magnesium (Mg) mg/l	Mangaani (Mn), µg/l	Natrium (Na) mg/l	Nikkeli (Ni), µg/l	Rauta (Fe), µg/l	Seleenii (Se) µg/l	Sinkki (Zn), µg/l	Uraani (U), µg/l	Vanadiini (V), µg/l
STM 1352/2015			5	10	1	5				50	2000	10		50	200	20	200	10			
STM 1352/2015 laatuvaatimus				10		5					2000					20					
STM 1352/2015 laatusuositus		200												50			200				
STM 401/2001 laatuvaatimus				10		5					2000					20					
STM 401/2001 laatusuositus		200												100			400				
Lähteet ja lähdekaivot *)			0.03	0.13		0.03	1000	6.1	0.09	0.3	0.82		1.6		2.9	0.5	<30	<0,5	4.8		0.2
Moreeni, kuilukaivot *)			0.05	0.26		0.06	3100	16.6	0.18	0.33	3.3	0.13	3.5	11.5	6	1.4	60	<0,5	19.2		0.31
Porakaivot *)			0.03	0.79		<0,02	2500	20.5	0.05	<0,02	4.7	0.14	5.6	33.7	16.3	0.4	50	<0,5	18.7		0.19
Hakoranta	3.6.2014	46	<0,50	<1,0	<0,020	0.073	2200	22	<0,50	<1,0	24	3.3	5.3	65	7.6	2.7	1400	<1,0	35	0.27	<1,0
Hakoranta	2.9.2014	<10	<0,50	<1,0	<0,020	0.061	2000	19	0.53	<1,0	3.8	<0,50	4.2	110	5.2	11	3800	<1,0	45	0.22	<1,0
Hakoranta	16.4.2015	30	<0,50	<1,0	<0,020	0.042	2100	20	<0,50	<1,0	8	1.1	5	65	7.4	3.7	2200	<1,0	82	0.14	<1,0
Hakoranta	31.8.2015	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	2100	19	<0,50	<1,0	3.1	<0,50	4.7	77	7.3	2.5	1900	<1,0	22	0.12	<1,0
Hakoranta	14.4.2016	180	<0,50	<1,0	<0,020	0.086	2100	21	<0,50	<1,0	48	5.5	4.7	63	8	2.7	4800	<1,0	110	0.34	<1,0
Hakoranta	21.9.2016	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1700	18	<0,50	<1,0	3.9	<0,50	4.1	52	6.7	<1,0	570	<1,0	12	0.13	<1,0
Hakoranta	6.4.2017	15	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	2.6	24	<0,50	<1,0	15	1.4	5.7	60	9.9	1.3	1800	50	0.22	<1,0	<1,0
Hakoranta	12.9.2017	11	<0,20	<0,20	<0,020	<0,030	2.1	20	<0,10	<0,50	3.6	<0,10	5	69	8.5	1.2	1400	17	0.16	<0,20	<1,0
Lampila	1.4.2014	45	<0,50	<1,0	<0,050	0.041	1900	17	<0,50	<1,0	2.2	<0,50	0.81	2.4	2	4.1	34	<1,0	33	<0,10	<1,0
Lampila	2.9.2014	26	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	2700	31	<0,50	<1,0	2.6	<0,50	0.7	18	3.1	4.3	88	<1,0	68	0.15	<1,0
Lampila	16.4.2015	15	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1900	18	<0,50	<1,0	1.9	<0,50	0.36	2.3	1.6	2.8	29	<1,0	6.8	<0,10	<1,0
Lampila	31.8.2015	35	<0,50	<1,0	<0,020	0.032	2500	24	<0,50	<1,0	3.2	<0,50	0.7	6.3	2.2	6	61	<1,0	21	<0,10	<1,0
Lampila	13.4.2016	42	<0,50	<1,0	<0,020	0.038	2100	22	<0,50	<1,0	2.1	<0,50	0.75	5.1	4.3	3.4	55	<1,0	33	<0,10	<1,0
Lampila	21.9.2016	15	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	2300	34	<0,50	<1,0	1.4	<0,50	0.61	9.3	2.7	3.3	31	<1,0	6.5	0.25	<1,0
Lampila	9.5.2017	14	<0,20	0.22	<0,020	<0,030	2.2	27	<0,10	<0,50	1.1	<0,10	0.68	1.3	3.3	4	14	16	<0,10	0.25	<1,0
Lampila	12.9.2017	39	0.31	0.22	<0,020	<0,030	2.5	28	0.13	<0,50	2	0.13	0.53	13	3.5	4.2	64	24	<0,10	0.41	<1,0
Myllyniemi	1.4.2014	92	<0,50	<1,0	<0,050	0.45	4200	20	1.1	<1,0	11	<0,50	1.7	23	2.1	23	89	<1,0	110	<0,10	<1,0
Myllyniemi	2.9.2014	110	<0,50	<1,0	<0,020	0.4	5000	19	1.3	<1,0	14	<0,50	1.4	27	2.1	20	120	<1,0	83	<0,10	<1,0
Myllyniemi	16.4.2015	150	<0,50	<1,0	<0,020	0.75	1900	16	4.1	<1,0	12	<0,50	2	38	2.2	40	44	<1,0	170	<0,10	<1,0
Myllyniemi	31.8.2015	190	<0,50	<1,0	<0,020	0.52	3600	15	7.1	<1,0	14	<0,50	1.3	160	1.3	33	1200	<1,0	100	0.12	<1,0
Myllyniemi	13.4.2016	220	<0,50	<1,0	<0,020	0.78	3400	15	4.3	<1,0	13	<0,50	1.5	53	1.7	31	420	<1,0	160	<0,10	<1,0
Myllyniemi	21.9.2016	76	<0,50	<1,0	<0,020	0.22	3400	16	0.77	<1,0	9.6	<0,50	0.87	18	1.5	16	190	<1,0	44	<0,10	<1,0
Myllyniemi	9.5.2017	130	<0,20	<0,20	<0,020	0.31	3.5	21	3.1	<0,50	9.6	<0,10	1.8	50	2.7	27	640	100	<0,10	0.69	<1,0
Myllyniemi	12.9.2017	330	<0,20	<0,20	<0,020	0.58	2.9	10	4.6	0.53	18	0.22	1.3	66	1.6	35	280	120	0.15	0.64	<1,0
Paavola	2.4.2014	200	<0,50	<1,0	<0,050	0.33	720	4.4	2.6	<1,0	5.7	<0,50	0.66	20	0.97	28	15	<1,0	110	<0,10	<1,0
Paavola	2.9.2014	150	<0,50	<1,0	<0,020	0.48	1700	7	2.6	<1,0	3.9	<0,50	0.98	30	2.1	35	<10	<1,0	120	<0,10	<1,0
Paavola	16.4.2015	130	<0,50	<1,0	<0,020	0.38	1200	7.7	2.3	<1,0	4.8	<0,50	1.1	19	2	39	25	<1,0	100	<0,10	<1,0
Paavola	31.8.2015	180	<0,50	<1,0	<0,020	0.43	1400	5.4	2.6	<1,0	5	<0,50	0.85	25	2.1	31	<10	<1,0	120	<0,10	<1,0
Paavola	13.4.2016	92	<0,50	<1,0	<0,020	0.43	1300	8.9	1.6	<1,0	2.9	<0,50	1	18	2.2	31	16	<1,0	100	<0,10	<1,0
Paavola	21.9.2016	100	<0,50	<1,0	<0,020	0.44	1300	6.2	2	<1,0	2.9	<0,50	0.64	23	1.8	26	<10	<1,0	83	<0,10	<1,0
Paavola	9.5.2017	67	<0,20	<0,20	<0,020	0.24	1.2	8.1	0.96	<0,50	2.9	<0,10	1.5	8.8	1.9	24	21	61	<0,10	<0,20	<1,0
Paavola	12.9.2017	150	<0,20	<0,20	<0,020	0.37	1.2	7.1	2.4	<0,50	5.4	<0,10	1.2	27	2	35	27	110	<0,10	<0,20	<1,0
Pappila	1.4.2014	69	<0,50	<1,0	<0,050	<0,030	1300	2	<0,50	<1,0	<1,0	<0,50	1.1	2.4	1.7	<1,0	48	<1,0	6.4	<0,10	<1,0
Pappila	2.9.2014	16	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1100	1.9	<0,50	<1,0	<1,0	<0,50	0.91	1.8	1.7	<1,0	<10	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0
Pappila	16.4.2015	12	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1300	1.9	<0,50	<1,0	<1,0	<0,50	1	1.1	1.8	<1,0	<10	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0
Pappila	31.8.2015	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1300	1.9	<0,50	<1,0	<1,0	<0,50	1.1	<1,0	1.8	<1,0	<10	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0
Pappila	13.4.2016	15	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1200	2.1	<0,50	<1,0	<1,0	<0,50	1	<1,0	1.8	<1,0	<10	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0
Pappila	21.9.2016	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	970	1.8	<0,50	<1,0	<1,0	<0,50	0.82	<1,0	1.5	<1,0	<10	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0
Pappila	9.5.2017	8.6	<0,20	<0,20	<0,020	<0,030	1200	1.7	<0,10	<0,50	<0,50	<0,10	1	<1,0	1.7	0.52	<10	<1,0	<0,10	<0,20	<1,0
Pappila	12.9.2017	17	<0,20	<0,20	<0,020	<0,030	1100	1.8	<0,10	<0,50	<0,50	<0,10	0.96	7.2	1.7	<0,20	15	3.8	<0,10	<0,20	<1,0

Ottopaikka	Ottopäivä	Kallioperän laatu	Kaivotyyppi	Vedenpinnan taso (N60) m	Haju Kenttät.	Lämpötila Kenttäh. °C	Redox mV	Sameus NTU	Väriluku mg Pt/l	pH	Sähkönjohtavuus mS/m	Alkaliteetti mmol/l	Happi (O2) mg/l	Happi (O2) %	CODMn mg/l	Kloridi (Cl) mg/l	Sulfatti (SO4) mg/l	Nitraatti (NO3) µg/l	Nitriitti (NO2) µg/l	Ammonium (NH4) µg/l
STM 1352/2015										6,5-9	250							11000	150	500
STM 1352/2015 laatuvaatimus																		11000	150	
STM 1352/2015 laatusuositus								1		6,5-9	250				5	250				
STM 401/2001 laatuvaatimus																		11000	150	
STM 401/2001 laatusuositus								1	5	6,5-9	250				5	100				
Lähteet ja lähdekaivot *)									<5	6.4	7	0.3						1000		
Moreeni, kuilukaivot *)									10	6.5	16.8	0.76						2900		
Porakaivot *)									<5	7.6	7.8	1.7						200		
Puoliväli	1.4.2014	Arkeinen	porakaivo			8.1		<0,20	<5	6.5	13	0.68	5.8		<0,50	14	5.2	8200	<7	<6
Puoliväli	2.9.2014	Arkeinen	porakaivo			6.7		<0,20	<5	6.3	13	0.59	5.8		<0,50	14	5.3	8100	<7	<6
Puoliväli	16.4.2015	Arkeinen	porakaivo		hajuton	6.8		<0,20	<5	6.4	13	0.59	5.2		<0,50	15	5.3	7800	<7	<6
Puoliväli	2.9.2015	Arkeinen	porakaivo		hajuton	9.6		<0,20	<5	6.6	13	0.6	8		<0,50	13	4.9	7800	<7	7
Puoliväli	13.4.2016	Arkeinen	porakaivo		hajuton	6.2		0.52	<5	6.5	13	0.6	5.3		<0,50	11	3.7	7300	<7	<6
Puoliväli	10.10.2016	Arkeinen	porakaivo		hajuton	5		0.41	<5	6.5	13	0.6	5		<0,50	14	5	7200	<7	<6
Sorsala	1.4.2014	Kiilleliuske	kuilukaivo			-		<0,20	<5	7.7	17	1.6	6.2		<0,50	2.6	7.8	2900	<7	<6
Sorsala	2.9.2014	Kiilleliuske	kuilukaivo			7.7		<0,20	<5	7.6	17	1.6	4		<0,50	0.78	8.1	1500	<7	<6
Sorsala	16.4.2015	Kiilleliuske	kuilukaivo		hajuton	4.9		0.3	<5	7.6	17	1.5	4.1		<0,50	0.76	7.9	2000	<7	<6
Sorsala	1.9.2015	Kiilleliuske	kuilukaivo		hajuton	8.3		0.33	<5	7.9	18	1.5	6.4		<0,50	0.81	8.5	990	<7	<6
Sorsala	13.4.2016	Kiilleliuske	kuilukaivo		hajuton	4.2		0.25	<5	7.6	17	1.6	4.5		<0,50	0.78	7.8	480	<7	<6
Sorsala	21.9.2016	Kiilleliuske	kuilukaivo		hajuton	8.5		<0,20	<5	8	18	1.5	4.1		<0,50	0.91	8.5	820	<7	<6
Sorsala	9.5.2017	Kiilleliuske	kuilukaivo		hajuton	4.2		<0,20	<5	7.9	18	1.5	4.1		<0,50	0.83	8.4	1300	<7	<6
Sorsala	12.9.2017	Kiilleliuske	kuilukaivo		hajuton			<0,20	<5	7.8	18	1.5	5		<0,50	0.85	8.3	1400	<7	<6
Taattola	1.4.2014	Kvartsiitti	porakaivo			5.1		0.42	<5	7.1	15	1.3	10		0.51	0.79	13	2100	<7	<6
Taattola	2.9.2014	Kvartsiitti	porakaivo			10.6		<0,20	<5	7.1	21	1.8	6.9		<0,50	0.5	18	1800	<7	<6
Taattola	16.4.2015	Kvartsiitti	porakaivo		hajuton	3.5		0.62	<5	6.8	8.9	0.62	10.6		1.6	0.63	9.7	540	<7	<6
Taattola	1.9.2015	Kvartsiitti	porakaivo		hajuton	11.9		0.67	<5	7	16	1.4	6		<0,50	0.54	13	570	<7	<6
Taattola	13.4.2016	Kvartsiitti	porakaivo		hajuton	3.2		0.6	15	6.9	13	0.91	8.9		3.5	0.52	5.7	2500	<7	240
Taattola	21.9.2016	Kvartsiitti	porakaivo		hajuton	11.5		<0,20	<5	7.2	19	1.4	7		<0,50	0.79	11	8500	<7	<6
Taattola	9.5.2017	Kvartsiitti	porakaivo		hajuton	4.1		2.9	20	6.9	10	0.53	11.1		3.2	0.55	8.1	8800	11	65
Taattola	12.9.2017	Kvartsiitti	porakaivo		hajuton	9.8		0.41	<5	7.2	18	1.1	8.4		0.62	0.84	10	20000	<7	<6
Lamposaari	31.8.2015		porakaivo		hajuton	18.6		1.8	20	8.5	34	2.5	1.3		1.9	32	4.7	<20	<7	100
Lamposaari	17.11.2015		porakaivo		hajuton			3.4	15	7.8	34	2.3	3.3		1.9	33	5	<1000	<7	100
Lamposaari	24.10.2016		porakaivo		hajuton	7		3.1	15	7.7	34	2.2	3.6	30	1.8	33	4.2	<1000	<7	83
Lamposaari	5.10.2017		porakaivo		lievä hajuvirhe	8.7		5.1	25	7.7	36	2.2			1.5	38	4.2	<20	<7	65
Heteranta kaivo 1	21.9.2016				hajuton	7.9		<0,20	<5	7.2	12	0.69	5		<0,50	5.9	8.7	1900	<7	13
Heteranta kaivo 2	21.9.2016				hajuton	5.9		<0,20	<5	8	12	0.82	3.8		<0,50	1.3	11	300	<7	9.8
Rimpilänniemen vo	21.9.2016				hajuton	6.9		1.1	15	7.6	11	0.75	10.5		<0,50	6.7	4.9	420	<7	11

Ottopaikka	Ottopäivä	Alumiini (Al), µg/l	Antimoni (Sb), µg/l	Arseeni (As), µg/l	Elohopea (Hg) µg/l	Kadmium (Cd), µg/l	Kalium (K) µg/l	Kalsium (Ca) mg/l	Koboltti (Co), µg/l	Kromi (Cr), µg/l	Kupari (Cu), µg/l	Lyijy (Pb), µg/l	Magnesium (Mg) mg/l	Mangaani (Mn), µg/l	Natrium (Na) mg/l	Nikkeli (Ni), µg/l	Rauta (Fe), µg/l	Seleeni (Se) µg/l	Sinkki (Zn), µg/l	Uraani (U), µg/l	Vanadiini (V), µg/l
STM 1352/2015			5	10	1	5				50	2000	10		50	200	20	200	10			
STM 1352/2015 laatuvaatimus				10		5					2000					20					
STM 1352/2015 laatusuositus		200												50			200				
STM 401/2001 laatuvaatimus				10		5					2000					20					
STM 401/2001 laatusuositus		200												100			400				
Lähteet ja lähdekaivot *)			0.03	0.13		0.03	1000	6.1	0.09	0.3	0.82		1.6		2.9	0.5	<30	<0,5	4.8		0.2
Moreeni, kuilukaivot *)			0.05	0.26		0.06	3100	16.6	0.18	0.33	3.3	0.13	3.5	11.5	6	1.4	60	<0,5	19.2		0.31
Porakaivot *)			0.03	0.79		<0,02	2500	20.5	0.05	<0,02	4.7	0.14	5.6	33.7	16.3	0.4	50	<0,5	18.7		0.19
Puoliväli	1.4.2014	97	<0,50	<1,0	<0,050	<0,030	1700	6.3	<0,50	<1,0	82	2.5	6.2	<1,0	5.4	<1,0	<10	<1,0	37	7.3	<1,0
Puoliväli	2.9.2014	130	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1700	6.6	<0,50	<1,0	71	2.8	6.6	<1,0	5.7	1	<10	<1,0	46	8.3	<1,0
Puoliväli	16.4.2015	100	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1700	6.6	<0,50	<1,0	110	3.4	6.5	<1,0	5.7	1.3	<10	<1,0	63	7.5	<1,0
Puoliväli	2.9.2015	87	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1600	5.8	<0,50	<1,0	240	5	5.8	4	5	3.5	14	<1,0	210	5.8	<1,0
Puoliväli	13.4.2016	290	<0,50	<1,0	<0,020	0.035	1600	6.9	<0,50	<1,0	350	13	6.1	<1,0	5.6	3	52	<1,0	210	10	<1,0
Puoliväli	10.10.2016	160	<0,50	<1,0	<0,020	0.049	1600	6.8	<0,50	<1,0	440	10	6.3	1.5	5.4	4.8	28	<1,0	430	6.9	<1,0
Sorsala	1.4.2014	<10	<0,50	<1,0	<0,050	<0,030	3100	24	<0,50	<1,0	2.1	<0,50	3.3	<1,0	2.3	<1,0	<10	<1,0	7	0.35	<1,0
Sorsala	2.9.2014	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	3000	25	<0,50	<1,0	1.9	<0,50	3.6	1.9	2.8	<1,0	27	<1,0	<5,0	0.42	<1,0
Sorsala	16.4.2015	95	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	3000	23	<0,50	<1,0	2.1	<0,50	3.3	6.4	2.5	<1,0	200	<1,0	5.2	0.41	<1,0
Sorsala	1.9.2015	54	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	2800	22	<0,50	<1,0	2.3	<0,50	3.4	1.9	2.6	<1,0	100	<1,0	<5,0	0.4	<1,0
Sorsala	13.4.2016	33	<0,50	<1,0	<0,020	0.038	2800	25	<0,50	<1,0	1.4	<0,50	3.3	2.9	2.6	<1,0	71	<1,0	<5,0	0.44	<1,0
Sorsala	21.9.2016	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	2400	21	<0,50	<1,0	20	<0,50	2.7	<1,0	2.3	<1,0	<10	<1,0	5.7	0.39	<1,0
Sorsala	9.5.2017	<5,0	<0,20	<0,20	<0,020	<0,030	2.7	21	<0,10	<0,50	3	<0,10	3.4	<1,0	2.4	<0,20	<10	8.2	0.28	<0,20	
Sorsala	12.9.2017	<5,0	<0,20	<0,20	<0,020	<0,030	2.9	23	<0,10	<0,50	1.5	<0,10	3.5	4.8	2.7	<0,20	<10	4.1	0.37	<0,20	
Taattola	1.4.2014	26	<0,50	<1,0	<0,050	0.077	1200	23	<0,50	<1,0	68	0.51	1.6	<1,0	1.7	6.2	14	<1,0	64	<0,10	<1,0
Taattola	2.9.2014	25	<0,50	<1,0	<0,020	0.054	1700	35	<0,50	<1,0	65	0.72	2.6	<1,0	2.4	4.4	25	<1,0	47	0.21	<1,0
Taattola	16.4.2015	35	<0,50	<1,0	<0,020	0.058	850	13	<0,50	<1,0	72	1.2	0.82	1.2	1.3	6.1	62	<1,0	51	<0,10	<1,0
Taattola	1.9.2015	19	<0,50	<1,0	<0,020	0.07	1200	23	<0,50	<1,0	63	0.83	1.8	2.9	2.1	6.2	24	<1,0	57	0.11	<1,0
Taattola	13.4.2016	130	<0,50	<1,0	<0,020	0.11	1500	20	<0,50	<1,0	82	1.1	1.6	3.8	1.7	7.5	77	<1,0	59	0.12	<1,0
Taattola	21.9.2016	13	<0,50	<1,0	<0,020	0.063	1200	26	<0,50	<1,0	76	0.61	1.6	<1,0	2	4.6	10	<1,0	53	0.1	<1,0
Taattola	9.5.2017	190	<0,20	<0,20	<0,020	0.086	1.6	13	0.28	<0,50	110	1.5	0.99	2.4	1.5	8.6	52	73	<0,10	<0,20	
Taattola	12.9.2017	20	<0,20	<0,20	<0,020	0.079	1.3	27	<0,10	<0,50	60	0.89	1.9	7.1	2.3	5.2	43	46	0.11	<0,20	
Lamposaari	31.8.2015	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	3700	25	<0,50	<1,0	4.7	<0,50	20	100	8.4	<1,0	250	<1,0	<5,0	0.13	<1,0
Lamposaari	17.11.2015	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	3200	30	<0,50	<1,0	2.4	<0,50	12	540	7.7	1.5	170	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0
Lamposaari	24.10.2016	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	3100	31	<0,50	<1,0	<1,0	<0,50	11	1200	7.8	<1,0	160	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0
Lamposaari	5.10.2017	7.1	<0,20	0.67	<0,020	<0,030	3.7	35	0.33	<0,50	2.2	0.17	12	1800	8.7	0.83	760	<0,10	<0,20		
Heteranta kaivo 1	21.9.2016	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1600	4.9	<0,50	<1,0	1.1	<0,50	5.4	7.2	2.6	2.8	<10	<1,0	10	<0,10	<1,0
Heteranta kaivo 2	21.9.2016	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1500	6.6	<0,50	<1,0	<1,0	<0,50	5.1	24	1.9	<1,0	<10	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0
Rimpilänniemen vo	21.9.2016	<10	<0,50	<1,0	<0,020	<0,030	1600	3.6	<0,50	2.9	<1,0	<0,50	6.4	45	1.8	1.5	470	<1,0	<5,0	<0,10	<1,0

\*) Backman, B. Lahermo, P., Väisänen, U., Paukola, T., Juntunen, R., Karhu, J., Pullinen, A., Rainio, H. ja Tanskanen, H. 1999. Geologian ja ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. Seurantatutkimuksen tulokset vuosilta 1969–1996. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 147- 261 s.

STM 1352/2015: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista  
STM 401/2001: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista

**LIITE 3**  
**POHJAVESIPUTKET – ANALYYSITULOKSET 2014 - 2017**

































Otopaikka	Ottopäivä	Pinnan korkeus	Vedenpinnan taso (N60)	Haju	Lämpötila	Redox mV	Sameus	Väriluku	pH	Sähkönjohtavuus	Alkaliteetti	Happi (O2)	Happi (O2)	CODMn	Kloridi (Cl)	Sulfaatti (SO4)
		m	m	Kenttät.	Kenttäh. °C		NTU	mg Pt/l		mS/m	mmol/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	mg/l
Lähteet ja lähdekaivot								<5	6.4	7	0.3					
Moreeni, kuilukaivot								10	6.5	16.8	0.76					
Porakaivot								<5	7.6	7.8	1.7					
RP2	20.9.2016	5.06	146.94	hajuton	7.2	100	3800	10	6.5	2.2	0.16	12.4	103	26	<0,50	3.1
RP2	19.1.2017	7.74	144.26													
RP2	7.2.2017	8.4	143.6													
RP2	8.3.2017	8.81	143.19													
RP2	7.4.2017	9.02	142.98													
RP2	3.5.2017	9.24	142.76													
RP2	21.6.2017	4.95	147.05													
RP2	13.7.2017	5.1	146.9													
RP2	2.8.2017	4.8	147.2													
RP2	11.9.2017	4.82	147.18	hajuton	5.3		280	<5,0	6.4	1.8	0.094	11.8	97	1.8	1.2	2.7
RP2	18.10.2017	4.78	147.22													
RP2	16.11.2017	4.75	147.25													
RP2	18.12.2017	4.9	147.1													
TF1	6.4.2017	6.78	219.83	hajuton	9.1	330	7.2	60	3.5	1200	<0,020	0.4	3.5	5.9	5.2	34000
TF1	19.6.2017	6.8	219.81	lievä tunnistamaton haju	8.8	270	2.1	30	3.6	790	<0,020	0.4	3.5	14	5.3	9500
TF1	12.9.2017	7.77	218.84	hajuton	9.4	270	9.9	50	3.5	1100	<0,020	0.5	4.8	24	6.3	32000
TF1	15.11.2017	6.78	219.83	hajuton	9.4	390	15	40	3.5	650	<0,020	7.9	69	11	<25	23000
TF2	6.4.2017	6.94	219.75	lievä hajuvirhe	7.2	320	46	140	3.7	260	<0,020	4.2	35	1.5	3.2	2900
TF2	19.6.2017	6.9	219.79	hajuton	8.6	320	39	450	3.1	350	<0,020	4.2	36	15	12	4100
TF2	12.9.2017	6.9	219.79	hajuton	10.7	350	18	200	3.2	520	<0,020	5.6	50	20	3.6	8200
TF2	15.11.2017	6.9	219.79	lievä hajuvirhe	10.3	340	57	230	3.4	1500	<0,020	4.9	44	270	<25	79000

Ottopaikka	Ottopäivä	Typpi (N), µg/l	Nitraatti (NO3), µg/l	Nitriitti, (NO2) µg/l	Ammonium (NH4), µg/l	Fosfori (P, kok.) µg/l	Fluoridi (F) mg/l	Kovuus (Ca + Mg) mmol/l	Alumiini (Al), µg/l	Arseni (As), µg/l	Kadmium (Cd), µg/l	Kalium (K) mg/l	Kalsium (Ca) mg/l	Koboltti (Co), µg/l	Kupari (Cu), µg/l	Magnesium (Mg) mg/l	Mangaani (Mn), µg/l	Natrium (Na) mg/l	Nikkeli (Ni), µg/l	Rauta (Fe), µg/l	Sinkki (Zn), µg/l	Uraani (U), µg/l
Lähteet ja lähdekaivot			1000					1.2		0.13	0.03	1000	6.1	0.09	0.82	1600	5.8	2.9	0.5	<30	4.8	
Moreeni, kuilukaivot			2900					3.2		0.26	0.06	3100	16.6	0.18	3.3	3500	11.5	6	1.4	60	19.2	
Porakaivot			200					4.2		0.79	<0,02	2500	20.5	0.05	4.7	5600	33.7	16.3	0.4	50	18.7	
RP2	20.9.2016	2000	80	<7	<6	2100	<0,10	0.43	7000	2.1	0.49	4.8	10	12	50	4.1	510	1.1	34	7400	39	10
RP2	19.1.2017																					
RP2	7.2.2017																					
RP2	8.3.2017																					
RP2	7.4.2017																					
RP2	3.5.2017																					
RP2	21.6.2017																					
RP2	13.7.2017																					
RP2	2.8.2017																					
RP2	11.9.2017		56	<7	27		<0,10	0.19									150		24	9700		
RP2	18.10.2017																					
RP2	16.11.2017																					
RP2	18.12.2017																					
TF1	6.4.2017	<2,0	0.063	<0,140	<0,0060	390	28	60	1100000	100	1100	39	260	7200	9800	1200	550000	26	180000	85000	410000	930
TF1	19.6.2017	<2,0	atso lisätietoj:	<0,0070	<0,0060	200	16	30	570000	<1,0	660	21	150	4100	6400	630	330000	15	110000	64000	260000	740
TF1	12.9.2017	<2,0	0.03	<0,0070	0.041	3.5	37	51	780000	90	750	27	210	4800	7900	1100	620000	18	150000	160000	380000	1300
TF1	15.11.2017	4	2.9	<0,030	0.53	44	28	23	290000	34	350	18	150	1900	3800	480	220000	10	62000	42000	160000	760
TF2	6.4.2017	1.4	1.8	<0,0070	0.12	15	2.7	12	45000	12	75	18	170	800	990	190	91000	16	21000	73000	49000	53
TF2	19.6.2017	1.1	2.5	0.023	0.57	2.9	2.8	12	70000	<1,0	150	14	140	980	1700	200	130000	12	38000	93000	81000	150
TF2	12.9.2017	<2,0	3.8	<0,0070	0.43	16	15	23	130000	35	270	20	230	2000	3300	420	210000	17	71000	250000	150000	270
TF2	15.11.2017	2.9	<1,1	<0,37	2.7	880	59	98	870000	100	1300	16	410	9600	7900	2100	1000000	23	310000	1700000	660000	2600